



Dicht oder nicht? Prüfung der Wasser-Dichtheit im IKT-Labor

15 Jahre IKT-LinerReport

# Schlauchliner-Qualität: Aufwärtstrend gebrochen?

Mehr als zehn Jahre lang wurden Schlauchliner besser und besser. Aber aktuelle Prüfergebnisse fallen teils schwächer aus. Vorzeichen für eine Trendumkehr?

Von Roland W. Waniek, Dieter Homann und Barbara Grunewald

Vor fünfzehn Jahren veröffentlichte das IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur seinen ersten LinerReport, und diese Übung wiederholt sich seitdem Jahr für Jahr. In diese Berichte flossen die Prüfergebnisse von insgesamt rund 23.000 Baustellenproben ein. Dies entspricht schätzungsweise 2 bis 2,5 Millionen sanierter Kanalmeter. Die Proben werden auf Baustellen kurz nach

dem Einbau entnommen und in den beiden IKT-Prüflaboren in Deutschland und in den Niederlanden (seit 2013) anhand von vier Prüfkriterien untersucht: E-Modul, Biegefestigkeit, Wanddicke und Wasser-Dichtheit (vgl. Infobox). Auf diese Kernprüfkriterien haben sich Mitte der 2000er Jahre Fachleute aus Kommunen, Ingenieurbüros, Hersteller- und Anwenderfirmen sowie Prüflabore geeinigt.

## Datenbasis IKT-LinerReport 2018

- Anzahl Schlauchliner-Proben: 2.125
- davon: 1.870 GFK-Liner und 255 Nadelfilz-Liner
- Mindestmenge: je Sanierungsfirma 25 Linerproben eines Typs von fünf verschiedenen Baustellen
- Probeneinsender: 72% Bauherren, 28% Sanierungsfirmen
- Herkunftsländer: Belgien, Deutschland, Großbritannien, Niederlande, Schweiz, Tschechische Republik

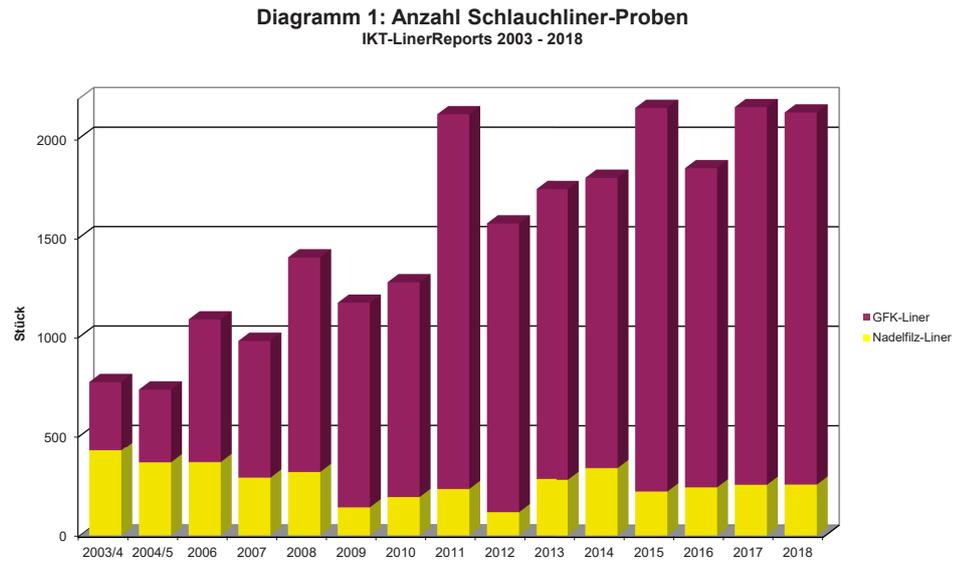
Sie wurden ausgewählt, weil sie eine hohe Aussagekraft über die Baustellenqualität von Schlauchlinern besitzen. Zudem sind sie schnell und preiswert durchzuführen. Mittlerweile sind die Prüfnormen in das DWA-Regelwerk (DWA A 143-3 und M 144-3) und in die Zulassungskriterien des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt), der bauaufsichtlichen Zulassungsstelle für Schlauchliner, aufgenommen.

