

Arbeiten mit den interaktiven Simulationen.

Inhalt:

1. Wärme-sim
2. Energie-sim
3. Kondens-sim
4. Tauwasser-sim
5. Opti-sim
 - 5.1 Dim-sim
 - 5.2 Schicht-sim
 - 5.3 Stoff-sim
 - 5.4 Bilanz-sim
 - 5.5 Ausweis-sim

Kurzbeschreibung der interaktiven Simulationen

1. Wärme-sim

Zweck

Die Wärme-sim erklärt vereinfacht, aber anschaulich die Mechanismen der Wärme.

Lernziel ist die bildhafte Vorstellung von Wärmebewegungen und Wärmeausbreitung.

1. Grundlagen

1.1 Energiekreislauf

Ein Film zeigt wie Sonnenenergie im fossilen Energieträger Holz gespeichert und bei der Brennung wieder frei wird.

1.2 Wärme

1.2.1 Was ist Wärme – was ist Kälte?

Erklärung des Phänomens in einer Kurzbeschreibung und Darstellung der Energieinhalte in sich bei verschiedenen Temperaturen bewegenden Atomen.

1.2.2 Temperatur

Kurzbeschreibung des Themas.

Darstellung der Temperaturbewegungen der Moleküle bei verschiedenen Temperaturen mit Ableitung des absoluten Nullpunktes.

1.2.3 Wärmeerzeugung durch Arbeit

Kurzbeschreibung.

Darstellung der Erzeugung von Temperaturbewegungen durch Arbeit.

Die Temperatur kann durch den Beitrag eigener Arbeit gesteigert werden.

2. Wärmeausbreitung

2.1 Wärmeübertragung

2.1.1 Wärmeübertragung durch Strahlung

Ein Film zeigt wie sich Moleküle durch Absorption elektromagnetischer Wellen erwärmen und diese wieder emittieren.

2.1.2 Wärmeübertragung durch Konvektion

Es wird dargestellt wie durch die unterschiedliche Dichte unterschiedlich temperierter Teilchen eine Luftzirkulation – Konvektion entsteht.

2.1.3 Erwärmung durch Sonnenenergie

Ein Film erklärt den Treibhauseffekt.

2.2 Wärmeausbreitung in Gebäuden

2.2.1 Wärmestrom durch homogene Bauteile

Es wird gezeigt wie durch Strahlung und Konvektion Bauteile erwärmt, die Wärme hindurch geleitet wird und nach Abbruch der Wärmezufuhr wieder abkühlen.

2.2.2 Wärmestrom durch inhomogene Bauteile

An zwei nebeneinanderliegenden Bauteilen mit unterschiedlicher Dichte (Beton/Ziegel) wird der unterschiedliche Ablauf der Erwärmung, die unterschiedliche

Größe der Wärmeströme und der Wärmeaustausch zwischen diesen Stoffen dargestellt.

2. Energie-sim

Zweck

Sie erklärt die Faktoren, die Formeln und die Zusammenhänge einer Energiebilanz für das „vereinfachte Verfahren“ nach der Energieeinsparverordnung. Lernziel ist das Kennenlernen der Faktoren einer Energiebilanz und deren Vernetzung.

Inhalt

Die Energie-sim zeigt alle in eine Energiebilanz einfließenden Faktoren. In der Bildmitte sind von einem Heizkörper ausgehend die blau gezeichneten durch eine symbolisierte Systemgrenze (senkrechter grauer Balken) nach außen führenden Verluste Q_T und Q_V dargestellt. Diese Verluste werden durch die von außen einfließenden solaren und von der Lampe und dem Menschen ausgehenden internen Wärmegewinne reduziert.

Die von dem Heizkörper einzubringende Wärmemenge (Heizwärmebedarf Q_h) ergibt sich aus der Differenz der Verluste und der Gewinne.

Der Primärenergiebedarf Q_P berechnet sich aus dem Heizwärmebedarf Q_h plus den Verlusten aus der Anlagentechnik Q_t und der Warmwasserbereitung Q_w sowie den Verlusten für den Transport der Energie. Anlagen- und Transportverluste werden mit der Anlagenkennzahl e_P definiert.

Funktion

Durch Anklicken der mit „Q...“ bezeichneten Faktoren wird in dem Schema der entsprechenden Energiestrom dargestellt und die für das HP-V geltende Formel angezeigt. Der Klick auf ein Kästchen öffnet eine pdf-Datei mit der Beschreibung des Themas. (Die Beschreibung entspricht den Skript „Faktoren der Energiebilanz“.)

3. Kondens-sim

Zweck

Die Kondens-sim erklärt die Tauwasserbildung anhand der chemischen und physikalischen Eigenschaften des Wassermoleküls. Lernziel ist das Verstehen der chemischen und physikalischen Zusammenhänge einer Tauwasserbildung in Bauteilen, sowie der Wechselwirkung zwischen Wasserdampf und Gebäudeklima.

Inhalt

Unter den Hauptmenüs A bis D werden die Simulationen zu einzelnen Teilbereichen zusammengefasst.

- | | |
|--------|--|
| Menü A | erläutert den Aufbau des Wassermoleküls, die Wasserstoffbrückenbildung und die Aggregatzustände des Wassers. |
| Menü B | behandelt den Dampfdruck und die relative Luftfeuchte. |
| Menü C | hat die Tauwasserbildung an der inneren Bauteiloberfläche als Thema. |
| Menü D | erläutert die Tauwasserbildung im Inneren von Bauteilen an Hand des Glaserdiagramms. |
- Alle Teile enthalten „gesprochene Erläuterungen“.

Funktion

Die stark vereinfachte Darstellung der chemischen Vorgänge sollen den vorwiegend visuell denkenden Architekten die für die Erfassung des Tauwasserausfalls erforderlichen Algorithmen erläutern. Auf eine exakt wissenschaftliche Darstellung der chemischen Vorgänge wurde deshalb verzichtet.

- Menü A Die Kapitel 1 und 2 erhalten allgemeine Erläuterungen über die Entstehung von Wasser. Im Kapitel 3 „Aggregatzustände des Wasser“ kann die kinetische Energie der Dampfteilchen durch Veränderung der Temperatur simuliert werden. Bei abnehmender Temperatur fällt Tauwasser aus.
- Menü B Menü B enthält die Erläuterungen des Sattdampfdruckes und der relativen Luftfeuchte.
- Im Kapitel 4 „Sattdampfdruck“ kann die Temperatur verändert und der sich dafür einstellende Sattdampfdruck abgelesen werden.
- Im Kapitel 5 „relative Luftfeuchte“ können für eine Raumtemperatur von 20°C verschiedene Dampfdrücke eingestellt und die sich daraus ergebende relative Luftfeuchte abgelesen werden.
- Menü C Kapitel 6 erläutert den „Tauwasserausfall an inneren Bauteiloberflächen“. Ein Film zeigt die Veränderung der relativen Luftfeuchte in einem Gebäude bei drei unterschiedlichen Nutzungsarten (unbeheizt, beheizt, bewohnt).
- In einem zweiten Teil ist an der gezoomten Außenwand die Temperaturkurve für verschiedene Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte) zu modifizieren. Bei Überschreitung des U-Wertes von 1,8 W/(m²·K) sinkt die innere Wandoberflächentemperatur so tief, dass Tauwasser ausfällt.
- Menü D Kapitel 7 erläutert in den Abschnitten 7.1 bis 7.4 die für die Berechnung des Tauwasserausfalls innerhalb von Bauteilen erforderlichen Algorithmen.
- 7.1 Diffusion durch Luftschichten
- Nach einer Einführung über die Größenverhältnisse des Wassermoleküls zu Stoffkapillaren wird die Diffusion von Wassermolekülen durch Luftschichten simuliert. Hierzu kann der Druckunterschied und die Dicke einer Luftschicht verändert werden. Die dabei entstehende Dampfstromdichte g wird errechnet.
- 7.2 Diffusion durch Stoffschichten
- Dieser Film erläutert den Diffusionswiderstand einer Stoffschicht im Vergleich zu dem einer Luftschicht. Daraus wird die Dampfdiffusionswiderstandszahl μ abgeleitet.
- 7.3 Äquivalente Luftschichtdicke
- Der Begriff „äquivalente Luftschichtdicke“ wird erläutert und simuliert, wobei der μ -Wert der Stoffschicht modifiziert werden kann.
- 7.4 Glaserdiagramm – Tauperiode
- Die Animation zeigt den Aufbau eines Glaserdiagramms. Die Begriffe Sattdampfdruckkurve und Teildampfdruckkurve werden erklärt und der Tauwasserausfall innerhalb des Bauteils simuliert.
- 7.5 Glaserdiagramm – Verdunstungsperiode
- Die Animation beschreibt den Algorithmus zur Berechnung der ausdiffundierenden Wassermasse in der Verdunstungsperiode.

4. Tauwasser-sim

Zweck

Die Tauwasser-sim beinhaltet die mathematische Umsetzung der in der Kondens-sim erläuterten physikalischen Mechanismen. Sie ermöglicht die Untersuchung des inneren und äußeren Tauwasserausfalls eines mit beliebigen Stoffparametern erstellten dreischichtigen Bauteils. Sie unterstützt die Bearbeitung der LN-B 1.2 „Wärmeausbreitung“ und LN-W 3.2. „Tauwasserschutz“.

Lernziel ist das Erkennen der Einflüsse von Stoffeigenschaften auf die Tauwasserbildung.

