
Berechnungsbeispiel

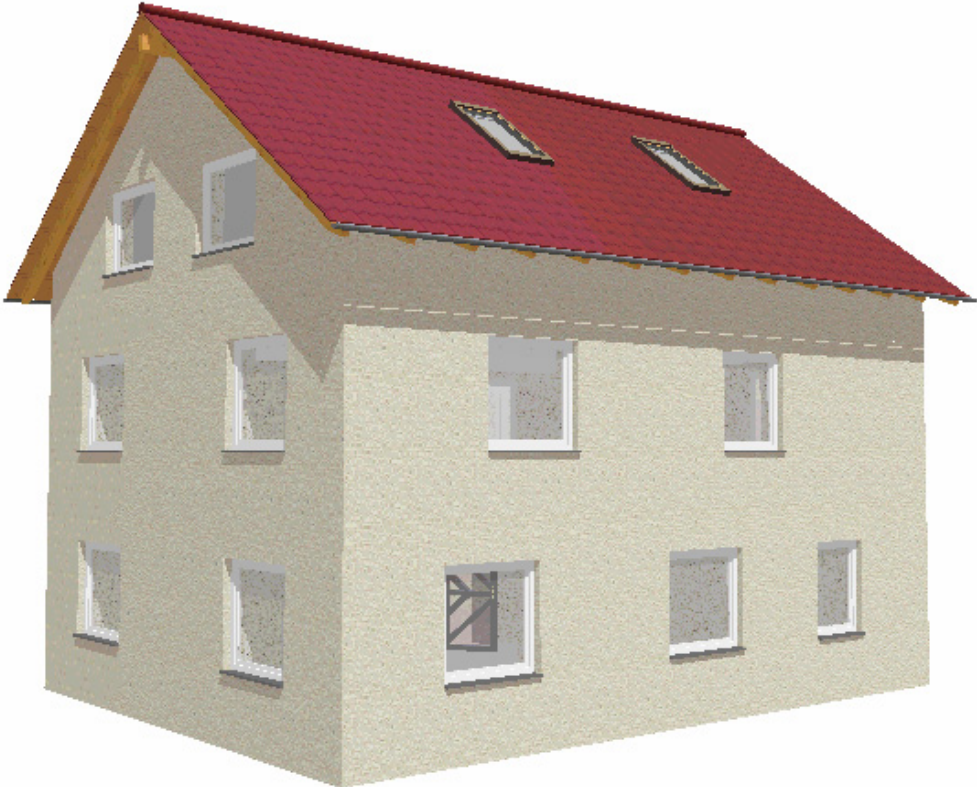
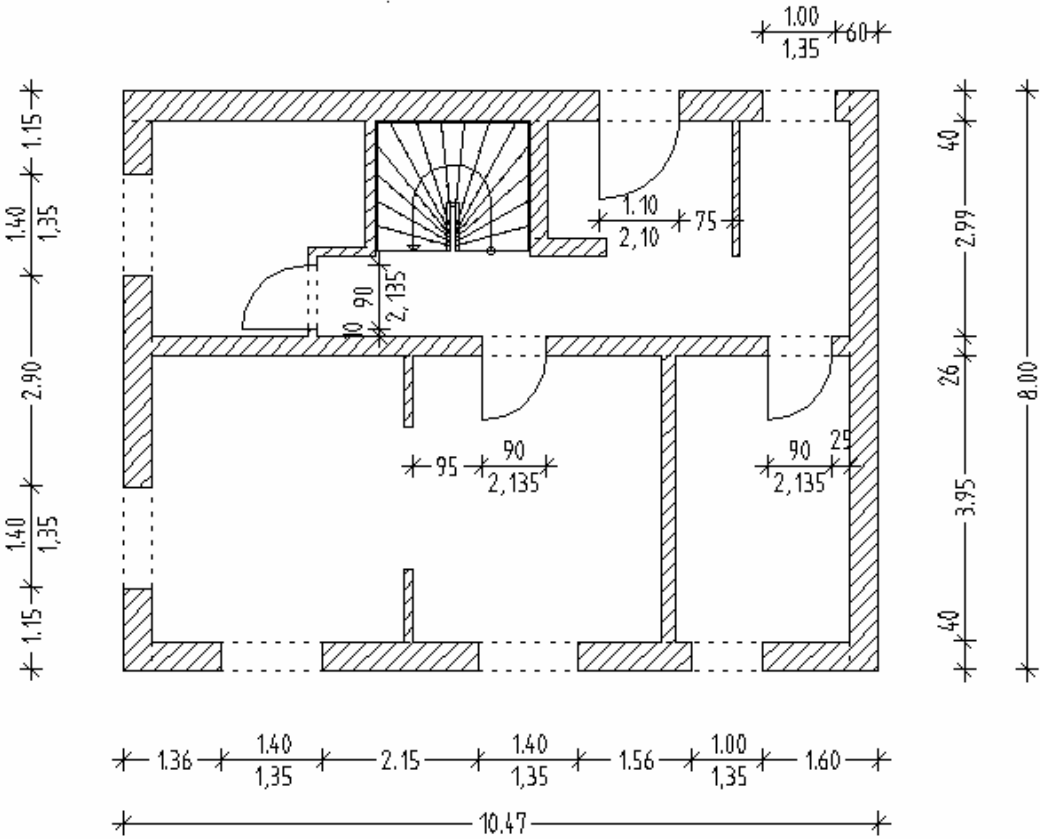
▶ ENEV 2001

Berechnungsbeispiel zur Energieeinsparverordnung 2001

Inhalt

Vorbemerkung	6
1. Projekt einrichten	7
2. Bauteilquerschnitte eingeben	7
3. Gebäudehüllflächen zusammenstellen	12
3.1 Hüllflächentabelle aus Geometriedaten	12
3.2 Hüllflächentabelle mittels Falflächenmanagement	15
3.3 Weitere Möglichkeiten	19
4. EnEV-Berechnung durchführen	
4.1 Heizperiodenbilanzverfahren	20
4.2 Monatsbilanzverfahren	23
5. Variantenberechnung für das Monatsbilanzverfahren	
5.1 Heizunterbrechung	29
5.2 Solare Wärmegewinne über opake Bauteile	31
5.3 Leitwert zum Erdreich	32
5.4 Wärmebrücken explizit berechnen	35
5.5 Anlagentechnik	39

Grundriss KG



Vorbemerkung

Im Folgenden wird ein Berechnungsbeispiel aus dem „Bauphysik-Kalender 2002“ inhaltlich nachvollzogen. Grundlagen, Vorgehen und Lösungen können dort ab Seite 351 nachgelesen werden.

Die Berechnungen und Grafiken werden mit „DÄMMWERK Bauphysik-Software“ erstellt. Problemstellungen und erforderliche Eingaben sind im Zusammenhang ausführlich erläutert. Detaillierte Erläuterungen zu den Lösungswegen sind (*kursiv*) angegeben. Grundrisse und Ansichten des berechneten Gebäudes liegen bei.

Vorgehen

1. Nachdem ein neues Projekt eingerichtet wurde, entwirft man zunächst die Bauteilquerschnitte, die später die Hüllflächen (Umfassungsflächen) des Gebäudes bilden. In der Regel sind dies geschichtete Bauteile mit mehreren Baustoffschichten und zusammengesetzte Bauteile, wie etwa das Sparrendach. Bauteile können aus vorhandenen Projekten oder der Bauteildatenbank übernommen und verändert werden. Für einen neuen Bauteilentwurf steht der Baustoffassistent und die Baustoffdatenbank zur Verfügung.
2. Im zweiten Arbeitsschritt müssen die Ausmaße der Gebäudehülle erfasst werden. Die Gebäudehülle ist die Gesamtheit der Bauteile, die den beheizten Bereich einschließen. Die benötigten Hüllflächen werden in der Hüllflächentabelle zusammengestellt. Dabei kann man verschiedene Hilfsmittel, wie z.B. Geometriedaten, systematische Hüllflächenstrukturen oder Flächenimporte aus externen CAD- und Kalkulationsprogrammen einsetzen. Zwei Vorgehensweisen werden vorgestellt. Um die Wärmeverluste der Bauteile (Transmissionswärmeverluste) berechnen zu können, müssen die U-Werte übernommen werden. Dazu wird eine Verknüpfung der Hüllflächen mit den Bauteilen vorgenommen.
3. Im dritten Schritt werden die Berechnungsparameter im EnEV-Berechnungsblatt eingestellt. Hierbei müssen Entscheidungen getroffen werden über das anzuwendende Berechnungsverfahren, die Behandlung von Wärmebrücken, zu den Lüftungswärmeverlusten, den internen Wärmegewinnen, den solaren Wärmegewinnen, zur Trinkwarmwasserbereitung sowie zur Heizungs- und ggf. Lüftungsanlage. Vorgehen und Optionen werden für das vereinfachte Heizperiodenbilanzverfahren (HPV) und das ausführliche Monatsbilanzverfahren (MBV) erläutert.
4. Mit den Berechnungsverfahren der Energieeinsparverordnung kann man Verlustbeiträge in vielen Fällen genauer untersuchen und alternative Berechnungsansätze verwenden. In ergänzenden Ausführungen zu den angestellten Berechnungen werden Berechnungsalternativen für Wärmebrücken, untere Gebäudeabschlüsse, opake Bauteile, Heizunterbrechung und die Anlagentechnik erläutert.

Abkürzungen:

- [1] „Bauphysik-Kalender 2002“; Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH, Berlin;2002

1. Projekt einrichten

Legen Sie ein neues Projekt an, indem Sie die Seite „Projekt“ aufschlagen und den Schalter „neu“ betätigen oder alternativ die Projektübersicht mit dem ersten Bildschalter aufrufen und „neues Projekt anlegen“ wählen. Geben Sie eine Projekt-Kurzbezeichnung, z.B. „Bauphysik-A“ an, aus der ein Datenpfad für das Arbeitsverzeichnis gebildet werden kann. Dabei bitte keine Punkte, Leerzeichen oder Doppelpunkte verwenden, die Probleme beim Dateizugriff schaffen könnten. Bestätigen Sie das vorgeschlagene Arbeitsverzeichnis und geben Sie einen Projekttitel an, der später im Kopf der Arbeitsblätter oder in Kopftextzeilen verwendet werden kann. Bestätigen Sie die Information, dass das Projekt im zugehörigen Arbeitsverzeichnis gespeichert wird. Im Titelblatt „Projekt“ können die allgemeinen Gebäudedaten und die Adresdaten der Planungsbeteiligten eingetragen werden.

Berechnungsumfang und Programmkonzept machen es erforderlich, dass die Arbeitsdaten zu einem Projekt in mehreren Dateien gespeichert werden. Bauteilparameter sind in Bauteildateien mit der Endung „.dwb“ (DÄMMWERK-Bauteildatei) und Gebäudeparameter in Gebäudedateien mit der Endung „.dwe“ gespeichert. Jeweils eine Datei für ein Bauteil bzw. eine Gebäudeberechnung. Außerdem finden Sie im Arbeitsverzeichnis Rechenblätter „.reb“, Isothermenberechnungen „.it“ und vielleicht auch Textablagen „.rtf“.

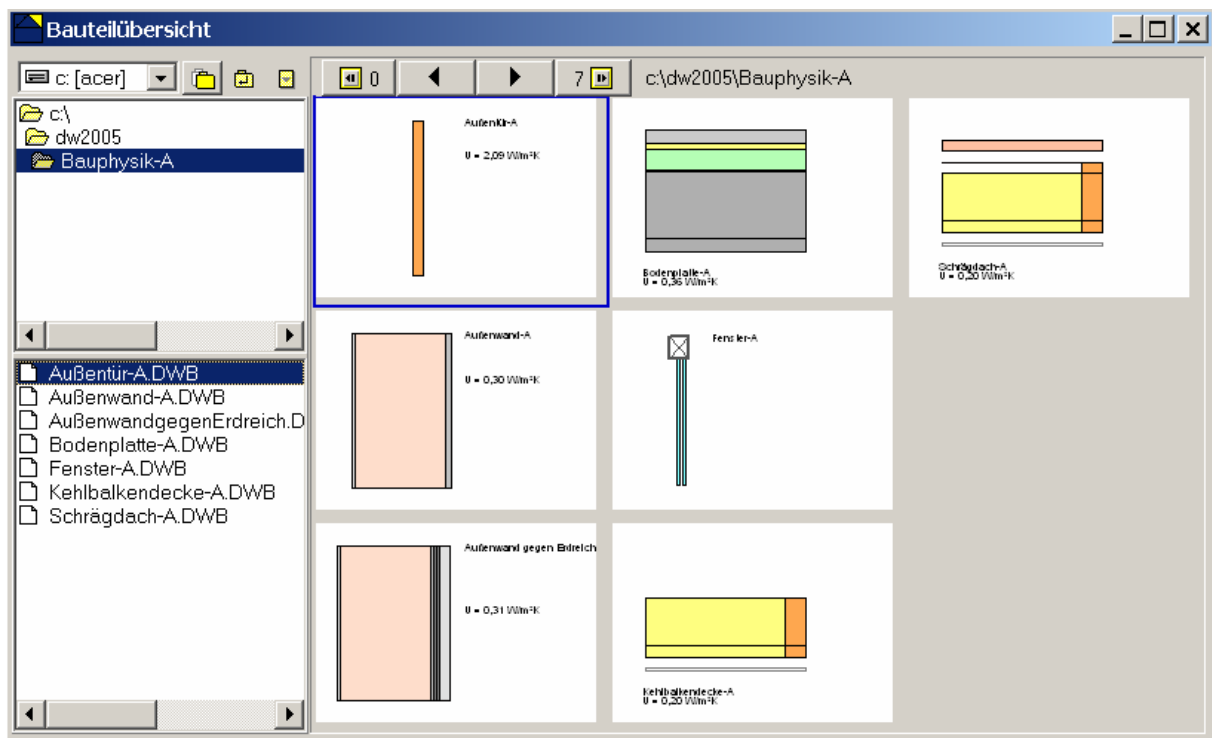
Das Arbeitsverzeichnis wird beim Einrichten eines neuen Projekts angelegt. Zu dem Arbeitsverzeichnis existiert eine Projektdatei mit dem Namen „Projektinfos.dw“. Die Projektdatei enthält den Pfad zum Arbeitsverzeichnis und einige allgemeine Einstellungen für das Projekt (Adressen, Geometriedaten ...). Die kleinen Projektdateien werden im Projektordner abgelegt. Über sie ruft man die Projekte auf.

Der Anwender merkt beim Arbeiten von den Dateizugriffen nichts, wenn die „stille Dateiverwaltung“ aktiviert ist. Berechnungen werden automatisch gesichert, wenn der Programmablauf dies erfordert, z.B. wenn Sie ein neues Bauteil beginnen. Man kann die stille Dateiverwaltung auf der Seite Dienste ausschalten, wenn man die Speichervorgänge bestätigen möchte.

Der Speicherort für Projektordner kann in der Projektübersicht geändert werden, etwa für den Fall, dass Sie Ihre Daten in einer Netzwerkinstallation zentral speichern.

Zum Kopieren und Verschieben von Projekten muss man die kompletten Ordner heranziehen. Die Routine „Projekt kopieren“ in der Projektübersicht organisiert gleichzeitig die neue Verzeichnisstruktur. Werden Projektordner mit externen Dateimanagern (z.B. dem windows explorer) kopiert, kann es erforderlich sein die verbliebenen, alten Datenpfade in den Gebäudeberechnungen zu neutralisieren.

2. Bauteilquerschnitte eingeben



Für die Variante A des Berechnungsbeispiels aus [1] werden die grafisch dargestellten Außenbauteile benötigt. Benutzen Sie bitte die folgenden Konstruktionen.

Querschnitt Außenwand-A

von innen	s [cm]	ρ [kg/m ³]	[kg/m ²]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]
R _{si}					0,13
01 Gipsputz	1,000	1200	12,0	0,350	0,03
02 Poroton Plan-T12 DM	36,500	650	237,3	0,120	3,04
03 Leichtputz 1000	2,500	1000	25,0	0,360	0,07
R _{se}					0,04
d = 40,000		G = 274,3		R _T = 3,31	

Wählen Sie auf der Seite Bauteil den Schalter „neu“ und klicken im Dialogfenster auf „Außenwand“. Geben Sie die Bauteilbezeichnung „Außenwand-A“ ein und bestätigen Sie. Wählen Sie im Baustoffassistenten, der sich selbständig öffnet, in den Baustoffdaten die Baustoffgruppe „Putz / Estrich → 3 Gips / Kalkputz“. Markieren Sie in der weißen Baustoffliste „Gipsputz“, kontrollieren Sie die angezeigten Baustoffparameter und übernehmen Sie den Baustoff als erste Schicht in Ihren Bauteilquerschnitt. Benutzen Sie dazu den Schalter „Schicht 1⇒“ oder Doppelklick in der weißen Liste. Den Mauerstein finden Sie in der Baustoffgruppe „Mauerwerk“. Die benötigte Steinqualität wird in der großen Auswahl nicht sofort dargestellt. Bewegen Sie deshalb die Bildschirmanzeige oder geben Sie im Feld „Kurzwahl“ einen typischen Teil der Baustoffbeschreibung (z.B. „Poro“ oder „T12“) ein. Die Baustoffdatenbank enthält nur Regelschichtdicken, für den Mauerstein 30 cm. Die benötigte Schichtdicke stellen Sie später ein. Wählen Sie den geforderten Leichtputz in gleicher Weise aus (Baustoffgruppe „Putz / Estrich“, Kurzwahl „Leichtp“). Schließen Sie nun den Baustoffassistenten und ändern Sie die Schichtdicken in der Querschnittstabelle (Schichtdicke anklicken, Wert eintippen und mit ENTER bzw. EINGABE bestätigen). Sie können ohne zu Speichern mit dem nächsten Querschnitt fortfahren (DÄMMWERK speichert automatisch).

Querschnitt Außenwand-A zum Erdreich

von innen	s [cm]	ρ [kg/m ³]	[kg/m ²]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]
R _{si}					0,13
01 Gipsputz	1,000	1200	12,0	0,350	0,03
02 Poroton Plan-T12 DM	36,500	650	237,3	0,120	3,04
03 Kalkzementputz	1,500	1800	27,0	0,870	0,02
04 Bitumendachbahn DIN 52128	0,400	1200	4,8	0,170	0,02
05 Bitumendachbahn DIN 52128	0,400	1200	4,8	0,170	0,02
06 PS-Dränplatte	4,000	15	0,6	-	-
R _{se}					0,00
d = 43,800		G = 286,5		R _T = 3,26	

Vorgehen wie unter Querschnitt „Außenwand-A“ beschrieben. Die gewünschten Bitumendachbahnen finden Sie in der Baustoffgruppe „Abdichtungen“. Eine PS-Dränplatte ist im Baustoffassistenten nicht zu finden. Wählen Sie alternativ unter „Diverse“ die PS-Partikelschüttung. Schließen Sie den Baustoffassistenten und ändern Sie die Bezeichnung der letzten Schicht in „PS-Dränplatte“. Der λ_r - Wert wird 0 gesetzt (da durchfeuchtet). Ändern Sie den Bauteiltyp von „Außenwand“ in „Außenwand gegen Erdreich“: Bauteiltyp anklicken „1. Bauteiltyp → EN ISO 6946 → Wände → Außenwand gegen Erdreich“.

Anmerkung: Der in [1] vorgeschlagene Wandquerschnitt zum Erdreich funktioniert diffusionstechnisch nicht. Eine gleichzeitig wärmedämmende Dränplatte (z.B. Extruderschaum) würde die Situation retten.

Querschnitt Außentür-A

von innen	s [cm]	ρ [kg/m ³]	[kg/m ²]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]
R _{si}					0,13
01 Nadelholz	4,000	600	24,0	0,130	0,31
R _{se}					0,04
d = 4,000		G = 24,0		R _T = 0,48	

Querschnitt Bodenplatte-A

von innen	s [cm]	ρ [kg/m ³]	[kg/m ²]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]
R _{si}					0,17
01 Zementestrich	5,000	2000	100,0	1,400	0,04
02 PE-Folie	0,020	1000	0,2	-	-
03 TSD	2,000	150	3,0	0,040	0,50
04 PS 20 SE 040	8,000	20	1,6	0,040	2,00
05 Bitumendachbahn DIN 52128	0,400	1200	4,8	0,170	0,02
06 Bitumendachbahn DIN 52128	0,400	1200	4,8	0,170	0,02
07 Normalbeton 2400	25,000	2400	600,0	-	-
08 Magerbeton B10	5,000	2200	110,0	-	-
R _{se}					0,00
d = 45,820		G = 824,4		R _T = 2,75	

Der Aufbau der "Bodenplatte-A" wird über die Auswahl „neu → Bodenplatte“ eingeleitet. Für die Schicht TSD (Trittschalldämmung) wird eine Mineralfaser-Trittschalldämmung (z.B. Floorrock 20-2) verwendet und wie oben dargestellt modifiziert. Gleichen Sie anschließend die Schichtdicken wie oben gezeigt an. Den λ_R -Wert in der 7. und 8. Schicht setzen Sie bitte auf 0, da diese Schichten bei der U-Wertberechnung nicht berücksichtigt werden sollen.

Schrägdach-A

Die Dachkonstruktion ist ein mehrfach zusammengesetztes Bauteil, dessen U-Wert nach den Regeln der EN ISO 6946 berechnet werden muss. Alle Luftschichten außerhalb der Zwischensparrendämmung sind belüftet. Der in den belüfteten Bereich ragende Sparrenanteil wird rechnerisch nicht angesetzt. Unter den Sparren ist eine weitere Dämmebene mit Lattenrost aus Grund- und Traglatten vorgesehen. Geben Sie zunächst die Schichtenfolge für den Gefachbereich ein.

Wählen Sie auf der Seite Bauteil „neu → Dach“, Bezeichnung "Schrägdach-A". Die Gipskartonplatten finden Sie in der Baustoffgruppe „Bauplatten“, Grundlattung, Traglattung und Dachdeckung unter „Konstruktives“, PE-Folie und Unterspannbahn unter „Abdichtungen“.

In diesem besonderen Fall empfiehlt es sich, nach der Eingabe des Gefachquerschnitts zunächst den Baustoffassistenten zu schließen und die Schichtdicken an die Vorgaben anzupassen. Normalerweise werden Sie dies erst tun, wenn auch die Schichtenfolge für den Rahmen festgelegt wurde.

Bringen Sie nun die Grafik in die Mitte der Zeichenfläche. Klicken Sie dazu auf die Kontrollgrafik (das Grafikfenster öffnet sich), ziehen Sie die Grafik mit der Maus nach unten und verkleinern Sie mit dem Schieberegler den Maßstab. Grafikfenster wieder schließen.

Öffnen Sie den Baustoffassistenten über das Menü zu den Schichtnummern der Querschnittstabelle oder mit der „rechten Maustaste → Baustoffassistent“ erneut. Über der Querschnittstabelle im Baustoffassistenten befindet sich der Schalter „einfach“, der in einen Querschnitt „mit Rahmenanteilen“ umgeschaltet werden kann. Die (Gefach-) Schichtenfolge soll ebenfalls für den Rahmen übernommen werden. Um den Querschnitt des Rahmens zu ändern, muss der nun erschienene Schalter „Rahmen“ aktiv sein. Ersetzen Sie nun die beiden Mineralfaserdämmschichten und die belüftete Luftschicht durch Holz (Nadelholz, Sparren). Der Sparrenquerschnitt wird aus zwei Teilen zusammengesetzt, weil der obere Sparrenbereich rechnerisch nicht angesetzt werden soll.

