

	Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen Teil 10: Heizung, Trinkwassererwärmung, Lüftung	Vornorm DIN V 4701-10
ICS 91.140.10; 91.140.30; 91.140.65 Energy efficiency of heating and ventilation systems in buildings – Part 10: Heating, domestic hot water, ventilation Eine Vornorm ist das Ergebnis einer Normungsarbeit, das wegen bestimmter Vorbehalte zum Inhalt oder wegen des gegenüber einer Norm abweichenden Aufstellungsverfahrens vom DIN noch nicht als Norm herausgegeben wird. Zur vorliegenden Vornorm ist kein Norm-Entwurf veröffentlicht worden. In der Regel wird eine Vornorm nach 3 Jahren überprüft, ob der Inhalt in eine DIN-Norm überführt werden kann. Der zuständige Ausschuss bittet die Fachöffentlichkeit aber schon früher zu Stellungnahmen zu dem Inhalt dieser Vornorm, damit etwaige Probleme aus der Praxis bekannt werden. Je nach Wichtigkeit der Kommentare kann dann entschieden werden, ob die Vornorm geändert wird, ein Norm-Entwurf veröffentlicht wird oder die Vornorm im Kurzverfahren in eine DIN-Norm überführt wird. Kommentare werden erbeten an den Normenausschuss Heiz- und Raumluftechnik (NHRS) im DIN, 10772 Berlin (Hausanschrift: Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin). Fortsetzung Seite 2 bis 141 Normenausschuss Heiz- und Raumluftechnik (NHRS) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V. Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN		

Inhalt

	Seite
Vorwort 4	
Einleitung	4
1 Anwendungsbereich	4
2 Normative Verweisungen	5
3 Definitionen und Symbole	7
3.1 Definitionen	7
3.1.1 Primärenergiebedarf (Q_p)	7
3.1.2 Endenergiebedarf (Q_E)	7
3.1.3 Heizwärmebedarf, Jahres-Heizwärmebedarf (Q_h)	7
3.1.4 Heizenergiebedarf (Q_H)	7
3.1.5 Trinkwasser-Wärmebedarf (Q_{TW})	7
3.1.6 Trinkwasser-Wärmeenergiebedarf (Q_{TW})	7
3.1.7 Nutzenergiebedarf	7
3.1.8 Wärmeenergie (WE)	7
3.1.9 Hilfsenergie (HE)	7
3.1.10 Aufwandszahl (e)	8
3.1.11 Deckungsanteil (α)	8
3.1.12 Nutzfläche (A_N)	8
3.1.13 Übergabe	8
3.1.14 Verteilung	8
3.1.15 Speicherung	8
3.1.16 Erzeugung	8
3.1.17 Zentrale Heizungsanlage, zentrale Trinkwassererwärmungsanlage	8
3.1.18 Dezentrale Heizungsanlage	8
3.1.19 Wohnungszentrale Trinkwassererwärmungsanlage	8
3.1.20 Dezentrale Trinkwassererwärmungsanlage	8
3.1.21 KWK-Anlage	9
3.2 Symbole und Einheiten	9
4 Rechenverfahren zur Ermittlung des Energiebedarfs von Heizungs-, Trinkwassererwärmungs- und Lüftungsanlagen ..	11
4.1 Zusammenwirken dieser Vorform mit DIN V 4108-6 und mit der Energieeinsparverordnung	11
4.2 Methodik zur Berechnung der Anlagenaufwandszahl e_p	11
4.2.1 Allgemeines	11
4.2.2 Voraussetzungen zur Berechnung der Anlagen-Aufwandszahl e_p	14
4.2.3 Methodik der Berechnung von Anlagen zur Deckung des Trinkwasser-Wärmebedarfs Q_{TW}	15
4.2.4 Methodik der Berechnung von Lüftungsanlagen zur Deckung des Heizwärmebedarfs	20
4.2.5 Methodik der Berechnung von Heizungsanlagen zur Deckung des Jahres-Heizwärmebedarfs	24
4.2.6 Berechnung der Anlagen-Aufwandszahl e_p	28
4.3 Schnittstellen zur DIN V 4108-6	29
5 Ermittlung von Kenngrößen für Heizungs-, Lüftungs- und Trinkwarmwasseranlagen Grundlagen und	

Randbedingungen	32
5.1 Kenngrößen für Anlagen zur Deckung des Trinkwasserwärmebedarfs Q_{TW}	35
5.1.1 Übergabe des Trinkwarmwassers $q_{TW,oe}$	35
5.1.2 Trinkwarmwasser-Rohrnetze $q_{TW,d}$	35
5.1.2.1 Gebäudezentrale Trinkwarmwasserversorgung	35
5.1.2.1.1 Wärmeabgabe	35
5.1.2.1.2 Hilfsenergie	37
5.1.2.2 Dezentrale und Wohnungszentrale Trinkwassererwärmung	38
5.1.3 Speicherung des erwärmten Trinkwassers $q_{TW,s}$	39
5.1.3.1 Indirekt beheizte Trinkwasserspeicher	39
5.1.3.1.1 Wärmebedarf	39
5.1.3.1.2 Hilfsenergie zum Laden eines indirekt beheizten Trinkwasserspeichers	40
5.1.3.2 Elektrisch beheizte Trinkwasserspeicher	41
5.1.3.3 Gasbeheizte Trinkwasserspeicher	42
5.1.3.3.1 Wärmebedarf	42
5.1.4 Erzeugung der Wärme für die Trinkwassererwärmung	44
5.1.4.1 Trinkwassererwärmungs-Deckungsanteile $\alpha_{TW,g}$ bei kombinierten Systemen	44
5.1.4.1.1 Deckungsanteile für Solaranlagen zur Trinkwassererwärmung	44
5.1.4.1.2 Deckungsanteile von Wärmepumpen zur Trinkwassererwärmung	48
5.1.4.2 Bestimmung des Aufwandes für die Wärmeerzeugung: Trinkwasser	49
5.1.4.2.1 Brennstoffgespeiste Systeme (Kessel)	49
5.1.4.2.2 Elektro-Heizungs-Wärmepumpen mit Warmwasserbereitung	51
5.1.4.2.3 Elektro-Warmwasser-Wärmepumpen	52
5.1.4.2.4 Elektro-Speicher und Elektro-Durchlauferhitzer	54
5.1.4.2.5 Direkt beheizter Trinkwarmwasserspeicher (Gas)	55
5.1.4.2.6 Solare Trinkwarmwasserbereitung	55
5.2 Kenngrößen für Lüftungsanlagen mit und ohne Wärmerückgewinnung	56
5.2.1 Übergabe der Wärme der Zuluft an den Raum ($q_{L,oe,WE}$)	56
5.2.2 Wärmeabgabe von Luftleitungen ($q_{L,d,WE}$ und $q_{L,d,HE}$)	56
5.2.2.1 Wärmeenergiebedarf ($q_{L,d,WE}$)	56
5.2.2.2 Hilfsenergiebedarf $q_{L,d,HE}$	57
5.2.3 Wärmeerzeugung	58
5.2.3.1 Abluft/Zuluft- Wärmeerzeuger (Wärmerückgewinnung)	58
5.2.3.1.1 Jahres-Heizarbeit $q_{L,g,WE,WFG}$	58
5.2.3.1.2 Erzeuger-Aufwandszahl $e_{L,g,WFG}$	60
5.2.3.1.3 Hilfsenergie $q_{L,g,HE,WFG}$	60
5.2.3.2 Abluftanlagen ohne Wärmerückgewinnung	61
5.2.3.2.1 Jahres-Heizarbeit $q_{L,g,HE,WFG}$	61
5.2.3.2.2 Erzeuger-Aufwandszahl $e_{L,g,WFG}$	61
5.2.3.2.3 Hilfsenergiebedarf $q_{L,g,HE,WFG}$	61
5.2.3.3 Abluft/Zuluft-Wärmepumpe	62
5.2.3.3.1 Jahres-Heizarbeit $q_{L,g,WE,WP}$	62
5.2.3.3.2 Erzeuger-Aufwandszahlen $e_{L,g,WP}$	64
5.2.3.3.3 Hilfsenergiebedarf $q_{L,g,HE,WP}$	65
5.2.3.4 Heizregister	66

5.2.3.4.1	Jahres-Heizarbeit $q_{L,g,WE,HR}$	66	C.1.1	Übergabe des Trinkwarmwassers - $q_{TW,oe}$	103
5.2.3.4.2	Erzeuger-Aufwandszahlen $e_{L,g,HR}$	67	C.1.2	Trinkwarmwasserverteilung und Zirkulation - $q_{TW,d}$	103
5.2.3.4.3	Hilfsenergiebedarf $q_{L,g,HE,HR}$	67	C.1.2.1	Gebäudezentrale Trinkwarmwasserversorgung	103
5.2.4	Korrektur des Anlagen-Luftwechsels ($q_{h,n}$).....	67	C.1.2.2	Dezentrale und wohnungszentrale Systeme	105
5.3	Kenngrößen für Heizungsanlagen zur Deckung des Heizwärmebedarfs Q_h	67	C.1.3	Speicherung des erwärmten Trinkwassers - $q_{TW,s}$	106
5.3.1	Übergabe der Wärme an den Raum $q_{h,oe}$	67	C.1.4	Erzeugung der Wärme für die Trinkwassererwärmung.....	108
5.3.2	Verteilung der Wärme $q_{h,d}$	69	C.1.4.1	Trinkwassererwärmungs-Deckungsanteile $\alpha_{TW,g}$ bei kombinierten Systemen.....	108
5.3.2.1	Zentrale Warmwasserheizungs-Rohrnetze	69	C.1.4.2	Aufwand der Wärmeerzeugung bei der Trinkwassererwärmung - $e_{TW,g}$	109
5.3.2.1.1	Wärmeabgabe zentraler Warmwasserheizungs-Rohrnetze.....	69	C.2	Bestimmung von Kennzahlen für Lüftungsanlagen zur Deckung Jahres- Heizwärmebedarfs - Q_h	111
5.3.2.1.2	Hilfsenergiebedarf zentraler Warmwasserheizungs-Rohrnetze.....	70	C.2.1	Übergabe der Wärme an den Raum - $q_{L,oe}$	111
5.3.3	Speicherung der Wärme: Heizkreis- Pufferspeicher - $q_{h,s}$	71	C.2.2	Verteilung der Wärme $q_{L,d}$	111
5.3.3.1	Wärmebedarf.....	71	C.2.3	Kenngrößen der Wärmeerzeuger- $q_{L,g}$	113
Randbedingungen für die Standardwerte in Anhang C71			C.2.3.1	Abluft/Zuluft-Wärmeübertrager (Wärmerückgewinnung durch Wärmeübertrager).....	113
5.3.3.2	Hilfsenergie zum Laden eines Pufferspeichers.....	71	C.2.3.2	Abluftanlage (ohne Wärmerückgewinnung durch Wärmeübertrager).....	114
5.3.4	Erzeugung der Wärme.....	72	C.2.3.3	Abluft/Zuluft-Wärmepumpe (Betrieb mit und ohne Wärmerückgewinnung).....	114
5.3.4.1	Deckungsanteil der Wärmeerzeugung $\alpha_{h,g}$	72	C.2.4	Heizregister.....	115
5.3.4.1.1	Mehrkesselanlagen.....	72	C.2.4	Korrektur des Anlagen-Luftwechsels ($q_{h,n}$)....	116
5.3.4.1.2	Bivalente Anlagen.....	72	C.3	Bestimmung von Kennzahlen für Heizungsanlagen zur Deckung Jahres- Heizwärmebedarf - Q_h (Tabellenwerte).....	117
5.3.4.1.3	Solaranlagen zur Heizungsunterstützung (Kombianlagen) $\alpha_{h,g,so}$	74	C.3.1	Übergabe der Wärme an den Raum - $q_{L,oe}$	117
5.3.4.2	Bestimmung des Aufwands für die Wärmeerzeugung: Heizung $e_{h,g}$	75	C.3.2	Verteilung der Wärme - q_d	118
5.3.4.2.1	Brennstoffgespeiste Systeme (Kessel).....	75	C.3.2.1	Gebäudezentrale und wohnungszentrale Heizleitungssysteme (Wasserdurchflossene Systeme).....	118
5.3.4.2.2	Indirekt beheizter Heizkreis.....	77	C.3.2.2	Dezentrale Systeme.....	120
5.3.4.2.3	Elektrische betriebene Heizungswärmepumpen.....	77	C.3.3	Speicherung der Wärme - q_s	120
5.3.4.2.4	Sonstige Systeme.....	80	C.3.4	Erzeugung der Wärme.....	121
5.4	Bestimmung der Primärenergie- Umwandlungsfaktoren für Nah- und Fernwärme.....	80	C.3.4.1	Deckungsanteil der Wärmeerzeugung - $\alpha_{g,i}$	121
5.4.1	Berechnungsvorschrift für Primärenergiefaktoren konkreter Wärmeversorgungssysteme (Nah- und Fernwärmeversorgung).....	80	C.3.4.2	Aufwandszahlen der Wärmeerzeugung - e_g	122
5.4.2	Berechnung aus Planungsdaten für ein Versorgungssystem.....	81	C.4	Primärenergiefaktoren - f_p	124
Anhang A (Normativ).....			C.5	Diagramme für ausgewählte Anlagensysteme.....	125
Berechnungsblätter für die Anlagenbewertung.....			C.5.1	Anlage 1 – Niedertemperatur-Kessel mit gebäudezentraler Trinkwassererwärmung	126
Anhang B (informativ).....			C.5.1.1	Anlage 1: Aufwandszahl e_p	126
Berechnungsbeispiele.....			C.5.1.2	Anlage 1: Endenergie $Q_{WE,E}$ und $Q_{HE,E}$	127
B1 Übersicht.....			C.5.2	Anlage 2 – Brennwert-Kessel mit gebäudezentraler Trinkwassererwärmung	128
B2 Gebäudeansichten und -kenndaten.....			C.5.2.1	Anlage 2: Aufwandszahl e_p	128
B3 Anlagenvariante 1:.....			C.5.2.2	Anlage 2: Endenergie $Q_{WE,E}$ und $Q_{HE,E}$	129
B4 Anlagenvariante 2:.....			C.5.3.1	Anlage 3: Aufwandszahl e_p	130
B5 Anlagenvariante 3:.....			C.5.3.2	Anlage 3: Endenergie $Q_{WE,E}$ und $Q_{HE,E}$	131
Anhang C (Normativ).....			C.5.4	Anlage 4 – Brennwertkessel + Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung.....	132
Ermittlung von Kenngrößen von Heizungs-, Lüftungs-, und Trinkwassererwärmungsanlagen mit geringen energetischen Anforderungen (Standardwerte).....			C.5.4.1	Anlage 4: Aufwandszahl e_p	132
C.1			C.5.4.2	Anlage 4: Endenergie $Q_{WE,E}$ und $Q_{HE,E}$	133
Bestimmung von Kennzahlen für Anlagen zur Deckung des Trinkwasser- Wärmebedarfs.....			C.5.5	Anlage 5 -- Wärmepumpe mit gebäudezentraler Trinkwassererwärmung.....	134
			C.5.5.1	Anlage 5: Aufwandszahl e_p	134
			C.5.5.2	Anlage 5: Endenergie $Q_{WE,E}$ und $Q_{HE,E}$	135

C.5.6 Anlage 6 – Dezentrale elektrische Direktheizung mit Lüftungsanlage, dezentrale Trinkwassererwärmung	136	D.1 Grundlagen.....	138
C.5.6.1 Anlage 6: Aufwandszahl e_p	136	D.2 Heizung	138
C.5.6.2 Anlage 6: Endenergie $Q_{WE,E}$ und $Q_{HE,E}$	137	D.3 Trinkwassererwärmung.....	139
Anhang D (Informativ)	138	Literaturhinweise	141
Umrechnung der absoluten Verlustwerte q_h bzw. q_{TW} in Aufwandszahlen.....	138		

Vorwort

Unter der politischen Zielsetzung zur Klimaschutzstrategie, eine rasche Verminderung des Ausstoßes energiebedingter CO₂-Emissionen zu erreichen, hat die Bundesrepublik Deutschland unter anderem die Weiterentwicklung der Wärmeschutz- und der Heizungsanlagenverordnungen zu einer Energieeinsparverordnung vorangetrieben. Diese künftige Verordnung soll auf einer Energiebilanz des Gebäudes unter Einschluss der Anlagentechnik basieren.

Die Innovation auf dem Gebiet der Anlagentechnik ermöglicht eine weitere Energieeinsparung im Zusammenwirken mit hochwärmegedämmten Gebäuden.

Die vorliegende Norm enthält ein Verfahren, mit dem unterschiedliche Techniken und Systeme bzw. Teilsysteme in Kombination energetisch bewertet werden können. Schon im Vorplanungsstadium eines Gebäudes soll die energetisch günstigste Variante ermittelt werden können.

Einleitung

Nach dieser Norm wird bei gegebenem Nutzenergiebedarf der Jahres-Energiebedarf (Primärenergie und Endenergie) für Heizen und Trinkwassererwärmung unter definierten Randbedingungen ermittelt.

Nutzenergiebedarf ist hier der Jahresheizwärmebedarf nach DIN V 4108-6 „Wärmeschutz im Hochbau – Teil 6: Berechnung des Jahresheizwärmebedarfs von Gebäuden“ und der Trinkwarmwasser-Wärmebedarf.

Die Berechnungsergebnisse werden getrennt nach Energieträgern dargestellt.

Die Norm enthält im Anhang C ein einfaches Verfahren zur Ermittlung von Kennwerten aus Tabellen und Diagrammen zur energetischen Bewertung von Heiz- und Trinkwassererwärmungsanlagen, sowie Lüftungsanlagen.

Die in dieser Norm angegebenen Berechnungsverfahren und Kennwerte sind in erster Linie zur Verwendung in öffentlich-rechtlichen Nachweisen gedacht. Deshalb liegen diesen Werten auch diejenigen Festlegungen zugrunde, von denen die entsprechenden öffentlich-rechtlichen Vorschriften ausgehen. Die Randbedingungen für das Gebäude sind in der Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik (Energieeinsparverordnung – EnEV) festgelegt und in DIN V 4108-6: 2000 [11] Anhang D zusammengefasst. Der Aufwand der Anlagentechnik ist abhängig von dem zugrundegelegten Nutzen (Bedarf). Deutliche Einflüsse kommen insbesondere der Größe und der zeitlichen Verteilung des Wärmebedarfs (Gebäudewärmebedarf, Trinkwarmwasser-Wärmebedarf), dem Verhältnis der Anteile dieses Wärmebedarfs zueinander (Transmissionswärmebedarf, Lüftungswärmebedarf, interne und solare Gewinne) sowie der Betriebsweise zu.

1 Anwendungsbereich

Diese Norm gilt für Gebäude mit normalen Innentemperaturen im Sinne der Energieeinsparverordnung, die baulich und anlagentechnisch den Anforderungen dieser Verordnung genügen. Dies sind nach der dort gegebenen Definition solche Gebäude, die nach ihrem Verwendungszweck auf eine Innentemperatur von 19 °C oder mehr und jährlich mehr als vier Monate beheizt werden. Wesentliche Untergruppe dazu sind die Wohngebäude; das sind solche Gebäude, die ganz oder deutlich überwiegend zum Wohnen genutzt werden.

Dabei wird der bestimmungsgemäße Betrieb der heiz- und raumluftechnischen Anlagen nach den anerkannten

Regeln der Technik vorausgesetzt. Diesbezüglich gesonderte Hinweise, wie z. B. auf den hydraulischen Abgleich bei Warmwasser-Heizungsanlagen, können nach dem derzeitigen Entwicklungsstand nicht gegeben und in Zahlenwerten auch nicht gesondert ausgewiesen werden.

Die zu verwendenden Kennzahlen und Deckungsanteile können sowohl mit Hilfe der im Abschnitt 5 und Anhang C enthaltenen Verfahren und Tabellen bestimmt werden als auch unter Verwendung anderer oder abweichender Nachweisverfahren (z.B. VDI 2067 oder LEG), soweit sichergestellt ist, dass diese Nachweisverfahren gleichwertige Ergebnisse unter vergleichbaren Randbedingungen (Abschnitt 5) liefern. Die diesen Nachweisverfahren zu Grunde liegenden Annahmen und Randbedingungen sind nachvollziehbar anzugeben und zu protokollieren.

