



Prüfbericht

**Untersuchung der Wurzelfestigkeit von Bahnen  
und Beschichtungen für Dachbegrünungen  
nach dem FLL-Verfahren**

Geprüftes Produkt

**BauderTHERMOPLAN-T SV 15**

Auftraggeber

**Paul Bauder GmbH & Co. KG  
Korntaler Landstraße 63  
70499 Stuttgart**

**Der Bericht umfasst 33 Seiten und darf nur in  
ungekürzter Form verwendet werden**

**Der Bericht hat eine Gültigkeitsdauer von 15 Jahren**

**Datum des Berichts: 01. 07. 2000**

**Angaben der Paul Bauder GmbH & Co. KG vom 28.06.1998 zu Kenndaten und  
Stoffeigenschaften der untersuchten Bahn BauderTHERMOPLAN-T SV 15**

- **Produktnamen:** BauderTHERMOPLAN-T SV 15
- **Anwendungsbereich:** Dachabdichtung
- **Werkstoffbezeichnung:** flexible Polyolefine (FPO): PP/EPDM-Legierung
- **Dicke der Bahn (ohne Kaschierung):** 1,5 mm
- **Ausrüstung/Aufbau:** Oberfolie beige, mittiges Polyester-Gittergewebe als Träger,  
Unterfolie schwarz
- **Lieferform:** Rollenware 20 x 1,5 m
- **Herstelltechnik:** Kalandrieren, Kaschieren
- **Stoffnormen:** DIN EN 13956
- **Prüfzeugnisse:** Allgemein Bauaufsichtliches Prüfzeugnis P-SAC 02/1-97-863
- **Herstellungsjahr:** 1998
- **Schicht/Lage, welche die Funktion des Durchwurzelungsschutzes über-**  
**nimmt:** Dichtungsbahn BauderTHERMOPLAN-T SV 15
- **Einbautechnik am Untersuchungsort:**
  - Überlappung: 80 mm
  - Fügetechnik: Heißluftverschweißen
  - Fügemittel: keine
  - Nahtversiegelung: keine
  - Eckverstärkung: mit Dichtungsbahn BauderTHERMOPLAN-T SV 15, Eckaus-  
bildung als liegende Quetschfalte
  - Abdeckstreifen über Nähten: keine
- **Zusatz von Bioziden mit Angaben zur Konzentration:** keine Biozide enthalten

## 1 Problemstellung

Zur Schadenprävention ist von Wurzelschutzeinrichtungen eine dauerhaft hohe Widerstandsfähigkeit gegen Ein- und Durchdringungen von Pflanzenwurzeln und -rhizomen (unterirdische Sprossausläufer) zu fordern. In der durchgeführten Untersuchung wurde die Bahn BauderTHERMOPLAN-T SV 15 der Paul Bauder GmbH & Co. KG, Korntaler Landstraße 63, D-70499 Stuttgart auf Wurzel- und Rhizomfestigkeit geprüft.

## 2 Versuchsanlage und -durchführung

Die Untersuchung erfolgte nach dem „Verfahren zur Untersuchung der Wurzelfestigkeit von Bahnen und Beschichtungen für Dachbegrünungen“ mit 2-jähriger Dauer (FLL, 1999) bzw. nach dem zu Prüfungsbeginn aktuellen Entwurf des oben genannten Verfahrens. Abweichungen der Vorgaben von Entwurf und endgültiger Fassung des Verfahrens wurden von der FLL anerkannt.

Der Versuch wurde von Juni 1998 bis Juni 2000 durchgeführt. Er umfasste 8 Gefäße, die mit der zu prüfenden Bahn bestückt waren sowie 4 Gefäße mit einer Bitumenplatte als Kontrolle. Die Bahn wurde von der Thermoplast Bernsdorf GmbH am Institut für Bodenkunde und Pflanzenernährung, Fachhochschule Weihenstephan gefügt und in die Gefäße eingebaut. Die Anfertigung der Bitumenplatten und deren Einbau in die Kontrollgefäß wurde von einem Dachdeckerfachbetrieb durchgeführt.

Die Gefäße waren in einem beheizbaren Gewächshaus aufgestellt.

Als Versuchspflanzen, die auch im Winterhalbjahr bei den eingestellten Klimabe dingungen ein gutes Wachstum aufweisen, wurden Feuerdorn (*Pyracantha coccinea* 'Orange Charmer') und Quecke (*Agropyron repens*) verwendet. Quecke, ein heimisches Gras, bildet Rhizome (unterirdische Sprossausläufer), die wie Wurzeln in der Lage sind, Bahnen zu beschädigen.

Die vollständige Beschreibung des Verfahrens ist im Anhang 3 des vorliegenden Berichts aufgeführt.

### **3 Angaben des Herstellers zur geprüften Bahn**

Die Untersuchung der Durchwurzelungsfestigkeit ist gebunden an die Kenndaten und Stoffeigenschaften der geprüften Bahn und die angewandte Füge- und Herstelltechnik. Die entsprechenden Angaben des Herstellers zu der geprüften Bahn BauderTHERMOPLAN-T SV 15 sind auf Seite 2 des Berichts aufgeführt.

## **4 Ergebnisse**

### **4.1 Pflanzenentwicklung**

Die gepflanzten Gehölze sowie die ausgesäte Quecke zeigten im gesamten Untersuchungszeitraum eine gute Entwicklung. Angaben zur Vitalität und Wuchsleistung der Versuchspflanzen sind im Anhang 2 zusammengestellt.

Hinsichtlich Pflanzenentwicklung waren keine Unterschiede zwischen Kontroll- und Prüfgefäß zu erkennen.

### **4.2 Ein- bzw. Durchwurzelungen (s. Fotos im Anhang 1)**

#### **4.2.1 Während des Versuchs**

In den Kontrollgefäßen waren bereits bei der ersten Bonitur im Dezember 1998 zahlreiche Wurzeln am transparenten Gefäßboden erkennbar. Die Bitumenplatten wurden somit bereits innerhalb 6 Monaten von den Gehölzen durchwurzelt, was auf einen beachtlichen Wurzeldruck der verwendeten Pflanzen hindeutet.

Bei der untersuchten Bahn hingegen wurden im gesamten Versuchszeitraum keine am Gefäßboden erkennbaren Durchwurzelungen festgestellt. Im Überlappungsbereich der vertikalen Nähte nach oben durchgewachsene Queckenrhizome waren ebenfalls nicht festzustellen.

#### **4.2.2 Zu Versuchsende**

Zu Versuchsende (Juni 2000) erfolgte nach Entleerung der Kontroll- und Prüfgefäße eine genaue Überprüfung der Bitumenplatte und der untersuchten Bahn hinsichtlich ein- bzw. durchgedrungener Wurzeln und Rhizome.

#### 4.2.2.1 Kontrollgefäße mit Bitumenplatte

Die Bitumenplatte wies eine Vielzahl Ein- und Durchdringungen von Rhizomen und Wurzeln auf. Die Auswertung beschränkte sich daher auf das exemplarische Erfassen der Anzahl durchgedrungener Wurzeln und Rhizome an einem ca. 20 x 20 cm großen Teilstück, was rund 6 % der gesamten Fläche der Bitumenplatte entspricht. Auf dieser Teilfläche wurden bei Feuerdorn und Quecke in den 4 Gefäßen zwischen 6 und 11 durchgewachsene Wurzeln und 1 bis 3 durchgedrungene Rhizome festgestellt (s. Tabelle 1).

**Tab. 1:** Anzahl durchgedrungener Wurzeln und Rhizome bei der Bitumenplatte in den Kontrollgefäßen nach 2 Jahren (exemplarisch erfasst an einem ca. 20 x 20 cm großen Teilstück)

Kontrollgefäß	Anzahl durchgedrungener Wurzeln	Anzahl durchgedrungener Rhizome
Nr. 1	6	1
Nr. 2	6	2
Nr. 3	9	1
Nr. 4	11	3

#### 4.2.2.2 Prüfgefäße mit Bahn BauderTHERMOPLAN-T SV 15

Bei der geprüften Bahn BauderTHERMOPLAN-T SV 15 wurden nach 2 Jahren sowohl in der Fläche als auch in den Nähten keine ein- bzw. durchgewachsenen Wurzeln und Rhizome festgestellt (s. Tab. 2).

**Tab. 2:** Anzahl durch- und eingedrungener Wurzeln und Rhizome bei der Bahn BauderTHERMOPLAN-T SV 15 in den Prüfgefäßen nach 2 Jahren

Prüf-gefäß	durchgedrungene Wurzeln (W) und Rhizome (R)		eingedrungene Wurzeln (W) und Rhizome (R)	
	in der Fläche	in Nähten	in der Fläche	in Nähten
Nr. 1	keine	keine	keine	keine
Nr. 2	keine	keine	keine	keine
Nr. 3	keine	keine	keine	keine
Nr. 4	keine	keine	keine	keine
Nr. 5	keine	keine	keine	keine
Nr. 6	keine	keine	keine	keine
Nr. 7	keine	keine	keine	keine
Nr. 8	keine	keine	keine	keine

## 5 Schlussfolgerung

Die gemäß dem FLL-Verfahren zur Untersuchung der Wurzelfestigkeit von Bahnen und Beschichtungen für Dachbegrünungen von Juni 1998 bis Juni 2000 geprüfte Bahn BauderTHERMOPLAN-T SV 15 der Paul Bauder GmbH & Co. KG wies in allen 8 Prüfgefäßern keine ein- oder durchgedrungenen Wurzeln und Quecken-Rhizome auf. Die Bahn BauderTHERMOPLAN-T SV 15 gilt daher als wurzelfest nach dem FLL-Verfahren und als rhizomfest gegen Quecke nach dem FLL-Verfahren.

Das FLL-Verfahren beinhaltet alle relevanten Elemente der EN 13948, geht sogar über deren Anforderungen hinaus und wird daher in der Fachwelt als höherwertig angesehen. Aus fachlicher Sicht kann somit die gemäß dem FLL-Verfahren geprüfte Bahn BauderTHERMOPLAN-T SV 15 auch als wurzelfest nach EN 13948 bezeichnet werden.

Die Untersuchung der Durchwurzelungsfestigkeit ist gebunden an die auf Seite 2 des Berichts aufgeführten Kenndaten und Stoffeigenschaften der geprüften Bahn und die angewandte Füge- und Herstelltechnik. Rückstellmuster der untersuchten Bahn werden am Institut für Gartenbau aufbewahrt.

Der im Juli 2000 mit einer Gültigkeitsdauer von 10 Jahren erstellte Prüfbericht wurde 2011 unter Berücksichtigung der Vorgaben des aktuellen FLL-Prüfverfahrens (2008) um 5 Jahre verlängert. Der Bericht ist somit bis Juli 2015 gültig. Der Bericht umfasst 33 Seiten und darf nur in ungekürzter Form verwendet werden.

Bearbeitung: Dipl.-Ing. (FH) Martin Jauch

20. 04. 2011

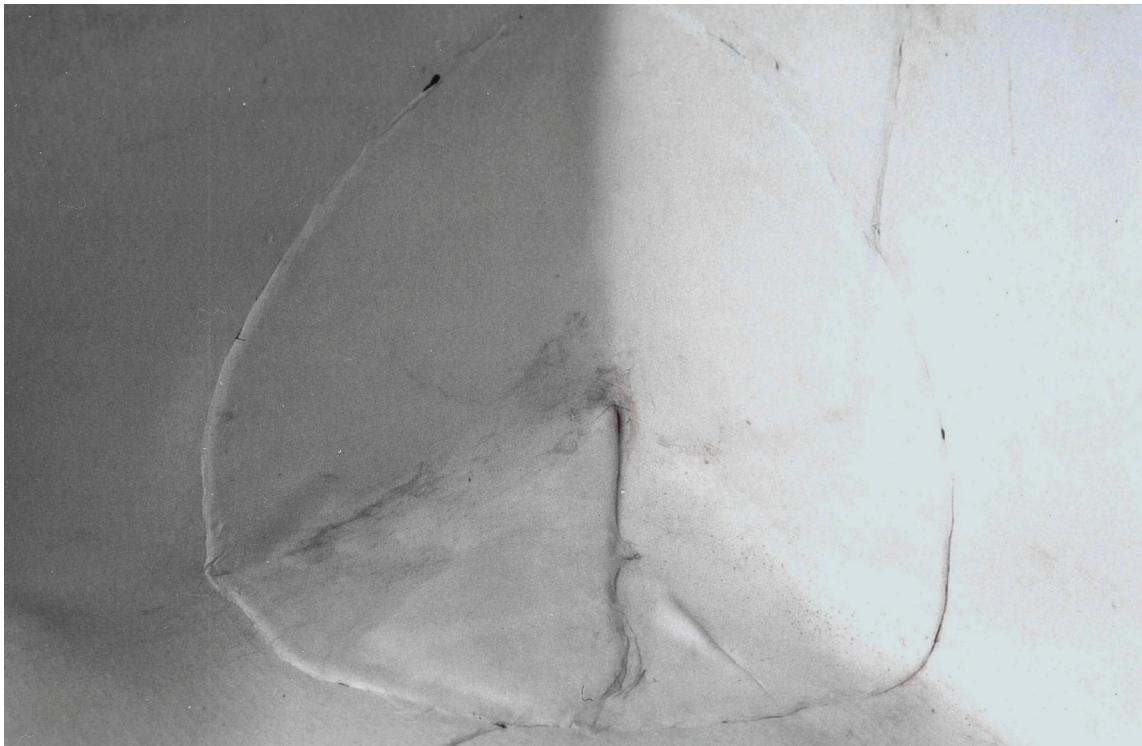


Hochschule Weihenstephan-Triesdorf  
Forschungsanstalt für Gartenbau, Institut für Gartenbau,  
Am Staudengarten 14, D-85354 Freising  
Tel.: +49 (0) 8161 / 71-4413, Fax: +49 (0) 8161 / 71-3348  
E-Mail: martin.jauch@hswt.de

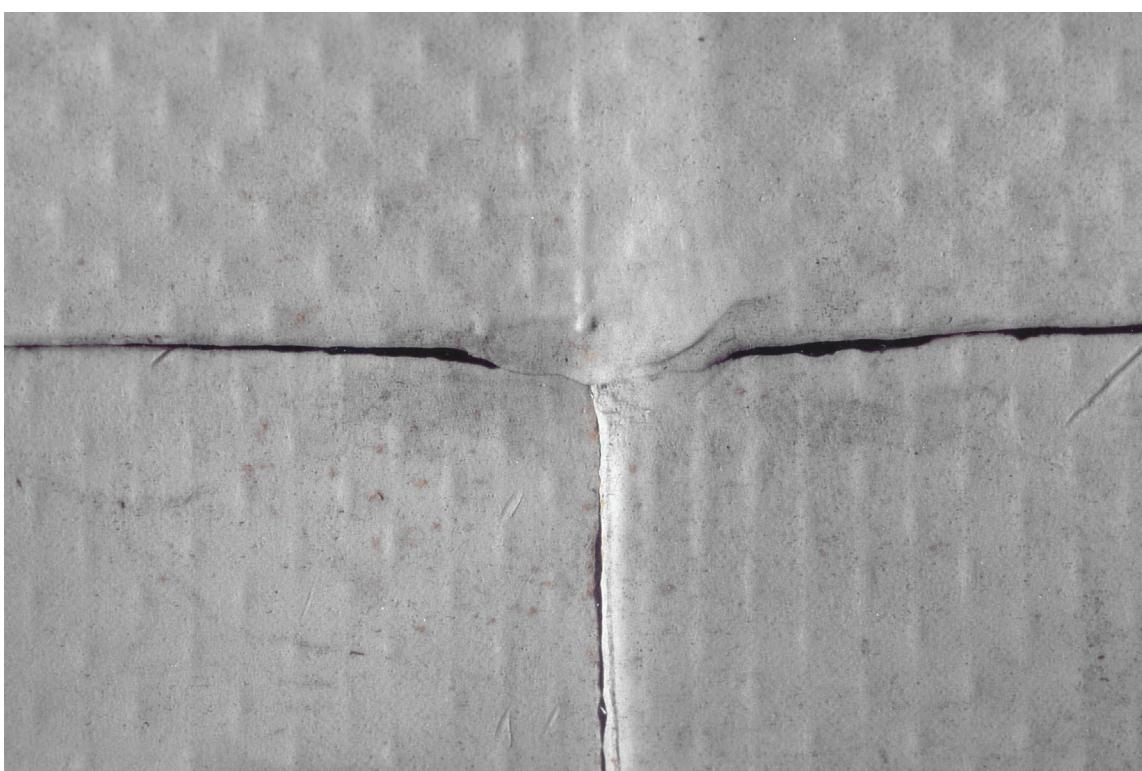


### Anhang 1

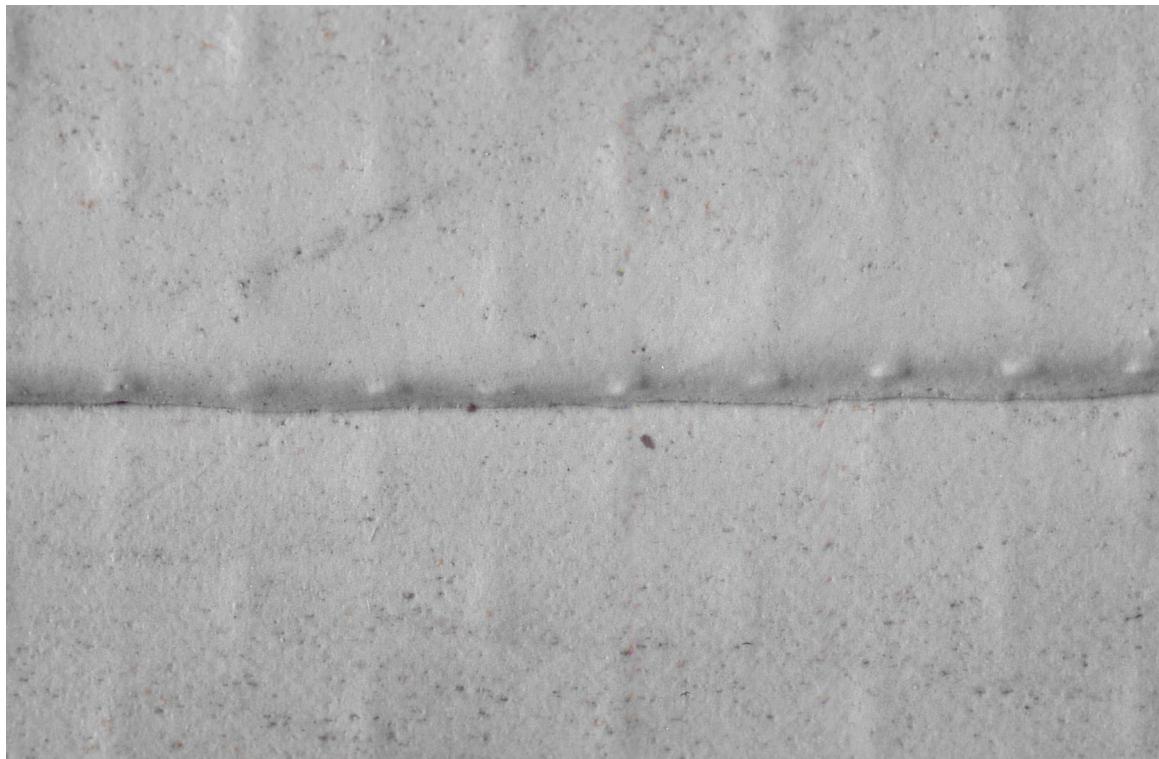
#### Fotos zur geprüften Bahn BauderTHERMOPLAN-T SV 15 (Juni 2000)



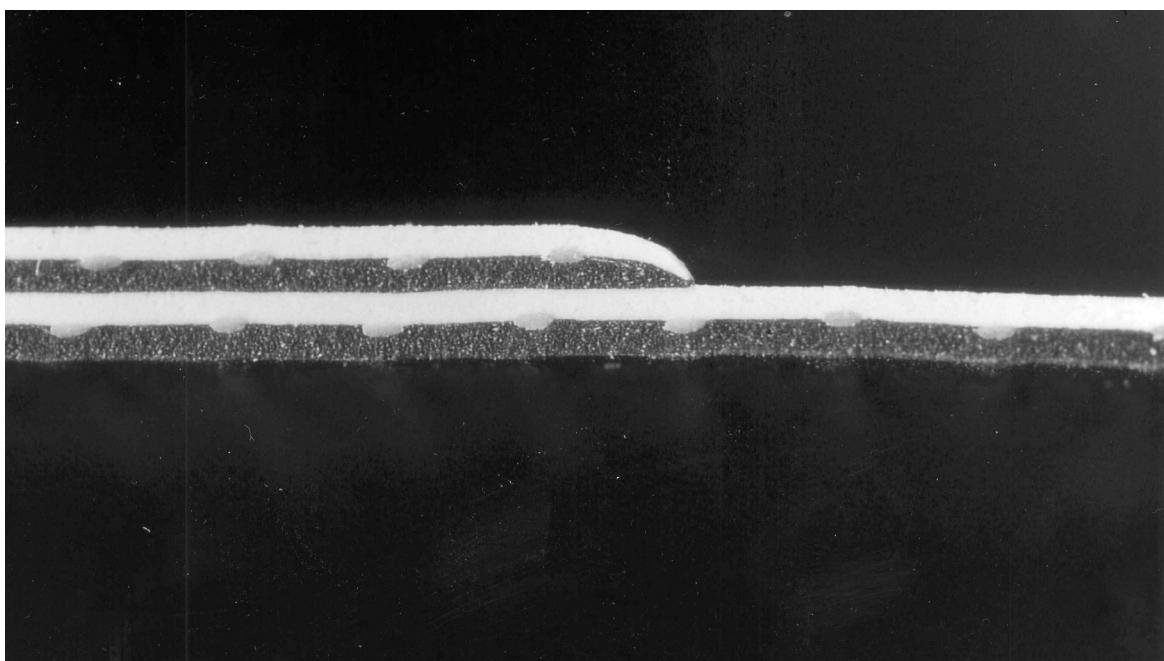
**Abb. 1: Bahnoberseite mit verstärkter Ecke**



**Abb. 2: Bahnoberseite mit T-Naht**



**Abb. 3: Bahnoberseite mit Längsnaht**



**Abb. 4: Schnitt durch Längsnaht**

## Anhang 2

### Daten zur Pflanzenentwicklung

Tab. 1: Vitalität der Bepflanzung

Bewertung durch- geführt im:	Feuerdorn	Quecke
Dezember 1998	wüchsig, Rückschnitt auf ca. 150 cm Höhe im Januar 1999	üppiges Wachstum, Rückschnitt auf ca. 10 cm Höhe im Februar 1999
Juli 1999	wüchsig	üppiges Wachstum, Rückschnitt auf ca. 10 cm Höhe im Juli 1999
Dezember 1999	wüchsig, Rückschnitt auf ca. 150 cm Höhe im Januar 2000	üppiges Wachstum, Rückschnitt auf ca. 10 cm Höhe im Februar 2000
Juni 2000	wüchsig	üppiges Wachstum

Hinsichtlich Vitalität der Versuchspflanzen waren zwischen den Kontrollgefäß en mit einer Bitumenplatte und den Prüfgefäß en mit der Bahn BauderTHERMOPLAN-T SV 15 keine Unterschiede zu erkennen.