Die IKT-LinerReports sind jährliche Zusammenfassungen der Prüfergebnisse, die das IKT ermittelt und anhand von Vergleichen mit den Soll-Werten für jedes Probestück bewertet hat. Dargestellt wird, wie Sanierungsfirmen bei den vier Prüfkriterien in einem Kalenderjahr abgeschnitten haben. So wird sowohl der Leistungsstand der Schlauchliner-Branche als auch einzelner Firmen übersichtlich aufgezeigt. IKT-LinerReports dienen somit der Markttransparenz für die Fachöffentlichkeit, vor allem für die Nachfrageseite, also für die Betreiber von Abwassernetzen.

### Qualitätsdebatte zeigt Wirkung

Nicht zuletzt ausgelöst durch die frühen IKT-LinerReports wurde noch bis Mitte der 2000er Jahre hinein heftig um das Ob und Wie der Schlauchliner-Prüfungen gestritten. Unterschiedliche wirtschaftliche Interessen und Qualitätsansprüche kollidierten miteinander, zum einen zwischen Anbieter- und Kundenseite und zum anderen zwischen den Anbietern untereinander, die um ihre Marktanteile kämpften.

Vor allem die Netzbetreiber verlangten ein hohes Qualitätsniveau mit entsprechenden



Qualitätsprüfungen, da der Anspruch der Schlauchliner-Branche ist, zuverlässige und langlebige Kanalsanierungen für bis zu 50 Jahre Nutzungsdauer zu liefern. Daher setzen sich die Netzbetreiber mit ihrer Forderung nach Tests der eingebauten Liner auf Standfestigkeit und Wasser-Dichtheit durch: Tests anhand von Baustellenproben, die festgelegten Richtlinien entsprechen und nicht von den Sanierungsfirmen selbst, sondern von unabhängigen Dritten durchgeführt werden sollen.

### Blick zurück auf 15 Jahre

Von den etwa 23.000 Baustellenproben, die in die IKT-LinerReports eingeflossen sind, stammen rund 82% von glasfaser-verstärkten Linern (GFK) und 18% von Nadelfilz-

Linern (NF). Waren anfangs noch beide Trägermaterialarten fast gleich stark vertreten, so überwiegen ab 2006 zunächst leicht, später dann aber eindeutig die GFK-Liner (vgl. Diagramm 1). Dies spiegelt in erster Linie die Entwicklung auf dem deutschen Markt wider, aber auch andere Märkte folgen diesem Trend nach und nach. So verzeichnen zum Beispiel die Niederlande und die Schweiz starke GFK-Zuwächse.

### Gesamtentwicklung positiv

Die Gesamtentwicklung der Prüfergebnisse über die letzten 15 Jahre ist positiv. Noch Mitte der 2000er Jahre bestanden 15 bis 17 Prozent aller Schlauchliner die Prüfungen nicht. Inzwischen hat sich die Durchfallquote

#### Infobox: Die Schlauchliner-Prüfkriterien im Überblick

##### E-Modul (Kurzzeit-Biegemodul)

- Schlauchliner müssen tragfähig sein gegen Lasten wie Grundwasser, Straßenverkehr, Erddruck
- Elastizitätsmodul ist ein Kennwert für Tragfähigkeit
- ist er zu gering, kann Standsicherheit gefährdet sein
- Prüfmethode: Drei-Punkt-Biegeversuch nach DIN EN ISO 178 und DIN EN ISO 11296-4

Ergebnisse: siehe Tab. 1

##### Biegefestigkeit (Biegespannung beim Bruch = Kurzzeit- $\sigma_{fb}$ )

- kennzeichnet den Punkt, an dem Liner wegen zu hoher Spannung versagt
- wenn Biegefestigkeit zu gering, kann Liner brechen, noch bevor max. Verformung erreicht ist
- Prüfmethode: Laststeigerung im Drei-Punkt-Biegeversuch bis zum Versagen; nach DIN EN ISO 178 und DIN EN ISO 11296-4

Ergebnisse: siehe Tab. 1

##### Wanddicke (mittlere Verbunddicke)

- zu geringe Wanddicke kann Standsicherheit gefährden
- Mindestwert wird in der statischen Berechnung festgelegt
- Wanddicke und E-Modul bestimmen gemeinsam die Steifigkeit des Liners
- Prüfmethode: mit Präzisionschieblehre wird mittlere Verbunddicke nach DIN EN ISO 11296-4 gemessen

Ergebnisse: siehe Tab. 1

##### Wasser-Dichtheit

- Innenfolie einschneiden, sofern nicht integraler Bestandteil des Liners
- Außenfolie entfernen oder einschneiden, sofern vorhanden und nicht integraler Bestandteil des Liners
- rot gefärbtes Wasser innen auftragen
- außen 0,5 bar Unterdruck aufbringen
- Liner ist undicht, wenn Wasser durchdringt
- Prüfdauer: 30 min.