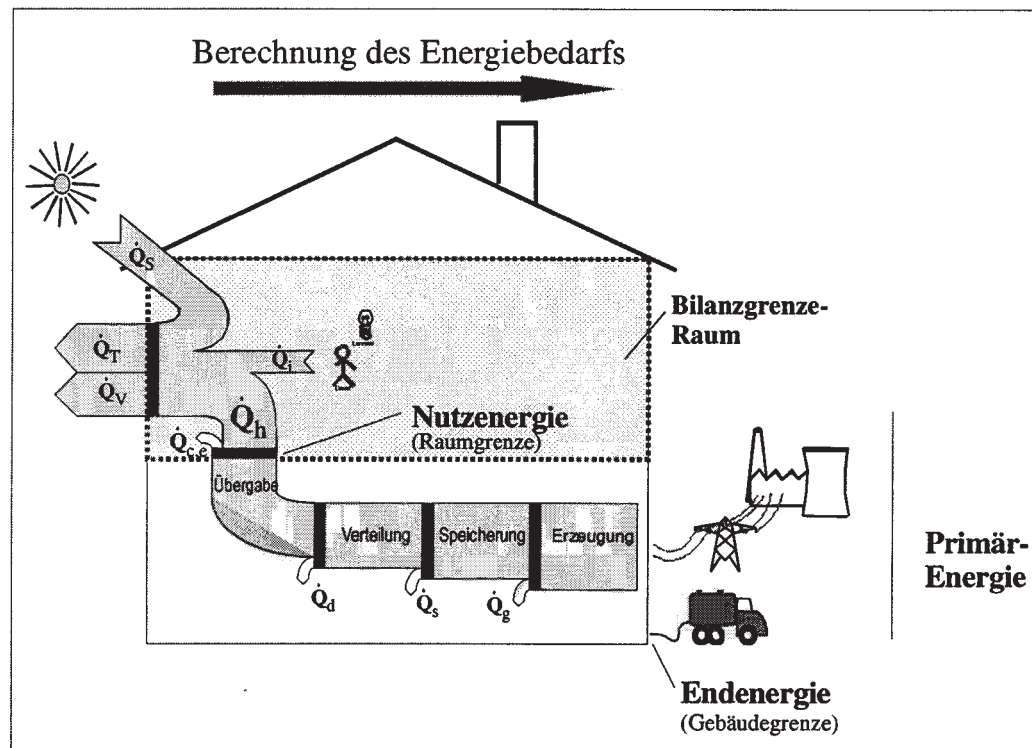


Bild 1-1 — Berechnung des Energiebedarfs in Richtung der Bedarfsentwicklung

Das Verfahren dieser Norm dient der Bestimmung des Energiebedarfs zu einem frühen Planungsstand, nicht jedoch der Vorausberechnung des Energieverbrauchs. Vorausgesetzt wird die Dimensionierung aller Anlagenkomponenten nach dem Stand der Technik und vollständig einregulierte Anlagen (z.B. hydraulischer Abgleich). Die nach diesem Verfahren ermittelten Jahresenergiebedarfswerte können nicht zur Dimensionierung einzelner Komponenten herangezogen werden.

Dieses Verfahren ist aufgrund der berücksichtigten Einflüsse geeignet, die entsprechenden Nachweise im Rahmen öffentlich-rechtlicher Bestimmungen zur Energieeinsparung zu führen.

2 Normative Verweisungen

Diese Vornorm enthält durch datierte oder undatierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Publikationen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert, und die Publikationen sind nachstehend aufgeführt. Bei datierten Verweisungen gehören spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen nur zu dieser Vornorm falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation.

DIN EN 255

Wärmepumpen – Anschlussfertige Wärmepumpen mit elektrisch angetriebenen Verdichtern zum Heizen oder zum Heizen und Kühlen – Begriffe

DIN EN 832

Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Berechnung des Heizenergiebedarfs – Wohngebäude

DIN EN ISO 13789

Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Spezifischer Transmissionswärmeverlustkoeffizient – Berechnungsverfahren

EN 12975-2

Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile - Kollektoren- Teil 2. Prüfverfahren, Deutsche Fassung prEN 12975-2:1997

EN 12976-2

Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile - Vorgefertigte Anlagen- Teil 2. Prüfverfahren, Deutsche Fassung prEN 12976-2:1997

EN 12977-2

Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile - Kundenspezifisch gefertigte Anlagen- Teil 2. Prüfverfahren, Deutsche Fassung prEN 12977-2:1997

DIN V 4108-6

Wärmeschutz im Hochbau – Teil 6: Berechnung des Jahresheizwärmebedarfs von Gebäuden

DIN V 4753-4

Wassererwärmer und Wassererwärmungsanlagen für Trink- und Betriebswasser - Teil 8: Wärmedämmung von Wassererwärmern bis 1000 l Nenninhalt - Anforderungen und Prüfung

DIN V 4757-4

Solarthermische Anlagen - Teil 4: Sonnenkollektoren, Begriffe, Sicherheitstechnische Anforderungen, Prüfung der Stillstandstemperatur

EnEV (in Vorbereitung)

Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energiesparverordnung – EnEV)

92/42/EWG

Verordnung zur Umsetzung der Richtlinie 92/42/EWG des Rates vom 21. Mai 1992 über die Wirkungsgrade von mit flüssigen oder gasförmigen Brennstoffen beschickten neuen Warmwasserheizkesseln

VDI 2067 Bl. 1

Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen – Grundlagen und Kostenrechnung

VDI 2067 Bl. 10 E

Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen – Energiebedarf beheizter und klimatisierter Gebäude

VDI 2067 Bl. 11 E

Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen – Rechenverfahren zum Energiebedarf beheizter und klimatisierter Gebäude

VDI 2067 Bl. 12

Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen – Nutzenergiebedarf für die Trinkwassererwärmung

VDI 2067 Bl. 20 E

Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen – Energieaufwand der Nutzenübergabe bei Warmwasserheizungen

LEG Heizenergie im Hochbau

Energetische Qualität von Baukörpern – Leitfaden energiebewusste Gebäudeplanung

Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Jugend, Familie und Gesundheit

Druck: Elektra/Niedernhausen

ISBN: 3-89274-127-1

3 Definitionen und Symbole

3.1 Definitionen

3.1.1 Primärenergiebedarf (Q_p)

Energiemenge die zur Deckung des Jahresheizenergiebedarfs Q_h und des Trinkwasserwärmebedarfs Q_w (Bedarf und Aufwand der Anlagentechnik) benötigt wird unter Berücksichtigung der zusätzlichen Energiemenge, die durch vorgelagerte Prozessketten außerhalb der Systemgrenze „Gebäude“ bei der Gewinnung, Umwandlung und Verteilung der jeweils eingesetzten Brennstoffe entstehen.

3.1.2 Endenergiebedarf (Q_e)

Energiemenge die zur Deckung des Jahresheizenergiebedarfs Q_h und des Trinkwasserwärmebedarfs Q_w (Bedarf und Aufwand der Anlagentechnik) benötigt wird, ermittelt an der Systemgrenze des betrachteten Gebäudes. Die zusätzliche Energiemenge, die durch vorgelagerte Prozessketten bei der Erzeugung des jeweils eingesetzten Brennstoffs entstehen, werden nicht in Betracht gezogen.

3.1.3 Heizwärmebedarf, Jahres-Heizwärmebedarf (Q_h)

Wärme, die den beheizten Räumen zugeführt werden muss, um die innere Solltemperatur der beheizten Räume einzuhalten. Dies entspricht dem „Heizwärmebedarf“ nach 3.1.4 der DIN V 4108-6, soweit dieser nicht mit einem auf Grund von Wärmerückgewinnung abgeminderten Lüftungswärmebedarf bestimmt wird. Soweit bei den Berechnungen nach DIN EN 832 oder DIN V 4108-6 eine Wärmerückgewinnung berücksichtigt wird, entspricht der Heizwärmebedarf nach der vorliegenden Vornorm der Summe aus dem Jahres-Heizwärmebedarf nach DIN V 4108-6 und Q_{WR} nach DIN V 4108-6 Gleichung 49.

Der Jahres-Heizwärmebedarf ist der Heizwärmebedarf für den Zeitraum eines Jahres.

3.1.4 Heizenergiebedarf (Q_h)

Energie, die dem Heizsystem zugeführt werden muss, um den Heizwärmebedarf decken zu können (siehe 3.1.15 der DIN EN 832).

3.1.5 Trinkwasser-Wärmebedarf (Q_{tw})

Nutzwärme, die zur Erwärmung der gewünschten Menge des Trinkwassers zugeführt werden muss.

3.1.6 Trinkwasser-Wärmeenergiebedarf (Q_{tw})

Energie, die dem Trinkwarmwassersystem zugeführt werden muss, um den Trinkwasser-Wärmebedarf decken zu können.

3.1.7 Nutzenergiebedarf

Energie, die vom Heizsystem unter normierten Bedingungen abgegeben werden muss, um den Heizwärmebedarf und den Trinkwasser-Wärmebedarf decken zu können.

3.1.8 Wärmeenergie (WE)

Energie, die unmittelbar zur Deckung des Heizwärmebedarfs bzw. der Trinkwassererwärmung eingesetzt wird. Diese Energieart kann z.B. Öl, Gas, Holz oder Strom sein.

3.1.9 Hilfsenergie (HE)

Energie (Strom), die nicht zur unmittelbaren Deckung des Heizwärmebedarfs bzw. der Trinkwassererwärmung eingesetzt wird (z.B. Energie für den Antrieb von Systemkomponenten - Umwälzpumpen, Regelung, etc. sowie Energie für die Rohrbegleitheizung bei der Trinkwassererwärmung).

3.1.10 Aufwandszahl (e)

Verhältnis von Aufwand zu erwünschtem Nutzen (Bedarf) bei einem Energiesystem.

3.1.11 Deckungsanteil (α)

Dimensionsloser Energieanteil (0-1), den ein System zur Deckung des Jahresheizwärmebedarfs bzw. Trinkwarmwasser-Wärmebedarf eines Gebäudes oder Bereichs beiträgt.

3.1.12 Nutzfläche (A_N)

Nach Energieeinsparverordnung festgelegt als $A_N = 0,32 \cdot V_e$

3.1.13 Übergabe

Der Prozessbereich in der Anlagentechnik, bei dem Energie z.B. in den Raum übergeben wird unter Einhaltung der festgelegten Anforderungen (insbesondere Komfort).

3.1.14 Verteilung

Der Prozessbereich der Anlagentechnik, in dem die benötigte Energiemenge von der Erzeugung zum Wärmeübertragungssystem transportiert wird.

3.1.15 Speicherung

Der Prozessbereich der Anlagentechnik, in dem in einem Medium enthaltene Wärme gespeichert wird. Bei Heizkreisen ist dies der Pufferspeicher (z.B. bei Wärmepumpenanlagen), bei der Trinkwassererwärmung der Warmwasserspeicher.

3.1.16 Erzeugung

Der Prozessbereich in der Anlagentechnik, in dem die Energiemenge bereitgestellt wird, die vom Gesamtsystem benötigt wird.

3.1.17 Zentrale Heizungsanlage, zentrale Trinkwassererwärmungsanlage

Heizungssystem, bei dem die Wärme in einem Gerät erzeugt wird und über Verteilleitungen an mehrere Räume eines Gebäudes transportiert wird. Als Wärmeträgermedium dient Wasser oder Luft. Dieser Begriff gilt analog für die zentrale Trinkwassererwärmung (jedoch nur mit Wasser als Wärmeträgermedium).

3.1.18 Dezentrale Heizungsanlage

Heizungssystem, bei dem die Wärme in einem Gerät erzeugt- und im gleichen Raum übergeben wird. Als Wärmeträgermedium dient Wasser oder Luft.

3.1.19 Wohnungszentrale Trinkwassererwärmungsanlage

Trinkwassererwärmungssystem, bei dem die Wärme für das Trinkwarmwasser in einem Gerät innerhalb der Wohnung erzeugt wird und über Verteilleitungen an mehrere Räume innerhalb einer Wohnung transportiert wird. Als Wärmeträgermedium dient Wasser. Die Verteilleitungen sind in der Regel kürzer als bei zentralen Anlagen zur Trinkwassererwärmung und sind ohne Zirkulation ausgeführt.

3.1.20 Dezentrale Trinkwassererwärmungsanlage

System, bei dem die Wärme zur Trinkwassererwärmung in einem Gerät erzeugt- und im gleichen Raum übergeben wird. Als dezentrale Trinkwassererwärmungsanlage gilt auch die Versorgung von zwei Räumen durch ein Gerät über eine gemeinsame Installationswand.

3.1.21 KWK-Anlage

Anlage mit Kraft-Wärme-Kopplung zur Beheizung von Gebäuden.

3.2 Symbole und Einheiten

Tabelle 3-1a — Symbole und Einheiten

Symbol	Bezeichnung	Einheit	Bemerkung
A	Fläche	m ²	
α	Deckungsanteil	–	0 bis 1
Q	Energie	kWh/a	Energiemenge pro Jahr
q	flächenbezogene Energiemenge pro Jahr	kWh/(m ² a)	ohne Index oder Index „WE“ = Wärmeenergie, mit Index „HE“ = Hilfsenergie
$\dot{Q}$	Wärmestrom	kW	
e _P	Anlagenaufwandszahl	--	nach Gleichung 4.2-26 – auf Primärenergie bezogen
f _P	Primärenergieumwandlungsfaktor	--	
ϑ	Temperatur	°C	
$\Delta\vartheta$	Temperaturdifferenz	K	
V	Volumen	m ³	V ₀ = Gebäudevolumen: von der wärmeübertragenden Umfassungsfläche des Gebäudes umschlossenes Volumen, Systemgrenze „Außenmaße“ nach DIN EN ISO 13789
A _N	Nutzfläche	m ²	A _N = 0,32 · V ₀
Q _h	Jahresheizwärmebedarf	kWh/a	- Jahresheizwärmebedarf nach DIN V 4108-6, soweit dort keine Wärmerückgewinnung berücksichtigt wurde (Q_{WR} = 0) - Summe aus dem Jahres-Heizwärmebedarf nach DIN V 4108-6 und Q_{WR} nach DIN V 4108-6 Gleichung (50), soweit dort Wärmerückgewinnung berücksichtigt wurde (Q_{WR} ≠ 0)

Tabelle 3-1b — Indices

Index	Bedeutung	Index	Bedeutung
A	Anlage	I	Lüftung...(Wärmebedarf)
B	Brennstoff	L	Lüftung...(Energiebedarf)
ce	Übergabe im Raum (control + emission)	N	Nutz...
d	Verteilung (distribution)	P	Primärenergie
E	Endenergie	s	Speicher
EWT	Erdwärmetauscher	tw	Trinkwarmwasser... (Wärmebedarf)
g	Erzeugung (generation)	TW	Trinkwarmwasser...(Energiebedarf)
h	Raumheizung...(Wärmebedarf)	WE	Wärmeenergie (auch ohne Index)
H	Raumheizung...(Energiebedarf)	WÜT	Wärmeübertrager
HE	Hilfsenergie	u	Umgebung
i, j	Allgemeiner Zählindex		
i	Innen		

Systematik der Indizierung:

Die Indizierung der Kennwerte der Anlagentechnik wird nach der folgenden Systematik durchgeführt. Die Varianten der Anlagensysteme, Verfahrensschritte und Energiearten sind hierin ebenfalls aufgeführt.

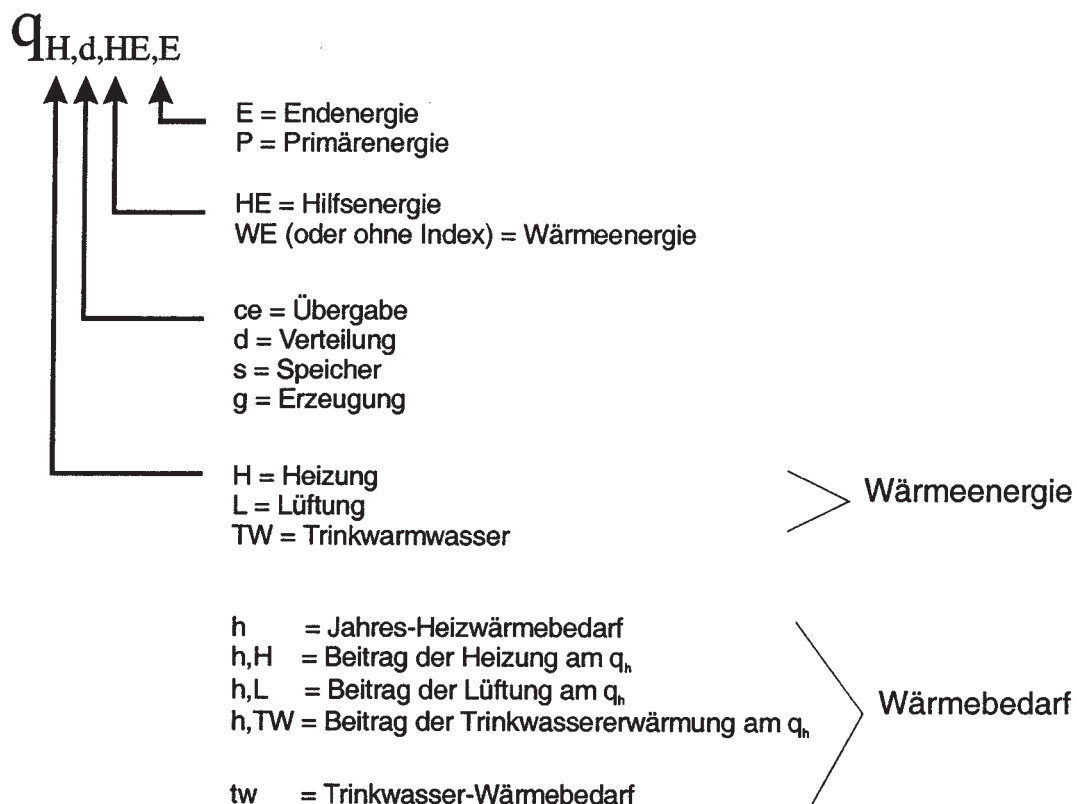


Tabelle 3-1c — Abweichende Symbolbezeichnungen zwischen DIN 4701-10 und DIN V 4108-6

DIN V 4701-10	DIN V 4108-6	Bedeutung
tw	w	Trinkwasserwärmebedarf
TW	W	Trinkwasserenergiebedarf
WRG	WR	Wärmerückgewinnung

4 Rechenverfahren zur Ermittlung des Energiebedarfs von Heizungs-, Trinkwassererwärmungs- und Lüftungsanlagen

4.1 Zusammenwirken dieser Vornorm mit DIN V 4108-6 und mit der Energieeinsparverordnung

Die Energieeinsparverordnung (EnEV) begrenzt bei Gebäuden mit normalen Innentemperaturen den Jahres-Primärenergiebedarf Q_p eines Gebäudes. Zur Bestimmung des Jahres-Primärenergiebedarfs müssen der Jahres-Nutzwärmebedarf des Gebäudes (Heizwärmebedarf Q_h und Trinkwasserwärmebedarf Q_{tw}) und die Aufwandszahl der Anlagentechnik e_p bekannt sein.

$$Q_p = (Q_h + Q_{tw}) \cdot e_p \quad (4.1-1)$$

Die Anlagen-Aufwandszahl e_p wird nach dieser Norm ermittelt und beschreibt das Verhältnis der von der Anlagentechnik aufgenommenen Primärenergie in Relation zu der von ihr abgegebenen Nutzwärme. Der Jahres-Heizwärmebedarf wird entweder nach dem Monatsbilanzverfahren der DIN V 4108-6 bestimmt, oder nach einem in der Verordnung selbst angegebenen Heizperiodenbilanzverfahren. Der Trinkwasserwärmebedarf Q_{tw} wird in der Verordnung mit 12,5 kWh/(m²a) festgelegt.

Die primärenergetisch bezogene Anlagen-Aufwandszahl e_p dient dem Vergleich unterschiedlicher Anlagen hinsichtlich ihres Energieaufwands. Grundlage für entsprechende Vergleiche ist, dass die gesamte Anlagentechnik in der Anlagen-Aufwandszahl e_p berücksichtigt wird. Dementsprechend werden in der DIN V 4701 - 10 stets alle vorhandenen Funktionen (Heizen, Lüften und Trinkwassererwärmung) während ihrer jeweiligen Nutzungsperiode berechnet und zusammengefasst verglichen. Damit die Anlagenaufwandszahlen e_p bei Gebäuden mit Wohnungslüftungsanlagen vergleichbar sind, müssen Wohnungslüftungsanlagen bei der Bestimmung des Jahres-Heizwärmebedarfs (DIN V 4108-6) mit einem Anlagenluftwechsel $n_{A,norm} = 0,4 \text{ h}^{-1}$ berechnet werden.

Für die Trinkwassererwärmungsanlage ist die Nutzungsperiode das gesamte Jahr, für die Heizungs- und Lüftungsanlage die Heizperiode. Als Heizperiode (t_{hp}) gilt in der DIN V 4701-10 die Zeit, in der die Heizungs- oder auch eine eventuell vorhandene Lüftungsanlage zur Deckung des Norm-Heizwärmebedarfs betrieben werden.

Eine wichtige und notwendige Voraussetzung für die Anwendung dieser Norm ist die Kenntnis des Heizwärmebedarfs Q_h des Gebäudes. Der energetische Gewinn einer Lüftungsanlage wird in dieser Norm berechnet und in der Anlagen-Aufwandszahl e_p berücksichtigt. Diese Norm geht in ihrer Energiebilanz davon aus, dass der Wärmerückgewinn einer Lüftungsanlage nicht im Jahresheizwärmebedarf berücksichtigt ist, sondern als Beitrag der Anlagentechnik (d.h. in DIN V 4108-6 ist $\eta_v = 0$). Ist diese Voraussetzung nicht erfüllt, so wird eine Korrektur notwendig (siehe 4.3).

4.2 Methodik zur Berechnung der Anlagenaufwandszahl e_p

4.2.1 Allgemeines

Die Norm ermöglicht die energetische Bewertung von Anlagen zur Deckung des Jahres-Heizwärmebedarfs (Q_h) und von Anlagen zur Deckung des Trinkwasser-Wärmebedarfs (Q_{tw}) eines Gebäudes. Lüftungsanlagen

- mit / ohne Wärmerückgewinnung durch Wärmeübertrager
- mit / ohne zusätzlicher Heizfunktion

werden in dieser Norm berücksichtigt. Andere raumluftechnische Anlagen, die z.B. der Deckung von Kühllasten dienen, werden nicht betrachtet.

