



PRÜFBERICHT

Prüfbericht Nr.: **ECO-P11013-10059**

Datum: 18.11.2011

Auftraggeber: Baur Vliesstoffe GmbH
Schulfeldstrasse 4
91550 Dinkelsbühl-Sinbronn
Deutschland

Auftragsdatum: 20.12.2010

Gegenstand der Prüfung: Dämmplatten aus Schafschurwolle thermisch verfestigt mit Polyesterfasern

Handelsbezeichnung: **thermalan iso, swisswool iso, tirolwool iso**

Herstellerwerk: Baur Vliesstoffe GmbH
Schulfeldstrasse 4
91550 Dinkelsbühl-Sinbronn
Deutschland

Probenahme: durch Hersteller

Lieferdatum: 16.09.2010

Inhalt des Auftrages: **Hygrothermische Kenngrößen:**
Freie Wassersättigung
Offene Porosität
Rohdichte, Reindichte
Wasserdampfdurchlässigkeit
Wasseraufnahmekoeffizient
Hygroskopische Sorptionseigenschaften
Feuchtespeicherfunktion
Spezifische Wärmekapazität
Wärmeleitfähigkeit bei Wassersättigung
Temperaturumrechnungskoeffizient

Inhaltsübersicht

1	Auftrag	2
2	Probenmaterial.....	2
3	Anwendungsbereich.....	2
4	Versuchsdurchführung	2
5	Prüfprogramm	2
6	Produktbeschreibung	3
7	Prüfergebnisse.....	3
7.1	<i>Freie Wassersättigung</i>	<i>4</i>
7.2	<i>Offene Porosität.....</i>	<i>5</i>
7.3	<i>Rohdichte, Reindichte.....</i>	<i>6</i>
7.4	<i>Wasserdampfdurchlässigkeit</i>	<i>7</i>
7.5	<i>Wasseraufnahmekoeffizient.....</i>	<i>8</i>
7.6	<i>Hygroskopische Sorptionseigenschaften</i>	<i>10</i>
7.7	<i>Feuchtespeicherfunktion</i>	<i>11</i>
7.8	<i>Spezifische Wärmekapazität.....</i>	<i>12</i>
7.9	<i>Wärmeleitfähigkeit bei Wassersättigung</i>	<i>14</i>
7.10	<i>Temperaturumrechnungskoeffizient.....</i>	<i>14</i>
8	Hygrothermische Kenngrößen - Zusammenfassung	15
9	Wiedergabe, Veröffentlichung	16
10	Anhang	17

1 Auftrag

Gemäß Auftrag vom 20.12.2010 wurde die Fa. ECOLABOR e.U. mit der Durchführung der für kapillar nicht aktive Dämmstoffe relevanten Prüfungen beauftragt, die als hygrothermische Kenngrößen bekannt sind und die bei Simulationsverfahren zur Berechnung der instationären Wärme- und Feuchteübertragung innerhalb von Bauteilen und Bauelementen benötigt werden.

2 Probenmaterial

Das Probenmaterial wurde vom Auftraggeber aus dem Lager der Fa. Baur Vliesstoffe GmbH in 91550 Dinkelsbühl-Sinbronn, entnommen und der Prüfstelle übermittelt.

3 Anwendungsbereich

Der zu prüfende Dämmstoff wird als Wärme- und Schalldämmung in Decken, Wänden und Böden verwendet.

4 Versuchsdurchführung

Alle durchgeführten Prüfungen erfolgten gemäß den zur Zeit der Prüfung gültigen EN-Normen für Wärmedämmstoffe bzw. gemäß laborinternen Prüfverfahren.

5 Prüfprogramm

Gemäß Prüfauftrag waren folgende, in Tabelle 1 zusammengestellte Güteeigenschaften zu prüfen bzw. zu ermitteln.

Tabelle 1 Übersicht Prüfprogramm

Eigenschaft (Kenngröße)	Norm / Prüfverfahren
Freie Wassersättigung	ECO-QMA-50451 (N)
Offene Porosität	ECO-QMA-50452 (N)
Rohdichte	EN 1602
Reindichte	ECO-QMA-50453 (N)
Wasserdampfdurchlässigkeit	EN ISO 12572
Wasseraufnahmekoeffizient	EN ISO 15148
Hygroskopische Sorptionseigenschaften	EN ISO 12571
Feuchtespeicherfunktion	EN ISO 12571, ECO-QMA-50451 (N)
Spezifische Wärmekapazität	ECO-QMA-50443
Wärmeleitfähigkeit bei Wassersättigung	EN 12664
Temperaturumrechnungskoeffizient	EN 12667

Bemerkung:

Fremdvergaben an akkreditierte Laboratorien sind mit „F“ gekennzeichnet. Nicht akkreditierte Prüfverfahren sind mit „N“ gekennzeichnet.

6 Produktbeschreibung

Der geprüfte Dämmstoff besteht aus Schafschurwolle, die mittels Stützfasern zu einer eigensteifen Platte verfestigt wird. Im Rahmen des Herstellungsprozesses wird das Dämmprodukt mit einem Schutz gegen Fraßinsekten und Entflammung ausgerüstet.

Handelsbezeichnung: **thermalan iso, swisswool iso, tirolwool iso**

Abmessungen : 600 x 1200 mm

Nenndicke: 30, 40, 60, 80, 100 und 120 mm

Nenndichte: 26 kg/m³

Tabelle 2 Zusammenstellung der Materialproben

Bezeichnung	QS-Nr.	Produktion Datum	Nenndicke [mm]	Entnahme	Eingang der Proben	Proben Ident Nr.
thermalan iso 30.600.1200	10702	14.07.2010	30	Hersteller	16.09.2010	10047-P13
thermalan iso 30.600.1200	10697	01.07.2010	30	Hersteller	16.09.2010	10047-P22
thermalan iso 60.600.1200	10702	14.07.2010	60	Hersteller	16.09.2010	10047-P42 10047-P44

7 Prüfergebnisse

7.1 Freie Wassersättigung

Die freie Wassersättigung wird nach einem von ECOLABOR entwickelten Verfahren durchgeführt, das für kapillar nicht aktive Dämmstoffe geeignet ist. Dabei wird die freie Wassersättigung des Probematerials durch völliges Eintauchen in Wasser während einer Zeit von 72 Stunden erreicht, wobei darauf zu achten ist, dass sich zwischen den Fasern keine Luftinseln bilden. Nach der Unterwasserlagerung wird das Probematerial in einer Kassette mit Deckel und Ausflussöffnung 48 Stunden lang auf einer Vorrichtung, wie in EN 12087 beschrieben, zum Abtropfen gelagert. Bei allen Arbeitsschritten ist darauf zu achten, dass das wassergesättigte Probematerial nicht durch Verdunstung an Masse verliert.