Schließen Sie den Baustoffassistenten und ändern Sie die Schichtdicken und Bezeichnungen wie in der Querschnittstabelle gezeigt. Der Achsabstand ist den Vorgaben entsprechend anzupassen.

Der voreingestellte Bauteiltyp „Decke gegen die Außenluft“ muss in „Dachdecke hinterlüftet“ geändert werden (Auswahlmenü „1. Bauteiltyp“ aufrufen). Nach Rückfrage werden die Übergangswiderstände, die Durchlasswiderstände und Diffusionswiderstände der äußeren Schichten auf 0 gesetzt. Den λ -Wert des oberen Sparrenteils setzen Sie bitte manuell auf 0.

Die ruhende Luftschicht zwischen Untersparrendämmung und Gk-Platten enthält weitere Rahmenanteile, nämlich die Traglattung, die senkrecht zu den Sparren verläuft. Der Einfluss dieses Umstands auf den U-Wert ist gering, soll aber trotzdem berechnet werden. Schalten Sie über den farbig angelegten Schriftzug „zusammengesetztes Bauteil“ die Eingabepattform für eine „weitere Bauteilschicht mit Rahmenanteilen“ zu. Wählen Sie die 2. Schicht (ruhende Luftschicht) als weitere Schicht mit Rahmenanteilen aus (ggf. wiederholt auf die Schichtnummer klicken) und stellen Sie die unten gezeigten Werte ein. Das Rahmenmaterial („xxx“ anklicken) wird über das Auswahlmenü „2. Baustoffe → 6. Holz-Holzwerkstoff → 6.1 Holz → Nadelholz“ gewählt. Passen Sie die Breite und den Achsabstand an. Die berechneten R- und U-Werte für das dreifach zusammengesetzte Bauteil sind nun beinahe identisch mit den Angaben aus [1]. Einzige Abweichung: Die Breite der Grundlatten der Untersparrendämmung wird in [1] mit 6 cm, in unserer Berechnung mit Sparrenbreite = 8 cm angenommen. Eine und zwei Ebenen mit Rahmenanteilen sind mit den gezeigten Methoden genau darzustellen, bei einer dritten Ebene (wie im Beispiel) muss man sich behelfen.

Querschnitt Schrägdach-A

von innen	s [cm]	ρ [kg/m ³]	[kg/m ²]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]
R _{si}					0,10
01 Gipskartonplatten 12,5 mm	1,250	900	11,3	0,250	0,05
02 Luftschicht ruhend	4,000	1	0,0	-	0,16
03 Mineralfaser 040	4,000	20	0,8	0,040	1,00
04 PE-Folie	0,020	1000	0,2	-	-
05 Mineralfaser 040	18,000	20	3,6	0,040	4,50
06 Luftschicht belüftet	4,000	1	0,0	-	-
07 Unterspannbahn 0,80m	0,020	-	-	-	-
08 Grundlattung	4,000	-	-	-	-
09 Traglattung	4,000	-	2,0	-	-
10 Dachdeckung	4,000	-	40,0	-	-
R _{se}					0,10
d = 43,290 G = 57,9 R _T = 5,91					

$$U_{\text{Gefach}} = 0,169 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Zusammengesetztes Bauteil

Rahmenbreite	Achsabstand	<u>zusammengesetztes Bauteil</u>			
8,0 cm	90,0 cm	8,9 %	71,4 kg/m ²		
Rahmenanteil von innen	s [cm]	ρ [kg/m ³]	[kg/m ²]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]
R _{si}					0,10
01 Gipskartonplatten 12,5 mm	1,250	900	11,3	0,250	0,05
02 Luftschicht ruhend	4,000	1	0,0	-	0,16
03 Nadelholz	4,000	600	24,0	0,130	0,31
04 PE-Folie	0,020	1000	0,2	-	-
05 Sparren 180 mm	18,000	600	120,0	0,130	1,38
06 Nadelholz	4,000	600	24,0	-	-
07 Unterspannbahn 0,80m	0,020	-	-	-	-
08 Grundlattung	4,000	-	-	-	-
09 Traglattung	4,000	-	2,0	-	-
10 Dachdeckung	4,000	-	40,0	-	-
R _{se}					0,10
43,290 209,5 R _T = 2,10					

$$U_{(R)} = 0,476 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Weitere Bauteilschicht mit Rahmenanteilen

Bauteilschicht	Rahmenmaterial	λ	b	Achsabstand
2 Luftschicht ruhend	Nadelholz	0,13 W/mK	6,0 cm	62,5 cm

$$U_m = 82,4\% \cdot 0,169 + 8,0\% \cdot 0,476 + 8,7\% \cdot 0,165 + 0,9\% \cdot 0,444 = 0,196 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$R'_T = 1 / U_m = 5,11 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R''_T = 0,10 + 0,05 + 0,17 + 0,83 + 0,00 + 3,75 + 0,00 + 0,00 + 0,00 + 0,00 + 0,10 = 5,01 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_T = (R'_T + R''_T) / 2 = 5,06 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$\text{Wärmedurchgangskoeffizient } U = 0,198 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Kehlbalkendecke-A

Die Kehlbalkendecke kann aus der Dachkonstruktion entwickelt werden, da der Aufbau, abgesehen von den äußeren Schichten, identisch ist

Speichern Sie die Dachkonstruktion mit dem Bildschalter „speichern als ...“ zweimal. Vergeben Sie als zweiten, neuen Dateinamen die Bezeichnung „Kehlbalkendecke-A“ (Bauteilkopie anfertigen). Die Bezeichnung zum „Bauteil“ bitte ebenfalls ändern, damit die Grafik richtig beschriftet wird. Entfernen Sie nun alle außerhalb der Zwischensparrendämmung angeordneten Schichten im Gefach und Rahmenbereich. Rufen Sie dazu „Schicht entfernen“ im Menü zur Schichtnummerierung wiederholt auf oder öffnen Sie den Baustoffassistenten. Im Baustoffassistenten können in der Tabelle „Bauteilquerschnitt“ markierte Schichten mit der Taste „Entf“ (auf Ihrer Tastatur) entfernt werden. Sie können den Bauteiltyp auf „Decke unter Dachräumen“ einstellen. An den Übergangswiderständen ändert sich dadurch nichts.

Querschnitt Kehlbalkendecke-A (Gefach)

von innen	s [cm]	ρ [kg/m ³]	[kg/m ²]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]
R _{si}					0,10
01 Gipskartonplatten 12,5 mm	1,250	900	11,3	0,250	0,05
02 Luftschicht ruhend	4,000	1	0,0	-	0,16
03 Mineralfaser 040	4,000	20	0,8	0,040	1,00
04 PE-Folie	0,020	1000	0,2	-	-
05 Mineralfaser 040	18,000	20	3,6	0,040	4,50
R _{se}					0,10
d = 27,270 G = 15,9 R _T = 5,91					

$$U_{\text{Gefach}} = 0,169 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Fenster

Eine besondere Stellung nehmen die Fenster ein. Fenster sind zusammengesetzte Bauteile. Ihr U-Wert kann aber nicht aus der Schichtenfolge abgeleitet werden, weil er wesentlich von Strahlungsvorgängen, Beschichtungen, Gasfüllungen des Scheibenzwischenraums (SZR) und Wärmebrückeneffekten im Glasrandbereich bestimmt wird. Der Wärmedurchgangskoeffizient wird mit Tabellen ermittelt oder mit den Methoden der EN ISO 10077-1 berechnet. Die Querschnittstabelle ist verzichtbar und kann im Inhaltsmenü zum Bauteilformular (Bildschalter Inhalt) abgeschaltet werden. Die Querschnittstabelle erlaubt es aber, die zeichnerische Darstellung des Fensters zu beeinflussen.

U-Werte von Fenstern sind einerseits von der Qualität der Verglasung, des Rahmens und des Glasrandverbundbereichs abhängig. Andererseits ändern sie sich mit der Fenstergröße, dem Rahmenanteil und besonderen Gestaltungselementen, wie z.B. Pfosten, Sprossen, Kämpfern. Wer es ganz genau nehmen möchte, kann mit EN ISO 10077-1 für jede Fensterabmessung einen eigenen U-Wert berechnen. Die Einzelfenster können später in die EnEV-Berechnung übernommen werden. Normalerweise wird man aber einen mittleren Fenster-U-Wert für das Gebäude annehmen. Dabei sollte sorgfältig vorgegangen werden, denn der U-Wert von Fenstern erreicht leicht den vierfachen Wert anderer Außenbauteile. Versuche, den U-Wert der Fenster mit „besseren“ Verglasungen zu drücken, erweisen sich nicht selten als Fehlschlag, weil Verglasungen mit geringerem U-Wert in der Regel stärker beschichtet sind. Die Beschichtung verringert den g-Wert (Energiedurchlassgrad) und damit die Gutschriften aus solaren Wärmege winnen.

Wählen Sie auf der Seite Bauteil „neu → Fenster“ und vergeben Sie eine Bezeichnung für das Fenster. DÄMMWERK kopiert nun eine vorhandene Fensterkonstruktion in Ihr Arbeitsverzeichnis. Ändern Sie die Berechnungsparameter wie unten dargestellt. Möglicherweise müssen Sie eine andere Verglasung (Auswahlmenü „3. Verglasung → Produkte → Vegla (alt, siehe St. Gobain) → climaplus...“) und einen anderen Rahmen (Auswahlmenü „4. Fensterrahmen → EN ISO 10077-1:2000 → Holzrahmen → Weichholzrahmen 80mm...“) einstellen. Aktivieren Sie in den Formularoptionen gleichzeitig „Fenster DIN 4108-4:1998“ und „Fenster EN ISO 10077“. Damit können Sie die Ergebnisse vergleichen, der zuletzt berechnete Wert wird für die weitere Berechnung angenommen.

Die beiden Berechnungsverfahren nach DIN 4108-4 (1998 und 2002) arbeiten mit Tabellenwerten. In der neuen Vornorm (Februar 2002) lassen sich Zu- und Abschläge z.B. für Sprossen im SZR einstellen (Auswahlmenü 175 über „Tabellenwert“). Mit EN ISO 10077-1 können Rahmenanteile, Sprossen usw. genau berechnet werden.

Rufen Sie unter EN ISO 10077 über „Tabellenwert“ das Auswahlmenü „162. Fenster“ auf, und wählen Sie „Fenster berechnen → Einfachfenster“. Geben Sie die Fensterabmessungen (Breite = 1,20m, Höhe = 1,35m) ein. Die Rahmenteile können über die Hilfspunkte in der angezeigten Grafik aufgerufen werden (Rahmenbreite: unten, oben, links, rechts =85mm). Bestätigen Sie die getroffenen Einstellungen mit OK und rufen Sie das Auswahlmenü „162. Fenster“ erneut auf. Wählen Sie nun einen ψ-Wert für den Glas-Rahmen-Verbindungsbereich aus.

Fenster-A

[climaplus 1.1](#), 2-Scheiben-Isolierglas, U_g 1.1, g 58%
[Weichholzrahmen 80mm](#) (EN ISO 10077-1 D.2), U_f 1.65

DIN 4108-4:1998 Tab.2

$U_W = 1,30$ W/m²K $g = 58$ %

EN ISO 10077-1:2000 (Gl.1)

Einfachfenster U_g 1,1 U_f 1,65 (25 %) Ψ_g 0,06 (4,4 m) $U_W = 1,40$ (1,4) W/m²K

Fenster $b \times h = 1,20 \times 1,35$ m = 1,62 m², Rahmenbreiten 85/85/85/85 mm
Glas-Rahmen Verbindungsbereich $\Psi_g = 0.06$ Holz- oder Kunststoffrahmen, Scheiben beschichtet
1,2 m² Glasfläche mit $U_g = 1,10$ W/m²K, 0,4 m² Rahmenfläche mit $U_f = 1,65$ W/m²K

$U_W = (A_g \cdot U_g + A_f \cdot U_f + I_g \cdot \Psi_g) / (A_g + A_f) = 1,40$ W/m²K (Gl.1)

$U_W = 1,40$ W/m²K wird für die weiteren Berechnungen angenommen

3. Gebäudehüllflächen zusammenstellen

3.1 Hüllflächentabelle aus Geometriedaten

Über die Außenabmessungen des Gebäudes, die Dachform und -geometrie können die wesentlichen Hüllflächen des Gebäudes ermittelt und tabellarisch zusammengestellt werden. Dazu sind vier Arbeitsschritte erforderlich, nämlich:
- die Eingabe der Geometriedaten - das Erzeugen eines Rechenblatts - das Ergänzen des Rechenblatts und das Erzeugen einer Hüllflächentabelle.

Öffnen Sie auf der Seite „EnEV“ mit dem Schalter „neu“ den Assistenten, wählen Sie „3 – aus Geometriedaten“ und starten Sie den Vorgang. Stellen Sie in der nun angezeigten Grafik zum Rechenblatt den Nordpfeil auf die 10 Uhr-Stellung. Geben Sie unter „Gebäudegeometrie“ für den Gebäudeteil „A“ die nachfolgenden Daten ein. Zur Eingabe klicken Sie z.B. auf „Kubus“ und folgen den Hinweisen auf dem Bildschirm.

*Kubus: Höhe = 5,64m (ab OK Sohlplatte), im Erdreich = 0,58m, Breite = 8,00m, Länge = 10,47m
Dach: Firsthöhe über Dachboden = 3,94m, Höhe beheizter Dachraum = 2,77m,
Drempelhöhe = 1,00m (andere Abmessungen bestätigen, kein Walmdach)
Fenster: Breite = 1,35m, Höhe = 1,40m, Anzahl: 4 Westen, 3 Süden, 0 Osten, 0 Norden*

The screenshot shows the 'Gebäudegeometrie' software interface. On the left, there are two diagrams: a 'GRUNDRISS Gebäudeteil' (floor plan) showing a rectangular building with dimensions 8,00m (width) and 10,47m (length), and a 'SCHNITT' (cross-section) showing a gabled roof with a height of 5,64m and a slope of 36°. On the right, there is a control panel with a north arrow, a list of building parts (A, B, C, D), and a table of data for each part.

Gebäudeteil	Wie ...	Abmessungen
Kubus	einfach	$h = 5,64$ (5,06) $b \times l = 8,00 \times 10,47$
Dach	Schrägdach	$h = 3,94 / 2,77$ $b \times l = 8,00 \times 10,47$
Fenster		$b \times h = 1,35 \times 1,40$ (4-3-0-0 St)
Gaupen		

Erstellen Sie mit dem Schalter „neues Rechenblatt“ aus den Geometriedaten ein Rechenblatt, das wie unten gezeigt aussehen sollte.

	Gegenstand	Formel	Wert	*
1	Dach			
2	1 FD Steildach	$(2,99 + 2,99) * 10,47$	62,61	
3	2 FD Spitzboden	$3,18 * 10,47$	33,29	
4	Fenster			
5	3 FF West	$4 * 1,40 * 1,35$	7,56	
6	4 FF Nord			
7	5 FF Ost			
8	6 FF Süd	$3 * 1,40 * 1,35$	5,67	
9	Außenwände			
10	[Giebel]	$8,00 * 2,94 / 2 - 3,18 * 1,17 / 2$	9,90	
11	7 Fbw West	$8,00 * 0,58$	4,64	
12	8 Fbw Nord	$10,47 * 0,58$	6,07	
13	9 Fbw Ost	$8,00 * 0,58$	4,64	
14	10 Fbw Süd	$10,47 * 0,58$	6,07	
15	11 FAW West	$8,00 * 6,64 + [Giebel] - [FF West] - [Fbw West]$	50,82	
16	12 FAW Nord	$10,47 * 6,64 - [FF Nord] - [Fbw Nord]$	63,45	
17	13 FAW Ost	$8,00 * 6,64 + [Giebel] - [FF Ost] - [Fbw Ost]$	58,38	
18	14 FAW Süd	$10,47 * 6,64 - [FF Süd] - [Fbw Süd]$	57,78	
19	Grundflächen			
20	15 FG Kellerdecke	$10,47 * 8,00$	83,76	
21				
22	[Bodenplattenmaß A]	$10,47 * 8,00$	83,76	
23	[Bodenplattenmaß P]	$2 * (8,00 + 10,47)$	36,94	
24	[Bodenplattenmaß B']	$2 * [Bodenplattenmaß A] / [Bodenplattenmaß P]$	4,53	
25				
26	[Umbauter Raum]	$83,76 * 6,64 + 9,90 * 10,47$	659,82	

Das Rechenblatt enthält eine Nebenrechnung für die Giebelfläche, auf die in der Berechnungsformel für „FAW West“ und „FAW Ost“ Bezug genommen wird. Allgemein kann man sich auf Berechnungsgegenstände in anderen Berechnungsformeln beziehen, indem man deren Berechnungsgegenstand in eckige Klammern setzt. Die zugehörigen Ergebnisse „Wert“ werden dann automatisch addiert / subtrahiert / multipliziert usw. Fehlerhafte Formelbezüge quittiert DÄMMWERK mit einer leeren Ergebnisspalte.

Die Bezeichnung des Berechnungsgegenstandes von Nebenrechnungen sollte mit einer eckigen Klammer beginnen. Für solche Berechnungsgegenstände wird später keine Hüllfläche erzeugt.

Die Programmroutine erstellt anhand der Gebäudegeometrie je eine Dachfläche für Schrägdach und Spitzboden, Fenster- und Außenwandflächen für die vier Orientierungen und eine Grundfläche. Ebenfalls angegeben sind die Bodenplattenmaße A und P (Fläche und Umfang) und eine Berechnung für das Gebäudevolumen.

Ergänzen Sie das Rechenblatt manuell mit den gezeigten Flächen und Berechnungen.

Eingaben werden mit „F2“ oder „ENTER“ eingeleitet und abgeschlossen. Um Zeilen in die Tabelle einzufügen, benutzen Sie die Taste „Einfüg“ (Tastatur), die rechte Maustaste oder das Menü „Bearbeiten“. Die Nummerierung zusätzlicher Hüllflächen kann später automatisch abgeglichen werden. Damit DÄMMWERK erkennen kann, welche Hüllflächen nummeriert werden sollen, vergeben Sie zunächst eine beliebige Nummer, z.B. „1“. Innerhalb der Tabelle kann man Texte und Formeln an andere Stellen verschieben oder kopieren. Benutzen Sie dazu das Kontextmenü zur rechten Maustaste oder die Tastaturbefehle Strg+Einfüg und Umschalt+Einfüg. Verweise auf Berechnungsergebnisse anderer Berechnungszeilen werden in eckigen Klammern notiert. Die Bezeichnungen sollten unverwechselbar sein, also nur einmal in der Tabelle vorkommen. Zumindest muss aber die erste Fundstelle eines Verweises den gewünschten Wert enthalten. Der Rechenblatthintergrund wird erst weiß, wenn eine Hüllflächentabelle erstellt wurde.

	Gegenstand	Formel	Wert	*
1	Dach			
2	1 FD Steildach Nord	$2,99 \cdot 10,47 - [\text{DFF Nord}]$	28,75	
3	1 FD Steildach Süd	$2,99 \cdot 10,47 - [\text{DFF Süd}]$	28,75	
4	2 FD Spitzboden	$3,18 \cdot 10,47$	33,29	
5	Fenster			
6	3 FF West	$4 \cdot 1,40 \cdot 1,35 + 2 \cdot 1,50 \cdot 1,20$	11,16	
7	4 FF Nord	$1,20 \cdot 1,35 + 1,00 \cdot 1,35$	2,97	
8	5 FF Ost	$2,00 \cdot 2,20 + 1,20 \cdot 1,35 + 2 \cdot 1,50 \cdot 1,20$	9,62	
9	6 FF Süd	$3 \cdot 1,40 \cdot 1,35 + 1,00 \cdot 1,35 + 1,20 \cdot 1,35$	8,64	
10	6 DFF Nord	$2 \cdot 1,60 \cdot 0,80$	2,56	
11	6 DFF Süd	$2 \cdot 1,60 \cdot 0,80$	2,56	
12	Außenwände			
13	[Giebel]	$8,00 \cdot 2,94 / 2 - 3,18 \cdot 1,17 / 2$	9,90	
14	[Kellerabgang]	$1,10 \cdot 0,42 + 3 \cdot 0,174 \cdot 0,28 \cdot 3 / 2$	0,68	
15	16 Außentüren	$2 \cdot 1,10 \cdot 2,10$	4,62	
16	7 Fbw West	$8,00 \cdot 0,58$	4,64	
17	8 Fbw Nord	$10,47 \cdot 0,58 - [\text{Kellerabgang}]$	5,39	
18	9 Fbw Ost	$8,00 \cdot 0,58$	4,64	
19	10 Fbw Süd	$10,47 \cdot 0,58$	6,07	
20	11 FAW West	$8,00 \cdot 6,64 + [\text{Giebel}] - [\text{FF West}] - [\text{Fbw West}]$	47,22	
21	12 FAW Nord	$10,47 \cdot 6,64 - [\text{FF Nord}] - [\text{Fbw Nord}] - [\text{Außentüren}]$	56,54	
22	13 FAW Ost	$8,00 \cdot 6,64 + [\text{Giebel}] - [\text{FF Ost}] - [\text{Fbw Ost}]$	48,76	
23	14 FAW Süd	$10,47 \cdot 6,64 - [\text{FF Süd}] - [\text{Fbw Süd}]$	54,81	
24	Grundflächen			
25	15 FG Grundflächen	$10,47 \cdot 8,00$	83,76	

Erzeugen Sie schließlich mit „übertragen → neue Hüllflächentabelle“ aus dem Rechenblatt eine neue Hüllflächentabelle. Es soll eine neue Gebäudeberechnung angelegt und unter dem Namen „MB-Verfahren.dwe“ abgelegt werden.

Beim Erstellen einer neuen Hüllflächentabelle interpretiert DÄMMWERK die Bezeichnungen Ihrer Hüllflächen und schlägt passende Hüllflächentypen (z.B. 1.0 FAW für Außenwände oder 1.0 FD für Dachflächen) vor. Dazu werden typische Hüllflächenbezeichnungen benutzt, die in der Hintergrunddatei „Auswahl163.dat“ notiert sind und auf der Seite Dienste eingesehen und ergänzt werden können.

Spezialisierte Hüllflächentypen in der neuen Hüllflächentabelle (wie die Grundfläche oder die Außenwände zum Erdreich) müssen gegebenenfalls nachträglich geändert werden.

Wenn Sie später weitere Hüllflächen ergänzen müssen, können Sie dies in der Hüllflächentabelle tun. Solche Flächen werden im Rechenblatt nach Rückfrage automatisch ergänzt. Außerdem ist es mit „übertragen → ergänzen“ möglich, Ergänzungen im Rechenblatt in die Hüllflächentabelle einzufügen.

Nummerieren Sie die Tabelle neu (Auswahlmenü „14. Hüllfläche → neu nummerieren“, zu erreichen über die Hüllflächenbezeichnung).

