

Prüfbericht: P07092

- Statische Berechnung -

Gelsenkirchen, den 9. April 2018

Auftraggeber: FAST OPTICOM AG
Leonhard-Weiss-Str. 22
73037 Göppingen

Prüfauftrag Nr: P07092

Bezeichnung des Prüfauftrags: Statische Berechnung eines Saertex
S+-Liners in einem Betonkanal DN 300
mit eingebauten Glasfaserkabeln
im Altrohrzustand II

Datum des Auftrages: 13. März 2018

Dieser Bericht besteht aus 7 Seiten

Der Prüfbericht darf auszugsweise nur mit schriftlicher Genehmigung der IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH vervielfältigt werden.



Dipl.-Ing. D. Homann
(Leiter der Prüfstelle)



Dr.-Ing. M. Klameth
(Statik)

1. Veranlassung

Die FAST Opticom AG plant, baut und betreibt unterirdische Netze aus Glasfaserkabeln, die in Abwasserkanälen und –leitungen eingebaut werden, ohne die vorhandene Bausubstanz zu beeinträchtigen. Die Glasfaserkabel sind in Schutzrohren aus Stahl mit einem Außendurchmesser von ca. 15 mm verlegt, die mit Hilfe von Stahlspannbändern im Scheitelbereich der Abwasserkanäle in Position gehalten werden. In den Abwasserschächten werden die Schutzrohre über Spanneinrichtungen (Schachtanker) befestigt, die zusätzlich eine Umlenkvorrichtung enthalten, um die Glasfaserkabel in einem geeigneten Biegeradius auf die Schachtwand zu führen. Da alle erforderlichen Montageelemente für die Installation der Glasfaserkabel in den Abwasserkanälen und -schächten verbleiben, stellt sich die Frage nach dem Einfluss dieser Komponenten auf die Tragfähigkeit eines Liners für den Sanierungsfall des Altrohres.

Um zu überprüfen, ob der Einbau eines Schlauchliners durch bereits montierte Glasfaserkabel in einem Abwasserkanal beeinträchtigt wird oder ob es während der Schlauchlinersanierung zu einer nachteiligen Beanspruchung der Glasfaserkabel kommt, hat die FAST Opticom AG das IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH, bereits im Februar 2014 mit der Begutachtung und Dokumentation des Einbaus eines Saertex-Liners Typ S in eine oberirdisch verlegten Versuchsstrecke beauftragt [1]. Die für die statische Beurteilung der Tragfähigkeit des Liners erforderlichen geometrischen Randbedingungen für die im Kanal verlegten Kabelschutzrohre sind diesem Prüfbericht entnommen. Die diesem Bericht zugrunde liegende statische Berechnung wird jedoch abweichend für die Materialparameter des Saertex Liners Typ S+ durchgeführt.

2. Unterlagen

- [1] P05397 – Prüfbericht: „Einbaus eines Saertex S-Liners in eine Haltung mit bereits verlegtem Glasfaserkabel“, IKT, April 2014
- [2] Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung des Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt), Nr. Z-42.3-350, Saertex -Liner® vom 13.09.2017
- [3] DWA A 143 - 2, 2015-07, „Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden Teil 2: Statische Berechnung zur Sanierung von Abwasserleitungen und –kanälen mit Lining- und Montageverfahren“
- [4] DIN EN ISO 11296-4:2011-07: Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Renovierung von erdverlegten drucklosen Entwässerungsnetzen (Freispiegelleitungen) – Teil 4: Vor Ort härtendes Schlauch-Lining

3. System und Annahmen

3.1 System

Für die Berechnung wird ein kreisrunder Betonkanal DN 300 im Altrohrzustand II betrachtet. Im Scheitel befinden sich in einem Abstand von ca. 10 mm voneinander entfernt zwei Kabelschutzrohre mit einem Außendurchmesser von je ca. 15 mm, die mit Hilfe von Stahlschellen an der Innenseite des Betonkanals angebracht sind (siehe Abbildung 1). An den Rohrenden befinden sich die Spannvorrichtungen, die ca. 30 mm in den Rohrquerschnitt hineinragen (siehe Abbildung 2). Der Verlauf des Liners im Bereich der Schutzrohre und der Spannvorrichtung, der für die Berechnung verwendet wird, ist in Abbildung 3 dargestellt.