Inhalt

Die interaktive Simulation „Tauwasser-sim“ bietet die Möglichkeit, schnell ohne Berechnungen und Tabellenbuch das Temperatur- und Feuchteverhalten an einer Außenwand zu untersuchen. Die Simulation besteht aus 2 Rechentafeln. Tafel 1 dient der Untersuchung von Temperaturen an und innerhalb von Bauteilen sowie des Tauwasserausfalls an der inneren Bauteiloberfläche. Mit Tafel 2 kann der Tauwasserausfall nach dem Glaserverfahren innerhalb von Bauteilen untersucht werden. Im einzelnen lassen sich folgende Übungen durchführen:

Übung mit Rechentafel 1:

1. Berechnung der Wärmedurchlasswiderstände R der Stoffschichten
2. Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten U mit verschiedenen Wärmeübergangswiderständen
3. Darstellung der Stoffschichtung im Maßstab der Wärmedurchlass- und Wärmeübergangswiderstände.
4. Darstellung der Stoffschichten im Maßstab ihrer Dicken in Meter
5. Darstellung des Temperaturverlaufes für Temperaturen zwischen -15 und $+20^{\circ}\text{C}$ in beiden Querschnittsdarstellungen
6. Darstellung des Satttdampfdruckes in der Raumluft in Abhängigkeit der Raumtemperatur
7. Darstellung der Taupunkttemperatur an der inneren Wandoberfläche
8. Darstellung des vorhandenen Dampfdruckes in der Raumluft in Abhängigkeit der eingestellten relativen Luftfeuchte
9. Darstellung der relativen Raumluftfeuchte, bei der es zur Tauwasserbildung an der inneren Wandoberfläche kommt.
10. Berechnung der erforderlichen Dicke oder der erforderlichen Wärmeleitzahl der mittleren Stoffschicht, zur Vermeidung von Tauwasserausfall

Opti-sim

Die Simulation befindet auf der Kurs CD unter „Simulationen“

Zweck

Die Opti-sim ist ein von Gebäudeentwurf bis zum Energiesparnachweis zusammenhängender Trainingskomplex. Mit den einzelnen untereinander verknüpften Simulationen können alle bei der Planung eines Gebäudes zu berücksichtigenden Faktoren untersucht werden, die den Energieverbrauch des Gebäudes beeinflussen. Weiterhin wird für einige Baustoffe ein zielbaumorientiertes Optimierungsverfahren vorgestellt, mit dem Baustoffe nach vorgegebenen Kriterien, für den Bauherrn nachvollziehbar aus der Vielzahl der Angebote ausgewählt werden können.

In der Opti-sim ist die den virtuellen Kursen zugrundeliegende Philosophie der energetischen und stofflichen Optimierung in ihrer Ganzheit erfasst. Das für das Verständnis der bauphysikalischen Mechanismen erforderliche Grundwissen wird in einer Reihe weiterer Simulationen sowie in den Skripten erklärt.

Die Opti-sim beinhaltet die Programme:

- Dim-sim, "real"
- Dim-sim, "abstrakt"
- Schicht-sim
- Stoff-sim
- Bilanz-sim
- Ausweis-sim

Die einzelnen Simulationen werden nachfolgend erläutert.

1 Dim-sim

Zweck

Die Dim-sim dient zur Untersuchung der Abhängigkeit des Energieverbrauches und den erforderlichen Dämmmaßnahmen von den baulichen Gegebenheiten.

Als Ergebnis wird in Abhängigkeit des A/V_e - Verhältnisses, des Fensterflächenanteils, der Wärmedurchgangskoeffizienten der Fenster und der Anlagenaufwandszahl e_p ein für alle opaken Bauteile geltender mittlerer Wärmedurchgangskoeffizient ($F_j \cdot U_j$) berechnet, der in der Bilanz-sim als Basis für die Dimensionierung der erforderlichen Dämmstoffdicke zur Einhaltung des zulässigen Primärenergiebedarfes Q_{P-max} dient.

Die Berechnung von $F_j \cdot U_j$ erfolgt auf der Grundlage der nach EnEV im vereinfachten Verfahren vorgegebenen Algorithmen.

In der Praxis ist dieses Verfahren für die Vordimensionierung der erforderlichen Dämmstoffdicke für einen vorgegeben Energiebedarf geeignet. Das Programm ENGP ENEV enthält hierfür ein entsprechendes Rechenprogramm.

Die Simulationen können mit dem Programm Dim-sim „real“ oder Dim-sim „abstrakt“ durchgeführt werden.

Ersteres erlaubt die Planung eines rechteckigen Gebäudes mit bis zu 6 Geschossen, 3 verschiedenen Dacharten und einem Keller, mit beliebiger Befensterung. Der Vorteil liegt in der Option ein realistisches Gebäude planen und untersuchen zu können.

In der Dim-sim „abstrakt“ wird ein Testprojekt aus 9 in der Grösse festgelegten Containern mit Rastefenstern erstellt. Auf Grund der Vorgabe von wenigen definierten Elementen, lassen sich die Einflüsse relativ schnell veranschaulichen.

Funktion

1.1 Dim-sim, „real“

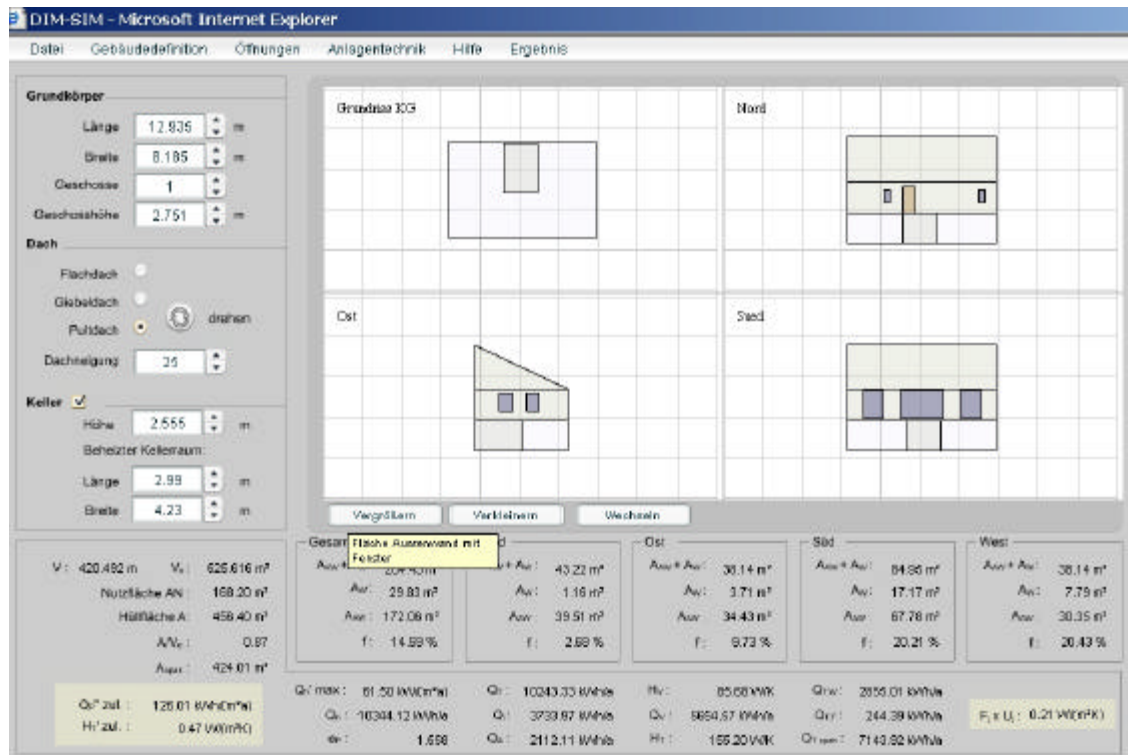


Abbildung: Arbeits- und Ergebnistafel zur „Gebäudedefinition“

Inhalte der Funktionsbuttons in der Kopfzeile.

Datei:

Es können verschiedene Projekte erstellt und gespeichert werden.

Gebäudedefinition:

Durch Eingabe der Gebäudeabmessung und der Dachform wird auf den Tafeln das Gebäude dargestellt, sowie die geometrischen Gebätedaten und die nach EnEV einzuhaltenden Grenzwert berechnet.

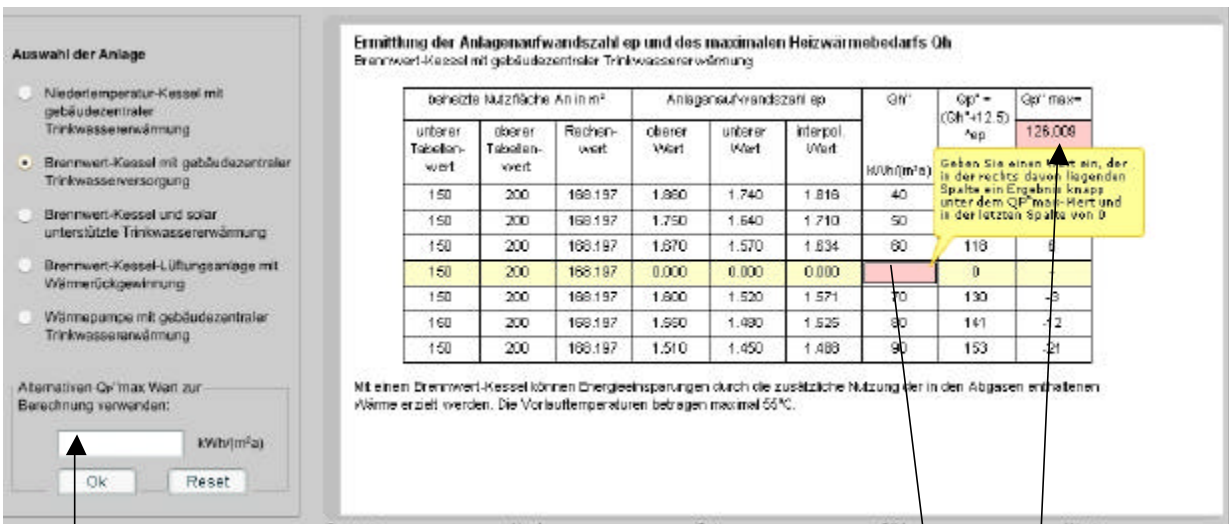
Öffnungen:

Mit „Hinzufügen“ werden Öffnungen definiert und in die Fassaden eingefügt. Die daraus resultierenden Daten werden unterhalb der Zeichenfläche angezeigt. Eine Beseitigung der Öffnungen erfolgt durch abschieben aus der Zeichenfläche.

