



Konferenz Kantonaler Energiedirektoren
Conférence des directeurs cantonaux de l'énergie
Conferenza dei direttori cantonali dell'energia
Conferenza dals directurs chantunals d'energia

Normierung des GEA^K

Version 2.0.0

Von der EnDK anlässlich der Plenarversammlung vom 01. April 2021 verabschiedet

Bern, 18.03.2021

Auftraggeber

Verein GEAK-CECB-CECE
Bäumleingasse 22
4051 Basel

Auftragnehmer

Fachhochschule Nordwestschweiz FHNW
Institut Nachhaltigkeit und Energie am Bau INEB
Hofackerstrasse 30
4132 Muttenz
www.fhnw.ch/habg/iebau/

Autor/in

Monika Hall

Mit Unterstützung von

Christian Amoser
Matthias Bringolf
Daniel Fuchs
Gregor Steinke
Karine Wesselmann

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	6
1.1	Zielsetzung	6
1.2	Mischnutzungen	6
1.3	Hinweise	7
2	Heizwärmebedarf	8
3	Heizung und Warmwasser	10
3.1	Allgemeines	10
3.2	Wärmeerzeuger	10
3.3	Holzofen als Zusatzheizung	11
3.4	Speichertypen	11
3.5	Wärmeverluste	12
3.6	Zuordnung der Speicherverluste auf Wärmeerzeuger	19
3.7	Rückgewonnene Verluste für Heizung	22
3.8	Endenergie	25
3.9	Hilfsenergie	27
3.10	Referenztabellen Heizung und Warmwasser	30
4	Lüftung	34
4.1	Allgemeines	34
4.2	Kleinanlagen mit Standardwerten	36
4.3	Sonstige Lüftungsanlagen	38
4.4	Referenztabellen Lüftung	40
5	Elektrischer Ertrag aus PV und WKK/BHKW	42
5.1	Photovoltaik	42
5.2	WKK/BHKW	42
6	Elektrizität	43
6.1	Allgemeines	43
6.2	Wohnen	44
6.3	Referenztabellen Wohnen	50
6.4	Zweckbauten	53
6.5	Referenztabellen Zweckbauten	55
7	Etikette	60
7.1	Projektwert	60
7.2	Referenzwert	62
7.3	Kennwerte und Klassierung	64
8	Beurteilung	66

8.1 Gebäudehülle	66
8.2 Gebäudetechnik	68
9 Literaturverzeichnis	70
10 Symbole, Einheiten und Begriffe	72

Versionsindex

Version	Datum	Änderung	Stelle
2.0.0	18.03.2021	Holzofen als Zusatzheizung Verluste Wärmeverteilung Verluste Speicher Zuordnung Speicherverluste Rückgewonnene Verluste für Heizung Endenergie Hilfsenergie Einführung Etikette für CO ₂ Emissionen Update Literaturverzeichnis Update Symbole, Einheiten und Begriffe Update Fussdiagramm Heizung Update Fussdiagramm Warmwasser Update Fussdiagramm Lüftung Zentral+dezentral & Solarspeicher gelöscht Verluste Speicherstutzen Ergänzung Holzofen als Zusatzheizung Umstellung auf SIA 380/1:2016	Kap. 3.2, 3.3 Kap. 3.5.2 Kap. 3.5.3 Kap. 3.6 Kap. 3.7 Kap. 3.8 Kap. 3.9 Kap. 7 Kap. 9 Kap. 10 Abb. 3 Abb. 4 Abb. 5 Tab. 9 Tab. 10 Tab. 11 div. Stellen
1.0.1	27.11.2020	Korrektur Formel Belegungsfaktor	S. 45, Gl. 37
1.0.0	09.03.2020	1. Ausgabe	-

1 Einleitung

1.1 Zielsetzung

In diesem Bericht wird die Methodik zur Berechnung der zweiteiligen GEAK Energieetiketten (Abb. 1), der CO₂ Klassierung von fossilen Wärmeerzeuger und der Beurteilung von Gebäudehülle und -technik (Abb. 2) dargelegt. Die Beschreibung beruht auf der GEAK Version V6.0.0.

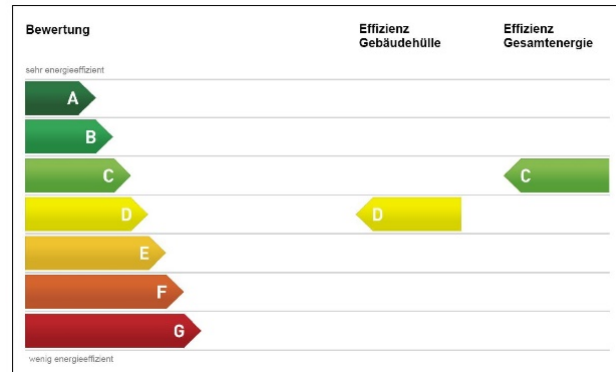


Abb. 1 Zweiteilige Energieetikette des GEAK.

Gebäudehülle				Gebäudetechnik (Anlage und Energieträger)			
	intakt	leicht abgenutzt	abgenutzt	Heizung	Warmwasser	Elektrizität	
sehr gut							
gut							
mittelmässig		Fe					
ungenügend	Wa, Bo		Da				

Abb. 2 Beurteilung der Gebäudehülle und -technik auf dem GEAK Dokument S.2.

1.2 Mischnutzungen

Im Fall der Mischnutzungen können im GEAK bis zu drei Nutzungen in einem Gebäude abgebildet werden. Sie werden anteilig zur ihrer jeweiligen Energiebezugsfläche berücksichtigt.

- Der Heizwärmebedarf wird in einem Einzonenmodell über das ganze Gebäude berechnet. Die unterschiedlichen Nutzungen werden mit ihren Energiebezugsflächen und entsprechende Standardnutzungsdaten flächengemittelt berücksichtigt. Somit wird der Heizwärmebedarf für das gesamte Gebäude bestimmt. Eine Differenzierung in einzelne Nutzungen ist aufgrund des Einzonenmodells nicht möglich.
- Bei der Wärmeerzeugung und -versorgung für Heizung und Warmwasser werden bei der Bestimmung der Verteilverluste die Nutzungen flächenanteilig für die Bestimmung der Verteilnetze (Rohrradien, Rohrlängen und Betriebsdauer) berücksichtigt.

- Der Bedarf für Warmwasser wird aus den SIA 380/1:2016 [1] Standardnutzungsdaten ermittelt. Der Wert für das gesamte Gebäude setzt sich aus dem flächengemittelten Wert über alle Nutzungen zusammen.
- Elektrische Betriebseinrichtungen, Beleuchtung und Lüftungsanlagen werden pro Nutzung erfasst.
- Für die Etiketle werden die Referenzwerte aus der Summe der flächengemittelten Einzelreferenzwerten bestimmt.

Die Etiketten werden somit immer über das gesamte Gebäude ausgestellt und nicht über die einzelnen Nutzungen.

1.3 Hinweise

- Überwiegend sind Werte, Gleichungen und insbesondere die Ergebnisse in kWh/a bzw. kWh/(m² a). Da aber zum Teil die Berechnungsgrundlage noch aus dem Jahr 2009 stammt, sind gewisse Werte bzw. Gleichungen in MJ/a bzw. MJ/(m² a). Diese sind speziell gekennzeichnet. Die Umrechnung erfolgt mit: 1 kWh = 3.6 MJ.

Insbesondere bei dem effektiven Heizwärmebedarf $Q_{H,eff}$ muss auf die Einheit geachtet werden. Er kommt in kWh/(m²a) und MJ/(m²a) vor.

- Rundungen, Anzahl Stellen von Zahlen
 - Energiebezugsfläche ist eine Ganzzahl
 - Anderen Flächen sind mit einer Nachkommastelle möglich
 - Eingabe von U-Werten, g-Werten, Verschattungsfaktoren, Glasanteil, b-Werten ist mit zwei Nachkommastellen möglich
 - Anzeige der Resultate Heizwärmebedarf werden auf eine Nachkommastelle gerundet
 - Anzeige der Resultate Endenergie werden auf eine Ganzzahl gerundet

2 Heizwärmebedarf

Der effektive Heizwärmebedarf ($Q_{H,eff}$, $Q_{H,eff,korr}$) wird gemäss SIA 380/1:2016 [1] berechnet. Hierbei ist zu berücksichtigen:

- Ist eine Lüftungsanlage vorhanden, wird der flächenbezogene Aussenluftvolumenstrom gemäss Kap. 4 verwendet.
- Ist keine Lüftungsanlage vorhanden, kann bei den Standardnutzungsdaten der flächenbezogene Aussenluftvolumenstrom jeder Nutzung an die Dichtigkeit der Gebäudehülle angepasst werden ($0.7 - 1.5 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$). Es wird gemäss Gl. 1 der flächengemittelte Wert für die Berechnung des Heizwärmebedarfs bestimmt.
- Liegt eine Mischnutzung vor, werden folgende Parameter flächenanteilig berücksichtigt:
 - Standardnutzungsdaten (Gl. 1), Wärmeeintrag von Personen (Gl. 2)
 - Konstanten a_o und T_o (Gl. 1) zur Bestimmung des Ausnutzungsgrades η_g

Wie in Kap. 1.2 bereits beschrieben, basiert die Berechnung der Mischnutzung auf einem Einzonenmodell. Das Einzonenmodell wurde gewählt, um die Berechnung, die Programmverwaltung und die Wärmeversorgung durch verschiedene Wärmeerzeuger in verschiedenen Versorgungsbereichen einfach zu halten.

Hinweis

Dieses vereinfachte Verfahren entspricht nicht dem gängiger SIA 380/1 Programme, die ein sogenanntes Mehrzonenmodell berechnen. Darin wird die Gebäudehülle eindeutig jeder Nutzung zugeordnet und ggf. auch ein Wärmeaustausch zwischen den Zonen berücksichtigt. Aufgrund der unterschiedlichen Verfahren sind daher unterschiedliche Resultate für Projektwerte zwischen dem GEAK und externen Programmen zu erwarten.

Gleiches gilt auch für die Berechnung des Grenzwertes, der im GEAK auch auf Grundlage des Einzonenmodells berechnet wird (Kap. 7.2).

Die flächengemittelten Standardnutzungsdaten für Mischnutzungen S_{Nutz} berechnen sich aus der Summe der flächengemittelten Einzelreferenzwerten. Gl. 1 gilt für die Standardnutzungsdaten:

- Raumtemperatur
- Regelungszuschlag für Raumtemperatur
- Präsenzzeit pro Tag
- Elektrizitätsbedarf
- Reduktionsfaktor für Elektrizitätsbedarf
- Thermisch wirksamer Aussenluftvolumenstrom

$S_{Nutz} = \sum_{n=1}^{N_{Nutz}} S_{Nutz,n} \cdot \frac{A_{E,Nutz,n}}{A_E}$	[Einheit]	Gl. 1
--	-----------	-------

n	[-]	Laufindex für Anzahl Nutzungen N_{Nutz} , $n = 1 \dots N_{Nutz}$
$S_{Nutz,n}$	[Einheit]	Parameter der Standardnutzungsdaten bzw. Konstanten a_o und T_o der Nutzung n
$A_{E,Nutz,n}$	[m ²]	Energiebezugsfläche der Nutzung n
A_E	[m ²]	Energiebezugsfläche gesamt

Gl. 1 kann analog auch für andere Parameter für die Flächenmittelung verwendet werden.

Bei einer Mischnutzung (Einzonenmodell) gilt Gl. 2 für den gesamten Wärmeeinträge durch Personen $Q_{I,P}$ bei der Berechnung des Heizwärmebedarfs gemäss SIA 380/1:

$Q_{I,P} = \left(\sum_{n=1}^{N_{Nutz}} Q_{P,std,Nutz,n} \cdot \frac{t_{P,std,Nutz,n}}{A_{P,std,Nutz,n}} \cdot \frac{A_{E,Nutz,n}}{A_E} \right) \cdot \frac{t_c}{1000}$	[kWh/(m ² a)]	Gl. 2
---	--------------------------	-------

n	[-]	Laufindex für Anzahl Nutzungen N_{Nutz} , $n = 1 \dots N_{Nutz}$
$Q_{P,std,Nutz,n}$	[W/P]	Standardnutzungsdaten für Wärmeabgabe durch Personen gemäss SIA 380/1:2016 entsprechend der Nutzung n
$t_{P,std,Nutz,n}$	[h/d]	Standardnutzungsdaten für Präsenzzeit pro Tag gemäss SIA 380/1:2016 entsprechend der Nutzung n
$A_{P,std,Nutz,n}$	[m ² /P]	Standardnutzungsdaten für Personenfläche gemäss SIA 380/1:2016 entsprechend der Nutzung n
t_c	[d]	Länge Berechnungsschritt
$A_{E,Nutz,n}$	[m ²]	Energiebezugsfläche der Nutzung n
A_E	[m ²]	Energiebezugsfläche gesamt

3 Heizung und Warmwasser

3.1 Allgemeines

Um den Bedarf für Heizung und Warmwasser zu decken, können bis zu fünf verschiedene Wärmeerzeuger definiert werden. Die Energiebezugsfläche kann zur Versorgung mit Heizwärme und Warmwasser in je maximal drei Bereiche aufgeteilt werden. Es ist möglich, die Flächen der versorgten Bereiche für Heizung (HE 1, HE 2, HE 3) und Warmwasser (WW 1, WW 2, WW 3) unterschiedlich aufzuteilen. Die Flächenaufteilung ist unabhängig von der Nutzung. Der Bedarf für jeden Bereich muss von den Wärmeerzeugern zu 100% gedeckt werden. Ein Beispiel zeigt Tab. 1.

Tab. 1 Beispiel einer Verteilung der fünf Wärmeerzeuger für Heizung und Warmwasser auf die jeweils versorgten Bereiche.

Versorgter Bereich	Heizung			Warmwasser		
	HE 1	HE 2	HE 3	WW 1	WW 2	WW 3
Deckungsgrad WE 1	100%	80%	-	50%	-	-
Deckungsgrad WE 2	-	20%	20%	-	-	-
Deckungsgrad WE 3	-	-	60%	50%	-	-
Deckungsgrad WE 4	-	-	20%	-	100%	-
Deckungsgrad WE 5	-	-	-	-	-	-
Deckungsgrad Bereich	100%	100%	100%	100%	100%	-

3.2 Wärmeerzeuger

Folgende Parameter sind pro Wärmeerzeuger relevant:

- Typ des Wärmeerzeugers (Auswahlliste gemäss Tab. 11)
- Nutzungsgrad/Jahresarbeitszahl für die Wärmeerzeuger getrennt nach Heizung und Warmwasser (freie Eingabe)
- Energieträger des Wärmeerzeugers
- Faktor für Überdimensionierung des Wärmeerzeugers (Auswahl Tab. 3)
- Vor-/Rücklauftemperatur des Versorgungsbereichs an den der Wärmeerzeuger gekoppelt ist (Auswahl Tab. 3)
- Art der Wärmeversorgung (Auswahlliste Tab. 9)
- Hydraulischer Abgleich bei Heizung (Auswahlliste Tab. 9)
- Typ der Warmhaltung des Warmwassers (Auswahlliste Tab. 9)
- Lage der horizontalen Verteilleitungen (Auswahlliste Tab. 9)
- Dämmdicke und Wärmeleitfähigkeit der Dämmung für die Verteilleitungen (freie Eingabe)
- Dämmzustand der Verteilleitungen (Auswahlliste Tab. 9)
- Stromproduktion aus Wärmekraftkopplung (freie Eingabe, Kap. 5.2)
- Deckungsgrad des Wärmeerzeugers für die jeweils versorgten Bereiche (freie Eingabe)

Ein Sonderfall ist der Wärmeerzeuger «Holzofen als Zusatzheizung». Hier werden folgende Angaben benötigt:

- Nutzungsgrad (freie Eingabe)
- Auswahl Energieträger: Stückholz oder Pellets
- Deckungsgrad am gesamten Heizwärmebedarf, max. 10% (freie Eingabe)
- Deckungsgrad für die jeweils versorgten Bereiche (freie Eingabe)

3.3 Holzofen als Zusatzheizung

Der Deckungsgrad am Heizwärmebedarf ist für Holzöfen, die als Zusatzheizung (z.B. Cheminée) eingesetzt werden, limitiert. Der Deckungsgrad für den Wärmeerzeuger «Holzofen als Zusatzheizung» darf maximal 10 % des gesamten Heizwärmebedarfs betragen. Die Deckungsgrade von «Holzofen als Zusatzheizung» können in den verschiedenen Versorgungsbereichen unterschiedlich sein. In Summe darf 10 % des gesamten Heizwärmebedarfs jedoch nicht überschritten werden.

- Ein «Holzofen als Zusatzheizung» kann nur in einem wassergeführten Versorgungsbereich integriert werden.
- Wird ein «Holzofen als Zusatzheizung» gewählt, muss zusätzlich ein anderer Wärmeerzeuger als Hauptwärmeerzeuger deklariert werden.
- Ein Hauptwärmeerzeuger kann kein solarthermischer Wärmeerzeuger sein.
- Ein Wärmeerzeuger «Holzofen als Zusatzheizung» weist keine Hilfsaggregate auf und benötigt daher auch keine Hilfsenergie.
- Der «Holzofen als Zusatzheizung» hat keine Verteilungsverluste.

3.4 Speichertypen

Allgemein

- Es können drei Typen von Speichern ausgewählt werden: Heizungsspeicher, Warmwasserspeicher, Kombispeicher.
- Jeder Speicher wird mindestens einem, maximal drei Wärmeerzeugern zugeordnet.
- Jedem Wärmeerzeuger können maximal zwei Speicher zugeordnet werden.

Folgende Eingaben sind relevant:

- Speichertyp (Auswahlliste Tab. 9)
- bei Kombispeicher: Anteil Heizung/Warmwasser (freie Eingabe)
- Speichergrösse (freie Eingabe)
- Zuordnung des Speichers zu Wärmeerzeuger (freie Eingabe)
- Aufstellort des Speichers
(Auswahlliste: innerhalb/ausserhalb der thermischen Gebäudehülle)
- Ausführungsqualität der Speicheranschlüsse
(Auswahlliste: sehr gut, gut, mittel, ungenügend Tab. 10)

Tab. 2 Beispiel einer Zuordnung von verschiedenen Speichertypen auf verschiedene Wärmeerzeuger.

Speichertyp	Heizung		Kombispeicher		Warmwasser	
	HSP 1	HSP 2	KSP 1	KSP 2	WSP 1	WSP 2
WE 1	X				X	
WE 2		X			X	
WE 3					X	
WE 4						
WE 5						

Kombispeicher

Randbedingungen für Kombispeicher:

- Kombispeicher haben einen Speicheranteil des Speichervolumens für Heizung und einen Speicheranteil des Speichervolumens für Warmwasser. Volumengröße: freie Eingabe
- Mindestens einer der Wärmeerzeuger, die dem Kombispeicher zugeordnet sind, muss mindestens einen Bereich Heizung versorgen.
- Mindestens einer der Wärmeerzeuger, die dem Kombispeicher zugeordnet sind, muss mindestens einen Bereich Warmwasser versorgen.
- Die Berechnung der Wärmeverluste für den Speicherteil des Speichervolumens Heizung erfolgt mittels der Gleichung für die Berechnung der Speicherverluste Heizung (Gl. 6). Bei der Berechnung des Speicherverlustes Heizung wird für das Speichervolumen das Gesamtvolumen des Kombispeichers (HE+WW) berücksichtigt und mit dem Anteil des Heizungsolumens am Gesamtvolumen multipliziert.
- Die Berechnung der Wärmeverluste für den Speicherteil des Speichervolumens Warmwasser erfolgt mittels der Gleichung für die Berechnung der Speicherverluste Warmwasser (Gl. 8). Bei der Berechnung des Speicherverlustes Warmwasser wird für das Speichervolumen das Gesamtvolumen des Kombispeichers (HE+WW) berücksichtigt und mit dem Anteil des Warmwasservolumens am Gesamtvolumen multipliziert.

