

**DÄMMWERK**  
Bauphysik-Software

## **Haustechnik**

- ▶ Diagrammverfahren
- ▶ Tabellenverfahren
- ▶ Detailliertes Verfahren



## DÄMMWERK 2007 Seminarbeispiele Haustechnik

Die im Folgenden gezeigten Übungen verwenden das Beispielgebäude zur Energieberatung, EFH mit Erker und Gaube, AN = 132 m<sup>2</sup>

Laden Sie das Beispielgebäude zur Energieberatung / modernisierte Variante, schalten Sie auf die Seite Haustechnik, wählen Sie im Auswahlmü 199 zu „Diagrammverfahren, 4701-10, Anhang C.5, Anlage Nr.1“.

### Diagrammverfahren

#### Ermittlung der Anlagen-Aufwandszahl $e_p$

Diagrammverfahren, nach DIN V 4701-10, Anhang C.5.1, Anlage 1  
mit Primär- / Endenergie versorgter Bereich  $A_N = 132 \text{ m}^2$

Heizwärmebedarf  $q_h = 75,9 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ , Trinkwasserwärmebedarf  $q_{tw} = 12,5 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

Niedertemperaturkessel mit gebäudezentraler Trinkwassererwärmung, Radiatoren mit Thermostatventil 1K, max. Vor-/Rücklauftemperatur 70/55°C, Kessel und horizontale Verteilung außen, vertikale Stränge innenliegend, geregelte Pumpe, indirekt beheizter WW-Speicher und horizontale Verteilung außen, Zirkulation

---

Anlagen-Aufwandszahl  $e_p = 1,77$

Gesamt-Endenergie ohne Hilfsenergie, lokal  $q_{WE,E} = 136,2 \text{ kWh/m}^2\text{a}$  (18.013 kWh/a)

Hilfsenergie, lokal  $q_{HE,E} = 3,7 \text{ kWh/m}^2\text{a}$  (496 kWh/a)

Primärenergie  $Q_P = e_p * (q_h + q_{tw}) = 156,5 \text{ kWh/m}^2\text{a}$  (20.709 kWh/a)

### Hinweise

- Die Anlagen-Aufwandszahl  $e_p$  beschreibt den Multiplikator, der den Nutzwärmebedarf (Heizwärmebedarf + Warmwasserbedarf) in einen Primärenergiebedarf umrechnet, Primärenergie  $Q_P = e_p * (q_h + q_{tw})$
- Die  $e_p$ -Zahl beinhaltet die Anlagenverluste (z.B. Brenner-, Speicher- oder Leitungsverluste) sowie die primärenergetische Bewertung des eingesetzten Energieträgers (Verluste an nicht nachwachsenden Rohstoffen, vor gelagerte Herstellungsprozesse usw.). Sie kann auf unterschiedliche Art und Weise berechnet werden:
  - mit dem Diagrammverfahren
  - mit dem Tabellenverfahren
  - mit dem detaillierten Verfahren
- Je genauer (aufwendiger) die  $e_p$ -Zahl berechnet wird, desto günstiger (kleiner) sollte sie sein.
- In der Anwendung einfach zu handhaben und ergebnissicher ist das **Diagrammverfahren**. Aus einer Liste mit häufig verwendeten, textlich beschriebenen Anlageneinheiten wird die am ehesten zutreffende Anlage ausgewählt. Die einfache Auswahl genügt für eine textliche Beschreibung, sowie für die Anlagenkennwerte  $e_p$  primärenergiebezogen,  $q_{WE,E}$  (Aufwandszahl für den Endenergiebedarf ohne primärenergetische Bewertung) und den Hilfsenergiebedarf  $q_{HE,E}$ . Die Werte werden anhand der AN-Fläche des Gebäudes und dem berechneten Wert  $q_h$  (Heizwärmebedarf, quadratmeterbezogen) interpoliert.
- Das Diagrammverfahren kann nur im Neubau einge-

setzt werden und dort nur im Bereich  $100 \leq AN \leq 10.000 \text{ m}^2$  und  $40 \leq q_h \leq 90 \text{ kWh/m}^2\text{a}$  (=Definitionsbereich).

- Zahlenmaterial für das Diagrammverfahren liefert DIN V 4701-10, Anhang C.5 (5 Anlagen) und DIN V 4701-10, Bbl.1 (ca. 70 Anlagen). Gleichlautende Vorschläge liegen darüber hinaus vom BDH (Bund deutscher Heizungsbauer) und von der Firma Junkers vor.
- Das Diagrammverfahren wird (zu unrecht) selten eingesetzt, vermutlich wegen zu schlechter Werte.

**Tabellenverfahren**

Öffnen Sie das Auswahlménü 199 zu „Diagrammanlage“ und wählen Sie die Anlagenkombination „NT-Kessel außen“. Ändern Sie die Anlagenteile im Abschnitt „Heizung“ über die örtlichen Menüs wie unten gezeigt. Zum Vergleich mit der zuvor beschriebenen Diagrammanlage wird für den „Erzeuger I“ die Anlagenkomponente 270 (NT-Kessel 70/55°C), für die Verteilung die Komponente 215 (Verteilung außen 70/55°C, geregelte Pumpe) und für die Übergabe die Nr. 244 (freie Heizflächen, Thermostatventil 1K) eingestellt.

*Trinkwasserbereitung*

mit Trinkwarmwasser versorgter Bereich  $A_N = 132 \text{ m}^2$   
 Trinkwasserwärmebedarf  $q_{TW} = 12,5 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

Anlagenteil	Aufwandszahl [-]	Verlust [kWh/m <sup>2</sup> a]	Gutschrift [kWh/m <sup>2</sup> a]	Hilfsenergie [kWh/m <sup>2</sup> a]	$\alpha$ [%]	$f_p$	Anm.
Erzeuger I	1,20			0,3	100	1,1	51
Speicher		5,4		0,1			36
Verteilung		5,9	1,0				23
Erzeuger II							
		11,3	1,0	0,4	100		

51) NT-Kessel, Aufwandszahl  $e_{TW,g}$  und Hilfsenergiebedarf  $q_{TW,g,HE}$  nach DIN V 4701-10, Tab. C.1-4b [Heizöl]  
 36) Indirekt beheizter Speicher außen, Wärmeverlust  $q_{TW,s}$  und Hilfsenergiebedarf  $q_{TW,s,HE}$  nach DIN V 4701-10, Tab. C.1-3a  
 23) Gebäudezentrale TW-Verteilung ohne Zirkulation, Verteilleitungen außen, Wärmeverlust  $q_{TW,d}$ , Wärmegutschrift  $q_{h,TW,d}$  und Hilfsenergiebedarf  $q_{TW,d,HE}$  nach DIN V 4701-10, Tab. C.1-2a / C.1-2b

- Das Tabellenverfahren fordert / ermöglicht eine differenzierte Auswahl der einzelnen Anlagenkomponenten für die Warmwasserbereitung und die Heizung (in mechanisch belüfteten Gebäuden auch der Lüftungsanlage).
- Die berechnete Aufwandszahl liegt um knapp 5% unter dem Ergebnis aus dem Diagrammverfahren.
- Das Tabellenverfahren kennt keine  $q_h$ -Grenzen, die AN-Grenzen (100 bis 10.000 m<sup>2</sup>) entsprechen aber denen des Diagrammverfahrens.
- Die verwendeten Anlagenteile werden in Fußnoten beschrieben. Die Berechnungssystematik zur Ermittlung des End-, Hilfs- und Primärenergiebedarfs ist nachvollziehbar, inhaltlich analog zu den Tabellen „Anlagenbewertung“ aus DIN V 4701-10 aufbereitet. Die Originaltabellen „Anlagenbewertung“ können über die gleichbenannte Berechnungsoption generiert werden.
- Die nötigen Einstellungen setzen ein wenig Geschick und Sachkenntnis bei der Kombination der Anlagenteile voraus.
- Die Heizkreistemperatur spielt für die Warmwasserbereitung keine Rolle, Warmwasser wird immer auf ca. 60°C erhitzt. Zentrale Warmwasserversorgungen besitzen einen indirekt (über Wärmetauscher) beheizten