Mit „U-Werte“ kann der Wärmedurchgangskoeffizient der Öffnungen festgelegt werden.

„Anlagentechnik“

Zur Ermittlung der Dämmstoffdicke die zur Einhaltung eines vorgegebenen Energieverbrauches (z.B. Q_{p-zul}) erforderlich ist, muss in Abhängigkeit der Anlagenaufwandszahl φ der zul, Heizwärmebedarf Q_h ermittelt werden. Hierzu ist in der nach der Auswahl der Heizanlage erscheinenden Tabelle in das rote Feld ein Wert einzutragen, der mit dem daraufhin in der gleichen Zeile erscheinenden φ -Wert und dem Zuschlag für die Warmwasserbereitung den rechts oben angegebenen Q_p -max-Wert ergibt.



Ermittlung der Anlagenaufwandszahl φ und des maximalen Heizwärmebedarfs Q_h
Brennwert-Kessel mit gebäudezentraler Trinkwassererwärmung

beheizte Nutzfläche A_n in m^2			Anlagenaufwandszahl φ			Q_h	Q_p	Q_p max
unterer Tabellenwert	oberer Tabellenwert	Rechenwert	oberer Wert	unterer Wert	interpol. Wert	$kWh/(m^2a)$	$(Q_h + 12,5) \cdot \varphi_p$	126.000
150	200	168,197	1,860	1,740	1,818	40		
150	200	168,197	1,790	1,640	1,710	50		
150	200	168,197	1,670	1,570	1,634	60	118	
150	200	168,197	0,000	0,000	0,000	70	0	
150	200	168,197	1,600	1,520	1,571	80	130	-3
150	200	168,197	1,580	1,480	1,525	90	141	-2
150	200	168,197	1,510	1,450	1,489	90	153	-21

Mit einem Brennwert-Kessel können Energieeinsparungen durch die zusätzliche Nutzung der in den Abgasen enthaltenen Wärme erzielt werden. Die Vorlauftemperaturen betragen maximal 55°C.

Alternativen Q_p max Wert zur Berechnung verwenden:
↑ $kWh/(m^2a)$
Ok Reset

Geben Sie einen Wert ein, der in der rechts davon liegenden Spalte ein Ergebnis knapp unter dem Q_p max-Wert und in der letzten Spalte von 0

φ	Q_p	Q_p max	Abweichung
1,590	67	126	0
1,571	70	130	-3

In das rote Feld muss ein Wert zwischen 60 und 70 eingegeben werden. Die in der letzten Zeile angegebene Abweichungen zeigen, dass dieser näher bei 70 liegen soll.

Alternativ können auch von den EnEV unabhängige Q_p -Werte vorgegeben werden.

Abbildung: „Ermittlung von Q_h “

Der $F_j \cdot U_j$ Wert verändert sich in Abhängigkeit der gewählten Heizanlage.

„Ergebnis“

Hier werden die Flächen der einzelnen Bauteile, der zulässige und der berechnete Energieverbrauch und der $F_j \cdot U_j$ angezeigt. Diese Angaben dienen der Dim-sim zur Ermittlung der erforderlichen Dämmstoffdicken.

Achtung ! Damit die Daten übertragen werden, müssen diese gespeichert und das Feld „Daten für Optimis exportieren“ markiert werden.

1.2 Dim-sim, „abstrakt“

Funktion

Die Untersuchung der Einflüsse erfolgt auf 3 Arbeitstafeln.

Auf der **Tafel 1** für ein aus einzelnen Raumeinheiten (Containern) zusammenstellbares Gebäude die Oberflächen A , das Volumen V_e , das A/V-Verhältnis und der nach der Energieeinsparverordnung hierfür zulässige Primärenergiebedarf Q_p , die Fassadenfläche aus Wand- und Fensterfläche $A_{AW} + A_F$ und die Nutzfläche A_N berechnet.

Die ersten drei Werte werden mit denen einer Kugel und eines Würfels verglichen.

Erwartungsgemäß ist das A/V-Verhältnis von Kugel und Würfel immer günstiger als bei dem Containergebäude. Bei diesem ergeben sich Unterschiede in Abhängigkeit der Anordnung. Ordnet man die Container nebeneinander an, ergibt sich ein günstigeres A/V-Verhältnis als bei einer Anordnung hintereinander. Noch günstiger ist es, diese übereinander zu schachteln. Auf diese Weise erhält man sehr schnell eine Vorstellung davon, welchen Einfluss die Gebäudeform auf den Energieverbrauch hat.

Bedienung Tafel 1:

Auf der Tafel 1 findet man in der rechten oberen Ecke zwischen – Neu, Info und Ergebnis – ein Prisma liegen. Dieses ist eine von 9 Raumzellen (Containern), die durch Anklicken mit der linken Maustaste auf das links davor liegende Feld verschoben werden kann. Nach Freigabe der Maus bleibt der Container liegen. Klickt man wieder auf den Ursprungs-Container im „Lager“, werden auf der „Baustelle“ zusätzliche Plätze für das Aufstellen von weiteren Containern angezeigt. Insgesamt stehen 9 Container für die Gestaltung eines Gebäudes zur Verfügung. Versuchen Sie ein Gebäude z.B. wie auf der Abbildung „Tafel 1“ zu errichten.

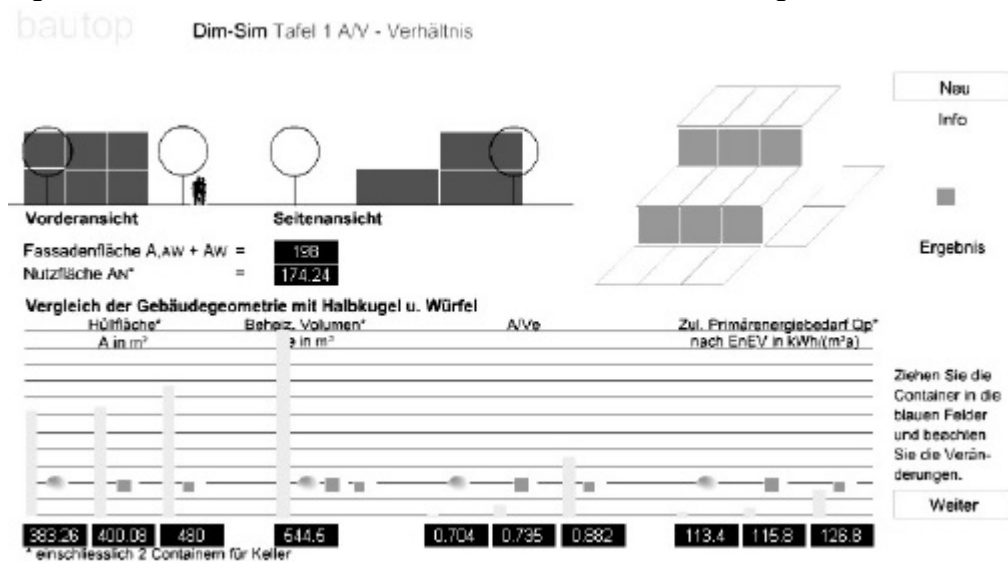


Abbildung Tafel 1

Entsteht ein Fehler, muss der Aufbau über „Neu“ nochmals begonnen werden.

Ist der Baukörper fertig, erhält man mit „Ergebnis“ folgende Daten:

Links oben:

- die gesamte „Fassadenfläche“ aus der Wandfläche A_{AW} einschl. der Fensterfläche A_W (Diese ist von der Gestaltung des Gebäudes abhängig)
- Nutzfläche“ des gesamten Gebäudes einschl. der bei jedem Gebäude mitberechneten Fläche für 2 beheizte Raumzellen im Keller.

In den Diagrammen werden die Daten des erstellten Gebäudes mit denen einer Halbkugel und eines Würfels mit gleichem Volumen verglichen.

- Die „Hüllfläche“ ist die Oberfläche der beheizten Gebäudeteile.
- Das „beheizte Volumen“ beinhaltet alle beheizten Räume einschließlich der Wände. Dieses ist für alle Gebäudeformen gleich.
- Das Ergebnis von Hüllfläche zu Volumen „A/V“ ist eine markante Aussage über die energetische Qualität des Gebäudes, die über den Vergleich mit der Halbkugel und dem Würfel anschaulich verdeutlicht wird.
- Der „zulässige Primärenergiebedarf Q_P “ gibt an, wie viel Energie zur Beheizung eines Gebäudes nach der Energieeinsparverordnung EnEV 2001 der Erde maximal entnommen werden darf. Dieser Wert ist von dem A/V-Verhältnis abhängig und bildet die Grundlage zur Optimierung der Wärmedämmung für dieses Beispiel.

Die Dicke der Wärmedämmung soll nach der Philosophie dieses Kurses so optimiert werden, dass ein für die Beheizung des Gebäudes vorgegebener Energieverbrauch möglichst genau eingehalten wird. Für die Simulation mit der Dim-sim wurde hierzu der maximale Wert nach EnEV Anh.1 Tafel 1 als eine von vielen möglichen Vorgaben gewählt.