Für Anlagen zur Deckung des Jahres-Heizwärmebedarfs und des Trinkwasser-Wärmebedarfs wird der Jahres-Primärenergiebedarf für Heizung, Lüftung und Trinkwarmwasser getrennt berechnet. Zur energetischen Bewertung der gesamten Anlagentechnik (Heizung, Lüftung und Trinkwassererwärmung) wird eine auf die Primärenergie bezogene Anlagen-Aufwandszahl e_p (inklusive Hilfsenergie) errechnet, die als dimensionslose Kennzahl die Effizienz der Anlage beschreibt. Mit Hilfe dieser Anlagen-Aufwandszahl kann der Jahres-Primärenergiebedarf Q_p eines Gebäudes bestimmt werden.

$$Q_p = (Q_h + Q_{tw}) \cdot e_p \quad (4.2-1)$$

Die Berechnung der Anlagen-Aufwandszahl e_p erfolgt immer anhand des in diesem Abschnitt (4.1 bis 4.3) angegebenen Rechenverfahrens. Dieses Verfahren erlaubt die Berechnung beliebig spezifizierter Anlagen, wobei diese Spezifikation zum Einen die gewählte Anlagenkombination (z. B. Heizung: Kessel, 70°/55°C-Heizkreis, Radiatoren; Trinkwasser: ...) und zum Anderen die konkreten Produkte (Kessel: Produkt A von Hersteller X, ...) beinhaltet. Zur Ermittlung der Anlagenaufwandszahl e_p und des Primärenergiebedarfs Q_p stehen drei Verfahren zur Auswahl:

1. Diagrammverfahren: Grafische Ermittlung der Anlagen-Aufwandszahl e_p und des Endenergiebedarfs anhand von Aufwandszahl-Diagrammen in Abhängigkeit vom flächenbezogenen Heizwärmebedarf q_h und der beheizten Nutzfläche A_N . Diese werden in der Norm exemplarisch für sechs gängige Anlagensysteme im Anhang C.5 dargestellt. Weitere Systeme werden in Beiblättern zu dieser Norm behandelt. Die Verwendung von Aufwandszahl-Diagrammen bietet sich an, wenn die Anlagenkonfiguration bereits festgelegt ist. In diesem Fall können die Ergebnisse ohne Detailrechnung ermittelt werden – aufgrund der großen Anzahl von möglichen Anlagenkonfigurationen sind aber nicht für alle Konfigurationen Diagramme erhältlich.

Rechnerische Ermittlung der Anlagen-Aufwandszahl e_p und des Endenergiebedarfs anhand des Rechenverfahrens nach Abschnitt 4. Zur Vereinfachung der Berechnung gibt es in Anhang A Berechnungsblätter und in Anhang B Beispielrechnungen. Das Rechenverfahren muss dann verwendet werden, wenn keine Aufwandszahl-Diagramme nach 1. vorliegen. Die zur Berechnung benötigten Kennwerte können auf zwei Arten gewonnen werden

2. Tabellenverfahren:
Wenn ein Gerät der Anlage noch nicht festgelegt ist, werden im Anhang C.1 bis C.4 Kennwerte für Standardprodukte angeboten. Diese Standardwerte können immer verwendet werden, sie orientieren sich aber am unteren energetischen Durchschnitt des Marktniveaus und führen damit nicht zu den geringsten Anlagen-Aufwandszahlen.

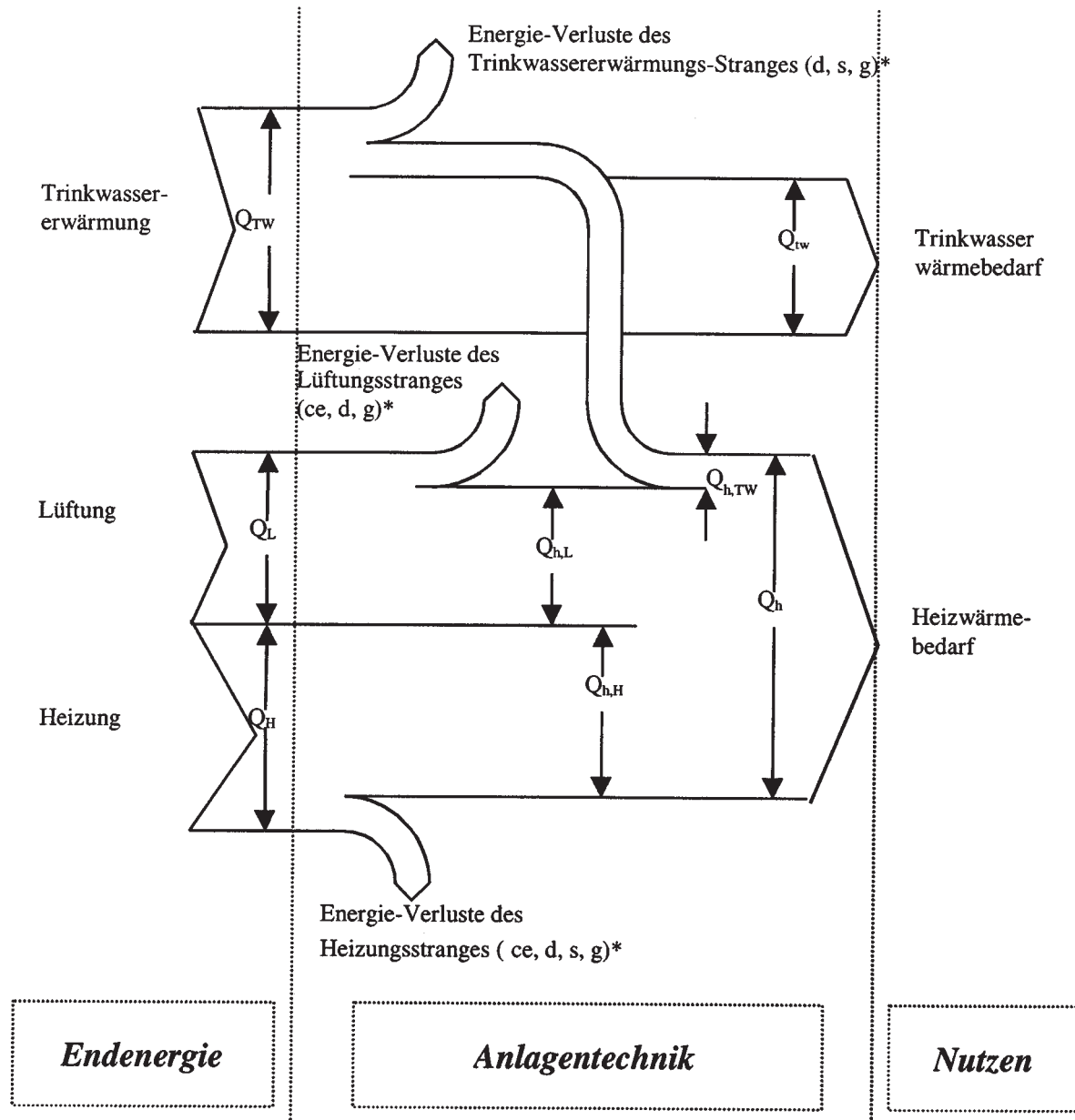
3. Detaillierte Verfahren:
Wenn die Kennwerte von konkreten Produkten vorliegen (z. B. die Wärmeerzeuger-Aufwandszahl des Kessels x der Firma y, berechnet nach den Randbedingungen und Vorgaben aus Abschnitt 5 oder vorgegeben durch Produktunterlagen), dann können diese Kennwerte anstelle der Standardwerte in Anhang C.1 bis C.4 verwendet werden. Dadurch ergeben sich in der Regel bessere Anlagen-Aufwandszahlen, da die Standardwerte sich am unteren Marktniveau orientieren. Es ist alternativ auch möglich, nur für einzelne Stufen der Wärmebereitstellung das detaillierte Verfahren nach 3. zu verwenden und für die anderen Stufe das Tabellenverfahren mit Standardwerten (nach 2.).

Diese Berechnung, bei dem die Kennwerte soweit wie bekannt entweder aus den Tabellen im Anhang C oder bei konkreten Produkten nach den Herstellerangaben ermittelt werden, eignet sich insbesondere dann, wenn bereits viele Anlagendetails bekannt sind.

Die für das detaillierte Verfahren (3.) und für das Tabellenverfahren (2.) einheitlich verwendbaren Berechnungsblätter für die Anlagenbewertung finden sich in Anhang A, Berechnungsbeispiele in Anhang B.

Zur Ermittlung der Anlagen-Aufwandszahl e_p wird die vorhandene Anlagentechnik in der Reihenfolge Trinkwassererwärmung, Lüftung und Heizung getrennt berechnet. Dabei werden die Wärmemengen, die aus dem Trinkwassererwärmungssystem und der Lüftungsanlage einen Teil des Jahres-Heizenergiebedarfs decken im Berechnungsverfahren berücksichtigt (Bild 4.2-1, Gleichung 4.2-2). Dazu müssen zuerst das Trinkwassererwärmungssystem und die Lüftungsanlage berechnet werden. Als Ergebnis dieser Berechnung ist der Primärenergiebedarf dieser beiden Anlagen bekannt und auch die Wärmeenergie, die nicht mehr von der Heizungsanlage gedeckt werden muss. Um diese Wärmemenge kann der Jahres-Heizwärmebedarf des Gebäudes reduziert werden. Die Heizungsanlage wird anschließend mit dem so reduzierten Heizwärmebedarf berechnet. Durch das Zusammenführen der einzelnen Ergebnisse ergibt sich abschließend die Anlagen-Aufwandszahl e_p der gesamten Anlagentechnik inklusive der Hilfsenergie.

Weiterhin erlaubt die Norm die Berechnung des Wärmeenergiebedarfs und des elektrischen Hilfsenergiebedarfs eines Gebäudes bezogen auf die Endenergie.



* ce, d, s, g siehe 4.2.

Bild 4.2-1 — Energieflussbild zur Berechnung der Heizungs-, Lüftungs- und Trinkwassererwärmung

mit:

$$Q_h = Q_{h,TW} + Q_{h,L} + Q_{h,H} \quad (4.2-2)$$

Q_h Jahres-Heizwärmebedarf, in [kWh/a]

$Q_{h,TW}$ Beitrag der Trinkwassererwärmung am Jahres-Heizwärmebedarf (Heizwärmegutschrift), in [kWh/a]

$Q_{h,L}$ Beitrag der Lüftung am Jahres-Heizwärmebedarf, in [kWh/a]

$Q_{h,H}$ Beitrag der Heizung am Jahres-Heizwärmebedarf, in [kWh/a]

4.2.2 Voraussetzungen zur Berechnung der Anlagen-Aufwandszahl e_p

Zur Berechnung der Anlagen-Aufwandszahl e_p muss vom Gebäude der Jahres-Heizwärmebedarf Q_h (oder als flächenbezogener Wert q_h) entsprechend Bild 4.2-1 und die Nutzfläche A_N bekannt sein. Die Ermittlung von Q_h und A_N erfolgt anhand des Monatsbilanzverfahrens der DIN V 4108 – 6 bzw. des Heizperiodenbilanzverfahrens der EnEV, wobei bei Einsatz von Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung die Vorschriften nach 4.3 (Bild 4.3-1 und Bild 4.3-2) zu beachten sind (die Berücksichtigung einer Wärmerückgewinnungsanlage erfolgt immer innerhalb der vorliegenden Norm).

Randbedingungen

Die Berechnung der Anlagen-Aufwandszahl nach dieser Norm ist nur gültig unter den in Tabelle 4.2-1 genannten Randbedingungen:

Tabelle 4.2-1 — Übersicht der Randbedingungen

Kriterium	Größe	Wert		Einheit
Mittlere Gebäudeinnentemperatur	ϑ_i	19		°C
Trinkwasser-Wärmebedarf	q_{tw}	12,5		KWh/(m²a)
Norm-Anlagenluftwechsel für mechanische Lüftungsanlagen	$n_{A, Norm}$	0,4		1/h
		DIN V 4108-6 Monatsbilanz- verfahren	EnEV Heizperiodenbi- lanzverfahren	
Heizgrenztemperatur	t_g	wird ausgewiesen	10	°C
Dauer der Heizperiode	t_{HP}	wird ausgewiesen	185	d
mittlerer Gradtagsfaktor	F_{gt}	zu errechnen	69,6	kKh/a
Nutzfläche	A_N	wird ausgewiesen	wird ausgewiesen	m²

Abweichend von dem oben vorgegebenen Norm-Anlagen-Luftwechsel können Lüftungsanlagen auch für höhere Anlagen-Luftwechsel berechnet werden, wobei alle Auswirkungen auf den Norm-Luftwechsel bezogen werden.

Eine geregelte Heizunterbrechung bzw. Nacht- und/oder Wochenendabschaltung der Heizung mit im Mittel niedrigeren Raumtemperaturen führt zu einer Verminderung des Jahres-Heizwärmebedarfs Q_h gegenüber dem durchgehenden Heizbetrieb. Die Berechnung des zeitlich eingeschränkten Heizbetriebs erfolgt für das Monatsbilanzverfahren nach Anhang C der DIN V 4108, Teil 6, für die Heiz- oder Jahresperiodenbilanzierung mit Hilfe eines reduzierten F_{gt} -Wertes nach Anhang D der DIN V 4108-6.

Die Berechnung der Anlagen-Aufwandszahl e_p bei einer abweichenden Raumtemperatur (auch zeitweise) ist in dieser Norm zur Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen nicht vorgesehen.

Wird zur Ermittlung des End- und des Primärenergiebedarfs ein Q_h -Wert aus DIN V 4108-6 unter Berücksichtigung eines geregelten, zeitlich eingeschränkten Heizbetriebes mit einer Anlagen-Aufwandszahl verknüpft, die für durchgehenden Betrieb ermittelt wird, sind der nach dieser Norm errechnete End- und Primärenergiebedarf in der Regel höher als Werte, welche sich unter gleichen Randbedingungen aus dynamischen Simulationsberechnungen des Gebäudes und der Anlagentechnik ergeben.

Für den Trinkwasser-Wärmebedarf wird ein definierter Nutzen q_{tw} von 12,5 kWh/(m²a) im Rahmen des öffentlich rechtlichen Nachweises zugrundegelegt. Dies entspricht etwa einem täglichen Warmwasserbedarf von 23 Liter pro Person bei 50°C Wassertemperatur.

4.2.3 Methodik der Berechnung von Anlagen zur Deckung des Trinkwasser-Wärmebedarfs Q_{tw}

Die Berechnung von Anlagen zur Deckung des Trinkwasser-Wärmebedarfs Q_{tw} erfolgt für das gesamte Gebäude, wenn es von der gleichen Anlagentechnik mit warmen Trinkwasser versorgt wird. Werden verschiedene Bereiche eines Gebäudes mit unterschiedlicher Anlagentechnik versorgt bzw. unterschiedlich genutzt (z.B. Wohn- und Büroflächen), so sind die Bereiche einzeln zu berechnen.

Die Grundeinheit der Berechnung bildet der Trinkwarmwasser-Strang. Ein Trinkwarmwasser-Strang besteht im allgemeinen Fall aus mindestens einem Wärmeerzeuger, bei Bedarf einem Speicher, einem Verteilstrang und mindestens einer Art der Nutzenübergabe (analog Bild 4.2-2). Dabei stellt ein Trinkwarmwasser-Strang die kleinste berechenbare Anlageneinheit dar.

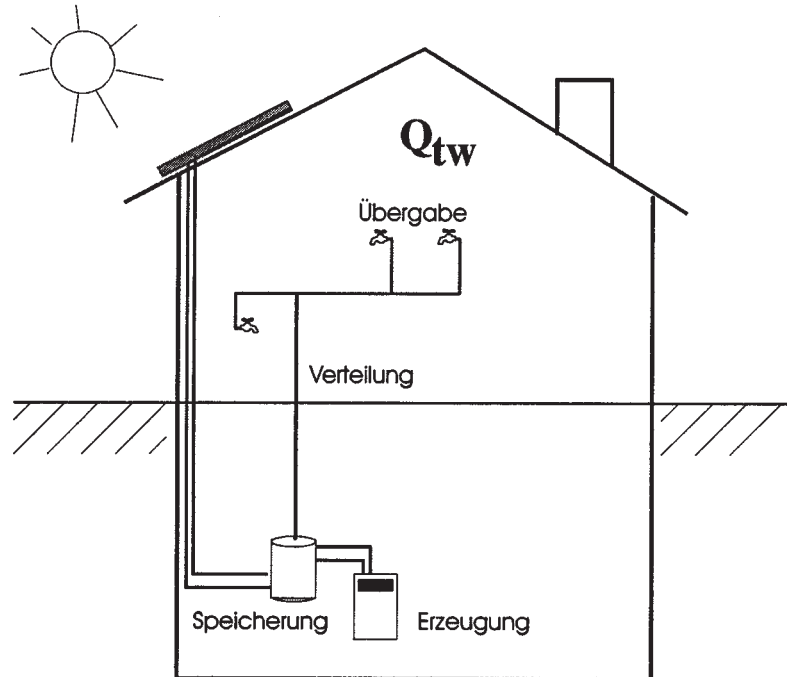


Bild 4.2-2 — Beispielhafte Erläuterung eines Trinkwarmwasser-Strangs

Die Bereitstellung von Wärme zur Deckung des Trinkwasser-Wärmebedarfs durch einen Trinkwarmwasser-Strang lässt sich, analog der Aufteilung bei Anlagen zur Deckung des Heizwärmebedarfs, in fünf Prozeßbereiche (Schritte) unterteilen (siehe Bild 4.2-3):

1. Übergabe des warmen Trinkwassers von der Zapfstelle an den Nutzer (Index `ce`)
2. Verteilung des warmen Trinkwassers vom Wärmeerzeuger/Speicher zu den Zapfstellen (Index `d`)
3. Speicherung des warmen Trinkwassers in einem Trinkwasserspeicher (Index `s`)
4. Erzeugung des erwärmten Trinkwassers (Index `g`)
5. Umwandlung Primärenergie (Primärenergie-Umwandlungsfaktor f_p)

Anhand der fünf Schritte, die den Weg der Energieumwandlung in einem Trinkwarmwasser-Strang beschreiben, lässt sich jedes beliebige Trinkwassererwärmungssystem abbilden.

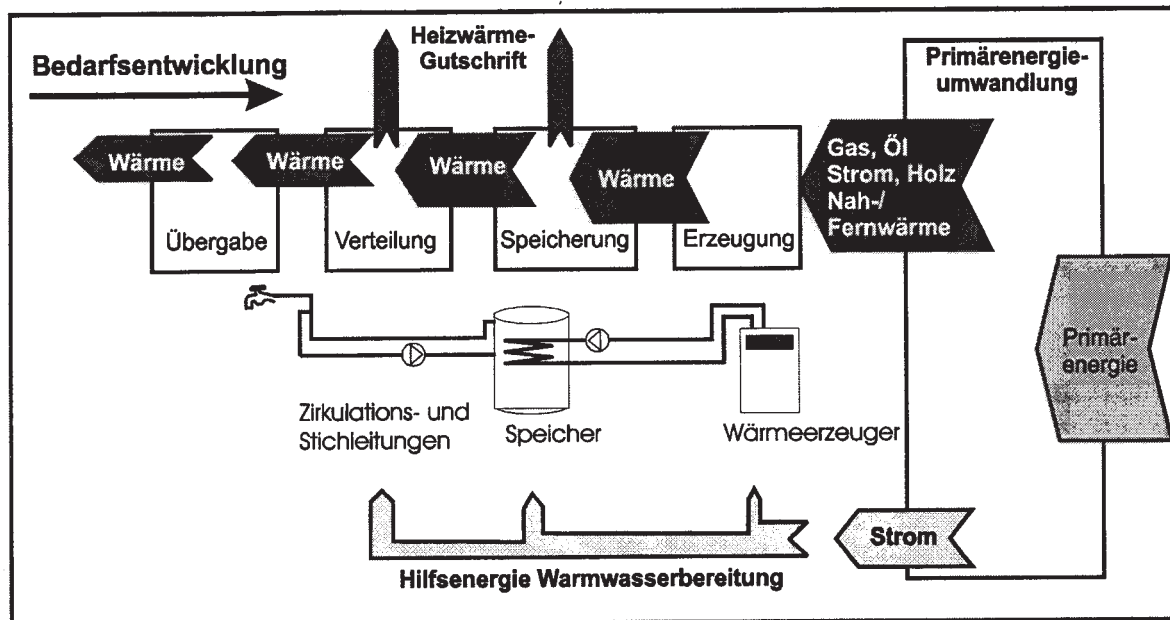


Bild 4.2-3 — Erläuterung des Berechnungsschemas für die Trinkwassererwärmung

Die energetische Berechnung einer Trinkwassererwärmungsanlage erfolgt getrennt für Wärmeenergie (q_{TW}) und für Hilfsenergie ($q_{TW,HE}$). Wird elektrische Energie zum Zwecke der unmittelbaren Trinkwassererwärmung eingesetzt (z.B. elektrischer Durchlauferhitzer), so wird sie der Wärmeenergie zugerechnet.

Tabellen 4.2-2 und 4.2-3 zeigen die Methodik zur Berechnung einer Anlage zur Deckung des Trinkwasser-Wärmebedarfs eines Gebäudes (1 Verteilstrang). Die benötigten Kennzahlen der Verfahrensschritte werden in 5.1 bestimmt.