Die Spalte mit den U-Werten ist leer, weil noch keine Bauteile ausgewählt wurden. Öffnen Sie das Auswahlmenü „14. Hüllfläche“ und wählen Sie „Bauteil-Dialog“. Das Dialogfenster kann für jede Hüllfläche angezeigt werden, Schalter „> auf / > ab“. Ein Pfeil (>) vor den Nummern markiert die aktuelle Position in der Hüllflächentabelle. Mit „Bauteil wählen“ gelangen Sie in die Bauteilübersicht und können das passende Bauteil zur Hüllfläche bestimmen. Für „1 FD Steildach Süd“ wählen Sie den Querschnitt „Schrägdach-A“, für den Spitzboden den Querschnitt „Kehlbalkendecke-A“. Für die Fenster kann allgemein „Fenster-A“ gewählt werden, einmal auswählen und mit „gilt auch für“ auf die anderen Fenster übertragen „auf alle [Fenster]“. Wählen Sie ebenso die Außenwandkonstruktionen.

Korrigieren und kontrollieren Sie die Spalte mit den F_x -Werten. Benutzen Sie dazu das Auswahlmü „93. Hüllflächentyp“. Wählen Sie für die Grundfläche „beheizter Keller → 0,20-0,45 Fußboden“.

Die Hauptarbeit ist damit getan, Ihre Hüllflächentabelle sollte jetzt etwa so aussehen:

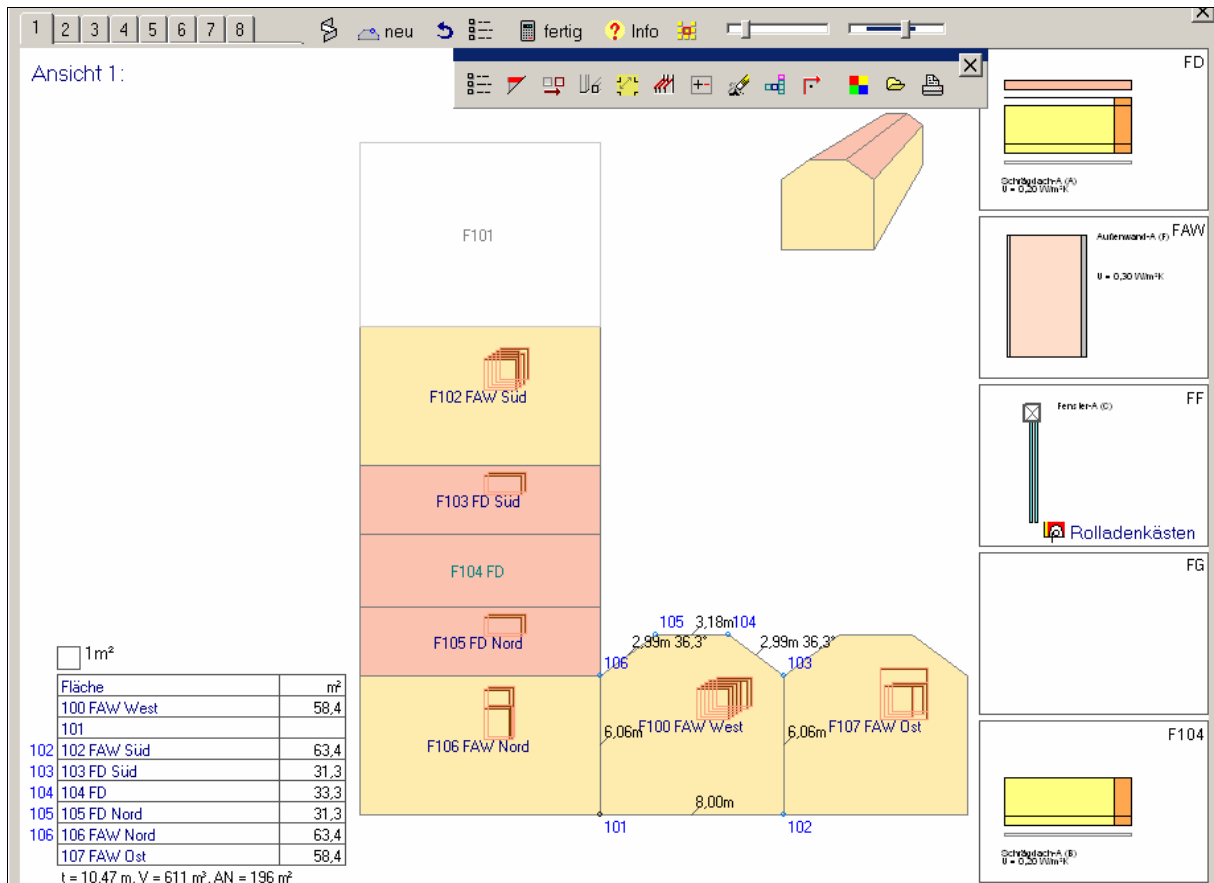
Spezifische Wärmeverluste des beheizten Bereichs							
Hüllfläche	A	U	F_x	Anmerkung	L_D		
	[m ²]	[W/m ² K]	[-]		[W/K]		
Dach							
<u>1 FD</u> Steildach Nord	28,8	0,198	<u>1,00</u>	F_D (51)	7,1		
<u>2 FD</u> Steildach Süd	28,8	0,198	<u>1,00</u>	F_D (51)	7,1		
<u>3 FD</u> Spitzboden	33,3	0,198	<u>0,80</u>	F_D (6,51)	6,9		
Fenster							
<u>4 FF</u> West	11,2	1,401	<u>1,00</u>	F_F (2,51)	16,2		
<u>5 FF</u> Nord	3,0	1,401	<u>1,00</u>	F_F (2,51)	4,3		
<u>6 FF</u> Ost	9,6	1,401	<u>1,00</u>	F_F (2,51)	14,0		
<u>7 FF</u> Süd	8,6	1,401	<u>1,00</u>	F_F (2,51)	12,5		
<u>8 DFF</u> Nord	2,6	1,401	<u>1,00</u>	F_F (2,51)	3,7		
<u>9 DFF</u> Süd	2,6	1,401	<u>1,00</u>	F_F (2,51)	3,7		
Außenwände							
<u>10 Außentüren</u>	4,6	2,093	<u>1,00</u>	F_{AW} (51)	9,9		
<u>11 Fbw</u> West	4,6	0,306	<u>0,60</u>	F_{bw} (13,25,51)	1,1		
<u>12 Fbw</u> Nord	5,4	0,306	<u>0,60</u>	F_{bw} (13,25,51)	1,3		
<u>13 Fbw</u> Ost	4,6	0,306	<u>0,60</u>	F_{bw} (13,25,51)	1,1		
<u>14 Fbw</u> Süd	6,1	0,306	<u>0,60</u>	F_{bw} (13,25,51)	1,4		
<u>15 FAW</u> West	47,2	0,302	<u>1,00</u>	F_{AW} (51)	16,6		
<u>16 FAW</u> Nord	56,5	0,302	<u>1,00</u>	F_{AW} (51)	19,9		
<u>17 FAW</u> Ost	48,8	0,302	<u>1,00</u>	F_{AW} (51)	17,2		
<u>18 FAW</u> Süd	54,8	0,302	<u>1,00</u>	F_{AW} (51)	19,3		
Grundflächen							
<u>19 FG</u> Grundflächen	83,8	0,363	<u>0,45</u>	F_{bf} (12,25,51)	17,9		
ΣA [m ²] =					444,7	$\Sigma L_D + H_u + L_S$ [W/K] =	181,3
Bodenplattenmaß $B' = A_G / (0.5 P) = 84 / 18 = 4,53$ m (DIN V 4108-6, E.3)							

3.2 Hüllflächentabelle mittels Flächenmanagement

Alternativ wird gezeigt, wie man eine Hüllflächentabelle über das Flächenmanagement mit Faltmodellen entwickeln kann.

Wählen Sie auf der Seite EnEV den Schalter „neu“, markieren Sie „8 – aus Faltmodellen“ und starten Sie. Es erscheint eine kurze Erläuterung mit der Möglichkeit sich einige Beispiele anzusehen.

Maximieren Sie das Rechenblatt, dass es auf dem ganzen Bildschirm angezeigt wird. Mit den zwei Schiebeschaltern am oberen Rand können die verschiedenen Maßstäbe eingerichtet werden. Vergrößern Sie mit dem 2. Schiebeshalter das Arbeitsblatt so, dass möglichst viel auf dem Bildschirm zu sehen ist.



Zur Bearbeitung der Aufgabe betätigen Sie den ersten der von 1 – 8 nummerierten Bildschalter „Faltmodell“ am oberen, linken Blattrand (8 Schalter = 8 Geometrien). Geometrievorschlage werden mittels Bildschalter „neu“ aufgerufen. Es erscheint eine Auswahl (Auswahl 204) von Geometrievorschlagen, die wie jede andere Auswahl ergänzt werden kann. Klicken Sie mit der Maus auf die Geometrie Nr.8. Im Dialogfenster Faltmodell 1 werden Breite, Höhle und Tiefe ($B \cdot H \cdot T$) des Gebäudes angegeben, für unser Beispiel $B=8\text{m}$; $H=7,83\text{m}$; $T=10,47\text{m}$. DÄMMWERK erstellt anhand der eingegebenen Werte über vorbelegte Verhältnisse die Abmessungen des Faltmodells. Die Flächendarstellung ist als Ansicht zu wahlel. Nach bestätigen der Maße mit „OK“ kann die Bezeichnung für das Faltmodell individuell geändert werden.

Das Faltmodell wird nun mit 6 Eckpunkten dargestellt, nummeriert von 101 (Fixpunkt) bis 106 und die Gebäudeflächen von 100 bis 107. Die Punkte sind wie in einem Koordinatensystem zu behandeln x-Position und h=y-Position. Über den Bildschalter „Anzeigeoptionen“ lassen sich diverse Einstellungen vornehmen. Aktivieren Sie: Faltflächen darstellen, Isometrie, Bauteilquerschnitte, Längen + Winkel, Eckpunkte Nr. und deaktivieren Sie Flächen-Kurzbezeichnung.

Die Geometrie des Hauses soll mit der aus dem Beispiel zuvor übereinstimmen. Die y-Koordinate von Punkt 103 und 106 muss auf $h=6,06\text{m}$ geändert werden. Hierzu den Punkt anklicken und den Wert entsprechend ändern. Wenn mehrere Punkte geändert werden sollen, kann der Schalter „symmetrisch übertragen“ hilfreich sein. Die Koordinaten des Punktes 105 lauten: $x=2,41$; $h=7,83$. Stellen Sie diese Werte ein und übertragen diese auf Punkt 104. Alternativ können die x-Koordinaten der Punkte auch mit dem Wippschalter verschoben werden bis der Neigungswinkel des Daches $36,3^\circ$ beträgt.

Nun wird die Orientierung angepasst und Fensterflächen zugeordnet. Die gewünschte Fläche anklicken und die Orientierung über den „Kompass“ wahlel. Die Ausrichtung der anderen Flächen lässt sich mit dem Bildschalter „übrige Orientierungen automatisch anpassen“ übertragen.

Die Fensterflächen übernehmen Sie aus dem bereits erstellten Rechenblatt der Aufgabe 3.1. Entsprechende Faltflache (z.B. F 100 FAW West) anklicken, Bildschalter „Fenster, Öffnungen“ betätigen, die Werte als Berechnungsvorschrift in die untere Zeile eingeben und mit „OK“ bestätigen. Standardmäßig ist eine Mauerwerksmatrix eingerichtet, die bei Bedarf über den Bildschalter „Offnungsmatrix ändern“ nach Ihren Vorgaben umstrukturiert werden kann.

$$F\ 100\ \text{FAW West} = 1,4 \cdot 1,35 \cdot 4 + 1,5 \cdot 1,2 \cdot 2 \qquad F\ 102\ \text{FAW Süd} = 1,4 \cdot 1,35 \cdot 3 + 1 \cdot 1,35 + 1,2 \cdot 1,35$$

$$F\ 107\ \text{FAW Ost} = 2,0 \cdot 2,2 + 1,2 \cdot 1,35 + 1,5 \cdot 1,2 \cdot 2 \qquad F\ 106\ \text{FAW Nord} = 1,2 \cdot 1,35 + 1,0 \cdot 1,35$$

$$F\ 103\ \text{FD Süd} = 1,6 \cdot 0,8 \cdot 2 \qquad F105\ \text{FD Nord} = 1,6 \cdot 0,8 \cdot 2$$

(Fenster der Dachfläche F 103 können auch mit dem Schalter „symmetrisch übertragen...“ auf die Dachfläche F 105 übernommen werden).

Die Außentüren werden von der Nordfassade abgezogen, betätigen Sie dazu im Dialogfeld der Außenwand Nord den Schalter Türen und Öffnungen und geben die Abmessungen ($1,1 \cdot 2,1 \cdot 2$) ein und bestätigen mit OK. Anschließend können Sie gleich die entsprechende Konstruktion wahlel.

Die Grundfläche F101 wird mittels Bildschalter „Fläche nicht berücksichtigen“ entfernt (Erläuterung siehe später).

Im rechten Bereich des Bearbeitungsfensters sind freie Flächen für die verwendeten Bauteile zu sehen. Hier werden die Hüllflächenbauteile zugeordnet und somit der U-Wert für die Hüllflächentabelle hinterlegt, so dass dieser später nicht noch einmal zugeordnet werden muss. Freie Fläche anklicken und das entsprechende Bauteil aus der Bauteilübersicht des Projektes zuordnen (FD=Dachflächen, FAW=Außenwandflächen, FF=Fensterflächen, FG=Grundflächen). Für die Decke zum Spitzboden wird über das Flächendialogfeld eine andere Bauteilkonstruktion gewählt. Diese kann man sich über das Zuschalten der Anzeigeoption 5. + 6. Bauteil anzeigen lassen.

Im nächsten Schritt werden die Flächen des an das Erdreich grenzenden Gebäudeteils berechnet. Hierzu ist ein weiteres Bearbeitungsblatt erforderlich. Die Schalter 1-8 am oberen Blattrand ermöglichen das Zuschalten weiterer Berechnungsblätter. Zweites Blatt aufrufen und den Geometrievorschlag 2 auswählen. Im Dialogfeld die Darstellung als Grundfläche wählen und folgende Maße eingeben: B=8m; H=10,47m; T=0,58m. Die Orientierung ist dem Gebäude anzupassen. Die Fläche „F205 FD“ wird nicht berücksichtigt und muss entfernt werden. Der Bauteiltyp FAW der Wände wird über den Flächendialog in „Fbw“ geändert. Anschließend werden die Bauteile zugeordnet. Für die Wände gegen Erdreich ist als Standard Bauteil „FAW“ das entsprechende Bauteil zu wählen, ebenfalls für die Grundfläche „FG“. Sie können mit dem Bildschalter „Faltflächen-Anordnung“ aussuchen, wie die Faltflächen dargestellt werden sollen. Bei mehrmaliger Betätigung des Schalters ändert sich die Darstellung.

Faltmodell 2

Geometrie 2

ist Ansicht

ist Grundfläche

B = 8,00

H = 10,47

T = 0,58

OK

Fläche	m ²
200 FG	83,8
201 Fbw West	4,6
202 202 Fbw Süd	6,1
203 203 Fbw Ost	4,6
204 204 Fbw Nord	6,1
205	

h = 0,58 m, V = 49 m³, AN = 16 m²

Anwendung gegen Erdreich

U = 0,31 W/m²K

Bodenplatte-A (G)

U = 0,36 W/m²K

Mittels Bildschalter „fertig“ werden die Geometrien in das Rechenblatt und eine neue EnEV-Berechnung übertragen. In der unteren Spalte des Dialogfeldes muss „1 und 2“ blau markiert sein, da zwei Bearbeitungsblätter erstellt und für die Berechnung berücksichtigt werden sollen. Bestätigen Sie mit dem Schalter „OK“ und legen Sie eine neue Gebäudedaten-Datei unter dem Namen HP-Verfahren.dwe an.

Der noch fehlende Abzug für den Kellerabgang wird manuell in das Rechenblatt eingetragen. Öffnen Sie dazu das Rechenblatt und nehmen Sie die entsprechenden Ergänzungen vor. Hierzu wird eine zusätzliche Zeile eingefügt und bearbeitet. Die Abmessungen übernehmen Sie aus der Aufgabe 3.1. Nachdem das Rechenblatt kontrolliert wurde und die Änderungen eingearbeitet sind, sollte das Rechenblatt so aussehen.

	Gegenstand	Formel	Wert	*	▲
1 #	1) Sattel				
2 #	Deckflächen				
3 #	1 F103 FD Süd	$2,99 \cdot 10,47 - [A103]$	28,75		
4 #	2 F104 FD	$3,18 \cdot 10,47$	33,29		
5 #	3 F105 FD Nord	$2,99 \cdot 10,47 - [A105]$	28,75		
6 #	4 A103 DFF 36° Süd	$1,60 \cdot 0,80 \cdot 2$	2,56		
7 #	5 A105 DFF 36° Nord	$1,60 \cdot 0,80 \cdot 2$	2,56		
8 #	Außenwände				
9	[Kellerabgang]	0,68	0,68		
10 #	6 F100 FAW West	$58,37 - [A100]$	47,21		
11 #	7 F102 FAW Süd	$6,06 \cdot 10,47 - [A102]$	54,81		
12 #	8 F106 FAW Nord	$6,06 \cdot 10,47 - [A106] - [T106] + [Kellerabgang]$	56,54		
13 #	9 F107 FAW Ost	$58,37 - [A107]$	48,75		
14 #	Öffnungen / Fenster				
15 #	10 A100 FF West	$1,40 \cdot 1,35 \cdot 4 + 1,5 \cdot 1,2 \cdot 2$	11,16		
16 #	11 A102 FF Süd	$1,40 \cdot 1,35 \cdot 3 + 1,0 \cdot 1,35 + 1,2 \cdot 1,35$	8,64		
17 #	12 A106 FF Nord	$1,2 \cdot 1,35 + 1 \cdot 1,35$	2,97		
18 #	13 A107 FF Ost	$2,0 \cdot 2,2 + 1,2 \cdot 1,35 + 1,5 \cdot 1,2 \cdot 2$	9,62		
19 #	14 T106 FAW Nord, Tür(en)	$1,10 \cdot 2,1 \cdot 2$	4,62		
20 #	2)				
21 #	Grundflächen				
22 #	15 F200 FG	83,76	83,76		
23 #	16 F201 Fbw West	$8,00 \cdot 0,58$	4,64		
24 #	17 F202 Fbw Süd	$10,47 \cdot 0,58$	6,07		
25 #	18 F203 Fbw Ost	$8,00 \cdot 0,58$	4,64		
26 #	19 F204 Fbw Nord	$10,47 \cdot 0,58 - [Kellerabgang]$	5,39		

Über den Bildschalter „übertragen“ > „ergänzen“ werden die geänderten Berechnungen in die Hüllflächentabelle übernommen.

Der Inhalt der eckigen Klammern wird nicht in die Hüllflächentabelle übernommen, der errechnete Wert jedoch wie oben zu sehen ist entsprechend zugeordnet.

Die F_x -Werte für die Kehlbalkendecke und die Grundfläche müssen noch korrigiert werden. Danach sollte die Tabelle folgenden Inhalt haben.

Spezifische Wärmeverluste des beheizten Bereichs						
Hüllfläche	A	U	F_x	Anmerkung	L_D	
	[m ²]	[W/m ² K]	[-]		[W/K]	
1) Sattel						
Deckflächen						
<u>1 F103</u> FD Süd	28,8	0,198	<u>1,00</u>	F_D (51)	7,1	
<u>2 F104</u> FD	33,3	0,198	<u>0,80</u>	F_D (6, 51)	6,9	
<u>3 F105</u> FD Nord	28,8	0,198	<u>1,00</u>	F_D (51)	7,1	
<u>4 A103</u> DFF 36° Süd	2,6	1,401	<u>1,00</u>	F_F (2, 51)	3,7	
<u>5 A105</u> DFF 36° Nord	2,6	1,401	<u>1,00</u>	F_F (2, 51)	3,7	
Außenwände						
<u>6 F100</u> FAW West	47,2	0,302	<u>1,00</u>	F_{AW} (51)	16,6	
<u>7 F102</u> FAW Süd	54,8	0,302	<u>1,00</u>	F_{AW} (51)	19,3	
<u>8 F106</u> FAW Nord	56,5	0,302	<u>1,00</u>	F_{AW} (51)	19,9	
<u>9 F107</u> FAW Ost	48,8	0,302	<u>1,00</u>	F_{AW} (51)	17,2	
Öffnungen / Fenster						
<u>10 A100</u> FF West	11,2	1,401	<u>1,00</u>	F_F (2, 51)	16,2	
<u>11 A102</u> FF Süd	8,6	1,401	<u>1,00</u>	F_F (2, 51)	12,5	
<u>12 A106</u> FF Nord	3,0	1,401	<u>1,00</u>	F_F (2, 51)	4,3	
<u>13 A107</u> FF Ost	9,6	1,401	<u>1,00</u>	F_F (2, 51)	14,0	
<u>14 T106</u> FAW Nord, Tür(en)	4,6	2,093	<u>1,00</u>	F_{AW} (51)	9,9	
2)						
Grundflächen						
<u>15 F200</u> FG	83,8	0,363	<u>0,45</u>	F_{bf} (12, 25, 51)	17,9	
<u>16 F201</u> Fbw West	4,6	0,306	<u>0,60</u>	F_{bw} (13, 25, 51)	1,1	
<u>17 F202</u> Fbw Süd	6,1	0,306	<u>0,60</u>	F_{bw} (13, 25, 51)	1,4	
<u>18 F203</u> Fbw Ost	4,6	0,306	<u>0,60</u>	F_{bw} (13, 25, 51)	1,1	
<u>19 F204</u> Fbw Nord	5,4	0,306	<u>0,60</u>	F_{bw} (13, 25, 51)	1,3	
ΣA [m ²] =		444,7	$\Sigma L_D + H_u + L_s$ [W/K] =		181,2	
Bodenplattenmaß $B' = A_G / (0.5 P) = 84 / 18 = 4,53$ m (DIN V 4108-6, E.3)						

3.3 Weitere Möglichkeiten, Hüllflächentabellen zu erzeugen

Im Berechnungsblatt zur EnEV zeigt der Hüllflächenassistent (Schalter „neu“) weitere Möglichkeiten an, die Hüllflächen zusammenzustellen.

Besonders hervorzuheben ist der Import aus extern erstellten Textdateien. Textdateien mit Hüllflächenbezeichnungen und m²-Angaben, vielleicht auch mit U-Werten, Orientierungen usw. können extern mit Nemetschek CAD-Software, Glaser isb-CAD, Texteditoren oder Tabellenkalkulationen erzeugt werden. Die Parameter, die eingelesen werden sollen, müssen durch einfache Trennzeichen (Tabulator, Semikolon) getrennt sein, jeweils eine Zeile für einen Datensatz. Der Import wird über die Bildschalter „neu → 2 - aus importierten Flächendaten“, „neu → 5 - aus einer Flächenermittlung“ oder durch das Einlesen einer Tabelle in das Rechenblatt vorgenommen. Das Sortieren und Strukturieren der Tabelle nimmt dabei das externe Programm vor. Über das Auswahlmeneü „14. Hüllflächen“ kann man später noch umsortieren.

Außerdem ist es möglich, die zuvor entworfenen Bauteile der Reihe nach durchzusehen und daraus Hüllflächen zu erzeugen. Diese Vorgehensweise führt zu nicht strukturierten Hüllflächentabellen.

4. EnEV-Berechnung durchführen

4.1 Heizperiodenbilanzverfahren

Das Heizperiodenbilanzverfahren (HP-Verfahren) nach DIN V 4108-6, Anhang D (öffentlich rechtlich) kann bei Wohngebäuden mit weniger als 30% Fensterflächenanteil angewendet werden. Es entspricht, abgesehen von der Anlagentechnik, dem Nachweisverfahren nach WVO '95 und liefert gegenüber dem Monatsbilanzverfahren (MBV) weniger gute Ergebnisse. Mit dem HP-Verfahren berechnen Sie den Energiebedarf des Gebäudes für eine Heizperiode. Die Berechnung wird vergleichend angestellt und ist in [1] nicht enthalten.