Unter „Info“ werden die Informationen zur „Dim-sim“ und zu dieser Tafel 1 zusammengefasst. Mit „weiter“ wird Tafel 2 zur Festlegung der Fensterflächen erreicht.

In **Tafel 2** der Dim-sim wird die Abhängigkeit der erforderlichen Dämmmaßnahme vom Solargewinn untersucht.

Bedienung der Tafel 2:

Für das auf Tafel 1 erstellte Gebäude sind die Ansichten mit einem Fassadenraster dargestellt. Durch Anklicken eines Rasterfeldes wird dieses als Fenster definiert. Auf diese Weise kann die Fassade gestaltet werden. Mit einem zweiten Klick wird das Fenster wieder zur Wand. Nach Eingabe der Fenster werden für jede Fassade und als Summe für das ganze Gebäude folgende Daten angegeben:

- die Fensterfläche „ A_w “
- die verbleibende Außenwandfläche „ A_{AW} “
- Das Verhältnis von Fensterfläche zur gesamten Fassadenfläche „ f “.

Dieser „ f “-Wert ist für die Zulässigkeit des vereinfachten Nachweisverfahrens und den sommerlichen Wärmeschutz von Bedeutung. Die sich aus den einzelnen Fassaden ergebende Summe der Teilflächen ist in der Tabelle rechts unten angegeben. Hier findet man auch energetische Daten für die Fenstergläser sowie die sich aus der Fassadengestaltung ergebenden Wärmeverluste und Wärmegewinne. Im einzelnen sind folgende Werte dargestellt:

- der Wärmedurchgangskoeffizient „ U_w “ des Glases
- der Gesamt-Energiedurchlassgrad des Glases „ g “

Beide vorgegebenen Werte können durch Überschreiben modifiziert werden. (Angaben hierzu siehe Skript Wärmeausbreitung)

- die sich ergebende Differenz als $\Delta Q_{T,W}$

Die Bedeutung der einzelnen Bezeichnungen lässt sich auch durch Anklicken von „ i “ erfahren. Versuchen Sie die Fassaden z. B. wie in der Abbildung zu „Tafel 2“ zu gestalten

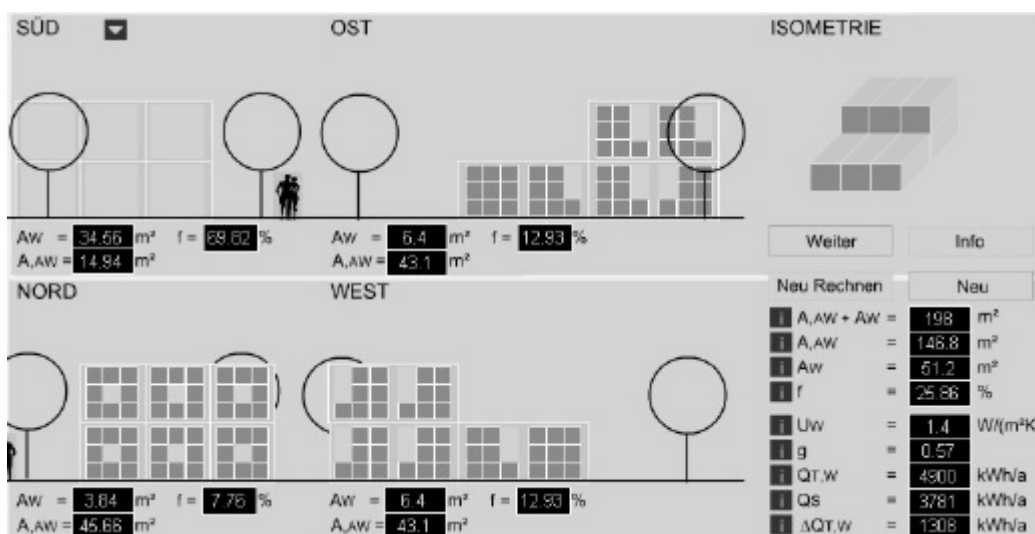


Abbildung zu Tafel 2

Beginnen Sie mit der Südfassade und lesen Sie nach deren Fertigstellung die Werte $Q_{T,W}$ und Q_s ab. Dabei zeigt sich, dass bei der voreingestellten Glasart mit einem U_W -Wert von $1.4 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ die Wärmeverluste größer sind als die Wärmegewinne, obwohl bisher nur auf der Südseite Fenster vorhanden sind.

Erst wenn Sie U_W mit 1.0 überschreiben sieht man nach einem Klick auf „Neu Rechnen“, dass die Wärmegewinne größer sind als die Verluste. Das bleibt auch so, wenn man noch zusätzlich den g-Wert wegen der geringeren Strahlungsdurchlässigkeit von Wärmeschutzgläsern auf 0,50 herabsetzt und nochmals „Neu“ rechnet.

Die Wärmegewinne verringern sich aber sofort, wenn zusätzlich auf der Ost- und Westseite Fenster eingebaut werden und ganz besonders stark mit Fenstern auf der Nordseite. Die Orientierung der Fassaden zur Himmelsrichtung kann man auch mit dem kleinen Pfeil oben links unter dem Schriftzug bautop ändern. $Q_{T,W}$ und Q_s ändern sich entsprechend.

Durch Übungen mit Tafel 1 und Tafel 2 kann man ein Gefühl dafür erarbeiten, wie sich Gebäudeform und die Fassadengestaltung auf den Energieverbrauch auswirken.

Über den Schalter „Neu“ können immer wieder neue Baukörper und Fassaden entworfen werden.

Der Schalter „Info“ führt zu einer zusammengefassten Erklärung der Funktionen in Tafel 2.

Neben der Gebäudeform und der Fassadengestaltung hat noch die Qualität der Heizanlage einen großen Einfluss auf den Energieverbrauch des Gebäudes.

Dies lässt sich mit Tafel 3 untersuchen, auf der zudem das Ergebnis der gesamten Untersuchung dargestellt wird.

Klicken Sie auf „Weiter“.

In **Tafel 3** wird der Einfluss der Anlagentechnik auf die erforderlichen Dämmmaßnahmen dargestellt und der für die Dimensionierung der Dämmmaßnahmen erforderliche $F_j \cdot U_j$ -Wert berechnet.

Inhalte der Tafel 3

Die Tafel ist in 6 Bereiche gegliedert, die folgende Funktionen beinhalten:

- a) Links oben werden fünf verschiedene Heizanlagensysteme vorgestellt.
- b) Darunter sind die geometrischen Daten für das entworfene Gebäude aufgeführt.
- c) Die Diagramme in der Mitte oben vergleichen die auf der Grundlage von Tafel 1 und Tafel 2 sowie der gewählten Heizanlage in Tafel 3 erzielten Ergebnisse mit einem jeweils für die Umwelt günstigsten Wert.
- d) Das Bild rechts oben zeigt die entworfene Gebäudeform.
- e) Unterhalb der Funktionsschalter sind die in den Energiesparnachweis einfließenden energetischen Daten für das entworfene Gebäude angegeben.
- f) In der Mitte unten wird das Ergebnis der gesamten Untersuchung, der erforderliche mittlere Wärmedurchgangskoeffizient „ $F_j \cdot U_j$ “ und als Beispiel eine zu dessen Einhaltung erforderliche Dämmstoffdicke präsentiert.

Bedienung und Funktion

a) Anlagensysteme

Diese unterscheiden sich sowohl in der Qualität der Wärmeerzeuger (Niedertemperatur- oder Brennwertkessel bzw. Wärmepumpe oder elektrische Direktheizung) sowie bezüglich der Nutzung nicht fossiler Energiequellen (Solarenergie bzw. Wärmerückgewinnung). Beim Klick auf „i“ erscheint eine Kurzbeschreibung des Systems.

Die vorgestellten Anlagen sind nur ein kleiner Ausschnitt der in DIN 4701, Teil 10 – „energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen“ behandelten Beispiele. Aus dieser Norm kann für die aufgeführten und andere Anlagenkombinationen der sogenannte „Anlagenkennwert „ e_p “ nach drei bezüglich der Genauigkeit unterschiedlichen Verfahren entnommen werden. Der e_p -Wert gibt an, welcher Anteil von dem durch Wärmeverluste und Wärmegewinne entstehende Heizwärmebedarf „ Q_h “ für die Anlagentechnik anzusetzen ist, um den der Erde zu entnehmenden „Primärenergiebedarf „ Q_P “ zu berechnen.

Je größer die Verluste der Heizanlage, desto kleiner wird die zur Beheizung des Gebäudes zur Verfügung stehende Energiemenge.

Je weniger Energie verbraucht werden darf, desto besser muss gedämmt werden.

Dies lässt sich leicht nachvollziehen, wenn die verschiedenen Heizanlagen angeklickt und die Veränderungen des mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten „ $F_j \cdot U_j$ “ bzw. die erforderliche Dämmstoffdicke beobachtet.

