A 2 THERMAL CONDUCTIVITY

Index of Texts, Tables and figures

Source – N° of table	Description	page
Author's comment about the structure of the thermal conductivity chapter		35

A. Thermal conductivity of aged products of a dry / dried product

EN 13163: EPS

05 – 01	EPS Thermal conductivity 5 years	36
06 – 01	EPS Project Overview	37
06 – 02	Thermal conductivity 35 years	37
06 – 03	Thermal conductivity incl. aging 45 years	38
37 - 01	EPS Thermal cond. CS DS 31 years	39
37 - 02	EPS Thermal cond. CS DS 31 years	40
37 - 07	EPS Thermal cond. CS DS 31 years	40

EN 13164: XPS

03 - 01	RSI values XPS CFC and HCFC blown 25 years	41
03 - 02	RSI values XPS CFC and HCFC blown 25 years	41
19 - 03	XPS Thermal conductivity 3 - 25 years	42

B. Thermal conductivity of aged products against gas diffusion

EN 13165: PUR

13 - 01	PUR Thermal conductivity 10 years	43
13 - 02	PUR Thermal conductivity 5 types 18 years	43
13 - 06	PUR Thermal conductivity - kind of production 3 years	44
13 - 07	PUR Thermal conductivity at different mean temperature 3 years	44
17 - 01	PUR Thermal conductivity 5 types CFC 11 30 years	45
17 - 02	PUR Thermal conductivity 2 types pentane plant A 8 years	46
17 - 03	PUR Thermal conductivity 2 types pentane plant B 9 years	47
17 - 04	PUR Thermal conductivity 2 types HCFC 141b plant B 9 years	48
23 - 01	PUR Thermal conductivity 10 years	49

Vacuum- Insulation- Panels VIP

14 - 01	VIP Thermal conductivity and Pressure inside panel 1 year – extrapol 15 years	50
14 - 02	VIP Thermal conductivity and Pressure inside panel 1 year – extrapol 25 years	50
22 - 01	VIP Thermal cond. Zellgasdruck	51
27 - 05	VIP overall heat transfer coefficient 2 years	52
27 - 06	VIP overall heat transfer coefficient 2 years	52

C. Thermal conductivity of aged products of a humid product

EN 13162: MW

44 - 05	Zusammenhang Therm cond and humidity page 193	53
39 – 01	MW thermal conductivity and humidity correlation	53
39 – 02	MW thermal conductivity and humidity correlation	53

EN 13164: XPS

08 - 01	XPS Thermal conductivity CS Humidity Amerlandklinik 5 years	54
09 - 01	XPS Thermal conductivity CS Humidity Aflenz OFI 22 years	55
09 - 02	XPS Thermal conductivity CS Humidity Aflenz Gutachter 22 years	56
09 - 03	XPS Thermal conductivity CS Aflenz summary 22 years	57
10 - 01	XPS Thermal conductivity CS Wien 21 years	58
10 - 02	XPS Thermal conductivity CS Wien Gutachter 21 years	59
10 - 03	XPS Thermal conductivity CS Wien summary 21 years	60
11 - 01	XPS Thermal conductivity CS Maria Enzersdorf OFI 9 years	61
11 - 02	XPS Thermal conductivity CS Maria Enzersdorf Gutachter 9 years	62
11 - 03	XPS Thermal conductivity CS Maria Enzersdorf summary 9 years	63
24 - 01	XPS Thermal conductivity CS Humidity overview 7-18 years	64
24 - 02	XPS Thermal conductivity CS Humidity Geschlossenzell 18 years	65
24 - 03	XPS Thermal conductivity CS Humidity 18 years	66
24 - 04	XPS Thermal conductivity CS Humidity Geschl 10 years	67
24 - 05	XPS Thermal conductivity CS Humidity 10 years	68
24 - 06	XPS Thermal conductivity CS Humidity Geschl 12 years	69
24 - 07	XPS Thermal conductivity CS Humidity 12 years	70
24 - 08	XPS Thermal conductivity CS Humidity Geschl 9 years	71
24 - 09	XPS Thermal conductivity CS Humidity 9 years	72
24 - 10	XPS Thermal conductivity CS Humidity Geschl 8 years	73
24 - 11	XPS Thermal conductivity CS Humidity 8 years	74
24 - 12	XPS Thermal conductivity CS Humidity Geschl 7 years	75
24 - 13	XPS Thermal conductivity CS Humidity 7 years	76

24 - 14	XPS Thermal conductivity CS Humidity Geschlossenzell 7 years	77
24 - 15	XPS Thermal conductivity CS Humidity 7 years	78
24 - 16	XPS Thermal conductivity CS Humidity overview results	79
24 - 17	XPS Thermal conductivity CS Humidity overview conclusions	80
33 - 01	XPS thermal conductivity 30 years	81
33 - 02	XPS thermal conductivity 30 years	82
36 - 01	XPS Thermal cond. CS Humidity 14 years	83
36 - 02	XPS Thermal cond. CS Humidity 14 years	84
38 - 01	XPS Thermal cond. CS Humidity 32 years	85
38 - 02	XPS Thermal cond. CS Humidity 32 years	86

EN 13165: PUR

16 - 03	PUR correlation between Thermal conductivity and Humidity	87

Alternate insulation materials

43 - 01	Alternative Dämmstoffe - Allgemeine Bemerkung	88
43 - 02	Alternative Dämmstoffe - Thermal Cond und Humidity	88

Author's comment about the structure of the thermal conductivity chapter

This chapter concerning the thermal conductivity is divided into three parts:

A. Thermal conductivity of aged products tested on dried boards after reinstalling them out of buildings

B. Thermal conductivity of aged products tested on humid material after reinstalling them out of buildings

C. Thermal conductivity of aged products tested against gas diffusion

These three main parts of this chapter will be moreover divided into the specific parts concerning the different materials as for example EPS and XPS.

A. Thermal conductivity of aged products of a dry / dried product

EN 13163: EPS

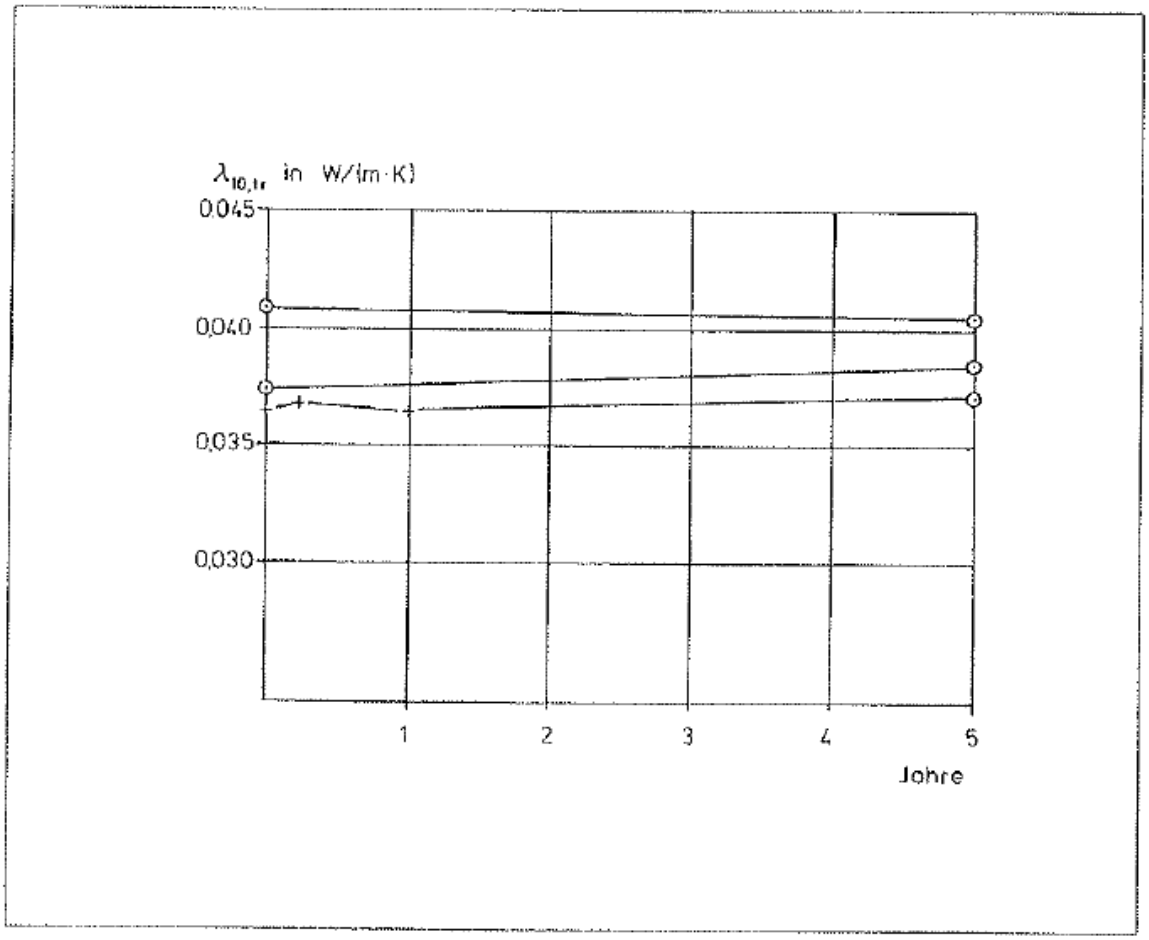


Bild 3

Wärmeleitfähigkeit von Polystyrol-Hartschaumplatten in Abhängigkeit von der Lagerzeit.
+ Rohdichte 15 kg/m³
○ Rohdichte 12 kg/m³

05 – 01 EPS Thermal conductivity 5 years

System	Alter	Aufbau
Flachdach	25 Jahre	Kies, PVC-Dachbahn, EPS, Decke
Wand-Aussenisolation	bis 35 Jahre	Verputz, Gitternetz, EPS, Wand
Wand-Innenisolation	30 Jahre	Holzschalung, EPS, Täferung

06 – 01 EPS Project Overview

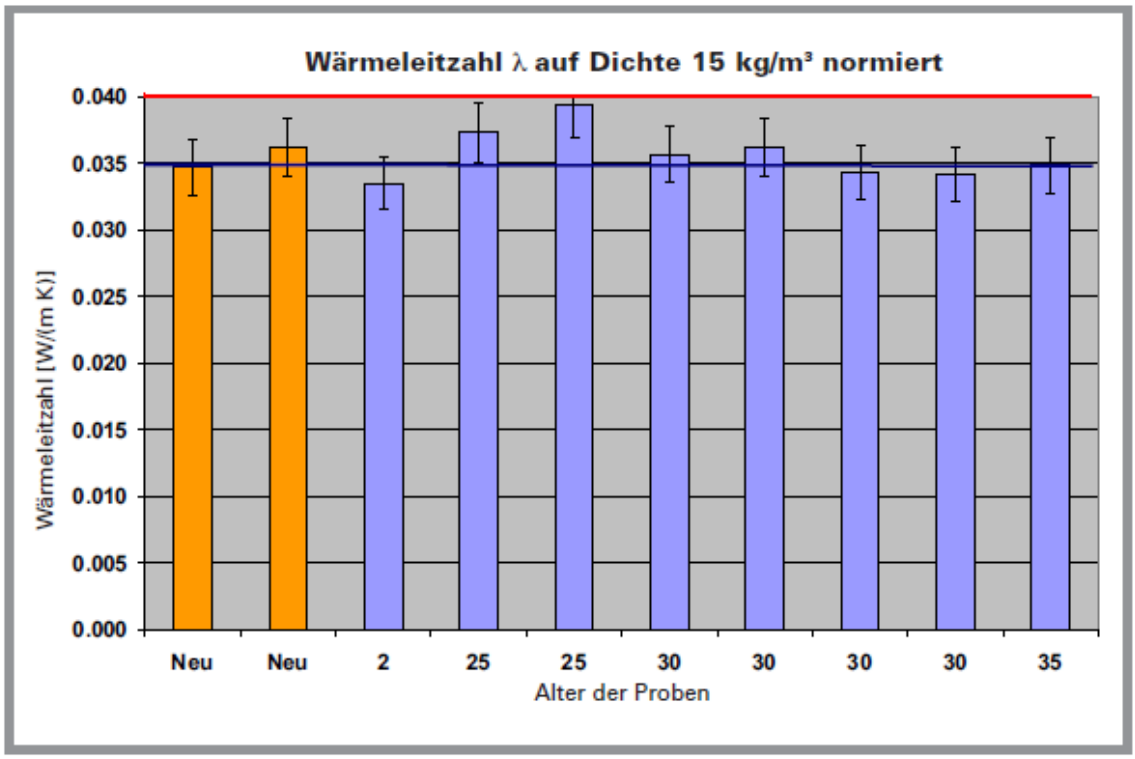


Abbildung 1a:
Wärmeleitzahl der verschiedenen Proben, korrigiert auf die Dichte.
Neue Proben: orange; Mittelwert: blauer Balken; Herstellerangabe: roter Balken.
Die Messunsicherheit wird durch die schwarzen Limiter dargestellt.

06 – 02 Thermal conductivity 35 years

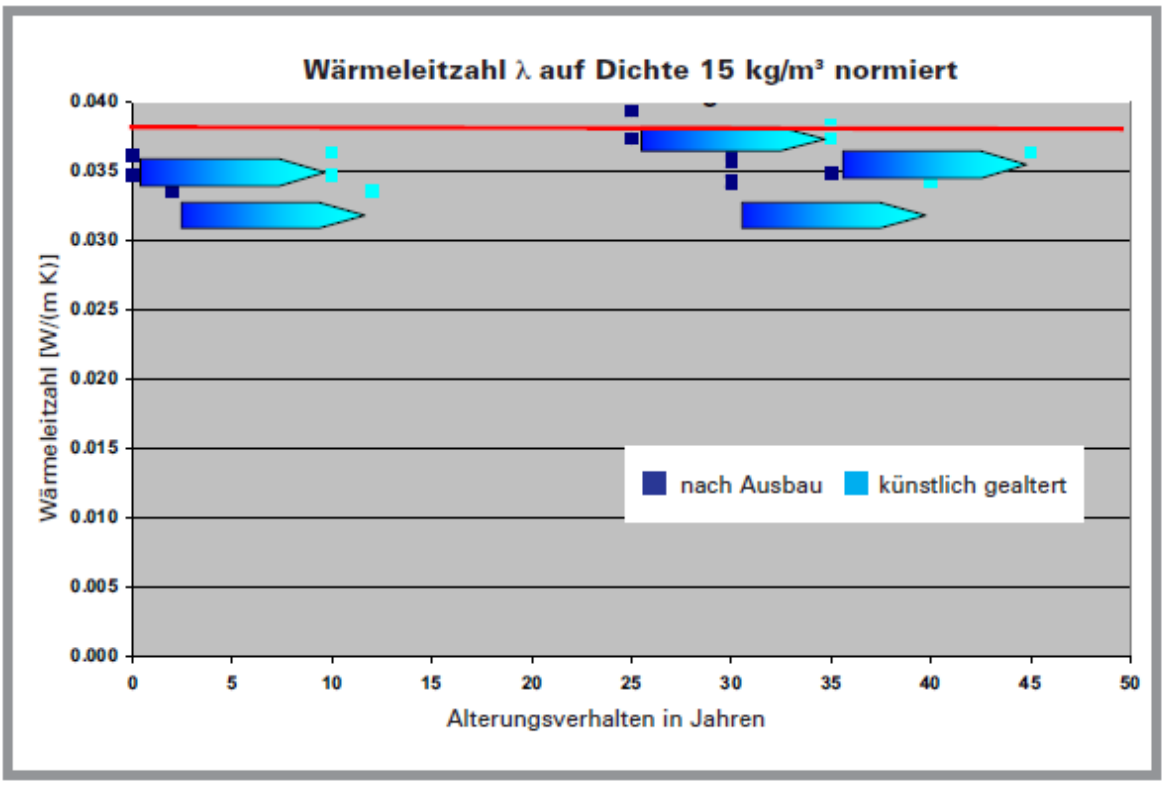


Abbildung 1b:
Trotz zusätzlicher künstlicher Alterung bleiben die Werte der Proben konstant.

06 – 03 Thermal conductivity incl. aging 45 years

Anlage 2 Blatt 1 zum Gutachten 411/86 vom 7. November 1986

FORSCHUNGSINSTITUT FÜR WÄRMESCHUTZ E.V. MÜNCHEN

FORSCHUNGS- UND PRÜFTATIGKEIT AUF DEM GEBIET DES WÄRME- UND FEUCHTESCHUTZES IM BAUWESEN UND BEI BETRIEBSTECHNISCHEN ANLAGEN
BAUAUFSICHTLICH ANERKANNTE PRÜFSTELLE FÜR DIE GÜTEÜBERWACHUNG VON DÄMMSTOFFEN
DIREKTORIUM: DIPL.-ING. J. ACHTZIGER UND DIPL.-ING H. ZEHENDNER

WÄRMELEITFÄHIGKEIT NACH DIN 52612 [1])

L-18/86 Prüfbericht Nr. F.2-351/86

Antragsteller: Industrieverband Hartschaum e.V., 6900 Heidelberg 1

Probenentnahme:

Ort: -

Datum: 03.07.86

Art: Durch Antragsteller übersandt

Geprüfter Stoff (Beschreibung): (lt. Antragsteller)

31 Jahre alter Polystyrol-Partikelschaum

Prüfgerät: 200-mm-Gerät für das Zweiplattenverfahren

Angaben über die Proben:

		Probe 1	Probe 2
Länge bzw. Durchmesser	m	0,197	0,198
Breite	m	0,197	0,198
Dicke im eingebauten Zustand	m	0,0125	0,0125
Rohdichte im trockenen Zustand	kg/m³	17,4	16,8
flächenbezogene Masse im trockenen Zustand	kg/m²	0,217	0,210
massebezogener Feuchtegehalt	%	0	0
volumenbezogener Feuchtegehalt	%	0	0

Trocknungstemperatur: 70°C

Trocknungsart: --

1) Das untersuchte Material wird 4 Wochen ab Datum des Gutachtens aufbewahrt. Eine Rücksendung der Proben erfolgt nur auf Antrag und zu Lasten des Antragstellers. Eine auszugsweise Veröffentlichung oder eine Bezugnahme auf das Prüfzeichen in Druckschriften ist nur mit schriftlicher Genehmigung des Forschungsinstituts zulässig.

37 - 01 EPS Thermal cond. CS DS 31 years

Messung Nr.	Mitteltemperatur der Probenoberfläche auf der Heizplattenseite ϑ_{wm} °C	Mitteltemperatur der Probenoberfläche auf der Kühlplattenseite ϑ_{km} °C	Mittlere Temperaturdifferenz $\vartheta_{wm} - \vartheta_{km}$ °C	Mitteltemperatur der Probe $\vartheta_m = \frac{\vartheta_{wm} + \vartheta_{km}}{2}$ °C	Mittlere Wärmeleitfähigke λ_g $\frac{W}{m \cdot K}$
1	13,1	-0,9	14,0	6,1	0,0338
2	25,4	16,2	9,2	20,8	0,0362
3	36,5	25,7	10,8	31,1	0,0387

Wärmeleitfähigkeit:

Wärmeleitfähigkeit bei 10°C Mitteltemperatur im trockenen Zustand $\lambda_{10, tr}$ $\frac{W}{m \cdot K}$	Zuschlagswert nach Tabelle 1, Zeile ..15 Z	$\lambda_{10, tr}$ mit Zuschlagswert Z λ_Z $\frac{W}{m \cdot K}$	Rechenwert nach DIN 4108 λ_R $\frac{W}{m \cdot K}$
0,0345	0,05	0,036	0,040

37 - 02 EPS Thermal cond. CS DS 31 years

4.5 Wärmeleitfähigkeit bei 10°C Mitteltemperatur im trockenen Zustand

$$\lambda_{10,tr.} = 0,0345 \text{ W/mK}$$

(Siehe auch Prüfbericht Nr. F.2-351/86 des FIW)

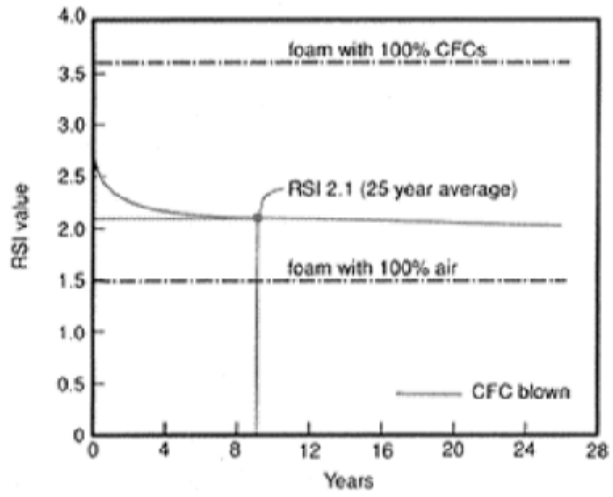
37 - 07 EPS Thermal cond. CS DS 31 years

EN 13164: XPS

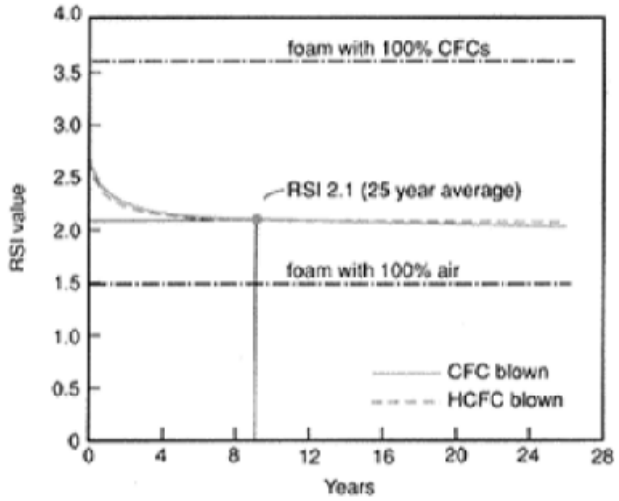
Author's comment:

The world-wide definition of an R-value is "kelvin square meters per watt" (K·m²/W), using the SI system.