Falls noch nicht geschehen, schalten Sie in den Berechnungsoptionen die „EnEV-Grafik“ zu, eine grafische Eingabe- und Ergebniskontrolle. Eine gute Orientierung zum Stand der Berechnung leistet auch das Grenzwert-Kontrollfenster (optional). Gehen Sie das Berechnungsblatt von oben nach unten durch und treffen Sie Ihre Einstellungen.

Über den Schriftzug „Nachweisverfahren“ erreichen Sie das Auswahlmenü „119. Verfahren“. Dort wählen Sie „4. HP-V Heizperiodenbilanzverfahren (wie 2. vereinfacht)“. Grafik und Hüllflächentabelle ändern sich. Die Liste der Hüllflächentypen (aufrufen über die Fx-Spalte, Auswahlmenü „143. Hüllflächentyp“) ist vereinfacht. Die Fx-Faktoren für die Bauteile zum Erdreich und für den Spitzboden müssen überprüft werden (Außenwand zum Erdreich und Bodenplatte = 0,6; Spitzboden = 0,8).

Für alle Arten von Grundflächen wird der Reduktionsfaktor 0.6 angenommen. Bauteilverluste zu niedrig oder nicht beheizten Räumen (Treppenhaus, Keller) werden mit dem Faktor 0.5 reduziert und Bauteile zum ungenutzten Dachraum mit 0.8. Der Wärmebrückenzuschlag ist mit einem zusätzlichen U-Wert von 0.05 W/m²K bezogen auf die Summe aller Hüllflächen vorgegeben.

Die spezifischen Transmissionswärmeverluste berechnet man inklusive Wärmebrückenzuschlag mit H_T = 186 W/K, etwa 3% mehr als mit dem Monatsbilanzverfahren. Der Zuschlag für Wärmebrücken verursacht davon etwa 13%.

Für die weiteren Berechnungen wird das Gebäudevolumen V_e und die (Rechen-) Nutzfläche A_N benötigt. Das Volumen wurde am Ende des Rechenblatts bereits ermittelt und kann dort bearbeitet werden.

Beheiztes Gebäudevolumen

Bezeichnung	Volumenermittlung	V [m ³]
1 [Umbauter Raum]	659,71	659,7
Gesamtes beheiztes Gebäudevolumen		V _e = 660 m ³
Gebäudenutzfläche		A _N = 0.32 * V _e = 211 m ²

Die Lüftungswärmeverluste werden für ein Gebäude mit Dichtheitsprüfung (Umschalter „mit / ohne“) ermittelt, die internen Wärmegewinne mit einem pauschalen Ansatz.

Spezifische Lüftungswärmeverluste

Wohngebäude mit Dichtheitsprüfung nach A4, Nr.2
H_v = 0.163 * V_e = 108 W/K (A1, Tab.2)

Raumlufttechnische Anlagen werden nicht berücksichtigt (DIN V 4108-6, Tab. D.1)

Interne Wärmegewinne

Q_i = 22 * A_N = 4.644 kWh/a (A1, Tab.2)

Die Hüllflächenbezeichnungen wurden bei der Eingabevariante über die Geometriedaten bereits auf Angaben zur Orientierung der Flächen untersucht. Die vermuteten Orientierungen sind in der Tabelle „Solare Wärmegewinne“ eingestellt. Aufgeführt sind alle Fensterflächen. Die m²-Angaben kommen aus der Hüllflächentabelle, die g-Werte (Energiedurchlassgrad) aus den Bauteilbezügen. Gehen Sie die Tabelle durch und korrigieren Sie nicht korrekte Voreinstellungen.

Solare Wärmegewinne

Hüllfläche	A [m ²]	g ⊥	Σ(I _s) _{j,HP} [kWh/m ² a]		Q _s [kWh/a]
4 A103 DFF 36° S	2,6	0,60	270	Süd	415
5 A105 DFF 36° N	2,6	0,60	100	Nord	154
10 A100 FF West	11,2	0,60	155	W/O	1.038
11 A102 FF Süd	8,6	0,60	270	Süd	1.400
12 A106 FF Nord	3,0	0,60	100	Nord	178
13 A107 FF Ost	9,6	0,60	155	W/O	895
0.567 * Σ Q _s [kWh/a] =					2.313

Solarenergiegewinnende Systeme wie Wintergärten oder transparente Wärmedämmung werden nicht berücksichtigt (DIN V 4108-6, Tab. D.1).

Der g-Wert wird aus den Bauteilberechnungen der Fenster übernommen. Um die Vergleichbarkeit zu erhalten, ändern Sie den Wert auf 0.60 (falls nicht bereits eingestellt).

*Auswahlmenü „167. g-Werte“ über g ⊥ aufrufen und Wärmeschutzverglasung 0.60 wählen, die Auswahl auf alle anderen Kollektorflächen übertragen.
Die Orientierung der Fenster wird über das Auswahlmenü „168. Orientierung“ korrigiert.*

Eine Nachtabschaltung der Heizungsanlage (in kleinen Wohngebäuden üblich) kann eingestellt werden. Der Heizwärmebedarf verringert sich damit um 5%, Faktor 0.95.

Klicken Sie auf den blauen Schriftzug „Die Nachtabschaltung der Heizungsanlage“ und schalten Sie die Nachtabschaltung ein.

Jahres-Heizwärmebedarf

Der Heizwärmebedarf wird nach DIN V 4108-6, Tab. D.1 ermittelt.

Die Nachtabschaltung der Heizungsanlage wird mit dem Faktor $f_{NA} = 0.95$ berücksichtigt.

Die Gradtagzahl für den mittleren Standort Deutschland $F_{Gt} \approx 66,0$

Der Ausnutzungsgrad für interne und solare Wärmegewinne beträgt $\eta_P = 0.95$.

$$Q_h = 66,0 * (H_T + H_v) - 0,95 * (Q_s + Q_i) = 12.751 \text{ kWh/a } (q_h = 60,4 \text{ kWh/m}^2\text{a})$$

Mit Nachtabschaltung erhält man einen Jahres-Heizwärmebedarf Q_h von 60,4 kWh/m²a oder 12.751 kWh total. Der hochbautechnische Teil der Berechnung ist damit komplett.

Zur Berechnung des Primärenergiebedarfs stellen Sie nun den Wärmebedarf für die Warmwasserbereitung auf „pauschal 12,5 kWh/m²a“ ein. Die anderen, im Auswahlmenü „114. Warmwasser“ angebotenen Berechnungsmöglichkeiten, sollten nur in begründeten Fällen zur Anwendung kommen und nicht im öffentlich-rechtlichen Verfahren.

Wärmebedarf für Warmwasserbereitung

pauschaler Ansatz 12,5 kWh/m²a (öffentlich-rechtlicher Nachweis)

$$Q_{tw} = A_N * q_{tw} = 211 * 12,5 = 2.639 \text{ kWh/a}$$

Anlagentechnik

Die Anlagentechnik für Heizwärme- und Trinkwarmwasserbereitung, Speicherung, Verteilung und Übergabe wird mit einer einzigen Einstellung aus dem Auswahlmenü „142. Anlage → Bbl. 1 ohne Luftanlage → Anlage 1 NT-Kessel innen 70/55°C ...500 → 1.87-1.52 WW“ mit Zirkulation erledigt.

Anlagentechnik (DIN V 4701-10:2001)

Diagrammverfahren, nach DIN V 4701-10 Bbl.1:2002-02, Anlage 1
Werte für $A_N = 211 \text{ m}^2$ und $q_h = 60,4 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

Trinkwarmwasserbereitung: gebäudezentrale Versorgung ~ mit Zirkulation ~
Verteilung innerhalb der thermischen Hülle ~ indirekt beheizter Speicher,
Aufstellung innerhalb der thermischen Hülle ~ Niedertemperatur-Kessel mit
Erdgas/Heizöl EL betrieben ~ ~ Lüftung: keine mechanische Lüftungsanlage ~ ~
Heizung: freien Heizfläche (z.B. Heizkörper) ~ überwiegende Heizung: Anordnung
im Außenwandbereich ~ P-Regler mit Auslegungsproportionalbereich $X_p=2K \sim$
 $70/55^\circ\text{C}$ -Auslegung ~ zentrales System ~ horizontale Verteilung innerhalb der
thermischen Hülle ~ Strangleitungen innenliegend, geregelte Pumpe ~
Niedertemperaturkessel (Aufstellung in der thermischen Hülle) mit Erdgas/Heizöl
EL betrieben ~

Anlagen-Aufwandszahl $e_p = 1,52$

Gesamt-Endenergie ohne Hilfsenergie, lokal $Q_{WE,E} = 19.872 \text{ kWh/a}$ ($94,1 \text{ kWh/m}^2\text{a}$)
Hilfsenergie, lokal $Q_{HE,E} = 514 \text{ kWh/a}$ ($2,4 \text{ kWh/m}^2\text{a}$)

Quelle und Beschreibung der gewählten Anlage sind angegeben. Die Anlagen-Aufwandszahl wird in den Tabellen aus DIN V 4701-10 in Abhängigkeit von der Größe A_N und dem quadratmeterbezogenen Heizwärmebedarf zweidimensional interpoliert. Die DIN V 4701-10 bietet sechs gebräuchliche Anlagenvarianten an, im Beiblatt 1 findet man weitere 70 Anlagen (Auswahlmenü „142. Anlage“). Das Diagrammverfahren eignet sich für Gebäude mit $A_N > 100 \text{ m}^2$ und Heizwärmeverbräuchen zwischen 40 und $90 \text{ kWh/m}^2\text{a}$. Die Größe der Gebäude ist, je nach Anlagentyp auf maximal 300 m^2 , 500 m^2 , 3.000 m^2 oder 10.000 m^2 begrenzt.

Mit der gewählten Anlage ergibt sich die Anlagen-Aufwandszahl $e_p = 1.52$ und ein quadratmeterbezogener Primärenergiebedarf von $Q'_{p'} = 110,9 \text{ kWh/m}^2\text{a}$. Das Anforderungsniveau der EnEV ($110 \text{ kWh/m}^2\text{a}$) wird fast erreicht.

Der Primärenergiebedarf enthält global auftretende Energiefaktoren, z.B. die Herstellung und den Transport des Rohstoffs. Weil den Bauherrn und Verbraucher letztendlich aber der örtlich anfallende Energiebedarf interessiert, werden zusätzlich der lokale Endenergiebedarf (der mit der gebäudeinternen Anlagentechnik zu decken ist) und der Stromverbrauch (Hilfsenergie) angegeben.

Stellen Sie im Abschnitt Anforderungen im Auswahlmenü „103. Nachweis → Anforderungen an Wohngebäude“ ein.

Anforderungen

vorh. $Q_{p'} = 110,9 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ (23.420 kWh/a , siehe Haustechnik)

Anforderungen an Wohngebäude

$A/V = 0,67$ ($0,67$) zulässig vorhanden

1) $Q_{p'}$ [$\text{kWh/m}^2\text{a}$]	110,1	110,9	(100,8 %)
2) H_T' [$\text{W/m}^2\text{K}$]	0,52	0,42	(80,0 %)

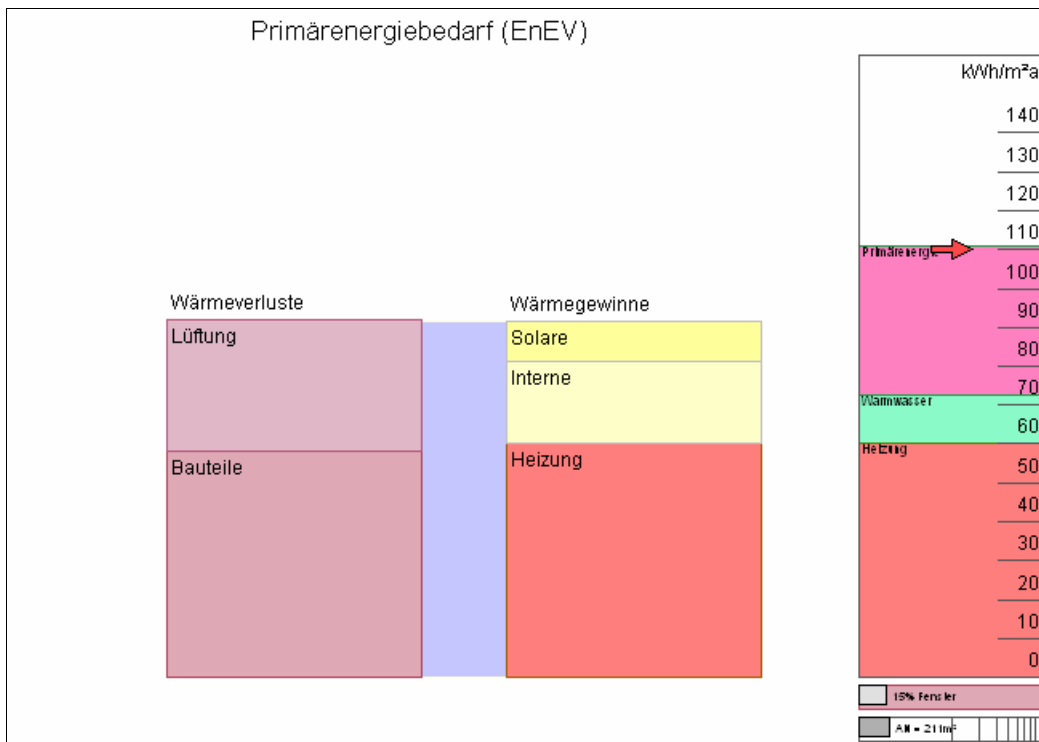
1) zulässiger Primärenergiebedarf $Q_{p'}$ nach EnEV 2001, A1, Tab.1, Anforderungen an Wohngebäude

2) Spezifischer Transmissionswärmeverlust $H_T' = (\sum L_D + \sum L_{D,WB}) / \sum A = 186 / 445 = 0,42$ (DIN V 4108-6, Tab. D.1, zul. H_T' nach EnEV 2001, A1, Tab.1)

Nicht zulässig nach EnEV '01, Anhang 1.

In [1] wird mit $e_p = 1.54$ und MBV der Primärenergiebedarf mit 22.883 kWh/Jahr berechnet. Die vereinfacht angewendeten Berechnungsmethoden des HP-Verfahrens führen in dem dargestellten Fall nur zu ca. 2% schlechteren Ergebnissen.

Die „EnEV-Grafik“ für das HP-Verfahren stellt die Energieanteile und Deckung qualitativ und quantitativ für eine Heizperiode dar. Der Grenzwert für den Primärenergiebedarf (roter Pfeil) wird überschritten. Weitere Erläuterungen zur EnEV-Grafik finden Sie im folgenden Abschnitt.



4.2 Monatsbilanzverfahren

Reaktivieren Sie die Sicherungskopie der Hüllflächentabelle „MB-Verfahren“. Öffnen Sie die Datei über den Bildschalter „windows-Dialog Datei laden...“. Die Berechnung „HP-Verfahren“ wird vorher automatisch gespeichert.

Wählen Sie im Auswahlm Menü „119. Verfahren → 3. MB-V Monatsbilanzverfahren (wie 1. vereinfacht)“.

Nachweisverfahren MB-V für den öffentlich-rechtlichen Nachweis Monatsbilanzverfahren, EnEV 2001 und DIN V 4108-6, Anhang D

XXX
Flächen und Längenangaben beziehen sich auf die Außenmaße.

Standort **Deutschland**, 50°,00' Region 0, T_a (im Jahresmittel) = 8,9°C

Sollinnentemperatur = 19,0 °C

Wärmebrückeneinflüsse werden pauschal berücksichtigt $L_D = A \cdot (U \cdot F_x + 0.05)$

Nach einem Wechsel des Berechnungsverfahrens stellen sich die F_x -Faktoren zurück, die verfahrensabhängig gesichert sind. Sie erhalten Empfehlungen, welche Einstellungen nach dem Verfahrenswechsel überprüft bzw. geändert werden müssen. Die Berechnung mit dem MBV wird zunächst mit Standardwerten durchgeführt. In weiteren Schritten werden wir uns an die Berechnungswege aus [1] genauer anpassen.

Aus Gründen der Vergleichbarkeit muss für den offiziellen Nachweis (Bauantrag) immer der Standort Deutschland eingestellt werden. Regionale Klimadaten können für energetische Betrachtungen, vergleichende Berechnungen und Gegenüberstellungen benutzt werden. Unter Umständen können auch Nachweise zur Beantragung von Fördermitteln mit regionalen Klimadaten angefertigt werden (Zuwendungsgeber konsultieren). Mit dem Standort des Gebäudes werden die monatlichen Außentemperaturen, die Strahlungsintensitäten und die geografische Lage (Verschattungsfaktoren) festgelegt.

Wählen Sie im Auswahlm Menü „91. Standort → Deutschland“ oder „→ öffentlich-rechtlich“.

Die mittlere Innentemperatur wird bei Wohngebäuden mit 19°C angenommen. Dabei ist berücksichtigt, dass Bereiche der Gebäude normalerweise unter 20°C beheizt werden, z.B. Flure, Treppenhäuser, Kammern...

Im Auswahlm Menü „165. Wärmebrücken“ stellen Sie bitte „pauschal 0.05“ ein. Theoretisch kann für jede Hüllfläche eine individuelle Festlegung getroffen werden (Auswahlm Menü „94. Anmerkungen“). Im Allgemeinen sollte man aber an dem pauschalen Zuschlag für alle Hüllflächen (inklusive Fenster und Grundflächen) festhalten.

Für Gebäude mit deutlichen Wärmebrücken müssten Sie sogar „pauschal 0.10“ wählen. Maßgebend dafür ist ein Vergleich Ihrer Bauteilkonstruktionen mit den Ausführungsempfehlungen aus DIN 4108, Beiblatt 2. Die meisten, dort angegebenen Konstruktionen haben wir nachvollzogen und im Verzeichnis „DIN4108-Beiblatt2“ hinterlegt. DÄMMWERK geht die Hüllflächentabelle durch und notiert die Anmerkung 51. Die LD-Werte der Hüllflächen, die mit dieser Anmerkung versehen sind, werden mit $0.05 * A$ beaufschlagt. Bei den Dachflächen mit einem U-Wert von 0.18 bedeutet dies z.B. einen Wärmebrückenzuschlag von knapp 30%. Die Regelungen zu den Wärmebrücken sind unglücklich, die pauschalen Zuschläge zu grob gewählt. Man darf auch im öffentlich-rechtlichen Verfahren Wärmebrücken alternativ explizit berechnen. Die Methodik werden wir später noch erörtern.

Spezifische Wärmeverluste des beheizten Bereichs

Hüllfläche	A [m ²]	U [W/m ² K]	F _x [-]	Anmerkung	L _D [W/K]		
Dach							
# 1 FD Steildach Nord	28,8	0,198	1,00	F _D (51)	7,1		
2 FD Steildach Süd	28,8	0,198	1,00	F _D (51)	7,1		
3 FD Spitzboden	33,3	0,198	0,80	F _D (6,51)	6,9		
Fenster							
4 FF West	11,2	1,401	1,00	F _F (2,51)	16,2		
5 FF Nord	3,0	1,401	1,00	F _F (2,51)	4,3		
6 FF Ost	9,6	1,401	1,00	F _F (2,51)	14,0		
7 FF Süd	8,6	1,401	1,00	F _F (2,51)	12,5		
8 DFF Nord	2,6	1,401	1,00	F _F (2,51)	3,7		
9 DFF Süd	2,6	1,401	1,00	F _F (2,51)	3,7		
Außenwände							
10 Außentüren	4,6	2,093	1,00	F _{AW} (51)	9,9		
11 Fbw West	4,6	0,306	0,60	F _{bw} (13,25,51)	1,1		
12 Fbw Nord	5,4	0,306	0,60	F _{bw} (13,25,51)	1,3		
13 Fbw Ost	4,6	0,306	0,60	F _{bw} (13,25,51)	1,1		
14 Fbw Süd	6,1	0,306	0,60	F _{bw} (13,25,51)	1,4		
15 FAW West	47,2	0,302	1,00	F _{AW} (51)	16,6		
16 FAW Nord	56,5	0,302	1,00	F _{AW} (51)	19,9		
17 FAW Ost	48,8	0,302	1,00	F _{AW} (51)	17,2		
18 FAW Süd	54,8	0,302	1,00	F _{AW} (51)	19,3		
Grundflächen							
19 FG Kellerdecke	83,8	0,363	0,45	F _{bf} (12,25,51)	17,9		
$\Sigma A \text{ [m}^2\text{]} =$					444,7	$\Sigma L_D + H_U + L_S \text{ [W/K]} =$	181,3

$$\text{Bodenplattenmaß } B' = A_G / (0.5 P) = 84 / 18 = 4,53 \text{ m (DIN V 4108-6, E.3)}$$

Der spezifische Transmissionswärmeverlust der Hüllflächen wird mit 181,3 W/K berechnet. Die Reduktionsfaktoren der Hüllflächen zum Erdreich und der korrigierte F_x-Wert für die Bodenplatte zum Erdreich sind für diesen, gegenüber dem HP-Verfahren um knapp 3% günstigeren Ansatz, maßgebend. Der Wärmeverlust der Bodenplatte wird zunächst mit dem Reduktionsfaktor nach DIN V 4108-6, Tab.3 bestimmt, der von dem Bodenplattenmaß (Fläche durch halben Umfang = Maß für die Aufgelöstheit der Bodenplatte) und dem U-Wert abhängig ist. Später wird an dieser Stelle ein stationär-harmonischer Leitwert eingesetzt.

Das Gebäudevolumen und die Nutzfläche A_N berechnet man, wie in Abschnitt 3.1 beschrieben. Hinzu kommt das beheizte Luftvolumen, das bei kleinen Wohngebäuden mit $0.76 * V_e$ (ansonsten $0.80 * V_e$) angenommen wird.

Beheiztes Gebäude- und Luftvolumen

Bezeichnung	Volumenermittlung	V [m ³]
1 [Umbauter Raum]	659,82	659,8
Gesamtes beheiztes Gebäudevolumen (EnEV A1, 1.3) $V_e =$ 660 m ³		
Gebäudenutzfläche	$A_N = 0,32 * V_e =$	211 m ²
<u>beheiztes Luftvolumen</u>	$V_L = 0,76 * V_e =$	501 m ³

Stellen Sie im Auswahlmenü „115. beheiztes Luftvolumen → Gebäude bis 3VG [0,76]“ ein.

Die Lüftungswärmeverluste werden mit der Annahme „freie Lüftung mit Dichtheitsprüfung“ (Auswahlmenü „110. Lüftungssystem“) berechnet. Freie Lüftung heißt Fensterlüftung und die Dichtheitsprüfung bedeutet, dass ein blower-door-Test (Überdruck-Test) nach Maßgabe des Anhangs 4 der EnEV durchgeführt wird. Man errechnet H_V mit 102,3 W/K, das ist gegenüber dem HP-Verfahren (108 W/K) etwas weniger.

