



## Neue Kanalisierungstechniken Baustoffe Inlinerauskleidung mit Dampfaushärtung

*Edmund Wax<sup>1</sup>, Martin Krempaský<sup>2</sup> a Juraj Ďurove<sup>2</sup>*

### *New Inner Canalizing Technology with Vapour Hardening Material*

*The Liner is a composite sandwich construction using multiple layers of Owens Corning Advantex extra corrosion resistant fiberglass, forming a complex unidirectional reinforced structure. This construction achieves an unmatched strength permitting a thinner wall and therefore less reduction of the original diameter. The ring stiffness is very important. The unique design of the Liner gives a very high E-Modulus performance of 10.000 MPa which is unmatched by any other liner on the market. The longitudinal reinforcement ensures complete stability throughout the length and prevent any elongation caused by the installation process. The Liner is constructed using extra corrosion resistant fiberglass. The inside of the liner is covered with a polyester veil rich of resin, forming a very smooth and glass-hard surface. In Combination with the unique post-curing at 110 °C, a very high resistance to abrasion and chemicals is achieved.*

**Key words:** Liner, Reconstruction Inliners, Vapour Hardening Material.

### Einleitung

Die industriellen und kommunalen Schmutzwasser enthalten die verschiedensten Stoffen, die zu starken Zerstörungen der Baustoffe von Entwässerungskanäle führen [3], [7], [9]. Das Altrohr ist nicht mehr verlässlich funktioniert.

### *Kanalsanierung DN 400: Projekt Aqua, Liner Objekt Kleinblittersdorf, Statische Berechnung Firma WAX*

#### Altkanal

In [6] und [7] werden die folgenden Eingabewerte angegeben bzw. angenommen:

Geometrie: Kreisquerschnitt DN 400,

Werkstoff: Beton,

Zustand des Altkanals: Es liegen die Altrohrzustände I und II vor, es wird daher der Altrohrzustand II unterstellt. Bei Erfüllung der Nachweise ist damit auch der Altrohrzustand I abgedeckt.

Nach [2] werden für den Altrohrzustand II folgenden Imperfektionen angesetzt:

- 3 % örtlich begrenzte Vorverformungen des Liners (erforderlich: 2 %),
- 3 % Gelenkringverformung für längs gerissene Altleitungen (Altrohrzustand II),
- 0,5 % Spaltbildung aus nicht exaktem Anliegen des Liners an der Innenseite des Altrohres.

#### Liner DN 400, Projekt Aqua

Geometrie: Kreisprofil, Außendurchmesser  $d_a = 400$  mm, Wanddicke  $s_L = 6,0$  mm in [7] angesetzt,

Werkstoff: ECR - Glas, Polyester - bzw. Epoxidharz.

#### Werkstoffkennwerte des Liners

Nach [4] beträgt der Kurzzeit - E-Modul gemäß DIN 53 769-3:

$E_L = 8422$  MPa (Mittelwert aus 3 Versuchen und aus den Drei-Punkt-Biegeversuchen in Anlehnung an EN 63 wurde in [4] der Kurzzeit - E-Modul:  $E_L = 6713$  MPa (Mittelwert aus 10 Versuchen) ermittelt. Im folgenden wird von dem kleineren Wert ausgegangen. Die Kurzzeit-Biegezugfestigkeit:

$\sigma_{bz} = 157,5$  MPa (Minimalwert).

Die in der Bemessung anzusetzenden Langzeitkennwerte werden auf der sicheren Seite mit 50 % der Kurzzeitkennwerte angesetzt, [3]:

$E_L = 6713 / 2 = 3357$  MPa (E-Modul),

$\sigma_{bz} = 157,5 / 2 = 78,8$  MPa (Biegezugfestigkeit).