**Tab. 2: Höhe und Stammdurchmesser von Feuerdorn in den Kontrollgefäß en mit Bitumenplatte**

Gefäß- Nr.	Gehölz- Nr.	Dezember 1998		Juli 1999		Dezember 1999		Juni 2000	
		Ø cm <sup>1)</sup>	Höhe cm						
K 1	1	1,3	186	1,6	195	1,8	210	2,0	234
	2	1,3	178	1,5	205	1,6	195	1,9	211
	3	1,2	171	1,4	174	1,6	188	1,8	208
	4	1,3	190	1,5	190	1,8	222	2,2	240
K 2	1	1,3	198	1,5	186	1,7	195	1,9	200
	3	1,2	173	1,5	180	1,6	187	1,7	204
	4	1,4	174	1,7	211	1,9	210	2,3	238
	2	1,5	185	1,7	205	1,8	190	2,0	233
K 3	1	1,3	192	1,6	190	1,8	205	2,2	250
	3	1,3	195	1,5	184	1,7	188	1,8	210
	4	1,2	168	1,4	186	1,6	187	1,8	198
	2	1,4	207	1,8	223	1,9	215	2,1	228
K 4	1	1,4	191	1,6	186	1,8	200	2,0	234
	3	1,3	198	1,5	178	1,7	194	2,0	200
	4	1,3	184	1,6	180	1,8	193	2,1	245
	2	1,3	177	1,6	195	1,7	185	1,8	210

<sup>1)</sup> Stammdurchmesser, gemessen 20 cm über der Substratoberfläche

**Tab.4: Höhe und Stammdurchmesser von Feuerdorn in den Prüfgefäßen mit der Bahn BauderTHERMOPLAN-T SV 15**

Gefäß-Nr.	Gehölz-Nr.	Dezember 1998		Juli 1999		Dezember 1999		Juni 2000	
		Ø cm <sup>1)</sup>	Höhe cm						
P 1	1	1,1	176	1,3	175	1,6	177	1,8	230
	2	1,3	174	1,6	210	1,8	204	2,0	235
	3	1,2	181	1,4	180	1,6	175	1,7	200
	4	1,3	192	1,5	185	1,9	236	2,1	255
P 2	1	1,1	178	1,4	181	1,6	185	1,8	215
	3	1,2	169	1,3	170	1,6	178	1,7	188
	4	1,4	177	1,6	220	1,8	220	2,2	238
	2	1,3	175	1,7	190	1,8	205	2,1	230
P 3	1	1,3	182	1,5	189	1,7	190	1,9	215
	3	1,3	170	1,5	175	1,8	195	2,2	215
	4	1,3	178	1,7	225	1,9	228	2,2	240
	2	1,4	190	1,7	198	1,8	210	2,0	210
P 4	1	1,4	205	1,6	170	1,8	195	2,1	235
	3	1,3	178	1,5	175	1,8	230	2,0	225
	4	1,3	185	1,6	215	1,8	220	2,2	260
	2	1,2	167	1,4	175	1,6	195	1,7	178
P 5	1	1,3	180	1,5	210	1,7	184	1,8	198
	2	1,2	168	1,4	165	1,6	190	1,9	210
	3	1,2	191	1,4	180	1,7	177	2,0	230
	4	1,3	200	1,6	200	1,9	230	2,3	245
P 6	1	1,4	185	1,6	192	1,8	190	2,1	210
	3	1,2	163	1,5	175	1,7	177	1,8	210
	4	1,4	195	1,7	208	1,8	214	2,0	240
	2	1,3	178	1,6	177	1,9	245	2,3	265
P 7	1	1,1	170	1,3	193	1,5	178	1,7	197
	3	1,3	187	1,7	204	1,9	181	2,1	225
	4	1,3	198	1,6	186	1,8	195	1,9	210
	2	1,4	210	1,6	223	1,8	235	2,2	235
P 8	1	1,2	176	1,4	190	1,6	178	1,7	197
	3	1,3	185	1,4	188	1,7	185	1,8	210
	4	1,3	198	1,6	185	1,9	208	2,3	255
	2	1,3	175	1,5	210	1,8	220	2,2	235

<sup>1)</sup> Stammdurchmesser, gemessen 20 cm über der Substratoberfläche

## Anhang 2

# **Verfahren zur Untersuchung der Wurzelfestigkeit von Bahnen und Beschichtungen für Dachbegrünungen**

FLL  
Forschungsgesellschaft  
Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V.  
Colmantstr. 32  
53115 Bonn

## Einführung

Um vegetationsbedingte Bauschäden durch Dachbegrünungen auszuschließen, wurde 1984 von einer Arbeitsgruppe der Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (FLL) ein "Verfahren zur Untersuchung der Durchwurzelungsfestigkeit von Wurzelschutzbahnen" ausgearbeitet, das auf die Beanspruchung der Bahnen durch Pflanzenwurzeln ausgerichtet ist. Das Verfahren beruht im wesentlichen auf Erfahrungen und Erkenntnissen von mehrjährigen Versuchen mit unterschiedlichen Dichtungsbahnen und verschiedenen Pflanzenarten, die am Institut für Bodenkunde und Pflanzenernährung, FH Weihenstephan, von 1975 bis 1980 durchgeführt wurden.

Das FLL-Verfahren wurde 1992 und letztmalig 1995 überarbeitet.

Es besitzt einen hohen Stellenwert bei Herstellern, Planern und ausführenden Betrieben, was sich u. a. durch die große Anzahl der bereits abgeschlossenen und der noch laufenden Untersuchungen dokumentieren lässt.

Die FLL beschloß 1993, das bisherige Verfahren mit einer Untersuchungsdauer von 4 Jahren erneut zu überprüfen, mit dem Ziel, die Versuchsdauer auf 2 Jahre zu reduzieren, ohne die beabsichtigt strengen Maßstäbe des bisherigen Tests aufzuweichen.

Nach vielfachen Versuchen am Institut für Bodenkunde und Pflanzenernährung, FH Weihenstephan, ist es schließlich gelungen, diese Vorgaben zu vereinbaren: Die 2-Jahres-Prüfung findet in einem klimagesteuerten Gewächshaus statt, wobei die verwendeten Pflanzenarten bei entsprechenden Temperatur- und Lichtverhältnissen das ganze Jahr über im Wachstum begriffen sind. Somit wird eine effektive Wachstumsperiode von 24 Monaten erzielt, die von ähnlicher Dauer ist wie beim 4-Jahrestest, wenn man hierbei die jährliche, mehrmonatige Ruhephase der Vegetation unter Freilandbedingungen berücksichtigt. Beide Prüfungen gelten als gleichwertig und sind in der vorliegenden Neufassung des Verfahrens gemeinsam beschrieben.

Im Zuge inhaltlicher Veränderungen erfolgte auch eine formale Neugestaltung, die das Verfahren besser verständlich machen und den Prüfinstitutionen die Bewertung der vorgefundenen Ergebnisse erleichtern soll.

## 1 Geltungsbereich

Das Verfahren gilt für die Bestimmung des Widerstandes gegen Ein- und Durchdringungen von Wurzeln und Rhizomen der verwendeten Testpflanzen bei

- Wurzelschutzbahnen,
- Dach- und Dichtungsbahnen sowie
- Beschichtungen im Flüssigauflag

für alle Ausbildungsformen der Dachbegrünung (Intensivbegrünung, Einfache Intensivbegrünung, Extensivbegrünung).

Das Verfahren beinhaltet die Prüfung von Produkten inklusive die dazugehörigen Fügetechniken. Es ist somit nur zulässig für die Prüfung einzelner Bahnen bzw. Beschichtungen. Die Untersuchung eines Dachabdichtungssystems, d.h. eines aus mehreren Lagen zusammengefügten Aufbaus der Dachabdichtung ist nicht möglich.

Aus versuchstechnischen Gründen kann es bei Beschichtungen im Flüssigauflag erforderlich sein, unter der Beschichtung eine gesonderte Lage einzubauen. Dies ist gestattet, sofern der Hersteller eindeutig erklärt, daß die Wurzelfestigkeit einzig durch die zuoberst aufgetragene Beschichtung bewirkt wird.

Eine Kaschierung, d.h. eine gesonderte Lage auf der zu prüfenden Bahn bzw. Beschichtung ist in jedem Fall ausgeschlossen.

Das Ergebnis der geprüften Bahn bzw. Beschichtung ist nicht übertragbar auf den Ein- und Durchdringungswiderstand gegen Pflanzen mit starkem Rhizomwachstum (z.B. Bambus- und Chinaschilf-Arten). Bei Verwendung derartiger Pflanzenarten sind über den befundenen Ein- und Durchdringungsschutz hinausgehende bauliche Vorkehrungen zu treffen und besondere Pflegemaßnahmen vorzusehen.

Das Verfahren beinhaltet keine Bewertungen bezüglich Umweltverträglichkeit der geprüften Produkte.

## 2 Definitionen

Für die Anwendung dieses Verfahrens gelten folgende Definitionen:

### 2.1 Versuchsgefäße

Speziell für die Untersuchung ausgestattete Gefäße mit Mindestmaßen, die mit der zu prüfenden Bahn oder Beschichtung (Prüfgefäß) bzw. mit einem Vlies (Kontrollgefäß) bestückt werden.

### 2.2 Feuchtigkeitsschicht

Die Feuchtigkeitsschicht besteht aus grobkörnigem mineralischem Material, das unterhalb der zu prüfenden Bahn bzw. Beschichtung angeordnet ist. Sie wird ständig feucht gehalten und ermöglicht dadurch ein Weiterwachsen von durch die Bahn bzw. Beschichtung gedrungenen Wurzeln und Rhizomen bis zum transparenten Gefäßboden und somit ein frühzeitiges Erkennen von Durchdringungen.

### 2.3 Schutzlage

Mit der Bahn bzw. Beschichtung stoffverträgliches Vlies, das direkt unter dem zu prüfenden Material auf die Feuchtigkeitsschicht gelegt wird, um eine gleichmäßige Druckverteilung zu erreichen.

### 2.4 Vegetationstragschicht

Einheitliches, jederzeit und an allen Untersuchungsorten gleichartig verfügbares, bzw. herstellbares Kultursubstrat (Stoffgemisch). Es ist strukturstabilisiert, weist einen günstigen Wasser-/Lufthaushalt sowie eine schwache Grunddüngung auf und begünstigt somit eine optimale Wurzelentwicklung der Testpflanzen. Die Vegetationstragschicht steht in unmittelbarem Kontakt zu der zu untersuchenden Bahn.

### 2.5 Testpflanzenarten

#### 2.5.1 Für die 2-Jahresprüfung

- *Pyracantha coccinea* 'Orange Charmer', Feuerdorn, ein Ziergehölz, das unter den vorgegebenen Gewächshausbedingungen ganzjährig ein für den Test geeignetes Wurzelwachstum aufweist und
- *Agropyron repens*, Quecke, ein heimisches Gras mit schwachwachsenden Rhizomen, dessen Ansiedelung auf begrünten Dächern kaum zu vermeiden ist und unter den Prüfbedingungen ebenfalls über das ganze Jahr hinweg ausreichend wächst.

#### • **2.5.1 Für die 4-Jahresprüfung**

- *Alnus incana*, Grauerle, ein Wildgehölz, das unter den vorgegebenen Freilandbedingungen während der Vegetationsperiode ein für den Test geeignetes Wurzelwachstum aufweist und
- *Agropyron repens*, Quecke.

### **2.6 Ausreichende Wuchsleistung der Testpflanzen**

Die Gehölze (Feuerdorn bzw. Erle) in den Prüfgefäßen müssen während der gesamten Versuchsdauer im Mittel mindestens 80 % der durchschnittlichen Wuchsleistung (Höhe, Stammdurchmesser) der Pflanzen in den Kontrollgefäßeln aufweisen. Hierdurch kann ggf. eine Beeinträchtigung der Testpflanzen durch von der Bahn bzw. Beschichtung abgegebene, pflanzenschädigende Stoffe erfaßt werden.

Die Ausbreitung der Quecke an der Substratoberfläche wird visuell bewertet (bonitiert, s. 2.7). Hierbei müssen die Pflanzen in den Prüfgefäßen ab der ersten Zwischenauswertung (s. 7.1) während der gesamten Versuchsdauer im Durchschnitt mindestens eine mittlere Bestandsdichte aufweisen (s. 2.7).

### **2.7 Bonitur des Queckenbestands**

Bei der visuellen Bewertung werden der Bestandsdichte des Quecken-Aufwuchses Zahlen zugeordnet. Hierbei ist folgende Einteilung vorzunehmen:

- 1 = kaum Quecke vorhanden (rund 0-20 % der Fläche bedeckt)
- 2 = schütterer Bestand (rund 20-40 % der Fläche bedeckt)
- 3 = mittlerer Bestand (rund 40-60 % der Fläche bedeckt)
- 4 = dichter Bestand (rund 60-80 % der Fläche bedeckt)
- 5 = sehr dichter Quecken-Bestand (rund 80-100 % der Fläche bedeckt)

### **2.8 Gleichwertige Fügetechniken**

Es ist zulässig in der Prüfung unterschiedliche Fügetechniken zu kombinieren, sofern diese ausnahmslos stoffhomogene Nahtverbindungen zum Ziel haben (z.B. Quellschweißung - mit einem Lösungsmittel, das sich verflüchtigt - und Warmgasschweißung). Derartige Nahtverbindungen werden als gleichwertig angesehen.

Im Gegensatz dazu gelten Kombinationen von klebfreien Verbindungen und Verbindungen mit Klebemasse oder von Verbindungen mit 2 unterschiedlichen Klebmassen als nicht gleichwertig.

## 2.9 Wurzeleindringung

In die Fläche oder in die Nähte einer geprüften Bahn bzw. Beschichtung eingewachsene Wurzeln, wobei sich die unterirdischen Pflanzenteile aktiv Hohlräume geschaffen und die Bahn bzw. Beschichtung somit beschädigt haben.

Nicht als Wurzeleindringung zu werten, aber im Prüfbericht aufzuführen sind:

- In bereits vorhandene Poren einer Bahn bzw. Beschichtung (Fläche oder Naht bzw. Arbeitsunterbrechungsfuge) eingewachsene Wurzeln (d.h. keine Beschädigung). Um hierbei eine eindeutige Bewertung zu gewährleisten, ist eine Betrachtung der entsprechenden Bahn bzw. Schichtabschnitte unter dem Mikroskop erforderlich.
- In die Fläche oder Naht bzw. Arbeitsunterbrechungsfuge  $\leq 5$  mm eingewachsene Wurzeln bei Bahnen und Beschichtungen, die radizide Wirkstoffe (Wurzelhemmer) enthalten, da hierbei die wurzelhemmende Wirkung erst nach dem Eindringen der Wurzeln entfaltet werden kann. Um eine derartige Bewertung zu ermöglichen, sind solche Bahnen bzw. Beschichtungen vom Hersteller zu Versuchsbeginn eindeutig als "radizidhaltig" zu definieren.
- Eingewachsene Wurzeln in die Fläche bei Produkten, die sich aus mehreren Schichten zusammensetzen (z.B. Bitumenbahn mit Kupferbandeinlage oder PVC-Bahn mit Polyesterlieseinlage), wenn die Schicht, welche den Ein- und Durchdringungsschutz übernimmt, dabei nicht beschädigt wird. Um eine derartige Bewertung zu ermöglichen, ist diese Schicht vom Hersteller zu Versuchsbeginn eindeutig festzulegen.
- In Nahtversiegelungen eingedrungene Wurzeln (ohne Beschädigung der Naht).

## 2.10 Wurzeldurchdringung

In der Fläche oder in den Nähten einer geprüften Bahn bzw. Beschichtung durchgewachsene Wurzeln, welche bereits in der Bahn bzw. Beschichtung vorhandene Poren genutzt oder aktiv Hohlräume geschaffen haben.

## 2.11 Testat "wurzelfest"

Eine Bahn bzw. Beschichtung gilt als wurzelfest, wenn in allen Prüfgefäßen nach Ablauf der Versuchsdauer keine Wurzeleindringungen gemäß Abschnitt 2.9 sowie keine Wurzeldurchdringungen gemäß Abschnitt 2.10 festzustellen sind. Voraussetzung ist zudem, daß die im Test verwendeten Gehölze in den Prüfgefäßen im gesamten Versuchsverlauf eine ausreichende Wuchsleistung gemäß Abschnitt 2.6 erbracht haben.

## 2.12 Quecken-Rhizome

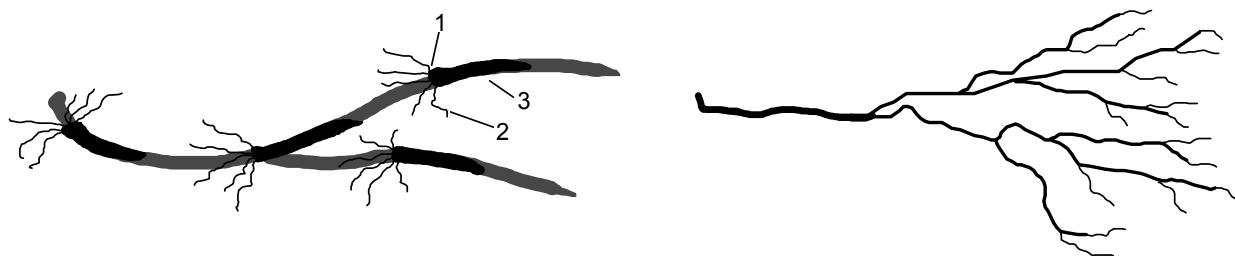
Da bei der Auswertung zwischen Wurzeln und Rhizomen differenziert wird, ist eine zuverlässige Bestimmung dieser unterirdischen Pflanzenorgane unerlässlich.

Hierbei kann man sich an folgenden Angaben orientieren:

Die sich in der Vegetationstragschicht ausbreitenden Queckenrhizome (unterirdische Sproßausläufer) weisen eine gleichmäßige Dicke von ca. 2 mm und eine geringe Verzweigung auf. Sie gliedern sich in einzelne Abschnitte, begrenzt durch Knoten, an denen unscheinbare, den Stengel umhüllende Blättchen sowie dünne Wurzeln angeordnet sind. Zwischen den Knoten sind die Quecken-Rhizome hohl (s. Abbildung 1).

Im Gegensatz dazu haben Wurzeln von Feuerdorn eine stark unterschiedliche Dicke und sind stark verzweigt. Sie tragen zudem nie Blätter und sind nicht hohl.

Falls das Prüfinstitut nicht eindeutig zwischen Rhizomen und Wurzeln differenzieren kann, ist fachlicher Rat einzuholen.



**Abb. 1:** Schematische Darstellung eines Quecken-Rhizoms (links) mit Knoten (1), Wurzeln (2) und Blättern (3) im Vergleich zu einer Feuerdorn-Wurzel (rechts)

## 2.13 Bewertung von Quecken-Rhizomen

In die Bahn bzw. Beschichtung (Fläche oder Naht) ein- und durchgewachsene Quecken-Rhizome werden festgestellt und im Prüfbericht aufgeführt, jedoch im Hinblick auf die Wurzelfestigkeit nicht gewertet. Läßt sich keine Beschädigung des Produkts durch Rhizome erkennen, wird dies jedoch im Prüfbericht ausdrücklich vermerkt (s. 2.14).

## **2.14 Testat "rhizomfest gegen Quecken"**

Eine Bahn bzw. Beschichtung gilt als fest gegen Quecken-Rhizome, wenn in allen Prüfgefäßeln nach Ablauf der Versuchsdauer - analog zu den Wurzeleindringungen (s. 2.9) und Wurzeldurchdringungen (s. 2.10) - keine Rhizomeindringungen sowie keine Rhizomdurchdringungen festzustellen sind.

Voraussetzung ist zudem, daß die Quecke in den Prüfgefäßeln im gesamten Versuchsverlauf eine ausreichende Wuchsleistung erbracht hat (s. 2.6).

## **2.15 Gegebenheiten für einen vorzeitigen Abbruch der Prüfung**

Bei erkennbaren Durchdringungen von Wurzeln oder Rhizomen bei der zu prüfenden Bahn bzw. Beschichtung im Zuge von Auswertungen während der Prüfung (s. 7.1) ist der Auftraggeber der Untersuchung zu unterrichten. Der Versuch wird abgebrochen, wenn die Durchdringungen von Wurzeln bewirkt wurden. Bei durchgedrungenen Rhizomen kann die Prüfung in Absprache mit dem Auftraggeber fortgesetzt werden.

Fallen im Versuchsverlauf mehr als 25 % der Gehölze aus, ist der Versuch neu anzulegen, d.h. es ist eine Neubepflanzung vorzunehmen, wobei auch die Vegetationstragschicht durch eine neue Mischung zu ersetzen ist. Der Versuchsbeginn ist entsprechend neu zu datieren.

Gleichermaßen ist zu verfahren, wenn im Versuchsverlauf keine ausreichende Wuchsleistung der Testpflanzen erzielt wird (s. 2.6).

## **3 Kurzbeschreibung des Verfahrens**

In einem Gefäßversuch mit standardisierten Bedingungen wird der Durchdringungswiderstand von Wurzelschutz- sowie Dach- und Dichtungsbahnen bzw. Beschichtungen gegenüber auf sie einwirkende Wurzeln und Rhizome der Testpflanzenarten untersucht.

Bei der Prüfung mit 4-jähriger Dauer erfolgt dies unter Freilandbedingungen, wobei Erle und Quecke als Testpflanzen verwendet werden. Die 2-jährige Prüfung wird in einem klimagesteuerten Gewächshaus unter Verwendung von Feuerdorn und Quecke durchgeführt.

Die zu untersuchende Bahn bzw. Beschichtung, die mehrere Nahtstellen bzw. eine Arbeitsunterbrechungsfuge aufweisen muß, wird in 8 Prüfgefäße eingebaut. Weitere 3 Gefäße gehen ohne Bahn bzw. Beschichtung in den Versuch. Sie dienen als Kontrolle

für das Pflanzenwachstum.

In die so behandelten Gefäße wird eine dünne Vegetationstragschicht eingefüllt. Mit einer dichten Bepflanzung, einer maßvollen Düngung und einer zurückhaltenden Bewässerung soll der gewünschte, hohe Wurzeldruck erzeugt werden.

Zu Versuchsende wird die Vegetationstragschicht entnommen und die Bahn bzw. Beschichtung im Hinblick auf ein- und durchgedrungene Wurzeln bzw. Rhizome überprüft. Rückstellproben der untersuchten Bahn bzw. Beschichtung werden beim Prüfinstitut gelagert.

## **4 Versuchseinrichtungen und -material**

### **4.1 Standort für die Durchführung**

#### **4.1.1 Bei der 4-Jahres-Prüfung**

Es ist eine Halle vorzusehen, die mit einer transparenten Dachdeckung ausgerüstet, ansonsten allseitig offen ist. Hierdurch werden annähernd Freilandbedingungen geschaffen, wobei aber Niederschlag, der zu Staunässe in den abflußfreien Gefäßen führen könnte, abgehalten wird.

