

# Umsetzung der EnEV mit Dämmplatten aus Polystyrol-Extruderschaum – XPS



Autoren:

Dr.-Ing. Frank Otto, Ingenieurbüro Prof. Dr. Hauser GmbH,

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Gerd Hauser, Universität Kassel,

Dipl.-Ing. Christoph Kempkes, Ingenieurbüro Prof. Dr. Hauser GmbH,

Dr.-Ing. Anton Maas, Universität Kassel,

und der

Technische Ausschuss der Fachvereinigung Polystyrol-Extruderschaumstoff

## ***Inhaltsverzeichnis***

	<i>Seite</i>
1. Einführung .....	3
2. Ermittlung der wesentlichen wärmeschutztechnischen Kenngrößen. ....	4
3. Energieeinsparverordnung .....	11
4. Gesetzliche und normative Anforderungen. ....	15
5. Polystyrol-Extruderschaum .....	20
6. Bauteilregelquerschnitte .....	22
7. Bauteilanschlüsse .....	27
8. Berechnungsergebnisse mit Energiebedarfs- ausweis für Mustergebäude. ....	30
8.1 Einfamilienhaus .....	30
8.2 Bürogebäude .....	32
8.3 Industriegebäude Verwaltungstrakt und Halle normal beheizt .....	34
8.4 Industriegebäude Verwaltungstrakt normal beheizt und Halle niedrig beheizt .....	36
9. Literatur .....	38

## 1. Einführung

Aus Gründen der Versorgungssicherheit und des Klimaschutzes werden von der Bundesregierung bauordnungsrechtliche Maßnahmen auf der Grundlage des Energieeinsparungsgesetzes [1] vorgeschrieben. Erklärtes Ziel ist es, eine Minderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen um 25 % bis zum Jahre 2005 gegenüber 1990 zu erreichen. Zentrales Element des Klimaschutzprogramms ist das Einsparen von Energie bei der Gebäudenutzung. Festgelegt werden die Anforderungen in der Energieeinsparverordnung (EnEV) [2].

Die Notwendigkeit einer weiteren Verschärfung der gesetzlichen Anforderungen an den Wärmeschutz über das Niveau der Wärmeschutzverordnung '95 [3] hinaus wurde bereits bei deren Verabschiedung angekündigt. Der Bundesrat hat seinerzeit eine entsprechende Erhöhung für Neubauten sowie ein Konzept zur Ausweitung ordnungsrechtlicher Vorschriften im Gebäudebestand in einer gesonderten EntschlieÙung gefordert.

Das erhöhte Anforderungsniveau muß aufgrund der Ermächtigungsgrundlagen im Energieeinsparungsgesetz sowohl nach dem Stand der Technik ausführbar als auch wirtschaftlich vertretbar sein. Dies wird beispielsweise in [4, 5, 6] belegt.

Mit der Energieeinsparverordnung werden die Bilanzgrenzen zur Bewertung des Energiebedarfs für die Gebäudebeheizung gegenüber der Wärmeschutzverordnung wesentlich erweitert. Der Warmwasser-Wärmebedarf sowie die Anlagentechnik für Heizung und Warmwasser werden mit einbezogen. Die kombinierte Betrachtung von baulichem Wärmeschutz und Anlagentechnik erlaubt eine Prognose für den durchschnittlichen Öl- bzw. Gasverbrauch. Eine objektive Bewertung von Gesamtsystemen wird ermöglicht.

Des Weiteren werden in Bezug auf bauliche Maßnahmen über die Anforderungen der Wärmeschutzverordnung '95 [3] hinaus die Luftdichtheit der Gebäudehülle und die wärmetechnische Qualität von Bauteilanschlüssen (Wärmebrücken) berücksichtigt.

Grundlage der Energieeinsparverordnung sind Berechnungsalgorithmen und Berechnungsannahmen, die im Wesentlichen in Normen bereitgestellt werden. Aufgrund der europäischen Harmonisierung befindet sich dieses System der technischen Regelwerke gegenwärtig in der Überarbeitung. Eine Reihe von Normen liegen derzeit lediglich als Vornorm oder Entwurf vor. Die Arbeiten an dem Nachweisverfahren sind somit noch nicht abgeschlossen. Deshalb können sich in Bezug auf die folgenden Erläuterungen zukünftig noch Änderungen ergeben.

## 2. Ermittlung der wesentlichen wärmeschutztechnischen Kenngrößen

Die Eigenschaften von Baustoffen, Materialschichten und Bauteilen werden anhand von Kenngrößen beschrieben. Aufgrund der europäischen Harmonisierung haben sich einige der seit Jahrzehnten vertrauten wärmetechnischen Kenngrößen geändert. In Tabelle 1 findet sich eine Gegenüberstellung der wichtigsten bisher gebräuchlichen und der nun zu verwendenden Symbole.

**Tabelle 1: Symbole und Formelzeichen**

genormtes Symbol	Einheit	zugrunde gelegte Deutsche Norm	physikalische Größe	bisheriges Symbol
d	[m]	DIN EN ISO 6946 [7]	Dicke	s
A	[m <sup>2</sup> ]	DIN EN ISO 7345 [8]	Fläche	A
V	[m <sup>3</sup> ]		Volumen	V
m	[kg]		Masse	m
$\rho$	[kg/m <sup>3</sup> ]		(Roh)Dichte	$\rho$
t	[h]		Zeit	t
$\Theta$	[°C]		Celsius-Temperatur	$\vartheta$
T	[K]		thermodynamische Temperatur	T
Q	[Wh]		Wärmemenge	Q
$\Phi$	[W]		Wärmestrom	$\dot{Q}$
q	[W/m <sup>2</sup> ]		Wärmestromdichte	q
H <sub>T</sub>	[W/K]	DIN EN 832 [9]	spezifischer Transmissionswärmeverlust	–
F <sub>C</sub>	[-]		Abminderungsfaktor einer Sonnenschutzvorrichtung	z
$\lambda$	[W/(m·K)]	DIN 4108-4 [10]	Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit	$\lambda_R$
$\Lambda$	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]		Wärmedurchlasskoeffizient	$\Lambda$
R	[m <sup>2</sup> ·K/W]		Wärmedurchlasswiderstand	1/ $\Lambda$
h	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]		Wärmeübergangskoeffizient	$\alpha$
$\lambda_D$	[W/(m·K)]	DIN EN 13164 [11]	Nennwert der Wärmeleitfähigkeit	
R <sub>D</sub>	[m <sup>2</sup> ·K/W]		Nennwert des Wärmedurchlasswiderstands	
R <sub>si</sub>	[m <sup>2</sup> ·K/W]	DIN EN ISO 6946 [7]	Wärmeübergangswiderstand, innen	1/ $\alpha_i$
R <sub>se</sub>	[m <sup>2</sup> ·K/W]		Wärmeübergangswiderstand, außen	1/ $a$
U	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]		Wärmedurchgangskoeffizient	k
R <sub>T</sub>	[m <sup>2</sup> ·K/W]		Wärmedurchgangswiderstand	1/k
$\psi$	[W/(m·K)]	DIN EN ISO 10211-2 [12]	längenbezogener Wärmebückenverlustkoeffizient	WBV
$\chi$	[W/K]		punktbezogener Wärmebückenverlustkoeffizient	WBV <sub>p</sub>
f	[-]		Temperaturfaktor	$\Theta$
$\phi$	[%]	DIN EN ISO 9346 [13]	relative Luftfeuchtigkeit	$\varphi$

Hinweis zur Aussprache:  $\Theta$  Theta,  $\lambda$  Lambda,  $\rho$  Rho,  $\psi$  Psi,  $\chi$  Chi,  $\phi$  und  $\Phi$  Phi

Die für den Nachweis des energiesparenden Wärmeschutzes gemäß EnEV [2] maßgebenden Kenngrößen werden nachfolgend beschrieben.

Mit dem Wärmedurchgangskoeffizienten  $U$  werden die Wärmeverluste der einzelnen Bauteile der Gebäudehülle gekennzeichnet. Abhängig von der Einbausituation und den Eigenschaften der Bauteile ergeben sich für die Bestimmung der Wärmedurchgangskoeffizienten drei Hauptgruppen (Fenster und Fenstertüren, erdberührte Bauteile, alle übrigen Bauteile).

Fenster, Fenstertüren und verglaste Elemente können zunächst vereinfacht gemäß DIN 4108-4 [14] bewertet werden. Beim Nachweis nach Energieeinsparverordnung darf bei Fenstern vereinfachend eine Standardgröße von 1,21 m x 1,48 m verwendet werden. Ausgehend vom Nennwert für den Wärmedurchgangskoeffizienten, welcher DIN 4108-4 [14] entnommen werden kann, errechnet sich der Bemessungswert durch Hinzufügen von Korrekturen nach Gleichung (1).

$$U_{w,BW} = U_w + \sum \Delta U_w \quad (1)$$

Die Korrekturen berücksichtigen die Art der Überwachung der Glasherstellung, die wärmetechnische Güte des Randverbunds sowie zusätzliche Wärmeverluste durch Sprossen. Soll eine genauere Bewertung der Fenstereigenschaften vorgenommen werden, so kann eine rechnerische Ermittlung auf der Grundlage von DIN EN ISO 10077-1 [15] oder eine Messung nach DIN EN ISO 12567-1 [16] erfolgen.

Bei den erdberührten Bauteilen wird der besonderen Einbausituation mit den im Vergleich zur Außenluft deutlich höheren außenseitigen Temperaturen Rechnung getragen. Neben einem vereinfachten Verfahren mit einem Temperaturkorrekturfaktor kann eine Bewertung auf der Grundlage von DIN EN ISO 13370 [17] vorgenommen werden. Das Verfahren berücksichtigt näherungsweise den dreidimensionalen instationären Wärmestrom durch Kellerwände, Bodenplatten und Erdreich. DIN 4108-2 [10] schreibt vor, dass der maßgebende Wärmedurchlasswiderstand  $R$  nur die raumseitigen Schichten bis zur Bauwerksabdichtung berücksichtigt. Ausgenommen von dieser Regelung sind Dämmsysteme aus extrudiertem Polystyrolschaumstoff und Schaumglas. Für Dämmstoffe, die unter der Gebäudegründung eingesetzt werden oder ständig im Grundwasser liegen, müssen bauaufsichtliche Zulassungen vorliegen.

Alle anderen Bauteile werden nach DIN EN ISO 6946 [7] berechnet. Grundlage der Ermittlung des  $U$ -Wertes ist der für homogene Materialschichten anhand Gleichung (2) zu bestimmende Wärmedurchlasswiderstand  $R$ .

$$R = d/\lambda \quad (2)$$

mit

$d$  [m] Schichtdicke

$\lambda$  [W/(mK)] Wärmeleitfähigkeit

Eingangsgröße für die energetischen Kennwerte der einzelnen Produkte sind neu eingeführte Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit. Angaben finden sich in DIN 4108-4 [14], DIN EN 12524 [18] und allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen.

Die wärmetechnischen Eigenschaften von Bauprodukten werden mit dem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit oder des Wärmedurchlasswiderstands beschrieben. Der Bemessungswert eines Baustoffes

oder -produktes, der nach DIN EN ISO 10456 [19] zu bestimmen ist, stellt die wärmetechnische Eigenschaft unter bestimmten äußeren und inneren Bedingungen, die als typisch für die Nutzung und den Standort anzusehen sind, dar. Grundlage der Ermittlung von Bemessungswerten sind Nennwerte, die den einzelnen Produktnormen zu entnehmen sind.

Aus der Summe der Wärmedurchlasswiderstände der einzelnen Schichten und den Wärmeübergangswiderständen an den Bauteiloberflächen errechnet sich der Wärmedurchgangswiderstand eines Bauteils von der Raumluft zur Außenluft zu

$$R_{\hat{T}} = R_{\hat{s}i} + \sum R_{\hat{i}} + R_{\hat{s}e} \quad (3)$$

mit

$R_{\hat{s}i}$  [ $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$ ] innerer Wärmeübergangswiderstand

$R_{\hat{i}}$  [ $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$ ] Wärmedurchlasswiderstand der i-ten Bauteilschicht

$R_{\hat{s}e}$  [ $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$ ] äußerer Wärmeübergangswiderstand

Für ebene Oberflächen gelten in der Regel die in Tabelle 2 genannten Wärmeübergangswiderstände.

**Tabelle 2: Wärmeübergangswiderstände innen und außen in  $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$  nach DIN EN ISO 6946 [7]**

		Richtung des Wärmestroms		
		aufwärts	horizontal	abwärts
gegen Luft	$R_{si}$ [ $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$ ]	0,10	0,13	0,17
gegen Luft	$R_{se}$ [ $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$ ]	0,04	0,04	0,04
gegen Erdreich	$R_{se}$ [ $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$ ]	0		

Besteht ein Bauteil nicht aus homogenen Schichten sondern aus nebeneinander liegenden Materialien unterschiedlicher Wärmeleitfähigkeit, beispielsweise bei Außenwänden in Holzbauart oder Vorsatzschalen mit einer Tragkonstruktion aus Holz innerhalb einer Dämmebene, so kann die Ermittlung des mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten gemäß dem in DIN EN ISO 6946 [7] angegebenen Näherungsverfahren erfolgen. Alternativ ist eine genaue Bestimmung des mittleren Wärmedurchgangswiderstands für den Regelquerschnitt anhand DIN EN ISO 10211-2 [12] durch eine Wärmebrückenberechnung möglich.

Der Wärmedurchgangskoeffizient  $U$  [ $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ ] errechnet sich aus dem Kehrwert des Wärmedurchgangswiderstands zu

$$U = 1/R_{\hat{T}} \quad (4)$$

Abhängig vom betrachteten Bauteil und von der konstruktiven Ausbildung müssen noch Korrekturen vorgesehen werden, um folgende Einflüsse zu berücksichtigen:

- Luftspalt im Bauteil
- mechanische Befestigungselemente, welche die Schichten durchdringen
- Niederschlag auf Umkehrdächern

Ist die Gesamtkorrektur geringer als 3% vom U-Wert, braucht keine Erhöhung vorgenommen zu werden.  
Der korrigierte Wärmedurchgangskoeffizient errechnet sich zu:

$$U_c = U + \Delta U \quad (5)$$

mit

$$\Delta U = \Delta U_g + \Delta U_f + \Delta U_r \quad (6)$$

Dabei ist:

$\Delta U_g$  die Korrektur für Luftspalte

$\Delta U_f$  die Korrektur für mechanische Befestigungsteile

$\Delta U_r$  die Korrektur für Umkehrdächer

Die Wärmebrückenzuschläge können DIN EN ISO 6946 [7] entnommen werden. Korrekturen für Luftspalte sind nicht erforderlich bei mehrlagig eingebrachtem Dämmstoff mit versetzten Fugen oder einlagiger Dämmung mit Stufenfalz oder Nut-Federverbindung sowie bei stumpf gestoßenen Dämmstoffplatten mit einer Maßtoleranz unter 5 mm. Weitere Bedingungen können DIN EN ISO 6946 [7] entnommen werden.

Für Umkehrdächer finden sich nationale normative Festlegungen in DIN 4108-2 [10].

Nach DIN 4108-6 [20] wird der bauliche Wärmeschutz durch den spezifischen Transmissionswärmeverlust beschrieben. Neben den Wärmeverlusten durch die Regelquerschnitte der Außenhülle beinhalten die Berechnungsverfahren auch den Einfluss infolge Wärmebrückenwirkung bei den Bauteilanschlüssen. Der spezifische Transmissionswärmeverlust ergibt sich aus:

$$H_T = \sum F_i \cdot U_i \cdot A_i + H_{WB} \quad (7)$$

mit

$H_T$	[W/K]	spezifischer Transmissionswärmeverlust
$F$	[-]	Temperaturkorrekturfaktor
$U$	[W/(m <sup>2</sup> K)]	Wärmedurchgangskoeffizient des Bauteils
$A$	[m <sup>2</sup> ]	Fläche des Bauteils
$H_{WB}$	[W/K]	spezifischer Transmissionswärmeverlust infolge Wärmebrückenwirkung

Für die Bestimmung des spezifischen Wärmeverlustes infolge Wärmebrückenwirkung werden zwei Vorgehensweisen angeboten. Bei einer von der konkreten Detailausbildung unabhängigen Bewertung der Wärmebrücken ist gemäß einem Vorschlag in [26] eine pauschale Erfassung nach Gleichung (8) möglich.

$$H_{WB} = \Delta U_{WB} \cdot A \quad (8)$$

mit

$\Delta U_{WB}$	[W/(m <sup>2</sup> K)]	pauschaler spezifischer Wärmebrückenzuschlag
$A$	[m <sup>2</sup> ]	wärmetauschende Hüllfläche

Der pauschale Wärmebrückenzuschlag nimmt einen Wert von 0,05 W/(m²K) an, wenn die Konstruktionsvorgaben des Beiblatts 2 von DIN 4108 [21] eingehalten werden. Werden für einzelne Bauteilanschlüsse alternative Ausführungen gewählt, muss die energetische Gleichwertigkeit nachgewiesen werden. Werden lediglich die hygienischen Anforderungen eingehalten oder kann nur ein Teil der Bauteilanschlüsse gemäß Beiblatt 2 ausgeführt werden, dann muss ein Wert von 0,10 W/(m²K) in Ansatz gebracht werden. Die wärmetauschende Hüllfläche bei Gleichung (8) darf bei Vorhangfassaden, deren Wärmedurchgangskoeffizient den Wärmebrückeneinfluss bereits beinhaltet, um die Teilfläche gemindert werden.