Lüftungswärmeverluste

Luftvolumen	Netto-Luftvolumen $V_N = V_L = 501 \text{ m}^3$
Lüftung	freie Lüftung, Dichtheitsprüfung, $n = 0,60 \text{ h}^{-1}$

Spezifischer Lüftungswärmeverlust $H_V = 0,34 * n * V_N = 102,3 \text{ W/K}$ (DIN V 4108-6, 6.2)

Maßgebend für die Lüftungsverluste ist das Netto-Luftvolumen V_N . Dieses kann in teilbelüfteten Gebäuden (Lüftungsanlage nur in den Büroräumen, Praxen, Gaststätten, Versammlungsräumen usw.) manuell korrigiert werden. Diese Möglichkeit sieht die EnEV nicht vor. Sie wurde von uns ergänzt.

In Gebäuden oder Gebäudeteilen mit Lüftungsanlage wird der Luftwechsel im Wesentlichen durch die Anlage bestimmt. Die Luftwechselzahl von Lüftungsanlagen ist normalerweise mit $n = 0,40$ anzunehmen. Hinzu kommt ein Anteil durch Undichtheiten der Gebäudehülle und das Öffnen von Fenstern. Aus der Fortluft kann über einen Wärmetauscher (WÜT = Wärmeübertrager) ein großer Teil der enthaltenen Wärmeenergie (60-80%) zurückgewonnen werden. Diese Wärmegevinne sollte man bei den Lüftungswärmeverlusten nicht berücksichtigen (obwohl dafür in DIN V 4108-6 eine Berechnungsmöglichkeit angeboten wird), sondern erst später bei der Anlagentechnik.

Der allgemeine Ansatz für die internen Wärmegevinne in Wohngebäuden ist 5 W/m^2 nutzflächenbezogen. Die Ansätze für Bürogebäude sind höher. Besondere Ansätze (einzelne Wärmequellen) sollte man in begründeten Ausnahmefällen wählen. Mit dem HP-Verfahren wurden 4.644 kWh/a für die internen Wärmegevinne berechnet. Der Wert kann nicht direkt verglichen werden, weil der Bezugszeitraum verschieden ist.

Wählen Sie im Auswahlmenü „111. Interne → öffentlich-rechtlich → 5 W/m^2 Wohngebäude“.

Interne Wärmegevinne

Nutzfläche	$A_N = 0,32 * V = 211 \text{ m}^2$
Wärmeleistung	Wohngebäude (Anhang D.3), $q_{i,M} = 5,0 \text{ W/m}^2$

Brutto-Wärmegevinne $\Phi_{i,M} = q_{i,M} * A_N = 1.056 \text{ W}$ (DIN V 4108-6, 6.3)

Zur Berechnung der solaren Wärmegevinne müssen die so genannten effektiven Kollektorflächen berechnet werden. Aus der Hüllflächentabelle sind die Fensterflächen (Rohbau-Öffnungsmaße), einige Orientierungen und Neigungen bekannt. Die g-Werte und Rahmenanteile werden aus den Bauteilbezügen übernommen. Korrekturen und abweichende Einstellungen nehmen Sie über die Auswahlmenüs „104. Kollektor“, „100. Neigung“ und „101. g-Wert“ vor.

Verschattungen von Fenstern durch die Nachbarbebauung, durch auskragende Balkone oder andere Gebäudeteile sind nicht selten. Für den öffentlich-rechtlichen Nachweis darf man für die Summe der Verschattungen allgemein den Faktor 0,9 (10% Abzug) ansetzen. Eine genauere Ermittlung nach Fensterflächen und Verschattungseinflüssen ist aber möglich. Dazu würden Sie den Horizontwinkel der Verbauung oder den Überhangwinkel für die Fassadenflächen angeben. Die Abminderungsfaktoren selbst werden damit je nach geografischer Breite (Gebäuestandort) aus den DIN-Tabellen interpoliert. Abminderungsfaktoren für Sonnenschutzvorrichtungen sollten nur in Ansatz gebracht werden, wenn die Sonnenschutzvorrichtungen nicht geöffnet werden können. Andernfalls reduziert man die solaren Gewinne unnötig und unbegründet.

Multipliziert man die Flächen der Fenster aus der Hüllflächentabelle mit allen Abminderungsfaktoren und zusätzlich mit dem Faktor 0,9 (10% Abzug für nicht senkrechten Strahlungseinfall), dann erhält man die effektive Kollektorfläche. Das ist die Fläche, die tatsächlich die Solarstrahlung aufnimmt.

Die g-Werte werden an das Beispiel aus [1] angepasst. Wählen Sie dazu im Auswahlmenü „101. g-Werte → Wärmeschutzverglasung 0,60“ und übertragen Sie den Wert auf alle anderen Fensterflächen.

Der Faktor für die Rahmenanteile F_F wurde im Bauteilformular (Fensterberechnung nach EN ISO 10077) mit 0,75 berechnet. Er wird auf 0,70 eingestellt: Auswahlmenü zur Kollektorbezeichnung „104. Kollektor → FF Rahmenanteil“. Stellen Sie ebenfalls die Verschattungseinflüsse mit „104. Kollektor → öffentlich-rechtlich“ ein (Faktor 0.9).

Die Neigung der Fensterflächen wird im Auswahlmenü „100. Flächenneigung“ für die Dachfenster auf 30° eingestellt.

Solare Wärmegewinne

Effektive Kollektorflächen A_s für Deutschland, nördliche Breite $50^\circ,00'$

Kollektorfläche	A [m ²]	$g \perp$	F_F	F_C	F_h	F_o	F_f	A_s
Fenster								
3 FF West	11,2	West 90°	0,60	0,70	0,90			3,8
4 FF Nord	3,0	Nord 90°	0,60	0,70	0,90			1,0
5 FF Ost	9,6	Ost 90°	0,60	0,70	0,90			3,3
6 FF Süd	8,6	Süd 90°	0,60	0,70	0,90			2,9
6 DFF Nord	2,6	Nord 30°	0,60	0,70	0,90			0,9
6 DFF Süd	2,6	Süd 30°	0,60	0,70	0,90			0,9

A_s [m²] = $A * 0,90 * g \perp * F_F * F_C * F_s$ mit $F_s = F_h * F_o * F_f$ (DIN V 4108-6, Gl.54)
 F_F berücksichtigt den Rahmenanteil der Fenster. Abminderungsfaktor F_C für permanente Sonnenschutzvorrichtungen, Teilbestrahlungsfaktoren F_h für Horizontwinkel der Verbauung, F_o für horizontale Überhänge und F_f für seitliche Abschattungsflächen nach DIN V 4108-6, Tab.7 ff.

g-Werte der transparenten Flächen, sh. DIN V 4108-6, Gl.55: # 0,60: $g \perp$ der Wärmeschutzverglasung

Die Summe der Teilbestrahlungsfaktoren F_s wird für den öffentlich-rechtlichen Nachweis mit 0.9 angenommen

Mit den effektiven Kollektorflächen A_s und den Strahlungsintensitäten werden nun die solaren Wärmegewinne berechnet. Die Strahlungsintensitäten stehen in der DIN V 4108-6 zur Verfügung. Sie können zusätzlich auf dem Bildschirm angezeigt werden. Dazu müssen Sie die „Formelhintergründe“ im Inhaltsmenü zuschalten.

Strahlungsintensitäten für Deutschland DIN V 4108-6:2000, Tab A.1

[W/m ²]	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mrz	Apr
- 0°	179	135	75	39	22	33	52	82	190
Süd 90°	112	115	81	54	33	56	61	80	137
S-W 90°	120	109	69	44	26	44	52	70	140
West 90°	115	90	51	28	15	25	37	53	125
N-W 90°	90	62	35	18	10	14	25	38	89
Nord 90°	70	48	33	18	10	14	23	34	64
N-O 90°	90	62	35	18	10	14	25	38	89
Ost 90°	115	90	51	28	15	25	37	53	125
S-O 90°	120	109	69	44	26	44	52	70	140
Kollektorfläche			Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mrz	Apr
Fenster									
4 FF West			194	106	57	95	140	201	475
5 FF Nord			33	18	10	14	23	34	65
6 FF Ost			167	92	49	82	121	173	409
7 FF Süd			238	159	97	165	179	235	403
8 DFF Nord			43	23	13	17	30	47	119
9 DFF Süd			81	48	27	44	58	86	183
solare Wärmeströme $\Sigma \Phi_s$ [W]			756	445	253	417	552	777	1653
$\Sigma \Phi_s * t$ [kWh]			562	321	188	310	371	578	1190

Die solaren Wärmegewinne werden monatlich berechnet (sh. unten).

Die solaren Wärmegewinne stimmen mit den Angaben aus [1] (Tabelle 18) weitgehend überein, z.B. 577,2 kWh für den März gegenüber 578 kWh aus unserer Berechnung. Geringfügige Abweichungen resultieren aus Rundungsfehlern und aus dem Umstand, dass in [1] die Strahlungsintensitäten für 36° Dachneigung linear interpoliert wurden.

Solare und interne Wärmegewinne können im Winter vollständig, im Sommer nicht und in den Übergangszeiten teilweise für die Raumerwärmung genutzt werden. Für die rechnerische Abschätzung des möglichen Nutzungsanteils wird ein sogenannter Ausnutzungsfaktor für jeden Kalendermonat berechnet. Der Ausnutzungsfaktor ist wesentlich von der Wärmespeicherfähigkeit der raumzugewandten Bauteile abhängig, ausgedrückt in der Größe c_{wirk} . Für c_{wirk} kann man im Allgemeinen 50 Wh/K bei Gebäuden in massiver Bauart (wie unser Beispiel) oder 15 Wh/K bei leichten Gebäuden (Holzbauweisen, Skelettbauten, Massivbauten mit abgehängten Decken) ansetzen.

Wirksame Wärmespeicherfähigkeit (DIN V 4108-6, 6.5.2)

Vereinfachter Ansatz für schwere Gebäude mit massiven Innen- und Außenbauteilen ohne untergehängte Decken

$$c_{\text{wirk}} = 50,0 \text{ [Wh/m}^3\text{K]}, \quad c_{\text{wirk}} \cdot V_e = 32991 \text{ [Wh/K]}$$

$$\text{Parameter } a = a_0 + c_{\text{wirk}} / (H \cdot \tau_0) = 1 + c_{\text{wirk}} / (H \cdot 16) = 1 + 2062 / H \text{ (Gl.75, monatlich)}$$

Stellen Sie im Auswahlmenü „113. wirksame Wärmespeicherfähigkeit → 50 pauschal schwere Gebäude“ ein.

Mit explizitem Ansatz wird in [1] $\Sigma c_{\text{wirk}} = 29.386 \text{ Wh/K}$ berechnet (Tab.6). Wir verwenden zunächst den pauschalen Ansatz, führen aber später eine Vergleichsrechnung durch.

Den Einfluss der Heizunterbrechung wollen wir zunächst außer Acht lassen. Er wird in [1] berechnet und reduziert den Heizwärmebedarf um etwa 6%.

Im Auswahlmenü „171. Heizunterbrechung → nicht berücksichtigen“ wählen.

Heizwärmebedarf

Gebäudestandort	Deutschland
Transmissionsverluste	$Q_t = (\Sigma L_D) \cdot \Delta T \cdot d$
Bauteilverluste	$\Sigma L_D = 181 \text{ W/K}$
Heizunterbrechung	nicht berücksichtigt
Lüftung	$H_V = 102 \text{ W/K}$
Interne Gewinne	$\Phi_{i,M} = 1056 \text{ W}$
Solare Gewinne	$\Phi_s \text{ [W] (monatlich)}$
Ausnutzungsgrad	$\eta = (1 - \gamma^a) / (1 - \gamma^{a+1})$ (a sh. c_{wirk})
	$\gamma = Q_g / Q_l$ (monatlich, DIN V 4108-6, 6.5)

	t_A [°C]	Q_t [kWh]	$H_V \cdot \Delta T \cdot d$ [kWh]	$\Phi_{i,M} \cdot d \cdot \eta$ [kWh]	$\Phi_s \cdot d \cdot \eta$ [kWh]	η	Q_h [kWh]
Jan	-1,3	2.739	1.545	785	310	1,00	3.188
Feb	0,6	2.242	1.265	709	371	1,00	2.427
Mär	4,1	2.010	1.134	785	578	1,00	1.781
Apr	9,5	1.240	700	676	1.059	0,89	205
Mai	12,9	823	464	490	787	0,62	10
Jun	15,7	431	243	237	437	0,31	0
Jul	18,0	135	76	73	138	0,09	0
Aug	18,3	94	53	61	87	0,08	0
Sep	14,4	601	339	431	505	0,57	4
Okt	9,1	1.336	753	778	557	0,99	754
Nov	4,7	1.867	1.053	760	321	1,00	1.840
Dez	1,3	2.388	1.347	785	188	1,00	2.761
	8,9	15.905	8.973	6.571	5.338		12.969

Jahres-Heizwärmebedarf $Q_h = 12.969 \text{ kWh/a}$ ($q_h = 61,4 \text{ kWh/m}^2\text{a}$)

Schließlich können wir Bilanz ziehen und den Jahres-Heizwärmebedarf ermitteln.

Die Tabelle Heizwärmebedarf listet die mittleren, monatlichen Außentemperaturen t_A für den betrachteten Standort auf. Unter den Transmissionswärmeverlusten Q_t werden (aus Platzgründen) unter Umständen mehrere Wärmeverlustgrößen zusammengefasst. In der oben gezeigten Tabelle entspricht Q_t den Bauteilverlusten, das sind die spezifischen Transmissionswärmeverluste inklusive Wärmebrücken multipliziert mit der mittleren Temperaturdifferenz und der Länge des Betrachtungsmonats. Q_t kann in anderen Berechnungsfällen auch explizit berechnete Wärmebrückenverluste, Wärmeverluste zum Erdreich bei stationärer oder stationär-harmonischer Berechnung, zusätzlichen Wärmeverluste durch integrierte Heizflächen (z.B. Fußbodenheizung in der Bodenplatte) und Gutschriften aus der Heizunterbrechung enthalten.

Als Wärmeverlust sind außerdem die Lüftungsverluste H_V zu bilanzieren. Sie sind ebenfalls von der Temperaturdifferenz zur Außenluft und der Länge des Betrachtungsmonats abhängig.

Demgegenüber sind die Gewinne aus internen Wärmequellen $\Phi_{i,M} \cdot d \cdot \eta$ und die solaren Wärmegewinne $\Phi_{s,d} \cdot \eta$ notiert. Sie wurden bereits mit dem Ausnutzungsgrad η gewichtet, der ebenfalls monatlich abhängig angegeben ist. Der Jahres-Heizwärmebedarf Q_h ergibt sich als Summe aus „Verluste – Gewinne“ in der letzten Zeile. Wenn man die „Formelhintergründe“ zuschaltet (Menü Inhalt), werden zusätzlich die ausführlichen Berechnungsformeln für den Monat Januar und die Berechnung der Ausnutzungsgrade für Januar bis Mai angezeigt.

Mit 12.969 kWh/a liegt das Berechnungsergebnis etwa 6% über der Berechnung nach [1]. Im Vergleich mit dem HP-Verfahren (12.839 kWh/a, allerdings mit einem pauschalen Ansatz für die Heizunterbrechung berechnet) erhalten wir etwa 2% höhere Werte.

Mit den bereits beschriebenen Ansätzen für Trinkwarmwasserbedarf und Anlagentechnik (siehe HP-Verfahren) erhält man (gerechnet ohne Nachtabschaltung) einen Primärenergiebedarf vorh. Q_p von 23.684 kWh/a und liegt damit etwas über dem Anforderungsniveau.

Anforderungen

vorh. $Q_p'' = 112,2 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ (23.684 kWh/a, siehe Haustechnik)

Anforderungen an Wohngebäude

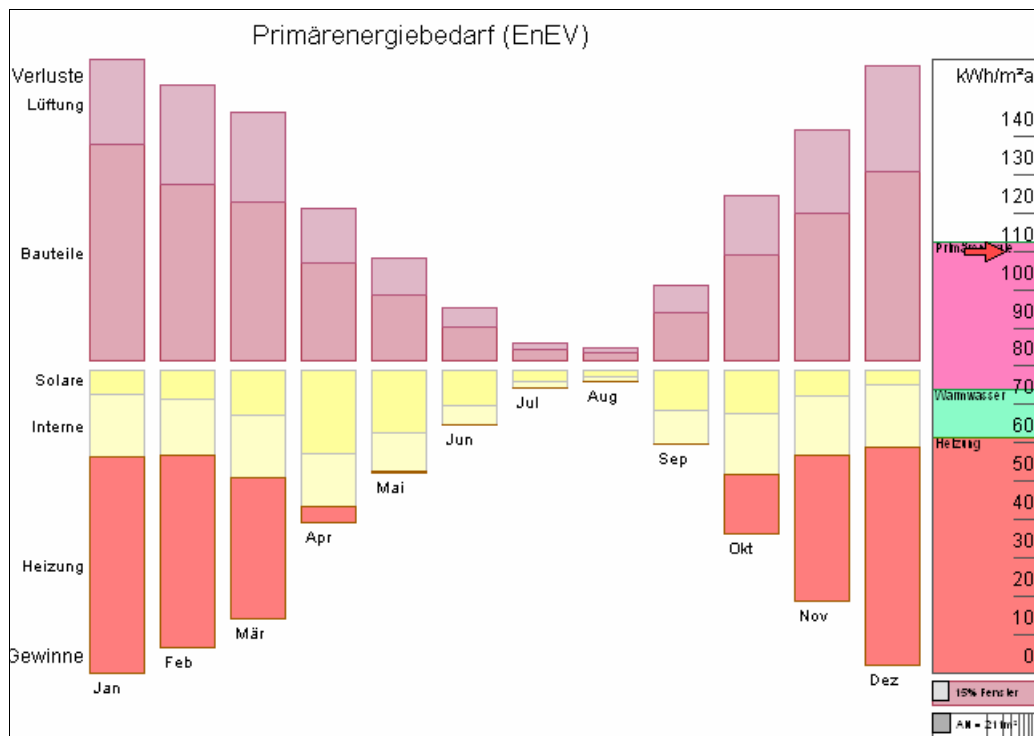
A/v = 0,67 (0,67)	zulässig	vorhanden
1) Q_p'' [kWh/m ² a]	110,0	112,2 (102,0 %)
2) H_T' [W/m ² K]	0,52	0,41 (78,0 %)

1) zulässiger Primärenergiebedarf Q_p'' nach EnEV 2001, A1, Tab.1, Anforderungen an Wohngebäude

2) Spezifischer Transmissionswärmeverlust $H_T' = (\sum L_D + \sum L_{D,WB}) / \sum A = 181 / 445 = 0,41$ (DIN V 4108-6, Tab. D.1, zul. H_T' nach EnEV 2001, A1, Tab.1)

Nicht zulässig nach EnEV '01, Anhang 1.

Abgesehen von dem quadratmeterbezogenen Primärenergiebedarf Q_p'' muss der spezifische Transmissionswärmeverlust, ein mittlerer U-Wert für die Gebäudehülle, nachgewiesen werden. Diese Anforderung soll verhindern, dass der Energieeinsparverordnung (EnEV) allein über die Haustechnik (über regenerative Energiequellen) Genüge getan und die Wärmedämmung vernachlässigt wird.



In der EnEV-Grafik zum Monatsbilanzverfahren finden Sie die Komponenten des Energiegleichgewichts wieder. Für jeden Monat getrennt dargestellt sind die Wärmeverluste nach oben (Bauteilverluste grau, Lüftung grün) und die Wärmegewinne nach unten (solare Gewinne gelb, interne Gewinne orange) sowie die erforderliche Heizenergie. Die „Schmetterlingsgrafik“ hat eine gebäudetypische Form.

5. Variantenberechnungen für das Monatsbilanzverfahren

5.1 Heizunterbrechung

In kleinen Wohngebäuden ist es üblich, dass die Heizung in den Nachtstunden abgeschaltet wird oder mit reduzierter Leistung läuft. Dadurch kann man mehr als 5% Heizenergie einsparen.

Die Methoden zur Berechnung der Heizunterbrechung, die aus der EN 832 übernommen wurden, sind verschlungen. Man betrachtet in zeitlicher Abfolge die Abschaltphase, den abgesenkten Betrieb und die Aufheizphase und errechnet mit komplizierten Formelzusammenhängen die Reduzierung der Wärmeverluste in einem Monat $\Delta Q_{ij} = \Delta Q_{ij} \cdot \dots$ Anzahl der Heizunterbrechungen (= Tage).

Heizunterbrechung

Abgesenkter Heizbetrieb während der Nachtstunden (DIN V 4108-6, Anhang C)

Nachtabenkung für $t_u = 7,0$ Stunden

Mindest-Innentemperatur $\theta_{isb} = 14,0^\circ\text{C}$

Heizungsanlage mit Nennleistung $\Phi_{pp} = 13.188 \text{ W}$

Abschaltbetrieb

Interne Gewinne während der Nachtabenkung $\Phi_g = 0 \text{ W}$

Wirksame Wärmespeicherefähigkeit $C_{\text{wirk, Heizunterbrechung}} = 18,0 \cdot V_e = 11.877 \text{ Wh/K}$

	θ_e °C	θ_{inh} °C	θ_{i1} °C	t_{nh} h	t_{sb} h	t_{bh} h	θ_{co} °C	θ_{c1} °C	θ_{c2} °C	θ_{c3} °C	ΔQ_{i1j} kWh	ΔQ_{i1} kWh
Jan	-1,3	-1,3	15,2	7,0	0,0	2,9	18,7	15,7	15,7	17,6	5,5	170
Feb	0,6	0,6	15,5	7,0	0,0	2,2	18,7	16,0	16,0	17,5	4,7	133
Mär	4,1	4,1	16,2	7,0	0,0	1,1	18,8	16,5	16,5	17,4	3,6	111
Apr	9,5	9,5	17,2	7,0	0,0	0,0	18,9	17,4	17,4	17,4	2,2	66
Mai	12,9	12,9	17,9	7,0	0,0	0,0	18,9	18,0	18,0	18,0	1,4	44
Jun	15,7	15,7	18,4	7,0	0,0	0,0	19,0	18,5	18,5	18,5	0,8	23
Jul	18,0	18,0	18,8	7,0	0,0	0,0	19,0	18,8	18,8	18,8	0,2	7
Aug	18,3	18,3	18,9	7,0	0,0	0,0	19,0	18,9	18,9	18,9	0,2	5
Sep	14,4	14,4	18,1	7,0	0,0	0,0	18,9	18,2	18,2	18,2	1,1	32
Okt	9,1	9,1	17,1	7,0	0,0	0,0	18,9	17,4	17,4	17,4	2,3	71
Nov	4,7	4,7	16,3	7,0	0,0	0,9	18,8	16,6	16,6	17,4	3,4	103
Dez	1,3	1,3	15,7	7,0	0,0	2,0	18,7	16,1	16,1	17,5	4,5	139

Reduzierung der Wärmeverluste durch eine Heizunterbrechung

$$\Delta Q_{ij} = H_{sb} \cdot [(\theta_{io} - \theta_{inh}) \cdot t_{nh} + (\theta_{io} - \theta_{sb}) \cdot t_{isb} + (\theta_{io} - \theta_{ipp}) \cdot t_{bh}] - C \cdot \zeta \cdot (\theta_{co} - \theta_{c1} + \theta_{c2} - \theta_{c3})$$

Reduzierung der Wärmeverluste in einem Monat $\Delta Q_{ij} = \Delta Q_{ij} \cdot \dots$ Tage

Reduzierung der Wärmeverluste in einem Jahr $Q_{NA} = \sum \Delta Q_{ij} = 904,8 \text{ kWh/a}$

Sichern Sie die Berechnung zweimal, um spätere Vergleichsmöglichkeiten zu erhalten. Vergeben Sie bei der zweiten Sicherung einen anderen Namen z.B. „MB-Verfahren-Variante1“.

