

# **Abschlussbericht**

GEORG BÖRNER Chemisches Werk für Dach- und Bautenschutz GmbH & Co. KG

GEORG BÖRNER Chemisches Werk für Dach- und Bautenschutz GmbH & Co. KG

## **Entwicklung einer binderfixierten Trägereinlage für (Polymer-)Bitumenbahnen auf Basis von nachwachsenden Rohstoffen**

### **I. Teilprojekt**

**Abschlussbericht über ein Teilprojekt,  
gefördert unter dem AZ: 25712  
von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt**

von

DWI Ina Sigmund, DI Jens Bretthauer und Dr. Gerhard Faßbender

Bad Hersfeld  
III/2009

# Abschlussbericht

GEORG BÖRNER Chemisches Werk für Dach- und Bautenschutz GmbH & Co. KG

06/02 <b>Projektkennblatt</b> der <b>Deutschen Bundesstiftung Umwelt</b>			
Az	<b>25712-21/2</b>	Referat	<b>21/2</b>
		Fördersumme	<b>114.000,00 €</b>
<b>Antragstitel</b>		<b>Dachbahnen-Einlage auf Basis nachwachsender Rohstoffe</b>	
<b>Stichworte</b>			
Laufzeit	Projektbeginn	Projektende	Projektphase(n)
<b>12 Monate</b>	<b>01.01.2008</b>	<b>31.12.2008</b>	<b>1</b>
Zwischenberichte			
<b>Bewilligungsempfänger</b>	GEORG BÖRNER Chemisches Werk für Dach- und Bautenschutz GmbH & Co. KG Heinrich-Börner-Str. 31 36251 Bad Hersfeld		Tel 06621 175-0 Fax 06621 175-200
			Projektleitung Wolfgang Schmidt
			Bearbeiter
<b>Kooperationspartner</b>	Flachshaus GmbH Tannenkoppelweg 1 16928 Falkenhagen		
<b>Zielsetzung und Anlaß des Vorhabens</b>			
<p>Moderne Polymerbitumendach- und -dichtungsbahnen beinhalten neben Deck- und Klebeschichten aus Polymerbitumen eine armierende Trägereinlage aus Polyesterfaservlies (PV) oder einer Kombination aus Glasgitter und Polyestervlies (Kombiträger). Diese Trägereinlagen sind mit einem Kunstharzbinder verfestigt, um ihnen die erforderlichen technischen Eigenschaften zu verleihen.</p> <p>Ziel dieses Projektes ist es, dem Markt eine Trägereinlage auf Basis nachwachsender Rohstoffe zur Verfügung zu stellen, die alle geforderten Materialeigenschaften aufweist.</p> <p>Dieses erste Teilprojekt befasst sich mit der Erarbeitung der Produktionstechnologie und der labortechnischen Ausprüfung und Bewertung der Materialeigenschaften einer Dachbahnen-Einlage auf Basis nachwachsender Rohstoffe.</p>			

# Abschlussbericht

GEORG BÖRNER Chemisches Werk für Dach- und Bautenschutz GmbH & Co. KG

## ***Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden***

### Vlies - Produktdesign und Produktionstechnologie:

Naturfaservlies auf der Basis von Flachsfasern, ausgerüstet mit einem Binder auf Bagassebasis zur Hydrophobierung und Versteifung.

Eventuell zusätzliche mechanische Verstärkung des Vlieses durch Einarbeitung eines Fadengeleges. Die notwendige Brandschutzausrüstung soll eventuell auf Basis von Blähgrafit erreicht werden.

Die Herstellung eines vernadelten Flachsfaservlieses wird auf einer Vlieskrepel erfolgen. Die Ausrüstung mit Kunstharzbinder erfolgt zunächst im Tauchverfahren. Anschließend erfolgt das Verpressen des Nadelvlieses mit einem Vlieskalandar.

### Anforderungen an das Flachsfaservlies:

in Anlehnung an DIN 18191 – Polyestervlies als Einlage für Bitumen- und Polymerbitumenbahnen

Labortechnische Ausprüfung des Flachs-Rohvlieses und Vergleich mit Standard-Polyestervlies nach DIN 18191 und den darin beschriebenen Prüfungen:

#### Zusätzliche Prüfungen/Bewertungen:

- EN 12311-1 Bestimmung des Zug-Dehnungsverhaltens
- ISO 9073-1 Weitereißfestigkeit
- EN 1931 (in Anl.) Wasserdampfaufnahme

Herstellung und Ausprüfung von Polymerbitumenbahnen unter Verwendung von Flachsfaservlies im Labormaßstab und Vergleich mit Standardware nach DIN EN 13707 Bitumenbahnen mit Trägereinlage und den darin beschriebene Prüfungen:

- EN 12311-1 Bestimmung des Zug-Dehnungsverhaltens
- EN 1107-1 Dimensionsstabilität
- ISO 9073-1 Weitereißfestigkeit
- EN 1931 (in Anl.) Wasserdampfaufnahme

Ingesamt soll die Machbarkeit einer Trägereinlage für Bitumenbahnen auf Basis nachwachsender Rohstoffe geprüft und demonstriert werden. Die Eigenschaften sollen sowohl am Rohvlies als auch an einer labortechnisch hergestellten Polymerbitumenbahn ausgeprüft werden, wobei besonderes Augenmerk auf die Feuchtigkeitsaufnahme zu richten ist.

# Abschlussbericht

GEORG BÖRNER Chemisches Werk für Dach- und Bautenschutz GmbH & Co. KG

## **Ergebnisse und Diskussion**

Im Rahmen der Versuche zur Vliesbildung ist der geforderte Nadelvliesstoff aus Flachs mit einer Flächenmasse von 300 g/m<sup>2</sup> hergestellt worden.

Die angestrebte Feststoffbinderauflage konnte mit den zur Verfügung gestellten Mustervarianten nur durch Verdünnen mittels Wasser bzw. THFA erreicht werden, wobei die Verdünnung mit THFA deutlich bessere Ergebnisse zeigt, wie ein Vergleichsversuch mit Furanharzbinder BIOREZ 080101 deutlich machte.

Der Test hinsichtlich der Biegebeanspruchung wurde in allen Versuchsvarianten ohne Einschränkungen bestanden.

Die geforderte Höchstzugkraft konnte mit BIOREZ in keinem Fall erreicht werden. Beim Einsatz von Furanharzbinder FUROLITE wurden die geforderten 700 N bei einer Binderauflage von 30% in Querrichtung deutlich übertroffen. In Längsrichtung lagen die Höchstzugkräfte bei dieser Auflagemenge jedoch nur bei ca. 60-65% des Anforderungswerts von 700 N.

Die Prüfung der Imprägnierwilligkeit brachte zufriedenstellende Ergebnisse ebenso wie die die Prüfung der Dicke des Vlieses vor und nach der Bitumenimprägnierung und der aufgenommenen Bitumenmenge. Die Prüfung der Festigkeits- und Dehnungszunahme nach der Bitumenimprägnierung ergab sehr gute, mit Standardträgereinlagen nicht realisierbare Ergebnisse.

Die Weiterreißfestigkeit – Schenkelversuch – ergab voll vergleichbare Ergebnisse zum im Vergleich mit geprüften Glasseidenmischgewebe als Träger für Bitumenbahnen.

Die Prüfung der Dimensionsstabilität – geprüft am bitumenimprägnierten Flachsvlies - erbrachte gute Ergebnisse, vor allem im Vergleich zum Standardpolyestervlies als Trägereinlage.