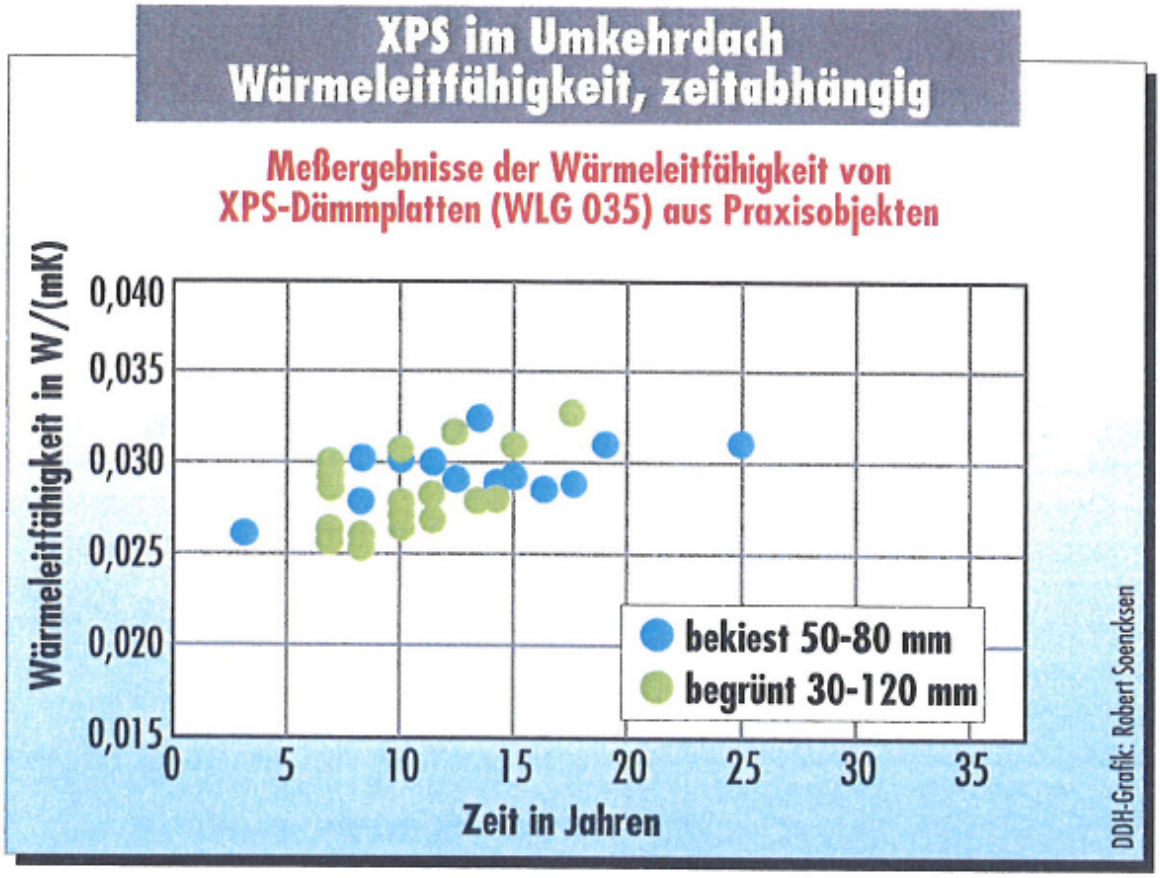
Concerning the United states, there are also measurements of the R- value in degrees Fahrenheit, square feet hours per Btu, (ft²·°F·h/Btu), which is commonly written in a different way (like R-19 e.g.). To disambiguate between these two, the author of the reference N° 03 uses the abbreviation "RSI" for the SI definition.



03 - 01 RSI values XPS CFC blown 25 years



03 - 02 RSI values XPS CFC and HCFC blown 25 years



19 - 03 XPS Thermal conductivity 3 - 25 years

B. Thermal conductivity of aged products against gas diffusion

EN 13165: PUR

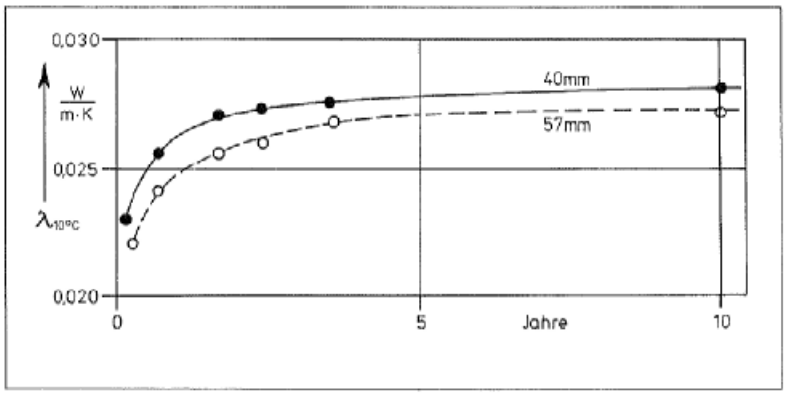


Bild 1
Zeitliche Änderung der Wärmeleitfähigkeit bei 10 °C Mitteltemperatur von PUR-Hartschaum-Dämmplatten (Bandware) bei Lagerung im Normalklima über 10 Jahre; Messungen nach DIN 52612.

● Rohdichte 26 kg/m³
○ Rohdichte 25 kg/m³

13 - 01 PUR Thermal conductivity 10 years

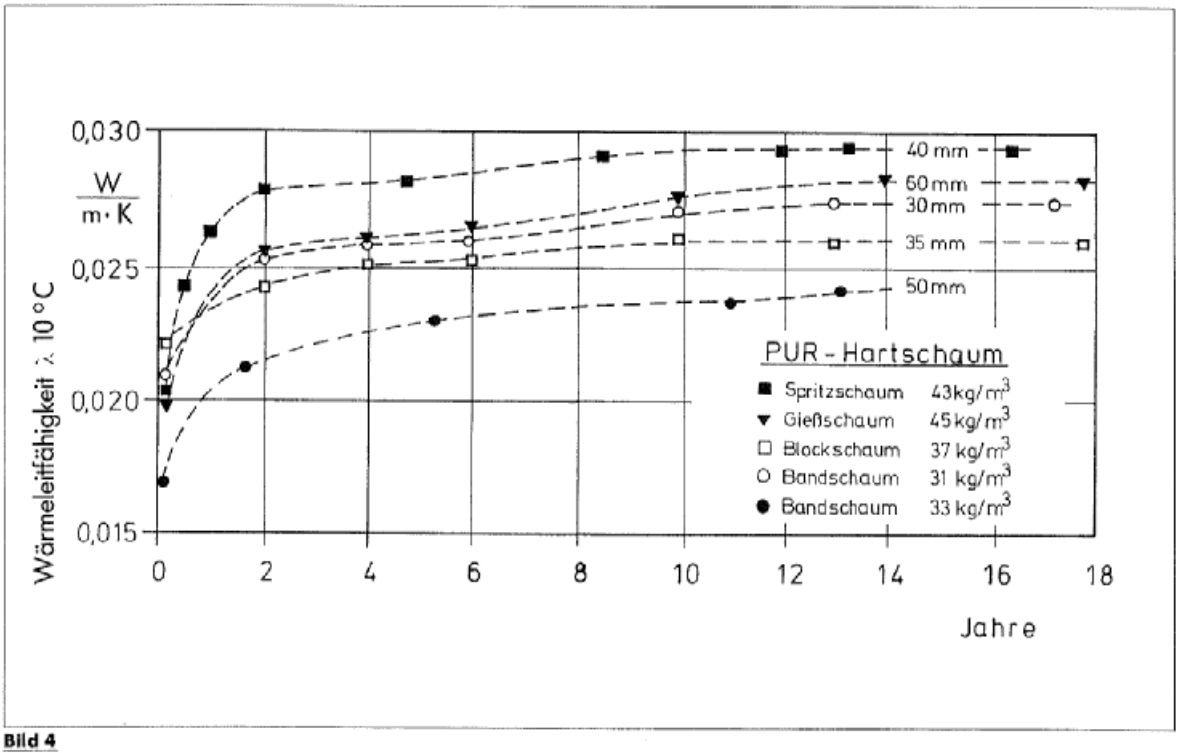


Bild 4
Zeitliche Änderung der Wärmeleitfähigkeit bei 10 °C Mitteltemperatur von mit $CFCl_3$ getriebenen PUR-Hartschaum-Platten unterschiedlicher Herstellung bei Lagerung im Normalklima mit nicht abgedeckten Oberflächen. Messungen mit Zweiplattengerät nach DIN 52612.

13 - 02 PUR Thermal conductivity 5 types 18 years

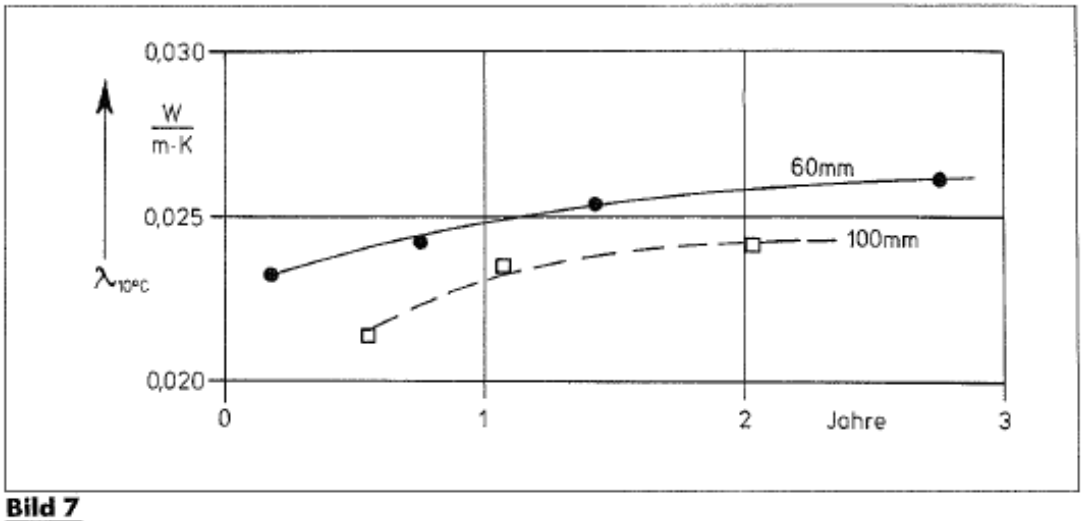


Bild 7
Zeitliche Änderung der Wärmeleitfähigkeit bei 10 °C Mitteltemperatur von PUR-Hartschaum-Dämmplatten unterschiedlicher Herstellungsart bei Lagerung im Normalklima über etwa 2 – 3 Jahre; Meßwerte nach DIN 52 612.

● **Dämmplatten (Bandware), Rohdichte 27 kg/m³**

□ **Dämmplatten (Blockware) Rohdichte 26 kg/m³**

13 - 06 PUR Thermal conductivity - kind of production 3 years

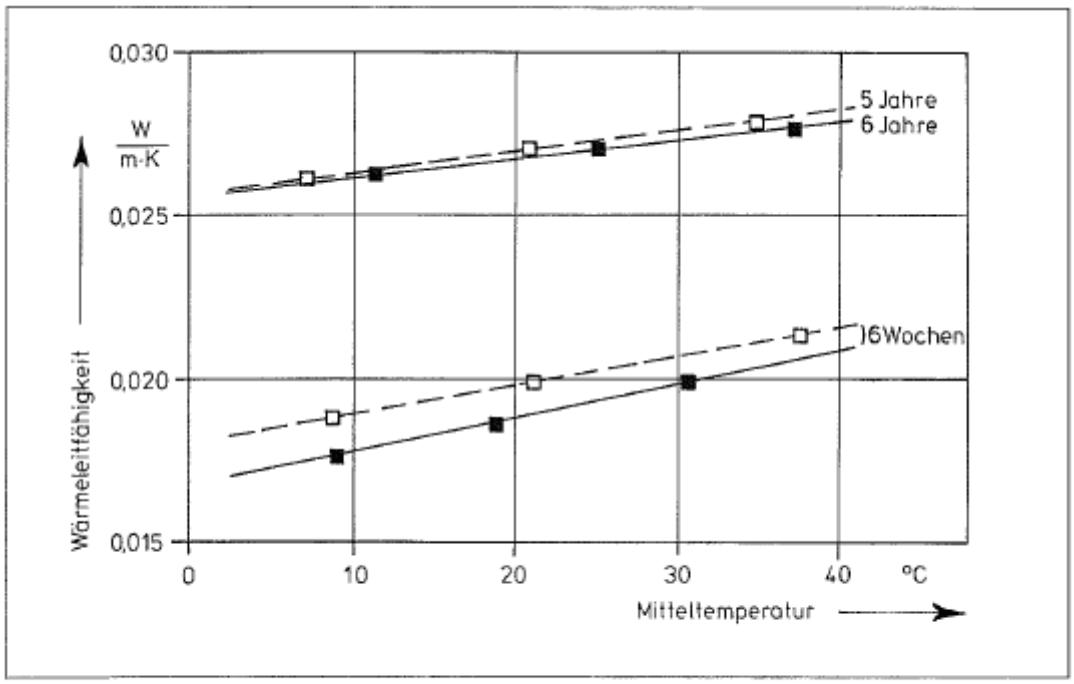


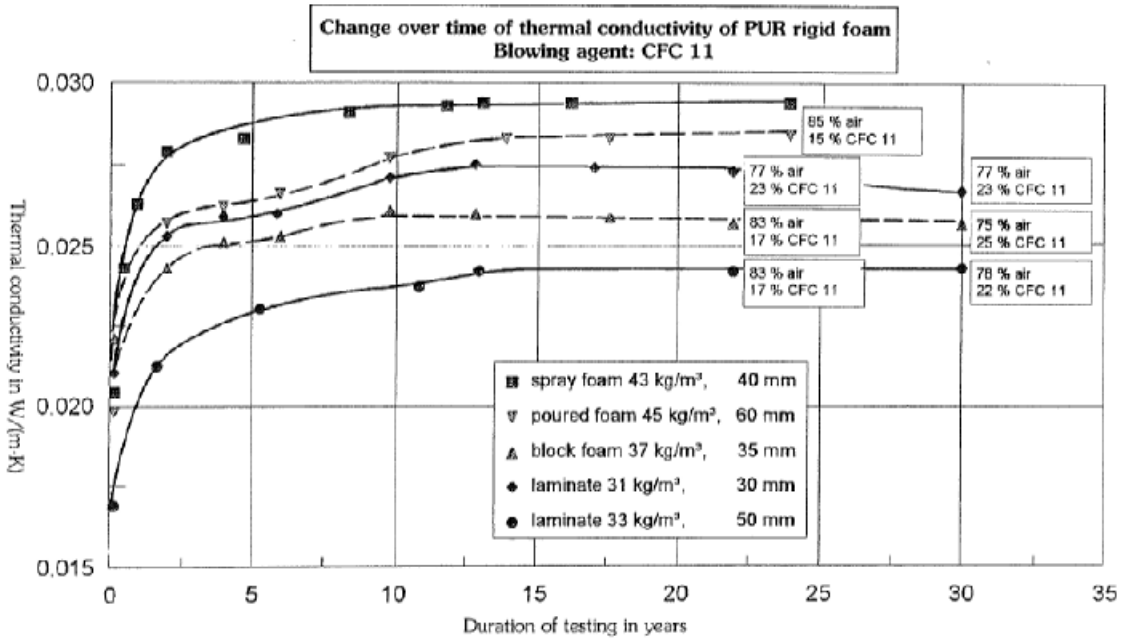
Bild 9
Abhängigkeit der Wärmeleitfähigkeit von der Mitteltemperatur von PUR-Spritzschaum bei Lagerung im Normalklima von 6 Wochen bis 5 bzw. 6 Jahre.

■ **Dicke 41 mm, Rohdichte 59 kg/m³**

□ **Dicke 40 mm, Rohdichte 52 kg/m³**

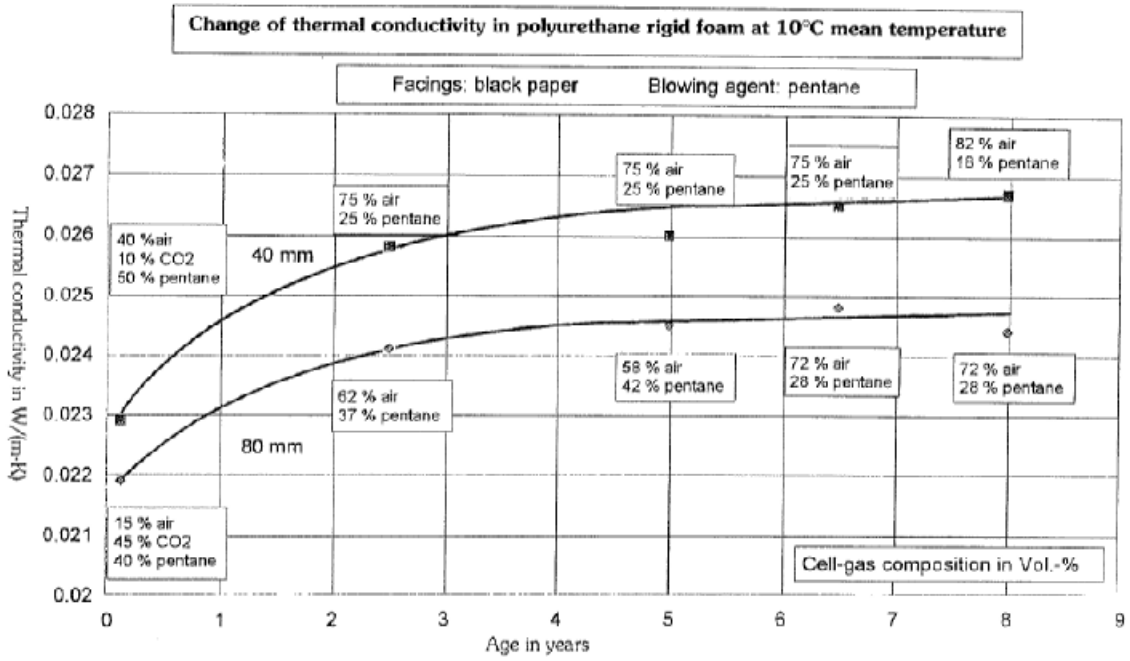
13 - 07 PUR Thermal conductivity at different mean temperature 3 years

Figure 2 Change over time of thermal conductivity at 10°C mean temperature of PUR rigid foam boards blown with CFC 11 and manufactured in various processes and storage at room temperature. Measurements using a guarded hot plate apparatus in accordance with DIN 52612