Wärmeenergie (WE bzw. ohne Index):

Zur Berechnung des Wärmeenergiebedarfs q_{TW} muss zuerst die Wärmemenge bestimmt werden, die von den Wärmespeichern bereitzustellen ist. Diese Wärmemenge setzt sich aus dem Trinkwasserwärmebedarf des Gebäudes q_{TW} und den Wärmeverlusten der Wärmeübergabe, -Verteilung und -Speicherung zusammen (alle Werte in kWh/(m²a)). Durch Multiplikation mit der Aufwandszahl (Kehrwert des Nutzungsgrads) des Wärmespeizers (Index i für verschiedene Wärmespeizer) und dem Primärenergie-Umwandlungsfaktor wird der Wärmeenergiebedarf $q_{TW,WE,P}$ bestimmt.

$$q_{TW,P} = (q_{TW} + q_{TW,ce} + q_{TW,d} + q_{TW,s}) \cdot \sum_i (e_{TW,g,i} \cdot \alpha_{TW,g,i} \cdot f_{P,i}) \quad (4.2-3)$$

Die Verluste der Prozessbereiche Verteilung $q_{TW,d}$ und Speicherung $q_{TW,s}$ können zu einem Teil der Heizung als Wärmegutschriften $q_{h,TW,d}$ und $q_{h,TW,s}$ zugerechnet werden, wenn diese Komponenten im beheizten Bereich des Gebäudes aufgestellt sind. Für Wärmespeizer erfolgt keine Wärmegutschrift, da die Erzeugeraufwandszahl nur die Verluste des Wärmespeizers im Sommer berücksichtigt und damit immer als Verlust zu werten ist (die Verluste während der Heizperiode werden in der Erzeugeraufwandszahl Heizen berücksichtigt, da dann der Wärmespeicher vorrangig für die Raumheizung in Betrieb ist).

$$q_{h,TW} = q_{h,TW,d} + q_{h,TW,s} \quad (4.2-4)$$

Die entsprechenden Rechenvorschriften für $q_{h,TW,d}$ und $q_{h,TW,s}$ sind in 5.1.2 und 5.1.3 vorgegeben.

Hilfsenergie:

Zur Berechnung des elektrischen Hilfsenergiebedarfs $q_{TW,HE}$ werden die Hilfsenergien der einzelnen Prozessschritte addiert. Die Hilfsenergie wird in kWh/(m²a) angegeben. Durch Multiplikation der Hilfsenergie mit dem Primärenergie-Umwandlungsfaktor für Strom (für jeden Wärmespeicher – Index i) ergibt sich der primärenergetisch bewertete Hilfsenergiebedarf $q_{TW,HE,P}$.

$$q_{TW,HE,P} = \left(q_{TW,ce,HE} + q_{TW,d,HE} + q_{TW,s,HE} + \sum_i q_{TW,g,HE,i} \cdot \alpha_{TW,g,i} \right) \cdot f_P \quad (4.2-5)$$

Tabelle 4.2-3 — Berechnungsmethodik für Anlagen zur Deckung des Trinkwasser-Wärmebedarfs – Wärmeenergie

Verfahrens- schritt	WÄRME (WE)					
			Dimension			
	q_{tw}	Wärmebedarf Trinkwarmwasser	[kWh/m²a]			
1	$q_{TW,ce}$	Übergabe	[kWh/m²a]	+	0	
2	$q_{TW,d}$	Verteilung	[kWh/m²a]			
3	$q_{TW,s}$	Speicherung	[kWh/m²a]			
	Σ	$(q_{tw} + q_{TW,ce} + q_{TW,d} + q_{TW,s})$	[kWh/m²a]			
				Erzeuger	Erzeuger	Erzeuger
				1	2	3
4	$\alpha_{TW,g,i}$	Erzeuger-Deckungsanteil	[--]			
	$e_{TW,g,i}$	Erzeuger-Aufwandszahl	[--]			
				↓	↓	↓
	$q_{TW,E,i}$	$(q_{tw} + q_{TW,ce} + q_{TW,d} + q_{TW,s}) \times (e_{TW,g,i} \times \alpha_{TW,g,i})$	[kWh/m²a]			
5	$f_{p,i}$	Umwandlung Primärenergie	[--]			
	$q_{TW,P,i}$	$q_{TW,E,i} \times f_{p,i}$	[kWh/m²a]			

Heizwärmegutschriften

$q_{h,TW,d}$	aus Verteilung
$q_{h,TW,s}$	aus Speicherung
$q_{h,TW}$	$(q_{h,TW,d} + q_{h,TW,s})$

Σ	Endenergie
----------	------------

Σ	Primärenergie
----------	---------------

Tabelle 4.2-3 — Berechnungsmethodik für Anlagen zur Deckung des Trinkwasser-Wärmebedarfs – Hilfsenergie

Verfahrens- schritt	HILFSENERGIE (HE)					
			Dimension			
	$q_{TW,ce,HE}$	Übergabe	[kWh/m²a]		0	
2	$q_{TW,d,HE}$	Verteilung	[kWh/m²a]	+		
3	$q_{TW,s,HE}$	Speicherung	[kWh/m²a]			
				Erzeuger	Erzeuger	Erzeuger
				1	2	3
4	$\alpha_{TW,g,i}$	Erzeuger-Deckungsanteil	[--]			
	$q_{TW,g,HE,i}$	Erzeuger-Hilfsenergie	[kWh/m²a]			
		$\alpha_{TW,g,i} \times q_{TW,g,HE,i}$	[kWh/m²a]			
				↓	↓	↓
	$q_{TW,HE,E}$	$(q_{TW,ce,HE} + q_{TW,d,HE} + q_{TW,s,HE}) + \Sigma(\alpha \times q_{TW,g,HE,i})$	[kWh/m²a]			
5	f_p	Umwandlung Primärenergie	[--]			
	$q_{TW,HE,P}$	$q_{TW,HE,E} \times f_p$	[kWh/m²a]			

Σ	Endenergie
----------	------------

Σ	Primärenergie
----------	---------------

Die Addition von Wärme- und Hilfsenergiebedarf ergibt den Primärenergiebedarf:

$$q_{TW,P} = q_{TW,WE,P} + q_{TW,HE,P} \quad (4.2-6)$$

Multipliziert mit der Nutzfläche A_N ergibt sich dann der Jahres-Primärenergiebedarf der Trinkwassererwärmung :

$$Q_{TW,P} = (q_{TW,WE,P} + q_{TW,HE,P}) \cdot A_N \quad [\text{kWh/a}] \quad (4.2-7)$$

Mit diesem Schema zur Berechnung eines Trinkwarmwasser-Strangs lassen sich Gebäude mit unterschiedlichen Bereichen und verschiedenen Strängen pro Bereich berechnen.

Berechnungsfall 1: Gebäude mit einem Bereich und einem Strang

Die Berechnung entspricht dem oben aufgeführten Rechengang (siehe Bilder 4.2-2 und 4.2-3, Tabellen 4.2-2 und 4.2-3 und Gleichungen 4.2-3 bis 4.2-7).

Berechnungsfall 2: Gebäude mit zwei Bereichen, ein Strang pro Bereich

Der nach Gleichung (4.2-7) bestimmte Primärenergiebedarf $Q_{TW,P}$ gilt für einen Bereich mit einem Trinkwarmwasser-Strang. Wird ein Gebäude in Bereiche mit unterschiedlicher Anlagentechnik aufgeteilt, muss der Trinkwasser-Wärmebedarf Q_{tw} auf die Bereiche aufgeteilt werden (z.B. entsprechend der Nutzfläche). Die Bestimmung der energetischen Kennzahlen der Verfahrensschritte (siehe Bild 4.2-3) erfolgt anhand der Nutzfläche des jeweiligen Bereichs. Der Primärenergiebedarf für das Gebäude berechnet sich nach Gleichung 4.2-8. Gleiche Bereiche können zusammengefasst werden (z.B. Mehrfamilienhaus mit 2 Wohnungstypen).

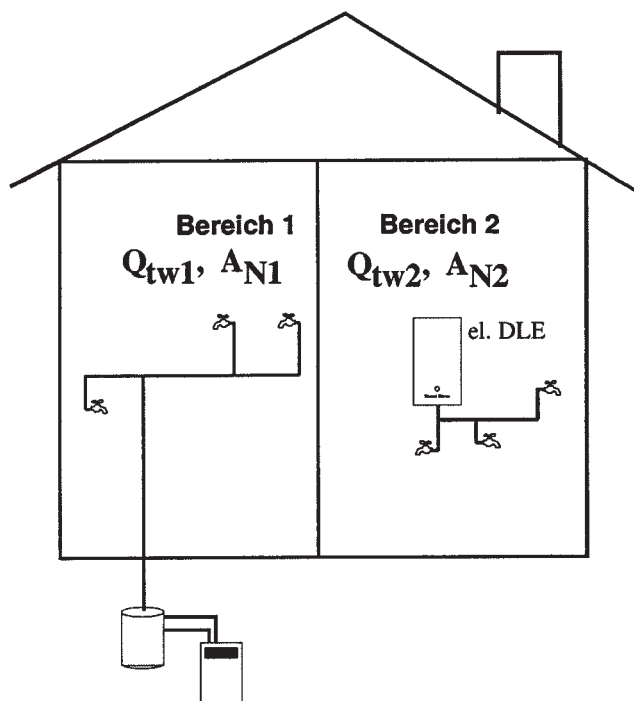


Bild 4.2-4 — Beispielhafte Aufteilung eines Gebäudes in mehrere Bereiche (Trinkwassererwärmung)

$$Q_{TW,P} = \sum_i (q_{TW,WE,P} + q_{TW,HE,P})_i \cdot A_{N,i} \quad (4.2-8)$$

Berechnungsfall 3: Gebäude mit einem Bereich, mehrere Stränge pro Bereich

Wenn ein Bereich eines Gebäudes von mehreren Trinkwarmwasser-Strängen versorgt wird, muss jeder Strang i einzeln berechnet werden (z.B: eine Wohnung mit einer Gruppenversorgung der Zapfstellen im Bad über einem Durchlauferhitzer (Gas) und die dezentrale Versorgung der Küche und Gäste WC mit einem elektrischen Unterstrichspeicher.)

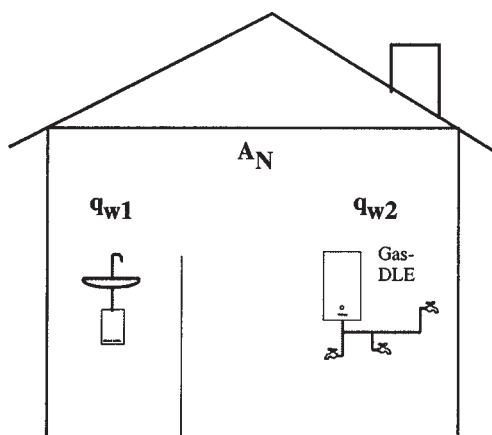


Bild 4.2-5 — Beispielhafte Aufteilung eines Gebäudes in mehrere Trinkwarmwasser-Stränge (dezentrale Versorgung)

Der Trinkwasser-Wärmebedarf q_{tw} teilt sich bei dieser Variante auf die verschiedenen Stränge i mit den dazugehörigen Anteilen $q_{tw,i}$ gemäß Tabelle 4.2-4 auf.

Tabelle 4.2-4 — flächenbezogener Trinkwasserwärmebedarf $q_{tw,i}$ pro Strang in kWh/(m²a)

Ausstattung	$q_{tw,i}$ in kWh/m²a		
	1 Strang	2 Stränge	3 Stränge
Küche (und Handwaschbecken)	---	2,5	2,5
1. Badezimmer	---	10,0	5
2. Badezimmer	---	---	5
Summe	12,5	12,5	12,5

Der Primärenergiebedarf für die Trinkwassererwärmung ergibt sich zu:

$$Q_{TW,P} = A_N \cdot \sum_{\text{Stränge } i} (q_{TW,WE,P} + q_{TW,HE,P})_{\text{Strang } i} \quad (4.2-9)$$

Weitere Berechnungsfälle

1. Die Variante eines Gebäudes mit mehreren Bereichen und mehrere Stränge pro Bereich wird analog den Berechnungsfällen 2 und 3 gerechnet.
2. Wenn in einem Gebäude mit mehreren Wohneinheiten jede Wohneinheit mit gleicher Anlagentechnik wohnungszentral mit Trinkwarmwasser versorgt wird (z.B. elektrischer DLE in jeder Wohneinheit), dann kann vereinfachend der Primärenergiebedarf für Trinkwarmwasser anhand einer Wohneinheit (mit durchschnittlicher Wohnfläche) erfolgen. Der Primärenergiebedarf für Trinkwarmwasser des gesamten Gebäudes ermittelt sich durch Multiplikation des so gewonnenen Wertes mit der Anzahl der Wohneinheiten.
3. Wenn in einem Gebäude oder in einem Bereich die Aufwandszahlen der Wärmeerzeuger und die Primärenergiefaktoren für alle Stränge den gleichen Wert haben (z.B. nur elektrische DLE und Elektrospeicher), können die flächenbezogenen Verluste der Verteilung und der Speicherung dieser Stränge gemäß Gleichung 4.2-2 zusammengefasst werden. Wenn für alle Stränge der Hilfsenergieaufwand für die Erzeugung gleich groß ist, können die flächenbezogenen Verluste gemäß Gleichung 4.2-4 zusammengefasst werden. Es gilt dann:

$$q_{TW,P} = \left(q_{tw} + \sum_i q_{TW,d,i} + \sum_i q_{TW,s,i} \right) \cdot e_{TW,g} \cdot f_P \quad (4.2-9)$$

$$q_{TW,HEP} = (q_{TW,ce,HE,j} + q_{TW,d,HE,j} + q_{TW,s,HE,j} + q_{TW,g,HE,j}) \cdot f_P \quad (4.2-10)$$

4.2.4 Methodik der Berechnung von Lüftungsanlagen zur Deckung des Heizwärmebedarfs

Ist ein Gebäude bzw. ein Bereich eines Gebäudes mit einer Lüftungsanlage ausgestattet, die die Zuluft mit mindestens einem Wärmeerzeuger erwärmen kann (z. B. Wärmeübertrager der Wärmerückgewinnung, Abluft/Zuluft-Wärmepumpe oder Heizregister), so trägt diese Lüftungsanlage zur Deckung des Heizwärmebedarfs bei. Die energetische Berücksichtigung erfolgt dadurch, dass der durch die Lüftungsanlage gedeckte Anteil $q_{h,L}$ vom Heizwärmebedarf q_h des Gebäudes abgezogen wird. Der normalerweise vorhandene Heizungsstrang muss dann einen kleineren Beitrag zur Deckung des Heizwärmebedarfs leisten (vergleiche 4.2.5 Gleichung 4.2-18).

In diesem Abschnitt wird die Lüftungsanlage nur unter dem Gesichtspunkt der teilweisen oder vollständigen Deckung des Heizwärmebedarfs betrachtet – der Nutzen und der Aufwand für Kühlung wird nicht berücksichtigt. Abluft/Wasser-Wärmepumpen, betrieben in Kombination mit einer Lüftungsanlage zur Deckung des Trinkwasser- bzw. des Heizwärmebedarfs, werden in 4.2.3 und 4.2.5 behandelt.

Die Grundstruktur der Berechnung der Lüftungsanlage bildet der Lüftungsstrang. Ein Lüftungsstrang besteht im allgemeinen Fall aus mindestens einem Wärmeerzeuger, einem Luftverteilstang und mindestens einer Wärmeübergabeeinrichtung (siehe Bild 4.2-6). Dabei stellt ein Lüftungsstrang die kleinste berechenbare Anlageneinheit dar. Als Wärmetransportmedium wird nur Zuluft betrachtet.

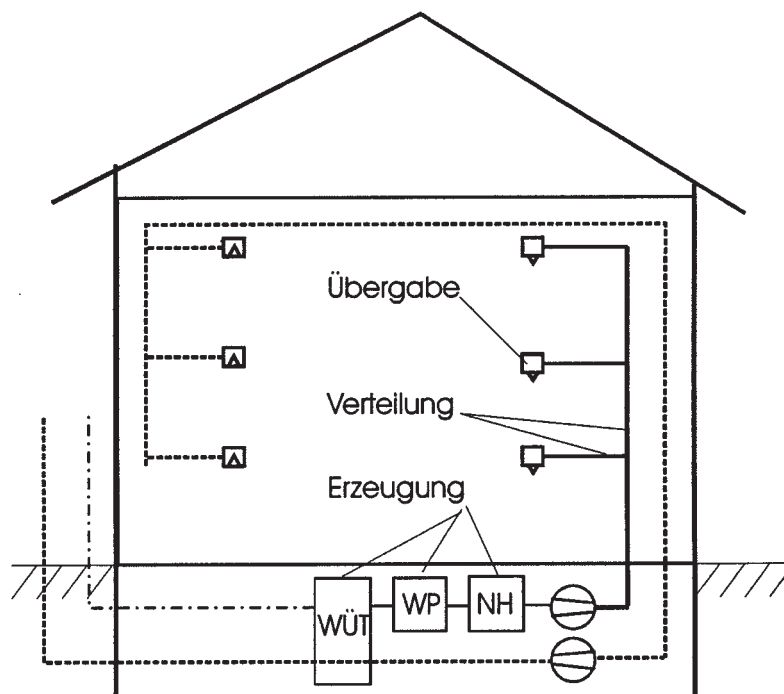


Bild 4.2-6 — Beispielhafte Erläuterung eines Lüftungsstrangs

Die Bereitstellung von Heizwärme durch einen Lüftungsstrang lässt sich im allgemeinen Fall in vier Prozeßbereiche (Schritte) unterteilen (siehe Bild 4.2-7):

1. Übergabe der Wärme an den Raum (Index `ce` - control and emission)
2. Verteilung der Wärme zum Ort der Übergabe (Index `d` - distribution)
3. Erzeugung der Wärme (Index `g` - generation)
4. Umwandlung Primärenergie (Primärenergie-Umwandlungsfaktor f_p)

Anhand der vier Schritte, die den Weg der Energieumwandlung in einem Lüftungsstrang beschreiben, lässt sich jedes beliebige Lüftungssystem abbilden.

Die energetische Berechnung eines Lüftungsstrangs erfolgt getrennt für die flächenbezogene Wärmeenergie (q_L bzw. $q_{L,WE}$) und Hilfsenergie ($q_{L,HE}$). Wird elektrische Energie zum Zwecke der unmittelbaren Wärmeerzeugung eingesetzt (z.B. Wärmepumpe), so wird sie der Wärmeenergie zugerechnet.

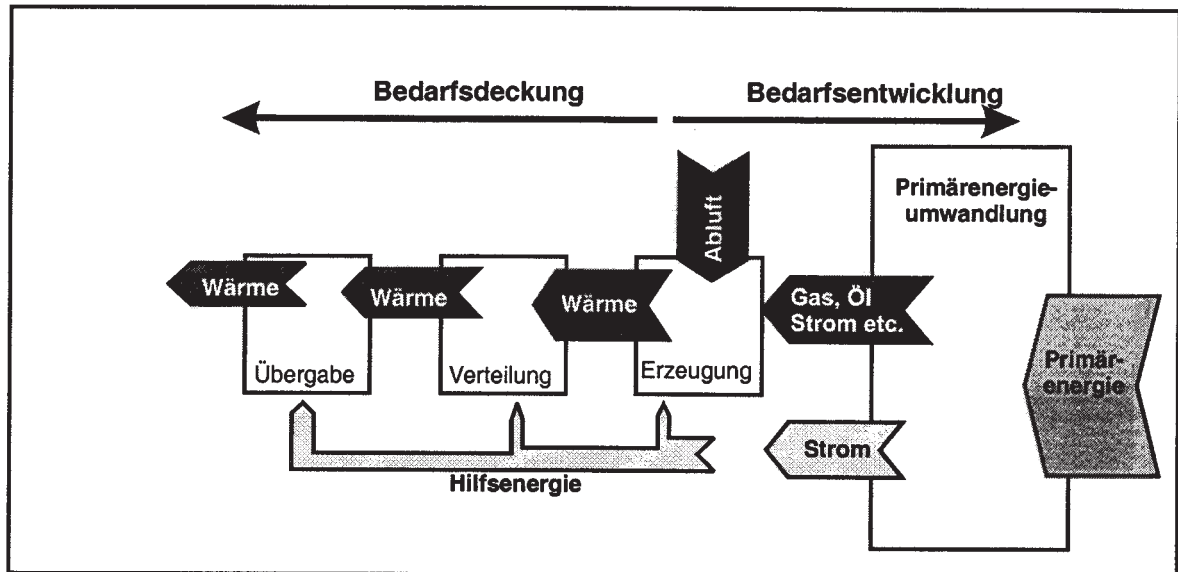


Bild 4.2-7 — Erläuterung des Berechnungsschemas für die Lüftung

Tabellen 4.2-5 und 4.2-6 zeigen die Methodik für die Berechnung eines Lüftungsstrangs, die sich direkt aus den unten angegebenen Gleichungen (4.2-11) bis (4.2-15) ableitet. Im Gegensatz zur Berechnung des Trinkwarmwasser- und Heizungsstrangs, bei dem ausgehend vom Bedarf die Heizenergie bestimmt wird, wird bei Lüftungsanlagen aus der zur Verfügung stehenden Heizenergie der Anteil des Heizwärmebedarfs $q_{h,L}$ bestimmt, der von der Lüftungsanlage gedeckt wird. Die Primärenergie wird analog der Trinkwarmwasser oder Heizungs Berechnung in einem zweiten Schritt ermittelt. Die benötigten Kennzahlen der Verfahrensschritte werden in 5.2 und vereinfachend in Anhang C bestimmt.