3.5 Wärmeverluste

Der Endenergiebedarf für Heizung und Warmwasser wird in Anlehnung an SIA 2031:2009 Anhang [2], SIA 380 [3], SIA 384/3 [4] und SIA 385/2 [5] beschriebene Verfahren berechnet. Hierbei werden Verluste der Wärmeerzeugung, Wärmespeicherung und Wärmeverteilung berücksichtigt.

3.5.1 Wärmeverluste Wärmeerzeugung

Die Verluste der Wärmeerzeugung müssen in den eingegebenen Nutzungsgraden bzw. Jahresarbeitszahlen der Wärmeerzeuger enthalten sein.

3.5.2 Verluste Wärmeverteilung

Die Verluste der Wärmeverteilung in den versorgten Bereichen von Heizung und Warmwasser werden gemäss Gl. 3 analog SIA 384/3 Anhang C1 [4] berechnet. Es werden jeweils die horizontalen und vertikalen Verteilungsverluste getrennt betrachtet.

Verteilungsverluste horizontal bzw. vertikal:

$Q_{y,WEi,dis,ls,z,j} = \frac{\pi}{W_{pipe}} \cdot L \cdot \Delta\theta \cdot \frac{t_{be,dis}}{1000}$	[kWh/a]	Gl. 3
--	---------	-------

mit

$W_{pipe} = \frac{1}{h_i \cdot d_1} + \frac{1}{2 \cdot \lambda_1} \cdot \ln\left(\frac{d_1 + 2 \cdot r_{ws}}{d_1}\right) + \frac{1}{2 \cdot \lambda_2} \cdot \ln\left(\frac{d_1 + 2 \cdot r_{ws} + 2 \cdot sD}{d_1 + 2 \cdot r_{ws}}\right) + \frac{1}{h_a \cdot (d_1 + 2 \cdot r_{ws} + 2 \cdot sD)}$	[m K/W]	Gl. 4
--	---------	-------

WEi	[-]	Wärmeerzeuger WEi
y,z,j	[-]	Platzhalter für y: Heizung/Warmwasser, z: Ausrichtung der Verteilungen und j: versorgter Bereich
λ_1, λ_2	[W/(m K)]	Wärmeleitfähigkeit der Verteilung: <ul style="list-style-type: none"> ▪ ungedämmt: Wärmeleitfähigkeit des Rohres: $\lambda_1 = 50 \text{ W/(m K)}$ ▪ gedämmt: Wärmeleitfähigkeit gemäss Eingabe λ_2 (ist für horizontale und vertikale Leitungen gleich) ▪ teilweise gedämmt: Wärmeleitfähigkeit gemäss Eingabe λ_2 <ul style="list-style-type: none"> – horizontale Leitungen: gedämmt – vertikale Leitungen: ungedämmt
h_i	[W/(m ² K)]	Wärmeübergangskoeffizient innen (Heizungswasser Rohrwand) 2000 W/(m ² K) gemäss SIA 381/3:2013 Tab.13
h_a	[W/(m ² K)]	Wärmeübergangskoeffizient der Leitungen: <ul style="list-style-type: none"> ▪ ungedämmt: 13 W/(m²·K) ▪ gedämmt: 7.5 W/(m²·K)
d_1	[m]	Innendurchmesser Rohr $d_1 = 2 \cdot a$ mit Innenradius a der Leitung (Rohrinnenradius), gemäss Tab. 5
r_{ws}	[m]	Rohrwandstärke: $r_{ws} = 0.0025 \text{ m}$, Anpassung gemäss typischer Rohrwandstärken für Gewinderohre aus Stahl nach EN 10225
sD	[m]	Dämmstärke

L	[m]	Für horizontale und vertikale Längen des Verteilnetzes gemäss Tab. 8 in m/m^2 multipliziert mit der Energiebezugsfläche des jeweiligen versorgten Bereichs.
$\Delta\theta$	[K]	<p>Für Heizung: Temperaturdifferenz der mittleren Heizkreistemperatur θ_{HK} gemäss Tab. 3 (ohne oder mit unbekanntem hydraulischen Abgleich) und Tab. 4 (bekannter hydraulischer Abgleich) zur Umgebungsluft θ_U: $\Delta\theta = \theta_{HK} - \theta_U$</p> <p>Für Warmwasser: Temperaturdifferenz der Warmwassertemperatur zur Umgebungsluft ($\theta_{WW} = 60 \text{ °C}$): $\Delta\theta = \theta_{WW} - \theta_U$</p> <p>Umgebungsluft θ_U für Leitungsabschnitte:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ ausserhalb der thermischen Gebäudehülle: 13 °C ▪ innerhalb der thermischen Gebäudehülle: 20 °C (vertikale Verteilungen sind immer innerhalb der therm. Hülle)
$t_{be,dis}$	[h]	Betriebsdauer der Wärmeverteilung, gemäss Tab. 6 (Heizung) und Tab. 7 (Warmwasser). Bei einer dezentralen Erwärmung ist die Betriebsdauer der Wärmeverteilung $t_{be,dis,x} = 0 \text{ h}$.

Verteilverluste Heizung

Verluste der horizontalen Leitungen für Heizung ($Q_{HE,WEi,dis,ls,hor,j}$) werden mit Gl. 3 für jeden Wärmeerzeuger WE_i und versorgten Bereich j berechnet (Abb. 3), wenn

- Art der Beheizung: «zentral» und
- Lage der horizontalen Verteilleitungen «ausserhalb der thermischen Gebäudehülle»

gilt. In allen anderen Fällen gilt für die horizontalen Verteilleitungsverluste: $Q_{HE,WEi,dis,ls,hor,j} = 0$ kWh/a, da sie als komplett rückgewinnbar angenommen werden.

Verluste der vertikalen Verteilleitungen Heizung sind komplett rückgewinnbar und werden daher nicht berechnet.

Verluste innerhalb der thermischen Gebäudehülle werden als komplett rückgewinnbar betrachtet und müssen daher nicht berechnet werden [3].

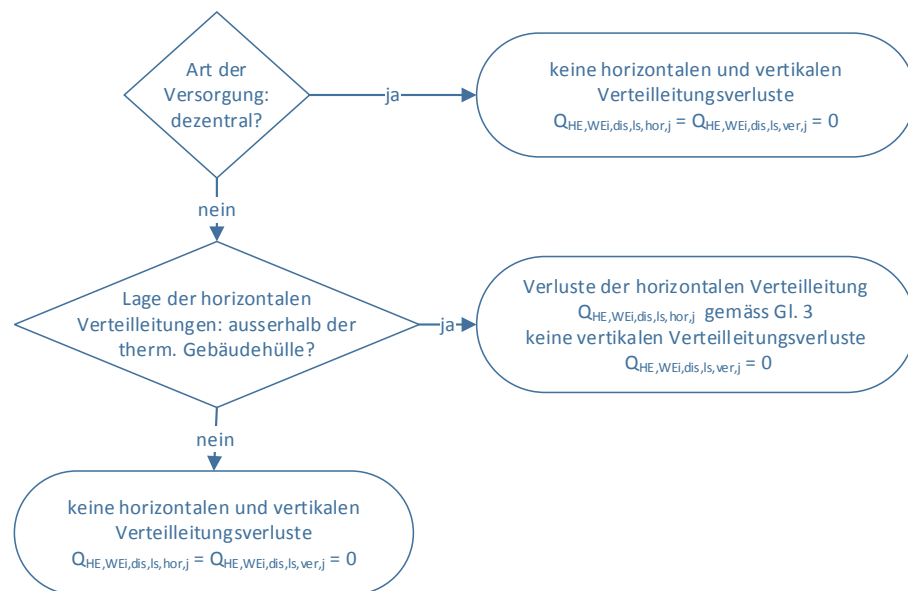


Abb. 3 Flussdiagramm Verteilleitungsverluste für Heizung.

Definition

zentral: wassergeführte Hauptheizung inkl. Etagenheizungen

dezentral: Einzelöfen

Verteilungsverluste Warmwasser

Der Gesamtwärmeverlust der horizontalen und vertikalen Wärmeverteilung für Warmwasser ergibt sich aus Gl. 5. Die Verluste werden pro Wärmeerzeuger WE_i und versorgtem Bereich j berechnet:

$Q_{WW,WEi,dis,ls,j} = Q_{WW,WEi,dis,ls,hor,j} + Q_{WW,WEi,dis,ls,ver,j}$ ist «0», wenn dezentrale Warmwassererzeugung	[kWh/a]	Gl. 5
---	---------	-------

WE _i	[-]	Wärmeerzeuger WE _i
j	[-]	Versorgter Bereich j
hor, ver	[-]	Horizontal, vertikal
$Q_{WW,WEi,dis,ls,hor,j}$	[kWh/a]	Horizontale Verteilungsverluste des Bereichs j, berechnet gemäss Gl. 3
$Q_{WW,WEi,dis,ls,ver,j}$	[kWh/a]	Vertikale Verteilungsverluste des Bereichs j, berechnet gemäss Gl. 3

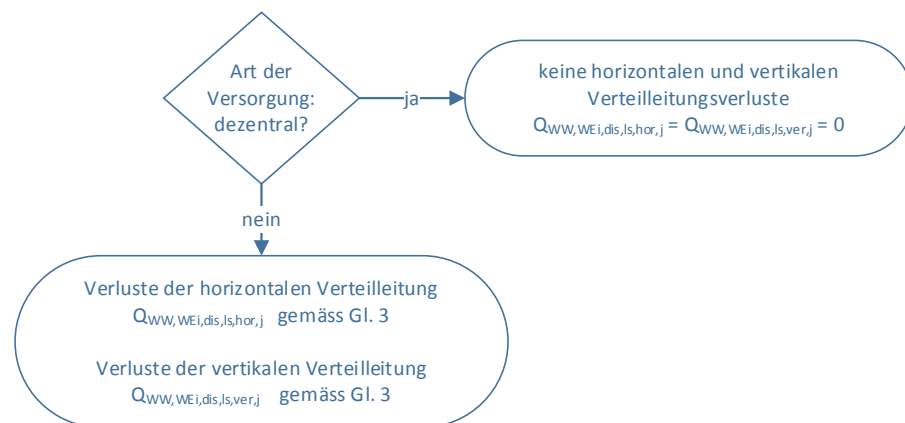


Abb. 4 Flussdiagramm Verteilungsverluste für Warmwasser.

3.5.3 Wärmeverluste Speicher

Heizungsspeicher

Wärmeverluste von Heizungsspeichern innerhalb der thermischen Gebäudehülle sind gemäss SIA 380:2015 (Ziffer 4.5.4.3.8) heizwirksam und müssen nicht berechnet und ausgewiesen werden.

Die Verluste von Heizungsspeichern ausserhalb der thermischen Gebäudehülle werden berechnet in Anlehnung an SIA 384/3:2013 (Ziffer 4.8.2.1) und SIA 385/2:2015 (Anhang B.1.3). Die Verluste des Heizungsspeichers k werden wie folgt berechnet (Gl. 6):

$Q_{HE,STOK,ls} = A_{avg} * U_{H,STOK} * t_{be,dis} * \frac{\Delta\theta}{1000} * f_{H,STOK,wb}$		[kWh/a]	Gl. 6
--	--	---------	-------

mit

$A_{avg} = 2\pi * \left(\sqrt[3]{\left(\frac{V_{H,STOK}}{1000 * 2\pi * f_{STOK,HD}} \right)} + \frac{d_{STOK,WD}}{2} \right)^2 * (1 + 2 * f_{STOK,HD})$		[m ²]	Gl. 7
---	--	-------------------	-------

STOK	[-]	Speicher k
f _{H,STOK,wb}	[-]	Faktor für die Ausführungsqualität der Anschlüsse des Speichers. Auswahl bei der Eingabe gemäss Tab. 10
A _{avg}	[m ²]	Mittlere Oberfläche der Wärmedämmung des Speichers (Mittelwert zwischen innerer und äusserer Oberfläche) [Anmerkung: Formel für A _{avg} gemäss eigener Herleitung]
U _{H,STOK}	[W/(m ² ·K)]	Wärmedurchgangskoeffizient der Speicherhülle gemäss der Grenzwerte der Wärmedämmdicke d _{STOK,WD} des Speichers nach 384/1:2009, Ziffer 5.5.3 für eine Wärmeleitfähigkeit der Wärmedämmung des Speichers von 0.05 W/(m·K) <ul style="list-style-type: none"> ▪ für Speichereinhalt ≤ 400 Liter, U_{H,STOK} = 0.43 W/(m²·K) ▪ für Speichereinhalt > 400 und ≤ 2000 Liter, U_{H,STOK} = 0.37 W/(m²·K) ▪ für Speichereinhalt > 2000 Liter, U_{H,STOK} = 0.30 W/(m²·K)
Δθ	[K]	Temperaturdifferenz der Speichertemperatur zur Umgebungsluft θ _U . Die Speichertemperatur entspricht der maximalen mittleren Heizkreistemperatur θ _{HK,max} der vom zugeordneten Wärmeerzeuger versorgten Bereiche zzgl. 5 K. $\Delta\theta = \theta_{HK,max} + 5 \text{ K} - \theta_U$ θ _{HK,max} gemäss Tab. 3 bzw. Tab. 4 Umgebungsluft θ _U für Speicher: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Aufstellort ausserhalb der thermischen Gebäudehülle: 13 °C ▪ Aufstellort innerhalb der thermischen Gebäudehülle: 20 °C
t _{be,dis}	[W/(m K)]	Betriebsdauer des Speichers in Stunden pro Jahr analog der Betriebsdauer des Verteilnetzes Heizung in Abhängigkeit vom Heizwärmebedarf gemäss Tab. 6
V _{H,STOK}	[l]	Speichervolumen in Litern
f _{STOK,HD}	[-]	Faktor für das Verhältnis der Speicherhöhe zum Speicherdurchmesser; Standardwert f _{STOK,HD} = 2.5

d _{STOK,WD}	[m]	<p>Wärmedämmdicke d_{sto,WD} des Speichers nach den Grenzwerten gemäss SIA 384/1:2009, Ziffer 5.5.3 für eine Wärmeleitfähigkeit der Wärmedämmung des Speichers von 0.03 bis 0.05 W/(m·K)</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ für Speichereinheit ≤ 400 Liter, d_{sto,WD} = 0.11 m ▪ für Speichereinheit >400 und ≤ 2000 Liter, d_{sto,WD} = 0.13 m ▪ für Speichereinheit > 2000 Liter, d_{sto,WD} = 0.16 m
----------------------	-----	--

Hinweis

Der Heizungsspeicher wird im GEAK analog dem Warmwasserspeicher mit der Qualität für die Anschlussstutzen ergänzt, um auch alte Speicher abbilden zu können.

Warmwasserspeicher

Die Verluste von Warmwasserspeichern werden berechnet in Anlehnung an SIA 385/2:2015, B.1.3. Die Verluste des Warmwasserspeichers k werden wie folgt berechnet:

$$Q_{WW,STOK,ls} = \left(c_1 * \sqrt{\frac{V_{W,STOK}}{V_0}} + c_2 * (n_{cp} - 2) \right) * t_{be,dis} * \frac{\Delta\theta}{\theta_{W,sto}} * f_{w,STOK,wb}$$

	[kWh/a]	Gl. 8
--	---------	-------

STOK	[-]	Speicher k
c ₁	[kWh/d]	Koeffizient mit Wert c ₁ = 0.11 kWh pro Tag
V _{W,STOK}	[l]	Speichervolumen in Litern
V ₀	[l]	Konstante mit Wert V ₀ = 1 Liter
c ₂	[kWh/d]	Koeffizient mit Wert c ₁ = 0.10 kWh pro Tag
n _{cp}	[Stck]	<p>Anzahl Wasser führender Stutzen (unabhängig davon, ob ständig oder nicht ständig Wasser führend). Standardwert Anzahl Stutzen = 2.</p> <p>Pro zugeordnetem Wärmeerzeuger werden zusätzlich zwei Stutzen berücksichtigt. Ausnahme: Bei Elektro- und Wärmepumpenboilern werden keine zusätzlichen Stutzen berücksichtigt.</p>
t _{be,dis}	[d/a]	Betriebsdauer des Warmwasserspeichers mit Standardwert t _{be,dis} = 365 Tage pro Jahr
Δθ	[K]	<p>Temperaturdifferenz der Warmwassertemperatur zur Umgebungsluft (θ_{WW} = 60 °C): Δθ = θ_{WW} – θ_U</p> <p>Umgebungsluft θ_U für Leitungsabschnitte:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ ausserhalb der thermischen Gebäudehülle: 13 °C ▪ innerhalb der thermischen Gebäudehülle: 20 °C

$\theta_{w,STOK}$	[K]	Koeffizient mit Wert $\theta_{w,STOK} = 45$ K
$f_{w,STOK,wb}$	[d/a]	Faktor für die Ausführungsqualität der Anschlüsse des Speichers. Auswahl bei der Eingabe gemäss Tab. 10

Hinweis

Gl. 8 gilt gemäss SIA 385/2 für ein Speichervolumen > 2000 l. Da es keine Angaben über kleinere Speicher gibt, wird im GEAK dieselbe Formel auch für kleinere Speicher verwendet.

3.6 Zuordnung der Speicherverluste auf Wärmeerzeuger

Die Verluste eines Speichers werden für Heizung und Warmwasser jeweils anteilig auf die Wärmeerzeuger aufgeteilt, denen der Speicher zugeordnet ist. Die Aufteilung erfolgt proportional zum Anteil der einzelnen Wärmeerzeuger an der gesamten Versorgung und beinhaltet sowohl die Nutzenergie als auch die Verteilverluste.