Ergebnisse: siehe Tab. 1

Eine detaillierte Beschreibung dieser Prüfungen finden Sie auf der IKT-Webseite: [www.ikt.de/Linerpruefung](http://www.ikt.de/Linerpruefung)



Wanddicken-Messung: erfordert besonders hohe Präzision

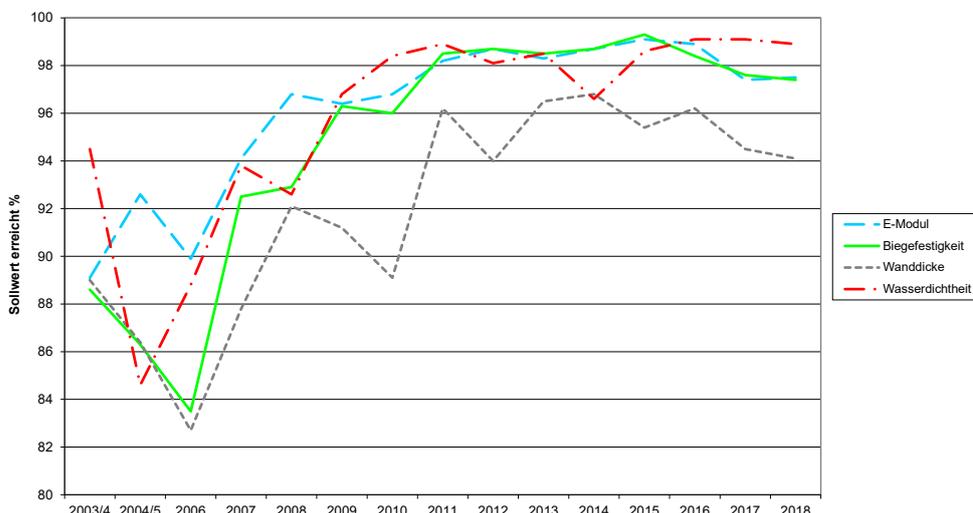
auf 1 bis 6 Prozent reduziert. Dies ist ein erfreuliches Gesamtbild. Es wird allerdings dadurch leicht getrübt, dass nach sehr guten, zum Teil an 100 Prozent heranreichenden Erfolgsquoten, der Anteil nicht bestandener Prüfungen in der zweiten Hälfte der 2010er Jahre erkennbar zunimmt, mit Ausnahme des Prüfkriteriums Wasser-Dichtheit (vgl. Diagramm 2).

### 15 Jahre und ein gebrochener Trend?

Die Entwicklung der Schlauchliner-Qualität ist in den letzten 15 Jahren durch zwei Phasen gekennzeichnet: Zunächst durch eine starke Verbesserung von 2003/04 bis 2013/15 und danach durch eine zweite Phase leicht abnehmender Erfolgsquoten. Deutlich wird dies auch, wenn man betrachtet, wie viele Sanie-

rungsfirmen die Tests mit allen ihren Proben bestehen. So gelang es 2015 fast 70% der Firmen, das Prüfkriterium E-Modul mit allen eingesandten Proben zu bestehen. Von da an kehrte sich der Trend um und der Anteil der Firmen mit allen Proben „bestanden“ reduzierte sich bis 2018 auf gut 35% (vgl. Diagramm 3). Ähnliche Trends sind auch bei den anderen drei Prüfkriterien zu beobachten: Im Jahr 2011 bestanden 75% der Sanierungsfirmen alle Biegefestigkeits-Prüfungen, sieben Jahre später sind es nur noch 45%. Bei der Wanddicke war 2013 das beste Jahr mit 53% Firmen, die diese Tests mit allen ihren Proben bestanden, hingegen sind es 2018 lediglich 35%. Nur bei der Wasser-Dichtheit ist der Rückgang etwas geringer, nämlich von 70% der Firmen im Jahr 2010 auf 55% im Jahr 2018 (vgl. Diagramm 3).

**Diagramm 2: Prüfergebnisse Gesamt**  
- Anteil der Proben, die Sollwert erreichen -



### Sorgenkind Wanddicke

Das Prüfkriterium Wanddicke fällt über alle 15 Jahre des IKT-LinerReports am schwächsten aus. Hier sind durchgehend die geringsten „Bestanden“-Quoten zu verzeichnen. Zwar sind die Ergebnisse der Wanddicken-Prüfungen heutzutage besser als vor 15 Jahren, aber mit einer Erfolgsquote von 94% bestandener und 6% nicht-bestandener Prüfung in 2018 bleibt die Wanddicke das Kriterium mit den schlechtesten Ergebnissen. Man muss

sich vor Augen halten, dass diese Durchfallquote in Höhe von 6% bedeutet, dass ungefähr jeder 15. Liner die vom Auftraggeber geforderte Wanddicke nicht erreicht (vgl. Diagramm 2).