Für jedes der aufgeführten Systeme wird im rechten Diagrammfeld der für dieses Gebäude zutreffende Anlagenkennwert „ e_p “ dargestellt. Eine animierte Erläuterung dieser Zusammenhänge findet sich unter dem Schalter „Info“ bzw. in den Lernhilfen von **bautop 2** zum Arbeitsschritt 2.3 „Grenzwerte“.

b) Flächen

Die Größe des durch ein Bauteil fließenden Wärmestroms ist neben der Größe des Wärmedurchgangskoeffizienten „ U “ auch von der Differenz zwischen Innen- und Außentemperatur abhängig. Da diese Differenz für an die Außenluft angrenzende Bauteile anders ist als bei solchen, die an das Erdreich oder an unbeheizte Innenräume angrenzen, müssen sie zur Berechnung des Transmissionswärmeverlustes „ Q_T “ gesondert erfasst werden. Der Wärmestrom von nicht an die Außenluft grenzenden Bauteilen wird mit einem sogenannten „Temperatur-Korrekturfaktor F_x “ abgemindert. In der Tabelle „Flächen“ sind alle Bauteile aufgeführt, durch die aufgrund unterschiedlicher F_x -Werte bzw. unterschiedlicher Wärmeübergangswiderstände sich eine andere Größe für den Wärmestrom ergibt. Die angegebenen Flächen basieren auf dem speziellen Gebäudeentwurf. Die erste Zeile enthält die Summe aller Flächen. Die Fensterflächen sind nicht enthalten, da nur die opaken Bauteile gedämmt werden.

c) Vergleich der berechneten mit den für die Umwelt günstigsten Werten.

An den 3 Diagrammen kann die erreichte energetische Qualität des erstellten Gebäudeentwurfes abgelesen werden. Das erste Diagramm rechts vergleicht den maximal zulässigen Wärmeverlust $Q_{T,opak}$, der sich bei dem kompaktesten Baukörper mit minimalster Befensterung und kleinstem e_p -Wert ergibt, mit dem, der sich aus der entworfenen Gebäudeform mit dem gewählten e_p -Wert errechnet.

Das zweite Diagramm vergleicht die Differenz der Wärmeverluste und Wärmegewinne durch die Fenster $\Delta Q_{T,W}$ zwischen einer minimalen Befensterung und einem U_W -Wert von $1.4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ mit dem $\Delta Q_{T,W}$ -Wert der gewählten Ausführung.

Das dritte Diagramm vergleicht den Anlagenkennwert e_p des besten Systems mit dem gewählten.

Durch die Diagramme werden noch eventuelle Verbesserungsmöglichkeiten für die Planung deutlich.

d) „ $F_j \cdot U_j$ “ zur Einhaltung des nach EnEV maximal zulässigen Energieverbrauchs.

Als Ergebnis der bisherigen Untersuchungen wurde die Größe des Wärmestroms ermittelt, der durch die opaken Außenbauteile des Gebäudes fließen darf, damit der vorgegebene Energievorrat für eine Heizperiode ausreicht. Daraus ergibt sich ein für alle Bauteile gleich großer Wärmedurchgangskoeffizient „ U_j “ in dem auch der Temperaturreduktionsfaktor F_j enthalten ist. „ j “ steht dabei als Mittelwert für alle Bauteile.

Aus dieser Vorgabe kann der für die Dimensionierung der Wärmedämmung zu Grunde liegende Wärmedurchgangskoeffizient U eines Bauteils unter Berücksichtigung des für dieses geltenden Temperatur-Korrekturfaktors F_x berechnet werden.

Für den so ermittelten U -Wert ist die Dicke oder die Wärmeleitzahl der Dämmschicht unter Berücksichtigung der übrigen Schichten zu berechnen.

Als Beispiel wurde die erforderliche Dicke einer nur aus Dämmstoff bestehenden Außenwand dargestellt.

Will man den ermittelten $F_j \cdot U_j$ -Wert für die Dimensionierung der Dämmstoffdicke innerhalb der Opti-sim verwenden, ist dieser über den Schalter „Speichern“ abzulegen. Er wird dann von der für die Dimensionierung zuständigen Bilanz-sim übernommen.

Mit dem Schalter „Info“ öffnet sich eine Kurzbeschreibung über die Funktion der Tafel 3; der Schalter „Zurück“ führt nochmals zu Tafel 2. Hierdurch ergibt sich die Möglichkeit, den Einfluss der Fenster auf die Wärmedämmung mit weiteren Alternativen zu untersuchen.

Der Schalter „Neu“ löscht alle Angaben und führt zur Tafel 1.

Mit „Vertiefung“ wird, mit einer Animation der Einfluss des e_p -Wertes erklärt.

Die Algorithmen zur Berechnung des $F_j \cdot U_j$ -Wertes sind in dem Skript „Berechnung eines mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten“ beschrieben.

5.2. Schicht-sim

Die Schicht-sim wird aus der Opti-sim aufgerufen.

Zweck

Mit der Schicht-sim kann überprüft werden, welche Einzelschichten für ein Bauteil erforderlich sind. Lernziel ist das nachvollziehbare und konstruktiv richtige Entwerfen von Bauteilen. Sie dient zur Simulation der energetischen und stofflichen Optimierung für ein mit der Dim-sim entworfenes Gebäude. Sie kann auch unabhängig von der Dim-sim für das konstruieren von Bauteilen verwendet werden.

Die Schicht-sim bietet die Möglichkeit, für Bauteile zunächst bestimmte Beanspruchungen und Vorgaben zu definieren, dann die daraus erforderlichen Schichten festzulegen, diese zu überprüfen, zu speichern und auszudrucken. Die gespeicherten Bauteile werden von der „Stoff-sim“ zur Weiterbearbeitung übernommen.

Funktion und Bedienung

(am Beispiel „Aufbau eines Kellerbodens in einem beheizten Keller“)

Durch Anklicken der Bodenplatte = Bauteil B1 in dem Übersichts-Schnitt erscheint das Menü „B1 Bodenplatte“ mit der Vorstellung der möglichen Beanspruchungen durch verschiedene Bodenarten. Durch Betasten der drei Möglichkeiten werden die entsprechenden Beanspruchungen animiert dargestellt. Die für eine bestimmte Beanspruchung zu definierenden Vorgaben erscheinen durch Klick auf „zu Definition der Vorgaben“.

Als erstes sind die in Abhängigkeit der Bodenfeuchte erforderlichen Dichtungsmaßnahmen zu definieren. Zwei Möglichkeiten werden angeboten. Wählen Sie 1.2 „Abdichtung gegen nicht stauendes Wasser mit Dichtungsbahnen“ durch Ankreuzen des Kästchens.

Als zweites ist die Lage der Wärmedämmung festzulegen. Es gibt zwei Möglichkeiten. Wählen Sie 2.1 „Wärmedämmung innenliegend“.

Im nächsten Fenster werden die aufgrund der Vorgaben an die Bodenkonstruktion gestellten Anforderungen und deren bauliche Umsetzung vorgestellt. Jede Anforderung erfordert eine spezielle Schicht, die je nach spezieller Nutzung des Raumes gewählt oder ausgeschieden werden kann. Die Funktion der einzelnen Schichten wird bei Betasten beschrieben. Probieren Sie es durch Anklicken einzelner Schichten. Der rechte Schieber dient zum „Scrollen“.

Für Ihre Auswahl sollte die Trittschalldämmschicht oder die Wärmedämmschicht oder beide enthalten sein. Die Installationsschicht kann entfallen, wenn die Heiz- und Elektroleitungen, wie im Keller üblich an der Decke befestigt wird.

Anschließend werden die getroffenen Festlegungen und eine Schichtbibliothek vorgestellt, gleichzeitig erscheint ein Navigationsmenü. Bei Betasten der Schichtbezeichnungen erscheint eine Beschreibung zu deren Funktion. Durch Anklicken von „i“ erscheinen bautechnische Hinweise (im Aufbau befindlich, noch nicht vollständig).

Der Schichtaufbau erfolgt durch Anklicken und Einschleppen einer Schicht in das hellblaue Arbeitsfeld.

Versuchen Sie selbst, die nach Ihrer Meinung erforderlichen Schichten in dieses Feld einzuführen. Die Bestätigung oder die erforderlichen Korrekturen erfragen Sie mit dem „?“ im Navigationsmenü.

Die einzelnen Schichten können vorerst im beliebigen Abstand zueinander angeordnet werden.

Bei dem Hinweis: „die Schicht muss zwischen ... liegen“ wird immer zuerst die untere bzw. innere und dann die darüber bzw. außen liegende Schicht genannt. Ist eine Schichtung fertig, kann sie unter dem Speicher-Icon (Diskette) abgelegt werden. Mit dem Löschen-Icon links neben dem Drucker wird das Arbeitsfeld für eine andere Bauteilschichtung wieder freigegeben.

Mit „Zurück“ sind die einzelnen Vorgaben modifizierbar. Ist das Bauteil gespeichert, erscheint ein Hinweis mit der Möglichkeit, in die Stoffsim zu wechseln.

Die so geschichteten Bauteile bilden die Grundlage für den Wärmeschutznachweis. Will man mit der Opti-sim einen Wärmeschutznachweis erstellen, müssen alle gekennzeichneten Bauteile geschichtet werden. (Beispiele für weitere Bauteile siehe Skript).

Bitte beachten Sie bei Wiederholung der Schichteingabe über das Internet, die als Cookies gespeicherten alten Schichtaufbauten zu löschen (Explorer – Extras – Internetoption – Cookies löschen).

5.3 Stoff-sim

Die Stoff-sim wird aus der Opti-sim aufgerufen.

Zweck

Die Stoff-sim dient einer begründeten und nachvollziehbaren Auswahl von Materialien für die einzelnen Schichten der mit der Schicht-sim erstellten Bauteile. Sie dient zur stofflichen Optimierung der Bauteile innerhalb der Opti-sim. Die für die Schichten erstellten Berechnungstabellen werden in der Bilanz-sim vervollständigt und dienen als Vorlage für den Wärmeschutznachweis. Lernziel ist die nachvollziehbare und für die auftretenden Beanspruchungen geeignete Auswahl von Baustoffen und deren Optimierung.