*Primär- und Endenergiebedarf für Trinkwasserbereitung*

Gl. 4.2-3, Aufwandszahl * Primärenergiefaktor $\Sigma(e_{TW,g,i} * \alpha_{TW,g,i} * f_{P,i})$	1,32
Gl. 4.2-3, Primärenergiebedarf $q_{TW,P} = (12,5 + 11,3) * 1,32$	31,3 kWh/m <sup>2</sup> a
Gl. 4.2-4, Heizwärmegutschrift $q_{h,TW} = 1,0$	1,0 kWh/m <sup>2</sup> a
Gl. 4.2-5, Hilfsenergiebedarf $q_{TW,HE} = 0,3 + 0,1$	0,4 kWh/m <sup>2</sup> a
Gl. 4.2-5, Hilfsenergiebedarf $q_{TW,HE,P} = 0,4 * 3$	1,1 kWh/m <sup>2</sup> a
Endenergiebedarf $Q_{TW,E} = (12,5 + 11,3) * (1,20 + 0,00) * 132$	3.763 kWh/a
Hilfsenergiebedarf $Q_{TW,HE,E} = 0,4 * 132$	47 kWh/a

*Heizung*

beheizter Bereich  $A_N = 132 \text{ m}^2$   
 Heizwärmebedarf  $q_h = 75,9 \text{ kWh/m}^2\text{a}$   
 verbleibender Bedarf  $q_{h,0} = 75,9 - 1,0 = 74,9 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

Anlagenteil	Aufwandszahl [-]	Verlust [kWh/m <sup>2</sup> a]	Hilfsenergie [kWh/m <sup>2</sup> a]	$\alpha$ [%]	$f_P$	Anm.
Erzeuger I	1,14		0,7	100	1,1	270
Erzeuger II						
Speicher						
Verteilung		8,6	1,5			215
Übergabe		1,1				244
		9,7	2,2	100		

270) NT-Kessel außerhalb, 70/55 °C, Aufwandszahl  $e_g$  und Hilfsenergiebedarf  $q_{g,HE}$  nach DIN V 4701-10, Tab. C.3-4b [Heizöl]  
 215) horizontale Verteilung außen, Steiger innenliegend, Systemtemperaturen 70/55 °C, geregelte Pumpe, Wärmeverluste der Verteilungen  $q_d$  und Hilfsenergiebedarf  $q_{d,HE}$  nach DIN V 4701-10, Tab. C.3-2  
 244) freie Heizflächen im Außenwandbereich, Thermostatventile mit Auslegungs-Proportionalbereich 1 Kelvin, Wärmeverlust  $q_{ce}$  nach DIN V 4701-10 Tab. C.3-1

*Wählen Sie alternativ im Auswahlmenü 199 (zu „Tabellenverfahren“) den Menüpunkt „Anlagenkonfiguration grafisch“, markieren Sie in der angezeigten, grafischen Übersicht als Energieträger „Heizöl“, „Warmwasser zentral“, „Freie Lüftung“ und „NT-Kessel“. Die Auswahl kann durch Mausklick auf die Teilgrafiken oder in den Drop-down-Menüs erfolgen. Wählen Sie anschließend „neu einstellen“ und verneinen Sie die Rückfrage „Heizkessel im beheizten Bereich“. Auch bei diesem Vorgehen müssen die Anlagenteile für die Heizung mit den o.g. Nummern*

Speicher, so dass nicht bei jeder Wasserentnahme der Kessel nachgeheizt werden muss. Relativ energieaufwändig sind Warmwasserverteilungen mit Zirkulation (wegen der hohen Leitungsverluste). In größeren Gebäuden muss jedoch eine Zirkulation vorgesehen werden, da andernfalls der Wasserverbrauch zu groß würde. Gutschriften aus der Warmwasserverteilung (wenn die Warmwasserrohre durch den beheizten Bereich verlaufen) werden der Heizung gutgeschrieben.

- Der Heizkessel und der Heizkreis sollten mit möglichst niedrigen Temperaturen betrieben werden, weil dadurch die Kessel- und Leitungsverluste reduziert werden können. Niedrige Heizkreistemperaturen erfordern aber größere Konvektoren zur Wärmeübergabe. Niedrigtemperatur- und Brennwertkessel (NT / BW) werden im Zusammenspiel mit freien Heizflächen (Konvektionsheizkörper) mit 70 / 55°C oder 55 / 45°C betrieben. Bei Flächenheizungen (Fußbodenheizung) kann die Vor-/Rücklauftemperatur auf 35 / 28°C reduziert werden. Elektronisch geregelte Pumpen reduzieren den Strombedarf der Pumpe. Thermostatventil-Köpfe mit Auslegungs-Proportionalbereich 1 Kelvin sorgen für eine genauere Regulierung der Raumtemperatur. Voraussetzung für ihren Einsatz sind aber der hydraulische Abgleich des Verteilungsnetzes und die richtige Abstimmung zwischen Ventilen und Ventilköpfen. Ein weiterer Nachteil sind die höheren Druckverluste im Verteilungsnetz (Strombedarf der Pumpe).
- Ein hydraulische Abgleich des Heizwärmeverteilungsnetzes wird unter anderem von der KfW und der Bafa gefordert. Hydraulischer Abgleich bedeutet, dass per Durchflussregler der Volumenstrom an jedem Heizkörper auf dessen Bemessungsleistung eingestellt wird. Die Heizkörper müssen dazu mit einer Heizlastberechnung (sh. DÄMMWERK Berechnungsoptionen „Heizlastberechnung“) raumweise bemessen werden.
- Heizwärme-Pufferspeicher sind in konventionellen An-

modifiziert werden.

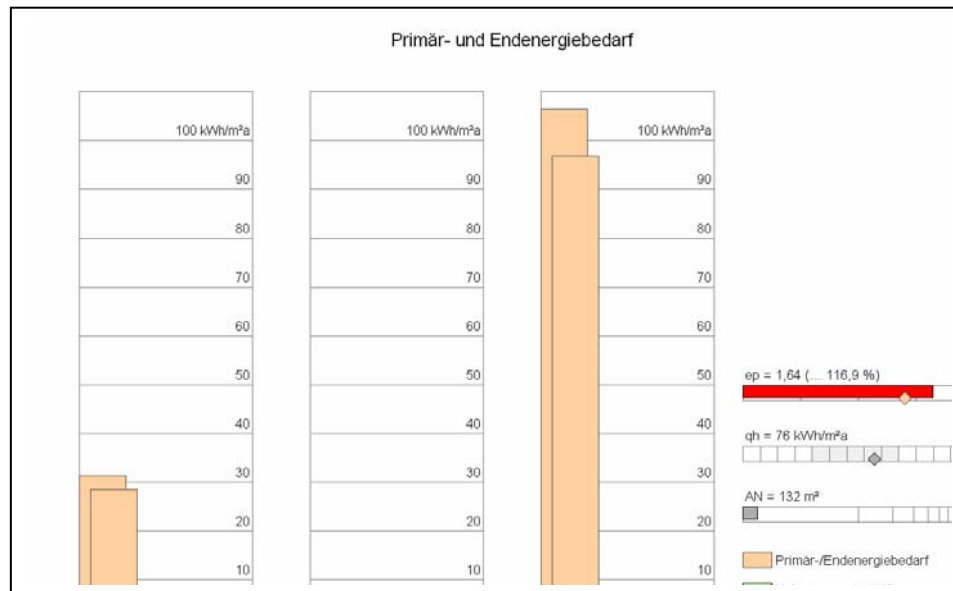
Wählen Sie die Berechnungsoption „Anlagenbewertung (Formulare)“, geben Sie die Berechnungsformulare nach DIN V 4701-10 in Ihrer Textverarbeitung aus.

lagen normalerweise nicht vorgesehen (Pufferwirkung durch den Wasserinhalt des Verteilungsnetzes). Holzheizungen mit intermittierendem Heizbetrieb und Wärmepumpen, die außerhalb der Hauptlastzeiten des Stromnetzes betrieben werden, benötigen jedoch einen Pufferspeicher.