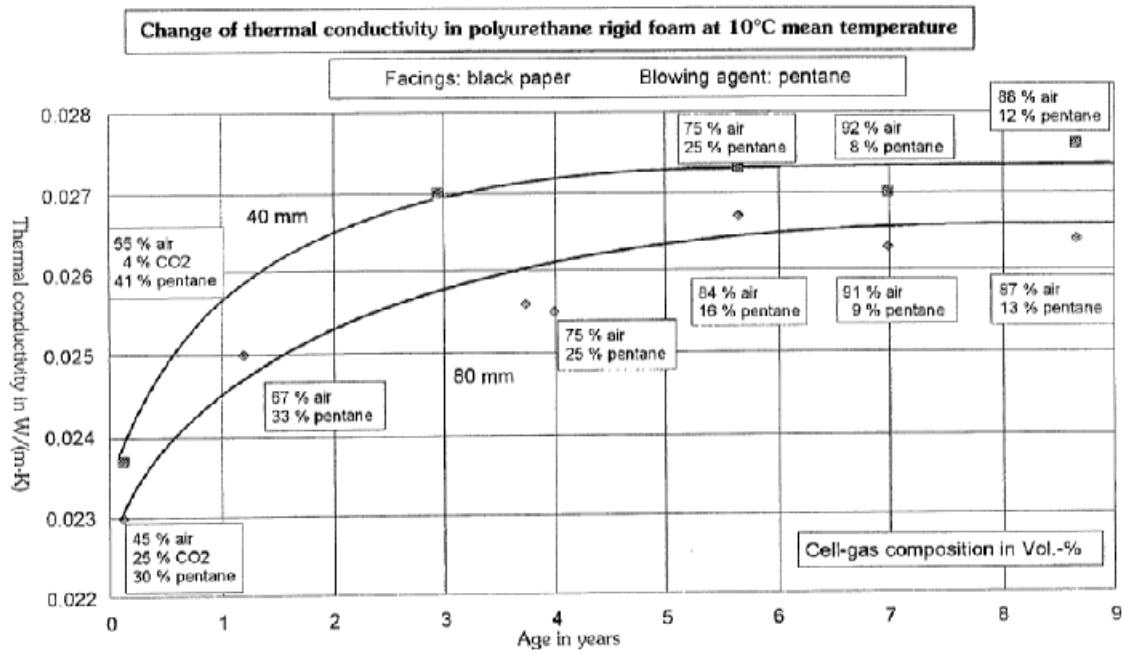
17 - 01 PUR Thermal conductivity 5 types CFC 11 30 years

Figure 3 Change over time of thermal conductivity at 10°C mean temperature of PUR rigid foam boards blown with pentane and after storage at room temperature. Measurements using a heat flow meter apparatus in accordance with DIN 52616; manufacturing plant A; Density 34 kg/m³



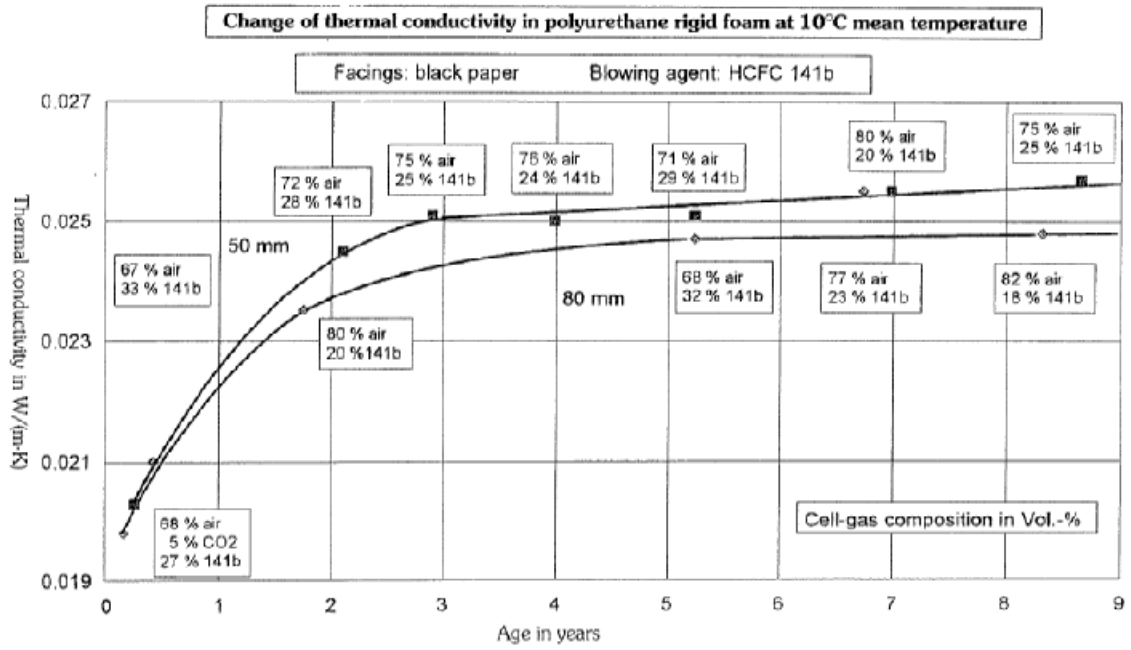
17 - 02 PUR Thermal conductivity 2 types pentane plant A 8 years

Figure 4 Change over time of thermal conductivity at 10°C mean temperature of PUR rigid foam boards blown with pentane and after storage at room temperature. Measurements using a heat flow meter apparatus in accordance with DIN 52616; manufacturing plant B; Density 33-35 kg/m³



17 - 03 PUR Thermal conductivity 2 types pentane plant B 9 years

Figure 5 Change over time of thermal conductivity at 10°C mean temperature of PUR rigid foam boards blown with HCFC 141b and after storage at room temperature. Measurements using a heat flow meter apparatus in accordance with DIN 52616; manufacturing plant B; Density 30-34 kg/m³



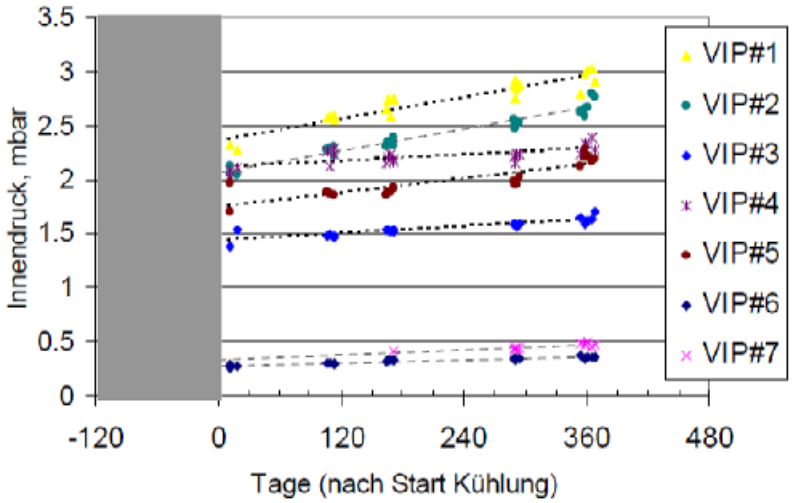
17 - 04 PUR Thermal conductivity 2 types HCFC 141b plant B 9 years

Table 1

Blowing agent	Nominal thickness mm	Density kg/m³	Thermal conductivity at 10 °C Mean temperature W/(m · K)	Age	Cell gas composition		
					Blowing agent vol.-%	CO_2 vol.-%	Air vol.-%
Pentane	40	32.6	0.0237	6 weeks	c. 55	c. 5	c. 40
		33.4	0.0270	3 years	-	-	-
		33.4	0.0273	5.5 years	c. 25	-	c. 75
		33.4	0.0270	7 years	c. 10	-	c. 90
		33.4	0.0276	9 years	c. 10	-	c. 90
		33.4	0.0277	10 years	c. 20	-	c. 80
Pentane	80	34.8	0.0230	6 weeks	c. 30	c. 25	c. 45
		34.8	0.0250	1.2 years	c. 30	-	c. 70
		34.8	0.0256	3.75 years	-	-	-
		34.8	0.0255	4 years	c. 25	-	c. 75
		35.2	0.0267	5.5 years	c. 15	-	c. 85
		35.2	0.0263	7 years	c. 10	-	c. 90
		35.2	0.0264	9 years	c. 15	-	c. 85
		35.2	0.0267	10 years	c. 25	-	c. 75
Pentane	40	34.3	0.0229	6 weeks	c. 50	c. 10	c. 40
		34.9	0.0258	2.5 years	c. 25	-	c. 75
		34.0	0.0260	5 years	c. 25	-	c. 75
		34.0	0.0265	6.5 years	c. 25	-	c. 75
		34.0	0.0267	8 years	c. 20	-	c. 80
		34.0	0.0267	9 years	c. 25	-	c. 75
		34.2	0.0267	10 years	c. 25	-	c. 75

Blowing agent	Nominal thickness mm	Density kg/m³	Thermal conductivity at 10 °C Mean temperature W/(m · K)	Age	Cell gas composition		
					Blowing agent vol.-%	CO_2 vol.-%	Air vol.-%
Pentane	80	34.2	0.0219	6 weeks	c. 40	c. 45	c. 15
		34.3	0.0241	2.5 years	c. 40	-	c. 60
		33.5	0.0245	5 years	c. 40	-	c. 60
		33.6	0.0248	6.5 years	c. 25	-	c. 75
		33.4	0.0242	8 years	c. 30	-	c. 70
		33.6	0.0254	9 years	c. 30	-	c. 70
		33.6	0.0255	10 years	c. 30	-	c. 70
HCFC 141b	50	29.7	0.0203	3 months	c. 30	-	c. 70
		29.6	0.0245	2 years	c. 20	-	c. 80
		29.6	0.0251	3 years	c. 25	-	c. 75
		29.6	0.0250	4 years	c. 15	-	c. 85
		29.6	0.0251	5 years	c. 30	-	c. 70
		29.6	0.0255	7 years	c. 20	-	c. 80
		29.6	0.0257	9 years	c. 25	-	c. 75
		29.6	0.0258	10 years	c. 22	-	c. 78
HCFC 141b	80	33.8	0.0198	8 weeks	c. 30	c. 5	c. 65
		33.8	0.0210	0.5 years	c. 30	c. 5	c. 65
		33.8	0.0235	1.8 years	c. 20	-	c. 80
		33.8	0.0247	5 years	c. 30	-	c. 70
		33.8	0.0255	7 years	c. 23	-	c. 77
		33.8	0.0248	8 years	c. 22	-	c. 78
		33.8	0.0252	9.5 years	c. 20	-	c. 80

23 - 01 PUR Thermal conductivity 10 years



Panel no.	dp_i/dt mbar/a
#1	0.61
#2	0.61
#3	0.20
#4	0.18
#5	0.39
#6	0.08
#7	0.15

Fig. 2: Innendruck-Messwerte der Bodenisolation im Tiefkühlraum (links). Nach der Inbetriebnahme der Kälteanlage im Juni 2006 (dritte Messserie) ist ein leicht ansteigender Trend erkennbar. Rechts: Innendruckzunahme von sieben VIP seit Inbetriebnahme der Kälteanlage.

Seit diesem Zeitpunkt sind über die Messzeit eines Jahres weitgehend lineare Druckzunahmen zu erkennen. Die Raten liegen zwischen 0.1 und 0.6 mbar/a. Eine Extrapolation von Alterungsdaten aus Laborversuchen ergibt für die trockene und kühle Umgebung im Kühlraumboden eine Innendruckzunahme von rund 0.7 mbar/a. Die Zunahme der Wärmeleitfähigkeit innerhalb einer Betriebszeit von 15 Jahren ist damit kleiner als $0.3 \cdot 10^{-3}$ W/(m K).

14 - 01 VIP Thermal conductivity and Pressure inside panel 1 year – extrapol 15 years

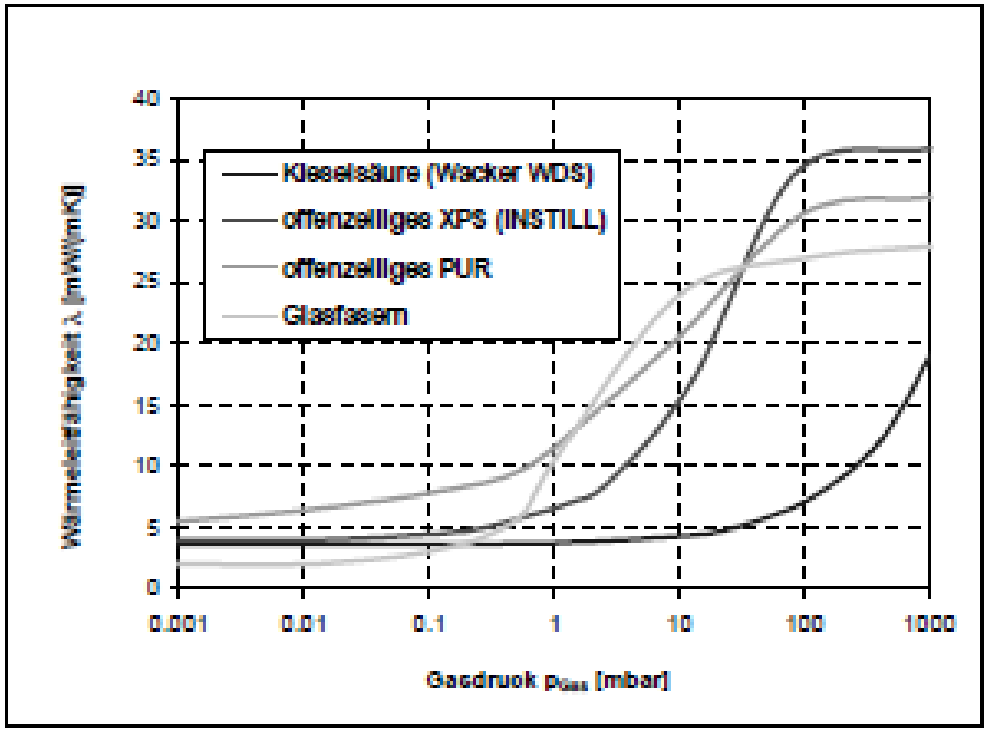
MESSPROJEKT FLACHDACH REGENSDORF

Die weiteren Messungen am begehbaren Flachdach in Regensdorf ZH (Fig. 3) zeigen nach einer längeren Einlaufphase relativ konstante Druck- und Feuchteanstiegsraten der VIP-Isolation. Für das Format 50 cm x 50 cm pendeln sich die Anstiegsraten bei rund 1.5 mbar/a für den Innendruck und ca. 0.1 Masse-%/a für den Feuchtegehalt ein. Für das Format 25 cm x 25 cm sind die Zunahmen etwa 50 % höher, bedingt durch den grösseren Beitrag der Permeation durch den Randbereich. Die Werte liegen damit in Bereichen, die aufgrund von Laborversuchen und Modellrechnungen erwartet werden können. Für das Standardformat 100 cm x 60 cm wird die extrapolierte Wärmeleitfähigkeit nach 25 Jahren $\lambda = 7.6 \cdot 10^{-3}$ W/(m K).

14 - 02 VIP Thermal conductivity and Pressure inside panel 1 year – extrapol 25 years

Author's comment:

Thermal conductivity of the VIPs in relation to the measured gas pressure for different materials of the core:



22 - 01 VIP Thermal cond. Zellgasdruck

In Abbildung 68 schließlich ist der zeitliche Verlauf der Messungen vom ZAE Bayern und vom FIW München exemplarisch für die Paneele 004 bis 006 dargestellt. Diese wurden beim FIW München bei 80 °C und geschätzten 3 % r. F. gelagert. Eingezeichnet sind zusätzlich die jeweiligen linearen Fits durch die Datenpunkte. Daraus ergeben sich die in Tabelle 28 aufgezeigten Anstiege im Wärmedurchlasskoeffizienten pro Jahr.

27 - 05 VIP overall heat transfer coefficient 2 years

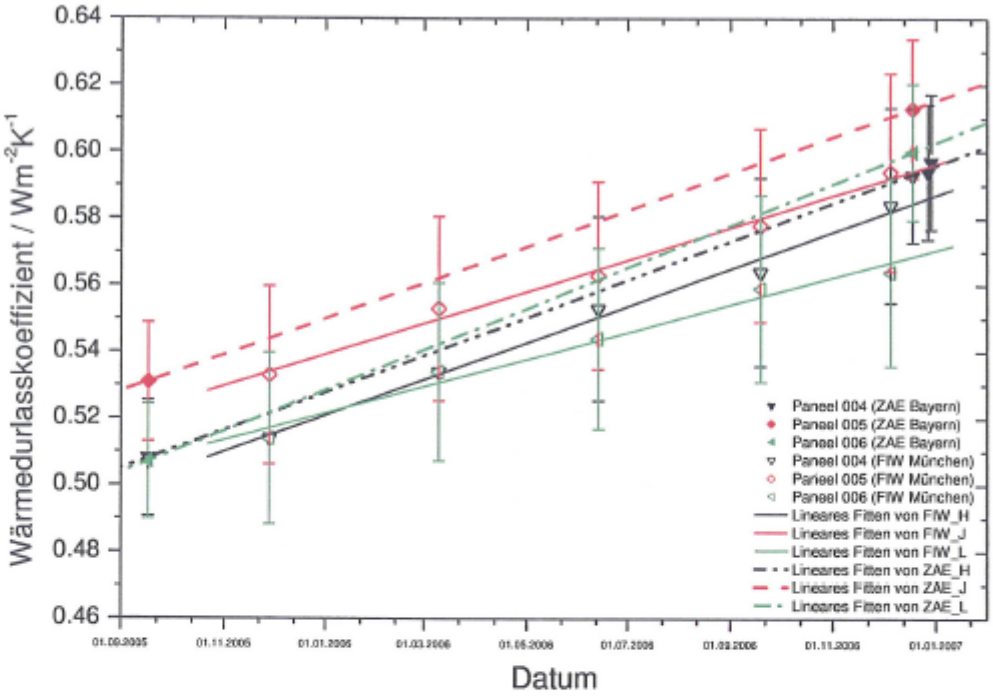


Abbildung 68: Die gemessenen Wärmedurchlasskoeffizienten in Abhängigkeit von der Zeit. Zusätzlich zu den Datenpunkten des FIW München und des ZAE Bayerns sind auch lineare Fits eingezeichnet.

Tabelle 28: Aus Fits ermittelte jährliche Anstiege des Wärmedurchlasskoeffizienten Λ in $Wm^{-2}K^{-1}a^{-1}$.

	FIW München	ZAE Bayern
Paneel 004	0.066 ± 0.004	0.060 ± 0.004
Paneel 005	0.057 ± 0.004	0.055 ± 0.017
Paneel 006	0.049 ± 0.004	0.059 ± (n.a.) [2-Punkte-Fit]

27 - 06 VIP overall heat transfer coefficient 2 years

C. Thermal conductivity of aged products of a <u>humid</u> product

EN 13162: MW

Author's comment

The difference of the two following characteristics (reference N° 44 and 39) is related if water vapour transport is objected or not.

Dämmstoffe weisen im eingebauten Zustand einen praktischen Feuchtegehalt auf, der zu einer Erhöhung der Wärmeleitfähigkeit führt und im Bemessungswert berücksichtigt wird. In Tabelle 4 werden europäisch geregelte Feuchtegehalte für zwei Klimate und die zugehörigen Korrekturfaktoren angegeben. Dabei zeigen für den normalen Einbau nichthygroskopische Stoffe, wie Mineralfaserprodukte oder Schaumkunststoffe, keine Feuchteaufnahme und damit keinen Feuchteeinfluß auf die Wärmeleitfähigkeit. Organische

. . .

Für die Berechnung des Wärmeschutzes von Gebäuden ist der sog. Rechenwert der Wärmeleitfähigkeit (neu: Bemessungswert) anzuwenden. Er berücksichtigt u. a. Einflüsse des praktischen Feuchtegehalts unter Nutzungsbedingungen, der Alterung und Schwankungen der Stoffeigenschaften. Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit von Wärmedämmstoffen sind nach DIN 4108-4 nach Wärmeleitfähigkeitsgruppen in Abständen von 5 mW/(m · K) abgestuft. Die Einstufung eines Produktes in die entsprechende Wärmeleitfähigkeitsgruppe erfolgt nach folgendem Schema:

- Messung der Wärmeleitfähigkeit im trockenen Zustand bei 10 °C Mitteltemperatur $\lambda_{10,tr}$
- Beaufschlagung mit einem Zuschlagswert Z zur Berücksichtigung der Einflüsse von Feuchte und Alterung $\lambda_Z = \lambda_{10,tr}\,(1 + Z)$
- Einstufung von λ_Z in eine Wärmeleitfähigkeitsgruppe λ_R

Die jeweiligen Zuschlagswerte Z und die bei Verwendung hochmolekularer Treibgase zur Einhaltung niedrigerer Wärmeleitfähigkeitswerte gegenüber luftgefüllten Poren erforderlichen zusätzlichen Anforderungen sind in Tabelle 5 zusammengestellt.