Die Prüfung des Brandverhaltens ergab eine Einstufung in die Klasse E nach DIN EN 13501-1, roh und bitumenimprägniert. Das Material ist damit uneingeschränkt als Baustoff einsetzbar.

Die Prüfung der Feuchtigkeitsaufnahme ergab nicht das geforderte Niveau. Sowohl roh als auch bitumenimprägniert wurde die geforderte Feuchtaufnahme des Vlieses von  $\leq 0,5$  Gew. % nicht erreicht.

Die Prozessfähigkeit, geprüft in einem Produktionsversuch, ist leider auch noch nicht erreicht. Das Flachsvlies riss nach der Imprägnierung mit Heissbitumen auf dem Weg zwischen der Imprägnierpfanne und der Deckschichtbelegung. Aus diesem Grund konnte die geplante Ausprüfung des Endproduktes nicht durchgeführt werden.

## **Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation**

Keine Aktivitäten durchgeführt

## **Fazit**

Im vorliegenden Teilprojekt konnte eine Reihe von Anforderungen, die an Trägereinlagen für Dachbahnen gestellt werden, mit positivem Ergebnis be- und abgearbeitet werden. Dies zeigt, dass ein Träger für Bitumenbahnen aus 100% nachwachsenden Rohstoffen möglich ist.

Nicht gelöst werden konnte im Rahmen dieses Teilprojektes die Problematik nicht ausreichender Festigkeiten und die damit verbundenen mangelhafte Prozessfähigkeit. (Anteilige) Verwendung geeigneter Langfasern und/oder Längsfadenverstärkung des Vlieses sind hier erfolgversprechende Lösungsansätze.

Zur Lösung der bisher mangelhaften Hydrophobie ist eine effektive Blockierung der humidophilen funktionellen Gruppen an der Faseroberfläche notwendig, möglichst durch chemische Reaktion. Dass dies mit dem gewählten Bindersystem prinzipiell möglich ist, zeigen entsprechende Publikationen. Hier sind in Kooperation mit dem Hersteller des Bindersystems weitere Versuche erforderlich.

Aus ökonomischer Sicht ist bei dem derzeitigen Preisniveau erdölbasierter Vliesstoffe ein Markterfolg derartiger, nachhaltiger Produkte leider kaum zu erwarten. Das Projekt sollte deshalb zunächst ausgesetzt werden, bis die ökonomischen Rahmenbedingungen gegeben sind.

# Abschlussbericht

GEORG BÖRNER Chemisches Werk für Dach- und Bautenschutz GmbH & Co. KG

## Inhaltsverzeichnis

- I) Zusammenfassung
- II) Einleitung
- III) Projektablauf
  - A) Entwicklung eines geeigneten, naturfaserbasierten Rohvliesstoffes
  - B) Entwicklung eines geeigneten Auftragsverfahrens für den Vliesstoffbinder
  - C) Entwicklung eines geeigneten, nachhaltigen Bindersystems
  - D) Textilphysikalische Prüfung der Versuchsvarianten
  - E) Orientierende Tests zur Eignung und Verarbeitbarkeit als Träger für Polymerbitumenbahnen
- IV) Fazit und Ausblick

## Tabellenverzeichnis

- Anlage 1 : Versuchsprotokolle Ausrüstung, STFI, 3 Tabellen
- Anlage 2 : Prüfergebnisse Dachbahnvorprodukt, STFI, 4 Tabellen
- Anlage 3 : Prüfergebnisse Dachbahnvorprodukt, Börner, 6 Tabellen

## Abbildungsverzeichnis

- Bild 1 Prinzip des Vernadelns von Faservlies
- Bild 2 DILO Versuchsnadelmaschine
- Bild 3 Laborfoulard
- Bild 4 Labortrockner
- Bild 5 Zugprüfmaschine
- Bild 6 Prüfapparatur Brandverhalten
- Bild 7 Prüfapparatur Feuchtigkeitsaufnahme

# Abschlussbericht

GEORG BÖRNER Chemisches Werk für Dach- und Bautenschutz GmbH & Co. KG

## I) Zusammenfassung

Im Rahmen der Versuche zur Vliesbildung ist der geforderte Nadelvliesstoff aus Flachs mit einer Flächenmasse von 300 g/m<sup>2</sup> hergestellt worden.

Die angestrebte Feststoffbinderauflage konnte mit den zur Verfügung gestellten Mustervarianten nur durch Verdünnen mittels Wasser bzw. THFA erreicht werden, wobei die Verdünnung mit THFA deutlich bessere Ergebnisse zeigt, wie ein Vergleichsversuch mit BIOREZ 080101 deutlich machte.

Der Test hinsichtlich der Biegebeanspruchung wurde in allen Versuchsvarianten ohne Einschränkungen bestanden.

Die geforderte Höchstzugkraft konnte mit BIOREZ in keinem Fall erreicht werden. Beim Einsatz von Furanharzbinder FUROLITE wurden die geforderten 700 N bei einer Binderauflage von 30% in Querrichtung deutlich übertroffen. In Längsrichtung lagen die Höchstzugkräfte bei dieser Auflagemenge jedoch nur bei ca. 60 – 65 % des Anforderungswerts von 700 N.

Die Prüfung der Imprägnierwilligkeit brachte zufriedenstellende Ergebnisse ebenso wie die die Prüfung der Dicke des Vlieses vor und nach der Bitumenimprägnierung und der aufgenommenen Bitumenmenge.

Die Prüfung der Festigkeits- und Dehnungszunahme nach der Bitumenimprägnierung ergab sehr gute, mit Standardträgereinlagen nicht realisierbare Ergebnisse.

Die Weiterreißfestigkeit – Schenkerversuch – ergab voll vergleichbare Ergebnisse zum im Vergleich mit geprüften Glasseidenmischgewebe als Träger für Bitumenbahnen.

Die Prüfung der Dimensionsstabilität – geprüft am bitumenimprägnierten Flachsvlies - erbrachte gute Ergebnisse, vor allem im Vergleich zum Standardpolyestervlies als Trägereinlage.

Die Prüfung des Brandverhaltens ergab eine Einstufung in die Klasse E nach DIN EN 13501-1, roh und bitumenimprägniert. Das Material ist damit uneingeschränkt als Baustoff einsetzbar.

Die Prüfung der Feuchtigkeitsaufnahme ergab nicht das geforderte Niveau. Sowohl roh als auch bitumenimprägniert wurde die geforderte Feuchtaufnahme von  $\leq 0,5$  Gew. % nicht erreicht.

Die Prozessfähigkeit, geprüft in einem Produktionsversuch, ist leider auch noch nicht erreicht. Das Flachsvlies riss nach der Imprägnierung mit Heissbitumen auf dem Weg zwischen der Imprägnierpfanne und der Deckschichtbelegung. Aus diesem Grund konnte die geplante Ausprüfung des Endproduktes nicht durchgeführt werden.

# Abschlussbericht

GEORG BÖRNER Chemisches Werk für Dach- und Bautenschutz GmbH & Co. KG

## II) Einleitung

Bitumen- und Polymerbitumenbahnen spielen in der Abdichtung von Ingenieurbauwerken u. ä. seit mehr als 100 Jahren weltweit eine führende Rolle. Sie bestehen im Allgemeinen aus einer Trägereinlage, die mit Bitumen getränkt ist, einer ober- und unterseitigen Deckschicht aus (Polymer-)Bitumen sowie einer ober- und unterseitigen Abstreuerung oder Abdeckung aus Sand, Schiefersplitt oder Kunststoffolie.