### Vergleich GFK- versus Nadelfilz-Liner

Sowohl GFK- als auch Nadelfilz-Liner (NF) sind über die letzten 15 Jahre besser geworden. Bei den NF-Linern fällt diese Verbesserung stärker aus, allerdings ausgehend von einem niedrigeren Anfangsniveau als bei GFK-Linern. Letztere bewegen sich über fast alle Jahre hinweg in einem engen Band von 95 bis 99 Prozent „bestanden“. Einzige Ausnahme ist die Wanddicke, die bei den GFK-Linern deutlich schwächer ausfällt als die anderen drei Prüfkriterien (vgl. Diagramme 4 und 5).

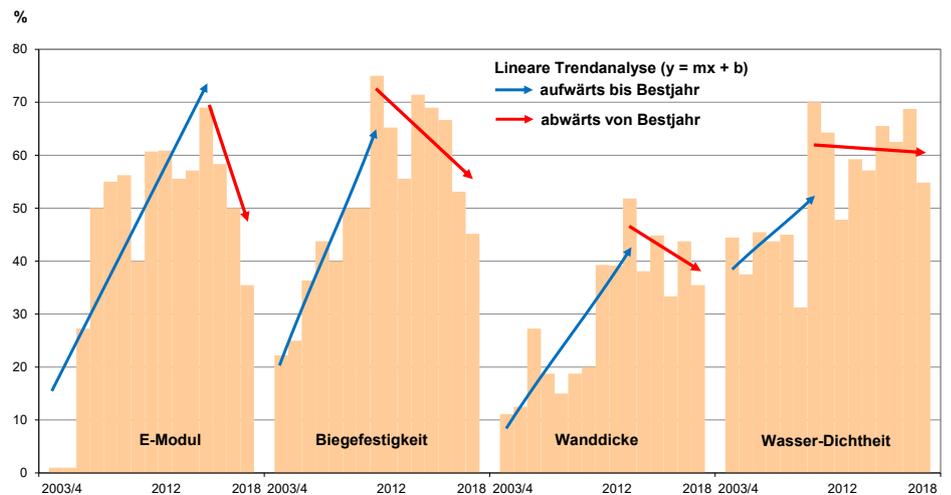
NF-Liner weisen demgegenüber eine deutlich höhere Varianz ihrer Prüfergebnisse über die Zeit auf. Erst in den letzten drei Jahren pendeln sich die Ergebnisse der vier Kriterien auf einem hohen Niveau zwischen 95 und 100 Prozent ein. Bemerkenswert ist, dass seit zwei Jahren kein NF-Liner mehr bei der Wasser-Dichtheit durchgefallen ist. Ein Kriterium, das über viele Jahre nicht zu den Stärken der NF-Liner gehörte (vgl. Diagramm 5).

### Prüfergebnisse 2018

In den neuesten IKT-LinerReport fließen mehr als 2.100 Schlauchlinerproben ein, die im Jahr 2018 auf Baustellen zwecks Qualitätskontrolle entnommen und von der IKT-Prüfstelle für Schlauchliner untersucht wurden. Wie in den Vorjahren auch, werden für jede Baustellenprobe E-Modul, Biegefestigkeit, Wanddicke und Wasser-Dichtheit bestimmt. Die Prüfergebnisse werden verglichen mit den jeweiligen Soll-Werten aus den DIBt-Zulassungen (Niederlande: KOMO-Zertifikat; Schweiz: QUIK-Richtlinie) oder Auftraggeber-Angaben, z.B. statische Berechnungen.