- Die (von uns) vorbereiteten „Anlagenkombinationen“ sollen Eingabezeit sparen und Regeleinstellungen erleichtern. Praktisch wird bei diesem Vorgehen lediglich eine Liste mit Anlagennummern eingelesen. Die Liste ist in der Hintergrunddatei „Auswahl199.dat“ gespeichert, kann dort eingesehen, geändert oder auch ergänzt werden.

### Ht-Grafik

Öffnen Sie die Ht-Grafik durch Klick auf die Grafikfläche. Die Grafik kann im Optionsmenü zu- und abgeschaltet werden. Betrachten Sie die Balkendarstellungen sowie die rechts angezeigten Grenzwertanalysen.



- Die Grafik zum Haustechnik-Berechnungsblatt („Ht-Grafik“) stellt die drei bilanzierten Anlagenbereiche Warmwasserbereitung, Lüftung und Heizung gegenüber.
- Die Ordinaten der Mengenbalken sind einheitlich in kWh/m²a angegeben. Jede Teilgrafik kann bis zu 5 Mengenbalken enthalten: Den Primär- und Endenergiebedarf der Wärmeerzeugung, die Heizwärmegutschrift (nur Endenergie) sowie den Primär- und Endenergiebedarf für Hilfsenergie (Strom). Die Addition der Balken (Wärmegutschriften mit negativem Vorzeichen) ergibt den Primär- bzw. Endenergiebedarf des Gebäudes.
- Rechts von den Mengenbalken sind die relevanten Eingangsgrößen AN auf einer logarithmischen Achse (100 bis 10.000 m²), der Heizwärmebedarf  $qh$  in kWh/m²a sowie die berechnete Anlagen-Aufwandszahl  $ep$  dargestellt. Der  $ep$ -Balken ist rot, wenn der benötigte Grenzwert (dargestellt durch eine farblich abgesetzte Raute) nicht erreicht wird.

## Warmwasser

Öffnen Sie das Auswahlménü 147 über den Schriftzug „Erzeuger I“ im Abschnitt Trinkwasserbereitung. Wählen Sie verschiedene, mögliche Erzeuger für die Warmwasserbereitung aus. Beobachten Sie dabei die Aufwandszahl und den Primärenergiefaktor des Erzeugers. Testen Sie die Einstelloptionen im Bereich „Speicher“ (Auswahlménü 148) und „Verteilung“ (Auswahlménü 149).

Öffnen Sie den Dialog zu „versorgter Bereich“, wählen Sie „Trinkwarmwasser“, bestätigen Sie die versorgte Fläche, geben Sie anschließend für das „Bemessungs-AN 250m<sup>2</sup>“ ein. Beobachten Sie die Veränderungen der Anlagenparameter.

Anlagenteil	Aufwandszahl	Verlust	Gutschrift	Hilfsenergie	$\alpha$	fp	Anm.
	[-]	[kWh/m <sup>2</sup> a]	[kWh/m <sup>2</sup> a]	[kWh/m <sup>2</sup> a]	[%]		
147. TW-Erzeuger							
Erzeuger I							
Speicher							
Verteilung							
Erzeuger II							
51) NT-Kessel, Aufwandszahl							
36) Indirekt beheizter Speicher							
Tab. C.1-3a							
23) Gebäudezentrale TW-Verteilung							
Wärmegutschrift $q_{h,TW,d}$ und H							

- Die Möglichkeiten der Warmwassererwärmung sind vielzählig, die Anlagenteile müssen jeweils zueinander passen. Einige ausgewählte Hinweise zum Themenblock:
- Am häufigsten wird Warmwasser über den Heizkessel erwärmt und in einer angemessenen Menge (80 bis 300 Liter, je nach Gebäudegröße) in einem Warmwasserspeicher vorgehalten. In diesem Fall müssen für Heizung und Warmwasserbereitung die selben Erzeuger ausgewählt und mit einem indirekt beheizten Speicher ergänzt werden. Heizwärmerezeuger können Konstattemperatur-, NT- oder BW-Kessel sein, siehe Heizwärmerezeuger.
- Der Warmwasserspeicher kann bei Einsatz eines Kombikessels eingespart werden. Der Kombikessel, der bei Warmwasseranforderung kurzfristig mit voller Leistung nur der Warmwassererwärmung dient, muss allerdings eine entsprechende Leistung (> 22KW) aufweisen, damit genügend Warmwasser in kurzer Zeit bereitgestellt werden kann.
- Auf einen indirekt beheizten Speicher kann ebenfalls verzichtet werden, wenn das Warmwasser dezentral, also direkt an der Zapfstelle über einen elektrischen Durchlauferhitzer oder einen Elektro-Kleinspeicher erwärmt wird. In diesem Fall spart man auch die Warmwasserverteilung. Elektrische Wassererwärmer müssen allerdings mit dem Primärenergiefaktor 3 (EnEV 2007 2,7) für elektrischen Strom berechnet werden, Kleinspeicher weisen außerdem große Speicherverluste auf.
- Wärmepumpen arbeiten ebenfalls mit elektrischem Strom, allerdings mit Aufwandszahlen im Bereich zwischen 0.22 und 0.35, d.h. das Produkt aus Aufwandszahl und Primärenergiefaktor (z.B.  $0.30 \cdot 3 = 0.90$ ) ist im Vergleich zu konventionellen Anlagen (NT-Kessel z.B.  $1.2 \cdot 1.1 = 1.32$ ) günstiger. Wärmepumpen, die nur der Warmwasserbereitung dienen, sind in den meisten

Fällen einfache Luft-Wasser-Wärmepumpen (die Energie wird von Luft auf Wasser übertragen). Die benötigte Wärme wird der Außenluft, der Abluft (aus der Abluftanlage, siehe Lüftungsanlagen) oder der Kellerluft entzogen. Alternativ kann eine vorhandene Heizungswärmepumpe zur Trinkwasserbereitung verwendet werden. Heizungswärmepumpen entnehmen die Wärme in der Regel speicherfähigeren Medien, wie dem Grundwasser oder dem Erdreich. In beiden Fällen muss ein indirekt beheizter Speicher und ein Verteilnetz vorgesehen werden. Elektro-Wärmepumpen werden häufig außerhalb der Spitzenlastzeiten des Stromnetzes (nachts) betrieben (günstigere Strompreise).