An die armierende Trägereinlage werden, um die Dauerhaftigkeit der daraus hergestellten Abdichtung zu gewährleisten, komplexe Anforderungen gestellt:

- Gute Verbindung zum Bitumen
- Keine chemische Reaktion zwischen Bitumen und Träger
- Weitgehende Alterungsbeständigkeit unter üblichen, auf Bauwerksabdichtungen einwirkenden Einflüssen wie Wasser, Kälte und Wärme, Temperatursprüngen, Untergrundbewegungen, Bewitterung, etc.
- Gute Zugfestigkeit und ausreichende Dehnung
- Gute Widerstandsfähigkeit gegen Materialermüdung
- Möglichst geringe Wasseraufnahme
- Dimensionsstabilität während Herstellung, Verarbeitung sowie Gebrauch
- Ausreichende Temperaturbeständigkeit; kurzfristig bis 200 °C, langfristig bis ca. 90 °C.

Marktbedeutung haben heute im Wesentlichen folgende Einlagentypen:

- Polyestervlies
- Glasgewebe
- Glasvlies
- Kombinationsträger Glas aus und Polyester, z.B.: Glasgitter/Polyestervlies

wobei die glasbasierten Träger wegen Dimensions- und Temperaturstabilität sowie Unverrottbarkeit, die Polyestervliese wegen ihrer hohen Dehnfähigkeit und mechanischen Belastbarkeit eingesetzt werden.

Alle oben genannten Träger sind mit einem Binder verfestigt, beispielsweise auf Basis Phenol/Formaldehyd, Harnstoff/Formaldehyd oder Polyacrylester. Die Herstellung dieser Binder erfolgt ebenso auf Basis mineralölstämmiger Rohstoffe wie die Polyestervliesherstellung insgesamt; bei den glasbasierten Trägern schlägt ein hoher Energieverbrauch beim Spinnen der Glasfasern bei der LCI negativ zu Buche.

Ziel des vorliegenden Entwicklungsvorhabens (Teil I) war es, durch entsprechende Labor- und Technikumsversuche die Voraussetzungen zu schaffen, um letzten Endes mit erfolgreicher Produktion dem Markt Produkte mit Trägereinlagen anzubieten, die, soweit technisch machbar, auf nachhaltiger Basis basieren. Dies betrifft das Vlies, den zur Herstellung benötigten Binder als auch das Herstellverfahren, das, soweit realisierbar, energieeffizient und ohne VOC-Emission auskommen soll.

# Abschlussbericht

GEORG BÖRNER Chemisches Werk für Dach- und Bautenschutz GmbH & Co. KG

## III) Projektablauf

### Herstellung von Nadelvliesstoffvarianten nach vorgegebenem Anforderungsprofil

Die nachfolgend beschriebenen Arbeiten wurden vom Sächsischen Textil Forschungsinstitut, Chemnitz, (STFI) unter der Leitung von Frau DWI Ina Sigmund in Kooperation mit dem Projektpartner Flachshaus GmbH durchgeführt.

#### Gefordertes Anforderungsprofil

Flächenmasse	DIN EN 29073-1	300 g/m <sup>2</sup>
Bindergehalt		20-30 %
Temperaturbeständigkeit		200 °C kurzzeitig
Biegeplatte	DIN 18 192	knickfrei
Zugfestigkeit	DIN EN 50123	700 N

## A) Entwicklung eines geeigneten, naturfaserbasierten Rohvliesstoffes

### 1) Auswahl geeigneter Faserqualitäten

Es wurden geeignete Flachskurzfasern mit einer mittleren Stapellänge von 64,5 mm für die Versuchsdurchführung ausgewählt.

### 2) Laborversuche zur Vliesbildung und Vliesverfestigung

Grundlage der technisch/technologischen Versuche zur Vliesstoffentwicklung ist die Vliesbildung durch Kardieren mit anschließendem Quertäfelndes Krempelflors zu einem Rohvlies entsprechender Flächenmasse. Voraussetzung für die Kardierung der qualitativ stark variablen Reißfasern ist die Anpassung der Arbeitsorgane an das Material.

Als geeignetes Verfahren zur Vliesverfestigung wurde das Vernadeln gewählt. Dort wird ein Teil der horizontal orientierten Fasern beim Durchstechen von mit Kerben versehenen Nadeln in die senkrechte Ebene umorientiert (s. Bild 1). Durch den dabei erzielten Form- und Reibschluss erfolgt die Verfestigung des Vlieses.

# Abschlussbericht

GEORG BÖRNER Chemisches Werk für Dach- und Bautenschutz GmbH & Co. KG

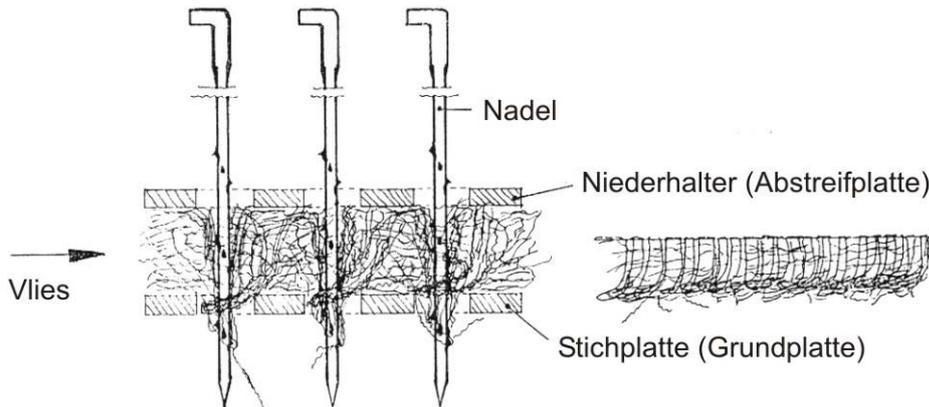


Bild 1 Prinzip des Vernadelns von Faservlies

Aus den von Flachshaus zur Verfügung gestellten Flachskurzfasern wurde ein Nadelvliesstoff mit einer Flächenmasse von 300 g/m<sup>2</sup> hergestellt (siehe Bild 2).



Bild 2 DILO Versuchsnadelmaschine

## B) Entwicklung eines geeigneten Auftragsverfahrens für den Vliesstoffbinder

Mit dem Furanharzbinder BIOREZ 050525-S1B wurden Auftragsversuche mittels Sprühauftrag, Foulardieren, Zwickelauftrag und Pflatschen, ein- und beidseitig, durchgeführt. Dabei stellte sich das beidseitige Pflatschen als geeignete Methode heraus.

# Abschlussbericht

GEORG BÖRNER Chemisches Werk für Dach- und Bautenschutz GmbH & Co. KG

## C) Entwicklung eines geeigneten, nachhaltigen Bindersystems zur Ausrüstung und Fixierung

Für die Stabilisierung des Nadelvliesstoffs wurden folgende Furanharz-Bindervarianten getestet:

- BIOREZ 050525-S-1B type (furfuryl alkohol resin) - mit Wasser verdünnt
- BIOREZ 080101 - a) mit Wasser, b) mit THFA verdünnt
- FUROLITE 050915 - mit THFA verdünnt

Diese Harze, im Fachjargon Furanharze genannt, werden von der Firma TFC, Geel, Belgien, auf Basis von Bagasse, einem Nebenprodukt bei der Herstellung von Rohrzucker, ebenso hergestellt wie der zum Verdünnen der wässrigen Harzdispersionen in einigen Versuchsserien eingesetzte Tetrahydrofurfurylalkohol – THFA. THFA ist auch das Monomer der eingesetzten Furanharze und diente als Reaktivverdünner, d. h., es wird bei der thermischen und/oder säurekatalysierten Vernetzung mit in die Harzmatrix eingebaut.