Wärmeenergie (WE bzw. ohne Index):

Zur Berechnung des primärenergetisch bewerteten Wärmeenergiebedarfs $q_{L,WE,P}$ eines Lüftungsstrangs wird für jeden Wärmeerzeuger (Index i) die Erzeuger-Wärmeenergie $q_{L,g,i}$ mit der Aufwandszahl des Wärmeerzeugers $e_{L,g,i}$ (Kehrwert des Nutzungsgrades) und dem Primärenergie-Umwandlungsfaktor ($f_{P,i}$) multipliziert und bei mehreren Wärmeerzeugern aufaddiert.

$$q_{L,WE,P} = \sum_i (q_{L,g,i} \cdot e_{L,g,i} \cdot f_{P,i}) \quad (4.2-11)$$

Gleichung (4.2-11) beschreibt nur den Primärenergieaufwand, der zur Erzeugung der Wärme zur Erwärmung der Zuluft erforderlich ist.

Die Wärmemenge der Lüftungsanlage ($q_{h,L}$), die dem Gebäude zur Deckung des Heizwärmebedarfs zur Verfügung steht, ist die Energiemenge, die die Summe der Wärmeerzeuger abgibt ($q_{L,g}$) reduziert um die Verluste der Verteilung ($q_{L,d}$) und Übergabe ($q_{L,ce}$) der Wärme. Weiterhin muss eine Korrektur ($q_{h,n}$) der Lüftungswärmeverluste erfolgen, wenn der Heizwärmebedarf des Gebäudes in der DIN V 4108-6 oder der EnEV mit einem von dieser Norm abweichenden Luftwechsel berechnet wurde.

$$q_{h,L} = \left(\sum_i q_{L,g,i} - q_{L,d} - q_{L,ce} \right) - q_{h,n} \quad (4.2-12)$$

Die so bestimmte Wärmemenge, die die Lüftungsanlage zur Deckung des Heizwärmebedarfs eines Gebäudes bzw. eines Bereiches beiträgt, wird dann in Gleichung (4.2-18) eingesetzt.

Hilfsenergie (HE):

Zur Berechnung des elektrischen Hilfsenergiebedarfs $q_{L,HE}$ wird die Hilfsenergie addiert, die zur Übergabe, Verteilung und Erzeugung der Wärme notwendig ist. Die Hilfsenergie wird in kWh/(m²a) angegeben. Durch Multiplikation der Hilfsenergie mit dem Primärenergie-Umwandlungsfaktor für Strom (für jeden Wärmeerzeuger – Index i) ergibt sich der primärenergetisch bewertete Hilfsenergiebedarf $q_{L,HE,P}$.

$$q_{L,HE,P} = \left(q_{L,ce,HE} + q_{L,d,HE} + \sum_i q_{L,g,HE,i} \right) \cdot f_P \quad (4.2-13)$$

Tabelle 4.2-5 — Berechnungsmethodik für Lüftungsanlagen – Wärmeenergie

LÜFTUNG

Verfahrens- schritte	3						2	1			
	WÄRME (WE)						Verteilung	Übergabe	Luftwechsel	Lüftungsbeitrag am Jahres- Heizwärmebedarf	
	Erzeugung										
	Rechenvorschrift/Quelle	Dimension	Erzeuger WRG mit WÜT		Erzeuger L/L-WP	Erzeuger Heiz- register					
3	$q_{L,g,i}$	Erzeuger-Heizarbeit	[kWh/m²a]		+		+	-	-	+	=
	$e_{L,g,i}$	Erzeuger-Aufwandszahl	[kWh/m²a]								
4	$q_{L,g,E,i}$	$(q_{L,g,i} \times e_{L,g,i})$	[kWh/m²a]			+		Σ	Endenergie		
	$f_{p,i}$	Umwandlung Primärenergie	[-]								
	$q_{L,p,i}$	$q_{L,g,E,i} \times f_{p,i}$	[kWh/m²a]			+		Σ	Primärenergie		

Tabelle 4.2-6 — Berechnungsmethodik für Lüftungsanlagen – Hilfsenergie

Verfahrens- schritte	HILFSENERGIE (HE)							
	Rechenvorschrift/Quelle	Dimension	Erzeuger WRG mit WÜT	Erzeuger L/L-WP	Erzeuger Heizregister			
3	$q_{L,g,HE,i}$	Erzeuger-Heizarbeit	[kWh/m²a]	+	+			
2	$q_{L,d,HE}$	Verteilung	[kWh/m²a]					
	$q_{L,c,HE}$	Übergabe	[kWh/m²a]					
	$q_{L,HE,E}$	$\Sigma (q_{L,g,HE,i}) + q_{L,d,HE} + q_{L,c,HE}$	kWh/m²a				Σ	Endenergie
4	f_p	Umwandlung Primärenergie	[-]					
	$q_{L,HE,P}$	$q_{L,HE,E} \times f_p$	[kWh/m²a]				Σ	Primärenergie

Die Addition von Wärme- und Hilfsenergiebedarf ergibt den flächenbezogenen Primärenergiebedarf der Lüftungsanlage:

$$q_{L,P} = q_{L,WE,P} + q_{L,HE,P} \quad [\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})] \quad (4.2-14)$$

Multipliziert mit der Nutzfläche A_N ergibt sich dann der Jahres-Primärenergiebedarf der Lüftungsanlage:

$$Q_{L,P} = (q_{L,WE,P} + q_{L,HE,P}) \cdot A_N \quad [\text{kWh/a}] \quad (4.2-15)$$

Mit diesem Schema zur Berechnung eines Lüftungsstrangs lassen sich Gebäude mit unterschiedlichen Bereichen und verschiedenen Strängen pro Bereich berechnen.

Berechnungsfall 1: Gebäude mit einem Bereich, ein Lüftungsstrang pro Bereich

Dieser Anwendungsfall beschreibt die übliche Belüftung von kleineren Gebäuden, z.B. mit einem Wohnungslüftungssystem. Die Berechnung entspricht dem oben aufgeführten Rechengang (siehe Bild 4.2-6, Tabellen 4.2-5 und 4.2-6 und Gleichungen 4.2-11 bis 4.2-15).

Berechnungsfall 2: Aufteilung des Gebäudes in mehrere Bereiche, ein Strang pro Bereich

Der nach Gleichung (4.2-15) bestimmte Jahres-Primärenergiebedarf der Lüftungsanlage gilt für einen Bereich mit einem Lüftungsstrang. Wird ein Gebäude in Bereiche mit unterschiedlicher Anlagentechnik aufgeteilt, müssen der Primärenergiebedarf und der Beitrag zur Deckung des Heizwärmebedarfs für jeden Bereich einzeln bestimmt werden. Gleiche Bereiche können zusammengefasst werden (z.B. Mehrfamilienhaus mit 2 Wohnungstypen).

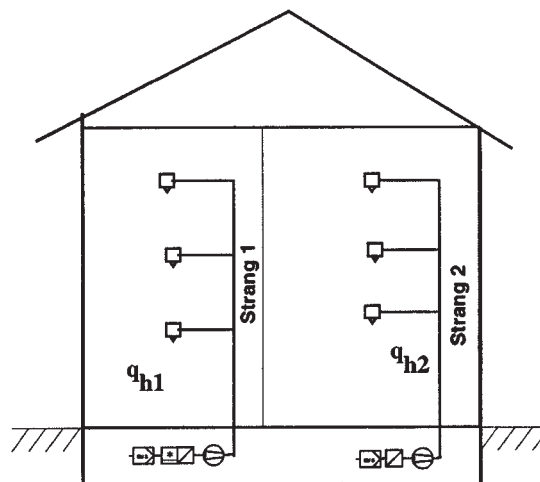


Bild 4.2-8 — Beispielhafte Aufteilung eines Gebäudes in mehrere Bereiche

Weitere Berechnungsfälle

1. Wenn ein Bereich eines Gebäudes mit der Fläche A_N von einem Heizungsstrang beheizt wird (siehe 4.2.5) und dieser Bereich, allerdings nur eine geringere Fläche $A_{N,L}$ be- und entlüftet wird (z. B. nicht belüfteter Keller in der thermischen Hülle), so ist der nach Gleichung (4.2.12) bestimmte Wert $q_{h,L}$ anhand des Flächenanteils zu reduzieren.

$$q_{h,L} = q_{h,L} \text{ (Gl. 4.2.12)} \cdot \frac{A_{N,L}}{A_N} \quad [\text{kWh/a}] \quad (4.2-16)$$

2. Wenn in einem Gebäude mit mehreren Wohneinheiten jede Wohneinheit mit gleicher Anlagentechnik wohnungszentral belüftet wird (z.B. eine Wohnungslüftungsanlage je Wohneinheit), dann kann vereinfachend der Primärenergiebedarf der Lüftungsanlagen anhand einer Wohneinheit (mit durchschnittlicher Wohnfläche) berechnet werden ($Q_{L,P,i}$). Der Lüftungs-Primärenergiebedarf des Gebäudes wird dann anhand des Flächenanteils ermittelt.

$$Q_{L,P} = Q_{L,P,i} \cdot \frac{A_{N,ges}}{A_{N,i}} \quad [\text{kWh/a}] \quad (4.2-17)$$

4.2.5 Methodik der Berechnung von Heizungsanlagen zur Deckung des Jahres-Heizwärmebedarfs

Die Berechnung von Heizungsanlagen zur Deckung des Jahres-Heizwärmebedarfs erfolgt immer für den Bereich eines Gebäudes, der von der gleichen Anlagentechnik beheizt wird. Werden Bereiche eines Gebäudes mit verschiedener Anlagentechnik versorgt, so sind diese Bereiche einzeln zu berechnen.

Die Grundeinheit der Berechnung bildet der Heizstrang. Ein Heizstrang besteht im allgemeinen Fall aus mindestens einem Wärmeerzeuger, bei Bedarf einem Pufferspeicher, einem Wärmeverteilstrang und mindestens einer Wärmeübergabeeinrichtung (siehe Bild 4.2-9). Dabei stellt ein Heizstrang die kleinste berechenbare Anlageneinheit dar. Die Wärmeverteilung mittels eines Lüftungssystems das die Zuluft erwärmt, wird separat berechnet (siehe 4.2.4).

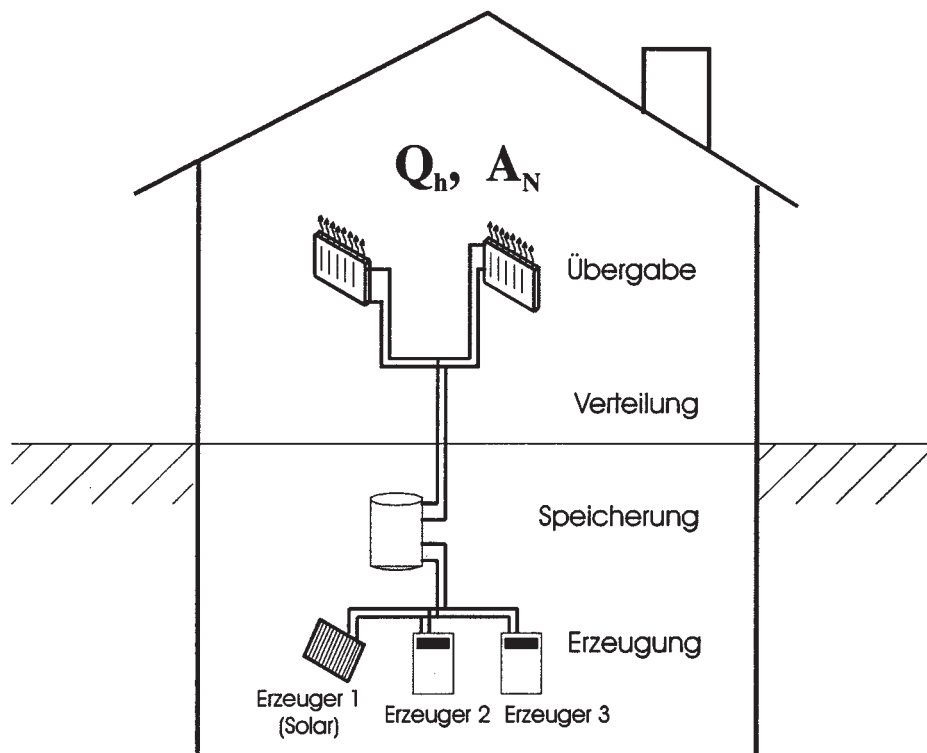


Bild 4.2-9 — Beispielhafte Erläuterung eines Heizstrangs

Die Bereitstellung von Heizwärme durch einen Heizstrang lässt sich im allgemeinen Fall in fünf Prozeßbereiche (Schritte) unterteilen (siehe Bild 4.2-10):

1. Übergabe der Wärme an den Raum (Index `ce` - controll and emission)
2. Verteilung der Wärme zum Ort der Übergabe (Index `d` - distribution)
3. Speicherung der Wärme (Index `s` - storage)
4. Erzeugung der Wärme (Index `g` - generation)
5. Umwandlung Primärenergie (Primärenergie-Umwandlungsfaktor f_p)

Anhand der fünf Schritte, die den Weg der Energieumwandlung in einem Heizstrang beschreiben, lässt sich jedes beliebige Heizungssystem abbilden.

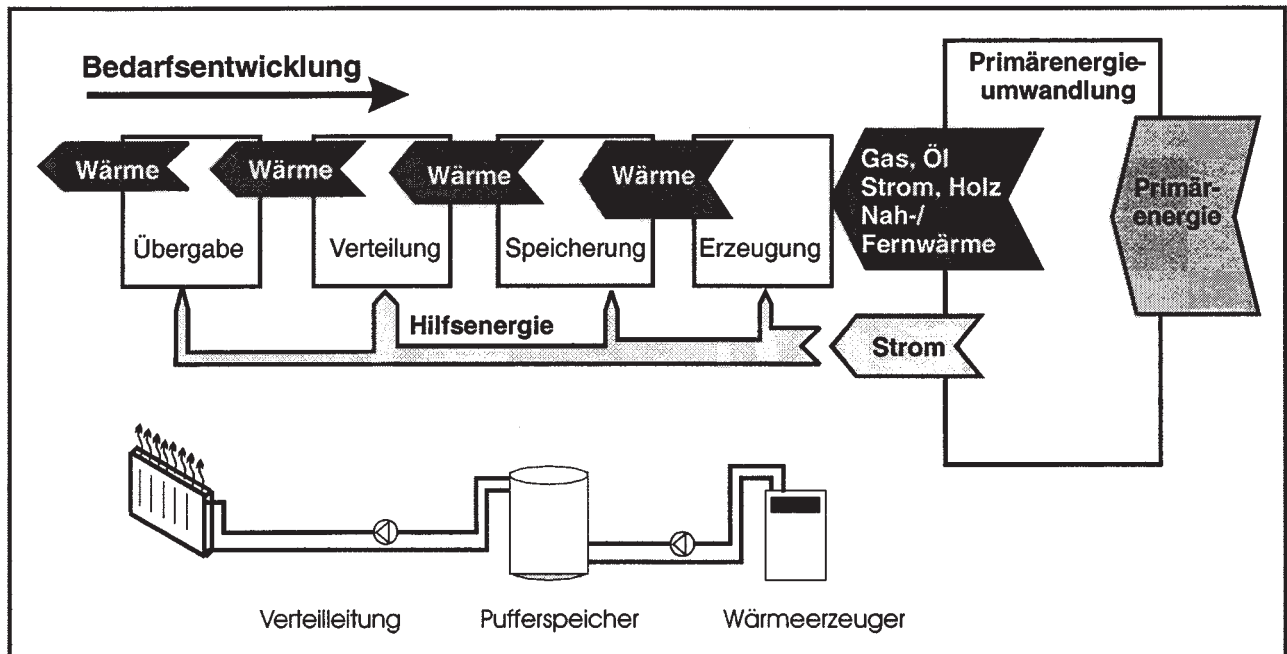


Bild 4.2-10 — Erläuterung des Berechnungsschemas für die Raumheizung

Die energetische Berechnung eines Heizstrangs erfolgt getrennt für die flächenbezogene Wärmeenergie (q_h bzw. $q_{h,WE}$) und für Hilfsenergie ($q_{h,HE}$). Wird elektrische Energie zum Zwecke der unmittelbaren Wärmeerzeugung eingesetzt (z.B. Wärmepumpe), so wird sie der Wärmeenergie zugerechnet. Werden neben dem konventionellen Heizstrang noch eine Lüftungsanlage mit Heizfunktion (z.B. Wärmerückgewinnungs-Wärmeübertrager oder Heizregister) betrieben, so wird dies energetisch durch eine Verringerung des flächenbezogenen Heizwärmebedarfs berücksichtigt (siehe Gleichung (4.2-18)).

Tabellen 4.2-7 und 4.2-8 zeigen die Methodik für die Berechnung einer Anlage zur Deckung des Heizwärmebedarfs (1 Bereich, 1 Heizstrang), die sich direkt aus den Gleichungen (4.2-18) und (4.2-19) ableitet. Die benötigten Kennzahlen der Verfahrensschritte werden in 5.3 und vereinfachend in Anhang C bestimmt.

Wärmeenergie (WE bzw. ohne Index):

Zur Berechnung des Wärmeenergiebedarfs $q_{h,WE}$ muss zuerst die Wärmemenge bestimmt werden, die von den Wärmeerzeugern bereitzustellen ist. Diese Wärmemenge setzt sich aus dem Heizwärmebedarf des Gebäudes q_h abzüglich der Heizwärmegutschriften der Trinkwassererwärmung im beheizten Bereich $q_{h,TW}$ (siehe 4.2.3) und ggf. dem Anteil am Heizwärmebedarf durch eine Lüftungsanlage $q_{h,L}$ (siehe 4.2.4) zusammen. Nach anschließender Addition der Wärmearaufwände für die Übergabe, Verteilung und Speicherung (alle Werte in $\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$) wird mittels Multiplikation mit der Aufwandszahl der Wärmeerzeuger (Kehrwert des Nutzungsgrades), dem Deckungsanteil und dem Primärenergie-Umwandlungsfaktor für jeden Erzeuger (Index i), der Wärmeenergiebedarf $q_{h,WE,P}$ bestimmt.

$$q_{h,WE,P} = (q_h - q_{h,TW} - q_{h,L} + q_{h,ce} + q_{h,d} + q_{h,s}) \cdot \sum_i (e_{h,g,i} \cdot \alpha_{h,g,i} \cdot f_{p,i}) \quad (4.2-18)$$

Hilfsenergie (HE):

Zur Berechnung des elektrischen Hilfsenergiebedarfs $q_{h,HE}$ wird der Hilfsenergiebedarf addiert, der zur Übergabe, Verteilung, Speicherung und Erzeugung der Wärme notwendig ist. Die Hilfsenergie wird in $\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ angegeben. Durch Multiplikation der Hilfsenergie mit dem Primärenergie-Umwandlungsfaktor für Strom (für jeden Wärmeerzeuger – Index i) ergibt sich der primärenergetisch bewerteter Hilfsenergiebedarf $q_{h,HE,P}$.

$$q_{h,HE,P} = \left(q_{h,ce,HE} + q_{h,d,HE} + q_{h,s,HE} + \sum_i q_{h,g,HE,i} \cdot \alpha_{h,g,i} \right) \cdot f_p \quad (4.2-19)$$

Tabelle 4.2-7 — Berechnungsmethodik für Anlagen zur Deckung des Heizwärmebedarfs – Wärmeenergie

Verfahrens- schritt	WÄRMEENERGIE (WE)			Dimension		
1	q_h	Jahres-Heizwärmebedarf nach Kapitel 4.1	[kWh/m²a]			
	$q_{h,TW}$	Beitrag Trinkwassererwärmung	[kWh/m²a]			
	$q_{h,L}$	Beitrag der Lüftungsanlage an q_h	[kWh/m²a]	-		
	q_{ce}	Übergabe	[kWh/m²a]			
	q_d	Verteilung	[kWh/m²a]	+		
	q_s	Speicherung	[kWh/m²a]			
	Σ	$(q_h - q_{h,TW} - q_{h,L} + q_{ce} + q_d + q_s)$	[kWh/m²a]			
				Erzeuger	Erzeuger	Erzeuger
				1	2	3
4	$\alpha_{g,i}$	Erzeuger-Deckungsanteil	[--]			
	$e_{g,i}$	Erzeuger-Aufwandszahl	[--]			
5	q_E	$\Sigma q \times e_g \times \alpha_g$	[kWh/m²a]			
	$f_{P,i}$	Umwandlung Primärenergie	[--]			
	q_P	$\Sigma q_E \times f_P$	[kWh/m²a]			

Σ Endenergie

Σ Primärenergie

Tabelle 4.2-8 — Berechnungsmethodik für Anlagen zur Deckung des Heizwärmebedarfs – Hilfsenergie

Verfahrens- schritt	HILFSENERGIE (HE)			Dimension		
1	$q_{ce,HE}$	Übergabe	[kWh/m²a]			
	$q_{d,HE}$	Verteilung	[kWh/m²a]	+		
	$q_{s,HE}$	Speicherung	[kWh/m²a]			
				Erzeuger	Erzeuger	Erzeuger
				1	2	3
4	$\alpha_{g,i}$	Erzeuger-Deckungsanteil	[--]			
	$q_{g,HE,i}$	Erzeuger-Hilfsenergie	[kWh/m²a]			
		$\alpha_g \times q_{g,HE}$	[kWh/m²a]			
5	$\Sigma q_{HE,E}$	$q_{ce,HE} + q_{d,HE} + q_{s,HE} + \Sigma(\alpha_{g,i} q_{g,HE,i})$	[kWh/m²a]			
	f_P	Umwandlung Primärenergie	[--]			
	$q_{HE,P}$	$\Sigma q_{HE,E} \times f_P$	[kWh/m²a]			

Σ Endenergie

Σ Primärenergie

Die Addition von Wärme- und Hilfsenergiebedarf ergibt den flächenbezogenen Primärenergiebedarf der Heizstrangs:

$$q_{H,P} = q_{H,WE,P} + q_{H,HE,P} \quad [\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})] \quad (4.2-20)$$

Multipliziert mit der Nutzfläche A_N ergibt sich dann der Jahres-Primärenergiebedarf des Heizstrangs:

$$Q_{H,P} = (q_{H,WE,P} + q_{H,HE,P}) \cdot A_N \quad [\text{kWh/a}] \quad (4.2-21)$$

Mit diesem Schema zur Berechnung eines Heizstrangs lassen sich Gebäude mit unterschiedlichen Bereichen und verschiedenen Strängen pro Bereich berechnen.

