

**Prüfbericht  
FE K 05105H091**

<b>Auftraggeber:</b>	Easy Liner GmbH z. H. Herrn Over Rombacher Hütte 15  44795 Bochum
<b>Auftrag vom:</b>	15.09.2005
<b>Inhalt des Auftrages:</b>	Materialprüfungen zum Eignungs- und Erstdnachweis an Inlinerproben
<b>Probematerial:</b>	je 3 Steinzeug-Rohrabschnitte mit eingezogenem Inliner Easy Pox T 0530, warmhärtend, DN 200, l = 1 m  je 3 Steinzeug-Rohrabschnitte mit eingezogenem Inliner Easy Pox 3008, kalthärtend, DN 200, l = 1 m
<b>Probeneingang am:</b>	15.09.2005 durch Spedition
<b>Prüfzeitraum:</b>	Oktober 2005 – Januar 2006

## 1 Inhalt des Auftrages

Auftragsgemäß wurden an den eingelieferten Probestücken folgende Prüfungen durchgeführt:

- Prüfung der Biegeeigenschaften in axialer Richtung nach DIN EN ISO 178
- Prüfung der Druckfestigkeit nach DIN EN ISO 604
- Prüfung der Dichte nach DIN EN ISO 1183-1
- Prüfung der chemischen Beständigkeit nach DIN ISO 175
- IR-Spektralanalyse der ausgehärteten Liners
- Prüfung der Wasseraufnahme nach DIN EN ISO 62
- Bestimmung des Ringspaltes

## 2 Prüfungen und Ergebnisse

Folgende Proben wurden vom Auftraggeber angeliefert:

Probe	Probenkennzeichnung	Probengröße: DN x Länge
T0530	Easy Pox T0530, DIBT, 01.08.05 warmushärtend, Thermoliner DN 200/5	DN 200 × 1 m 3 Stück
3008	Easy Pox 3008, DIBT, 12.08.05 kaltaushärtend, Flexliner DN 200/5	DN 200 × 1 m 3 Stück

### 2.1 Biege-E-Modul und Biegefestigkeit in axialer Richtung

Aus den Probestücken wurden ca. 15 mm breite Prüfkörper in axialer Richtung entnommen und daran im 3-Punkt-Biegeversuch nach DIN EN ISO 178 der Biege-E-Modul und die Biegefestigkeit bestimmt.

Prüfkörperabmessungen:

Breite: ca. 15 mm      Länge: ca. 100 mm

Prüfparameter:

Auflagerdurchmesser: 10 mm      Belastungsrichtung: Außenseite in Druckzone

Prüfgeschw.: 10 mm/min      Prüfklima: 23°C / 50% RF

Ergebnisse:

Linertyp: T0530, warmhärtend						
Probe Nr.	Wand- dicke s in mm	Breite b in mm	Stütz- weite l <sub>v</sub> in mm	E-Modul E <sub>b</sub> in MPa	Biegefestig- keit σ <sub>b</sub> in MPa	
T0530	1	4,6	14,6	81	3530	53,3
	2	5,2	14,8	81	3740	62,5
	3	4,4	14,7	81	3540	47,7
	4	5,3	14,9	81	3650	59,7
	5	4,2	14,8	81	4000	86,4
	<b>Mittelwert</b>	<b>4,7</b>	-	-	<b>3690</b>	<b>61,9</b>
	<b>Standardabw.</b>	-	-	-	<b>193</b>	<b>14,8</b>

Linertyp: 3008, kalthärtend						
Probe Nr.	Wand- dicke s in mm	Breite b in mm	Stütz- weite l <sub>v</sub> in mm	E-Modul E <sub>b</sub> in MPa	Biegefestig- keit σ <sub>b</sub> in MPa	
3008	1	5,1	15,1	80	3010	77,3
	2	5,2	15,0	80	3010	74,9
	3	5,7	15,0	80	2220	60,9
	4	5,0	14,8	80	3130	71,8
	5	5,1	14,6	80	2850	77,1
	<b>Mittelwert</b>	<b>5,2</b>	-	-	<b>2840</b>	<b>72,4</b>
	<b>Standardabw.</b>	-	-	-	<b>363</b>	<b>6,8</b>

## 2.2 Bestimmung der Druckfestigkeit

An den Linerproben wurde nach DIN EN ISO 604 die Druckfestigkeit bestimmt.

