IKT - Institut für
Unterirdische Infrastruktur

Anhang zum Endbericht

Abnahme von Liningmaßnahmen

- Materialnachweise und Bewertung der Linerqualität -

Gelsenkirchen, März 2009

VERZEICHNIS DES ANHANGS

ANHANG 1: ZUSTANDSKATALOG SCHLAUCHLINERAUFFÄLLIGKEITEN

ANHANG 2: AKTUELLE BAUMAßNAHMEN
– DOKUMENTATIONEN UND ERGEBNISSE DER ABNAHME

ANHANG 3: NACHBEPROBUNGEN
– PRÜFERGEBNISSE NACH MEHRJÄHRIGEM BETRIEB

ANHANG 4: STATISCHE BERECHUNGEN NACH MERKBLATT ATV-M 127-2
(FACHHOCHSCHULE MÜNSTER, FACHBEREICH BAUINGENIEURWESEN, PROF. DR.-ING. B. FALTER)

©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

Anhang 1:
Zustandskatalog

Auffälligkeiten bei Schlauchlinern

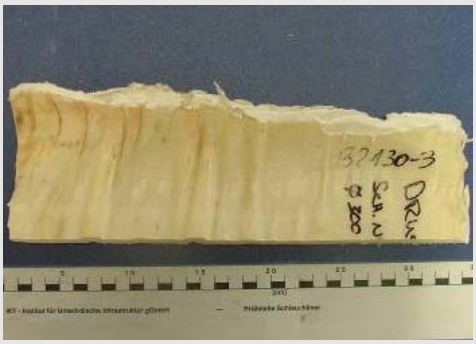
©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

1. Geometrische Abweichungen

a) Wellige Oberflächenstruktur

Beschreibung:

Strukturierte, i. d. R. faltige Innenbeschichtungen (NF), die mit Harz gefüllt sind (keine Hohlstellen), in unterschiedlicher Form, Größe, Lage und Dichte; keine Faltenbildung im Sinne von geometrischen Imperfektionen (vgl. Katalog-Nr. 1d *„Örtlich begrenzte Vorverformungen“*); Abgrenzung von deutlich ausgeprägteren Falten in Quer- und Längsrichtung; i. d. R. bei der Bauabnahme schon vorhanden (vgl. Bild l. o., Bild r. o., Bild l. u. und Bild r. u.)

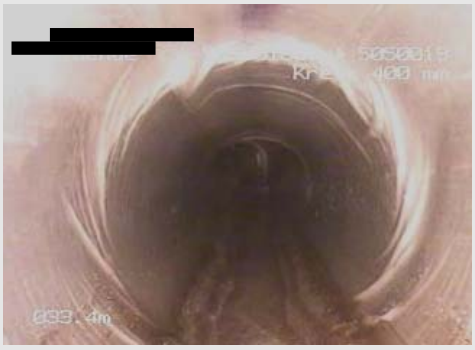


1. Geometrische Abweichungen

b) Querfalten

Beschreibung:

In Umfangsrichtung verlaufende Falten, umlaufend oder auf Sohl-, Kämpfer- und/oder Scheitelbereich beschränkt; mit unterschiedlichen geometrischen Ausprägungen (vgl. Bild l. o., Bild r. o., Bild l. u. und Bild r. u.); Faltenbildung deutlich ausgeprägter als bei welligen Oberflächenstrukturen; i. d. R. bei der Bauabnahme schon vorhanden



©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

1. Geometrische Abweichungen

c) Längsfalten (harzhinterfüllt)

Beschreibung:

Axial verlaufende Falten (harzhinterfüllt), unterschiedlich ausgeprägt, Verlauf in Sohl-, Kämpfer- und/oder Scheitelbereich möglich (vgl. Bild l. o., Bild r. o. und Bild l. u.); keine Faltenbildung im Sinne von geometrischen Imperfektionen (vgl. Katalog-Nr. 1d *„Örtlich begrenzte Vorverformungen“*) ⇒ keine Hohlstellen, Trägermaterial (scheinbar) nicht beeinträchtigt (vgl. Bild r. u.); i. d. R. bei der Bauabnahme schon vorhanden

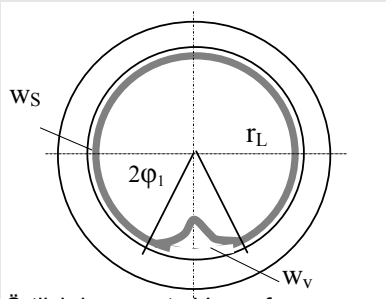
1. Geometrische Abweichungen

d) Örtlich begrenzte Vorverformungen (geometrische Imperfektionen)

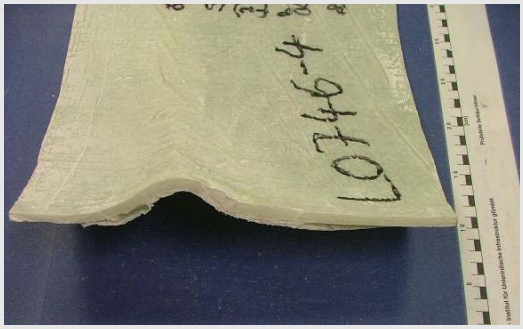
Beschreibung:

Statisch relevante einbaubedingte Vorverformungen, wie z. B. örtlich begrenzte (nicht harzhinterfüllte) Falten und Beulen mit Hohlräumen (vgl. Bild l. o., Bild r. o., Bild l. u. und Bild r. u.); unmittelbar nach Einbau vorhanden

Anmerkung: Zu den geometrischen Imperfektionen zählt auch ein vorhandener Ringspalt, jedoch liegen für die Bildung eines auffälligen Ringspalts keine Beispiele vor, da eine In-situ-Vermessung nach derzeitigem Kenntnisstand nahezu unmöglich ist



Örtlich begrenzte Vorverformung w_v



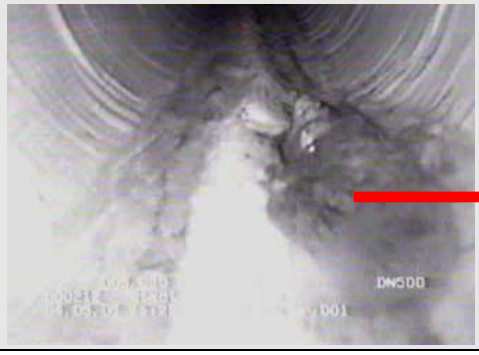
©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

1. Geometrische Abweichungen

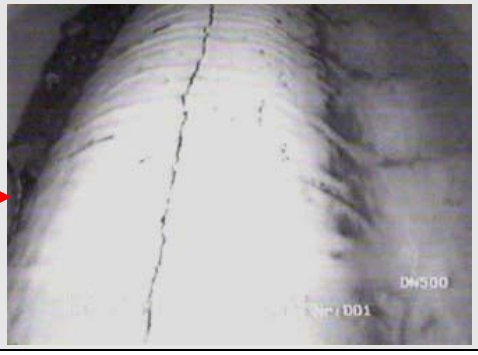
e) (Nachträgliche) lokale oder durchgängige Ausbeulungen

Beschreibung:

Ausbeulungen des Liners, im Laufe der Betriebsdauer entstanden (z. B. erkennbare Veränderung zwischen Bau- und Gewährleistungsabnahme), daher Abgrenzung von geometrischen Imperfektionen; Ausprägung der Beulen lokal (vgl. Bild l. o. und Bild r. o.) und durchgängig (vgl. Bild l. u. und Bild r. u.), d. h. auch über die gesamte Haltung möglich



Detail



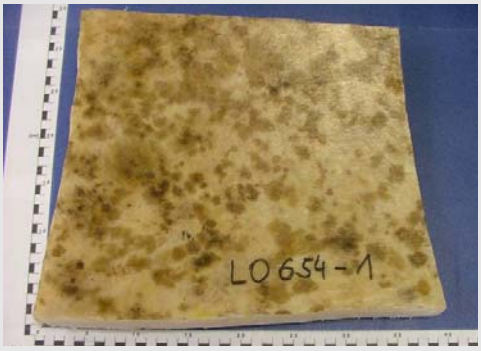
©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

2. Auffälligkeiten an der Linerinnenwand

a) Verfärbungen an der Linerinnenseite

Beschreibung:

Fleckenartige Verfärbungen im Bereich der Innenbeschichtung in unterschiedlicher Form, Größe, Lage und Dichte, die farblich vom restlichen Linermaterial abweichen (vgl. Bild l. o., Bild r. o., Bild l. u. und Bild r. u); nur bei in Betrieb befindlichen Linern vorgefunden (z. B. im Rahmen von Gewährleistungsabnahmen); i. d. R. nur bei NF, da die Innenbeschichtung im Kanal verbleibt

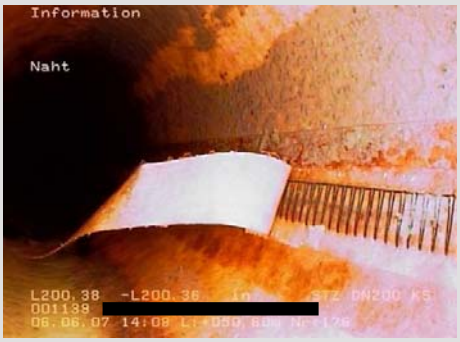


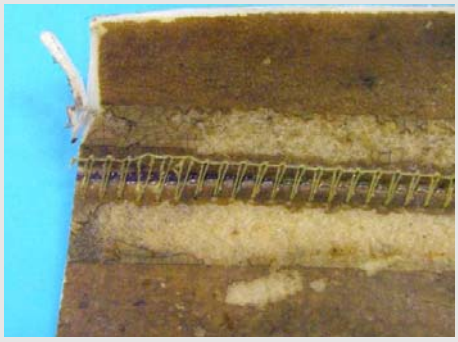
2. Auffälligkeiten an der Linerinnenwand

b) Nahtbereiche

Beschreibung:

Nahtstellen kommen zum Vorschein (nur bei NF-Linern), teilweise Ablösungen der Nahtüberdeckung (vgl. Bild l. o.) und der Innenbeschichtung (vgl. Bild r. o., Bild l. u.); i. d. R. nur bei in Betrieb befindlichen Linern zu beobachten (z. B. im Rahmen von Gewährleistungsabnahmen); aber auch: spiralförmig verlaufende Nähte bei NF-Linern unmittelbar nach Einbau feststellbar (vgl. Bild r. u.)





©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

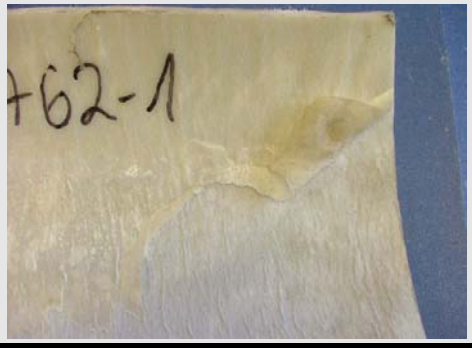
2. Auffälligkeiten an der Linerinnenwand

c) Innenfolien und -beschichtungen

Beschreibung:

Fall 1 (Innenfolie wird nach Linereinbau entfernt, z. B. bei GFK-Linern):
Innenfolie unvollständig bzw. gar nicht entfernt (vgl. Bild l. o. und Bild r. o.), Folienreste frei liegend im Kanal

Fall 2 (Innenbeschichtung verbleibt im Kanal, z. B. bei NF-Linern):
Risse und Ablösungen sind zu erkennen (vgl. Bild l. u. und Bild r. u.)

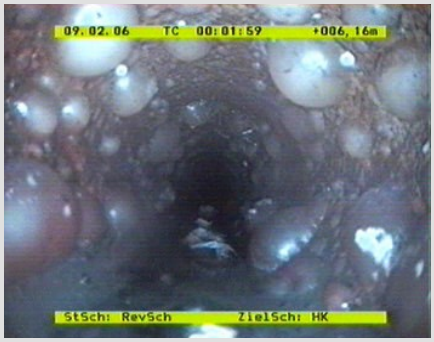


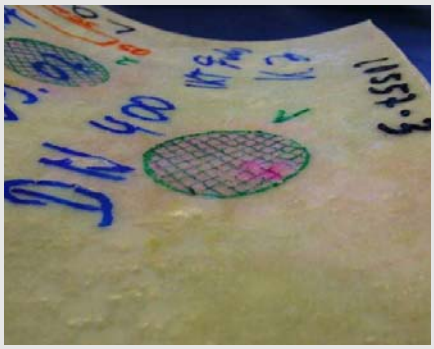
2. Auffälligkeiten an der Linerinnenwand

d) Blasen

Beschreibung:

Blasenbildung im Bereich der Innenbeschichtung in unterschiedlicher Form, Größe, Lage und Dichte; z. T. deutlich ausgeprägt (vgl. Bild l. o. und Bild r. o.); aber auch: feine Blasenbildung, die z. T. nur an Probekörpern im Labor erkennbar sind (vgl. Bild l. u. und Bild r. u.); i. d. R. bei der Bauabnahme schon vorhanden





©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

2. Auffälligkeiten an der Linerinnenwand

e) Ablösungen von Wandungsteilen

Beschreibung:

Ablösungen von Glasfaserschichten aus der Linerwand, i. d. R. im Sohlbereich (vgl. Bild l. o., Bild l. u. und Bild r. u.) und z. T. im Kämpferbereich (vgl. Bild r. o.) beobachtet; nur bei in Betrieb befindlichen Linern vorgefunden (z. B. im Rahmen von Gewährleistungsabnahmen)

©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

3. Offensichtliche Undichtigkeiten

a) Infiltrationen durch die Linerwand

Beschreibung:

Eindringendes Wasser durch die Linerwandung, mit unterschiedlicher Ausprägung, wie z. B. eine Tropfenbildung an der Linerinnenwand (Fallbeispiel: Vermutete Undichtigkeit infolge eines Haarrisses im Labor nachgewiesen, vgl. Bild l. o., vgl. Bild r. o. und Bild l. u.); aber auch Infiltrationen mit deutlich erkennbaren Wasserstrahl sind möglich (vgl. Bild r. u. – braune Ablagerungen als deutliches Anzeichen für massive Undichtigkeiten)

Ansicht TV-Inspektion, Feuchtigkeit

Ansicht Linerprobe, Außenseite

Haarriss, Detailansicht Probe

3. Offensichtliche Undichtigkeiten

b) Fehlfräsungen

Beschreibung:

Altrohr kommt hinter falsch eingemessenen, gefrästen Bereichen zum Vorschein; bei anstehendem Grundwasser sind Infiltrationen möglich (vgl. Bild l. o. und Bild r. o.); tritt in der Praxis selten auf, laut Aussagen ausführender Fachfirmen aber nicht immer zu vermeiden; i. d. R. treten Fehlfräsungen vereinzelt auf, aber auch Extrembeispiele sind dokumentiert (vgl. Bild l. u. und Bild r. u.)

Detail

©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

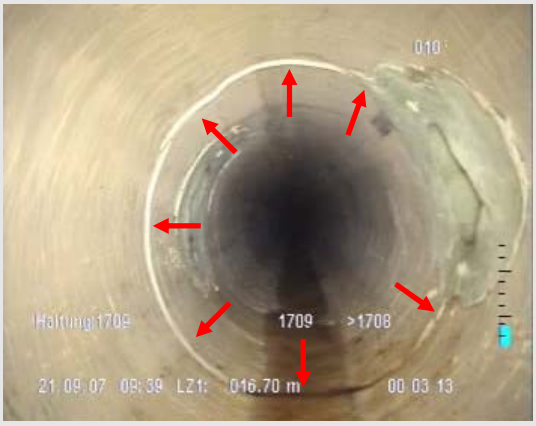
3. Offensichtliche Undichtigkeiten

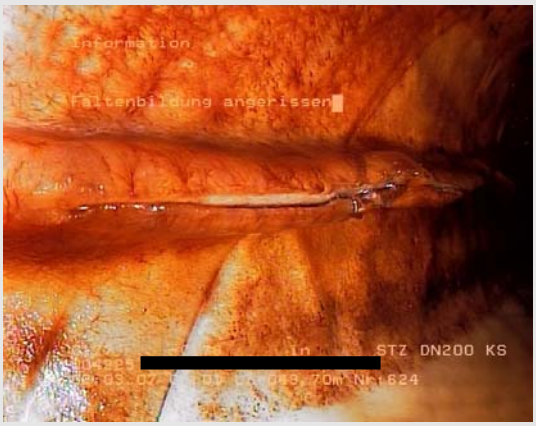
c) Linerrisse

Beschreibung:

Fall 1: In Umfangsrichtung verlaufender Riss, Altrohr sichtbar (vgl. Bild l. o. und Bild r. o.)

Fall 2: Lokal auftretende Risse, in Längs- und Querrichtung möglich (vgl. Bild l. u. und Bild r. u.)





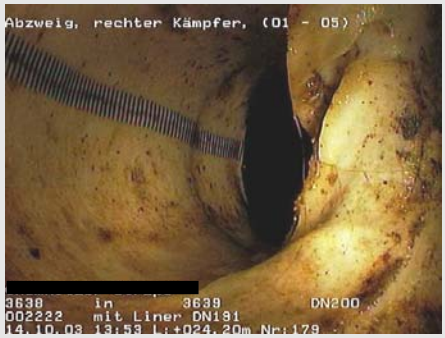
©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

4. Lineranbindungen

a) Auffällige seitliche Zuläufe

Beschreibung:

Auffälligkeiten an seitlichen Zuläufen treten in unterschiedlichen Erscheinungen auf, wie z. B. Rückstände von Verpressharz als einragendes Hindernis in den Kanal (vgl. Bild l. o.), deutlich erkennbare Faltenbildungen im Anschlusskanal (vgl. Bild r. o.), Fehlfräsungen in unmittelbarer Nähe zum seitlichen Zulauf (vgl. Bild l. u.), fehlende Hutprofile bzw. Anbindungen mittels Verpresstechnik (vgl. Bild r. u.)

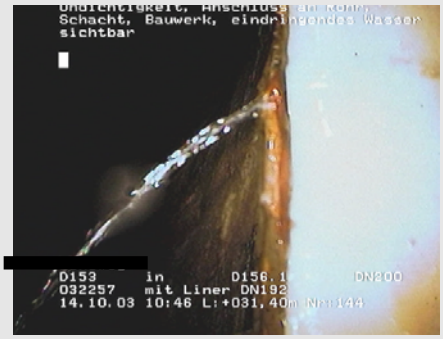


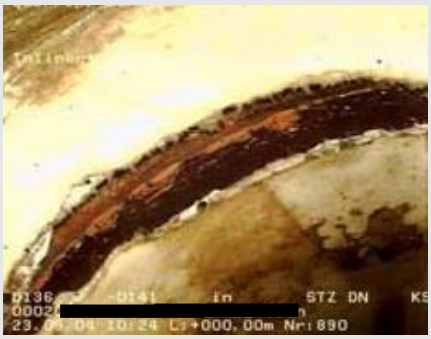
4. Lineranbindungen

b) Undichte Schachtanbindungen

Beschreibung:

Auffälligkeiten treten in unterschiedlichen Erscheinungen auf, wie z. B. Infiltrationen infolge Linerhinterläufigkeiten (vgl. Bild l. o.), Risse im Anbindungsbereich sowohl in Querrichtung (vgl. Bild r. o.) als auch in Längsrichtung, Ablösungen der Anbindungen vom Altrohr (vgl. Bild l. u.) und Ablösungen des Liners (vgl. Bild r. u.); i. d. R. nur bei in Betrieb befindlichen Linern vorgefunden (z. B. im Rahmen von Gewährleistungsabnahmen)





©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

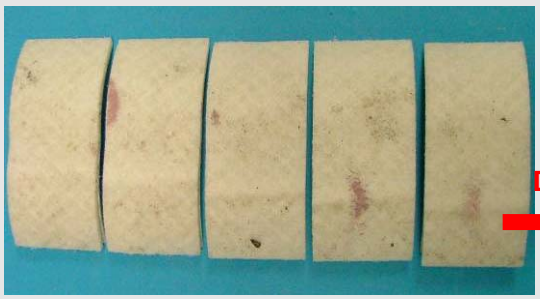
5. Unzureichende Tränkungen

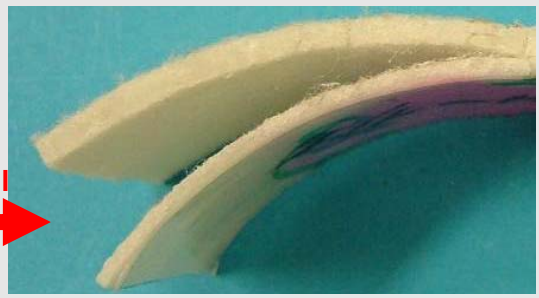
a) Unzureichend imprägnierte Fasern

Beschreibung:

Fall 1: GFK-Liner: Bei glasfasergetragenen Systemen können unzureichend imprägnierte Fasern im Rahmen von optischen Kanalinspektionen erkennbar sein (vgl. Bild l. o., Detail vgl. Bild r. o.), ein weiteres Indiz für unzureichend getränkte Fasern ist eine hell schimmernde Verfärbung der Linerinnenwand, die von der üblichen Farbe eines ausgehärteten Liners abweicht; häufig nur unter Laborbedingungen erkennbar

Fall 2: NF-Liner: Bei Schlauchlinersystemen mit einem Trägermaterial bestehend aus Nadelfilz sind unzureichend getränkte Abschnitte im Rahmen von Kanalinspektionen kaum zu erkennen, da aufgrund der vorhandenen Innenbeschichtungen und eingeschränkter Lichtverhältnisse das Laminat nahezu nicht sichtbar ist; bei Probekörpern im Labor ist eine mangelnde Imprägnierung deutlich im Wandaufbau und auf der Linerrückseite (z. B. nach dem Entfernen des Preliners) zu erkennen (vgl. Bild l. u. und Bild r. u.)





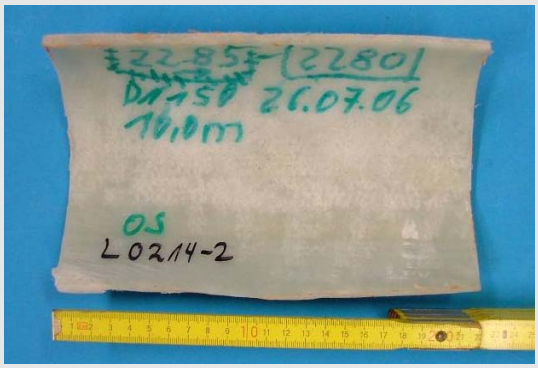
©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

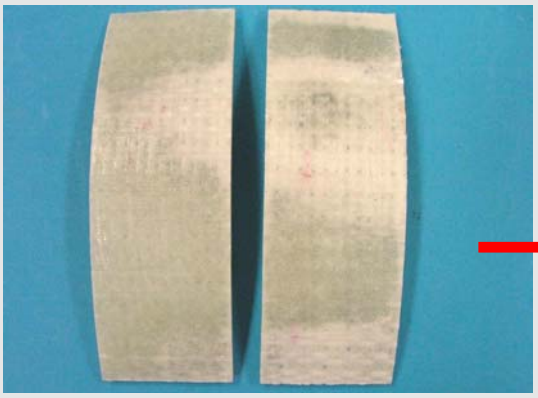
6. Unzureichende Aushärtung

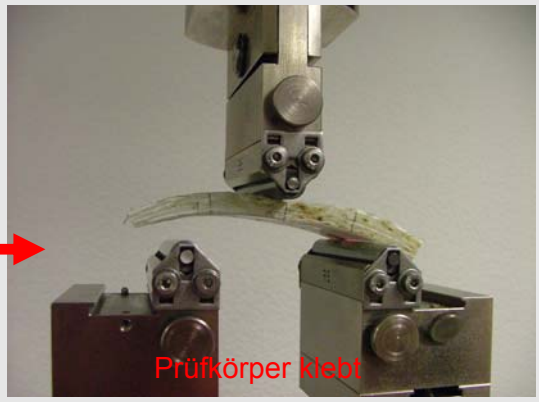
a) Farbänderungen an der Linerwand

Beschreibung:

Unzureichend ausgehärtete Linerabschnitte sind im Rahmen von Kanalinspektionen kaum erkennbar; ein Indiz für diese Auffälligkeit kann – unabhängig vom System – eine farbliche Veränderung der Linerinnenwand sein (vgl. unzureichende Tränkungen); bei UP-Harz getränkten Systemen kann darüber hinaus vorhandener Styrolgeruch ein Anzeichen für Aushärtungsdefizite sein; bei Probekörpern im Labor sind die farblichen Abweichungen deutlicher zu erkennen (vgl. Bild l. o., Bild r. o. und Bild l. u.); nicht vollständig ausgehärtete Liner zeichnen sich durch ein vom Standard (NF o. GFK) abweichendes Bruchverhalten bei Belastung im 3-Punkt-Biegeversuch aus (vgl. Bild r. u.)