Handmustersversuche zum Binderauftrag wurden am Mathis-Laborfoulard (s. Bild 3) durchgeführt. Die jeweilige Bindervariante wurde lt. Versuchsplan siehe **Anlage 1** zur Erreichung der geforderten Feststoffauflage sukzessive verdünnt. Dazu wurde die jeweilig verwendete Bindervariante in den Trog eingefüllt. Das Handmuster wurde durch die Quetschfuge beider Walzen geführt und abgequetscht (beidseitig). Auf diese Weise konnte eine gute Benetzung erzielt werden. Anschließend wurden die Handmuster am Mathis-Labdryer (s. Bild 4) getrocknet.

Weitere Versuche wurden mit ca. 10 lfm Nadelvliesstoff am Technikumsfoulard durchgeführt. Die Trocknung wurde am Siebtrommeltrockner vorgenommen. Im Rahmen der Versuche zur Vliesbildung ist der geforderte Nadelvliesstoff aus Flachs mit einer Flächenmasse von 300 g/m<sup>2</sup> hergestellt worden.



Bild 3 Laborfoulard



Bild 4 Labortrockner

# Abschlussbericht

GEORG BÖRNER Chemisches Werk für Dach- und Bautenschutz GmbH & Co. KG

## D) Textilphysikalische Prüfung der Versuchsvarianten

Zur Charakterisierung der einzelnen Vliesstoffvarianten wurden folgende Parameter explizit ermittelt:

- Höchstzugkraft und Dehnung längs bzw. quer (DIN EN 12311-2)
- Biegsamkeit an der Biegeplatte (DIN 18 192).
- Bindergehalt

Der Test hinsichtlich der Biegebeanspruchung wurde in allen Versuchsvarianten ohne Einschränkungen bestanden.

Alle Einzelwerte für die Vliesstoff-Ausgangsmaterialien sind in **Anlage 2** enthalten.

Im Einzelnen sehen die Ergebnisse wie folgt aus:

- BIOREZ 050525-S-1B

Mit diesem Harz wurden zunächst die Versuche zur Ermittlung des effektivsten Auftrags-verfahrens durchgeführt (siehe C).

Die angestrebte Feststoffbinderauflage von 30 % konnte nur durch Verdünnen mittels Wasser erreicht werden. Versuche zur Reproduzierbarkeit, ausgedrückt als Festigkeit, zeigten leider unbefriedigende Ergebnisse. Ebenfalls nicht ausreichend waren die erreichbaren Festigkeiten bei der angestrebten Binderauflage von ca. 30 %. Die erste Versuchsserie ergab außerdem, dass die zunächst angestrebte Dehnfähigkeit von 30 % mit den ausgewählten Rohstoffen keinesfalls erreicht werden kann. Weder die Flachfasern noch der Furanharzbinder besitzen eine entsprechende Flexibilität, sodass die erreichbare Dehnung mit min. 1,5 % neu definiert wurde. Dieser Wert entspricht dem Niveau bei glasfaserbasierten Trägern für Bitumenbahnen.

- FUROLITE 050915

Da die Vermutung bestand, dass die recht hohe, zur Erreichung des angestrebten Binderauflage, notwendige Verdünnung mit Wasser ein Grund für das unbefriedigende und schlecht reproduzierbare Festigkeitsniveau der ersten Testserie war, wurde jetzt THFA (Tetrahydrofurfurylalkohol) zur Verdünnung eingesetzt. Tatsächlich ergab diese Testserie im Vergleich zur Ersten ein wesentlich höheres Niveau. In Querrichtung wurden die Anforderungen um bis zu 70 % übertroffen, in Längsrichtung immerhin ein Wert von 65 % des angestrebten Festigkeitsniveaus erreicht. Der Grund für dieses stark anisotrope Verhalten liegt in der Faserausrichtung, die beim Vernadelungsprozess (siehe A 2) zwangsläufig entsteht. Allerdings besteht die Möglichkeit, durch geeignete Modifikation dieses Verfestigungsschrittes ein annähernd isotropes Festigkeitsniveau zu erreichen. Diese Möglichkeit umgesetzt, sollte mit diesem Binder die geforderte Festigkeit sowohl in Längs- als auch in Querrichtung erreichbar sein.

# Abschlussbericht

GEORG BÖRNER Chemisches Werk für Dach- und Bautenschutz GmbH & Co. KG

Nachteilig aus Verarbeitersicht ist allerdings bei diesem Material, das es sich um ein 2-Komponentenharz mit begrenzter Topfzeit handelt. Dies macht genaue und aufwendige Arbeitsvor- und -nachbereitung notwendig.

- BIOREZ 080101

Dieses Harzsystem wurde als Letztes getestet, da die Hoffnung bestand, auf Grund dessen niedriger Viskosität ohne Verdünnung auszukommen. Leider war jedoch auch hier eine hohe Verdünnung notwendig, um die gewünschte Binderauflage zu erreichen. Anscheinend haben die im Binder vorhandenen Präpolymere eine hohe Affinität zur Faseroberfläche – prinzipiell sicher positiv zu bewerten – sodass auch bei niedrigviskosen Harzen die gewünschte Binderauflage nur durch Verdünnen erreichbar ist.

Bei der Verdünnung mit Wasser ergaben sich trotz langer Vernetzungszeiten sehr mäßige Festigkeiten.

Mit THFA wurden deutlich bessere Ergebnisse erzielt, obwohl auch hier die Anforderungen bei Weitem nicht erreicht wurden. Dieser Vergleich zeigte deutlich die Präferenz für THFA als Verdünnungsmedium.

Da, von dem an sich wesentlich besser geeigneten Harz FUROLITE 050915, nicht mehr genügend vorrätig war, um auf der Technikumsanlage Material für die Versuche bei der Fa. BÖRNER bereit zu stellen, wurde aus Zeitgründen entschieden, mit diesem Harz und THFA – Verdünnung 10 Laufmeter auf der Technikumsanlage des STFI herzustellen. Erste orientierende Imprägnierversuche mit Heißbitumen im Labor der Fa. BÖRNER mit Hand-mustern aus den ersten beiden Versuchsserien hatten ergeben, dass diese Vliesvarianten zu kompakt und damit schwer zu imprägnieren waren. Das Technikumsmuster wurde daher entsprechend dicker, luftiger, weniger kompakt hergestellt, um die Imprägnierfähigkeit sicher zu stellen.