Zulässig als Standort ist auch ein unbeheiztes Gewächshaus, sofern es über ausreichende Lüftungsmöglichkeiten verfügt und eine Frosteinwirkung ermöglicht.

#### **4.1.2 Bei der 2-Jahres-Prüfung**

Es ist ein Gewächshaus vorzusehen, das mit einer regelbaren Heizung und Lüftung ausgestattet ist. Die Heizung ist so einzustellen, daß die Innentemperatur tagsüber bei  $(18\pm3)^\circ\text{C}$  und während der Nacht bei  $(16\pm3)^\circ\text{C}$  liegt. Ab einer Innentemperatur von  $(22\pm3)^\circ\text{C}$  ist das Gewächshaus zu lüften. Eine anhaltende Innentemperatur  $> 35^\circ\text{C}$  ist zu vermeiden.

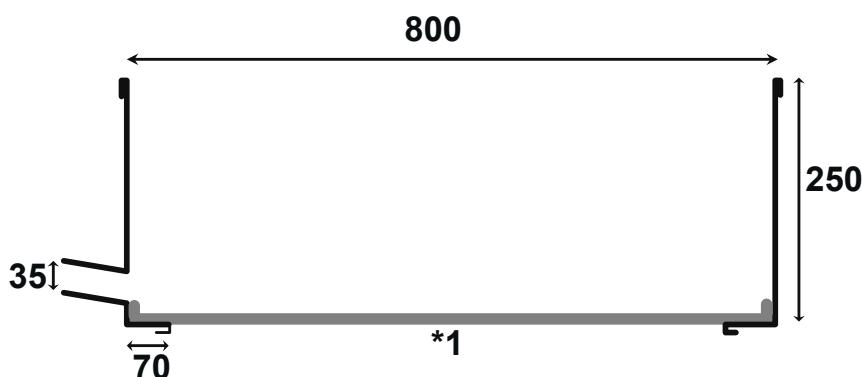
Die natürlichen Lichtverhältnisse im mitteleuropäischen Raum stellen bei den angegebenen Temperaturen ein günstiges Wachstum der Testpflanzen im gesamten Jahresgang sicher. Eine Schattierung der Pflanzen im Sommer oder eine künstliche Belichtung im Winter sind nicht erforderlich.

Der Flächenbedarf pro Gefäß (800 x 800 mm) unter Einhaltung des geforderten Mindestabstands gemäß Abschnitt 6.1 liegt - je nach Anordnung der Gefäße - bei rund 1,5 bis 2 m<sup>2</sup>.

#### 4.2 Versuchsgefäße

Die Versuchsgefäße müssen ein Innenmaß von mindestens 800 x 800 x 250 mm aufweisen. Unter Berücksichtigung einbautechnischer Erfordernisse kann es notwendig sein, größere Prüfgefäße einzusetzen.

Die Versuchsgefäße sind mit einem durchsichtigen Boden (z.B. Acrylglas) zu versehen, um durchgewachsene Wurzeln auch während des Versuchs ohne Störung der Vegetationstragschicht erkennen zu können. Der Boden ist zu verdunkeln (z.B. mit lichtundurchlässiger Folie), um einem Algenwuchs in der Feuchtigkeitsschicht vorzubeugen. Der durchsichtige Gefäßboden ist zweckmäßigerweise als Einsatz mit einer 20 mm hohen Aufkantung auszubilden, um die Feuchtigkeitsschicht ausreichend mit Wasser versorgen zu können. Die Wasserzufuhr in die Feuchtigkeitsschicht erfolgt über ein mit der Aufkantung des Einsatzbodens abschließendes, schräg nach oben gerichtetes Einfüllrohr ( $\varnothing$  ca. 35 mm), das außenseitig an den Gefäßen angebracht ist (s. Abbildung 2).



**Abb. 2:** Aufbau der Versuchsgefäße (Mindestmaße, Angaben in mm,  
\*1 = transparenter Boden mit Aufkantung)

Für jede zu untersuchende Bahn bzw. Beschichtung sind 8 Prüfgefäße erforderlich. Zusätzlich sind pro Versuchslauf - unabhängig von der Anzahl der zu prüfenden Bahnen bzw. Beschichtungen - 3 Kontrollgefäße (ohne Bahn bzw. Beschichtung) vorzusehen.

#### 4.3 Feuchtigkeitsschicht

Diese Schicht besteht aus Blähschiefer oder Blähton (Körnung 8-16 mm), der über die in Tabelle 1 angegebenen Qualität verfügen muß. Um keinen eigenen Analysenaufwand betreiben zu müssen, ist es sinnvoll, nur Produkte einzusetzen, die einer ständi-

gen Qualitätskontrolle im Hinblick auf die genannten Richtwerte unterliegen, wodurch der Hersteller die erforderlichen Eigenschaften zusichern kann.

Bei der geforderten Schichtdicke von (50±5) mm (s. 6.1) beträgt der Materialbedarf rund 32 l je Versuchsgefäß (800 x 800 mm).

#### **4.4 Schutzvlies**

Es ist ein Vlies aus synthetischen Fasern mit einem Gewicht von ca. 200 g/m<sup>2</sup> zu verwenden. Die Stoffverträglichkeit des Vlieses mit der zu prüfenden Bahn bzw. Schicht muß sichergestellt sein. Der Materialbedarf beträgt 0,64 m<sup>2</sup> je Versuchsgefäß (800 x 800 mm).

#### **4.5 Zu prüfende Bahn bzw. Beschichtung**

Die Bahn bzw. Beschichtung ist gemäß Abschnitt 6.1 einzubauen bzw. aufzutragen. Pro Gefäß mit den Mindestmaßen (800 x 800 x 250 mm) ergibt sich (abzüglich der 50 mm starken Feuchtigkeitsschicht) rechnerisch eine zu bedeckende Fläche von rund 1,3 m<sup>2</sup> (ohne Überlappung).

#### **4.6 Vegetationssubstrat**

Das Substrat besteht aus:

- 70 Vol.-% wenig zersetzen Hochmoortorf und
- 30 Vol.-% Blähton oder Blähschiefer (Körnung 8-16 mm), der über die in Tabelle 1 angegebene Qualität verfügen muß. Wie unter Abschnitt 4.3 beschrieben, ist es sinnvoll nur qualitätsgeprüfte Produkte einzusetzen.

Durch Zugabe von kohlensaurem Kalk ist das Substrat auf einem pH-Wert (CaCl<sub>2</sub>) zwischen 5,5 und 6,5 einzustellen (s. 4.7).

Die gemäß Abschnitt 4.8 definierte Grunddüngung wird der Vegetationstragschicht vor dem Einfüllen homogen zugemischt.

Der Substratbedarf beträgt beim 4-Jahres-Test bei der geforderten Schichtdicke von (150±10) mm rund 96 l je Versuchsgefäß (800 x 800 mm), beim 2-Jahres-Test (unter Berücksichtigung der Substratzufuhr mittels Topfballen der Pflanzen) rund 88 l je Versuchsgefäß (800 x 800 mm).

**Tabelle 1:** Erforderliche Qualität von Blähton/Blähhschiefer. Bestimmung im Wasserauszug des gemahlenen Materials mit demineralisiertem Wasser im Verhältnis 1:10 (Gew./Vol.)

Lösliche Salze (berechnet als KCl)	< 0,25 g/100 g
CaO	< 120 mg/100 g
Na <sub>2</sub> O	< 15 mg/100 g
Mg	< 15 mg/100 g
Cl	< 10 mg/100 g
F	< 1,2 mg/100 g

#### 4.7 pH-Einstellung

Bei der Vegetationstragschicht können unterschiedliche Mengen an kohlensaurem Kalk erforderlich sein, um einen gewünschten pH-Wert von 5,5-6,5 einzustellen.

Die erforderliche Menge lässt sich mit folgender Vorgehensweise bestimmen:

- 5 Proben der gut gemischten Vegetationstragschicht zu je 1 l entnehmen,
- die Proben mit Leitungswasser anfeuchten,
- den einzelnen Proben unterschiedliche Mengen (4, 5, 6, 7 bzw. 8 g) kohlensauren Kalk zumischen,
- Proben in Kunststoffbeutel geben, verschließen und beschriften,
- Proben im Beutel ca. 3 Tage bei Zimmertemperatur lagern,
- Proben an ein Untersuchungslabor senden, das nach den VDLUFA-Verbandsmethoden arbeitet, und eine pH-Analyse in CaCl<sub>2</sub> anfordern,
- Kalkmenge, die zu dem gewünschten pH-Wert in der Probe von 1 l geführt hat, auf das gesamte Volumen der Vegetationstragschicht hochrechnen.

#### 4.8 Düngemittel

Als Grunddüngung ist ein Mehrnährstoffdünger mit ca. 15% N, 10% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 15% K<sub>2</sub>O, 2 % MgO und weniger als 0,5 % Cl sowie ein Spurennährstoffdünger mit Eisen (Fe), Kupfer (Cu), Molybdän (Mo), Mangan (Mn), Bor (B) und Zink (Zn) vorzusehen. Pro Gefäß (800 x 800 mm) werden 30 g Mehrnährstoffdünger appliziert. Der Spurennährstoffdünger wird in der vom Hersteller für Substrate empfohlenen Menge verwendet.

Bei der Nachdüngung ist ein langsam wirkender, umhüllter Mehrnährstoffdünger mit ca. 15 % N, 10 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 15 % K<sub>2</sub>O und einer Wirkungsdauer von 6-8 Monaten aufzustreuen. Der Düngemittelbedarf liegt pro Gabe bei 30 g/Gefäß (800 x 800 mm).

#### 4.9 Tensiometer

Zur Kontrolle der Bewässerung der Vegetationstragschicht ist pro Gefäß ein Tensiometer mit einem Meßbereich von 0 bis -600 hPa einzusetzen.

#### 4.10 Versuchspflanzen

Bei der 4-Jahres-Prüfung sind als Versuchspflanzen folgende 2 Arten in den angegebenen Qualitäten einzusetzen:

- *Alnus incana* - Grauerle, 2-jährig verpflanzter Sämling, Höhe 60-100 cm und
- *Agropyron repens* - Quecke, Saatgut.

Bei der 2-Jahres-Prüfung sind als Versuchspflanzen folgende 2 Arten in den angegebenen Qualitäten einzusetzen:

- *Pyracantha coccinea* 'Orange Charmer' - Feuerdorn, im 2-Liter-Container, Höhe 60-80 cm und
- *Agropyron repens* - Quecke, Saatgut.

Je Versuchsgefäß von 800 x 800 mm sind 4 Gehölze (Erle, Feuerdorn) sowie 2 g Saatgut von Quecke vorzusehen. Rechnerisch ergibt sich somit eine Pflanzdichte von 6,25 Gehölzen/m<sup>2</sup> und 3,13 g Saatgut/m<sup>2</sup>. Werden größere Versuchsgefäße verwendet, ist durch Erhöhung der Pflanzenzahl bzw. Saatgutmenge mindestens die oben genannte Pflanzdichte zu erzielen.

Beim Zukauf der Gehölze ist auf eine gleichmäßige Pflanzenqualität zu achten.

#### 4.11 Gießwasser

Das Gießwasser muß die in Tabelle 2 angegebene Mindestqualität aufweisen.

Die Wasserqualität ist beim zuständigen Wasserwerk zu erfragen.

Wird einer der in Tabelle 2 angegebenen Werte überschritten, ist das Gießwasser mit vollentsalztem Wasser oder mit Regenwasser entsprechend zu verschneiden.

**Tabelle 2:** Mindestqualität des Gießwassers

Leitfähigkeit	< 1000 µS/cm
Summe Erdalkalien	< 5,4 mmol/l
Säurekapazität (bis pH 4,3)	< 7,2 mmol/l
Chlorid	< 150 mg Cl/l
Natrium	< 150 mg Na/l
Nitrat	≤ 50 mg NO <sub>3</sub> /l

## 5 Probenahme und Angaben des Herstellers

Von der Bahn bzw. Beschichtung ist vom Prüfinstitut vor und nach der Untersuchung eine Rückstellprobe zu nehmen. Das entnommene Teilstück muß zumindest eine Nahtstelle pro Fügetechnik bzw. eine Arbeitsunterbrechungsfuge enthalten und eine Fläche von mindestens 0,5 m<sup>2</sup> aufweisen. Die Rückstellprobe ist bei Temperaturen über 5 °C und unter 25 °C trocken und dunkel beim Prüfinstitut zu lagern.

Die Dauer der Lagerung muß mindestens der Gültigkeitsdauer des Prüfberichts entsprechen (s. 8).

Stoffliche Unverträglichkeiten sind bei der Lagerung zu beachten.

Um das getestete Produkt eindeutig identifizieren zu können, sind vom Hersteller zu Beginn der Untersuchung folgende Angaben einzufordern: Produktnamen, Anwendungsbereich, Werkstoffbezeichnung, Stoffnormen, Dicke (ohne Kaschierung), Ausrüstung/Aufbau, Lieferform, Herstelltechnik, Prüfzeugnisse, Herstellungsjahr, Einbautechnik am Untersuchungsort (Überlappung, angewandte Fügetechniken, Fügemittel, Art der Nahtversiegelung, Abdeckstreifen über Nähten, gesonderte Eck- und Winkelverbindungen), Zusatz von Bioziden (z.B. Wurzelhemmstoffe) mit Angaben zur Konzentration. Ergänzend hierzu ist beim Prüfinstitut ein Produktdatenblatt der zu prüfenden Bahn bzw. Beschichtung zu hinterlegen.

Zudem ist bei Produkten, die sich aus mehreren Schichten zusammensetzen (z.B. Bitumenbahn mit Kupferbandeinlage oder PVC-Bahn mit Polyesterlieseinlage), vom Hersteller zu Versuchsbeginn eindeutig festzulegen, welche Schicht den Ein- und Durchdringungsschutz übernimmt.

## 6 Prüfbedingungen

### 6.1 Vorbereitung und Installation der 8 Prüfgefäße

In den Gefäßen ist folgender Schichtaufbau vorgesehen (von unten nach oben): Feuchtigkeitsschicht, Schutzlage, zu prüfende Bahn bzw. Beschichtung, Vegetationstragschicht, Bepflanzung.

Direkt über dem transparenten Gefäßboden wird als unterste Schicht die Feuchtigkeitsschicht in einer Dicke von (50±5) mm angebracht.

Die Schutzlage wird in den der Gefäßgrundfläche entsprechenden Maßen zugeschnitten und direkt auf die Feuchtigkeitsschicht gelegt.

Auf die Schutzlage wird die zu prüfende Bahn bzw. Beschichtung wie in Abschnitt 6.1.1

und 6.1.2 beschrieben eingebaut.

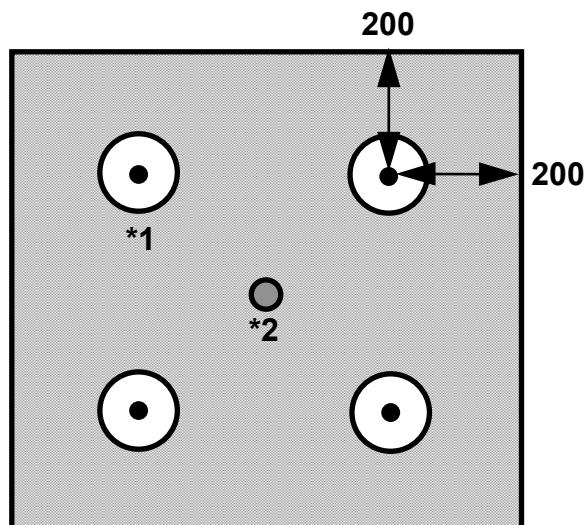
Nach dem Einbau der zu prüfenden Bahn bzw. Beschichtung wird das Vegetationssubstrat festlagernd in einer Schichtdicke von  $(150 \pm 10)$  mm eingefüllt. Dies entspricht bei Gefäßen von 800 x 800 mm einem Substratvolumen von 96 l (4-Jahres-Test) bzw. 88 l (2-Jahres-Test) (s. 4.6).

Pro Versuchsgefäß von 800 x 800 mm sind bei der 4-Jahres-Prüfung 4 *Alnus incana* (Grauerle), bei der 2-Jahres-Prüfung 4 *Pyracantha coccinea* (Feuerdorn) gleichmäßig über die vorhandene Fläche verteilt zu pflanzen (s. Abbildung 3). Zusätzlich werden bei beiden Prüfungen pro Gefäß 2 g Saatgut von *Agropyron repens* (Quecke) gleichmäßig auf der Vegetationstragschicht ausgesät.

Bei gegebenenfalls erforderlichen größeren Versuchsgefäßen muß die Pflanzenzahl so erhöht werden, daß mindestens die gleiche Pflanzendichte erreicht wird (s. 4.10).

Die Keramikzelle des Tensiometers muß in der Vegetationstragschicht unmittelbar über der Bahn bzw. Beschichtung plaziert werden, damit die Messung im untersten Bereich des Wurzelraums erfolgen kann. Das Tensiometer ist in gleichmäßigem Abstand zu den Pflanzen anzuhören (s. Abb. 3).

Die Gefäße werden zweckmäßigerweise auf Gestellen plaziert, um in periodischen Abständen Durchwurzelungskontrollen zu ermöglichen. Zwischen den Gefäßen ist allseitig ein Mindestabstand von 0,4 m zu gewährleisten. Die Gefäße sind nach Zufallsverteilung anzuhören.



**Abb. 3:** Anordnung der Gehölze (\*1) und des Tensiometers (\*2) in der Vegetationstragschicht bei einem Gefäß von 800 x 800 mm (Maße in mm)

### 6.1.1 Einbau von zu prüfenden Wurzelschutz-, Dach- und Dichtungsbahnen

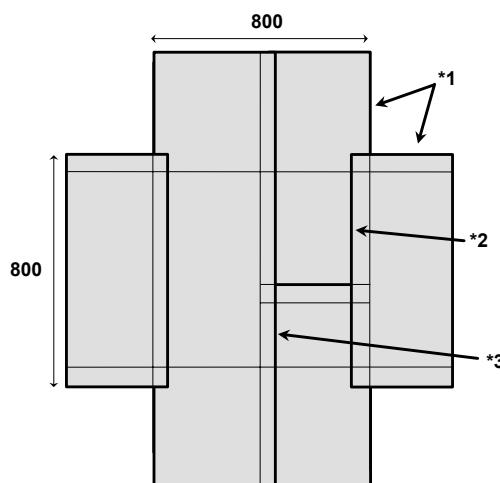
Aus der zu untersuchenden Bahn werden Teile herausgeschnitten und am Untersuchungsort in der Verantwortung des Auftraggebers der Untersuchung fachtechnisch in die Gefäße eingebaut und verbunden. Hierbei sind 4 Wand-Ecknähte, 2 Boden-Ecknähte und 1 mittig verlaufende T-Naht auszuführen (s. Abbildung 4). Es ist dabei zulässig unterschiedliche Fügetechniken anzuwenden, sofern diese gleichwertig sind (s. 2.8).

An den Wänden ist die Bahn bis zur Gefäßkante hochzuziehen.

### 6.1.2 Einbau von zu prüfenden Beschichtungen im Flüssigauflag

Die Beschichtungen im Flüssigauflag werden ebenfalls am Untersuchungsort in der Verantwortung des Auftraggebers der Untersuchung fachtechnisch in die Gefäße eingebaut. Die Beschichtung muß in 2 Arbeitsschritten erfolgen, wobei in der Mitte des Gefäßes eine durchgehende Arbeitsunterbrechungsfuge anzubringen ist. Der Zeitabstand zwischen den beiden Arbeitsschritten muß mindestens 24 Stunden betragen.

An den Wänden ist die Beschichtung bis zur Gefäßkante hochzuziehen.



**Abb. 4:** Anordnung der Nähte (\*1 = Wand-Ecknaht, \*2 = Boden-Ecknaht, \*3 = T-Naht) in der zu untersuchenden Bahn (Maße in mm)

## **6.2 Vorbereitung und Installation der 3 Kontrollgefäße**

Die Vorbereitung und Installation der Kontrollgefäße erfolgt wie unter Abschnitt 6.1 beschrieben, jedoch wird keine zu prüfende Bahn bzw. Beschichtung eingebaut, d.h. über der Schutzlage schließt sich unmittelbar die Vegetationstragschicht an.

## **6.3 Pflege der Pflanzen während der Wachstumszeit**

Die Substratfeuchte ist entsprechend dem Bedarf der Pflanzen durch Gießen von oben auf die Vegetationstragschicht einzustellen. Die Feuchte (Saugspannung) ist mit Hilfe des Tensiometers zu kontrollieren.

Um ein gutes Keimen des Saatguts bzw. Anwachsen der Gehölze sicherzustellen, erfolgt in den ersten 8 Wochen nach der Begrünung eine Bewässerung, sobald die Saugspannung einen Wert von -100 hPa unterschreitet. Im weiteren Versuchsverlauf wird erst dann bewässert, wenn die Saugspannung auf einen Wert zwischen -300 und -400 hPa absinkt. Die Wassergaben sind so zu bemessen, daß eine Saugspannung im Substrat von nahe 0 hPa erzielt wird. Es ist darauf zu achten, daß die gesamte Vegetationstragschicht (incl. Randbereiche) gleichmäßig befeuchtet wird. Ein anhaltender Wasserüberschuß (Staunässe) im unteren Bereich der Vegetationstragschicht ist zu vermeiden. Um eine Beschädigung der Tensiometer zu vermeiden, sind diese bei der 4-Jahres-Prüfung mit Eintritt der ersten Frostperiode zu entfernen. Die Bewässerung während der Vegetationsruhe ist dem sehr geringen Wasserbedarf der Pflanzen anzupassen. Nach den letzten Frösten im Frühjahr sind die Tensiometer wieder an gleicher Stelle einzusetzen. Die Bewässerung erfolgt fortan wie oben beschrieben.

Die Feuchtigkeitsschicht ist durch Gießen über das Einfüllrohr am Gefäß ständig feucht zu halten.

Die Nachdüngung erfolgt bei der 2-Jahres-Prüfung im halbjährlichen Abstand mit einem Düngemittel und in einer Aufwandmenge wie in Abschnitt 4.8 beschrieben. Die erste Gabe wird 3 Monate nach der Bepflanzung appliziert. Bei der 4-Jahres-Prüfung wird einmal jährlich im März oder April nachgedüngt.

Gegebenenfalls aufkommender Fremdwuchs und abgestorbene Pflanzenteile auf der Oberfläche der Vegetationstragschicht sind zu entfernen.

Abgestorbene Gehölze (Feuerdorn bzw. Erle) sind zu ersetzen. Um das sich entwickelnde Wurzelwerk der verbleibenden Pflanzen nicht erheblich zu stören, ist dies jedoch nur während der ersten 3 Monate im 2-Jahres-Test bzw. während der ersten 6

Monate im 4-Jahres-Test gestattet. Fallen im Versuchsverlauf mehr als 25 % der Gehölze aus, ist der Versuch neu anzulegen (s. 2.15).