Zuordnung der Speicherverluste Heizung zu den einzelnen Wärmeerzeugern

Faktor für den Anteil der Verluste des Heizungsspeichers k für den Wärmeerzeuger:

$$f_{HE,WEi,STOK,ls} = \frac{\sum_{j=1}^{N_{Ber}} ((Q_{H,eff} \cdot A_{E,Berj} + Q_{HE,WEi,dis,ls,hor,j}) \cdot DG_{WEi,j}) \cdot f_{H,WEi,STOK}}{\sum_{i=1}^{N_{WE}} (\sum_{j=1}^{N_{Ber}} ((Q_{H,eff} \cdot A_{E,Berj} + Q_{HE,WEi,dis,ls,hor,j}) \cdot DG_{WEi,j}) \cdot f_{H,WEi,STOK})}$$

wenn ein Speicher einem WEi nicht zugeordnet ist, dann $f_{H,WEi,STOK,ls} = 0$ [-] Gl. 9

i, j, k	[-]	Laufindex für Anzahl N Wärmeerzeuger $N_{WE}, j = 1 \dots N_{WE}$ versorgter Bereiche $N_{Ber}, j = 1 \dots N_{Ber}$ Speicher $N_{STO}, k = 1 \dots N_{STO}$
$f_{H,WEi,STOK}$	[-]	Faktor für die Zuordnung des Heizungsspeichers k zum Wärmeerzeuger WEi. <ul style="list-style-type: none"> ▪ Wenn der Speicher dem Wärmeerzeuger zugeordnet ist, ist $f_{H,WEi,STOK} = 1$. ▪ Wenn der Speicher dem Wärmeerzeuger nicht zugeordnet ist, ist $f_{H,WEi,STOK} = 0$.
$Q_{H,eff}$	[kWh/(m ² a)]	Eff. Heizwärmebedarf (ist für alle Bereiche gleich)
$A_{E,Berj}$	[m ²]	Flächen des versorgten Bereichs j
$Q_{HE,WEi,dis,ls,hor,j}$	[kWh/a]	Horizontale Verteilleitungsverluste des Wärmeerzeugers WEi für den versorgten Bereich j

DG _{WEi,j}	[-]	Deckungsgrad des versorgten Bereiches j durch den Wärmeerzeuger WE _i
Zähler		Wärmebedarf zzgl. Verteilverluste HE für alle vom Wärmeerzeuger WE _i versorgten Bereichen j, multipliziert mit dem Faktor für die Zuordnung des Heizungsspeichers k zum Wärmeerzeuger WE _i
Nenner		Die Summe des Wärmebedarfs zzgl. der Verteilverluste HE aller Wärmeerzeuger WE _i und versorgten Bereiche j, jeweils multipliziert mit dem entsprechenden Faktor für die Zuordnung des Heizungsspeichers k zum Wärmeerzeuger WE _i

Speicherwärmeverluste Heizung pro Wärmeerzeuger

Für den Wärmeerzeuger WE_i berechnet sich die Summe der Heizungsspeicherwärmeverluste aller Heizungsspeicher wie folgt:

$Q_{HE,WEi,STO,ls} = \sum_{k=1}^{N_{STO}} (Q_{HE,STOk,ls} \cdot f_{H,WEi,STOk,ls})$	[kWh/a]	Gl. 10
---	---------	--------

k	[-]	Laufindex für Anzahl Speicher N _{STO} , k = 1 ... N _{STO}
Q _{HE,STOk,ls}	[kWh/a]	Verluste des Heizungsspeichers k (Gl. 6)
f _{H,WEi,STOk,ls}	[-]	Faktor für den Anteil der Verluste des H-Speichers k für den Wärmeerzeuger i

Anmerkung
 Die Verluste von Heizungsspeichern innerhalb der thermischen Gebäudehülle sind heizwirksam. Diese werden daher nicht berechnet und ausgewiesen.

Zuordnung der Speicherverluste Warmwasser zu den einzelnen Wärmeerzeugern

Faktor für den Anteil der Verluste des Warmwasserspeichers k für den Wärmeerzeuger WE_i:

$$f_{WW,WEi,STOk,ls} = \frac{\sum_{j=1}^{N_{Ber}} \left((Q_{W,ref} + Q_{WW,Wasch} + Q_{WW,Spül}) \cdot A_{E,Berj} + Q_{WW,WEi,dis,ls,j} \right) \cdot DG_{WEi,j} \cdot f_{WW,WEi,STOk}}{\sum_{i=1}^{N_{WE}} \left(\sum_{j=1}^{N_{Ber}} \left((Q_{W,ref} + Q_{WW,Wasch} + Q_{WW,Spül}) \cdot A_{E,Berj} + Q_{WW,WEi,dis,ls,j} \right) \cdot DG_{WEi,j} \right) \cdot f_{WW,WEi,STOk}}$$

wenn ein Speicher einem WE _i nicht zugeordnet ist, dann $f_{WW,WE_i,STO_k,Is} = 0$	[-]	Gl. 11
---	-----	--------

i, j, k	[-]	Laufindex für Anzahl N Wärmeerzeuger N _{WE} , j = 1 ... N _{WE} versorgter Bereiche N _{Ber} , j = 1 ... N _{Ber} Speicher N _{STO} , k = 1 ... N _{STO}
f_{WW,WE_i,STO_k}	[-]	Faktor für die Zuordnung des Warmwasserspeichers k zum Wärmeerzeuger i. Wenn der Speicher dem Wärmeerzeuger zugeordnet ist, dann ist der Faktor 1. Wenn der Speicher dem Wärmeerzeuger nicht zugeordnet ist, dann ist der Faktor 0.
$Q_{W,ref}$	[kWh/(m ² a)]	Nutzenergiebedarf Warmwasser gemäss SIA 380/1 (Tab. 37) bzw. für Mischnutzungen berechnet aus den flächengemittelten Werten (Kap. 1.2).
Q_{WW_Wasch}	[kWh/(m ² a)]	Zusätzlicher Nutzwärmebedarf Warmwasser durch Waschmaschinen mit Warmwasseranschluss, Gl. 43
$Q_{WW_Spül}$	[kWh/(m ² a)]	Zusätzlicher Nutzwärmebedarf Warmwasser durch Spülmaschinen mit Warmwasseranschluss, Gl. 44
$A_{E,Berj}$	[m ²]	Flächenanteil des jeweiligen versorgten Bereichs
$Q_{WW,WE_i,dis,Is,j}$	[kWh/a]	Verluste der Verteilungen für Warmwasser für den Wärmeerzeuger WE _i im versorgten Bereich j, (Gl. 5)
$DG_{WE_i,j}$	[-]	Deckungsgrad des Wärmeerzeugers WE _i im versorgten Bereich j
Zähler		Wärmebedarf WW zzgl. Verteilverluste WW für alle vom Wärmeerzeuger i Bereiche j, multipliziert mit dem Faktor für die Zuordnung des WW-Speichers k zum Wärmeerzeuger i
Nenner		Die Summe des Wärmebedarfs WW zzgl. der Verteilverluste WW aller Wärmeerzeuger und Bereiche, jeweils multipliziert mit dem entsprechenden Faktor für die Zuordnung des WW-Speichers zum Wärmeerzeuger

Speicherwärmeverluste Warmwasser pro Wärmeerzeuger

Für den Wärmeerzeuger WE_i berechnet sich die Summe der Warmwasserspeicherwärmeverluste aller Warmwasserspeicher wie folgt:

$Q_{WW,WE_i,STO,Is} = \sum_{k=1}^{N_{STO}} (Q_{WW,STO_k,Is} \cdot f_{WW,WE_i,STO_k,Is})$	[kWh/a]	Gl. 12
--	---------	--------

k	[-]	Laufindex für Anzahl Speicher N_{STO} , $k = 1 \dots N_{STO}$
$Q_{WW,STOK,ls}$	[kWh/a]	Verluste des Warmwasserspeichers k, Gl. 8
$f_{WW,WEi,STOK,ls}$	[-]	Faktor für den Anteil der Verluste des WW-Speichers k für den Wärmeerzeuger WE_i

3.7 Rückgewonnene Verluste für Heizung

Die Verluste Warmwasser WW für Verteilung und Speicherung innerhalb der thermischen Gebäudehülle werden als teilweise heizwirksam berücksichtigt (rückgewinnbare Verluste). Zur Berechnung wird die Summe der rückgewinnbaren Verluste der WW-Speicherung und WW-Verteilung aller Bereiche anteilig auf alle Wärmeerzeuger Heizung aufgeteilt. Die Aufteilung auf die Wärmeerzeuger Heizung erfolgt anhand der Nutzenergie Heizung zzgl. der Verteilverluste Heizung des jeweiligen Wärmeerzeugers im Verhältnis zur Summe der Nutzenergie Heizung zzgl. der Verteilverluste Heizung aller Wärmeerzeuger.

Berechnung der Summe der rückgewinnbaren Verluste Warmwasser $Q_{WW,rück,ls}$:

$Q_{WW,rück,ls} = \sum_{i=1}^{N_{WE}} \left(\sum_{j=1}^{N_{Ber}} (Q_{WW,WEi,dis,ls,ver,j} + Q_{WW,WEi,dis,ls,hor,j} \cdot f_{WW,dis,hor,ls,j} + Q_{Heizband,WEi,j}) \cdot DG_{WEi,j} \right) + \sum_{k=1}^{N_{STO}} (Q_{WW,STOK,ls} \cdot f_{WW,STOK,ls})$		[kWh/a]	Gl. 13
---	--	---------	--------

mit den rückgewinnbaren Verlusten vom Heizband für jeden Wärmeerzeuger WE_i und Bereich j:

$Q_{Heizband,WEi,j} = \frac{2}{3} \cdot (Q_{WW,WEi,dis,ls,ver,j} + Q_{WW,WEi,dis,ls,hor,j} \cdot f_{WW,dis,hor,ls,j}) \cdot f_{HB}$		[kWh/a]	Gl. 14
---	--	---------	--------

i, j, k	[-]	Laufindex für Anzahl N Wärmeerzeuger N_{WE} , $j = 1 \dots N_{WE}$ versorgter Bereiche N_{Ber} , $j = 1 \dots N_{Ber}$ Speicher N_{STO} , $k = 1 \dots N_{STO}$
$Q_{WW,WEi,dis,ls,hor,j}$	[kWh/a]	Horizontale Verteilungsverluste des Bereichs j, berechnet gemäss Gl. 3
$Q_{WW,WEi,dis,ls,ver,j}$	[kWh/a]	Vertikale Verteilungsverluste des Bereichs j, berechnet gemäss Gl. 3
$f_{WW,dis,hor,ls,j}$	[-]	Faktor für die Lage der horizontalen Verteilungen WW im Bereich j: <ul style="list-style-type: none"> ▪ ausserhalb der thermischen Gebäudehülle = 0

		<ul style="list-style-type: none"> innerhalb der thermischen Gebäudehülle = 1
$DG_{WEi,j}$	[-]	Deckungsgrad des Wärmeerzeugers WE_i im versorgten Bereich j
$Q_{WW,STOK,ls}$	[kWh/a]	Verluste des Warmwasserspeichers k , Gl. 8
$f_{WW,STOK,ls}$	[-]	Faktor für die Lage des Warmwasserspeichers k : <ul style="list-style-type: none"> ausserhalb der thermischen Gebäudehülle = 0 innerhalb der thermischen Gebäudehülle = 1
f_{HB}	[-]	Faktor Heizband: <ul style="list-style-type: none"> ja: $f_{HB} = 1$, nein: $f_{HB} = 0$

Berechnung des Faktors für die Aufteilung der rückgewinnbaren Verluste auf den Wärmeerzeuger WE_i :

$$f_{WW,rück,ls,WEi} = \frac{\sum_{j=1}^{N_{Ber}} \left((Q_{H,eff} \cdot A_{E,Berj} + Q_{HE,WEi,dis,ls,hor,j}) \cdot DG_{WEi,j} \right)}{\sum_{i=1}^{N_{WE}} \left(\sum_{j=1}^{N_{Ber}} \left((Q_{H,eff} \cdot A_{E,Berj} + Q_{HE,WEi,dis,ls,hor,j}) \cdot DG_{WEi,j} \right) \right)}$$

	[-]	Gl. 15
--	-----	--------

i, j	[-]	Laufindex für Anzahl N Wärmeerzeuger $N_{WE}, j = 1 \dots N_{WE}$ versorgter Bereiche $N_{Ber}, j = 1 \dots N_{Ber}$
$Q_{H,eff}$	[kWh/(m ² a)]	Eff. Heizwärmebedarf (ist für alle Bereiche gleich)
$A_{E,Berj}$	[m ²]	Flächen des versorgten Bereichs j
$Q_{HE,WEi,dis,ls,hor,j}$	[kWh/a]	Horizontale Verteilungsverluste des Wärmeerzeugers WE_i für den versorgten Bereich j
$DG_{WEi,j}$	[-]	Deckungsgrad des versorgten Bereiches j durch den Wärmeerzeuger WE_i
Zähler		Wärmebedarf zzgl. Verteilverluste HE für alle vom Wärmeerzeuger i versorgten Bereiche j
Nenner		Die Summer des Wärmebedarfs zzgl. der Verteilverluste HE aller Wärmeerzeuger und Bereiche

Berechnung der rückgewonnenen Warmwasserverluste pro Wärmeerzeuger:

$Q_{80\%,WW,WEi,rück,ls} = Q_{WW,rück,ls} \cdot f_{WW,rück,ls,WEi} \cdot 0.8 \cdot \eta_g$	[kWh/a]	Gl. 16
--	---------	--------

$Q_{WW,rück,ls}$	[kWh/a]	Summe der rückgewinnbaren Verluste Warmwasser
------------------	---------	---

$f_{\text{WW,rück,Is,WEi}}$	[-]	Faktor für die Aufteilung der rückgewinnbaren Verluste auf den Wärmeerzeuger i
η_g	[-]	Ausnutzungsfaktor gemäss SIA 380/1:2016 unter Berücksichtigung des Einzonenmodells

3.8 Endenergie

Die Endenergie für Heizung und Warmwasser wird für jeden Wärmeerzeuger separat berechnet, um sie entsprechend ihrer Energieträger zu berücksichtigen.

Für jeden Wärmeerzeuger ($i = 1 \dots N_{WE}$) wird die Endenergie als Summe aus den maximal drei versorgten Bereichen ($j = 1 \dots N_{Ber}$) jeweils für Heizung und Warmwasser gebildet.

Heizung

Der Endenergiebedarf Heizung $E_{HE,WEi}$ pro Wärmeerzeuger berechnet sich in Anlehnung an SIA 2031:2009 [2] wie folgt:

$E_{HE,WEi} = \sum_{j=1}^{N_{Ber}} \left(\frac{Q_{H,eff} \cdot A_{E,Berj} + Q_{HE,WEi,dis,ls,hor,j}}{\eta_{HE,WEi} - 0.09 (Dim_{WEi} - 1)} \cdot DG_{WEi,j} \right) + \frac{Q_{HE,WEi,STO,ls} - Q_{80\%,WW,WEi,ls}}{\eta_{HE,WEi} - 0.09 (Dim_{WEi} - 1)}$		
[kWh/a]		Gl. 17

j	[-]	Laufindex für Anzahl versorgter Bereiche N_{Ber} , $j = 1 \dots N_{Ber}$
$Q_{H,eff}$	[kWh/(m ² a)]	Eff. Heizwärmebedarf (ist für alle Bereiche gleich)
$A_{E,Berj}$	[m ²]	Flächen des versorgten Bereichs j
$Q_{HE,WEi,dis,ls,hor,j}$	[kWh/a]	Horizontale Verteilungsverluste des Wärmeerzeugers WE_i für den versorgten Bereich j
$Q_{80\%,WW,WEi,dis,ls}$	[kWh/a]	Für die Heizung anrechenbare thermisch wirksame Verteilungsverluste des Warmwassers, Gl. 16
$Q_{HE,WEi,STO,ls}$	[kWh/a]	Speicherverluste aller Heizungsspeicher 1 bis n pro Wärmeerzeuger WE_i , Gl. 10
$\eta_{HE,WEi}$	[-]	Jahresnutzungsgrad des Wärmeerzeugers WE_i
Dim_{WEi}	[-]	Faktor der Überdimensionierung des Wärmeerzeugers WE_i
$DG_{WEi,j}$	[-]	Deckungsgrad des versorgten Bereiches j durch den Wärmeerzeuger WE_i

Warmwasser

Der Endenergiebedarf Warmwasser $E_{WW,WEi}$ pro Wärmeerzeuger berechnet sich in Anlehnung an SIA 2031:2009 [2] wie folgt:

$$E_{WW,WEi} = \sum_{j=1}^{N_{Ber}} \left(\frac{(Q_{w,ref} + Q_{WW,Wasch} + Q_{WW,Spül}) \cdot A_{E,Berj} + Q_{WW,WEi,dis,ls,j}}{\eta_{WW,WEi}} \cdot DG_{WEi,j} \right) + \frac{Q_{WW,WEi,sto,ls}}{\eta_{WW,WEi}}$$

	[kWh /a]	Gl. 18
--	----------	--------

j	[-]	Laufindex für Anzahl versorgter Bereiche N_{Ber} , $j = 1 \dots N_{Ber}$
$\eta_{WW,WEi}$	[-]	Jahresnutzungsgrad des Wärmeerzeugers
$Q_{w,ref}$	[kWh/(m ² a)]	Nutzenergiebedarf Warmwasser gemäss SIA 380/1 (Tab. 37) bzw. für Mischnutzungen berechnet aus den flächengemittelten Werten (Kap. 1.2).
Q_{ww_Wasch}	[kWh/(m ² a)]	Zusätzlicher Nutzwärmebedarf Warmwasser durch Waschmaschinen mit Warmwasseranschluss, Gl. 43
$Q_{ww_Spül}$	[kWh/(m ² a)]	Zusätzlicher Nutzwärmebedarf Warmwasser durch Spülmaschinen mit Warmwasseranschluss, Gl. 44
$A_{E,Berj}$	[m ²]	Flächenanteil des jeweiligen versorgten Bereichs
$Q_{WW,WEi,sto,ls}$	[kWh/a]	Speicherverluste für Warmwasser für den Wärmeerzeuger wie, Gl. 12
$Q_{WW,WEi,dis,ls,j}$	[kWh/a]	Verluste der Verteilungen für Warmwasser für den Wärmeerzeuger WE_i im versorgten Bereich j, Gl. 5
$DG_{WEi,j}$	[-]	Deckungsgrad des Wärmeerzeugers WE_i im versorgten Bereich j

3.9 Hilfsenergie

Heizung

Für jeden Wärmeerzeuger ($i = 1 \dots N_{WE}$) wird die Hilfsenergie pro versorgten Bereich ($j = 1 \dots N_{Ber}$) (Gl. 19, Achtung Einheit) in Anlehnung an SIA 380/4:2006 [6] berechnet.

$E_{HE,WEi,hilfs} = \sum_{j=1}^{N_{Ber}} \{ [(0.0688 \cdot A_{E,Berj}^{-0.394} \cdot Q_{H,eff} + 2.86 \cdot A_{E,Berj}^{-0.37}) \cdot f_{WEi,a} + (0.0007 \cdot Q_{H,eff} + 225 \cdot A_{E,Berj}^{-0.9}) \cdot f_{WEi,ak} + (0.0012 \cdot Q_{H,eff} + 82 \cdot A_{E,Berj}^{-0.73}) \cdot A_{E,Berj} \cdot DG_{WEi} \}$ <p>ist «0», wenn dezentraler Wärmeerzeuger ist «0», wenn Wärmeerzeuger «Holzofen als Zusatzheizung»</p>	[MJ/a]	Gl. 19
--	---------------	--------

j	[-]	Laufindex für Anzahl versorgter Bereiche N_{Ber} , $j = 1 \dots N_{Ber}$
$A_{E,Berj}$	[m ²]	Fläche des jeweiligen versorgten Bereichs j
$Q_{H,eff}$	[MJ/(m² a)]	Eff. Heizwärmebedarf (ist für alle Bereiche gleich, Achtung Einheit)
$f_{WEi,a}$	[-]	Faktor Hilfsenergie Wärmeerzeuger $f_{WEi,a} = f_{WEi,au} \cdot f_{WEi,af} \cdot f_{WEi,ae} \cdot f_{WEi,ak}$
$f_{WEi,au}$	[-]	Umwälzpumpe gemäss Tab. 11
$f_{WEi,af}$	[-]	Feuerung gemäss Tab. 11
$f_{WEi,ae}$	[-]	Hilfsaggregate gemäss Tab. 11
$f_{WEi,ak}$	[-]	Wenn Wärmeerzeuger nur für Heizung (H) oder nur für Warmwasser (W): $f_{WEi,ak} = 1$, sonst $f_{WEi,ak} = 0.65$
DG_{WEi}	[-]	Deckungsgrad des Wärmeerzeugers WE_i in einem versorgten Bereich

Die einzelnen Hilfsenergien der Wärmeerzeuger Heizung werden zum Schluss zusammengefasst:

$E_{HE,hilfs} = \sum_{i=1}^{N_{WE}} \frac{E_{HE,WEi,hilfs}}{3.6}$	[kWh/a]	Gl. 20
---	----------------	--------

i	[-]	Laufindex für Anzahl Wärmeerzeuger N_{WE} , $i = 1 \dots N_{WE}$
$E_{HE,WEi,hilfs}$	[MJ/a]	Hilfsenergie für die einzelnen Wärmeerzeuger WE_i

Warmwasser

Die gesamte Hilfsenergie für die Warmhaltung von Warmwasser berechnet sich nach Gl. 21, ebenfalls für jeden Wärmeerzeuger (i = 1 ... N_{WE}) wird die Hilfsenergie pro versorgten Bereich (j = 1 ... N_{Ber}) in Anlehnung an SIA 380/4:2006 [6] berechnet.