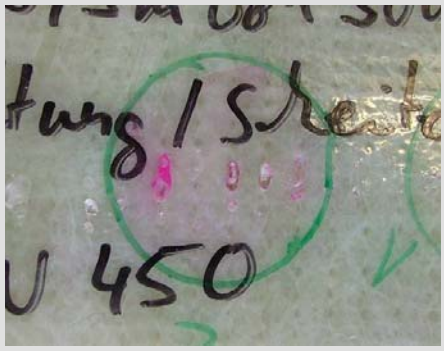
©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

7. Auffällige Wandaufbauten

a) Lufteinschlüsse

Beschreibung:

Lufteinschlüsse (Lunker, Poren und Hohlräume) im Liner, die in unterschiedlicher Form, Größe, Lage und Dichte sowohl auf der Linerinnenseite (vgl. Bild l. o., Bild r. o. und Bild l. u.), der Lineraußenseite und im Wandaufbau (vgl. Bild r. u.) zum Vorschein kommen; im Kanal kaum erkennbar, jedoch unter Laborbedingungen bei entsprechender Größe deutlich sichtbar

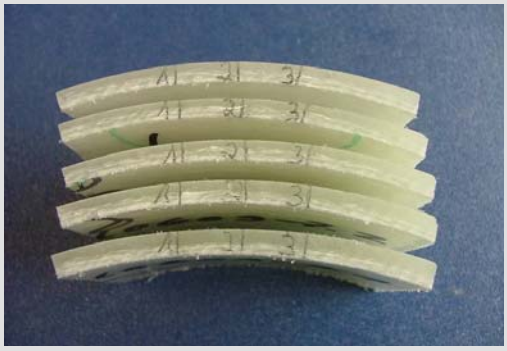


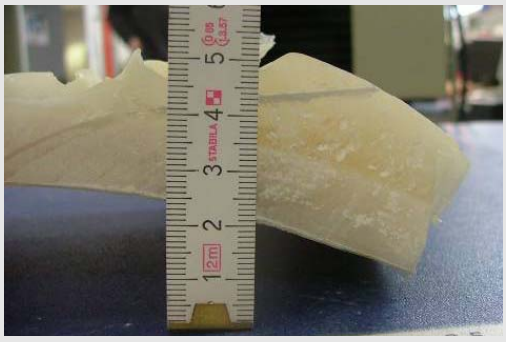
7. Auffällige Wandaufbauten

b) Reinharzschichten und lokaler Harzüberschuss

Beschreibung:

1. Extrem ausgeprägte, durchgängige Reinharzschichten auf der Linerrückseite (vgl. Bild l. o. und Bild r. o.); bei GFK-Linern zählt diese Schicht nicht zur statisch tragenden Wanddicke
2. Lokaler Harzüberschuss auf der Linerrückseite (vgl. Bild l. u. und Bild r. u.)





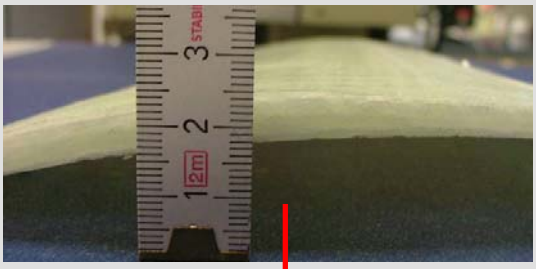
©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

7. Auffällige Wandaufbauten

c) Unregelmäßiger Wandaufbau

Beschreibung:

Schwankungen der Wanddicke eines Querschnitts in Längs- und/oder Umfangsrichtung von z. T. deutlich über 50 % (vgl. Bild l. o. und Bild l. u.); Wechselnde Anzahl der Filzlagen in Teilbereichen einer Probekörperserie (vgl. Bild r. o. und Bild r. u.)



©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

Anhang 2:
Aktuelle Baumaßnahmen

Dokumentationen und Prüfergebnisse der Abnahme

©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

Baumaßnahme 1

Sanierungssystem, Altrohr, Beprobungsumfang

Tab. A2.1: Kenndaten

Liner Nr.	Hersteller	Trägermaterial und Harztyp	Einbau-verfahren	Baufirma	Einbau-zeitpunkt	Altrohr	Beprobungs-umfang
1 (01)	Branden-burger Liner GMBH & Co. KG	GFK / UP-Harz	Einzug / UV-Licht Härtung	KS - Kanalsanie-rung Friedrich	Jan. 2008	Beton, DN 300	1 x Schacht (Schale) *1 1 x Haltung (Ring) *2
2 (02)	Branden-burger Liner GMBH & Co. KG	GFK / UP-Harz	Einzug / UV-Licht Härtung	KS - Kanalsanie-rung Friedrich	Jan. 2008	Beton, DN 300	1 x Schacht (Schale) *1 2 x Haltung (Ring) *2*4

*1 Schale = Probekörper ca. DIN A4 groß

*2 Ring = Linerabschnitt von ca. 0,6 m Länge

Baumaßnahme und Probenentnahmestellen

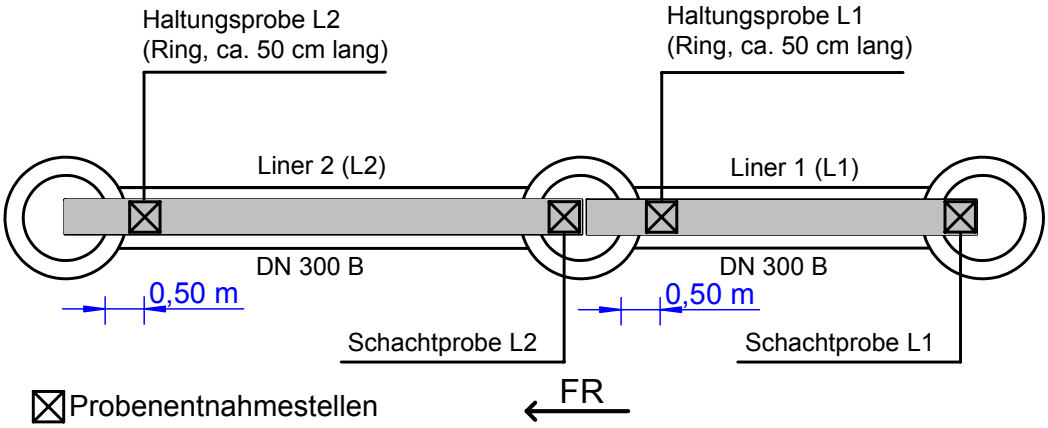


Abb. A2.1: Haltungsskizze und Entnahmestellen der Baustellenproben

©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

Baustellendokumentation und Probenentnahme

a) Trennschleifer mit Halteverlängerung zur Entnahme von Haltungsproben

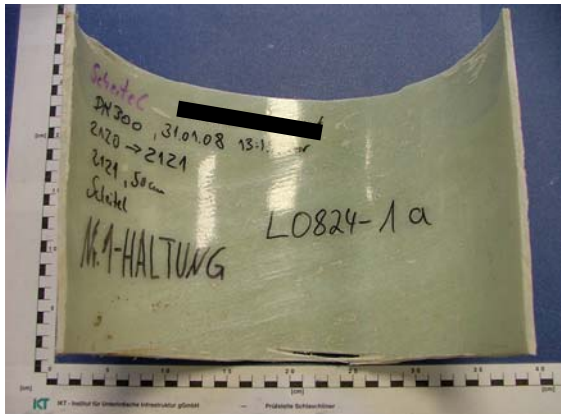
b) Trennschleifer ohne Halteverlängerung zur Entnahme von Haltungsproben

c) Entnahme einer Haltungsprobe händisch aus dem Schachtbereich

d) Bergung einer Haltungsprobe

Abb. A2.2: Entnahme von Haltungsproben

a) Innenmanschette zur Reparatur



b) Probekörper im Labor

Abb. A2.3: Reparatur der Entnahmestellen und Darstellung einer Baustellenprobe

©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

Laborprüfungen und Ergebnisse

Tab. A2.2: Ergebnisse der Laborprüfungen *[3]

Probenbezeichnung	Dichtheit nach APS-Prüfrichtlinie	E-Modul Kurzzeit [MPa]	Biegespannung Kurzzeit [MPa]	Wanddicke [mm]
Sollwerte	**dicht**	**9.500**	**220**	**2,45**
Haltungsprobe L1, Sohle $_{t=0d}$	**dicht**	**12.510**	**250,92**	**4,78**
Haltungsprobe L1, Sohle $_{t=28d}$	**entfällt**	**13.246**	**266,72**	**4,68**
Haltungsprobe L1, Scheitel $_{t=0d}$	**dicht**	**13.258**	**286,12**	**4,64**
Haltungsprobe L1, Scheitel $_{t=28d}$	**entfällt**	**11.607**	**255,04**	**5,10**
Schachtprobe L1 $_{t=0d}$	**dicht**	**13.823**	**350.88**	**4,47**
Haltungsprobe L2, Sohle $_{t=0d}$	**dicht**	**11.950**	**156,45**	**4,40**
Haltungsprobe L2, Sohle $_{t=28d}$	**entfällt**	**12.117**	**236,53**	**4,87**
Haltungsprobe L2, Scheitel $_{t=0d}$	**dicht**	**15.177**	**298,85**	**4,57**
Haltungsprobe L2, Scheitel $_{t=28d}$	**entfällt**	**12.471**	**224,10**	**4,86**
Schachtprobe L2 $_{t=0d}$	**dicht**	**15.655**	**329,44**	**4,03**

*[3] Die Prüfungen wurden unmittelbar nach Wareneingang (t=0d) und nach ca. einem Monat (t=28d) zeitversetzt durchgeführt.

Ergebnisse der Wiederholungsprüfung (zu Haltungsprobe L2, Sohle)

Tab. A2.3: Ergebnisse der Wiederholungsprüfungen *[4]

Probenbezeichnung	Dichtheit nach APS-Prüfrichtlinie	E-Modul Kurzzeit [MPa]	Biegespannung Kurzzeit [MPa]	Wanddicke [mm]
Sollwerte	**dicht**	**9.500**	**220**	**2,45**
Haltungsprobe W-L2, Sohle $_{t=0d}$	**dicht**	**13.499**	**293,69**	**4,68**
Haltungsprobe W-L2, Scheitel $_{t=0d}$	**dicht**	**14.098**	**246,77**	**4,09**

*[4] Aus dem Bereich von Haltungsprobe L2 wurden zwei weitere Proben (Sohle und Scheitel aus einem Querschnitt) entnommen und erneut die Dichtheit und mechanischen Kennwerte überprüft, da die Biegespannung bei der ersten Prüfung den geforderten Sollwert nicht erfüllte.

©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

Baumaßnahme 2

Sanierungssystem, Altrohr, Beprobungsumfang

Tab. A2.4: Kenndaten

Liner Nr.	Hersteller	Trägermaterial und Harztyp	Einbau-verfahren	Baufirma	Einbau-zeitpunkt	Altrohr	Beprobungs-umfang
1 (03)	Branden-burger Liner GMBH & Co. KG	GFK / UP-Harz	Einzug / UV-Licht Härtung	Branden-burger Kanalsanie-rung	Feb. 2008	Beton, DN 250	1 x Schacht (Schale) *1 1 x Haltung (Ring) *2
2 (04)	Branden-burger Liner GMBH & Co. KG	GFK / UP-Harz	Einzug / UV-Licht Härtung	Branden-burger Kanalsanie-rung	Feb. 2008	Beton, DN 300	1 x Haltung (Ring) *2
3 (05)	Branden-burger Liner GMBH & Co. KG	GFK / UP-Harz	Einzug / UV-Licht Härtung	Branden-burger Kanalsanie-rung	Jan. 2008	Beton, DN 400	1 x Schacht (Schale) *1 1 x Haltung (Ring) *2

*1 Schale = Probekörper ca. DIN A4 groß

*2 Ring = Linerabschnitt von ca. 0,6 m Länge

Baumaßnahme und Probenentnahmestellen

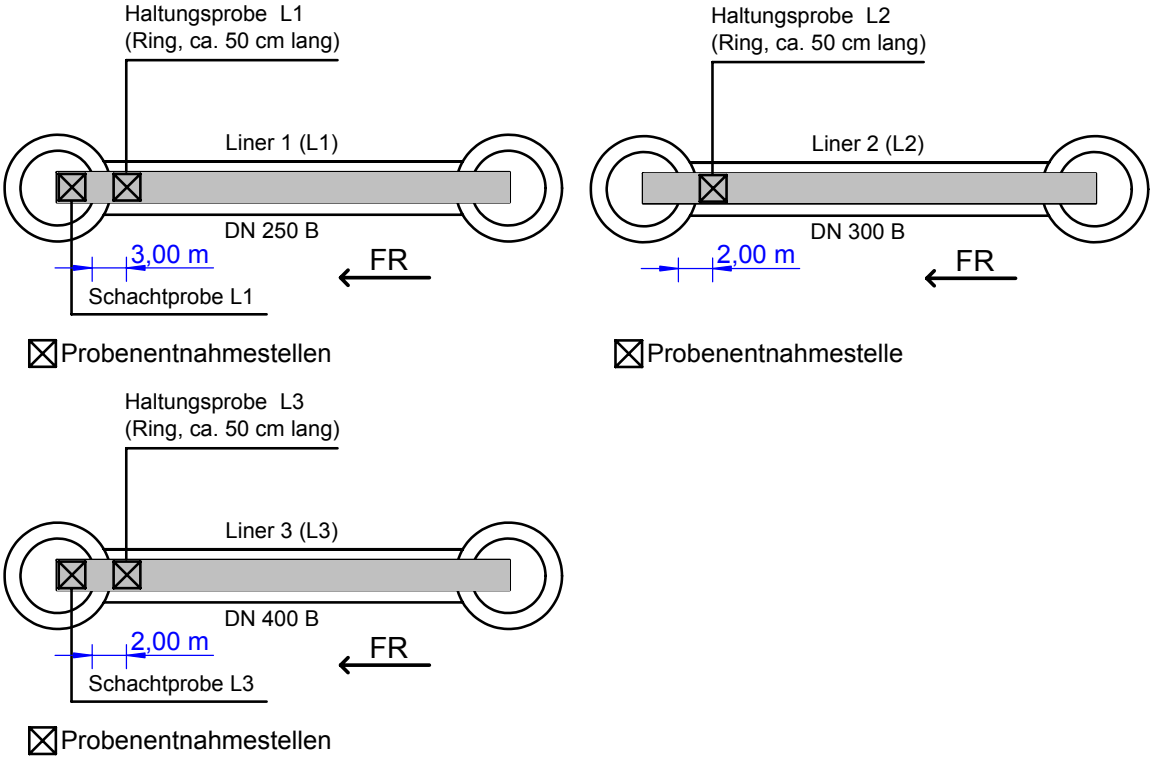


Abb. A2.4: Haltungsskizzen und Entnahmestellen der Baustellenproben

©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

Baustellendokumentation und Probenentnahme

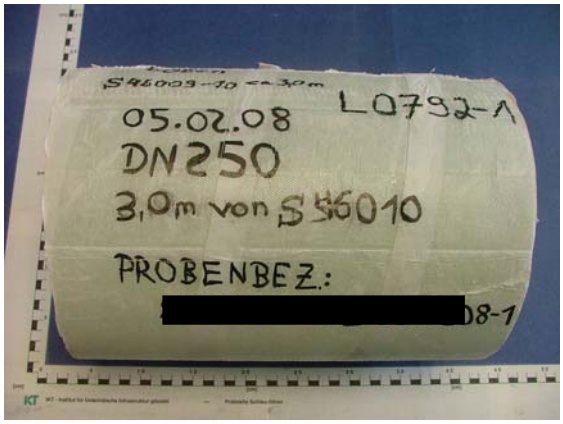
a) Vorbereitungen zur Probenentnahme, Einlass des Fräsroboters in den Schacht

b) Fräsroboter, Detailansicht

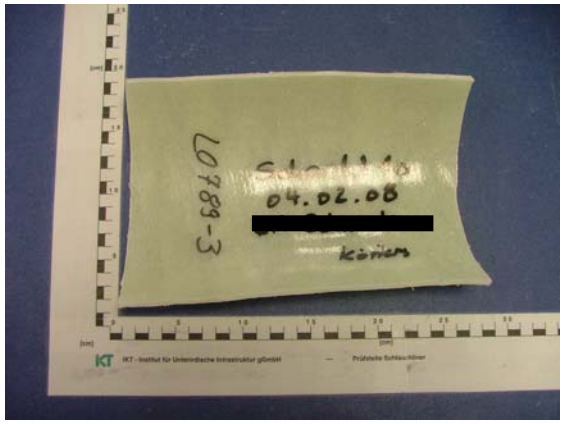
c) Fräsarbeiten zur Probenentnahme, Ansicht von der Straßenoberfläche

d) Entnahme des Probekörpers nach erfolgter Fräsung mit dem Roboter

Abb. A2.5: Entnahme der Haltungsproben



a) Haltungsprobe L1, Kreisring



b) Schachtprobe L1, Schale

Abb. A2.6: Darstellung der Baustellenproben, Wareneingang im Labor

©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

Laborprüfungen und Ergebnisse

Tab. A2.5: Ergebnisse der Laborprüfungen *3

Probenbezeichnung	Dichtheit nach APS-Prüfrichtlinie	E-Modul Kurzzeit [MPa]	Biegespannung Kurzzeit [MPa]	Wanddicke [mm]
Sollwerte	dicht	9.500	220	3,5 (DN 250) *4 3,5 (DN 300) *5 4,2 (DN 400) *6
Haltungsprobe L1, Sohle t=0d	dicht	12.013	221,26	4,15 *4
Haltungsprobe L1, Sohle t=28d	entfällt	13.525	235,12	4,00 *4
Haltungsprobe L1, Scheitel t=0d	dicht	12.258	245,40	4,19 *4
Haltungsprobe L1, Scheitel t=28d	entfällt	11.219	225,23	4,39 *4
Schachtprobe L1 t=0d	dicht	13.112	294,82	3,89 *4
Haltungsprobe L2, Sohle t=0d	dicht	10.722	183,50	4,35 *5
Haltungsprobe L2, Sohle t=28d	entfällt	12.054	202,59	4,24 *5
Haltungsprobe L2, Scheitel t=0d	dicht	12.491	225,69	4,19 *5
Haltungsprobe L2, Scheitel t=28d	entfällt	13.142	229,72	4,04 *5
Schachtprobe L2 t=0d	keine Schachtprobe entnommen			
Haltungsprobe L3, Sohle t=0d	dicht	10.128	125,13	6,04 *6
Haltungsprobe L3, Sohle t=28d	entfällt	11.731	169,89	6,04 *6
Haltungsprobe L3, Scheitel t=0d	dicht	11.467	142,89	5,92 *6
Haltungsprobe L3, Scheitel t=28d	entfällt	11.798	172,43	5,90 *6
Schachtprobe L3 t=0d	dicht	13.113	196,24	5,56 *6

*3 Die Prüfungen wurden unmittelbar nach Wareneingang (t=0d) und nach ca. einem Monat (t=28d) zeitversetzt durchgeführt.

*4 Sollwert Wanddicke = 3,5 mm (DN 250)

*5 Sollwert Wanddicke = 3,5 mm (DN 300)

*6 Sollwert Wanddicke = 4,2 mm (DN 400)

©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

Baumaßnahme 3

Sanierungssystem, Altrohr, Beprobungsumfang

Tab. A2.6: Kenndaten

Liner Nr.	Hersteller	Trägermaterial und Harztyp	Einbau-verfahren	Baufirma	Einbau-zeitpunkt	Altrohr	Beprobungs-umfang
1 (06)	Branden-burger Liner GMBH & Co. KG	GFK / UP-Harz	Einzug / UV-Licht Härtung	Branden-burger Kanalsa-nierung	Feb. 2008	Beton, DN 300 DN 400 *1	2 x Haltung (Ring) *2

*1 Dimensionswechsel in der Kanalhaltung, siehe Skizze

*2 Ring = Linerabschnitt von ca. 0,6 m Länge

Baumaßnahme und Probenentnahmestellen

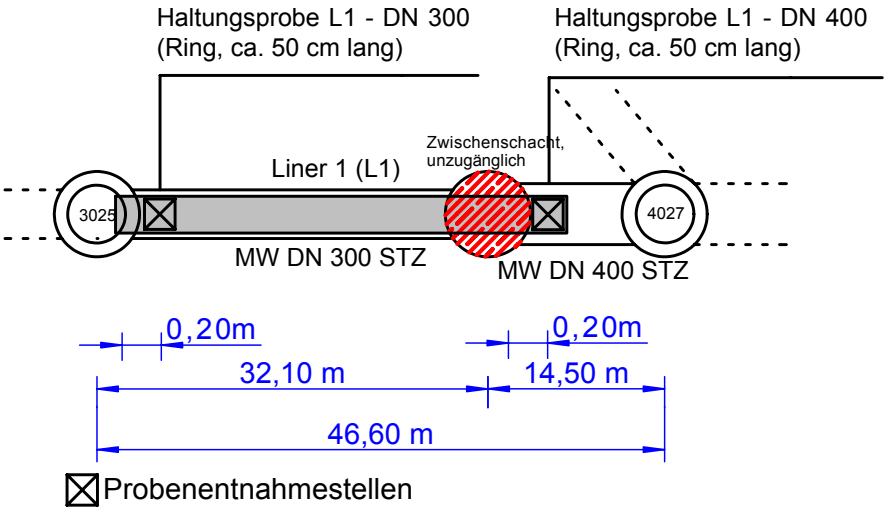


Abb. A2.7: Haltungsskizze und Entnahmestellen der Baustellenproben

Anmerkung:

Der Schlauchliner wurde von Schacht 3025 bis zum Zwischenschacht eingebaut (DN 300). Da der Zwischenschacht unzugänglich ist, wurde der Liner bis zum Schacht 4027 eingezogen und auf ca. 1 m Länge hinter dem Zwischenschacht mit ausgehärtet (Dimensionswechsel auf DN 400). Aus diesem Bereich wurde eine weitere Probe entnommen. Der ausgehärtete Schlauchabschnitt für die Materialprobe sowie der nicht ausgehärtete Abschnitt wurden im Anschluss über Schacht 4027 herausgezogen (vgl. Abb. A2.8 g).

©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

Baustellendokumentation und Probenentnahme

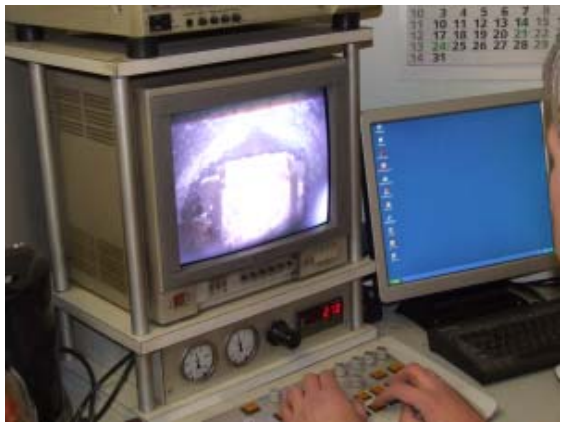
a) Einzug der Schutzfolie

b) Einzug des Schlauchliners

c) Lichterkette für die UV-Härtung

d) Ansicht der Schleuse am Schlauchanfang

e) UV-Härtung des Liners



f) Videodokumentation der Fräsarbeiten

©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

g) Darstellung des (teil-)ausgehärteten Liners (Baustellenprobe)

h) Beschriftung eines Probekörpers

Abb. A2.8: Baustellendokumentation und Probenentnahme

Laborprüfungen und Ergebnisse

Tab. A2.7: Ergebnisse der Laborprüfungen *3

Probenbezeichnung	Dichtheit nach APS-Prüfrichtlinie	E-Modul Kurzzeit [MPa]	Biegespannung Kurzzeit [MPa]	Wanddicke [mm]
Sollwerte	dicht	9.500	220	4,00
Haltungsprobe L1, DN 300, Sohle $_{t=0d}$	dicht	10.098	146,48	4,78
Haltungsprobe L1, DN 300, Sohle $_{t=28d}$	entfällt	8.943	118,91	4,83
Haltungsprobe L1, DN 300, Scheitel $_{t=0d}$	dicht	10.267	158,50	4,74
Haltungsprobe L1, DN 300, Scheitel $_{t=28d}$	entfällt	11.007	146,70	4,53
Haltungsprobe L1 *4, DN 400, Kreisring $_{t=0d}$	dicht	15.237	324,61	4,48
Haltungsprobe L1 *4, DN 400, Kreisring $_{t=28d}$	entfällt	15.229	334,91	4,26

*3 Die Prüfungen wurden unmittelbar nach Wareneingang (t=0d) und nach ca. einem Monat (t=28d) zeitversetzt durchgeführt.
*4 Die Probekörper entstammen aus dem Bereich hinter dem Zwischenschacht (DN 400).