Die freie Wassersättigung entspricht jener maximalen Wassermenge, die vom geprüften Bauprodukt bei senkrechtem Einbau langfristig aufgenommen bzw. zurückgehalten werden kann.

Symbole und Einheiten:

Symbol	Physikalische Größe	Einheit
$m_{23,50}$	Masse des Probekörpers bei 23 °C und 50 % RH	g
V	Volumen des Prüfgefäßes	cm ³
$u_{23,50}$	Massebezogener Feuchtegehalt bei 23 °C und 50 % RH	kg/kg
$\rho_{23,50}$	Rohdichte bei 23 °C und 50 % RH	kg/m ³
ρ_0	Trockenrohndichte	kg/m ³
m_f	Masse des Probekörpers bei Fasersättigung	g
ρ_f	Rohdichte bei Fasersättigung $\rho_f = m_f / V$	kg/m ³
w_f	Volumenbezogener Feuchtegehalt bei Fasersättigung $w_f = \rho_f - \rho_0$	kg/m ³

Prüfungsrelevante Angaben:

Rohdichte ρ :	27,8 kg/m ³
Trockenrohndichte ρ_0 :	26,2 kg/m ³
Feuchtegehalt $u_{23,50}$:	0,063 kg/kg
Masse der Proben:	bei 23 °C und 50 % RH
Trocknungsverfahren:	Wärmeschrank mit technischer Lüftung
Trocknungstemperatur:	70 °C
Prüftemperatur:	23 °C
Prüfprinzip:	Unterwasserlagerung
Prüfverfahren:	ECO-QMA-50451
Anzahl der Proben:	3

Tabelle 3 Ermittlung der freien Wassersättigung – Einzelmesswerte und Mittelwert

Nr.	Material Ident.Nr.	V cm ³	$m_{23,50}$ g	$u_{23,50}$ kg/kg	$\rho_{23,50}$ kg/m ³	ρ_0 kg/m ³	m_f g	ρ_f kg/m ³	w_f kg/m ³
1	10047-P44	2400	65,17	0,063	27,2	25,54	102,45	42,69	17,14
2	10047-P42	2400	68,94	0,063	28,7	27,02	107,85	44,94	17,91
3	10047-P42	2400	66,39	0,063	27,7	26,02	108,20	45,08	19,06
			Mittelwerte		27,8	26,20			18,04

7.3 Rohdichte, Reindichte

Rohdichte

Der Dichtebereich wird vom Hersteller mit 26 - 30 kg/m³ angegeben.

Die Bestimmung der Rohdichte erfolgte gemäß EN 1602, und wurde auf eine Ausgleichsfeuchte von 23 °C und 50 % rel. Luftfeuchte bezogen.

Der Feuchtegehalt für die Ausgleichsfeuchte bei 23 °C und 50 % rel. Luftfeuchte wurde nach EN ISO 12571 ermittelt und beträgt $u_{23/50} = 0,063$ kg/kg (Siehe Abschnitt 7.6).

Reindichte

Die Reindichte wurde aus der Trockenrohdsichte und der Porosität nach folgender Gleichung berechnet:

$$\rho_{rein} = \frac{\rho_0}{(1 - \varepsilon)}$$

Hinweis:

Da die Bestimmung der offenen Porosität bei Wassersättigung durchgeführt wurde, ist eine eventuell dadurch entstandene Feuchtedehnung des Prüfmaterials in den Berechnungsergebnissen nicht berücksichtigt worden.

Symbole und Einheiten:

Symbol	Physikalische Größe	Einheit
ρ_0	Trockenrohdsichte	kg/m ³
$\rho_{23,50}$	Rohdichte nach EN 1602	kg/m ³
ρ_{rein}	Reindichte für den trockenen Zustand	kg/m ³
$u_{23,50}$	Massebezogener Feuchtegehalt bei 23 °C und 50 % RH	kg/kg
$m_{23,50}$	Masse des Probekörpers bei 23 °C und 50 % RH	g
ε	Offene Porosität	m ³ /m ³

Prüfungsrelevante Angaben:

Rohdichte:	27,8 kg/m ³
Feuchtegehalt $u_{23,50}$:	0,063 kg/kg
Masse der Proben:	bei 23 °C und 50 % RH
Probengröße:	200 x 200 x 60 mm
Trocknungsverfahren:	Wärmeschrank mit technischer Lüftung
Trocknungstemperatur:	70 °C
Prüftemperatur:	25 °C
Anzahl der Proben:	3

Tabelle 5 Ermittlung der Reindichte – Einzelmesswerte und Mittelwert

Nr.	Material Ident.Nr.	$m_{23,50}$ g	$u_{23,50}$ kg/kg	ρ_0 kg/m ³	$\rho_{23,50}$ kg/m ³	ε m ³ /m ³	ρ_{rein} kg/m ³
1	10047-P44	65,17	0,063	25,54	27,15	0,977	1111
2	10047-P42	68,94	0,063	27,02	28,73	0,978	1228
3	10047-P42	66,39	0,063	26,02	27,66	0,979	1239
Mittelwerte				26,20	27,85	0,978	1193

7.4 Wasserdampfdurchlässigkeit

Die Bestimmung der Wasserdampfdurchlässigkeit erfolgte gemäß EN ISO 12572. Als Prüfbedingung wurde die Klimabedingung A gewählt. Die Prüfung erfolgte im Normalklima bei $(23 \pm 0,5) ^\circ\text{C}$ und $(50 \pm 2) \%$ rel. Luftfeuchte. Als Trocknungsmittel wurde im Prüfgefäß Silicagel verwendet.

Prinzip

In ein oben offenes Prüfgefäß, welches ein Trockenmittel oder eine gesättigte Salzlösung enthält, wird ein Probekörper eingebaut und seitlich abgedichtet. Diese Prüfanordnung wird dann in ein Prüfklima mit kontrollierter Temperatur und Luftfeuchte eingebracht. Aufgrund der Wasserdampfdruckdifferenz zwischen Prüfgefäß und Prüfklima strömt Wasserdampf durch den Probekörper. In gewissen Zeitabständen werden die Prüfanordnungen gewogen und dadurch die Wasserdampf-Diffusionsstromdichte beim Erreichen des stationären Zustandes bestimmt.