<sup>1</sup> Dr., Ing. Edmund Wax, WAX UMWELTSCHUTZ GmbH & Co. KG, Industriestraße 4, 66740 Saarlouis

<sup>2</sup> Ing. M. Krempaský, PhD. a Doc. Ing. J. Ďurove CSc., Katedra dobývania ložísk a geotechniky, F BERG technickej univerzity v Košiciach, 043 84 Košice, Park Komenského 19

(Recenzovali: Prof. Ing. Ján Fabián, CSc. a Ing. Edita Augustinová, CSc.)

Die Festigkeit für Biegedruck wird ebenfalls mit  $\sigma_{bD} = \sigma_{bZ} = 78,8$  MPa angesetzt. Nach [2] beträgt die erforderliche Sicherheit für den angegebenen Werkstoff beim Spannungs- und beim Stabilitätsnachweis 2,0.

Über den Grundwasserstand gibt es keine genauen Angaben. In Abstimmung mit dem Auftraggeber [6] wird ein Grundwasserstand von  $h_{w,S_0} = 3$  m Wassersäule angenommen. Dies liegt gegenüber der Forderung in [2] (min  $h_{w,S_0} = 1,5$  m) auf der sicheren Seite.

### Nachweise und Beurteilung für Altrohrzustand

Die Berechnungen für Altrohrzustand II werden mit einem Stabwerkprogramm nach Theorie II. Ordnung durchgeführt [7]. Die Ergebnisse dieser Berechnungen sind in Tabelle 1 zusammengefaßt. Die Eingabewerte, der Berechnungsablauf und die Nachweise sind durch eine unabhängige Gegenrechnung überprüft worden.

Tabelle 1. Berechnungen für Altrohrzustand II.

Nennweite	Belastung	Verkehrslast	Altrohrzustand	Linerwanddicke	Spannungsnachweis	Stabilitätsnachweis	Verformungsnachweis
DIN	m	-	-	mm	-	-	%
1	2	3	4	5	6	7	8
400	$h_{w,S_0} = 3$	-	II	6	$7,38 > 2$	$3,53 > 2$	$2,4 < 6$

Die Spannungs-, Verformungs- und Stabilitätsnachweise sind für DN 400 und die angegebene Wanddicke von 6 mm erfüllt. Es werden in den Haltungen fehlende Rohrstücke als Schaden beobachtet. Diese Fehlstellen sind vor der Sanierung mit Beton zu verfüllen. Falls eine Verfüllung nicht vollständig möglich ist, muß der Liner, sofern die Länge der Fehlstelle  $l \geq d_i/2 = 200$  mm beträgt, gesondert nachgewiesen werden [2].

Stellen sich bei Inspektion des Altrohres oder im Rahmen der begleitenden Werkstoffprüfungen gegenüber den Abschnitten 1 und 2 abweichende Werte heraus, so sind die statischen Berechnungen zu wiederholen.

### Praktische Lösung

**Hubert Wax GmbH & Co. KG**  
Industriestraße 4, 667 40 Saarlouis

Linz. Nr. WX01DT

**Programm LINERB, Version 5.0**  
Programmautor: Prof. Dr.-Ing. Falter, Dr. Ing. Wax

**Standicherheit von Linern mit Kreis- und Eiquerschnitt**  
nach ATV - Merkblatt M 127, Teil 2 (Entwurf 06.1998)  
Projekt: Aqua – DN 400,  
Position: 1,  
Datum: 27. 04. 1999.

#### Eingabe:

##### Altrohr (Kreisprofil):

Werkstoff: Beton,  
Nennweite: DN 400,  
Innendurchmesser:  $d_i = 400,0$  mm.

Zustand II: Das Altrohr ist nicht mehr allein tragfähig, die Wandung weist z. B. Längsrisse auf. Das „Altrohr-Bodensystem“ ist jedoch aufgrund einer ausreichenden Bettungswirkung des Bodens in der Leitungszone weiterhin tragfähig. Die Verformungen des Altrohr-Bodensystems sind weitgehend abgeklungen.