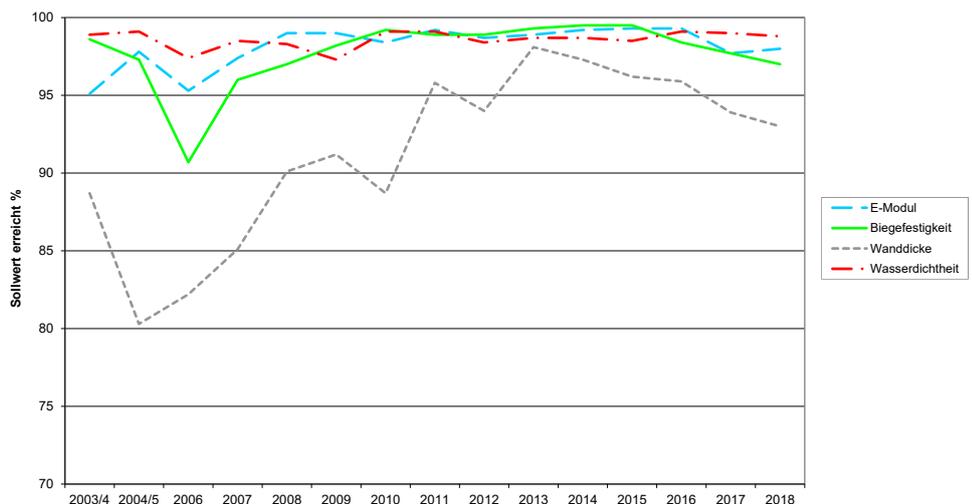
Die Tabellen 1 und 2 stellen die Prüfergebnisse für jede Sanierungsfirma beziehungsweise für jedes Linersystem dar. Die Anteile von „Bestanden“-Ergebnissen der vier Prüfkriterien bewegen sich auch 2018 auf hohem Niveau (Mittelwerte: 98,9%; 97,5%; 97,4%; 94,1%). Sie bleiben damit auf Vorjahreshöhe, mit minimalen Abweichungen nach oben beim E-Modul und sehr geringen Abweichungen nach unten bei den drei anderen Kriterien (vgl. Tabelle 3). Auch 2018 war insgesamt ein gutes Jahr für die Schlauchliner-Qualität.

**Diagramm 3: Anteil Sanierungsfirmen, die mit allen Proben bestehen**



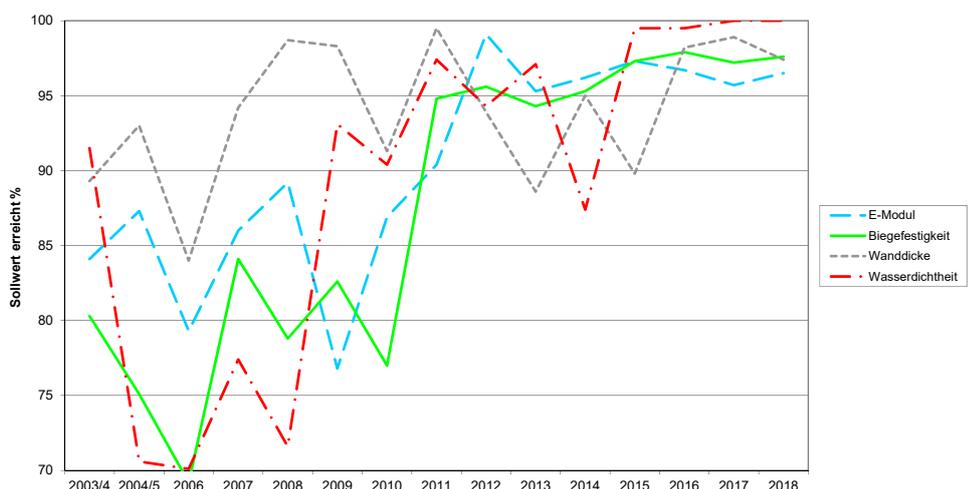
**Diagramm 4: Prüfergebnisse GFK-Liner**