Hilfsenergie Warmwasser (Achtung Einheit)

$E_{WW,WEi,hilfs} = \sum_{j=1}^{N_{Ber}} \{ [(0.0688 \cdot A_{E,Berj}^{-0.394} \cdot Q_{H,eff} + 2.86 \cdot A_{E,Berj}^{-0.37}) \cdot f_{WEi,a} + (0.0007 \cdot Q_{H,eff} + 225 \cdot A_{E,Berj}^{-0.9}) \cdot f_{WEi,ak} + E_{w,a,j}] \cdot A_{E,Berj} \cdot DG_{WEi} \}$	[MJ/a]	Gl. 21
--	---------------	--------

j	[-]	Laufindex für Anzahl versorgter Bereiche N _{Ber} , j = 1 ... N _{Ber}
A _{E,Berj}	[m ²]	Flächen des jeweiligen versorgten Bereichs
Q _{H,eff}	[MJ/(m² a)]	Eff. Heizwärmebedarf (ist für alle Bereiche gleich, Achtung Einheit)
f _{WEi,a}	[-]	Faktor Hilfsenergie Wärmeerzeuger (Produkt aus allen Faktoren) f _{WEi,a} = f _{WEi,au} * f _{WEi,af} * f _{WEi,ae} * f _{WEi,ak}
f _{WEi,au}	[-]	Umwälzpumpe: dezentral=1, zentral=0 (Tab. 11)
f _{WEi,af}	[-]	Feuerung: dezentral=1, zentral=0 (Tab. 11)
f _{WEi,ae}	[-]	Hilfsaggregate (Tab. 11)
f _{WEi,ak}	[-]	Wenn Wärmeerzeuger nur Heizung (H) oder nur Warmwasser (W) versorgt: 1, sonst 0.65
E _{w,a,j}	[MJ/a]	Hilfsstrom für Pumpen im versorgten Bereich (Achtung Einheit): <ul style="list-style-type: none"> ▪ Zirkulations-/Umwälzpumpe: E_{w,a,j} = E_{w,az,j} (Gl. 22) ▪ Heizband: E_{w,a,j} = E_{w,ah,j} (Gl. 23) ▪ keine Warmhaltung: E_{w,a,j} = E_{w,az,j} (Gl. 22)
DG _{WEi}	[-]	Deckungsgrad des Wärmeerzeugers in einem versorgten Bereich

Der Elektrizitätsbedarf für die Warmhaltung von Warmwasser über eine Zirkulation wird nach SIA 385/2:2015 (Anhang C.1) [5] berechnet. Die Berechnung erfolgt für jeden versorgten Bereich getrennt.

Zirkulations-/Umwälzpumpe (Achtung Einheit)

$E_{w,az,j} = (8 + 0.2 \cdot L_{circ} \cdot A_E) \cdot \frac{8760}{1000} \cdot 3.6$	[MJ//a]	Gl. 22
---	----------------	--------

L_{circ}	[m/m ²]	Durchschnittliche Länge der Wärmeverteilungen gemäss Tab. 8
A_E	[m ²]	Energiebezugsfläche gesamt

Der Elektrizitätsbedarf für die Warmhaltung von Warmwasser mit Heizband erfolgt gemäss SIA 385/2:2015 (Anhang C.2) [5].

Heizband (Achtung Einheit)

$E_{w,ah,j} = \frac{2}{3} \cdot Q_{WW,WEi,dis,ls,j} \cdot 3.6$	[MJ//a]	Gl. 23
--	----------------	--------

$Q_{WW,WEi,dis,ls,j}$	[kWh/a]	Verluste der Verteilungen für Warmwasser für den Wärmeerzeuger WE _i im versorgten Bereich j, Gl. 5
-----------------------	---------	---

Hilfsenergie Warmwasser gesamt:

$E_{WW,hilfs} = \sum_{i=1}^{N_{WE}} \frac{E_{WW,WEi,hilfs}}{3.6}$	[kWh/a]	Gl. 24
---	---------	--------

i	[-]	Laufindex für Anzahl Wärmeerzeuger N_{WE} , $j = 1 \dots N_{WE}$
$E_{WW,WEi,hilfs}$	[MJ/a]	Hilfsenergie für die einzelnen Wärmeerzeuger i in den versorgten Bereichen j (Achtung Einheit)

3.10 Referenztabellen Heizung und Warmwasser

Die Bezeichnungen HWWxx entsprechen den Bezeichnungen im GEAK Handbuch V5.1 für Experten [7].

Tab. 3 **HWW04** Durchschnittliche Heizkreistemperatur in Abhängigkeit von Vorlauf-/Rücklauf-temperatur und Überdimensionierung des Wärmeerzeugers, ohne oder mit unbekanntem hydraulischen Abgleich.

Auslegung Vorlauf/Rück- lauf	Einheit	Überdimensionierung				
		1	1.2	1.5	2	3
90/70	[°C]	66	63	59	56	53
70/55	[°C]	53	50	48	45	44
55/40	[°C]	43	41	40	38	37
45/35	[°C]	36	35	34	33	31
35/28	[°C]	30	29	28	27	27
30/25	[°C]	26	26	25	25	24

Tab. 4 **HWW05** Durchschnittliche Heizkreistemperatur in Abhängigkeit von Vorlauf/Rück-
lauf-temperatur und Überdimensionierung des Wärmeerzeugers, mit (bekanntem)
hydraulischem Abgleich.

Auslegung Vorlauf/Rück- lauf	Einheit	Überdimensionierung				
		1	1.2	1.5	2	3
90/70	[°C]	54	50	45	40	37
70/55	[°C]	44	41	38	34	32
55/40	[°C]	37	35	32	30	28
45/35	[°C]	32	30	28	27	25
35/28	[°C]	27	26	25	24	23
30/25	[°C]	24	24	23	23	22

Tab. 5 **HWW07** Durchschnittlicher Innenradius des Wärmeverteilnetzes für Heizung und Warmwasser in Abhängigkeit von dem Gebäudetyp.

Innenradius	Einheit	Wohnen MFH, Hotel	Wohnen EFH	Verwaltung, Schule, Verkauf, Restaurant
Heizung Innenradius vertikal	[m]	0.0075	0.0065	0.0075
Heizung Innenradius horizontal	[m]	0.0135	0.0065	0.0155
Warmwasser Innenradius vertikal	[m]	0.0085	0.0070	0.0085
Warmwasser Innenradius horizontal	[m]	0.0085	0.0070	0.0085

Tab. 6 **HWW08** Betriebsdauer $t_{be,dis}$ des Verteilnetzes Heizung pro Jahr in Abhängigkeit vom Heizwärmebedarf für «zentral» und «dezentral + zentral» («dezentral»: Betriebsdauer = 0 h/a).

Betriebsdauer	Einheit	QH,eff [MJ/(m ² a)] (Achtung Einheit)		
		< 150	150 ≥ QH,eff < 300	≥ 300
Betriebsdauer Heizungsnetz	[h/a]	4'400	5'400	6'400

Tab. 7 **HWW09** Betriebsdauer $t_{be,dis}$ des Verteilnetzes Warmwasser pro Jahr in Abhängigkeit von der Warmhaltung.

Betriebsdauer Warmwasser	Einheit	Zirkulation	Heizband	keine
Wohnen MFH, Hotel	[h/a]	8'760	300	300
Wohnen EFH	[h/a]	6'570	300	300
Verwaltung, Schule, Verkauf, Restaurant	[h/a]	3'000	300	300

Tab. 8 **HWW10** Durchschnittliche Länge der Wärmeverteilungen Heizung und Warmwasser in Abhängigkeit vom Gebäudetyp. Die durchschnittlichen Längen basieren auf [8].

Länge der Wärmeverteilungen	Einheit	Wohnen EFH	MFH, Verwaltung Schule, Verkauf Restaurant, Hotel
Heizung Länge vertikal	[m/m ²]	0.45	0.41
Heizung Länge horizontal	[m/m ²]	0.24	0.10
Warmwasser Länge vertikal	[m/m ²]	0.13	0.11
Warmwasser Länge horiz.	[m/m ²]	0.07	0.03

Tab. 9 Auswahllisten für verschiedene Parameter.

Art der Wärmeversorgung	Hydraulischer Abgleich	Speichertyp	Warmhaltung Warmwasser	Lage der horizontalen Verteilungen	Dämmzustand Verteilungen
zentral	ja	keiner	keine	ausserhalb der thermischen Gebäudehülle	gedämmt
dezentral	nein	Heizung	Zirkulation	innerhalb der thermischen Gebäudehülle	ungedämmt
-	teilweise	Warmwasser	Heizband	-	teilweise
-	-	Kombispeicher	-	-	-

Lesebeispiel

Es kann folgende Warmhaltung für Warmwasser gewählt werden: keine, Zirkulation oder Heizband.

Tab. 10 Faktor für die Ausführungsqualität der Anschlüsse des Speichers.

Ausführungsqualität Speicheranschlüsse	Einheit	$f_{w,STOK,wb}$	Erläuterungen
sehr gut	[-]	1	Anschlüsse haben Wärmesiphons und sind wärmegeklämmt, überdurchschnittliche Ausführungsqualität
gut	[-]	1.2	Anschlüsse haben Wärmesiphons <u>und</u> sind wärmegeklämmt, gute Ausführungsqualität
mittel	[-]	2	Anschlüsse haben Wärmesiphons <u>oder</u> sind wärmegeklämmt
ungenügend	[-]	3	Anschlüsse haben keine Wärmesiphons <u>und</u> sind nicht wärmegeklämmt,

Tab. 11 Faktoren zur Berechnung der Hilfsenergie in Abhängigkeit von dem Wärmeerzeuger.

Wärmeerzeuger WE	Faktor Umwälz- pumpe*	Faktor Feuerung	Faktor Hilfs- aggregat
	$f_{WE,au}$	$f_{WE,af}$	$f_{WE,ae}$
Ölfeuerung	1	1	1
Ölfeuerung kondensierend	1	1	1
Gasfeuerung	1	1	0.3
Gasfeuerung kondensierend	1	1	0.3
Holzfeuerung	1	1	4
Holzofen als Zusatzheizung	0	0	0
Pelletfeuerung	1	1	4
Fernwärme (aus KVA, ARA, Industrie)	1	0	0
Quartierwärmeversorgung mit BHKW	0	0	1
Mini-BHKW	1	1	1
Elektrospeicher- Zentralheizung	0	0	0
Elektro direkt	0	0	0
Elektro-Wassererwärmer	0	0	0
Wärmepumpe, Aussenluft	0	0	0
Wärmepumpe, Erdwärmesonde	0	0	0
Wärmepumpe, Abwasser	0	0	0
Wärmepumpe, Grundwasser, direkt	0	0	0
Wärmepumpe, Grundwasser, indirekt	0	0	0
Wärmepumpe Erdregister	0	0	0
Lüftungsgerät mit Abluft / Zuluft - WP plus WRG	0	0	0
Lüftungsgerät mit Abluft / Zuluft - WP ohne WRG	0	0	0
Lüftungsgerät mit Abluft-Wärmepumpe (keine Zuluft)	0	0	0
Kompakt-WP mit Zu- & Abluft / WW plus WRG	0	0	0
Kompakt-WP mit Zu- & Abluft / WW ohne WRG	0	0	0
Solarenergie thermisch	1	1.1	1.1

*Bei Wärmepumpen ist der Strom für Umwälzpumpe und Hilfsaggregate in der JAZ enthalten.

4 Lüftung

4.1 Allgemeines

Bei EFH/MFH bis 2'000 m² und bei Verwaltung/Schulen bis 1'000 m² kann eine stark vereinfachte Lüftungsberechnung basierend auf Kleinanlagen mit Standardwerten durchgeführt werden. Für alle übrigen Fälle ist eine externe Berechnung für den Jahresstrombedarf und den Aussenluftvolumenstrom durchzuführen. Die Berechnung der Lüftung entspricht der Methode von MI-ENERGIE [9].

Der Lüftungstyp wird pro Nutzung definiert, d.h. bei Mischnutzungen kann es bis zu drei verschiedene Lüftungstypen geben (Abb. 5). Die pro Nutzung berechneten flächenbezogenen, thermisch wirksamen Aussenluftvolumenströme werden zu einem flächengemittelten Gesamtwert zusammengezogen (analog Gl. 1), der dann für die Berechnung des Heizwärmebedarfs $Q_{H,eff}$ (Kap. 2) verwendet wird. Der Elektrizitätsbedarf Lüftung E_V berechnet sich aus der Summe der einzelnen Nutzungen.

Elektrizitätsbedarf Lüftung E_V

$E_V = \sum_{n=1}^{N_{Nutz}} (E_{V,std,Nutz} + E_{V,eff,Nutz})_n$	[kWh/a]	Gl. 25
---	---------	--------

n	[-]	Laufindex für Anzahl Nutzungen N_{Nutz} ($n = 1 \dots N_{Nutz}$), wobei es pro Nutzung entweder einen Elektrizitätsbedarf Kleinanlagen mit Standardwerten oder einen Elektrizitätsbedarf für sonstige Lüftungsanlagen geben kann.
$E_{V,std,Nutz}$	[kWh/a]	Elektrizitätsbedarf Kleinanlagen mit Standardwerten, Kap. 4.2
$E_{V,eff,Nutz}$	[kWh/a]	Elektrizitätsbedarf sonstige Lüftungsanlagen, Kap. 4.3

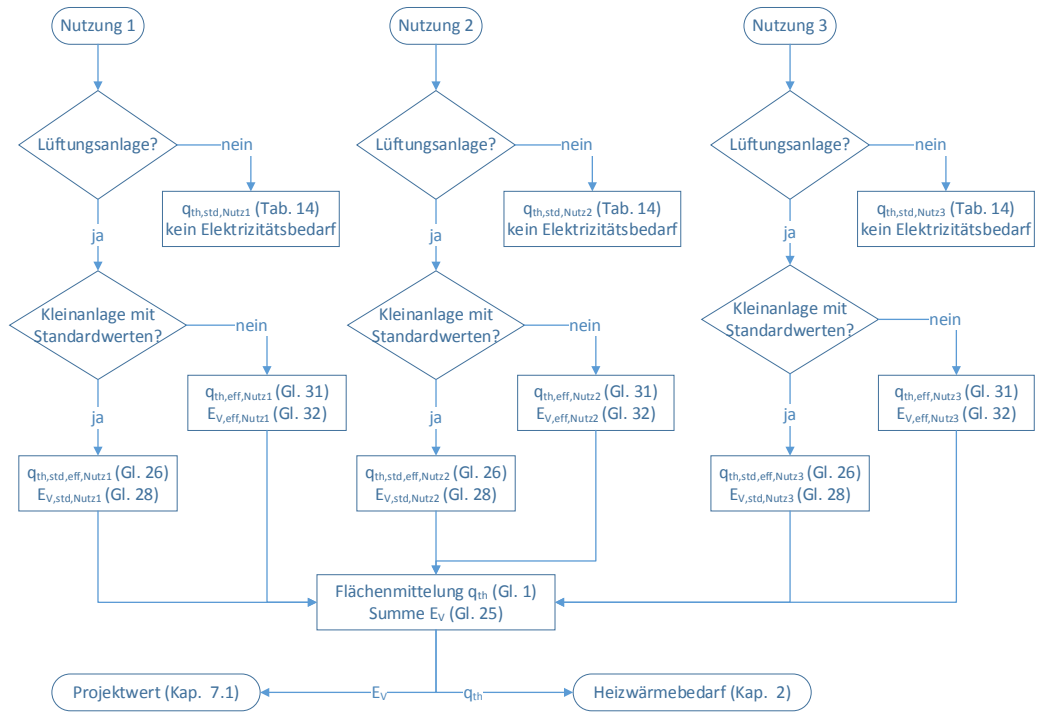


Abb. 5 Flussdiagramm Berechnung wirksame Aussenluftvolumenströme und Elektrizitätsbedarf.

Hinweis

Ist die Nutzung MFH Teil einer Mischnutzung, wird der Elektrizitätsbedarf für Abluft Dampfabzug und Bad/WC auf 0 kWh/a gesetzt, wenn mindestens eine der Nutzungen eine Lüftungsanlage aufweist.

4.2 Kleinanlagen mit Standardwerten

Für Kleinanlagen mit Standardwerten benötigt es folgende Eingaben:

- Wahl der Lüftungsanlage (Auswahl gemäss Tab. 12)
- Anzahl Räume mit Zuluft (Wohnen) oder Anzahl Personen (Verwaltung/Schule) (freie Eingabe)
- Wahl des Wärmetauschers (Auswahl gemäss Tab. 16)
- Wahl des Ventilatorantriebs (Auswahl gemäss Tab. 17)

Thermisch wirksamer Aussenluftvolumenstrom

Der thermisch wirksame Aussenluftvolumenstrom $q_{th, std, eff, Nutz}$ für Kleinanlagen mit Standardwerten berechnet sich für jede Nutzung wie folgt:

$q_{th, std, eff, Nutz} = \frac{V'_{Luft, Nutz} * V'_{Nenn, Nutz, eff}}{V'_{Nenn, Nutz} * A_{E, Nutz}} * (1 - \eta_{WT}) + v_o$	[m ³ /(h m ²)]	Gl. 26
---	---------------------------------------	--------

$V'_{Luft, Nutz}$	[m ³ /h]	Luftvolumenstrom der Nutzung gemäss Tab. 13
$V'_{Nenn, Nutz}$	[m ³ /h]	Nennvolumenstrom der Nutzung gemäss Tab. 14
$V'_{Nenn, Nutz, eff}$	[m ³ /h]	effektiver Nennvolumenstrom der Nutzung gemäss Gl. 27
$A_{E, Nutz}$	[m ²]	Energiebezugsfläche der Nutzung
η_{WT}	[-]	Wirkungsgrad der Wärmerückgewinnung des Wärmetauschers gemäss Tab. 16
v_o	[m ³ /(h m ²)]	Flächenbezogener Infiltrationsvolumenstrom (konstant) $v_o = 0.15 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$

Der effektive Nennvolumenstrom $V'_{Nenn,Nutz,eff}$ berechnet sich in Abhängigkeit von der Nutzung wie folgt:

$$V'_{Nenn,Nutz,eff} = \max\left(N_{RaumPers}; \text{ceil}\left(\frac{A_{E,Nutz}}{V'_{min,Nutz}} \cdot f_{korrr}\right)\right) * V'_{Nenn,Nutz} \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad \text{Gl. 27}$$

$N_{RaumPers}$	[-]	Anzahl Räume mit Zuluft (Wohnen) oder Anzahl Personen (Verwaltung/Schule)
$A_{E,Nutz}$	[m ²]	Energiebezugsfläche der Nutzung
$V'_{min,Nutz}$	[m ³ /h]	Mindestvolumenstrom der Nutzung gemäss Tab. 15
$V'_{Nenn,Nutz}$	[m ³ /h]	Nennvolumenstrom der Nutzung gemäss Tab. 14
ceil()	[-]	Der Klammerinhalt wird auf die nächst höhere Ganzzahl aufgerundet
f_{korrr}	[m/h]	Einheitenkorrekturfaktor, $f_{korrr} = 1 \text{ m/h}$

Elektrizitätsbedarf

Der Elektrizitätsbedarf $E_{V,std,Nutz}$ für Kleinanlagen mit Standardwerten berechnet sich für jede Nutzung wie folgt:

$$E_{V,std,Nutz} = \frac{t_{be,V}}{1000} * E_{spez,Nutz} * V'_{Nenn,Nutz,eff} * K_{Antrieb} \quad [\text{kWh/a}] \quad \text{Gl. 28}$$

$t_{be,V}$	[h]	Betriebsdauer der Kleinanlage mit Standardwerten
$E_{spez,Nutz}$	[kWh/(m ² a)]	Spezifischer Elektrizitätsbedarf der Nutzung gemäss Tab. 12
$V'_{Nenn,Nutz,eff}$	[m ³ /h]	effektiver Nennvolumenstrom der Nutzung gemäss Tab. 14
$K_{Antrieb}$	[1/m]	Parameter in Abhängigkeit von dem Ventilatorantrieb gemäss Tab. 17

Die Laufzeit $t_{be,V}$ berechnet sich wie folgt:

Wohnen

$t_{be,V} = 8736$	[h]	Gl. 29
-------------------	-----	--------

In dieser Laufzeit ist die Wartung (Filterwechsel, Reinigungsarbeiten und alle paar Jahre grössere Unterhalts- und Wartungsarbeiten) enthalten.