## **E) Orientierende Tests zur Eignung und Verarbeitbarkeit als Träger für Polymerbitumenbahnen**

Zur Charakterisierung der Eignung und Verarbeitbarkeit wurden folgende Parameter explizit ermittelt:

- Prüfung von Flächengewicht, Dicke, und aufgenommener Imprägnierbitumenmenge (ISO 9073, T1-3)
- Prüfung der Festigkeit und Dehnfähigkeit vor und nach Bitumenimprägnierung (DIN EN 12311-1)
- Prüfung der Weiterreißfestigkeit (DIN 53859, B2)
- Prüfung der Dimensionsstabilität (DIN EN 1107-1)
- Prüfung des Brandverhaltens (DIN ENV 1187, Ab. 4; DIN EN 13501-1)
- Prüfung der Feuchtigkeitsaufnahme (DIN EN 1931, angelehnt)

# Abschlussbericht

GEORG BÖRNER Chemisches Werk für Dach- und Bautenschutz GmbH & Co. KG

- Prüfung der Prozessfähigkeit

Alle Einzelwerte der Prüfungen sind in **Anlage 3** enthalten

Im Einzelnen sehen die Ergebnisse wie folgt aus:

## **1) Flächengewicht, Dicke, und aufgenommene Imprägnierbitumenmenge**

Die Prüfung der Imprägnierwilligkeit brachte zufriedenstellende Ergebnisse, wobei das ausgezeichnete Imprägnierverhalten von Polyestervliesen nicht ganz erreicht wurde. Die Prüfung der Dicke des Vlieses vor und nach der Bitumenimprägnierung ergab insgesamt vergleichbare Ergebnisse im Vergleich zum Polyestervlies, wobei die Dickenzunahme nach der Imprägnierung höher ausfiel. Die aufgenommene Bitumenmenge lag mit 285 %, bezogen auf das Ausgangsgewicht des Vlieses, leicht unter den Werten für Polyestervliese (300 – 350 %).

## **3) Festigkeit und Dehnfähigkeit vor und nach Bitumenimprägnierung**

Auffallend bei dieser Prüfung war die enorme Festigkeitszunahme von ca. 125 % nach der Bitumenimprägnierung im Vergleich zur Rohware. Solche Steigerungen sind mit Standardträgern nicht realisierbar.

Die Zunahme der Dehnfähigkeit lag mit 22 % im gewohnten Bereich.



*Bild 5 Zugprüfmaschine*

## **3) Prüfung der Weiterreißfestigkeit**

Die Weiterreißfestigkeit – Schenkelversuch – ist ein wichtiges Kriterium für die Verarbeitbarkeit der Fertigware an der Baustelle. Der Test ergab voll vergleichbare Ergebnisse im Vergleich zum geprüften Glasseidenmischgewebe als Träger für Bitumenbahnen.

# Abschlussbericht

GEORG BÖRNER Chemisches Werk für Dach- und Bautenschutz GmbH & Co. KG

## 4) Prüfung der Dimensionsstabilität

Die Dimensionsstabilität ist ein wichtiges Beurteilungskriterium für die Qualität der Fertigware. Hohe Verformungen während der Bahnenproduktion bilden sich nach der Verlegung auf dem Dach wieder zurück und können unter Umständen zu Schäden an der Abdichtung führen. Die Prüfung – geprüft am bitumenimprägnierten Flachsvlies – erbrachte gute Ergebnisse, vor allem im Vergleich zum Standardpolyestervlies als Trägereinlage.

## 5) Prüfung des Brandverhaltens

Generell ist für Baustoffe in Deutschland eine Einstufung in die Klasse E nach DIN EN 13501-1 gefordert, wobei diese Anforderung für Einzelbestandteile eines Baustoffes so streng nicht gilt. Die Prüfung des Brandverhaltens ergab die geforderte Einstufung in die Klasse E, roh und bitumenimprägniert. Das Material ist damit uneingeschränkt als Baustoff einsetzbar.



Bild 6 Prüfapparatur Brandverhalten



Bild 7 Prüfapparatur Feuchtigkeitsaufnahme

## 6) Prüfung der Feuchtigkeitsaufnahme

Die Feuchtigkeitsaufnahme ist ein äußerst wichtiges Beurteilungskriterium für Trägereinlagen von Dachbahnen. In der Trägerebene eingelagerte Feuchte führt unter Sonneneinstrahlung zur Blasenbildung in der Dachbahn. In der Folge kann es zur Wasserunterläufigkeit der Dachhaut kommen bis hin zum Versagen der Abdichtung. Im vorliegenden Fall ist eine möglichst geringe Wasseraufnahme eher noch wichtiger, um das organische Material vor Verrottung zu bewahren. Die Prüfung der Feuchtigkeitsaufnahme ergab nicht das geforderte Niveau.

# Abschlussbericht

GEORG BÖRNER Chemisches Werk für Dach- und Bautenschutz GmbH & Co. KG

Sowohl roh (ca. 6 % Feuchteaufnahme) als auch bitumenimprägniert (ca. 2 % Feuchteaufnahme) wurde das geforderte Niveau von  $\leq 1$  Gew. % nicht erreicht.

## 7) Prüfung der Prozessfähigkeit

Dass der Träger einer (Polymer-)Bitumenbahn den Fertigungsprozess mit den dabei auftretenden Spannungs- und Temperaturspitzen unbeschadet überstehen muss, ist ebenso trivial wie essentiell. Im Produktionsversuch ergab sich folgender Ablauf: Das Flachsvlies ließ sich problemlos an Standardträgermaterial (PV, GG) ankleben. Der Transport über die Vorrathänge mit ihren engen Umlenkradien verlief ebenso problemlos wie die Imprägnierung mit Heißbitumen (T: 188 °C) mit abschließendem Abquetschen des Bitumenüberschusses. Auf dem Weg zwischen Imprägnier- und Deckmassenpfanne riss das imprägnierte Flachsvlies plötzlich. Nach einer Reparatur riss der Träger schon beim Anfahren wieder durch. Die geplante Herstellung und Ausprüfung einer Polymerbitumendachbahn war somit nicht möglich.

## IV) Fazit und Ausblick

Im vorliegenden Teilprojekt konnte eine Reihe von Anforderungen, die an Trägereinlagen für Dachbahnen gestellt werden, mit positivem Ergebnis be- und abgearbeitet werden. Dies zeigt, dass ein Träger für Bitumenbahnen aus 100 % nachwachsenden Rohstoffen möglich ist.

Nicht gelöst werden konnte im Rahmen dieses Teilprojektes die Problematik nicht ausreichender Festigkeiten und die damit verbundene mangelhafte Prozessfähigkeit. (Anteilige) Verwendung geeigneter Langfasern und/oder Längsfadenverstärkung des Vlieses sind hier erfolgversprechende Lösungsansätze.

Zur Lösung der bisher mangelhaften Hydrophobie ist eine effektive Blockierung der humidophilen funktionellen Gruppen an der Faseroberfläche notwendig, möglichst durch chemische Reaktion. Dass dies mit dem gewählten Bindersystem prinzipiell möglich ist, zeigen entsprechende Publikationen. Hier sind in Kooperation mit dem Hersteller des Bindersystems weitere Versuche erforderlich.

Aus ökonomischer Sicht ist bei dem derzeitigen Preisniveau erdölbasierter Vliesstoffe ein Markterfolg derartiger, nachhaltiger Produkte kaum zu erwarten. Das Projekt sollte deshalb zunächst ausgesetzt werden, bis die ökonomischen Rahmenbedingungen gegeben sind.