Eine deutliche Minderung der Wärmebrückenverluste kann durch eine sorgfältige Ausbildung der Anschlussdetails erreicht werden. Voraussetzung für die dann zu wählende detaillierte Betrachtung von Wärmebrücken ist die Bestimmung der Wärmebrückenverlustkoeffizienten nach DIN EN ISO 10211-2 [12]. Die durch Wärmebrückeneffekte zusätzlich auftretenden Transmissionswärmeverluste können durch Wärmebrückenverlustkoeffizienten gekennzeichnet werden, welche die Verluste bei linienförmigen Wärmebrücken (Bezeichnung  $\psi$ ) pro laufenden Meter und bei punktförmigen je Wärmebrücke (Bezeichnung  $\chi$ ), bezogen auf 1 K Temperaturdifferenz, angeben. Die Einheit ist W/(mK) bzw. W/K. Das Nachweisverfahren der EnEV basiert auf der außenmaßbezogenen wärmetauschenden Hüllfläche, so dass außenmaßbezogene Wärmebrückenverlustkoeffizienten  $\psi_e$  heranzuziehen sind, während  $\psi_i$ -Werte bei Verwendung von Innenmaßen anzuwenden sind. Der spezifische Transmissionswärmeverlust infolge Wärmebrückenwirkung errechnet sich zu

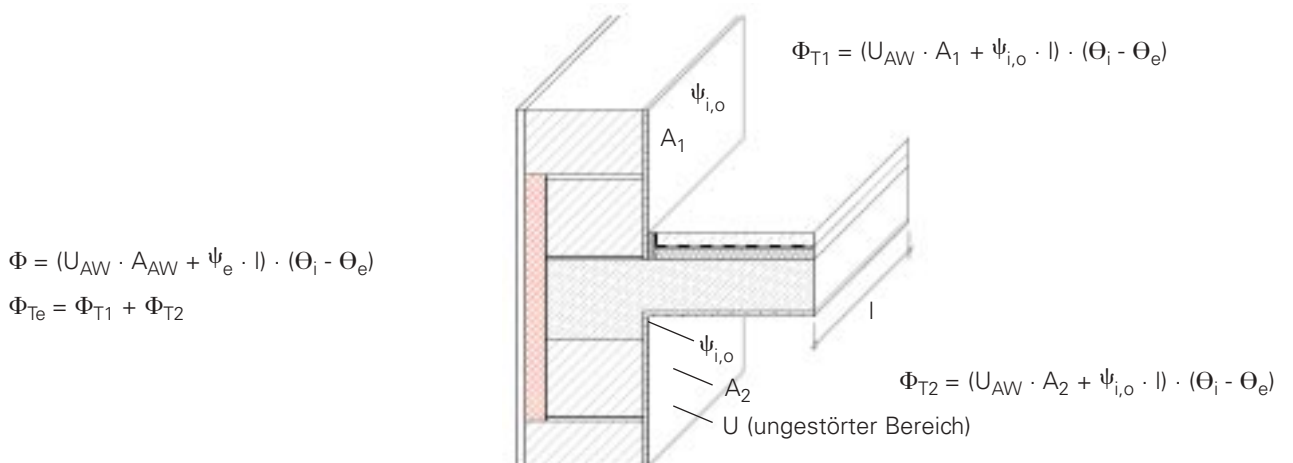
$$H_{WB} = \sum F_j \cdot \psi_j \cdot l_j + \sum F_k \cdot \chi_k \quad (9)$$

mit

$l$	[m]	Länge der linearen Wärmebrücke
$\psi$	[W/(m·K)]	längenbezogener Wärmebrückenverlustkoeffizient
$\chi$	[W/K]	punktbezogener Wärmebrückenverlustkoeffizient

Die Definition des längenbezogenen Wärmebrückenverlustkoeffizienten und die Umrechnung verdeutlicht Bild 1 für eine Geschoßdeckeneinbindung. Angaben über  $\psi$ - und  $\chi$ -Werte finden sich beispielsweise in [22 bis 26].

**Bild 1: Definition des Wärmebrückenverlustkoeffizienten  $\Psi$**



Der detaillierte Nachweis erfordert es jedoch nicht, alle Wärmebrücken in der Gebäudehülle in Ansatz zu bringen. Folgende Wärmebrücken sind nach DIN 4108-6 [20] jedoch mindestens zu erfassen:

- Gebäudekanten,
- Fenster- und Türanschlüsse,
- Wand- und Deckeneinbindung,
- Deckenaufleger und
- thermisch entkoppelte Balkonplatten.

Zur Kennzeichnung der raumseitigen Oberflächentemperaturen ist jeweils die Fixierung der Außen- und Innenlufttemperatur notwendig. Deshalb ist es praktischer, die raumseitigen Oberflächentemperaturen von Außenbauteilen mit Hilfe des Temperaturfaktors  $f_{Rsi}$  gemäß folgender Definition zu beschreiben [10, 12]:

$$f_{Rsi} = \frac{\Theta_{si} - \Theta_e}{\Theta_i - \Theta_e} \quad (10)$$

$\Theta_{si}$  [°C] raumseitige Oberflächentemperatur

$\Theta_i$  [°C] Raumlufthtemperatur

$\Theta_e$  [°C] Außenlufttemperatur

$f = 1$  [-] entspricht der Raumlufthtemperatur

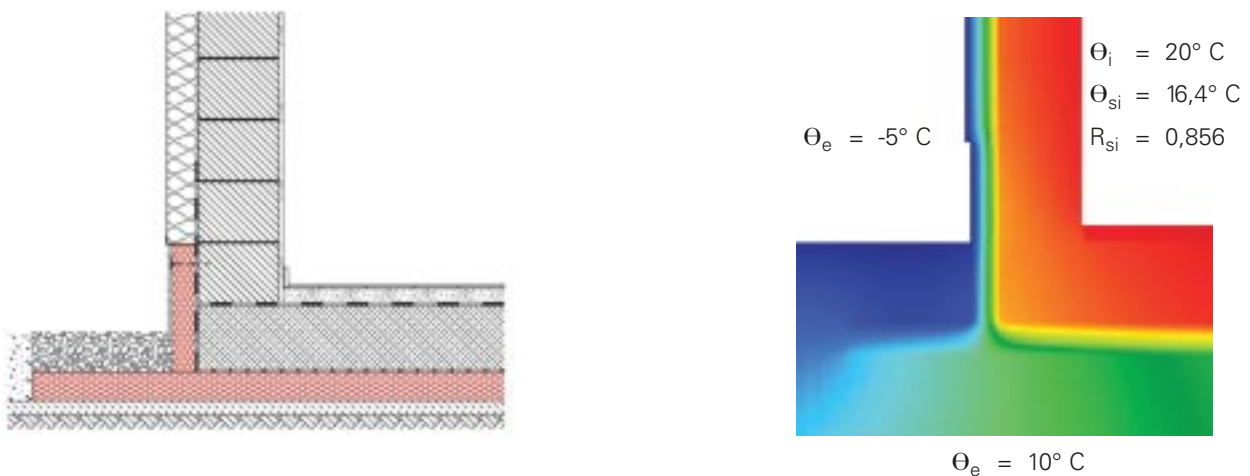
$f = 0$  [-] entspricht der Außenlufttemperatur

Soll bei bekanntem Temperaturfaktor die Oberflächentemperatur in Celsius ermittelt werden, so ist eine einfache Umrechnung auf beliebige Innen- und Außenlufttemperaturrandbedingungen mit Gleichung (11) möglich:

$$\Theta_{si} = f_{Rsi} \cdot (\Theta_i - \Theta_e) + \Theta_e \quad (11)$$

Die Darstellung der Temperaturverteilung innerhalb eines Bauteils erfolgt am anschaulichsten farbige. Bild 2 zeigt den Farbverlauf und die Oberflächentemperaturen für einen Sockelanschluss.

**Bild 2: Darstellung der Temperaturverteilung in einem Sockel**



### **Sommerlicher Wärmeschutz**

Kennzeichnende Größe zur Bewertung des sommerlichen Wärmeschutzes ist der Sonneneintragskennwert  $S$ . Diese Kenngröße verknüpft Fensterflächenanteil, Gesamtenergiedurchlassgrad, Lüftungsmöglichkeiten, vorhandene Verschattung und Wirksamkeit vorgesehener Verschattungselemente miteinander. Die Berechnung erfolgt raumweise gemäß Gleichung (12).

$$S = \sum(A_{w,j} \cdot g_{total,j})/A_G \quad (12)$$

mit

$A_{w,j}$	[m <sup>2</sup> ]	Fensterfläche, es gelten die Maße der lichten Rohbauöffnungen
$g_{total,j}$	[-]	Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung einschließlich Sonnenschutz
$A_G$	[m <sup>2</sup> ]	die Nettogrundfläche des Raumes oder des Raumbereichs

Die durch transparente Bauteile in einen Raum gelangende Sonneneinstrahlung wird mit dem Gesamtenergiedurchlassgrad  $g$  gekennzeichnet. Dieser Wert wird auf der Grundlage der strahlungsphysikalischen Eigenschaften einzelner Elemente, i.d.R. Glasscheiben, rechnerisch nach DIN EN 410 [27] ermittelt. Der Abminderungsfaktor  $F_c$  beschreibt die Wirkung von Sonnenschutzelementen. Werte finden sich in DIN 4108-2 [10].

### **Luftdichtheit**

Zur Beschreibung der Luftdichtheit von Gebäuden gemäß DIN 4108-7 [28] wird der zur Aufrechterhaltung einer definierten Druckdifferenz in Höhe von 50 Pa notwendige Volumenstrom herangezogen. Die Bestimmung erfolgt mittels einer Blower-Door-Messung. Die Messungen werden auf der Grundlage von DIN EN 13829 [29] durchgeführt. Durch Bezug des Volumenstroms auf das Luftvolumen ergibt sich der  $n_{50}$ -Wert.

### **Jahres-Heizenergiebedarf $Q$**

Bei der Formulierung der Anforderungen an den maximal zulässigen Energiebedarf von Gebäuden werden abhängig von der Gebäudenutzung neben dem Heizungswärmebedarf und dem Warmwasserbedarf auch die Erzeugungs- und Bereitstellungsverluste in Ansatz gebracht. In Abhängigkeit von der Gebäudenutzung werden die Bedarfswerte entweder volumenbezogen in kWh/(m<sup>3</sup>a) oder nutzflächenbezogen in kWh/(m<sup>2</sup>a) ausgewiesen. Der Jahres-Heizenergiebedarf  $Q$  errechnet sich zu

$$Q = Q_h + Q_w + Q_t - Q_r \quad (13)$$

mit

$Q_h$	[kWh/a]	Heizwärmebedarf
$Q_w$	[kWh/a]	Warmwasserwärmebedarf
$Q_t$	[kWh/a]	Verluste der Anlagentechnik einschließlich des Energiebedarfs für Ventilatoren, Pumpen, usw.
$Q_r$	[kWh/a]	Wärmegewinne aus Umwelt

Um eine Bewertung der Energieträger zu ermöglichen, wird als Zielgröße für die Festlegung der Anforderungen gemäß EnEV [2] der Primärenergiebedarf  $Q_p$  festgelegt. Die energetische Bewertung der gesamten Anlagentechnik für Heizung, Lüftung und Trinkwassererwärmung inklusive der Hilfsenergie erfolgt nach DIN 4701-10 [30] mit der auf die Primärenergie bezogenen Anlagenaufwandszahl  $e_p$ . Die Kenngröße beschreibt die primärenergetische Effizienz der Anlage.

### 3. Energieeinsparverordnung

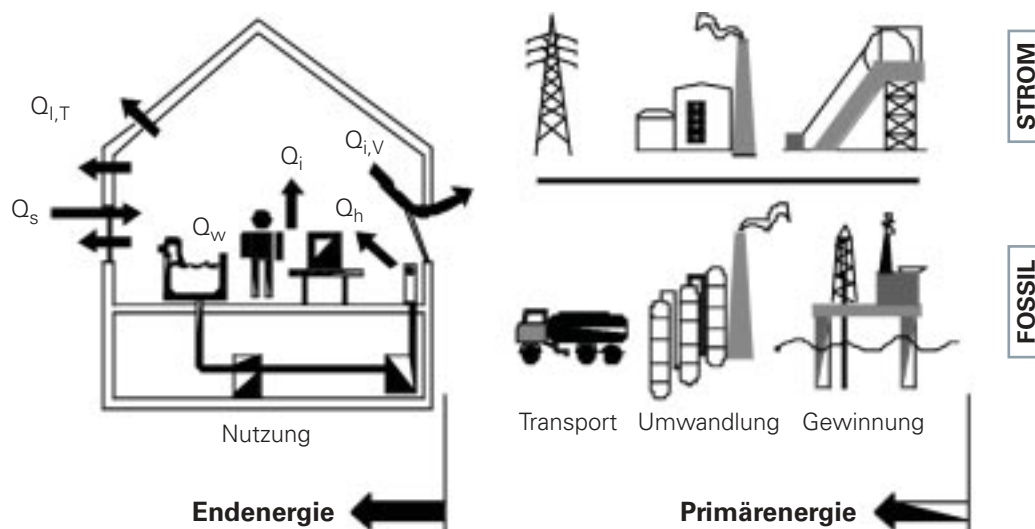
#### 3.1 Allgemeines

Der Umweltschutz und die Daseinsvorsorge haben den Gesetzgeber dazu veranlasst, Reglementierungen für den Energiebedarf von Gebäuden vorzunehmen. Auf der Grundlage des Energieeinsparungsgesetzes [1] wurden bauordnungsrechtliche Anforderungen an das energiesparende Bauen in der Energieeinsparverordnung [2] formuliert. Die Anforderungen richten sich prinzipiell an alle neu zu bauenden und zu verändernden Gebäude, die ihrer Bestimmung nach beheizt werden müssen. Um eine gesamtenergetische Bewertung von Gebäuden vornehmen zu können, wird die bisher der Wärmeschutzverordnung '95 [3] zugrunde liegende, rein bedarfsorientierte Bilanzierung von Gebäuden erweitert. Die Einbeziehung der Anlagentechnik ermöglicht nun eine weitgehend ganzheitliche Bewertung von Gebäuden.

Bei zu errichtenden Gebäuden wird unter Berücksichtigung des Heizwärmebedarfs – dies war die Zielgröße der bisherigen Wärmeschutzverordnung – und ggf. des Warmwasserwärmebedarfs sowie der Einbeziehung der Anlagentechnik für Heizung, Lüftung und Warmwasserbereitung der Endenergiebedarf ausgewiesen. Diese Größe kann mit dem tatsächlichen Energieverbrauch verglichen werden. Sie stellt somit eine Kennzeichnung für die energetische Qualität des Gebäudes dar.

Über diese, für den Endverbraucher interessante Kenngröße hinaus, wird die eigentliche Anforderung der Verordnung an einen zulässigen Jahres-Primärenergiebedarf gestellt. Dieser berücksichtigt auch die Verluste, die bei Erzeugung und Transport eines Energieträgers entstehen. Die Zusammenhänge verdeutlicht Bild 3.

**Bild 3: Schematische Darstellung der Einflußgrößen auf den Primärenergiebedarf [31].**



Die beim Nachweis des energiesparenden Wärmeschutzes vorhandene Flexibilität birgt jedoch die Gefahr eines unerwünscht schlechten Wärmeschutzes der Gebäudehülle bei Verwendung einer hochwertigen technischen Gebäudeausrüstung. Anforderungen an den spezifischen Transmissionswärmebedarf verhindern deshalb ein Unterschreiten des Wärmeschutzes der Hüllfläche unter das Niveau der Wärmeschutzverordnung '95 [3]. Neben den Anforderungen an den Jahres-Primärenergiebedarf werden auch Bedingungen an

- die Gebäudedichtheit
- den Mindestluftwechsel
- den Mindestwärmeschutz
- die Wärmebrücken
- die Maßnahmen im Gebäudebestand

und

- die technische Gebäudeausrüstung

gestellt.

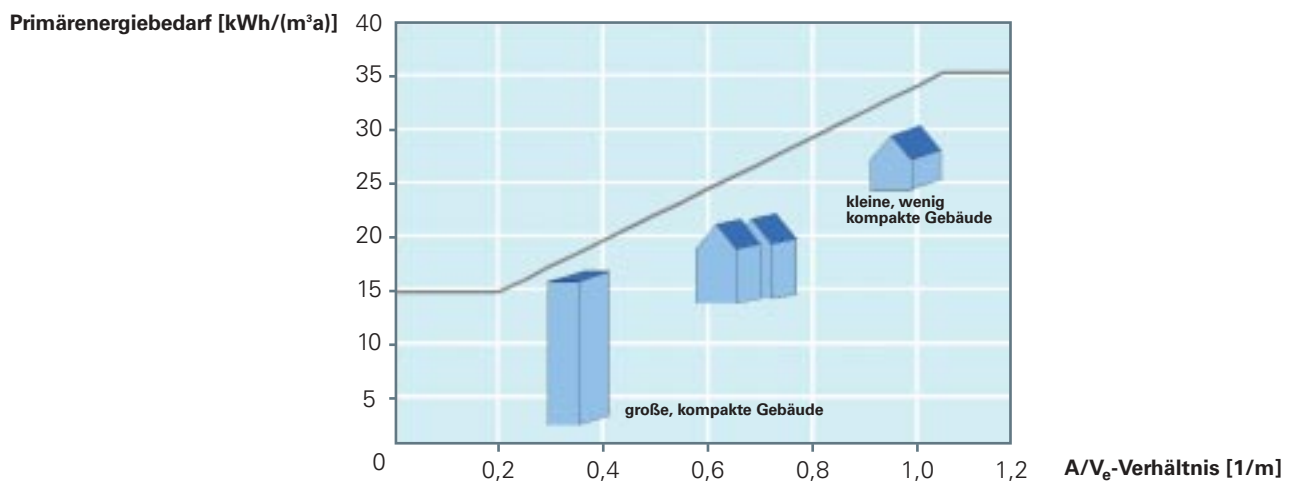
### **3.2 Anforderungsgröße und Anforderungsniveau**

Die Anforderungen an den Jahres-Primärenergiebedarf leiten sich im Wesentlichen vom Verhältnis der wärmetauschenden Hüllfläche zum Gebäudevolumen ( $A/V_e$ -Verhältnis) ab. Bei dem beheizten Gebäudevolumen  $V_e$  handelt es sich um das von der wärmetauschenden Umfassungsfläche umschlossene Volumen. Diese Vorgehensweise erlaubt die Festlegung von Anforderungen für unterschiedliche Gebäudetypen mit entsprechenden Anpassungen. Eine Differenzierung der Anforderungen an kleine gegliederte Gebäude und große kompakte Gebäude ist zur Sicherstellung vergleichbarer Aufwendungen für den energiesparenden Wärmeschutz notwendig. Naturgemäß wäre andernfalls der Aufwand für kleine Gebäude unverhältnismäßig hoch. Bei großen Gebäuden hingegen wäre die Anforderungen sehr gering. Die Beibehaltung des  $A/V_e$ -Verhältnisses wurde einvernehmlich mit den Bundesländern vereinbart [32]. Die maximal zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfswerte sind abhängig von der Warmwasserbereitung. Folgende Fälle werden deshalb unterschieden:

- Gebäude ohne Warmwasserbereitung (Nichtwohngebäude)
- Gebäude mit zentraler Warmwasserbereitung (Wohngebäude)
- Gebäude mit überwiegend elektrischer Warmwasserbereitung (Wohngebäude)

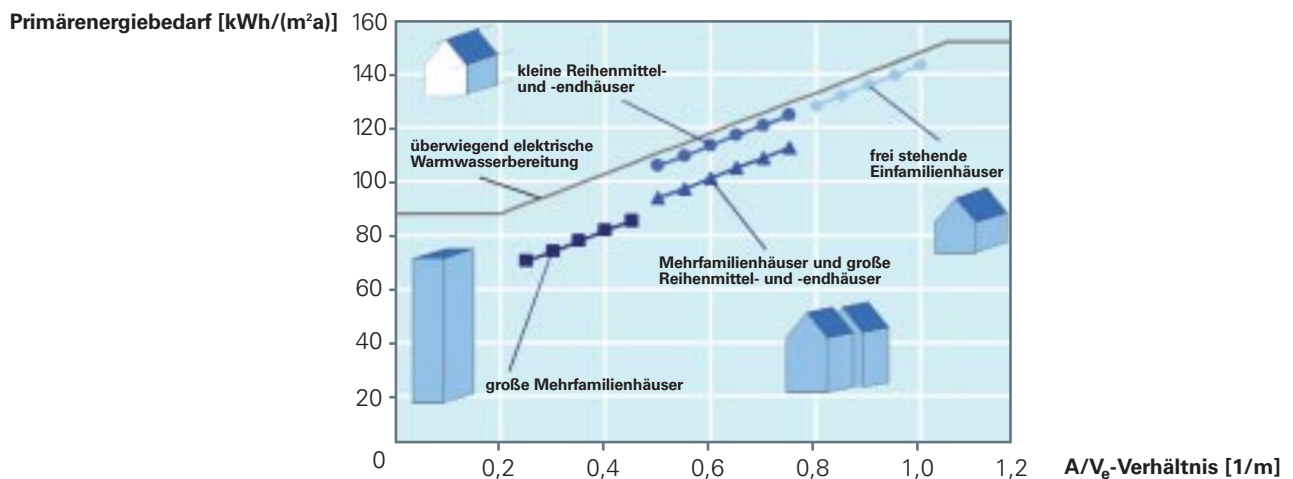
Der Jahres-Primärenergiebedarf darf bei Nichtwohngebäuden in Abhängigkeit vom  $A/V_e$ -Verhältnis des Gebäudes für die Gebäudebeheizung Werte von 14,7 bis 35,2 kWh/(m<sup>3</sup>a) nicht überschreiten. Die Abhängigkeit der Anforderung vom  $A/V_e$ -Verhältnis ist in Bild 4 wiedergegeben. Die in das Diagramm eingetragenen Gebäudetypen zeigen eine Zuordnung der  $A/V$ -Verhältnisse zur Kubatur. Bei Nichtwohngebäuden können – bedingt durch die nicht typisierbaren Nutzungsarten – keine Warmwasserbedarfswerte festgelegt werden. Deshalb ist auf die Einbeziehung in die Energiebilanz verzichtet worden [31].

**Bild 4: Abhängigkeit des Primärenergiebedarfs vom  $A/V_e$ -Verhältnis für Nichtwohngebäude [31].**



Wird die Warmwasserbereitung mit in die Bilanzierung einbezogen – dieser Ansatz ist für Gebäude mit wohnähnlicher Nutzung generell vorgesehen – ergeben sich die Maximalwerte des Jahres-Primärenergiebedarfs in Abhängigkeit von der Art der Anlagentechnik in kWh/(m²a) wie in Bild 5 dokumentiert. Es wird hierbei zwischen zentraler und dezentraler Warmwasserbereitung unterschieden.

**Bild 5: Abhängigkeit des Primärenergiebedarfs vom  $A/V_e$ -Verhältnis für Wohngebäude mit unterschiedlicher Warmwasserbereitung [31].**



### 3.3 Nachweisverfahren

Die Ausgangsbasis zur Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfs stellt der Jahres-Heizwärmebedarf dar, der auf der Grundlage von DIN EN 832 [9] nach DIN 4108-6 „Berechnung des Jahres-Heizwärme- und des Jahres-Heizenergiebedarfs“ [20] zu ermitteln ist. Neben der Monatsbilanzierung, die einen EDV-Einsatz bedingt, findet ein Heizperiodenbilanzverfahren Verwendung, das für einfache Anwendungen herangezogen werden kann.

Der Jahres-Heizenergiebedarf ergibt sich aus der Summation des Heizwärmebedarfs, des Warmwasserwärmebedarfs und der Verluste der Anlagentechnik.

Für den Warmwasserwärmebedarf ist bei Wohngebäuden pauschal ein Wert von  $Q_W = 12,5 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$  zu berücksichtigen. Bei Nicht-Wohngebäuden wird kein Warmwasserwärmebedarf in Ansatz gebracht.

Die Rechenvorschriften im Rahmen von DIN 4701-10 „Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen“ [30] sehen vor, dass die Beschreibung der energetischen Effizienz des Gesamtanlagensystems über Aufwandszahlen erfolgt. Die Aufwandszahl stellt das Verhältnis von Aufwand zu Nutzen dar und ist somit der Kehrwert des Nutzungsgrades, der bislang in der Anlagentechnik hauptsächlich Verwendung fand.

Unter Berücksichtigung von Primärenergiefaktoren wird je nach Anlagentechnik und eingesetztem Energieträger eine Primärenergieaufwandszahl gebildet. Multipliziert mit der Summe aus Heizwärme- und Warmwasserwärmebedarf resultiert die Zielgröße, Jahres-Primärenergiebedarf  $Q_P$ .

$$Q_P = (Q_h + Q_W) \cdot e_P \quad (14)$$

### **3.4 Konsequenzen**

Wesentliche praktische Konsequenzen der neuen Verordnung laufen darauf hinaus, dass in einem frühen Stadium die Abstimmung zwischen den Planern des baulichen Wärmeschutzes und der Anlagentechnik erfolgt. Über „Bonusanreize“, die eine gute Detailplanung – und natürlich auch eine gute Detailausführung – belohnen, wird eine verbesserte Qualität der Baukonstruktion erreicht. Darüber hinaus wird in dem Nachweisverfahren der Verordnung die Effizienz einer guten Gebäudeanlagentechnik deutlich herausgestellt, und es resultieren Anreize für den Einsatz optimierter Heizungs- und Warmwasserbereitungssysteme.

## 4. Gesetzliche und normative Anforderungen

Bauordnungsrechtliche Anforderungen an das energiesparende Bauen werden in der Energieeinsparverordnung [2] formuliert. Darüber hinaus werden in weitergehenden Normen Anforderungen an die Bauteile, die Bauteilanschlüsse sowie die Gebäudehülle aus Gründen der Hygiene sowie zur Vermeidung von Schäden gestellt.

### 4.1 Mindestanforderungen an den Wärmeschutz

Die Anforderungen an den Mindestwärmeschutz sind in DIN 4108-2 [10] festgelegt. Der Geltungsbereich der Norm erstreckt sich über die Planung und Ausführung von Aufenthaltsräumen in Hochbauten, die ihrer Bestimmung nach auf normale Innentemperaturen ( $> 19\text{ °C}$ ) beheizt werden, sowie auf Aufenthaltsräume mit Innentemperaturen über  $12\text{ °C}$  und unter  $19\text{ °C}$  – dabei handelt es sich um Gebäude mit niedrigen Innentemperaturen. Nebenräume, die zu Aufenthaltsräumen gehören, sind wie Aufenthaltsräume zu behandeln. Mindestanforderungen werden an

- die Wärmedämmung von Bauteilen
- die Wärmebrücken in der Gebäudehülle
- die Luftdichtheit von Bauteilen
- den sommerlichen Wärmeschutz

gestellt. Die Einhaltung dieser Mindestanforderungen gewährleistet bei einer ausreichenden Beheizung und Lüftung – dies entspricht einem durchschnittlichen Luftwechsel während der Heizperiode von  $0,5\text{ h}^{-1}$  – ein hygienisches Raumklima.

Der Wärmedurchlasswiderstand von Außenwänden darf bei normalbeheizten Räumen den Wert von  $1,20\text{ m}^2\text{K/W}$  nicht unterschreiten. Handelt es sich um niedrigbeheizte Räume muss ein Wärmedurchlasswiderstand von mindestens  $0,55\text{ m}^2\text{K/W}$  erreicht werden. Bei Decken gegen Außenluft nach oben beträgt der Grenzwert ebenfalls  $1,20\text{ m}^2\text{K/W}$  und bei Decken gegen Außenluft nach unten  $1,75\text{ m}^2\text{K/W}$ . Beim unteren Abschluß nicht unterkellerten Aufenthaltsräume ist wenigstens ein Wert von  $0,90\text{ m}^2\text{K/W}$  einzuhalten.

Darüber hinaus sind bei Außenwänden und Decken unter nicht ausgebauten Dachräumen und Dächern mit einer flächenbezogenen Gesamtmasse unter  $100\text{ kg/m}^2$  erhöhte Wärmedurchlasswiderstände mit einem Mindestwert von  $1,75\text{ m}^2\text{K/W}$  für den Gefachbereich vorzusehen. Der mittlere Wärmedurchgangskoeffizient zusammengesetzter Bauteile darf  $1,0\text{ m}^2\text{K/W}$  nicht unterschreiten.

Eine Unterschreitung des Mindestwärmeschutzes, z. B. in Heizkörpernischen, Fensterstürzen oder Rohrkäufen, ist nicht erlaubt.

Bei undichten Anschlussfugen von Fenstern und Außentüren sowie durch sonstige Undichtheiten, z. B. Fugen von Außenbauteilen und Rolladenkästen, treten infolge Luftaustausch vermeidbare Wärmeverluste

auf, die den Jahresheizenergiebedarf deutlich erhöhen können. Um diese Wärmeverluste zu begrenzen, werden integrale Anforderungen an die Gebäudehülle gestellt. Bei einer Überprüfung der **Luftdichtheit** der Gebäudehülle darf der auf das beheizte Luftvolumen bezogenen Volumenstrom bei einer Druckdifferenz von 50 Pa bei Gebäuden:

- ohne raumluftechnische Anlage  $n_{50} = 3 \text{ h}^{-1}$
- mit raumluftechnischer Anlage  $n_{50} = 1,5 \text{ h}^{-1}$

nicht überschreiten. Hinweise auf geeignete Materialien sowie die Ausführung von Bauteilanschlüssen finden sich in DIN 4108-7 [28].

Durch Anforderungen an den **sommerlichen Wärmeschutz** wird der Einsatz von Anlagen zur Raumluftkonditionierung vermieden. Lediglich in Ausnahmefällen, z. B. bei Gebäuden mit großen internen Wärmequellen oder nutzungsbedingter Begrenzung der Raumlufttemperatur, kann eine Kühlung erforderlich sein. Die Anforderungen richten sich an normalbeheizte Räume. Bei niedrigbeheizten Räumen sollen die Anforderungen sinngemäß angewendet werden.

In die Bewertung des sommerlichen Wärmeverhaltens fließen die folgenden Parameter mit ein:

- wirksame Wärmespeicherfähigkeit
- die Möglichkeit tagsüber und nachts intensiv zu lüften
- Fenstergröße, -neigung und -orientierung
- der Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung
- die Wirksamkeit der Sonnenschutzvorrichtung
- der Fensterflächenanteil

Aus den genannten Einflußgrößen bestimmt sich der zulässige Höchstwert für den Sonneneintragskennwert  $S_{\text{max}}$ , der dem gemäß Gleichung (12) ermittelten Wert gegenübergestellt wird. Nach dem Bonus-Malus-Prinzip werden Zuschlagswerte berücksichtigt, die DIN 4108-2 [10] zu entnehmen sind.

#### **4.2 Wärmeschutz von Umkehrdächern**

Umkehrdächer sind Flachdächer, bei denen der Wärmedämmstoff außerhalb der Abdichtungsebene liegt. Zur Berechnung des Wärmedurchlasswiderstands können normalerweise nur die Schichten angerechnet werden, die raumseitig der Abdichtung liegen.

Beim Umkehrdach hingegen kann die Wärmedämmung aus extrudierten Polystyrol-Hartschaumplatten mit eingerechnet werden (siehe DIN 4108-2 [10]). Die XPS-Dämmplatten werden einlagig eingebaut und mit Kies oder Terrassenplatten auf Kies (oder Stelzlagern) abgedeckt.

Für Gründach- und Parkdeckkonstruktionen als Umkehrdach sind die entsprechenden bauaufsichtlichen Zulassungen zu beachten.

Eventuelle Wärmeverluste durch Niederschlagswasser werden durch einen Zuschlag  $\Delta U$  berücksichtigt. Tabelle 3 enthält eine Zusammenstellung der nach DIN 4108-2 [10] zu verwendenden Zuschlagswerte. Mit zunehmendem Wärmedurchlasswiderstand raumseitig der Abdichtung reduziert sich  $\Delta U$ .

**Tabelle 3: Zuschlagswert für Umkehrdächer nach DIN 4108-2 [10]**

Anteil des Wärmedurchlasswiderstandes raumseitig der Abdichtung am Gesamtwärmedurchlasswiderstand [%]	Zuschlag $\Delta U$ [W/(m <sup>2</sup> K)]
unter 10	0,05
von 10 bis 50	0,03
über 50	0

#### 4.2.1 Mindestwärmeschutz

Bei Flachdächern fordert DIN 4108-2 [10] zur Gewährleistung einer ausreichenden Hygiene einen Wärmedurchlasswiderstand von mindestens 1,20 m<sup>2</sup>K/W. Unterschreitet die Flächenmasse des Daches 100 kg/m<sup>2</sup>, so beläuft sich der Mindestwert auf 1,75 m<sup>2</sup>K/W.

Um eine mögliche Tauwasserbildung auf der Innenoberfläche der Dachkonstruktion zu vermeiden, muss der raumseitige Wärmedurchlasswiderstand bis zur Dichtungsebene bei einer leichten Unterkonstruktion mit einer Flächenmasse unter 250 kg/m<sup>2</sup> mindestens 0,15 m<sup>2</sup>K/W betragen.

#### 4.2.2 EnEV

Umkehrdächer fließen in die Berechnung der Transmissionswärmeverluste für Flachdächer ein. Der Wärmedurchgangskoeffizient der Konstruktion erhöht sich um den Zuschlag  $\Delta U$  gemäß Tabelle 3.

#### 4.3 Wärmeschutz erdberührter Gebäudeflächen

Perimeterdämmung ist die Wärmedämmschicht, die in erdberührten Bereichen das Gebäude umschließt und außerhalb der Abdichtung liegt.

Zur Berechnung des Wärmedurchlasswiderstandes können normalerweise nur die Schichten angerechnet werden, die raumseitig der Abdichtung liegen. Die Perimeterdämmung aus extrudiertem Polystyrol-Hartschaumplatten darf dennoch mit eingerechnet werden (siehe DIN 4108-2 [10]).

Ein Zuschlag zur Erhöhung des Wärmedurchgangskoeffizienten ist bei XPS-Perimeterdämmung nicht erforderlich.

Für Perimeterdämmungen im drückenden Wasser und für den Einsatz unter lastabtragenden Gründungsplatten müssen bauaufsichtliche Zulassungen vorliegen.

#### 4.3.1 Mindestwärmeschutz

DIN 4108-2 [10] legt den Mindestwärmeschutz für an das Erdreich grenzende Außenwände mit  $R \geq 1,2 \text{ m}^2\text{W/K}$  fest. Die Berechnung des Wärmedurchlasswiderstandes  $R$  erfolgt dabei unter Berücksichtigung der raumseitigen Schichten bis zur Bauwerksabdichtung. – Perimeterdämmungen aus extrudiertem Polystyrolschaumstoff sind von dieser Regelung ausgenommen; die Wärmedämmschicht außerhalb der Abdichtung geht in diesem Fall vollständig in die Berechnung ein.

**Bild 6:**  
*XPS als Perimeterdämmung in der Kelleraußenwand*



**Bild 7:**  
*XPS als Perimeterdämmung unter der Bodenplatte*



##### a) Außenwand mit Perimeterdämmung

Der Wärmedurchgangswiderstand  $R_T$  ergibt sich durch Einbeziehung der inneren Wärmeübergangswiderstände  $R_{si}$  und  $R_{se}$  zu

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se} \text{ [m}^2\text{K/W]}$$

Für den Fall der Außenwand (horizontaler Wärmestrom) beträgt  $R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\text{W/K}$  und  $R_{se} = 0 \text{ m}^2\text{W/K}$ . Somit kann der Wärmedurchgangswiderstand aus folgender Formel berechnet werden

$$R_T = 0,13 + R_1 + R_2 + \dots + R_n \text{ [m}^2\text{K/W]}$$

##### b) Bodenplatte mit Perimeterdämmung

Für Bodenplatten (unterer Abschluss nicht unterkellertes Aufenthaltsräume unmittelbar an das Erdreich grenzend) fordert DIN 4108-2 [10] einen Mindestwert des Wärmedurchlasswiderstandes von  $R \geq 0,9 \text{ m}^2\text{W/K}$ . Diese Anforderung gilt für einen Randstreifen mit einer Breite von 5 m.

#### 4.3.2 EnEV

Erdberührte Gebäudeflächen fließen in die Berechnung der Transmissionswärmeverluste gemäß Energieeinsparverordnung (EnEV) ein, wenn diese Flächen einen beheizten Raum (normale oder niedrige Innentemperaturen) gegen Erdreich abgrenzen. Typische Fälle hierfür sind der beheizte Keller oder das nicht unterkellerte Gebäude.