- Holzfeuerungen sind für die Trinkwasserbereitung nur bedingt, nämlich in der Heizperiode, geeignet. Der Betrieb einer Holzfeuerung außerhalb der Heizperiode nur zur Warmwasserbereitung ist wegen der großen Aufwandszahlen und Anlagenverluste nicht wirtschaftlich. Es ist aber besonders sinnvoll, Holzfeuerungen (Pellets, Stückholz) mit einer Solaranlage zu kombinieren, die die Warmwasserbereitung im Sommer übernimmt.
- Fernwärme ist in städtischen Bereichen und Wohnsiedlungen eine Alternative zu hauseigenen Wärmeerzeugern. Sie kann vom städtischen Heiz(kraft)werk oder einem siedlungseigenen Wärmeerzeuger (Blockheizkraftwerk) geliefert werden. Besonders wirtschaftliche / umweltfreundliche Erzeugungstechniken sind positiv zu bewerten, zusätzliche Wärmeverluste durch die Fernwärmeleitungen negativ. Bei der Bilanzierung wird die Verwendung von regenerativen Energieträgern und besonderen Techniken (Wärme-Kraft-Kopplung = Stromerzeugung durch einen Generator bei gleichzeitiger Nutzung der Generatorabwärme) über den Primärenergiefaktor gewürdigt. Für die Warmwasserbereitung mit Nah- / Fernwärme ist ein indirekt beheizter Speicher und eine zentrale Verteilung nötig.
- Die Option „Nah- / Fernwärme“ soll ebenfalls gewählt

werden, wenn ein neuer Gebäudeteil an eine bereits bestehende Heizungsanlage angeschlossen wird. Bessere Werte in solchen Fällen erreicht man, wenn man die vorhandene Anlage klassifizieren / anlagentechnisch bewerten kann und dann die AN- Bezugsfläche für den „versorgten Bereich“ auf den neuen Gebäudeteil sowie das Bemessungs- AN auf die Rechengrundfläche des gesamten Gebäudes einstellt. Dieses Vorgehen steht so nicht in DIN V 4701-10, entspricht ihr jedoch inhaltlich.

**Weitere Warmwasser-Wärmeerzeuger**

Öffnen Sie das Auswahlmü 150 zu „Erzeuger II“, testen Sie die angebotenen Optionen. Stellen Sie „Sonnenkollektoren – Speicher innen, ohne Zirkulation“ ein. Beachten Sie, dass die Option ohne Zirkulation“ auf AN-Flächen < 300 qm beschränkt ist (Wasserverbrauch).

Anlagenteil	Aufwandszahl [-]	Verlust [kWh/m²a]	Gutschrift [kWh/m²a]	Hilfsenergie [kWh/m²a]	α [%]	f <sub>p</sub>	Arm.
Erzeuger I	1,14				42	1,3	67
Speicher		2,7	1,2	0,1			30
Ver	150. Erzeuger II						23
Erzeuger II							

kein 2. Erzeuger	
Sonnenkollektoren	70 Speicher innerhalb, mit Zirkulation
manuell	71 Speicher innerhalb, ohne Zirkulation (AN<300)
wie Erzeuger I (-> 2. konv. Erzeuger)	72 Speicher außen, mit Zirkulation
Erzeuger-Deckungsanteil	73 Speicher außen, ohne Zirkulation (AN<300)
elektrische Zusatzheizung	

67) Nah- / Fernwärme, Aufw.  
[Fernwärme, fossiler Brennstoff]

- Solaranlagen alleine können die Warmwasserversorgung an kurzen, kalten, trüben Wintertagen nicht sicherstellen. Sie arbeiten demgegenüber im Sommer sehr effektiv, umweltfreundlich und preiswert, denn die Sonnenenergie ist kostenlos. Solaranlagen sind daher als 2. Wärmeerzeuger (WE) in Ergänzung zu einem konventionellen Erzeuger sinnvoll. Der Anteil an der Wärmezeugung wird mit dem Deckungsanteil ausgedrückt, der im Tabellenverfahren aus Erfahrungswerten abgeschätzt wird. Je nach Größe des Gebäudes / Warmwasserbedarf gibt es eine passende Anlagengröße (Kollektorfläche), die man nicht unterschreiten sollte (die sog. Apertur AC = Kollektorfläche ist in der Erläuterung angegeben). Es macht keinen großen Sinn, die Kollektorfläche viel größer auszulegen, da überschüssig produzierte Solarwärme nicht über längere Zeiträume gespeichert werden kann.
- In besonderen Fällen kann es vorkommen, dass zwei konventionelle Erzeuger eingesetzt werden, oder dass ein Erzeuger im Winterbetrieb (Holzfeuerung) und ein zweiter Erzeuger im Sommerbetrieb arbeitet. Für solche (seltenen) Fälle wurde die Funktion „wie Erzeuger I“ ergänzt: Erzeuger I einstellen, Werte nach Erzeuger II kopieren, Erzeuger I ändern.
- Elektrische Zusatzheizungen sind empfehlenswerte, wenn der vorgesehen Erzeuger (z.B. eine Luft-Wasser-Wärmepumpe) bei extremen Witterungsbedingungen

	<p>nicht die geforderte Leistung bringen kann, z.B. weil eine entsprechende Dimensionierung nicht wirtschaftlich wäre. Der Strombedarf elektrischer Zusatzheizungen wird als Hilfsenergiebedarf bilanziert, weil er im System zunächst nicht vorgesehen war.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wenn eine Solaranlage vorgesehen wird, sollte die Speichereinstellung geändert werden. Geeignete Warmwasserspeicher müssen dann einen Solarbereich im unteren Teil des Speichers aufweisen, in den die Solarwärme eingeleitet wird. Das Gesamtspeichervolumen ist größer zu dimensionieren.</li> </ul>
<p><b>Lüftung</b></p> <p>Wechseln Sie auf die Seite „EnEV“, stellen Sie im Abschnitt „Lüftungswärmeverluste“ eine „Zu- und Abluftanlage“ nach EnEV mit dem Wärmerückgewinnungsgrad = 0% ein. (Die Wärmerückgewinnung wird normalerweise in der Haustechnik bilanziert.)</p> <p>Wechseln Sie zurück in das Berechnungsblatt „Haustechnik“, rufen Sie im dann angezeigten Abschnitt „Lüftung“ über „Lüftungsanlage“ das Auswahlménü 151 auf. Stellen Sie eine Zu- und Abluftanlage mit WRG und AC-Ventilatoren ein.</p> <p>Erhöhen Sie im Auswahlménü den „Anlagen-Luftwechsel“ von 0.4 auf 0.6 1/h. Betrachten Sie die Veränderungen, machen Sie die Einstellung anschließend wieder rückgängig.</p> <p><b>Lüftungswärmeverluste</b></p> <p>Luftvolumen <span style="margin-left: 200px;">Netto-Luftvolumen <math>V_N = V_L = 331 \text{ m}^3</math></span>  Lüftung <span style="margin-left: 180px;">Zu- und Abluftanlage mit WRG DIN V 4108-6 D.3</span>  <span style="margin-left: 180px;">WRG <math>\eta_V = 0,0 \%</math></span>  <span style="margin-left: 180px;"><math>n_{Anl} = 0,40; n_x = 0,20 \Rightarrow n = n_{Anl} * (1 - \eta_V) + n_x = 0,60 \text{ h}^{-1}</math></span></p> <hr/> <p>Spezifischer Lüftungswärmeverlust <math>H_V = 0.34 * n * V_N = 67,5 \text{ W/K}</math> (DIN V 4108-6, 6.2)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Der Abschnitt „Lüftung“ wird im Haustechnik-Berechnungsblatt nur angezeigt, wenn das Gebäude mit einer Lüftungsanlage gerechnet werden soll.</li> <li>• Die Wärmerückgewinnung (WRG) sollte man im Allgemeinen auf der Seite Haustechnik bilanzieren. Beim Nachweis von so genannten „Passivhäusern“ (Häuser ohne Heizung), muss man allerdings den Heizwärmebedarf mit WRG berechnen, wenn man einen KfW-Kredit beantragen möchte, denn auf anderem Weg ist der KfW-Grenzwert (15 kWh/m<sup>2</sup>a Heizwärmebedarf) nicht zu erreichen. In diesen Fällen werden die Eingangswerte für die haustechnische Berechnung später wieder zurückgerechnet. Allerdings verändern sich dabei auch die Ausnutzungsgrade für solare und interne Wärmequellen. Das führt dazu, dass die Lüftungsanlage detailliert berechnet und mit einem „Korrekturwert für das EnEV-Berechnungsverfahren“ korrigiert werden muss. Ziemlich umständlich.</li> <li>• Man unterscheidet Abluftanlagen sowie Zu- und Abluftanlagen. Zentrale Lüftungsanlagen benötigen ein Luftverteilungsnetz. In beiden Fällen sind aber auch dezentrale Anlagen mit mehreren, kleinen Ventilatoren möglich.</li> <li>• Die Wärme mechanisch bewegter Fortluft kann z.B. mittels Trinkwasser-Wärmepumpe zurück gewonnen</li> </ul>