Eine Übersicht der Wärmeleitfähigkeitsgruppen üblicher Dämmstoffe gibt Tabelle 6.

Nach Übernahme der harmonisierten europäischen Regelwerke wird zwischen einem Nennwert der Wärmeleitfähigkeit und einem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit unterschieden:

- Der Nennwert der Wärmeleitfähigkeit ist der erwartete Wert einer wärmetechnischen Eigenschaft eines Baustoffes oder -produktes, bewertet durch Meßdaten bei Referenzbedingungen für Temperatur und Feuchte, angegeben für festgelegte Fraktile und Vertrauensbereich und entsprechend einer unter normalen Bedingungen erwarteten Nutzungsdauer.

. . .

44 - 05 Zusammenhang Therm cond and humidity page 193

Thermal Resistance of Wet Mineral Wool

Until recently much of our knowledge in Scandinavia about moisture influence on the thermal conductivity of mineral wool has been based on measurements by Jespersen [*1*]. He used a stationary method with a hot plate, a cold plate, and heat flow meters on each side of the test specimen. The results for mineral wool are shown in Fig. 2. At about 1% by volume the thermal conductivity rises steeply from ~0.035 to ~0.065 W/m · K. It is difficult to find a physical explanation for this sudden increase in thermal conductivity.

39 - 01 MW thermal conductivity and humidity correlation

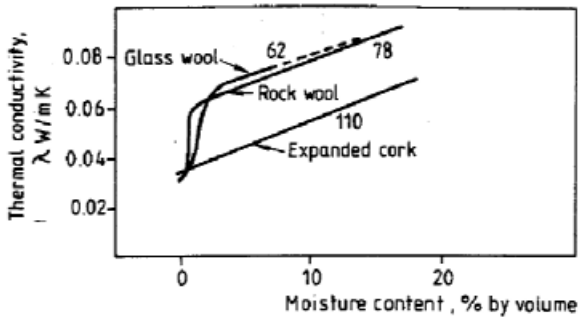


FIG. 2—*Thermal conductivity as a function of moisture content according to Jespersen* [1]: *rock wool, 78 kg/m³; glass wool, 62 kg/m³; expanded cork, 110 kg/m³.*

39 - 02 MW thermal conductivity and humidity correlation

EN 13164: XPS

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V.
München

Untersuchungsbericht
D1-3/04

Antragsteller: Dow Deutschland GmbH & Co OHG, Schwalbach

Inhalt: Bestimmung des Feuchtegehalts, der Druckfestigkeit und der Wärmeleitfähigkeit im feuchten und trockenem Zustand an Polystyrol-Extruderschaumplatten, die als Perimeterdämmung **im ständig drückendem Wasser** eingebaut waren

Bez. „PERIMATE INS" Lot Nr. MD 29 19 30 21
Herstelldatum gemäß Lot Nr.: April 1998

Herkunft der Proben: vom Sachverständigen Dipl.-Ing. Hafer, Ingenieurbüro für Bauwerksabdichtung am 28. 10. 2003 in Kunststoffsäcken verpackt übersandt.

Bauobjekt: Amerlandklinik, Westerstede

Ergebnisse: Die Prüfungen an den entnommenen Proben mit Erd- und Bitumenanhaftung ergaben folgende Ergebnisse:

Dicke	60 mm
Rohdichte trocken	30 kg/m³
Druckfestigkeit bei 7 % Stauchung	357 kPa
mittlerer Feuchtegehalt (flächenanteilig gemittelt)	1,6 Vol.-%
Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{10\,°C,\,feucht}$, bei 1,6 Vol.-% Feuchtegehalt	0,0307 W/(m·K) (extrapoliert)
Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{10\,°C,\,trocken}$	0,0282 W/(m·K)

Beurteilung: Die Druckfestigkeit liegt mit 357 kPa deutlich über dem in der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung geforderten Mindestwert von 300 kPa. Zum Herstellzeitpunkt lag der Rechenwert der Wärmeleitfähigkeit bei 0,035 W/(m·K). Die Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{10\,°C,\,feucht}$ im Ausbauzustand liegt mit 0,0307 W/(m·K) weiterhin deutlich unter dem damals anzusetzendem Rechenwert der Wärmeleitfähigkeit.

Gräfelfing, den 26. März 2004

Sachgebietsleiter
W. Albrecht
Dipl.-Ing. (FH) W. Albrecht

Prüfer
P. Forster
P. Forster

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e. V. München
Lochhamer Schlag 4 · 82166 Gräfelfing
Telefon +49 (0)89 8 58 00 –0 · Telefax +49 (0)89 8 58 00 – 40
info@fiw-muenchen.de · www.fiw-muenchen.de

08 - 01 XPS Thermal conductivity CS Humidity Amerlandklinik 5 years

ofi Kunststoffinstitut
Österreichisches Forschungsinstitut für Chemie und Technik

A-1030 Wien, Franz Grill-Straße 5, Arsenal, Objekt 213
Tel (+43 1) 798 16 01 - 0, Fax (+43 1) 798 16 01 - 8, http://www.ofi.co.at

Prüfbericht Nr. 48.062-b-k

Wien, 2003-06-04
unser Zeichen: Ing. Jech - DW 390

Antragsteller: DOW – Austria GesmbH
Sechshauser Straße 48
A-1150 Wien

Antrag: vom 21.11.2002

Prüfgegenstand: extrudierter Polystyrolschaum (XPS)
ROOFMATE SL (Teilstück), Nenndicke 60mm

Probenahme: durch Herrn Prof. Dipl. Ing. Dr. techn. Rudolf Suntinger-Schrampf (8141 Zeltling)

Ort der Entnahme: Erdfunkstelle Aflenz, Graßnitz 160, 8624 Aflenz
Alter des Objektes: 22 Jahre (Angaben lt. Antragsteller)

Probeneingang: 21.11.2002 (Proben in PE-Folie verpackt)

Durchführung der Prüfung: Druckspannung bei 10% Stauchung gemäß ÖN EN 826
Wärmeleitfähigkeit bei 10°C Mitteltemperatur gemäß ÖN EN 12667

Ergebnisse: **Prüfdatum:** KW 47/2002 – KW 17/2003

Rohdichte (trocken):	**35,9 kg/m³**
Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{10,\,feucht}$:	**0,0294 W/mK**
Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{10,\,trocken}$:	**0,0286 W/mK**
volumenbezogener Feuchtegehalt:	**0,9 %**
Druckspannung (trocken) bei 10% Stauchung Mittelwert:	**459 kPa**

Beurteilung:

Die Wärmeleitfähigkeit im feuchten Zustand (Ausbauzustand) lag mit 0,0294 W/mK unter dem vom Antragsteller angegebenen Nennwert der Wärmeleitfähigkeit λ_n = 0,033 W/mK, der zum Zeitpunkt des Einbaus gültig war.

Das ofi - Kunststoffinstitut ist eine Sektion des Österr. Forschungsinstitutes für Chemie und Technik unter Leitung von Univ. Doz. Dr. Manfred Tacker

Österreichisches Forschungsinstitutes für Chemie und Technik, Notified Body no. 1085, gemäß Bauproduktenrichtlinie 89/106 EEC

Sachbearbeiter:	Sonja Mitsch
Abteilungsleiter:	Ing. Günter Jechlinger
Institutsleiter:	Dipl.-Ing. Dr.techn. Dietmar Loidl

Die Prüfergebnisse beziehen sich nur auf das untersuchte Probematerial. Prüfberichte dürfen ohne ausdrückliche Zustimmung der Prüfstelle nur in voller Länge, nicht aber auszugsweise reproduziert werden. Sämtliche Prüfungen unterliegen einem Qualitätssicherungsprogramm gemäß EN ISO IEC 17025:2000. Akkreditierte Verfahren sind als solche gekennzeichnet.

Dieser Bericht umfasst 1 Seite und 0 Beilagen

Ein nach DIN EN 45001 durch die DAP Deutsches Akkreditierungssystem Prüfwesen GmbH akkreditiertes Prüflaboratorium. Die Akkreditierung gilt für die in der Urkunde aufgeführten Prüfverfahren.

09 - 01 XPS Thermal conductivity CS Humidity Aflenz OFI 22 years

PROF. DI. DR.
RUDOLF SUNTINGER-SCHRAMPF

Allgemein beeideter
und gerichtlich
zertifizierter
Sachverständiger

Adresse:
Peter Rosegger Weg 10A
8141- Zettling

Tel.: 0664/ 1603291
Tel.: 03135/ 55776

BEURTEILUNG der
ROOFMATE SL DÄMMPLATTEN
(extrudierter Polystyrolschaum XPS)
der **DOW AUSTRIA** Ges.m.b.H.
im Gründach

Ort der Entnahme: Erdefunkstelle Aflenz
Graßnitz 160
A 8624 AFLENZ
Entnahmestelle: im westlichen Flachdachbereich der Funkstation
Entnahmedatum: 20. 11. 2002
Allgemeinzustand des Daches: sehr gepflegt
Zustand der ROOFMATE SL Dämmplatten: keine Flächen-, Kanten- und Dickenveränderungen feststellbar, Durchwurzelungen nicht vorhanden

Ergebnisse des ofi Kunststoffinstitutes Wien,
Franz Grill-Straße 5, A 1030 Wien, Prüfbericht Nr. 48.062-b-k vom 4. 6. 2003

Rohdichte (trocken):		**35,9 kg/m³**
Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{10,\,feucht}$:		**0,0294 W/mK**
Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{10,\,trocken}$:		**0,0286 W/mK**
volumenbezogener Feuchtegehalt :		**0,9 %**
Druckspannung (trocken)		
bei 10 % Stauchung	**Mittelwert:**	**459 kPa**
Bezugsnormen:	**ON EN 826, ON EN 12667**	

Gesamtbeurteilung :
Im gegenständlichen Objekt wurden nach 22 Jahren Nutzungsdauer an exponierter Stelle ROOFMATE SL Dämmplatten in einer Stärke von 6 cm entnommen und für die bauphysikalische Prüfung an einer akkreditierten Prüfanstalt vorbereitet. Die visuelle Überprüfung der Wärmedämmplatten ergab keine signifikanten Hinweise auf unzulässige Materialveränderungen. Das akkreditierte ofi Kunststoffinstitut in Wien ermittelte eine Wärmeleitfähigkeit von $\lambda_{10,\,feucht}$ = **0,0294 W/mK**. Die ermittelte Wärmeleitfähigkeit liegt somit um **11%** niedriger, als der Nennwert der Wärmeleitfähigkeit λ_n= **0,033 W/mK** , der den wärmeschutztechnischen Berechnungen des Flachdaches zu Grunde liegt. Es ist somit die volle energetische Wirksamkeit der ROOFMATE SL Dämmplatten im Flachdach der Erdefunkstelle Aflenz unverändert wirksam.

Zettling, 23. Juli 2003

Prof. Dipl.-Ing. Dr. Suntinger-Schrampf

09 - 02 XPS Thermal conductivity CS Humidity Aflenz Gutachter 22 years

Objekt	Alter bei Entnahme	Wärmeleitfähigkeit λ_n (zum Zeitpunkt des Einbaus)	Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{10,\,feucht}$ (Ausbauzustand)	volumenbezogener Feuchtegehalt
Erdfunkstelle Aflenz	22 Jahre	0,032 W/mK	0,0306 W/mK	2,5 %

09 - 03 XPS Thermal conductivity CS Aflenz summary 22 years

Bauphysik
Dipl.-Ing. Franz KALWODA

Beilage zu
GZ.: S-784-A (2004-01-07)

ofi Kunststoffinstitut
Österreichisches Forschungsinstitut für Chemie und Technik

A-1030 Wien, Franz Grill-Straße 5, Arsenal, Objekt 213
Tel (+43 1) 798 16 01 -0, Fax (+43 1) 798 16 01 - 8, http://www.ofi.co.at

Prüfbericht Nr. 48.062-a-k

Wien, 2003-06-04
unser Zeichen: Ing. Jech - DW 390

Antragsteller:	DOW – Austria GesmbH Sechshauser Straße 48 A-1150 Wien
Antrag:	vom 25.11.2002
Prüfgegenstand:	extrudierter Polystyrolschaum (XPS) **ROOFMATE SL(Teilstück), Nenndicke 100mm**
Probenahme:	durch Herrn DI Kalwoda (1020 Wien)
Ort der Entnahme:	Schifffahrtszentrum, Handelskai 256, 1020 Wien Alter des Objektes: 21 Jahre (Angaben gemäß Antragsteller)
Probeneingang:	25.11.2002 (Proben in PE-Folie verpackt)
Durchführung der Prüfung:	Druckspannung bei 10% Stauchung gemäß ÖN EN 826 Wärmeleitfähigkeit bei 10°C Mitteltemperatur gemäß ÖN EN 12667

Ergebnisse: **Prüfdatum:** KW 47/2002 – KW 6/2003

Rohdichte (trocken):	**32,8 kg/m³**
Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{10,\ feucht}$:	**0,0294 W/mK**
Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{10,\ trocken}$:	**0,0289 W/mK**
volumenbezogener Feuchtegehalt:	**1,6 %**
Druckspannung (trocken) bei 10% Stauchung Mittelwert:	**272 kPa**

Beurteilung:

Die Wärmeleitfähigkeit im feuchten Zustand (Ausbauzustand) lag mit 0,0294 W/mK unter dem vom Antragsteller angegebenen Nennwert der Wärmeleitfähigkeit λ_n = 0,033 W/mK, der zum Zeitpunkt des Einbaus gültig war.

Das **ofi** - Kunststoffinstitut ist eine Sektion des Österr. Forschungsinstitutes für Chemie und Technik unter Leitung von: Univ. Dez. Dr. Manfred Lenzer Österreichisches Forschungsinstitut für Chemie und Technik, Notified Body no. 1008, gemäß Bauproduktenrichtlinie 89/106/EEC	Sachbearbeiter:	Sonja Mitsch
	Abteilungsleiter:	Ing. Günter Jechlinger
	Institutsleiter:	Dipl.-Ing. Dr.techn. Dietmar Loidl

Die Prüfergebnisse beziehen sich nur auf das untersuchte Probematerial. Prüfberichte dürfen ohne ausdrückliche Zustimmung der Prüfstelle nur in voller Länge, nicht aber auszugsweise reproduziert werden. Sämtliche Prüfungen unterliegen einem Qualitätssicherungsprogramm gemäß EN ISO IEC 17025:2000. Akkreditierte Verfahren sind als solche gekennzeichnet.

Dieser Bericht umfasst 1 Seite und 0 Beilagen

Bank Austria Creditanstalt, Wien I, Schubertring 14, BLZ 12000, Konto-Nr. 0065-12758/00, Handelsgericht: Wien, Firmenbuch-Nr.: FN 71847 h, Rechtsform: Verein, UID: ATU 16371502 Gerichtstand Wien

Ein nach DIN EN 45 durch die DAP Deutsc Akkreditierungssystem P wesen GmbH akkreditiertes Prüflaboratori. Die Akkreditierung gilt für die in der Urkunde aufgeführten Prüfverfahr

Dipl.-Ing. Franz Kalwoda
Zivilingenieur für Hochbau
A-1170 Wien, Stefan Zweig-Platz 7
Tel.: 470 07 48, Fax: 470 07 49

10 - 01 XPS Thermal conductivity CS Wien 21 years

2. Entnahme und Prüfergebnisse

Der Dachaufbau bis zur Abdichtung und Details der Entnahme sind in Pkt. 5 (Entnahmeprotokoll) nachzulesen.

Obwohl die XPS-G-Dämmstoffplatte („Roofmate SL"©[1]) im Wasser stand (ca. 3,5 cm), war an der Oberfläche keine Feuchtigkeit sichtbar; lediglich eine leichte Verschmutzung durch Erd- und Wurzelreste war feststellbar. Die Dämmstoffplatte selbst war nicht durchwurzelt; nur einzelne Wurzeln waren über die Fugen zwischen den Dämmstoffplatten bis zur Abdichtung vorgedrungen. Die XPS-G-Dämmstoffplatte erwies sich als formstabil und hatte augenscheinlich keine Verrottungserscheinungen.

Die Laborüberprüfung (siehe Beilage) ergab folgende Kennwerte:

Rohdichte (trocken):	32,8 kg/m³
Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{10,\,feucht}$:	0,0294 W/mK
Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{10,\,trocken}$:	0,0289 W/mK
volumsbezogener Feuchtigkeitsgehalt:	1,6 %
Druckspannung (trocken) Bei 10 % Stauchung (Mittelwert):	272 kPa

3. Beurteilung

Zum Zeitpunkt des Einbaues (1981) wurde für Roofmate SL© ein Rechenwert der Wärmeleitfähigkeit von

$$\lambda_r = 0{,}033 \text{ W/mK}$$

angegeben. Dieser Wert ist auch in der Zulassung der Stadt Wien (Verordnung vom 24. April 1981, Zl.: MA 35 - S 124/80) festgehalten. Des weiteren wird in den Firmenunterlagen aus dieser Zeit (Dow Chemical Company, z.B. EU 4654-G-181) für die Wärmeleitfähigkeit bei 10 °C Mitteltemperatur im Trockenzustand

$$\lambda_{10,trocken} = 0{,}027 \text{ W/mK}$$

angeführt.

Für den eingebauten Zustand liegt somit der festgestellte Wert ($\lambda_{10,feucht}$ = 0,0294 W/mK) um 10,9 % niedriger als der seinerzeit angegebene Rechenwert. Dies bedeutet, daß die XPS-G-Platte langfristig eine um rund 11 % höhere Dämmung aufweist als eine Vorausberechnung ergeben hätte. Im trockenen Zustand liegt der angegebene $\lambda_{10,trocken}$-Wert zwar um 6,6 % niedriger als der gemessene; der Unterschied zwischen Feucht- und Trockenwert beträgt laut Messung jedoch nur 1,7 %, während die Firmenangaben einen diesbezüglichen Sicherheitszuschlag von 22,2 % aufweisen (λ_r = 0,033 W/mK → $\lambda_{10,trocken}$ = 0,027 W/mK).

4. Zusammenfassung

Die intensive Begrünung (augenscheinlich funktionstüchtig und gesund) mit einer Substratschicht von 20 cm bis 28 cm verursachte auf der Dämmstoffplatte keine größeren Schmutzablagerungen. Die Dämmstoffplatte selbst (XPS-G → „Roofmate SL"©) war nach mehr als 20 Jahren im eingebauten Zustand unversehrt und formstabil. Die Wärmedämmung lag um rund 11 % höher als der angegebene Rechenwert.

Das UK-Dach als Gründach erwies sich somit bei richtigem Aufbau – vor allem Einbau einer Dränschicht (EPS-Dränplatte) und Filterschicht (Trennvlies) über der XPS-G-Dämmung – langfristig als dauerhaft, energetisch wirksam und technologisch zuverlässig.

Auszug aus Gutachten GZ.: S-784-A.
Das vollständige Gutachten kann bei
Dow Austria angefordert werden.

10 - 02 XPS Thermal conductivity CS Wien Gutachter 21 years

Objekt	Alter bei Entnahme	Wärmeleitfähigkeit λ_n (zum Zeitpunkt des Einbaus)	Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{10,\,feucht}$ (Ausbauzustand)	volumenbezogener Feuchtegehalt
Schifffahrts-zentrum Wien	21 Jahre	0,033 W/mK	0,0294 W/mK	1,6 Vol.-%

10 - 03 XPS Thermal conductivity CS Wien summary 21 years

ofi Kunststoffinstitut
Österreichisches Forschungsinstitut für Chemie und Technik

A-1030 Wien, Franz Grill-Straße 5, Arsenal, Objekt 213
Tel (+43 1) 798 16 01 - 0, Fax (+43 1) 798 16 01 - 8, http://www.ofi.co.at

Prüfbericht Nr. 48.062-c-k

Wien, 2003-07-08
unser Zeichen: Ing. Jech - DW 390

Antragsteller: DOW – Austria GesmbH
Sechshauser Straße 48
A-1150 Wien

Antrag: vom 21.11.2002

Prüfgegenstand: extrudierter Polystyrolschaum (XPS)
ROOFMATE, Nenndicke 120mm

Probenahme: durch Herrn DI Prause, Wien (1130)

Ort der Entnahme: **EVN-Maria Enzersdorf, Bauteil Forum, Maria Enzersdorf**
Alter des Projektes: 9 Jahre

Probeneingang: (Proben in PE-Folie verpackt)

Durchführung der Prüfung: Druckspannung bei 10% Stauchung gemäß ÖN EN 826
Wärmeleitfähigkeit bei 10°C Mitteltemperatur gemäß ÖN EN 12667

Ergebnisse: **Prüfdatum:** KW 47/2002 – KW 6/2003

Rohdichte (trocken):	**33,6 kg/m³**
Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{10,feucht}$:	**0,0306 W/mK**
Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{10,trocken}$:	**0,0288 W/mK**
volumenbezogener Feuchtegehalt:	**2,5 %**

Druckfestigkeit (trocken)

Mittelwert:	**519 kPa bei 2,3% Stauchung**
Kleinstwert:	**496 kPa bei 2,1% Stauchung**

Beurteilung:

Die Wärmeleitfähigkeit im feuchten Zustand (Ausbauzustand) lag mit 0,0306 W/mK unter dem vom Antragsteller angegebenen Nennwert der Wärmeleitfähigkeit λ_n=0,032 W/mK, der zum Zeitpunkt des Einbaus gültig war.