©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

Baumaßnahme 4

Sanierungssystem, Altrohr, Beprobungsumfang

Tab. A2.8: Kenndaten

Liner Nr.	Hersteller	Trägermaterial und Harztyp	Einbau-verfahren	Baufirma	Einbau-zeitpunkt	Altrohr	Beprobungs-umfang
1 (07)	Branden-burger Liner GMBH & Co. KG	GFK / UP-Harz	Einzug / UV-Licht Härtung	Frisch und Faust	März 2008	Beton, DN 400	2 x Schacht (1 x Schale / 1 x Ring) *1*2 1 x Haltung (Schale) *1
2 (08)	Branden-burger Liner GMBH & Co. KG	GFK / UP-Harz	Einzug / UV-Licht Härtung	Frisch und Faust	März 2008	Beton, DN 300	2 x Schacht (Schale) *1*3 1 x Haltung (Schale) *1

*1 Schale = Probekörper mit einer Breite von ca. 30 cm und einer Länge größer als 60 cm

*2 Ring = Linerabschnitt von ca. 0,2 m Länge

*3 Schale = Probekörper ca. DIN A4 groß

Baumaßnahme und Probenentnahmestellen

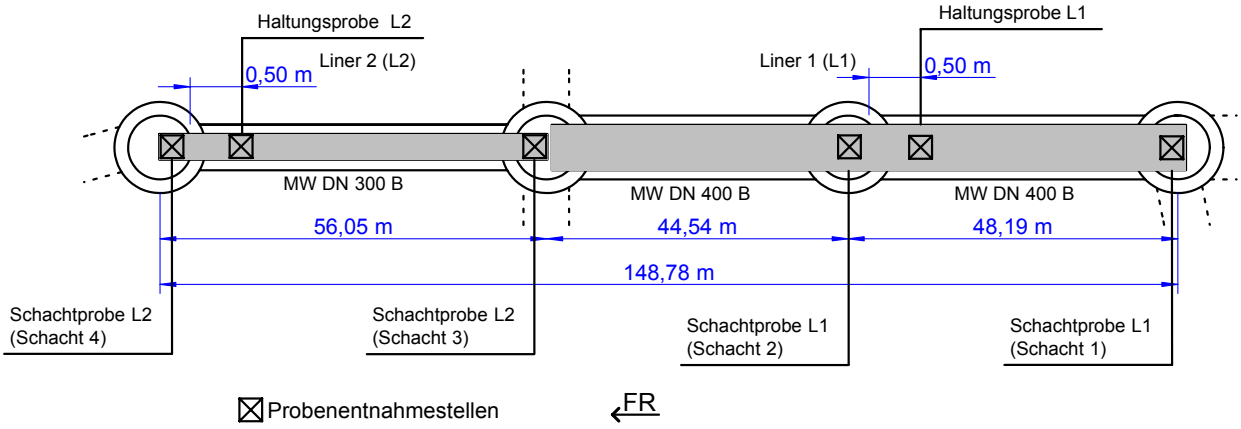


Abb. A2.9: Haltungsskizze und Entnahmestellen der Baustellenproben

©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

Baustellendokumentation und Probenentnahme

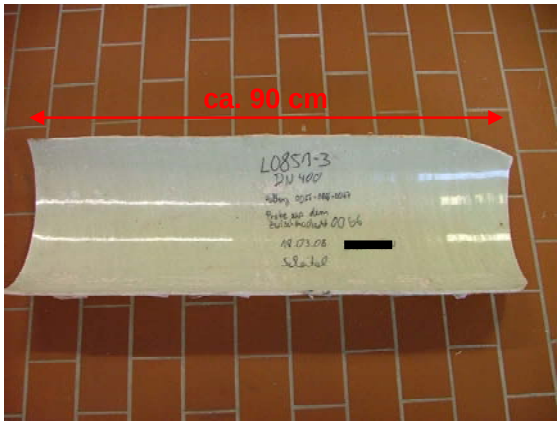
a) Baustelleneinrichtung

b) Einzug des Schlauchliners

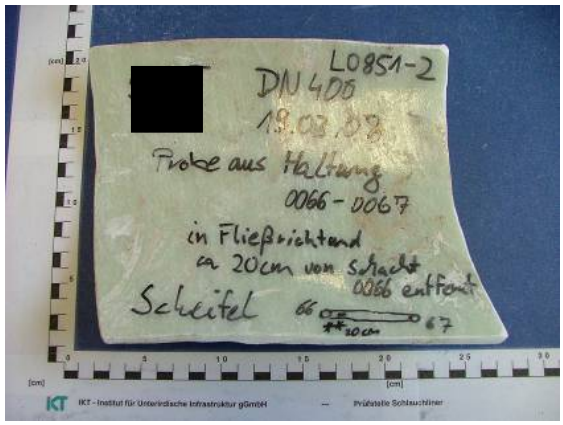
c) Entnahme einer Haltungsprobe, händisch aus dem Schachtbereich

d) Anmischen eines zwei Komponenten Epoxid-Harzes zur Reparatur

Abb. A2.10: Einzug des Schlauchliners, Entnahme einer Haltungsprobe und



a) Schachtprobe L1 (Schacht 2)



b) Haltungsprobe L1

Abb. A2.11: Darstellung der Probekörper, Beispiele

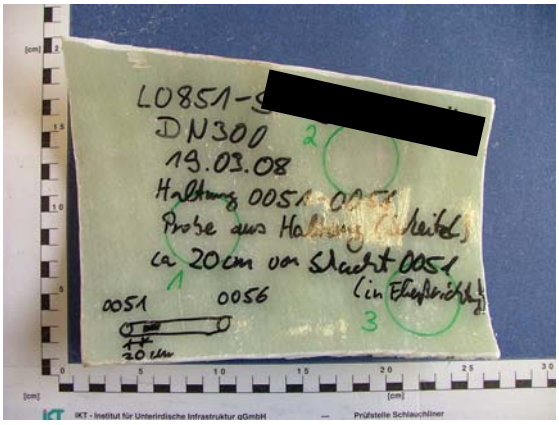
©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

Laborprüfungen und Ergebnisse

Tab. A2.9: Ergebnisse der Laborprüfungen *[3]

Probenbezeichnung	Dichtheit nach APS-Prüfrichtlinie	E-Modul Kurzzeit [MPa]	Biegespannung Kurzzeit [MPa]	Wanddicke [mm]
Sollwerte	**dicht**	**9.500**	**220**	**5,6**
Haltungsprobe L1, Scheitel $_{t=0\,d}$	**dicht**	**15.847**	**342,65**	**5,74**
Schachtprobe L1 (Schacht 1) $_{t=0\,d}$	**entfällt**	**15.809**	**340,56**	**5,60**
Schachtprobe L1 (Schacht 1) $_{t=28\,d}$	**dicht**	**15.161**	**347,86**	**5,58**
Schachtprobe L1 (Schacht 2) $_{t=0\,d}$	**dicht**	**15.052**	**332,32**	**5,62**
Schachtprobe L1 (Schacht 2) $_{t=28\,d}$	**entfällt**	**18.867**	**369,14**	**5,40**
Haltungsprobe L2, Scheitel $_{t=0\,d}$	**undicht**	**13.595**	**303,27**	**4,94**
Schachtprobe L2 (Schacht 3) $_{t=0\,d}$	**dicht**	**14.273**	**271,02**	**4,80**
Schachtprobe L2 (Schacht 3) $_{t=28\,d}$	**entfällt**	**13.222**	**295,51**	**4,86**
Schachtprobe L2 (Schacht 4) $_{t=0\,d}$	**dicht**	**15.058**	**306,25**	**4,83**

*[3] Die Prüfungen wurden unmittelbar nach Wareneingang (t=0d) und nach ca. einem Monat (t=28d) zeitversetzt durchgeführt.



a) Innenseite des Probekörpers

b) Außenseite des Probekörpers

Abb. A2.12: Darstellung des undichten Probekörpers

©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

Baumaßnahme 5

Sanierungssystem, Altrohr, Beprobungsumfang

Tab. A2.10: Kenndaten

Liner Nr.	Hersteller	Trägermaterial und Harztyp	Einbau-verfahren	Baufirma	Einbau-zeitpunkt	Altrohr	Bepro-bungs-umfang
1 (09)	Insituform Rohrsanie-rungstech-niken GmbH	NF / UP-Harz	Inversion / Warmwas-ser Härtung	Insituform Rohrsanie-rungstech-niken GmbH	April 2008	Beton, Ei 400/600	2 x Haltung (Schale) *1

*1 Schale = Probekörper ca. DIN A4 groß

Baumaßnahme und Probenentnahmestelle

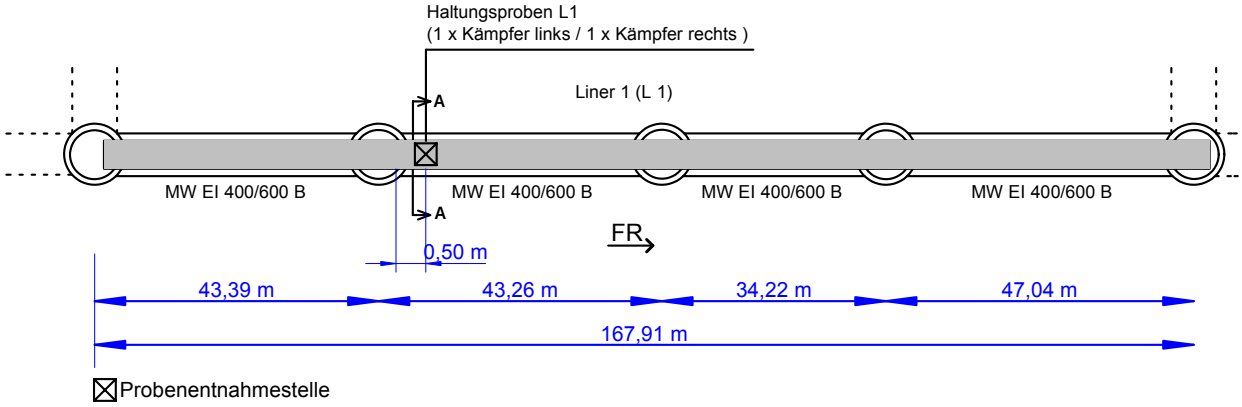


Abb. A2.13: Haltungsskizze und Entnahmestelle der Baustellenproben

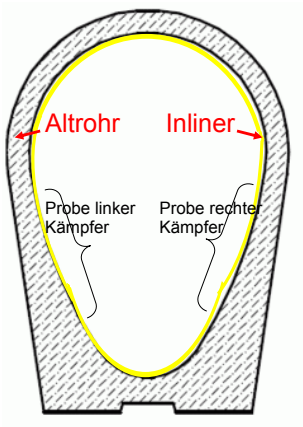


Abb. A2.14: Probenentnahmestelle, Detail A - A

©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

Baustellendokumentation und Probenentnahme

a) Baustelleneinrichtung

b) Inversion des Preliners

c) Gelieferter Schlauch (mit Eis gekühlt)

d) Inversion des Schlauchliners

e) Öffnen des Schlauchliners nach Härtung und Abkühlung

f) Baustellenproben (rechter und linker Kämpfer)

Abb. A2.15: Baustellendokumentation und Probenentnahme

©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

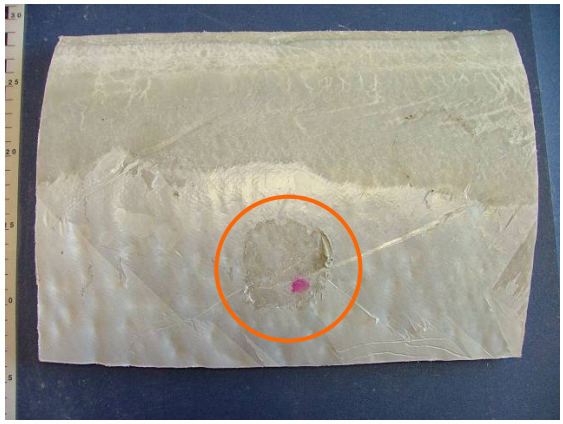
Laborprüfungen und Ergebnisse

Tab. A2.11: Ergebnisse der Laborprüfungen *2

Probenbezeichnung	Dichtheit nach APS-Prüfrichtlinie	E-Modul Kurzzeit [MPa]	Biegespannung Kurzzeit [MPa]	Wanddicke [mm]
Sollwerte	**dicht**	**2.800**	**28,00**	**9,00**
linker Kämpfer $_{t=0d}$	**dicht**	**3.284**	**33,17**	**11,03**
rechter Kämpfer $_{t=28d}$	**undicht**	**3.251**	**31,82**	**10,39**

*2 Die mechanischen Kennwerte wurden zeitversetzt ermittelt, die Dichtheitsprüfungen beider Probekörper wurden zum Zeitpunkt t=0d durchgeführt.

a) Innenseite des Probekörpers



b) Außenseite des Probekörpers

Abb. A2.16: Darstellung des undichten Probekörpers

©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

Baumaßnahme 6

Sanierungssystem, Altrohr, Beprobungsumfang

Tab. A2.12: Kenndaten

Liner Nr.	Hersteller	Trägermaterial und Harztyp	Einbau-verfahren	Baufirma	Einbau-zeitpunkt	Altrohr	Bepro-bungs-umfang
1 (10)	RS Technik AG (CityLiner)	NF / EP-Harz (mobile Trän-kung)	Inversion / Warmwas-ser Härtung	Diringer und Scheidel	April 2008	Beton, DN 500	6 x Haltung (Schale) *1 2 x Schacht (Schale) *1

*1 Schale = Probekörper ca. DIN A4 groß

Baumaßnahme und Probenentnahmestellen

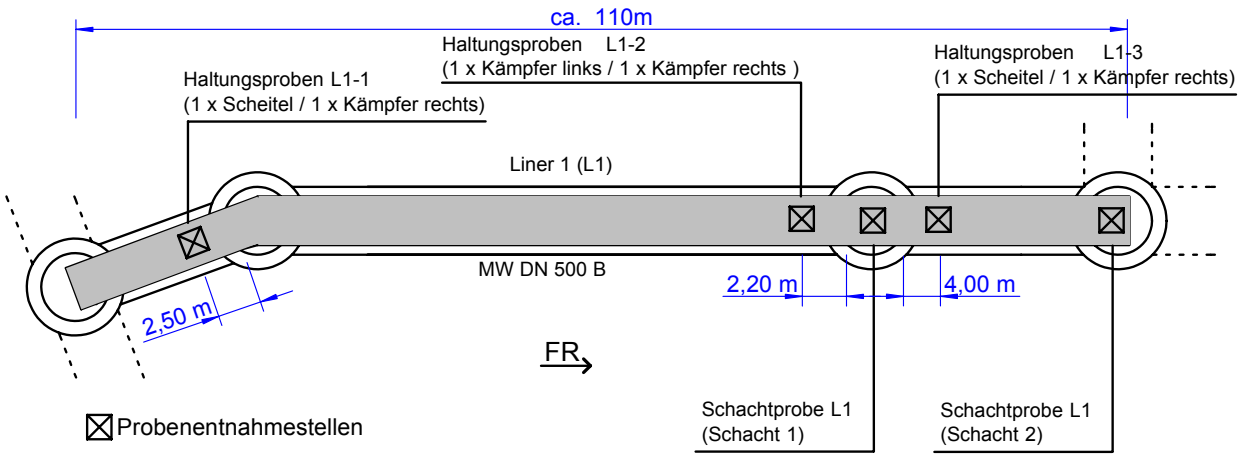


Abb. A2.17: Haltungsskizze und Entnahmestellen der Baustellenproben

Beispielbilder: Baustellendokumentation, Probenentnahme und Laborprüfungen

a) Inversion des Preliners

b) Vorbereitungen für eine Schachtprobe, Jeanskappe und Stützrohr

©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

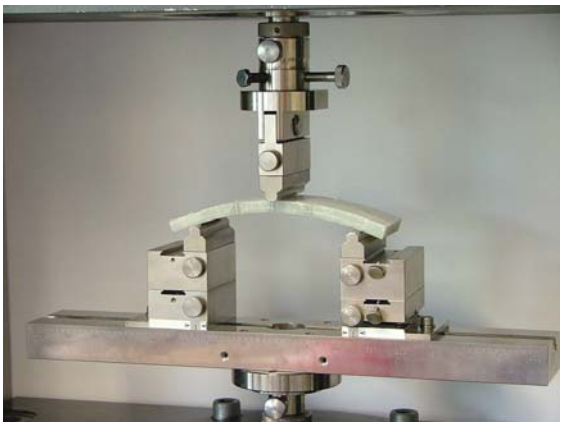
c) Imprägnierung des Liners mit einer mobilen Tränkungsanlage

d) Mobile Heizanlage zur Warmwasser-Härtung des Liners

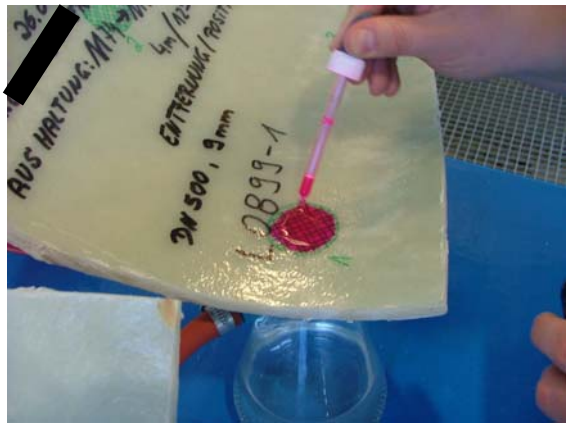
e) Fräsroboter zur Entnahme von Haltungsproben

f) Beschriftung einer Baustellenprobe

Abb. A2.18: Baustellendokumentation und Probenentnahme



a) Drei-Punkt-Biegezugversuch



b) Dichtheitsprüfung nach der APS-Richtlinie

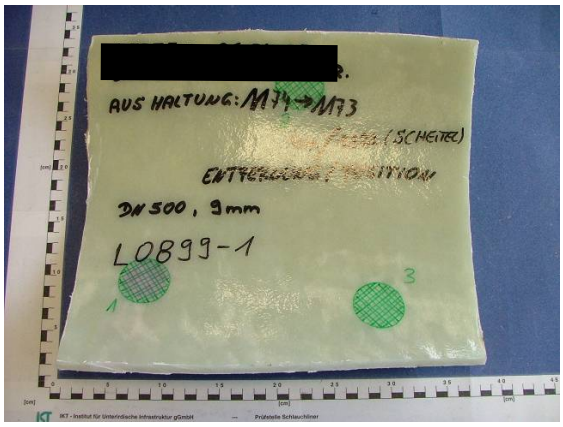
Abb. A2.19: Laborprüfungen

©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

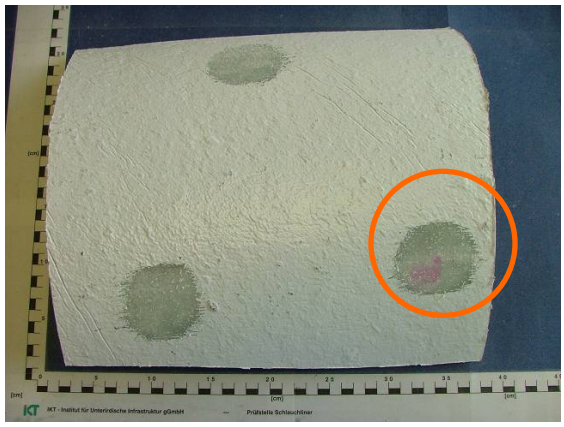
Laborprüfungen und Ergebnisse

Tab. A2.13: Ergebnisse der Laborprüfungen

Probenbezeichnung	Dichtheit nach APS-Prüfrichtlinie	E-Modul Kurzzeit [MPa]	Biegespannung Kurzzeit [MPa]	Wanddicke [mm]
Sollwerte	**dicht**	**2.400**	**55,00**	**6,00**
Haltungsprobe L1-1, Scheitel $_{t=0d}$	**dicht**	**2.433**	**68,79**	**9,85**
Haltungsprobe L1-1, r. Kämpfer $_{t=0d}$	**dicht**	**2.591**	**76,02**	**9,73**
Haltungsprobe L1-2, l. Kämpfer $_{t=0d}$	**dicht**	**2.456**	**66,26**	**9,71**
Haltungsprobe L1-2, r. Kämpfer $_{t=0d}$	**dicht**	**2.403**	**66,53**	**9,28**
Schachtprobe L1, (Schacht 1) $_{t=0d}$	**dicht**	**2.140**	**59,49**	**9,78**
Haltungsprobe L1-3, Scheitel $_{t=0d}$	**undicht**	**1.839**	**46,17**	**9,76**
Haltungsprobe L1-3, r. Kämpfer $_{t=0d}$	**dicht**	**2.641**	**78,17**	**9,72**
Schachtprobe L1, (Schacht 2) $_{t=0d}$	**dicht**	**2.491**	**67,84**	**9,78**



a) Innenseite des Probekörpers



b) Außenseite des Probekörpers

Abb. A2.20: Darstellung des undichten Probekörpers

©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

Baumaßnahme 7

Sanierungssystem, Altrohr, Beprobungsumfang

Tab. A2.14: Kenndaten

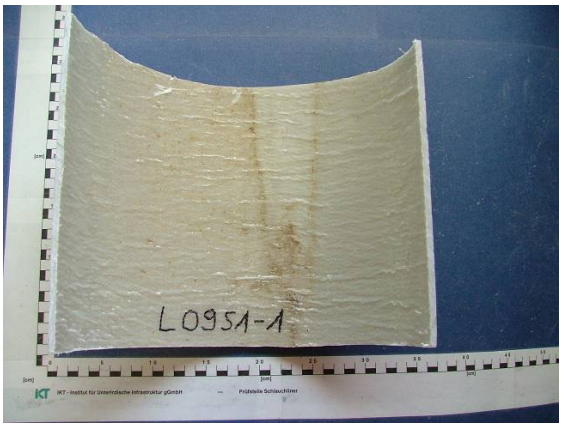
Liner Nr.	Hersteller	Trägermaterial und Harztyp	Einbau-verfahren	Baufirma	Einbau-zeitpunkt	Altrohr	Beprobungs-umfang
1 (11)	NordiTube Technolo-gies AB (UniLiner)	NF / UP-Harz	Inversion / Warmwas-ser Härtung	Rainer Kiel	Mai 2008	DN 250	1 x Schacht (Ring) *1
2 (12)	NordiTube Technolo-gies AB (UniLiner)	NF / UP-Harz	Inversion / Warmwas-ser Härtung	Rainer Kiel	Mai 2008	DN 300	1 x Schacht (Schale) *2
3 (13)	NordiTube Technolo-gies AB (UniLiner)	NF / UP-Harz	Inversion / Warmwas-ser Härtung	Rainer Kiel	Juni 2008	DN 250	1 x Schacht (Ring) *1
4 (14)	NordiTube Technolo-gies AB (UniLiner)	NF / UP-Harz	Inversion / Warmwas-ser Härtung	Rainer Kiel	Juni 2008	DN 250	1 x Schacht (Ring) *1

k. A. = keine Angabe

*1 Ring = Linerabschnitt von ca. 0,4 m Länge

*2 Schale = Probekörper ca. DIN A4 groß

Baustellenproben und Laborprüfungen



a) Schachtprobe Liner 2 (Schale ca. DIN A4 groß)

b) Schachtprobe Liner 3 (Linerabschnitt von ca. 40 cm Länge mit Schalungskörper)

Abb. A2.21: Darstellung der Baustellenproben, Beispiele

©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

a) Probekörper im Scheiteldruckversuch, Ansicht bei Belastungsbeginn

b) Probekörper im Scheiteldruckversuch, Ansicht nach dem Versagen

Abb. A2.22: Scheiteldruckversuch

Laborprüfungen und Ergebnisse

Tab. A2.15: Ergebnisse der Laborprüfungen

Probenbezeichnung	Dichtheit nach APS-Prüfrichtlinie	E-Modul Kurzzeit [MPa]	Biegespannung Kurzzeit [MPa]	Wanddicke [mm]
Sollwerte	dicht	3.000 (DN 300) 3.500 (DN 250)	44,00	6,50
Schachtprobe L1 *3, DN 250 t=0d	undicht	5.317	45,49	4,65
Schachtprobe L2, DN 300 t=0d	dicht	4.409	51,37	4,92
Schachtprobe L3 *3, DN 250 t=0d	undicht	6.922	48,02	4,61
Schachtprobe L4 *3, DN 250 t=0d	undicht	6.365	52,60	4,64

*3 Die mechanischen Kurzzeit-Kennwerte der Schachtproben L1, L3 und L4 wurden durch einen Scheiteldruckversuch in Anlehnung an DIN EN 1228 (E-Modul) bzw. mit der Ringbiegefestigkeitsprüfung in Anlehnung an DWA-M 143-20 ermittelt.

Anmerkung:

Im Rahmen des vorliegenden Forschungsprojektes war eine umfangreiche Haltungsbeprobung bei der Baumaßnahme geplant. Aufgrund der ermittelten Ergebnisse der Schachtproben wurde die Maßnahme vorerst gestoppt, um den Sachverhalt (Sollwertunterschreitungen bei der Dichtheit und der Wanddicke) zu klären. Die Haltungsproben konnten während des Projektzeitraumes nicht mehr entnommen werden.