Verwaltung und Schule

$t_{be,V} = \frac{V'_{Luft,Nutz}}{V'_{Nenn,Nutz}} * 8760$	[h]	Gl. 30
---	-----	--------

$V'_{Luft,Nutz}$	[m ³ /h]	Luftvolumenstrom der Nutzung gemäss Tab. 13
$V'_{Nenn,Nutz}$	[m ³ /h]	Nennvolumenstrom der Nutzung gemäss Tab. 14

4.3 Sonstige Lüftungsanlagen

Lüftungsanlagen, die nicht zum Typ Kleinanlage mit Standardwerten gehören, benötigen Eingaben zum Aussenluftvolumenstrom und dem Elektrizitätsbedarf aus externen Programmen.

Folgende Eingaben sind notwendig (freie Eingabe):

- Aussenluftvolumenstrom (immer)
- Elektrizitätsbedarf Lüftung + Vereisungsschutz $E_{V,Nutz}$ (immer)
- Elektrizitätsbedarf Kälteförderung $E_{C,Nutz}$ (nur bei Kühlung, Kühlung+Befeuchtung)
- Elektrizitätsbedarf Klima und Befeuchtung $E_{hu,Nutz}$ (nur bei Befeuchtung, Kühlung+Befeuchtung)

Thermisch wirksamer Aussenluftvolumenstrom

Der effektiv thermisch wirksame Aussenluftvolumenstrom $q_{th,eff,Nutz}$ berechnet sich für jede Nutzung wie folgt:

$q_{th,eff,Nutz} = \frac{V'_{th}}{A_{E,Nutz}} + v_o$	[m ³ /(h m ²)]	Gl. 31
--	---------------------------------------	--------

V'_{th}	[m ³ /h]	Aussenluftvolumenstrom (freie Eingabe)
$A_{E,Nutz}$	[m ²]	Energiebezugsfläche der Nutzung
v_o	[m ³ /(h m ²)]	Flächenbezogener Infiltrationsvolumenstrom (konstant) $v_o = 0.15 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$

Elektrizitätsbedarf

Der Elektrizitätsbedarf $E_{V,eff,Nutz}$ berechnet sich aus Strombedarf für Lüftung + Vereisungsschutz $E_{V,Nutz}$, Strombedarf für Kälteförderung $E_{C,Nutz}$ und Strombedarf für Klima und Befeuchtung $E_{hu,Nutz}$.

$E_{V,eff,Nutz} = E_{V,Nutz} + E_{C,Nutz} + E_{hu,Nutz}$	[kWh/a]	Gl. 32
--	---------	--------

$E_{V,Nutz}$	[kWh/a]	Elektrizitätsbedarf Lüftung + Vereisungsschutz
$E_{C,Nutz}$	[kWh/a]	Elektrizitätsbedarf Kälteförderung, wenn <ul style="list-style-type: none"> ▪ Kühlung ▪ Kühlung + Befeuchtung ▪ sonst $E_{C,Nutz} = 0$
$E_{hu,Nutz}$	[kWh/a]	Elektrizitätsbedarf Klima und Befeuchtung, wenn <ul style="list-style-type: none"> ▪ Befeuchtung ▪ Kühlung + Befeuchtung ▪ sonst $E_{hu,Nutz} = 0$

4.4 Referenztabelle Lüftung

Tab. 12 Spezifischer Elektrizitätsbedarf, Standardwerte für Kleinanlagen, $E_{\text{spez,Nutz}}$ [9].

Auswahl Lüftung	spezifischer Elektrizitätsbedarf, [kWh/(m ² a)]			
	MFH	EFH	Verwaltung	Schule
Zu-/Abluftanlage ohne WRG	0.94	0.94	0.88	0.88
Zu-/Abluftanlage mit WRG	0.94	0.94	0.88	0.88
Zu-/Abluftanlage mit Abluftwärmepumpe	1.14	1.14	0.98	0.88
Abluftanlage ohne WRG	0.58	0.58	0.58	0.58
Abluftanlage mit WRG	0.68	0.68	0.68	0.68
Einzelraumlüftung mit WRG	0.70	0.70	0.70	0.70
Automatische Fensterlüftung	0.012	0.012	0.032	0.032

Tab. 13 Luftvolumenstrom/Einheit, Standardwerte für Kleinanlagen, $V'_{\text{Luft,Nutz}}$ [9].

Auswahl Lüftung	Luftvolumenstrom, [m ³ /h]			
	MFH	EFH	Verwaltung	Schule
Zu-/Abluftanlage ohne WRG	26.2	26.2	8.6	4.6
Zu-/Abluftanlage mit WRG	26.2	26.2	8.6	4.6
Zu-/Abluftanlage mit Abluftwärmepumpe	35.1	35.1	11.4	6.0
Abluftanlage ohne WRG	35.1	35.1	11.4	6.0
Abluftanlage mit WRG	35.1	35.1	11.4	6.0
Einzelraumlüftung mit WRG	26.2	26.2	8.6	4.6
Automatische Fensterlüftung	40.0	40.0	40.0	33.0

Tab. 14 Nennvolumenstrom/Einheit, Standardwerte für Kleinanlagen, $V'_{\text{Nenn,Nutz}}$ [9]

Auswahl Lüftung	Nennvolumenstrom, [m ³ /h]			
	MFH	EFH	Verwaltung	Schule
Zu-/Abluftanlage ohne WRG	30	30	30	25
Zu-/Abluftanlage mit WRG	30	30	30	25
Zu-/Abluftanlage mit Abluftwärmepumpe	40	40	40	33
Abluftanlage ohne WRG	40	40	40	33
Abluftanlage mit WRG	40	40	40	33
Einzelraumlüftung mit WRG	30	30	30	25
Automatische Fensterlüftung	40	40	40	33

Tab. 15 Standard Volumenströme V'_{min} und standard flächenbezogener Aussenluftvolumenströme $q_{th, std, Nutz}$

Volumenströme	Einheit	MFH EFH	Ver- wal- tung	Schule	Ver- kauf	Res- tau- rant	Hotel
$V'_{min, Nutz}$ [9]	[m ³ /h]	50	20	10	-	-	-
Standard flächenbezogener Aussenluftvolumenstrom $q_{th, std, Nutz}$ gemäss SIA 380/1:2016	[m ³ /(h m ²)]	0.7	0.7	0.7	0.7	1.2	0.7

Tab. 16 Auswahlliste Wärmetauscher und Wirkungsgrad der Wärmerückgewinnung, η_{WT} [9]

Auswahl Wärmetauscher	Wirkungsgrad [-]
kein Wärmetauscher	0%
Kreuzstrom	45%
Gegenstrom	70%
Rotations-Wärmetauscher	70%

Tab. 17 Auswahlliste und Parameter für den Ventilatorantrieb [9].

Auswahl Ventilatorantrieb	$K_{Antrieb}$ [1/m]
kein Ventilator	1
AC-Motor	1
DC/EC-Motor	0.5

5 Elektrischer Ertrag aus PV und WKK/BHKW

5.1 Photovoltaik

In der Etiketle werden nur der Eigenverbrauch und 40 % des ins Netz eingespeisten Stroms angerechnet (analog Minergie [10]).

Der anrechenbare elektrische Ertrag $E_{PV,anr}$ aus einer Photovoltaikanlage berechnet sich wie folgt:

$E_{PV,anr} = E_{PV} * (EVR + f_{Netz} * (1 - EVR))$	[kWh/a]	Gl. 33
--	---------	--------

E_{PV}	[kWh/a]	Photovoltaikertrag, freie Eingabe
EVR	[-]	Eigenverbrauchsrate gemäss Nachweis mit PVopti [11] oder 0.2
f_{Netz}	[-]	Anrechenbarer Anteil der Netzeinspeisung: $f_{Netz} = 0.4$

5.2 WKK/BHKW

Der elektrische Ertrag $E_{WKK,anr}$ aus WKK/BHKW wird komplett in der Etiketle angerechnet:

$E_{WKK,anr} = E_{WKK}$	[kWh/a]	Gl. 34
-------------------------	---------	--------

E_{WKK}	[kWh/a]	Elektrizitätsertrag aus WKK/BHKW, freie Eingabe
-----------	---------	---

6 Elektrizität

6.1 Allgemeines

Der Gesamtelektrizitätsbedarf $E_{el,std}$ ist die Summe aus den einzelnen Nutzungen. Berechnet wird der Elektrizitätsbedarf für die einzelnen Nutzungen gemäss Kap 6.2 (Wohnen) und 6.4 (Zweckbauten)

Elektrizitätsbedarf $E_{el,std}$:

$E_{el,std} = \sum_{n=1}^{N_{Nutz}} (E_{el,std,Nutz})_n$	[kWh/a]	Gl. 35
--	---------	--------

n	[-]	Laufindex für Anzahl Nutzungen N_{Nutz} , $n = 1 \dots N_{Nutz}$
$E_{el,std,Nutz,n}$	[kWh/a]	Elektrizitätsbedarf der einzelnen Nutzung n

Hinweis

Im GEAK gibt es einen Faktor für den Ausbaugrad. Da dieser für die Etikette immer auf «standard = 1» gestellt wird, wird der Ausbaugrad hier nicht berücksichtigt. Dies betrifft folgende Kategorien:

- Beleuchtung (Wohnen/Zweckbauten)
- Kleingeräte und Elektronik (Wohnen)
- Betriebseinrichtungen und Geräte (Zweckbauten)

6.2 Wohnen

6.2.1 Allgemeines

Für die Nutzung Wohnen (EFH/MFH) muss für die Etiketle eine minimale Ausrüstung mit Geräten vorhanden sein (Tab. 18). Alle zur Verfügung stehenden Verbraucher können pro Kategorie aus fixen Listen ausgewählt werden.

Tab. 18 Minimalanforderungen an die Geräteausrüstung für Wohnen

Kategorie	Minimalanforderungen	Auswahlliste
Geräte und Installationen, G+I	<p>Elektro-/oder Gaskochherd (= 1 Kochherd/Wohnung)</p> <p>Elektro-/oder Gasbackofen (= 1 Backofen/Wohnung)</p> <p>Kühlschrank mit/oder ohne Tiefkühlfach >/< 160l (= 1 Kühlschrank/Wohnung)</p> <p>Für jeden Kühlschrank ohne Tiefkühlfach muss mindestens ein separates Gefriergerät erfasst werden (Anzahl Kühlschrank ohne Tiefkühlfach = Anzahl separates Gefriergerät)</p> <p>Waschmaschine (mind. 1 pro Haus, nicht pro Wohnung)</p>	Tab. 19
Kleingeräte und Elektronik, K+E	minimal 80 % der Energiebezugsfläche muss mit Kleingeräten und Elektronik belegt werden	Tab. 22
Beleuchtung, Bel	minimal 80 % der Energiebezugsfläche muss mit Beleuchtung belegt werden	Tab. 23

Der Elektrizitätsbedarf $E_{el, std, Nutz}$ für Wohnen wird gemäss Gl. 36 berechnet:

$E_{el, std, Nutz} = \left(\sum E_{G+I} + \sum E_{K+E} + \sum E_{Bel} + \sum E_{WVA} \right) * f_b$	[kWh/a]	Gl. 36
--	---------	--------

E _{G+I}	[kWh/a]	Elektrizitätsbedarf für Geräte und Installationen
E _{K+E}	[kWh/a]	Elektrizitätsbedarf für Kleingeräte und Elektronik
E _{Bel}	[kWh/a]	Elektrizitätsbedarf für Beleuchtung
E _{WVA}	[kWh/a]	Elektrizitätsbedarf für Weitere Verbraucher
f _b	[-]	Der Belegungsfaktor drückt den Bedarfsunterschied zu einer durchschnittlichen 3 Zimmer-Wohnung aus (Gl. 37)

Belegungsfaktor f_b (in Anlehnung an SIA 2031:2016 [12])

$f_b = 1 + \frac{N_{Zimmer} - 3}{10}$	[-]	Gl. 37
---------------------------------------	-----	--------

N _{Zimmer}	[-]	mittlere Zimmeranzahl aller Wohnungen, max. N _{Zimmer} = 7 (Festlegung durch GEAK)
---------------------	-----	---

6.2.2 Geräte und Installationen G+I

Geräte ohne Wasseranschluss

Aus Tab. 19 sind folgende Gerätetypen ohne Wasseranschluss wählbar:

- Kühlschrank
- separate Gefriergeräte, wenn Kühlschrank ohne Tiefkühlfach
- Kochherd
- Backofen/Steamer
- Dampfabzug Küche
- Bad/WC-Abzug
- Wäschetrocknung (Wäschetrockner, Raumlufttrockner)
- Lift

Der Elektrizitätsbedarf berechnet sich mit Ausnahme des Wäschetrockners für jeden Gerätetyp wie folgt:

$E_{G+I} = \sum_{k=1}^{N_{Typ}} (N_{Geräte} * E_{Qualität, G+I})_k$	[kWh/a]	Gl. 38
---	---------	--------

k	[-]	Laufindex für Anzahl Gerätetypen N_{Typ} , $k = 1 \dots N_{Typ}$
$N_{Geräte}$	[-]	Anzahl Geräte pro Typ
$E_{Qualität,G+I}$	[kWh/a]	Elektrizitätsbedarf eines Geräts in Abhängigkeit von der Qualität gemäss Tab. 19

Für Wäschetrockner gilt

$E_{G+I} = \left(N_{Wvhg} - 1 + \frac{N_{Geräte}}{N_{Wvhg}} \right) * E_{Qualität,G+I} * \frac{2}{3}$	[kWh/a]	Gl. 39
--	---------	--------

N_{Wvhg}	[-]	Anzahl Wohnungen im Gebäude
$N_{Geräte}$	[-]	Anzahl Wäschetrockner
$E_{Qualität,G+I}$	[kWh/a]	Elektrizitätsbedarf in Abhängigkeit von der Qualität, Tab. 19

Der Faktor 2/3 berücksichtigt, dass trotz Wäschetrockner im Mittel ein Drittel der Wäsche auf der Wäscheleine getrocknet wird [13].

Sonderfall «Kochen und Backen mit Erdgas»

Ist «Kochen und Backen mit Erdgas» gewählt, wird der Gasbedarf für Kochen und Backen mit Gl. 40 erfasst und dem Energieträger «Erdgas» zugewiesen.

$E_{GasKB} = (N_{GeräteK} \cdot E_{GasK} + N_{GeräteB} \cdot E_{GasB}) \cdot f_b$	[kWh/a]	Gl. 40
---	---------	--------

$N_{GeräteK}$ bzw. B	[-]	Anzahl der Herde (Kochen) bzw. Backöfen
E_{GasK} , E_{GasB}	[kWh/a]	Gasbedarf gemäss Tab. 20
f_b	[-]	Der Belegungsfaktor drückt den Bedarfsunterschied zu einer durchschnittlichen 3 Zimmer-Wohnung aus (Gl. 37)

Geräte mit Wasseranschluss

Folgende Geräte können mit bzw. ohne Warmwasseranschluss gewählt werden:

- Geschirrspülmaschine und
- Waschmaschine

Der Elektrizitätsbedarf für Geschirrspülmaschinen mit/ohne Warmwasseranschluss wird gemäss Gl. 41 berechnet:

$E_{G+I} = (N_{Geräte} \cdot E_{Qualität,G+I})_{mit} + (N_{Geräte} \cdot E_{Qualität,G+I})_{ohne}$	[kWh/a]	Gl. 41
--	---------	--------

$N_{Geräte}$	[-]	Anzahl Spülmaschinen mit/ohne Warmwasseranschluss
$E_{Qualität,G+I}$	[kWh/a]	Elektrizitätsbedarf in Abhängigkeit von der Qualität für Waschmaschinen mit/ohne Warmwasseranschluss, Tab. 19

Der Elektrizitätsbedarf Waschmaschinen mit/ohne Warmwasseranschluss ergibt sich aus Gl. 42:

$E_{G+I} = \left(N_{WWhg} - 1 + \frac{N_{Geräte,mit}}{N_{WWhg}} \right) \cdot E_{Qualität,G+I,mit} \cdot f_{WW,mit} + \left(N_{WWhg} - 1 + \frac{N_{Geräte,ohne}}{N_{WWhg}} \right) \cdot E_{Qualität,G+I,ohne} \cdot f_{WW,ohne}$	[kWh/a]	Gl. 42
--	---------	--------

N_{WWhg}	[-]	Anzahl Wohnungen im Gebäude
$N_{Geräte,mit}$ $N_{Geräte,ohne}$	[-]	Anzahl der Waschmaschinen mit/ohne Warmwasseranschluss
$E_{Qualität,G+I,mit}$ $E_{Qualität,G+I,ohne}$	[kWh/a]	Elektrizitätsbedarf in Abhängigkeit von der Qualität für Waschmaschinen mit/ohne Warmwasseranschluss, Tab. 19
$f_{ww,mit}$ $f_{ww,ohne}$	[-]	Anteil der Waschmaschinen mit/ohne Warmwasseranschluss an der Gesamtsumme der Waschmaschinen: $f_{WW,mit} = N_{Geräte,mit} / (N_{Geräte,mit} + N_{Geräte,ohne})$ $f_{WW,ohne} = 1 - f_{WW,mit}$

Falls Waschmaschinen und/oder Geschirrspülmaschinen mit Warmwasseranschluss gewählt werden, ist zusätzlich zur Berechnung des entsprechenden Elektrizitätsbedarfes der Nutzwärmebedarf Warmwasser gemäss Gl. 43 und Gl. 44 zu berechnen. Der zusätzliche Warmwasserbedarf wird bei der Endenergieberechnung des Warmwassers berücksichtigt (Kap. 3.8, Gl. 18).