# Abschlussbericht

GEORG BÖRNER Chemisches Werk für Dach- und Bautenschutz GmbH & Co. KG

## Anlage 1

Versuchsprotokoll Ausrüstung											
Datum	09.04.08										Brandmelderabschaltung (3.4)
Ausgangsmaterial	100% Flachs Nadelmiesstoff Di 988 300 g/m <sup>2</sup>										88; 89; 90 Kaschieranlage
Ausrüstungsmittel	BIOREZ 050525-S-1B type (furfuryl alcohol resin)										
Flottentemperatur	60°C										
Probe	v	p	Trocken- gewicht	Flotten- aufnahme	Nass- gewicht	Gewicht nach Trocknen	Feststoff- auflage	Trocken- temperatur	Trocken- zeit	Flotten- auftrag	Bemerkungen
	m/min	bar	g	%	g	g	%	°C	min		
1	2	5	<b>39</b>	258	<b>138</b>			160	2,5	Zwickel	Mustereinlauf unbefriedigend
2	2	5	<b>39</b>	186	<b>110</b>			"	"		
3	2	7	<b>36</b>	153	<b>91</b>	80	122	"	"	Fouillardieren	Benetzen schlecht realisierbar zu hohe Flottenaufnahme
4	2	7	<b>37</b>	138	<b>88</b>			"	"		
5	2	7	<b>41</b>	112	<b>87</b>			"	"		Verdünnung mit 5% H <sub>2</sub> O (50ml auf 1l)
6	2	7	<b>38</b>	108	<b>79</b>	68	79	"	"		Verdünnung mit weiteren 5% H <sub>2</sub> O (50ml auf 1l)
7	2	7	<b>36</b>	119	<b>79</b>	65	81	"	"		Verdünnung mit weiteren 5% H <sub>2</sub> O (50ml auf 1l)
8	2	7	<b>37</b>	111	<b>78</b>	65	76	"	"		15% Verdünnung
9	2	7	<b>41</b>	95	<b>80</b>	78	90	"	"		15% Verdünnung
10	2	7	<b>34</b>	112	<b>71</b>	61	82	"	"		15% Verdünnung
11	2	7	<b>35</b>	109	<b>73</b>	72	106	"	"		15% Verdünnung
12	2	7	<b>37</b>	60	<b>59</b>	49	33	"	1,5	Sprühen	Verdünnung 1:1 kein definierter Flottenauftrag möglich
13	0,56	7	<b>37</b>	40	<b>51</b>	48	32	"	3	Pflatschen	Verdünnung 2:1 (100ml H <sub>2</sub> O auf 200 ml) einseitig
	0,56	7	<b>37</b>	78	<b>65</b>	50	37	"	"	Pflatschen	beidseitig
14	0,56	7	<b>40</b>	78	<b>71</b>	55	38	"	"		
15	0,56	7	<b>41</b>	60	<b>65</b>	51	25	"	"		
16	0,56	7	<b>35</b>	77	<b>62</b>	48	36	"	"		
17	0,56	7	<b>38</b>	84	<b>69</b>	53	41	"	"		
18	0,56	7	<b>35</b>	89	<b>66</b>	49	40	"	"		
19	0,25	7	<b>31</b>	71	<b>53</b>	42	34	"	"		
20	0,25	7	<b>36</b>	58	<b>57</b>	46	28	"	"		
21	0,25	7	<b>39</b>	41	<b>55</b>	45	15	"	"		
22	0,5	7,4	<b>35</b>	80	<b>63</b>	48	37	"	"		
23	0,5	7,4	<b>30</b>	83	<b>55</b>	42	40	"	"		

# Abschlussbericht

GEORG BÖRNER Chemisches Werk für Dach- und Bautenschutz GmbH & Co. KG

Versuchsprotokoll Ausrüstung											
Datum	02.09.08						Brandmelderabschaltung (3.4)				
Ausgangsmaterial	100% Flachs Nadelmiesstoff Di 988 300 g/m <sup>2</sup>						88; 89; 90 Kaschieranlage				
Ausrüstungsmittel	BIOREZ 080101 163 cP 20,1% H <sub>2</sub> O										
Katalysator											
Verdünnung											
Flottentemperatur	keine Erhitzung zur Herabsetzung der Viskosität										
Probe	v	p	Trocken- gewicht	Flotten- aufnahme	Nass- gewicht	Gewicht nach Trocknen	Feststoff- auflage	Trocken- temperatur	Trocken- zeit	Flotten- auftrag	Bemerkungen
	m/min	bar	g	%	g	g	%	°C	min		
längs											
1	0,56	7	37			64	72	120	6+6	Pflatschen	
2	"	"	35			45	30	120	6+6	beidseitig	2:1 Verdünnung mit H <sub>2</sub> O
3	"	"	39			49	26	130	6		"
4	"	"	42			53	26	130	6		"
quer											
5	"	"	32			55	74	120	6+6		
6	"	"	34			45	33	130	6		2:1 Verdünnung mit H <sub>2</sub> O
7	"	"	36			46	29	130	6		"
8	"	"	40			51	29	130	6		"

# Abschlussbericht

GEORG BÖRNER Chemisches Werk für Dach- und Bautenschutz GmbH & Co. KG

Versuchsprotokoll Ausrüstung											
Datum	15.10.08									Brandmelderabschaltung (3.1)	
Ausgangsmaterial	100% Flachs Nadelvliesstoff Di 988 300 g/m <sup>2</sup>									88; 89; 90 Kaschieranlage	
Ausrüstungsmittel	BIOREZ 080101 163 cP 20,1% H <sub>2</sub> O										
Katalysator											
Verdünnung	THFA Furfurylalkohol										
Flottentemperatur	keine Erhitzung zur Herabsetzung der Viskosität										
Probe	v	p	Trocken- gewicht	Flotten- aufnahme	Nass- gewicht	Gewicht nach Trocknen	Feststoff- auflage	Trocken- temperatur	Trocken- zeit	Flotten- auftrag	Bemerkungen
	m/min	bar	g	%	g	g	%	°C	min		
längs											
1	0,56	7	35	81	63	40	16	140	8	Pflatschen	1:1,5 250 ml Biorez + 375 ml THFA
2	"	"	35	101	70	47	34	"	"	beidseitig	1:0,75 424 ml Biorez + 318 ml THFA
3	"	"	39	97	77	51	32	"	"		"
4	"	"	36	101	72	48	34	"	"		"
5	"	"	39	97	76	51	33	"	"		"
6	"	"	36	101	72	48	34	"	"		"
quer											
7	"	"	41	53	62	43	6	"	"		1:1,5
8	"	"	35	78	63	41	16	"	"		1:1,5
9	"	"	35	99	69	46	34	"	"		1:0,75
10	"	"	37	97	73	49	33	"	"		"
11	"	"	39	96	77	52	32	"	"		"
12	"	"	42	93	81	55	31	"	"		"