©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

Baumaßnahme 8

Sanierungssystem, Altrohr, Beprobungsumfang

Tab. A2.16: Kenndaten

Liner Nr.	Hersteller	Trägermaterial und Harztyp	Einbau-verfahren	Baufirma	Einbau-zeitpunkt	Altrohr	Beprobungs-umfang
1 (15)	BKP Ber-olina Poly-ester GmbH & Co. KG	GFK / UP-Harz	Einzug / UV-Licht Härtung	Arkil Inpipe	Juli 2008	Beton, DN 400	1 x Schacht (Schale) *1 1 x Haltung (Schale) *1
2 (16)	BKP Ber-olina Poly-ester GmbH & Co. KG	GFK / UP-Harz	Einzug / UV-Licht Härtung	Arkil Inpipe	Aug. 2008	DN 250	1 x Schacht (Schale) *2 1 x Haltung (Schale) *2

*1 Schale = Probekörper ca. 2 x DIN A4 groß

*2 Schale = Probekörper ca. DIN A4 groß

Baumaßnahme und Probenentnahmestellen

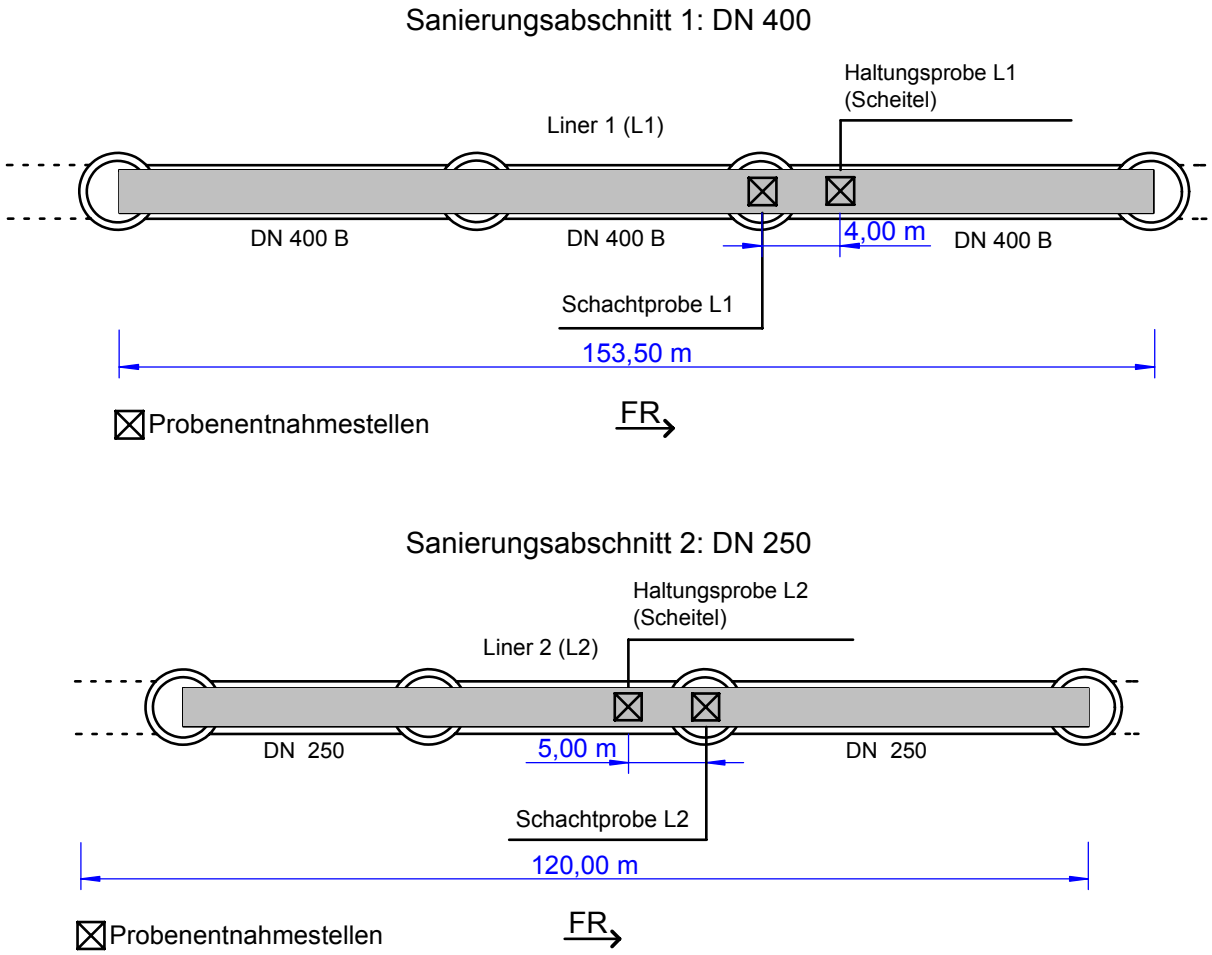


Abb. A2.23: Haltungsskizzen und Entnahmestellen der Baustellenproben

©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

Baustellendokumentation und Probenentnahme

a) Kanalreinigung vor der Sanierung

b) Einziehen des Schlauchliners, Ansicht der Seilwinde

c) Einziehen des Schlauchliners, Ansicht Hebevorrichtung

d) Einziehen des Schlauchliners, Ansicht Startschacht

e) Jeansschlauch zur Stützung des Liners für die Schachtprobe

f) Material aus dem Schacht, Probekörper und Jeansschlauch

©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

g) Entnahme einer Haltungsprobe, Ansicht von der Straßenoberfläche

h) Entnahme einer Haltungsprobe, Fräsroboter im Kanal

Abb. A2.24: Baustellendokumentation und Probenentnahme

Laboruntersuchungen: Prüfungen und Ergebnisse

*Tab. A2. 17: Ergebnisse der Laborprüfungen, Liner 1 *2*

Probenbezeichnung	Dichtheit nach APS-Prüfrichtlinie	E-Modul Kurzzeit [MPa]	Biegespannung Kurzzeit [MPa]	Wanddicke [mm]
Sollwerte	dicht	7.985	170	3,32
Haltungsprobe L1, Scheitel $_{t=0d}$	dicht	13.198	319,35	4,86
Haltungsprobe L1, Scheitel $_{t=28d}$	entfällt	13.545	296,38	5,18
Schachtprobe L1, $_{t=0d}$	dicht	13.352	359.81	5,03
Schachtprobe L1, $_{t= 28d}$	entfällt	13.416	301.22	4,47

*2 Die Prüfungen wurden unmittelbar nach Wareneingang (t=0d) und nach ca. einem Monat (t=28d) zeitversetzt durchgeführt.

Tab. A2. 18: Ergebnisse der Laborprüfungen, Liner 2

Probenbezeichnung	Dichtheit nach APS-Prüfrichtlinie	E-Modul Kurzzeit [MPa]	Biegespannung Kurzzeit [MPa]	Wanddicke [mm]
Sollwerte	dicht	7.985	170	2,07
Haltungsprobe L2, Scheitel $_{t=0d}$	dicht	11.476	236,32	5,35
Schachtprobe L2, $_{t=0d}$	dicht	11.352	228.79	5,31

©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

Baumaßnahme 9

Sanierungssystem, Altrohr, Beprobungsumfang

Tab. A2.19: Kenndaten

Liner Nr.	Hersteller	Trägermaterial und Harztyp	Einbau-verfahren	Baufirma	Einbau-zeitpunkt	Altrohr	Beprobungs-umfang
1 (17)	Insituform Rohrsanie-rungstech-niken GmbH	NF / UP-Harz	Inversion / Warmwas-ser Härtung	Insituform Rohrsanie-rungstech-niken GmbH	April 2008	Beton, DN 500	1 x Schacht (Schale) *1*2 4 x Haltung (Schale) *1*3

*1 Schale = Probekörper ca. DIN A4 groß

*2 Die Schachtprobe wurde durch ein anderes Prüfinstitut untersucht.

*3 Die Haltungsproben wurden ca. 4 Monate nach dem Linereinbau entnommen.

Baumaßnahme und Probenentnahmestellen

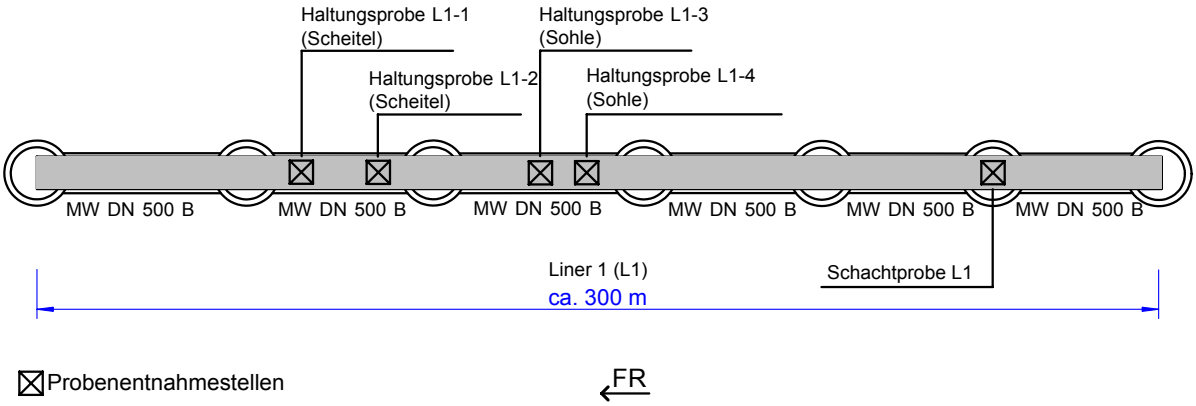


Abb. A2.25: Haltungsskizze und Entnahmestellen der Baustellenproben

©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

Baustellendokumentation und Probenentnahme

a) Baustelleneinrichtung

b) Aufbau des Inversionsturms

c) Inversion des Preliners

d) Inversion des Schlauchliners

Abb. A2.26: Baustellendokumentation

a) Reinigung eines Probekörpers nach Entnahme

b) Fräsroboter zur Vorbereitung der Reparatur einer Entnahmestelle

Abb. A2.27: Baustellendokumentation und Probenentnahme

©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

Laborprüfungen und Ergebnisse

Tab. A2.20: Ergebnisse der Laborprüfungen

Probenbezeichnung	Dichtheit nach APS-Prüfrichtlinie	E-Modul Kurzzeit [MPa]	Biegespannung Kurzzeit [MPa]	Wanddicke [mm]
Sollwerte	**dicht**	**2.800**	**28,00**	**7,20**
Haltungsprobe L1-1, Scheitel $_{t=0d}$	**dicht**	**3.386**	**34.86**	**8,25**
Haltungsprobe L1-2, r. Kämpfer $_{t=0d}$	**undicht**	**3.603**	**37,29**	**7,97**
Haltungsprobe L1-3, l. Kämpfer $_{t=0d}$	**dicht**	**3.772**	**34,96**	**7,52**
Haltungsprobe L1-4, r. Kämpfer $_{t=0d}$	**dicht**	**3.377**	**31,76**	**7,87**
Schachtprobe L1 *[4], (Schacht 1) $_{t=0d}$	**dicht**	**4.359**	**48,1**	**7,67**

*[4] Ermittelt durch ein anderes Prüfinstitut.

a) Innenseite des Probekörpers b) Außenseite des Probekörpers

Abb. A2.28: Darstellung des undichten Probekörpers

©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

Baumaßnahme 10

Sanierungssystem, Altrohr, Beprobungsumfang

Tab. A2.21: Kenndaten

Liner Nr.	Hersteller	Trägermaterial und Harztyp	Einbau-verfahren	Baufirma	Einbau-zeitpunkt	Altrohr	Bepro-bungs-umfang
1 (18)	iMPREG GmbH	GFK / UP-Harz	Einzug / Dampf-Härtung	Stümges Kanaltech-nik	Sep. 2008	Beton DN 450	1 x Schacht (Schale) *1 1 x Haltung (Schale) *1

*1 Schale = Probekörper ca. DIN A4 groß

Baumaßnahme und Probenentnahmestellen

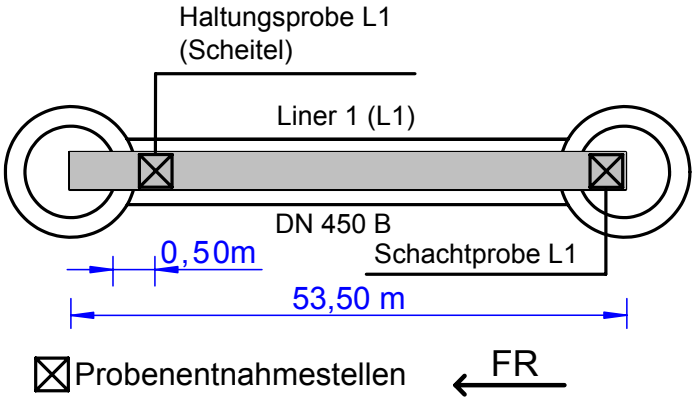


Abb. A2.29: Haltungsskizze und Entnahmestellen der Baustellenproben

Baustellendokumentation und Probenentnahme

a) Gelieferter Schlauchliner

b) Inspektion des Kanals vor dem Einbau mittels TV-Fahrwagenkamera

©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

c) Einzug der Schutzfolie

d) Vorbereiten des Schlauchs zum Einzug

e) Einzug des Schlauchliners

f) Aufstellen des Liners mit Luftdruck

g) Dampf-Härtung des Liners

h) Entnahme der Schachtprobe

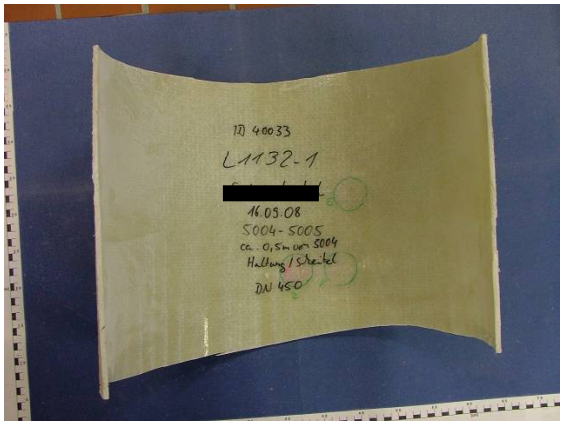
Abb. A2.30: Baustellendokumentation und Probenentnahme

©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

Laborprüfungen und Ergebnisse

Tab. A. 22: Ergebnisse der Laborprüfungen

Probenbezeichnung	Dichtheit nach APS-Prüfrichtlinie	E-Modul Kurzzeit [MPa]	Biegespannung Kurzzeit [MPa]	Wanddicke [mm]
Sollwerte	**dicht**	**9.500**	**180**	**4,00**
Haltungsprobe L1, Scheitel $_{t=0d}$	**undicht**	**12.776**	**307,96**	**4,36**
Schachtprobe L1 $_{t=0d}$	**dicht**	**16.619**	**342,88**	**4,39**



a) Innenseite des Probekörpers

b) Außenseite des Probekörpers

Abb. A2.31: Darstellung des undichten Probekörpers

Wiederholungsprüfung (zu Haltungsprobe L 1)

Tab. A.23: Ergebnisse der Wiederholungsprüfungen *2

Probenbezeichnung	Dichtheit nach APS-Prüfrichtlinie	E-Modul Kurzzeit [MPa]	Biegespannung Kurzzeit [MPa]	Wanddicke [mm]
Sollwerte	**dicht**	**9.500**	**180**	**4,00**
Haltungsprobe W-L1, Scheitel $_{t=0d}$	**dicht**	**entfällt**	**entfällt**	**entfällt**

*2 Aus dem Bereich von Haltungsprobe L1 wurde eine weitere Probe (Schale aus dem Scheitel) entnommen und erneut die Wasserdichtheit geprüft.

©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

Baumaßnahme 11

Sanierungssystem, Altrohr, Beprobungsumfang

Tab. A.24: Kenndaten

Liner Nr.	Hersteller	Trägermaterial und Harztyp	Einbau-verfahren	Baufirma	Einbau-zeitpunkt	Altrohr	Beprobungs-umfang
1 (19)	Insituform Rohrsanie-rungstech-niken GmbH	NF / UP-Harz	Inversion / Warmwas-ser Här-tung	Insituform Rohrsanie-rungstech-niken GmbH	Nov. 2008	Mauer-werk, Ei 1000/1500	2 x Haltung (Schale) *1

*1 Schale = Probekörper ca. 60 x 80 cm bzw. 80 x 80 cm groß, siehe Skizze

Baumaßnahme und Probenentnahmestellen

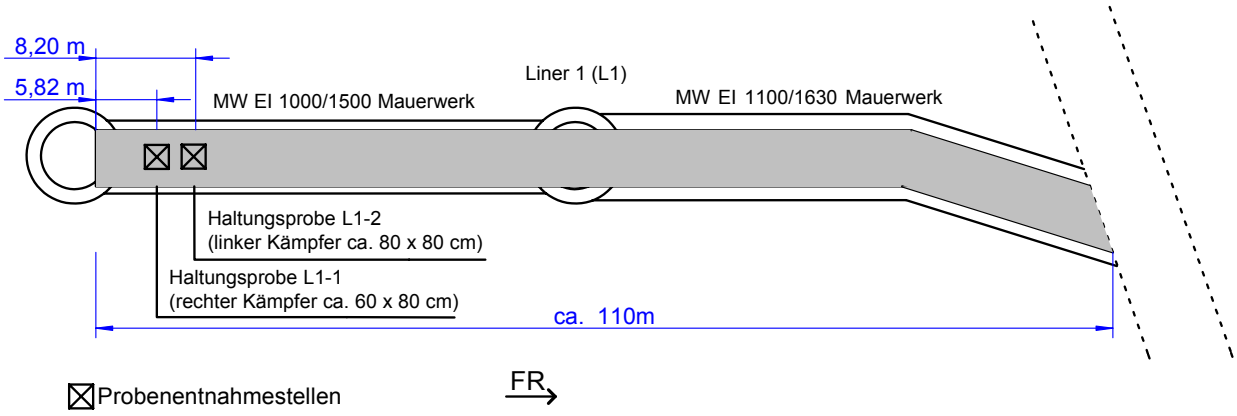


Abb. A2.32: Haltungsskizze und Entnahmestellen der Baustellenproben

©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

Baustellendokumentation und Probenentnahme

a) Anlieferung des Liners

b) Aufgebauter Inversionsturms

c) Inversion des Preliners

d) Preliner im Kanal

e) Anheben des Liners mit einem Kran

f) Inversion des Liners mit Wasserdruck

g) Inversion des Liners, Ansicht Startschacht

h) Inversion des Liners, Ansicht im Kanal

i) Mobile Heizanlage mit Heizschläuchen

©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

j) Fräsung der Proben, händisch im Kanal

k) Baustellenprobe, Entnahmestelle 1

l) Baustellenprobe, Entnahmestelle 2

Abb. A2.33: Baustellendokumentation und Probenentnahme

Laborprüfungen und Ergebnisse

Tab. A2.25: Ergebnisse der Laborprüfungen

Probenbezeichnung	Dichtheit nach APS-Prüfrichtlinie	E-Modul Kurzzeit [MPa]	Biegespannung Kurzzeit [MPa]	Wanddicke [mm]
Sollwerte	**dicht**	**2.800**	**32,00**	**29,10**
Haltungsprobe L1-1, rechter Kämpfer $_{t=0d}$	**dicht**	**3.650**	**39,00**	**32,62**
Haltungsprobe L1-2, linker Kämpfer $_{t=0d}$	**dicht**	**3.489**	**37,00**	**31,95**

©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

Anhang 3:
Nachbeprobungen

Prüfergebnisse nach mehrjährigem Betrieb

©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

Nachbeprobung 1

Sanierungssystem, Altrohr, Beprobungsumfang

Tab. A3.1: Kenndaten

Liner Nr.	Hersteller	Trägermaterial und Harztyp	Einbau-verfahren	Baufirma	Einbau-zeitpunkt	Altrohr	Beprobungs-umfang
1	SAERTEX multiCom GmbH	GFK / UP-Harz	Einzug / UV-Licht Härtung	Brochier	2000	Beton, DN 400	4 x Haltung (Schale) *1

*1 Schale = Probekörper ca. 2 x DIN A4 groß

Auffälligkeiten und Probenentnahmestellen (Skizze)

Auffälligkeiten: *Keine optischen Auffälligkeiten vorhanden mit Ausnahme von lokalen kleinen Falten; Nachbeprobung zur Einschätzung von Einflüssen der Materialalterung nach acht Jahren Betrieb.*

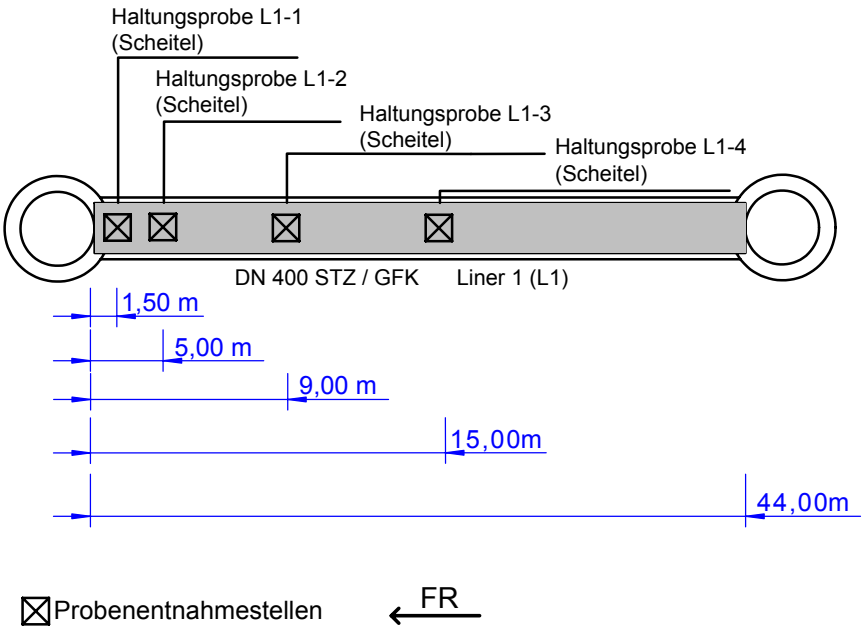


Abb. A3.1: Skizze der Probenentnahmestellen

Probenentnahmestellen: *Es wurden je vier willkürlich gewählte Proben aus dem Scheitelbereich der Kanalhaltung entnommen.*

©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

Probenentnahme und Reparatur der Entnahmestellen

a) Fräsarbeiten zur Probenentnahme, Ansicht von der Straßeoberfläche

b) Bergung eines Probekörpers aus dem Schacht nach erfolgter Fräsung

c) Reinigung eines Probekörpers nach der Entnahme aus der Haltung

d) Umrüstung des Kanalroboters zur Reparatur der Entnahmestellen

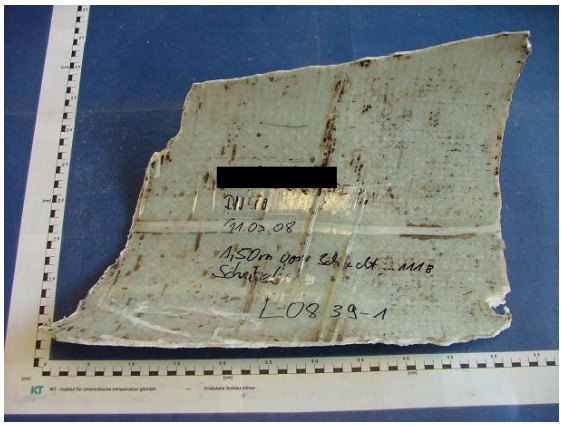
e) Reparatur einer Entnahmestelle, Ansicht Kanalinspekteur

f) Zwei-Komponenten Epoxid-Harz zur Reparatur der Entnahmestellen

Abb. A3.2: Probenentnahme und Reparatur der Entnahmestellen

©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

Laborprüfungen und Ergebnisse



a) Ansicht der Innenseite mit kleinen Falten

b) Ansicht der Außenseite

Abb. A3.3: Darstellung einer Materialprobe (L1-1), Beispiel

*Tab. A3.2: Ergebnisse der Laborprüfungen *2*

Probenbezeichnung	Dichtheit nach APS-Prüfrichtlinie	E-Modul Kurzzeit [MPa]	Biegespannung Kurzzeit [MPa]	Wanddicke [mm]
Sollwerte	**dicht**	**k. A. *3**	**k. A. *3**	**k. A. *3**
Haltungsprobe L1-1, Scheitel t= 0d	**dicht**	**10.098**	**146,48**	**4,78**
Haltungsprobe L1-1, Scheitel t=28d	**entfällt**	**10.393**	**188,99**	**3,55**
Haltungsprobe L1-2, Scheitel t= 0d	**dicht**	**10.267**	**158,50**	**4,74**
Haltungsprobe L1-2, Scheitel t=28d	**entfällt**	**11.596**	**224,65**	**4,43**
Haltungsprobe L1-3, Scheitel t= 0d	**dicht**	**15.237**	**324,61**	**4,48**
Haltungsprobe L1-3, Scheitel t=28d	**entfällt**	**12.028**	**251,37**	**2,66**
Haltungsprobe L1-4, Scheitel t= 0d	**dicht**	**10.166**	**141,00**	**4,06**
Haltungsprobe L1-4, Scheitel t=28d	**entfällt**	**10.094**	**137,84**	**3,38**

k. A. = keine Angabe

*2 Die Prüfungen wurden unmittelbar nach Wareneingang (t=0d) und nach ca. einem Monat (t=28d) zeitversetzt durchgeführt.

*3 Die Sollwerte liegen nicht vor.