Lüftung

belüfteter Bereich  $A_N = 132 \text{ m}^2$

Anlagenteil	Aufwandszahl	Verlust	Heizbeitrag	Hilfsenergie	$\alpha$	$f_p$	Anm.
	[-]	[kWh/m <sup>2</sup> a]	[kWh/m <sup>2</sup> a]	[kWh/m <sup>2</sup> a]			
151. Lüftungsanlage							
Lüftungsanlage							
L/L-Wärmepumpe							
Heizregister							
Verteilung							
Übergabe							

werden. Mechanisch bewegte Zuluft kann technisch konditioniert (zusätzlich erwärmt, befeuchtet) werden. In Zu- und Abluftanlagen kann die Wärme der Fortluft mit einem Wärmetauscher direkt auf die Zuluft übertragen werden (WRG = Wärmerückgewinnung).

- Den wesentlichen Energieverbrauch mechanischer Lüftungsanlagen macht der Strombedarf der Ventilatoren aus. Er ist abhängig vom Luftwiderstand im Lüftungssystem (Rohrleitungen, Einbauten) und von der Bauart der Ventilatoren. AC-Ventilatoren, die mit normalem Wechselstrom betrieben werden, verbrauchen mehr Strom, sind aber preiswerter in der Anschaffung. DC-Ventilatoren (Gleichstrom) benötigen einen Gleichrichter, sind daher teuer, verbrauchen aber weniger Strom.
- Die Wärmerückgewinnung wird als Heizbeitrag bilanziert. Wenn dieser Heizbeitrag ausreicht, um den Heizwärmebedarf zu decken, spricht man von einem „Passivhaus“.
- Die Idee, mit einem größeren Luftdurchsatz durch das Lüftungssystem (Anlagen-Luftwechsel heraufsetzen) könnte die Wärmerückgewinnung gesteigert werden, ist ein Trugschluss, denn die zugeführte Frischluft muss in jedem Fall erwärmt werden. In der Bilanzierung wird dies mit dem Korrekturfaktor  $q_{h,n}$  ausgedrückt, der bei Luftwechselzahlen  $> 0.4$  angezeigt wird und den zusätzlichen Heizbeitrag mehr als übersteigt.

Testen Sie die Möglichkeiten unter „L / L-Wärmepumpe“ und „Heizregister“. Testen Sie verschiedene Einstellungen zu „Verteilung“ und „Übergabe“.

- „L/L-Wärmepumpen“ (Luft/Luft WP), die zwischen Fort- und Zuluft positioniert werden, können die Restwärme der Fortluft nutzen, und damit die Zuluft zusätzlich erwärmen. In Passivhäusern kann dies den restlichen Heizwärmebedarf decken. Alternativ ist dies auch mit einem Heizregister möglich, das elektrisch betrieben (Glühwendel) oder indirekt beheizt wird (Heizungs-Heizregister). Indirekt beheizte Heizregister müssen detailliert berechnet werden, siehe unten.
- Wärmepumpen und Heizregister eröffnen die Chance,

Anlagenteil	Aufwandszahl [-]	Verlust [kWh/m²a]	Heizbeitrag [kWh/m²a]	Hilfsenergie [kWh/m²a]	α [%]	f <sub>p</sub>	Anm.
<b>Lüftungsanlage</b>			13,5	2,2		3,0	101
L/L-Wärme	153. Heizregister						
Heizregister							
Verteilung							
Übergabe							
101) Zentraler Abluft/Zuluft WÜT mit 6							d

die Zuluft über das Temperaturniveau der Abluft hinaus zu erwärmen und damit zusätzliche Wärme in das Haus zu bringen. Die Methode hat aber Grenzen, die Zuluft sollte nicht wärmer als 50°C sein, auch die Volumenströme müssen begrenzt werden.

- Prinzipiell ist der Wärmeinhalt der Fortluft relativ klein. Für die Bilanzierung spielt es daher eine große Rolle, wie sie genutzt wird, ob beispielsweise bereits eine WRG vorgeschaltet wurde oder ob zusätzlich Wärme für die Warmwasserbereitung entzogen wird.
- Verteilungsverluste sind zu bilanzieren, wenn bereits vorgewärmte Zuluft (WRG, Wärmepumpe, Heizregister) durch unbeheizte Gebäudebereiche (Keller, Dach) geführt werden muss.
- Übergabeverluste können auftreten, wenn die Zuluft über 20°C erwärmt wird. Sie muss dann möglichst optimal im Raum verteilt werden (Anordnung der Luftauslässe, Regelungseinrichtungen).

**Heizung**

Stellen Sie im Auswahlmenü 156 zu „Erzeuger I“ im Abschnitt „Heizung“ alternativ zu dem vorher gewählten NT-Kessel mit Außenaufstellung einen verbesserten Brennwertkessel (BW) 55/45 °C ein. Beobachten Sie die Veränderung der Aufwandszahl (man erreicht mit dieser Anlage eine Verbesserung um ca. 15%). Testen Sie weiterhin den Ergebnisunterschied, wenn der Kessel innen aufgestellt wird.

Der „verbleibende Bedarf“ q<sub>h,0</sub> ist der Heizwärmebedarf abzüglich der Gutschriften aus der Warmwasserversorgung und der Lüftungsanlage.

- Heizwärme wird mit konventionellen Heizkesseln (auch NT- und BW-Kessel), Wärmepumpen, neuerdings vermehrt auch mit Holzheizungen (Pelletöfen) erzeugt oder vom örtlichen Energieversorger an der Fernwärmeübergabestation bereitgestellt.
- Besonders gute Aufwandszahlen (zum Teil < 1, bezogen auf den Brennwert des Energieträgers) können mit Gas-Brennwerttechnik und niedrigen Vor- / Rücklauftemperaturen erzielt werden. Die Besonderheit dieser Technik liegt in der Nutzung der Kondensationswärme aus der im Abgas enthaltenen Feuchtigkeit, die im System zusätzlich genutzt wird. Brennwerttechnik ist vergleichsweise teuer, wodurch der wirtschaftliche Vorteil relativiert wird.
- Elektroheizungen (Nachtspeicherheizungen) sind – wegen des schlechten Primärenergiefaktors – kaum noch EnEV-gerecht nachzuweisen und kaum noch in

## Heizung

beheizter Bereich  $A_N = 132 \text{ m}^2$

Heizwärmebedarf  $q_h = 100,1 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

verbleibender Bedarf  $q_{h,0} = 100,1 - 2,2 - 17,2 = 80,7 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

Anlagenteil	Aufwandszahl	Verlust	Hilfsenergie	$\alpha$	$f_p$	Anm.
	[-]	[kWh/m <sup>2</sup> a]	[kWh/m <sup>2</sup> a]	[%]		
156. Erzeuger I						
Erzeuger I						
Erzeuger II						
Speicher						
Verteilung						
Übergabe						
280) verbesserter BW-Kessel 4701-10, Tab. C.3-4b (Heiz 215) horizontale Verteilung Wärmeverluste der Verteile						
244) freie Heizflächen im A Wärmeverlust $q_{ce}$ nach DIN						

## Benutzung.

- Heizkessel können in kleinen Gebäuden (bis 500 m<sup>2</sup>) innen aufgestellt werden. Die Kesselverluste verbleiben dann im beheizten Bereich. Für  $AN > 500 \text{ m}^2$  stehen keine Tabellenwerte zur Verfügung. Die Vorteile einer Innenaufstellung könnten in solchen Fällen detailliert berechnet werden. Entsprechendes gilt für Holzfeuerung, die in Gebäuden mit  $AN > 500 \text{ m}^2$  detailliert berechnet werden müssen.
- Ältere Heizkessel in Bestandsgebäuden müssen nach DIN V 4701-12 detailliert berechnet werden.
- DIN V 4701-12 hält Tabellenwerte für diverse Einzelöfen im Bestand bereit, die zusätzlich angegeben sind. Einzelfeuerstätten sollten mit dem pauschalen Korrekturfaktor 1.5 beaufschlagt werden.