##### Liner (Kreisprofil):

Werkstoff: UP – GF,  
Radius (außen):  $raL = 200,0$  mm,  
Wanddicke:  $sL = 6,0$  mm,  
Langzeit-E-Modul:  $EL = 3357$  MPa,  
Langzeit-Biegezugfestigkeit:  $\sigma_Z = 78,80$  MPa,  
Langzeit-Druckfestigkeit:  $\sigma_D = 78,80$  MPa,  
Erf. Sicherheit:  $\tau = 2,00$ .

**Einbaubedingungen:**

Vorverformung des Altröhres	
Bzw. des Liners	$wv / rL * 100 \% = 3,00 \%$
Lage der Vorverformung	$\phi v = 180,0^\circ$
Öffnungswinkel	$2\phi 1 = 40,0^\circ$
Spaltweite zwischen Altröhre	
Und Liner	$wS / rL * 100 \% = 0,50 \%$
Verformung des Altröhres als	
Vier – Gelenkrig	$2 * wGR / di * 100 \% = 3,00 \%$

**Einwirkungen:**

Grundwasser über Sohle	$maxhWSo = 3,00 \text{ m}$
Wichte der Flüssigkeit	$\tau w = 10,00 \text{ kNm}^{-3}$
Wichte des Liners	$\tau L = 13,50 \text{ kNm}^{-3}$

**Berechnete Eingabewerte:**

Liner, mittl. Radius	$rL = 197,0 \text{ m}$
r / s - Verhältnis	$rL / sL = 32,8$
Tiefe der Vorverformung	$wv = 5,9 \text{ mm}$
Spaltweite (Ringspalt)	$wS = 1,0 \text{ mm}$
Vier-Gelenkverformung des Altröhres	$wGv = 5,9 \text{ m}$

**Zwischenergebnisse:**Tab.2. Iterationen: max. Verschiebungsgröße [ cm ], ( $\tau$ -fachen Lasten mit  $\tau = 2$ ).

it = 2	-0,32821	it = 6	-0,93739
it = 3	-0,56622	it = 7	-0,90586
it = 4	-0,80749	it = 8	-0,90121
it = 5	-1,52383	it = 9	-0,90164

Tab.3. Schnittkräfte (rechte Profilhälfte) nach Theorie II. Ordnung: Scheitel = Stab 1a, Kämpfer = Stab 19a, Sohle = 36b.

Stab	Na [ N ]	Qa [ N ]	Ma [ Ncm ]	Stab	Nb [ N ]	Qb [ N ]	Mb [ Ncm ]
1	-124,85	-2,78	+6,49	2	-125,02	-0,87	+1,57
3	-125,03	+1,04	-0,20	4	-124,98	+0,53	+1,29
5	-124,97	+0,19	+1,83	6	-124,98	+0,36	+1,69
7	-124,99	+0,39	+1,72	8	-125,00	+0,46	+1,71
9	-125,00	+0,52	+1,72	10	-125,01	+0,58	+1,72
11	-125,03	+0,64	+1,72	12	-125,04	+0,71	+1,71
13	-125,05	+0,74	+1,73	14	-125,06	+0,93	+1,68
15	-125,09	+0,50	+1,86	16	-125,12	+0,85	+1,19
17	-125,09	+2,27	+1,04	18	-124,94	+3,62	+3,24
19	-125,33	-1,61	+7,54	20	-125,53	-0,43	+2,89
21	-125,65	+0,72	-0,06	22	-125,67	+1,82	-1,21
23	-125,61	+2,88	-0,56	24	-125,75	-3,23	+1,79
25	-126,31	-7,71	-5,56	26	-126,98	-6,69	-19,67
27	-127,49	-5,59	-31,16	28	-127,87	-4,41	-40,35
29	-127,99	-3,26	-44,57	30	-127,86	-2,13	-43,57
31	-127,50	-1,07	-37,49	32	-126,94	-0,07	-26,89
33	-125,95	+4,87	-12,67	34	-123,44	+15,96	+11,22
35	-121,10	+17,97	+54,04	36	-120,48	+9,69	+96,25

Tab.4. Referenzwerte.