©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

Nachbeprobung 2

Sanierungssystem, Altrohr, Beprobungsumfang

Tab. A3.3: Kenndaten

Liner Nr.	Hersteller	Trägermaterial und Harztyp	Einbau-verfahren	Baufirma	Einbau-zeitpunkt	Altrohr	Beprobungs-umfang
1	Linertec GmbH	GFK / UP-Harz	Einzug / UV-Licht Härtung	Scheiff	2002	DN 400	2 x Haltung (Schale) *[1]

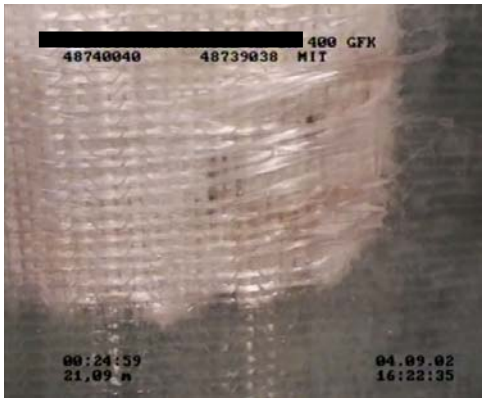
*[1] Schale = Probekörper ca. DIN A4 groß

Auffälligkeiten und Probenentnahmestellen

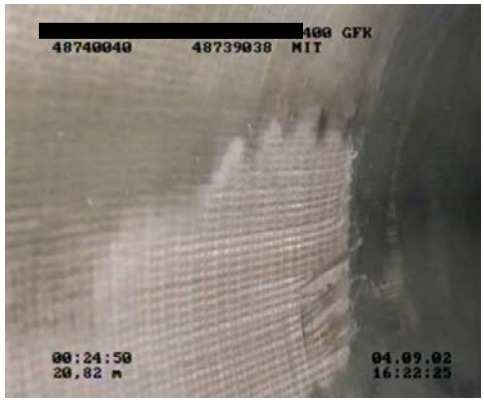
<u>Auffälligkeiten:</u> Frei liegende Fasern im Querschnitt über die gesamte Haltung verteilt.

a) Ansicht Querschnitt

b) Detailansicht 1



c) Detailansicht 2



d) Detailansicht 4

Abb. A3.4: Frei liegende Faserschichten im Querschnitt und im Detail

<u>Probenentnahmestellen:</u> Es wurde je eine Probe an einer optisch auf- (frei liegende Fasern) und einer optisch unauffälligen Stelle entnommen.

©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

Probenentnahme und Reparatur der Entnahmestellen

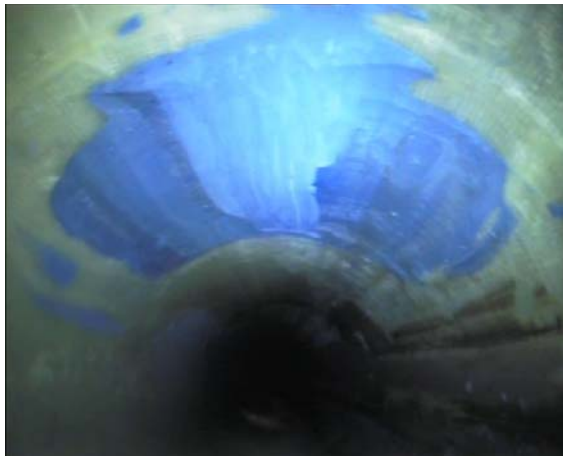
a) Probenentnahme aus der Haltung, Ansicht von der Straßenoberfläche

b) Vermessung des Probekörpers in UV-geschützter Umhüllung

c) Umrüstung des Kanalroboters zum Setzen der Schalungen

d) Anmischen des Verpressharzes, Zwei-Komponenten Epoxid-Harz

e) Ansicht der Entnahmestelle vor der Reparatur



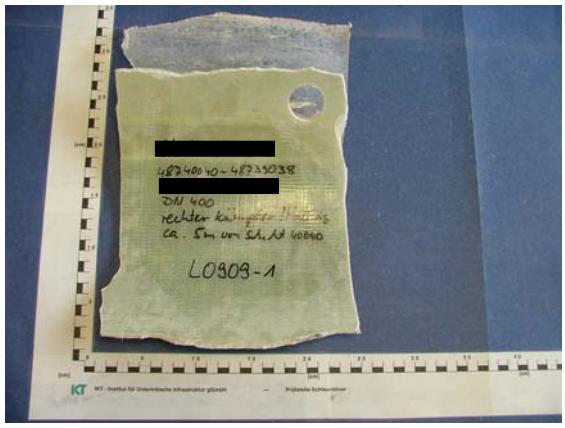
f) Ansicht der Entnahmestelle nach der Reparatur mittels Verpressharz

Abb. A3.5: Probenentnahme und Reparatur der Entnahmestellen

©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

Laborprüfungen und Ergebnisse

a) Probekörper L1 (frei liegende Fasern), Ansicht Innenseite



b) Probekörper L1 (ohne Auffälligkeit), Ansicht Innenseite

c) Probekörper L1 (frei liegende Fasern), Ansicht Außenseite

d) Probekörper L1 (ohne Auffälligkeit), Ansicht Außenseite

Abb. A3.6: Darstellung der Baustellenproben, Wareneingang im Labor

Tab. A3.4: Ergebnisse der Laborprüfungen

Probenbezeichnung	Dichtheit nach APS-Prüfrichtlinie	E-Modul Kurzzeit [MPa]	Biegespannung Kurzzeit [MPa]	Wanddicke [mm]
Sollwerte	**dicht**	**8.500**	**200**	**4,20**
Haltungsprobe L1 (frei liegende Fasern) $_{t=0d}$	**undicht**	**n. p.** *2	**n. p.** *2	**n. p.** *2
Haltungsrobe L1 (ohne Auffälligkeit) $_{t=0d}$	**dicht**	**16.368**	**423,47**	**3,06**

n. p. = nicht prüfbar

*2 Die Prüfung im Drei-Punkt-Biegeversuch am Probekörper L1 (frei liegende Fasern) konnte nicht durchgeführt werden, da sich der Probekörper bereits durch leichteste Krafteinwirkung händisch verbiegen ließ. Es kann daher davon ausgegangen werden, dass die Sollwerte signifikant unterschritten werden.

©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

Nachbeprobung 3

Sanierungssystem, Altrohr, Beprobungsumfang

Tab. A3.5: Kenndaten

Liner Nr.	Hersteller	Trägermaterial und Harztyp	Einbau-verfahren	Baufirma	Einbau-zeitpunkt	Altrohr	Beprobungs-umfang
1	Branden-burger Liner GMBH & Co. KG	GFK / UP-Harz	Einzug / UV-Licht Härtung	WinLine	2001 / 2002	DN 200 / DN 250	7 x Haltung (Schale) *[1]

*[1] Schale = Probekörper ca. DIN A4 groß

Auffälligkeiten und Probenentnahmestellen

Auffälligkeiten: Ablösungen von Faserschichten in mehreren Haltungen (beobachtet im Rahmen der Gewährleistungsabnahme).

a) Ablösungen der Faserschicht, Ansicht 1

b) Ablösungen der Faserschicht, Ansicht 2

c) Ablösungen der Faserschicht, Ansicht 3

d) Ablösungen der Faserschicht, Ansicht 4

Abb. A3.7: Ablösungen von Faserschichten, Beispiele aus der TV-Inspektion

Probenentnahmestellen: Es wurden sieben Proben aus drei Haltungen entnommen, dabei wurden sowohl optisch auffällige (abgelöste Faserschichten) als auch optisch unauffällige Abschnitte gewählt.

©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

Probenentnahme

a) Trennschleifer zur händischen Entnahme von Haltungsproben

b) Händische Entnahme einer Haltungsprobe aus dem Schachtbereich

c) Fräsroboter zur Entnahme von Haltungsproben

d) Darstellung von zwei Haltungsproben (je 1 x mit und 1 x ohne Auffälligkeit)

Abb. A3.8: Baustellendokumentation und Probenentnahme

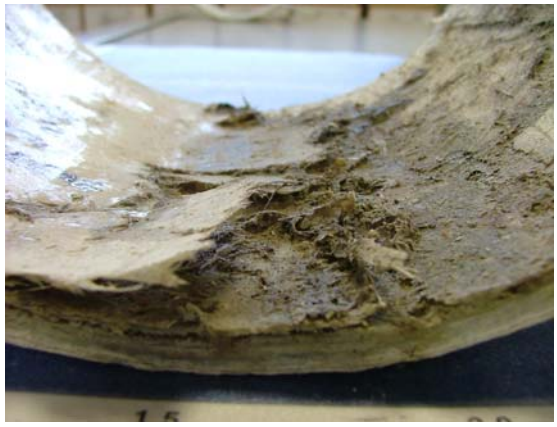
Laborprüfungen und Ergebnisse

Anmerkungen:

An den Probekörpern wurden zur Ermittlung der Materialbeständigkeit verschiedene Prüfungen durchgeführt (z. B. Bestimmung des Glühverlustes, Ermittlung des Reststyrolgehaltes, IR-Spektroskopie). Die Untersuchungen wurden im Rahmen der Projektarbeit nicht abgeschlossen und laufen derzeit noch. Nachfolgend werden daher nur die Prüfergebnisse von vier durchgeführten Dichtheitsprüfungen dargestellt. Hierbei wurden jeweils zwei optisch auf- und unauffällige Proben aus einem Querschnitt (Sohle und Scheitel) gewählt.

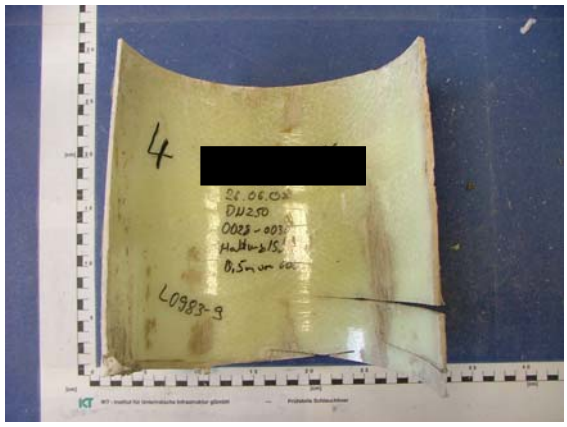
©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

a) Haltungsprobe 1, Sohle



b) Detailansicht Haltungsprobe 1, Sohle

c) Haltungsprobe 2, Sohle



d) Haltungsprobe 2, Scheitel

Abb. A3.9: Darstellung der Probekörper, Beispiele

Tab. A3.6: Ergebnisse der Laborprüfungen

Probenbezeichnung	Dichtheit nach APS-Prüfrichtlinie	E-Modul Kurzzeit [MPa]	Biegespannung Kurzzeit [MPa]	Wanddicke [mm]
Sollwerte	**dicht**			
Haltungsprobe L-1 *[2], Sohle (gelöste Fasern)	**dicht**	**n. g.**	**n. g.**	**n. g.**
Haltungsprobe L-1, Scheitel	**dicht**	**n. g.**	**n. g.**	**n. g.**
Haltungsprobe L-2 *[2], Sohle (gelöste Fasern)	**dicht**	**n. g.**	**n. g.**	**n. g.**
Haltungsprobe L-2, Scheitel	**dicht**	**n. g.**	**n. g.**	**n. g.**

n. g. = nicht geprüft

*[2] Auch die Probekörper mit abgelösten Faserschichten zeigten in der Prüfung keine Undichtigkeiten auf. Jedoch kann davon ausgegangen werden, dass die mechanischen Kennwerte signifikant unterschritten werden, da die Probekörper bereits durch leichteste Krafteinwirkung händisch biegbar sind.

©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

Nachbeprobung 4

Sanierungssystem, Altrohr, Beprobungsumfang

Tab. A3.7: Kenndaten

Liner Nr.	Hersteller	Trägermaterial und Harztyp	Einbau-verfahren	Baufirma	Einbau-zeitpunkt	Altrohr	Beprobungs-umfang
1	INPIPE SWEDEN AB (INPIPE Liner)	GFK / UP-Harz	Einzug / UV-Licht Härtung	R+S Rohr-technik	2002	Ei 250/375	2 x Haltung (Schale) *[1]

*[1] Schale = Probekörper ca. DIN A4 groß

Auffälligkeiten und Probenentnahmestellen

<u>Auffälligkeiten:</u> *In einer Kanalhaltung (Länge ca. 40 m) wurde im Rahmen einer Gewährleistungsabnahme am Haltungsanfang auf ca. 5 m Länge eine igelartige Oberflächenstruktur im Scheitel mit z. T. frei liegenden Fasern identifiziert.*

a) Ansicht Querschnitt

b) Detailansicht

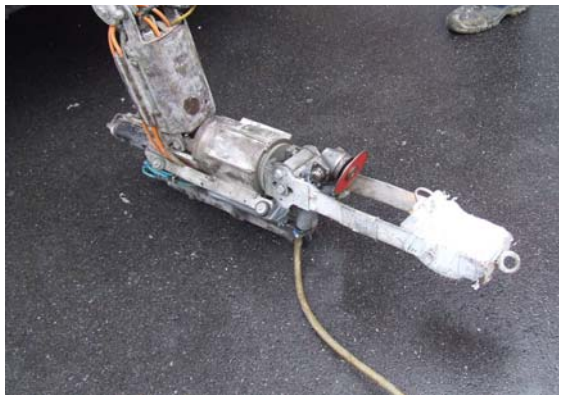
Abb. A3.10: Igelartige Oberflächenstruktur im Scheitel der Kanalhaltung, TV-Inspektion

<u>Probenentnahmestellen:</u> *Es wurde je eine Probe an einer optisch auf- (igelartige Oberflächenstruktur) und einer optisch unauffälligen Stelle entnommen.*

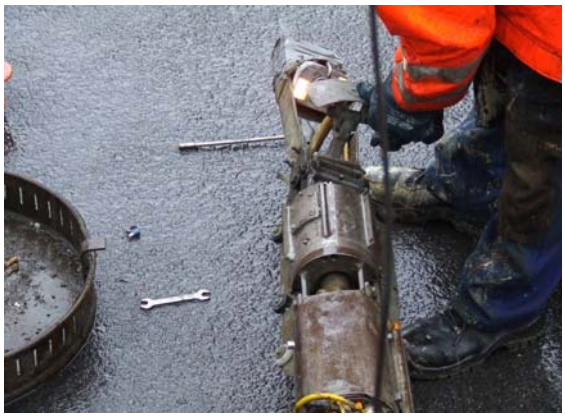
©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

Probenentnahme und Reparatur der Entnahmestellen

a) Baustelleneinrichtung, Vorbereitung des Kanalroboters zur Probenentnahme



b) Kanalroboter zur Entnahme von Linerproben aus Haltungen (Ei-Profil)

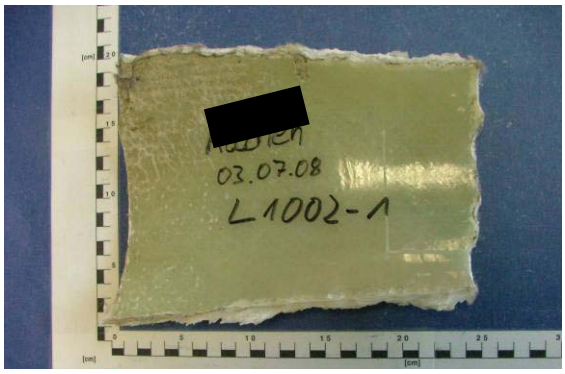


c) Umrüstung des Kanalroboters zum Verspachteln der Entnahmestellen

d) Anmischen der Verspachtelmasse, Zwei Komponenten Epoxid-Harz

Abb. A3.11: Probenentnahme und Reparatur der Entnahmestellen

Laborprüfungen und Ergebnisse



a) Innenseite Probekörper 1, ohne optische Auffälligkeit

b) Innenseite Probekörper 2, frei liegende Fasern

Abb. A3.12: Darstellung der Probekörper, Wareneingang im Labor

©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

Tab. A3.8: Ergebnisse der Laborprüfungen

Probenbezeichnung	Dichtheit nach APS-Prüfrichtlinie	E-Modul Kurzzeit [MPa]	Biegespannung Kurzzeit [MPa]	Wanddicke [mm]
Sollwerte	**dicht**	**~ 7.800**	**130**	**4,6**
Haltungsprobe L1-1, Scheitel $_{t= 0\ d}$	**dicht**	**6.378 *[2]**	**253,39**	**5,76**
Haltungsprobe L1-2 *[5], Scheitel $_{t= 0d}$	**undicht *[3]**	**n. p. *[4]**	**n. p. *[4]**	**n. p.**

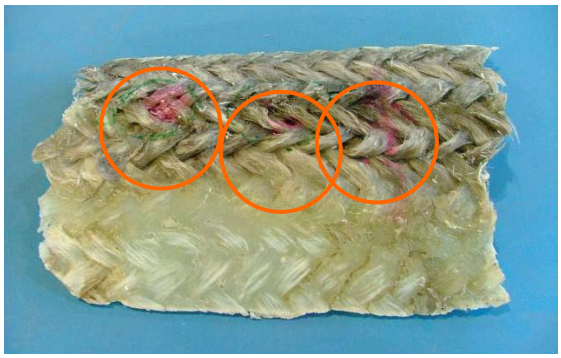
n. p. = nicht prüfbar

*[2] Da der ermittelte Wert des Kurzzeit-E-Moduls (6.378 MPa) nur sehr gering über den in der statischen Berechung angesetzten Langzeit-E-Modul liegt (6.000 MPa), kann davon ausgegangen werden, dass der geforderte Sollwert nicht eingehalten wird.

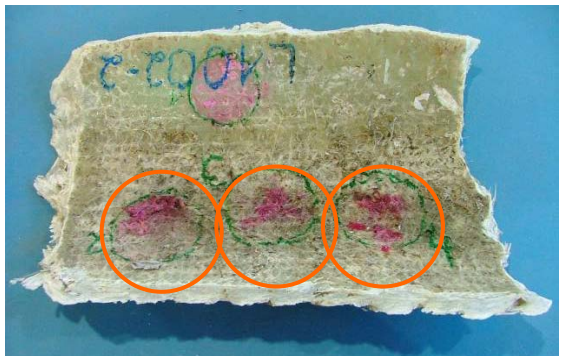
*[3] Es wurde sowohl eine Unterdruck als auch eine drucklose Dichtheitsprüfung durchgeführt. In beiden Prüfungen lautet das Prüfergebnis „undicht".

*[4] Es kann davon ausgegangen werden, dass die mechanischen Kennwerte signifikant unterschritten werden, da der Probekörper bereits durch leichteste Krafteinwirkung händisch biegbar ist.

*[5] Der Probekörper aus dem auffälligen Bereich zeichnet sich durch eine deutlich zu erkennende unzureichende Harztränkung aus, so dass frei liegende / nicht imprägnierte Glasfaserschichten zum Vorschein kommen (vgl. Bilder unten).



a) Außenseite des Probekörpers 2, nicht imprägnierte Fasern



b) Innenseite des Probekörpers 2, nicht imprägnierte Fasern

Abb. A3.13: Darstellung des undichten Probekörpers nach Dichtheitsprüfung mit Prüfdruck

Versuchsaufbau der Dichtheitsprüfung ohne Prüfdruck (Freispiegel)

a) Innenseite des Probekörpers 2

b) Außenseite des Probekörpers 2

Abb. A3.14: Darstellung des undichten Probekörpers nach Dichtheitsprüfung ohne Prüfdruck

©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

Nachbeprobung 5

Sanierungssystem, Altrohr, Beprobungsumfang

Tab. A3.9: Kenndaten

Liner Nr.	Hersteller	Trägermaterial und Harztyp	Einbau-verfahren	Baufirma	Einbau-zeitpunkt	Altrohr	Beprobungs-umfang
1	Scheiff (Linertec)	GFK / UP-Harz	Einzug / UV-Licht Härtung	Scheiff	2005	DN 300	1 x Haltung (Schale) *1
2	Scheiff (Linertec)	GFK / UP-Harz	Einzug / UV-Licht Härtung	Scheiff	2005	DN 500	2 x Haltung *2 (Schale) *1

*1 Schale = Probekörper ca. DIN A4 groß

*2 Während der Probenentnahme wurde festgestellt, dass ein zweiter Liner über den ersten in der Kanalhaltung verbaut war, daher wurden zwei Proben entnommen (innerer und äußerer Liner), vgl. Anmerkung.

Auffälligkeiten und Probenentnahmestellen

Auffälligkeiten: *Keine optischen Auffälligkeiten bekannt, Nachbeprobung zur Einschätzung von Einflüssen der Materialalterung im Rahmen der Gewährleistungsabnahme.*

Probenentnahmestellen: *Geplant war die Entnahme von zwei Haltungsproben aus zwei Linern (DN 300 u. DN 500); die Liner wurden bereits im Jahr 2005 im Rahmen der Bauabnahme durch die Prüfstelle für Bauprodukte des IKT geprüft.*

Anmerkung:

Während der Nachbeprobung des Liners der Nennweite DN 500 wurde festgestellt, dass ein zweiter Liner verbaut war (Liner über Liner). Nach Angaben des Netzbetreibers lagen keine Hinweise für diesen Sachverhalt vor, auch die Ergebnisse der im Rahmen der Bauabnahme durchgeführten Untersuchungen lieferten keine Hinweise für diese Vorgehensweise.

Nach Angaben des betroffenen Netzbetreibers hat sich später herausgestellt, dass unmittelbar nach erfolgter Sanierung mit einem ersten Liner von der ausführenden Firma ohne Absprache ein zweiter Liner während eines Nachteinsatzes eingezogen wurde. Es wird angenommen, dass mit dem zweiten Liner etwas „kaschiert“ oder „verbessert“ werden sollte.