Das *ofi* - Kunststoffinstitut ist eine Sektion des Österr. Forschungsinstitutes für Chemie und Technik unter Leitung von: Univ. Doz. Dr. Manfred Hacker

Österreichisches Forschungsinstitut für Chemie und Technik, Notified Body no. 1055, gemäß Bauproduktenrichtlinie 89/106 EEC

Sachbearbeiter:	Sonja Mitsch
Abteilungsleiter:	Ing. Günter Jechlinger
Institutsleiter:	Dipl.-Ing. Dr.techn. Dietmar Loidl

Die Prüfergebnisse beziehen sich nur auf das untersuchte Probenmaterial. Prüfberichte dürfen ohne ausdrückliche Zustimmung der Prüfstelle nur in voller Länge, nicht aber auszugsweise reproduziert werden. Sämtliche Prüfungen unterliegen einem Qualitätssicherungsprogramm gemäß EN ISO IEC 17025:2000. Akkreditierte Verfahren sind als solche gekennzeichnet.

Dieser Bericht umfasst 1 Seite und 0 Beilagen

11 - 01 XPS Thermal conductivity CS Maria Enzersdorf OFI 9 years

DIPL.-ING. WALTER PRAUSE
ZIVILINGENIEUR FÜR BAUWESEN

GZ.3664/G1-04

Untersuchungsergebnisse der entnommenen Roofmate-Platte:

Die Ergebnisse sind aus dem Prüfbericht Nr. 48.062-c-k vom 2003-07-08 zu ersehen und lauten zusammenfassend wie folgt:

Rohdichte (trocken): .....33,6 kg/m³
Wärmeleitfähigkeit: ..... $\lambda_{10,feucht}$ = 0,0306 W/mK
Wärmeleitfähigkeit: ..... $\lambda_{10,trocken}$ = 0,0288 W/mK
Volumenbezogener Feuchtegehalt: ...2,5 %
Druckfestigkeit (trocken):
Mittelwert 519 kPa bei 2,3 % Stauchung
Mittelwert 496 kPa bei 2,1 % Stauchung

Beurteilung:

Laut Beurteilung im Prüfbericht lag die Wärmeleitfähigkeit im feuchten Zustand (Entnahmezustand) mit 0,0306 W/mK unter dem vom Antragsteller angegebenen Nennwert der Wärmeleitfähigkeit λ_n = 0,032 W/mK wie dies zum Einbauzeitpunkt für das gegenständliche XPS-Material gültig war.

Abschließend ist noch festzuhalten, daß sich aufgrund dieser Prüfergebnisse das gegenständliche Roofmate-XPS-Plattenmaterial in der Einbaudicke von 120 mm nach etwas mehr als 9 Jahren in einem kaum veränderten praktisch vollwertigen Gebrauchstauglichkeitszustand befand, welcher nahezu dem damals üblichen Auslieferungszustand der Wärmeschutzqualität entspricht.

Wien, 2004-01-14
DI.Pr/ik

DIPL.-ING. WALTER PRAUSE ZIVILINGENIEUR FÜR BAUWESEN WIEN

Auszug aus Gutachten GZ. 3664/G1-04. Das vollständige Gutachten kann bei Dow Europe angefordert werden.

11 - 02 XPS Thermal conductivity CS Maria Enzersdorf Gutachter 9 years

Objekt	Alter bei Entnahme	Wärmeleitfähigkeit λ_n (zum Zeitpunkt des Einbaus)	Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{10,\ feucht}$ (Ausbauzustand)	volumenbezogener Feuchtegehalt
EVN-Zentrum Maria Enzensdorf	9 Jahre	0,032 W/mK	0,0306 W/mK	2,5 %

11 - 03 XPS Thermal conductivity CS Maria Enzersdorf summary 9 years

Author's comment:

The following reference shows an overview of the next pages and its test reports.
All the following captions refer to the reference N° 24.

Nr.	Objekt	Einbau	Alter bei Entnahme	Begrünungsart	Aufbau	Seite
1	Bundesministerium des Innern, Kasino, Bonn Nutzung: "Kantine' t_i 20°	Bj. 78	18 Jahre	Intensives Gründach: Gras, Bäume + Sträucher	Substratschicht/Erde, 30 - 80 cm Vlies Blähschiefer, 8 cm Roofmate SL, 10 cm Abdichtung, bituminös	6
2	Städtisches Krankenhaus Kiel Nutzung: "Behandlungsräume" t_i 20°	Bj. 86	10 Jahre	Intensives Gründach: Gehölze + Sträucher	Erdreich, 55 cm Vlies Kiesschicht, 3 cm Roofmate SL, 8 cm PE-Folie Abdichtung, bituminös (Rowiflex)	10
3	Psych. Krankenhaus Wiesloch Nutzung: "Behandlungsräume" t_i 22°	Bj. 84	12 Jahre	Extensives Gründach: Sedum, Gräser, Kräuter	Granulat/Muttererde, 20 cm Geotextil Dränschicht Tuffgestein, 3 cm Einkornbeton, 6 cm Geotextil Roofmate SL, 10 cm PE-Folie Abdichtung Bitumenbahn/Kunststoff-Folie	14
4	Universität, Physikum, Erlangen Nutzung: "Lehrräume" t_i 20°	Bj. 87	9 Jahre	Extensives Gründach: Grasbewuchs	Erdreich, 9 cm Vlies Dränelemente aus Kunststoff (Zinco) mit Granulat gefüllt, 7 cm Enkadrain, beidseitig kaschiert Roofmate SL, 10 cm Abdichtung, bituminös (Rowiflex)	18
5	WDR-Funkhaus, Düsseldorf Nutzung:"Studioräume" t_i 20°	Bj. 88	8 Jahre	Extensives Gründach: Sedumbepflanzung	Pflanzsubstrat, 4 - 9 cm Vlies Dränschicht Lavasplitt, 6 - 8 cm Roofmate SP, 8 cm Abdichtung, bituminös (Rowiflex)	22
6	Wohnanlage, Maxstr. 4B, Berlin-Wedding, Nutzung: "Wohnräume" t_i 20°	Bj. 89	7 Jahre	Extensives Gründach: Sedumbepflanzung	Blähschiefer, 8 - 10 cm Vlies Roofmate SL, 12 cm Abdichtung, bituminös	26
7	Wohnanlage, Maxstr. 4L, Berlin-Wedding Nutzung: "Wohnräume" t_i 20°	Bj. 89	7 Jahre	Extensives Gründach: Gräserbepflanzung	Blähschiefer, humusdurchsetzt, 10 -12 cm Vlies Dränelement aus Kunststoff, 3 cm Vlies Roofmate SL, 12 cm Abdichtung, bituminös	30

24 - 01 XPS Thermal conductivity CS Humidity overview 7-18 years

FORSCHUNGSINSTITUT
FÜR WÄRMESCHUTZ E.V. MÜNCHEN

Forschungs- und Prüftätigkeit auf dem Gebiet des Wärme- und Feuchtschutzes im Bauwesen und bei betriebstechnischen Anlagen
Hoheitlich anerkannte Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungsstelle für Bauprodukte
Direktorium: Dr.-Ing. J. Achziger und Dipl.-Ing. H. Zehender

82166 Gräfelfing Lochhamer Schlag 4 Tel. 089/858080

UNTERSUCHUNGSBERICHT *)
D1-8a/97

Antragsteller: DOW Deutschland Inc., 65824 Schwalbach/Ts.

Inhalt des Antrages: Bestimmung des Feuchtegehalts, der Druckfestigkeit und der Wärmeleitfähigkeit im feuchten Zustand an Polystyrol-Extruderschaumplatten, die ca. 18 Jahre in einem Umkehrdach mit intensiver Dachbegrünung eingebaut waren

Bezeichnung: **ROOFMATE**

Herkunft der Proben: Am 12.11.1996 von einem Mitarbeiter des Sachverständigenbüros IBS Schäfer, Gießen entnommen

Bauobjekt: Bundesinnenministerium
Graurheindorferstraße 198, 53117 Bonn,
am Hochpunkt der Wölbung im nordöstlichen Randbereich des Innenhofs

Baujahr: 1978

Dachaufbau nach Angabe: Umkehrdach mit intensiver Dachbegrünung mit Rasen, bodendeckenden Pflanzen und Ziersträuchern mit folgendem Konstruktionsaufbau (von oben nach unten):

- ca. 30 - 80 cm Substrat
- Geotextil-Vlies
- ca. 8 cm Dränschicht
- 100 mm "ROOFMATE" - Polystyrol-Extruderschaumplatte mit Schäumhaut, Zellgas CF_2Cl_2
- zwei Lagen Polymerbitumenschweißbahn mit Kupfereinlage Cu 0.1
- bituminöser Voranstrich
- Betontragschale

Ergebnisse: Die Prüfungen an den entnommenen Proben ergaben folgende Ergebnisse:

Rohdichte trocken	33,7 kg/m³
Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{10°C,\,feucht}$	0,0329 W/(m K)
Feuchtegehalt der λ - Probe	2,0 Vol.-%
Druckfestigkeit bei 5 % Stauchung	0,49 N/mm²
Geschlossenzelligkeit	93 Vol.-%
mittl. Feuchtegehalt aller Proben	4,6 Vol.-%

Beurteilung: Nach ca. 18 jähriger Einbauzeit des PS-Extruderschaums im Umkehrdach mit intensiver Dachbegrünung betrug der Feuchtegehalt im Mittel 4,6 Vol.-%, die Druckspannung $\sigma_{4,5\%} = 0,49$ N/mm² liegt wesentlich höher wie der in der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung geforderte Mindestwert von 0,30 N/mm².

Die Schaumstruktur ist mit 93 Vol.-% ausreichend geschlossenzellig.
Die Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{10,d}$ im Ausbauzustand lag mit 0,0329 W/(m · K) wesentlich unter dem damals gültigen Rechenwert nach DIN 4108 von 0,035 kcal/(m · h · °C) (entspricht 0,041 W/(m · K) nach heutigen Einheiten).

Gräfelfing, 13. Januar 1998 WA

Das Direktorium

Dipl.-Ing. H. Zehender

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München

Sachgebietsleiter

Dipl.-Ing. (FH) W. Albrecht

24 - 02 XPS Thermal conductivity CS Humidity Geschlossenzell 18 years

IBS **W O L F G A N G S C H Ä F E R** INGENIEURBÜRO FÜR BAUTECHNIK
DIPLOM-INGENIEUR - SACHVERSTÄNDIGER FÜR STATIK UND BAUPHYSIK

Verfasser	Geschr. von	Obj.Nr.	Datum	Seite
K. Schäfer		15317	5.12.96	1

GUTACHTENAUSZUG

1 Gegenstand — Langzeitverhalten von Wärmedämmplatten aus Extruderschaum

2 Objekt, Ort — Kasinodach des Bundesministeriums des Innern, Bonn

3 Auftraggeber — DOW Deutschland, Schwalbach

Dachaufbau:

- Stahlbetondecke
- Dichtschicht: Bitumindser Voranstrich, zwei Lagen Polymerbitumenschweißbahn mit Kupfereinlage Cu 0.2, im Gießverfahren vollflächig aufgebracht.
- Dämmplatte Roofmate d = 10 cm
- Dränschicht Blähschiefer 1/10, d = 8 cm
- Geotextil-Vlies 2 mm
- Substratschicht und Erde, d zwischen 30 cm und 80 cm
- intensive Bepflanzung, Sträucher, Stauden

Prüfergebnisse des F I W München:

Rohdichte trocken (kg/m³)	33,7
Wärmeleitfähigkeit 10° C, feucht (W/mK)	0,0329
Rechenwert Wärmeleitfähigkeit n. DIN 4108	0,041
Druckfestigkeit bei 4% Stauchung (N/mm²)	0,49
Mittl. Feuchtegehalt aller Proben (Vol.-%)	4,6

Bewertung

Trotz ungünstiger Lagebedingungen unter einer dicken, schweren Erdschicht und unterseitig überwiegend im Wasser, weist die Platte noch heute eine wesentlich günstigere Wärmeleitzahl auf als der nach DIN 4108 zur Einbauzeit geforderte Rechenwert von 0,041 W/mK.
Die Platten sind durch das annähernd dauerfeuchte Milieu und durch Pflanzenwurzeln nicht beeinträchtigt oder beschädigt worden.

Die Dichtschicht in der waagrechten und geneigten Fläche ist unversehrt und in einwandfreiem Zustand. Es gibt keine Blasenbildung, Versprödung oder andere Schadenbilder, die durch thermische Einflüsse und große Temperaturschwankungen beim Kaltdach entstehen können. Es gibt auch keine Perforierungen oder mechanische Beschädigungen.

Der Aufbau und die Materialien des Umkehrdachs erweisen sich nach 18 Jahren als dauerhaft energetisch wirksam und technologisch zuverlässig, auch mit einer intensiven Begrünung und einer dicken Erdschicht. Die Bauweise ist äußerst wartungsarm (Schutz der Dachhaut vor klimatischen und mechanischen Einflüssen).

W. Schäfer

35394 Giessen Fröbelstr.71 Tel.0641-94004-0 FAX 94004-44 FU 0161-2618028
Bank: Bez.-Sparkasse Giessen 227-002253 (51350025) PSA FFM 121814-600

24 - 03 XPS Thermal conductivity CS Humidity 18 years

FORSCHUNGSINSTITUT
FÜR WÄRMESCHUTZ E.V. MÜNCHEN

Forschungs- und Prüftätigkeit auf dem Gebiet des Wärme- und Feuchteschutzes im Bauwesen und bei betriebstechnischen Anlagen
Bauaufsichtlich anerkannte Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungsstelle für Bauprodukte
Direktorium: Dr.-Ing. J. Achtziger und Dipl.-Ing. H. Zehendner

UNTERSUCHUNGSBERICHT

D1-3/97 *)

Antragsteller:	DOW Deutschland Inc., 65824 Schwalbach/Ts.
Inhalt des Antrages	Bestimmung des Feuchtegehalts, der Druckfestigkeit und der Wärmeleitfähigkeit im feuchten Zustand an Polystyrol-Extruderschaumplatten, die ca. 10 Jahre in einem Umkehrdach mit intensiver Dachbegrünung eingebaut waren Bez.: **ROOFMATE**
Herkunft der Proben:	Am 03.09.1996 von einem Mitarbeiter des Sachverständigenbüros von Rekowski und Partner, Weinheim entnommen
Bauobjekt:	Städtisches Krankenhaus Kiel Chemnitzer Straße 33, 24116 Kiel
Baujahr:	1986
Dachaufbau nach Angabe:	Umkehrdach mit intensiver Dachbegrünung mit Gehölzen und Sträuchern mit folgendem Konstruktionsaufbau (von oben nach unten): - ca. 55 cm Erdreich - 1 mm Rieselschutzvlies - ca. 3 cm Kiesschüttung 16/32 mm - 80 mm ROOFMATE Polystyrol-Extruderschaumplatte mit Schäumhaut, Zellgas CF_2Cl_2 - PE-Folie - bituminöse Abdichtung - Betontragschale

Ergebnisse: Die Prüfungen an den entnommenen Proben ergaben folgende Ergebnisse:

Rohdichte trocken	35,2 kg/m³
Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{10^\circ C,\ feucht}$	0,0305 W/(m·K)
Feuchtegehalt der λ-Probe:	3,5 Vol.-%
Druckfestigkeit bei 7 % Stauchung	0,53 N/mm²
Geschlossenzelligkeit	98 Vol.-%
mittl. Feuchtegehalt aller Proben	4,0 Vol.-%

Beurteilung: Nach ca. 10 jähriger Einbauzeit des PS-Extruderschaums im Umkehrdach mit intensiver Dachbegrünung betrug der Feuchtegehalt im Mittel 4 Vol.-%, die Druckfestigkeit $\sigma_{0,7\,\%} = 0{,}53$ N/mm² liegt wesentlich höher wie der in der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung geforderte Mindestwert von 0,30 N/mm².
Die Schaumstruktur ist mit ≥ 95 Vol.-% ausreichend geschlossenzellig.
Die Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{10,\,f}$ im Ausbauzustand lag mit 0,0305 W/(mK) wesentlich unter dem Rechenwert nach DIN 4108 von 0,035 W/(mK) zum Zeitpunkt des Einbaus.

Gräfelfing, den 17.04.1997
WA-kr

Das Direktorium

Dipl.-Ing. H. Zehendner

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München FIW MÜNCHEN 2

Sachgebietsleiter

Dipl.-Ing. (FH) W. Albrecht

24 - 04 XPS Thermal conductivity CS Humidity Geschl 10 years

VRP VON REKOWSKI UND PARTNER
BERATENDE INGENIEURE VBI SACHVERSTÄNDIGE

vRP - von REKOWSKI + Partner Sonnengasse 3 69469 Weinheim Tel. 06201/9358-0 - Fax 595657

1 Aufgabenstellung

Auf Anforderung der Firma DOW Deutschland Inc. sollte das Langzeitverhalten begrünter Umkehrdächer in der Praxis beurteilt werden.

Die bauphyskalischen Untersuchungen beinhalten die Bauteilöffnungen an mehreren ausgewählten Objekten innerhalb der Bundesrepublik Deutschland. Dabei sollte der Gesamteindruck der untersuchten Flachdächer, Art und Zustand der Dachabdichtung, der Zustand der Wärmedämmung sowie gegebenenfalls sonstige Auffälligkeiten beurteilt werden.

Die Roofmate - Platten wurden nach einer ersten Inaugenscheinnahme mit Beurteilung der Oberflächen und der Plattenkanten mit einem Stempelaufdruck versehen, in dampfdichte PE - Folie eingepackt und an das Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V., München versandt. Dieses Institut führte anschließend labormäßige Untersuchungen zum Feuchtegehalt, zur Rohdichte, zur Druckfestigkeit und zur Geschlossenzelligkeit der Proben durch.

2 Gesamtbeurteilung

Das intensiv bepflanzte Umkehrdach im Städtischen Krankenhaus Kiel war bei der Bauteilöffnung 10 Jahre alt. Die 8 cm dicke Wärmedämmung aus extrudierten Polystyrolplatten XPS, Fabrikat Roofmate, liegt auf einer Betontragschale ohne Gefälle mit einem festverklebten, bitumindsen Abdichtungssystem.

Die Entnahmeproben wiesen nach Untersuchungen des Forschungsinstitutes für Wärmeschutz einen Feuchtegehalt von maximal 4 Volumenprozent und eine gemessene Wärmeleitfähigkeit auf, die auch nach 10 Jahren Liegezeit noch 12 % unter dem Rechenwert der DIN 4108 "Wärmeschutz im Hochbau" liegt. Das heißt, die wärmeschutztechnische Funktion der Roofmate - Dachdämmplatten blieb auch im langjährigen praktischen Einsatz vollständig erhalten.

Die hochwertige intensive Begrünung mit Bäumen, Sträuchern und Gräsern war augenscheinlich gesund. Trotz der mit 55 cm sehr dicken Substratschicht waren größere Schmutzablagerungen weder auf den Dämmplatten noch auf der Abdichtung zu erkennen. Die teilweise bis zu 5 cm dicken Wurzeln der Gehölze endeten sämtlich auf dem Rieselschutzvlies, so daß weder die Roofmate - Dämmplatten selbst noch die Stoßfugen durchwurzelt waren.