Prüfparameter:

Prüfkörper: Typ B                      Prüfgeschw.: 1 mm/min

Prüfklima: 23°C / 50% RF

Ergebnisse:

Linertyp: T0530, warmhärtend				
Probe Nr.	Dicke d in mm	Breite b in mm	Länge l in mm	Druck- festigkeit $\sigma_M$ in MPa
1	9,9	5,1	10,0	87,2
2	10,1	5,1	9,9	95,5
3	10,1	5,1	9,9	96,7
4	9,9	5,1	9,8	91,6
5	10,0	5,2	10,1	92,1
<b>Mittelwert</b>	-	-	-	<b>92,6</b>
<b>Standardabw.</b>	-	-	-	<b>3,7</b>

Linertyp: 3008, kalthärtend				
Probe Nr.	Dicke d in mm	Breite b in mm	Länge l in mm	Druck- festigkeit $\sigma_M$ in MPa
1	10,1	6,0	10,0	79,5
2	10,0	6,0	10,0	74,2
3	10,0	5,9	10,0	73,2
4	10,0	6,1	10,0	72,6
5	10,0	6,0	10,0	69,8
<b>Mittelwert</b>	-	-	-	<b>73,9</b>
<b>Standardabw.</b>	-	-	-	<b>3,6</b>

### 2.3 Bestimmung der Dichte

An den Linerproben wurde die Dichte nach DIN EN ISO 1183-1 im Auftriebsverfahren bestimmt. An der Außenseite anhaftende Reste des Preliners wurden entfernt.

Prüfparameter:

Probenfläche: ca. 6 cm<sup>2</sup>      Prüfmedium: ISO-Propanol

Prüftemperatur: 23°C

Ergebnisse:

Linertyp	Dichte in g/cm <sup>3</sup>			
	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Mittelwert
<b>T0530, warmhärtend</b>	1,154	1,185	1,149	<b>1,16</b>
<b>3008, kalthärtend</b>	1,129	1,117	1,113	<b>1,12</b>

## 2.4 Prüfung der chemischen Beständigkeit

Aus den Linern wurden Rechteckstäbe 15 mm x 250 mm in Längsrichtung entnommen und in wässrigen Lösungen bei pH2 und pH12 sowie in 5%-iger wässriger Lösung eines peroxidhaltigen Sanitärreinigers bei Raumtemperatur über eine Dauer von 28 Tagen eingelagert. Die Innenbeschichtung blieb unbearbeitet, der außen anhaftende Preliner wurde weitestgehend entfernt.

Nach der Lagerung wurde die Massenänderung gemessen sowie die Zugeigenschaften nach DIN EN 1393 geprüft.

Säure – pH2						
	T0530, warmhärtend			3008, kalthärtend		
Probe	m <sub>vor</sub> in g	m <sub>nach</sub> in g	Änderung in %	m <sub>vor</sub> in g	m <sub>nach</sub> in g	Änderung in %
1	22,6803	22,8173	+0,60	22,8700	22,9662	+0,42
2	22,5198	22,6852	+0,73	19,4958	19,6025	+0,55
3	21,6942	21,8397	+0,67	19,4264	19,5475	+0,62
4	23,0391	23,1756	+0,59	20,2447	20,3736	+0,64
5	26,2871	26,4574	+0,65	21,1232	21,2067	+0,40
<b>Mittel</b>	-	-	<b>+0,65</b>	-	-	<b>+0,52</b>