©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

Reparatur der Probenentnahmestellen

a) Setzen des Schalungselements am Kanalroboter

b) Schalung zur Injektion von Verpressharz, Reparatur der Entnahmestellen

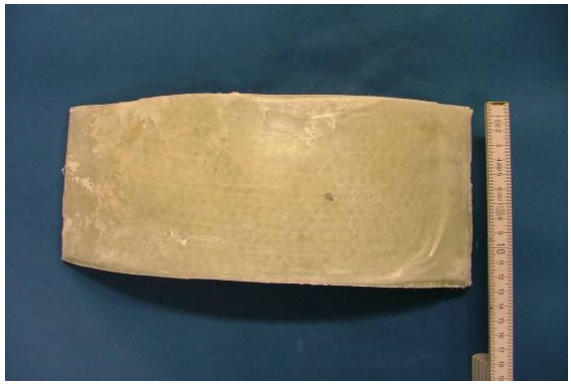
c) Anmischen des Verpressharzes, Zwei-Komponenten Epoxid-Harz

d) Kartusche am Kanalroboter zum Verpressen des Harzes in die Schalung

Abb. A3.15: Reparatur der Entnahmestellen

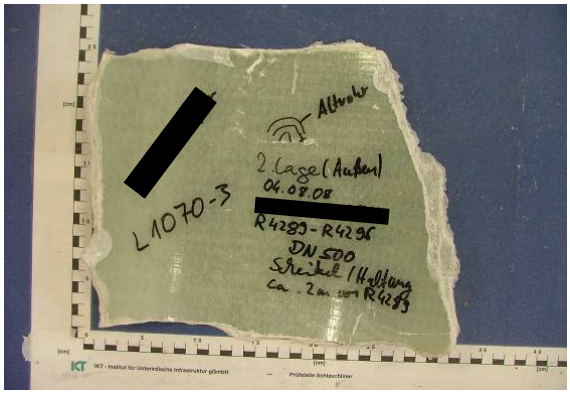
Laborprüfungen und Ergebnisse

a) Innenseite der Materialprobe aus der Bauabnahme (DN 500, ein Liner)

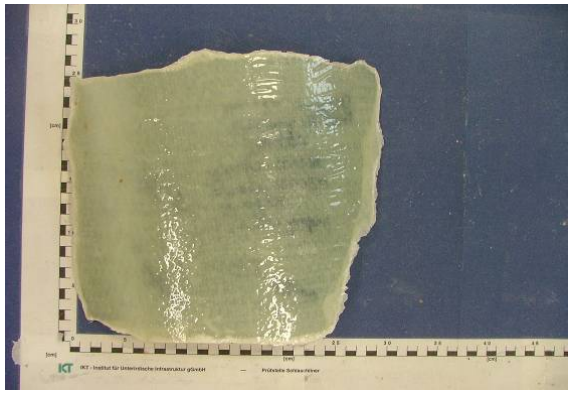


b) Außenseite der Materialprobe aus der Bauabnahme (DN 500, ein Liner)

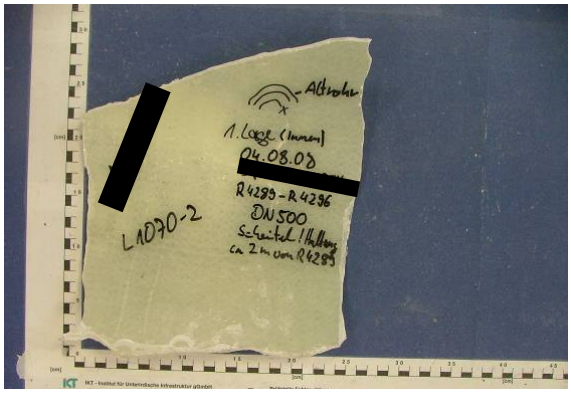
©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH



c) Innenseite der Materialprobe (1. Liner), Gewährleistungsabnahme (DN 500)



d) Außenseite der Materialprobe (1. Liner), Gewährleistungsabnahme (DN 500)



e) Innenseite der Materialprobe (2. Liner), Gewährleistungsabnahme (DN 500)

f) Außenseite der Materialprobe (2. Liner), Gewährleistungsabnahme (DN 500)

Abb. A3.16: Darstellung der Probekörper (DN 500), Bau- und Gewährleistungsabnahme

Tab. A3.10: Ergebnisse der Laborprüfungen

Probenbezeichnung	Dichtheit nach APS-Prüfrichtlinie	E-Modul Kurzzeit [MPa]	Biegespannung Kurzzeit [MPa]	Wanddicke [mm]
Sollwerte	**dicht**	**8.500**	**200**	**3,50 (DN 300) 5,00 (DN 500)**
Haltungsprobe L1, DN 300	**dicht**	**11.124**	**243,83**	**5,81**
Haltungsprobe L2, DN 500 (1. Liner) *3	**dicht**	**10.751**	**242,21**	**5,85**
Haltungsprobe L2, DN 500 (2. Liner) *3	**dicht**	**15.589**	**295,50**	**4,04**
Vergleichswerte aus der Bauabnahme (2005) DN 500 => ein Liner				
Haltungsprobe L2, DN 500*	**dicht**	**14.280**	**268,27**	**6,50**

*3 1. Liner = mit Kontakt zum Altrohr / 2. Liner = mit Kontakt zum Abwasser

©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

Nachbeprobung 6

Sanierungssystem, Altrohr, Beprobungsumfang

Tab. A3.11: Kenndaten

Liner Nr.	Hersteller	Trägermaterial und Harztyp	Einbau-verfahren	Baufirma	Einbau-zeitpunkt	Altrohr	Beprobungs-umfang
1	Kanal Müller Gruppe (KMG)	NF / UP-Harz	Einzug - Inversion / Warmwasser Härtung	KMG	2003	DN 400	2 x Schacht (Schale) *[1]

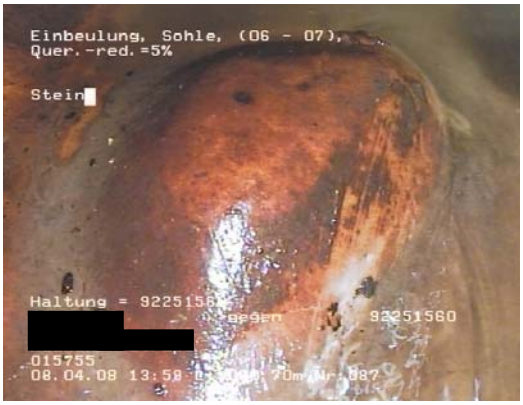
*[1] Schale = Probekörper ca. DIN A4 groß

Auffälligkeiten und Probenentnahmestellen

<u>Auffälligkeiten:</u> *Im Rahmen der Gewährleistungsabnahme (TV-Inspektion) wurden verschiedene Auffälligkeiten, wie z. B. fleckenartige Verfärbungen, lokale Ausbeulungen, offensichtliche Undichtigkeiten, beobachtet.*

a) Feuchtigkeit im linken Kämpfer, Ansicht Querschnitt

b) Feuchtigkeit im linken Kämpfer, Detailansicht



c) Lokale Ausbeulung (ca. 5 x 5 cm), Detailansicht

d) Fleckenartige Verfärbungen, Ansicht Querschnitt

Abb. A3.17: Auffälligkeiten im Rahmen der Gewährleistungsabnahme, Kanalinspektionsvideo

<u>Probenentnahmestellen:</u> *Geplant war die Entnahme von vier Materialproben an ausgewählten Stellen (u. a. fleckenartige Verfärbung, offensichtliche Undichtigkeit).*

©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

Probenentnahme und Reparatur der Entnahmestellen

a) Baustelleneinrichtung

b) Materialprobe nach der Entnahme

c) Tränkung der Glasfasermatte, Kurzliner

d) Kurzliner auf Packer gerollt

e) Infiltration von Grundwasser nach Fräsung der ersten Schnitte in Querrichtung

f) Reparatur der Entnahmestelle mit einem GFK-Kurzliner

Abb. A3.18: Probenentnahme und Reparatur der Entnahmestellen

©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

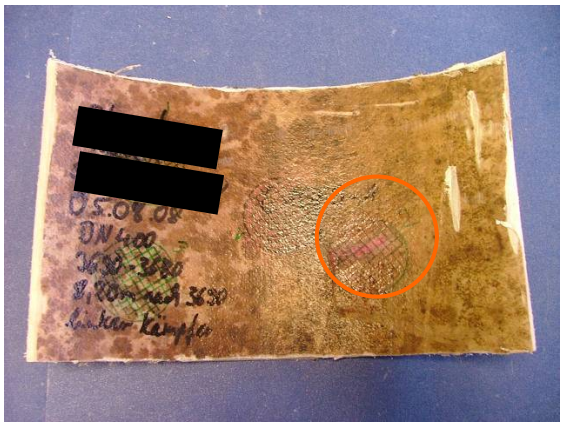
Laborprüfungen und Ergebnisse

*Tab. A3.12: Ergebnisse der Laborprüfungen *[2]*

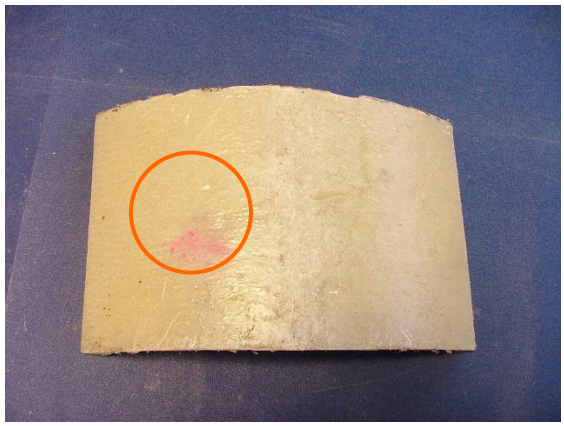
Probenbezeichnung	Dichtheit nach APS-Prüfrichtlinie	E-Modul Kurzzeit [MPa]	Biegespannung Kurzzeit [MPa]	Wanddicke [mm]
Sollwerte	**dicht**	**2.800**	**36,00**	**6,00**
Haltungsprobe L1 (offensichtliche Undichtigkeit)	**undicht *[3]**	**4.495**	**49,15**	**7,40**
Haltungsprobe L2 (Flecken)	**dicht**	**4.229**	**50,39**	**7,99**

*[2] Aufgrund von Schwierigkeiten bei der Entnahme (infiltrierendes Grundwasser) wurden nur zwei statt der geplanten vier Materialproben entnommen.

*[3] Probekörper aus dem Bereich der offensichtlichen Undichtigkeit (vgl. Abb. A3.17 a und b); Haarriss auf der Rückseite bei der undichten Probe, vgl. Bilder unten.



a) Innenseite des Probekörpers



b) Außenseite des Probekörpers

c) Außenseite des Probekörpers, Detailansicht der undichten Stelle (Haarriss)

Abb. A3.19: Darstellung des undichten Probekörpers

©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

Nachbeprobung 7

Sanierungssystem, Altrohr, Beprobungsumfang

Tab. A3.13: Kenndaten

Liner Nr.	Hersteller	Trägermaterial und Harztyp	Einbau-verfahren	Baufirma	Einbau-zeitpunkt	Altrohr	Beprobungs-umfang
1	Insituform Rohrsanie-rungstech-niken GmbH	NF / UP-Harz	Inversion / Warmwas-ser Härtung	Insituform Rohrsanie-rungstech-niken GmbH	2004	Ei 900/1350	1 x Haltung*[1] (Schale)
2	Insituform Rohrsanie-rungstech-niken GmbH	NF / UP-Harz	Inversion / Warmwas-ser Härtung	Insituform Rohrsanie-rungstech-niken GmbH	2004	Ei 900/1350	1 x Haltung*[1] (Schale)
3	Kanal Mül-ler Gruppe (KMG)	NF / UP-Harz	Inversion / Warmwas-ser Härtung	Kanal Mül-ler Gruppe (KMG)	1995	Ei 350/525	1 x Haltung*[2] (Schale)
4	RS Technik AG (CityLi-ner)	NF / EP-Harz	Inversion / Warmwas-ser Härtung	Diringer und Scheidel	1999	Ei 300/450	1 x Haltung*[2] (Schale)
5	Kanal Mül-ler Gruppe (KMG)	NF / UP-Harz	Inversion / Warmwas-ser Härtung	Kanal Mül-ler Gruppe (KMG)	1996	Ei 400/600	2 x Haltung*[3] (Schale)

*[1] Schale = Probekörper ca. 30 x 40 cm groß

*[2] Schale = Probekörper ca. 10 x 15 cm groß

*[3] Schale = Probekörper ca. DIN A4 groß

Auffälligkeiten und Probenentnahmestellen

<u>Auffälligkeiten:</u> *Z. T. Längsfalten und Ausbeulungen, darüber hinaus diente die Nachbeprobung zur Einschätzung von Einflüssen der Materialalterung.*

a) Längsfalte im Scheitel, L4

b) Kleine Ausbeulung im rechten Kämpfer, L2

Abb. A3.20: Beispielbilder aus der TV-Inspektion (2007)

©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

<u>Probenentnahmestellen:</u> *Geplant war die Entnahme von sieben Materialproben an z. T. ausgewählten Stellen (Längsfalten und Ausbeulungen) und z. T. willkürlich gewählten Stellen.*

Probenentnahme

a) Probenentnahme aus der Haltung im begehbaren Bereich

b) Staubbildung bei Probenentnahme aus der Haltung

c) Materialprobe (ca. 30 x 40 cm) aus dem begehbaren Bereich (Probekörper L2)

d) Materialproben L5-1 und L5-2, Entnahme aus dem Schachtgerinne

e) Außenseite des Probekörpers L4

f) Innenseite des Probekörpers L4

Abb. A3.21: Probenentnahme

©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

Laborprüfungen und Ergebnisse

*Tab. A3.14: Ergebnisse der Laborprüfungen *[4]*

Probenbezeichnung	Dichtheit nach APS-Prüfrichtlinie	E-Modul Kurzzeit [MPa]	Biegespannung Kurzzeit [MPa]	Wanddicke [mm]
Sollwerte	**dicht**	**2.800**	**36,00**	**19,00 (P. 1 u. 2)**
Haltungsprobe L1, Scheitel $_{t= 0d}$	**dicht**	**4.111**	**37,05**	**18,85**
Haltungsprobe L2, Scheitel $_{t=0d}$	**dicht**	**3.592**	**35,17**	**18,29**
Haltungsprobe L3, Scheitel $_{t= 0d}$	**dicht**	**n. p.**	**n. p.**	**n. p.**
Haltungsprobe L4, Scheitel $_{t=0d}$	**dicht**	**n. p.**	**n. p.**	**n. p.**
Haltungsprobe L5-1, Schachtgerinne $_{t= 0d}$	**dicht**	**3.881**	**60,04**	**12,83 *[5]**
Haltungsprobe L5-2, Schachtgerinne $_{t=0d}$	**dicht**	**2.914**	**31,35**	**11,25 *[5]**

n. p. = nicht prüfbar, Probekörper zu klein bzw. mit Falten und Beulen

*[4] Da ein Probekörper kraftschlüssig mit dem Altkanal verbunden war (kein Preliner, keine Außenfolie), wurden nur sechs statt der geplanten sieben Probekörper entnommen.

*[5] Die Sollwerte sind nicht bekannt.

©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

Nachbeprobung 8

Sanierungssystem, Altrohr, Beprobungsumfang

Tab. A3.15: Kenndaten

Liner Nr.	Hersteller	Trägermaterial und Harztyp	Einbau-verfahren	Baufirma	Einbau-zeitpunkt	Altrohr	Beprobungs-umfang
1	Saertex	GFK / UP-Harz	Einzug / UV-Licht Härtung	k. A.	2004	DN 400	1 x Haltung (Schale) *1
2	Saertex	GFK / UP-Harz	Einzug / UV-Licht Härtung	k. A.	2004	DN 400	2 x Haltung (Schale) *1
3	Saertex	GFK / UP-Harz	Einzug / UV-Licht Härtung	k. A.	2004	DN 400	1 x Haltung (Schale) *1

*1 Schale = Probekörper ca. DIN A4 groß

Auffälligkeiten und Probenentnahmestellen

<u>Auffälligkeiten:</u> *Z. T. wellige Lineroberflächen und Beulen, darüber hinaus diente die Nachbeprobung zur Einschätzung von Einflüssen der Materialalterung im Rahmen der Gewährleistungsabnahme.*

a) Lokale Beule im Sohlbereich

b) Wellige Oberflächenstruktur im Scheitel

Abb. A3.22: Auffälligkeiten im Rahmen der Gewährleistungsabnahme, Kanalinspektionsvideo

<u>Probenentnahmestellen:</u> *Geplant war die Entnahme von vier Materialproben an z. T. ausgewählten Stellen (Beulen, wellige Oberfläche) und z. T. willkürlich gewählten Stellen.*

©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

Probenentnahme und Reparatur der Entnahmestellen

a) Probenentnahme in einem Waldweg, Ansicht vom oberen Hang

b) Probenentnahme in einem Waldweg, Ansicht der Oberfläche des Waldwegs

c) Kanalroboter zum Fräsen von Linerproben aus der Haltung

d) Materialprobe nach Fräsung und Reinigung (ca. DIN A4 groß)

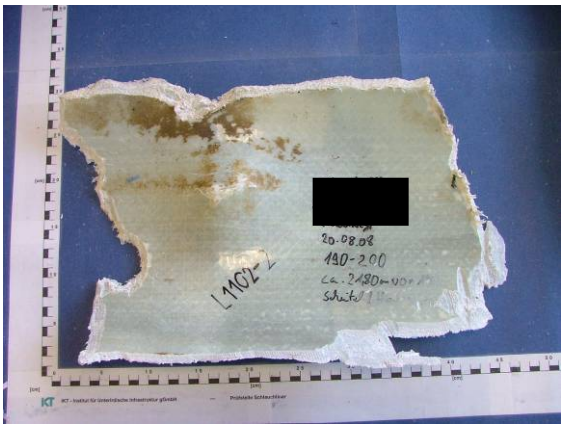
e) Reparatur der Probenentnahmestellen, Kurzliner auf Packer

f) GFK-Kurzliner zur Reparatur, Ansicht im Kanal

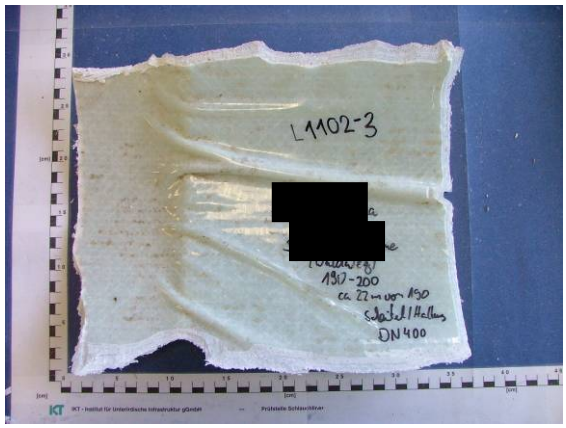
Abb. A3.23: Probenentnahme und Reparatur der Entnahmestellen

©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

Laborprüfungen und Ergebnisse



a) Probekörper L2 (Sohle) mit lokaler Ausbeulung



b) Probekörper L2 (Scheitel) mit welliger Oberfläche und kl. Falten

Abb. A3.24: Ansicht der Probeköper im Labor, Beispiele

Tab. A3.16: Ergebnisse der Laborprüfungen

Probenbezeichnung	Dichtheit nach APS-Prüfrichtlinie	E-Modul Kurzzeit [MPa]	Biegespannung Kurzzeit [MPa]	Wanddicke [mm]
Sollwerte	**dicht**	**12.000**	**350,00**	**4,00**
Haltungsprobe L1, Sohle $_{t= 0d}$	**dicht**	**15.834**	**398,23**	**4,26**
Haltungsprobe L2, Sohle $_{t=0d}$	**dicht**	**14.564**	**340,69**	**4,43**
Haltungsprobe L2, Scheitel $_{t= 0d}$	**dicht**	**16.651**	**344,35**	**4,62**
Haltungsprobe L3, Scheitel $_{t=0d}$	**dicht**	**15.232**	**351,37**	**4,22**

©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

Nachbeprobung 9

Sanierungssystem, Altrohr, Beprobungsumfang

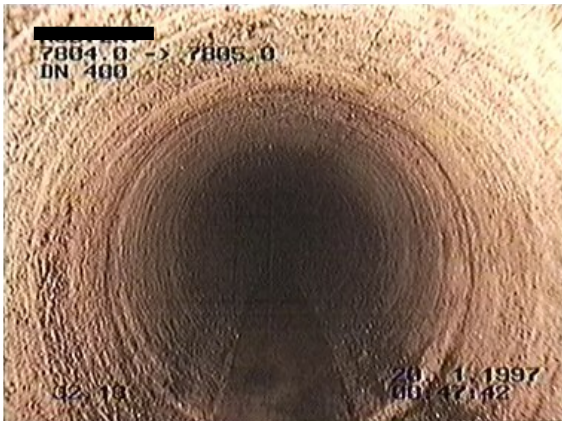
Tab. A3.17: Kenndaten

Liner Nr.	Hersteller	Trägermaterial und Harztyp	Einbau-verfahren	Baufirma	Einbau-zeitpunkt	Altrohr	Beprobungs-umfang
1	Kanal Müller Gruppe (KMG)	NF / UP-Harz	k. A.	Kanal Müller Gruppe (KMG)	1998	DN 400	1 x Haltung (Schale) *1
1	Kanal Müller Gruppe (KMG)	NF / UP-Harz	k. A.	Kanal Müller Gruppe (KMG)	1998	DN 400	1 x Haltung (Schale) *1

*1 Schale = Probekörper ca. DIN A4 groß

Auffälligkeiten und Probenentnahmestellen

<u>Auffälligkeiten:</u> *Keine optischen Auffälligkeiten vorhanden (mit Ausnahme von leichten Ablösungen der Innenbeschichtung), Nachbeprobung diente zur Einschätzung von Einflüssen der Materialalterung nach zehn Jahren Betrieb.*



a) Schlauchliner ohne Auffälligkeiten, Ansicht Querschnitt

b) Ablösung der Innenbeschichtung im linken Kämpfer, Detailansicht

Abb. A3.25: TV-Inspektionsaufnahmen aus der Bauabnahme (1999)

<u>Probenentnahmestellen:</u> *Es wurden zwei Proben aus zwei Haltungen entnommen, dabei wurden die Stellen zur Vereinfachung von Entnahme und Reparatur in Schachtnähe gewählt.*

©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

Probenentnahme und Reparatur der Entnahmestellen

a) Begutachtung der Entnahmestelle durch den Netzbetreiber

b) Entnahme einer Haltungsprobe, händisch aus dem Schachtbereich

c) Ansicht einer Materialprobe nach der Entnahme aus der Haltung

d) Reparatur der Entnahmestelle mittels Packer und Epoxid-Harz

e) Händisches Auftragen des Epoxid-Harzes auf den Packer

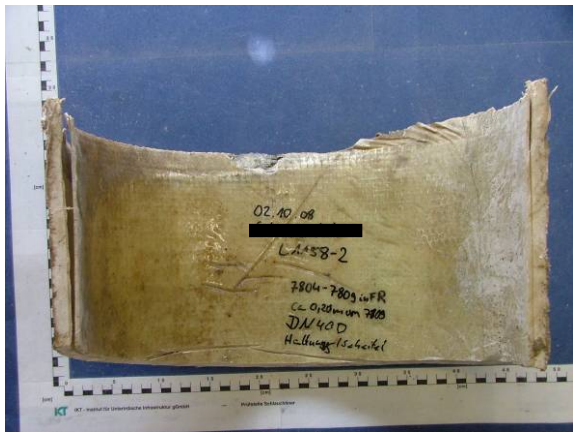
f) Einschieben des Packers in die Haltung zur Reparatur der Entnahmestelle

Abb. A3.26: Probenentnahme und Reparatur der Entnahmestellen

©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

Laboruntersuchungen: Prüfungen und Ergebnisse

a) Innenseite von Haltungsprobe L1



b) Außenseite von Haltungsprobe L2, Kurzliner über Schlauchliner

c) Seitenansicht Haltungsprobe L2, Kurz- und Schlauchliner

Abb. A3.27: Darstellung der Probekörper

Tab. A3.18: Ergebnisse der Laborprüfungen

Probenbezeichnung	Dichtheit nach APS-Prüfrichtlinie	E-Modul Kurzzeit [MPa]	Biegespannung Kurzzeit [MPa]	Wanddicke [mm]
Sollwerte	**dicht**	**k. A.*2**	**k. A. *2**	**k. A.*2**
Haltungsprobe L1, Scheitel $_{t= 0d}$	**undicht**	**2.300**	**31,91**	**8,52**
Haltungsprobe L2 *3, Scheitel $_{t=0d}$	**dicht**	**2.720**	**58,75**	**10,49**

*2 Die Sollwerte liegen nicht vor.

*3 Für die Prüfungen (Dichtheit und Mechanik) wurde der Kurzliner entfernt, so dass nur der Schlauchliner geprüft wurde.

©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

Nachbeprobung 10

Teil 1: Glasfaser-Schlauchliner

Sanierungssystem, Altrohr, Beprobungsumfang

Tab. A3.19: Kenndaten

Liner Nr.	Hersteller	Trägermaterial und Harztyp	Einbau-verfahren	Baufirma	Einbau-zeitpunkt	Altrohr	Beprobungs-umfang
-	Branden-burger Liner GMBH & Co. KG	GFK / UP-Harz	Einzug / UV-Licht Härtung	k. A.	2003	DN 250	4 x Haltung (Schale) *1 aus drei ver-schiedenen Kanalhaltun-gen

k. A. = keine Angabe

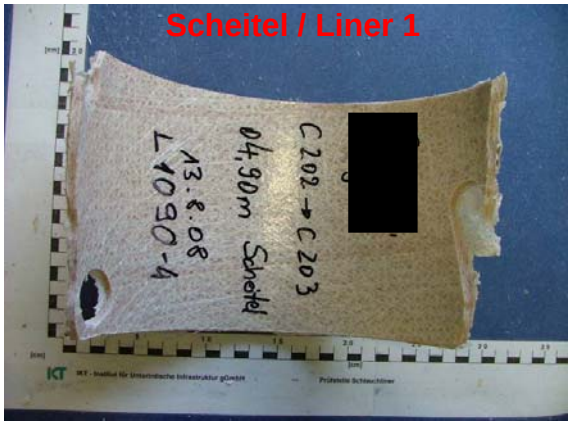
*1 Schale = Probekörper ca. DIN A4 groß

Auffälligkeiten und Probenentnahmestellen

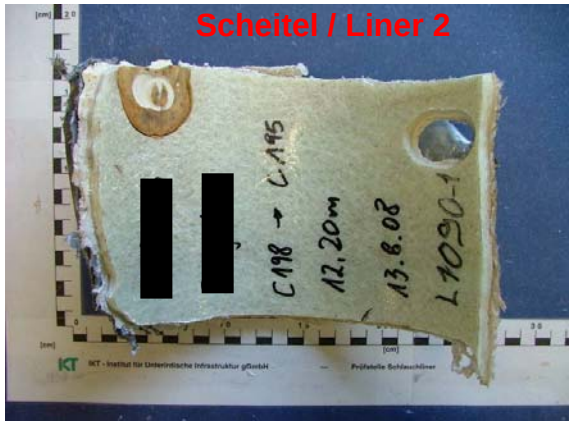
<u>Auffälligkeiten:</u> *Keine optischen Auffälligkeiten vorhanden, Nachbeprobung zur Einschätzung von Einflüssen der Materialalterung nach fünf Jahren Betrieb im Rahmen der Gewährleistungsabnahme.*

<u>Probenentnahmestellen:</u> *Es wurden je vier willkürlich gewählte Proben aus drei Haltungen entnommen.*

Laboruntersuchungen: Prüfungen und Ergebnisse



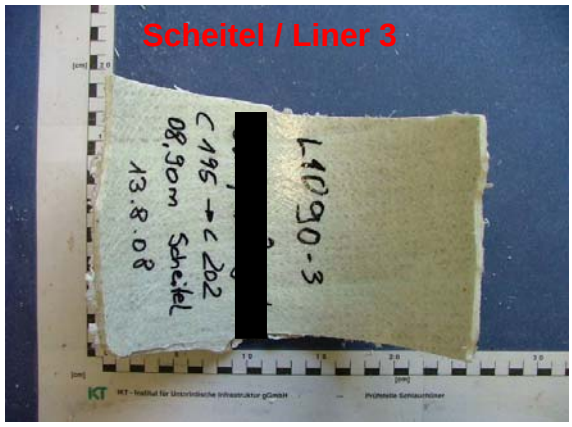
a) Haltungsprobe, Scheitel (Liner 1)



b) Haltungsprobe, Scheitel (Liner 2)

©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

c) Haltungsprobe, Sohle (Liner 2)



d) Haltungsprobe, Scheitel (Liner 3)

Abb. A3.28: Darstellung der Baustellenproben, Wareneingang im Labor

Tab. A3.20: Ergebnisse der Laborprüfungen

Probenbezeichnung	Dichtheit nach APS-Prüfrichtlinie	E-Modul Kurzzeit [MPa]	Biegespannung Kurzzeit [MPa]	Wanddicke [mm]
Sollwerte	**dicht**	**9.500**	**150,00**	**4,20**
Haltungsprobe L1, Scheitel $_{t=0d}$	**dicht**	**14.119**	**256,16**	**4,51** *[3]
Haltungsprobe L2, Scheitel $_{t=0d}$	**dicht**	**13.649**	**240,94**	**3,75**
Haltungsprobe L3 *[2], **Sohle** $_{t=0d}$	**dicht**	**11.760**	**205,43**	**4,49**
Haltungsprobe L3, Scheitel $_{t=0d}$	**dicht**	**10.352**	**210,97**	**4,22**

*[2] Der Probekörper mit deutlich zu erkennenden Ablösungen im Bereich der ersten Faserschicht erfüllt die geforderten Sollwerte.