- Anteil der Proben, die Sollwert erreichen -



**Diagramm 5: Prüfergebnisse Nadelfilz-Liner**

- Anteil der Proben, die Sollwert erreichen -



Tab. 1: Prüfergebnisse 2018

Sanierungsfirma	Linersystem	Wasser-Dichtheit		E-Modul		Biegefestigkeit		Wanddicke	
		Anz. Proben	wasser-dicht in % der Prüfungen	Anz. Proben	Sollwert* erreicht in % der Prüfungen	Anz. Proben	Sollwert* erreicht in % der Prüfungen	Anz. Proben	Sollwert* erreicht in % der Prüfungen
Bluelight GmbH	PAA-F-Liner	27	100	27	100	27	100	27	100
Hamers Leidingtechniek B.V. (NL)	Alphaliner	97		97		97			
ISS Kanal Services AG (CH)	Alphaliner	61		61		61			
Jeschke Umwelttechnik GmbH	Alphaliner	72		72		72			
Kanaltechnik Agricola GmbH	Brandenburger Liner	25***		25		25			
Aarsleff Rohrsanierung GmbH	iMPREG-Liner	71	100	71	100	71	98,6	55	96,4
Aarsleff Rohrsanierung GmbH	PAA-G-Liner	131	96,9	131	99,2	131	100	58	100
Aarsleff Rohrsanierung GmbH	PAA SF Liner	149** 25	100	181	98,9	181	100	155	98,7
Arkil Inpipe GmbH	Berolina Liner	39	100	39	97,4	39	94,9	-	-
Arkil Inpipe GmbH	iMPREG-Liner	61	95,1	59	98,3	59	98,3	34	94,1
Geiger Kanaltechnik GmbH & Co.KG	Alphaliner	20	100	32	96,9	32	100	13	100
GMB Rioleringsstechnieken B.V. (NL)	SAERTEX-Liner	161	99,4	161	98,8	161	96,9	160	99,4
Hubert Wax GmbH & Co. KG	SAERTEX-Liner	38	100	38	100	38	100	-	-
Insituform Rioolrenovatietechnieken B.V. (NL)	iMPREG-Liner	56***	98,2	56	98,2	56	100	56	60,7
Insituform Rioolrenovatietechnieken B.V. (NL)	Insituform Schlauchliner (NL)	39**	100	47	85,1	47	87,2	47	91,5
Kanaltec AG (CH)	Brandenburger Liner	34	100	33	90,9	33	87,9	21	100
KATEC Kanaltechnik Müller und Wahl GmbH	Alphaliner	67	97,0	67	97,0	67	100	30	100
KTF GmbH	iMPREG-Liner	52	100	56	100	56	98,2	56	98,2
LTS - Lilie Tief- und Straßenbau GmbH	SAERTEX-Liner	26	100	26	84,6	26	92,3	-	-
Max Bögl Stiftung & Co. KG	Brandenburger Liner	49	100	56	98,2	56	96,4	19	100
McAllister Bros Ltd. (GB)	iMPREG-Liner	38	97,4	35	100	35	97,1	31	77,4
Rainer Kiel Kanalsanierung GmbH	SAERTEX-Liner	53	98,1	53	100	53	98,1	25	88,0
Renotec N.V. (B)	Alphaliner	-	-	57	94,7	56	92,9	57	94,7
Renotec N.V. (B)	SAERTEX-Liner	-	-	67	100	67	97,0	65	92,3
RTi Germany GmbH	SAERTEX-Liner	25	100	26	96,2	26	100	20	100
Swietelsky-Faber Kanalsanierung GmbH	Brandenburger Liner	40	97,5	40	87,5	40	85,0	24	91,7
TKT GmbH & Co. KG	Alphaliner	155	100	153	97,4	153	99,3	59	94,9
TRASKO BVT, s.r.o. (CZ)	Alphaliner	78	96,2	78	97,4	78	100	78	92,3
tubus GmbH	iMPREG-Liner	30***	96,7	30	96,7	30	100	30	86,7
Umwelttechnik und Wasserbau GmbH	Alphaliner	98	99,0	98	95,9	98	93,9	73	98,6
Umwelttechnik und Wasserbau GmbH	Brandenburger Liner	145	98,6	144	95,1	144	93,8	78	71,8
<b>Mittelwert</b>			<b>98,9</b>		<b>97,5</b>		<b>97,4</b>		<b>94,1</b>

\* Sollwerte laut DIBt-Zulassung (bzw. KOMO-Zertifikat und QUIK-Richtlinie) oder Auftraggeber-Angaben (Statik oder Probenbegleitschein)

\*\* ohne Einschneiden der integrierten Folie

\*\*\* aus 4 Baumaßnahmen

- nicht gewertet, da zu wenig Linerproben mit Sollwert-Angaben

Tab. 2: Prüfergebnisse nach Linertypen 2018

Linersystem		Wasser-Dichtheit		E-Modul		Biegefestigkeit		Wanddicke	
		Anzahl Proben	wasserdicht in % der Prüfungen	Anzahl Proben	Sollwert* erreicht in % der Prüfungen	Anzahl Proben	Sollwert* erreicht in % der Prüfungen	Anzahl Proben	Sollwert* erreicht in % der Prüfungen
PAA-F-Liner	NF	27	100	27	100	27	100	27	100
PAA SF Liner	NF	149** 25	100	181	98,9	181	100	155	98,7
Alphaliner	GFK	648	99,1	715	97,8	714	98,5	520	97,5
PAA-G-Liner	GFK	131	96,9	131	99,2	131	100	58	100
SAERTEX-Liner	GFK	303	99,3	371	98,1	371	97,3	277	96,8
iMPREG-Liner	GFK	308	98,1	307	99,0	307	98,7	262	85,5
Berolina Liner	GFK	39	100	39	97,4	39	94,9	-	-
Insituform Schlauchliner (NL)	NF	39**	100	47	85,1	47	87,2	47	91,5
Brandenburger Liner	GFK	293	99,0	298	94,6	298	93,0	167	85,6
Mittelwert			98,9		97,5		97,4		94,1