Funktion und Bedienung

Für die in der Schicht-sim definierten Schichten kreiert die Stoff-sim eine Tabelle zur Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten „U“. In diese werden aus einer Datenbank Baustoffe mit üblichen ,bzw. selbst zu definierende Schichtdicken mit ihrer Wärmeleitfähigkeit „ λ “ übertragen. Der zur Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten „U“ erforderliche Wärmedurchlasswiderstand „R“ wird aus diesen Vorgaben ermittelt ($R = d/\lambda$).

Zur Berechnung des U-Wertes sind auch die für jedes Bauteil zutreffenden inneren und äußeren Wärmeübergangswiderstände R_{si} und R_{se} mit zu berücksichtigen.

Diese in der DIN EN ISO 6946 enthaltenen Werte werden in Abhängigkeit der Lage des Bauteils im Gebäude und dem gewählten Schichtaufbau vorgegeben.

Als Ergebnis erscheint in der 3. Zeile von unten die „Summe $R_{T, o. Dämmung}$ “. Das ist der Wärmedurchlasswiderstand des Bauteils ohne der erst noch zu dimensionierenden Hauptdämmschicht. In der 2. Zeile von unten wird der Wärmedurchgangskoeffizient „U“ als reziproker Wert von „ R_T “ angegeben. In der untersten Zeile ist der für die Berechnung des Transmissionswärmeverlustes Q_T anzusetzende Wärmedurchgang unter Berücksichtigung des Temperatur-Korrekturfaktors F_x berechnet. Der Wärmedurchlasswiderstand der Hauptdämmschicht bleibt vorerst offen und wird erst nach den Festlegungen für alle Bauteile durch die Dimensionierung in der Bilanz-sim berechnet.

Für die Auswahl der Dämmstoffe und der Boden- und Dachbeläge wird die Möglichkeit für ein zielbaumorientiertes Optimierungsverfahren angeboten.

Durch Klick auf eine Schicht werden dafür geeignete Stoffe vorgestellt.

Die Stofftabellen stellen in der Regel mehrere geeignete Materialien vor. Die Auswahl kann entweder nach Einholen weiterer Informationen im Internet mit dem Link unter „i“ oder unter Berücksichtigung technischer Hinweise bzw. bei Bodenbelägen, Dachbelägen und Dämmstoffen durch Optimierung erfolgen.

Ausführliche Informationen über die Qualität, Herstellung und Anwendung der Stoffe enthält der Kursteil „Einblicke in die Baustoffkunde“ im Internet.

Nach der Auswahl eines Baustoffes kommt man wieder zur Eingabe. Die Materialauswahl kann beliebig oft modifiziert werden.

Nach Eingabe aller Bauteilschichten besteht die Möglichkeit diese zu „speichern“ und zu „drucken“. „Zurück“ führt zur Auswahl eines neuen Bauteils.

Stoff-Optimierung

a) Optimierung der Bodenbeläge

Bei Klick auf „Belagsschicht“ wird eine Tabelle mit üblichen Bodenbelägen vorgestellt. Es besteht die Möglichkeit einen Belag direkt auszuwählen oder auf Grund von Vorgaben zu optimieren.

Wählt man die „Optimierung“, erscheint nach Festlegung der Raumnutzung eine Tabelle, in der den möglichen Beanspruchungen die entsprechenden Anforderungen und Materialeigenschaften gegenübergestellt sind.

In der Spalte „Wichtung“ ist mit einem Zahlenwert von 0 bis 3 festzulegen, welche Bedeutung einer Beanspruchung in dem zu untersuchenden Raum zugemessen wird.

STOFFSIM Optimierung der Bodenbeläge

1. Festlegung der Beanspruchungen und Anforderungen

Wie wird der Raum genutzt?

Wohnen Essen Kochen Schlafen Kinderzimmer Bad/WC Werten

2) Beanspruchungen und Anforderungen aus der Raumnutzung

Geben Sie in der Spalte „Bedeutung“ an, wie wichtig die jeweilige Beanspruchung für die Auswahl des Belages ist.
0 = kommt nicht vor, 1 = geringe, 2 = mittlere, 3 = große Bedeutung

Nr.	Beanspruchungen	Anforderungen	Materialeigenschaften	Wichtung
1	Begleitet mit Sitzelementen	Kunststoff	Kunststoff	0
2	Tafeln	Glatte Oberfläche	Ebenheit	0
3	Belastet	Stoßdämmend	Stoßdämmend	0
4	Bausystemen	Falt-, Kleb- und Klebebelag	Chemisch unempfindlich, Ölbeständig	0
5	Bausystemen / Feuertafeln	Stoßdämmend	Brandbeständig	0
6	Belastet und/oder glatte Oberflächen	Stoßdämmend	Stoßdämmend	0
7	Fußbelastung	Lärm- und Stoßdämmend	Chemisch beständig	0
8	Körperhygiene	Wasserbeständig	Wasserbeständig	0

Ausschnitt aus der Tabelle zur Wichtung der Beanspruchungen von Bodenbelägen

Nach erfolgter Wichtung der Kriterien werden bei Klick auf „Jeweils beste Belagsart“ in einer Übersicht aus allen Hauptgruppen die Beläge mit der höchsten Bewertung vorgestellt.

Bei Klick auf eine bestimmte Belagsart erscheint eine Bewertung aller dort enthaltener Materialien. Die Bewertungszahl ist die Summe der für die einzelnen Kriterien berechneten Teilwerte, die sich als Produkt aus der „Wichtung“ und dem für jedes Kriterium vorgegebenen „Eigenschaftswert“ ergibt.

Die Eigenschaftswerte sind nach Anklicken modifizierbar. Die endgültige Auswahl des Belages erfolgt anschließend aus der allgemeinen Belagstabelle, evtl. auch nach subjektiven Überlegungen.

b) Optimierung der Dämmstoffe

Zur Auswahl der Dämmschicht erscheint eine Tabelle mit üblichen Dämmstoffen, die sich entweder direkt oder über ein Optimierungsverfahren auswählen lassen. Wird „Optimierung“ gewählt, erscheint der Gebäudeschnitt zur Auswahl des zu untersuchenden Bauteils.

Nach Anklicken des zu untersuchenden Bauteils, z. B. „B1 Bodenplatte“ erscheinen verschiedene Auswahl-Menüs, in denen die Anforderungen für die Vorauswahl zu definieren sind.

Als erste Vorentscheidung ist die erforderliche Temperaturbeständigkeit in Abhängigkeit des vorgesehenen Estrichs festzulegen (Gussasphalt-Estriche werden z. B. mit bis zu 250°C eingebracht, was besonders temperaturbeständige Dämmmaterialien erfordert.).

Wählen Sie „a) Zement-Estriche“

Auf der nächsten Seite werden die sich daraus ergebenden Anforderungen an die Druckfestigkeit des Dämmstoffs definiert. Hierzu führt der Button „Weiter“ zu einer Tabelle, auf der die

für Dämmstoffe üblichen Typenbezeichnungen aufgeführt sind. Unter „Information“ sind die Beschreibungen der Abkürzungen mit den allgemein üblichen Angaben für die Definition von Dämmstoffen hinterlegt.

Wählen Sie „WD“, das ist ein Wärmedämmstoff für Druckbelastung unter druckverteilenden Schichten, z. B. unter einem Estrich.

Auf der nächsten Seite werden alle zur Disposition stehenden Dämmmaterialien in eine Materialbibliothek zur Auswahl für das Materiallager vorgestellt.

Bei Anklicken der Abbildungen werden diese vergrößert und die Eigenschaften „gesprochen“ erklärt. Daraus sollen jetzt Dämmstoffe gewählt werden, die den Anforderungen der Typenbezeichnung WD entsprechen. Wenn Sie sich nicht sicher sind, welche Dämmstoffe hierfür in Frage kommen, können Sie diesen in einem durch das „?“ erreichbaren virtuellen Labor testen.

Wählen Sie als Beispiel „expandiertes Polystyrol EPS“. Durch Klick auf das „?“ erscheint das Festigkeitslabor mit der abstrahierten Darstellung einer Druckmaschine und der realistischen Darstellung des Baustoffes als Prüfkörper. Das auf der rechten Seite angebrachte Manometer zeigt statt des tatsächlich aufgebrachten Drucks die Typenbezeichnung, für die der Baustoff unter Druckbelastung geeignet ist. Mit „Start“ wird der Druckversuch durchgeführt. Unter „Baustoffinfo“ finden sich allgemeine Informationen über das Material.

Der ausgewählte Dämmstoff „expandiertes Polystyrol“ ist mit den Typenbezeichnungen WS, WD und W auf dem Markt erhältlich.

Wählen Sie aus der Materialbibliothek z. B. die Materialien EPS, PU, XPS, Kork und Schaumglas durch Anklicken des Häkchens in das Materiallager. Haben Sie falsch gewählt, kann es mit dem Pfeil „Zurück“ wieder aussortiert werden.

Nach getroffener Auswahl bezüglich der Druckfestigkeit ist – insbesondere in einem Keller – die Feuchtebeständigkeit von Bedeutung. Es sind deshalb aus den bisher gewählten Materialien nur die feuchtebeständigen in das neue Materiallager zu übernehmen. Wenn Sie sich über die Eignung nicht sicher sind, erlaubt ein Feuchtelabor die Überprüfung.

Überprüfen Sie zum Beispiel den Polyurethanschaum. Nach Klick auf das „?“ erscheint das Wasser-Labor zur Überprüfung der Wasseraufnahme. Durch „Versuch starten“ wird das Material auf eine Waage gelegt, anschließend getränkt und wieder gewogen. Auf der Uhr wird die nach Erfahrung aufgenommene Wassermenge dargestellt.