Für die Berechnung der Transmissionswärmeverluste gibt es unterschiedliche Ansätze:

##### – Temperatur-Korrekturfaktoren

Die verminderten Wärmeverluste eines an Erdreich grenzenden Bauteils gegenüber einem Bauteil, das an Außenluft grenzt, werden über den sogenannten Temperatur-Korrekturfaktor  $F_x$  berücksichtigt. Der Temperatur-Korrekturfaktor kann in Abhängigkeit von Bauteilart und -lage bestimmt werden. Er fließt wie folgt in die Berechnung ein:

$$H_T = F_x \cdot U \cdot A$$

Hierbei ist  $H_T$  der spezifische Transmissionswärmeverlust,  $U$  der Wärmedurchgangskoeffizient und  $A$  die Fläche des jeweiligen Bauteils.

Im vereinfachten Verfahren der EnEV werden die  $F_x$ -Werte gemäß Anhang 1, Tabelle 3 der Verordnung angesetzt. Beim Monatsbilanzverfahren ist DIN 4108-6 [20], Tabelle 3 heranzuziehen.

### – detailliertes Verfahren

Bei Verwendung des Monatsbilanzverfahrens kann statt der Berechnung über Temperatur-Korrekturfaktoren ein detailliertes Verfahren genutzt werden. Dieses Verfahren, das auf DIN EN ISO 13370 [17] beruht, ist für den Anwendungsfall im Rahmen der EnEV in DIN 4108-6 [20], Anhang E aufgeführt.

#### 4.4 Wärmeschutz für Bauteile mit Flächenheizung

Flächenheizungen in Bauteilen erhöhen das Temperaturniveau im Bauteil und erzeugen durch die größeren Temperaturunterschiede nach außen zusätzliche Transmissionswärmeverluste. An den Schichtaufbau von Bauteilen mit integrierten Heizflächen werden keine direkten Anforderungen wie in der Wärmeschutzverordnung '95 [3] gestellt. DIN 4108-6 [20] enthält jedoch Berechnungsansätze für die Bestimmung des zusätzlichen spezifischen Transmissionswärmeverlusts  $\Delta H_{T, FH}$  für Fußböden, Decken und senkrechte Bauteile. Es wird unterschieden, ob das Bauteil an Außenluft, an Erdreich oder an unbeheizte Räume grenzt.

Um den Aufwand für die Berücksichtigung von Flächenheizungen beim Nachweis des energiesparenden Wärmeschutzes zu begrenzen, erlaubt die Fachkommission Bautechnik der Bauministerkonferenz [33] auf eine detaillierte Bestimmung der zusätzlichen Transmissionswärmeverluste zu verzichten, wenn die Dämmung zwischen Heizfläche und konstruktiven Bauteilen bei einem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von 0,04 W/(mK) mindestens 8 cm beträgt. Die dann entstehenden zusätzlichen Wärmeverluste liegen unter 2% und sind damit von untergeordneter Bedeutung.

#### 4.5 Anforderungen bei Wärmebrücken

Im Bereich von Wärmebrücken können deutlich niedrigere Oberflächentemperaturen als im Regelbereich auftreten. Um die Gefahr einer Schimmelpilzbildung in Wohnräumen mit üblicher Nutzung auszuschließen, muss mit Ausnahme von Fenstern und Fensterfassaden an der ungünstigsten Stelle ein Temperaturfaktor von

$$f_{Rsi} \geq 0,70$$

eingehalten werden. Ein rechnerischer Nachweis ist nicht erforderlich

- bei einer Anschlussausbildung gemäß Beiblatt 2 zu DIN 4108 [21]
- bei Ecken von Außenbauteilen mit gleichartigem Aufbau, deren Einzelkomponenten den Mindestwärmeschutz erfüllen.



Für übliche Verbindungsmittel, wie z. B. Nägel, Schrauben und Drahtanker braucht kein Nachweis der Wärmebrückenwirkung geführt zu werden.



**linkes Bild 8:**  
**XPS als Wärmebrückendämmung**

**rechtes Bild 9:**  
**XPS als Stirndämmung**

## 5. Polystyrol-Extruderschaum\*

Die Produktnorm DIN EN 13164 „Werkmäßig hergestellte Produkte aus extrudiertem Polystyrolschaum (XPS)“ [11] definiert XPS wie folgt:

Ein harter Dämmstoff aus Schaumkunststoff, der durch Blähen und Extrudieren aus Polystyrol oder einem seiner Co-Polymere mit oder ohne Haut hergestellt wird und der eine geschlossenzellige Struktur aufweist.

**Bild 10: XPS-Zellstruktur**



Polystyrol-Extruderschaumstoff (XPS) wird aus Polystyrol-Granulat in einem kontinuierlichen Extrusionsprozess hergestellt. Dabei wird das treibmittelfreie Polystyrol-Granulat geschmolzen und unter Zugabe eines Treibmittels über eine Breitschlitzdüse kontinuierlich ausgetragen. Durch das Herstellungsverfahren entsteht ein Wärmedämmstoff mit glatter Oberfläche – sogenannter Schäumhaut- und geschlossenzelliger homogener Schaumstruktur. Mit Hilfe moderner Extrusionstechnologien kann eine breite Produktpalette mit Dämmstoffdicken von 20 mm bis 200 mm hergestellt werden. XPS-Wärmedämmstoffe werden als Platten hergestellt. Die Kantenausbildung kann dabei glatt, mit Stufenfalz oder mit Nut und Feder sein. Die Oberfläche der Wärmedämmstoffplatten ist entweder glatt, so wie sie sich im Herstellungsprozess herausbildet oder kann nachträglich geschnitten, gefräst oder geprägt sein.

Wärmedämmstoffe aus extrudiertem Polystyrol-Hartschaumstoff weisen aufgrund ihrer geschlossenzelligen Schaumstruktur ein einzigartiges Eigenschaftsprofil auf. Dies wird vor allem durch die hohe Druckfestigkeit in Verbindung mit geringer Wärmeleitfähigkeit, die Feuchtigkeitsunempfindlichkeit und Verrottungsfestigkeit charakterisiert. Deshalb wird XPS überwiegend dort eingesetzt, wo eine hohe Feuchtigkeits- und Druckbelastbarkeit in Verbindung mit hoher Wärmedämmfähigkeit gefordert werden.

### Die wichtigsten Anwendungen von XPS sind:

- Wärmedämmung erdberührter Bauteile (Perimeterdämmung), insbesondere Kelleraußenwände und Bodenplatten auf Erdreich
- Flachdachdämmung nach dem Umkehrdachprinzip
- Wärmedämmung hochbelasteter Industriefußböden
- Außenwanddämmung, insbesondere Wärmebrückendämmung von Ortbetonbauteilen und Kerndämmung in zweischaligem Mauerwerk
- Wärmedämmung von Decken in landwirtschaftlichen Bauten,
- Wärmedämmung von Steildächern oberhalb der Sparren,
- Kernschichten für Sandwichplatten,
- Rohrschalen für Kälteleitungen,
- Frostschutzschichten im Verkehrswegebau und bei Gebäuden.

**Bild 11: XPS als Kerndämmung im zweischaligen Mauerwerk**



\* Quelle: Technischer Ausschuss der FPX

Wärmedämmstoffe aus XPS werden nach der Produktnorm DIN EN 13164 „Werkmäßig hergestellte Produkte aus extrudiertem Polystyrolschaum (XPS)“ hergestellt. Die Qualitätssicherung erfolgt durch eine bereits langjährige kontinuierliche Überwachung der Produkteigenschaften durch unabhängige Prüfinstitute in ganz Europa. Ihre Eignung für die verschiedenen Anwendungen haben XPS-Wärmedämmstoffe in zahlreichen Langzeitüberprüfungen in der Praxis erbracht. Wesentliche Anwendungen, wie das Umkehrdach und die Perimeterdämmung sind genormt bzw. über viele Jahre allgemein bauaufsichtlich zugelassen.

Wärmedämmstoffe aus XPS hergestellt mit den modernen Treibmitteltechnologien sind ökologisch vorteilhaft. Sie ermöglichen dauerhafte Baukonstruktionen mit geringem Materialaufwand und sparen dabei im Laufe ihrer Lebensdauer weit mehr Energie ein, als sie zu ihrer Herstellung benötigen.

Aufgrund ihrer Dauerhaftigkeit können XPS-Wärmedämmstoffe auch nach einem Rückbau oder Umbau eines Gebäudes wiederverwendet werden. Auch ein Recycling von XPS ist bei sauberem Material grundsätzlich möglich.

**Bild 12: XPS als Parkdeckdämmung**



**Bild 13: XPS im Steildach**



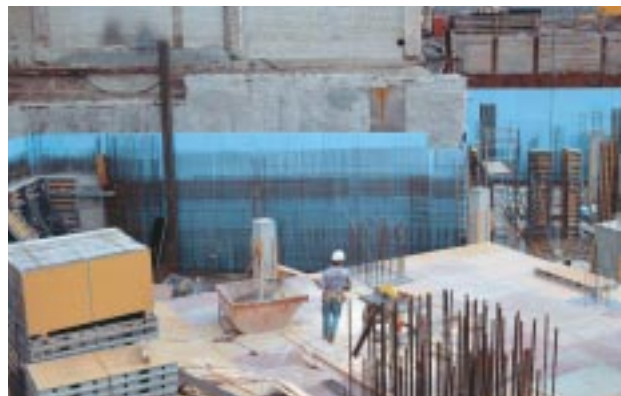
**Bild 14: XPS im Umkehrdach**



**Bild 15: XPS unter lastabtragender Bodenplatte**



**Bild 16: XPS Perimeterdämmung im Grundwasser**



## 6. Bauteilregelquerschnitte

### Bildverzeichnis zu Kapitel 6:

<i>Detailbeispiel 6.1</i>	<i>Umkehrdach bekiest</i>
<i>Detailbeispiel 6.2</i>	<i>Umkehrdach begrünt</i>
<i>Detailbeispiel 6.3</i>	<i>Umkehrdach begehbar</i>
<i>Detailbeispiel 6.4</i>	<i>Umkehrdach befahrbar</i>
<i>Detailbeispiel 6.5</i>	<i>Duodach</i>
<i>Detailbeispiel 6.6</i>	<i>Plusdach</i>
<i>Detailbeispiel 6.7</i>	<i>Steildach</i>
<i>Detailbeispiel 6.8</i>	<i>Außenwand Kerndämmung</i>
<i>Detailbeispiel 6.9</i>	<i>Außenwand Innendämmung</i>
<i>Detailbeispiel 6.10</i>	<i>Kellerwand erdberührt</i>
<i>Detailbeispiel 6.11</i>	<i>Bodenplatte erdberührt</i>

Im Folgenden werden für Dachkonstruktionen, Wandaufbauten und erdberührte Bauteile mögliche Ausführungen unter Verwendung von XPS-Baustoffen beispielhaft dargestellt, die die Bandbreite und Vielseitigkeit der Möglichkeiten des Materials dokumentieren. Die Einzeldarstellungen erheben dabei naturgemäß keinen Anspruch auf Vollständigkeit, vielmehr sind darüber hinaus eine Vielzahl weiterer Anwendungen denkbar.

Aufgrund der Unempfindlichkeit gegenüber Feuchtigkeit von extrudiertem Polystyrol in Kombination mit einer hohen Druckbelastbarkeit sind bei Flachdächern nur XPS-Dämmstoffe für die Verwendung oberhalb der Dachabdichtung nach DIN 4108-2 [10] genormt, wie in Abschnitt 4 erläutert. Die Detailbeispiele 6.1 bis 6.4 zeigen Umkehrdachkonstruktionen mit entsprechend dem jeweiligen Einsatzzweck ausgeführtem Dachbelag.

Das klassische „Umkehrdach“ mit einlagiger Dämmschicht, Detailbeispiel 6.1 bis 6.4, kann bekiest, begrünt, begeh- oder befahrbar ausgeführt werden. Bei besonders hohen Anforderungen an den Wärmeschutz besteht die Möglichkeit der Ausführung eines Duodaches mit zwei Dämmstofflagen (Detailbeispiel 6.5).

Im Sanierungsfall kann auf ein vorhandenes, voll funktionsfähiges unbelüftetes Dach ein Umkehrdach als Plusdach aufgesetzt werden (Detailbeispiel 6.6).

Auch bei Steildächern sind XPS-Dämmstoffe als Aufsparrendämmung (Detailbeispiel 6.7) einsetzbar.

Das feuchtigkeitsunempfindliche XPS ist auch als Dämmung von zweischaligem Mauerwerk besonders geeignet (Detailbeispiel 6.8).

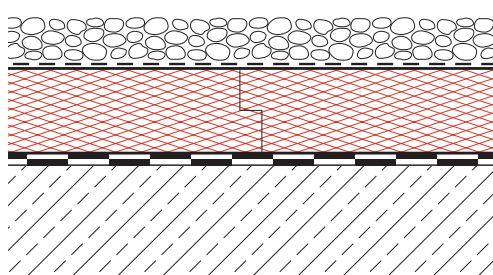
Bei Einsatz als Innendämmung, Detailbeispiel 6.9, kann aufgrund des relativ hohen Diffusionswiderstandes von XPS unter Umständen auf eine zusätzliche Dampfbremse innen verzichtet werden. Gegebenenfalls ist eine bauphysikalische Berechnung vorzunehmen.

Die klassische Anwendung von Extruderschaum als Perimeterdämmung ist in dem Detailbeispiel 6.10 für die erdberührte Kelleraußenwand und in Detailbeispiel 6.11 für die Bodenplatte dargestellt.

Die nach EnEV erforderlichen U-Werte ergeben sich verfahrensbedingt erst aus den Anforderungen an den Primärenergie- und Transmissionswärmebedarf und können daher nur objektspezifisch angegeben werden. Unter Anderem hängen die einzuhaltenden U-Werte auch stark vom Anwendungsfall und der jeweils eingesetzten Anlagentechnik ab. Die den Bildern beigefügten Tabellen sollen daher eine Bandbreite von möglichen Ausführungen aufzeigen.

Zu den Darstellungen der Regelquerschnitte wird jeweils eine Tabelle mit U-Werten in Abhängigkeit von der Dämmschichtdicke, unter Berücksichtigung in Ansatz zu bringender Zuschläge, angegeben. Die angegebenen Bemessungswerte  $\lambda_{\text{XPS}} = 0,035\text{W}/(\text{mK})$  bzw.  $\lambda_{\text{XPS}} = 0,040\text{W}/(\text{mK})$  sind beispielhaft zu sehen.

#### Detailbeispiel 6.1 Umkehrdach bekiest

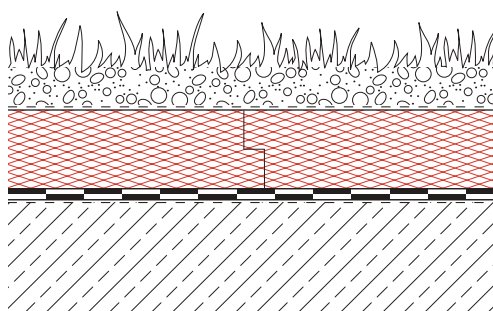


Material
Kies
Vlies
Dämmstoff aus XPS
Abdichtung
Beton 200 mm, $\lambda = 2,30 \text{ W}/(\text{mK})$

$d_{\text{D,XPS}}$ [mm]	$U_{\text{D}}$ in $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})^{\text{x1}}$	
	$\lambda_{\text{XPS}} = 0,035\text{W}/(\text{mK})$	$\lambda_{\text{XPS}} = 0,040\text{W}/(\text{mK})$
100	0,37	0,42
120	0,32	0,36
140	0,29	0,32
160	0,26	0,29
180	0,24	0,26
200	0,22	0,24

<sup>x1</sup>  $\Delta U$ -Zuschlag ist enthalten

#### Detailbeispiel 6.2 Umkehrdach begrünt

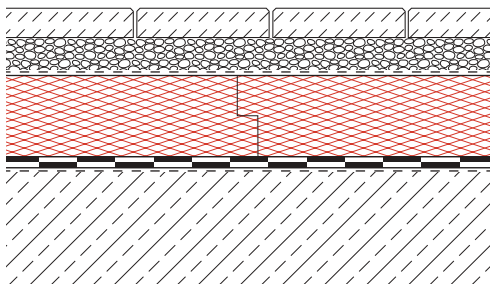


Material
Mineralsubstrat
Vlies
Dämmstoff aus XPS
Abdichtung
Beton 200 mm, $\lambda = 2,30 \text{ W}/(\text{mK})$

$d_{\text{D,XPS}}$ [mm]	$U_{\text{D}}$ in $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})^{\text{x1}}$	
	$\lambda_{\text{XPS}} = 0,035\text{W}/(\text{mK})$	$\lambda_{\text{XPS}} = 0,040\text{W}/(\text{mK})$
100	0,37	0,42
120	0,32	0,36
140	0,29	0,32
160	0,26	0,29
180	0,24	0,26
200	0,22	0,24

<sup>x1</sup>  $\Delta U$ -Zuschlag ist enthalten

**Detailbeispiel 6.3 Umkehrdach begehbar**

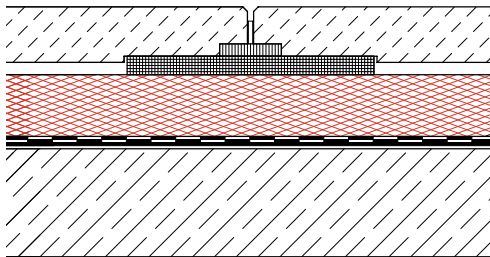


Material
Plattenbelag in Kiesbett
Vlies
Dämmstoff aus XPS
Abdichtung
Beton 200 mm, $\lambda = 2,30 \text{ W/(mK)}$

$d_{D,XPS}$ [mm]	$U_D$ in $W/(m^2 \cdot K)^{*)}$	
	$\lambda_{XPS} = 0,035W/(mK)$	$\lambda_{XPS} = 0,040W/(mK)$
100	0,37	0,42
120	0,32	0,36
140	0,29	0,32
160	0,26	0,29
180	0,24	0,26
200	0,22	0,24