Probekörper

Der Probekörper wurde in ein quadratisches Gefäß eingebaut, das am Boden einen Lochanteil von 50 % aufweist. Nach oben hin wurde das Gefäß mit einer Lochplatte mit 50 % Lochanteil abgeschlossen, sodass die entsprechende Dichte während der Prüfung beibehalten werden konnte.

Berechnung

Abweichend zur Norm wurde nicht die der gewählten Klimabedingung entsprechende und rein theoretische Wasserdampf-Teildruckdifferenz von 1400 Pa für die Berechnung herangezogen, sondern die tatsächlich gemessene Wasserdampf-Teildruckdifferenz als Mittelwert über den gesamten Prüfzeitraum hinweg.

Der Diffusionsleitkoeffizient δ wurde, basierend auf den täglichen Luftdruck-Messwerten, als Mittelwert über den gesamten Prüfzeitraum hinweg berechnet.

Symbole und Einheiten:

Symbol	Physikalische Größe	Einheit
$m_{23,50}$	Masse des Probekörpers bei 23 °C und 50 % RH	g
$\rho_{23,50}$	Rohdichte nach EN 1602	kg/m ³
A	Mittelwert aus oberer und unterer freier Prüffläche	cm ²
G	Wasserdampfdiffusionsstrom durch den Probekörper	mg/h
W	Wasserdampfdiffusions-Durchlasskoeffizient bezogen auf den Dampfdruck	mg/m ² hPa
μ	Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl	-
δ_{Luft}	Wasserdampfdiffusionsleitkoeffizient der Luft bezogen auf den Dampfdruck	mg/m h Pa

Klimabedingung A (dry-cup Methode)

Prüfungsrelevante Angaben:

Abmessungen Prüfkörper:	Innenmaße 200 x 200 mm, Höhe 60 mm
Rohdichte $\rho_{23,50}$:	26,7 kg/m ³
Dampfdruckdifferenz:	1188 Pa (gemessener Mittelwert)
Mittl. Luftdruck:	980 hPa
Diff. Leitkoeffizient Luft δ_{Luft} :	0,726 mg/m h Pa
Prüffläche:	400 cm ²
Probenanzahl:	3
Prüfbedingung:	Klimabedingung A (dry-cup Methode)

**Tabelle 6 Bestimmung der Wasserdampfdurchlässigkeit
Klimabedingung A (dry-cup Methode) - Einzelwerte und Mittelwert**

Nr.	Seitenlänge s mm	Höhe h mm	Masse $m_{23,50}$ g	Rohdichte $\rho_{c(23,50)}$ kg/m ³	Prüffläche Mittelwert oben/unten A cm ²	Diffusionsstrom G mg/h	Diffusionsdurchlaßkoeffizient W mg/m ² hPa	Diffusionswiderstandszahl μ -
1	200,0	60,0	63,85	26,6	400,0	313,15	6,59	1,84
2	200,0	60,0	65,25	27,2	400,0	314,42	6,62	1,83
3	200,0	60,0	63,15	26,3	400,0	316,72	6,66	1,82
Mittelwerte				26,7	400,0	314,76	6,62	1,8

Prüfergebnis:

Für eine mittlere Rohdichte von 26,7 kg/m³ wurde gemäß EN ISO 12572 unter Klimabedingung A (dry-cup-Methode) eine mittlere Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl von

$\mu = 1,8$ ermittelt.

7.5 Wasseraufnahmekoeffizient

Der Wasseraufnahmekoeffizient wurde nach EN ISO 15148 bestimmt. Dabei wird die Wasseraufnahme durch Messen der Massenänderung des Probekörpers ermittelt, dessen Unterseite über eine Zeitspanne von üblicherweise mindestens 24 h in Kontakt mit Wasser ist.

Probekörper

Der Probekörper wird in einem Prüfbehälter geprüft, dessen innere Höhe der Nenndicke des Probekörpers entspricht. Die Seitenflächen sind geschlossen. Nach oben hin wird der Prüfbehälter von einem Lochblech mit einem Lochanteil von 50 % abgeschlossen, sodass die entsprechende Dichte während der Prüfung konstant bleibt.

Prüfablauf

Abweichend zur Norm wird der Probekörper nicht 5 mm in das Wasser eingetaucht, sondern auf ein Zellulose-Schichtfilter gelegt, das vollflächigen Kontakt mit dem Wasser hat, wobei der Wasserspiegel so geregelt wird, dass die Oberfläche des Schichtfilters 1-2 mm über der umgebenden Wasseroberfläche liegt. Dadurch wird erreicht, dass an der Oberfläche des Schichtfilters ein dünner Wasserfilm entsteht. Der verwendete Schichtfilter hat einen Wasseraufnahmekoeffizient W_w von ca. 50 kg/m²h^{0,5}. Durch diese Anordnung wird sichergestellt, dass bei der Prüfung nur die Wasseraufnahmefähigkeit aufgrund des Saugverhaltens des Dämmstoffes berücksichtigt wird und nicht kurzfristige Einlagerungen von Wasser in die Dämmstoffmatrix des Prüfgegenstandes, das nach kurzer Zeit unter Einwirkung der Schwerkraft wieder abtropfen würde.

Wegen der sehr geringen Wasseraufnahmefähigkeit wurde abweichend zur EN ISO 15148 die Massenzunahme des Probekörpers nur am Prüfende, d.h. nach 24 Stunden ermittelt. Bevor der Probekörper gewogen wurde, ist das an der Unterseite des Probekörpers haftende Wasser mit einem Schwammtuch entfernt worden. Für den Verlauf der Massenzunahme wurde eine Kurve vom Typ B angenommen.