Aktivieren Sie im Abschnitt Heizunterbrechung über „Eine Heizunterbrechung ...“ das Auswahlmeneü „171. Heizunterbrechung stellen Sie über den Schalter „automatisch aktualisieren“ „manuell“ ein. Anschließend im gleichen Menü → Parameter kontrollieren“ und geben Sie die dargestellten Werte ein: Dauer der Absenkung = 7,0 h, Mindest-Sollinnentemperatur = 14°C, Heizleistung der Heizungsanlage = 13188 W, Durchschnittliche Heizleistung der Heizungsanlage während der Absenkung = 0 W, wirksame Wärmespeicherefähigkeit = 18 Wh/m³K, Solare + Interne Wärmegewinne = 0, Luftwechselrate während der Absenkung = 0,60.

Ein üblicher Wert für die Nennleistung der Heizungsanlage wird vorgeschlagen (Überschlagsrechnung). Der gewählte Ansatz weicht von dem vorgeschlagenen Wert geringfügig ab. Mit „leichte Bauteile editieren“ (ebenfalls Auswahlmeneü „171. Heizunterbrechung“) wählen Sie die Bauteile aus, die als „leichte Bauteile“ behandelt werden sollen. In [1] sind das die Fenster und Türen. Dachflächen und Spitzboden zählen nicht dazu. Das Grenzflächengewicht für leichte Bauteile bleibt mit 60,00 kg/m² eingestellt.

In [1] wird die wirksame Wärmespeicherefähigkeit für die Nachtabenkung explizit berechnet. Der (aufwendige) Berechnungsweg entspricht der Berechnung von c_{wirk} (siehe nachfolgend), wegen des kurzen Betrachtungszeitraums jedoch mit verringerter Eindringtiefe. Das Ergebnis aus [1], Tabelle 6 (11.625 Wh/K) kommt dem oben verwendeten, pauschalen Ansatz sehr nahe (11.877 Wh/K).

Die vielzähligen Parameter und Berechnungszusammenhänge werden angezeigt und erläutert, wenn Sie die Formelhintergründe zuschalten.

H_V Spezifischer Lüftungswärmeverlust während der Heizunterbrechung = $0.34 * 0.60 * V_L = 102 \text{ W/K}$
 H_{sb} Spezifischer Wärmeverlust während der Heizunterbrechung = $H_T + H_V = 284 \text{ W/K}$
 H_{ic} Spezifischer Wärmeverlust zwischen den Bauteilen und dem Innenraum = $4 * AN / 0.13 = 6.497 \text{ W/K}$
 H_W Spezifischer Wärmeverlust aller leichten Bauteile (60 kg/m^2)
 $H_W = 16,2 + 4,3 + 14,0 + 12,5 + 3,7 + 3,7 + 9,9 = 64 \text{ W/K}$
 H_{ce} Spezifischer Wärmeverlust zwischen den Innenbauteilen und außen
 $H_{ce} = H_{ic} * (H_{sb} - H_W - H_V) / (H_{ic} - H_{sb} + H_W + H_V) = 119 \text{ W/K}$
 ζ Wirksamer Anteil der Wärmespeicherfähigkeit = $H_{ic} / (H_{ic} + H_{ce}) = 0,98$
 ξ Verhältniswert = $H_{ic} / (H_{ic} + H_W + H_V) = 0,98$
 τ_p Reaktionszeit der Bauteiltemperatur auf einen Wechsel der Heizleistung = $\zeta * C / (\xi * H_{sb}) = 42,18$
 τ_T Ansprechzeit der Bauteiltemperatur auf einen Wechsel der Lufttemperatur = $\zeta * C / (H_{ce} + H_{ic}) = 1,76$

θ_e Außentemperatur

θ_{inh} niedrigste, erreichbare Innentemperatur (im Abschaltbetrieb θ_e , abgesenkt $\theta_e * \Phi_{rp} / H_{sb}$)

θ_{ipp} höchstmögliche Innentemperatur ($\theta_e + (\Phi_{pp} + \Phi_g) / H_{sb}$)

θ_{i1} Innentemperatur am Ende der Nichtheizphase ohne Regelphase = $\theta_{inh} + \xi * (\theta_{co} - \theta_{cnh}) * \exp(-t_{nh} / \tau_p)$

t_{nh} Zeit in der nicht geheizt wird (Gl. C.18, 20, 23)

t_{sb} Zeit mit (abgesenktem) Regelbetrieb (Gl. C.26)

t_{bh} Zeit der Aufheizphase (Gl. C.29 / EN 832 J.28)

θ_{co} Bauteiltemperatur zu Beginn der Absenkung ($\theta_e + \zeta * (\theta_{i0} - \theta_e)$)

θ_{c1} Bauteiltemperatur am Ende der Nichtheizphase (Gl. C.21, 25)

θ_{c2} Bauteiltemperatur am Ende der Regelphase (Gl. C.28)

θ_{c3} Bauteiltemperatur am Ende der Aufheizphase (Gl. C.31)

ΔQ_{ij} Reduzierung des Wärmeverlustes infolge intermittierender Beheizung [kWh] (Gl. C.32)

In [1], Tabelle 12 wird H_{ic} = Spezifischer Wärmeverlust zwischen den Bauteilen und dem Innenraum = $4 * AN / 0.13 = 6.497 \text{ W/K}$ explizit mit $7.986,46 \text{ W/K}$ ermittelt. Diese Berechnung ist in DÄMMWERK nicht vorgesehen, denn der pauschale Ansatz ist zulässig.

Trotz der Differenzen bei den Ausgangsparametern sind die berechneten Einsparungen ziemlich gleich. In der Summe ergeben sich in [1], Tabelle 16 Einsparungen von $907,3 \text{ kWh/a}$, in unserer Berechnung $909,5 \text{ kWh/a}$, also etwa 2% günstigere Werte.

Während Sie die Heizunterbrechung eingerichtet haben, sind die Berechnungsergebnisse in den zulässigen Bereich übergegangen. Eine Information hierzu hatten Sie auf dem Bildschirm. Die Grenzwertmarkierung in der EnEV-Grafik hat sich von einem roten in einen grünen Pfeil verwandelt. Mit Heizunterbrechung berechnet man den Jahres-Heizwärmebedarf Q_H mit 12.204 kWh/a sehr nahe an dem Wert aus [1] ($12.193,1 \text{ kWh/a}$).

5.2 Solare Wärmegewinne über opake Bauteile

Dass über den Weg der Transmission Wärme durch die Außenbauteile an die Außenluft verloren geht, ist bekannt. Der Vorgang kann auch umgekehrt ablaufen, wenn die Sonne die äußere Bauteiloberfläche über die Innenraumtemperatur erwärmt. Die Bauteiloberflächen der nicht transparenten (opaken) Außenbauteile wirken dann wie Sonnenkollektoren. Dieser Umstand wird in [1] für die Außenwände über GOK berechnet. Um die Berechnung nachzuvollziehen, gehen Sie bitte wie folgt vor:

Laden Sie die Berechnung „MB-Verfahren.dwe“ und speichern Sie diese unter dem Namen „MB-Verfahren-Variante2.dwe“. Öffnen Sie für die vier Außenbauteile „FAW West, FAW Süd, FAW Ost und FAW Nord“ über die Spalte Anmerkungen in der Hüllflächentabelle das Auswahlmeneü „94. Anmerkungen“ und wählen Sie „02 solare Gewinne gesondert“. Die Außenwände werden daraufhin mit der Anmerkung „2“ versehen. In der Tabelle „solare Wärmegewinne“ finden Sie nun den zweiten Abschnitt „andere“ (andere Kollektorflächen). Öffnen Sie über die Bezeichnung der Kollektorflächen das Auswahlmeneü „105. Kollektor“ und wählen Sie „berechnen als → 5 opakes Bauteil (optional)“. Geben Sie als Absorptionskoeffizient für Solarstrahlung 0.5 an, bestätigen Sie den U-Wert 0.30 (aus der Bauteilberechnung) und bestimmen Sie den Wärmedurchgangskoeffizienten U_e der Schichten außerhalb der absorbierenden Oberfläche mit „1/0,04“ (Kehrwert des äußeren Wärmeübergangswiderstands). Übertragen Sie die Angaben auf die nachfolgenden, opaken Hüllflächen. Der g -Wert und der Rahmenanteil F_F wird automatisch auf 1 gesetzt (keine Verglasung, keine Rahmenanteile). Die Berechnungsformeln sind unterhalb der Tabelle angegeben.

Solare Wärmegewinne

Effektive Kollektorflächen A_s für Deutschland, nördliche Breite $50^\circ,00'$

Kollektorfläche	A [m ²]		$g \perp$	F_F	F_C	F_h	F_o	F_f	A_s
Fenster									
<u>3 FF</u> West	11,2	West	<u>90°</u>	<u>0,60</u>	0,70		0,90		3,8
<u>4 FF</u> Nord	3,0	Nord	<u>90°</u>	<u>0,60</u>	0,70		0,90		1,0
<u>5 FF</u> Ost	9,6	Ost	<u>90°</u>	<u>0,60</u>	0,70		0,90		3,3
<u>6 FF</u> Süd	8,6	Süd	<u>90°</u>	<u>0,60</u>	0,70		0,90		2,9
<u>6 DFF</u> Nord	2,6	Nord	<u>30°</u>	<u>0,60</u>	0,70		0,90		0,9
<u>6 DFF</u> Süd	2,6	Süd	<u>30°</u>	<u>0,60</u>	0,70		0,90		0,9
andere									
<u>11 FAW</u> West	47,2	West	<u>90°</u>	<u>1,00</u>	1,00				-
<u>12 FAW</u> Nord	56,5	Nord	<u>90°</u>	<u>1,00</u>	1,00				-
<u>13 FAW</u> Ost	48,8	Ost	<u>90°</u>	<u>1,00</u>	1,00				-
<u>14 FAW</u> Süd	54,8	Süd	<u>90°</u>	<u>1,00</u>	1,00				-

A_s [m²] = $A * 0,90 * g \perp * F_F * F_C * F_s$ mit $F_s = F_h * F_o * F_f$ (DIN V 4108-6, Gl.54)

... F_F berücksichtigt den Rahmenanteil der Fenster. Abminderungsfaktor F_C für

11 FAW West, Opakes (nicht transparentes) Bauteil der Außenhülle

$Q_{S,op} = U * A_f / U_e * (\alpha * I_{s,j} - F_f * h_r * \Delta \theta_{er}) * t$ (DIN V 4108-6 Gl.60)

mit Absorptionskoeffizient α , Formfaktor $F_f = 1$ bis 45° , 0,5 für senkrechte Flächen

äußerer Abstrahlungskoeffizient $h_r = 5 * 0,8$ und scheinbarer Temperaturdifferenz zum Himmel $\Delta \theta_{er} = 10$ K

mit $\alpha * U / U_e = 0,50 * 0,30 / 25,00 = 0,006$

12 FAW Nord, wie " 11 FAW West " $0,50 * 0,30 / 25,00 = 0,006$

13 FAW Ost, wie " 11 FAW West " $0,50 * 0,30 / 25,00 = 0,006$

14 FAW Süd, wie " 11 FAW West " $0,50 * 0,30 / 25,00 = 0,006$

Kollektorfläche		Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mrz	Apr
Fenster								
3 FF West		194	106	57	95	140	201	475
4 FF Nord		33	18	10	14	23	34	65
5 FF Ost		167	92	49	82	121	173	409
6 FF Süd		238	159	97	165	179	235	403
6 DFF Nord		43	23	13	17	30	47	119
6 DFF Süd		81	48	27	44	58	86	183
andere								
11 FAW West (opak)		3	-3	-7	-4	-1	4	24
12 FAW Nord (opak)		-2	-7	-10	-9	-6	-2	8
13 FAW Ost (opak)		3	-4	-7	-4	-1	4	25
14 FAW Süd (opak)		13	5	-2	5	7	13	32
solare Wärmeströme $\Sigma \Phi_S$ [W]								
		756	445	253	417	552	777	1653
$\Sigma \Phi_S * t$ [kWh]								
		562	321	188	310	371	578	1190
opake Bauteile $\Sigma \Phi_S$ [W]								
		17	-10	-27	-12	-1	19	89

Die Wärmegewinne über die opaken Bauteile sind in der Ergebnisliste separat aufgeführt. Negative Wärmegewinne sind faktisch Wärmeverluste, d.h. diese Bauteile verlieren zusätzlich Wärme über die äußere Abstrahlung. Die Berechnung solarer Wärmegewinne über opake Bauteile ist optional. Gelegentlich wird sie durchgeführt, aber nur die positiven Anteile bilanziert. In [1] und in unserer Berechnung werden Verluste und Gewinne 1:1 berücksichtigt. Der Ausnutzungsgrad ist dabei 1, d.h. sie fließen vollständig in die Berechnung ein. Solare Wärmegewinne über Fenster müssen demgegenüber mit dem Ausnutzungsgrad multipliziert werden, was mit der zeitlichen Verfügbarkeit der solaren Energie und den Speicherfähigkeiten des Gebäudes zusammenhängt.

Mit solaren Wärmegewinnen über opake Bauteile berechnet man den Jahres-Heizwärmebedarf zu 12.941 kWh/a. Gegenüber dem Ausgangswert 12969 kWh/a. Der Berechnungsgang zeigt aber gleichzeitig, wie solare Wärmegewinne über Wintergärten oder auch Fassaden mit Glasabdeckung oder transparenter Wärmedämmung (TWD) bilanziert werden können.

Weitere vergleichende Berechnungen mit [1] finden Sie weiter unten unter „Wärmebrücken“ und „Anlagentechnik“.

Speichern Sie die Berechnung unter dem Namen „MB-Verfahren-Variante3 „Entfernen Sie in der Hüllflächentabelle bei den Außenwänden die Anmerkung „2“ (solare Wärmegewinne über opake Bauteile abschalten, doppelte Auswahl der Fußnote schaltet wieder ab). Der Heizwärmebedarf sollte damit mit 12.969 kWh/a berechnet werden. Anschließend werden die Daten zweimal gesichert 1. unter dem Namen „MB-Verfahren-Variante4“ für spätere Berechnungen und 2. unter „MB-Verfahren-Variante3“.

5.3 Leitwert zum Erdreich

Die Wärmeverluste über das Erdreich wurden bisher mit Abminderungsfaktoren berechnet, und zwar im vereinfachten HP-Verfahren mit 0.60 und bei monatlicher Bilanzierung mit 0.45. Im zweiten Fall ist der Abminderungsfaktor vom R-Wert der Grundfläche und von dem sogenannten Bodenplattenmaß abhängig und wird nach Tab.3 DIN V 4108-6 interpoliert.

Im ausführlichen Monatsbilanzverfahren können Wärmeverluste über das Erdreich alternativ mit so genannten Leitwerten berechnet werden. Die Berechnungsvorschriften hierzu sind in DIN EN ISO 13370 und in DIN V 4108-6, Anhang E zu finden. EN ISO 13370 empfiehlt im Wesentlichen stationäre Leitwerte L_s , d.h. spezifische Wärmeverluste der Grundfläche in der bekannten Einheit [W/K]. Der Leitwert L_s wird für die gesamte Grundfläche berechnet und dann nicht mehr mit der Fläche oder einem Abminderungsfaktor multipliziert. Informativ findet man in EN ISO 13370 außerdem die Berechnung eines so genannten harmonischen Leitwerts. Der harmonische Leitwert ist zeitlich veränderlich, folgt einer Kosinusfunktion und wird über den stationären Leitwert modelliert. Er soll die Trägheit des Erdreichs, die zeitliche Verzögerung der dort stattfindenden Wärmeströme, angemessen berücksichtigen. Der harmonische Leitwert wird in Anhang E DIN V 4108-6 aufgegriffen. Das Ergebnis einer solchen Betrachtung wird in [W] bzw. [kWh/Monat] berechnet. Es kann nicht in der Hüllflächentabelle angegeben werden, sondern taucht erst in der Zusammenstellung der Heizwärmebilanz auf.

Leitwerte zum Erdreich sind Bauteilberechnungen. Die Ergebnisse werden später in die EnEV-Berechnung übernommen, ähnlich wie Bauteil U-Werte.

Gehen Sie auf die Seite „Bauteil“ und laden Sie das Bauteil „Bodenplatte-A“. Benutzen Sie dazu den Bildschalter Bauteilübersicht, zeigen Sie in der grafischen Übersicht auf die Bodenplatte und laden Sie diese. Schalten Sie im Menü die Berechnungsoption „Leitwert zum Erdreich“ ein. Die Berechnungsplattform „Wärmeübertragung über das Erdreich“ wird zusätzlich angezeigt. Über „thermischer Leitwert“ rufen Sie das Auswahlmenü „106. Berechnungsverfahren“ auf. Wählen Sie dort die gewünschte Berechnungsvariante „Beheizter Keller“. DÄMMWERK prüft nun, welche der bereits bekannten Berechnungsparameter für die Leitwertberechnung verwendet werden können und trägt die Werte ein. Die fehlenden Werte, z.B. die Wanddicke der aufgehenden Außenwand müssen ergänzt werden. Geben Sie die Wanddicke von Hand ein oder wählen Sie über den blauen Schriftzug „Wanddicke“ das Bauteil für die aufgehende Wand (das ist die Außenwand-A zum Erdreich) in der Bauteilübersicht aus. Das umgebende Erdreich wird im Auswahlmenü „107. Erdreich“ bestimmt. Stellen Sie über die örtlichen Menüs die anderen Parameter wie unten gezeigt ein (mittlere Höhe z ...).

Wärmeübertragung über das Erdreich

Thermischer Leitwert des beheizten Kellers (Bodenplatte + Kellerwände)

Erdreich	2.0 Sand oder Kies $\lambda = 2,00 \text{ W/mK}$
Bodenplatte	$A = 83,8 \text{ m}^2$ $P = 36,9 \text{ m}$ $B' = 4,53 \text{ m}$ Durchgangswiderstand $R_{si} + R_f + R_{se} = 2,67 \text{ m}^2\text{K/W}$
Kellerwände	Wanddicke $\varpi = 0,44 \text{ m}$ mittlere Höhe $z = 0,42 \text{ m}$ Durchgangswiderstand $R_{si} + R_w + R_{se} = 3,26 \text{ m}^2\text{K/W}$

Stationärer thermischer Leitwert $L_s = A * U_{bf} + z * P * U_{bw} = 25,1 \text{ W/K}$ (EN ISO 13370, Gl.17)

Berechnung des Wärmestroms über das Erdreich für jeden Monat getrennt (EN ISO 13370)

Periodische Schwankungen der Innentemperatur werden vernachlässigt (DIN V 4108-6, E.1)
Periodische Eindringtiefe für das Erdreich "2.0 Sand oder Kies" $\delta = 3,2 \text{ m}$ (Tab. C.1)
Zeitrückstand für die Außentemperaturen $\beta = 1,0 \text{ Monat}$ (DIN V 4108-6/A1:2001, E.6)

Harmonischer, thermischer Leitwert infolge Außentemperaturschwankung (Bodenplatte + Wände)
 $L_{pe} = 0,37 * P * \lambda * [2 * (1 - e^{-z/\delta}) * \ln(\delta/d_w + 1) + e^{-z/\delta} * \ln(\delta/d_t + 1)] = 13,2 \text{ W/K}$ (EN ISO 13370, C.11)

Monatlicher Wärmestrom über das Erdreich

$\Phi_{x,m} = L_s * (\theta_i - \theta_e) + L_{pe} * \theta_e * \cos(2\pi * (m - \tau + \beta) / 12)$ [W] (DIN V 4108-6, E.6)

mit den Jahresmitteltemperaturen θ_i und θ_e , der Amplitude der Schwankung θ_e (10°C) und den Monatsnummern m (1..12) und $\tau = 1$

$\Phi_{x,m}$	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
[W]	368	320	253	187	139	121	139	187	253	320	368	386
$F_{x,m}$	1,20	1,04	0,82	0,61	0,45	0,39	0,45	0,61	0,82	1,04	1,20	1,26

Weiteres siehe "Heizwärmebedarf" in der EnEV-Berechnung.

Die zusätzlichen Berechnungszusammenhänge werden angezeigt, wenn Sie im Inhaltsmenü zum Bauteilformular „Formelhintergründe“ aktivieren.

Der stationäre, thermische Leitwert steht für den gesamten Wärmeverlust der erdberührten Bodenplatte und der erdberührten Außenwände. Die Leitwertberechnung für beheizte Kellergeschosse wirft besondere Probleme auf. Der Kellerabgang, der die Fläche der erdberührten Wände verringert, kann nicht erfasst werden. Das ergibt in dem vorliegenden Fall vermutlich keinen großen Fehler. Das würde sich aber schnell ändern, wenn das Kellergeschoss tiefer in den Boden eingelassen wäre und Lichtschächte vor den Fenstern angeordnet werden müssten. Anhang E der DIN V 4108-6 zerlegt zudem die Formelzusammenhänge für beheizte Kellergeschosse in Boden- und Wandanteile. Dies ist in DÄMMWERK nicht vorgesehen, die Ergebnisse sollten aber dieselben sein.

Standardmäßig angegeben ist die Berechnung des „Wärmestroms über das Erdreich für jeden Monat getrennt“, also des harmonischen Anteils der Leitwertberechnung. Hierfür sind keine weiteren Eingaben erforderlich. Die Angaben des monatlichen Wärmeverluststroms könnten mit „24*Monatstage/1000“ in kWh/Monat umgerechnet werden. Im Rückschluss kann man einen monatsabhängigen F_x -Wert ermitteln, der im Beispiel zum Teil >1 ist. Ursache dafür ist, dass die aufgehenden Wände berücksichtigt sind. Die L_s -Berechnung kann im EnEV-Berechnungsblatt alternativ zum F_x -Wert verwendet werden.