Stab	Ne [ N ]	Qae [ N ]	Me [ Ncm ]
36	-120,48	+9,69	+117,47

Tab.5. Maßgebende spezifische Schnittkräfte [Ncm<sup>-2</sup>]: (1/ $\tau$ -fache Schnittkräfte aus  $\tau$ -fachen Lasten).

Parameter	Scheitel	Kämpfer	Sohle
$\Sigma N$	-62,427	-63,995	-60,242
$\Sigma M$	3,246	-22,286	58,736

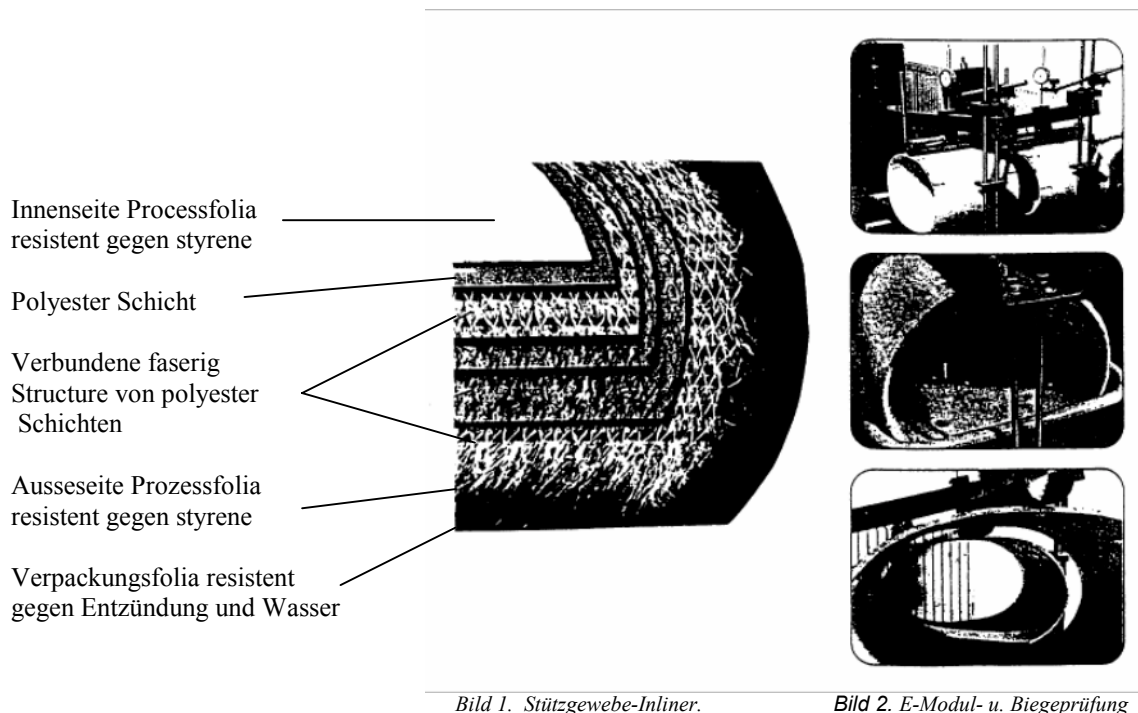


Bild 1. Stützgewebe-Inliner.

Bild 2. E-Modul- u. Biegeprüfung

**Ergebnisse für die Spannungs -, Verformungs – und Stabilitätsnachweise:**

Tab.6.. Spannungsnachweis[MPa].

Parameter	Scheitel	Kämpfer	Sohle
$\sigma_i$	-0,485	-4,812	8,876 -10,684
$\sigma_a$	-1,580	2,606	8,878
$\tau_Z$	99,999	30,241	7,376
$\tau_D$	49,859	16,375	2,00
erftZ	2,00	2,00	

Bem. : Bei  $\sigma_i < 0$  und  $\sigma_a < 0$  wird  $\tau_Z = 99,999$  gesetzt.