*\*)  $\Delta U$ -Zuschlag ist enthalten*

**Detailbeispiel 6.4 Umkehrdach befahrbar**

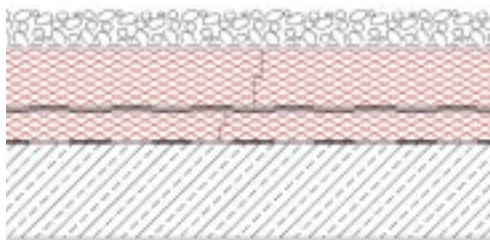


Material
System-Betonfertigplatten auf Plattenträger
Dämmstoff aus hochdruckfestem XPS
Abdichtung
Beton 200 mm, $\lambda = 2,30 \text{ W/(mK)}$

$d_{D,XPS}$ [mm]	$U_D$ in $W/(m^2 \cdot K)^{*)}$	
	$\lambda_{XPS} = 0,035W/(mK)$	$\lambda_{XPS} = 0,040W/(mK)$
80	0,45	0,50
100	0,37	0,42
120	0,32	0,36

*\*)  $\Delta U$ -Zuschlag ist enthalten*

**Detailbeispiel 6.5 Duodach**

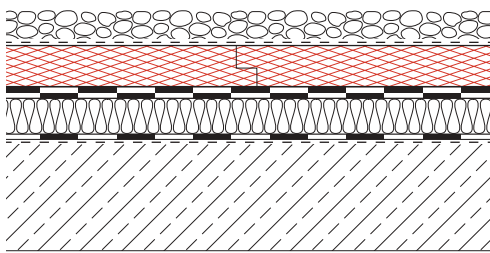


Material
Kies
Vlies
Dämmstoff aus XPS
Abdichtung
60 mm XPS WLG 035
Dampfsperre
Beton 200 mm, $\lambda = 2,30 \text{ W/(mK)}$

$d_{D,XPS}$ [mm]	$U_D$ in $W/(m^2 \cdot K)^{*)}$	
	$\lambda_{XPS} = 0,035W/(mK)$	$\lambda_{XPS} = 0,040W/(mK)$
80	0,27	0,28
100	0,24	0,26
120	0,22	0,23
140	0,20	0,21
160	0,18	0,20
180	0,17	0,19

*\*)  $\Delta U$ -Zuschlag ist enthalten*

## Detailbeispiel 6.6 Plusdach



Material
Kies
Vlies
Dämmstoff aus XPS
Abdichtung
40 mm Dämmstoff, WLG 035
Dampfsperre
Beton 200 mm, $\lambda = 2,30 \text{ W/(mK)}$

$d_{D,XPS}$ [mm]	$U_D$ in $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})^{x)}$	
	$\lambda_{XPS} = 0,035 \text{ W/(mK)}$	$\lambda_{XPS} = 0,040 \text{ W/(mK)}$
60	0,35	0,38
80	0,30	0,33
100	0,27	0,29
120	0,24	0,26
140	0,22	0,24
160	0,20	0,22

<sup>x)</sup>  $\Delta U$ -Zuschlag ist enthalten

## Detailbeispiel 6.7 Steildach



Material
Aufsparren- dämmung aus XPS
Unterdeckbahn
Holzschalung 22 mm
Zwischensparren- dämmung
Mineralwolle 160 mm, WLG 040, (Holzanteil 20 %)
Dampfbremse
Gipskarton- Bauplatte 12,5 mm

$d_{D,XPS}$ [mm]	$U_D$ in $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	
	$\lambda_{XPS} = 0,035 \text{ W/(mK)}$	$\lambda_{XPS} = 0,040 \text{ W/(mK)}$
30	0,23	0,24
40	0,22	0,22
50	0,20	0,21
60	0,19	0,20
80	0,17	0,18
100	0,16	0,17

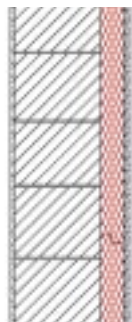
## Detailbeispiel 6.8 Außenwand Kerndämmung



Material
Vormauerstein 1800 $\text{kg}/\text{m}^3$ , 115 mm, $\lambda = 0,81 \text{ W/(mK)}$
Dämmstoff aus XPS
Kalksandstein 1600 $\text{kg}/\text{m}^3$ , 240 mm, $\lambda = 0,79 \text{ W/(mK)}$

$d_{D,XPS}$ [mm]	$U_D$ in $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	
	$\lambda_{XPS} = 0,035 \text{ W/(mK)}$	$\lambda_{XPS} = 0,040 \text{ W/(mK)}$
60	0,43	0,47
80	0,34	0,38
100	0,29	0,32
120	0,25	0,28
140	0,22	0,24

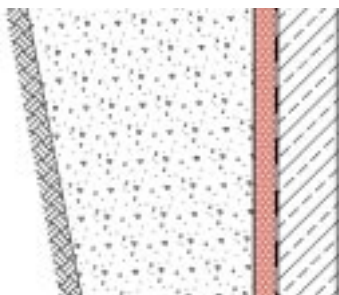
**Detailbeispiel 6.9 Innendämmung**



Material
Außenputz 25 mm, $\lambda = 1,00 \text{ W/(mK)}$
Hochlochziegel 1600 kg/m <sup>3</sup> , 24 cm, $\lambda = 0,68 \text{ W/(mK)}$
Dämmstoff aus XPS
Dampfsperre
Gipskarton-Bauplatte 12,5 mm, $\lambda = 0,25 \text{ W/(mK)}$

<b>d<sub>D,XPS</sub></b> <b>[mm]</b>	<b>U<sub>D</sub> in W/(m<sup>2</sup>·K)</b>	
	$\lambda_{\text{XPS}} = 0,035\text{W/(mK)}$	$\lambda_{\text{XPS}} = 0,040\text{W/(mK)}$
30	0,69	0,74
40	0,57	0,63
50	0,49	0,54
60	0,43	0,48
80	0,35	0,38
100	0,29	0,32

**Detailbeispiel 6.10 Kellerwand erdberührt**

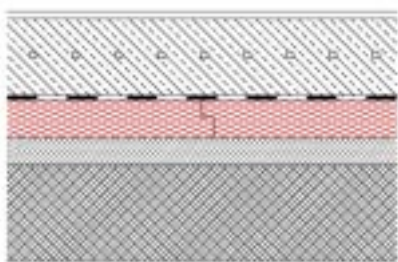


Material
Perimeterdämmstoff aus XPS
Abdichtung
Stahlbeton 200 mm, $\lambda = 2,30 \text{ W/(mK)}$
Gipsputz 10 mm, $\lambda = 0,51 \text{ W/(mK)}$

<b>d<sub>D,XPS</sub></b> <b>[mm]</b>	<b>U<sub>G</sub> in W/(m<sup>2</sup>·K)<sup>x)</sup></b>	
	$\lambda_{\text{XPS}} = 0,035\text{W/(mK)}$	$\lambda_{\text{XPS}} = 0,040\text{W/(mK)}$
60	0,51	0,58
80	0,40	0,45
100	0,32	0,37
120	0,27	0,31
140	0,24	0,27
160	0,21	0,24

<sup>x)</sup> kein  $\Delta U$ -Zuschlag erforderlich

**Detailbeispiel 6.11 Bodenplatte erdberührt**



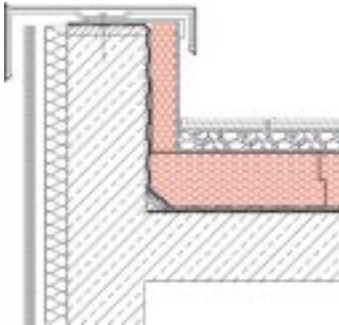
Material
Betonplatte 200 mm, $\lambda = 2,30 \text{ W/(mK)}$ (beheizt/belüftet)
Abdichtung
Dämmstoff aus XPS

<b>d<sub>D,XPS</sub></b> <b>[mm]</b>	<b>U<sub>G</sub> in W/(m<sup>2</sup>·K)<sup>x)</sup></b>	
	$\lambda_{\text{XPS}} = 0,035\text{W/(mK)}$	$\lambda_{\text{XPS}} = 0,040\text{W/(mK)}$
40	0,71	0,80
50	0,59	0,66
60	0,51	0,57
80	0,39	0,44
100	0,32	0,36
120	0,27	0,31
140	0,23	0,27
160	0,21	0,23

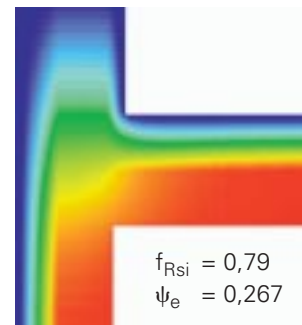
<sup>x)</sup> kein  $\Delta U$ -Zuschlag erforderlich ■ für Fußbodenheizung und -kühlung

## 7. Bauteilanschlüsse

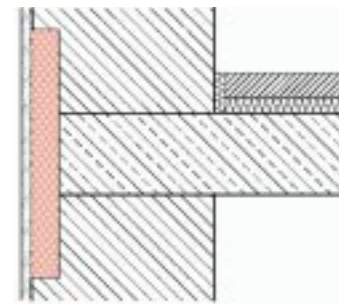
### Detailbeispiel 7.1 Anschluss an das bekieste Umkehrdach



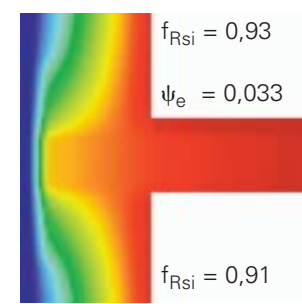
Bauteil	Dicke [m]	$\lambda$ [W/(mK)]
Kunststoffputz	0,008	0,70
Wanddämmung	0,140	0,04
Stahlbetonwand	0,180	2,10
XPS Attikadämmung	0,080	0,04
Innenputz	0,015	0,50
XPS Umkehrdachdämmung	0,160	0,04
Stahlbetondecke	0,180	2,10



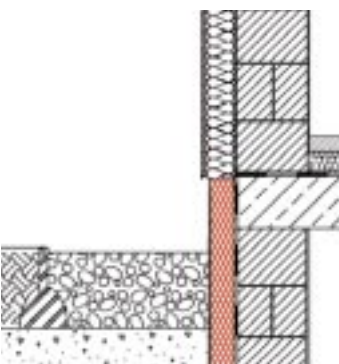
### Detailbeispiel 7.2 Einbindung Betondecke in einschaliges Mauerwerk



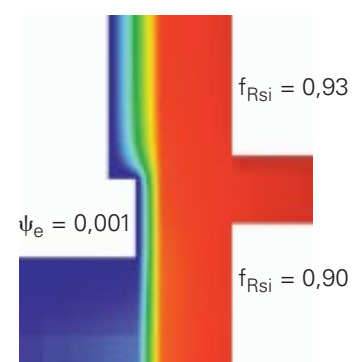
Bauteil	Dicke [m]	$\lambda$ [W/(mK)]
Außenputz	0,025	0,87
XPS Stirndämmung	0,060	0,035
Mauerwerk	0,365	0,12
Innenputz	0,015	0,35
Estrich	0,040	1,40
Trittschalldämmung	0,020	0,04
Stahlbetondecke	0,160	2,10

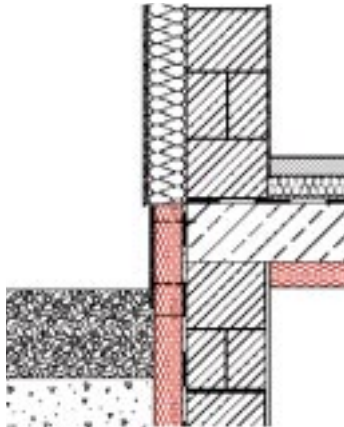


### Detailbeispiel 7.3 Sockelanschluss beheizter Keller

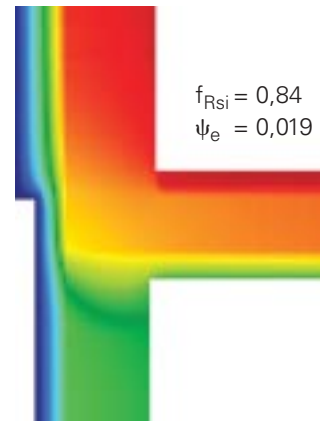
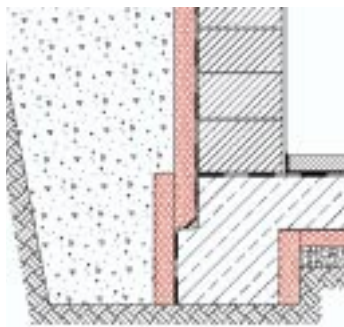


Bauteil	Dicke [m]	$\lambda$ [W/(mK)]
Kunststoffputz	0,008	0,70
Wanddämmung	0,140	0,04
XPS Perimeterdämmung	0,080	0,04
Mauerwerk	0,240	0,99
Innenputz	0,015	0,35
Estrich	0,040	1,40
Trittschalldämmung	0,035	0,04
Stahlbetondecke	0,160	2,10

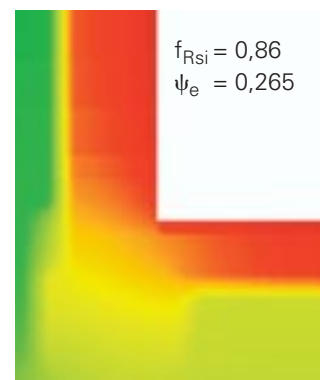
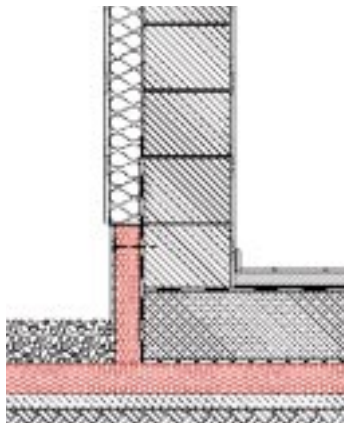


**Detailbeispiel 7.4 Sockelanschluss unbeheizter Keller**

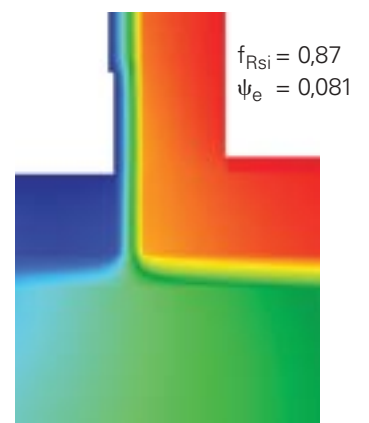
Bauteil	Dicke [m]	$\lambda$ [W/(mK)]
Kunststoffputz	0,008	0,70
Wanddämmung	0,140	0,04
XPS Perimeterdämmung	0,100	0,04
Mauerwerk	0,240	0,99
Innenputz	0,015	0,35
Estrich	0,040	1,40
Trittschalldämmung	0,035	0,04
Stahlbetondecke	0,160	2,10
XPS Dämmung unter Kellerdecke	0,080	0,04

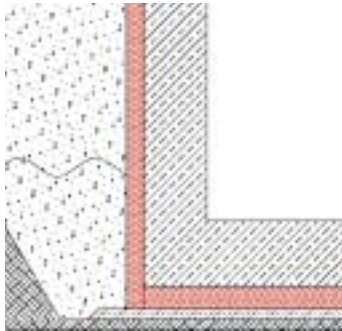
**Detailbeispiel 7.5 Fundamentanschluss**

Bauteil	Dicke [m]	$\lambda$ [W/(mK)]
XPS Perimeterdämmung an der Wand	0,080	0,040
Mauerwerk	0,240	0,610
Innenputz	0,015	0,350
Estrich	0,047	1,400
PE-Trittschalldämmung	0,005	0,045
Stahlbetonplatte	0,160	2,100
XPS Perimeterdämmung unter Bodenplatte	0,080	0,040

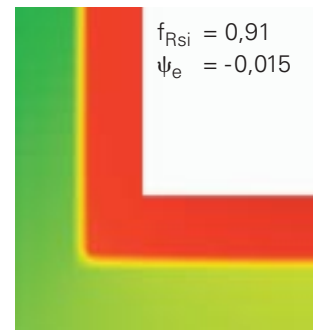
**Detailbeispiel 7.6 Bodenplatte**

Bauteil	Dicke [m]	$\lambda$ [W/(mK)]
Kunststoffputz	0,008	0,700
Wanddämmung	0,100	0,040
Mauerwerk	0,240	0,990
Innenputz	0,015	0,350
Estrich	0,047	1,400
PE-Trittschalldämmung	0,005	0,045
Stahlbetonplatte	0,250	2,100
XPS Perimeterdämmung unter Bodenplatte	0,100	0,040

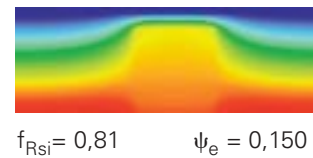


**Detailbeispiel 7.7 Fußpunkt weiße Wanne**

Bauteil	Dicke [m]	$\lambda$ [W/(mK)]
XPS Perimeterdämmung an der Wand	0,080	0,040
Stahlbetonwand	0,300	2,100
Sohlplatte	0,300	2,100
XPS Perimeterdämmung unter Bodenplatte	0,080	0,040

**Detailbeispiel 7.8 Stützendämmung**

Bauteil	Dicke [m]	$\lambda$ [W/(mK)]
Außenputz	0,025	0,870
Dämmstreifen	0,060	0,035
Mauerwerk	0,365	0,140
Innenputz	0,015	0,350



## 8. Berechnungsergebnisse mit Energiebedarfsausweis für Mustergebäude

### 8.1 Einfamilienhaus

#### Gebäudedaten

freistehendes Einfamilienhaus

Beheiztes Gebäudevolumen  $V_e = 874,0 \text{ m}^3$

Gebäudehüllfläche  $A = 631,2 \text{ m}^2$

#### Anlagentechnik

Zentralheizung, Brennwertkessel 55/45 °C  
innerhalb thermischer Hülle mit kombinierter  
Trinkwassererwärmung

#### Wärmedurchgangskoeffizienten

(Bauteilquerschnitte siehe Kapitel 6)