Ebensowenig war bei der Bauteilöffnung eine unangenehme Geruchsbelästigung durch z.B. verfaulte Pflanzenbestandteile oder auf der Abdichtung stehendes Wasser festzustellen.

3.2 Meßergebnisse Roofmate [1]:

-	Feuchtegehalt:	x	=	4,0	Vol-%
-	Wärmeleitfähigkeit der Probe	λ_g	=	0,0305	W / mK
-	Rechenwert nach DIN 4108:	λ_R	=	0,035	W / mK
-	Differenz zum Rechenwert:	$\Delta\lambda$	=	0,0045	W / mK

Gesamtbeurteilung:

- Umkehrdach - Aufbau langfristig funktionstüchtig
- Abdichtungssystem funktionstüchtig
- Die gemessene Wärmeleitfähigkeit ist nach 10 Jahren Liegezeit ca. 12 % günstiger als der Rechenwert nach DIN 4108 (WLG 035)

FORSCHUNGSINSTITUT
FÜR WÄRMESCHUTZ E.V. MÜNCHEN

Forschungs- und Prüftätigkeit auf dem Gebiet des Wärme- und Feuchteschutzes im Bauwesen und bei betriebstechnischen Anlagen
Baurechtlich anerkannte Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungsstelle für Bauprodukte
Direktoren: Dr.-Ing. J. Achtziger und Dipl.-Ing. H. Zehendner

82166 Gräfelfing Lochhamer Schlag 4 Tel.: 089/858000

UNTERSUCHUNGSBERICHT *)
D1-7/97

Antragsteller: DOW Deutschland Inc., 65824 Schwalbach/Ts.

Inhalt des Antrages: Bestimmung des Feuchtegehalts, der Druckfestigkeit und der Wärmeleitfähigkeit im feuchten Zustand an Polystyrol-Extruderschaumplatten, die ca. 12 Jahre in einem Umkehrdach mit extensiver Dachbegrünung eingebaut waren

Bezeichnung: **ROOFMATE**

Herkunft der Proben: Am 11.09.1996 von einem Mitarbeiter des Sachverständigenbüros von Rekowski und Partner, Weinheim entnommen

Bauobjekt: Psychisches Zentrum für Nordbaden
Heidelberger Straße 1 a, 69168 Wiesloch

Baujahr: 1984

Dachaufbau nach Angabe: Umkehrdach mit extensiver Dachbegrünung über beheizten Behandlungsräumen mit folgendem Konstruktionsaufbau (von oben nach unten):

-	ca. 20 cm	Granulat mit Muttererde vermischt
-		Rieselschutzvlies Roofstat R
-	ca. 3 cm	Drainschicht: Tuffgestein
-	ca. 6 cm	Einkornbeton
-		Rieselschutzvlies
-	100 mm	"ROOFMATE" - Polystyrol-Extruderschaumplatte mit Schäumhaut, Zellgas CF_2Cl_2
-		PE-Folie, zweilagig
-		Wurzelschutzfolie (Fabrikat unbekannt)
-		Betontragschale

Ergebnisse: Die Prüfungen an den entnommenen Proben ergaben folgende Ergebnisse:

Rohdichte trocken	32,1 kg/m³
Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{10°C,\ feucht}$	0,0314 W/(m K)
Feuchtegehalt der λ - Probe	4,0 Vol.-%
Druckfestigkeit bei 7 % Stauchung	0,48 N/mm²
Geschlossenzelligkeit	97 Vol.-%
mittl. Feuchtegehalt aller Proben	4,2 Vol.-%

Beurteilung: Nach ca. 12 jähriger Einbauzeit des PS-Extruderschaums im Umkehrdach mit extensiver Dachbegrünung betrug der Feuchtegehalt im Mittel 4,2 Vol.-%; die Druckspannung $\sigma_{d\,7\%} = 0{,}48$ N/mm² liegt wesentlich höher wie der in der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung geforderte Mindestwert von 0,30 N/mm².

Die Schaumstruktur ist mit ≥ 95 Vol.-% ausreichend geschlossenzellig.
Die Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{10,d}$ im Ausbauzustand lag mit 0,0314 W/(m · K) wesentlich unter dem Rechenwert nach DIN 4108 von 0,035 W/(m · K) zum Zeitpunkt des Einbaus.

Gräfelfing, 29. April 1997 WA-as

Das Direktorium

Dipl.-Ing. H. Zehendner

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München FIW MÜNCHEN

Sachgebietsleiter

Dipl.-Ing. (FH) W. Albrecht

24 - 06 XPS Thermal conductivity CS Humidity Geschl 12 years

VRP VON REKOWSKI UND PARTNER
BERATENDE INGENIEURE VBI SACHVERSTÄNDIGE

vRP - von REKOWSKI + Partner Sommergasse 3 69469 Weinheim Tel. 06201/6658-0 + Fax 596857

1 Aufgabenstellung

Auf Anforderung der Firma DOW Deutschland Inc. sollte das Langzeitverhalten begrünter Umkehrdächer in der Praxis beurteilt werden.

Die bauphysikalischen Untersuchungen beinhalten die Bauteilöffnungen an mehreren ausgewählten Objekten innerhalb der Bundesrepublik Deutschland. Dabei sollte der Gesamteindruck der untersuchten Flachdächer, Art und Zustand der Dachabdichtung, der Zustand der Wärmedämmung sowie gegebenenfalls sonstige Auffälligkeiten beurteilt werden.

Die Roofmate - Platten wurden nach einer ersten Inaugenscheinnahme mit Beurteilung der Oberflächen und der Plattenkanten mit einem Stempelaufdruck versehen, in dampfdichte PE - Folie eingepackt und an das Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V., München versandt. Dieses Institut führte anschließend labormäßige Untersuchungen zum Feuchtegehalt, zur Rohdichte, zur Druckfestigkeit und zur Geschlossenzelligkeit der Proben durch.

2 Gesamtbeurteilung

Das extensiv begrünte Umkehrdach im Psychiatrischen Krankenhaus Wiesloch war bei der Bauteilöffnung 12 Jahre alt. Die 10 cm dicke Wärmedämmung lag auf einer Betontragschale mit Gefälle und mit bituminöser Abdichtung.

Die Entnahmeproben wiesen nach Untersuchungen des Forschungsinstitutes für Wärmeschutz einen Feuchtegehalt von maximal 4,2 Volumenprozent und eine gemessene Wärmeleitfähigkeit auf, die auch nach 12 Jahren Liegezeit noch etwa 10 % unter dem Rechenwert der DIN 4108 "Wärmeschutz im Hochbau" liegt. Das heißt, die wärmeschutztechnische Funktion der Roofmate - Dachdämmplatten blieb auch im langjährigen praktischen Einsatz vollständig erhalten.

Die extensive Begrünung mit Gräsern und Blumen war augenscheinlich gesund. Größere Schmutzablagerungen aus dem Pflanzsubstrat waren weder auf den Dämmplatten noch auf der Abdichtung zu erkennen, nur ein sehr dünner Schmutzfilm an der Unterseite der Dämmplatten, die jedoch die Funktionsfähigkeit nicht beeinträchtigen. Die Wurzeln der Gräser endeten sämtlich oberhalb des Rieselschutzvlieses, also keine Durchwurzelung der Roofmate - Wärmedämmung oder der Stoßfugen. Ebensowenig war bei der Bauteilöffnung eine unangenehme Geruchsbelästigung durch z.B. verfaulte Pflanzenbestandteile festzustellen, obwohl ein Wasserfilm auf der Abdichtung und in den Falten der PE - Folie stand.

3.2 Meßergebnisse Rooofmate [1]:

-	Feuchtegehalt:	x	=	4,2	Vol-%
-	Wärmeleitfähigkeit der Probe	λ_p	=	0,0314	W / mK
-	Rechenwert nach DIN 4108:	λ_R	=	0,035	W / mK
-	Differenz zum Rechenwert:	$\Delta\lambda$	=	0,0036	W / mK

3.3 Gesamtbeurteilung:

- Umkehrdach - Aufbau langfristig funktionstüchtig.
- Abdichtungssystem funktionstüchtig
- Die gemessene Wärmeleitfähigkeit ist nach 12 Jahren Liegezeit ca. 10 % günstiger als der Rechenwert nach DIN 4108 (WLG 035)

24 - 07 XPS Thermal conductivity CS Humidity 12 years

FORSCHUNGSINSTITUT
FÜR WÄRMESCHUTZ E.V. MÜNCHEN

Forschungs- und Prüftätigkeit auf dem Gebiet des Wärme- und Feuchtschutzes im Bauwesen und bei betriebstechnischen Anlagen
Baurechtlich anerkannte PrüfG, Überwachungs- und Zertifizierungsstelle für Bauprodukte
Direktorium: Dr.-Ing. J. Achtziger und Dipl.-Ing. H. Zehendner

82166 Gräfelfing Lochhamer Schlag 4 Tel.: 089/858000

UNTERSUCHUNGSBERICHT *)
D1-10/97

Antragsteller: DOW Deutschland Inc., 65824 Schwalbach/Ts.

Inhalt des Antrages: Bestimmung des Feuchtegehalts, der Druckfestigkeit und der Wärmeleitfähigkeit im feuchten Zustand an Polystyrol-Extruderschaumplatten, die ca. 9 Jahre in einem Umkehrdach mit extensiver Dachbegrünung eingebaut waren

Bezeichnung: **ROOFMATE**

Herkunft der Proben: Am 14.11.1996 von einem Mitarbeiter des Sachverständigenbüros Rekowski und Partner, Weinheim entnommen

Bauobjekt: Universität Erlangen, Physikum Bauteil A3
Erwin-Rommel-Straße, 91058 Erlangen

Baujahr: 1987

Dachaufbau nach Angabe: Umkehrdach mit extensiver Dachbegrünung über normal beheizten Büroräumen mit folgendem Konstruktionsaufbau (von oben nach unten):

- ca. 9 cm	Erdreich
- 1 mm	Rieselschutzvlies
- 7 cm	"Zinco-K-"-Platten mit Granulat gefüllt
- 3 cm	"Enkadrain", beidseits vlieskaschiert
- 100 mm	"ROOFMATE SL", Zellgas $CF_2 Cl_2$
-	bituminöse Abdichtung
-	Betontragschale

Ergebnisse: Die Prüfungen an den entnommenen Proben ergaben folgende Ergebnisse:

Rohdichte trocken	35,8 kg/m³
Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{10°C,\ feucht}$	0,0300 W/(m · K)
Feuchtegehalt der λ - Probe	4,1 Vol.-%
Druckfestigkeit bei 5 % Stauchung	0,42 N/mm²
Geschlossenzelligkeit	95 Vol.-%
mittl. Feuchtegehalt aller Proben	4,6 Vol.-%

Beurteilung: Nach ca. 9 jähriger Einbauzeit des PS-Extruderschaums im Umkehrdach mit extensiver Dachbegrünung betrug der Feuchtegehalt im Mittel 4,6 Vol.-%; die Druckspannung $\sigma_{4,5\,\%} = 0{,}42$ N/mm² liegt wesentlich höher wie der in der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung geforderte Mindestwert von 0,30 N/mm².

Die Schaumstruktur ist mit ≥ 95 Vol.-% ausreichend geschlossenzellig.
Die Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{10,tr}$ im Ausbauzustand lag mit 0,0300 W/(m · K) wesentlich unter dem Rechenwert nach DIN 4108 von 0,035 W/(m · K) zum Zeitpunkt des Einbaus.

Gräfelfing, 30. April 1997 WA-zs

Das Direktorium

Dipl.-Ing. H. Zehendner

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München FIW MÜNCHEN 2

Sachgebietsleiter

W. Albrecht

Dipl.-Ing. (FH) W. Albrecht

24 - 08 XPS Thermal conductivity CS Humidity Geschl 9 years

VRP VON REKOWSKI UND PARTNER
BERATENDE INGENIEURE VBI SACHVERSTÄNDIGE

vRP - von REKOWSKI + Partner Sommergasse 3 69469 Weinheim Tel. 06201/6953-0 • Fax 595857

1 Aufgabenstellung

Auf Anforderung der Firma DOW Deutschland Inc. sollte das Langzeitverhalten begrünter Umkehrdächer in der Praxis beurteilt werden.

Die bauphysikalischen Untersuchungen beinhalten die Bauteilöffnungen an mehreren ausgewählten Objekten innerhalb der Bundesrepublik Deutschland. Dabei sollte der Gesamteindruck der untersuchten Flachdächer, Art und Zustand der Dachabdichtung, der Zustand der Wärmedämmung sowie gegebenenfalls sonstige Auffälligkeiten beurteilt werden.

Die Roofmate - Platten wurden nach einer ersten Inaugenscheinnahme mit Beurteilung der Oberflächen und der Plattenkanten mit einem Stempelaufdruck versehen, in dampfdichte PE - Folie eingepackt und an das Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V., München versandt. Dieses Institut führte anschließend labormäßige Untersuchungen zum Feuchtegehalt, zur Rohdichte, zur Druckfestigkeit und zur Geschlossenzelligkeit der Proben durch.

2 Gesamtbeurteilung

Das extensiv begrünte Umkehrdach der Universität Erlangen, Physikum, war bei der Bauteilöffnung ca. 9 Jahre alt. Die 10 cm dicke Wärmedämmung lag auf einer Betontragschale ohne Gefälle mit festverklebtem bitumenösem Abdichtungssystem.

Die Entnahmeproben wiesen nach Untersuchungen des Forschungsinstitutes für Wärmeschutz einen Feuchtegehalt von maximal 4,6 Volumenprozent und eine gemessene Wärmeleitfähigkeit auf, die auch nach 9 Jahren Liegezeit noch etwa 14 % unter dem Rechenwert der DIN 4108 "Wärmeschutz im Hochbau" liegt. Das heißt, die wärmeschutztechnische Funktion der Roofmate - Dachdämmplatten blieb auch im langjährigen praktischen Einsatz vollständig erhalten.

Die extensive Begrünung mit Gräsern und Blumen war augenscheinlich gesund. Schmutzablagerungen aus dem Pflanzsubstrat waren weder auf den Dämmplatten noch auf der gefällelosen Abdichtung zu erkennen, obwohl hier ein Wasserfilm auf der Oberseite stand. Die Wurzeln der Gräser endeten sämtlich oberhalb des Rieselschutzvlieses, also keine Durchwurzelung der Roofmate - Wärmedämmung oder der Stoßfugen. Ebensowenig war bei der Bauteilöffnung eine unangenehme Geruchsbelästigung durch z.B. verfaulte Pflanzenbestandteile festzustellen, obwohl ein Wasserfilm auf der Abdichtung stand.

3.2 Meßergebnisse Rooofmate [1]:

-	Feuchtegehalt:	x	=	4,6	Vol-%
-	Wärmeleitfähigkeit der Probe:	λ_g	=	0,0300	W / mK
-	Rechenwert nach DIN 4108:	λ_R	=	0,035	W / mK
-	Differenz zum Rechenwert:	$\Delta\lambda$	=	0,005	W / mK

3.3 Gesamtbeurteilung:

- Umkehrdach - Aufbau langfristig funktionstüchtig
- Abdichtungssystem funktionstüchtig
- Die gemessene Wärmeleitfähigkeit ist nach 9 Jahren Liegezeit ca. 14 % günstiger als der Rechenwert nach DIN 4108 (WLG 035)

24 - 09 XPS Thermal conductivity CS Humidity 9 years

FORSCHUNGSINSTITUT
FÜR WÄRMESCHUTZ E.V. MÜNCHEN

Forschungs- und Prüftätigkeit auf dem Gebiet des Wärme- und Feuchteschutzes im Bauwesen und bei betriebstechnischen Anlagen
Bauaufsichtlich anerkannte Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungsstelle für Bauprodukte
Direktorium: Dr.-Ing. J. Achtziger und Dipl.-Ing. H. Zehendner

82166 Gräfelfing Lochhamer Schlag 4 Tel.: 089/858000

UNTERSUCHUNGSBERICHT *)
D1-6/97

Antragsteller: DOW Deutschland Inc., 65824 Schwalbach/Ts.

Inhalt des Antrages: Bestimmung des Feuchtegehalts, der Druckfestigkeit und der Wärmeleitfähigkeit im feuchten Zustand an Polystyrol-Extruderschaumplatten, die ca. 8 Jahre in einem Umkehrdach mit extensiver Dachbegrünung eingebaut waren

Bezeichnung: **ROOFMATE SP**

Herkunft der Proben: Am 17.09.1996 von einem Mitarbeiter des Sachverständigenbüros von Rekowski und Partner, Weinheim entnommen

Bauobjekt: WDR - Funkhaus, Düsseldorf
Stromstraße 24, 40221 Düsseldorf

Baujahr: 1988

Dachaufbau nach Angabe: Umkehrdach mit extensiver Dachbegrünung über beheizten Räumen mit folgendem Konstruktionsaufbau (von oben nach unten):

- ca. 4 - 9 cm Pflanz-Substrat
- ca. 2 mm Rieselschutzvlies, Geotextil
- ca. 6 - 8 cm Drainschicht aus Lavasplitt
- 80 mm "ROOFMATE SP" - Polystyrol-Extruderschaumplatte mit Schäumhaut, Zellgas CF_2Cl_2
- bituminöse Dachabdichtung System Rowiflex, wurzelfest
- Betontragschale

Ergebnisse: Die Prüfungen an den entnommenen Proben ergaben folgende Ergebnisse:

Rohdichte trocken	43,3 kg/m³
Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{10°C, feucht}$	0,0256 W/(m · K)
Feuchtegehalt der λ - Probe	1,5 Vol.-%
Druckspannung bei 10 % Stauchung	0,56 N/mm²
Geschlossenzelligkeit	98 Vol.-%
mittl. Feuchtegehalt aller Proben	1,6 Vol.-%

Beurteilung: Nach ca. 8 jähriger Einbauzeit des PS-Extruderschaums im Umkehrdach mit extensiver Dachbegrünung betrug der Feuchtegehalt im Mittel 1,6 Vol.-%; die Druckspannung $\sigma_{4,10\,\%} = 0{,}56$ N/mm² liegt wesentlich höher wie der in der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung geforderte Mindestwert von 0,30 N/mm².

Die Schaumstruktur ist mit ≥ 95 Vol.-% ausreichend geschlossenzellig.
Die Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{10,8}$ im Ausbauzustand lag mit 0,0256 W/(m · K) wesentlich unter dem Rechenwert nach DIN 4108 von 0,030 W/(m · K) zum Zeitpunkt des Einbaus.

Gräfelfing, 29. April 1997 WA-as

Das Direktorium

Dipl.-Ing. H. Zehendner

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München FIW MÜNCHEN 2

Sachgebietsleiter

Dipl.-Ing. (FH) W. Albrecht

24 - 10 XPS Thermal conductivity CS Humidity Geschl 8 years

vRP VON REKOWSKI UND PARTNER
BERATENDE INGENIEURE VBI SACHVERSTÄNDIGE

K 96405U03 DOW - Deutschland - Gründachuntersuchungen
15.07.1997 ek / gd

Seite 2

vRP - von REKOWSKI + Partner Sommergasse 3 69469 Weinheim Tel. 06201/6958-0 • Fax 595857

1 Aufgabenstellung

Auf Anforderung der Firma DOW Deutschland Inc. sollte das Langzeitverhalten begrünter Umkehrdächer in der Praxis beurteilt werden.

Die bauphysikalischen Untersuchungen beinhalten die Bauteilöffnungen an mehreren ausgewählten Objekten innerhalb der Bundesrepublik Deutschland. Dabei sollte der Gesamteindruck der untersuchten Flachdächer, Art und Zustand der Dachabdichtung, der Zustand der Wärmedämmung sowie gegebenenfalls sonstige Auffälligkeiten beurteilt werden.

Die Roofmate - Platten wurden nach einer ersten Inaugenscheinnahme mit Beurteilung der Oberflächen und der Plattenkanten mit einem Stempelaufdruck versehen, in dampfdichte PE - Folie eingepackt und an das Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V., München versandt. Dieses Institut führte anschließend labormäßige Untersuchungen zum Feuchtegehalt, zur Rohdichte, zur Druckfestigkeit und zur Geschlossenzelligkeit der Proben durch.

2 Gesamtbeurteilung

Das extensiv begrünte Umkehrdach im WDR Funkhaus Düsseldorf war bei der Bauteilöffnung etwa 8 Jahre alt. Die 8 cm dicke Wärmedämmung lag auf einer Betontragschale ohne Gefälle und mit bituminöser Abdichtung.