Ein Rückschnitt der Gehölze (Feuerdorn bzw. Erle) in der Höhe ist nicht zulässig. Im Bereich der Wege zwischen den Gefäßen kann ein Rückschnitt behindernder Seitentriebe vorgenommen werden.

Ein lückenhafter Queckenbestand (< 40 % der Fläche bedeckt) ist durch eine bis zu 2malige Nachsaat in den ersten 3 Monaten (2-Jahres-Test) bzw. 6 Monaten (4-Jahres-Test) aufzubessern.

Um ein Lagern der Quecke zu vermeiden sind die Halme, wenn sie eine Wuchshöhe von ca. 20 cm erreicht haben, auf ca. 5 cm Länge zurückzuschneiden.

Bei starkem Schädlingsbefall der Pflanzen bzw. Auftreten von bestandsgefährdenden Pflanzenkrankheiten sind geeignete Pflanzenschutzmaßnahmen durchzuführen.

## 7 Auswertungen

### 7.1 Auswertungen während des Versuchs

Im 2-Jahres-Test wie auch im 4-Jahres-Test ist im Abstand von sechs Monaten der transparente Gefäßboden aller 8 Prüfgefäße von unten bezüglich sichtbarer Wurzeln und Rhizome (d.h. einer erfolgten Durchdringung) zu überprüfen.

Bei erkennbaren Durchdringungen in den Prüfgefäßen ist der Auftraggeber der Untersuchung zu unterrichten. Der Versuch kann abgebrochen werden (s. 2.15).

Darüber hinaus dürfen während des Versuchs keine Zwischenergebnisse in schriftlicher Form weitergegeben werden.

Halbjährlich (2-Jahres-Test) bzw. jährlich (4-Jahres-Test) ist bei allen Prüf- und Kontrollgefäßen die Wuchsigkeit der Gehölze (Feuerdorn bzw. Erle) durch Erfassen der Höhe und des Stammdurchmessers in 20 cm Höhe festzuhalten. Ebenso wird die Ausbreitung der Quecke an der Substratoberfläche bonitiert (s. 2.7). Die durchschnittliche Wuchsleistung der Pflanzen in den Prüfgefäßen ist zu ermitteln und dem Ergebnis der Kontrollgefäße gegenüberzustellen. Wird gemäß Abschnitt 2.6 keine ausreichende Wuchsleistung erzielt, ist der Versuch neu anzulegen (s. 2.15).

Auftretende Pflanzenschäden wie z.B. Blattdeformationen oder Blattverfärbungen sind gesondert zu erfassen.

## 7.2 Auswertungen zu Versuchsende

Der Zeitpunkt der anstehenden Endauswertung ist dem Auftraggeber der Untersuchung mitzuteilen, um ihm eine Teilnahme zu ermöglichen.

Die Wuchsleistung der Pflanzen ist abschließend, wie in Abschnitt 7.1 angeführt, zu erfassen.

Bei allen Prüfgefäßien wird zu Versuchsende die Vegetationstragschicht entnommen und die Bahn bzw. Beschichtung im Hinblick auf ein- und durchgedrungene Wurzeln bzw. Rhizome überprüft. Gemäß Abschnitt 2.9, 2.10 und 2.12 werden ein- und durchgedrungene Wurzeln bzw. Rhizome bei der geprüften Bahn bzw. Beschichtung in absoluten Zahlen erfaßt.

Dies erfolgt getrennt für folgende Bereiche

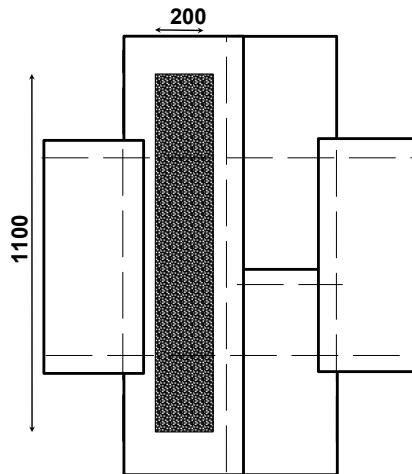
- bei Wurzelschutz-, Dach- und Dichtungsbahnen:
  - die Fläche und
  - die Nähte;
- bei Beschichtungen im Flüssigauflag:
  - die Fläche und ggf.
  - die Arbeitsunterbrechungsfuge, falls diese erkennbar ist.

Wenn mehr als 50 in die Fläche einer Bahn bzw. Beschichtung eingedrungene Wurzeln bzw. Rhizome pro Gefäß festgestellt werden, erfolgt die Auswertung dieser Eindringungen - abweichend vom oben genannten - lediglich an einem Teilstück des untersuchten Materials. Die Auswertung muß sich dabei auf mindestens  $0,2 \text{ m}^2$  (rund 20 % der mit Substrat bedeckten Bahn bzw. Beschichtung) erstrecken und in dem in Abbildung 5 aufgezeigten Bereich durchgeführt werden.

Bei Eindringungen von Wurzeln bzw. Rhizomen in den Überlappungsbereich von Nähten ist die maximale Eindringtiefe festzuhalten.

Ein- und durchgedrungene Wurzeln bzw. Rhizome sind beispielhaft fotografisch zu belegen.

Von der untersuchten Bahn bzw. Beschichtung sind Rückstellproben zu entnehmen, die das Ergebnis der Untersuchung in etwa widerspiegeln. Die Proben sind gemäß Abschnitt 5 zu lagern.



**Abb. 5:** Bereich der Auswertung von Eindringungen in die Fläche einer untersuchten Bahn bzw. Beschichtung bei > 50 Eindringungen/Gefäß (Maße in mm)

## 8 Prüfbericht

Während der Prüfung dürfen keine Zwischenergebnisse schriftlich bekannt gegeben werden.

Nach Beendigung des Versuchs ist von der jeweiligen Prüfinstitution ein vollständiger Prüfbericht in doppelter Ausführung (je 1 Exemplar für das Prüfinstitut und den Auftraggeber) zu erstellen, jedoch nur, wenn sich die Bahn bzw. Beschichtung gemäß Abschnitt 2.11 als wurzelfest erwiesen hat. Firmen und Produkte, die ohne Erfolg an der Untersuchung teilgenommen haben, erhalten keinen Prüfbericht sondern lediglich eine schriftliche Mitteilung mit der begründeten Feststellung, daß sich die Bahn bzw. Beschichtung als nicht wurzelfest nach FLL erwiesen hat.

Der Bericht darf nur in ungekürzter Form verwendet werden. Er muß folgende Daten enthalten:

- Angaben des Herstellers zur untersuchten Bahn in Übereinstimmung mit Abschnitt 5,
- detaillierte Angaben über die Vorbereitung der Prüfgefäße gemäß Abschnitt 6 (oder ein Hinweis, daß die Durchführung der Prüfung entsprechend den Vorgaben der FLL-Richtlinie erfolgte, wobei die der Prüfung zugrunde gelegte Richtlinie im Anhang beizulegen ist),
- alle Ergebnisse der Auswertungen in Übereinstimmung mit Abschnitt 7 und
- eine zusammenfassende Bewertung der untersuchten Bahn gemäß Abschnitt 2.11 und 2.13.

Der Bericht muß zudem folgende Formulierungen enthalten:

- "Der Prüfbericht umfaßt ..... Seiten und darf nur in ungekürzter Form verwendet werden".
- "Die Untersuchungsergebnisse sind gebunden an die im Prüfbericht entsprechend den Anforderungen aufgeführten Kenndaten und Stoffeigenschaften der geprüften Bahn bzw. Beschichtung und die bei der Prüfung angewandten, gleichwertigen Fügetechniken."
- "Rückstellproben der untersuchten Bahn bzw. Beschichtung werden beim Prüfinstitut gelagert."
- "Der Prüfbericht wurde am ..... erstellt und hat grundsätzlich eine Gültigkeitsdauer von 10 Jahren. Durch eine Bestätigung des Prüfinstituts kann die Gültigkeitsdauer in Zeitabschnitten von 5 Jahren verlängert werden, jedoch nur wenn
  - die Prüfgrundlagen in wesentlichen Punkten nicht geändert wurden und
  - das geprüfte Produkt noch dem aktuellen Lieferprogramm des Antragstellers entspricht."

Ein Musterprüfbericht kann bei der FLL angefordert werden.

## 9 Zuständigkeit

Der Auftraggeber ist zuständig für:

- Beschaffung und Einbau der Schutzlage (s. 2.3 und 6.1) und der zu prüfenden Bahn bzw. Beschichtung (s. 6.1),
- Abgabe einer Materialprobe (s. 5) und
- Angaben zur geprüften Bahn bzw. Beschichtung (s. 5).

Das Prüfinstitut hat folgende Leistungen zu erbringen:

- Bereitstellen einer geeigneten Fläche zur Versuchsdurchführung (s. 4.1),
- Entnahme und Lagerung einer Materialprobe (s. 5),
- Beschaffen bzw. Zusammenstellung und Einbau der Feuchtigkeitsschicht und der Vegetationstragschicht (s. 4.3, 4.6, 6.1 und 6.2),
- Beschaffen und Einbau der Tensiometer (s. 4.9, 6.1 und 6.2),
- Beschaffen der Versuchspflanzen bzw. des Saatgutes und Begrünung der Gefäße (s. 4.10, 6.1 und 6.2),

- Pflege der Pflanzen während der Wachstumszeit (s. 6.3),
- Durchführen der Auswertung (s. 7) und
- Erstellen des Prüfberichts (s. 8).

Das Beschaffen der Versuchsgefäße (s. 4.2) kann vom Auftraggeber wie auch vom Prüfinstitut übernommen werden. Die Zuständigkeiten sind in einem Vertrag zwischen dem Auftraggeber und dem Prüfinstitut festzuhalten. Hierin ist auch die Übernahme der bei der Prüfung entstehenden Kosten durch den Auftraggeber zu regeln.

Ein Mustervertrag kann bei der FLL angefordert werden.

Institut für  
Gartenbau



Staatliche Forschungsanstalt für Gartenbau  
Fachhochschule Weihenstephan

**Prüfbericht**  
**über die Untersuchung der Wurzelfestigkeit von**  
**Bahnen und Beschichtungen für Dachbegrünungen**  
**nach dem FLL-Verfahren (1999)**

**Produktbezeichnung:\***

**Bauder THERMOPLAN-T SV 18**

**Auftraggeber:\***

**Paul Bauder GmbH & Co.**  
**70499 Stuttgart**

**Bearbeitung:**

**Institut für Gartenbau**  
**Staatliche Forschungsanstalt für Gartenbau**  
**FH Weihenstephan**  
**85350 Freising**

**Der Bericht umfasst 32 Seiten und darf nur in  
ungekürzter Form verwendet werden**

**Der Bericht hat eine Gültigkeitsdauer von 10 Jahren**

**Datum des Berichts: 10. 06. 2003**

**\*Das Produkt wurde im Auftrag der Thermoplast Bernsdorf GmbH,  
02994 Bernsdorf unter der Bezeichnung THERMOPLAN-T SV 18 geprüft.**

**Angaben der Thermoplast Bernsdorf GmbH vom 14. 06. 2001 zu  
Kenndaten und Stoffeigenschaften der untersuchten Bahn  
Bauder THERMOPLAN-T SV 18**

- **Produktnamen:** Bauder THERMOPLAN-T SV 18
- **Anwendungsbereich:** Dachabdichtung
- **Werkstoffbezeichnung:** flexible Polyolefine (FPO): PP/EPDM-Legierung
- **Dicke der Bahn (ohne Kaschierung):** 1,8 mm
- **Ausrüstung/Aufbau:** Oberfolie beige, mittiges Polyester-Gittergewebe als Träger,  
Unterfolie schwarz
- **Lieferform:** Rollenware 20 x 1,5 m
- **Herstelltechnik:** Kalandrieren, Kaschieren
- **Stoffnormen:** keine
- **Prüfzeugnisse:** Allgemein Bauaufsichtliches Prüfzeugnis
- **Herstellungsjahr:** 2001
- **Schicht/Lage, welche die Funktion des Durchwurzelungsschutzes übernimmt:** gesamte Bahn
- **Einbautechnik am Untersuchungsort:**
  - Nahtüberdeckung: 80 mm
  - Fügetechnik: Heißluftverschweißen
  - Fügemittel: keine
  - Nahtversiegelung: keine
  - Eckverstärkung: mit FPO-Formteilen
  - Abdeckstreifen über Nähten: keine
- **Zusatz von Bioziden mit Angaben zur Konzentration:** keine Biozide enthalten

## 1 Problemstellung

Zur Schadenprävention ist von Wurzelschutzeinrichtungen eine dauerhaft hohe Widerstandsfähigkeit gegen Ein- und Durchdringungen von Pflanzenwurzeln und -rhizomen (unterirdische Sprossausläufer) zu fordern.

In der durchgeföhrten Untersuchung wurde die Kunststoffdachbahn THERMOPLAN-T SV 18 der Thermoplast Bernsdorf GmbH, Bernsdorf auf Wurzelfestigkeit geprüft.

Nach Übernahme der Thermoplast Bernsdorf GmbH durch die Paul Bauder GmbH & Co., Stuttgart wird die Bahn unter der Bezeichnung Bauder THERMOPLAN-T SV 18 vertrieben.

## 2 Versuchsanlage und -durchführung

Die Untersuchung erfolgte nach dem „Verfahren zur Untersuchung der Wurzelfestigkeit von Bahnen und Beschichtungen für Dachbegrünungen“ mit 2-jähriger Dauer (FLL, 1999).

Die Prüfung wurde von Juni 2001 bis Juni 2003 durchgeföhr. Sie umfasste 8 Gefäße, die mit der zu prüfenden Bahn bestückt waren sowie 3 Gefäße ohne Bahn als Kontrolle für das Pflanzenwachstum.

Die Bahn wurde von der Thermoplast Bernsdorf GmbH am Institut für Gartenbau, Staatliche Forschungsanstalt für Gartenbau, Fachhochschule Weihenstephan gemäß den Vorgaben des FLL-Verfahrens gefügt und in die Gefäße eingebaut.

Als Versuchspflanzen, die auch im Winterhalbjahr bei den eingestellten Klimabedingungen ein gutes Wachstum aufweisen, wurden Feuerdorn (*Pyracantha coccinea* 'Orange Charmer') und Quecke (*Agropyron repens*) verwendet. Quecke, ein heimisches Gras, bildet Rhizome (unterirdische Sprossausläufer), die wie Wurzeln in der Lage sind, Bahnen zu beschädigen.

Die bepflanzten Gefäße waren in einem beheizbaren Gewächshaus aufgestellt.

Von der geprüften Bahn wurden Rückstellproben entnommen und beim Untersuchungsinstitut gelagert.

Die vollständige Beschreibung des FLL-Prüfverfahrens ist im Anhang 3 des vorliegenden Berichts aufgeführt.

### **3 Angaben des Herstellers zur geprüften Bahn**

Die Untersuchung der Durchwurzelungsfestigkeit ist gebunden an die Kenndaten und Stoffeigenschaften der geprüften Bahn und die angewandte Füge- und Herstelltechnik. Die entsprechenden Angaben des Herstellers zu der geprüften Bahn Bauder THERMOPLAN-T SV 18 sind auf Seite 2 des Berichts aufgeführt.

## **4 Ergebnisse**

### **4.1 Pflanzenentwicklung**

Die gepflanzten Gehölze sowie die ausgesäte Quecke zeigten im gesamten Untersuchungszeitraum eine gute Entwicklung. Hinsichtlich Wachstum der Versuchspflanzen waren zwischen den Kontrollgefäß (ohne Bahn) und den Prüfgefäß mit der Bahn Bauder THERMOPLAN-T SV 18 nur geringe Unterschiede zu erkennen.

Die geforderte relative Mindestwuchsleistung der Gehölze in den Prüfgefäß (80 % der durchschnittlichen Wuchsleistung der Gehölze in den Kontrollgefäß) wurde mit 91-104 % deutlich übertroffen.

Quecke wies ab der ersten Zwischenauswertung (Dezember 2001) während der gesamten Versuchsdauer eine hohe Bestandsdichte auf. Bei den 8 Prüfgefäß waren zu den einzelnen Auswertungsterminen im Mittel 66-83 % der Fläche mit Quecke bedeckt (Sollwert  $\geq 40\%$ ).

Detaillierte Angaben zur Wuchsleistung der Versuchspflanzen sind im Anhang 2 zusammengestellt.

### **4.2 Ein- bzw. Durchwurzelungen**

#### **4.2.1 Während des Versuchs**

Bei der untersuchten Bahn wurden während der Prüfung keine am Gefäßboden erkennbaren Durchwurzelungen festgestellt. Im Überlappungsbereich der vertikalen Nähte nach oben durchgewachsene Queckenrhizome waren ebenfalls nicht zu erkennen.

#### **4.2.2 Zu Versuchsende (s. Tabelle und Fotos im Anhang 2)**

Zu Versuchsende (Juni 2003) erfolgte nach Entleerung der Gefäße eine genaue Überprüfung der geprüften Bahn. Dabei wurden bei der Bahn Bauder THERMO-

PLAN-T SV 18 sowohl in der Fläche als auch in den Nähten keine ein- bzw. durchgewachsenen Wurzeln oder Rhizome festgestellt.

**Tabelle: Anzahl durch- und eingedrungener Wurzeln und Rhizome bei der Bahn Bauder THERMOPLAN-T SV 18 in den Prüfgefäß nach 2 Jahren**

Prüf-gefäß	durchgedrungene Wurzeln (W) und Rhizome (R)		eingedrungene Wurzeln (W) und Rhizome (R)	
	in der Fläche	in Nähten	in der Fläche	in Nähten
Nr. 1	keine	keine	keine	keine
Nr. 2	keine	keine	keine	keine
Nr. 3	keine	keine	keine	keine
Nr. 4	keine	keine	keine	keine
Nr. 5	keine	keine	keine	keine
Nr. 6	keine	keine	keine	keine
Nr. 7	keine	keine	keine	keine
Nr. 8	keine	keine	keine	keine

## 5 Schlussfolgerung

Die untersuchte Bahn Bauder THERMOPLAN-T SV 18 wies nach 2 Jahren in allen 8 Prüfgefäß keine in die Fläche oder Nähte ein- bzw. durchgedrungenen Wurzeln und Rhizome auf. Die Bahn gilt daher als wurzelfest und rhizomfest gegen Quecken nach dem FLL-Verfahren.

Die Untersuchung der Wurzelfestigkeit ist gebunden an die auf Seite 2 des Berichts aufgeführten Kenndaten und Stoffeigenschaften der geprüften Bahn und die angewandte Füge- und Herstelltechnik. Rückstellmuster der untersuchten Bahn werden am Institut für Gartenbau aufbewahrt.

Das Prüfzeugnis wurde im Juni 2003 erstellt und hat eine Gültigkeitsdauer von 10 Jahren.

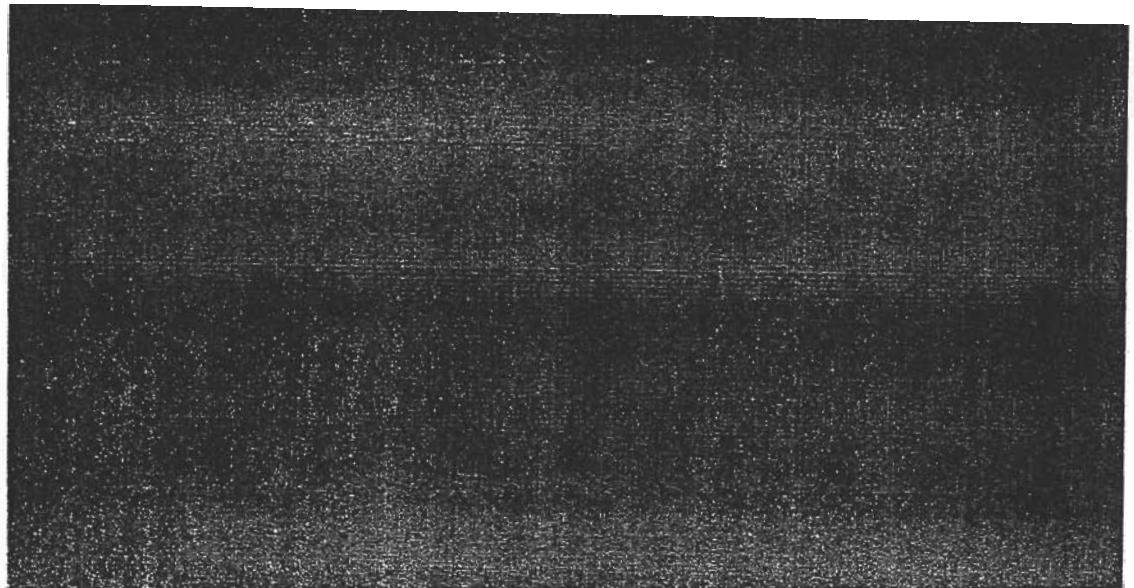
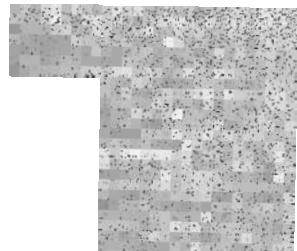
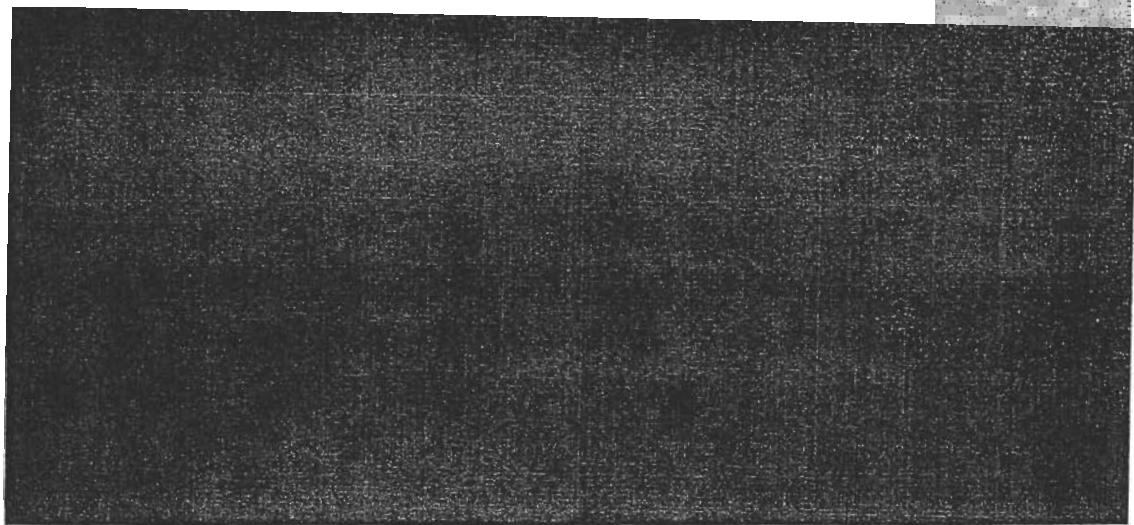
Der Bericht umfasst 32 Seiten und darf nur in ungekürzter Form verwendet werden.