Außenwand	0,34 W/(m <sup>2</sup> K)	(s. Kapitel 6.8)
Fenster	1,50 W/(m <sup>2</sup> K)	
Haustür	2,10 W/(m <sup>2</sup> K)	
Dach	0,20 W/(m <sup>2</sup> K)	(s. Kapitel 6.7)
Wand gegen Erdreich	0,45 W/(m <sup>2</sup> K)	(s. Kapitel 6.10)
Fußboden auf Erdreich	0,44 W/(m <sup>2</sup> K)	(s. Kapitel 6.11)

#### Anforderungen nach EnEV

Spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H'_{T,\text{vorh}} = 0,37 \text{ W/(m}^2\text{K)} < H'_{T,\text{max}} = 0,51 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

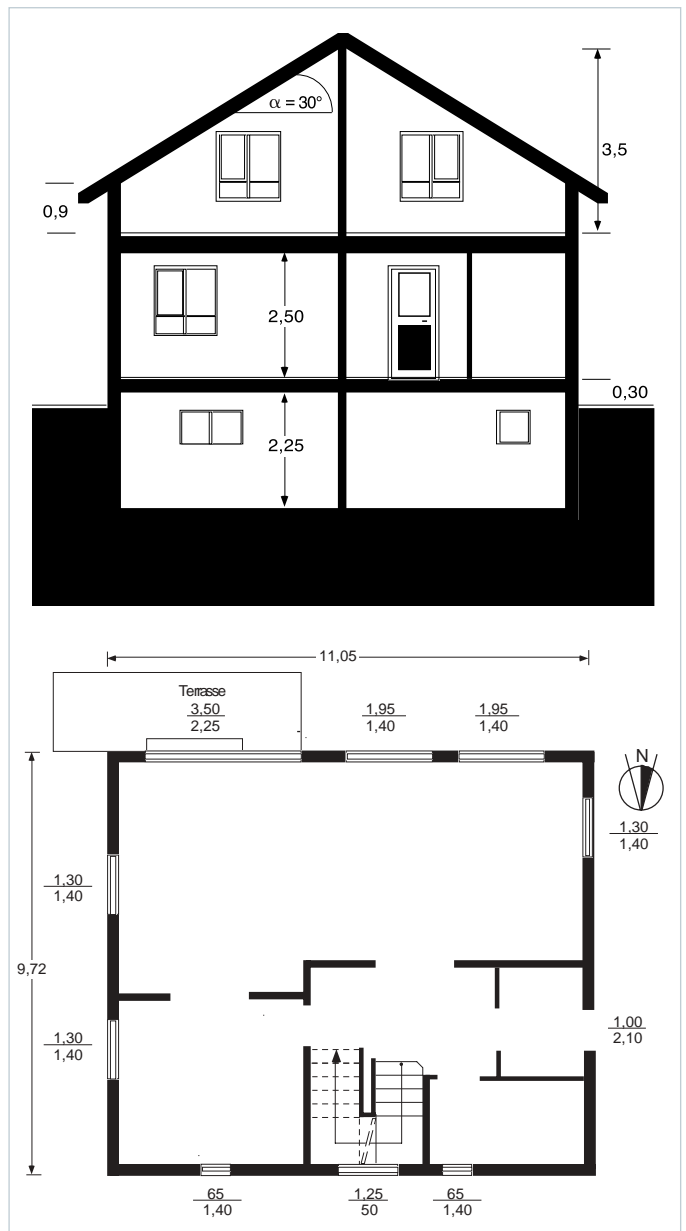
Jahres-Primärenergiebedarf

$$Q''_{p,\text{vorh}} = 99,88 \text{ kWh/(m}^2\text{a)} < Q''_{p,\text{max}} = 112,16 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$$

#### Wärmebrücken und Luftdichtheit

Die Wärmebrücken werden pauschal mit  $\Delta U = 0,05 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  berücksichtigt. Die Planbeispiele nach DIN 4108:1998-08 Beiblatt 2 sind bei der Ausbildung der Anschlussdetails zu beachten.

Die Gebäudedichtheit ist nach Anhang 4 Nr. 2 EnEV nachzuweisen.



**EPASS-HELENA 4.0**

**Energiebedarfsausweis nach § 13 Energieeinsparverordnung**

**I. Objektbeschreibung**

Gebäude I - bei:  **Wohngebäude**  Nutzungstyp:  **Wohngebäude**

PLZ, Ort: \_\_\_\_\_ Straße, Haus-Nr: \_\_\_\_\_

Baujahr: \_\_\_\_\_ Jahr der baulichen Änderung: \_\_\_\_\_

**Geometrische Angaben**

Wärmeübertragende Umfassungsfäche A: **524,2** m<sup>2</sup> Bei Wohngebäuden:

Beheiztes Gebäudevolumen V<sub>b</sub>: **874,8** m<sup>3</sup> Gebäudemutfäche A<sub>g</sub>: **279,7** m<sup>2</sup>

Verhältnis A/V<sub>b</sub>: **0,72** m<sup>-1</sup> Wohnfläche (Angabe freigelegt): \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>

**Beheizung und Warmwasserbereitung**

Art der Beheizung:  **zentral** Art der Warmwasserbereitung:  **zentral**

Art der Nutzung erneuerbarer Energien: \_\_\_\_\_ Anteil erneuerbare Energien: \_\_\_\_\_ % am Heizwärmebedarf

**II. Energiebedarf**

**Jahres-Primärenergiebedarf**

Zulässiger Höchstwert: **112,56 kWh/m<sup>2</sup>a** ↔ Berechneter Wert: **99,88 kWh/m<sup>2</sup>a**

Endenergiebedarf nach eingesetzten Energieträgern	Energieträger 1		Energieträger 2	
	Erdfgas H	Strom/Mix	Erdfgas H	Strom/Mix
Endenergiebedarf (absolut)	<b>23890,4</b> kWh/a	<b>552,1</b> kWh/a		
Endenergiebedarf bezogen auf				
Nicht-Wohngebäude	das beheizte Gebäudevolumen			
Wohngebäude	die Gebäudemutfäche A <sub>g</sub>	<b>95,6</b> kWh/m <sup>2</sup> a	<b>2,8</b> kWh/m <sup>2</sup> a	
	die Wohnfläche (Angabe freigelegt)			

**Hinweis:**  
Die angegebenen Werte des Jahres-Primärenergiebedarfs und des Endenergiebedarfs sind vereinfacht für die überschlägige vergleichende Beurteilung von Gebäuden und Gebäudearten vorgesehen. Sie wurden auf der Grundlage von Planunterlagen erstellt. Sie erlauben nur bedingt Rückschlüsse auf den tatsächlichen Energieverbrauch, weil der Berechnung dieser Werte auch normierte Randbedingungen etwa hinsichtlich des Klimas, der Heizdauer, der Innertemperatur, des Luftwechsels, der kalten und warmen Wärmegewinne und des Warmwasserbedarfs zugrunde liegen. Die normierten Randbedingungen sind für die Anlagentechnik in DIN V 4751-10: 2007-02 Nr. 3 und im Übrigen in DIN V 4751-6: 2000-11 Anhang II festgelegt. Die Angaben beziehen sich auf Gebäude und sind nur bedingt auf einzelne Wohnungen oder Gebäudeteile übertragbar.

**EPASS-HELENA 4.0**

**III. Weitere energiebezogene Merkmale**

**Transmissionswärmeverlust**

Zulässiger Höchstwert: **0,51** W/m<sup>2</sup>K ↔ Berechneter Wert: **0,37** W/m<sup>2</sup>K

**Anlagentechnik**

Anlagenaufwandszahl q<sub>ep</sub>: **1,33**  Berechnungsbilanz ist beigefügt.

Die Wärmeabgabe der Wärme- und Warmwasserverteilungsleitungen wurde nach Anhang 5 EnEV begrenzt.

**Berücksichtigung von Wärmebrücken**

punktuell mit 0,10 W/(m<sup>2</sup>·K)  punktuell mit 0,05 W/(m<sup>2</sup>·K) (bei Verwendung von Planungsberechnungen nach DIN 4108 - 1998-08 Beibl. 2)  mit differenziertem Nachweis  Berechnungen sind beigefügt

**Dichtheit und Lüftung**

ohne Nachweis  mit Nachweis nach Anhang 4 Nr. 2 EnEV  Messprotokoll ist beigefügt.

**Mindestluftwechsel erfolgt durch**

Fensterlüftung  mechanische Lüftung  andere Lüftungstyp: \_\_\_\_\_

**Sonnenschutz**

Nachweis nicht erforderlich, weil der Fensterflächenanteil 30 % nicht überschreitet  Nachweis der Begrenzung des Sonneneinstrahlungswertes wurde geführt  das Nichtwohngebäude ist mit Anlagen nach Anhang 1 Nr. 2.9.2 ausgestattet. Die Innere Kühlung wird minimiert.  Berechnungen sind beigefügt.

**Einzelnachweise, Ausnahmen und Befreiungen**

Einzelnachweise nach § 15 (2) EnEV wurden geführt für: \_\_\_\_\_  eine Ausnahme nach § 16 EnEV wurde zugelassen. Sie betraf: \_\_\_\_\_  eine Befreiung nach § 17 EnEV wurde erlangt. Sie betraf: \_\_\_\_\_

Nachweise sind beigefügt  Bescheide sind beigefügt

**Verantwortlich für die Angaben**

Name: _____	Datum: <b>16.03.2008</b>
Funktion/Firma: _____	Unterschrift: _____
Anschrift: _____	ggf. Stempel / Firmenzeichen

## 8.2 Bürogebäude

### Gebäudedaten

Beheiztes Gebäudevolumen

$$V_e = 7504,0 \text{ m}^3$$

Gebäudehüllfläche

$$\text{normale } A = 2586,2 \text{ m}^2$$

### Anlagentechnik

Zentralheizung, Brennwertkessel 70/75 °C

außerhalb thermischer Hülle

mechanische Lüftungsanlage

### Wärmedurchgangskoeffizienten

(Bauteilquerschnitte siehe Kapitel 6)

Außenwand Giebel N/S	0,34 W/(m <sup>2</sup> K)	(s. Kapitel 6.8)
Fassade O/W	0,34 W/(m <sup>2</sup> K)	(s. Kapitel 6.8)
Fenster	1,60 W/(m <sup>2</sup> K)	
Flachdach	0,29 W/(m <sup>2</sup> K)	(s. Kapitel 6.1/ 6.2)
Wand gegen Erdreich	0,36 W/(m <sup>2</sup> K)	(s. Kapitel 6.10)
Fußboden auf Erdreich	0,44 W/(m <sup>2</sup> K)	(s. Kapitel 6.11)

### Anforderungen nach EnEV

Spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H'_{T,\text{vorh}} = 0,78 \text{ W/(m}^2\text{K)} < H'_{T,\text{max}} = 1,05 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

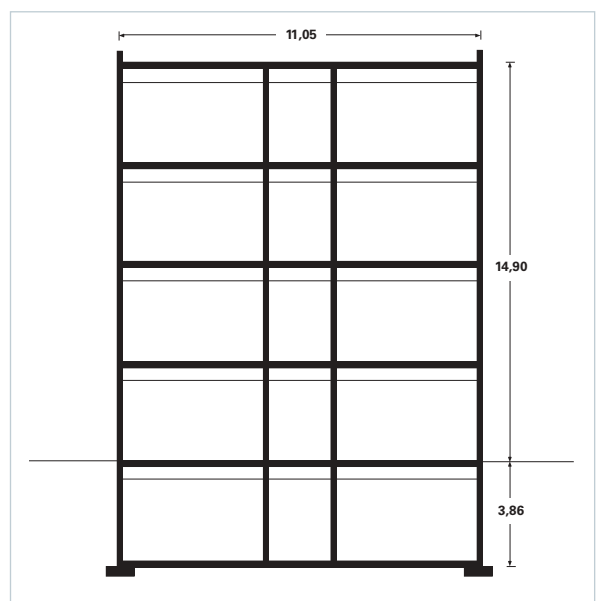
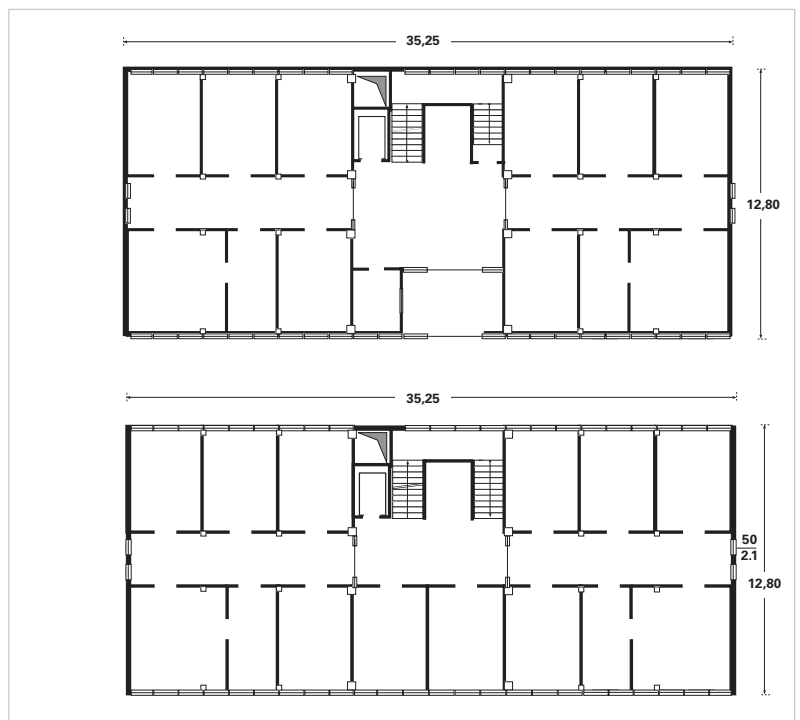
Jahres-Primärenergiebedarf

$$Q''_{p,\text{vorh}} = 16,76 \text{ kWh/(m}^3\text{a)} < Q''_{p,\text{max}} = 18,21 \text{ kWh/(m}^3\text{a)}$$

### Wärmebrücken und Luftdichtheit

Die Wärmebrücken werden pauschal mit  $\Delta U = 0,05 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  berücksichtigt. Die Planbeispiele nach DIN 4108:1998-08 Beiblatt 2 sind bei der Ausbildung der Anschlussdetails zu beachten.

Die Gebäudedichtheit ist nach Anhang 4 Nr. 2 EnEV nachzuweisen.



### EPASS-HELENA 4.0

#### Energiebedarfsausweis nach § 13 Energieeinsparverordnung

##### I. Objektbeschreibung

Gebäude / Teil: **Bürogebäude** Nutzungstyp:  Wohngebäude  **Büronutzung**

PLZ, Ort: \_\_\_\_\_ Straße, Haus-Nr: \_\_\_\_\_

Baujahr: \_\_\_\_\_ Jahr der baulichen Änderung: \_\_\_\_\_

##### Geometrische Angaben

Wärmeübertragende Umfassungsfäche A **2985,2** m<sup>2</sup> Bei Wohngebäuden:  
 Beheiztes Gebäudevolumen V<sub>b</sub> **7984,0** m<sup>3</sup> Gebäudenutzfläche A<sub>g</sub> \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>  
 Verhältnis A/V<sub>b</sub> **0,34** m<sup>-1</sup> Wohnfläche (Angabe freigelegt) \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>

##### Beheizung und Warmwasserbereitung

Art der Beheizung: **zentral** Art der Warmwasserbereitung: **dezentral**

Art der Nutzung erneuerbarer Energien: \_\_\_\_\_ Anteil erneuerbarer Energien: \_\_\_\_\_ % am Heizwärmebedarf

---

##### II. Energiebedarf

###### Jahres-Primärenergiebedarf

Zulässiger Höchstwert **18,21** kWh/m<sup>2</sup> ↔ Berechneter Wert **16,8** kWh/m<sup>2</sup>

Endenergiebedarf nach eingesetzten Energieträgern	Energieträger 1		Energieträger 2	
	Heizöl (E)		Strom (Ma)	
Endenergiebedarf (absolut)	<b>37452,7</b> kWh/a		<b>5286,1</b> kWh/a	
Endenergiebedarf bezogen auf				
Nicht-Wohngebäude	das beheizte Gebäudevolumen	<b>13,0</b> kWh/m <sup>3</sup> a	<b>3,1</b> kWh/m <sup>3</sup> a	
Wohngebäude	die Gebäudenutzfläche A <sub>g</sub>	_____ kWh/m <sup>2</sup> a	_____ kWh/m <sup>2</sup> a	
	die Wohnfläche (Angabe freigelegt)	_____ kWh/m <sup>2</sup> a	_____ kWh/m <sup>2</sup> a	

**Hinweis:**  
 Die angegebenen Werte des Jahres-Primärenergiebedarfs und des Endenergiebedarfs sind vereinfacht für die überschlägige gegenseitige Beurteilung von Gebäuden und Gebäudeentwürfen vorgesehen. Sie stützen auf der Grundlage von Planunterlagen an. Sie erlauben nur bedingt Rückschlüsse auf den tatsächlichen Energieverbrauch, weil der Berechnung dieser Werte auch normale Randbedingungen eines hinsichtlich des Klimas, der Heizdauer, der Innentemperatur, des Luftwechsels, der externen und internen Wärmegewinne und des Warmwasserbedarfs zugrunde liegen. Die normierten Randbedingungen sind für die Anlagentechnik in DIN V 4751-10 : 2001-02 Nr. 3 und im Dämmen in DIN V 4751-4 : 2003-11 Anhang D festgelegt. Die Angaben basieren sich auf Lokaltaxe und sind nur bedingt auf einzelne Wohnlagen oder Gebäudeebenen übertragbar.

### EPASS-HELENA 4.0

##### III. Weitere energiebezogene Merkmale

###### Transmissionswärmeverlust

Zulässiger Höchstwert **1,05** W/m<sup>2</sup> ↔ Berechneter Wert **0,79** W/m<sup>2</sup>

###### Anlagentechnik

Anlagenschwundgrad  $\eta_p$  **1,15**  Berechnungsbilder sind beigefügt

Die Wärmeabgabe der Wärme- und Warmwasserbereitungsleistungen wurde nach Anhang 5 EnEV begrenzt.