oberhalb oder gleich Mittelwert  
 unterhalb Mittelwert  
 \* Sollwerte laut DIBt-Zulassung (bzw. KOMO-Zertifikat und QUIK-Richtlinie) oder Auftraggeber-Angaben (Statik bzw. Probenbegleitschein)  
 \*\* ohne Einschneiden der integrierten Folie  
 - nicht gewertet, da zu wenig Linerproben mit Sollwert-Angaben  
 GFK: Glasfaser-Trägermaterial  
 NF: Nadelfilz-Trägermaterial

Tab. 3: Prüfergebnisse im Vorjahresvergleich

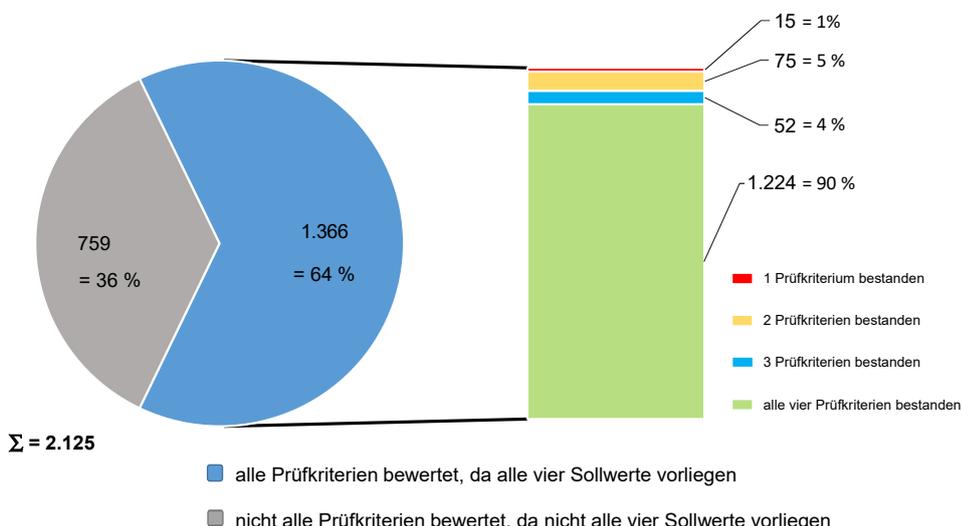
Linertyp	Wasser-Dichtheit wasserdicht in % der Prüfungen			E-Modul Sollwert* erreicht in % der Prüfungen			Biegefestigkeit Sollwert* erreicht in % der Prüfungen			Wanddicke Sollwert* erreicht in % der Prüfungen		
	2018	2017	+/-	2018	2017	+/-	2018	2017	+/-	2018	2017	+/-
Mittelwerte												
• aller Proben	98,9	99,1	0,2 ↓	97,5	97,4	+ 0,1 ↑	97,4	97,6	- 0,2 ↓	94,1	94,5	- 0,4 ↓
• GFK	98,8	99,0	0,2 ↓	98,0	97,7	+ 0,3 ↑	97,0	97,7	- 0,7 ↓	93,0	93,9	- 0,9 ↓
• NF	100	100	0,0 ↔	96,5	95,7	+ 0,8 ↑	97,6	97,2	+ 0,4 ↑	97,4	98,9	- 1,5 ↓

GFK: Glasfaser-Trägermaterial  
 NF: Nadelfilz-Trägermaterial  
 \* Sollwerte laut DIBt-Zulassung (bzw. KOMO-Zertifikat und QUIK-Richtlinie) oder Auftraggeber-Angaben (Statik oder Probenbegleitschein)

Diagramm 6: Linerproben nach Anzahl bestandener Prüfkriterien

Alle vier gleichzeitig

Für rund zwei Drittel der von der IKT-Prüfstelle in 2018 getesteten Linerproben lagen alle erforderlichen Sollwerte vor. Nur wenn alle Sollwerte bekannt sind, ist ein Soll-Ist-Vergleich und damit die vollständige Bewertung der Proben in allen Kriterien möglich. Für ein Drittel der Proben fehlte mindestens ein Sollwert. Von den insgesamt 1.366 Proben mit allen vier Sollwerten haben 90% gleichzeitig alle vier Prüfkriterien erfüllt. Ein Zehntel versagt bei mindestens einem Prüfkriterium (vgl. Diagramm 6).