Abbildung 1: Verlegte Schutzrohre im Kanal hinter dem Liner [1]



Abbildung 2: Spanneinrichtung im Kanal hinter dem Liner mit Vermaßung [1]

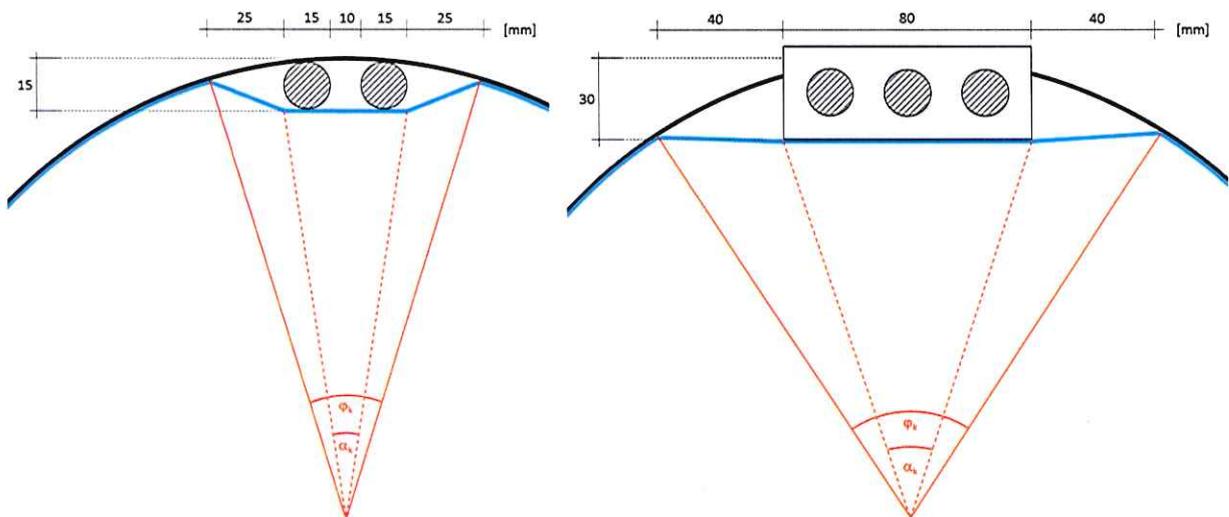


Abbildung 3: Schematische Darstellung des Liners (blau) im Bereich der Schutzrohre und der Spannvorrichtung im Altrohr (schwarz) mit Vermaßung

3.2 Altrohr:

Profiltyp:	Kreis
Material:	Beton
Nennweite:	$d_i = 300$ [mm]
Wichte :	$\gamma = 24$ [kN/m ³]
E-Modul:	$E = 30.000$ [N/mm ²]

Zustand: Es liegen keine Bilder des Altkanals vor. Der Liner ist nach Vorgabe des Auftraggebers für den Altrohrzustand II nachzuweisen. Für die Imperfektionen werden die in [3] angegebenen Standard-Werte verwendet. Es wird davon ausgegangen, dass der Kanal außer Längsrissen und den angesetzten Imperfektionen keinerlei weitere statisch relevante Schäden aufweist.

3.3 Liner:

Material:	Glasfaserverstärkter Kunststoff
E-Modul:	$E_{K,k} = 20.500$ [N/mm ²] (Kurzzeit)
E-Modul:	$E_{L,k} = 16.000$ [N/mm ²] (Langzeit)
Querdehnzahl:	$\mu = 0,35$ [-]
Wichte :	$\gamma_L = 16,0$ [kN/m ³]
Biegezugfestigkeit:	$\sigma_{b,z,k} = 210$ [N/mm ²] (Langzeit)
Druckfestigkeit:	$\sigma_{D,k} = 210$ [N/mm ²] (Langzeit) (k. A. in DIBT-Zulassung)
Einbau:	Schlauchliner, nicht mit dem Altrohr verklebt.

3.4 Lokale Imperfektionen:

Örtliche Vorverformung:	$w_V = 2,0$ [%]
Öffnungswinkel:	$\varphi = 40^\circ$ bei Lage 180°
Gelenkringverformung:	$w_{GR,v} = 3,0$ [%]
konstanter Ringspalt:	$w_S = 0,5$ [%]

(Standardwerte für Imperfektionen nach [3]: Die Richtigkeit dieser Annahmen ist zu überprüfen. Bei Abweichungen auf der unsicheren Seite (größere Werte) ist diese Statik nicht mehr gültig.)