**Institut für Gartenbau  
Staatliche Forschungsanstalt für Gartenbau  
Fachhochschule Weihenstephan**

Projektbearbeitung:  
Dipl.-Ing. (FH) Martin Jauch

Projektleitung:  
Prof. Dr. Peter Fischer



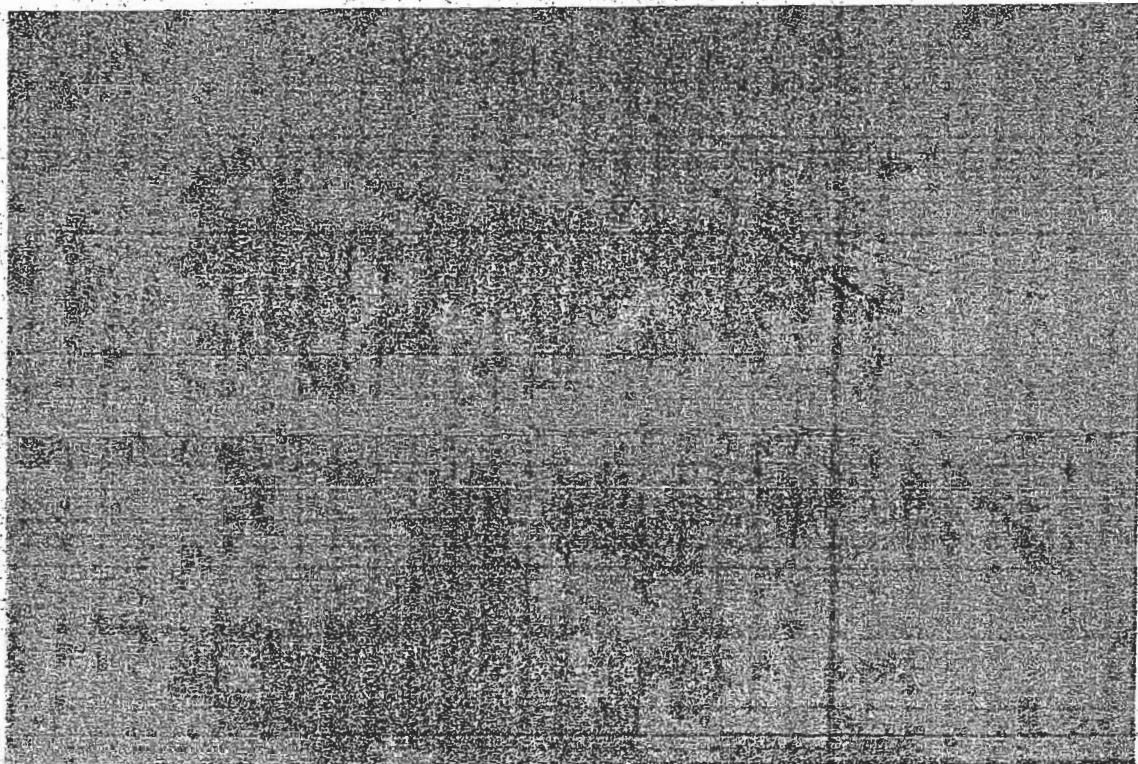


Abb. 3: Bahnoberseite mit Längsnaht

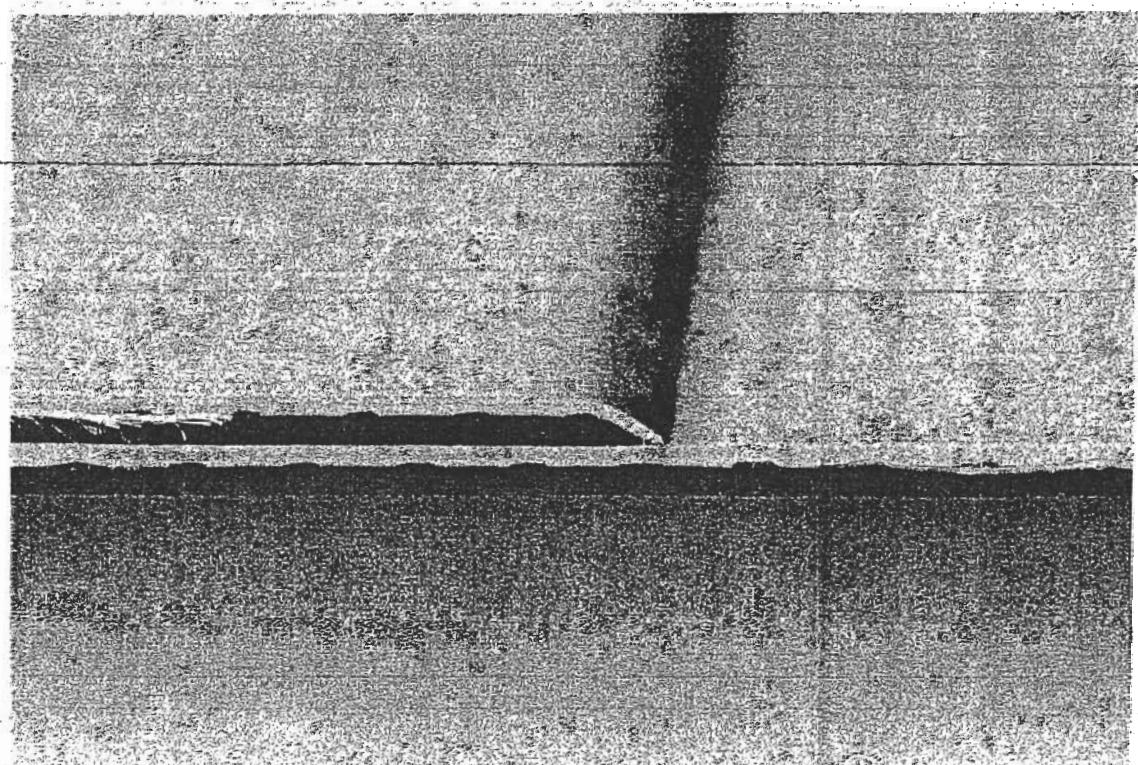


Abb. 4: Schnitt durch Naht

## Anhang 2

### Daten zur Pflanzenentwicklung

**Tab. 1: Höhe und Stammdurchmesser von Feuerdorn in den 3 Kontrollgefäß**

Gefäß-Nr.	Gehölz-Nr.	Dezember 2001		Juni 2002		Dezember 2002		Juni 2003	
		Ø cm <sup>1)</sup>	Höhe cm						
K 1	1	1,4	195	1,6	240	1,9	230	2,2	300
	2	1,2	180	1,5	200	1,7	210	2,0	270
	3	1,3	175	1,6	210	1,9	225	2,2	310
	4	1,2	170	1,5	205	1,8	210	2,1	265
K 2	1	1,3	210	1,7	180	2,1	260	2,4	310
	2	1,3	190	1,8	230	1,9	240	2,1	260
	3	1,1	200	1,3	175	1,6	295	2,0	300
	4	1,4	180	1,7	195	2,1	220	2,3	245
K 3	1	1,4	190	1,8	220	2,2	245	2,4	295
	2	1,2	175	1,5	205	1,9	220	2,2	255
	3	1,3	200	1,6	210	1,8	210	2,1	240
	4	1,0	160	1,4	195	1,7	200	2,0	225

<sup>1)</sup> Stammdurchmesser, gemessen 20 cm über der Substratoberfläche

**Tab. 2: Durchschnittliche Höhe bzw. Stammdurchmesser von Feuerdorn in den 3 Kontrollgefäß**

Gefäß-Nr.	Gehölz-Nr.	Dezember 2001		Juni 2002		Dezember 2002		Juni 2003	
		Ø cm <sup>1)</sup>	Höhe cm						
K 1-K 3	1-4	1,26	185,4	1,58	205,4	1,88	230,4	2,17	272,9

<sup>1)</sup> Stammdurchmesser, gemessen 20 cm über der Substratoberfläche

Tab. 3: Höhe und Stammdurchmesser von Feuerdorn in den 8 Prüfgefäßern

Gefäß-Nr.	Gehölz-Nr.	Dezember 2001		Juni 2002		Dezember 2002		Juni 2003	
		Ø cm <sup>1)</sup>	Höhe cm						
P 1	1	1,2	215	1,4	195	1,7	240	2,0	300
	2	1,1	185	1,3	225	1,7	265	2,1	300
	3	1,2	175	1,4	260	1,6	205	1,8	255
	4	1,1	170	1,3	190	1,6	235	2,1	225
P 2	1	1,0	210	1,2	200	1,5	245	2,1	245
	2	1,2	175	1,4	200	1,8	200	2,2	255
	3	1,1	180	1,3	195	1,7	200	2,0	310
	4	1,4	170	1,6	220	1,7	255	1,8	330
P 3	1	1,3	210	1,4	210	1,8	270	2,2	265
	2	1,4	175	1,7	180	2,0	215	2,3	215
	3	1,1	245	1,3	240	1,5	250	1,8	285
	4	1,3	210	1,7	210	1,8	240	2,0	275
P 4	1	1,0	150	1,2	195	1,5	230	2,0	300
	2	1,3	170	1,6	200	1,8	215	2,1	280
	3	1,2	150	1,4	220	1,8	200	2,2	275
	4	1,3	200	1,6	245	1,7	245	1,9	280
P 5	1	1,2	230	1,3	215	1,4	240	1,4	160
	2	1,2	180	1,5	210	1,8	235	2,1	310
	3	1,3	195	1,7	240	1,9	265	2,3	335
	4	1,3	210	1,5	225	1,7	240	2,1	305
P 6	1	1,4	225	1,6	230	1,9	265	2,3	315
	2	1,3	195	1,6	255	1,8	180	2,0	300
	3	1,3	220	1,5	215	1,9	210	2,2	285
	4	1,2	185	1,5	200	1,7	245	1,9	260
P 7	1	1,3	170	1,6	195	1,8	215	2,1	275
	2	1,1	195	1,3	185	1,6	200	2,0	250
	3	1,4	210	1,6	225	1,8	185	2,2	350
	4	1,2	180	1,5	235	1,8	215	2,1	275
P 8	1	1,1	210	1,4	180	1,6	250	1,9	320
	2	1,2	180	1,3	245	1,6	220	2,0	270
	3	1,4	210	1,6	180	1,9	200	2,3	235
	4	1,2	195	1,5	200	1,7	210	1,9	225

<sup>1)</sup> Stammdurchmesser, gemessen 20 cm über der Substratoberfläche

**Tab. 4: Durchschnittliche Höhe bzw. Stammdurchmesser von Feuerdorn in den 8 Prüfgefäßen**

Gefäß-Nr.	Gehölz-Nr.	Dezember 2001		Juni 2002		Dezember 2002		Juni 2003	
		Ø cm <sup>1)</sup>	Höhe cm						
P 1-P 8	1-4	1,23	193,1	1,46	213,1	1,72	227,7	2,04	277,0

<sup>1)</sup> Stammdurchmesser, gemessen 20 cm über der Substratoberfläche

**Tab. 5: Durchschnittswerte von Feuerdorn in den 8 Prüfgefäßen bezogen auf die Werte der Pflanzen in den 3 Kontrollgefäß en (Angaben in %, Sollwert: ≥ 80 %)**

Gefäß-Nr.	Gehölz-Nr.	Dezember 2001		Juni 2002		Dezember 2002		Juni 2003	
		Ø cm <sup>1)</sup>	Höhe cm						
P 1-P 8	1-4	98	104	92	104	91	99	94	102

<sup>1)</sup> Stammdurchmesser, gemessen 20 cm über der Substratoberfläche

**Tab. 6: Bonitur der Bestandsdichte von Quecke in den 3 Kontrollgefäß en**

Gefäß-Nr.	Dezember 2001		Juni 2002		Dezember 2002		Juni 2003	
	Bestandsdichte (in %)							
K 1	65	70	75	85				
K 2	75	75	75	85				
K 3	65	75	80	90				

**Tab. 7: Durchschnittswerte der Bestandsdichte von Quecke in den 3 Kontrollgefäß en**

Gefäß-Nr.	Dezember 2001		Juni 2002		Dezember 2002		Juni 2003	
	Bestandsdichte (in %)							
K 1-K 3	68,3	73,3	76,7	86,6				

Tab. 8: Bonitur der Bestandsdichte von Quecke in den 8 Prüfgefäßern

Gefäß-Nr.	Dezember 2001	Juni 2002	Dezember 2002	Juni 2003
	Bestandsdichte (in %)	Bestandsdichte (in %)	Bestandsdichte (in %)	Bestandsdichte (in %)
P 1	55	65	70	80
P 2	75	75	85	85
P 3	65	75	80	80
P 4	60	65	80	85
P 5	70	70	80	90
P 6	75	75	80	80
P 7	65	80	80	85
P 8	65	70	80	85

Tab. 9: Durchschnittswerte der Bestandsdichte von Quecke in den 8 Prüfgefäßern (Sollwert:  $\geq 40\%$ )

Gefäß-Nr.	Dezember 2001	Juni 2002	Dezember 2002	Juni 2003
	Bestandsdichte (in %)	Bestandsdichte (in %)	Bestandsdichte (in %)	Bestandsdichte (in %)
P 1 - P 8	66,3	71,8	79,4	83,8

Institut für  
Gartenbau



Staatliche Forschungsanstalt für Gartenbau  
Fachhochschule Weihenstephan

**Prüfbericht  
über die Untersuchung der Wurzelfestigkeit von  
Bahnen und Beschichtungen für Dachbegrünungen  
nach dem FLL-Verfahren (1999)**

**Produktbezeichnung:\***

Bauder THERMOPLAN-T SV 20

**Auftraggeber:\***

Paul Bauder GmbH & Co.

70499 Stuttgart

**Bearbeitung:**

Institut für Gartenbau

Staatliche Forschungsanstalt für Gartenbau

FH Weihenstephan

85350 Freising

**Der Bericht umfasst 32 Seiten und darf nur in  
ungekürzter Form verwendet werden**

**Der Bericht hat eine Gültigkeitsdauer von 10 Jahren**

**Datum des Berichts: 10. 06. 2003**

\*Das Produkt wurde im Auftrag der Thermoplast Bernsdorf GmbH,  
02994 Bernsdorf unter der Bezeichnung THERMOPLAN-T SV 20 geprüft.

**Angaben der Thermoplast Bernsdorf GmbH vom 14. 06. 2001 zu**  
**Kenndaten und Stoffeigenschaften der untersuchten Bahn**  
**Bauder THERMOPLAN-T SV 20**

- **Produktnamen:** Bauder THERMOPLAN-T SV 20
- **Anwendungsbereich:** Dachabdichtung
- **Werkstoffbezeichnung:** flexible Polyolefine (FPO): PP/EPDM-Legierung
- **Dicke der Bahn (ohne Kaschierung):** 2,0 mm
- **Ausrüstung/Aufbau:** Oberfolie beige, mittiges Polyester-Gittergewebe als Träger,  
Unterfolie schwarz
- **Lieferform:** Rollenware 20 x 1,5 m
- **Herstelltechnik:** Kalandrieren, Kaschieren
- **Stoffnormen:** keine
- **Prüfzeugnisse:** Allgemein Bauaufsichtliches Prüfzeugnis
- **Herstellungsjahr:** 2001
- **Schicht/Lage, welche die Funktion des Durchwurzelungsschutzes über-**  
**nimmt:** gesamte Bahn
- **Einbautechnik am Untersuchungsort:**
  - Nahtüberdeckung: 80 mm
  - Fügetechnik: Heißluftverschweißen
  - Fügemittel: keine
  - Nahtversiegelung: keine
  - Eckverstärkung: mit FPO-Formteilen
  - Abdeckstreifen über Nähten: keine
- **Zusatz von Bioziden mit Angaben zur Konzentration:** keine Biozide enthalten

## 1 Problemstellung

Zur Schadenprävention ist von Wurzelschutzeinrichtungen eine dauerhaft hohe Widerstandsfähigkeit gegen Ein- und Durchdringungen von Pflanzenwurzeln und -rhizomen (unterirdische Sprossausläufer) zu fordern.

In der durchgeföhrten Untersuchung wurde die Kunststoffdachbahn THERMOPLAN-T SV 20 der Thermoplast Bernsdorf GmbH, Bernsdorf auf Wurzelfestigkeit geprüft. Nach Übernahme der Thermoplast Bernsdorf GmbH durch die Paul Bauder GmbH & Co., Stuttgart wird die Bahn unter der Bezeichnung Bauder THERMOPLAN-T SV 20 vertrieben.

## 2 Versuchsanlage und -durchführung

Die Untersuchung erfolgte nach dem „Verfahren zur Untersuchung der Wurzelfestigkeit von Bahnen und Beschichtungen für Dachbegrünungen“ mit 2-jähriger Dauer (FLL, 1999).

Die Prüfung wurde von Juni 2001 bis Juni 2003 durchgeföhr. Sie umfasste 8 Gefäße, die mit der zu prüfenden Bahn bestückt waren sowie 3 Gefäße ohne Bahn als Kontrolle für das Pflanzenwachstum.

Die Bahn wurde von der Thermoplast Bernsdorf GmbH am Institut für Gartenbau, Staatliche Forschungsanstalt für Gartenbau, Fachhochschule Weihenstephan gemäß den Vorgaben des FLL-Verfahrens gefügt und in die Gefäße eingebaut.

Als Versuchspflanzen, die auch im Winterhalbjahr bei den eingestellten Klimabedingungen ein gutes Wachstum aufweisen, wurden Feuerdorn (*Pyracantha coccinea* 'Orange Charmer') und Quecke (*Agropyron repens*) verwendet. Quecke, ein heimisches Gras, bildet Rhizome (unterirdische Sprossausläufer), die wie Wurzeln in der Lage sind, Bahnen zu beschädigen.

Die bepflanzten Gefäße waren in einem beheizbaren Gewächshaus aufgestellt.

Von der geprüften Bahn wurden Rückstellproben entnommen und beim Untersuchungsinstitut gelagert.

Die vollständige Beschreibung des FLL-Prüfverfahrens ist im Anhang 3 des vorliegenden Berichts aufgeführt.

### **3 Angaben des Herstellers zur geprüften Bahn**

Die Untersuchung der Durchwurzelungsfestigkeit ist gebunden an die Kenndaten und Stoffeigenschaften der geprüften Bahn und die angewandte Füge- und Herstelltechnik. Die entsprechenden Angaben des Herstellers zu der geprüften Bahn Bauder THERMOPLAN-T SV 20 sind auf Seite 2 des Berichts aufgeführt.

## **4 Ergebnisse**

### **4.1 Pflanzenentwicklung**

Die gepflanzten Gehölze sowie die ausgesäte Quecke zeigten im gesamten Untersuchungszeitraum eine gute Entwicklung. Hinsichtlich Wachstum der Versuchspflanzen waren zwischen den Kontrollgefäßeln (ohne Bahn) und den Prüfgefäßeln mit der Bahn Bauder THERMOPLAN-T SV 20 nur geringe Unterschiede zu erkennen.

Die geforderte relative Mindestwuchsleistung der Gehölze in den Prüfgefäßeln (80 % der durchschnittlichen Wuchsleistung der Gehölze in den Kontrollgefäßeln) wurde mit 91-105 % deutlich übertrffen.

Quecke wies ab der ersten Zwischenauswertung (Dezember 2001) während der gesamten Versuchsdauer eine hohe Bestandsdichte auf. Bei den 8 Prüfgefäßeln waren zu den einzelnen Auswertungsterminen im Mittel 68-86 % der Fläche mit Quecke bedeckt (Sollwert  $\geq 40\%$ ).

Detaillierte Angaben zur Wuchsleistung der Versuchspflanzen sind im Anhang 2 zusammengestellt.

### **4.2 Ein- bzw. Durchwurzelungen**

#### **4.2.1 Während des Versuchs**

Bei der untersuchten Bahn wurden während der Prüfung keine am Gefäßboden erkennbaren Durchwurzelungen festgestellt. Im Überlappungsbereich der vertikalen Nähte nach oben durchgewachsene Queckenrhizome waren ebenfalls nicht zu erkennen.

#### **4.2.2 Zu Versuchsende (s. Tabelle und Fotos im Anhang 2)**

Zu Versuchsende (Juni 2003) erfolgte nach Entleerung der Gefäße eine genaue Überprüfung der geprüften Bahn. Dabei wurden bei der Bahn Bauder THERMO-

PLAN-T SV 20 sowohl in der Fläche als auch in den Nähten keine ein- bzw. durchgewachsenen Wurzeln oder Rhizome festgestellt.

Tabelle: Anzahl durch- und eingedrungener Wurzeln und Rhizome bei der Bahn Bauder THERMOPLAN-T SV 20 in den Prüfgefäß en nach 2 Jahren

Prüf-gefäß	durchgedrungene Wurzeln (W) und Rhizome (R)		eingedrungene Wurzeln (W) und Rhizome (R)	
	in der Fläche	in Nähten	in der Fläche	in Nähten
Nr. 1	keine	keine	keine	keine
Nr. 2	keine	keine	keine	keine
Nr. 3	keine	keine	keine	keine
Nr. 4	keine	keine	keine	keine
Nr. 5	keine	keine	keine	keine
Nr. 6	keine	keine	keine	keine
Nr. 7	keine	keine	keine	keine
Nr. 8	keine	keine	keine	keine

## 5 Schlussfolgerung

Die untersuchte Bahn Bauder THERMOPLAN-T SV 20 wies nach 2 Jahren in allen 8 Prüfgefäß en keine in die Fläche oder Nähte ein- bzw. durchgedrungenen Wurzeln und Rhizome auf. Die Bahn gilt daher als wurzelfest und rhizomfest gegen Quecken nach dem FLL-Verfahren.

Die Untersuchung der Wurzelfestigkeit ist gebunden an die auf Seite 2 des Berichts aufgeführten Kenndaten und Stoffeigenschaften der geprüften Bahn und die angewandte Füge- und Herstelltechnik. Rückstellmuster der untersuchten Bahn werden am Institut für Gartenbau aufbewahrt.

Das Prüfzeugnis wurde im Juni 2003 erstellt und hat eine Gültigkeitsdauer von 10 Jahren.