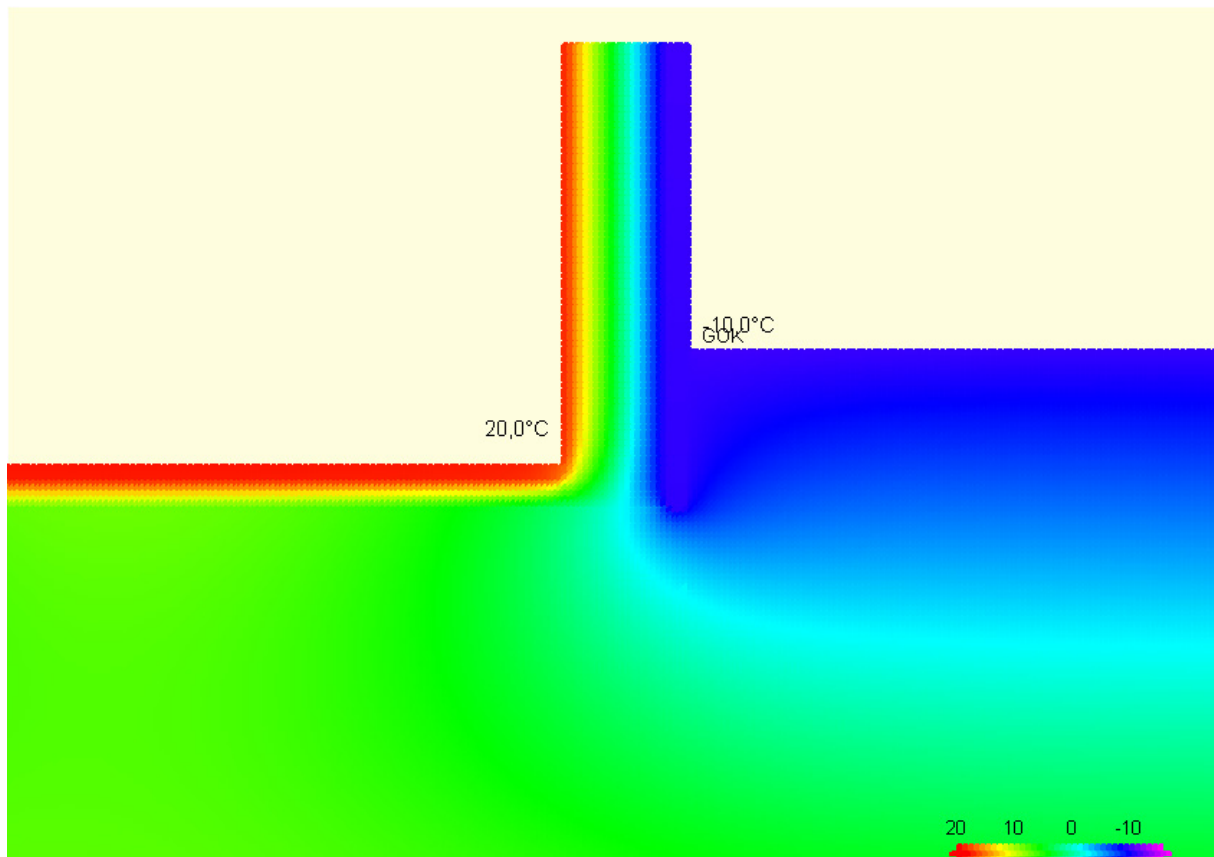
Schalten Sie zurück auf die Seite EnEV. Verwenden Sie nun anstelle des Fx-Wertes den stationären Leitwert, in dem Sie in der Hüllflächentabelle in der Zeile der Grundfläche den Fx-Wert anklicken und im Menü „93. Hüllflächentyp“ Ls-Wert verwenden → stationär auswählen. Gleichzeitig werden Sie mit dieser Wahl darauf hingewiesen, dass der Ls-Wert bereits die Wärmeverluste über die Bodenplatte und die Kellerwände enthält. Daher müssen Sie bei den erdberührten Außenwänden über das Auswahlmenü „93. Hüllflächentyp“ die Fx-Werte löschen und ebenfalls die Anmerkung 51 entfernen (94. Anmerkungen → Abschnitt Wärmebrücken → 53 nicht berücksichtigen). Neutralisieren Sie auch bei der Grundfläche den Wärmebrückenzuschlag.

Wir berechnen nun einen Jahres-Heizwärmebedarf von 13.455 kWh/a, gegenüber der vorangegangenen Berechnung etwas mehr. Das kann eigentlich nicht sein, denn normalerweise ergibt die genauere Berechnung günstigere Werte. Versuchen wir es mit dem stationär-harmonischen Leitwert.

Rufen Sie dazu über die Fx-Spalte zu „FG Grundfläche“ das Auswahlmenü „93. Hüllflächentyp“ auf und wählen Sie „Ls-Wert verwenden“. Wählen Sie in dem folgenden Dialog „monatlich“ und entfernen die Anmerkung 51.

Der spezifische Transmissionswärmeverlust in der L_D -Spalte der Hüllflächentabelle wird gelöscht, weil die Wärmeverluste nun in kWh/Monat berechnet werden. Damit verfälscht sich der Nachweis für H_T' (EnEV-Anforderung). Der berechnete Jahres-Heizwärmebedarf liegt mit 13.140 kWh/a.

Dem geringen oder sogar negativen Unterschied zwischen expliziter Leitwertberechnung und Fx-Tabellenwerten begegnet man relativ regelmäßig. Nach DIN V 4108-6, Erläuterung zu Tabelle 3 sollen pauschale Temperaturkorrekturfaktoren (Fx-Werte) normalerweise nicht verwendet werden. Davon ausgenommen sind allerdings die öffentlich-rechtlichen, also die maßgebenden Berechnungsverfahren.



Wärmeverluste der Bodenplatte. Die Temperaturverteilung wurde mit DÄMMWERK berechnet (Anschluss aus Bodenplatte und Außenwand, Wärmebrücke „Gebäudegrundfläche“, Darstellung Farbverlauf).

5.4 Wärmebrücken explizit berechnen

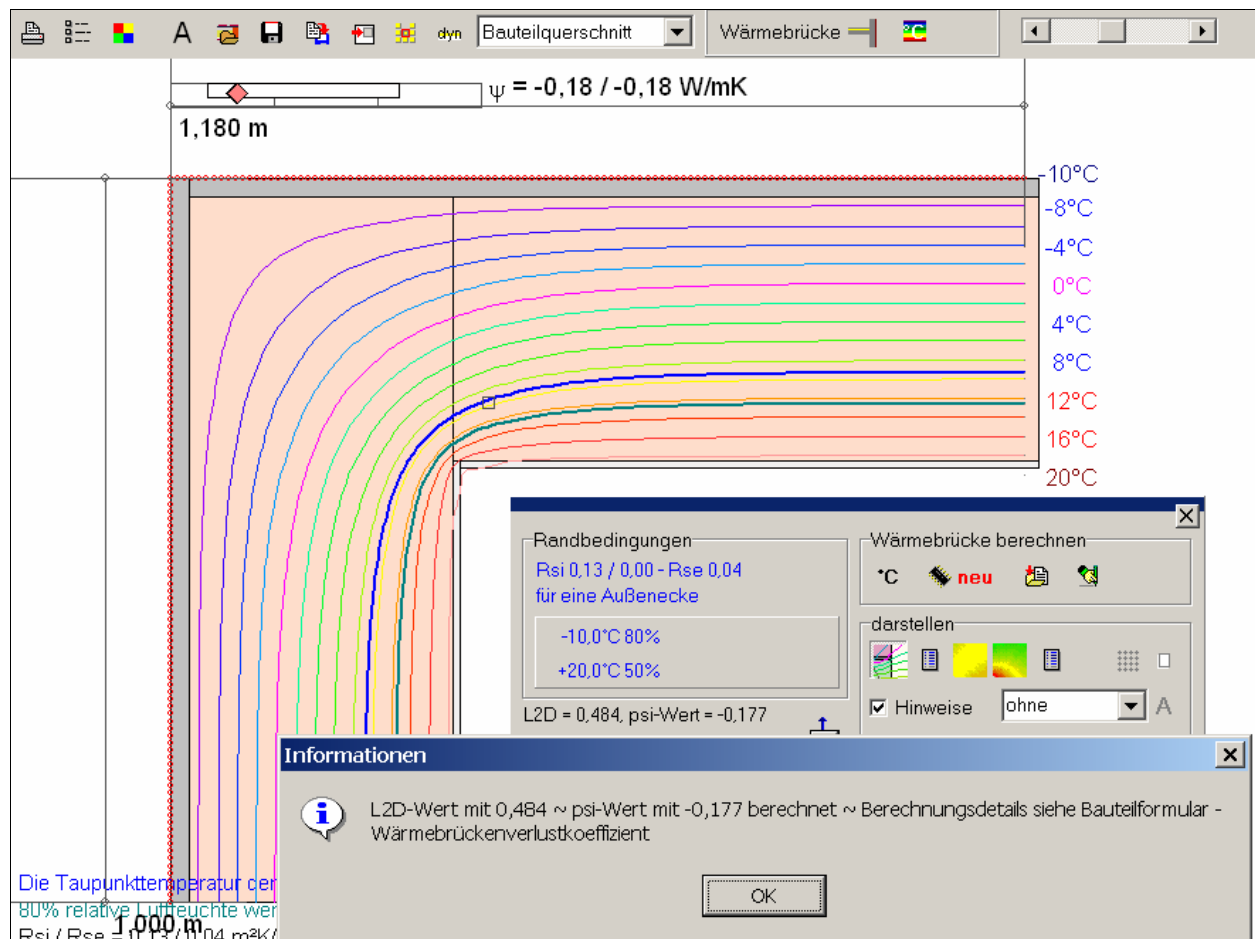
Eingangs war bereits die Rede davon, dass die pauschalen Wärmebrückenzuschläge sehr grob und in vielen Fällen nicht gerechtfertigt sind. Die explizite Berechnung von Wärmebrücken kann daher sinnvoll sein. Zunächst gilt es zu klären, was mit den Wärmebrückenverlustkoeffizienten (ψ -Wert) gemeint ist und wie sie berechnet werden können. In [1] finden Sie auf Seite 420 drei berechnete Wärmebrücken, die nachgerechnet werden sollen.

Das Arbeitsprinzip von DÄMMWERK ist, die vorhandenen Bauteile für die Wärmebrückenkonstruktion zu nutzen. Die Berechnungsparameter werden aufgrund der vorhandenen Querschnitte und logischen Festlegungen (Außenecke, Fensteranschluss, Bauteilstöße) von der Software ermittelt. Bauteilanschlüsse können mit weiteren, konstruktiven Bauteilen (Rahmen, Dämmstreifen usw.) kombiniert werden, manuelle Korrekturen im Detail sind möglich. Die finite Elemente-Berechnung ist ein iteratives Verfahren, basierend auf der Zielvorgabe, an jedem Netzpunkt das Gleichgewicht zwischen den Wärmeströmen herzustellen.

Gehen Sie auf die Seite „Bauteil“ und laden Sie den Querschnitt „Außenwand-A“ (36,5 cm Poroton, verputzt). Speichern Sie die Außenwand unter dem neuen Namen „Außenwand-Ecke“ (eine Kopie des Bauteils wird erstellt). Klicken Sie auf die Kontrollgrafik, um das Grafikfenster zu öffnen. Blenden Sie mit dem Bildschalter „Wärmebrücke“ das Fenster „Wärmebrücke konstruieren“ ein. Für die DÄMMWERK-Isothermenberechnung muss der Hauptquerschnitt immer horizontal dargestellt sein. Stimmen Sie daher zu, dass der Querschnitt gedreht wird. Wählen Sie in dem Klappmenü „lineares Bauteil“ die Einstellung „Wandkante“ (Sie werden zunächst eine Außenwandkante berechnen). Über dem Klappmenü sollte das Berechnungsnetz mit „10er Netz: 80 x 160 cm“ eingestellt sein. Das bedeutet ein Berechnungsnetz für die finite Elemente-Berechnung mit 10 mm Maschenweite und horizontalen / vertikalen Ausdehnungen von 120 x 100 cm, wobei die vertikale Ausdehnung jeweils ab der unteren / oberen Bauteiloberfläche des Hauptquerschnitts gerechnet wird. Drücken Sie ggf. den Schalter „10er-Netz ... → 10 mm“ und geben Sie die Netzausdehnungen an (Einflussbreite horizontal 80 und Einflusshöhe ab OK Bauteil 60). Bestätigen Sie mit OK. Verändern Sie den Abbildungsmaßstab mit dem Schiebescalper „Maßstab“ bis die Wandkante vollständig zu sehen ist (ohne Anschnitte). Das Berechnungsnetz kann mit der Markierungsbox sichtbar gemacht werden (Häkchen in dem Kästchen vor „10er Netz: 80 x 160“).

Wählen Sie nun den bunten °C-Bildschalter „Isothermen“ rechts von „Wärmebrücke“. Starten Sie die Berechnung mit „neu“. Die Vorschläge für das Abbruchkriterium (E-5) und die beschleunigte Iteration können Sie akzeptieren.

Nachdem die Isothermenberechnung abgeschlossen ist, stellen Sie mit dem Schalter „Isothermen“ den Farbverlauf ein und wählen Sie den Schalter mit dem „ ψ “ auf gelbem Grund, um die ψ -Wert-Berechnung „beidseitig“ durchzuführen.



Die wenigen Arbeitsschritte genügen, um den Wärmebrückenverlustkoeffizienten Ihrer Außenwanddecke zu bestimmen. Als Ergebnis wird „-0.177“ berechnet, in [1] ist ebenfalls ein Wert von „-0.177“ angegeben.

Da an Wärmebrücken mehr Wärme fließt, sind die Temperaturen an den inneren Oberflächen geringer und an den äußeren Oberflächen höher. Letzteren Umstand nutzt man, um die örtlichen U-Werte an der äußeren Bauteiloberfläche zurückzurechnen. Das Verhältnis aus dem äußeren Übergangswiderstand (0.04) und der Temperaturdifferenz zwischen Oberfläche und Außenluft entspricht dem Verhältnis des gesamten R-Wertes (inklusive Übergangswiderständen) zur gesamten Temperaturdifferenz innen / außen. Die so berechneten, örtlichen U-Werte multipliziert man mit der Maschenweite und summiert alle betrachteten Oberflächenknoten. Das Ergebnis ist ein L^{2D} -Wert, ein linearer thermischer Leitwert. Würde man den L^{2D} -Wert mit der Länge der Gebäudekante, multiplizieren, dann würde man die Wärmeverluste der Gebäudekante erhalten. Der ψ -Wert ist jedoch als Differenz zwischen zurückgerechnetem und angenommenen Leitwert definiert, d.h. von dem berechneten L^{2D} -Wert wird der üblicherweise angesetzte Leitwert (Länge * U-Wert) abgezogen. Diese Berechnung ist explizit im Bauteilformular durchgeführt. In der dargestellten Grafik sehen Sie die betrachteten Einflussbreiten für die Berechnung mit horizontal 1,000 m und vertikal 1,180 m. Für jeden mit rotem Kreis markierten Netzpunkt wurde der L^{2D} -Anteil berechnet.

Schließen Sie das Grafikfenster und schalten Sie im Bauteilformular die Berechnungsoption „Wärmebrückenverlustkoeffizient“ ein.

Über die blauen Markierungen „xxx“ öffnen Sie das Auswahlmeneü „166. Anhaltswerte“. In den Beispielen der EN ISO 14683 wählen Sie „Wandkanten → C4“ erhalten Sie $\psi = -0,18 \text{ W/mK}$ als Vergleichswert.

Linearer Wärmebrückenverlustkoeffizient ψ

aus der DÄMMWERK-Berechnung vom 16.11.2004

Außenecke mit $R_{si} = 0,13 \sim R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W} \sim T_i = 20,0^\circ\text{C} \sim T_a = -10,0^\circ\text{C}$

$L^{2D} = 0,48 \text{ W/mK}$ (2D-Leitwert nach der Isothermenberechnung)

Die Werte U_i der beteiligten Bauteile werden mit R_{si} / R_{se} (neu) berechnet

$\sum l_i * U_i = 1,005 * 0,302 + 1,185 * 0,302 = 0,66$ (Leitwert ohne WB-Einfluß)

$\psi = L^{2D} - \sum l_i * U_i = -0,18 \text{ W/mK}$

Vergleichswert nach DIN EN ISO 14683:1999

Referenzkonstruktion nach Tab.2, C4 Wandkanten außen mit $L^{2D} = 0,81 \text{ W/mK}$, $\psi = -0,15 \text{ W/mK}$

verwendeter ψ - Wert = $-0,18 \text{ W/mK}$

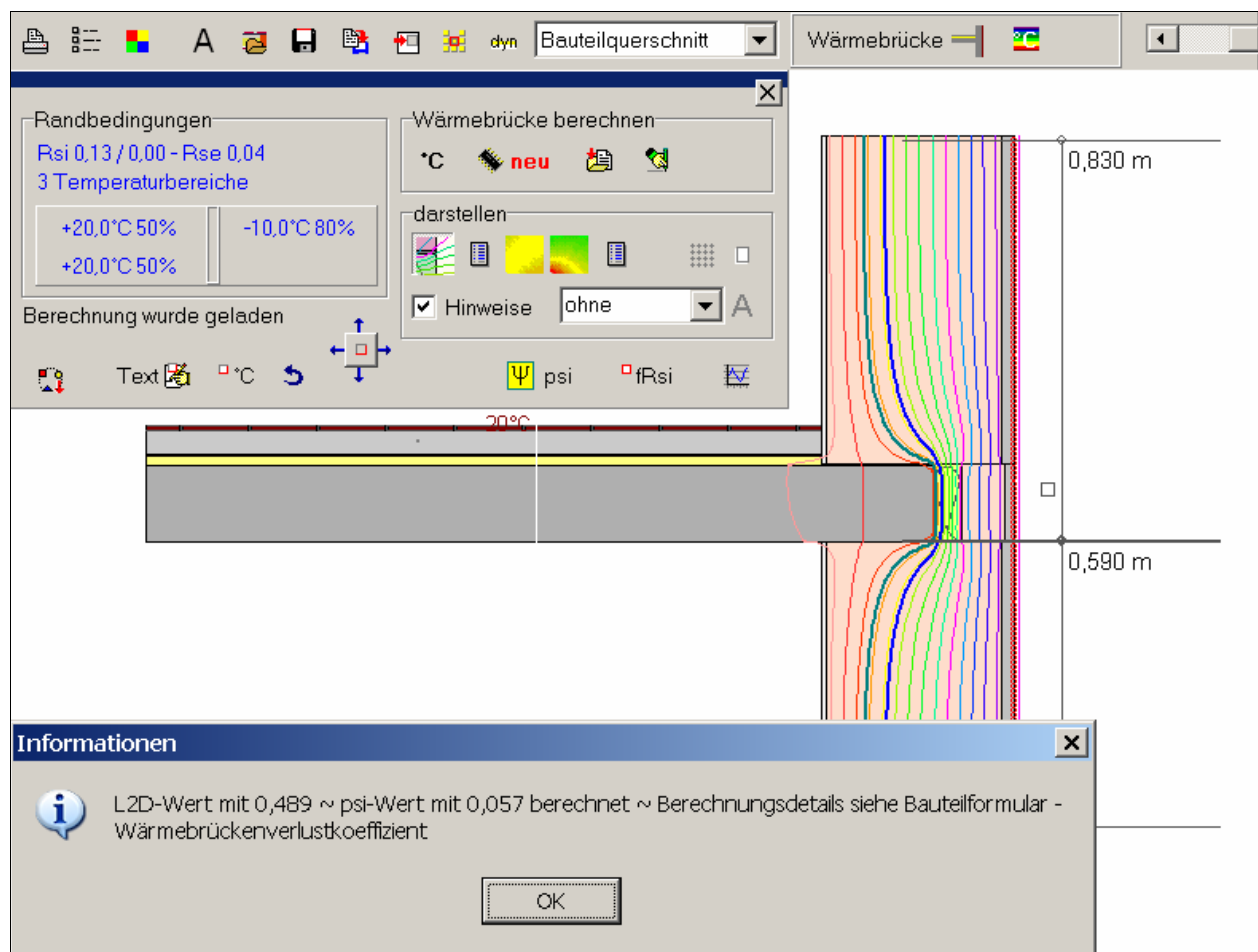
Die Differenzbildung ist angegeben. $\sum l_i * U_i = 1,005 * 0,302 + 1,185 * 0,302 = 0,66$ steht für die beiden Einflusslängen der Gebäudekante, die jeweils mit dem U-Wert der Wandkonstruktion multipliziert werden. Falls nötig, könnte die Differenzbildung manuell bearbeitet werden.

Zum Vergleich und zur Kontrolle kann man über „Vergleichswert“ das Auswahlmeneü 166 aufrufen und eine ähnliche Konstruktion aus EN ISO 14683 gegenüberstellen (Menü- oder grafische Auswahl). Welcher ψ -Wert später in der EnEV-Berechnung verwendet werden soll, ist Ihrer Einschätzung überlassen.

Der berechnete Wert ist erstaunlicherweise negativ, d.h. an der Außenecke tritt kein zusätzlicher Wärmeverlust auf, sondern eher „ein Wärmegewinn“. Das glaubt keiner. Die Erklärung des Phänomens liegt in der Berechnung mit Außenmaßen. Wenn die Gebäudekante von beiden Seiten bis zur äußeren Ecke gerechnet wird, berücksichtigt man die Mauerecke selbst (die Teile, die über den Innenraum hinausragen) doppelt. Folglich kann sich bei einer genauen Berechnung ein negativer Wert ergeben, d.h. die üblichen Ansätze bei eindimensionaler Betrachtung liegen auf der sicheren Seite.

Im nächsten Schritt soll der Wärmebrückenverlustkoeffizient für eine Deckeneinbindung berechnet werden. Laden Sie dazu die Bauteilkonstruktion „Geschossdecke-A“, und speichern sie unter neuem Namen „Geschossdeckenanschluss“. Öffnen Sie das Grafikfenster durch Klick auf die Kontrollgrafik und rufen Sie die Wärmebrückenkonstruktion auf. Wählen Sie die Anschlusskonstruktion „Anschluss mit 3 Bauteilen“. Die Grafik wird mit einem roten vertikalen Strich am rechten Rand versehen, der Sie daran erinnern soll, dass Sie die Anschlussbauteile noch auswählen müssen. Im Bearbeitungsfenster finden Sie zwei blaue Schriftzüge „Anschlussbauteil“ über die Sie das oben und das unten anschließende Bauteil bestimmen. Wählen Sie in der Bauteilübersicht jeweils die 36,5er „Außenwand-A“ Ihres Gebäudes. Verändern Sie den Abbildungsmaßstab bis die Anschlusskonstruktion auf das Blatt passt. Die gesamte Konstruktion kann auch im Grafikfenster verschoben werden - Klick auf das Bauteil und in die gewünschte Position ziehen. Ziehen Sie nun das obere Anschlussbauteil mit der Maus in die richtige Position. Stellen Sie es auf der Rohdecke ab.

An der Rohdecke wird in [1] (Bild 47) stirnseitig von außen 2,5 cm Leichtputz, ein 9 cm breiter LHLz mit $\lambda = 0.12$ und ein 6 cm breiter Dämmstoffstreifen 040 vorgesehen. Rufen Sie mit dem Bildschalter „neu“ (neues konstruktives Teil) das Auswahlmü „2. Baustoffe (Menüwahl)“ auf. Wählen Sie „1. Putz-Estrich-Anstrich → 1.4 andere Putze → Leichtputz 1000“ aus. Die Wärmeleitzahl von 0,36 wird bestätigt. Sie haben damit ein sogenanntes Einbauteil erzeugt, das mit der Maus positioniert und mit den Schaltern „Breite“ und „Höhe“ dimensioniert werden kann. Stellen Sie 2 cm Breite und 16 cm Höhe über den blauen Schriftzug „b x h“ ein (alternativ Wippschalter). Bringen Sie den Außenputz an die richtige Position. Konstruieren Sie ein weiteres Einbauteil über den Schalter „neu“ für die Ausmauerung. Das Material finden Sie im Baustoffmenü unter Punkt „4.1 Mz DIN 105 → Proton Plan T12 DM“. Stellen Sie die Abmessungen ein ($b \times h = 9 \times 16$) und positionieren das Einbauteil. Verfahren Sie in gleicher Weise mit dem Dämmstoffstreifen (Einbauteil „neu → 5. Dämmstoffe → 5.6 Mineralfaser → Mineralfaser 040“, $b=6\text{cm}$ und $h=16\text{cm}$). Kopieren Sie den Dämmstoffstreifen mit dem Schalter „kopieren“ und setzen Sie das kopierte Einbauteil als Estrichrandstreifen ein (Position + Dimension anpassen).
Öffnen Sie anschließend das Fenster für die Isothermen-Berechnung. Starten Sie mit „neu“ die Berechnung und berechnen Sie anschließend den ψ -Wert. Wechseln Sie in das Bauteil-Berechnungsblatt und sehen Sie die Berechnung des Wärmebrückenverlustkoeffizienten an.