Zusätzlicher Nutzwärmebedarf Warmwasser Geschirrspüler:

$Q_{WW_{Spül}} = N_{Geräte,mit} \cdot Q_{W_{Spül}}$	[kWh/a]	Gl. 43
---	---------	--------

$N_{Geräte,mit}$	[-]	Anzahl Spülmaschinen mit Warmwasseranschluss
$Q_{W_{Spül}}$	[kWh/a]	Zusätzlicher Wärmebedarf für Warmwasser durch eine Spülmaschine, Tab. 21

Zusätzlicher Nutzwärmebedarf Warmwasser Waschmaschine:

$Q_{WW_{Wasch}} = \left(N_{Whg} - 1 + \frac{N_{Geräte,mit}}{N_{Whg}} \right) \cdot f_{WW,mit} \cdot Q_{W_{Wasch}}$	[kWh/a]	Gl. 44
---	---------	--------

N _{Whg}	[-]	Anzahl Wohnungen im Gebäude
N _{Geräte,mit}	[-]	Anzahl Waschmaschinen mit Warmwasseranschluss
f _{WW,mit}	[-]	Anteil der Waschmaschinen mit Warmwasseranschluss an der Gesamtsumme der Waschmaschinen
Q _{W_Wasch}	[kWh/a]	Zusätzlicher Wärmebedarf für Warmwasser durch eine Waschmaschine, Tab. 21

6.2.3 Kleingeräte und Elektronik K+E

Der elektrizitätsbedarf für Kleingeräte und Elektronik wird für jede gewählte Raumnutzung (Tab. 22) berechnet:

$E_{K+E} = \sum_{k=1}^{N_{RNutz}} (E_{Basisbedarf,K+E} \cdot A_{RNutz,K+E})_k$	[kWh/a]	Gl. 45
--	---------	--------

k	[-]	Laufindex für Anzahl Raumnutzungen N _{RNutz} , k = 1 ... N _{RNutz}
E _{Basisbedarf,K+E}	[kWh/(m ² a)]	Tab. 22
A _{RNutz,K+E}	[m ²]	Energiebezugsfläche, für die gewählte Raumnutzung

6.2.4 Beleuchtung Bel

Der elektrizitätsbedarf für Beleuchtung wird für jede gewählte Raumnutzung (Tab. 23) berechnet:

$E_{Bel} = \sum_{k=1}^{N_{RNutz}} (E_{Basisbedarf,Bel} \cdot f_{Qualität,Bel} \cdot A_{RNutz,Bel})_k$	[kWh/a]	Gl. 46
---	---------	--------

k	[-]	Laufindex für Anzahl Raumnutzungen N _{RNutz} , k = 1 ... N _{RNutz}
E _{Basisbedarf,Bel}	[kWh/(m ² a)]	Elektrizitätsbedarf in Abhängigkeit von der Raumnutzung, Tab. 23
f _{Qualität,Bel}	[-]	Faktor zur Skalierung des Basisbedarfs auf die gewählte Qualität, Tab. 24
A _{RNutz,Bel}	[m ²]	Energiebezugsfläche, für die gewählte Raumnutzung

6.2.5 Weitere Verbraucher WVA

Hier können weitere gebäudezugehörige Verbraucher frei eingegeben werden. Dies kann z.B. die Beleuchtung der Garage oder der Terrasse sein:

$E_{WVA} = \sum_{k=1}^{N_{Typ}} (N_{Geräte} \cdot P_{el} \cdot t_{be,WVA})_k$	[kWh/a]	Gl. 47
---	---------	--------

k	[-]	Laufindex für Anzahl Gerätetypen N_{Typ} , $k = 1 \dots N_{Typ}$
$N_{Geräte}$	[-]	Anzahl Geräte
P_{el}	[kW]	Leistung eines Gerätes
$t_{be,WVA}$	[h]	Betriebsdauer des Gerätes

6.3 Referenztabelle Wohnen

Die Bezeichnungen Ref C3.3.x entsprechen den Bezeichnungen im GEAK Handbuch V5.1 für Experten [7].

Tab. 19 Wohnen: Auswahlliste und Basiswerte der verschiedenen Qualitäten für Geräte und Installationen, $E_{\text{Qualität,G+I}}$. (Ref C3.3.1-4, C3.3.6-10)

EFH, MFH Gerätetyp	Qualität G+I [kWh/a]			
	sehr gut	gut	standard	schlecht
Kochherd	90	95	100	120
(Kochherd mit Gas)	-	-	-	-
Backofen	40	45	50	80
(Backofen mit Gas)	-	-	-	-
Kühlschrank > 160 l ohne TKF	70	120	230	280
Kühlschrank > 160 l mit TKF	110	190	250	300
Kühlschrank < 160 l ohne TKF	65	100	200	240
Kühlschrank < 160 l mit TKF	90	150	210	260
Gefriergerät gross	120	135	170	210
Gefriergerät klein	100	125	150	190
Geschirrspüler, ohne WW	250	300	350	400
Geschirrspüler, mit WW	160	190	230	270
Waschmaschine, ohne WW	150	225	350	400
Waschmaschine, mit WW	120	170	230	270
Wäschetrockner	300	325	350	400
Wäschetrockner, Raumluft	230	270	290	350
Lift	400	510	550	700
Dampfabzug-Küche	50	60	75	90
Bad/WC-Abluft	50	60	75	90

Tab. 20 Wohnen: Basiswerte für Kochen/Backen mit Gas, E_{GasKB} . (C3.3.9)

EFH, MFH	Endenergie Erdgas Kochen/Backen [kWh/a]
Herd mit Erdgas	120
Ofen mit Erdgas	80

Tab. 21 Wohnen: Basiswerte für Geräte und Installationen: Nutzenergie Warmwasser für Wasch- und Spülmaschinen mit Warmwasseranschluss, Q_{W_Wasch} , $Q_{W_Spül}$ (Ref C3.3.5)

EFH, MFH	Nutzenergie Warmwasser [kWh/a]
Waschmaschine, mit WW	40
Geschirrspüler, mit WW	40

Tab. 22 Wohnen: Basiswerte für Kleingeräte und Elektronik, $E_{\text{Basisbedarf,K+E}}$ (Ref C3.3.11)

EFH, MFH	Basisbedarf, K+E [kWh/(m ² a)]
Wohnung	8
Treppenhaus	2
Büro	10
Keller, Estrich	2
Abstellraum, Garage, Bastelraum o.ä.	4

Tab. 23 Wohnen: Basiswerte für die Beleuchtung, $E_{\text{Basisbedarf,Bel}}$ (Ref C3.3.13)

EFH, MFH	Basisbedarf, Bel [kWh/(m ² a)]
Wohnung	5
Treppenhaus	2
Büro	7
Keller, Estrich	1
Abstellraum, Garage, Bastelraum o.ä.	2

Tab. 24 Wohnen: Faktor zur Beurteilung der Qualität der Beleuchtung, $f_{\text{Qualität,Bel}}$
 (Ref C3.3.15)

EFH, MFH	Qualität, Bel [-]			
	75-100 % Eff- Leuchten mit Regelung	75-100 % Eff-Leuchte	25-75 % Eff-Leuch- ten	0-25 % Eff- Leuchte
Wohnung	0.4	0.7	1	1.3
Treppenhaus	0.4	0.7	1	1.3
Büro	0.4	0.7	1	1.3
Keller, Estrich	0.4	0.7	1	1.3
Abstellraum, Ga- rage, Bastelraum o.ä.	0.4	0.7	1	1.3

6.4 Zweckbauten

6.4.1 Allgemein

Der Elektrizitätsbedarf $E_{el, std, Nutz}$ für Zweckbauten wird gemäss Gl. 48 berechnet:

$E_{el, std, Nutz} = \sum E_{B+G} + \sum E_{Bel} + \sum E_{WVA}$	[kWh/a]	Gl. 48
--	---------	--------

E_{B+G}	[kWh/a]	Elektrizitätsbedarf für Betriebseinrichtungen und Geräte
E_{Bel}	[kWh/a]	Elektrizitätsbedarf für Beleuchtung
E_{WVA}	[kWh/a]	Elektrizitätsbedarf für weitere Verbraucher

6.4.2 Betriebseinrichtungen und Geräte B+G

Für Betriebseinrichtungen und Geräte wird der Elektrizitätsbedarf E_{B+G} wie folgt berechnet:

$E_{B+G} = \sum_{k=1}^{N_{RNutz}} \left(E_{Basisbedarf, B+G} \cdot f_{Qualität, B+G} \cdot A_{RNutz, B+G} \right)_k$	[kWh/a]	Gl. 49
---	---------	--------

k	[-]	Laufindex für Anzahl Raumnutzungen N_{RNutz} , k = 1 ... N_{RNutz}
$E_{Basisbedarf, B+G}$	[kWh/(m ² a)]	Elektrizitätsbedarf in Abhängigkeit der Raumnutzung: Verwaltung: Tab. 25 Schule: Tab. 27 Verkauf: Tab. 29 Restaurant: Tab. 31 Hotel: Tab. 33
$f_{Qualität, B+G}$	[-]	Faktor zur Skalierung des Basisbedarfs auf die gewählte Qualität: Verwaltung: Tab. 26 Schule: Tab. 28 Verkauf: Tab. 30 Restaurant: Tab. 32 Hotel: Tab. 34
$A_{RNutz, B+G}$	[m ²]	Energiebezugsfläche, für die gewählte Raumnutzung

6.4.3 Beleuchtung Bel

Für den elektrischen Energiebedarf für Beleuchtung E_{Bel} gilt:

$E_{Bel} = \sum_{k=1}^{N_{RNutz}} \left(E_{Basisbedarf, Bel} \cdot f_{Qualität, Bel} \cdot A_{RNutz, Bel} \right)_k$	[kWh/a]	Gl. 50
---	---------	--------

k	[-]	Laufindex für Anzahl Raumnutzung N_{RNutz}
$E_{Basisbedarf, Bel}$	[kWh/(m ² a)]	Elektrizitätsbedarf in Abhängigkeit der Raumnutzung: Verwaltung: Tab. 25 Schule: Tab. 27 Verkauf: Tab. 29 Restaurant: Tab. 31 Hotel: Tab. 33
$f_{Qualität, Bel}$	[-]	Faktor zur Skalierung des Basisbedarfs auf die gewählte Qualität: Verwaltung: Tab. 26 Schule: Tab. 28 Verkauf: Tab. 30 Restaurant: Tab. 32 Hotel: Tab. 34
$A_{RNutz, Bel}$	[m ²]	Energiebezugsfläche, für die gewählte Raumnutzung

6.4.4 Weitere Verbraucher WVA

Dies ist eine Möglichkeit weitere gebäudezugehörige Verbraucher für alle Nutzungen frei einzugeben. Der elektrischen Energiebedarf E_{WVA} wird wie folgt berechnet:

$E_{WVA} = \sum_{k=1}^{N_{Typ}} \left(N_{Geräte} \cdot P_{el} \cdot t_{be, WVA} \right)_k$	[kWh/a]	Gl. 51
---	---------	--------

k	[-]	Laufindex für Anzahl Gerätetypen N_{Typ} , k = 1 ... N_{Typ}
$N_{Geräte}$	[-]	Anzahl Geräte des Typs k
P_{el}	[kW]	Leistung eines Gerätes vom Typ k
$t_{be, WVA}$	[h]	Betriebsdauer des Gerätes vom Typ k

6.5 Referenztabelle Zweckbauten

Die Bezeichnungen Ref C3.3.x entsprechen den Bezeichnungen im GEAK Handbuch V5.1 für Experten [7].

6.5.1 Referenztabelle Elektrizität Verwaltung

Tab. 25 Verwaltung: Basiswerte für Betriebseinrichtungen und Geräte und Beleuchtung, $E_{\text{Basisbedarf, B+G}}$, $E_{\text{Basisbedarf, Bel}}$ (Ref C3.3.20/23) (B+G [14], Bel [15] «Bestand» mit Umrechnung: Energiebezugsfläche = 1.2 x Nettogrundfläche)

Verwaltung	Basisbedarf B+G, Bel [kWh/(m ² a)]	
	Betriebseinrichtungen und Geräte, B+G	Beleuchtung Bel
Erschliessung	2.2	9.7
Nebenräume	2.2	7
Büro	24.2	18.6
Abstellraum, Garage o.ä.	3.6	3.8

Tab. 26 Verwaltung: Faktor zur Beurteilung der Qualität der Betriebseinrichtung und Geräte, $f_{\text{Qualität, B+G}}$, $f_{\text{Qualität, Bel}}$ (Ref C3.3.22/25)

Verwaltung	B+G	Qualität B+G, Bel [-]			
		topmodern	modern	standard	veraltet
	Bel	75-100% Eff-Leuchten mit Regelung	75-100% Eff-Leuchten	25-75% Eff-Leuchten	0-25% Eff-Leuchten
Erschliessung		0.4	0.7	1	1.3
Nebenräume		0.4	0.7	1	1.3
Büro		0.4	0.7	1	1.3
Abstellraum, Garage o.ä.		0.4	0.7	1	1.3

6.5.2 Referenztabellen Elektrizität Schule

Tab. 27 Schule: Basiswerte für Betriebseinrichtungen und Geräte und Beleuchtung, $E_{\text{Basisbedarf, B+G}}$, $E_{\text{Basisbedarf, Bel}}$ (Ref C3.3.30/33) (B+G [14], Bel [15] «Bestand» mit Umrechnung: Energiebezugsfläche = 1.2 x Nettogrundfläche)

Schule	Basisbedarf B+G, Bel [kWh/(m ² a)]	
	Betriebseinrichtungen und Geräte B+G	Beleuchtung Bel
Schulzimmer	8.8	15.3
Lehrerzimmer	7.6	11.2
Eingangshalle	15.3	12.4
Korridor, Erschliessung	2.2	9.7
Turnhalle	2.2	31.5
Garderobe, Duschen, WC	2.2	7
Nebenräume	2.2	7
Singsaal, Aula	0.2	2
Büro	24.2	18.6
Abstellraum, Garage o.ä.	3.6	3.8

Tab. 28 Schule: Faktor zur Beurteilung der Qualität der Betriebseinrichtung und Geräte, $f_{\text{Qualität, B+G}}$, $f_{\text{Qualität, Bel}}$ (Ref C3.3.32)

Schule	B+G Bel	Qualität B+G, Bel [-]			
		topmodern	modern	standard	veraltet
		75-100% Eff-Leuchten mit Regelung	75-100% Eff-Leuchten	25-75% Eff-Leuchten	0-25% Eff-Leuchten
Schulzimmer		0.4	0.7	1	1.3
Lehrerzimmer		0.4	0.7	1	1.3
Eingangshalle		0.4	0.7	1	1.3
Korridor, Erschliessung		0.4	0.7	1	1.3
Turnhalle		0.4	0.7	1	1.3
Garderobe, Duschen, WC		0.4	0.7	1	1.3
Nebenräume		0.4	0.7	1	1.3
Singsaal, Aula		0.4	0.7	1	1.3
Büro		0.4	0.7	1	1.3
Abstellraum, Garage o.ä.		0.4	0.7	1	1.3

6.5.3 Referenztabellen Elektrizität Verkauf

Tab. 29 Verkauf: Basiswerte für Betriebseinrichtungen und Geräte und Beleuchtung, $E_{\text{Basisbedarf, B+G}}$, $E_{\text{Basisbedarf, Bel}}$ (Ref C3.3.36/37) (B+G [14], Bel [15] «Bestand» mit Umrechnung: Energiebezugsfläche = 1.2 x Nettogrundfläche)

Verkauf	Basisbedarf B+G, Bel [kWh/(m ² a)]	
	Betriebseinrichtungen und Geräte B+G	Beleuchtung Bel
Lebensmittel	11.8	77.5
Fachgeschäft	9.1	77.5
Möbel, Bau, Garten	8.5	62
Verkehrsfläche	2.2	9.7
Nebenraum	2.2	7
Treppenhaus	2.2	17.5
Büro	24.2	18.6
Garderobe, Duschen, WC	0	7

Tab. 30 Verkauf: Faktor zur Beurteilung der Qualität der Betriebseinrichtung und Geräte und Beleuchtung, $f_{\text{Qualität, B+G}}$, $f_{\text{Qualität, Bel}}$ (Ref C3.3.39)

Verkauf	Qualität B+G, Bel [-]				
	B+G	topmodern	modern	standard	veraltet
	Bel	75-100% Eff-Leuchten mit Regelung	75-100% Eff-Leuchten	25-75% Eff-Leuchten	0-25% Eff-Leuchten
Lebensmittel		0.4	0.7	1	1.3
Fachgeschäft		0.4	0.7	1	1.3
Möbel, Bau, Garten		0.4	0.7	1	1.3
Verkehrsfläche		0.4	0.7	1	1.3
Nebenraum		0.4	0.7	1	1.3
Treppenhaus		0.4	0.7	1	1.3
Büro		0.4	0.7	1	1.3
Garderobe, Duschen, WC		0.4	0.7	1	1.3

6.5.4 Referenztabellen Elektrizität Restaurant

Tab. 31 Restaurant: Basiswerte für Betriebseinrichtungen und Geräte und Beleuchtung, $E_{\text{Basisbedarf, B+G}}$, $E_{\text{Basisbedarf, Bel}}$. (Ref C3.3.40/41) (B+G [14], Bel [15] «Bestand» mit Umrechnung: Energiebezugsfläche = 1.2 x Nettogrundfläche)

Restaurant Nutzung	Basisbedarf B+G, Bel [kWh/(m ² a)]	
	Betriebseinrichtungen und Geräte B+G	Beleuchtung Bel
Restaurant	11.7	21.5
Verkehrsfläche	2.2	9.7
Nebenraum	2.2	7
Büro	24.2	18.6
Garderobe, Duschen, WC	2.2	7

Tab. 32 Restaurant: Faktor zur Beurteilung der Qualität der Betriebseinrichtung und Geräte und Beleuchtung, $f_{\text{Qualität, B+G}}$, $f_{\text{Qualität, Bel}}$ (Ref C3.3.43)

Restaurant B+G	Qualität B+G, Bel [-]			
	topmodern	modern	standard	veraltet
Bel	75-100% Eff-Leuchten mit Rege- lung	75-100% Eff-Leuchten	25-75% Eff- Leuchten	0-25% Eff- Leuchten
Restaurant	0.4	0.7	1	1.3
Verkehrsfläche	0.4	0.7	1	1.3
Nebenraum	0.4	0.7	1	1.3
Büro	0.4	0.7	1	1.3
Garderobe, Duschen, WC	0.4	0.7	1	1.3

6.5.5 Referenztabellen Elektrizität Hotel

Tab. 33 Hotel: Basiswerte für Betriebseinrichtungen und Geräte und Beleuchtung.
 $E_{\text{Basisbedarf, B+G}}$, $E_{\text{Basisbedarf, Bel}}$. (B+G [14], Bel [15] «Bestand» mit Umrechnung:
 Energiebezugsfläche = 1.2 x Nettogrundfläche)

Hotel	Basisbedarf B+G, Bel [kWh/(m ² a)]	
	Betriebseinrichtungen und Geräte B+G	Beleuchtung Bel
Hotelzimmer	12.8	8.9
Empfang, Lobby	37.2	41.3
Büro	24.2	18.6
Verkehrsfläche	2.2	9.7
Treppenhaus	2.2	17.5
Nebenfläche	2.2	7
Abstellraum, Garage, etc.	3.6	3.8

Tab. 34 Hotel: Faktor zur Beurteilung der Qualität der Betriebseinrichtung und Geräte und Beleuchtung, $f_{\text{Qualität, B+G}}$, $f_{\text{Qualität, Bel}}$.