Lauge - pH12						
	T0530, warmhärtend			3008, kalthärtend		
Probe	m <sub>vor</sub> in g	m <sub>nach</sub> in g	Änderung in %	m <sub>vor</sub> in g	m <sub>nach</sub> in g	Änderung in %
1	22,9818	23,1151	+0,58	23,0873	23,1735	+0,37
2	24,9992	25,1258	+0,51	21,8061	21,8724	+0,30
3	25,4064	25,5573	+0,59	20,4657	20,5756	+0,54
4	24,5617	24,6986	+0,56	23,1807	23,2639	+0,36
5	22,7415	22,8639	+0,54	23,8105	23,8944	+0,35
<b>Mittel</b>	-	-	<b>+0,56</b>	-	-	<b>+0,39</b>

peroxidhaltiger Sanitärreiniger (5%-ige wässrige lösung)						
	T0530, warmhärtend			3008, kalthärtend		
Probe	m <sub>vor</sub> in g	m <sub>nach</sub> in g	Änderung in %	m <sub>vor</sub> in g	m <sub>nach</sub> in g	Änderung in %
1	22,9514	23,1224	+0,75	20,4715	20,5713	+0,49
2	25,9688	26,1356	+0,64	23,5834	23,6546	+0,30
3	26,1399	26,3033	+0,63	22,1523	22,2587	+0,48
4	24,9543	25,0936	+0,56	20,4797	20,5492	+0,34
5	21,7226	21,9076	+0,85	21,7194	21,7880	+0,32
<b>Mittel</b>	-	-	<b>+0,68</b>	-	-	<b>+0,38</b>

Augenscheinlich konnten an den Proben keine Veränderungen oder Schädigungen festgestellt werden.

### Bestimmung der Zugfestigkeit und Bruchdehnung nach Medienlagerung

An unbehandelten Vergleichsproben und den mediengelagerten Proben wurde die Zugfestigkeit und Bruchdehnung nach DIN EN 1393, Verfahren A, ermittelt.

Prüfparameter:

Prüfkörper: Streifenproben mit parallelen Seiten, axial  
 Breite: ca. 15 mm Länge: ca. 250 mm  
 Prüfgeschwindigkeit: 5 mm/min Prüfklima: 23°C / 50% RF  
 Messlänge: 200 mm

Ergebnisse:

Linertyp: T0530, warmhärtend				
Anlieferungszustand				
Probe Nr.	Breite b in mm	Wand- dicke s in mm	Zugfestigkeit $\sigma_r$ in MPa	Bruch- dehnung $\epsilon_r$ in %
1	14,7	4,7	23,7	1,7
2	14,7	4,8	21,8	1,9
3	14,7	4,8	29,8	2,3
4	13,3	5,1	24,8	1,8
5	14,7	5,1	19,7	1,5
<b>Mittelwert</b>	-	<b>4,9</b>	<b>24,0</b>	<b>1,8</b>
<b>Standardabw.</b>	-	-	<b>3,8</b>	<b>0,3</b>
nach Säurelagerung pH 2				
1	13,0	5,3	29,6	2,0
2	14,6	4,8	20,7	1,8
3	13,2	4,9	27,5	2,0
4	13,1	5,3	31,7	2,1
5	15,4	5,2	24,9	2,2
<b>Mittelwert</b>	-	<b>5,1</b>	<b>26,9</b>	<b>2,0</b>
<b>Standardabw.</b>	-	-	<b>4,3</b>	<b>0,1</b>

Linertyp: T0530, warmhärtend				
nach Laugenlagerung pH 12				
Probe Nr.	Breite b in mm	Wand- dicke s in mm	Zugfestigkeit $\sigma_r$ in MPa	Bruch- dehnung $\epsilon_r$ in %
1	14,5	4,8	24,2	2,0
2	14,5	5,2	20,3	1,8
3	14,7	5,3	25,1	2,3
4	14,5	5,0	24,5	2,5
5	13,3	5,1	30,0	2,2
<b>Mittelwert</b>	-	<b>5,1</b>	<b>24,8</b>	<b>2,2</b>
<b>Standardabw.</b>	-	-	<b>3,5</b>	<b>0,3</b>
nach Lagerung in peroxidhaltigem Sanitärreiniger				
1	13,2	5,3	17,3	1,4
2	14,7	5,3	20,5	1,9
3	14,7	5,3	24,4	2,0
4	14,7	5,1	20,6	1,8
5	14,8	4,7	22,7	1,8
<b>Mittelwert</b>	-	<b>5,1</b>	<b>21,1</b>	<b>1,8</b>
<b>Standardabw.</b>	-	-	<b>2,6</b>	<b>0,2</b>