**Verformungsnachweis:**

- a) spannungslose Vorverformung  $w_v = 5,91$  mm,
- b) elastische Verformungen (+ nach innen)
  - nach Theorie II. Ordnung, im Scheitel  $w_o = 0,01$  mm,
  - in der Sohle  $w_u = 3,52$  mm,
- c) Gesamtverformung  $\Sigma w = 9,44$  mm,  
auf DN bezogen  $\delta_v = 2,40$  %.

**Stabilitätsnachweis:**

- vohr. Grundwasserdruck über Linersohle  $p_a = 30,00$  kPa.
- Durchschlagbeiwert für starr gebettete Liner ohne Vorverformung und ohne Spalt:  
 $\alpha_D = 2,62 * (rL / sL) ^ 0,8 = 42,79$ .
- Durchschlaglast, Liner ohne Vorverformung und ohne Spalt:  
 $kritpa = \alpha_D * SL = 338,2$  kPa. Zum Vergleich: freier Liner  $kritpas = 3,0 * SL = 23,7$  kPa.
- Abminderungsfaktoren, Parameter  $rL / sL = 32,833$ ,
- Faktor örtl. Vorverformung  $\kappa_v = 0,554$ ,
- Faktor für Ovalisierung  $\kappa_{GRv} = 0,780$ ,
- Faktor für Spaltbildung  $\kappa_s = 0,724$ .
- Abgemit. Durchschlaglast  $\approx \kappa_v * \kappa_{GRv} * \kappa_s * kritpa = 105,8$  kPa,
- vohr. Sicherheit gegen Durchschlagen  $vohr \tau_I \approx 3,562$ ,
- erforderliche Sicherheit  $erf \tau_I = 2,00$ .

### Zusammenfassung

Das Altrohr ist nicht mehr allein tragfähig, die Wandung weist z. B. Längsrisse auf. Es ist jedoch aufgrund einer ausreichenden Bettungswirkung des Bodens in der Leitungszone weiterhin als „Rohr-Bodensystem“ tragfähig. Hierfür ist ein getrennter Nachweis z. B. nach [3] zu führen.

Auch Baugrundfachmann und projektierender Ingenieur müssen hier Hand in Hand arbeiten, denn nur auf dem Felde zweier zu einer gemeinsamen Arbeit vereinigen den Fachmethoden kann die richtige Stelle für die Gründung gefunden werden. Oftmals man eine spezielle Baugrund oder auch Bergbauuntersuchungen [8] an den eigentlichen Baustellen durchführt.

### Literaturverzeichnis

- [1] Richtlinie für die Statische Berechnung von Entwässerungskanälen und -leitungen, ATV - Arbeitsblatt A 127. 2. Aufl. 1988, St. Augustin.
- [2] Statische Berechnung zu Sanierungen von Abwasserkanälen und -leitungen mit Relining - und Montageverfahren, ATV - Merkblatt M 127-2. 1999 Hennef.
- [3] J. Lenz, 1994 : Sanierung von Abwasserkanälen durch Relining. Vulkan - Verlag Essen.
- [4] Prüfbericht MK5800677 der LGA zur Bestimmung des E-Moduls an Inlinerabschnitten vom 09.06.1998
- [5] Prüfstatik programm: LINERB. WAX, GmbH & Co. KG, Saarlouis 1999.
- [6] Statische Berechnung der Hubert Wax GmbH & Co. KG vom 27.04.1999, Saarlouis.
- [7] TV - Kanaluntersuchung der Fa. Aqua - Ingenieure vom 13.04.1993 und der Fa. Wax vom 08.04.1999, Kleinblittersdorf.
- [8] Bukovanský, S., 1996: Optická čidla pro kontinuální sledování anomálních geomechanických jevů v hlubinných uhelných dolech. *Rudy - Uhlí – Geologický průzkum*, 3/1996/6.
- [9] Správa o stave životného prostredia SR. *Archív MŽP SR, Slovenská agentúra životného prostredia*, 1996.