Hotel	B+G Bel	Qualität B+G, Bel [-]			
		topmodern	modern	standard	veraltet
		75-100% Eff-Leuchten mit Regelung	75-100% Eff-Leuchten	25-75% Eff-Leuchten	0-25% Eff-Leuchten
Hotelzimmer		0.4	0.7	1	1.3
Empfang, Lobby		0.4	0.7	1	1.3
Büro		0.4	0.7	1	1.3
Verkehrsfläche		0.4	0.7	1	1.3
Treppenhaus		0.4	0.7	1	1.3
Nebenfläche		0.4	0.7	1	1.3
Abstellraum, Garage, etc.		0.4	0.7	1	1.3

7 Etikette

Um die Etikette zu bestimmen, werden die Projektwerte des betrachteten Gebäudes mit Referenzwerten verglichen. Die so berechneten Kennwerte bilden die Grundlage für die Klassierung.

7.1 Projektwert

Gebäudehülle

Der Projektwert ist der effektive Heizwärmebedarf $Q_{H,eff}$ berechnet gemäss SIA 380/1:2016 unter Berücksichtigung einer allfälligen Lüftungsanlage (Kap. 2).

Gesamteffizienz

Der Projektwert für die Gesamteffizienz E_p (gewichtete Endenergie) berechnet sich aus:

$E_p = \sum_{i=1}^{N_{WE}} \left((E_{HE,WEi} + E_{WW,WEi}) \cdot f_{CH,WEi} \right) + E_{GasKB} \cdot f_{CH,Erdgas} + (E_{HE,hilfs} + E_{WW,hilfs} + E_v + E_{el,std}) \cdot f_{CH,el} - (E_{PV,anr} + E_{WKK,anr}) \cdot f_{CH,el}$	[kWh/a]	Gl. 52
---	---------	--------

i	[-]	Laufindex für Anzahl Wärmeerzeuger N_{WE} , $i = 1 \dots N_{WE}$
$f_{CH,WEi}$	[-]	Nationaler Gewichtungsfaktor entsprechend des Energieträgers für den Wärmeerzeuger WE_i gemäss Tab. 35
$f_{CH,el}$	[-]	Nationaler Gewichtungsfaktor für Elektrizität gemäss Tab. 35
$f_{CH,Erdgas}$	[-]	Nationaler Gewichtungsfaktor für Erdgas gemäss Tab. 35
$E_{HE,WEi}$	[kWh/a]	Endenergiebedarf für Heizung für den Wärmeerzeuger WE_i
$E_{WW,WEi}$	[kWh/a]	Endenergiebedarf für Warmwasser für den Wärmeerzeuger WE_i
E_{GasKB}	[kWh/a]	Endenergiebedarf für Kochen und Backen mit Erdgas
$E_{HE,hilfs}$	[kWh/a]	Hilfsenergie (Elektrizität) Heizung
$E_{WW,hilfs}$	[kWh/a]	Hilfsenergie (Elektrizität) Warmwasser
E_v	[kWh/a]	Elektrizitätsbedarf Lüftung
$E_{el,std}$	[kWh/a]	Elektrizitätsbedarf Geräte, Betriebseinrichtungen, Beleuchtung, ...
$E_{PV,anr}$	[kWh/a]	Anrechenbarer Photovoltaikertrag
$E_{WKK,anr}$	[kWh/a]	Anrechenbarer elektrischer Ertrag aus WKK/BHKW

Tab. 35 HWW13 Nationale Gewichtungsfaktoren [16].

Energieträger	nationale Gewichtungsfaktoren f _{CH} [-]
Heizöl EL, Erdgas, Kohle, Briketts	1
Biogas, Holz: Stückholz, Holzschnitzel, Pellets	0.5
Solarwärme	0
Fernwärme (Anteil Fossil ≤ 25%)	0.4
Fernwärme Anteil Fossil ≤ 50% (Kehrichtwärme)	0.6
Fernwärme (Anteil Fossil ≤ 75%)	0.8
Fernwärme (Anteil Fossil > 75%)	1.0
Elektrizität (Bedarf)	2
Elektrizität (Produktion)	2

CO₂-Emissionen

Die Berechnung der CO₂ Emissionen stützt sich auf die CO₂ Verordnung und beinhaltet nur den fossilen Anteil des Endenergiebedarfs für Heizung und Warmwasser. Der Projektwert für die CO₂ Emissionen E_{CO2} berechnet sich wie folgt:

$E_{CO2} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{WE}} (E_{HE,WEi} \cdot f_{CO2,WEi} + E_{WW,WEi} \cdot f_{CO2,WEi})}{A_E}$	[kg CO ₂ /(m ² a)]	Gl. 53
---	--	--------

i	[-]	Laufindex für Anzahl fossiler Wärmeerzeuger N _{WE} , i = 1 ... N _{WE}
f _{CO2,WEi}	[kg CO ₂ /kWh]	CO ₂ Faktoren, gemäss Tab. 36
E _{HE,WEi}	[kWh/a]	Endenergiebedarf für Heizung für den Wärmeerzeuger WE _i mit fossilen Energieträgern
E _{WW,WEi}	[kWh/a]	Endenergiebedarf für Warmwasser für den Wärmeerzeuger WE _i mit fossilen Energieträgern
A _E	[m ²]	Gesamte Energiebezugsfläche

Tab. 36 CO₂-Faktoren für die verwendeten Energieträger gemäss BAFU [17] bzw. revidierte CO₂ Verordnung.

Energieträger	CO ₂ -Faktoren [kg CO ₂ /kWh]
Erdgas	0.203
Heizöl extraleicht	0.265

7.2 Referenzwert

Gebäudehülle

Der Referenzwert ist der Neubau-Grenzwert des Heizwärmebedarfs $Q_{H,li}$ berechnet gemäss SIA 380/1:2016. Bei Mischnutzungen werden die Grenzwerte für den Heizwärmebedarf der einzelnen Nutzungen jeweils für das gesamte Gebäude berechnet und anschliessend flächenanteilig zu einem Gesamtreferenzwert zusammengefasst (analog Gl. 1).

Gesamteffizienz

Der Referenzwert ergibt sich aus der Gesamtbilanz für ein Referenzgebäude, das den generellen Anforderungen von SIA 380/1:2009 erfüllt und einen standard Elektrizitätsbedarf aufweist. Die Methodik entspricht Merkblatt SIA 2031:2009 bzw. von 2016.

Ausstattung des Referenzgebäudes:

- Heizwärmebedarf entspricht 80 % des Neubau-Grenzwertes des Heizwärmebedarfs $Q_{H,li}$ gemäss SIA 380/1:2016, Verteilwirkungsgrad 95 %
- Wärmebedarf für Warmwasser entspricht 80 % des Wärmebedarfs für Warmwasser $Q_{W,ref}$ gemäss Tab. 37, Verteilwirkungsgrad 70 %
- Ölfeuerung für Heizung und Warmwasser, Nutzungsgrad 90 % für Heizung und Warmwasser, $f_{CH,öl}$ gemäss Tab. 35
- Keine Luftaufbereitung, keine mechanische Kühlung
- Elektrizitätsbedarf $E_{el,ref}$ gemäss Tab. 37, $f_{CH,el}$ gemäss Tab. 35

Damit berechnet sich der Referenzwert wie folgt:

$E_{P,ref} = \left(\left(\frac{0.8 \cdot Q_{H,li}}{0.9 \cdot 0.95} + \frac{0.8 \cdot Q_{W,ref}}{0.9 \cdot 0.7} \right) \cdot f_{CH,öl} + E_{el,ref} \cdot f_{CH,el} \right)$	[kWh/(m ² a)]	Gl. 54
--	--------------------------	--------

$Q_{H,li}$	[kWh/(m ² a)]	Neubau-Grenzwert Heizwärmebedarf gemäss SIA 380/1:2016
$Q_{W,ref}$	[kWh/(m ² a)]	Standard Warmwasserbedarf gemäss Tab. 37
$f_{CH,öl}$	[-]	Nationaler Gewichtungsfaktor für Heizöl gemäss Tab. 35
$E_{el,ref}$	[kWh/(m ² a)]	Standard Elektrizität gemäss Tab. 37
$f_{CH,el}$	[-]	Nationaler Gewichtungsfaktor für Elektrizität gemäss Tab. 35

Wenn das Gebäude mehrere Nutzungen aufweist, wird Gl. 54 für jede Nutzung berechnet und aus den Einzelwerten ein flächengemittelter Referenzwert gebildet (analog Gl. 1).

Tab. 37 Standardwerte Warmwasser und Elektrizität für die Berechnung des Referenzgebäudes. Die Elektrizitätswerte für Zweckbauten sind aus [18], alle anderen Werte aus SIA 380/1:2016 entnommen.

Nutzung	Q_{w,ref} [kWh/(m² a)]	E_{el,ref} [kWh/(m² a)]
MFH	21	28
EFH	14	22
Verwaltung	7	34
Schule	7	19
Verkauf	7	52
Restaurant	56	45
Hotel	21	31

CO₂-Emissionen

Es wird kein Referenzwert berechnet. Der Projektwert wird direkt anhand der Grenzwerte in die Klassen eingeteilt.

7.3 Kennwerte und Klassierung

Kennwerte Gebäudehülle

Der Kennwert für den Heizwärmebedarf $R_{H,ref}$ berechnet sich wie folgt:

$R_{H,ref} = \frac{Q_{H,eff}}{Q_{H,li}} \cdot 100$	[%]	Gl. 55
--	-----	--------

$Q_{H,eff}$	[kWh/(m ² a)]	Eff. Heizwärmebedarf gemäss SIA 380/1:2016 (Einzonenmodell)
$Q_{H,li}$	[kWh/(m ² a)]	Neubau-Grenzwert Heizwärmebedarf gemäss SIA 380/1:2016

Kennwerte Gesamteffizienz

Die Kennwert für die Gesamteffizienz $R_{P,ref}$ für die Gesamteffizienz berechnet sich wie folgt:

$R_{P,ref} = \frac{E_P}{E_{P,ref}} \cdot 100$	[%]	Gl. 56
---	-----	--------

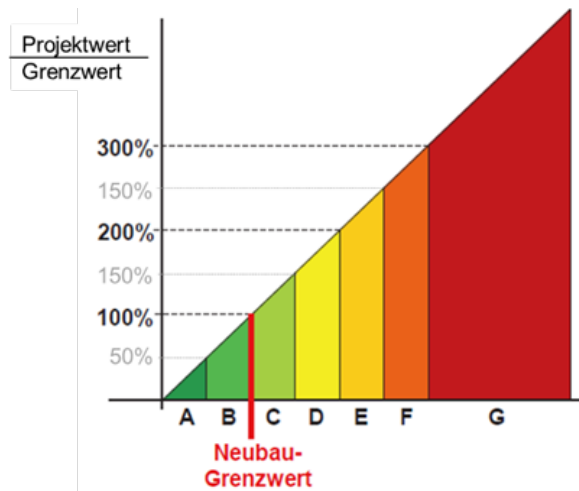
E_P	[kWh/(m ² a)]	Projektwert gemäss Gl. 52
$E_{P,ref}$	[kWh/(m ² a)]	Referenzwert gemäss Gl. 54

Klassierung Gebäudehülle und Gesamteffizienz

Das Gebäude wird auf Grund seiner Kennwerte für die Gebäudehülle $R_{H,ref}$ und Gebäudeeffizienz $R_{P,ref}$ in Klassen eingeteilt (Tab. 38). Die Klasseneinteilung bestimmt die Etikette.

Tab. 38 Klassen gemäss SIA 2031:2009 [2] bzw. SIA 2031:2016 ohne Plusenergie [12].

Klasse	R Minimum %	R Maximum %	Kommentare zu den Effizienzklassen
A	> 0	50	Gebäude mit sehr guter Effizienz
B	> 50	100	Gebäude, die besser als das Referenzgebäude sind
C	> 100	150	Gebäude, die mehr als das Referenzgebäude brauchen; eine Untersuchung wird empfohlen
D	> 150	200	
E	> 200	250	Gebäude, die weit über den Normen liegen und bei denen eine Untersuchung im Hinblick auf Verbesserungen ratsam ist
F	> 250	300	
G	> 300		



Klassierung CO₂ Emissionen

Die Klassierung der CO₂ Emissionen für Wärmeerzeuger mit fossilen Energieträgern erfolgt nach Tab. 39.

Der CO₂ Grenzwert für die CO₂ Klasseneinteilung wird, analog der Grenzwertberechnung des Heizwärmebedarfs gemäss SIA 380/1:2016, standortabhängig temperaturkorrigiert.

Temperaturkorrektur f_{cor}

$f_{cor} = 1 + [(9.4^{\circ}C - \theta_{e,avg}) \cdot 0.06 K^{-1}]$	[-]	Gl. 57
---	-----	--------

$\theta_{e,avg}$	[°C]	Jahresmitteltemperatur des Standortklimas
------------------	------	---

Tab. 39 Grenzwerte für die CO₂ Klassen gemäss GEAK.

Klasse	Minimum [kg CO ₂ /(m ² a)]	Maximum [kg CO ₂ /(m ² a)]
A	0	0
B	> 0	5
C	> 5	10
D	> 10	15
E	> 15	20
F	> 20	25
G	> 25	∞

8 Beurteilung

8.1 Gebäudehülle

Die Beurteilung der Gebäudehülle beruht auf den U-Werten der einzelnen Bauteile. Sie unterscheidet sich für bestehende und neue Gebäude (Tab. 40, Tab. 41). Die Beurteilung lehnt sich an die Grenz- und Zielwerte gemäss SIA 380/1:2009 an.

Folgende sieben Kategorien werden beurteilt. Hierfür werden die U-Werte flächengemittelt und anschliessend gemäss Tab. 40 bzw. Tab. 41 eingestuft.

- Wa: Wand gegen aussen und ≤ 2 m im Erdreich (Gl. 58)
- Wa g.u.: Wand gegen unbeheizt und > 2 m im Erdreich (analog Gl. 58)
- Da: Dach gegen aussen und ≤ 2 m im Erdreich (analog Gl. 58)
- Da g.u.: Decke gegen unbeheizt und > 2 m im Erdreich (analog Gl. 58)
- Bo: Boden gegen aussen und ≤ 2 m im Erdreich (analog Gl. 58)
- Bo g.u.: Boden gegen unbeheizt und > 2 m im Erdreich (analog Gl. 58)
- Fe: Fenster gegen aussen (analog Gl. 58)

Beispiel für die flächengemittelte Berechnung der U-Werte verschiedener Aussenwände für die Beurteilung gemäss Abb. 2:

$U_{Wa} = \frac{U_{We1} \cdot A_{We1} + U_{We2} \cdot A_{We2} + U_{WD \leq 2m} \cdot A_{WD \leq 2m}}{A_{We1} + A_{We2} + A_{WD \leq 2m}}$	[W/(m ² K)]	Gl. 58
---	------------------------	--------

U _{We1} , U _{We2}	[W/(m ² K)]	U-Werte von Aussenwandtyp 1 und 2
U _{WD≤2m}	[W/(m ² K)]	U-Wert von Aussenwand ≤ 2 m im Erdreich
A _{We1} , A _{We2} , A _{WD≤2m}	[m ²]	Flächen der Wände

Tab. 40 Beurteilung der Gebäudehülle für bestehende Gebäude

Beurteilung	Bauteil gegen Aussenklima oder weniger als 2 m im Erdreich				Bauteil gg. unbeheizte Räume, gg. beheizte Räume oder mehr als 2 m im Erdreich
	Dach (alle Typen) „Da“	Fenster, Türen „Fe“	Aussenwand, Wand g. Erdreich ≤ 2 m „Wa“	Boden gg. aussen, Bauteile gg. Erdreich, ≤ 2 m „Bo“	Decke, Boden Wand „g.Unb.“
Sehr gut	≤ 0.15	≤ 1.1	≤ 0.18	≤ 0.21	≤ 0.2
Gut	> 0.15 ≤ 0.25	> 1.1 ≤ 1.6	> 0.18 ≤ 0.25	> 0.21 ≤ 0.35	> 0.2 ≤ 0.35
Mittelmässig	> 0.25 ≤ 0.5	> 1.6 ≤ 2.1	> 0.25 ≤ 0.5	> 0.35 ≤ 0.5	> 0.35 ≤ 0.5
Schlecht	> 0.5	> 2.1	> 0.5	> 0.5	> 0.5

Tab. 41 Beurteilung der Gebäudehülle für neue Gebäude (Baujahre: «aktuelles Jahr» bis «aktuelles Jahr minus drei Jahre». Beispiel: Ein Gebäude welches 2016 gebaut wurde, würde in 2019 noch als neues Gebäude eingestuft werden)

Beurteilung	Bauteil gegen Aussenklima oder weniger als 2 m im Erdreich				Bauteil gg. unbeheizte Räume, gg. beheizte Räume oder mehr als 2 m im Erdreich
	Dach (alle Typen) „Da“	Fenster, Türen „Fe“	Aussenwand, Wand g. Erdreich < 2 m „Wa“	Boden gg. aussen, Bauteile gg. Erdreich, ≤ 2 m „Bo“	Decke, Boden Wand „g.Unb.“
Sehr gut*	≤ 0.09	≤ 1.00	≤ 0.11	≤ 0.11	≤ 0.15
Gut**	> 0.09 ≤ 0.20	> 1.00 ≤ 1.30	> 0.11 ≤ 0.20	> 0.11 ≤ 0.20	> 0.15 ≤ 0.25
Mittelmässig	> 0.20	> 1.30	> 0.20	> 0.20	> 0.25

*Werte entsprechen bis auf «Fenster/Türen» den Zielwerten gemäss SIA 380/1:2009

**Oberer Werte entsprechen bis auf «Boden/Wand gegen unbeheizt» dem Grenzwert gemäss SIA 380/1:2009

8.2 Gebäudetechnik

Heizung und Warmwasser

Für die Beurteilung der Gebäudetechnik wird das Verhältnis von gewichteter Endenergie (inkl. Hilfsenergie) zur Nutzwärme gebildet und gemäss Tab. 42 eingestuft (Abb. 2). Heizung und Warmwasser werden getrennt betrachtet (B_{HE} Gl. 59, B_{WW} Gl. 60).