## Heizsysteme

Betrachten Sie im Auswahlménü 156 die Einstellmöglichkeiten zum „Heizsystem“.

Im Bestreben um Energieeinsparung kann es oft nützlich sein, einen zweiten, ergänzenden Wärmeerzeuger vorzusehen, z.B. wenn der umweltfreundliche Erzeuger nicht die volle, benötigte Leistung bringen kann oder wenn kleinere Wärmemengen z.B. aus einer Solaranlage bilanziert werden sollen.

Wählen Sie verschiedene Heizsysteme aus, beobachten Sie die Veränderungen in der Spalte „Deckungsanteil  $\alpha$ “. In vielen Fällen müssen der „Erzeuger I“ und der „Erzeuger II“ nach einer Änderung neu bestimmt werden.

Beachten Sie die Hinweise unter „Holzöfen + KfW-Kredit Antrag“. Es ist seitens der KfW ausdrücklich nicht erwünscht, dass KfW 60-Häuser mit einem zusätzlichen Holzofen „hingerechnet“ werden.

- Gängige Heizsysteme mit mehr als einem Erzeuger sind solar unterstützte Systeme oder Systeme mit einer Wärmepumpe oder einem BHKW (Blockheizkraftwerk).
- Solaranlagen zur Heizungsunterstützung können die Heizungsanlage klimabedingt vor allem in den Übergangszeiten unterstützen, wenn ein entsprechendes Strahlungsangebot vorliegt.
- Wärmepumpen arbeiten am besten, wenn die Temperatur des Wärmeträgermediums (Abluft, Außenluft, Erdreich, Grundwasser) (noch) relativ hoch ist (über 0°C). Sie sind bei extrem kalten Außentemperaturen weniger geeignet, bzw. arbeiten dann nicht wirtschaftlich.
- Ähnliches gilt für Blockheizkraftwerke, die kontinuierlich

Anlagenteil	Aufwandszahl [-]	Verlust [kWh/m²a]	Hilfsenergie [kWh/m²a]	$\alpha$ [%]	$f_p$	Anm.
156. Erzeuger I						
Erzeuger II						
Speicher						
Verteilung						
Übergabe						
274) verbesserter BW-Kes 4701-10, Tab. C.3-4b (Heiz						
Primär- und Endenergie						
Gl. 4.2-18, benötigte He					80,7 kWh/m²a	
Gl. 4.2-18, Aufwandszah					1,09	

betrieben werden und daher nicht für Spitzenlasten ausgelegt sind.

- In allen Fällen wird ein zweiter Wärmeerzeuger (WE) benötigt, der die Spitzenlasten abdeckt. Man verwendet konventionelle Systeme mit konventionellen Energieträgern, notfalls auch Elektroheizer.
- Welchen Anteil der Heizarbeit die beteiligten Erzeuger in kombinierten Systemen leisten, ist witterungsabhängig und nur zu schätzen. DIN V 4701-10 hält dazu Deckungsgrade bereit, z.B. wird der Deckungsgrad einer Solaranlage mit 10% bilanziert, eine Wärmepumpe mit 75-95%, ein elektrischer Zusatzheizer mit 5%. Die Deckungsanteile können in begründeten Fällen auch manuell verändert werden, in der Summe muss sich immer 100% ergeben.

**Speicher, Verteilung, Übergabe**

Wählen Sie für die Heizwärmeverteilung eine geregelte Pumpe, Heizkreistemperaturen 55/45° mit innen liegenden Verteilungs- und Steigerohren aus (innen stehender Kessel). Wählen Sie für die Übergabe freie Heizflächen und P-Regler 1K (1 Kelvin).

Anlagenteil	Aufwandszahl [-]	Verlust [kWh/m²a]	Hilfsenergie [kWh/m²a]	$\alpha$ [%]	$f_p$	Anm.
Erzeuger I	0,96		0,7	100	1,1	280
Erzeuger II						
Speicher						
Verteilung						
Übergabe						
280) verbesserter BW-Kessel innerhalb, 55/45 °C, Aufwandszahl $e_g$ und Hilfsenergie						

- Heizwärmespeicher (Pufferspeicher) sind in Heizsystemen erforderlich, die (wirtschaftlich) nicht kontinuierlich betrieben werden können, wie etwa Wärmepumpen oder Holzfeuerungen. Bilanziert wird in diesen Fällen die Speicher- bzw. Leitungsverluste sowie der Strombedarf für die Förderpumpe.
- Große Wärmeverluste können sich ergeben, wenn schlecht gedämmte Heizrohre durch unbeheizte Gebäudezonen geführt werden. Ihr Wärmeverlust ist von den Heizkreistemperaturen und ihrer Anordnung im Gebäude abhängig. Der Strombedarf der Heizkreispumpe spielt ebenfalls eine Rolle, (leistungs-)geregelte Pumpen benötigen weniger Strom (elektronische Regelung erforderlich).
- Übergabeverluste resultieren aus nicht optimaler Raumtemperatur, nicht optimaler Wärmeverteilung sowie dem Hilfsenergiebedarf für elektronische Regeleinrichtungen. Proportional-Regler (P-Regler, wie z.B. Thermostatventile) mit 1°K Auslegungsbereich erfordern einen hydraulischen Ab-

### Holzpellet-Heizung mit solarer Warmwasserbereitung

Stellen Sie die nachfolgend gezeigten Anlagenteile für eine (moderne) Holzpellet-Heizung zusammen. Schalten Sie dazu zunächst die Lüftungsanlage wieder aus (Einstellung auf der EnEV-Seite, freie Lüftung 0.6). Nehmen Sie dann die Anlagenanpassung vor. Vergleichen Sie die so erzielte Primärenergie-Aufwandszahl mit dem ursprünglich vorgesehenen NT-Kessel. Vergleichen Sie den Unterschied im Endenergiebedarf.

Speichern Sie die Anlagenkombination als „pellet\_solar.dwa“, lesen Sie die Anlagenkombination anschließend wieder ein.

#### Trinkwasserbereitung

mit Trinkwarmwasser versorgter Bereich  $A_N = 132 \text{ m}^2$ , Tabellenwerte für  $A_{N,Tab} = 250 \text{ m}^2$

Trinkwasserwärmebedarf  $q_{tW} = 12,5 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

$A_{N,Tab} = 250 \text{ m}^2$  weicht von der EnEV-Berechnung ab.

Anlagenteil	Aufwandszahl [-]	Verlust [kWh/m <sup>2</sup> a]	Gutschrift [kWh/m <sup>2</sup> a]	Hilfsenergie [kWh/m <sup>2</sup> a]	$\alpha$ [%]	$f_p$	Anm.
Erzeuger I	1,48			1,7	42	0,2	283
Speicher		2,7	1,2	0,1			265
Verteilung		3,5	1,6				21
Erzeuger II	1,00			0,5	58		71
		6,3	2,8	2,3	100		

#### Heizung

beheizter Bereich  $A_N = 132 \text{ m}^2$

Heizwärmebedarf  $q_H = 100,1 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

verbleibender Bedarf  $q_{H,0} = 100,1 - 2,8 = 97,3 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

Anlagenteil	Aufwandszahl [-]	Verlust [kWh/m <sup>2</sup> a]	Hilfsenergie [kWh/m <sup>2</sup> a]	$\alpha$ [%]	$f_p$	Anm.
Erzeuger I	1,49		1,9	100	0,2	283
Erzeuger II						
Speicher		0,6	0,5			265
Verteilung		1,9	1,6			224
Übergabe		1,1				244
		3,6	4,0	100		

gleich des Verteilungsnetzes, siehe oben.