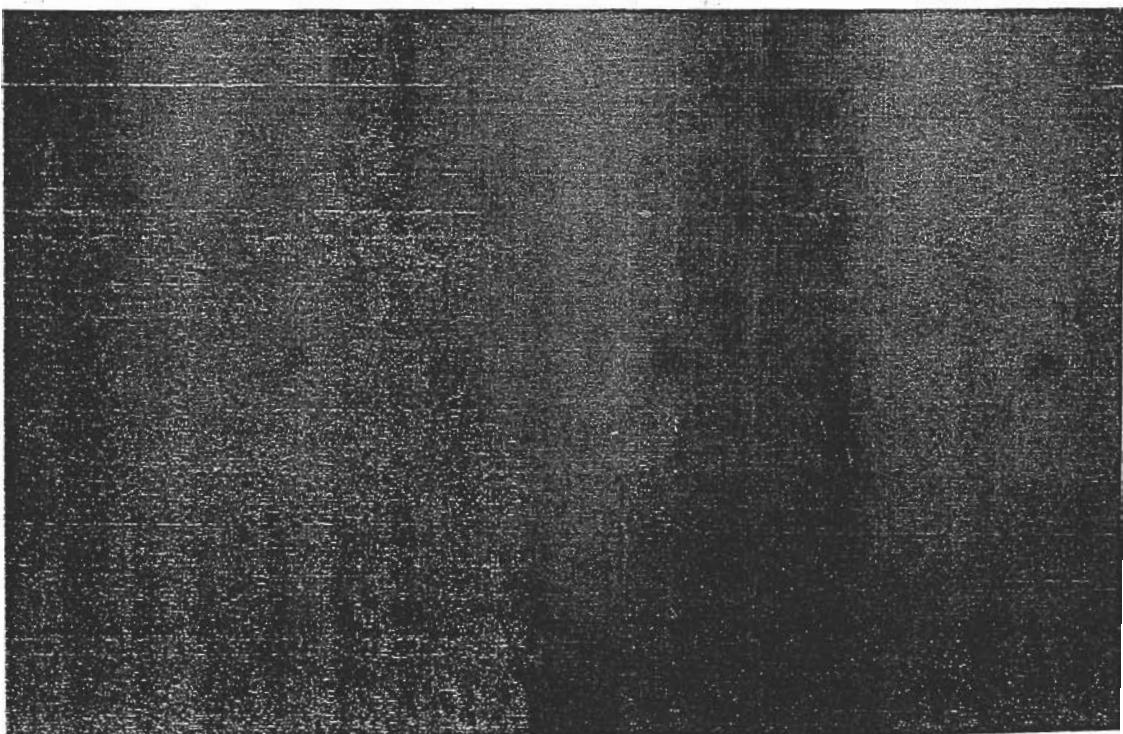
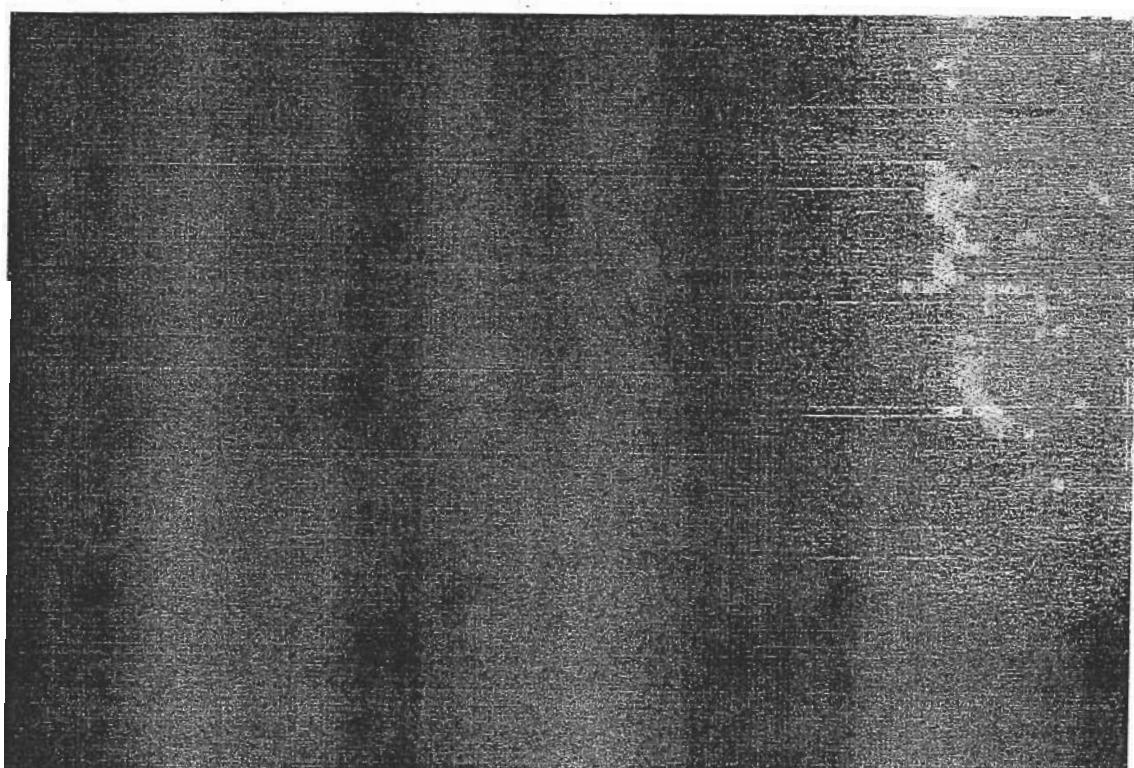
Der Bericht umfasst 32 Seiten und darf nur in ungekürzter Form verwendet werden.

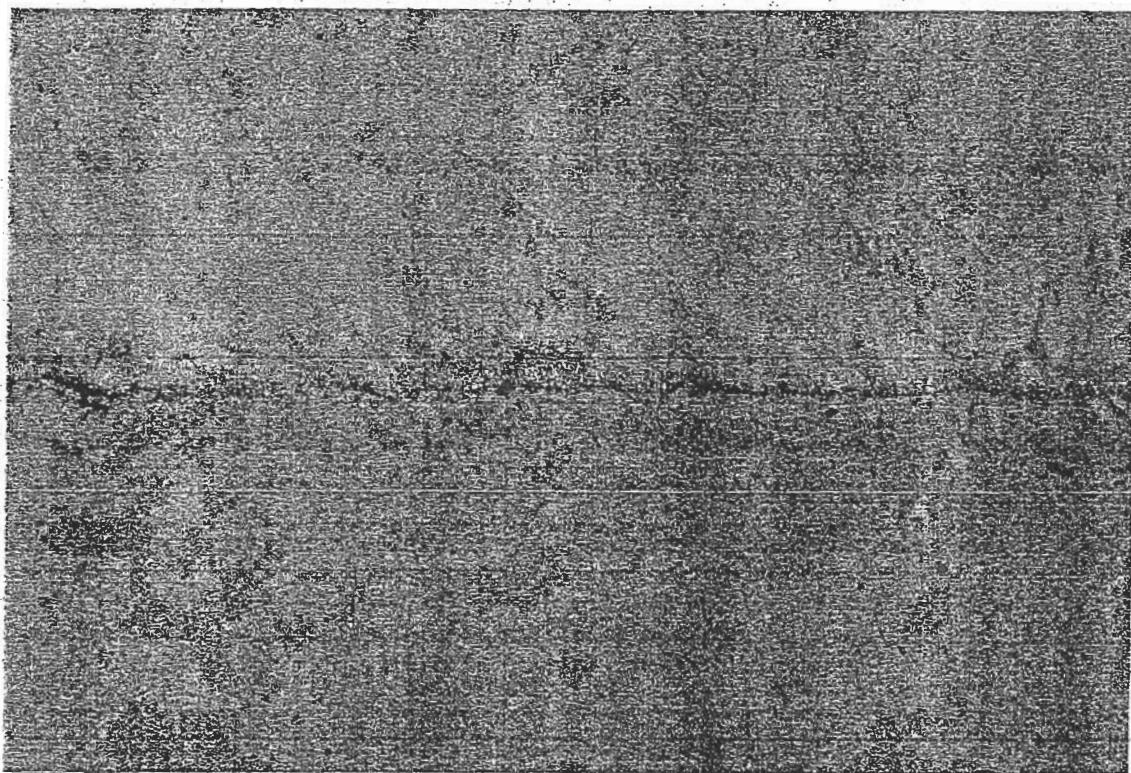


Institut für Gartenbau  
Staatliche Forschungsanstalt für Gartenbau  
Fachhochschule Weihenstephan

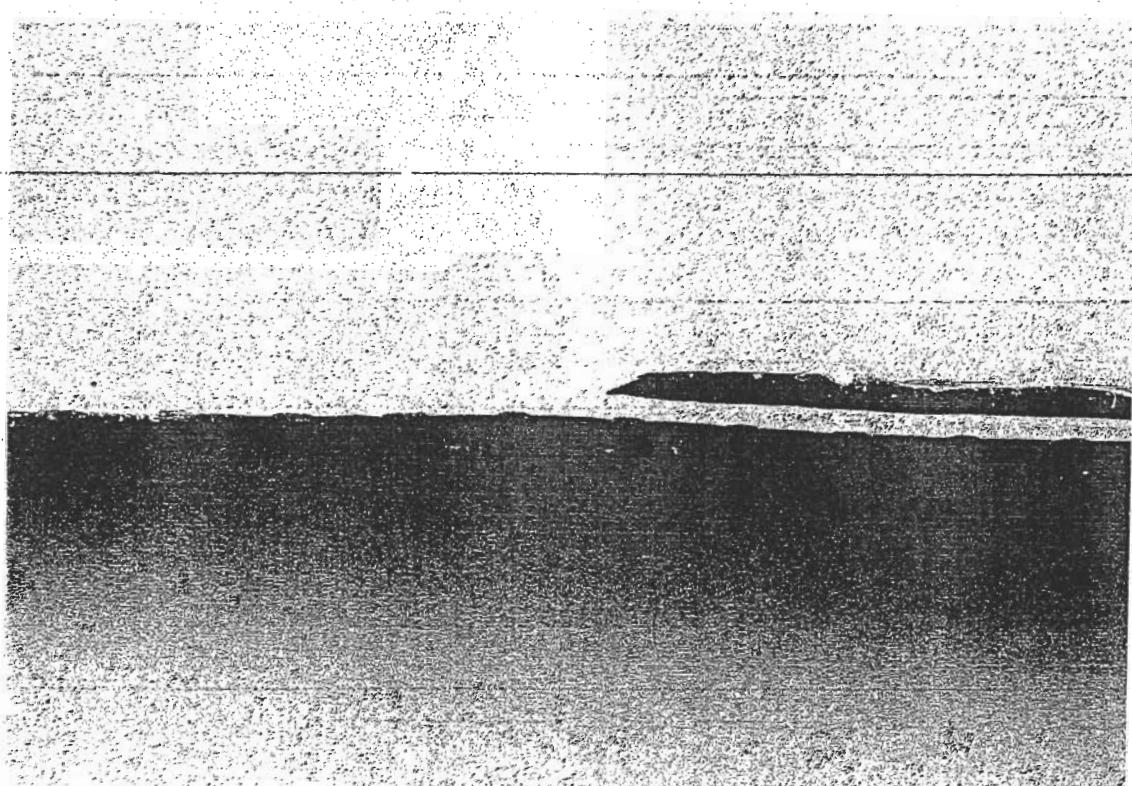
Projektbearbeitung:  
Dipl.-Ing. (FH) Martin Jauch

Projektleitung:  
Prof. Dr. Peter Fischer





**Abb. 3: Bahnoberseite mit Längsnah**



**Abb. 4: Schnitt durch Naht**

## Anhang 2

### Daten zur Pflanzenentwicklung

Tab. 1: Höhe und Stammdurchmesser von Feuerdorn in den 3 Kontrollgefäßern

Gefäß-Nr.	Gehölz-Nr.	Dezember 2001		Juni 2002		Dezember 2002		Juni 2003	
		Ø cm <sup>1)</sup>	Höhe cm						
K 1	1	1,4	195	1,6	240	1,9	230	2,2	300
	2	1,2	180	1,5	200	1,7	210	2,0	270
	3	1,3	175	1,6	210	1,9	225	2,2	310
	4	1,2	170	1,5	205	1,8	210	2,1	265
K 2	1	1,3	210	1,7	180	2,1	260	2,4	310
	2	1,3	190	1,8	230	1,9	240	2,1	260
	3	1,1	200	1,3	175	1,6	295	2,0	300
	4	1,4	180	1,7	195	2,1	220	2,3	245
K 3	1	1,4	190	1,8	220	2,2	245	2,4	295
	2	1,2	175	1,5	205	1,9	220	2,2	255
	3	1,3	200	1,6	210	1,8	210	2,1	240
	4	1,0	160	1,4	195	1,7	200	2,0	225

<sup>1)</sup> Stammdurchmesser, gemessen 20 cm über der Substratoberfläche

Tab. 2: Durchschnittliche Höhe bzw. Stammdurchmesser von Feuerdorn in den 3 Kontrollgefäßern

Gefäß-Nr.	Gehölz-Nr.	Dezember 2001		Juni 2002		Dezember 2002		Juni 2003	
		Ø cm <sup>1)</sup>	Höhe cm						
K 1 - K 3	1-4	1,26	185,4	1,58	205,4	1,88	230,4	2,17	272,9

<sup>1)</sup> Stammdurchmesser, gemessen 20 cm über der Substratoberfläche

Tab. 3: Höhe und Stammdurchmesser von Feuerdorn in den 8 Prüfgefäßern

Gefäß-Nr.	Gehölz-Nr.	Dezember 2001		Juni 2002		Dezember 2002		Juni 2003	
		Ø cm <sup>1)</sup>	Höhe cm						
P 1	1	1,1	210	1,2	210	1,6	265	2,1	295
	2	1,0	200	1,2	200	1,5	250	1,9	280
	3	1,2	185	1,4	235	1,8	235	2,2	315
	4	1,2	170	1,3	200	1,7	195	2,1	300
P 2	1	1,0	200	1,1	195	1,4	245	1,8	260
	2	1,1	165	1,3	190	1,8	205	2,3	240
	3	1,1	180	1,3	200	1,7	200	2,0	280
	4	1,4	180	1,6	215	1,9	230	2,1	315
P 3	1	1,4	210	1,5	210	1,8	270	2,2	335
	2	1,4	180	1,6	180	2,0	215	2,4	285
	3	1,2	245	1,4	235	1,6	245	1,9	300
	4	1,3	220	1,7	225	1,8	240	2,1	275
P 4	1	1,1	150	1,4	200	1,5	235	1,7	300
	2	1,2	190	1,6	185	1,8	215	2,1	290
	3	1,2	160	1,5	230	1,8	200	2,0	275
	4	1,3	205	1,5	215	1,9	215	2,0	240
P 5	1	1,3	215	1,5	220	1,6	240	1,7	265
	2	1,2	170	1,4	200	1,6	235	1,8	300
	3	1,3	195	1,7	260	1,9	255	2,2	275
	4	1,3	210	1,6	225	1,7	240	2,2	255
P 6	1	1,3	230	1,5	230	1,8	250	2,1	355
	2	1,3	195	1,6	240	1,8	200	2,0	295
	3	1,4	200	1,4	215	1,7	215	2,0	330
	4	1,2	185	1,5	240	1,7	245	2,1	335
P 7	1	1,3	195	1,7	260	2,0	225	2,3	290
	2	1,2	195	1,4	175	1,6	200	1,8	240
	3	1,4	200	1,7	225	1,8	265	2,1	245
	4	1,0	165	1,3	205	1,5	210	1,7	265
P 8	1	1,1	220	1,3	180	1,4	240	1,7	300
	2	1,3	180	1,5	245	1,7	265	2,3	300
	3	1,4	200	1,6	195	1,9	235	2,4	250
	4	1,1	205	1,3	190	1,5	220	1,8	265

<sup>1)</sup> Stammdurchmesser, gemessen 20 cm über der Substratoberfläche

**Tab. 4: Durchschnittliche Höhe bzw. Stammdurchmesser von Feuerdorn in den 8 Prüfgefäßen**

Gefäß-Nr.	Gehölz-Nr.	Dezember 2001		Juni 2002		Dezember 2002		Juni 2003	
		Ø cm <sup>1)</sup>	Höhe cm						
P 1-P 8	1-4	1,22	194,1	1,45	213,4	1,71	231,7	2,03	285,9

<sup>1)</sup> Stammdurchmesser, gemessen 20 cm über der Substratoberfläche

**Tab. 5: Durchschnittswerte von Feuerdorn in den 8 Prüfgefäßen bezogen auf die Werte der Pflanzen in den 3 Kontrollgefäß en (Angaben in %, Sollwert: ≥ 80 %)**

Gefäß-Nr.	Gehölz-Nr.	Dezember 2001		Juni 2002		Dezember 2002		Juni 2003	
		Ø cm <sup>1)</sup>	Höhe cm						
P 1-P 8	1-4	97	105	92	104	91	100	94	105

<sup>1)</sup> Stammdurchmesser, gemessen 20 cm über der Substratoberfläche

**Tab. 6: Bonitur der Bestandsdichte von Quecke in den 3 Kontrollgefäß en**

Gefäß-Nr.	Dezember 2001	Juni 2002	Dezember 2002	Juni 2003
	Bestandsdichte (in %)	Bestandsdichte (in %)	Bestandsdichte (in %)	Bestandsdichte (in %)
K 1	65	70	75	85
K 2	75	75	75	85
K 3	65	75	80	90

**Tab. 7: Durchschnittswerte der Bestandsdichte von Quecke in den 3 Kontrollgefäß en**

Gefäß-Nr.	Dezember 2001	Juni 2002	Dezember 2002	Juni 2003
	Bestandsdichte (in %)	Bestandsdichte (in %)	Bestandsdichte (in %)	Bestandsdichte (in %)
K 1-K 3	68,3	73,3	76,7	86,6

Tab. 8: Bonitur der Bestandsdichte von Quecke in den 8 Prüfgefäßen

	Dezember 2001	Juni 2002	Dezember 2002	Juni 2003
Gefäß- Nr.	Bestandsdichte (in %)	Bestandsdichte (in %)	Bestandsdichte (in %)	Bestandsdichte (in %)
P 1	65	70	75	90
P 2	70	75	80	85
P 3	65	75	80	85
P 4	65	70	85	90
P 5	65	70	80	90
P 6	75	75	80	80
P 7	65	70	85	85
P 8	70	70	80	80

Tab. 9: Durchschnittswerte der Bestandsdichte von Quecke in den 8 Prüf-  
gefäß (Sollwert:  $\geq 40\%$ )

	Dezember 2001	Juni 2002	Dezember 2002	Juni 2003
Gefäß- Nr.	Bestandsdichte (in %)	Bestandsdichte (in %)	Bestandsdichte (in %)	Bestandsdichte (in %)
P 1- P 8	67,5	71,8	80,6	85,6

### Anhang 3

# **Verfahren zur Untersuchung der Wurzelfestigkeit von Bahnen und Beschichtungen für Dachbegrünungen**

FLL

Forschungsgesellschaft  
Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V.

Colmantstr. 32  
53115 Bonn

## 1 Einführung

Um vegetationsbedingte Bauschäden durch Dachbegrünungen auszuschließen, wurde 1984 von einer Arbeitsgruppe der Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (FLL) ein "Verfahren zur Untersuchung der Durchwurzelungsfestigkeit von Wurzelschutzbahnen" ausgearbeitet, das auf die Beanspruchung der Bahnen durch Pflanzenwurzeln ausgerichtet ist. Das Verfahren beruht im wesentlichen auf Erfahrungen und Erkenntnissen von mehrjährigen Versuchen mit unterschiedlichen Dichtungsbahnen und verschiedenen Pflanzenarten, die am Institut für Bodenkunde und Pflanzenernährung, FH Weihenstephan, von 1975 bis 1980 durchgeführt wurden. Das FLL-Verfahren wurde 1992 und letztmalig 1995 überarbeitet.

Es besitzt einen hohen Stellenwert bei Herstellern, Planern und ausführenden Betrieben, was sich u. a. durch die große Anzahl der bereits abgeschlossenen und der noch laufenden Untersuchungen dokumentieren lässt.

Die FLL beschloß 1993, das bisherige Verfahren mit einer Untersuchungsdauer von 4 Jahren erneut zu überprüfen, mit dem Ziel, die Versuchsdauer auf 2 Jahre zu reduzieren, ohne die beabsichtigt strengen Maßstäbe des bisherigen Tests aufzuweichen.

Nach vielfachen Versuchen am Institut für Bodenkunde und Pflanzenernährung, FH Weihenstephan, ist es schließlich gelungen, diese Vorgaben zu vereinbaren: Die 2-Jahres-Prüfung findet in einem klimagesteuerten Gewächshaus statt, wobei die verwendeten Pflanzenarten bei entsprechenden Temperatur- und Lichtverhältnissen das ganze Jahr über im Wachstum begriffen sind. Somit wird eine effektive Wachstumsperiode von 24 Monaten erzielt, die von ähnlicher Dauer ist wie beim 4-Jahrestest, wenn man hierbei die jährliche, mehrmonatige Ruhephase der Vegetation unter Freilandbedingungen berücksichtigt. Beide Prüfungen gelten als gleichwertig und sind in der vorliegenden Neufassung des Verfahrens gemeinsam beschrieben.

Im Zuge inhaltlicher Veränderungen erfolgte auch eine formale Neugestaltung, die das Verfahren besser verständlich machen und den Prüfinstitutionen die Bewertung der vorgefundenen Ergebnisse erleichtern soll.

## 1 Geltungsbereich

Das Verfahren gilt für die Bestimmung des Widerstandes gegen Ein- und Durchdringungen von Wurzeln und Rhizomen der verwendeten Testpflanzen bei

- Wurzelschutzbahnen,
- Dach- und Dichtungsbahnen sowie
- Beschichtungen im Flüssigauflag

für alle Ausbildungsformen der Dachbegrünung (Intensivbegrünung, Einfache Intensivbegrünung, Extensivbegrünung).

Das Verfahren beinhaltet die Prüfung von Produkten inklusive die dazugehörigen Fügetechniken. Es ist somit nur zulässig für die Prüfung einzelner Bahnen bzw. Beschichtungen. Die Untersuchung eines Dachabdichtungssystems, d.h. eines aus mehreren Lagen zusammengefügten Aufbaus der Dachabdichtung ist nicht möglich.

Aus versuchstechnischen Gründen kann es bei Beschichtungen im Flüssigauflag erforderlich sein, unter der Beschichtung eine gesonderte Lage einzubauen. Dies ist gestattet, sofern der Hersteller eindeutig erklärt, daß die Wurzelfestigkeit einzig durch die zuoberst aufgetragene Beschichtung bewirkt wird.

Eine Kaschierung, d.h. eine gesonderte Lage auf der zu prüfenden Bahn bzw. Beschichtung ist in jedem Fall ausgeschlossen.

Das Ergebnis der geprüften Bahn bzw. Beschichtung ist nicht übertragbar auf den Ein- und Durchdringungswiderstand gegen Pflanzen mit starkem Rhizomwachstum (z.B. Bambus- und Chinaschilf-Arten). Bei Verwendung derartiger Pflanzenarten sind über den befundenen Ein- und Durchdringungsschutz hinausgehende bauliche Vorkehrungen zu treffen und besondere Pflegemaßnahmen vorzusehen.

Das Verfahren beinhaltet keine Bewertungen bezüglich Umweltverträglichkeit der geprüften Produkte.

## 2 Definitionen

Für die Anwendung dieses Verfahrens gelten folgende Definitionen:

### 2.1 Versuchsgefäß

Speziell für die Untersuchung ausgestattete Gefäße mit Mindestmaßen, die mit der zu prüfenden Bahn oder Beschichtung (Prüfgefäß) bzw. mit einem Vlies (Kontrollgefäß) bestückt werden.

## 2.2 Feuchtigkeitsschicht

Die Feuchtigkeitsschicht besteht aus grobkörnigem mineralischem Material, das unterhalb der zu prüfenden Bahn bzw. Beschichtung angeordnet ist. Sie wird ständig feucht gehalten und ermöglicht dadurch ein Weiterwachsen von durch die Bahn bzw. Beschichtung gedrungenen Wurzeln und Rhizomen bis zum transparenten Gefäßboden und somit ein frühzeitiges Erkennen von Durchdringungen.