Für Polyurethanschaum ist die Wasseraufnahme mittelmäßig und deshalb für den Kellerboden nicht geeignet. Besser ist da XPS, der kein Wasser aufnimmt. Wählen Sie EPS, Kork und XPS für das neue Materiallager.

Mit „weiter“ kommt man zur vierten Anforderung „Wärmeleitfähigkeit“. Für Fußböden werden Stoffe mit möglichst kleiner Wärmeleitfähigkeit benötigt. Es wird deshalb vorgeschlagen, solche mit größeren Werten auszuschneiden. Zur Überprüfung dieser Eigenschaft steht das Wärme-Labor zur Verfügung.

Durch Aufruf mit dem „?“ erscheint das Wärme-Labor zur Überprüfung der Wärmeleitfähigkeit. Mit „Versuchsaufbau“ wird die Versuchsanordnung, wie sie zur Feststellung von Wärmeleitfähigkeiten erforderlich ist, gezeigt. Bei „Start“ wird von der Heizplatte aus ein Wärmestrom simuliert und auf der Uhr die kleinste im Handel erhältliche Wärmeleitfähigkeit für das Material angegeben.

Die drei bisher ausgewählten Materialien erfüllen diese Anforderungen und können in das Materiallager übernommen werden.

Mit „Weiter“ kommt man zur Materialoptimierung.

Die bisher ausgewählten Materialien sind grundsätzlich für den vorgesehenen Einsatz als innenliegende Wärmedämmung im Kellerboden geeignet. Für die endgültige Entscheidung sollen diese jedoch noch nach ihrer kleinsten auf dem Markt erhältlichen Wärmeleitfähigkeit, der günstigsten Preisgruppe und nach ökologischen Kriterien untersucht werden.

Im nächsten Schritt erscheint hierzu ein Materialdatenblatt, in dem diese Daten definiert werden müssen. Sind diese nicht bekannt, können sie aus einer über die „Information“ zur Verfügung gestellten tabellarischen Übersicht entnommen werden.



Materialdatenblatt zur Definition der Eigenschaften von Dämmstoffen

Für jedes Kriterium stehen drei Wertebereiche zur Auswahl. Sie können für das Beispiel folgende Angaben verwenden:

	Kork	EPS	XPS
Wärmeleitfähigkeit	0,045	0,035	0,035
Energieaufwand für $U = 0,22 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	216	147	161
Emission bei der Herstellung	gering	groß	groß
Emission im Brandfall	gering	groß	groß
Nachnutzung	stofflich	stofflich	stofflich
Kosten für $d = 10\text{cm}$	23	7	27

Wenn alle Werte richtig eingegeben wurden, erreicht man die Optimierungstabelle.



Optimierungstabelle für Dämmstoffe

Beschreibung der Optimierungstabelle für Dämmstoffe:

In der Kopfzeile der Tabelle sind sechs Kriterien aufgeführt, für die in den Materialdatenblättern die stoffspezifischen Parameter festgelegt wurden.

Der Qualität der jeweiligen Parameter werden die Multiplikationsfaktoren 0, 1 und 2 zugeordnet. In der darunter liegenden Zeile können den einzelnen Kriterien projektabhängige oder in Absprache mit dem Bauherrn festgelegte Wichtungen zugeordnet werden. Die in der angelegten Zeile zwischen 1 und 10 einzugebenden Werte werden darunter in % umgerechnet.

Nach Bestätigung erhalten die zu untersuchenden Materialien für jedes Kriterium eine Bewertung. Die Spaltensumme zeigt, welcher Stoff in Abhängigkeit der gewählten Wichtung am geeignetsten erscheint.

c) Optimierung von Dichtungsschichten

Bei der Bearbeitung von Flachdachaufbauten besteht die Möglichkeit, zwischen Kunststoff- und Bitumenbahnen zu optimieren.

5.4 Bilanz-sim

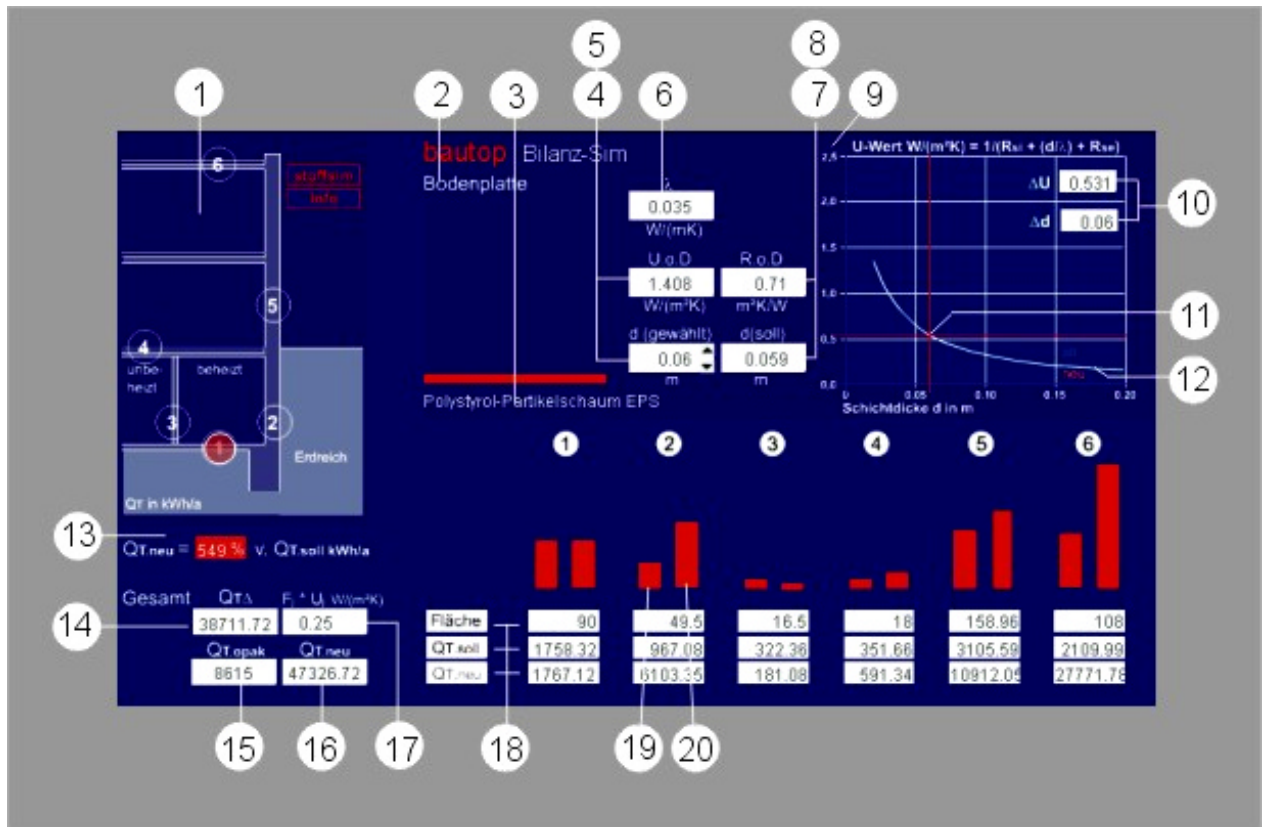
Die Bilanz-sim wird aus der Opti-sim als in diese eingebundene Datei aufgerufen.

Zweck

Die einzelnen Bauteile eines Gebäudes haben auf Grund ihrer unterschiedlichen Größen einen sehr unterschiedlichen Einfluss auf dessen Energieverbrauch. Dies wird mit der Bilanz-sim grafisch dargestellt. Sie bietet die Möglichkeit, die Dämmstoffdicke der einzelnen Bauteile so zu dimensionieren, dass ein vorgegebener Energieverbrauch möglichst genau eingehalten wird. Sie dient zur Erstellung des Energiesparnachweises innerhalb der Opti-sim.

Das Lernziel ist es, den Einfluss der einzelnen Bauteile am Gesamtwärmeverlust zu erkennen und die Dämmstoffdicke entsprechend anzupassen.

Die Berechnungen basieren auf den mit der Stoff-sim ermittelten Wärmedurchlasswiderständen der Bauteile ohne Wärmedämmung und dem mit der Dim-sim ermittelten $F_j \cdot U_j$ -Wert.



Bilanz-sim: Erläuterung der Inhalte
(Erläuterung der Zahlen siehe nächste Seite)