Symbole und Einheiten:

Symbol	Physikalische Größe	Einheit
m_i	Ausgangsmasse des Probekörpers	g
m_{24}	Masse des Probekörpers nach 24 Stunden	g
$\rho_{23,50}$	Rohdichte nach EN 1602	kg/m ³
A	Wasseraufnehmende Fläche	m ²
Δm_{24}	Flächenbezogene Massenzunahme nach 24 Stunden	kg/m ²
$A_{w,24}$	Wasseraufnahmekoeffizient bezogen auf 24 Stunden, t in Sekunden	kg/m ² s ^{0,5}
$W_{w,24}$	Wasseraufnahmekoeffizient bezogen auf 24 Stunden, t in Stunden	kg/m ² h ^{0,5}

Prüfungsrelevante Angaben:

Masse der Proben:	siehe Tabelle 7
Rohdichte $\rho_{23,50}$:	siehe Tabelle 7
Prüftemperatur:	23 °C
Wasseraufnehmende Fläche A:	0,04 m ²
Probenhöhe:	60 mm
Messintervall:	24 h
Waage:	max. 2000 g, Ablesbarkeit 0,01 g
Kurventyp nach EN ISO 15148:	Typ B
Anzahl der Proben:	3

Tabelle 7 Bestimmung der Wasseraufnahmekoeffizienten Einzelwerte und Mittelwerte

Nr.	Material Ident.Nr.	m_i g	m_{24} g	$\rho_{23,50}$ kg/m ³	A cm ²	Δm_{24} kg/m ²	$A_{w,24}$ kg/m ² s ^{0,5}	$W_{w,24}$ kg/m ² h ^{0,5}
1	10047-P44	63,94	67,80	26,6	400	0,097	3,28E-04	0,020
2	10047-P42	63,43	66,95	26,4	400	0,088	2,99E-04	0,018
3	10047-P42	61,96	66,64	25,8	400	0,117	3,98E-04	0,024
Mittelwerte				26,3	400	0,101	3,42E-04	0,021

Prüfergebnis:

Für eine mittlere Rohdichte von 26,3 kg/m³ wurden gemäß EN ISO 15148 Abschnitt 8 bei Annahme einer resultierenden Kurve vom TYP B folgende Wasseraufnahmekoeffizienten ermittelt:

$$A_{w,24} \quad 3,4 \cdot 10^{-4} \quad \text{kg/m}^2 \text{ s}^{0,5}$$

$$W_{w,24} \quad 0,021 \quad \text{kg/m}^2 \text{ h}^{0,5}$$

7.6 Hygroskopische Sorptionseigenschaften

Das hygroskopische Verhalten des Dämmstoffes wurde nach EN ISO 12571 untersucht. Dabei wurde die Sorptionskurve bei Adsorption und 23 °C nach dem Exsikkator-Verfahren bestimmt.

Das Probematerial wird in eine gasdichte Prüfkammer eingebracht. Die Prüfatmosphäre wird, abweichend von der Norm, nicht durch gesättigte Salzlösungen erzeugt, sondern mit Hilfe eines Feuchtgenerators kann die relative Luftfeuchte in der Prüfkammer auf Werte zwischen 5 % und 95 % eingestellt werden. Die Temperaturkonstanz in der Prüfkammer während der Messphase ist besser als $\pm 0,5$ K.

Sowohl die Luftfeuchte als auch die Temperatur wird mit einem kalibrierten Messgerät kontrolliert bzw. aufgezeichnet. Der Feuchtefühler wurde vorher bei 8 Referenzwerten mit gesättigten Salzlösungen nach EN ISO 12571 kalibriert und mit einer entsprechenden Software neu justiert. Basierend auf den neu justierten Referenzpunkten wird im Sensor intern eine neue Kennlinie generiert.

Die Berechnung der massebezogenen Feuchtegehalte für die gewählten Feuchtestufen erfolgte durch eine analytische Approximation mit Hilfe von Ausgleichspolynomen 6. Ordnung bzw. durch eine grafische Interpolation.

Nach EN ISO 12570 bezieht sich die vereinbarte Definition für die Masse der trockenen Probe (m_0) auf eine Trocknung bei 70 °C im belüfteten Wärmeschrank. In diesem Zustand wurde bei einer Temperatur von 23 °C eine relative Luftfeuchte von ca. 2 % in der umgebenden Atmosphäre gemessen.

Der jeweilige massebezogene Feuchtegehalt u_m der Dämmstoffprobe wird nach folgenden Formeln ermittelt:

$$u = (m - m_0) / m_0 \quad [\text{kg/kg}]$$

bzw.
$$u = ((m - m_0) * 100) / m_0 \quad [\%]$$

Die grafische Darstellung der Messwerte bzw. die Sorptionskurve ist als Diagramm 1 bzw. Diagramm 2 im Anhang wiedergegeben.

Prüfungsrelevante Angaben:

Masse der Proben:	ca. 11 g, trocken
Trocknungsverfahren:	Wärmeschrank mit technischer Lüftung
Trocknungstemperatur:	70 °C
Prüftemperatur:	23 °C
Prüfprinzip:	Adsorptionskurve
Prüfverfahren:	in Anlehnung an das Exsikkatorverfahren
Fühler Ser.Nr.:	0060264244
Fühlergenauigkeit RH:	$\pm 0,5$ % (EN ISO 12571)
Fühlergenauigkeit Temp.:	$\pm 0,1$ K
Feuchtestufen:	10, 20, 35, 50, 65, 80, 90 und 95 % RH
Anzahl der Proben:	3

Symbole und Einheiten:

Symbol	Physikalische Größe	Einheit
m_0	Masse des getrockneten Probekörpers	g
m	Masse des Probekörpers	g
u	Masse des Feuchtegehaltes pro kg Trockenmasse	kg/kg
u	Massebezogener Feuchtegehalt	%

Tabelle 8 Zusammenstellung der auf die entsprechenden Feuchtestufen extrapolierten Messwerte für die hygroskopischen Sorptionseigenschaften bei Adsorption und 23 °C

Nr.	Feuchte Stufe	Messwerte - Feuchtegehalt u [Masse %] bezogen auf die Feuchtestufe			Mittelwerte bezogen auf die Feuchtestufe	
	Rel.Luftf. %	Probe 1 %	Probe 2 %	Probe 3 %	u %	u kg/kg
1	2,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
2	10,0	1,13	1,64	1,60	1,46	0,015
3	20,0	2,40	3,03	3,10	2,84	0,028
4	35,0	4,26	4,88	4,70	4,61	0,046
5	50,0	5,90	6,47	6,50	6,29	0,063
6	65,0	8,10	8,46	8,80	8,45	0,085
7	80,0	11,52	11,80	12,20	11,84	0,118
8	90,0	15,08	15,66	16,50	15,75	0,157
9	95,0	18,55	19,50	20,30	19,45	0,195

7.7 Feuchtespeicherfunktion

Die gesamte Feuchtespeichercharakteristik für kapillar nicht aktive Dämmstoffe setzt sich messtechnisch aus der Sorptionsisotherme (0,00 bis 0,95 RH) und dem Wassergehalt bei freier Sättigung zusammen. Der Wassergehalt bei freier Sättigung (w_f) entspricht dem Feuchtegehalt bei einer relativen Luftfeuchte von 1,00 (= 100 %).