Berechnungsfall 1: Gebäude mit einem Bereich, ein Strang

Dieser Anwendungsfall beschreibt die übliche Beheizung von Gebäuden, z.B. mit einer zentralen Pumpenwasserheizung. Die Berechnung entspricht dem oben aufgeführten Rechengang (siehe Bild 4.2-9, Tabellen 4.2-7 und 4.2-8 und Gleichungen (4.2-18) bis (4.2-21)).

Berechnungsfall 2: Gebäude mit mehreren Bereichen, ein Strang pro Bereich

Wird ein Gebäude in Bereiche mit unterschiedlicher Anlagentechnik aufgeteilt, muss der Jahres-Heizwärmebedarf für jeden Bereich bekannt sein. Wenn der Jahresheizwärmebedarf nur für das gesamte Gebäude bekannt ist, kann vereinfachend jeder Bereich entsprechend seiner Nutzfläche berechnet werden.

$$q_{h,i} = q_{H,ges} \cdot \frac{A_{N,i}}{A_{N,ges}} \quad [\text{kWh/a}] \quad (4.2-22)$$

Die Bestimmung der energetischen Kennzahlen der Verfahrensschritte (siehe Bild 4.2-10) erfolgt anhand der Nutzfläche des jeweiligen Bereichs. Der Jahres-Primärenergiebedarf der jeweiligen Bereiche erfolgt nach Gleichung (4.2-18) bis (4.2-20), der Jahres-Primärenergiebedarf für das Gebäude berechnet sich nach Gleichung (4.2-23). Gleiche Bereiche können zusammengefasst werden (z.B. Mehrfamilienhaus mit 2 Wohnungstypen).

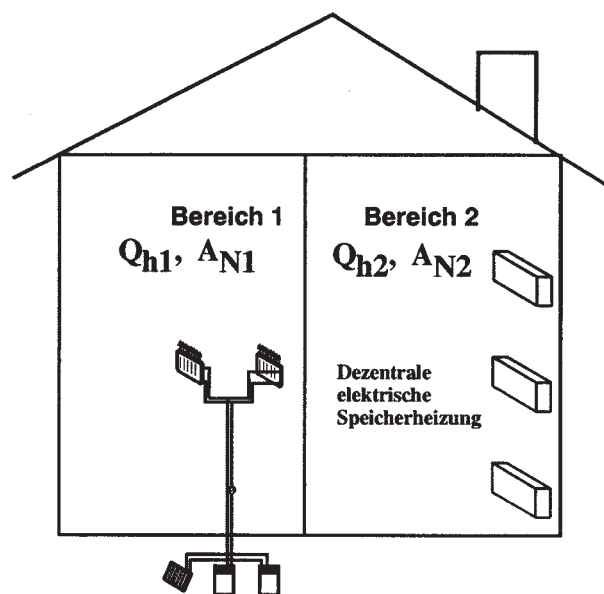


Bild 4.2-11 — Beispielhafte Aufteilung eines Gebäudes in mehrere Bereiche (Heizung)

$$Q_{H,P} = \sum_i (q_{WE,P} + q_{HE,P})_i \cdot A_{N,i} \quad (4.2-23)$$

Berechnungsfall 3: Gebäude mit einem Bereich, zwei Stränge pro Bereich

Wenn ein Bereich von zwei unterschiedlichen Strängen beheizt wird (z.B. ein Strang mit Radiatoren und parallel dazu ein Strang mit einer Fußbodenheizung), muss der Anteil der Heizarbeit bekannt sein, den jeder Strang zur Deckung des Jahres-Heizwärmebedarfs beiträgt. Dieser Anteil muss anhand den Regeln der Technik bestimmt werden. Die Bestimmung der energetischen Kennzahlen der Verfahrensschritte (siehe Bild 4.2-9) erfolgt anhand der Nutzfläche A_N des Bereichs. Der Beitrag am Heizwärmebedarf, der durch die Trinkwasser- und Lüftungsanlage gedeckt wird, ist pro Bereich nur einmal anrechenbar. Der Heizungs-Primärenergiebedarf eines Bereiches mit mehreren Strängen berechnet sich nach Gleichung (4.2-24) zu:

$$Q_{H,P} = \sum_{\text{Stränge } i} (q_{WE,P} + q_{HE,P})_{\text{Strang } i} \cdot A_N \quad (4.2-24)$$

Weitere Berechnungsfälle

1. Wenn ein Strang oder ein Bereich mit mehreren Übergabekomponenten betrieben wird (z.B. Radiatoren und Fußbodenheizung), so ist der flächenbezogene Wärmeverlust der Übergabe entsprechend des Anteils der jeweiligen Komponente an der Wärmeabgabe zu wichten.
2. Wenn in einem Gebäude mit mehreren Wohneinheiten jede Wohneinheit mit gleicher Anlagentechnik wohnungszentral beheizt wird (z.B. wandhängende Heizkessel in jeder Wohneinheit), dann kann vereinfachend der Heizungs-Primärenergiebedarf anhand einer Wohneinheit (mit durchschnittlicher Wohnfläche) erfolgen ($Q_{H,P,i}$). Der Heizungs-Primärenergiebedarf des Gebäudes wird dann anhand des Flächenanteils ermittelt.

$$Q_{H,P} = Q_{H,P,i} \cdot \frac{A_{N,ges}}{A_{N,i}} \quad [\text{kWh/a}] \quad (4.2-25)$$

3. Die Variante eines Gebäudes mit mehreren Bereichen und mehrere Stränge pro Bereich wird analog den Berechnungsfällen 2 und 3 gerechnet.
4. Wenn mehrere Stränge von den selben Wärmeerzeugern beheizt werden, wird für beide Stränge mit der jeweils höchsten Erzeuger-Aufwandszahl gerechnet.
5. In einem Gebäude mit einer Abluftanlage wird eine eventuell vorhandene Abluft/Wasser-Wärmepumpe, die die Heizwärme an den Heizstrang abgibt, ausschließlich diesem Heizsystem zugeordnet.

4.2.6 Berechnung der Anlagen-Aufwandszahl e_p

Die Anlagen-Aufwandszahl e_p wird wie folgt berechnet:

$$e_p = \frac{Q_P}{Q_h + Q_{tw}} \quad \text{mit} \quad Q_P = Q_{H,P} + Q_{L,P} + Q_{TW,P} \quad (4.2-26)$$

mit:	Q_P	Primärenergiebedarf des Gebäudes
	Q_h	Heizwärmebedarf
	Q_{tw}	Trinkwasserwärmebedarf
	$Q_{H,P}$	Primärenergiebedarf des Heizstrangs
	$Q_{L,P}$	Primärenergiebedarf des Lüftungsstrangs und
	$Q_{TW,P}$	Primärenergiebedarf des Trinkwarmwasserstrangs

Multipliziert mit der Summe aus dem Jahres-Heizwärmebedarf Q_h und dem Trinkwasser-Wärmebedarf Q_{tw} eines Gebäudes ergibt sich der Primärenergiebedarf des Gebäudes (zur Deckung des Jahres-Heizwärmebedarfs und des Trinkwasser-Wärmebedarfs), siehe 4.1.1.

Die Berechnung der Anlagentechnik kann nach dem tabellarischen Berechnungsverfahren gemäß den Tabellen 4.2-2 bis 4.2-3 und 4.2-5 bis 4.2-8 durchgeführt werden. Formblätter zur Bewertung der Anlagentechnik sind im Anhang A abgedruckt. Wie in 4.1 beschrieben, wird die Anlagentechnik hierbei in die Systeme Raumwärmebedarf/Heizung und Trinkwassererwärmung getrennt. Diese Formblätter können dem Anlagenersteller als Nachweis der energetischen Qualität der eingebauten Anlage dienen.

Alle benötigten Eingabedaten, die relevanten Zwischenschritte und die Rechenergebnisse sind in diesen Tabellen enthalten. Die Ausfüllanleitung bzw. die Rechenvorschriften zur Ermittlung der einzelnen Größen werden in den Tabellen am linken Rand erläutert. Eine ausführliche Darstellung zur Umrechnung der Kennzahlen der jeweiligen Verfahrensschritte und Tabellenwerte in Aufwandszahlen ist im Anhang D dieser Norm gegeben.

In Anhang B werden am Beispiel eines Gebäudes Berechnungen für verschiedene Anlagentechniken dargestellt.

4.3 Schnittstellen zur DIN V 4108-6

Schnittstellen zu DIN V 4108 - 6 bei der Berücksichtigung von Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung

DIN V 4108-6 lässt es in Anlehnung an DIN EN 832 zu, Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung über eine Absenkung des Lüftungswärmebedarfs energetisch zu berücksichtigen. Dies führt zu einer ungleichen Behandlung zwischen Anlagen mit Wärmeübertrager und anderen Möglichkeiten der Wärmerückgewinnung. Ferner besteht die Gefahr einer Doppelbewertung des Wärmegebins der Lüftungsanlage. Die vorliegende Norm verfolgt überdies das Ziel einer vergleichenden Bewertung der Anlagentechnik als Ganzes unter Berücksichtigung aller Effekte, insbesondere auch des gesamten Bedarfs an Hilfsenergie. Um diesbezügliche Probleme zu verhindern, sollen ausschließlich zwei alternative Berechnungsvarianten für den Jahres-Primärenergiebedarf angeboten werden:

1. **Regelverfahren** (Siehe auch. 4.1): Wenn Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung bei der Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfs nach dem Monatsbilanzverfahren in der DIN V 4108-6 energetisch nicht berücksichtigt wurden ($\eta_v = 0$ in Gleichung (49) und (50) der DIN V 4108-6), wird in der vorliegenden Norm der Jahres-Heizwärmebedarf Q_h nach DIN V 4108-6 unverändert verwendet ($Q_{WR} = 0$). Entsprechendes gilt beim vereinfachten Verfahren für Wohngebäude nach Anhang 1 Nr. 3 der Energieeinsparverordnung, wo der Lüftungswärmebedarf fest vorgegeben ist. Die Abminderung der Gewinne einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung aufgrund der Wechselwirkungen mit solaren und inneren Wärmegevinnen des Gebäudes werden dann in der vorliegenden Norm durch den Korrekturfaktor $f_g < 1$ in (siehe Tabelle 5.2.3) berücksichtigt. Als Länge der Heizperiode und als Gradtagzahl können entweder die Werte aus der Berechnung nach DIN V 4108-6 oder die Standardwerte aus Tabelle 5-2 der vorliegenden Norm verwendet werden. (siehe Bild 4.3-1).

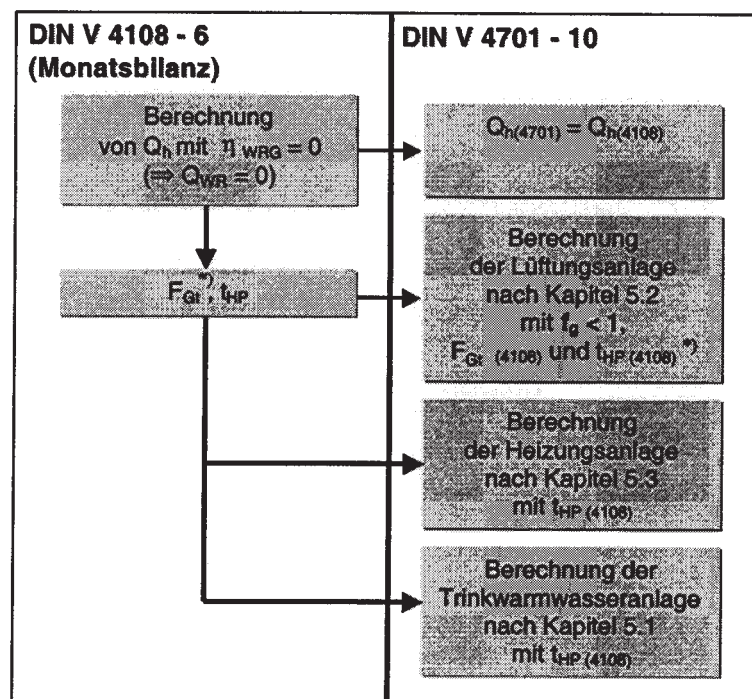


**Bild 4.3-1 — Übernahme von Werten aus der Monatsbilanz der DIN V 4108-6
(Berechnung ohne Wärmerückgewinnung)**

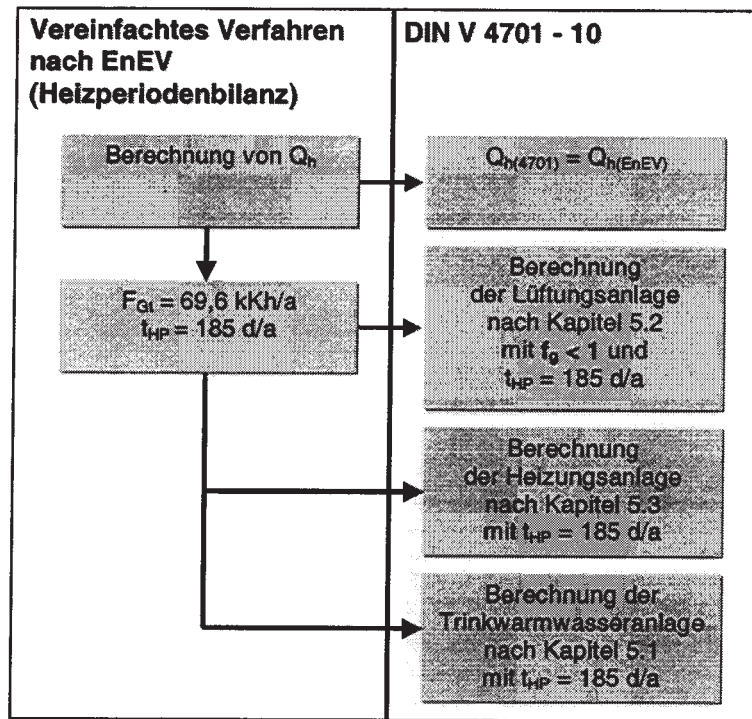


Bild 4.3-2 — Übernahme von Werten aus dem Heizperiodenbilanzverfahren der DIN V 4108-6

- Wenn Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung bei der Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfs nach dem Monatsbilanzverfahren in der DIN V 4108-6 energetisch berücksichtigt wurden, muss dies in die Weiterrechnung nach DIN V 4701-10 einfließen. Zum Jahresheizwärmebedarf Q_h nach DIN V 4108 - 6 muss in diesem Fall vor der Verwendung in der vorliegenden Norm der Betrag der Wärmerückgewinnung Q_{WR} (berechnet nach DIN V 4108-6, Gleichung (49)) addiert werden. Für die Größe η_v in dieser Rechnung kann näherungsweise η_{WRG} nach 5.1 der vorliegenden Norm verwendet werden. Als Heizperiode und als Gradtagzahl sind die nach DIN V 4108 - 6 bestimmten Werte für die Berechnung der Anlagentechnik nach der vorliegenden Norm ungeeignet; es sind daher die Standardwerte zu verwenden ($F_{GT} = 69,6 \text{ kWh/a}$ und $t_{HP} = 185 \text{ d/a}$). Lediglich für die Berechnung der Lüftungsanlage nach 5.1 kann die nach DIN V 4108-6 bestimmte Gradtagzahl verwendet werden. Der Faktor f_g in der DIN V 4701-10 für die Abminderung der Wärmegewinne einer Lüftungsanlage wird zu 1 gesetzt ($f_g = 1$ bedeutet, dass die Wechselwirkung mit solaren und inneren Wärmegewinnen des Gebäudes bereits in der Berechnung nach DIN V 4108-6 berücksichtigt ist).

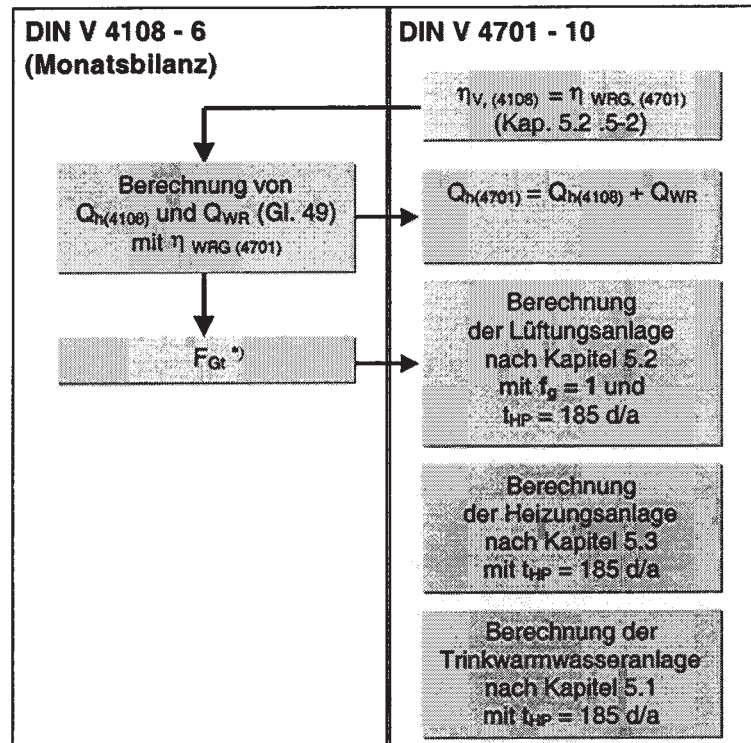


Bild 4.3-3 — Übernahme von Werten aus der Monatsbilanz der DIN V 4108-6 (Berechnung mit Wärmerückgewinnung)

Zu F_{GT} in Bildern 4.3-1 und 4.3-3: (*)

Der Gradtagsfaktor F_{GT} wird in dieser Norm für die energetische Bewertung von Lüftungsanlagen benötigt. Wenn F_{GT} in der Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfs Q_h nach DIN V 4108-6 nicht explizit ausgewiesen wird, muss dieser Faktor anhand Gleichung (4.2-27) bestimmt werden (Umformung der Gleichung 49 in DIN V 4108-6, wobei alle Größen im Nenner der Gleichung (4.2-27) Konstant sind).

$$F_{GT} = \sum_M (\Theta_i - \Theta_{e,M}) \cdot t_M = \frac{Q_{WR}}{n_{Anl} \cdot \eta_V \cdot V \cdot (\rho \cdot c_p)} \quad (4.2-27)$$

mit:	Q_{WR}	Jahres-Wärmegewinn durch die Lüftungs-Wärmerückgewinnungsanlage in [kWh/a] - nach DIN V 4108-6 Gleichung (49) ausgewiesen
	n_{Anl}	Anlagenluftwechselrate in [1/h] – nach Berechnung in der DIN V 4108-6
	η_V	Wirkungsgrad der Wärmerückgewinnung in [-] – nach Berechnung in der DIN V 4108-6
	V	Luftvolumen in [m³] – nach Berechnung in der DIN V 4108-6
	ρ	Luftdichte in [kg/m³] – nach Berechnung in der DIN V 4108-6
	c_p	spezifische Wärmekapazität der Luft in [kJ/(kg K)] – nach Berechnung in der DIN V 4108-6

5 Ermittlung von Kenngrößen für Heizungs-, Lüftungs- und Trinkwarmwasseranlagen Grundlagen und Randbedingungen

Die Werte des flächenbezogenen Wärme- und Hilfsenergiebedarfs, die Aufwandszahlen und Deckungsanteile der Wärmeerzeuger sowie die flächenbezogenen Wärmegewinne durch Lüftungsanlagen lassen sich anhand der Verfahren dieses Abschnitts allgemein bestimmen. Die hier beschriebenen Verfahren erlauben insbesondere die Berücksichtigung von gerätespezifischen Kenngrößen, die den Herstellerunterlagen entnommen werden können.

Wenn die gerätespezifischen Größen nicht bekannt sind, müssen die in Anhang C angegebenen Standardwerte eingesetzt werden. Durch diese in Tabellen aufgelisteten Kenngrößen ist es dem Anwender dieser Norm schnell möglich, die Anlagenaufwandszahl e_p für beliebige Anlagenkonfiguration zu ermitteln. Diese Standardwerte repräsentieren allerdings Geräte, deren energetische Qualität dem unteren Durchschnitt des Marktniveaus entsprechen, so dass es sich im Normalfall lohnt, mit konkreten Hersteller- bzw. Planungsangaben zu rechnen

Die in Anhang C aufgeführten Standardwerte basieren auf den identischen Rechenalgorithmen wie sie im Abschnitt 5 angegeben sind. Die Randbedingungen, die von den physikalischen Grundgleichungen dieses Abschnitts zu den Tabellenwerten in Anhang C führen, sind in den jeweiligen Absätzen des Abschnitts 5 dokumentiert. Dadurch ist es dem Anwender möglich zu erkennen, ob der Austausch des Standardwertes durch den Kennwert eines konkreten Gerätes zu einer besseren Aufwandszahl führt.