*[2] Der Sollwert der Wanddicke beträgt 4,90 mm für die Haltungsprobe L1.

©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

Teil 2: Nadelfilz-Schlauchliner

Sanierungssystem, Altrohr, Beprobungsumfang

Tab. A3.21: Kenndaten

Liner Nr.	Hersteller	Trägermaterial und Harztyp	Einbau-verfahren	Baufirma	Einbau-zeitpunkt	Altrohr	Beprobungs-umfang
-	Insituform Rohrsanie-rungstech-niken GmbH	NF / UP-Harz	Inversion / Härtung k. A.	Insituform Rohrsanie-rungstech-niken GmbH	2002 - 2004	DN 200 – DN 600	21 x Haltung (Schale/Ring) *1*2 aus 17 verschie-denen Kanalhal-tungen

k. A. = keine Angabe

*1 Schale = Probekörper ca. DIN A4 groß

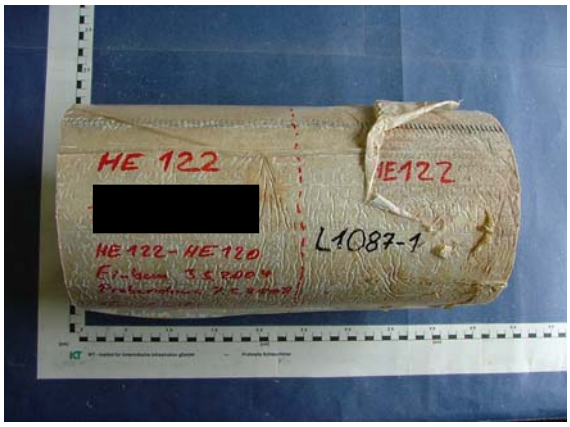
*2 Ring = Linerabschnitt von ca. 30 cm Länge

Auffälligkeiten und Probenentnahmestellen

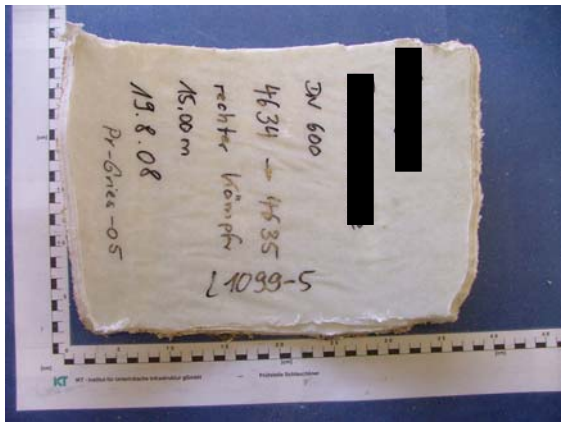
<u>Auffälligkeiten:</u> *Keine optischen Auffälligkeiten vorhanden, Nachbeprobung zur Einschätzung von Einflüssen der Materialalterung nach fünf Jahren Betrieb im Rahmen der Gewährleistungsabnahme.*

<u>Probenentnahmestellen:</u> *Es wurden 21 willkürlich gewählte Proben aus 17 Haltungen entnommen.*

Laboruntersuchungen: Prüfungen und Ergebnisse



a) Haltungsprobe, Linerabschnitt von ca. 30 cm Länge



b) Haltungsprobe, Schale ca. DIN A4 groß

Abb. A3.29: Darstellung der Probekörper (Wareneingang im Labor), Beispiele

©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

Tab. A3.22: Ergebnisse der Laborprüfungen

Probenbezeichnung	Dichtheit nach APS-Prüfrichtlinie	E-Modul Kurzzeit [MPa]	Biegespannung Kurzzeit [MPa]	Wanddicke [mm]
Sollwerte	**dicht**	**2.800**	**36,00**	**siehe ()**
Haltungsprobe 1, Bj. 2004 DN 200 t= 0d	**undicht**	**2.067**	**38,85**	**4,00 (2,30)**
Haltungsprobe 2, Bj. 2004 DN 200 t= 0d	**undicht**	**2.713**	**27,46**	**6,69 (4,70)**
Haltungsprobe 3, Bj. 2004 DN 200 t= 0d	**undicht**	**3.082**	**33,17**	**7,33 (4,70)**
Haltungsprobe 4, Bj. 2004 DN 200 t= 0d	**dicht**	**3.733**	**33,90**	**7,25 (4,70)**
Haltungsprobe 5, Bj. 2004 DN 200 t= 0d	**undicht**	**3.187**	**31,32**	**7,56 (4,70)**
Haltungsprobe 6, Bj. 2002 DN 200 t= 0d	**undicht**	**2.563**	**33,09**	**7,60 (6,00)**
Haltungsprobe 7, Bj. 2002 DN 250 t= 0d	**undicht**	**3.863**	**48,32**	**6,10 (4,50)**
Haltungsprobe 8, Bj. 2002 DN 250 t= 0d	**undicht**	**3.921**	**42,26**	**5,61 (4,50)**
Haltungsprobe 9, Bj. 2002 DN 250 t= 0d	**undicht**	**3.376**	**38,69**	**6,20 (4,50)**
Haltungsprobe 10, Bj. 2002 DN 250 t= 0d	**undicht**	**3.047**	**32,64**	**6,23 (4,50)**
Haltungsprobe 11, Bj. 2003 DN 600 t= 0d	**undicht**	**2.618**	**34,86**	**5,72 (4,50)**
Haltungsprobe 12, Bj. 2002 DN 250 t= 0d	**undicht**	**3.423**	**42,07**	**5,59 (4,50)**
Haltungsprobe 13, Bj. 2002 DN 250 t= 0d	**dicht**	**3.910**	**37,33**	**9,79 (7,50)**
Haltungsprobe 14, Bj. 2003 DN 400 t= 0d	**dicht**	**4.130**	**44,85**	**7,26 (6,00)**
Haltungsprobe 15, Bj. 2003 DN 400 t= 0d	**dicht**	**4.432**	**46,33**	**7,07 (6,00)**
Haltungsprobe 16, Bj. 2003 DN 250 t= 0d	**dicht**	**3.333**	**37,13**	**6,25 (4,50)**
Haltungsprobe 17, Bj. 2003 DN 250 t= 0d	**undicht**	**3.027**	**36,69**	**5,49 (4,50)**
Haltungsprobe 18, Bj. 2002 DN 200 t= 0d	**undicht**	**3.516**	**45,78**	**4,91 (k. A.)**
Haltungsprobe 19, Bj. 2002 DN 200 t= 0d	**undicht**	**3.501**	**44,91**	**4,35 (k. A.)**
Haltungsprobe 19, Bj. 2002 DN 200 t= 0d	**undicht**	**3.190**	**48,91**	**4,68 (k. A.)**
Haltungsprobe 19, Bj. 2002 DN 200 t= 0d	**undicht**	**3.408**	**47,01**	**4,95 (k. A.)**

k. A. = keine Angabe (Sollwerte liegen nicht vor)

©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

Anhang 4:
Statische Berechnungen

durch die Fachhochschule Münster,

Fachbereich Bauingenieurwesen

Prof. Dr.-Ing. B. Falter

nach dem ATV-Merkblatt 127-2

mit dem Programm Linerb

DN 300, Beton, Linerwanddicke s_L = 5,0 mm, Altrohrzustand I

©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

Abkürzungsverzeichnis

Größe	Einheit	Benennung
h_F	mm	Faltenhöhe
w_S	%, mm	Größe des Ringspaltes
w_u	mm	Höhe der elastischen Verformung in der Linersohle
w_v	%, mm	Höhe der örtlichen Vorverformung
α	°	Öffnungswinkel der örtlichen Vorverformung
α_F	°	Öffnungswinkel der Falte
L_V	mm	Länge der örtlichen Vorverformung
a, b, c	mm	Länge der Einzelbereiche der örtlichen Vorverformung
a_E, b_E	mm	Ellipsenlänge, Ellipsenbreite
½ -System	-	FE-Modell, Symmetriebedingung längs ($0 \leq \varphi \leq 180°$)
¼ -System	-	FE-Modell, Symmetriebedingung längs und quer in Modellmitte (L/2)
Grundmodell	-	FE-Modell ohne Imperfektion
Standardmodell	-	FE-Modell mit Imperfektionen nach ATV-M 127-2

Übrige Bezeichnungen s. Merkblatt ATV-M 127-2

©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

A örtliche Vorverformung w_v = 2 % des Linerradius, $h_{W,So}$ = 1,5 m

Statische Berechnung eines Liners
nach ATV-M 127-2:2000-01

Program LINERB, Version 7.2

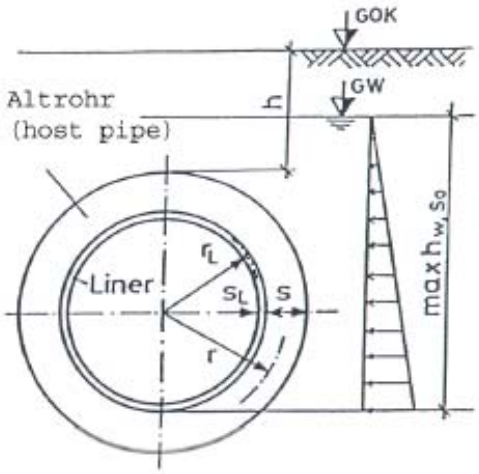
Projekt: DN 300
Haltung: Zu 1, örtliche Vorverformung, hwSo = 1,5 m
Datum: 17.02.2009

Altrohr, Werkstoff: Beton
Kreisquerschnitt, Nennweite DN 300

Altrohrzustand I

Linerwerkstoff: Synthesefaserlaminat - Wanddicke: sL = 5 mm

Geometrie:



Voraussetzung der statischen Berechnung ist die zutreffende Einschätzung des Altrohrzustandes, die Übereinstimmung der Eingaben mit der Checkliste nach ATV-M 127-2, Anhang A7 sowie die Überprüfung der nach der Aushärtung des Liners erzielten Werkstoffkennwerte und Wanddicken.

Münster, den _____

_____

©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

Fachhochschule Münster
FB Bauingenieurwesen, Postfach 3020, 48016 Münster
Programm LINERB 7.2, Autor: Prof. Dr.-Ing. B. Falter
Standsicherheit von Linern nach ATV-M 127-2 (01.2000)
Projekt: DN 300
Position: Zu 1, örtliche Vorverformung, hwSo = 1,5 m

Liz. Nr. FH01LB
Tel. 0251/83-65218

17.02.2009
-A1 -

Statische Berechnung von Linern nach Merkblatt ATV-M 127-2 (01.00)

*** Eingaben

*** Altrohr - Kreis**				
Rohrwerkstoff: Beton				
Nennweite	DN		300	mm
Innendurchmesser	di	=	300,00	mm
Altrohrzustand	AZ		I	
*** Liner - Kreis**				
Werkstoff: Synthesefaserlaminat				
Radius (außen)	raL	=	150,0	mm
Wanddicke (ohne Preliner etc.)	sL	=	5,0	mm
Langzeit-E-Modul	EL	=	1400	N/mm²
Querkontraktionszahl	μ	=	0,35	
Langzeit-Biegezugfestigkeit	σbz	=	18,0	N/mm²
Langzeit-Druckfestigkeit	σD	=	25,0	N/mm²
erforderliche Sicherheit	γ	=	1,0	
*** Einbaubedingungen**				
Örtliche Vorverformung des Altrohres				
bzw. des Liners	wv/rL*100	=	2,00	%
Lage der Vorverformung	ϕV	=	180,0	°
Öffnungswinkel (symmetrische Form)	2ϕ1	=	40,0	°
Spaltweite zwischen Altrohr und Liner	ws/rL*100	=	0,50	%
*** Einwirkungen**				
Grundwasser über Sohle	hW,So	=	1,50	m
Wichte der Flüssigkeit	γW	=	10,00	kN/m³
Wichte des Liners	γL	=	0,00	kN/m³
*** berechnete Eingabewerte**				
Liner, mittlerer Radius	rL	=	147,5	mm
Rohrsteifigkeit des Liners (mit rL ermittelt)	SRL	=	4,54E-03	N/mm²
r/s-Verhältnis	rL/sL	=	29,5	
Tiefe der Vorverformung	wv	=	3,0	mm
Spaltweite (Ringspalt)	ws	=	0,7	mm

©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

Fachhochschule Münster
FB Bauingenieurwesen, Postfach 3020, 48016 Münster
Programm LINERB 7.2, Autor: Prof. Dr.-Ing. B. Falter
Standsicherheit von Linern nach ATV-M 127-2 (01.2000)
Projekt: DN 300
Position: Zu 1, örtliche Vorverformung, hwSo = 1,5 m

Liz. Nr. FH01LB
Tel. 0251/83-65218

17.02.2009
-A2 -

*** Zwischenergebnisse

* Iterationen

(γfache Lasten mit γ =1,00)
maximale Verschiebungsgröße [cm]:

it	5	-0,4181	it	9	-0,3656
it	6	-0,4058	it	10	-0,3633
it	7	-0,3875	it	11	-0,3614
it	8	-0,3779	it	12	-0,3613

Schnittkräfte (rechte Profilhälfte) nach Theorie II. Ordnung

(Alle Schnittkräfte sind auf 1 cm Rohrlänge bezogen.)
Scheitel = Stab 1a, Kämpfer = Stab 19a, Sohle = Stab 36e

Stab	Na [N]	Va [N]	Ma [Ncm]	Stab	Na [N]	Va [N]	Ma [Ncm]
1	-21,55	0,00	0,60	2	-21,55	0,01	0,60
3	-21,55	0,02	0,60	4	-21,55	0,03	0,60
5	-21,55	0,04	0,60	6	-21,55	0,05	0,60
7	-21,55	0,06	0,60	8	-21,55	0,07	0,60
9	-21,55	0,08	0,60	10	-21,55	0,09	0,60
11	-21,54	0,10	0,60	12	-21,54	0,11	0,60
13	-21,54	0,12	0,60	14	-21,54	0,13	0,60
15	-21,54	0,14	0,60	16	-21,53	0,22	0,59
17	-21,54	-0,14	0,68	18	-21,60	-0,79	0,28
19	-21,67	-0,64	-0,95	20	-21,73	-0,50	-1,89
21	-21,77	-0,38	-2,63	22	-21,80	-0,26	-3,18
23	-21,82	-0,16	-3,53	24	-21,82	-0,07	-3,70
25	-21,82	0,01	-3,70	26	-21,80	0,07	-3,53
27	-21,77	0,13	-3,22	28	-21,73	0,17	-2,71
29	-21,68	0,20	-2,08	30	-21,63	0,21	-1,36
31	-21,58	0,20	-0,60	32	-21,53	0,19	0,17
33	-21,45	0,61	0,91	34	-21,25	1,75	2,20
35	-21,04	1,85	4,97	36	-20,97	0,78	7,75

Stab	Ne [N]	Ve [N]	Me [Ncm]
36	-20,97	0,78	8,89

* maßgebende Schnittgrößen (durch γ dividiert)

	Scheitel	Kämpfer	Sohle	
ΣN	-21,6	-21,8	-21,0	N/cm
ΣM	0,6	-3,7	8,9	Ncm/cm

©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

Fachhochschule Münster
FB Bauingenieurwesen, Postfach 3020, 48016 Münster
Programm LINERB 7.2, Autor: Prof. Dr.-Ing. B. Falter
Standsicherheit von Linern nach ATV-M 127-2 (01.2000)
Projekt: DN 300
Position: Zu 1, örtliche Vorverformung, hwSo = 1,5 m

Liz. Nr. FH01LB
Tel. 0251/83-65218

17.02.2009
-A3 -

*** Ergebnisse

* Spannungsnachweis Liner

	Scheitel	Kämpfer	Sohle	
N	-2,155	-2,182	-2,097	N/mm
M	0,598	-3,703	8,895	Nmm/mm
σi	-0,286	-1,335	1,739	N/mm²
σa	-0,573	0,442	-2,530	N/mm²
γbZ	99,999	40,710	**10,348**	
γD	43,642	18,724	**9,881**	
erf γ	1,0	1,0	1,0	(M 127-2, Tab. 4)

Bem.: Bei einer Ausgabe von γbZ = 99,999 sind keine Zugspannungen vorhanden.

* Verformungsnachweis

a) spannungslose örtl. Vorverformung	wv	2,95	mm
b) elastische Verformung (+ nach innen)			
nach Theorie II. Ordnung, im Scheitel	wo	0,00	mm
in der Sohle	wu	2,14	mm
c) Gesamtverformung	w	3,61	mm
auf DN bezogen	δv	1,72	%
Anhaltswert für zul δv (ATV-M 127-2, 6.5.2):		10	%

* Stabilitätsnachweis

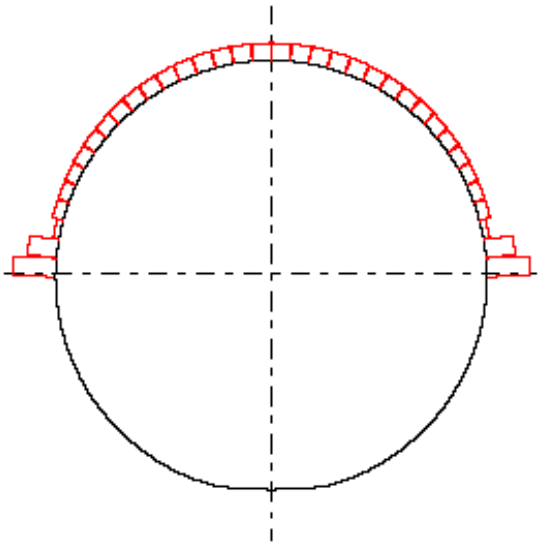
über Linersohle vorhandener Grundwasserdruck	pa	15,00	kN/m²
Durchschlagbeiwert für starr gebettete Liner ohne Vorverformung und ohne Spalt: 2.62*(rL/sL)^0.8 =	αD	39,28	
Durchschlaglast, Liner ohne Vorverformung und ohne Spalt: krit pa =	αD*SL	203,42	kN/m²
zum Vergleich: freier Liner krit pas = 3.0*SL		15,54	kN/m²
Abminderungsfaktoren, Parameter	rL/sL	29,50	
gemeinsamer Faktor für örtliche Vorverformung, und Spaltbildung (vgl. ATV-M 127-2, 6.5.3.1)	κv,s	0,597	
abgeminderte Durchschlaglast κv,s*krit pa		121,50	kN/m²
vorhandene Sicherheit gegen Durchschlagen	vorh γ	**8,10**	
erforderliche Sicherheit	erf γl	1,00	

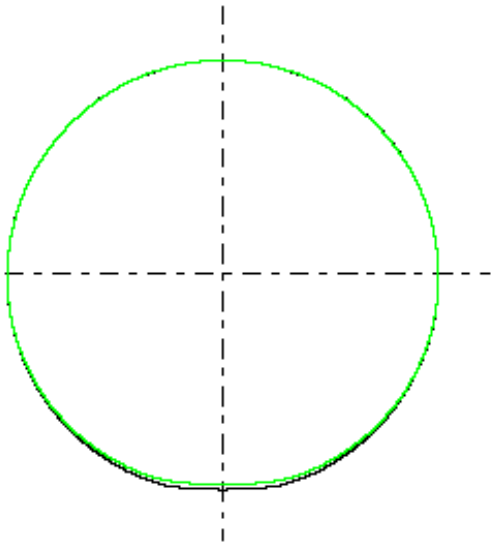
©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

Fachhochschule Münster
FB Bauingenieurwesen, Postfach 3020, 48016 Münster
Programm LINERB 7.2, Autor: Prof. Dr.-Ing. B. Falter
Standsicherheit von Linern nach ATV-M 127-2 (01.2000)
Projekt: DN 300
Position: Zu 1, örtliche Vorverformung, hwSo = 1,5 m

Liz. Nr. FH01LB
Tel. 0251/83-65218

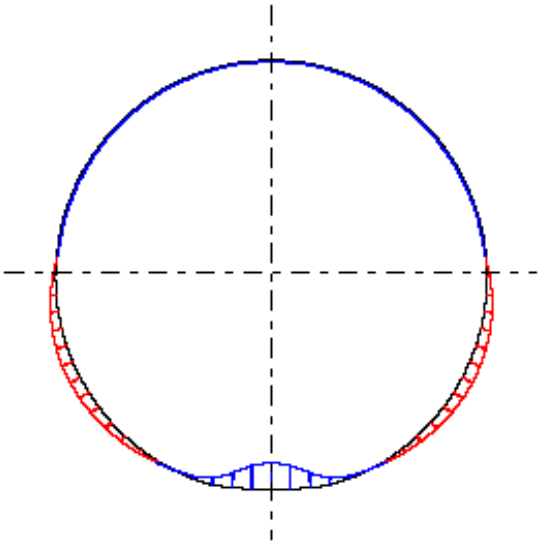
17.02.2009
-A4 -

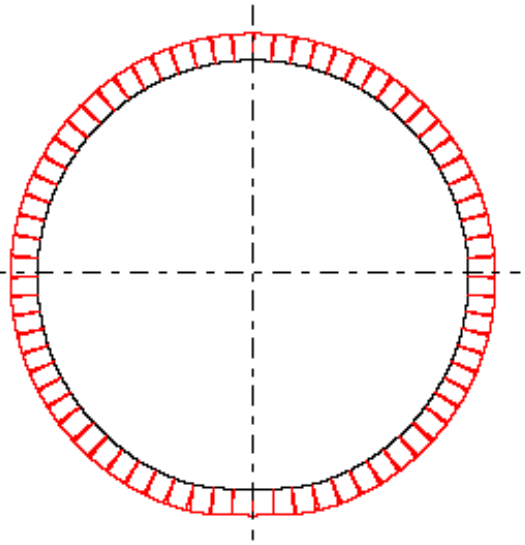




oben: Kontaktkräfte, max|K| = .809 N/cm
unten: M-Linie, max|M| = 8.895 Ncm/cm

Biegelinie, max|w| = .361 cm (nicht überhöht)
N-Linie, max|N| = 21.824 N/cm





©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

B örtliche Vorverformung wv = 2 % des Linerradius, hW,So = 5,0 m

Statische Berechnung eines Liners
nach ATV-M 127-2:2000-01

Program LINERB, Version 7.2

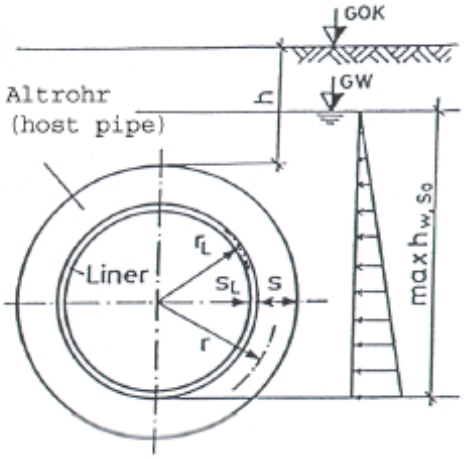
Projekt: DN 300
Haltung: Zu 1, örtliche Vorverformung, hwSo = 5 m
Datum: 17.02.2009

Altrohr, Werkstoff: Beton
Kreisquerschnitt, Nennweite DN 300

Altrohrzustand I

Linerwerkstoff: Synthesefaserlaminat - Wanddicke: sL = 5 mm

Geometrie:



Voraussetzung der statischen Berechnung ist die zutreffende Einschätzung des Altrohrzustandes, die Übereinstimmung der Eingaben mit der Checkliste nach ATV-M 127-2, Anhang A7 sowie die Überprüfung der nach der Aushärtung des Liners erzielten Werkstoffkennwerte und Wanddicken.