Die Sorptionsisotherme wurde im Abschnitt 0 und der Wassergehalt bei freier Sättigung im Abschnitt 7.1 ermittelt. Der volumenbezogene Wassergehalt wird in den Einheiten kg/m^3 , m^3/m^3 und % angegeben.

Die grafische Darstellung der Feuchtespeichercharakteristik erfolgt im Anhang im Diagramm 4.

Prüfungsrelevante Angaben:

Rohdichte ρ :	30 kg/m^3
Trockenrohddichte ρ_0 :	28,2 kg/m^3
Feuchtegehalt $u_{23,50}$:	0,063 kg/kg
Prüftemperatur:	23 °C
Trocknungstemperatur:	70 °C
Trocknungsverfahren:	Wärmeschrank mit technischer Lüftung
Anzahl der Proben:	jeweils 3

Sorptionsbereich

Prüfprinzip-Sorption:	Adsorption
Prüfverfahren:	in Anlehnung an EN ISO 12571
Masse der Proben:	ca. 11 g, trocken

Freie Wassersättigung

Prüfprinzip-Sättigung:	Unterwasserlagerung
Prüfverfahren:	ECOLABOR bzw. in Anlehnung an EN 1609
Masse der Proben:	65 - 69 g, bei 23 °C und 50 % RH

Symbole und Einheiten:

Symbol	Physikalische Größe	Einheit
w_f	Volumenbezogene Masse des Feuchtegehaltes bei Fasersättigung	kg/m ³
w	Volumenbezogene Masse des Feuchtegehaltes	kg/m ³
w	Volumen des Feuchtegehaltes pro m ³	m ³ /m ³
w	Volumenbezogener Feuchtegehalt	%
u	Masse des Feuchtegehaltes pro kg Trockenmasse	kg/kg
u	Massebezogener Feuchtegehalt	%

Tabelle 9 Feuchtespeicherfunktion für Adsorption und 23 °C - Tabellenwerte

Nr.	Rel.Luftf. -	u %	u kg/kg	w kg/m ³	w m ³ /m ³	w %
1	0,02	0,00	0,000	0,00	0,00000	0,000
2	0,10	1,46	0,015	0,41	0,00041	0,041
3	0,20	2,84	0,028	0,80	0,00080	0,080
4	0,35	4,61	0,046	1,30	0,00130	0,130
5	0,50	6,29	0,063	1,77	0,00177	0,177
6	0,65	8,45	0,085	2,38	0,00238	0,238
7	0,80	11,84	0,118	3,34	0,00334	0,334
8	0,90	15,75	0,157	4,44	0,00444	0,444
9	0,95	19,45	0,195	5,48	0,00548	0,548
10	1,00	63,97	0,640	18,04	0,01804	1,804

7.8 Spezifische Wärmekapazität

Die Messung der spezifischen Wärmekapazität erfolgte gemäß Verfahrensanweisung ECO-QMA-50443 in einer Messapparatur nach ISO 8302 bzw. EN 1946-2 mit einem zusätzlichen Softwaremodul zur Bestimmung der volumenspezifischen Wärmekapazität (Makrokalorimeter). Mit dieser Einrichtung kann die spezifische Wärmekapazität von großvolumigen, heterogenen Proben bis zu einer Probengröße von 500 x 500 mm bestimmt werden.

Ausgehend von einer konstanten Ausgangstemperatur der Warm- bzw. Kaltplatte werden die beiden Solltemperaturen innerhalb einer festgelegten Zeit von 200 min synchron um eine Temperaturerhöhung von 2 K in einer Rampe erhöht. Während dieser Zeit wird der in die Probe fließende Wärmestrom gemessen. Nach Erreichen des Endwertes der Solltemperaturen wird aus den gemessenen Größen die volumenspezifische Wärmekapazität errechnet.

Die spez. Wärmekapazität c_p wird nach dem physikalischen Zusammenhang $c_p=c_v/\rho$ ermittelt, wobei c_v für die volumenspezifische Wärmekapazität und ρ für die Dichte der Probe steht.

Basierend auf dem Messwert für den trockenen Zustand wird der Wert für die spezifische Wärmekapazität der Probe mit dem Feuchtegehalt bei der Ausgleichsfeuchte von 23 °C und 50 % relativer Luftfeuchte rechnerisch durch Addition der spezifischen Wärmekapazität von Wasser, entsprechend dem Feuchtegehalt, ermittelt. Das Ergebnis wird als Mittelwert der Einzelergebnisse dargestellt.

Der Feuchtegehalt während der Messung wurde rechnerisch berücksichtigt.

Die spezifische Wärmeleitfähigkeit wird auf 10 J/kg K genau gerundet.

Symbole und Einheiten:

Symbol	Physikalische Größe	Einheit
c_p	Spezifische Wärmekapazität	J/kg K
c_v	Volumenspezifische Wärmekapazität	J/m ³ K
ρ	Rohdichte	kg/m ³
ρ_0	Trockenrohichte	kg/m ³
u	Masse des Feuchtegehaltes pro kg Trockenmasse	kg/kg
w	Volumenbezogene Masse des Feuchtegehaltes	kg/m ³

Prüfungsrelevante Angaben:

Trocknungstemperatur:	70 °C
Mittelwert der Prüftemperatur:	23 °C
Massebez. Feuchtegehalt $u_{23,50}$:	0,063 kg/kg (lt. Sorptionsmessung)
Massebez. Feuchtegehalt $u_{23,80}$:	0,118 kg/kg (lt. Sorptionsmessung)
Umhüllung der Probe:	PE-Folie (Dicke 0,01 mm)
Spez. Wärme für Wasser:	4.183 J/kg K (Literaturwert für 23 °C)