###### Berücksichtigung von Wärmebrücken

pauschal mit 0,10 W/(m<sup>2</sup>K)  pauschal mit 0,05 W/(m<sup>2</sup>K) bei Verwendung von Planungsberechnungen nach DIN 4108 - 10/95-08 Beibl. 2  mit differenzierten Nachweis  Berechnungen sind beigefügt

###### Dichtheit und Lüftung

ohne Nachweis  mit Nachweis nach Anhang 4 Nr. 2 EnEV  Messprotokoll ist beigefügt

###### Mindestluftwechsel erfolgt durch

Fensterrückführung  mechanische Lüftung  andere Lüftungstyp: \_\_\_\_\_

###### Sommerlicher Wärmeschutz

Nachweis nicht erforderlich, weil der Fensterflächenanteil 30 % nicht überschreitet  Nachweis der Begrenzung des Sommerertragskoeffizienten wurde geführt.  das Nichtwohngebäude ist mit Anlagen nach Anhang 1 Nr. 2.9.2 ausgestattet. Die innere Kühlung wird minimiert.  Berechnungen sind beigefügt

###### Einzelnachweise, Ausnahmen und Befreiungen

Einzelnachweise nach § 15 (3) EnEV werden geführt für \_\_\_\_\_  eine Ausnahme nach § 16 EnEV wurde zugelassen. Sie betrifft \_\_\_\_\_  eine Befreiung nach § 17 EnEV wurde erteilt. Sie umfasst \_\_\_\_\_

Nachweise sind beigefügt  Bescheide sind beigefügt

##### Verantwortlich für die Angaben

Name: _____	Datum: <b>05.03.2003</b>
Funktionsfirma: _____	Unterschrift: _____
Anschrift: _____	ggf. Stempel / Firmenstempel

### 8.3 Industriegebäude Verwaltungstrakt und Halle normal beheizt

#### Gebäudedaten

Beheiztes Gebäudevolumen

$$V_e = 4411,3 \text{ m}^3 + 3632,8 \text{ m}^3$$

Gebäudehüllfläche

$$A = 1994 \text{ m}^2 + 2295 \text{ m}^2$$

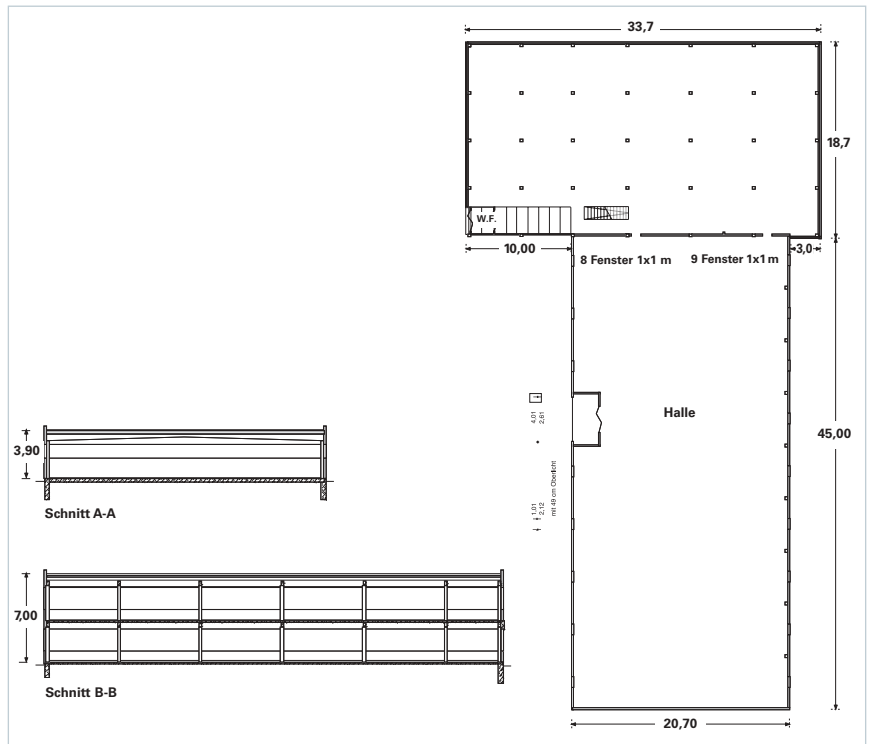
#### Anlagentechnik

Zentralheizung, Niedertemperaturkessel 70/55°C

außerhalb thermischer Hülle,

in der Halle Fußbodenheizung,

Niedertemperaturkessel 35/28°C



#### Verwaltungstrakt

##### Wärmedurchgangskoeffizienten

(Bauteilquerschnitte siehe Kapitel 6)

Außenwand	0,34 W/(m²K) (s. Kapitel 6.8)
Fenster	1,60 W/(m²K)
Außentür	1,00 W/(m²K)
Dach	0,32 W/(m²K) (s. Kapitel 6.1/6.2)
Fußboden	
auf Erdreich	0,44 W/(m²K) (s. Kapitel 6.11)

##### Anforderungen nach EnEV

Spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H'_{T,vorh} = 0,52 \text{ W/(m}^2\text{K)} < H'_{T,max} = 0,90 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Jahres-Primärenergiebedarf

$$Q''_{p,vorh} = 19,44 \text{ kWh/(m}^2\text{a)} < Q''_{p,max} = 20,35 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$$

##### Wärmebrücken und Luftdichtheit

Die Wärmebrücken werden pauschal mit  $\Delta U = 0,05 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  berücksichtigt. Die Planbeispiele nach DIN 4108:1998-08 Beiblatt 2 sind bei der Ausbildung der Anschlussdetails zu beachten.

Die Gebäudedichtheit ist nach Anhang 4 Nr. 2 EnEV nachzuweisen.

#### Halle

##### Wärmedurchgangskoeffizienten

(Bauteilquerschnitte siehe Kapitel 6)

Außenwand	0,34 W/(m²K) (s. Kapitel 6.8)
Fenster	1,60 W/(m²K)
Außentür	1,00 W/(m²K)
Dach	0,32 W/(m²K) (s. Kapitel 6.1/6.2)
Fußboden	
auf Erdreich	0,44 W/(m²K) (s. Kapitel 6.11)

##### Anforderungen nach EnEV

Spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H'_{T,vorh} = 0,37 \text{ W/(m}^2\text{K)} < H'_{T,max} = 0,54 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Jahres-Primärenergiebedarf

$$Q''_{p,vorh} = 24,97 \text{ kWh/(m}^2\text{a)} < Q''_{p,max} = 25,12 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$$

## Energiebedarfsausweis nach § 13 Energieeinsparverordnung

## I. Objektschreibung

Gebäude / Teil: **Verwaltungsbüro** Nutzungstyp:  Wohngebäude  **Büroanwendung**  
 PLZ, Ort: \_\_\_\_\_ Straße, Haus-Nr.: \_\_\_\_\_  
 Bauplatz: \_\_\_\_\_ Jahr der baulichen Änderung: \_\_\_\_\_

## Geometrische Angaben

Wärmeübertragende Umfassungsfäche A: **1915,3** m<sup>2</sup> Bei Wohngebäuden:  
 Behautes Gebäudevolumen V<sub>b</sub>: **4411,3** m<sup>3</sup> Gebäudenutzfläche A<sub>N</sub>: \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>  
 Verhältnis A/V<sub>b</sub>: **0,43** m<sup>-1</sup> Wohnfläche (Angabe freigelegt): \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>

## Beheizung und Warmwasserbereitung

Art der Beheizung: **zentral** Art der Warmwasserbereitung: **zentral**  
 Art der Nutzung erneuerbarer Energien: \_\_\_\_\_ Anteil erneuerbarer Energien: \_\_\_\_\_ % am Heizwärmebedarf

## II. Energiebedarf

## Jahres-Primärenergiebedarf

Zulässiger Höchstwert **26,35 kWh/m<sup>2</sup>** ↔ Berechneter Wert **19,44 kWh/m<sup>2</sup>**

Energiebedarfsausweis nach eingesetzten Energieträgern		Energieträger 1	Energieträger 2
		<b>Heizöl (E)</b>	<b>Strom (St)</b>
Energiebedarfsausweis (absolut)		<b>79725,6</b> kWh/a	<b>815,3</b> kWh/a
Energiebedarfsausweis bezogen auf			
Nicht-Wohngebäude	das behaute Gebäudevolumen	<b>17,2</b> kWh/m <sup>3</sup>	<b>0,2</b> kWh/m <sup>3</sup>
	die Gebäudenutzfläche A <sub>N</sub>	_____ kWh/m <sup>2</sup>	_____ kWh/m <sup>2</sup>
Wohngebäude	die Wohnfläche	_____ kWh/m <sup>2</sup>	_____ kWh/m <sup>2</sup>
	die Wohnfläche (Angabe freigelegt)	_____ kWh/m <sup>2</sup>	_____ kWh/m <sup>2</sup>

## Hinweis:

Die angegebenen Werte des Jahres-Primärenergiebedarfs und des Energiebedarfs sind vornehmlich für die überschlagende vergleichende Beurteilung von Gebäuden und Gebäudeteilen vorgesehen. Sie wurden auf der Grundlage von Planunterlagen erstellt. Sie stellen nur bedingt Rückschlüsse auf den tatsächlichen Energieverbrauch, weil die Berechnung dieser Werte auch sonstige Randbedingungen des Bauwerks, der Klimazone, der Heizlast, der Innentemperatur, des Luftwechsels, der äußeren und inneren Wärmequellen und des Nutzerverhaltens berücksichtigen muss.

## II. Weitere energiebezogene Merkmale

## Transmissionswärmeverlust

Zulässiger Höchstwert **0,34 W/m<sup>2</sup>K** ↔ Berechneter Wert **0,37 W/m<sup>2</sup>K**

## Anlagentechnik

Anlagenaufwandszahl **ep**: **1,37**  Berechnungsbilder sind beigefügt

Die Wärmeabgabe der Wärme- und Warmwassererwärmungsanlagen wurde nach Anhang 5 EnEV begrenzt

## Berücksichtigung von Wärmebrücken

pauschal mit 0,10 W/m<sup>2</sup>K  pauschal mit 0,05 W/m<sup>2</sup>K bei Verwendung von Planungsbeispiel nach DIN 4108 - 1988-08 Blatt 2  mit differenzierten Nachweis  Berechnungen sind beigefügt

## Dichtheit und Lüftung

ohne Nachweis  mit Nachweis nach Anhang 4 Nr. 2 EnEV  Messprotokoll ist beigefügt

## Mindestluftwechsel erfolgt durch

Fensterlüftung  mechanische Lüftung  andere Lüftungstypen

## Sommerlicher Wärmeschutz

Nachweis nicht erforderlich, weil der Fensterflächenanteil 30 % nicht überschreitet  Nachweis der Begrenzung des Sommeroberflächenwerts wurde geführt  das Nichtwohngebäude ist mit Anlagen nach Anhang 1 Nr. 2.9.2 ausgestattet. Die innere Kühlung wird minimiert.  Berechnungen sind beigefügt

## Einzelnachweise, Ausnahmen und Befreiungen

Einzelnachweise nach § 15 (3) EnEV wurden geführt für  eine Ausnahme nach § 16 EnEV wurde zugelassen. Sie betrifft  eine Befreiung nach § 17 EnEV wurde erteilt. Sie umfasst

\_\_\_\_\_  Nachweise sind beigefügt  Bescheide sind beigefügt

## Verantwortlich für die Angaben

Name: \_\_\_\_\_ Datum: **16.03.2003**  
 Funktion/Firma: \_\_\_\_\_ Unterschrift: \_\_\_\_\_  
 Anschrift: \_\_\_\_\_ ggf. Stempel / Firmenzeichen

## Energiebedarfsausweis nach § 13 Energieeinsparverordnung

## I. Objektschreibung

Gebäude / Teil: **Wohn** Nutzungstyp:  Müllgebäude  **Sonstige**  
 PLZ, Ort: \_\_\_\_\_ Straße, Haus-Nr.: \_\_\_\_\_  
 Bauplatz: \_\_\_\_\_ Jahr der baulichen Änderung: \_\_\_\_\_

## Geometrische Angaben

Wärmeübertragende Umfassungsfäche A: **2294,7** m<sup>2</sup> Bei Wohngebäuden:  
 Behautes Gebäudevolumen V<sub>b</sub>: **2822,8** m<sup>3</sup> Gebäudenutzfläche A<sub>N</sub>: \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>  
 Verhältnis A/V<sub>b</sub>: **0,81** m<sup>-1</sup> Wohnfläche (Angabe freigelegt): \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>

## Beheizung und Warmwasserbereitung

Art der Beheizung: **zentral** Art der Warmwasserbereitung: **zentral**  
 Art der Nutzung erneuerbarer Energien: \_\_\_\_\_ Anteil erneuerbarer Energien: \_\_\_\_\_ % am Heizwärmebedarf

## II. Energiebedarf

## Jahres-Primärenergiebedarf

Zulässiger Höchstwert **25,12 kWh/m<sup>2</sup>** ↔ Berechneter Wert **24,97 kWh/m<sup>2</sup>**

Energiebedarfsausweis nach eingesetzten Energieträgern		Energieträger 1	Energieträger 2
		<b>Heizöl (E)</b>	<b>Strom (St)</b>
Energiebedarfsausweis (absolut)		<b>78347,8</b> kWh/a	<b>1515,3</b> kWh/a
Energiebedarfsausweis bezogen auf			
Nicht-Wohngebäude	das behaute Gebäudevolumen	<b>27,8</b> kWh/m <sup>3</sup>	<b>0,5</b> kWh/m <sup>3</sup>
	die Gebäudenutzfläche A <sub>N</sub>	_____ kWh/m <sup>2</sup>	_____ kWh/m <sup>2</sup>
Wohngebäude	die Wohnfläche	_____ kWh/m <sup>2</sup>	_____ kWh/m <sup>2</sup>
	die Wohnfläche (Angabe freigelegt)	_____ kWh/m <sup>2</sup>	_____ kWh/m <sup>2</sup>

## Hinweis:

Die angegebenen Werte des Jahres-Primärenergiebedarfs und des Energiebedarfs sind vornehmlich für die überschlagende vergleichende Beurteilung von Gebäuden und Gebäudeteilen vorgesehen. Sie wurden auf der Grundlage von Planunterlagen erstellt. Sie stellen nur bedingt Rückschlüsse auf den tatsächlichen Energieverbrauch, weil die Berechnung dieser Werte auch sonstige Randbedingungen des Bauwerks, der Klimazone, der Heizlast, der Innentemperatur, des Luftwechsels, der äußeren und inneren Wärmequellen und des Nutzerverhaltens berücksichtigen muss.

## II. Weitere energiebezogene Merkmale

## Transmissionswärmeverlust

Zulässiger Höchstwert **0,5 W/m<sup>2</sup>K** ↔ Berechneter Wert **0,52 W/m<sup>2</sup>K**

## Anlagentechnik

Anlagenaufwandszahl **ep**: **1,44**  Berechnungsbilder sind beigefügt

Die Wärmeabgabe der Wärme- und Warmwassererwärmungsanlagen wurde nach Anhang 5 EnEV begrenzt

## Berücksichtigung von Wärmebrücken

pauschal mit 0,10 W/m<sup>2</sup>K  pauschal mit 0,05 W/m<sup>2</sup>K bei Verwendung von Planungsbeispiel nach DIN 4108 - 1988-08 Blatt 2  mit differenzierten Nachweis  Berechnungen sind beigefügt

## Dichtheit und Lüftung

ohne Nachweis  mit Nachweis nach Anhang 4 Nr. 2 EnEV  Messprotokoll ist beigefügt

## Mindestluftwechsel erfolgt durch

Fensterlüftung  mechanische Lüftung  andere Lüftungstypen

## Sommerlicher Wärmeschutz

Nachweis nicht erforderlich, weil der Fensterflächenanteil 30 % nicht überschreitet  Nachweis der Begrenzung des Sommeroberflächenwerts wurde geführt  das Nichtwohngebäude ist mit Anlagen nach Anhang 1 Nr. 2.8.2 ausgestattet. Die innere Kühlung wird minimiert.  Berechnungen sind beigefügt

## Einzelnachweise, Ausnahmen und Befreiungen

Einzelnachweise nach § 15 (3) EnEV wurden geführt für  eine Ausnahme nach § 16 EnEV wurde zugelassen. Sie betrifft  eine Befreiung nach § 17 EnEV wurde erteilt. Sie umfasst

\_\_\_\_\_  Nachweise sind beigefügt  Bescheide sind beigefügt

## Verantwortlich für die Angaben

Name: \_\_\_\_\_ Datum: **16.03.2003**  
 Funktion/Firma: \_\_\_\_\_ Unterschrift: \_\_\_\_\_  
 Anschrift: \_\_\_\_\_ ggf. Stempel / Firmenzeichen

## 8.4 Industriegebäude Verwaltungstrakt normal beheizt und Halle niedrig beheizt

### Gebäudedaten

Beheiztes Gebäudevolumen

$$V_e = 4411,3 \text{ m}^3 + 3632,8 \text{ m}^3$$

Gebäudehüllfläche

$$A = 1994 \text{ m}^2 + 2295 \text{ m}^2$$

### Anlagentechnik

Zentralheizung, Niedertemperatur-

kessel 70/55°C

außerhalb thermischer Hülle

### Verwaltungstrakt

#### Wärmedurchgangskoeffizienten

(Bauteilquerschnitte siehe

Kapitel 6)

Außenwand	0,34 W/(m <sup>2</sup> K) (s. Kapitel 6.8)
Fenster	1,60 W/(m <sup>2</sup> K)
Außentür	2,10 W/(m <sup>2</sup> K)
Dach	0,32 W/(m <sup>2</sup> K) (s. Kapitel 6.1/6.2)
Fußboden	
auf Erdreich	0,44 W/(m <sup>2</sup> K) (s. Kapitel 6.11)
Trennwand	
zur Halle	0,90 W/(m <sup>2</sup> K)

#### Anforderungen nach EnEV

Spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H'_{T, \text{vorh}} = 0,51 \text{ W/(m}^2\text{K)} < H'_{T, \text{max}} = 0,88 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Jahres-Primärenergiebedarf

$$Q''_{p, \text{vorh}} = 19,95 \text{ kWh/(m}^3\text{a)} <$$

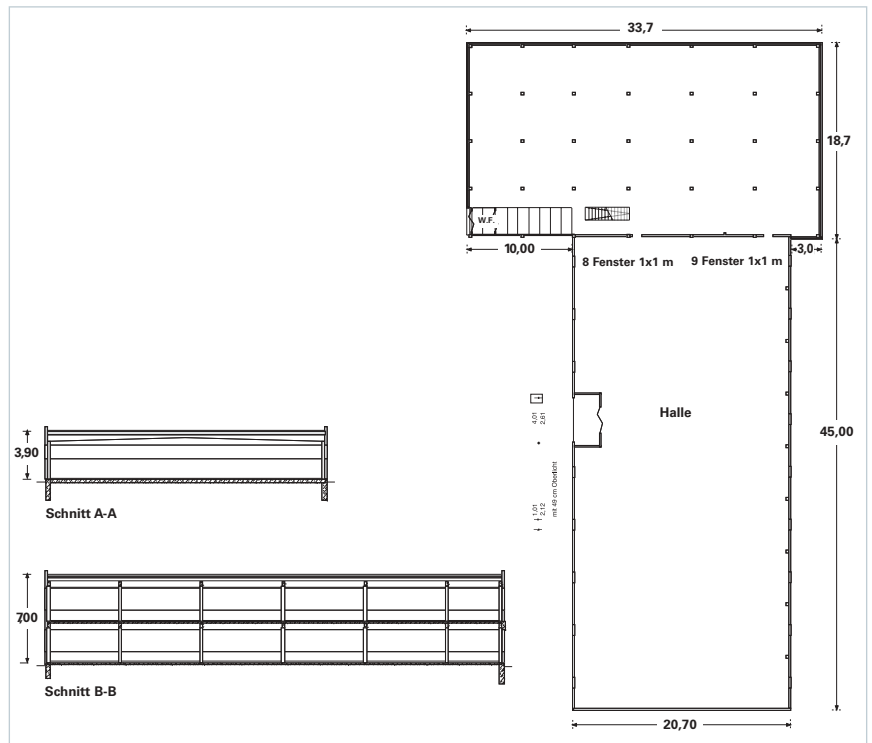
$$Q''_{p, \text{max}} = 20,79 \text{ kWh/(m}^3\text{a)}$$

#### Wärmebrücken und Luftdichtheit

Die Wärmebrücken werden beim Verwaltungstrakt pauschal mit  $\Delta U = 0,05 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  berücksichtigt. Die Planbeispiele nach DIN 4108:1998-08 Beiblatt 2 sind bei der Ausbildung der Anschlussdetails zu beachten.