# Abschlussbericht

GEORG BÖRNER Chemisches Werk für Dach- und Bautenschutz GmbH & Co. KG

## Anlage 2

Prüfparameter Dachbahn												
Datum			09.04.08									
Ausgangsmaterial			100% Flachs Nadelvliesstoff Di 988 300 g/m²									
Ausrüstungsmittel			BIOREZ 050525-S-1B type (furfuryl alcohol resin)									
Flottentemperatur			60°C									
Probe	v	p	Trocken- gewicht	Flotten- aufnahme	Nass- gewicht	Gewicht nach Trocknen	Feststoff- auflage	Bielsamkeit	Höchstzugkraft	Var.koeffz.	Dehnung	Var.koeffz.
								DIN 18 192	DIN 52 123			
SOLL	m/min	bar	g	%	g	g	%	Knicke	N	%	%	%
							20-30	keine	700		30	
1	2	5	39	258	138							
2	2	5	39	186	110							
3	2	7	36	153	91	80	122					
4	2	7	37	138	88							
5	2	7	41	112	87							
6	2	7	38	108	79	68	79					
7	2	7	36	119	79	65	81					
8	2	7	37	111	78	65	76					
9	2	7	41	95	80	78	90					
10	2	7	34	112	71	61	82	keine	626,98	4,11	1,16	4,19
11	2	7	35	109	73	72	106	keine	696,36	11,78	1,25	14,77
12	2	7	37	60	59	49	33	keine	556,55	15,20	1,16	11,18
13	0,56	7	37	40	51	48	32	keine	572,35	9,18	1,28	11,28
	0,56	7	37	78	65	50	37					
14	0,56	7	40	78	71	55	38					
15	0,56	7	41	60	65	51	25	keine	336,88	2,07	1,24	13,84
16	0,56	7	35	77	62	48	36					
17	0,56	7	38	84	69	53	41	keine	376,67	1,77	1,30	1,71
18	0,56	7	35	89	66	49	40	keine	319,62	18,69	1,10	18,80
19	0,25	7	31	71	53	42	34	keine	282,50	15,01	1,10	13,01
20	0,25	7	36	58	57	46	28	keine	192,68	10,22	1,02	4,63
21	0,25	7	39	41	55	45	15	keine	97,20	2,71	1,37	10,61
22	0,5	7,4	35	80	63	48	37	keine	350,18	9,12	1,18	10,91
23	0,5	7,4	30	83	55	42	40	keine	287,27	7,47	1,19	13,71

# Abschlussbericht

GEORG BÖRNER Chemisches Werk für Dach- und Bautenschutz GmbH & Co. KG

Prüfparameter Dachbahn												
Datum	17.06.08											
Ausgangsmaterial	100% Flachs Nadelmiesstoff Di 988 300 g/m <sup>2</sup>											
Ausrüstungsmittel	FUROLITE 050915											
Katalysator	3%											
Verdünnung	THFA Furfurylalkohol											
Flottentemperatur	keine Erhitzung zur Herabsetzung der Viskosität											
Probe	v	p	Trocken- gewicht	Flotten- aufnahme	Nass- gewicht	Gewicht nach Trocknen	Feststoff- auflage	Biegsamkeit	Höchstzugkraft	Var.koeffz.	Dehnung	Var.koeffz.
	m/min	bar	g	%	g	g	%	DIN 18 192	DIN 52 123			
								Knicke	N	%	%	%
								keine	700		30	
längs												
1	0,56	7	42	127	94	71	70					
2	"	"	40	-100								
3	"	"	39	130	90	66	70	keine	775,62	1,52	2,13	3,40
4	"	"	41	-100		70	70	"	717,39	7,39	2,06	14,76
5	"	"	36	113	76	51	43	"	523,91	3,86	1,84	0,37
6	"	"	38	110	80	53	38	"	486,22	3,39	1,76	3,90
7	"	"	35	113	75	50	43	"	434,59	7,43	1,60	5,64
8	"	3,5	40	129	91	60	49	"	614,30	4,49	2,11	4,20
9	"	7	39	106	80	51	30	"	459,59	2,90	1,96	2,66
10	"	"	40	105	83	52	30	"	413,15	3,39	1,86	1,98
11	"	"	40	84	74	47	16	"	203,78	1,47	1,36	5,20
12	"	"	38	82	69	44	16	"	127,48	9,48	1,02	5,57
quer												
13	"	"	41	107	84	56	39	"	1.180,13	14,21	1,79	10,75
14	"	"	37	109	78	53	40	"	948,03	9,72	1,73	10,10
15	"	"	40	107	82	56	41	"	1.102,62	9,93	1,78	6,17
16	"	"	38	105	79	50	30	"	983,17	3,07	1,77	1,55
17	"	"	46	102	94	60	30	"	1.185,74	7,99	1,92	3,45
18	"	"	43	104	87	55	29	"	1.029,07	5,22	1,85	3,61
19	"	"	40	72	68	45	13	"	314,85	6,40	11,51	78,29
20	"	"	36	80	64	41	16	"	262,35	10,08	7,20	71,13

# Abschlussbericht

GEORG BÖRNER Chemisches Werk für Dach- und Bautenschutz GmbH & Co. KG

Prüfparameter Dachbahn												
Datum		02.09.08										
Ausgangsmaterial		100% Flachs Nadelmiesstoff Di 988 300 g/m²										
Ausrüstungsmittel		BIOREZ 080101 163 cP 20,1% H <sub>2</sub> O										
Katalysator												
Verdünnung												
Flottentemperatur		keine Erhitzung zur Herabsetzung der Viskosität										
Probe	v	p	Trocken- gewicht	Flotten- aufnahme	Nass- gewicht	Gewicht nach Trocknen	Feststoff- auflage	Biegsamkei- t	Höchstzugk- raft	Var.koeffz.	Dehnung	Var.koeffz.
	m/min	bar	g	%	g	g	%	DIN 18 192	DIN 52 123			
								Knicke keine	N 700	%	% 30	%
längs												
1	0,56	7	37			64	72					
2	"	"	35			45	30					
3	"	"	39			49	26					
4	"	"	42			53	26					
quer												
5	"	"	32			55	74	keine	336,88	2,07	1,24	13,84
6	"	"	34			45	33	keine	376,67	1,77	1,30	1,71
7	"	"	36			46	29	keine	319,62	18,69	1,10	18,80
8	"	"	40			51	29	keine	282,50	15,01	1,10	13,01

# Abschlussbericht

GEORG BÖRNER Chemisches Werk für Dach- und Bautenschutz GmbH & Co. KG

Prüfparameter Dachbahn												
Datum		15.10.08										
Ausgangsmaterial		100% Flachs Nadelmiesstoff Di 988 300 g/m <sup>2</sup>										
Ausrüstungsmittel		BIOREZ 080101 163 cP 20,1% H <sub>2</sub> O										
Katalysator												
Verdünnung		THFA Furfurylalkohol										
Flottentemperatur		keine Erhitzung zur Herabsetzung der Viskosität										
Probe	v	p	Trocken- gewicht	Flotten- aufnahme	Nass- gewicht	Gewicht nach Trocknen	Feststoff- auflage	Biegsamkeit	Höchst- zugkraft	Var.- koeffz.	Dehnung	Var.- koeffz.
	m/min	bar	g	%	g	g	%	DIN 18 192	DIN 52 123			
								Knicke keine	N 700	%	% 30	%
längs												
1	0,56	7	<b>35</b>	81	63	40	<b>16</b>	keine	138,51	10,26	1,17	13,56
2	"	"	<b>35</b>	101	70	47	<b>34</b>	"	436,75	6,90	1,63	0,52
3	"	"	<b>39</b>	97	77	51	<b>32</b>	"	372,49	14,89	1,54	4,81
4	"	"	<b>36</b>	101	72	48	<b>34</b>	"	361,38	9,24	1,45	2,19
5	"	"	<b>39</b>	97	76	51	<b>33</b>	"	396,60	6,82	1,60	10,77
6	"	"	<b>36</b>	101	72	48	<b>34</b>	"	348,39	13,29	1,42	6,53
quer												
7	"	"	<b>41</b>	53	62	43	<b>6</b>	"	296,75	5,30	17,40	7,34
8	"	"	<b>35</b>	78	63	41	<b>16</b>	"	396,40	2,69	1,30	4,13
9	"	"	<b>35</b>	99	69	46	<b>34</b>	"	779,66	1,34	1,41	5,58
10	"	"	<b>37</b>	97	73	49	<b>33</b>	"	798,77	16,75	1,29	12,26
11	"	"	<b>39</b>	96	77	52	<b>32</b>	"	980,34	12,23	1,55	7,99
12	"	"	<b>42</b>	93	81	55	<b>31</b>	"	963,22	9,32	1,48	2,22