Tabelle 10 Zusammenstellung der Daten und der Berechnungsergebnisse

	Einheit	Probe 1	Probe 2	Mittelwert
Proben Ident Nr.	-	10047-P1301	10047-P2201	
Messprotokoll Nr.	-	10047038	10047039	
Abmessungen	mm	499 x 498	501 x 499	
Dicke	mm	30,06	30,00	
Masse bei $u_{dry} = 0,00$	g	188,5	177,6	
Trockenrohichte	kg/m ³	25,2	23,7	
Massebezogener Feuchtegehalt $u_{23,50}$	kg/kg	0,063	0,063	
Massebezogener Feuchtegehalt $u_{23,80}$	kg/kg	0,118	0,118	
Volumenbezogener Feuchtegehalt $w_{23,50}$	kg/m ³	1,589	1,492	
Volumenbezogener Feuchtegehalt $w_{23,80}$	kg/m ³	2,977	2,794	
Volumenspezifische Wärme, trocken	J/m ³ K	42.334	39.641	
Spezifische Wärme, Wasser	J/kg K	4182	4182	
Spezifische Wärme $c_{p,dry}$, Messwert	J/kg K	1645	1646	1650
Spezifische Wärme $c_{p(23,50)}$	J/kg K	1795	1796	1800

Berechnungsergebnisse:

Bezogen auf den trockenen Zustand beträgt die spezifische Wärmekapazität für das geprüfte Bauprodukt

$$c_{p(dry)} = 1.650 \text{ J/kg K}$$

Bezogen auf eine Ausgleichsfeuchte bei 23 °C und 50 % relative Luftfeuchte beträgt die spezifische Wärmekapazität für das geprüfte Bauprodukt

$$c_{p(23,50)} = 1.800 \text{ J/kg K}$$

7.9 Wärmeleitfähigkeit bei Wassersättigung

Die Messung der Wärmeleitfähigkeit erfolgte gemäß EN 12664 bzw. EN 12667. Verwendet wurde ein Einplattengerät nach ISO 8302 bzw. EN 1946-2 mit der Warmseite nach unten und mit aktiv beheizten Seitenwänden. Die maximale Probengröße beträgt 500 mm x 500 mm.

Die Messungen der Wärmeleitfähigkeit an den feuchten Probekörpern wurden bei einer Temperaturdifferenz mit einem Temperaturgradienten ≤ 1 K/cm durchgeführt, um eine Feuchtwanderung im Dämmstoff während der Messung zu verhindern.

Probenvorbereitung

Die Probe wurde 72 Stunden lang unter Wasser gelagert und anschließend 48 Stunden lang senkrecht über Eck so aufgestellt, dass das überschüssige Wasser am tiefsten Punkt abfließen konnte. Während dieser Zeit wurde die Probe so abgedeckt dass kein zusätzlicher Gewichtsverlust durch Trocknen möglich war. Während der Messung der Wärmeleitfähigkeit war der Probekörper mit einer 0,01 mm dicken PE-Folie umhüllt. Messwerte siehe Tabelle 11.

Prüfungsrelevante Angaben:

Proben Ident.Nr.:	10047-P2201
Rohdichte:	25,7 kg/m ³
Dichte bei w_f :	42,6 kg/m ³
Freie Sättigung w_f nach Prüfung:	18,4 kg/m ³

7.10 Temperaturumrechnungskoeffizient

Die Temperaturabhängigkeit der Wärmeleitfähigkeit wurde aufgrund von drei Messungen nach EN 12667 bestimmt. Verwendet wurde ein Einplattengerät nach ISO 8302 bzw. EN 1946-2 mit der Warmseite nach unten und mit aktiv beheizten Seitenwänden. Die maximale Probengröße beträgt 500 mm x 500 mm. Während der Messung der Wärmeleitfähigkeit war der Probekörper mit einer 0,01 mm dicken PE-Folie umhüllt. Messwerte siehe Tabelle 11.

Prüfungsrelevante Angaben:

Proben Ident.Nr.:	10047-P1301
Rohdichte:	26,9 kg/m ³
Trocknungsverfahren:	Wärmeschrank mit technischer Lüftung
Trocknungstemperatur:	70 °C
Prüftemperaturen:	10 °C, 20 °C, 30 °C

Die Umrechnung für die Temperatur erfolgt nach der Gleichung $\lambda_T = \lambda_0 + a \cdot T$

λ_0 [W/mK]:	Wärmeleitfähigkeit bei 0°C
a [W/mK°C]:	Temperaturumrechnungskoeffizient
λ_T [W/mK]:	Wärmeleitfähigkeit bei der Mitteltemperatur T [°C]

Der Temperaturumrechnungskoeffizient wurde aus 3 Messwerten durch lineare Regression ermittelt. Siehe Diagramm 3.

Tabelle 11 Zusammenstellung der Wärmeleitfähigkeits-Messwerte

Nr.	Prüf Nr.	Proben Ident.Nr.	Einbaudicke	Rohdichte	Trockn./Kond.	Bezugsfeuchte	Feuchtegehalt n. Messung	Mittel-Temp.	Mittl. Temp. Diff.	Messwert Wärmeleitfähigkeit	Wärmeleitfähigkeit
	-	-	d	$\rho_{23,50}$	-	u_m	u_g	t_m	Δt_m	$\lambda_{t_m,g}$	λ_{t_m}
	-	-	mm	kg/m ³	-	%	%	°C	K	W/mK	W/mK
01	10047014	10047-P1301	30,0	26,9	70 °C	-	0,5	10,0	6,0	0,03572	0,0357
02	10047034	10047-P1301	30,0	26,9	70 °C	-	0,5	20,0	6,0	0,03750	0,0375
03	10047035	10047-P1301	30,0	26,9	70 °C	-	0,5	30,0	6,0	0,03946	0,0395
04	10047037	10047-P2201	30,0	25,7	sätt.	-	75,99	10,0	3,0	0,03678	0,0368

Die Änderung des Feuchtegehaltes während der Messdauer wurde nicht berücksichtigt.