Die Entnahmeproben wiesen nach Untersuchungen des Forschungsinstitutes für Wärmeschutz einen Feuchtegehalt von maximal 1,6 Volumenprozent und eine gemessene Wärmeleitfähigkeit auf, die auch nach 8 Jahren Liegezeit noch etwa 15 % unter dem Rechenwert der DIN 4108 "Wärmeschutz im Hochbau" liegt. Das heißt, die wärmeschutztechnische Funktion der Roofmate - Dachdämmplatten blieb auch im langjährigen praktischen Einsatz vollständig erhalten.

Die extensive Begrünung mit Sedumbepflanzung zeigte keine augenscheinlichen Schäden. Auf der Oberseite der Roofmate - Dämmplatten lag ein Schmutzfilm, der aus der Lava - Drainschicht stammte. Das hier eingesetzte Rieselschutzvlies war nicht imstande, diese Feinstteile zurückzuhalten. Wurzeln durchstießen die Stoßfugen der Dämmplatten bis auf die Abdichtung, jedoch nicht die Dämmplatten selbst. Dennoch war die Funktionsfähigkeit der Roofmate - Wärmedämmung (siehe Meßergebnisse) nicht beeinträchtigt., noch waren Schäden an den Plattenkanten erkennbar.

Die Wurzelenden verkümmerten in den Stoßfugen der Dämmplatten. Eine Durchwurzelung der Abdichtung konnte durch Augenschein nicht festgestellt werden. Auch der Bauherr hatte keine Kenntnis über Schäden an der Abdichtung.

3.2 Meßergebnisse Rooofmate [1]:

- Feuchtegehalt: x = 1,6 Vol-%
- Wärmeleitfähigkeit der Probe: λ_g = 0,0256 W / mK
- Rechenwert nach DIN 4108: λ_R = 0,030 W / mK
- Differenz zum Rechenwert: $\Delta\lambda$ = 0,0044 W / mK

3.3 Gesamtbeurteilung:

- Umkehrdach - Aufbau langfristig funktionstüchtig.
- Abdichtungssystem funktionstüchtig
- Die gemessene Wärmeleitfähigkeit ist nach 8 Jahren Liegezeit ca. 15 % günstiger als der Rechenwert nach DIN 4108 (WLG 035)

24 - 11 XPS Thermal conductivity CS Humidity 8 years

FORSCHUNGSINSTITUT
FÜR WÄRMESCHUTZ E.V. MÜNCHEN

Forschungs- und Prüftätigkeit auf dem Gebiet des Wärme- und Feuchteschutzes im Bauwesen und bei betrieblichtechnischen Anlagen
Baurechtlich anerkannte Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungsstelle für Bauprodukte
Direktorium: Dr.-Ing. J. Achtziger und Dipl.-Ing. H. Zehendner

82166 Gräfelfing Lochhamer Schlag 4 Tel.: 089/858000

UNTERSUCHUNGSBERICHT *)
D1-11/97

Antragsteller: DOW Deutschland Inc., 65824 Schwalbach/Ts.

Inhalt des Antrages: Bestimmung des Feuchtegehalts, der Druckfestigkeit und der Wärmeleitfähigkeit im feuchten Zustand an Polystyrol-Extruderschaumplatten, die ca. 7 Jahre in einem Umkehrdach mit extensiver Dachbegrünung eingebaut waren

Bezeichnung: **ROOFMATE**

Herkunft der Proben: Am 19.09.1996 durch den Sachverständigen Herrn Prof. Rahn, Berlin, entnommen

Bauobjekt: Wohngebäude
Maxstraße 4 B, 13347 Berlin-Wedding

Baujahr: 1989

Dachaufbau nach Angabe: Umkehrdach mit extensiver Dachbegrünung über Wohnräumen mit folgendem Konstruktionsaufbau (von oben nach unten):

- ca. 80 - 100 mm Substrat (Blähschiefer)
- ca. 2 mm Geotextilvlies
- 120 mm "ROOFMATE" Polystyrol-Extruderschaumplatte mit Schäumhaut, Zellgas CF_3Cl
- bituminöse Abdichtung

Ergebnisse: Die Prüfungen an den entnommenen Proben ergaben folgende Ergebnisse:

Rohdichte trocken	37,9 kg/m³
Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{10°C,\,feucht}$	0,0282 W/(m · K)
Feuchtegehalt der λ - Probe	0,4 Vol.-%
Druckfestigkeit bei 3 % Stauchung	0,33 N/mm²
Geschlossenzelligkeit	96 Vol.-%
mittl. Feuchtegehalt aller Proben	0,4 Vol.-%

Beurteilung: Nach ca. 7 jähriger Einbauzeit des PS-Extruderschaums im Umkehrdach mit extensiver Dachbegrünung betrug der Feuchtegehalt im Mittel 0,4 Vol.-%; die Druckspannung $\sigma_{d,3\,\%} = 0{,}33$ N/mm² liegt über dem in der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung geforderten Mindestwert von 0,30 N/mm².

Die Schaumstruktur ist mit ≥ 95 Vol.-% ausreichend geschlossenzellig.
Die Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{10,d}$ im Ausbauzustand lag mit 0,0282 W/(m · K) wesentlich unter dem Rechenwert nach DIN 4108 von 0,035 W/(m · K) zum Zeitpunkt des Einbaus.

Gräfelfing, 30. April 1997 WA-as

Das Direktorium

Dipl.-Ing. H. Zehendner

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München FIW München 2

Sachgebietsleiter

Dipl.-Ing. (FH) W. Albrecht

24 - 12 XPS Thermal conductivity CS Humidity Geschl 7 years

Zusammenfassende Beurteilung der Probenentnahme am Gebäude Max-Str. 4b in Berlin-Wedding

Prof. Dipl.-Ing.
Axel C. Rahn
AIV · VDI · VBI

Von der Industrie- und Handelskammer zu Berlin öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Schäden an Gebäuden

Im September 1996 erfolgte in Berlin-Wedding in der Max-Straße 4b im Dachbereich eine Probenentnahme zur Überprüfung das Zustandes der eingebauten Wärmedämmplatten vom Typ "ROOFMATE" der Fa. Dow Deutschland. Bei der Dachkonstruktion, bei der die Probe entnommen wurde, handelt es sich um ein begrüntes Umkehrdach über normal beheizten Wohnräumen. Die Ergebnisse der durchgeführten Untersuchung lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Nach Entfernen der Substratblähschieferschicht wurde festgestellt, daß oberhalb der Wärmedämmplatten ein Geotextilvlies angeordnet war.

Nach der Entnahme der Wärmedämmplatten wurde ein Geflecht aus Feinwurzeln zwischen Abdichtungsebene und Wärmedämmebene festgestellt. Von den aus dem Dachaufbau entnommenen Wärmedämmplatten wurde eine Probe herausgeschnitten, luftdicht verpackt und entsprechend gekennzeichnet, zur Überprüfung des Feuchtegehaltes und der Wärmeleitfähigkeit dem Forschungsinstitut für Wärmeschutz e. V. in München übersandt.

Die Überprüfung der unterhalb der Wärmedämmung vorhandenen Abdichtung ergab, daß eine bituminöse Bahnenabdichtung zur Ausführung gekommen ist. Bei dieser Probeentnahmestelle war festzustellen, daß ein geringfügiger Feuchtefilm zwischen Bauwerksabdichtung und Wärmedämmplatte vorhanden war. Eine Geruchsbildung durch biologische Abbauprodukte konnte nicht festgestellt werden.

Die Überprüfung der bituminösen Bauwerksabdichtung ergab, daß hier keine Beschädigungen in Form von Durchwurzelungen vorhanden waren. Inwieweit unterhalb der Bauwerksabdichtung ein Gefälle ausgebildet wurde, konnte nicht festgestellt werden.

Zusammenfassend kann ausgesagt werden, daß die untersuchte begrünte Umkehrdachkonstruktion nach einer Standzeit von 7 Jahren keine Schäden aufwies. Die visuelle Überprüfung der Wärmedämmplatten ergab keine signifikanten Hinweise auf unzulässige Materialveränderungen.

Dem Untersuchungsbericht D1-11/97 des Forschungsinstitutes für Wärmeschutz e.V. München konnte entnommen werden, daß die Wärmeleitfähigkeit der entnommenen Dämmstoffprobe λ = 0,0282 W/(mK) betrug und damit wesentlich unter dem Rechenwert nach DIN 4108 von λ = 0,035 W/(mK) liegt. Zudem wurde vom Institut ermittelt, daß der Feuchtegehalt der entnommenen Dämmstoffprobe bei 0,4 Vol.- % lag. Auf Grund der Untersuchungsergebnisse kann ausgesagt werden, daß der Wärmedämmstoff "ROOFMATE" der Fa. Dow Deutschland nach einem Einbau von 7 Jahren in einer Umkehrdachkonstruktion keine wesentlichen Veränderungen der physikalischen Eigenschaften aufweist.

Prof. Dipl.-Ing. Axel C. Rahn · Binger Straße 36 · 14197 Berlin · Tel: 030-823 20 42 · Fax: 030-824 55 66

24 - 13 XPS Thermal conductivity CS Humidity 7 years

FORSCHUNGSINSTITUT
FÜR WÄRMESCHUTZ E.V. MÜNCHEN

Forschungs- und Prüftätigkeit auf dem Gebiet des Wärme- und Feuchteschutzes im Hochbau und technischen Anlagen
Staatlich anerkannte Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungsstelle für Bauprodukte
Direktoren: Dr.-Ing. J. Arfvidsson und Dipl.-Ing. H. Zehendner

82166 Gräfelfing Lochhamer Schlag 4 Tel.: 089 858806

UNTERSUCHUNGSBERICHT *)
D1-12a/97

Antragsteller: DOW Deutschland Inc., 65824 Schwalbach/Ts.

Inhalt des Antrages: Bestimmung des Feuchtegehalts, der Druckfestigkeit und der Wärmeleitfähigkeit im feuchten Zustand an Polystyrol-Extruderschaumplatten, die ca. 7 Jahre in einem Umkehrdach mit extensiver Dachbegrünung eingebaut waren

Bezeichnung: **ROOFMATE**

Herkunft der Proben: Am 19.09.1996 durch den Sachverständigen Herrn Prof. Rahn, Berlin, entnommen

Bauobjekt: Wohngebäude
Maxstraße 4 L, 13347 Berlin-Wedding

Baujahr: 1989

Dachaufbau nach Angabe: Umkehrdach mit extensiver Dachbegrünung über Wohnräumen mit folgendem Konstruktionsaufbau (von oben nach unten):

- ca. 100 - 120 mm	Substrat (Blähschiefer)
- ca. 1 mm	Geotextilvlies
-	Dränplatte der Fa. ZINCO
-	Geotextilvlies
- 120 mm	"ROOFMATE" Polystyrol-Extruderschaumplatte mit Schäumhaut, Zellgas CF_2Cl_2
-	bituminöse Abdichtung

Ergebnisse: Die Prüfungen an den entnommenen Proben ergaben folgende Ergebnisse:

Rohdichte trocken	34,5 kg/m³
Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{10\,°C,\,feucht}$	0,0289 W/(m · K)
Feuchtegehalt der λ - Probe	0,2 Vol.-%
Druckfestigkeit bei 3 % Stauchung	0,39 N/mm²
Geschlossenzelligkeit	96 Vol.-%
mittl. Feuchtegehalt aller Proben	0,3 Vol.-%

Beurteilung: Nach ca. 7 jähriger Einbauzeit des PS-Extruderschaums im Umkehrdach mit extensiver Dachbegrünung betrug der Feuchtegehalt im Mittel 0,3 Vol.-%, die Druckspannung $\sigma_{0,3\,\%} = 0,39$ N/mm² liegt deutlich über dem in der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung geforderten Mindestwert von 0,30 N/mm².

Die Schaumstruktur ist mit ≥ 95 Vol.-% ausreichend geschlossenzellig.
Die Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{10,\,tr}$ im Ausbauzustand lag mit 0,0289 W/(m · K) wesentlich unter dem Rechenwert nach DIN 4108 von 0,035 W/(m · K) zum Zeitpunkt des Einbaus.

Gräfelfing, 13. Januar 1998 WA

Das Direktorium

Dipl.-Ing. H. Zehendner

Sachgebietsleiter

Dipl.-Ing. (FH) W. Albrecht

24 - 14 XPS Thermal conductivity CS Humidity Geschlossenzell 7 years

Zusammenfassende Beurteilung
der Probenentnahme am Gebäude
Max-Str. 4l in Berlin-Wedding

Prof. Dipl.-Ing.
Axel C. Rahn
AVF - VDI - VBI

Von der Industrie- und Handelskammer zu Berlin öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Schäden an Gebäuden

Im September 1996 erfolgte in Berlin-Wedding in der Max-Straße 4l im Dachbereich eine Probenentnahme zur Überprüfung des Zustandes der eingebauten Wärmedämmplatten vom Typ "ROOFMATE" der Fa. Dow Deutschland. Bei der Dachkonstruktion, bei der die Probe entnommen wurde, handelt es sich um ein begrüntes Umkehrdach über normal beheizten Wohnräumen. Die Ergebnisse der durchgeführten Untersuchung lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Nach Entfernen der Substrat-Humus-Schichten wurde festgestellt, daß das oberhalb der Wärmedämmplatten angeordnete Textilvlies erhebliche Durchwurzelungen aufwies.

Nach der Entnahme der Wärmedämmplatten wurde festgestellt, daß kein Wurzelwachstum zwischen Abdichtungsebene und Wärmedämmebene vorhanden ist. Von den aus dem Dachaufbau entnommenen Wärmedämmplatten wurde eine Probe herausgeschnitten, luftdicht verpackt und entsprechend gekennzeichnet, zur Überprüfung des Feuchtegehaltes und der Wärmeleitfähigkeit dem Forschungsinstitut für Wärmeschutz e. V. in München übersandt.

Die Überprüfung der unterhalb der Wärmedämmung vorhandenen Abdichtung ergab, daß eine bituminöse Bahnenabdichtung zur Ausführung gekommen ist. Bei dieser Probenentnahmestelle war festzustellen, daß ein Feuchtefilm zwischen Bauwerksabdichtung und Wärmedämmplatte vorhanden war. Eine Geruchsbildung durch biologische Abbauprodukte konnte nicht festgestellt werden.

Die Überprüfung der bituminösen Bauwerksabdichtung ergab, daß hier keine Beschädigungen in Form von Durchwurzelungen vorhanden waren. Inwieweit unterhalb der Bauwerksabdichtung ein Gefälle ausgebildet wurde, konnte nicht festgestellt werden.

Zusammenfassend kann ausgesagt werden, daß die untersuchte begrünte Umkehrdachkonstruktion nach einer Standzeit von 7 Jahren keine Schäden aufwies. Die visuelle Überprüfung der Wärmedämmplatten ergab keine signifikanten Hinweise auf unzulässige Materialveränderungen.

Dem Untersuchungsbericht 01-12/97 des Forschungsinstitutes für Wärmeschutz e.V. München kann entnommen werden, daß die Wärmeleitfähigkeit der entnommenen Dämmstoffprobe $\lambda = 0{,}0209$ W/(mK) betrug und damit wesentlich unter dem Rechenwert nach DIN 4108 von $\lambda = 0{,}035$ W/(mK) liegt. Zudem wurde vom Institut ermittelt, daß der Feuchtegehalt der entnommenen Dämmstoffprobe bei 0,2 Vol.- % lag. Auf Grund der Untersuchungsergebnisse kann ausgesagt werden, daß der Wärmedämmstoff "ROOFMATE" der Fa. Dow Deutschland nach einem Einbau von ca. 7 Jahren in einer Umkehrdachkonstruktion keine wesentlichen Veränderungen der physikalischen Eigenschaften aufwies.

Prof. Dipl.-Ing. Axel C. Rahn · Bürger Straße 36 · 14197 Berlin · Tel: 030-823 20 42 · Fax: 030-824 55 66

24 - 15 XPS Thermal conductivity CS Humidity 7 years

Umkehrdächer mit intensiver Begrünung

Nr.	Objekt	Einbau	Alter bei Entnahme	Begrünungsart	Feuchte-gehalt Vol.-%	λ_{feucht} W/(m·K)	$\lambda_{Rechenwert}$ W/(m·K)
1	Bundesministerium des Innern, Kasino, Bonn Nutzung: "Kantine" t_i 20°	Bj. 78	18 Jahre	Intensives Gründach: Gras, Bäume u. Sträucher	4,6	0,033	0,035
2	Städtisches Krankenhaus Kiel Nutzung: "Behandlungsräume" t_i 20°	Bj. 86	10 Jahre	Intensives Gründach: Gehölze u. Sträucher	4,0	0,031	0,035

Umkehrdächer mit extensiver Begrünung

Nr.	Objekt	Einbau	Alter bei Entnahme	Begrünungsart	Feuchte-gehalt Vol.-%	λ_{feucht} W/(m·K)	$\lambda_{Rechenwert}$ W/(m·K)
3	Psych. Krankenhaus Wiesloch Nutzung: "Behandlungsräume" t_i 22°	Bj. 84	12 Jahre	Extensives Gründach: Sedum, Gräser, Kräuter	4,2	0,031	0,035
4	Universität, Physikum, Erlangen Nutzung: "Lehrräume" t_i 20°	Bj. 87	9 Jahre	Extensives Gründach: Grasbewuchs	4,6	0,030	0,035
5	WDR-Funkhaus, Düsseldorf Nutzung: "Studioräume" t_i 20°	Bj. 88	8 Jahre	Extensives Gründach: Sedumbepflanzung	1,6	0,026	0,030
6	Wohnanlage, Maxstr. 4B, Berlin-Wedding Nutzung: "Wohnräume" t_i 20°	Bj. 89	7 Jahre	Extensives Gründach: Sedumbepflanzung	0,4	0,028	0,035
7	Wohnanlage, Maxstr. 4L, Berlin-Wedding Nutzung: "Wohnräume" t_i 20°	Bj. 89	7 Jahre	Extensives Gründach: Gräserbepflanzung	0,3	0,029	0,035

24 - 16 XPS Thermal conductivity CS Humidity overview results

Beurteilung der Abdichtung

Die Abdichtungen waren vorwiegend mit Bitumenbahnen ausgeführt, die in einem guten Zustand waren. Die schützende **Roofmate** Platte leistet einen wesentlichen Beitrag, bekannte Mängel an der Dachabdichtung, die durch thermische bzw. mechanische Belastungen auftreten, von vornherein auszuschließen.
Überwiegend wurden Dächer ohne Gefälle vorgefunden, trotzdem gab es auf keinem Dach stehendes Wasser. Es wurden lediglich Wasserfilme auf der Abdichtung festgestellt. Der große Teil der Niederschläge wurde offensichtlich durch die speicherfähigen Substratschichten aufgenommen und verteilt.

Beurteilung der Begrünung

Die richtige Auswahl der Substratschichten bei den intensiven und extensiven Begrünungen zeigte einen sehr schönen Bewuchs. Die hohe Druckfestigkeit der **Roofmate** Platte läßt auch dicke Substratschichten bei intensiver Begrünung zu.

Beurteilung der Wärmedämmplatte

Bei allen untersuchten **Roofmate** Platten war die tatsächliche Wärmeleitfähigkeit λ_{feucht} deutlich unter den damals gültigen Rechenwerten der Wärmeleitfähigkeit von 0,035 W/(m·K). Die gemessenen Werte λ_{feucht} lagen zwischen 0,028 und 0,033 W/(m·K).
Selbst bei Einbauzeiten von 10 bis 18 Jahren waren damit die vorgefundenen Werte der Wärmeleitfähigkeit noch um 8 bis 14 Prozent besser als die ursprünglichen Rechenwerte.

Bei den intensiv begrünten Dächern mit starkem Pflanzenwuchs, gab es keine Durchwurzelungen der Dämmplatten, ebensowenig bei den extensiv begrünten Dächern.

Fazit:

Umkehrdächer sind auch als Gründächer langfristig funktionstüchtig. Sie bieten einen dauerhaften Wärmeschutz. Der Schutz der Dachhaut durch die Roofmate Platte trägt wesentlich zur Lebensdauer des Daches bei.
Die richtige Auswahl und der richtige Aufbau der Substratschichten ist Voraussetzung für einen guten Bewuchs.
Die wärmeschutztechnischen Eigenschaften der Roofmate Platte, die wesentlich für die energetische Bewertung des Gebäudes sind, haben sich auch während der Einbauzeit von bis zu 18 Jahren nur unwesentlich verändert.