Linearer Wärmebrückenverlustkoeffizient ψ

aus der DÄMMWERK-Berechnung vom 17.11.2004
Deckenanschluss mit $R_{si} = 0,13 \sim R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W} \sim T_i = 20,0^\circ\text{C} \sim T_a = -10,0^\circ\text{C}$

$L^{2D} = 0,49 \text{ W/mK}$ (2D-Leitwert nach der Isothermenberechnung)
Die Werte U_i der beteiligten Bauteile werden mit R_{si} / R_{se} (neu) berechnet
 $\sum l_i * U_i = 0,835 * 0,302 + 0,595 * 0,302 = 0,43$ (Leitwert ohne WB-Einfluß)

$$\psi = L^{2D} - \sum l_i * U_i = 0,06 \text{ W/mK}$$

xxx
verwendeter ψ - Wert = 0,06 W/mK

Der ψ -Wert wird mit 0.057 W/mK berechnet, in [1] ist ebenfalls der Wert von 0.057 angegeben.

Laden Sie nun erneut die Konstruktion „Außenwand-A“ und speichern diese unter dem Namen „Trennwandanschluss“. Öffnen Sie das Grafikfenster und das Fenster Wärmebrücken, wählen Sie „Anschluss mit zwei Bauteilen“ und als Anschlussbauteil die 24er Innenwand. Stellen Sie ein Berechnungsnetz mit 5 mm Maschenweite und 200 / 60 cm Ausdehnung ein. Passen Sie den Maßstab der Darstellung an, blenden Sie das Konstruktionsnetz ein und verschieben Sie die Innenwand entlang der Oberfläche etwa in die Mitte des Berechnungsnetzes. Öffnen Sie dann das Berechnungsfenster, stellen Sie 3 Temperaturbereiche ein (innen jeweils 20°C und 50% Luftfeuchte, außen -10°C und 80% Luftfeuchte) und führen Sie die Isothermenberechnung durch und lassen Sie sich den ψ -Wert außenbezogen anzeigen.

Man berechnet den ψ -Wert mit -0.002 W/mK. Er ist identisch mit dem Wert aus [1], der ebenfalls mit -0.002 W/mK angegeben ist. Trennwandanschlüsse kann man bei durchgehender Thermohaut oder monolithischen Außenwänden normalerweise vernachlässigen. In unserem Fall ergibt sich ein leicht negativer Wert, weil die Innenwand im Anschlussbereich quasi die „Außenwand dicker macht“.

Drei in DIN V 4108-6 geforderte Berechnungen sind damit nachvollzogen und noch keine wirkliche Wärmebrücke gefunden. Weitere Wärmebrücken können im Dachrandbereich und rund um die Fenster und Türen auftreten. Die Berechnungen haben wir vorbereitet (jeweils eine mögliche Variante) und im Verzeichnis „EnEV-Beispiel“ hinterlegt.

Kopieren Sie die Anschlussdetails „Dachrand“, „Fensteranschluss“ und „Fenstersturz“ in Ihr Arbeitsverzeichnis. Benutzen Sie dazu „neu → andere → kopieren → Verzeichnis EnEV-Beispiel → Konstruktion aufrufen und übernehmen“. Betrachten Sie die Berechnung der Wärmebrückenverlustkoeffizienten.

Schräge Bauteilanschlüsse können leider nicht konstruiert werden. Das Dachranddetail gibt daher den Ortgang mit Streichbalken und Stb-Ringanker wieder und liefert einen negativen Wärmebrückenverlustkoeffizienten. Der Wert wird sich allerdings entlang der Traufe mit zunehmendem Winkel zwischen Wand- und Dachkonstruktion verschlechtern, möglicherweise positiv werden. Sie können im Berechnungsblatt über das Menü 166. Anhaltswerte schräge Anschlüsse berechnen.

Fensterlaibung und Fenstersturz liefern (endlich) positive ψ -Werte, also zusätzliche Wärmeverluste, die nun bilanziert werden sollen.

Wechseln Sie auf die Seite „EnEV“ und laden Sie über den Bildschalter „windows-Dialog Datei laden ...“ die gesicherten Gebäudedaten „MB-Verfahren“ und speichern Sie diese unter dem Namen MB-Verfahren-Variante4. Rufen Sie anschließend über „Wärmebrückeneinflüsse“ das Auswahlmenü „165. Wärmebrücken“ auf. Stellen Sie dort die Option „gesonderte Berechnung ein“ und beantworten Sie die Rückfrage zur „Wärmebrückencheckliste“ positiv.

Unterhalb der Hüllflächentabelle finden Sie jetzt zusätzlich die Tabelle „Wärmeverluste durch Wärmebrücken“. Die erforderlichen Arten von Wärmebrücken sind bereits gelistet. Die Wärmebrücken „Kellerdeckenanschluss“ und „Balkonplatten“ werden nicht benötigt. Den „Dachrand“ wollen wir in Anbetracht des fehlenden Wertes für den schrägen Anschluss nicht berücksichtigen. Rufen Sie das Auswahlmenü „95. Wärmebrücken“ über die Zeilennummerierung zu den Wärmebrücken auf und wählen Sie „entfernen“. Entfernt werden Dachrand, Fensterbrüstung, Kellerdeckenanschluss und Balkonplatte. Rufen Sie anschließend das Auswahlmenü „95.“ für „Gebäudekanten“ auf und dann über den „Bauteil-Dialog“ die Bauteilübersicht. Wählen Sie die zuvor berechnete Außenwandkante. Der ψ -Wert wird übernommen und die Bezeichnung der Wärmebrücke mit dem Dateinamen der Bauteildatei ergänzt. Verfahren Sie in gleicher Weise mit den übrigen Wärmebrücken. Nun müssen die Längen eingegeben werden. Über die Spalte „l“ rufen Sie die Hilfestellung zur Mengenermittlung auf. In dem Fenster sind die bekannten Hauptabmessungen des Gebäudes (aus der Gebäudegeometrie übernommen) und eine grafische Darstellung der Wärmebrücke wiedergegeben. Klicken Sie auf den Schriftzug unter Mengenermittlung und geben Sie die Berechnungsformel ein. Bei den Fensterlaibungen und -stürzen wäre dies eine längere Liste mit Breiten und Höhen. Alternativ können Sie die unten dargestellten Mengen direkt abtippen.

Wärmeverluste durch Wärmebrücken (DIN V 4108-6, 6.1.2)

Wärmebrücke	l	ψ	b	ΔH_{WB}
01 Gebäudekanten [Außenwand-Ecke]	22,6 m	-0,18 W/mK	1,00	-4,0 W/K
02 Fensterleibungen [Fensteranschluss]	74,7 m	0,04 W/mK	1,00	3,2 W/K
03 Fensterstürze [Fenstersturz]	25,6 m	0,16 W/mK	1,00	4,1 W/K
04 Wandanschlüsse [Trennwandanschluss]	0,0 m	-0,00 W/mK	1,00	-0,0 W/K
05 Geschoßdeckenanschlüsse [Geschossd]	77,9 m	0,06 W/mK	1,00	4,4 W/K
06	0,0 m	0,00 W/mK	1,00	0,0 W/K
$\Sigma L_{D, WB} =$				7,7 W/K

Zum Vergleich: mit pauschalem Wärmebrückenzuschlag $\Delta U_{WB} = 0.05 \text{ W/m}^2\text{K} \Rightarrow \Sigma L_{D, WB} = 22.2 \text{ W/K (289\%)}$

spezifischer Transmissionswärmeverlust (DIN 4108-6, Gl.31)

$$H_T = L_D + L_{D, WB} + H_u + L_s + \Delta H_{T, FH} = 166,8 \text{ W/K (0,37 W/m}^2\text{K)}$$

Die zusätzlichen Wärmeverluste aus den Geschossdeckenanschlüssen heben sich gegen die Gutschriften aus den Gebäudekanten auf. Die Längen der Wandanschlüsse wurden nicht berechnet, weil ihr ψ -Wert praktisch 0 ist. Rechenbare Verlustanteile liefern die Fensterleibungen und Stürze. Der zusätzliche Wärmeverlust aus Wärmebrücken von 7,7 W/K erhöht den Jahres-Heizwärmebedarf auf 11.898 kWh/a gegenüber einer Berechnung ohne Wärmebrückeneinflüsse (12969 kWh/a). Der Wert der Wärmeverluste über die Hüllflächen liegt prozentual unter dem mit pauschalen Zuschlägen berechneten Wert. Haben wir etwas vergessen?

Vielleicht die Wärmebrücken im unteren Gebäudeabschluss, Fundamente, Bodenplatte. Weil hier die Dämmschichten in Richtung des Lastabtrags fehlen, berechnet man vergleichsweise große ψ -Werte. Allerdings sind die Außenbedingungen zum Erdreich wesentlich milder und die Wärmebrückeneffekte vermutlich in den Leitwerten zum Erdreich bzw. den Reduktionsfaktoren bereits enthalten. Jedenfalls sind diese Wärmebrücken in der Liste aus DIN V 4108-6 nicht aufgeführt.

Abschließend ist festzustellen, dass man in dem betrachteten Gebäude mit dem (bereits reduzierten) pauschalen Wärmebrückenzuschlag von $0.05 \text{ W/m}^2\text{K}$ einen um größeren Heizwärmebedarf berechnet. Es wäre kein besonderes Problem, die Geschossdeckenanschlüsse und die Fensterstürze energetisch intelligenter zu gestalten und damit die praktischen Wärmebrückenverluste noch weiter zu senken.

5.5 Anlagentechnik

Der Haustechnik wurde bisher noch wenig Beachtung geschenkt. Das hat einerseits damit zu tun, dass die Haustechnik nicht gerade das Spezialgebiet der meisten Hochbauingenieure ist. Andererseits aber ist das Bemessungsproblem durch die DIN V 4701-10 gut gelöst und relativ unproblematisch in der Anwendung.

Man unterscheidet drei Bemessungsvarianten. Mit dem einfach anzuwendenden Diagrammverfahren kann man durch Auswahl einer geeigneten Anlagenkombination die Anlagen-Aufwandszahl, den so genannten e_p -Wert direkt ermitteln. Günstigere Werte werden mit dem so genannten Tabellenverfahren berechnet, bei dem die einzelnen Anlagenkomponenten für Trinkwarmwasser, Lüftung und Heizung kombiniert werden müssen. Dieses Verfahren verlangt bereits anlagentechnische Grundkenntnisse. Darüber hinaus gibt es ein detailliertes Berechnungsverfahren, wobei man aber über Kenntnisse im Haustechnikbereich verfügen sollte.

Die Anlagen-Aufwandszahl e_p beschreibt den Wirkungsgrad der anlagentechnischen Komponenten und des eingesetzten Energieträgers. Eine e_p -Zahl von 1.50 bedeutet z.B., dass zusätzlich zu dem benötigten Wärmebedarf für die Gebäudeheizung und die Trinkwassererwärmung 50% Energie für die Anlagentechnik und die Bereitstellung des Energieträgers benötigt werden. Energieträger wie Heizöl, Erdgas, Strom oder Fernwärme zeichnen sich durch unterschiedliche Primärenergiefaktoren aus. Primärenergiefaktoren beschreiben den Energieverbrauch, der nötig war, bis die Energie am Hausanschluss zur Verfügung gestellt werden konnte. Der Primärenergiefaktor fossiler Brennstoffe (1.1) beinhaltet die Bereitstellung (1.0), die Förderung und den Transport (+0.1) des Rohstoffs. Der Primärenergiefaktor für Strom (3.0 bzw. 2.3) die aufwendige Herstellung elektrischer Energie und der Primärenergiefaktor für Sonnenenergie (Sonnenkollektoren $f_p = 0.0$) betont, dass Solarenergie örtlich verfügbar ist und keine endlichen Ressourcen in Anspruch nimmt. $f_p = 0.0$ gilt auch für „nachwachsende Rohstoffe“, wie Holz oder daraus hergestellte Pellets. In diesem Punkt können die meisten Ingenieure der Norm nicht folgen.

Die Anforderungen der EnEV beziehen die Primärenergiefaktoren ein und stellen Anforderungen an den Primärenergiebedarf. Welche Energiemengen im Gebäude selbst zur Verfügung gestellt werden müssen, wird mit dem so genannten Endenergiebedarf beschrieben (die praktische Orientierung für den Bau- oder Hausherrn).

Rufen Sie im EnEV-Berechnungsblatt im Abschnitt „Anlagentechnik“ über das Auswahlménú „142. Anlage“ auf. Das Menü enthält eine Liste mit mehr als 70 Anlagenkombinationen für das Diagrammverfahren. Wählen Sie aus dem Menü die Anlage nach „Bbl.1 ohne Luftanlage → NT-Kessel innen 70/55 °C ...500 → WW mit Zirkulation“. Die Beschreibung der Anlagenkomponenten wird nun angezeigt, e_p -Zahl und Endenergiebedarf sind bereits berechnet.

Anlagentechnik (DIN V 4701-10:2001)

Diagrammverfahren, nach DIN V 4701-10 Bbl.1:2002-02, Anlage 1

Werte für $A_N = 211 \text{ m}^2$ und $q_h = 56,3 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

Trinkwarmwasserbereitung: gebäudezentrale Versorgung ~ mit Zirkulation ~ Verteilung innerhalb der thermischen Hülle ~ indirekt beheizter Speicher, Aufstellung innerhalb der thermischen Hülle ~ Niedertemperatur-Kessel mit Erdgas/Heizöl EL betrieben ~ ~ Lüftung: keine mechanische Lüftungsanlage ~ ~ Heizung: freien Heizfläche (z.B. Heizkörper) ~ überwiegende Heizung: Anordnung im Außenwandbereich ~ P-Regler mit Auslegungsproportionalbereich $X_p=2K$ ~ 70/55°C-Auslegung ~ zentrales System ~ horizontale Verteilung innerhalb der thermischen Hülle ~ Strangleitungen innenliegend, geregelte Pumpe ~ Niedertemperaturkessel (Aufstellung in der thermischen Hülle) mit Erdgas/Heizöl EL betrieben ~

Anlagen-Aufwandszahl $e_p = 1,54$

Gesamt-Endenergie ohne Hilfsenergie, lokal $Q_{WE,E} = 18.951 \text{ kWh/a}$ (89,8 kWh/m²a)

Hilfsenergie, lokal $Q_{HE,E} = 514 \text{ kWh/a}$ (2,4 kWh/m²a)

Die Abkürzungen im Auswahlmenü bedeuten, dass die Anlagenbeschreibung im Beiblatt 1 zu DIN V 4701-10 zu finden ist, dass es sich um eine Anlagenkombination ohne Lüftungsanlage handelt, dass die Heizwärme mit einem Niedertemperaturkessel erzeugt wird, der innerhalb der thermischen Hülle aufgestellt ist und mit Vor- / Rücklauf-temperaturen von 70 / 55°C arbeitet. Das Warmwasser wird zentral im Kessel erzeugt. Eine Zirkulation ist vorgesehen, Warmwasser steht also an den Zapfstellen unmittelbar zur Verfügung. Damit sind bereits die wesentlichen Einflussfaktoren für den Wirkungsgrad konventioneller Heizungsanlagen angesprochen: Qualität des Brenners, Vor- und Rücklauf-temperatur, Aufstellort des Brenners (bei Aufstellung innerhalb der thermischen Hülle geht die Abwärme nicht verloren) und Bereitstellung des Trinkwarmwassers (Zirkulation erhöht die Leitungsverluste). Die Notiz „...500“ weist darauf hin, dass Werte für diese Anlagenkombination nur für Nutzflächen A_N bis 500 qm zur Verfügung stehen. Das hat zum Beispiel damit zu tun, dass in größeren Gebäuden die Trinkwarmwasserversorgung immer mit Zirkulation ausgeführt wird, weil andernfalls der Wasserverbrauch zu hoch wird.

Die Anlagen sind in DIN V 4701-10, Anhang C.5 und Beiblatt 1 erläutert. Die benötigten Kennwerte sind in Diagrammen und Tabellen in Abhängigkeit von der Gebäudenutzfläche A_N und dem zuvor berechneten, quadratmeterbezogenen Jahres-Heizwärmebedarf (der zwischen 40 und 90 kWh/m²a liegen muss) angegeben. Nach Ihrer Anlagenwahl liest DÄMMWERK die Anlagenbeschreibung ein und interpoliert die benötigten Rechenwerte. DIN V 4701-10 geht fast immer von quadratmeterbezogenen Berechnungswerten aus.

Variieren Sie die Anlagenauswahl.

Mit der zuerst gewählten Kombination erhält man einen e_p -Wert von 1.54. Für dieselbe Anlage, aber ohne WW-Zirkulation berechnet man 1.46 (-5%). Steht der NT-Kessel außerhalb der thermischen Hülle (z.B. im Keller), dann berechnet man mit Zirkulation 1.76 (+14%) und verfehlt den EnEV-Nachweis. Eine Kombination, Aufstellung in der thermischen Hülle mit Sonnenkollektoren und bivalentem Solarspeicher reduziert demgegenüber die e_p -Zahl auf 1.30 (-15%).

Treffen Sie im Menü „142. Anlage“ die Einstellung „siehe Haustechnik“.

Gehen in das Berechnungsblatt „Haustechnik“ und rufen Sie nun über „Diagrammverfahren“ das Auswahlmenü „198. Anlage“ auf und wählen Sie „Tabellenverfahren“. Die Anzeige ändert sich, Eingabepattformen für die Trinkwarmwasserbereitung und die Heizung werden angezeigt. Rufen Sie über „Erzeuger“ unter Trinkwasserbereitung das Auswahlmenü „147. TW-Erzeuger“ auf, wählen Sie den Anlagenteil 51, „Niedertemperaturkessel“. Verfahren Sie ebenso mit den Einstellungen zu „Speicher“ und „Verteilung“ (Anmerkung 30 und 20).

Trinkwasserbereitung

mit Trinkwarmwasser versorgter Bereich $A_N = 211 \text{ m}^2$

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

Anlagenteil	Aufwandszahl [-]	Verlust [kWh/m ² a]	Gutschrift [kWh/m ² a]	Hilfsenergie [kWh/m ² a]	α [%]	f_p	Anm.
<u>Erzeuger</u>	1,18			0,2	100	1,1	51
<u>Speicher</u>		3,0	1,4	0,1			30
<u>Verteilung</u>		8,6	3,9	0,6			20
<u>Erzeuger II</u>							
		11,6	5,2	0,9	100		

Im Tabellenverfahren kann man (muss man) die wesentlichen Anlagenparameter separat einstellen. Unter „Erzeuger“ wählt man den Heizkessel aus. In der Spalte Aufwandszahl ist bei Erzeugern ein Wert ≥ 1 eingetragen, der den Wirkungsgrad des Brenners wiedergibt. Im oben gezeigten Fall etwa 85% (118% Brennstoff müssen verbrannt werden, um 100% Energie zu gewinnen). Der Brenner hat außerdem einen Eigenbedarf an Hilfsenergie. Das ist elektrischer Strom, der für die Regel- und Steuertechnik benötigt wird. Der Deckungsgrad α beträgt 100%, weil der Kessel allein für die Bereitstellung des Warmwassers sorgt. Der Primärenergiefaktor für den Energieträger Heizöl ist mit 1.1 angegeben, 10% Primärenergie werden zusätzlich für die globale Bereitstellung des Brennstoffs benötigt. Die Anmerkung 51 führt zu einer Fußnote mit der textlichen Anlagenbeschreibung.

Bei der Speicherung des Trinkwarmwassers entstehen Speicherverluste und Hilfsenergie wird verbraucht. Die Verteilung führt ebenfalls zu Verlusten, die allerdings teilweise innerhalb der thermischen Hülle auftreten und damit dem Gebäude nicht verloren gehen. Dieser Umstand wird über die Heizwärmegutschrift erfasst. Die Gutschrift bringt man später beim Heizwärmebedarf in Abzug. Dazu ist es nötig, die Trinkwasserbereitung vor der Heizungsanlage zu berechnen.

Mit der Menüauswahl „Kombinationen“ können Voreinstellungen für alle benötigten Anlagenteile gewählt werden. Die Voreinstellungen liegen im Datenhintergrund „auswahl147.dat“ codiert vor und können dort bearbeitet werden.

Die dargestellte Anlage könnte mit einer solaren Trinkwasserbereitung kombiniert werden. Dazu sind Einstellungen unter „Erzeuger II“ vorzunehmen. In größeren Gebäuden wird Warmwasser normalerweise über Elektrosysteme dezentral bereitgestellt, weil die Verteilungsverluste sonst zu groß werden. Bei Durchlauferhitzern kann auf die Speicherung verzichtet werden. Für den Energieträger Strom muss aber die Primärenergiezahl 3.0, im Ausnahmefall 2.3 in Ansatz gebracht werden.

Rufen Sie im Abschnitt Heizung die Auswahlmenüs „156.Erzeuger I“, „Verteilung“ und „Übergabe“ auf und treffen Sie die unten gezeigten Einstellungen.

Heizung

beheizter Bereich $A_N = 211 \text{ m}^2$
 Heizwärmebedarf $q_h = 57,7 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

Anlagenteil	Aufwandszahl [-]	Verlust [kWh/m ² a]	Hilfsenergie [kWh/m ² a]	α [%]	f _p	Anm.
<u>Erzeuger I</u>	1,08		0,6	100	1,1	276
<u>Erzeuger II</u>						
<u>Speicher</u>						
<u>Verteilung</u>		2,3	0,9			223
<u>Übergabe</u>		3,3				243
		5,6	1,5	100		

Anlagentechnik (DIN V 4701-10:2001)

Anlagen-Aufwandszahl aus der Anlagenberechnung (siehe Haustechnik)

Heizung: NT-Kessel innen, Warmwasser: NT-Kessel Zirkulation - Energieträger: Erdgas / Erdöl, Strom

Anlagen-Aufwandszahl $e_p = 1,54$

Gesamt-Endenergie ohne Hilfsenergie, lokal $Q_{WE,E} = 18.932 \text{ kWh/a}$ (89,7 kWh/m²a)

Hilfsenergie, lokal $Q_{HE,E} = 507 \text{ kWh/a}$ (2,4 kWh/m²a)

Das Prinzip der Berechnung der Heizungsanlage entspricht dem der Warmwasserbereitung. Für die Übergabe der Heizwärme an den Raum über thermostatgeregelte Heizkörper sind zusätzlich die Übergabeverluste in Ansatz zu bringen.

Am Ende werden die Primärenergie und die Hilfsenergie zusammengefasst und mit der Nutzfläche A_N die Anlagen-Aufwandszahl e_p zurückgerechnet.

Für den NT-Kessel innerhalb der thermischen Hülle mit zentraler Trinkwasserversorgung mit Zirkulation berechnen wir die e_p -Zahl mit 1.54. Mit dem Diagrammverfahren wurde die e_p -Zahl ebenfalls mit 1.54 berechnet. Ein Unterschied ergibt sich bei der Errechnung des Primärenergiebedarfs von 0,3 kWh/a zugunsten der ermittelten Werte mit dem Tabellenverfahren.

Wenn keine besonderen Umstände vorliegen, sollte man die Anlagenaufwandszahlen mit dem Diagrammverfahren bestimmen. Dabei können keine Fehler in der Kombination der Anlagenteile passieren.