- Die nötigen Einstellungen können am besten anhand der Anlagen-Nummern vorgenommen werden.
- Die erzielte Primärenergie-Aufwandszahl ( $ep = 0.42$ ) liegt 76% unter der Primärenergiezahl des, im Diagrammverfahren berechneten, NT-Kessels.
- Der Endenergiebedarf liegt mit  $172,5 \text{ kWh/m}^2\text{a}$  allerdings (trotz Solaranlage) 27% über der NT-Variante, der Hilfsenergiebedarf mit  $5,1 \text{ kWh/m}^2\text{a}$  um 38% drüber.
- Die günstige  $ep$ -Zahl der Holzfeuerung ist auf den Primärenergiefaktor für Holz zurückzuführen, der mit 0.2 um 82% unter dem Primärenergiefaktor fossiler Brennstoffe (1.1) sehr günstig eingestuft wird. Argumentation: Das Holz geht nicht verloren, da es nachwachsen kann und – die CO<sub>2</sub>-Bilanz ist neutral, da Holz im Wachstumsprozess die selbe Menge CO<sub>2</sub> bindet, die bei der Verbrennung frei wird.
- Die Wirkungsgrade der Holzfeuerungen sind zur Zeit deutlich schlechter als die konventioneller Anlagen.
- Der ursprüngliche Vorteil von Holzfeuerung, nämlich der preiswerte Brennstoff, hat sich aufgrund der großen Nachfrage mittlerweile nivelliert. Wenn die Preise weiter steigen wird manch ein Pelletofen-Besitzer seine Entscheidung bedauern.
- Die Kombinationen von Anlagen-Aufwandszahlen und auch die Einstellungen für detailliert berechnete Anlagenteile können in neutralen Dateien mit der Endung „.dwa“ (DÄMMWERK Anlagenparameter) gespeichert und später wieder eingelesen werden. Nach dem Einlesen werden die Werte für das aktuellen AN und  $q_H$  (in einem anderen Gebäude) neu berechnet.

### Nach Energieträgern

Betrachten Sie die Tabellen „Energiebedarf nach Energieträgern“ /(Funktion ggf. im Optionsmenü zuschalten).

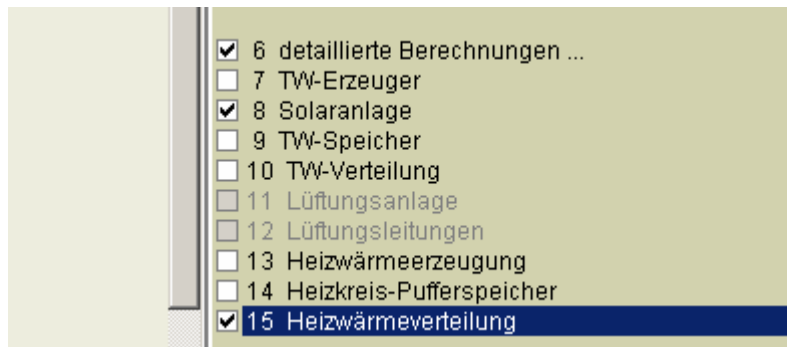
#### Energiebedarf nach Energieträgern

Energieträger	Endenergie kWh/a		$f_p$	Primärenergie kWh/a	
[Holz]	21.386	94 %	0,2	4.277	100 %
[solar]	1.439	6 %	-	0	- %
	22.825	100 %		4.277	100 %
Hilfsenergie (Strom)	668		3.0	2.005	
erneuerbare Energie	22.825	100 %			

- Die Verteilung des Endenergiebedarfs auf die eingesetzten Energieträger ist in DIN V 4701-10 / DIN V 4108-6 nicht gefordert. Sie ist aber Voraussetzung für nachfolgende Betrachtungen zum Brennstoffbedarf, zur Wirtschaftlichkeit und zu den Schadstoffemissionen (siehe Themenblock „Energieberatung“).
- Für weitere Berechnungen ist nur der Endenergiebedarf relevant, der sich im Beispiel aus Holz, Solarwärme und Hilfsenergie zusammensetzt.

### Detaillierte Berechnung anlagentechnischer Kenngrößen

Aktivieren Sie im Optionsmenü die Berechnungsoptionen „detaillierte Berechnungen“, „Solaranlage“ und „Heizwärmeverteilung“.



- Die detaillierte Berechnung anlagentechnischer Kenngrößen (Erzeuger-Aufwandszahlen, Energieverluste, Gutschriften und Hilfsenergiebedarf) kann in besonderen Fällen vorgenommen werden, z.B. wenn für einen Anlagenteil keine Tabellenwerte zur Verfügung stehen, wenn man günstigere Werte benötigt / vermutet oder wenn konkrete Herstellerangaben vorliegen.
- Detailliert berechnete Werte werden anstelle der Tabellenwerte in die oben gezeigte Berechnungssystematik eingefügt, der Berechnungsgang bleibt unverändert.

#### Beispiel Solaranlage

Wählen Sie im zusätzlich angezeigten Bereich „detaillierte Berechnung – Solaranlage“ eine „kleine Solaranlage“ mit Flachkollektoren aus. In dem eingeblendeten Dialog wählen Sie „Stan-

- Mit der detaillierten Berechnung der Solaranlage wird der Deckungsanteil und der Hilfsenergiebedarf der solaren Warmwasserbereitung bestimmt. Die Ergebnisse werden in die Tabelle „Erzeuger II“ unter „Trinkwasser-

Standardwerte“ und geben eine Kollektorbezeichnung an. Ändern Sie die vorgeschlagene Apertur (Kollektorfläche) auf 7,4 m<sup>2</sup>, um eine Entsprechung zum Tabellenverfahren zu erhalten.

Variieren Sie die Kollektorfläche zwischen 2 und 20 m<sup>2</sup>, beobachten Sie die Veränderungen im Deckungsanteil.

Wählen Sie im Auswahlménü 207 "Viessmann Flachkollektoren Vitosol 100 s/w 2,5", ändern Sie anschließend die Apertur auf 7,5 m<sup>2</sup> (3 Kollektoren).