T0530, warmhärtend	Änderung in %	
	Zugfestigkeit $\sigma_r$	Bruchdehnung $\epsilon_r$
Säure pH 2	+12,1	+11,1
Lauge pH 12	+3,3	+22,2
peroxidhaltiger Sanitärreiniger	-12,1	±0

Linertyp: 3008, kalthärtend				
Anlieferungszustand				
Probe Nr.	Breite b in mm	Wand- dicke s in mm	Zugfestigkeit $\sigma_r$ in MPa	Bruch- dehnung $\epsilon_r$ in %
1	15,0	5,3	23,8	2,9
2	14,9	5,3	32,0	2,6
3	14,6	4,7	20,8	1,8
4	14,7	5,2	17,9	2,0
5	14,7	4,4	21,7	2,4
<b>Mittelwert</b>	-	<b>5,1</b>	<b>23,6</b>	<b>2,3</b>
<b>Standardabw.</b>	-	-	<b>6,1</b>	<b>0,5</b>

<b>Linertyp: 3008, kalthärtend</b>				
<b>nach Säurelagerung pH 2</b>				
1	14,7	4,9	34,7	2,9
2	14,9	4,3	24,5	2,4
3	14,7	4,5	21,2	2,5
4	15,2	4,6	20,8	2,5
5	14,7	4,4	33,4	2,3
<b>Mittelwert</b>	-	<b>4,5</b>	<b>26,9</b>	<b>2,5</b>
<b>Standardabw.</b>	-	-	<b>6,7</b>	<b>0,2</b>
<b>nach Laugenlagerung pH 12</b>				
<b>Probe Nr.</b>	<b>Breite b in mm</b>	<b>Wand- dicke s in mm</b>	<b>Zugfestigkeit <math>\sigma_r</math> in MPa</b>	<b>Bruch- dehnung <math>\epsilon_r</math> in %</b>
1	15,0	4,5	42,6	3,3
2	14,9	4,5	34,3	2,8
3	14,9	4,6	23,0	2,6
4	14,9	4,7	34,2	2,5
5	15,1	4,8	37,0	2,9
<b>Mittelwert</b>	-	<b>4,7</b>	<b>34,2</b>	<b>2,8</b>
<b>Standardabw.</b>	-	-	<b>7,1</b>	<b>0,3</b>
<b>nach Lagerung in peroxidhaltigem Sanitärreiniger</b>				
1	14,8	4,5	24,2	2,1
2	14,9	5,0	31,7	2,4
3	15,2	4,8	26,7	2,8
4	15,1	4,5	29,7	2,2
5	14,8	4,7	22,7	1,8
<b>Mittelwert</b>	-	<b>4,6</b>	<b>26,8</b>	<b>2,4</b>
<b>Standardabw.</b>	-	-	<b>4,0</b>	<b>0,3</b>

<b>3008, kalthärtend</b>	<b>Änderung in %</b>	
	<b>Zugfestigkeit <math>\sigma_r</math></b>	<b>Bruchdehnung <math>\epsilon_r</math></b>
Säure pH 2	+14,0	+8,7
Laug pH 12	+44,9	+21,7
peroxidhaltiger Sanitärreiniger	+13,6	+4,3

## 2.5 IR-spektroskopische Bestimmung des Harztyps

An den ausgehärteten Linerproben wurde mittels ATR-IR-Spektroskopie ein Spektrum des Harzes im Wellenzahlbereich von 4000 – 650 cm<sup>-1</sup> aufgenommen.

Die Spektren sind in den Anlagen 1 und 2 dargestellt.

## 2.6 Prüfung der Wasseraufnahme

Aus den Linern wurden ca. 50 mm breite Prüfkörper entnommen und an diesen das Verhalten gegenüber Wasser in Anlehnung an DIN EN ISO 62, Verfahren 1 geprüft.