## 2.3 Schutzlage

Mit der Bahn bzw. Beschichtung stoffverträgliches Vlies, das direkt unter dem zu prüfenden Material auf die Feuchtigkeitsschicht gelegt wird, um eine gleichmäßige Druckverteilung zu erreichen.

## 2.4 Vegetationstragschicht

Einheitliches, jederzeit und an allen Untersuchungsorten gleichartig verfügbares, bzw. herstellbares Kultursubstrat (Stoffgemisch). Es ist strukturstabilisiert, weist einen günstigen Wasser-/Lufthaushalt sowie eine schwache Grunddüngung auf und begünstigt somit eine optimale Wurzelentwicklung der Testpflanzen. Die Vegetationstragschicht steht in unmittelbarem Kontakt zu der zu untersuchenden Bahn.

## 2.5 Testpflanzenarten

### 2.5.1 Für die 2-Jahresprüfung

- *Pyracantha coccinea* 'Orange Charmer', Feuerdorn, ein Ziergehölz, das unter den vorgegebenen Gewächshausbedingungen ganzjährig ein für den Test geeignetes Wurzelwachstum aufweist und
- *Agropyron repens*, Quecke, ein heimisches Gras mit schwachwachsenden Rhizomen, dessen Ansiedelung auf begrünten Dächern kaum zu vermeiden ist und unter den Prüfbedingungen ebenfalls über das ganze Jahr hinweg ausreichend wächst.

### 2.5.1 Für die 4-Jahresprüfung

- *Alnus incana*, Grauerle, ein Wildgehölz, das unter den vorgegebenen Freilandbedingungen während der Vegetationsperiode ein für den Test geeignetes Wurzelwachstum aufweist und
- *Agropyron repens*, Quecke.

## **2.6 Ausreichende Wuchsleistung der Testpflanzen**

Die Gehölze (Feuerdorn bzw. Erle) in den Prüfgefäßen müssen während der gesamten Versuchsdauer im Mittel mindestens 80 % der durchschnittlichen Wuchsleistung (Höhe, Stammdurchmesser) der Pflanzen in den Kontrollgefäßen aufweisen. Hierdurch kann ggf. eine Beeinträchtigung der Testpflanzen durch von der Bahn bzw. Beschichtung abgegebene, pflanzenschädigende Stoffe erfaßt werden.

Die Ausbreitung der Quecke an der Substratoberfläche wird visuell bewertet (bonitiert, s. 2.7). Hierbei müssen die Pflanzen in den Prüfgefäßen ab der ersten Zwischenauswertung (s. 7.1) während der gesamten Versuchsdauer im Durchschnitt mindestens eine mittlere Bestandsdichte aufweisen (s. 2.7).

## **2.7 Bonitur des Queckenbestands**

Bei der visuellen Bewertung werden der Bestandsdichte des Quecken-Aufwuchses Zahlen zugeordnet. Hierbei ist folgende Einteilung vorzunehmen:

- 1 = kaum Quecke vorhanden (rund 0-20 % der Fläche bedeckt)
- 2 = schütterer Bestand (rund 20-40 % der Fläche bedeckt)
- 3 = mittlerer Bestand (rund 40-60 % der Fläche bedeckt)
- 4 = dichter Bestand (rund 60-80 % der Fläche bedeckt)
- 5 = sehr dichter Quecken-Bestand (rund 80-100 % der Fläche bedeckt)

## **2.8 Gleichwertige Fügetechniken**

Es ist zulässig in der Prüfung unterschiedliche Fügetechniken zu kombinieren, sofern diese ausnahmslos stoffhomogene Nahtverbindungen zum Ziel haben (z.B. Quellschweißung - mit einem Lösungsmittel, das sich verflüchtigt - und Warmgasschweißung). Derartige Nahtverbindungen werden als gleichwertig angesehen.

Im Gegensatz dazu gelten Kombinationen von klebfreien Verbindungen und Verbindungen mit Klebemasse oder von Verbindungen mit 2 unterschiedlichen Klebmassen als nicht gleichwertig.

## **2.9 Wurzeleindringung**

In die Fläche oder in die Nähte einer geprüften Bahn bzw. Beschichtung eingewachsene Wurzeln, wobei sich die unterirdischen Pflanzenteile aktiv Hohlräume geschaffen und die Bahn bzw. Beschichtung somit beschädigt haben.

Nicht als Wurzeleindringung zu werten, aber im Prüfbericht aufzuführen sind:

- In bereits vorhandene Poren einer Bahn bzw. Beschichtung (Fläche oder Naht bzw. Arbeitsunterbrechungsfuge) eingewachsene Wurzeln (d.h. keine Beschädigung). Um hierbei eine eindeutige Bewertung zu gewährleisten, ist eine Betrachtung der entsprechenden Bahn bzw. Schichtabschnitte unter dem Mikroskop erforderlich.
- In die Fläche oder Naht bzw. Arbeitsunterbrechungsfuge  $\leq 5$  mm eingewachsene Wurzeln bei Bahnen und Beschichtungen, die radizide Wirkstoffe (Wurzelhemmer) enthalten, da hierbei die wurzelhemmende Wirkung erst nach dem Eindringen der Wurzeln entfaltet werden kann. Um eine derartige Bewertung zu ermöglichen, sind solche Bahnen bzw. Beschichtungen vom Hersteller zu Versuchsbeginn eindeutig als "radizidhaltig" zu definieren.
- Eingewachsene Wurzeln in die Fläche bei Produkten, die sich aus mehreren Schichten zusammensetzen (z.B. Bitumenbahn mit Kupferbandeinlage oder PVC-Bahn mit Polyestervlieseinlage), wenn die Schicht, welche den Ein- und Durchdringungsschutz übernimmt, dabei nicht beschädigt wird. Um eine derartige Bewertung zu ermöglichen, ist diese Schicht vom Hersteller zu Versuchsbeginn eindeutig festzulegen.
- In Nahtversiegelungen eingedrungene Wurzeln (ohne Beschädigung der Naht).

## 2.10 Wurzeldurchdringung

In der Fläche oder in den Nähten einer geprüften Bahn bzw. Beschichtung durchgewachsene Wurzeln, welche bereits in der Bahn bzw. Beschichtung vorhandene Poren genutzt oder aktiv Hohlräume geschaffen haben.

## 2.11 Testat "wurzelfest"

Eine Bahn bzw. Beschichtung gilt als wurzelfest, wenn in allen Prüfgefäß nach Ablauf der Versuchsdauer keine Wurzeleindringungen gemäß Abschnitt 2.9 sowie keine Wurzeldurchdringungen gemäß Abschnitt 2.10 festzustellen sind. Voraussetzung ist zudem, daß die im Test verwendeten Gehölze in den Prüfgefäß im gesamten Versuchsverlauf eine ausreichende Wuchsleistung gemäß Abschnitt 2.6 erbracht haben.

## 2.12 Quecken-Rhizome

Da bei der Auswertung zwischen Wurzeln und Rhizomen differenziert wird, ist eine zuverlässige Bestimmung dieser unterirdischen Pflanzenorgane unerlässlich.

Hierbei kann man sich an folgenden Angaben orientieren:

Die sich in der Vegetationstragschicht ausbreitenden Queckenrhizome (unterirdische Sproßausläufer) weisen eine gleichmäßige Dicke von ca. 2 mm und eine geringe Verzweigung auf. Sie gliedern sich in einzelne Abschnitte, begrenzt durch Knoten, an denen unscheinbare, den Stengel umhüllende Blättchen sowie dünne Wurzeln angeordnet sind. Zwischen den Knoten sind die Quecken-Rhizome hohl (s. Abbildung 1).

Im Gegensatz dazu haben Wurzeln von Feuerdorn eine stark unterschiedliche Dicke und sind stark verzweigt. Sie tragen zudem nie Blätter und sind nicht hohl.

Falls das Prüfinstitut nicht eindeutig zwischen Rhizomen und Wurzeln differenzieren kann, ist fachlicher Rat einzuholen.

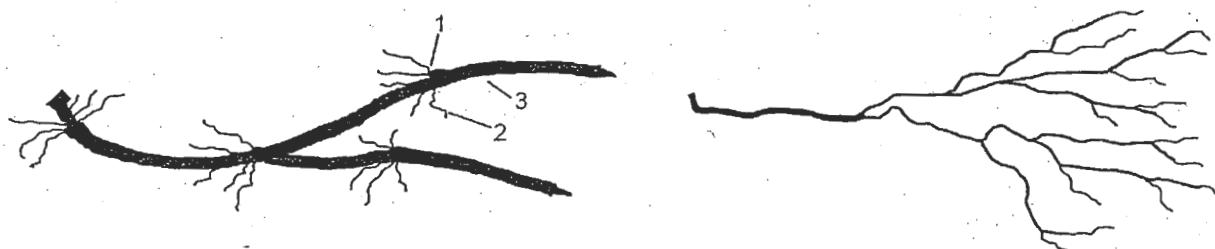


Abb. 1: Schematische Darstellung eines Quecken-Rhizoms (links) mit Knoten (1), Wurzeln (2) und Blättern (3) im Vergleich zu einer Feuerdorn-Wurzel (rechts)

## 2.13 Bewertung von Quecken-Rhizomen

In die Bahn bzw. Beschichtung (Fläche oder Naht) ein- und durchgewachsene Quecken-Rhizome werden festgestellt und im Prüfbericht aufgeführt, jedoch im Hinblick auf die Wurzelfestigkeit nicht gewertet. Läßt sich keine Beschädigung des Produkts durch Rhizome erkennen, wird dies jedoch im Prüfbericht ausdrücklich vermerkt (s. 2.14).

## 2.14 Testat "rhizomfest gegen Quecken"

Eine Bahn bzw. Beschichtung gilt als fest gegen Quecken-Rhizome, wenn in allen Prüfgefäß nach Ablauf der Versuchsdauer - analog zu den Wurzeleindringungen (s. 2.9) und Wurzeldurchdringungen (s. 2.10) - keine Rhizomeindringungen sowie keine Rhizomdurchdringungen festzustellen sind.

Voraussetzung ist zudem, daß die Quecke in den Prüfgefäß im gesamten Versuchsverlauf eine ausreichende Wuchsleistung erbracht hat (s. 2.6).

## 2.15 Gegebenheiten für einen vorzeitigen Abbruch der Prüfung

Bei erkennbaren Durchdringungen von Wurzeln oder Rhizomen bei der zu prüfenden Bahn bzw. Beschichtung im Zuge von Auswertungen während der Prüfung (s. 7.1) ist der Auftraggeber der Untersuchung zu unterrichten. Der Versuch wird abgebrochen, wenn die Durchdringungen von Wurzeln bewirkt wurden. Bei durchgedrungenen Rhizomen kann die Prüfung in Absprache mit dem Auftraggeber fortgesetzt werden.

Fallen im Versuchsverlauf mehr als 25 % der Gehölze aus, ist der Versuch neu anzulegen, d.h. es ist eine Neubepflanzung vorzunehmen, wobei auch die Vegetationstragschicht durch eine neue Mischung zu ersetzen ist. Der Versuchsbeginn ist entsprechend neu zu datieren.

Gleichermaßen ist zu verfahren, wenn im Versuchsverlauf keine ausreichende Wuchsleistung der Testpflanzen erzielt wird (s. 2.6).

## 3 Kurzbeschreibung des Verfahrens

In einem Gefäßversuch mit standardisierten Bedingungen wird der Durchdringungswiderstand von Wurzelschutz- sowie Dach- und Dichtungsbahnen bzw. Beschichtungen gegenüber auf sie einwirkende Wurzeln und Rhizome der Testpflanzenarten untersucht. Bei der Prüfung mit 4-jähriger Dauer erfolgt dies unter Freilandbedingungen, wobei Erle und Quecke als Testpflanzen verwendet werden. Die 2-jährige Prüfung wird in einem klimagesteuerten Gewächshaus unter Verwendung von Feuerdorn und Quecke durchgeführt.

Die zu untersuchende Bahn bzw. Beschichtung, die mehrere Nahtstellen bzw. eine Arbeitsunterbrechungsfuge aufweisen muß, wird in 8 Prügefäß eingebaut. Weitere 3 Gefäße gehen ohne Bahn bzw. Beschichtung in den Versuch. Sie dienen als Kontrolle für das Pflanzenwachstum.

In die so behandelten Gefäße wird eine dünne Vegetationstragschicht eingefüllt. Mit einer dichten Bepflanzung, einer maßvollen Düngung und einer zurückhaltenden Bewässerung soll der gewünschte, hohe Wurzeldruck erzeugt werden.

Zu Versuchsende wird die Vegetationstragschicht entnommen und die Bahn bzw. Beschichtung im Hinblick auf ein- und durchgedrungene Wurzeln bzw. Rhizome überprüft.

Rückstellproben der untersuchten Bahn bzw. Beschichtung werden beim Prüfinstitut gelagert.

## 4 Versuchseinrichtungen und -material

### 4.1 Standort für die Durchführung

#### 4.1.1 Bei der 4-Jahres-Prüfung

Es ist eine Halle vorzusehen, die mit einer transparenten Dachdeckung ausgerüstet, ansonsten allseitig offen ist. Hierdurch werden annähernd Freilandbedingungen geschaffen, wobei aber Niederschlag, der zu Staunässe in den abflußfreien Gefäßen führen könnte, abgehalten wird.

Zulässig als Standort ist auch ein unbeheiztes Gewächshaus, sofern es über ausreichende Lüftungsmöglichkeiten verfügt und eine Frosteinwirkung ermöglicht.

#### 4.1.2 Bei der 2-Jahres-Prüfung

Es ist ein Gewächshaus vorzusehen, das mit einer regelbaren Heizung und Lüftung ausgestattet ist. Die Heizung ist so einzustellen, daß die Innentemperatur tagsüber bei  $(18 \pm 3)^\circ\text{C}$  und während der Nacht bei  $(16 \pm 3)^\circ\text{C}$  liegt. Ab einer Innentemperatur von  $(22 \pm 3)^\circ\text{C}$  ist das Gewächshaus zu lüften. Eine anhaltende Innentemperatur  $> 35^\circ\text{C}$  ist zu vermeiden.

Die natürlichen Lichtverhältnisse im mitteleuropäischen Raum stellen bei den angegebenen Temperaturen ein günstiges Wachstum der Testpflanzen im gesamten Jahresgang sicher. Eine Schattierung der Pflanzen im Sommer oder eine künstliche Belichtung im Winter sind nicht erforderlich.

Der Flächenbedarf pro Gefäß (800 x 800 mm) unter Einhaltung des geforderten Mindestabstands gemäß Abschnitt 6.1 liegt - je nach Anordnung der Gefäße - bei rund 1,5 bis 2 m<sup>2</sup>.

### 4.2 Versuchsgefäße

Die Versuchsgefäße müssen ein Innenmaß von mindestens 800 x 800 x 250 mm aufweisen. Unter Berücksichtigung einbautechnischer Erfordernisse kann es notwendig sein, größere Prüfgefäße einzusetzen.

Die Versuchsgefäße sind mit einem durchsichtigen Boden (z.B. Acrylglas) zu versehen, um durchgewachsene Wurzeln auch während des Versuchs ohne Störung der Vegetationstragschicht erkennen zu können. Der Boden ist zu verdunkeln (z.B. mit lichtundurchlässiger Folie), um einem Algenwuchs in der Feuchtigkeitsschicht vorzu-

beugen. Der durchsichtige Gefäßboden ist zweckmäßigerweise als Einsatz mit einer 20 mm hohen Aufkantung auszubilden, um die Feuchtigkeitsschicht ausreichend mit Wasser versorgen zu können. Die Wasserzufuhr in die Feuchtigkeitsschicht erfolgt über ein mit der Aufkantung des Einsatzbodens abschließendes, schräg nach oben gerichtetes Einfüllrohr ( $\varnothing$  ca. 35 mm), das außenseitig an den Gefäßen angebracht ist (s. Abbildung 2).

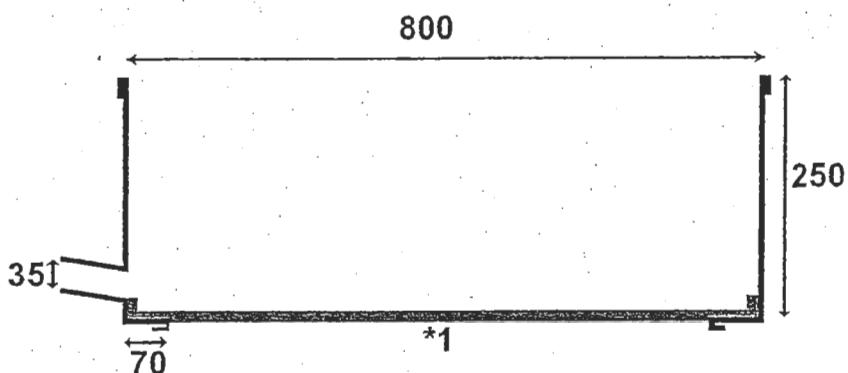


Abb. 2: Aufbau der Versuchsgefäße (Mindestmaße, Angaben in mm,  
\*1 = transparenter Boden mit Aufkantung)

Für jede zu untersuchende Bahn bzw. Beschichtung sind 8 Prüfgefäße erforderlich. Zusätzlich sind pro Versuchslauf - unabhängig von der Anzahl der zu prüfenden Bahnen bzw. Beschichtungen - 3 Kontrollgefäße (ohne Bahn bzw. Beschichtung) vorzusehen.

#### 4.3 Feuchtigkeitsschicht

Diese Schicht besteht aus Blähwschiefer oder Blähton (Körnung 8-16 mm), der über die in Tabelle 1 angegebenen Qualität verfügen muß. Um keinen eigenen Analysenaufwand betreiben zu müssen, ist es sinnvoll, nur Produkte einzusetzen, die einer ständigen Qualitätskontrolle im Hinblick auf die genannten Richtwerte unterliegen, wodurch der Hersteller die erforderlichen Eigenschaften zusichern kann.

Bei der geforderten Schichtdicke von  $(50 \pm 5)$  mm (s. 6.1) beträgt der Materialbedarf rund 32 l je Versuchsgefäß (800 x 800 mm).

#### 4.4 Schutzvlies

Es ist ein Vlies aus synthetischen Fasern mit einem Gewicht von ca. 200 g/m<sup>2</sup> zu verwenden. Die Stoffverträglichkeit des Vlieses mit der zu prüfenden Bahn bzw. Schicht

muß sichergestellt sein. Der Materialbedarf beträgt 0,64 m<sup>2</sup> je Versuchsgefäß (800 x 800 mm).

#### 4.5 Zu prüfende Bahn bzw. Beschichtung

Die Bahn bzw. Beschichtung ist gemäß Abschnitt 6.1 einzubauen bzw. aufzutragen. Pro Gefäß mit den Mindestmaßen (800 x 800 x 250 mm) ergibt sich (abzüglich der 50 mm starken Feuchtigkeitsschicht) rechnerisch eine zu bedeckende Fläche von rund 1,3 m<sup>2</sup> (ohne Überlappung).

#### 4.6 Vegetationssubstrat

Das Substrat besteht aus:

- 70 Vol.-% wenig zersetzen Hochmoortorf und
- 30 Vol.-% Blähton oder Blähhschiefer (Körnung 8-16 mm), der über die in Tabelle 1 angegebene Qualität verfügen muß. Wie unter Abschnitt 4.3 beschrieben, ist es sinnvoll nur qualitätsgeprüfte Produkte einzusetzen.

Durch Zugabe von kohlensaurem Kalk ist das Substrat auf einem pH-Wert (CaCl<sub>2</sub>) zwischen 5,5 und 6,5 einzustellen (s. 4.7).

Die gemäß Abschnitt 4.8 definierte Grunddüngung wird der Vegetationstragschicht vor dem Einfüllen homogen zugemischt.

Der Substratbedarf beträgt beim 4-Jahres-Test bei der geforderten Schichtdicke von (150±10) mm rund 96 l je Versuchsgefäß (800 x 800 mm), beim 2-Jahres-Test (unter Berücksichtigung der Substratzufuhr mittels Topfballen der Pflanzen) rund 88 l je Versuchsgefäß (800 x 800 mm).

**Tabelle 1:** Erforderliche Qualität von Blähton/Blähhschiefer. Bestimmung im Wasserauszug des gemahlenen Materials mit demineralisiertem Wasser im Verhältnis 1:10 (Gew./Vol.)

Lösliche Salze (berechnet als KCl)	< 0,25 g/100 g
CaO	< 120 mg/100 g
Na <sub>2</sub> O	< 15 mg/100 g
Mg	< 15 mg/100 g
Cl	< 10 mg/100 g
F	< 1,2 mg/100 g

#### 4.7 pH-Einstellung

Bei der Vegetationstragschicht können unterschiedliche Mengen an kohlensaurem Kalk erforderlich sein, um einen gewünschten pH-Wert von 5,5-6,5 einzustellen.

Die erforderliche Menge lässt sich mit folgender Vorgehensweise bestimmen:

- 5 Proben der gut gemischten Vegetationstragschicht zu je 1 l entnehmen,
- die Proben mit Leitungswasser anfeuchten,
- den einzelnen Proben unterschiedliche Mengen (4, 5, 6, 7 bzw. 8 g) kohlensauren Kalk zumischen,
- Proben in Kunststoffbeutel geben, verschließen und beschriften,
- Proben im Beutel ca. 3 Tage bei Zimmertemperatur lagern,
- Proben an ein Untersuchungslabor senden, das nach den VDLUFA-Verbandsmethoden arbeitet, und eine pH-Analyse in  $\text{CaCl}_2$  anfordern,
- Kalkmenge, die zu dem gewünschten pH-Wert in der Probe von 1 l geführt hat, auf das gesamte Volumen der Vegetationstragschicht hochrechnen.

#### 4.8 Düngemittel

Als Grunddüngung ist ein Mehrnährstoffdünger mit ca. 15% N, 10%  $\text{P}_2\text{O}_5$ , 15%  $\text{K}_2\text{O}$ , 2 %  $\text{MgO}$  und weniger als 0,5 % Cl sowie ein Spurennährstoffdünger mit Eisen (Fe), Kupfer (Cu), Molybdän (Mo), Mangan (Mn), Bor (B) und Zink (Zn) vorzusehen. Pro Gefäß (800 x 800 mm) werden 30 g Mehrnährstoffdünger appliziert. Der Spurennährstoffdünger wird in der vom Hersteller für Substrate empfohlenen Menge verwendet.

Bei der Nachdüngung ist ein langsam wirkender, umhüllter Mehrnährstoffdünger mit ca. 15 % N, 10 %  $\text{P}_2\text{O}_5$ , 15 %  $\text{K}_2\text{O}$  und einer Wirkungsdauer von 6-8 Monaten aufzustreuen. Der Düngemittelbedarf liegt pro Gabe bei 30 g/Gefäß (800 x 800 mm).

#### 4.9 Tensiometer

Zur Kontrolle der Bewässerung der Vegetationstragschicht ist pro Gefäß ein Tensiometer mit einem Meßbereich von 0 bis -600 hPa einzusetzen.