Solaranlage zur Trinkwassererwärmung

kleine Kollektoranlage "Solaranlage"

Trinkwasserwärmebedarf $Q_{TW}^* = (q_{TW} + q_{TW,d} + q_{TW,s}) \cdot A_N$	2.481 kWh/a
Jahresenergieertrag der Referenz-Solaranlage $Q_{sys}$ (Gl.5.1.4-3)	
$Q_{sys} = A_c \cdot (271 \cdot \eta_0 - 18,8 \cdot k_1 - 653 \cdot k_2 + 172 \cdot IAM(50^\circ) - 0,792 \cdot C - 20,7)$	1.915 kWh/a
Kollektorfläche (Apertur)	7,4 m <sup>2</sup>
optischer Wirkungsgrad, Konversionsfaktor $\eta_0$	0,77
Wärmedurchgangskoeffizienten $k_1 / k_2$ in [W/m <sup>2</sup> K]	3,50 / 0,02
Einstrahlwinkelkorrektur IAM(50°)	0,90
Effektive Wärmekapazität C	6,40 kJ/kgK
Korrekturfaktor für 30° Neigung und Ausrichtung: Süd, $f_{NA}$ (Tab.5.1-4)	0,98
Korrekturfaktor für die Auslastung der Solaranlage $f_{slr}$ (Gl.5/6)	0,76
Korrekturfaktor für die Wärmeverluste der Rohrleitungen (40 m), $f_{d,sol}$	0,96
Korrekturfaktor für das Volumen des Solarspeichers (162 l), $f_{S,Vsol}$	1,03
Korrekturfaktor für das Volumen des Bereitschaftsspeichers (183 l), $f_{S,Vaux}$	0,95
Korrekturfaktor für die Wärmeverlustrate des Speichers (1,3 kWh/24h), $f_{S,Vsol}$	0,95
Bereitschafts-Wärmeverlust des Speichers ( $\vartheta_{u,m}=20^\circ\text{C}$ ), 5.1.3-1	2,8 kWh/m <sup>2</sup> a
Korrekturfaktor für Speichertemperatur $f_{S,\vartheta}$	1,57
Korrekturfaktor für Speicherbetriebszeit $f_{S,t}$	1,04
Korrekturfaktor für Speicheranschlüsse $f_{S,an}$	0,83
$Q_{TW,sol} = Q_{sys} \cdot f_{NA} \cdot f_{slr} \cdot f_{d,sol} \cdot f_{S,Vsol} \cdot f_{S,Vaux} \cdot f_{S,loss} + Q_{TW,S} \cdot f_{S,\vartheta} \cdot f_{S,t} \cdot f_{S,an}$	1.276 kWh/a
Leistungsaufnahme der Solarpumpe (Laufzeit 1750 h), $P_{P,sol}$	37 W
Deckungsanteil der Solaranlage $\alpha_{TW,sol} = Q_{TW,sol} / Q_{TW}^*$	0,51
Hilfsenergiebedarf $q_{TW,g,HE,sol}$	0,94 kWh/m <sup>2</sup> a

bereitung“ übernommen.

- Trotz detaillierter Berechnung mit Standardwerten und gleicher Kollektorfläche wird gegenüber dem Tabellenverfahren ein kleinerer Deckungsanteil ermittelt. Die Ursachen dafür sind uns bisher nicht bekannt.
- Die Parameter und Korrekturfaktoren zu den Kollektoren, dem Speicher und den Rohrleitungen sind vielzählig. Sie können über das Dialogsystem zu „Parameterdialog“ im Auswahlménü 207 eingesehen und geändert werden.
- Die eingelesenen Herstellerangaben der Firma Viessman beziehen sich nur auf den Anlagenteil „Kollektor“, die übrigen Einstellungen (Rohrleitungen, Speicher, Solarpumpe) bleiben unverändert.
- Im vorliegenden Fall erhält man günstigere Werte, wenn man nicht detailliert rechnet.

### Beispiel Heizwärmeverteilung

Wählen Sie unter „detailliertes Verfahren“ im Abschnitt „Wärmeverluste des zentralen Heizungsrohrnetzes“ die Heizkreisauslegung „55/45°C“ und über „Rohrabschnitt“ ein Rohrnetz nach DIN V 4701-10 mit außen liegender Verteilung und innen liegenden Strängen. Vergleichen Sie die Ergebnisse für den flächenbezogenen Wärmeverlust und den Hilfsenergiebedarf mit den Ergebnissen des Tabellenverfahrens (dazu detaillierte Berechnung vorübergehend abschalten, ggf. Kopie des Berechnungsblatts anfertigen).

Stellen Sie anschließend die Längen der Verteilung  $l_i$  über den örtlichen Dialog auf „nach EPHW, innen“ ein. Ändern Sie die Umgebungstemperatur  $T_{u,m}$  für die Verteilleitungen auf 20°C (innen liegend). Vergleichen Sie das erzielte Ergebnis wieder mit dem Tabellenverfahren, innen liegende Verteilung, innen liegende Stränge.

Wärmeverluste des zentralen Heizungsrohrnetzes

Mit Heizwärme versorgter Bereich  $A_N = 132 \text{ m}^2$

Betrieb der Heizanlage an  $t_{HP} = 185 \text{ Tagen/Jahr}$ , tägliche Betriebszeit  $z = 24 \text{ h/d}$

Heizkreisauslegung 55/45°C, mittlere Heizkreistemperatur  $\vartheta_{HK,m} = 38 \text{ °C}$

Rohrabschnitt		$l_i$ m	$U_i$ W/mK	$\vartheta_{u,m}$ °C	$f_a * f_b$	$Q_{H,d,i}$ kWh/a
01 Verteilung	außen	30,8	0,20	13,0	1,00	684
02 Strangleitung	innen	9,9	0,26	20,0	0,15	30
03 Anbindung	absperrbar	72,8	0,26	20,0	0,08	119
04 xxx						

nach DIN V 4701-10, Stränge innen

Rohrabschnitte der Länge  $l_i$  mit den Wärmedurchgangskoeffizienten  $U_i$ , mittlere Umgebungstemperatur zum Rohrabschnitt  $\vartheta_{u,m}$ . Der Wärmeverlustfaktor  $f_a$  nach Tab.5.2 berücksichtigt die Verlustgutschriften, der Teilbeheizungsfaktor  $f_b$  absperrbare Heizungsrohre.

$$Q_{H,d,i} = U_i * l_i / 1000 * (\vartheta_{HK,m} - \vartheta_{u,m}) * f_a * f_b * t_{HP} * z \text{ (Gl.5.3.2-1)}$$

$$\text{flächenbezogener Wärmeverlust } q_{H,d} = \Sigma Q_{H,d,i} / A_N \text{ (5.3.2-2)} \quad 6,3 \text{ kWh/m}^2\text{a}$$

$$\text{Hilfsenergiebedarf } q_{H,d,HE} = P_{Pumpe,56W} * t_{HP} * z / (f_{P,geregelt} * 1000 * A_N) \text{ (5.3.2-3)} \quad 1,5 \text{ kWh/m}^2\text{a}$$

- Die detaillierte Berechnung des Heizungsrohrnetzes ermöglicht eine genaue Festlegung der Leitungslängen, U-Werte und Umgebungstemperaturen. Die Leitungslängen werden anhand der AN-Flächen vorab geschätzt, können dann angepasst werden. Im gezeigten Beispiel könnte z.B. die Länge der Verteilleitungen (Verteilung zu zwei Strängen, Gebäudebreite 8m, vor- und Rücklauf) unter Umständen halbiert werden.
- Mit Standardeinstellungen berechnet man gegenüber dem Tabellenverfahren ( $q_{H,d} = 6.5$  und  $q_{H,d,HE} = 1.6 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ ) geringfügig bessere Werte.
- Das vom Institut für Wohnen und Umwelt (Darmstadt) vorgeschlagene EPHW-Verfahren (Energiepass Heizung Warmwasser, alternativ angeboten) geht von deutlich kleineren Leitungslängen aus.
- Für innen liegende Verteilleitungen und Stränge erhält man mit Standardwerten nach DIN V 4701-10 gegenüber dem Tabellenverfahren wieder geringfügig bessere Werte. Der Unterschied wird allerdings sehr deutlich, wenn man die Leitungslängen nach EPHW einstellt.
- Die U-Werte der Rohrleitungen orientieren sich an den jeweils gültigen Vorschriften (HeizanlagenVO). Das detaillierte Verfahren ist daher auch für die Berechnung von Bestandsleitungen gut geeignet (dena-Verfahren, alternativ angeboten).



**KERN ingenieurkonzepte**  
Software für Architekten und Ingenieure

Hagelberger Straße 17  
10965 Berlin  
Fon 030-78956780  
Fax 030- 78956781

Internet      [www.bauphysik-software.de](http://www.bauphysik-software.de)  
eMail        [info@bauphysik-software.de](mailto:info@bauphysik-software.de)