8 Hygrothermische Kenngrößen - Zusammenfassung

Dämmplatte aus Schafschurwolle thermisch verfestigt mit Polyesterfasern

Hersteller: Baur Vliesstoffe, D-91550 Dinkelsbühl-Sinbronn

Produktbezeichnung: **thermalan iso, swisswool iso, tirolwool iso**

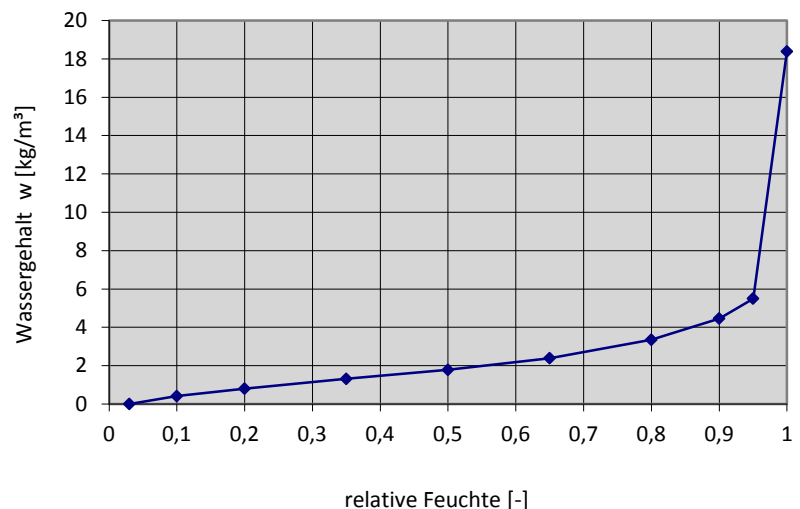
Tabelle 12 Zusammenstellung der Prüf- und Berechnungsergebnisse

Kenngröße	Symbol	Wert	Einheit	Norm / Verfahren
Rohdichte	ρ_{roh}	26 - 30	kg/m ³	EN 1602
Trockenrohddichte	ρ_0	24,5 - 28,2	kg/m ³	-
Offene Porosität (bei u=0)	ϵ	0,978	m ³ /m ³	ECO-QMA-50452
Reindichte (bei u=0)	ρ_{rein}	1190	kg/m ³	ECO-QMA-50453
Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl (dry-cup)	μ	1,8	-	EN ISO 12572
Wasseraufnahmekoeffizient W-Wert	$W_{w,24}$	0,021	kg/m ² h ^{0,5}	EN ISO 15148
Wasseraufnahmekoeffizient A-Wert	$A_{w,24}$	3,4 10 ⁻⁴	kg/m ² s ^{0,5}	EN ISO 15148
Freie Wassersättigung	w_f	18,04	kg/m ³	ECO-QMA-50451
Bezugsfeuchtegehalt	w_{80}	3,35	kg/m ³	EN ISO 12571
Spezifische Wärmekapazität (trocken) bei 23 °C	$c_{p(\text{dry})}$	1650	J/kgK	ECO-QMA-50443
Spezifische Wärmekapazität (23/50) bei 23 °C	$c_{p(23,50)}$	1800	J/kgK	ECO-QMA-50443
Wärmeleitfähigkeit trocken ¹⁾	$\lambda_{10,\text{dry},90/90}$	0,0360	W/mK	EN ISO 10456
Wärmeleitfähigkeit, Nennwert (23,50) ¹⁾	$\lambda_{D(23,50)}$	0,036	W/mK	EN ISO 10456
Wärmeleitfähigkeit, Bemessungswert (23,80) ¹⁾	$\lambda_{(23,80)}$	0,036	W/mK	EN ISO 10456
Wärmeleitfähigkeit bei Wassersättigung	λ_f	0,037	W/mK	EN 12664
Wärmeleitfähigkeit bei 0 °C, trocken	$\lambda_{0,\text{dry}}$	0,0341	W/mK	-
Temperaturumrechnungskoeffizient (trocken)	a	1,87·10 ⁻⁴	W/mK°C	EN 12667

¹⁾ Übernahme aus Prüfbericht ECO- P11001-10047

Feuchtespeicherfunktion für Adsorption und 23 °C – EN ISO 12571

rel. Luftf. [-]	w [kg/m ³]
0,02	0,00
0,10	0,41
0,20	0,80
0,35	1,31
0,50	1,78
0,65	2,39
0,80	3,35
0,90	4,46
0,95	5,50
1,00	18,04



9 Wiedergabe, Veröffentlichung

Der vorliegende Untersuchungsbericht ECO-P11013-10059 umfasst 18 Seiten mit 12 Tabellen und 4 Diagrammen.

Dieser Prüfbericht darf nur ungekürzt und nach Form und Inhalt unverändert veröffentlicht oder vervielfältigt werden. Eine auszugsweise Wiedergabe bedarf der vorherigen schriftlichen Zustimmung der Fa. ECOLABOR e.U..

Anmerkung:

Die angegebenen Prüfergebnisse gelten für die Probekörper zum Zeitpunkt der Prüfung.

Stainz, 18.11.2011

F. Neubauer



Zeichnungsberechtigter Leiter des Prüflaboratoriums
Dipl.Ing.Franz Neubauer

10 Anhang

Diagramm 1 Messwerte der 3 Proben für Adsorption bei 23 °C

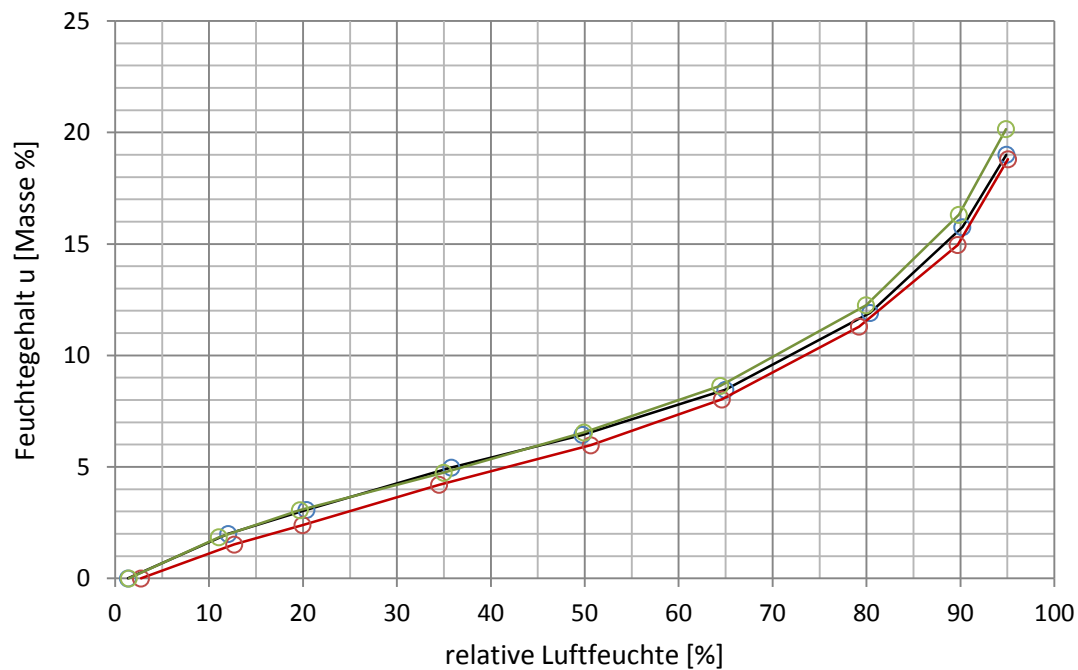


Diagramm 2 Sorptionskurve für Adsorption bei 23 °C (Mittelwerte)