#### 4.10 Versuchspflanzen

Bei der 4-Jahres-Prüfung sind als Versuchspflanzen folgende 2 Arten in den angegebenen Qualitäten einzusetzen:

- *Alnus incana* - Grauerle, 2-jährig verpflanzter Sämling, Höhe 60-100 cm und

- *Agropyron repens* - Quecke, Saatgut.

Bei der 2-Jahres-Prüfung sind als Versuchspflanzen folgende 2 Arten in den angegebenen Qualitäten einzusetzen:

- *Pyracantha coccinea* 'Orange Charmer' - Feuerdorn, im 2-Liter-Container, Höhe 60-80 cm und
- *Agropyron repens* - Quecke, Saatgut.

Je Versuchsgefäß von 800 x 800 mm sind 4 Gehölze (Erle, Feuerdorn) sowie 2 g Saatgut von Quecke vorzusehen. Rechnerisch ergibt sich somit eine Pflanzdichte von 6,25 Gehölzen/m<sup>2</sup> und 3,13 g Saatgut/m<sup>2</sup>. Werden größere Versuchsgefäße verwendet, ist durch Erhöhung der Pflanzenzahl bzw. Saatgutmenge mindestens die oben genannte Pflanzdichte zu erzielen.

Beim Zukauf der Gehölze ist auf eine gleichmäßige Pflanzenqualität zu achten.

#### 4.11 Gießwasser

Das Gießwasser muß die in Tabelle 2 angegebene Mindestqualität aufweisen.

Die Wasserqualität ist beim zuständigen Wasserwerk zu erfragen.

Wird einer der in Tabelle 2 angegebenen Werte überschritten, ist das Gießwasser mit vollentsalztem Wasser oder mit Regenwasser entsprechend zu verschneiden.

Tabelle 2: Mindestqualität des Gießwassers

Leitfähigkeit	< 1000 µS/cm
Summe Erdalkalien	< 5,4 mmol/l
Säurekapazität (bis pH 4,3)	< 7,2 mmol/l
Chlorid	< 150 mg Cl/l
Natrium	< 150 mg Na/l
Nitrat	≤ 50 mg NO <sub>3</sub> /l

#### 5 Probenahme und Angaben des Herstellers

Von der Bahn bzw. Beschichtung ist vom Prüfinstitut vor und nach der Untersuchung eine Rückstellprobe zu nehmen. Das entnommene Teilstück muß zumindest eine Nahtstelle pro Fügetechnik bzw. eine Arbeitsunterbrechungsfuge enthalten und eine Fläche von mindestens 0,5 m<sup>2</sup> aufweisen. Die Rückstellprobe ist bei Temperaturen über 5 °C und unter 25 °C trocken und dunkel beim Prüfinstitut zu lagern.

Die Dauer der Lagerung muß mindestens der Gültigkeitsdauer des Prüfberichts ent-

sprechen (s. 8).

Stoffliche Unverträglichkeiten sind bei der Lagerung zu beachten.

Um das getestete Produkt eindeutig identifizieren zu können, sind vom Hersteller zu Beginn der Untersuchung folgende Angaben einzufordern: Produktnamen, Anwendungsbereich, Werkstoffbezeichnung, Stoffnormen, Dicke (ohne Kaschierung), Ausstattung/Aufbau, Lieferform, Herstelltechnik, Prüfzeugnisse, Herstellungsjahr, Einbautchnik am Untersuchungsort (Überlappung, angewandte Fügetechniken, Fügemittel, Art der Nahtversiegelung, Abdeckstreifen über Nähten, gesonderte Eck- und Winkelverbindungen), Zusatz von Bioziden (z.B. Wurzelhemmstoffe) mit Angaben zur Konzentration.

Ergänzend hierzu ist beim Prüfinstitut ein Produktdatenblatt der zu prüfenden Bahn bzw. Beschichtung zu hinterlegen.

Zudem ist bei Produkten, die sich aus mehreren Schichten zusammensetzen (z.B. Bitumenbahn mit Kupferbandeinlage oder PVC-Bahn mit Polyesterlieseinlage), vom Hersteller zu Versuchsbeginn eindeutig festzulegen, welche Schicht den Ein- und Durchdringungsschutz übernimmt.

## 6 Prüfbedingungen

### 6.1 Vorbereitung und Installation der 8 Prüfgefäße

In den Gefäßen ist folgender Schichtaufbau vorgesehen (von unten nach oben): Feuchtigkeitsschicht, Schutzlage, zu prüfende Bahn bzw. Beschichtung, Vegetationstragschicht, Bepflanzung.

Direkt über dem transparenten Gefäßboden wird als unterste Schicht die Feuchtigkeitsschicht in einer Dicke von (50±5) mm angebracht.

Die Schutzlage wird in den der Gefäßgrundfläche entsprechenden Maßen zugeschnitten und direkt auf die Feuchtigkeitsschicht gelegt.

Auf die Schutzlage wird die zu prüfende Bahn bzw. Beschichtung wie in Abschnitt 6.1.1 und 6.1.2 beschrieben eingebaut.

Nach dem Einbau der zu prüfenden Bahn bzw. Beschichtung wird das Vegetationssubstrat festlagernd in einer Schichtdicke von (150±10) mm eingefüllt. Dies entspricht bei Gefäßen von 800 x 800 mm einem Substratvolumen von 96 l (4-Jahres-Test) bzw. 88 l (2-Jahres-Test) (s. 4.6)

Pro Versuchsgefäß von 800 x 800 mm sind bei der 4-Jahres-Prüfung 4 *Alnus incana*

(Grauerle), bei der 2-Jahres-Prüfung 4 *Pyracantha coccinea* (Feuerdorn) gleichmäßig über die vorhandene Fläche verteilt zu pflanzen (s. Abbildung 3). Zusätzlich werden bei beiden Prüfungen pro Gefäß 2 g Saatgut von *Agropyron repens* (Quecke) gleichmäßig auf der Vegetationstragschicht ausgesät.

Bei gegebenenfalls erforderlichen größeren Versuchsgefäßen muß die Pflanzenzahl so erhöht werden, daß mindestens die gleiche Pflanzendichte erreicht wird (s. 4.10).

Die Keramikzelle des Tensiometers muß in der Vegetationstragschicht unmittelbar über der Bahn bzw. Beschichtung plaziert werden, damit die Messung im untersten Bereich des Wurzelraums erfolgen kann. Das Tensiometer ist in gleichmäßigem Abstand zu den Pflanzen anzubringen (s. Abb. 3).

Die Gefäße werden zweckmäßigerweise auf Gestellen plaziert, um in periodischen Abständen Durchwurzelungskontrollen zu ermöglichen. Zwischen den Gefäßen ist allseitig ein Mindestabstand von 0,4 m zu gewährleisten. Die Gefäße sind nach Zufallsverteilung anzubringen.

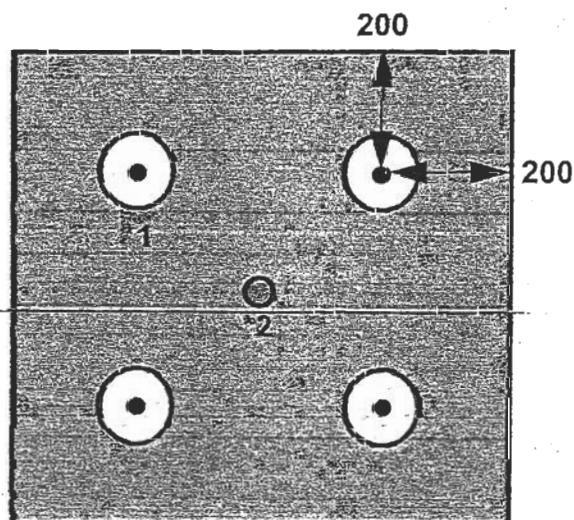


Abb. 3: Anordnung der Gehölze (\*1) und des Tensiometers (\*2) in der Vegetationstragschicht bei einem Gefäß von 800 x 800 mm (Maße in mm)

#### 6.1.1 Einbau von zu prüfenden Wurzelschutz-, Dach- und Dichtungsbahnen

Aus der zu untersuchenden Bahn werden Teile herausgeschnitten und am Untersuchungsort in der Verantwortung des Auftraggebers der Untersuchung fachtechnisch in die Gefäße eingebaut und verbunden. Hierbei sind 4 Wand-Ecknähte, 2 Boden-Ecknähte und 1 mittig verlaufende T-Naht auszuführen (s. Abbildung 4). Es ist dabei zulässig unterschiedliche Fügetechniken anzuwenden, sofern diese gleichwertig sind

(s. 2.8).

An den Wänden ist die Bahn bis zur Gefäßkante hochzuziehen.

### 6.1.2 Einbau von zu prüfenden Beschichtungen im Flüssigauflag

Die Beschichtungen im Flüssigauflag werden ebenfalls am Untersuchungsort in der Verantwortung des Auftraggebers der Untersuchung fachtechnisch in die Gefäße eingebaut. Die Beschichtung muß in 2 Arbeitsschritten erfolgen, wobei in der Mitte des Gefäßes eine durchgehende Arbeitsunterbrechungsfuge anzubringen ist. Der Zeitabstand zwischen den beiden Arbeitsschritten muß mindestens 24 Stunden betragen.

An den Wänden ist die Beschichtung bis zur Gefäßkante hochzuziehen.

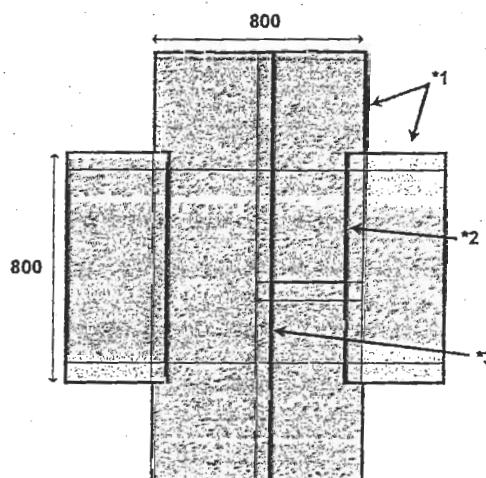


Abb. 4: Anordnung der Nähte (\*1 = Wand-Ecknaht, \*2 = Boden-Ecknaht, \*3 = T-Naht) in der zu untersuchenden Bahn (Maße in mm)

### 6.2 Vorbereitung und Installation der 3 Kontrollgefäße

Die Vorbereitung und Installation der Kontrollgefäße erfolgt wie unter Abschnitt 6.1 beschrieben, jedoch wird keine zu prüfende Bahn bzw. Beschichtung eingebaut, d.h. über der Schutzzlage schließt sich unmittelbar die Vegetationstragschicht an.

### 6.3 Pflege der Pflanzen während der Wachstumszeit

Die Substratfeuchte ist entsprechend dem Bedarf der Pflanzen durch Gießen von oben auf die Vegetationstragschicht einzustellen. Die Feuchte (Saugspannung) ist mit Hilfe des Tensiometers zu kontrollieren.

Um ein gutes Keimen des Saatguts bzw. Anwachsen der Gehölze sicherzustellen, er-

folgt in den ersten 8 Wochen nach der Begrünung eine Bewässerung, sobald die Saugspannung einen Wert von -100 hPa unterschreitet. Im weiteren Versuchsverlauf wird erst dann bewässert, wenn die Saugspannung auf einen Wert zwischen -300 und -400 hPa absinkt. Die Wassergaben sind so zu bemessen, daß eine Saugspannung im Substrat von nahe 0 hPa erzielt wird. Es ist darauf zu achten, daß die gesamte Vegetationstragschicht (incl. Randbereiche) gleichmäßig befeuchtet wird. Ein anhaltender Wasserüberschuß (Staunässe) im unteren Bereich der Vegetationstragschicht ist zu vermeiden. Um eine Beschädigung der Tensiometer zu vermeiden, sind diese bei der 4-Jahres-Prüfung mit Eintritt der ersten Frostperiode zu entfernen. Die Bewässerung während der Vegetationsruhe ist dem sehr geringen Wasserbedarf der Pflanzen anzupassen. Nach den letzten Frösten im Frühjahr sind die Tensiometer wieder an gleicher Stelle einzusetzen. Die Bewässerung erfolgt fortan wie oben beschrieben.

Die Feuchtigkeitsschicht ist durch Gießen über das Einfüllrohr am Gefäß ständig feucht zu halten.

Die Nachdüngung erfolgt bei der 2-Jahres-Prüfung im halbjährlichen Abstand mit einem Düngemittel und in einer Aufwandmenge wie in Abschnitt 4.8 beschrieben. Die erste Gabe wird 3 Monate nach der Bepflanzung appliziert. Bei der 4-Jahres-Prüfung wird einmal jährlich im März oder April nachgedüngt.

Gegebenenfalls aufkommender Fremdwuchs und abgestorbene Pflanzenteile auf der Oberfläche der Vegetationstragschicht sind zu entfernen.

Abgestorbene Gehölze (Feuerdorn bzw. Erle) sind zu ersetzen. Um das sich entwickelnde Wurzelwerk der verbleibenden Pflanzen nicht erheblich zu stören, ist dies jedoch nur während der ersten 3 Monate im 2-Jahres-Test bzw. während der ersten 6 Monate im 4-Jahres-Test gestattet. Fallen im Versuchsverlauf mehr als 25 % der Gehölze aus, ist der Versuch neu anzulegen (s. 2.15).

Ein Rückschnitt der Gehölze (Feuerdorn bzw. Erle) in der Höhe ist nicht zulässig. Im Bereich der Wege zwischen den Gefäßen kann ein Rückschnitt behindernder Seitentriebe vorgenommen werden.

Ein lückenhafter Queckenbestand (< 40 % der Fläche bedeckt) ist durch eine bis zu 2malige Nachsaat in den ersten 3 Monaten (2-Jahres-Test) bzw. 6 Monaten (4-Jahres-Test) aufzubessern.

Um ein Lagern der Quecke zu vermeiden sind die Halme, wenn sie eine Wuchshöhe von ca. 20 cm erreicht haben, auf ca. 5 cm Länge zurückzuschneiden.

Bei starkem Schädlingsbefall der Pflanzen bzw. Auftreten von bestandsgefährdenden Pflanzenkrankheiten sind geeignete Pflanzenschutzmaßnahmen durchzuführen.

## 7 Auswertungen

### 7.1 Auswertungen während des Versuchs

Im 2-Jahres-Test wie auch im 4-Jahres-Test ist im Abstand von sechs Monaten der transparente Gefäßboden aller 8 Prüfgefäße von unten bezüglich sichtbarer Wurzeln und Rhizome (d.h. einer erfolgten Durchdringung) zu überprüfen.

Bei erkennbaren Durchdringungen in den Prüfgefäßen ist der Auftraggeber der Untersuchung zu unterrichten. Der Versuch kann abgebrochen werden (s. 2.15).

Darüber hinaus dürfen während des Versuchs keine Zwischenergebnisse in schriftlicher Form weitergegeben werden.

Halbjährlich (2-Jahres-Test) bzw. jährlich (4-Jahres-Test) ist bei allen Prüf- und Kontrollgefäßen die Wuchsigkeit der Gehölze (Feuerdorn bzw. Erle) durch Erfassen der Höhe und des Stammdurchmessers in 20 cm Höhe festzuhalten. Ebenso wird die Ausbreitung der Quecke an der Substratoberfläche bonitiert (s. 2.7). Die durchschnittliche Wuchsleistung der Pflanzen in den Prüfgefäßen ist zu ermitteln und dem Ergebnis der Kontrollgefäße gegenüberzustellen. Wird gemäß Abschnitt 2.6 keine ausreichende Wuchsleistung erzielt, ist der Versuch neu anzulegen (s. 2.15).

Auftretende Pflanzenschäden wie z.B. Blattdeformationen oder Blattverfärbungen sind gesondert zu erfassen.

### 7.2 Auswertungen zu Versuchsende

Der Zeitpunkt der anstehenden Endauswertung ist dem Auftraggeber der Untersuchung mitzuteilen, um ihm eine Teilnahme zu ermöglichen.

Die Wuchsleistung der Pflanzen ist abschließend, wie in Abschnitt 7.1 angeführt, zu erfassen.

Bei allen Prüfgefäßen wird zu Versuchsende die Vegetationstragschicht entnommen und die Bahn bzw. Beschichtung im Hinblick auf ein- und durchgedrungene Wurzeln bzw. Rhizome überprüft. Gemäß Abschnitt 2.9, 2.10 und 2.12 werden ein- und durchgedrungene Wurzeln bzw. Rhizome bei der geprüften Bahn bzw. Beschichtung in absoluten Zahlen erfaßt.

Dies erfolgt getrennt für folgende Bereiche

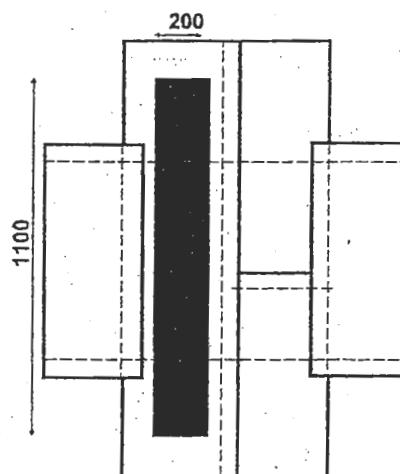
- bei Wurzelschutz-, Dach- und Dichtungsbahnen:
  - die Fläche und
  - die Nähte;
- bei Beschichtungen im Flüssigauflag:
  - die Fläche und ggf.
  - die Arbeitsunterbrechungsfuge, falls diese erkennbar ist.

Wenn mehr als 50 in die Fläche einer Bahn bzw. Beschichtung eingedrungene Wurzeln bzw. Rhizome pro Gefäß festgestellt werden, erfolgt die Auswertung dieser Eindringungen - abweichend vom oben genannten - lediglich an einem Teilstück des untersuchten Materials. Die Auswertung muß sich dabei auf mindestens  $0,2 \text{ m}^2$  (rund 20 % der mit Substrat bedeckten Bahn bzw. Beschichtung) erstrecken und in dem in Abbildung 5 aufgezeigten Bereich durchgeführt werden.

Bei Eindringungen von Wurzeln bzw. Rhizomen in den Überlappungsbereich von Nähten ist die maximale Eindringtiefe festzuhalten.

Ein- und durchgedrungene Wurzeln bzw. Rhizome sind beispielhaft fotografisch zu belegen.

Von der untersuchten Bahn bzw. Beschichtung sind Rückstellproben zu entnehmen, die das Ergebnis der Untersuchung in etwa widerspiegeln. Die Proben sind gemäß Abschnitt 5 zu lagern.



**Abb. 5:** Bereich der Auswertung von Eindringungen in die Fläche einer untersuchten Bahn bzw. Beschichtung bei > 50 Eindringungen/Gefäß (Maße in mm)

## 8 Prüfbericht

Während der Prüfung dürfen keine Zwischenergebnisse schriftlich bekannt gegeben werden.

Nach Beendigung des Versuchs ist von der jeweiligen Prüfinstitution ein vollständiger Prüfbericht in doppelter Ausführung (je 1 Exemplar für das Prüfinstitut und den Auftraggeber) zu erstellen, jedoch nur, wenn sich die Bahn bzw. Beschichtung gemäß Abschnitt 2.11 als wurzelfest erwiesen hat. Firmen und Produkte, die ohne Erfolg an der Untersuchung teilgenommen haben, erhalten keinen Prüfbericht sondern lediglich eine schriftliche Mitteilung mit der begründeten Feststellung, daß sich die Bahn bzw. Beschichtung als nicht wurzelfest nach FLL erwiesen hat.

Der Bericht darf nur in ungekürzter Form verwendet werden. Er muß folgende Daten enthalten:

- Angaben des Herstellers zur untersuchten Bahn in Übereinstimmung mit Abschnitt 5,
- detaillierte Angaben über die Vorbereitung der Prüfgefäße gemäß Abschnitt 6 (oder ein Hinweis, daß die Durchführung der Prüfung entsprechend den Vorgaben der FLL-Richtlinie erfolgte, wobei die der Prüfung zugrunde gelegte Richtlinie im Anhang beizulegen ist),
- alle Ergebnisse der Auswertungen in Übereinstimmung mit Abschnitt 7 und
- eine zusammenfassende Bewertung der untersuchten Bahn gemäß Abschnitt 2.11 und 2.13.

Der Bericht muß zudem folgende Formulierungen enthalten:

- "Der Prüfbericht umfaßt ..... Seiten und darf nur in ungekürzter Form verwendet werden".
- "Die Untersuchungsergebnisse sind gebunden an die im Prüfbericht entsprechend den Anforderungen aufgeführten Kenndaten und Stoffeigenschaften der geprüften Bahn bzw. Beschichtung und die bei der Prüfung angewandten, gleichwertigen Fügetechniken."
- "Rückstellproben der untersuchten Bahn bzw. Beschichtung werden beim Prüfinstitut gelagert."
- "Der Prüfbericht wurde am ..... erstellt und hat grundsätzlich eine Gültigkeitsdauer von 10 Jahren. Durch eine Bestätigung des Prüfinstituts kann die Gültigkeitsdauer in Zeitabschnitten von 5 Jahren verlängert werden, jedoch nur wenn

- die Prüfgrundlagen in wesentlichen Punkten nicht geändert wurden und
- das geprüfte Produkt noch dem aktuellen Lieferprogramm des Antragstellers entspricht."

Ein Musterprüfbericht kann bei der FLL angefordert werden.

## 9 Zuständigkeit

Der Auftraggeber ist zuständig für:

- Beschaffung und Einbau der Schutzlage (s. 2.3 und 6.1) und der zu prüfenden Bahn bzw. Beschichtung (s. 6.1),
- Abgabe einer Materialprobe (s. 5) und
- Angaben zur geprüften Bahn bzw. Beschichtung (s. 5).

Das Prüfinstitut hat folgende Leistungen zu erbringen:

- Bereitstellen einer geeigneten Fläche zur Versuchsdurchführung (s. 4.1),
- Entnahme und Lagerung einer Materialprobe (s. 5),
- Beschaffen bzw. Zusammenstellung und Einbau der Feuchtigkeitsschicht und der Vegetationstragschicht (s. 4.3, 4.6, 6.1 und 6.2),
- Beschaffen und Einbau der Tensiometer (s. 4.9, 6.1 und 6.2),
- Beschaffen der Versuchspflanzen bzw. des Saatgutes und Begrünung der Gefäße (s. 4.10, 6.1 und 6.2),
- Pflege der Pflanzen während der Wachstumszeit (s. 6.3),
- Durchführen der Auswertung (s. 7) und
- Erstellen des Prüfberichts (s. 8).

Das Beschaffen der Versuchsgefäße (s. 4.2) kann vom Auftraggeber wie auch vom Prüfinstitut übernommen werden. Die Zuständigkeiten sind in einem Vertrag zwischen dem Auftraggeber und dem Prüfinstitut festzuhalten. Hierin ist auch die Übernahme der bei der Prüfung entstehenden Kosten durch den Auftraggeber zu regeln.

Ein Mustervertrag kann bei der FLL angefordert werden.