-
- (1) Gebäudeschnitt für die Auswahl des zu untersuchenden Bauteils
 - (2) Bezeichnung des in Bearbeitung befindlichen Bauteils
 - (3) Darstellung des mit der Stoff-sim ausgewählten Baustoffs
 - (4) „d (gewählt)“ = Eingabe der gewünschten Dämmstoffdicke
 - (5) „U_{o.D.}“ = Wärmedurchgangskoeffizient „U“ der mit der Stoff-sim definierten Schichtung ohne Dämmschicht
 - (6) „λ“ = Wärmeleitfähigkeit des mit der Stoff-sim gewählten Dämmstoffes
 - (7) „d (soll)“ = Dämmstoffdicke, die zur Einhaltung des in (18) angegebenen $Q_{T,soll}$ -Wertes unter Berücksichtigung der für dieses Bauteil mit der Stoff-sim eingegebenen Schichten erforderlich ist.
 - (8) „R_{o.D.}“ = Wärmedurchlasswiderstand des Bauteils ohne Wärmedämmung. Die Werte (6) und (8) werden aus der Stoff-sim übernommen.
 - (9) U-Wertskala für die „U-Wert“ – Kurve; die Horizontale des Fadenkreuzes zeigt die Veränderungen des U-Wertes bei der Eingabe der Dämmstoffdicke an.
 - (10) „U“ zeigt den U-Wert für d gewählt (4), der zum Bearbeitungsstand erreicht wurde. Die Verbesserung des U-Wertes wird mit zunehmender Dämmstoffdicke immer geringer.
 - (11) „d“ = Dämmstoffdicke zum jeweiligen Bearbeitungsstand
 - (12) Die „U-Wert-Kurve“ zeigt, wie die Verbesserung des U-Wertes mit zunehmender Dämmstoffdicke abnimmt. Die Wirtschaftlichkeit von Dämmmaßnahmen wird deshalb mit zunehmender Dämmstoffdicke immer geringer.
 - (13) „ $Q_{T,neu}$ in % von $Q_{T,soll}$ “ zeigt den Anteil des zum Zeitpunkt des Bearbeitungsstandes sich ergebenden Transmissionswärmeverlust Q_T aller opaken Bauteile im Vergleich zu dem Sollwert, der zur Einhaltung des zulässigen Primärenergiebedarfes erforderlich ist. Durch die Dimensionierung der einzelnen Bauteile soll ein Wert zwischen 95% und 99 % angestrebt werden. Dieser Wert gibt an, wie viel % der sich aufgrund der gewählten Dämmstoffdicken ergebende Transmissionswärmeverlust $Q_{T,neu}$ in (16) von dem erforderlichen Wert $Q_{T,soll}$ in (15) zum Bearbeitungsstand beträgt.
 - (14) „ $Q_{T,\Delta}$ “ = Differenz zwischen dem möglichst genau einzuhaltenden Transmissionswärmeverlust $Q_{T,soll}$ und dem Wert, der sich aus den bisher durchgeführten Dimensionierungen ergibt.
 - (15) „ $Q_{T,soll}$ “ ist der Transmissionswärmeverlust, der zur Einhaltung des zulässigen Primärenergiebedarfes „ Q_P “ nicht über-, aber auch nicht wesentlich unterschritten werden soll. Dieser Wert wird aus der Dim-sim übertragen.
 - (16) „ $Q_{T,neu}$ “ zeigt die Größe des zum Bearbeitungsstand vorhandenen Transmissionswärmeverlustes an.
 - (17) Der „ $F_j \cdot U_j$ -Wert“ ist die Grundlage für die Dimensionierung der Wärmedämmung. Daraus wird unter Berücksichtigung des Temperaturreduktionsfaktors F_x der unter (7) angegebene „ d_{soll} “-Wert errechnet. Der $F_j \cdot U_j$ -Wert ist das Ergebnis der mit der „Dim-sim“ durchgeführten Untersuchungen und wird daraus übertragen.

- (18) In der Zeile „Fläche“ werden die Flächen der einzelnen Bauteile angezeigt. Die Zeile „ $Q_{T,soll}$ “ zeigt den von den einzelnen Bauteilen in Abhängigkeit ihrer Größe möglichst genau einzuhaltenden Transmissionswärmeverlust. Die Zeile „ $Q_{T,neu}$ “ zeigt den Transmissionswärmeverlust Q_T der einzelnen Bauteile zum Stand der Bearbeitung.
- (19) Der linke Balken zeigt den „ $Q_{T,soll}$ -Wert“ der einzelnen Bauteile in Relation zu den Werten der anderen Bauteile.
- (20) Der rechte Balken zeigt den „ $Q_{T,neu}$ “-Wert zum Bearbeitungsstand.

Funktion

Auf der Arbeitstafel ist ein Schnitt (1) mit sechs Bauteilen dargestellt, die in der Regel die Hüllflächen eines beheizten Gebäudes bilden.

Mit der Dim-sim wurde aus dem durch das A/V-Verhältnis vorgegebenen Primärenergieverbrauch Q_P über den $F_j \cdot U_j$ -Wert die Energiemenge ermittelt, die durch diese Bauteile insgesamt (= $Q_{T,soll}$) und flächenabhängig für jedes einzelne Bauteil verbraucht werden darf. Der gesamte Transmissionswärmeverlust ist unter „ $Q_{T,soll}$ “ (15) und die flächenanteiligen Verluste in der zweiten Zeile unter dem Diagramm dargestellt (18).

In dem Diagramm ist für jedes Bauteil die Fläche A , $Q_{T,soll}$ als Wert und grafisch im linken Balken sowie $Q_{T,neu}$ (18) als Wert angegeben. Der für alle Bauteile geltende mittlere Wärmedurchgangskoeffizient wird als $F_j \cdot U_j$ -Wert unter (17) als Ergebnis der Dimensionierung mit der Dim-sim angezeigt.

Im roten Feld (13) ist das Verhältnis von $Q_{T,neu}$ zu $Q_{T,soll}$ in % dargestellt. Dieser ist zu Beginn der Bilanzierung sehr hoch, da die Dicke der Wärmedämmung noch für keines der Bauteile festgelegt wurde.

Die 5 Werte-Felder in der oberen Mitte der Tafel zeigen ganz oben die gewählte Wärmeleitfähigkeit (6), darunter den U-Wert des Bauteils ohne der noch zu definierenden Dämmung (5), rechts daneben den entsprechenden Wärmedurchlasswiderstand (8), darunter die gewählte Dicke „d“ (7) der Hauptdämmschicht und rechts daneben die Solldicke „ d_{soll} “ (4) in Abhängigkeit des vorgegebenen $F_j \cdot U_j$ -wertes (17).

Das Diagramm rechts oben zeigt, wie mit zunehmender Dicke des Dämmstoffes die Effizienz der Wärmedämmung immer geringer wird. Nach Anklicken eines Bauteils erscheint ein Fadenkreuz (11), das sich auf der U-Wert-Kurve bewegt (12).

Bedienung

Anmerkung: Innerhalb der Opti-sim kann die Bilanz-sim erst aufgerufen werden, wenn mit der Dim-sim ein $F_j \cdot U_j$ -Wert gespeichert und alle Bauteile mit der Schicht- und Stoff-sim fertig bearbeitet wurden.

Nach dem Öffnen sind alle mit den vorausgehenden Simulationen erarbeiteten Daten in die Tafel übertragen.

Nach der Auswahl eines Bauteils wird die jeweilige Solldicke der Hauptdämmschicht (Wärmedämmung) dargestellt (7). Wählen Sie als Beispiel „Bauteil 1 – Bodenplatte“.

Die Solldicke der Wärmedämmung beträgt z.B. 0,069 m. Auf dem Markt ist Dämmmaterial in einer solch ungeraden Zahl nicht erhältlich, es gibt entweder 0,06 oder 0,08 m dicke Dämmstoffe. Verändern Sie die Dicke des Dämmstoffes im Kästchen „d“ (gewählt) von 0 auf 0,06 cm. Während der Eingabe verkleinert sich der rote Balken über dem Diagramm „1“ in immer kleiner werdenden Sprüngen. Bei 0,07 m erreicht der rote Balken die Sollhöhe, bei 0,08 cm liegt er darunter. Gleichzeitig hat sich der in dem Kästchen über dem Sollwert angegebene Prozentsatz für die durch die Bauteile abgegebene Wärmemenge verringert.

In dem Koordinatensystem rechts oben konnte beobachtet werden, dass der Schnittpunkt des roten Fadenkreuzes (11) sich in einem immer flacher werdenden Kurvenverlauf bewegt. Damit wird dargestellt, dass die Differenz des Wärmedurchgangs mit zunehmender Dicke des Dämmstoffes immer kleiner wird und weitere Energieeinsparungen einen immer größeren Dämmaufwand erfordern.

Wenn Sie – um dies besser verfolgen zu können – die Dämmstoffdicke nochmals auf 0,02 m stellen, wird auf der Ordinate ein U-Wert von 1,5 W/(m²·K) und auf der Abszisse 0,02 m angezeigt.

Bei einer Verstärkung des Dämmstoffes auf 0,04 m hat sich der U-Wert auf 0,855 W/(m²·K) verbessert. Vergrößert man die Dicke der Wärmedämmung um weitere 0,02 m, verkleinert sich der U-Wert auf 0,6 W/(m²·K), also bereits erheblich weniger. Verfolgt man die Verringerung der U-Wert-Abnahme bei zunehmender Dämmstoffdicke, dann wird erkennbar, dass sich das Verhältnis von Energieeinsparung zu Dämmaufwand fortlaufend verschlechtert.

Es ist deshalb anzustreben, die Dämmstoffdicken aller Bauteile so auszubalanzieren, dass an keinem Bauteil unnötig dicke Dämmstoffpakete erforderlich werden. Die optimale Dämmstoffdicke aller Bauteile ist dann erreicht, wenn der Transmissionswärmeverlust $Q_{T,neu}$ zwischen 95 % und 99 % von $Q_{T,soll}$ entspricht.

Mit dieser Tafel kann auch untersucht werden, wie sich die Wärmeleitzahl der Dämmstoffe auf den Gesamt-Energiebedarf auswirkt.

In gleicher Weise ist die Dicke aller Dämmschichten festzulegen. Über- oder Unterschreitungen der vorgegebenen Dicken haben bei kleinen Bauteilen einen geringeren Einfluss auf den Energieverbrauch als bei großen Bauteilen. Sind alle Bauteile fertiggestellt, kann man über den Schalter „Stoff-sim (oben neben dem Schnitt) wieder in diese zurück.

In den Tabellen der Stoff-sim sind dann auch die Dicken der Dämmschichten eingetragen und der fertige U-Wert berechnet, so dass der Energiesparnachweis erstellt werden kann.

5.4.1 Ausweis-sim

Zweck

In der Ausweis-sim werden alle mit der Dim-, Schicht-, Stoff- und Bilanz-sim erarbeiteten automatisch Daten in einen Energiesparnachweis übertragen.