Münster, den _____

_____

©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

Fachhochschule Münster
FB Bauingenieurwesen, Postfach 3020, 48016 Münster
Programm LINERB 7.2, Autor: Prof. Dr.-Ing. B. Falter
Standsicherheit von Linern nach ATV-M 127-2 (01.2000)
Projekt: DN 300
Position: Zu 1, örtliche Vorverformung, hwSo = 5 m

Liz. Nr. FH01LB
Tel. 0251/83-65218

17.02.2009
-B1 -

Statische Berechnung von Linern nach Merkblatt ATV-M 127-2 (01.00)

*** Eingaben

*** Altrohr - Kreis**				
Rohrwerkstoff: Beton				
Nennweite	DN		300	mm
Innendurchmesser	di	=	300,00	mm
Altrohrzustand	AZ		I	
*** Liner - Kreis**				
Werkstoff: Synthesefaserlaminat				
Radius (außen)	raL	=	150,0	mm
Wanddicke (ohne Preliner etc.)	sL	=	5,0	mm
Langzeit-E-Modul	EL	=	1400	N/mm²
Querkontraktionszahl	μ	=	0,35	
Langzeit-Biegezugfestigkeit	σbz	=	18,0	N/mm²
Langzeit-Druckfestigkeit	σD	=	25,0	N/mm²
erforderliche Sicherheit	γ	=	1,0	
*** Einbaubedingungen**				
Örtliche Vorverformung des Altrohres				
bzw. des Liners	wv/rL*100	=	2,00	%
Lage der Vorverformung	ϕV	=	180,0	°
Öffnungswinkel (symmetrische Form)	2ϕ1	=	40,0	°
Spaltweite zwischen Altrohr und Liner	ws/rL*100	=	0,50	%
*** Einwirkungen**				
Grundwasser über Sohle	hW,So	=	5,00	m
Wichte der Flüssigkeit	γW	=	10,00	kN/m³
Wichte des Liners	γL	=	0,00	kN/m³
*** berechnete Eingabewerte**				
Liner, mittlerer Radius	rL	=	147,5	mm
Rohrsteifigkeit des Liners (mit rL ermittelt)	SRL	=	4,54E-03	N/mm²
r/s-Verhältnis	rL/sL	=	29,5	
Tiefe der Vorverformung	wv	=	3,0	mm
Spaltweite (Ringspalt)	ws	=	0,7	mm

©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

Fachhochschule Münster
FB Bauingenieurwesen, Postfach 3020, 48016 Münster
Programm LINERB 7.2, Autor: Prof. Dr.-Ing. B. Falter
Standsicherheit von Linern nach ATV-M 127-2 (01.2000)
Projekt: DN 300
Position: Zu 1, örtliche Vorverformung, hwSo = 5 m

Liz. Nr. FH01LB
Tel. 0251/83-65218

17.02.2009
-B2 -

*** Zwischenergebnisse

* Iterationen

(γfache Lasten mit γ =1,00)
maximale Verschiebungsgröße [cm]:

it	9	-1,1013	it	13	-0,6229
it	10	-0,6771	it	14	-0,6240
it	11	-0,6390	it	15	-0,6240
it	12	-0,6280	it	16	-0,6240

Schnittkräfte (rechte Profilhälfte) nach Theorie II. Ordnung

(Alle Schnittkräfte sind auf 1 cm Rohrlänge bezogen.)
Scheitel = Stab 1a, Kämpfer = Stab 19a, Sohle = Stab 36e

Stab	Na [N]	Va [N]	Ma [Ncm]	Stab	Na [N]	Va [N]	Ma [Ncm]
1	-74,91	0,02	0,68	2	-74,91	0,06	0,68
3	-74,91	0,10	0,68	4	-74,91	0,14	0,68
5	-74,91	0,18	0,68	6	-74,91	0,22	0,68
7	-74,91	0,26	0,68	8	-74,91	0,30	0,68
9	-74,90	0,34	0,68	10	-74,90	0,38	0,68
11	-74,90	0,42	0,68	12	-74,90	0,46	0,68
13	-74,89	0,50	0,68	14	-74,89	0,54	0,68
15	-74,89	0,58	0,68	16	-74,88	0,62	0,68
17	-74,88	0,65	0,68	18	-74,88	0,69	0,68
19	-74,89	0,73	0,68	20	-74,88	0,77	0,68
21	-74,88	0,80	0,68	22	-74,87	1,04	0,67
23	-74,89	0,00	0,90	24	-75,07	-2,81	-0,14
25	-75,35	-2,56	-4,48	26	-75,57	-2,30	-8,24
27	-75,73	-2,02	-11,18	28	-75,82	-1,72	-13,29
29	-75,81	-1,42	-13,86	30	-75,70	-1,14	-12,87
31	-75,50	-0,89	-10,42	32	-75,24	-0,67	-6,76
33	-74,85	1,11	-2,25	34	-74,01	5,36	4,82
35	-73,16	6,00	17,13	36	-72,80	2,58	28,78

Stab	Ne [N]	Ve [N]	Me [Ncm]
36	-72,80	2,58	33,52

* maßgebende Schnittgrößen (durch γ dividiert)

	Scheitel	Kämpfer	Sohle	
ΣN	-74,9	-75,8	-72,8	N/cm
ΣM	0,7	-13,9	33,5	Ncm/cm

©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

Fachhochschule Münster
FB Bauingenieurwesen, Postfach 3020, 48016 Münster
Programm LINERB 7.2, Autor: Prof. Dr.-Ing. B. Falter
Standsicherheit von Linern nach ATV-M 127-2 (01.2000)
Projekt: DN 300
Position: Zu 1, örtliche Vorverformung, hwSo = 5 m

Liz. Nr. FH01LB
Tel. 0251/83-65218

17.02.2009
-B3 -

*** Ergebnisse

* Spannungsnachweis Liner

	Scheitel	Kämpfer	Sohle	
N	-7,491	-7,581	-7,280	N/mm
M	0,680	-13,865	33,516	Nmm/mm
σi	-1,333	-4,881	6,679	N/mm²
σa	-1,660	1,774	-9,409	N/mm²
γbZ	99,999	10,148	**2,695**	
γD	15,063	5,121	**2,657**	
erf γ	1,0	1,0	1,0	(M 127-2, Tab. 4)

Bem.: Bei einer Ausgabe von γbZ = 99,999 sind keine Zugspannungen vorhanden.

* Verformungsnachweis

a) spannungslose örtl. Vorverformung	wv	2,95	mm
b) elastische Verformung (+ nach innen)			
nach Theorie II. Ordnung, im Scheitel	wo	0,00	mm
in der Sohle	wu	4,77	mm
c) Gesamtverformung	w	6,24	mm
auf DN bezogen	δv	2,62	%
Anhaltswert für zul δv (ATV-M 127-2, 6.5.2):		10	%

* Stabilitätsnachweis

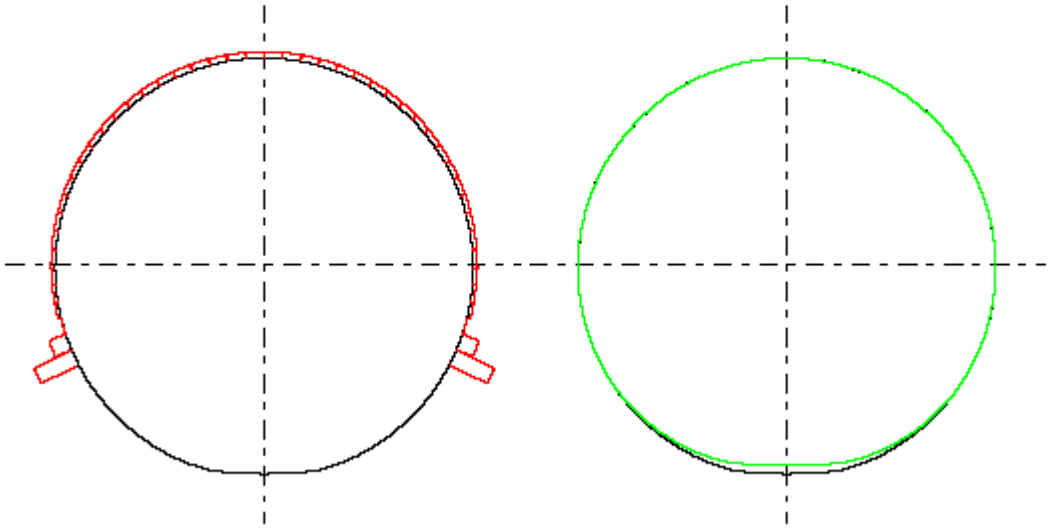
über Linersohle vorhandener Grundwasserdruck	pa	50,00	kN/m²
Durchschlagbeiwert für starr gebettete Liner ohne Vorverformung und ohne Spalt: 2.62*(rL/sL)^0.8 =	αD	39,28	
Durchschlaglast, Liner ohne Vorverformung und ohne Spalt: krit pa =	αD*SL	203,42	kN/m²
zum Vergleich: freier Liner krit pas = 3.0*SL		15,54	kN/m²
Abminderungsfaktoren, Parameter	rL/sL	29,50	
gemeinsamer Faktor für örtliche Vorverformung, und Spaltbildung (vgl. ATV-M 127-2, 6.5.3.1)	κv,s	0,597	
abgeminderte Durchschlaglast κv,s*krit pa		121,50	kN/m²
vorhandene Sicherheit gegen Durchschlagen	vorh γ	**2,43**	
erforderliche Sicherheit	erf γl	1,00	

©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

Fachhochschule Münster
FB Bauingenieurwesen, Postfach 3020, 48016 Münster
Programm LINERB 7.2, Autor: Prof. Dr.-Ing. B. Falter
Standsicherheit von Linern nach ATV-M 127-2 (01.2000)
Projekt: DN 300
Position: Zu 1, örtliche Vorverformung, hwSo = 5 m

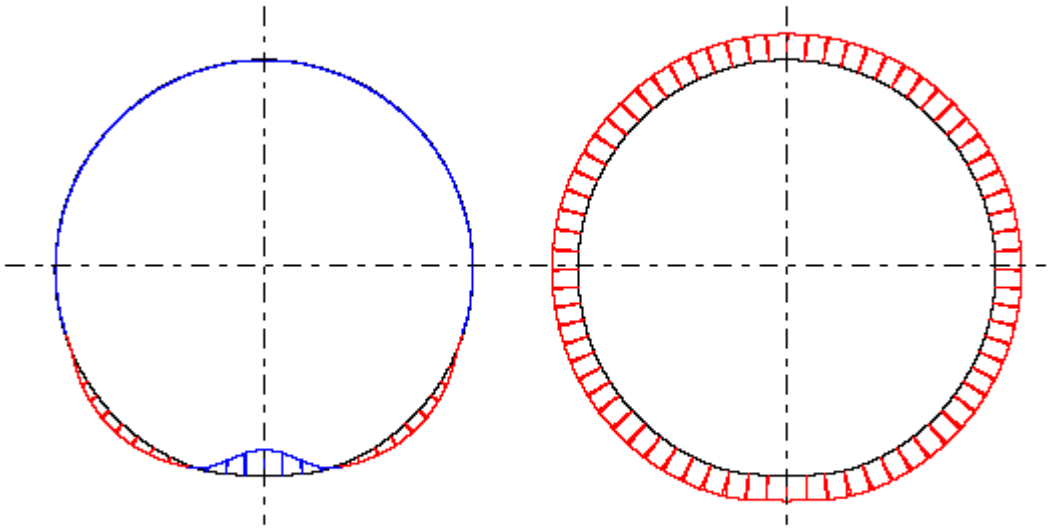
Liz. Nr. FH01LB
Tel. 0251/83-65218

17.02.2009
-B4 -



oben: Kontaktkräfte, max|K| = 3.0565 N/cm
unten: M-Linie, max|M| = 33.52 Ncm/cm

Biegelinie, max|w| = .624 cm (nicht überhöht)
N-Linie, max|N| = 75.82 N/cm



©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

C Längsfalte, hW,So = 5,0 m

Statische Berechnung eines Liners
nach ATV-M 127-2:2000-01

Program LINERB, Version 7.2

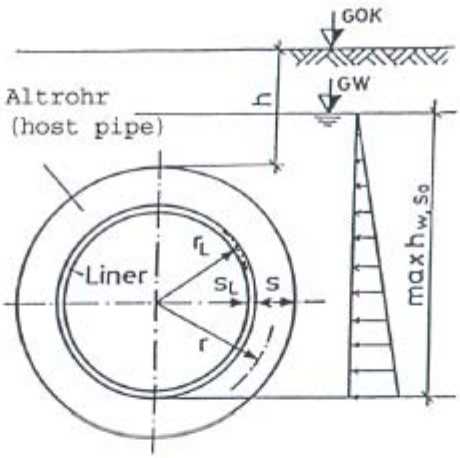
Projekt: DN 300
Haltung: Zu 1, Längsfalte, hwSo = 5 m
Datum: 17.02.2009

Altrohr, Werkstoff: Beton
Kreisquerschnitt, Nennweite DN 300

Altrohrzustand I

Linerwerkstoff: Synthesefaserlaminat - Wanddicke: sL = 5 mm

Geometrie:



Voraussetzung der statischen Berechnung ist die zutreffende Einschätzung des Altrohrzustandes, die Übereinstimmung der Eingaben mit der Checkliste nach ATV-M 127-2, Anhang A7 sowie die Überprüfung der nach der Aushärtung des Liners erzielten Werkstoffkennwerte und Wanddicken.

Münster, den _____

_____

©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

Fachhochschule Münster
FB Bauingenieurwesen, Postfach 3020, 48016 Münster
Programm LINERB 7.2, Autor: Prof. Dr.-Ing. B. Falter
Standsicherheit von Linern nach ATV-M 127-2 (01.2000)
Projekt: DN 300
Position: Zu 1, Längsfalte, hwSo = 5 m

Liz. Nr. FH01LB
Tel. 0251/83-65218

17.02.2009
-C1 -

Statische Berechnung von Linern nach Merkblatt ATV-M 127-2 (01.00)

*** Eingaben

*** Altrohr - Kreis**				
Rohrwerkstoff: Beton				
Nennweite	DN		300	mm
Innendurchmesser	di	=	300,00	mm
Altrohrzustand	AZ		I	
*** Liner - Kreis**				
Werkstoff: Synthesefaserlaminat				
Radius (außen)	raL	=	150,0	mm
Wanddicke (ohne Preliner etc.)	sL	=	5,0	mm
Langzeit-E-Modul	EL	=	1400	N/mm²
Querkontraktionszahl	μ	=	0,35	
Langzeit-Biegezugfestigkeit	σbz	=	18,0	N/mm²
Langzeit-Druckfestigkeit	σD	=	25,0	N/mm²
erforderliche Sicherheit	γ	=	1,0	
*** Einbaubedingungen**				
Örtliche Vorverformung des Altrohres bzw. des Liners	wv/rL*100	=	0,00	%
örtliche Verformung im Rohrscheitel	hv	=	20,00	mm
Öffnungswinkel	2ϕv	=	10,0	°
Spaltweite zwischen Altrohr und Liner	ws/rL*100	=	0,50	%
*** Einwirkungen**				
Grundwasser über Sohle	hW,So	=	5,00	m
Wichte der Flüssigkeit	γW	=	10,00	kN/m³
Wichte des Liners	γL	=	0,00	kN/m³
*** berechnete Eingabewerte**				
Liner, mittlerer Radius	rL	=	147,5	mm
Rohrsteifigkeit des Liners (mit rL ermittelt)	SRL	=	4,54E-03	N/mm²
r/s-Verhältnis	rL/sL	=	29,5	
Tiefe der Vorverformung	wv	=	0,0	mm
Spaltweite (Ringspalt)	ws	=	0,7	mm

©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

Fachhochschule Münster
FB Bauingenieurwesen, Postfach 3020, 48016 Münster
Programm LINERB 7.2, Autor: Prof. Dr.-Ing. B. Falter
Standsicherheit von Linern nach ATV-M 127-2 (01.2000)
Projekt: DN 300
Position: Zu 1, Längsfalte, hwSo = 5 m

Liz. Nr. FH01LB
Tel. 0251/83-65218

17.02.2009
-C2 -

*** Zwischenergebnisse

* Iterationen

(γfache Lasten mit γ =1,00)
maximale Verschiebungsgröße [cm]:

it	15	0,7860	it	19	1,1668
it	16	0,9285	it	20	1,1697
it	17	1,1181	it	21	1,1708
it	18	1,3183	it	22	1,1709

Schnittkräfte (rechte Profilhälfte) nach Theorie II. Ordnung

(Alle Schnittkräfte sind auf 1 cm Rohrlänge bezogen.)
Scheitel = Stab 1a, Kämpfer = Stab 19a, Sohle = Stab 36e

Stab	Na [N]	Va [N]	Ma [Ncm]	Stab	Na [N]	Va [N]	Ma [Ncm]
1	-31,71	-59,68	157,81	2	-60,04	-40,77	58,00
3	-74,31	1,37	10,63	4	-74,72	1,67	3,89
5	-75,13	2,00	-2,78	6	-75,50	2,35	-9,13
7	-75,83	2,71	-14,95	8	-76,10	3,09	-20,04
9	-76,31	3,48	-24,22	10	-76,45	3,88	-27,33
11	-76,51	4,29	-29,27	12	-76,49	4,69	-29,96
13	-76,39	5,08	-29,37	14	-76,22	5,46	-27,54
15	-75,97	5,83	-24,53	16	-75,66	6,17	-20,45
17	-75,30	6,49	-15,44	18	-74,89	6,78	-9,69
19	-74,53	4,55	-3,41	20	-74,39	-1,25	1,14
21	-74,40	-1,13	0,87	22	-74,41	-0,90	0,68
23	-74,42	-0,82	0,66	24	-74,42	-0,82	0,68
25	-74,42	-0,80	0,68	26	-74,42	-0,77	0,68
27	-74,42	-0,74	0,68	28	-74,42	-0,73	0,68
29	-74,35	-0,69	0,68	30	-74,36	-0,64	0,68
31	-74,36	-0,59	0,68	32	-74,36	-0,54	0,68
33	-74,36	-0,49	0,68	34	-74,36	-0,44	0,68
35	-74,31	-0,39	0,68	36	-74,31	-0,33	0,67
37	-74,31	-0,27	0,67	38	-74,31	-0,21	0,67
39	-74,31	-0,15	0,67	40	-74,31	-0,09	0,67
41	-74,31	-0,03	0,67				

Stab	Ne [N]	Ve [N]	Me [Ncm]
41	-74,31	-0,03	0,67

* maßgebende Schnittgrößen (durch γ dividiert)

	Scheitel	Kämpfer	Sohle	
ΣN	-31,7	-31,7	-74,3	N/cm
ΣM	157,8	157,8	0,7	Ncm/cm

©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

Fachhochschule Münster
FB Bauingenieurwesen, Postfach 3020, 48016 Münster
Programm LINERB 7.2, Autor: Prof. Dr.-Ing. B. Falter
Standsicherheit von Linern nach ATV-M 127-2 (01.2000)
Projekt: DN 300
Position: Zu 1, Längsfalte, hwSo = 5 m

Liz. Nr. FH01LB
Tel. 0251/83-65218

17.02.2009
-C3 -

*** Ergebnisse

* Spannungsnachweis Liner

	Scheitel	Kämpfer	Sohle	
N	-3,171	-3,171	-7,431	N/mm
M	157,814	157,814	0,675	Nmm/mm
σi	37,669	37,669	-1,322	N/mm²
σa	-38,081	-38,081	-1,646	N/mm²
γbZ	0,478	0,478	99,999	
γD	0,656	0,656	15,185	
erf γ	1,0	1,0	1,0	(M 127-2, Tab. 4)

Bem.: Bei einer Ausgabe von γbZ = 99,999 sind keine Zugspannungen vorhanden.

* Verformungsnachweis

a) spannungslose örtl. Vorverformung	wv	0,00	mm
b) elastische Verformung (+ nach innen)			
nach Theorie II. Ordnung, im Scheitel	wo	11,71	mm
in der Sohle	wu	1,48	mm
c) Gesamtverformung	w	13,18	mm
auf DN bezogen	δv	4,47	%
Anhaltswert für zul δv (ATV-M 127-2, 6.5.2):		10	%

* Stabilitätsnachweis

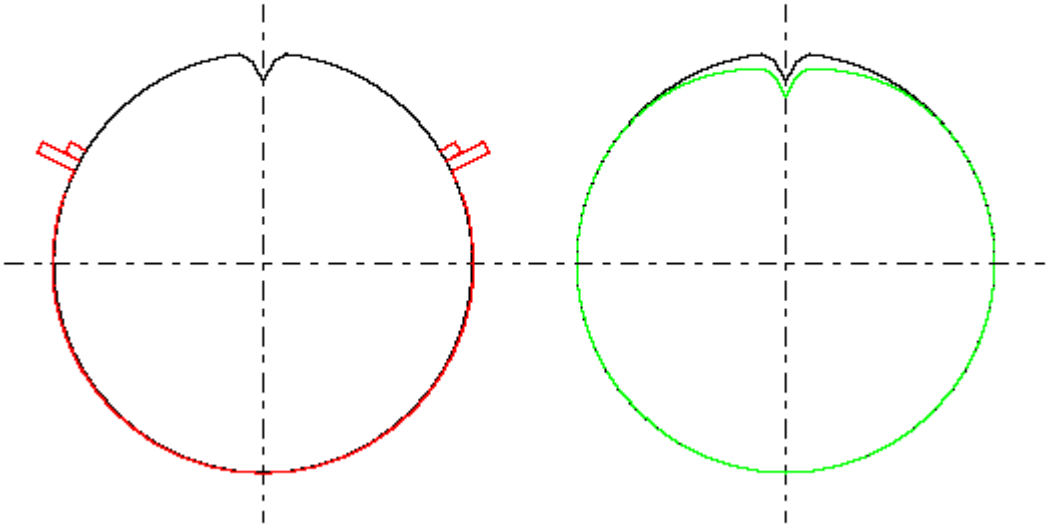
(mit der Standard-Vorverformung wv der Sohle)			
über Linersohle vorhandener Grundwasserdruck	pa	50,00	kN/m²
Durchschlagbeiwert für starr gebettete Liner ohne Vorverformung und ohne Spalt: 2.62*(rL/sL)^0.8 =	αD	39,28	
Durchschlaglast, Liner ohne Vorverformung und ohne Spalt: krit pa =	αD*SL	203,42	kN/m²
zum Vergleich: freier Liner krit pas = 3.0*SL		15,54	kN/m²
Abminderungsfaktoren, Parameter	rL/sL	29,50	
Faktor für örtliche Vorverformung (Diagramm D1)	κv	1,000	
Faktor für Ovalisierung (Diagramm D2)	κGR,v	1,000	
Faktor für Spaltbildung (Diagramm D3)	κs	0,742	
abgeminderte Durchschlaglast κv*κGR,v*κs*krit pa		151,03	kN/m²
vorhandene Sicherheit gegen Durchschlagen	vorh γ	3,02	
erforderliche Sicherheit	erf γl	1,00	

©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH

Fachhochschule Münster
FB Bauingenieurwesen, Postfach 3020, 48016 Münster
Programm LINERB 7.2, Autor: Prof. Dr.-Ing. B. Falter
Standsicherheit von Linern nach ATV-M 127-2 (01.2000)
Projekt: DN 300
Position: Zu 1, Längsfalte, hwSo = 5 m

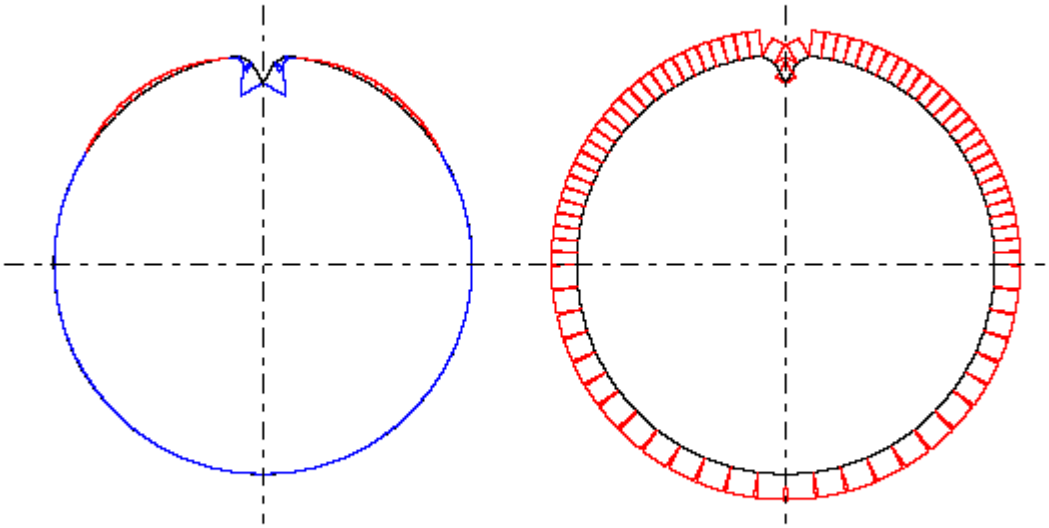
Liz. Nr. FH01LB
Tel. 0251/83-65218

17.02.2009
-C4 -



oben: Kontaktkräfte, max|K| = 6.046 N/cm
unten: M-Linie, max|M| = 157.81 Ncm/cm

Biegelinie, max|w| = 1.1709 cm (nicht überhöht)
N-Linie, max|N| = 76.51 N/cm



©3/2009 Alle Rechte vorbehalten IKT gGmbH