Drei-Punkt-Biegeversuch: mechanische Prüfung von E-Modul und Biegefestigkeit

### Spitzengruppe: Der „100%-Club“

Einer Gruppe von fünf Sanierungsfirmen gelingt es sogar, alle vier Prüfkriterien mit allen ihren Baustellenproben zu 100% zugleich zu bestehen. Sie erfüllen damit die gestellten Qualitätsanforderungen vollständig. Zu diesem „100%-Club“ des Jahres 2018 gehören die Firmen:

- Bluelight GmbH mit PAA-F-Liner
- Hamers Leidingtechnik B.V. mit Alphaliner
- ISS Kanal Services AG mit Alphaliner
- Jeschke Umwelttechnik GmbH mit Alphaliner
- Kanaltechnik Agricola GmbH mit Brandenburger Liner

In Diagramm 7 erhalten diese Firmen für jedes Jahr im „100%-Club“ je einen Stern, der ihre Leistungen hervorhebt.

### Fazit: Qualitätsverlusten vorbeugen

Der IKT-LinerReport spiegelt seit 2003/04 die Qualitätsentwicklung von Schlauchlinern wider. Der Blick zurück auf die letzten 15 Jahre zeigt zunächst einen deutlichen Trend zu besseren Qualitäten, der rund zehn Jahre dauerte und bis 2013/15 anhielt, um sich dann auf hohem Niveau zu stabilisieren. Ab dem Jahr 2015 zeigen sich bei den mechanischen Prüfkriterien leichte Tendenzen zu einem Rückgang der bis dahin erreichten Qualitätsstufe.

Ist damit der lang anhaltende Aufwärtstrend der Schlauchliner-Qualität gebrochen?

### Vorzeichen für weniger Qualität?

Dies zu behaupten erscheint derzeit noch verfrüht zu sein. Aber die im Durchschnitt leicht rückläufigen Erfolgsquoten der letzten drei bis vier Jahre weisen darauf hin, dass ein Ausharren auf einem einmal erreichten hohen Qualitätsniveau keine Selbstverständlichkeit ist. Man könnte dies auch als Vorzeichen einer möglichen Trendumkehr interpretieren. Gründe hierfür gäbe es genug: Ein intensiver Kampf der Sanierungsfirmen um Marktanteile in einem nach wie vor sehr preiswettbewerblichen Markt, der Aufbau neuer Maschinen- und Anlagekapazitäten, der Eintritt neuer Marktteilnehmer und nicht zuletzt der viel diskutierte Fachkräftemangel, der sich insbesondere im gewerblichen Bereich bemerkbar macht. Vieles bleibt spekulativ, daher bleibt es abzuwarten, wie sich die Märkte entwickeln.

### Bauherren müssen Qualitätsprüfungen beauftragen

Für ein weiterhin hohes Schlauchliner-Qualitätsniveau müssten die Auftraggeber den Anbietern deutlich machen, dass ihnen Qualität wichtig ist und dass sie die Anforderungen der Regelwerke sehr ernst nehmen. Dazu müssen sie in ihrer Bauherren-Funktion firmenunabhängige Prüfungen selber in Auftrag geben und im Fall von negativen Prüfergebnissen auf Konsequenzen bestehen.

Auftraggeber sollten darauf achten, dass sie alle Schlauchliner-Baustellen prüfen lassen, damit nicht Qualitäts-Schlupflöcher entstehen, die sich in späteren Jahren als sehr teuer erweisen können. Und schließlich müssen sie sich noch viel mehr als bisher auf gewissenhafte Gewährleistungsabnahmen achten, weil sie dann das Heft des Handelns noch in ihren Händen haben, später aber auf den Kosten mangelhafter Sanierungsarbeiten sitzen bleiben werden.

Dipl.-Ök. Roland W. Waniek  
 Dipl.-Ing. Dieter Homann  
 Barbara Grunewald, M.Sc.  
 IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur  
 gemeinnützige GmbH  
 Exterbruch 1, 45886 Gelsenkirchen  
 Tel.: 0209 17806-0  
 E-Mail: info@ikt.de  
 www.ikt.de



Diagramm 7