24 - 17 XPS Thermal conductivity CS Humidity overview conclusions

GEMEINNÜTZIGER VEREIN FÜR BAUTECHNISCHE VERSUCHS- UND FORSCHUNGSARBEITEN SALZBURG
BAUTECHNISCHE VERSUCHS- UND FORSCHUNGSANSTALT SALZBURG
Staatlich akkreditierte Prüf-, Überwachungs- und Kalibrierstelle für das Bauwesen
A-5020 Salzburg, Alpenstrasse 157 - Institutsvorstand: Direktor Dipl.-Ing. Norbert Glantschnigg
Telefon 0662/621758*0 - Fax 0662/621758-199 - e-mail: bvfs@bvfs.at - Internet: www.bvfs.at

A.Nr.: B5/369/06-1
(A.Nr.: U1/109/06-1) Beilage: 1

PRÜFPROTOKOLL

WÄRMELEITFÄHIGKEIT nach ÖNORM EN 12667: 2001

Zweiplattengerät, Heizplatte 500 / 500 mm, waagrecht

Auftraggeber: DOW Austria Ges mbH.
1030 Wien
Produktbezeichnung: **ROOFMATE** Nenndicke d [mm] = **80**
Stoffbezeichnung: Platten aus extrudiertem Polystyrol (XPS)
Probenvorbehandlung : Feuchtmessung im Anlieferungszustand [1]
Probennahme / durch : Eingang am 25.08.2006 / Auftraggeber
Datum der Herstellung: ca. 1976 Prüfdatum: 35. Woche 2006

Probenbezeichnung:	A und B	Mittelwerte
Länge	[m]	0,586
Breite	[m]	0,579
Dicke im eingebauten Zustand	[m]	0,0801
Rohdichte	[kg/m³]	38,0
Feuchtegehalt, massebezogen	[%]	10,0
Feuchtegehalt, volumenbezogen	[%]	0,3
Änderung der Dicke	[%]	---

Prüfergebnisse

Messung	mittlere Temperatur-differenz	mittlere Prüftemperatur	Wärmestromdichte im Probekörper	Wärmeleitfähigkeit bei 10 °C Mitteltemp $\lambda_{10,\text{feucht}}$
Nr.	K	°C	W / m²	W / (mK)
1	10,2	9,9	3,740	**0,0293**

[1] Die Proben wurden laut Auftraggeber aus einem Umkehrdachaufbau entnommen, der vor ca. 30 Jahren ausgeführt wurde.

Die größte zu erwartende Meßabweichung beträgt gemäß EN 1946-2 ± 2%

Salzburg, am 18.09.2006

Sachbearbeiter:
(H. Roider)

Abteilung
Bauphysik und Hochbau
(Dipl.-Ing. R. Preininger)

33 - 01 XPS thermal conductivity and humidity 30 years

GEMEINNÜTZIGER VEREIN FÜR BAUTECHNISCHE VERSUCHS- UND FORSCHUNGSARBEITEN SALZBURG
BAUTECHNISCHE Staatlich akkreditierte Prüf-, Überwachungs- und Kalibrierstelle für das Bauwesen
VERSUCHS- UND FORSCHUNGSANSTALT SALZBURG
A-5020 Salzburg, Alpenstrasse 157 - Institutsvorstand: Direktor Dipl.-Ing. Norbert Glantschnigg
Telefon 0662/621758*0 - Fax 0662/621758-199 - e-mail: bvfs@bvfs.at - Internet: www.bvfs.at

bvfs

A.Nr.: B5/369/06-1
(A.Nr.: U1/109/06-1) Beilage: 2

PRÜFPROTOKOLL

WÄRMELEITFÄHIGKEIT nach ÖNORM EN 12667: 2001

Zweiplattengerät, Heizplatte 500 / 500 mm, waagrecht

Auftraggeber: DOW Austria Ges mbH.
1030 Wien

Produktbezeichnung: **ROOFMATE** Nenndicke d [mm] = **80**

Stoffbezeichnung: Platten aus extrudiertem Polystyrol (XPS)

Probenvorbehandlung : nach Trocknung bis Massekonstanz bei 65 °C [1)]

Probennahme / durch : Eingang am 25.08.2006 / Auftraggeber

Datum der Herstellung: ca. 1976 Prüfdatum: 37. Woche 2006

Probenbezeichnung:	A und B	Mittelwerte
Länge	[m]	0,586
Breite	[m]	0,579
Dicke im eingebauten Zustand	[m]	0,0796
Rohdichte	[kg/m³]	34,6
Feuchtegehalt, massebezogen	[%]	---
Feuchtegehalt, volumenbezogen	[%]	---
Änderung der Dicke	[%]	---

Prüfergebnisse

Messung	mittlere Temperatur-differenz	mittlere Prüftemperatur	Wärmestromdichte im Probekörper	Wärmeleitfähigkeit bei 10 °C Mitteltemp $\lambda_{10,dry}$
Nr.	K	°C	W / m²	W / (mK)
1	10,2	10,0	3,680	**0,0286**

[1)] Die Proben wurden laut Auftraggeber aus einem Umkehrdachaufbau entnommen, der vor ca. 30 Jahren ausgeführt wurde.

Die größte zu erwartende Meßabweichung beträgt gemäß EN 1946-2 ± 2%

Salzburg, am 18.09.2006

Sachbearbeiter:
(H. Roider)

Abteilung
Bauphysik und Hochbau
(Dipl.-Ing. R. Preininger)

33 - 02 XPS thermal conductivity 30 years

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V.
München

Untersuchungsbericht
D1-05-005

Antragsteller: **DOW DEUTSCHLAND Anlagengesellschaft mbH TS & D Building and Construction**
65824 Schwalbach/Ts

Inhalt des Antrags: Bestimmung des Feuchtegehalts, der Druckfestigkeit und der Wärmeleitfähigkeit im feuchten und im trockenen Zustand an Polystyrol-Extruderschaumplatten , die in einem Umkehrdach, das als Parkdeck mit Ortbetonfahrbahnbelag genutzt wird, eingebaut waren.

Bez. **"Floormate 500"** Probe 1

Herkunft der Proben: vom Sachverständigen Dipl.-Ing. Matthias Zöller vom AiBau Aachen am 16. August 2005 entnommen und in Kunststoffsäcken verpackt übersandt.

Bauobjekt: Parkdeck des Einkaufszentrums Pariserstraße in Kaiserslautern
Baujahr: 1991

Ergebnisse: Die Prüfungen an den entnommenen Proben ergaben folgende Ergebnisse:

Dicke	123 mm
Rohdichte trocken	34,9 kg/m^3
Druckfestigkeit bei 7 % Stauchung	617 kPa
mittlerer Feuchtegehalt (flächenanteilig gemittelt)	1,66 Vol.-%
Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{10\,°C,\,feucht}$, bei 1,6 Vol.-% Feuchtegehalt	0,0264 W/(m · K)
Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{10\,°C,\,trocken}$	0,0256 W/(m · K)

Beurteilung:

Die Druckspannung liegt mit 617 kPa deutlich über dem in der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung geforderten Mindestwert von 500 kPa. Zum Einbauzeitpunkt lag der Rechenwert der Wärmeleitfähigkeit bei 0,030 W/(m · K). Die Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{10\,°C,\,feucht}$ im Ausbauzustand liegt mit 0,0264 W/(m · K) weiterhin deutlich unter dem damals anzusetzendem Rechenwert der Wärmeleitfähigkeit.

Gräfelfing, 29.November 2005
Sachgebietsleiter
W. Albrecht
Dipl.-Ing. (FH) Wolfgang Albrecht

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München 10

Prüfer
P. Forster
Peter Forster

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e. V. München
Lochhamer Schlag 4 · 82166 Gräfelfing
Telefon +49 (0)89 8 58 00 –0 · Telefax +49 (0)89 8 58 00 – 40
info@fw-muenchen.de · www.fw-muenchen.de

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V.
München

Untersuchungsbericht
D1-05-006

Antragsteller: **DOW DEUTSCHLAND Anlagengesellschaft mbH TS & D Building and Construction**
65824 Schwalbach/Ts

Inhalt des Antrags: Bestimmung des Feuchtegehalts, der Druckfestigkeit und der Wärmeleitfähigkeit im feuchten und im trockenen Zustand an Polystyrol-Extruderschaumplatten , die in einem Umkehrdach, das als Parkdeck mit Ortbetonfahrbahnbelag genutzt wird, eingebaut waren.

Bez. **"Floormate 500"** Probe 2

Herkunft der Proben: vom Sachverständigen Dipl.-Ing. Matthias Zöller vom AiBau, Aachen am 16. August 2005 entnommen und in Kunststoffsäcken verpackt übersandt.

Bauobjekt: Parkdeck des Einkaufszentrums Pariserstraße in Kaiserslautern
Baujahr: 1991

Ergebnisse: Die Prüfungen an den entnommenen Proben ergaben folgende Ergebnisse:

Dicke	120 mm
Rohdichte trocken	44,8 kg/m³
Druckfestigkeit bei 3 % Stauchung	598 kPa
mittlerer Feuchtegehalt (flächenanteilig gemittelt)	3,6 Vol.-%
Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{10\,°C,\,feucht}$, bei 4,0 Vol.-% Feuchtegehalt	0,0291 W/(m · K)
Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{10\,°C,\,trocken}$	0,0260 W/(m · K)

Beurteilung:

Die Druckfestigkeit liegt mit 598 kPa deutlich über dem in der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung geforderten Mindestwert von 500 kPa. Zum Einbauzeitpunkt lag der Rechenwert der Wärmeleitfähigkeit bei 0,030 W/(m · K). Die Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{10\,°C,\,feucht}$ im Ausbauzustand liegt mit 0,0291 W/(m · K) weiterhin unter dem damals anzusetzendem Rechenwert der Wärmeleitfähigkeit.

Gräfelfing, 29.November 2005
Sachgebietsleiter
W. Albrecht
Dipl.-Ing. (FH) Wolfgang Albrecht

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München 10

Prüfer
P. Forster
Peter Forster

36 - 02 XPS Thermal cond. CS Humidity 14 years

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e. V.
München

Untersuchungsbericht
D1-011/04

Antragsteller: Dow Deutschland GmbH & Co OHG, Schwalbach

Inhalt: Bestimmung des Feuchtegehalts, der Druckspannung und der Wärmeleitfähigkeit im feuchten und trockenem Zustand an Polystyrol-Extruderschaumplatten, die in einem bekiesten Umkehrdach eingebaut waren.

Bez. **„Roofmate"**
Beschriftung der Probe: HM-HH/1

Herkunft der Proben: vom Sachverständigen H. Götze am 29.06.2004 entnommen und in Kunststoffsäcken verpackt übersandt.

Bauobjekt: Bürohaus der Hamburg-Mannheimer Versicherungs-AG, Überseering 35 in 22297 Hamburg
Baujahr: 1972

Ergebnisse: Die Prüfungen an den entnommenen Proben ergaben folgende Ergebnisse:

Dicke	60 mm
Rohdichte trocken	34,8 kg/m³
Druckspannung bei 10 % Stauchung	317 kPa
Feuchtegehalt an der Wärmeleitfähigkeitsprobe bestimmt	0,8 Vol. %
Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{10\,°C,\,feucht}$	0,0319 W/(m·K)
Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{10\,°C,\,trocken}$	0,0304 W/(m·K)

Beurteilung: Die Druckspannung liegt mit 317 kPa deutlich über dem in der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung geforderten Mindestwert von 300 kPa. Zum Einbauzeitpunkt lag der Rechenwert der Wärmeleitfähigkeit bei 0,035 kcal/(m·h·Grad C), entsprechend 0,041 W/(m·K) nach heutigen Einheiten. Die Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{10\,°C,\,feucht}$ im Ausbauzustand liegt mit 0,0319 W/(m·K) weiterhin deutlich unter dem damals anzusetzendem Rechenwert der Wärmeleitfähigkeit.

Gräfelfing, 21. September 2004

Sachgebietsleiter
U. Albrecht
Dipl.-Ing. (FH) W. Albrecht

Prüfer
P. Forster

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e. V. München
Lochhamer Schlag 4 · 82166 Gräfelfing

Telefon +49 (0)89 8 58 00 -0 · Telefax +49 (0)89 8 58 00 – 40
info@fiw-muenchen.de · www.fiw-muenchen.de

38 - 01 XPS Thermal cond. CS Humidity 32 years

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e. V.
München

Untersuchungsbericht
D1-012/04

Antragsteller: Dow Deutschland GmbH & Co OHG, Schwalbach

Inhalt: Bestimmung des Feuchtegehalts, der Druckspannung und der Wärmeleitfähigkeit im feuchten und trockenem Zustand an Polystyrol-Extruderschaumplatten, die in einem bekiesten Umkehrdach eingebaut waren.

Bez. **„Roofmate"**
Beschriftung der Probe: HM-HH/2

Herkunft der Proben: vom Sachverständigen H. Götze am 29.06.2004 entnommen und in Kunststoffsäcken verpackt übersandt.

Bauobjekt: Bürohaus der Hamburg-Mannheimer Versicherungs-AG, Überseering 35 in 22297 Hamburg
Baujahr: 1972

Ergebnisse: Die Prüfungen an den entnommenen Proben ergaben folgende Ergebnisse:

Dicke	60 mm
Rohdichte trocken	34,5 kg/m³
Druckspannung bei 10 % Stauchung	331 kPa
Feuchtegehalt an der Wärmeleitfähigkeitsprobe bestimmt	5,1 Vol. %
Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{10\,°C,\,feucht}$	0,0358 W/(m·K)
Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{10\,°C,\,trocken}$	0,0301 W/(m·K)

Beurteilung: Die Druckspannung liegt mit 331 kPa deutlich über dem in der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung geforderten Mindestwert von 300 kPa. Zum Einbauzeitpunkt lag der Rechenwert der Wärmeleitfähigkeit bei 0,035 kcal/(m·h·Grad C), entsprechend 0,041 W/(m·K) nach heutigen Einheiten. Die Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{10\,°C,\,feucht}$ im Ausbauzustand liegt mit 0,0358 W/(m·K) weiterhin deutlich unter dem damals anzusetzendem Rechenwert der Wärmeleitfähigkeit.

Gräfelfing, 21. September 2004

Sachgebietsleiter
W. Albrecht
Dipl.-Ing. (FH) W. Albrecht

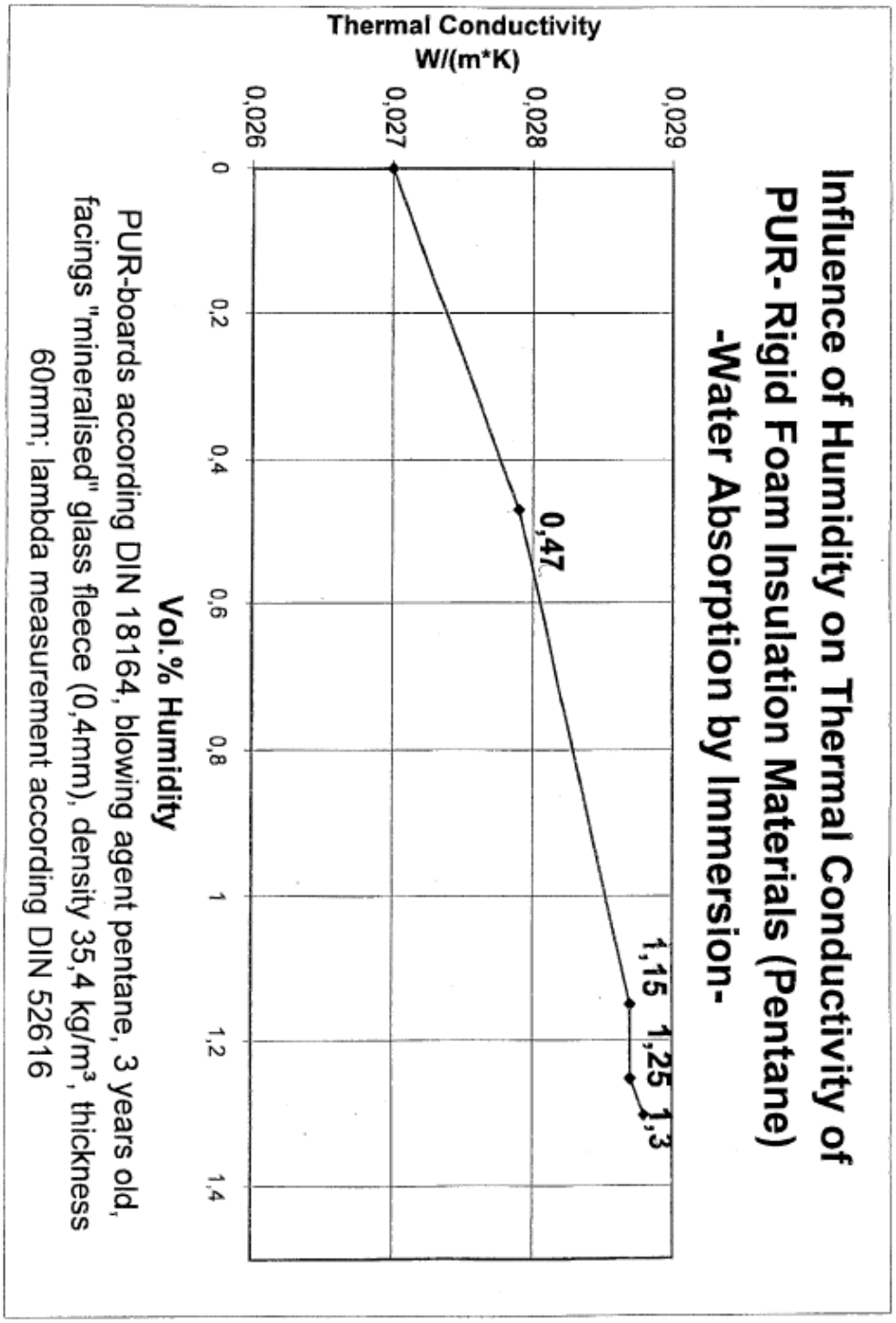
Prüfer
P. Forster
P. Forster

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e. V. München
Lochhamer Schlag 4 · 82166 Gräfelfing

Telefon +49 (0)89 8 58 00 –0 · Telefax +49 (0)89 8 58 00 – 40
info@fiw-muenchen.de · www.fiw-muenchen.de

38 - 02 XPS Thermal cond. CS Humidity 32 years

EN 13165: PUR



16 - 03 PUR correlation between Thermal conductivity and Humidity

5.2 Langzeitverhalten

Die meisten der genannten „alternativen" Dämmstoffe sind erst seit einigen Jahren auf dem Markt und werden in nennenswerten Mengen eingebaut. Deshalb gibt es wenig Langzeiterfahrungen bezüglich Dimensionsstabilität/Setzung, Feuchteaufnahme, Wärmeleitfähigkeit und ob sich das Brandverhalten der üblicherweise sehr lange eingebauten Dämmstoffe ändert. Die bauaufsichtlichen Zulassungen schreiben vor der Verlängerung der Geltungsdauer die Untersuchung von 3 Praxisobjekten vor, wobei alle in der Zulassung genannten Eigenschaften geprüft werden müssen.

43 - 01 Alternative Dämmstoffe - Allgemeine Bemerkung

5.1 Einfluß der Feuchte auf die Wärmeleitfähigkeit

Die meisten „alternativen" Dämmstoffe sind organische Faserdämmstoffe und nehmen im Vergleich zu mineralischen Faserdämmstoffen relativ viel Feuchte auf. Dies wird unter dem Stichwort Feuchtespeichervermögen oft als Vorteil herausgestellt. Eingelagertes Wasser erhöht aber durch die hohe Wärmeleitfähigkeit des Wassers (ca. 0,6 W/(m · K)) die Gesamtwärmeleitfähigkeit des Dämmstoffs, wenn auch nicht so stark wie freies, ungebundenes Wasser.

In Tabelle 3 ist der Ausgleichsfeuchtegehalt einiger organischer Faserdämmstoffe bei Lagerung bei 23 °C und 80 % rel. Luftfeuchte zusammengestellt. Der Ausgleichsfeuchtegehalt bei 23 °C und 80 % ist die Grundlage für die Festlegung des feuchtebezogenen Zuschlags zur Bestimmung des Rechenwerts der Wärmeleitfähigkeit (λ_R).

Trotz dieser zum Teil großen Feuchteaufnahme (Ausnahme Polyesterfaser) erhöht sich bei den organischen Faserdämmstoffen die Wärmeleitfähigkeit nur um 1–7 %. Dieser Feuchteeinfluß wird in den λ_R- und den zugehörigen λ_{10tr}-Werten in den allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen berücksichtigt.

43 - 02 Alternative Dämmstoffe - Thermal Cond und Humidity