3.5 Sicherheitsbeiwerte für die Einwirkung:

ständig:	$\gamma_{F,G} = 1,35$ [-]
veränderlich:	$\gamma_{F,Q} = 1,50$ [-]
Widerstände:	$\gamma_M = 1,35$ [-]

3.6 Lasten aus Wasseraußendruck:

Grundwasser ü. Sohle:	$h_{W,S_0} = 1,50$ [m]
Wichte:	$\gamma_W = 10$ [kN/m ³]

3.7 Annahmen für die Linergeometrie im Scheitelbereich

Das Vorhandensein der Kabelschutzrohre im Rohr-Liner-System stellt analog zum Ansatz der lokalen Imperfektionen eine Beeinträchtigung der Linerstabilität dar. Die zur Berechnung benötigten Angaben sind aus Abbildung 3 abgeleitet:

Bereich der Schutzrohre:

Gesamtöffnungswinkel φ_k :	$17,3^\circ$
Innerer Öffnungswinkel α_k :	$8,0^\circ$
Höhe des Kabelkanals h_k :	15 mm

$$\text{berechnet mit: } \sin\left(\frac{\varphi_k}{2}\right) = \frac{10/2 + 15 + 25}{300} \quad \text{und} \quad \tan\left(\frac{\alpha_k}{2}\right) = \frac{10/2 + 15}{300 - 15} \quad \text{Gl. (1) \& (2)}$$

(Vermaßung siehe Abbildung 3)

Bereich der Spanneinrichtung:

Gesamtöffnungswinkel φ_k :	$31,0^\circ$
Innerer Öffnungswinkel α_k :	$17,0^\circ$
Höhe des Kabelkanals h_k :	30 mm

(Berechnung der Winkel siehe Schutzrohre)

4. Berechnung

4.1 Allgemeines

Die Berechnung der minimal statisch erforderlichen Wanddicke t_L des Liners wurde mit dem Programm LinerB v. 8.7 durchgeführt. Die Statik mit der Berechnung des jeweils kritischen Lastfalls ist diesem Bericht beigelegt.

4.2 Lastfälle

Die Berechnung erfolgt unter Annahme der standardmäßig nach DWA-A 143-2 anzusetzenden Imperfektionen für den Altrohrzustand II sowie des Ansatzes des Mindestwasserdrucks ($h_{w,min} = 1,5$ m). Folgende Lastfälle werden betrachtet:

- A: Berechnung des Liners ohne Kabelschutzrohre zum Vergleich
- B: Berechnung des Liners mit Kabelschutzrohre
- C: Berechnung des Liners mit Spanneinrichtung

4.3 Ergebnisse

Die Werte Berechnungsergebnisse der Lastfälle A bis C sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Variante	Wasserdruck	Linerwand- dicke t	Ausnutzungsgrad			Verformung	
	$h_{w,s0}$		Zug- spannung	Druck- spannung	Stabilität	$\delta_{v,el}$	$\delta_{v,ges}$
	[m]		[-]	[-]	[-]	[%]	[%]
A	1,5	3,0	0,075	0,088	0,113	0,62	4,62
B	1,5	3,0	0,184	0,194	0,113	0,81	4,81
C	1,5	3,0	0,345	0,535	0,113	1,51	5,51

Tabelle 1: Ergebnisse für den Lastfall Mindestwasserdruck

Aufgrund der hohen Materialkennwerte des SAERTEX-Liners Typ S+ für den E-Modul und die Druck- bzw. Biegezugfestigkeit zeigen die Berechnungsergebnisse, dass die notwendige Sicherheit für den Lastfall Mindestwasserdruck ($h_{w,s0} = 1,5$ m) bereits bei Ansatz der kleinsten zulässigen Linderdicke von $t_{min} = 3,0$ mm [4] gegeben ist. Die Berechnungen der Lastfälle B und C ergeben im Vergleich zum Lastfall A ohne Kabelschutzrohre eine geringfügige Erhöhung der Verformung und einen erhöhten Ausnutzungsgrad der Spannungen im Liner im Scheitel des Altrohres.

5. Abschließende Bemerkungen

Im Rahmen dieser statischen Berechnung wird die Standsicherheit eines SAERTEX Liners Typ S+ zur Sanierung eines Betonkanals DN 300 nachgewiesen. Als Belastung wird der Mindestwasserdruck von $h_{w,so} = 1,5$ m angesetzt.

Die Berechnungen ergeben für die Spannungs- und Stabilitätsnachweise ausreichende Sicherheiten bei Ansatz der Mindestwanddicke von 3,0 mm. Der Anhaltswert der zulässigen Verformung von $\delta_{v,ges} = 10$ % wird eingehalten.

Voraussetzung für die Einhaltung des Nachweises nach Altrohrzustand II sind zutreffende Annahmen der Langzeitkennwerte für den E-Modul und die Biegezugfestigkeit.

Die Ergebnisse dieser statischen Berechnung gelten nur für die in Abschnitt 3 beschriebenen Eingangsparameter. Es ist vor Einbau des Liners vom Auftraggeber zu prüfen, ob diese zugrunde gelegten Parameter den Bedingungen auf der Baustelle entsprechen. Sollten sich bei erneuter Inspektion, im Rahmen der Qualitätssicherung oder bei bekannt werden anderer Lastzustände ungünstigere Werte herausstellen, so sind erneute Berechnungen durchzuführen.