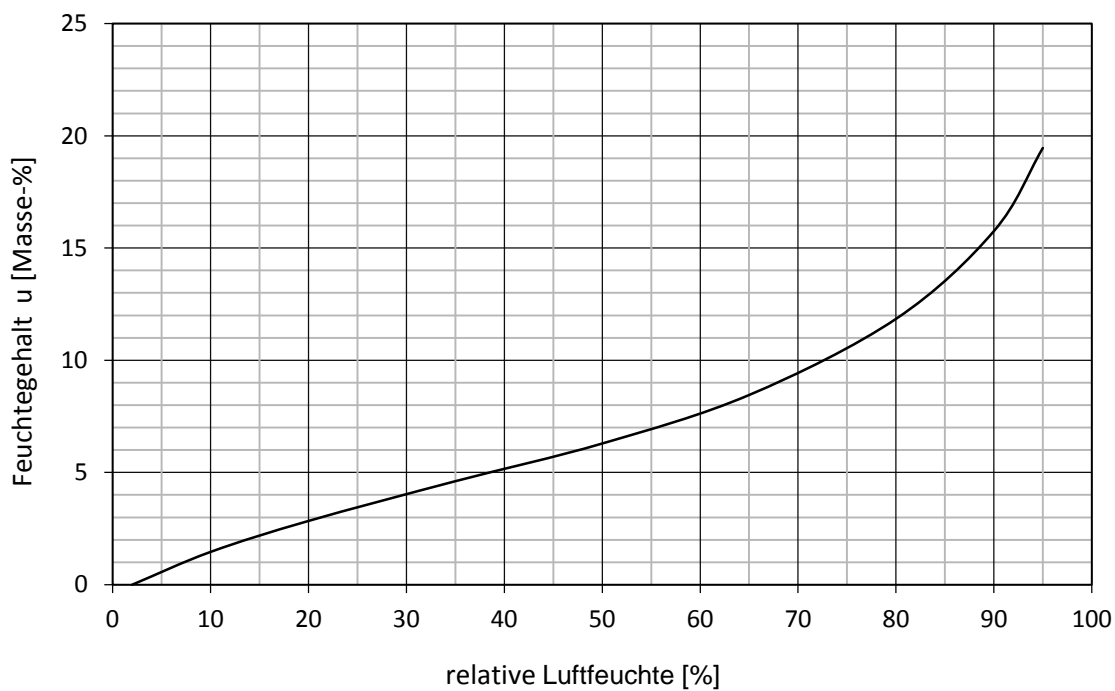
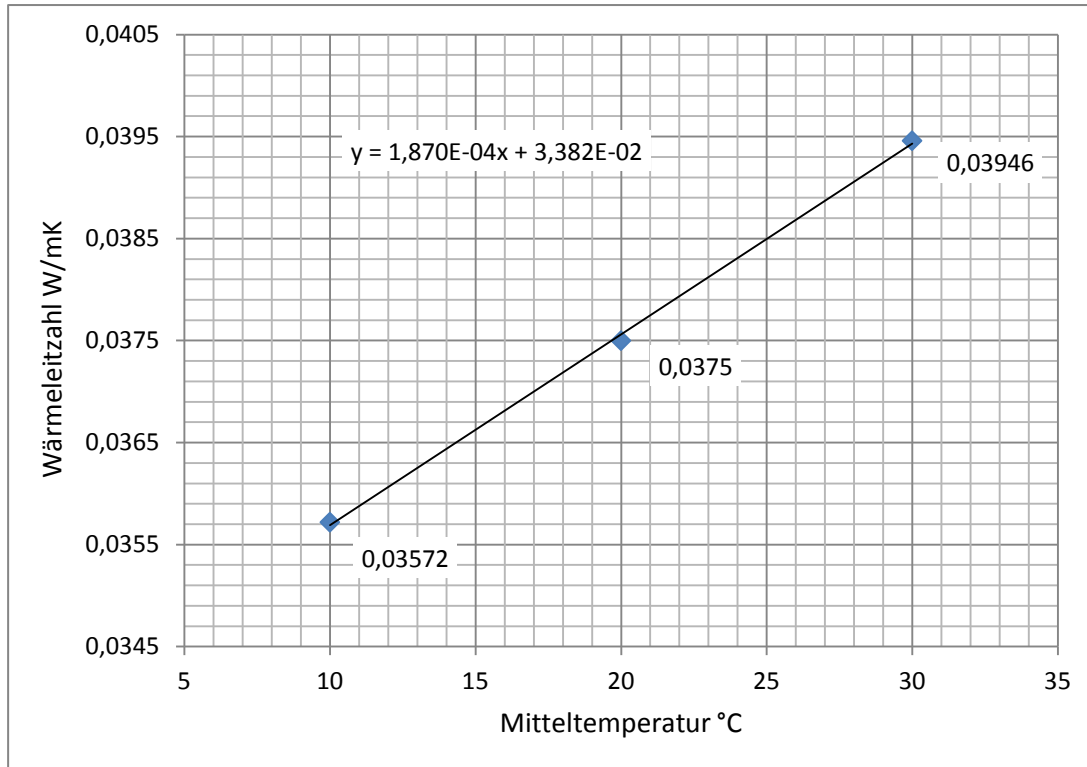


Diagramm 3 Einfluss der Temperatur auf die Wärmeleitfähigkeit**Diagramm 4 Grafische Darstellung der Feuchtespeichercharakteristik für Adsorption bei 23 °C**