Bei der Halle beträgt der pauschale Wärmebrückenzuschlag  $\Delta U = 0,10 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Die Gebäudedichtheit ist nach Anhang 4 Nr. 2 EnEV nachzuweisen.



### Halle

#### Wärmedurchgangskoeffizienten

(Bauteilquerschnitte siehe Kapitel 6)

Außenwand	0,46 W/(m <sup>2</sup> K) (s. Kapitel 6.8)
Fenster	1,60 W/(m <sup>2</sup> K)
Außentür	2,10 W/(m <sup>2</sup> K)
Dach	0,80 W/(m <sup>2</sup> K)
Fußboden	
auf Erdreich	0,70 W/(m <sup>2</sup> K) (s. Kapitel 6.11)

#### Anforderungen nach EnEV

Spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H'_{T, \text{vorh}} = 0,67 \text{ W/(m}^2\text{K)} < H'_{T, \text{max}} = 0,69 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

## Energiebedarfsausweis nach § 13 Energieeinsparverordnung

## I. Objektbeschreibung

Gebäude / Teil: **WohnungsstraÙe** Nutzungstyp:  Wohngebäude  **Büronutzung**  
 PLZ, Ort: \_\_\_\_\_ Straße, Haus-Nr.: \_\_\_\_\_  
 Baujahr: \_\_\_\_\_ Jahr der baulichen Änderung: \_\_\_\_\_

## Geometrische Angaben

Wärmeübertragende Umfassungsfläche A: **3994,8** m<sup>2</sup> Bei Wohngebäuden:  
 Beheiztes Gebäudevolumen V<sub>b</sub>: **8111,3** m<sup>3</sup> Gebäudemasse A<sub>g</sub>: \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>  
 Verhältnis A/V<sub>b</sub>: **0,48** m<sup>-1</sup> Grundfläche (Anlagenfußprint): \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>

## Beheizung und Warmwasserbereitung

Art der Beheizung: **zentral** Art der Warmwasserbereitung: **zentral**  
 Art der Nutzung erneuerbarer Energien: \_\_\_\_\_ Anteil erneuerbarer Energien: \_\_\_\_\_ im Heizkreislauf

## II. Energiebedarf

## Jahres-Primärenergiebedarf

Zulässiger Höchstwert: **20,78** kWh/m<sup>2</sup> ↔ Berechneter Wert: **19,95** kWh/m<sup>2</sup>

Endenergiebedarf nach eingesetzten Energieträgern		Energieträger 1	Energieträger 2
		<b>Heizöl/G</b>	<b>Strom-HEK</b>
Endenergiebedarf (absolut)		<b>37767,2</b> kWh/a	<b>827,8</b> kWh/a
Endenergiebedarf bezogen auf			
Nicht-Wohngebäude	das beheizte Gebäudevolumen	<b>4,7</b> kWh/m <sup>3</sup>	<b>0,2</b> kWh/m <sup>3</sup>
Wohngebäude	die Gebäudemasse A <sub>g</sub>	_____ kWh/m <sup>2</sup>	_____ kWh/m <sup>2</sup>
	die Wohnfläche (Anlagenfußprint)	_____ kWh/m <sup>2</sup>	_____ kWh/m <sup>2</sup>

## Hinweis:

Die angegebenen Werte des Jahres-Primärenergiebedarfs sind vornehmlich für die überschlägige vergleichende Beurteilung von Gebäuden und Gebäudeteilen vorgesehen. Sie beruhen auf der Grundlage von Planunterlagen vor Ort. Sie stellen nur bedingt Rückschlüsse auf den tatsächlichen Energieverbrauch, weil die Berechnung dieser Werte auch normale Randbedingungen eines durchschnittlichen Klimas, der Heizlasten, der Innentemperaturen, des Luftwechsels, der solaren und inneren Wärmegewinne und des Warmwasserbedarfs zugrunde liegen. Die normierten Randbedingungen sind für die Anlagentechnik in DIN V 4701-10: 2011-02 Nr. 3 und in Anlagen in DIN V 4708-6: 2003-11 Anlage D festgelegt. Die Angaben beziehen sich auf Gebäude und sind nur bedingt auf einzelne Wohnungen oder Gebäudeteile übertragbar.

## II. Weitere energiebezogene Merkmale

## Transmissionwärmeverlust

Zulässiger Höchstwert: **0,38** W/(m<sup>2</sup>K) ↔ Berechneter Wert: **0,31** W/(m<sup>2</sup>K)

## Anlagentechnik

Anlagenfußdruckverhältnis: **1,43**  Berechnungsbilder sind beigefügt

Die Wärmeabgabe der Wärme- und Warmwassererzeugungsanlagen wurde nach Anlage 5 EnEV begrenzt

## Berücksichtigung von Wärmeverlusten

pauschal mit 0,10 W/(m<sup>2</sup>K)  pauschal mit 0,25 W/(m<sup>2</sup>K) bei Verwendung von Planungsberechnungen nach DIN 4108: 1998-08 (Soll: 2)  mit differenziertem Nachweis  Berechnungen sind beigefügt

## Dichtheit und Lüftung

ohne Nachweis  mit Nachweis nach Anlage 4 Nr. 2 EnEV  Messprotokoll ist beigefügt

## Mindestluftwechsel erfolgt durch

Fensterlüftung  mechanische Lüftung  andere Lüftungswart: \_\_\_\_\_

## Sommerlicher Wärmeschutz

Nachweis nicht erforderlich, weil der Fassadenflächenanteil 30 % nicht überschreitet  Nachweis der Begrenzung des Sommerertragkennwertes wurde geführt  das Nichtwohngebäude ist mit Anlagen nach Anlage 1 Nr. 2.0.2 ausgestattet. Die innere Kühlung wird minimiert.

## Berechnungen sind beigefügt

## Einzelnachweise, Ausnahmen und Befreiungen

Einzelnachweise nach § 15 (3) EnEV wurden geführt für  eine Ausnahme nach § 16 EnEV wurde zugelassen. Sie betrifft: \_\_\_\_\_  eine Befreiung nach § 17 EnEV wurde erteilt. Sie umfasst: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Nachweise sind beigefügt

Befreiungen sind beigefügt

## Verantwortlich für die Angaben

Name: \_\_\_\_\_ Datum: **16.03.2003**  
 Funktion/Firma: \_\_\_\_\_ Unterschrift: \_\_\_\_\_  
 Anschrift: \_\_\_\_\_  
 ggf. Stempel / Firmenzeichen

## Wärmebedarfsausweis nach § 13 Energieeinsparverordnung

## I. Objektbeschreibung

Gebäude / Teil: **Halle** Nutzungstyp: **Niedrig beheiztes Gebäude**  
 PLZ, Ort: \_\_\_\_\_ Straße, Haus-Nr.: \_\_\_\_\_  
 Baujahr: \_\_\_\_\_ Jahr der baulichen Änderung: \_\_\_\_\_

## Geometrische Angaben

Wärmeübertragende Umfassungsfläche A: **2994,73** m<sup>2</sup> Verhältnis A/V<sub>b</sub>: **0,63** m<sup>-1</sup>  
 Beheiztes Gebäudevolumen V<sub>b</sub>: **3632,05** m<sup>3</sup>

## II. Transmissionwärmeverlust

Zulässiger Höchstwert: **0,60** W/(m<sup>2</sup>K) ↔ Berechneter Wert: **0,67** W/(m<sup>2</sup>K)

## Hinweis:

Die Angaben des Transmissionwärmeverlusts sind vornehmlich zur überschlägigen vergleichenden Beurteilung von Gebäuden und Gebäudeteilen vorgesehen. Sie beruhen auf der Grundlage von Planunterlagen vor Ort. Sie stellen nur bedingt Rückschlüsse auf den tatsächlichen Energieverbrauch, weil sich die Randbedingungen weitgehend auf normale Werte stützen, das Klima und die Nutzung nicht einbezogen sind und die Einflüsse von Lüftung, solaren und inneren Gewinnen sowie die gesamte Anlagentechnik nicht Gegenstand der Berechnungen sind.

## II. Weitere energiebezogene Merkmale

## Einzelnachweise, Ausnahmen und Befreiungen

Einzelnachweise nach § 15 (3) EnEV wurden geführt für  eine Ausnahme nach § 16 EnEV wurde zugelassen. Sie betrifft: \_\_\_\_\_  eine Befreiung nach § 17 EnEV wurde erteilt. Sie umfasst: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Nachweise sind beigefügt

Befreiungen sind beigefügt

## Verantwortlich für die Angaben

Name: \_\_\_\_\_ Datum: **16.03.2003**  
 Funktion/Firma: \_\_\_\_\_ Unterschrift: \_\_\_\_\_  
 Anschrift: \_\_\_\_\_  
 ggf. Stempel / Firmenzeichen

## 9. Literatur

- [1] EnEG Gesetz zur Einsparung von Energie in Gebäuden. Bundesgesetzblatt Teil 1, 28. Juli 1976, S.1873-1875.
- [2] Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung – EnEV) vom 16. Nov. 2001. Bundesbaublatt Jahrgang 2001 Teil I Nr. 59, S. 3085-3102.
- [3] Verordnung über einen energiesparenden Wärmeschutz von Gebäuden (Wärmeschutzverordnung – WärmeschutzV) vom 16. August 1994 Bundesgesetzblatt Teil 1, S. 2121-2131.
- [4] Deters, Karl: Überprüfung des Wirtschaftlichkeitsgebotes des EnEG bei den neuen Anforderungen der Wärmeschutzverordnung 1999 Teil 1 (September 1996, F 772), Institut für Bautechnik Hannover 1999.
- [5] Maas, A. und Hauser, G.: Überprüfung des Wirtschaftlichkeitsgebotes des EnEG bei den neuen Anforderungen der Wärmeschutzverordnung 1999 Teil II – Wirtschaftlichkeitsberechnungen auf der Grundlage konkreter Konstruktionen und Baukosten (Basisjahr 1996), Forschungsbericht im Auftrag des BMVBW, Ingenieurbüro Prof. Dr. Hauser GmbH, Fraunhofer IRB-Verlag, Stuttgart (2000).
- [6] Menkhof, H.: Die Auswirkungen der Wärmeschutzverordnung auf die Wirtschaftlichkeit der Bauten – Kosten und Erwirtschaftbarkeit –. Sonderdruck aus Deutsches Architektenblatt (1980), H. 3.
- [7] DIN EN ISO 6946: 2003-11, Bauteile – Wärmedurchlaßwiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient-Berechnungsverfahren.
- [8] DIN EN ISO 7345: 1996-01, Wärmeschutz – Physikalische Größen und Definitionen.
- [9] DIN EN 832: 1998-12, Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Berechnung des Heizenergiebedarfs – Wohngebäude.
- [10] DIN 4108-2: 2003-04, Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz.
- [11] DIN EN 13164: 2001-10, Wärmedämmstoffe für Gebäude – Werkmäßig hergestellte Produkte aus extrudiertem Polystyrolschaum (XPS) – Spezifikation.
- [12] DIN EN ISO 10211-2: 2001-06, Wärmebrücken im Hochbau – Berechnung der Wärmeströme und Oberflächentemperaturen – Teil 2: Linienförmige Wärmebrücken 1998.
- [13] DIN EN ISO 9346: 1996-08, Wärmeschutz – Stofftransport – Physikalische Größen und Definitionen.
- [14] DIN V 4108-4: 2002-02, Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 4: Wärme- und feuchteschutztechnische Bemessungswerte.
- [15] DIN EN ISO 10077-1, Wärmebrücken im Hochbau – Wärmeströme und Oberflächentemperaturen – Teil 1: Allgemeine Berechnungsverfahren; Deutsche Fassung DIN EN ISO 10 211-1:1995.
- [16] DIN EN ISO 12567-1: 2001-02, Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern und Türen – Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten mittels des Heizkastenverfahrens – Teil 2: Komplett Fenster und Türen.
- [17] DIN EN ISO 13370: 1998-12, Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Wärmeübertragung über das Erdreich, Berechnungsverfahren.
- [18] DIN EN 12524: 2000-07, Baustoffe und -produkte – Wärme- feuchteschutztechnische Eigenschaften, Tabellierte Bemessungswerte.

- [19] DIN EN ISO 10456: 2000-08, Baustoffe und Produkte – Verfahren zur Bestimmung der wärmetechnischen Nenn- und Bemessungswerte.
- [20] DIN V 4108-6: 2000-11, Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 6: – Berechnung des Jahresheizwärme- und des Jahresheizenergiebedarfs.
- [21] Beiblatt 2 zu DIN 4108: 1998-08, Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Wärmebrücken – Planungs- und Ausführungsbeispiele.
- [22] Hauser, G. und Stiegel, H.: Wärmebrücken-Atlas für den Mauerwerksbau. Bauverlag Wiesbaden, 1990, 3. durchgesehene Auflage 1996.
- [23] Hauser, G. und Stiegel, H.: Wärmebrücken-Atlas für den Holzbau. Bauverlag Wiesbaden, 1992.
- [24] Hauser, G., Schulze, H. und Wolfseher, U.: Wärmebrücken im Holzbau. Bauphysik 5 (1983), H. 1, S. 17-21; H. 2, S. 42-51.
- [25] Hauser, G.; Stiegel, H.; Haupt, W.: Wärmebrücken-katalog auf CD-ROM. Ingenieurbüro Hauser, Baunatal (1998), überarbeitete Fassung (2002).
- [26] Hauser, G. und Stiegel, H.: Pauschalisierte Erfassung der Wirkung von Wärmebrücken. Bauphysik 17 (1995), H. 3, S. 65-68.
- [27] DIN EN 410:1998-12, Glas im Bauwesen – Bestimmung der lichttechnischen und strahlungsphysikalischen Kenngrößen von Verglasungen.
- [28] DIN 4108-7: 2001-08, Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 7: Luftdichtheit von Gebäuden – Planungs- und Ausführungsempfehlungen sowie Beispiele.
- [29] DIN EN ISO 13829: 2001-02, Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Gebäuden – Differenzdruckverfahren.
- [30] DIN V 4701-10: 2001-02, Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen Teil 10: Heizung, Trinkwassererwärmung, Lüftung.
- [31] Maas, A., Hauser, G. und Höttges, K.: Die Energieeinsparverordnung. Bauphysik 24 (2002), H. 1, S. 26-38; wksb 47 (2002), H. 48, S. 15-25.
- [32] Hegner, H.-D. und Vogler, I.: Energieeinsparverordnung EnEV – für die Praxis kommentiert. Ernst & Sohn, Berlin (2002).
- [33] Auslegungsfragen zur Energieeinsparverordnung, Teil 2; <http://www.dibt.de/deutsch/Data/4126-02.pdf>

### **Bildnachweis**

Bild 6 bis 16: Fotos der FPX-Mitgliedsunternehmen



#### **FPX-Mitglieder:**

Austrotherm Dämmstoffe, Wopfing, Österreich  
BASF Aktiengesellschaft, Ludwigshafen  
Dow Deutschland GmbH & Co. OHG, Schwalbach  
Gefinex-Jackon Vertriebs GmbH, Steinhagen  
URSA International GmbH, Neu-Isenburg

#### **Fachvereinigung Polystyrol-Extruderschaumstoff**

Karl-Benz-Straße 7

D - 60314 Frankfurt am Main

Telefon: +49 (0) 69 / 42 59 01

Telefax: +49 (0) 69 / 4 19 51 14

E-Mail: [info@fpx-daemmstoffe.de](mailto:info@fpx-daemmstoffe.de)

Internet: [www.fpx-daemmstoffe.de](http://www.fpx-daemmstoffe.de)

**FPX** Fachvereinigung Polystyrol-Extruderschaumstoff