Allgemeingültige Randbedingungen

Im Folgenden werden die Randbedingungen, auf die allgemein in den nachfolgenden Abschnitten zurückgegriffen wird, in den Tabellen 5-1 bis 5-3 festgelegt. Diese Randbedingungen gelten für alle Rechnungen, soweit dies nicht explizit anders gekennzeichnet ist. Weitere Randbedingungen finden sich in den jeweiligen Abschnitten. Die Randbedingungen, die zur Ermittlung der Standardwerte in Anhang C führen, sind ebenfalls aufgeführt.

Die Ermittlung der durchschnittlichen Heizkreis- und Wärmeerzeugertemperaturen erfolgt ausschließlich für den mittleren Standort in Deutschland nach DIN V 4108-6 ($G_{t 19/10} = 2900 \text{ Kd/a}$; $t_{HP} = 185 \text{ d/a}$; $\vartheta_{u,\min} = -12^\circ\text{C}$; $\vartheta_{HG} = 10^\circ\text{C}$ und einer mittleren Raumtemperatur $\vartheta_{i,m} = 19^\circ\text{C}$). Die minimalen Temperaturen des Heizkreises $\vartheta_{RL,\min}$ und $\vartheta_{VL,\min}$ bei $\vartheta_u = 20^\circ\text{C}$ entsprechen der Norm-Innentemperatur $\vartheta_{i,\text{Norm}} = 20^\circ\text{C}$. Als Heizkörperexponent wird für Radiatoren $n = 1,3$ und für Fußbodenheizung $n = 1,1$ angenommen.

Die durchschnittliche Umgebungstemperatur während der Heizperiode beträgt:

$$\vartheta_{u,m} = \vartheta_{i,m} - G_{t 19/10} / t_{HP} = 3,3^\circ\text{C} \quad (5-1)$$

mit einer mittleren Heizkreisbelastung nach der Außentemperatur während der Heizperiode:

$$\varphi_{HP} = (\vartheta_{i,\text{Norm}} - \vartheta_{u,m}) / (\vartheta_{i,\text{Norm}} - \vartheta_{u,\min}) = 0,522 \quad (5-2)$$

Die mittlere Rücklauftemperatur des Heizkreises berechnet sich nach:

$$\vartheta_{RL,m} = \varphi_{HP}^{1/n} \cdot (\vartheta_{RL,\max} - \vartheta_{RL,\min}) + \vartheta_{RL,\min} \quad (5-3)$$

Die mittlere Vorlauftemperatur des Heizkreises wird nach Gleichung (5-4) berechnet:

$$\vartheta_{VL,m} = \varphi_{HP}^{1/n} \cdot (\vartheta_{VL,\max} - \vartheta_{VL,\min}) + \vartheta_{VL,\min} \quad (5-4)$$

Mit der mittleren Vor- und Rücklauftemperatur eines Heizkreises ergibt sich die mittlere Heizkreistemperatur nach:

$$\vartheta_{HK,m} = 0,5 \cdot (\vartheta_{VL,m} + \vartheta_{RL,m}) \quad (5-5)$$

Anhand der mittleren Heizkreistemperaturen lassen sich die für die Wirkungsgradbestimmung von Wärmeerzeugern relevanten mittleren Kessel-Temperaturen ableiten. Für Brennwertkessel entspricht die Temperatur zur Bestimmung des Kesselwirkungsgrades die der mittleren Rücklauftemperatur, bei gleitend betriebenen Niedertemperaturkesseln ist die mittlere Heizkreistemperatur maßgeblich. Für Kessel die nicht gleitend betrieben werden können (Standard-Kessel) beträgt die mittlere Kesseltemperatur 70°C . Die mittlere Temperatur zur Bestimmung der Arbeitszahl von Wärmepumpen mit konstanter Heizleistung entspricht der mittleren Rücklauftemperatur zuzüglich der max. Spreizung zwischen Vor- und Rücklauftemperatur des Heizkreises. Leistungsgeregelte Wärmepumpen werden mit der mittleren Vorlauftemperatur berechnet. Andere Heizkreistemperaturen sind nach Gleichungen (5.1) bis (5.5) zu berechnen.

Tabelle 5-1 — Relevante Temperaturen zur Berechnung von Heizkreisen und Wärmeerzeugern

		Auslegungstemperaturen des Heizkreises			
Mittlere Temperatur:		90°/70°C Radiatoren	70°/55°C Radiatoren	55°/45°C Radiatoren	35°/28°C Fußbodenhei- zung
Heizkreis		56 °C	46 °C	38 °C	26 °C
Wärme- Erzeuger	Standard-Kessel	70 °C	70 °C	70 °C	70 °C
	Niedertemperatur-Kessel	--	46 °C	38 °C	26 °C
	Brennwert-Kessel	--	41 °C	35 °C	24 °C
	Wärmepumpe, konstant	--	--	45 °C	31 °C
	Wärmepumpe, leistungsgeregt	--	--	41 °C	28 °C

Tabelle 5-2 — Allgemeine Randbedingungen

Kenngroße	Zeichen	Einheit	Wert
Dauer der Heizperiode	t_{HP}	d/a	185 bzw. nach DIN V 4108-6 ¹
Bereitstellungsdauer für Trinkwarmwasser	t_{TW}	d/a	350
Mittlere Umgebungstemperatur Innerhalb der thermischen Hülle	$\vartheta_{u,m}$	°C	20
Mittlere Umgebungstemperatur Außerhalb der thermischen Hülle, Keller	$\vartheta_{u,m}$	°C	13
Mittlere Umgebungstemperatur Außerhalb der thermischen Hülle, Dach	$\vartheta_{u,m}$	°C	5
Mittlere Temperatur des Trinkwassernetzes (mit Zirkulationsleitung)	$\vartheta_{TW,m}$	°C	50
Mittlere Temperatur des Trinkwassernetzes (ohne Zirkulationsleitung)	$\vartheta_{TW,m}$	°C	32
Wärmeverlustrfaktor für Komponenten Außerhalb der thermischen Hülle	f_a	-	1
Wärmeverlustrfaktor für Komponenten Innerhalb der thermischen Hülle	f_a	-	0,15
Wärmeverlustrfaktor für <u>absperrbare</u> Heizungsrohre Innerhalb der thermischen Hülle	f_a	-	0,1
Teilbeheizungsfaktor für nicht absperrbare Heizungsrohre	f_h	-	1,0
Teilbeheizungsfaktor für absperrbare Heizungsrohre	f_h	-	0,8
Betriebszeit pro Tag eines Heizstranges ohne Nachtab- senkung und Betriebszeit eines Lüftungsstranges	z	h/d	24
Trinkwasser-Wärmebedarf	q_{bw}	kWh/(m²a)	12,5
Mittlere Gradtagszahl	F_{Gt}	kKh/a	69,6 oder nach DIN V 4108-6
Heizgrenztemperatur	ϑ_{HG}	°C	10

¹ Gilt nur, wenn nach DIN V 4108-6 keine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung energetisch berücksichtigt wurde

Tabelle 5.3 — Allgemeine Randbedingungen für lufttechnische Anlagen

Kenngröße	Zeichen	Einheit	Wert
Mittlere Zulufttemperatur von Lüftungsnetzen, die lastabhängig geregelt werden und auf eine maximale –Zulufttemperatur von 45°C ausgelegt sind.	$\vartheta_{L,m}$	°C	35
Mittlere Zulufttemperatur von Lüftungsnetzen, die lastabhängig geregelt werden und auf eine maximale –Zulufttemperatur von 35°C ausgelegt sind.	$\vartheta_{L,m}$	°C	29
Mittlere Temperatur von Abluftleitungen	$\vartheta_{L,m}$	°C	20
Mittlere Temperatur von Zuluftleitungen innerhalb der thermischen Hülle, die nicht nachgeheizt werden	$\vartheta_{L,m}$	°C	20
Mittlere Temperatur von Zuluftleitungen außerhalb der thermischen Hülle, die nicht nachgeheizt werden	$\vartheta_{L,m}$	°C	$3,3 + 16,7 \cdot \eta_{WRG}$
Mittlere anzusetzende Temperatur von Außenluft- und Fortluftleitungen	$\vartheta_{L,m}$	°C	3,3
Norm-Anlagen-Luftwechsel	$n_{A,norm}$	1/h	0,4

5.1 Kenngrößen für Anlagen zur Deckung des Trinkwasserwärmebedarfs Q_{TW}

Die hier dargestellten Rechenverfahren ermöglichen die Bestimmung der Kennzahlen für die Trinkwassererwärmung von der Erzeugung bis zu den Zapfstellen. Die Norm ermöglicht weiterhin die Berechnung von elektrischen Rohrbegleitheizungen.

Im folgenden wird auch die Höhe der Gutschriften von Wärmegewinnen aus Trinkwassererwärmungsanlagen bei der Deckung des Heizwärmebedarfs ($q_{h,TW,d}$ bzw. $q_{h,TW,s}$) bestimmt. Diesen Rechnungen liegt die Annahme zugrunde, dass in der bauseitigen Pauschale für interne Wärmegewinne zwar Anteile für die Nutzung von Warmwasser im Gebäude, jedoch keine Anteile für nutzbare Speicher- und Verteilverluste enthalten sind, zumal die deutlichen Unterschiede zwischen den gebräuchlichen Systemen eine solche Pauschalierung ohnehin nicht zulassen würde.

5.1.1 Übergabe des Trinkwarmwassers $q_{TW,ce}$

Der Aufwand, der an der Zapfstelle durch ungenutzt auslaufendes warmes Trinkwasser entsteht, ist bereits im Trinkwasser-Wärmebedarf q_{TW} enthalten. Damit sind die Verluste bei der Übergabe an den Nutzer null ($q_{TW,ce} = 0 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$).

5.1.2 Trinkwarmwasser-Rohrnetze $q_{TW,d}$

5.1.2.1 Gebäudezentrale Trinkwarmwasserversorgung

5.1.2.1.1 Wärmeabgabe

Die allgemeine Bestimmung der Wärmeabgabe eines Rohrabschnitts i eines Trinkwarmwasser-Rohrnetzes mit bzw. ohne Zirkulationsleitung erfolgt nach:

$$Q_{TW,d,i} = \frac{1}{1000} \cdot U_i \cdot L_i \cdot (\vartheta_{TW,m} - \vartheta_{u,m}) \cdot t_{TW} \cdot z \quad [\text{kWh/a}] \quad (5.1.2-1)$$

mit:

$Q_{TW,d,i}$	Wärmeabgabe des Rohrabschnitts, in [kWh/a]
U_i	längenspezifischer Wärmedurchgangskoeffizient, in [W/mK]
L_i	Länge des Rohrabschnitts, in [m]
$\vartheta_{TW,m}$	mittlere Temperatur des Rohrabschnitts, in [°C] - nach Tabelle 5-1
$\vartheta_{u,m}$	mittlere Umgebungstemperatur, in [°C] - nach Tabelle 5-2
t_{TW}	Bereitstellungsdauer für Trinkwarmwasser, in [d/a] - nach Tabelle 5-2
z	Laufzeit der Zirkulationspumpe, in [h/d] - nach Gleichung (5.1.2-2)

Die Ermittlung der Wärmegewinne, die während der Heizperiode dem Heizwärmebedarf gutgeschrieben werden, erfolgt nach:

$$Q_{h,TW,d,i} = \frac{t_{HP}}{t_{TW}} \cdot (1 - f_a) \cdot Q_{TW,d,i} \quad [\text{kWh/a}] \quad (5.1.2-2)$$

mit:

t_{HP}	Dauer der Heizperiode, in [d/a] – nach Tabelle.. 5-2
t_{TW}	Bereitstellungsdauer für Trinkwarmwasser, in [d/a] - nach Tabelle 5-2
f_a	Wärmeverlustfaktor, in [-] – nach Tabelle.5-2
$Q_{TW,d}$	Wärmeabgabe der Rohrabschnitte, in [kWh/a]

Die Laufzeit der Zirkulationspumpe ist durch Gleichung (5.1.2-3) festgelegt:

$$z = 10 + \frac{1}{0,07 + \frac{50}{A_N}} \quad [\text{h/d}] \quad (5.1.2-3)$$

mit:

z	Laufzeit der Zirkulationspumpe, in [h/d]
A_N	Nutzfläche des Gebäudes, in [m²]

Die Zeit der Zirkulationsunterbrechung ist somit:

$$z_U = 24 - z \quad [\text{h/d}] \quad (5.1.2-4)$$

Zirkulationsleitungen werden während des unterbrochenen Zirkulationsbetriebs anhand Gleichung (5.1.2-1) mit z_U nach Gleichung (5.1.2-4) und $\vartheta_{\text{TW,m}} = 32^\circ\text{C}$ sowie der halben Gesamtlänge der Zirkulationsleitungen berechnet. Trinkwarmwasser-Rohrnetze ohne Zirkulationsleitungen und Stichleitungen werden anhand Gleichung (5.1.2-1) mit $z = 24 \text{ [h/d]}$ und $\vartheta_{\text{TW,m}} = 32^\circ\text{C}$ berechnet.

Die mittlere Trinkwassertemperatur $\vartheta_{\text{TW,m}}$ beinhaltet erhöhte Auslaufverluste an der Zapfstelle aufgrund der fehlenden Zirkulationsleitung bzw. bei Unterbrechung der Zirkulation.

Die flächenbezogene Wärmeabgabe eines Rohrnetzes, das aus mehreren verschiedenen Rohrabschnitten zusammengesetzt ist, berechnet sich zu:

$$q_{\text{TW,d}} = \frac{\sum Q_{\text{TW,d,i}}}{A_N} \quad [\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})] \quad (5.1.2-5)$$

mit:

$q_{\text{TW,d}}$	flächenbezogene Wärmeabgabe des Trinkwassernetzes, in $[\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})]$
$Q_{\text{TW,d,i}}$	Wärmeabgabe des Rohrabschnitts, in $[\text{kWh/a}]$
A_N	Nutzfläche des Gebäudes, in $[\text{m}^2]$

Die flächenbezogene Wärmeabgabe eines Trinkwarmwasser-Rohrnetzes lässt sich berechnen, wenn Länge, Lage und Wärmedurchgangskoeffizient der einzelnen Rohrabschnitte des Rohrnetzes bekannt sind. Diese Werte können z.B. anhand einer detaillierten Rohrnetzplanung bestimmt werden, wobei die in der Tabelle 5-2 festgelegten Randbedingungen zu beachten sind.

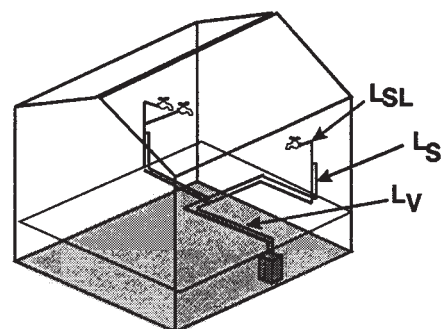
Wenn anstelle einer Zirkulationsleitung eine elektrische Rohrbegleitheizung verwendet wird, so ist der benötigte Energiebedarf nach Gleichung (5.1.2.-1) zu bestimmen.

Randbedingungen für die Standardwerte in Anhang C

Wenn keine detaillierte Rohrnetzplanung vorliegt, kann die flächenbezogene Wärmeabgabe des Trinkwarmwasser-Rohrnetzes im Rahmen des Tabellenverfahrens nach Anhang C vereinfachend nach Tabelle 5.1-2 bestimmt werden. Dabei wird davon ausgegangen, dass ein durchschnittliches Rohrnetz aus drei unterschiedlichen Bereichen V, S und SL besteht: der Bereich V umfasst die horizontale Verteilung der Wärme vom Wärmeerzeuger zu den vertikalen Strängen, der Bereich S umfasst die Leitungen der vertikalen Stränge bis zu den Stichleitungen (Anbindeleitungen) und der Bereich SL umfasst die Stichleitungen (Anbindeleitungen).

Leitungslänge für Warmwasserheizungs-Rohrnetze

- L_V Leitungslänge zwischen Wärmeerzeuger und vertikalen Steigleitungen. Diese (horizontalen) Leitungen können im unbeheizten Bereich (Keller, Dachgeschoss) oder innerhalb der thermischen Hülle (z.B. im Estrich) liegen.
- L_S Strangleitungen (vertikal und ggf. auch horizontal). Diese Leitungen liegen in der thermischen Hülle.
- L_{SL} Stichleitungen (Anbindeleitungen). Verbindung zwischen Strangleitung und Zapfstelle. Keine Zirkulation.



Die Länge der Stichleitungen (Anbindeleitungen) ist direkt zu ermitteln. Wenn keine detaillierte Rohrnetzplanung vorliegt, kann die Länge anhand Tabelle 5.1-2 bestimmt werden, wobei eine Stichleitungslänge von 6m pro Wohneinheit mit 80m² Nutzfläche zugrundegelegt wird. Es wird davon ausgegangen, dass die Stichleitungen immer im beheizten Bereich verlegt sind. Für elektrische Rohrbegleitheizungen gilt als Leitungslänge der Wert ohne Zirkulationsleitung, die mittlere Temperatur des Rohrnetzes ist nach Tabelle 5-2 einzusetzen.

Tabelle 5.1-2 — Annahmen für das Tabellenverfahren nach Anhang C

Kenngroße	Zeichen	Einheit	Bereich V	Bereich S	Bereich SL
Wärmedurchgangskoeffizient	U	W/mK	0,2	0,2	0,2
Mittlere Umgebungstemp.	ϑ_{um}	°C	13 bzw. 20	20	20
Wärmeverlustfaktor	f_a	-	1 bzw. 0,15	0,15	0,15
Leitungslänge mit Zirkulation	L	m	$26 + 0,02 \cdot A_N$	$0,075 \cdot A_N$	---
Leitungslänge ohne Zirkulation	L	m	$13 + 0,01 \cdot A_N$	$0,038 \cdot A_N$	---
Stichleitungslänge nur bei Übergabe in angrenzenden Räumen mit gemeinsamer Installationswand	L	m	---	---	$4 \cdot \left(\frac{A_N}{80} \right)$
Stichleitungslänge im Standardfall	L	m	---	---	$6 \cdot \left(\frac{A_N}{80} \right)$

Anhand dieser Annahmen ergeben sich in Abhängigkeit der mittleren Temperaturen der Rohrabschnitte und der Umgebung sowie der Art der Leitungen die Werte der Tabelle C.1-2a und C.1-2c in Anhang C.

5.1.2.1.2 Hilfsenergie

Die allgemeine Bestimmung des Hilfsenergiebedarfs der Zirkulationspumpe eines Trinkwarmwasser-Rohrnetzes erfolgt nach:

$$q_{TW,d,HE} = \frac{P_{Pumpe} \cdot t_{TW} \cdot z}{1000 \cdot A_N} \quad [\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})] \quad (5.1.2-6)$$

mit:

- $q_{TW,d,HE}$ flächenbezogener Hilfsenergiebedarf der Pumpe, in $[\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})]$
- P_{Pumpe} mittlere Leistungsaufnahme der Pumpe, in $[\text{W}]$
- t_{TW} Bereitstellungsdauer für Trinkwarmwasser, in $[\text{d/a}]$ - nach Tabelle 5-2
- z Laufzeit der Pumpe pro Tag, in $[\text{h/d}]$ - nach Gleichung (5.1.2-2)
- A_N Nutzfläche des Gebäudes, in $[\text{m}^2]$

Der flächenbezogene Hilfsenergiebedarf zum Betrieb eines Trinkwarmwasser-Rohrnetzes lässt sich berechnen, wenn die Pumpenleistung bekannt ist. Dieser Wert kann z. B. mit Hilfe einer detaillierten Rohrnetzplanung, anhand derer eine konkrete Pumpe festgelegt wird, bestimmt werden. Die in der Tabelle 5-2 festgelegten Randbedingungen sind zu beachten.

Randbedingungen für die Standardwerte in Anhang C

Wenn aufgrund einer fehlenden Rohrnetzplanung keine konkrete Pumpenleistung bekannt ist, kann der flächenbezogene Hilfsenergiebedarf des Trinkwarmwasser-Rohrnetzes im Rahmen des Tabellenverfahrens nach Anhang C vereinfachend der folgenden Gleichung bestimmt werden.

$$P_{Pumpe} = 27 + 0,008 \cdot A_N \quad (5.1.2-7)$$

mit:

- P_{Pumpe} mittlere Leistungsaufnahme der Zirkulationspumpe, in $[\text{W}]$
- A_N Nutzfläche des Gebäudes, in $[\text{m}^2]$

Anhand dieser Annahme ergeben sich die Werte der Tabelle C.1.2b im Anhang C.

5.1.2.2 Dezentrale und Wohnungszentrale Trinkwassererwärmung

Dezentrale Trinkwassererwärmungs-Systeme versorgen einzelne Räume mit warmem Wasser. Sie haben daher keine zentralen Verteilungen bzw. Zirkulationsleitungen, es werden nur die Verluste der Stichleitungen berücksichtigt. Bei einer wohnungszentralen Versorgung befindet sich der Wärmeerzeuger (z.B. ein Elektrospeicher oder ein Gas-Durchlauferhitzer) an einer zentralen Stelle in der Wohnung mit möglichst kurzen Stichleitungen zu den einzelnen Zapfstellen.