# Abschlussbericht

GEORG BÖRNER Chemisches Werk für Dach- und Bautenschutz GmbH & Co. KG

## Anlage 3

Bruchlasten / Dehnung, roh und imprägniert							
12.11.2008							
DIN EN 12311-1							
<b>Roh</b>							
<b>Bruchlast, längs (N)</b>		<b>Dehnung, längs (%)</b>		<b>Bruchlast, quer (N)</b>		<b>Dehnung, quer (%)</b>	
Prüfling 1	295		1,75		452		1,49
Prüfling 2	319		1,87		446		1,62
Prüfling 3	326		1,74		528		1,87
<b>Durchschnitt</b>	<b>313</b>		<b>1,79</b>		<b>475</b>		<b>1,66</b>
<b>Imprägniert</b>							
<b>Bruchlast, längs</b>		<b>Dehnung, längs</b>		<b>Bruchlast, quer</b>		<b>Dehnung, quer</b>	
Prüfling 1	671		2,11		1040		2,24
Prüfling 2	672		2,49		956		1,98
Prüfling 3	681		1,98		1003		1,98
<b>Durchschnitt</b>	<b>675</b>		<b>2,19</b>		<b>1000</b>		<b>2,07</b>
<b>Festigkeits-, Dehnungszunahme (%)</b>							
<b>längs</b>	<b>115,6</b>		<b>22,3</b>		<b>105,2</b>		<b>24,7</b>

# Abschlussbericht

GEORG BÖRNER Chemisches Werk für Dach- und Bautenschutz GmbH & Co. KG

Dicke des Vlieses, roh und imprägniert				19.11.2008
Flächengewicht, roh und imprägniert				ISO 9073, T1-3
Imprägnierbitumenmenge				
	Dicke roh (mm)	Dicke imprägniert (mm)		
	1,274	1,705		
	1,188	1,655		
	1,132	1,694		
	1,282	1,718		
	1,178	1,73		
	1,175	1,699		
	1,442	1,534		
	1,412	1,458		
	1,452	1,535		
		1,566		
<b>Durchschnitt</b>	<b>1,282</b>	<b>1,629</b>		
	Gewicht roh (g/m <sup>2</sup> )	Gewicht imprägniert (g/m <sup>2</sup> )	Gewicht Imprägnierbitumen (g/m <sup>2</sup> )	%
	324,9	1251,6	926,7	285,23

# Abschlussbericht

GEORG BÖRNER Chemisches Werk für Dach- und Bautenschutz GmbH & Co. KG

<b>Weiterreißfestigkeit, roh und imprägniert</b>							
21.11.20008							
DIN 53859 B2, 1970							
<b>roh</b>							
	<b>längs (N)</b>	<b>quer (N)</b>					
Prüfling 1	39,9	45,7					
Prüfling 2	37,1	58,8					
Prüfling 3	39	40,4					
	<b>38,7</b>	<b>48,3</b>	<b>Durchschnitt</b>				
<b>imprägniert</b>							
Prüfling 1	46	66,2					
Prüfling 2	50,7	66,9			<b>Festigkeitszunahme</b>		
Prüfling 3	56,4	60,4			<b>längs (%)</b>	<b>quer (%)</b>	
	<b>51</b>	<b>64,5</b>	<b>Durchschnitt</b>		31,8	33,5	

# Abschlussbericht

GEORG BÖRNER Chemisches Werk für Dach- und Bautenschutz GmbH & Co. KG

Feuchtigkeitsaufnahme								
17.12.2008								
EN 1931 (angelehnt)								
<b>Roh</b>								
<b>Flachsvlies</b>					<b>PES Vlies (Vergleich)</b>			
	<b>trocken (g)</b>	<b>gesättigt (g)</b>	<b>Gew.zunahme (g)</b>	<b>Gew.zunahme (%)</b>	<b>trocken (g)</b>	<b>gesättigt (g)</b>	<b>Gew.zunahme (g)</b>	<b>Gew.zunahme (%)</b>
Prüfling 1	2,625	2,7868	0,1618	6,16	1,6365	1,642	0,0055	0,33
Prüfling 2	2,7914	2,9646	0,1732	6,2	1,6348	1,6398	0,005	0,31
Prüfling 3	2,7681	2,9385	0,1704	6,16	1,6659	1,6714	0,0055	0,33
<b>Durchschnitt</b>				<b>6,14</b>				<b>0,32</b>
<b>Imprägniert</b>								
<b>Flachsvlies</b>					<b>PES Vlies (Vergleich)</b>			
	<b>trocken (g)</b>	<b>gesättigt (g)</b>	<b>Gew.zunahme (g)</b>	<b>Gew.zunahme (%)</b>	<b>trocken (g)</b>	<b>gesättigt (g)</b>	<b>Gew.zunahme (g)</b>	<b>Gew.zunahme (%)</b>
Prüfling 1	8,2096	8,3723	0,1627	1,99	7,1308	7,1508	0,02	0,28
Prüfling 2	7,4813	7,6262	0,1449	1,94	6,6964	6,7141	0,0177	0,26
Prüfling 3	8,0606	8,2202	0,1596	1,98	7,0525	7,0705	0,018	0,26
<b>Durchschnitt</b>				<b>1,97</b>				<b>0,27</b>

# Abschlussbericht

GEORG BÖRNER Chemisches Werk für Dach- und Bautenschutz GmbH & Co. KG

<b>Brandverhalten</b>							18.11.2008
DIN EN 13501-1 / DIN EN 11925-2							
<b>Roh</b>							
<b>Kantenbeflammung</b>		<b>max. Flammenhöhe</b>		<b>Flächenbeflammung</b>		<b>max. Flammenhöhe</b>	
Prüfling 1		148				55	
Prüfling 2		150				62	
Prüfling 3		145				47	
<b>Durchschnitt</b>		<b>148</b>				<b>55</b>	
<b>Imprägniert</b>							
<b>Kantenbeflammung</b>		<b>max. Flammenhöhe</b>		<b>Flächenbeflammung</b>		<b>max. Flammenhöhe</b>	
Prüfling 1		60				45	
Prüfling 2		72				42	
Prüfling 3		48				46	
<b>Durchschnitt</b>		<b>60</b>				<b>44</b>	

# Abschlussbericht

GEORG BÖRNER Chemisches Werk für Dach- und Bautenschutz GmbH & Co. KG

<b>Dimensionsstabilität imprägnierte Einlage</b>				
25.11.2008				
DIN EN 1107-1				
	<b>Länge (cm)</b>		<b>Differenz</b>	<b>Dimensionsänderung</b>
<b>längs</b>	<b>vorher</b>	<b>nachher</b>	<b>(cm)</b>	<b>( % )</b>
Prüfling 1	75,44	75,74	0,3	0,4
Prüfling 2	75,81	76,29	0,48	0,63
Prüfling 3	75,66	75,81	0,15	0,2
			<b>Durchschnitt</b>	<b>0,41</b>
<b>quer</b>				
Prüfling 1	74,65	74,58	-0,07	-0,09
Prüfling 2	74,93	74,77	-0,16	-0,21
Prüfling 3	75,31	75,14	-0,17	-0,22
			<b>Durchschnitt</b>	<b>-0,17</b>