Abweichend von der Norm wurden die Proben vor der Einlagerung nicht getrocknet, sondern im Anlieferzustand gewogen.

Die Wasseraufnahme wurde über einem Zeitraum von 30 Tagen gemessen.

Prüfparameter:

Prüfkörper: ca. 50 mm x 50 mm Lagermedium: dest. Wasser

Lagertemperatur: 23°C Lagerdauer: 30 d

Ergebnisse:

Linertyp: T0530, warmhärtend				
Probe	Masse		Wasseraufnahme	
	m <sub>vor</sub> in g	m <sub>nach</sub> in g	in mg	in %
1	11,0755	11,1772	102	0,92
2	11,4072	11,5371	130	1,14
3	12,6478	12,7662	118	0,94
<b>Mittel</b>	-	-	<b>117</b>	<b>1,00</b>

Linertyp: 3008, kalthärtend				
Probe	Masse		Wasseraufnahme	
	m <sub>vor</sub> in g	m <sub>nach</sub> in g	in mg	in %
1	14,8466	15,0209	174	1,17
2	15,2037	15,3873	184	1,21
3	15,0873	15,4527	365	2,42
<b>Mittel</b>	-	-	<b>241</b>	<b>1,60</b>

Die Wasseraufnahme in Abhängigkeit der Zeit ist in den Anlagen 3 und 4 dargestellt.

## 2.7 Messung des Ringspaltes

An den Schnittflächen wurde die Position des Liners in Bezug auf das Steinzeugrohr markiert und der Liner aus dem Steinzeugrohr herausgedrückt.

An beiden Enden des Abschnittes wurde der Außendurchmesser des Liners und der Innendurchmesser des Steinzeugrohres an je drei, um 60° versetzten Stellen, vermessen.

Ergebnisse:

Linertyp: T 0530, warmhärtend			
Position	Innendurchmesser Steinzeugrohr in mm	Außendurchmesser Liner in mm	Ringspalt in mm
0°-180°	197,9	197,2	0,35
60°-240°	198,5	198,3	0,10
120°-300°	198,7	197,8	0,45
0°-180°	199,5	198,9	0,30
60°-240°	198,9	198,5	0,20
120°-300°	198,6	198,0	0,30
<b>Mittelwert</b>	<b>198,7</b>	<b>198,1</b>	<b>0,28</b>

Mittlere Wanddicke des Liners:  $s = 4,8$  mm

Mittlerer Radius des Liners:  $r_L = 96,7$  mm

Aus diesen Werten berechnet sich folgender prozentualer Ringspalt  $w_s$  (bezogen auf den mittleren Radius  $r_L$  des Liners):

$$\text{T0530, warmhärtend: } w_s = \frac{0,28}{96,7} \cdot 100\% = \mathbf{0,29\%}$$

Linertyp: 3008, kalthärtend			
Position	Innendurchmesser Steinzeugrohr in mm	Außendurchmesser Liner in mm	Ringspalt in mm
0°-180°	199,1	198,1	0,50
60°-240°	198,2	197,3	0,45
120°-300°	198,1	197,0	0,55
0°-180°	199,4	198,1	0,35
60°-240°	198,2	197,2	0,50
120°-300°	198,8	198,3	0,25
<b>Mittelwert</b>	<b>198,6</b>	<b>197,7</b>	<b>0,45</b>

Mittlere Wanddicke des Liners:  $s = 5,1$  mm

Mittlerer Radius des Liners:  $r_L = 96,3$  mm

Aus diesen Werten berechnet sich folgender prozentualer Ringspalt  $w_s$  (bezogen auf den mittleren Radius  $r_L$  des Liners):

$$\text{3008, kalthärtend: } w_s = \frac{0,45}{96,3} \cdot 100\% = \mathbf{0,47\%}$$

Die Prüfungsergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die eingelieferten und geprüften Probekörper.

Fürth, den 25.01.2006

F+E Ing. GmbH  
Kunststofflabor



Dipl. Ing. R. Hösch