Die flächenbezogenen Verluste der Stichleitungen $q_{TW,d}$ werden ebenfalls anhand Gleichung (5.1.2-1) mit $z = 24$ [h/d] und $\vartheta_{TW,m} = 32$ °C berechnet. Die der Heizung anzurechnenden Wärmegewinne der Stichleitungen $q_{h,TW,d}$ werden anhand Gleichung (5.1.2-2) berechnet.

Randbedingungen für die Standardwerte in Anhang C

Die Länge der Stichleitungen ist direkt zu ermitteln. Wenn keine detaillierte Rohrnetzplanung vorliegt, kann die Länge anhand Tabelle 5.1-3 je nach Anzahl der angeschlossenen Zapfstellen pro Trinkwasserstrang bestimmt werden. Es wird davon ausgegangen, dass die Stichleitungen immer im beheizten Bereich verlegt sind.

Tabelle 5.1-3 — Annahmen für das Tabellenverfahren nach Anhang C

Kenngroße	Zeichen	Einheit	Bereich SL
Wärmedurchgangskoeffizient	U	W/mK	0,2
Mittlere Umgebungstemp.	$\vartheta_{u,m}$	°C	20
Wärmeverlustfaktor	f_a	-	0,15
Leitungslänge für eine Zapfstelle in einem Raum (z.B. Untertischspeicher)	L	m	$1 \cdot \left(\frac{A_N}{80} \right)$
Leitungslänge für mehrere Zapfstellen in einem Raum (z.B. Badezimmer)	L	m	$3 \cdot \left(\frac{A_N}{80} \right)$
Leitungslänge für mehrere Zapfstellen in angrenzenden Räumen mit gemeinsamer Installationswand	L	m	$4 \cdot \left(\frac{A_N}{80} \right)$
Leitungslänge für wohnungszentrale Versorgung	L	m	$6 \cdot \left(\frac{A_N}{80} \right)$

Dezentrale und wohnungszentrale Trinkwarmwasser-Systeme haben aufgrund der nicht vorhandenen Zirkulationspumpe keinen Aufwand für Hilfsenergie im Verteilnetz.

Anhand dieser Annahmen ergeben sich die flächenbezogenen Werte $q_{TW,d}$ der Tabelle C.1-2a und C.1-2c im Anhang C.

5.1.3 Speicherung des erwärmten Trinkwassers $q_{TW,s}$

In den folgenden Abschnitten werden Rechenverfahren für drei verschiedene Arten von Trinkwasserspeichern angegeben, mit denen der flächenbezogene Wärmeverlust eines Trinkwasserspeichers $q_{TW,s}$ bestimmt werden kann ($q_{TW,s}$ in [kWh/(m²a)]).

5.1.3.1 Indirekt beheizte Trinkwasserspeicher

5.1.3.1.1 Wärmebedarf

Der flächenbezogene Speicherverlust eines indirekt beheizten Trinkwarmwasserspeichers berechnet sich nach Gleichung (5.1.3-1), wobei bei diesem Ansatz davon ausgegangen wird, dass die gesamte Wärme, die der Speicher während eines Jahres abgibt, als Verlust gewertet wird.

$$q_{TW,s} = \frac{1,2 \cdot \frac{(50 - \vartheta_{u,m})}{45} \cdot t_{TW} \cdot q_{B,s}}{A_N} \quad [\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})] \quad (5.1.3-1)$$

mit:

- $q_{TW,s}$ flächenbezogener Bereitschafts-Wärmeverlust des Trinkwasserspeichers, in [kWh/(m²a)]
- $\vartheta_{u,m}$ mittlere Umgebungstemperatur, in [°C] - nach Tabelle 5-2
- t_{TW} Bereitstellungsdauer für Trinkwarmwasser, in [d/a] - nach Tabelle 5-2
- $q_{B,s}$ Bereitschafts-Wärmeverlust, in [kWh/d]
- A_N Gebäude-Nutzfläche, in [m²]

Der Faktor 1,2 berücksichtigt pauschal die zusätzlichen Wärmeverluste, die durch die Verrohrung des Speichers auftreten. Der Bereitschafts-Wärmeverlust $q_{B,s}$ des Trinkwasserspeichers muss nach DIN 4753 Teil 8:1996 bzw. bei Kombi-Kesseln mit trennbarem Speicher nach EN 625 gemessen werden (bei einer mittleren Temperaturdifferenz zwischen Speicherwasser und Aufstellungsraum von 45°C). Anhand des so gemessenen Bereitschafts-Wärmeverlustes kann dann der flächenbezogene Wärmeverlust $q_{TW,s}$ des Trinkwarmwasserspeichers bestimmt werden.

Wird der Trinkwasserspeicher innerhalb der thermischen Hülle aufgestellt, so kann ein Teil der abgegebenen Wärme zur Reduzierung des Heizwärmebedarfs angerechnet werden. Diese zurückgewonnene Wärme berechnet sich nach Gl. 5.1.3-2.

$$q_{h,TW,s} = \frac{t_{HP}}{t_{TW}} \cdot (1 - f_a) \cdot q_{TW,s} \quad [\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})] \quad (5.1.3-2)$$

mit:

- $q_{h,TW,s}$ flächenbezogene, zurückgewonnene Wärme des Speichers, in [kWh/(m²a)]
- t_{HP} Dauer der Heizperiode, in [d/a] - nach Tabelle 5-2
- t_{TW} Bereitstellungsdauer für Trinkwarmwasser, in [d/a] - nach Tabelle 5-2
- $q_{TW,s}$ flächenbezogener Bereitschafts-Wärmeverlust des Speichers, in [kWh/(m²a)] - nach Gleichung (5.1.3-1)

Randbedingungen für die Standardwerte in Anhang C

Wenn der Bereitschafts-Wärmeverlust $q_{B,s}$ des Speichers nicht bekannt ist (nicht nach DIN 4753-8 gemessen), so kann zur Berechnung der flächenbezogenen Speicherwärmeverluste vereinfachend der Bereitschafts-Wärmeverlust $q_{B,s}$ nach Gleichung (5.1.3-3) ermittelt werden (entspricht 80% der Mindestanforderung nach DIN 4753-8):

$$q_{B,s} = 0,4 + 0,2 \cdot V^{0,4} \quad (5.1.3-3)$$

mit:

- $q_{B,s}$ Bereitschafts-Wärmeverlust, in [kWh/d]
- V Speicher-Nenninhalt, in [l]

Der zur Bestimmung des Bereitschafts-Wärmeverlusts $q_{B,s}$ des Speichers erforderliche Speicher-Nenninhalt in Litern kann vereinfachend mit: $V = 6 \cdot A_N^{0,7}$ abgeschätzt werden, wobei der Nenninhalt eines Speichers maximal 1000 l betragen darf (A_N : Nutzfläche des Gebäudes in m²). Wird ein Speicher-Nenninhalt über 1000 l erforderlich, so ist der Speicher aus mehreren Speichern zusammenzusetzen. In diesem Fall sind die Wärmeverluste der einzelnen Speicher zu addieren.

Bivalente Solarspeicher:

Wenn ein indirekt beheizter Trinkwarmwasserspeicher im unteren Bereich einen Teil des Wasservolumens ausschließlich zur Speicherung von Solarwärme nutzt, wobei dieser Teil nur durch Solarenergie erwärmt wird, so müssen die Wärmeverluste dieses Solarvolumens nicht berücksichtigt werden. Der Bereitschafts-Wärmeverlust des bivalenten Solarspeichers wird dann nach Gleichung (5.1.3-4) bestimmt:

$$q_{B,s} = \left(0,4 + 0,2 \cdot (V_{s,aux} + V_{s,sol})^{0,4}\right) \cdot \frac{V_{s,aux}}{V_{s,aux} + V_{s,sol}} \quad [\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})] \quad (5.1.3-4)$$

mit: $V_{s,aux}$ Speicher-Nenninhalt des (obenliegenden) Bereitschaftsteils des Speichers, in [l]
 $V_{s,sol}$ Speicher-Nenninhalt des (untenliegenden) Solarteils des Speichers, in [l]

Der nach Gleichung (5.1.3-4) ermittelte Wert wird zur Bestimmung des spez. Bereitschafts-Wärmeverlusts nach Gleichung (5.1.3-1) verwendet. Für den Fall, dass der Bereitschaftsspeicher ausschließlich elektrisch nachgeheizt wird, ist in Gleichung (5.1.3-1) anstelle des Faktors 1,2 mit dem Faktor 1 zu rechnen.

Diese Annahmen gelten nur für bivalente Speicher mit einer Speichergröße bis max. 1000 l. Bei erforderlichen Speichervolumen über 1000 l wird anstelle des bivalenten Speichers mit einem oder mehreren separaten Trinkwasserspeichern gerechnet (siehe 5.1.4.1.1: große Solaranlagen). Separate Trinkwasserspeicher werden nach Gleichung (5.1.3-3) mit max. 1000 l pro Speicher berechnet.

Mit diesen Annahmen des Bereitschafts-Wärmeverlusts $q_{B,s}$ ergeben sich die Werte in der Tabelle C.1-3a

5.1.3.1.2 Hilfsenergie zum Laden eines indirekt beheizten Trinkwasserspeichers

Der flächenbezogene Hilfsenergiebedarf, den die zum Betrieb des Trinkwasserspeichers erforderliche Umwälzpumpe benötigt, ist nach Gleichung (5.1.3-5) zu bestimmen.

$$q_{TW,s,HE} = \frac{P_{\text{Pumpe}} \cdot t_p}{1000 \cdot A_N} \quad [\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})] \quad (5.1.3-5)$$

mit: $q_{TW,s,HE}$ flächenbezogener Hilfsenergiebedarf der Pumpe, in [kWh/(m²a)]
 P_{Pumpe} Nennleistungsaufnahme der Pumpe, in [W] – nach Auslegung oder Gleichung (5.1.3-7)
 t_p Betriebsdauer der Umwälzpumpe, in [h/a] – siehe Text unten
 A_N Nutzfläche des Gebäudes, in [m²]

Der flächenbezogene Hilfsenergiebedarf zum Betrieb eines Trinkwarmwasserspeichers lässt sich berechnen, wenn die Pumpenleistung bekannt ist. Dieser Wert kann z. B. anhand einer konkret ausgewählten Pumpe festgelegt werden. Die Betriebsdauer der Speicherladepumpe berechnet sich nach Gleichung (5.1.3-6).

$$t_p = \frac{(q_{TW} + q_{TW,ce} + q_{TW,d} + q_{TW,s}) \cdot A_N}{Q_n} \quad [\text{h/a}] \quad (5.1.3-6)$$

mit: t_p Betriebszeit der Speicherladepumpe, in [h/a]
 q_{TW} Trinkwasser-Wärmebedarf nach Tabelle 5-2 in [kWh/(m²a)]
 $q_{TW,ce}$ Wärmeverluste für die Trinkwarmwasser-Übergabe nach 5.1.1 in [kWh/(m²a)]
 $q_{TW,d}$ Wärmeverluste für die Trinkwarmwasser-Verteilung nach 5.1.2 in [kWh/(m²a)]
 $q_{TW,s}$ Wärmeverluste für die Trinkwarmwasser-Speicherung nach 5.1.3 in [kWh/(m²a)]
 A_N Gebäude-Nutzfläche in [m²]
 Q_n Nenn-Wärmeleistung des Kessels in [kW]

Wenn die Umwälzpumpe ein fester Bestandteil eines Wärmeerzeugers ist und die Pumpenleistung bei der Bestimmung des Hilfsenergiebedarfs des Wärmeerzeugers zur Trinkwassererwärmung berücksichtigt wurde, kann $q_{TW,d,HE} = 0$ gesetzt werden.

Randbedingungen für die Standardwerte in Anhang C

Wenn die Pumpenleistung nicht bekannt ist, kann sie vereinfachend anhand Gleichung (5.1.3-7) bestimmt werden. Weiterhin ist davon auszugehen, dass die Pumpe zeitgleich mit dem Wärmeerzeuger in Betrieb ist.

$$P_{\text{Pumpe}} = 44 + 0,059 \cdot A_N \quad [\text{W}] \quad (5.1.3-7)$$

mit: P_{Pumpe} Nennleistungsaufnahme der Pumpe, in [W]
 A_N Nutzfläche des Gebäudes, in [m²]

Die Laufzeit der Pumpe beträgt:

$$t_P = 170 + 5 \cdot A_N^{0,5} \quad [\text{h/a}] \quad (5.1.3-8)$$

Mit diesen Annahmen ergeben sich die Werte der Tabelle C.1-3b.

5.1.3.2 Elektrisch beheizte Trinkwasserspeicher

Der flächenbezogener Speicherverlust eines elektrisch beheizten Trinkwarmwasserspeichers berechnet sich nach Gleichung (5.1.3-9), wobei bei diesem Ansatz davon ausgegangen wird, dass die gesamte Wärme, die der Speicher während eines Jahres abgibt, als Verlust gewertet wird.

$$q_{\text{TW,s}} = \frac{(55 - \vartheta_{u,m})}{45} \cdot t_{\text{TW}} \cdot q_{\text{B,s}} \quad [\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})] \quad (5.1.3-9)$$

mit: $q_{\text{TW,s}}$ flächenbezogener Bereitschafts-Wärmeverlust des Trinkwasserspeichers, in [kWh/(m²a)]
 $\vartheta_{u,m}$ mittlere Umgebungstemperatur, in [°C] - nach Tabelle 5-2
 t_{TW} Dauer der Trinkwarmwasser-Periode, in [d/a] - nach Tabelle 5-2
 $q_{\text{B,s}}$ Bereitschafts-Wärmeverlust, in [kWh/d]
 A_N Gebäude-Nutzfläche, in [m²]

Der Bereitschafts-Wärmeverlust $q_{\text{B,s}}$ des Trinkwasserspeichers muss nach DIN 44532-2 gemessen werden (bei einer mittleren Temperaturdifferenz zwischen Speicherwasser und Aufstellungsraum von 45°C). Anhand des so gemessenen Bereitschafts-Wärmeverlustes kann dann der flächenbezogene Wärmeverlust $q_{\text{TW,s}}$ des Trinkwarmwasserspeichers bestimmt werden.

Wird der Trinkwarmwasserspeicher innerhalb der thermischen Hülle aufgestellt, so kann ein Teil der abgegebenen Wärme zur Reduzierung des Heizwärmebedarfs angerechnet werden. Diese zurückgewonnene Wärme berechnet sich nach Gleichung (5.1.3-10).

$$q_{h,\text{TW,s}} = \frac{t_{\text{HP}}}{t_{\text{TW}}} \cdot (1 - f_a) \cdot q_{\text{TW,s}} \quad [\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})] \quad (5.1.3-10)$$

mit: $q_{h,\text{TW,s}}$ flächenbezogene, zurückgewonnene Wärme des Speichers, in [kWh/(m²a)]
 t_{HP} Dauer der Heizperiode, in [d/a] - nach Tabelle 5-2
 t_{TW} Bereitstellungsdauer für Trinkwarmwasser, in [d/a] - nach Tabelle 5-2
 $q_{\text{TW,s}}$ flächenbezogener Bereitschafts-Wärmeverlust des Speichers, in [kWh/(m²a)]-nach Gleichung (5.1.3-9)

Randbedingungen für die Standardwerte in Anhang C

Wenn der Bereitschafts-Wärmeverlust $q_{B,S}$ des Speichers nicht bekannt ist (nicht nach DIN 44532-2:1989 gemessen), so kann zur Berechnung der flächenbezogenen Speicherwärmeverluste vereinfachend der Bereitschafts-Wärmeverlust $q_{B,S}$ nach Gleichung (5.1.3-11) ermittelt werden (entspricht 80% der Mindestanforderung nach DIN 44532-2:1989):

$$q_{B,S} = 0,29 + 0,019 \cdot V^{0,8} \quad (5.1.3-11)$$

mit: $q_{B,S}$ Bereitschafts-Wärmeverlust, in [kWh/d]
 V Speicher-Nenninhalt, in [l]

Zur vereinfachten Bestimmung des Bereitschafts-Wärmeverlustes wird das Speichervolumen in Litern in Abhängigkeit von der Art des Elektro-Speichers abgeschätzt zu:

Elektro-Nachtspeicher (hauptsächliche Aufheizzeit nachts): $V = 8,5 \cdot A_N^{0,7}$
Elektro-Tagesspeicher (ständiges Nachladen möglich): $V = 4 \cdot A_N^{0,7}$
Elektro-Kleinspeicher (ständiges Nachladen möglich): $V = 5$

mit: V Speicher-Nenninhalt, in [l]
 A_N Nutzfläche des Gebäudes, in [m²]

Der maximale zulässige Speicher-Nenninhalt eines Elektro-Nacht- und Tagesspeichers beträgt 1000 l. Wird ein Speicher-Nenninhalt von über 1000 l erforderlich, so ist der Speicher aus mehreren Speichern zusammenzusetzen. In diesem Fall sind die Wärmeverluste der einzelnen Speicher zu addieren.

Mit dieser Annahme des Bereitschafts-Wärmeverlusts $q_{B,S}$ und Gleichungen (5.1.3-9) bzw. (5.1.3-10) ergeben sich die Werte der Tabelle C.1-3a.

5.1.3.3 Gasbeheizte Trinkwasserspeicher

5.1.3.3.1 Wärmebedarf

Der flächenbezogene Speicherverlust eines gasbeheizten Trinkwarmwasserspeichers (Vorratswasserheizer) berechnet sich nach Gleichung (5.1.3-12), wobei bei diesem Ansatz davon ausgegangen wird, dass die gesamte Wärme, die der Speicher während eines Jahres abgibt, als Verlust gewertet wird.

$$q_{TW,s} = \frac{(55 - \vartheta_{u,m}) \cdot t_{TW} \cdot q_{B,S}}{A_N} \quad [\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})] \quad (5.1.3-12)$$

mit: $q_{TW,s}$ flächenbezogener Bereitschafts-Wärmeverlust des Trinkwasserspeichers, in [kWh/(m²a)]
 $\vartheta_{u,m}$ mittlere Umgebungstemperatur, in [°C] - nach Tabelle 5-2
 t_{TW} Dauer der Trinkwarmwasser-Periode, in [d/a] - nach Tabelle 5-2
 $q_{B,S}$ Bereitschafts-Wärmeverlust, in [kWh/d]
 A_N Gebäude-Nutzfläche, in [m²]

Der Bereitschafts-Wärmeverlust $q_{B,S}$ des Vorratswasserheizers muss nach DIN 3377:1980 gemessen werden (bei einer mittleren Temperaturdifferenz zwischen Speicherwasser und Aufstellungsraum von 50°C). Anhand des so gemessenen Bereitschafts-Wärmeverlustes kann dann der flächenbezogene Wärmeverlust $q_{TW,s}$ des Trinkwarmwasserspeichers bestimmt werden.

Ausschließlich für raumluftunabhängige Geräte gilt: Wird der Vorratswasserheizer innerhalb der thermischen Hülle aufgestellt, so kann ein Teil der abgegebenen Wärme zur Reduzierung des Heizwärmebedarfs angerechnet werden. Diese zurückgewonnene Wärme berechnet sich nach Gleichung (5.1.3-13).

$$q_{h,TW,s} = \frac{t_{HP}}{t_{TW}} \cdot (1 - f_a) \cdot q_{TW,s} \quad [\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})] \quad (5.1.3-13)$$

mit:

$q_{h,TW,s}$	auf die Fläche bezogene, zurückgewonnene Wärme des Speichers, in $[\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})]$
t_{HP}	Dauer der Heizperiode, in $[\text{d/a}]$ - nach Tabelle 5-2
t_{TW}	Bereitstellungsdauer für Trinkwarmwasser, in $[\text{d/a}]$ - nach Tabelle 5-2
$q_{TW,s}$	flächenbezogener Bereitschafts-Wärmeverlust des Speichers, in $[\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})]$ - nach Gleichung (5.1.3-12)

Randbedingungen für die Standardwerte in Anhang C

Wenn der Bereitschafts-Wärmeverlust $q_{B,s}$ des Speichers nicht bekannt ist (nicht nach DIN 3377:1980 gemessen), so kann zur Berechnung der flächenbezogenen Speicherwärmeverluste vereinfachend der Bereitschafts-Wärmeverlust $q_{B,s}$ nach Gleichung 5.1.3-14 ermittelt werden (entspricht 80% der Mindestanforderung nach DIN 3377 mit der Festlegung einer volumenbezogenen Nennwärmebelastung von 0,07 kW pro l Speichervolumen):

$$q_{B,s} = 2,0 + 0,033 \cdot V^{1,1} \quad (5.1.3-14)$$

mit:

$q_{B,s}$	Bereitschafts-Wärmeverlust, in $[\text{kWh}/\text{d}]$
V	Speicher-Nenninhalt, in $[\text{l}]$

Der zur Bestimmung des Bereitschafts-Wärmeverlusts $q_{B,s}$ des Speichers erforderliche Speicher-Nenninhalt in Litern kann vereinfachend mit: $V = 4 \cdot A_N^{0,7}$ abgeschätzt werden, wobei der Nenninhalt eines Speichers maximal 500 l betragen darf (A_N : Nutzfläche des Gebäudes in m^2). Wird ein Speicher-Nenninhalt über 500 l erforderlich, so ist der Speicher aus mehreren Speichern zusammenzusetzen. In diesem Fall sind die Wärmeverluste der einzelnen Speicher zu addieren.

Mit dieser Annahme des Bereitschafts-Wärmeverlusts $q_{B,s}$ und Gleichungen (5.1.3-12) bzw. (5.1.3-13) ergeben sich die Werte der Tabelle C.1-3b.