Heizung:

$$B_{HE} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{WE}} (E_{HE,WEi} \cdot f_{CH,WEi}) + E_{HE,hilfs} \cdot f_{CH,el}}{Q_{H,eff} \cdot A_E} \quad [-] \quad \text{Gl. 59}$$

i	[-]	Laufindex für Anzahl der Wärmeerzeuger N _{WE} , i = 1 ... N _{WE}
f _{CH,WEi}	[-]	Nationaler Gewichtungsfaktor des Energieträgers des Wärmeerzeugers gemäss Tab. 35
f _{CH,el}	[-]	Nationaler Gewichtungsfaktor für Elektrizität gemäss Tab. 35
E _{HE,WEi}	[kWh/a]	Endenergiebedarf für den Wärmeerzeuger WE _i
E _{HE,hilfs}	[kWh/a]	Hilfsenergie (Elektrizität) Heizung
Q _{H,eff}	[kWh/(m ² a)]	Eff. Heizwärmebedarf (Achtung Einheit)
A _E	[m ²]	Energiebezugsfläche gesamt

Warmwasser:

$$B_{WW} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{WE}} (E_{WW,WEi} \cdot f_{CH,WEi}) + E_{WW,hilfs} \cdot f_{CH,el}}{Q_W \cdot A_E} \quad [-] \quad \text{Gl. 60}$$

i	[-]	Laufindex für Anzahl der Wärmeerzeuger N _{WE} , i = 1 ... N _{WE}
f _{CH,WEi}	[-]	Nationaler Gewichtungsfaktor des Energieträgers des Wärmeerzeugers gemäss Tab. 35
f _{CH,el}	[-]	Nationaler Gewichtungsfaktor für Elektrizität gemäss Tab. 35
E _{WW,WEi}	[kWh/a]	Endenergiebedarf für den Wärmeerzeuger WE _i
E _{WW,hilfs}	[kWh/a]	Hilfsenergie (Elektrizität) Warmwasser
Q _w	[kWh/(m ² a)]	Standard Nutzenergiebedarf Warmwasser gemäss Tab. 37 (Mischnutzung: flächengemittelter Wert), Achtung Einheit
A _E	[m ²]	Energiebezugsfläche gesamt

Elektrizität

Die Güte der Elektrizität wird zur Einordnung in Abb. 2 folgendermassen bestimmt:

1. Vom Elektrizitätsbedarf ($E_v + E_{el, std}$) wird der anrechenbare Photovoltaikertrag abgezogen
2. Bestimmung $E_{el, ref}$ (Tab. 37) für alle Nutzungen und ggf. Bildung eines flächenanteiligen Gesamtwertes
3. Bildung des Verhältnisses aus den Ergebnissen von Pkt 1 und 2 (Achtung Einheiten)
4. Beurteilung des Wertes aus Pkt 3 gemäss Tab. 42

Tab. 42 Beurteilungskriterien für Gebäudetechnik.

Beurteilung	Heizung	Warmwasser	Elektrizität
sehr gut	< 0.85	< 1.0	≤ 70 %
gut	≥ 0.85	≥ 1.0	≤ 100 %
mittelmässig	≥ 1.00	≥ 1.25	≤ 130 %
schlecht	≥ 1.20	≥ 1.5	> 130 %

9 Literaturverzeichnis

- [1] SIA 380/1, "Heizwärmebedarf." 2016.
- [2] Merkblatt SIA 2031, *Energieausweis für Gebäude*. 2009.
- [3] SIA 380, *Grundlagen für energetische Berechnungen von Gebäuden*. 2015.
- [4] SIA 384/3, *Heizungsanlagen in Gebäuden - Energiebedarf*. 2013.
- [5] SIA 385/2, *Anlagen für Trinkwarmwasser in Gebäuden – Warmwasserbedarf, Gesamtanforderungen und Auslegung*. 2015.
- [6] SIA 380/4, *Elektrische Energie im Hochbau*. 2006.
- [7] K. Wesselmann, "Anwenderhandbuch zum GEAK Online-Tool - GEAK User Manual 5.1, Korrex 5.1.2," GEAK Betriebszentrale, Muttenz, 2019.
- [8] D. Wolff *et al.*, "Einfluss der Verteilungsverluste bei der energetischen Modernisierung von Mehrfamilienhäusern. Analyse und Ableitung von Optimierungsmaßnahmen," Projekt im Auftrag des proKlima enerCity-Fonds; Hannover/Braunschweig/Wolfenbüttel, 2012.
- [9] Minergie Schweiz, "180201_Nachweisformular_Minergie_V2018.2.de." 2018.
- [10] Minergie Schweiz, "Anwendungshilfe zu den Gebäudestandards Minergie/Minergie-P/Minergie-A V2019.1." Minergie Schweiz, Basel, 2019, [Online]. Available: www.minergie.ch.
- [11] "PVopti - Stundenbasiertes Designtool für Eigenverbrauch und Autarkie," 2019. www.minergie.ch.
- [12] Merkblatt SIA 2031, *Energieausweis für Gebäude*. 2016.
- [13] J. Nipkow, "Der typische Haushalt-Stromverbrauch," Schweizerische Agentur für Energieeffizienz S.A.F.E, Zürich, 2013.
- [14] Merkblatt SIA 2024, "Raumnutzungsdaten für die Energie- und Gebäudetechnik." 2015.
- [15] SIA 387/4, "Elektrizität in Gebäuden - Beleuchtung: Berechnung und Anforderungen." 2017.
- [16] EnDK, "Nationale Gewichtungsfaktoren für die Beurteilung der Gebäude." www.endk.ch, 2017.
- [17] Bundesamt für Umwelt BAFU, "CO2-Emissionsfaktoren des Treibhausgasinventars der Schweiz,"

<https://www.bafu.admin.ch>, 2019.

- [18] S. Gasser, "Strommodell für Zweckbauten." elight GmbH für MINERGIE Schweiz, Basel, 2018.

10 Symbole, Einheiten und Begriffe

Symbol	Einheit	Begriffe
a	m	Innenradius der Leitung (Rohrinnenradius)
A_E	m^2	Energiebezugsfläche gesamt: $A_E = \sum A_{E,Nutz,n}$
$A_{E,Ber}$	m^2	Energiebezugsfläche des jeweiligen versorgten Bereichs
$A_{E,Nutz,n}$	m^2	Energiebezugsfläche der Nutzung n
$A_{Nutz,Bel}$	m^2	Fläche für Beleuchtung, für die gewählte Nutzung
$A_{Nutz,K+E}$	m^2	Fläche Kleingeräte und Elektronik, für die gewählte Nutzung
A_{avr}	m^2	Mittlere Oberfläche der Speicherdämmung
$A_{P,std,Nutz,n}$	m^2/P	Standardnutzungsdaten für Personenfläche gemäss SIA 380/1:2009 entsprechend der Nutzung n
$A_{WE1/2}, A_{WD \leq 2m}$	m^2	Aussenwandflächen
B_{HE}, B_{WW}	-	Verhältnis gewichteter Endenergie (inkl. Hilfsenergie) zu Nutzwärme von Heizung bzw. Warmwasser
c, c_{stu}	-, kW/K	Koeffizienten
d	m	Durchmesser
$d_{STOK,WD}$	m	Wärmedämmdicke des Speichers
$DG_{WEi,j}$	-	Deckungsgrad eines Wärmeerzeugers WE_i im versorgten Bereich j
Dim_{WEi}	-	Faktor der Überdimensionierung eines Wärmeerzeugers
E_{B+G}	kWh/a	Elektrizitätsbedarf für Betriebseinrichtungen und Geräte
$E_{Basisbedarf,Bel}$	kWh/(m^2 a)	Elektrizitätsbasisbedarf Beleuchtung in Abhängigkeit der Nutzung
$E_{Basisbedarf,K+E}$	kWh/(m^2 a)	Elektrizitätsbasisbedarf Kleingeräte+Elektronik in Abhängigkeit der Nutzung
E_{Bel}	kWh/a	Elektrizitätsbedarf für Beleuchtung
$E_{C,Nutz}$	kWh/a	Elektrizitätsbedarf Kälteförderung
E_{CO2}	kWh/a	CO ₂ Emissionen
$E_{el,std}, E_{el,std,Nutz}$	kWh/a	Gesamtsumme Elektrizitätsbedarf, Elektrizitätsbedarf pro Nutzung
$E_{el,ref}$	MJ/a	Elektrizitätsbedarf Standardwerte

E_{G+I}	kWh/a	Elektrizitätsbedarf für Geräte und Installationen
$E_{GasKB}, E_{GasK}, E_{GasB},$	kWh/a	Energiebedarf Erdgas für Kochen und Backen
$E_{HE,WEi}, E_{HE,WEi,hilfs}, E_{HE,hilfs}$	kWh/a	Endenergie und Hilfsenergie Heizung für einen Wärmeerzeuger WE_i , Hilfsenergie gesamt
$E_{hu,Nutz}$	kWh/a	Elektrizitätsbedarf Klima und Befeuchtung
E_{K+E}	kWh/a	Elektrizitätsbedarf für Kleingeräte und Elektronik
$E_P, E_{P,ref}$	kWh/a	Projektwert und Referenzwert Gebäudeeffizienz
$E_{PV}, E_{PV,anr}$	kWh/a	Photovoltaikertrag, anrechenbarer Photovoltaikertrag
$E_{Qualität,G+I}$	kWh/a	Elektrizitätsbedarf in Abhängigkeit von der Qualität für Geräte und Installationen
$E_{spez,Nutz}$	kWh/(m ² a)	Spezifischer Elektrizitätsbedarf der Nutzung
$E_V, E_{V,eff,Nutz}, E_{V,std,Nutz}, E_{V,Nutz}$	kWh/a	Elektrizitätsbedarf Lüftung: Summe, sonstige Lüftungsanlagen, Kleinanlagen mit Standardwerten, Lüftung + Vereisungsschutz
EVR	-	Eigenverbrauchsrate
$E_{WW,WEi}, E_{WW,WEi,hilfs}, E_{WW,hilfs}$	kWh/a	Endenergie und Hilfsenergie Warmwasser für einen Wärmeerzeuger WE_i , Hilfsenergie gesamt
$E_{W,az,j}$	kWh/a	Elektrizitätsbedarf Zirkulation
$E_{W,ah}$	kWh/a	Elektrizitätsbedarf Heizband
$E_{W,a,j}$	kWh/a	Elektrizitätsbedarf für Pumpen im versorgten Bereich j
$E_{WKK}, E_{WKK,anr}$	kWh/a	Elektrizitätsertrag aus WKK/BHKW, anrechenbarer elektr. Ertrag aus WKK/BHKW
E_{WVA}	kWh/a	Elektrizitätsbedarf für Weitere Verbraucher
f_b	-	Belegungsfaktor
$f_{CH}, f_{CH,WE}, f_{CH,el}, f_{CH,Öl}, f_{CH,Erdgas}$	-	Nationaler Gewichtungsfaktor: entsprechend des Energieträgers des Wärmeerzeugers, Elektrizität, Öl, Erdgas
f_{cor}	-	Temperaturkorrektur
f_{CO2}	kg/kWh	CO ₂ Faktoren
$f_{H,STOK,wb}$	-	Faktor für die Ausführungsqualität der Anschlüsse des Speichers.
$f_{H,WEi,STOK}$	-	Faktor für die Zuordnung des Heizungsspeichers k zum Wärmeerzeuger WE_i .
$f_{H,WEi,STOK,ls}$	-	Faktor für den Anteil der Verluste des Heizungsspeichers k für den Wärmeerzeuger WE_i .
f_{HB}	-	Faktor Heizband
F_{korr}	m/h	Einheitenkorrekturfaktor
f_{Netz}	-	Anrechenbarer Anteil der Netzeinspeisung

$f_{\text{Qualität,Bel}}$, $f_{\text{Qualität,B+G}}$	-	Faktor zur Skalierung des Basisbedarfs auf die gewählte Qualität: Beleuchtung, Betriebseinrichtungen+Geräte
$f_{\text{STOK,HD}}$	-	Faktor für das Verhältnis der Speicherhöhe zum Speicherdurchmesser
$f_{\text{W,STOK,wb}}$	d/a	Faktor für die Ausführungsqualität der Anschlüsse des Speichers.
$f_{\text{WE,a}}$	-	Faktor Hilfsenergie Wärmeerzeuger
$f_{\text{WE,ae}}$	-	Faktor für Hilfsaggregate
$f_{\text{WE,af}}$	-	Faktor für Feuerung
$f_{\text{WE,ak}}$	-	Faktor für Wärmeerzeuger nur für Heizung oder nur für Warmwasser
$f_{\text{WE,au}}$	-	Faktor für Umwälzpumpe
$f_{\text{WW,dis,hor,ls,j}}$	-	Faktor für die Lage der horizontalen Verteilungen WW im Bereich j
$f_{\text{WW,mit}}$, $f_{\text{WW,ohne}}$	-	Anteil der Waschmaschinen mit/ohne Warmwasseranschluss an der Gesamtsumme der Waschmaschinen
$f_{\text{WW,rück,ls,WEi}}$	-	Faktor für die Aufteilung der rückgewinnbaren Verluste auf den Wärmeerzeuger i
$f_{\text{WW,WEi,STOK}}$	-	Faktor für die Zuordnung des Warmwasserspeichers k zum Wärmeerzeuger WE _i
$f_{\text{WW,WEi,STOK,ls}}$	-	Faktor für den Anteil der Verluste des WW-Speichers k für den Wärmeerzeuger WE _i
h	W/(m ² K)	Wärmeübertragungskoeffizient
i	-	Laufindex für Wärmeerzeuger, $i = 1 \dots N_{\text{Ber}}$
j	-	Laufindex für versorgte Bereiche, $j = 1 \dots N_{\text{We}}$
k	-	Laufindex für Raumnutzungen, $k = 1 \dots N_{\text{RNutz}}$ Laufindex für Speicher, $k = 1 \dots N_{\text{STO}}$
K	1/m	Parameter für Ventilatorantrieb
L	m	Länge der horizontalen und vertikalen des Verteilnetzes
L_{circ}	m/m ²	Durchschnittliche Länge der Wärmeverteilungen bezogen auf die Energiebezugsfläche
n	-	Laufindex für Nutzungen, $n = 1 \dots N_{\text{Nutz}}$
n_{cp}	-	Anzahl wasserführender Stützen
N_{Ber}	-	Anzahl versorgte Bereiche
$N_{\text{Geräte}}$, $N_{\text{GeräteK/B}}$	-	Anzahl Geräte, Anzahl Herde (Kochen) bzw. Backöfen
N_{Nutz}	-	Anzahl Nutzungen (Zonen im Gebäude)
N_{RaumPers}	-	Anzahl Räume mit Zuluft (Wohnen) oder Anzahl Personen (Verwaltung/Schule)

N_{RNutz}	-	Anzahl Raumnutzungen
N_{Typ}	-	Anzahl Gerätetypen
N_{We}	-	Anzahl Wärmeerzeuger
N_{Whg}	-	Anzahl Wohnungen im Gebäude
N_{Zimmer}	-	mittlere Zimmeranzahl der Wohnungen
P_{el}	kW	Leistung des Gerätes
$Q_{th, std, Nutz}, Q_{th, std, eff, Nutz}, Q_{th, eff, Nutz}$	$m^3/(h \cdot m^2)$	Flächenbezogener thermisch wirksamer Aus- senluftvolumenstrom in Abhängigkeit von der Nutzung: standard, für Kleinanlagen mit Stan- dardwerten, für sonstige Lüftungsanlagen
$Q_{H, eff}, Q_{H, li}$	kWh/(m ² a) MJ/(m ² a)	Heizwärmebedarf: effektiv, Neubau-Grenzwert
$Q_{Heizband}$	kWh/a	rückgewinnbaren Verlusten vom Heizband
$Q_{I, P}$	kWh/(m ² a)	Wärmeeinträge durch Personen gemäss SIA 380/1
$Q_{P, std, Nutz, n}$	W/P	Standardnutzungsdaten für Wärmeabgabe durch Personen gemäss SIA 380/1:2009 ent- sprechend der Nutzung n
$Q_{WW, WEi, sto, ls}$	kWh/a	Speicherverluste eines Wärmeerzeugers WE_i für Warmwasser
Q_W	kWh/(m ² a) MJ/(m ² a)	Nutzenergiebedarf Warmwasser
$Q_{W_Spül}, Q_{ww_Spül}$	kWh/(m ² a)	Zusätzlicher Wärmebedarf/Nutzwärmebedarf für Warmwasser durch eine Spülmaschine
$Q_{W_Wasch}, Q_{ww_Wasch}$	kWh/(m ² a)	Zusätzlicher Wärmebedarf/Nutzwärmebedarf für Warmwasser durch eine Waschmaschine
$Q_{x, y, dis, ls, z, j}$	kWh/(m ² a)	Verluste Wärmeverteilung im versorgten Bereich j für:
$Q_{HE, WEi, dis, ls, hor, j}$		Heizung, Leitungen horizontal, (wirksam)
$Q_{WW, dis, ls, h, j}$		Warmwasser, Leitungen horizontal,
$Q_{WW, dis, ls, v, j}$		Warmwasser, Leitungen vertikal,
$Q_{WW, dis, ls, hor, j}$		Warmwasser, Leitungen horizontal (wirksam)
$Q_{WW, dis, ls, ver, j}$		Warmwasser, Leitungen vertikal (wirksam)
$Q_{WW, dis, ls, j}$		Summe wirksamer Leitungsverluste Warmwas- ser
$Q_{WW, rück, ls}$	kWh/a	rückgewinnbaren Verluste Warmwasser
$Q_{HE, STOK, ls}, Q_{WW, STOK, ls}$	kWh/a	Speicherverlust: Heizung, Warmwasser
$Q_{80\%WW, WEi, rück, ls}$	kWh/a	rückgewinnbaren Verluste Warmwasser auf den Wärmeerzeuger WE_i
r_{ws}	m	Rohrwandstärke
$R_{H, ref}, R_{P, ref}$	-	Kennwert Heizwärmebedarf, Kennwert Gesamt- effizienz
s_D	m	Dämmstärke

$S_{\text{Nutz},n}$	°C	Parameter der Standardnutzung n
t_c	d	Länge Berechnungsschritt in Tagen
$t_{\text{be,dis}}, t_{\text{be,Zirk}}, t_{\text{be,WVA}}, t_{\text{be,V}}$	h	Betriebsdauer Wärmeverteilung, Zirkulation, Geräte, sonstige Lüftungsanlagen
$t_{\text{P,std,Nutz},n}$	h/d	Standardnutzungsdaten für Präsenzzeit pro Tag gemäss SIA 380/1:2009 entsprechend der Nutzung n
$U_{\text{WE}1/2}, U_{\text{WD}\leq 2\text{m}}, U_{\text{H,STOK}}$	W/(m ² K)	U-Werte von Aussenwänden, Speicherhülle
$V_{\text{H,STOK}}$	l	Speichervolumen
$V'_{\text{Luft,Nutz}}$	m ³ /h	Luftvolumenstrom der Nutzung
$V'_{\text{Nenn,Nutz}}$	m ³ /h	Nennvolumenstrom der Nutzung
$V'_{\text{Nenn,Nutz,eff}}$	m ³ /h	effektiver Nennvolumenstrom der Nutzung
$V'_{\text{min,Nutz}}$	m ³ /h	Mindestvolumenstrom der Nutzung
v_o	m ³ /(h m ²)	flächenbezogener Infiltrationsvolumenstrom
W_{pipe}	m K/W	Verlustwiderstand von Rohrleitungen
x,y,z	-	Platzhalter für Heizung/Warmwasser, Wärmeerzeuger und Ausrichtung der Verteilleitung
$\Delta\theta$	K	Temperaturdifferenz
η_g	-	Ausnutzungsgrad
$\eta_{\text{HE,WE}i}, \eta_{\text{WW,WE}i}$	-	Nutzungsgrade/Jahresarbeitszahlen von Wärmeerzeugern WE _i für Heizung/Warmwasser
η_{WT}	-	Wärmerückgewinnung des Wärmetauschers
λ	W/(m·K)	Wärmeleitfähigkeit
$\theta_{\text{e,avg}}$	°C	Jahresmitteltemperatur
θ_{HK}	°C	mittlere Heizkreistemperatur
θ_{U}	°C	Umgebungslufttemperatur
θ_{W}	°C	Warmwassertemperatur
$\theta_{\text{W,STOK}}$	°C	Speichertemperatur