



Geschäftsentwicklung der Bluelight GmbH, Verhältnis aktiver Bluelight-LED-Anlagen und installierter PAA-F-Liner-Meter pro Monat | Grafik und Foto: Bluelight GmbH

Einsatzgrenzen der LED-Härtung: Was funktioniert, was nicht?

Während Lichthärtung von nicht flexiblen Schlauchlinern in Haltungen und Hauptkanälen zweifelsfrei seit mehr als einem Jahrzehnt als Standardtechnik gilt, haben sich lichthärtende Verfahren zur Aushärtung von flexiblen Schlauchlinern für die Grundstücksentwässerung erst in den letzten Jahren im Markt etabliert.

Von Dipl.-Ing. Niklas Ernst

Per Aarsleff A/S hatte das Bluelight-Verfahren – basierend auf flexiblen Synthesefaserträgern, styrolfreiem Vinylesterharz und patentierter LED-Härtung im Wellenlängenbereich des blauen Lichts – von 2008 bis 2014 zur Marktreife gebracht. Durch die Gründung der Bluelight GmbH stand das System im Rahmen eines B2B-Konzepts ab 2016 zunächst den deutschsprachigen Marktgebieten zur Verfügung. Wenig später wurde das Bluelight-Konzept auch auf das mittel- und südeuropäische Ausland übertragen. In einem letzten Schritt steht die Technik zwischenzeitlich über Lizenznehmer auch weltweit zur Verfügung. Allein in Europa verfügt das Bluelight-LED-System inzwischen über die stattliche Erfahrung von knapp 750.000 Metern Verlegeleistung bei ca. 100.000 Einzelinstallationen als Summe der Aarsleff-eigenen Installationen zusammen mit den Einbauten durch die Bluelight GmbH und ihre Anwender.

Ende 2020 waren weltweit 171 aktive Bluelight-Versorgungs- und Steuereinheiten sowie 377 Aushärteeinheiten aktiv, etwa 40 Prozent davon innerhalb des Zuständigkeitsbereichs der Bluelight GmbH.

Bluelight versteht sich als Systemanbieter: Bluelight-Lichtquellen sind nur zur Härtung der eigenen Schlauchliner (PAA-F-Liner) vorgesehen und geeignet. Sowohl die Gerätetechnik als auch das Harz sind patentiert und nur im Paket verfügbar. Das Bluelight-Harz wurde speziell für diesen Anwendungs- und Wellenlängenbereich entwickelt. Liner können fertig imprägniert bezogen werden. Die Wellenlänge des lichthärtenden Harzes liegt im Bereich des sichtbaren blauen Lichts bei 450 nm. Es handelt sich – entgegen wiederholt falscher Annahmen oder Aussagen – nicht um UV-Licht.

Im Jahr 2019 reagierte KOB/Brawoliner auf den neuen Trend und erweiterte das eigene

Produktportfolio um eine vom DIBt zugelassene lichthärtende Schlauchlinervariante: Der im Markt etablierte Brawoliner wurde um eine lichthärtende Version erweitert. Brawoliner begann als offenes System und sah zunächst die Aushärtung des eigenen Liners mit unterschiedlichen Härtungssystemen fremder Hersteller vor. Ab 2020 passte Brawoliner die Strategie jedoch an und ging ebenfalls zu einem Systemanbietermodell über: Inzwischen bietet auch Brawoliner das eigene System als Kombination von eigener Magnavity-LED-Aushärtetechnik mit eigener Linertechnik an. Brawoliner können bisher nicht fertig imprägniert bezogen werden. Die Wellenlänge des lichthärtenden Harzes liegt im UV-Bereich (≤ 400 nm).

Erfolgskriterien der Lichthärtung in der Grundstücksentwässerung

Die Lichthärtung von Schlauchlinern in der Grundstücksentwässerung bietet

- höhere Geschwindigkeit gegenüber Warmhärtung,
- hohe Prozesssicherheit und wenig Fehlerpotenziale,
- eine systemabhängige Lagerstabilität der Schlauchliner,
- systemabhängig die Option zum Bezug werkseitig imprägnierter Schlauchliner,
- Einsparpotenzial bei Kraftstoffkosten gegenüber Warmhärtung und bessere CO₂-Bilanz,
- geringste Emissionen bei Lärm oder Geruch,
- minimalen Abfall und
- eine hohe Mobilität der Gerätetechnik.

Das Bluelight-LED-System hat sich im Markt als zuverlässig, robust und nachhaltig gezeigt. Anfängliche Skepsis gegenüber der vermeintlich „neuen“ Technik wich mit der stetig steigenden Zahl zufriedener Anwender und Endkunden sowie aufgrund immer mehr erfolgreich abgewickelter Maßnahmen und Projekte.

Bestimmung des Restmethacrylatgehalts

Wie vollständig härten mit dem Bluelight-LED-System gehärtete Schlauchliner (PAA-F-Liner) tatsächlich aus? Diese Frage beantwortete die Bluelight GmbH im Jahr 2020 durch Restmethacrylat-Bestimmungen. Klassische Lichthärtung funktioniert durch Polymerisation. Bei ungesättigten styrolhaltigen Polyes-

terharzen (Anwendung vorwiegend im Hauptkanal) kann die Ermittlung des Reststyrolgehalts als Indikator für den Grad der Härtung dienen. Die Zielgröße liegt hierbei ≤ 2 Massen-%. Styrolfreie Vinylesterharze (Anwendung hauptsächlich in der Grundstücksentwässerung) enthalten Methacrylate oder Acrylate anstatt Styrol. Das Institut Siebert und Knipschild (S&K) kann seit 2020 Restmethacrylatgehalte in Linerproben bestimmen. Die Bluelight GmbH lässt daraufhin im Rahmen der jährlichen DIBt-Überwachungsbaustelle an den dabei gewonnen Baustellenproben seit 2020 den Restmethacrylatgehalt ermitteln. In Zusammenarbeit mit S&K wurden darüber hinaus an weiteren mit Bluelight gehärteten PAA-F-Liner-Proben Restmethacrylatgehalte bestimmt.

Die Restmethacrylatgehalte der mit Bluelight-LED-Technik ausgehärteten PAA-F-Liner liegen im Bereich von 0,1% bis 0,2%. Sie sind hinsichtlich der Qualität der Aushärtung vergleichbar mit den Reststyrolgehalten warmhärtender Schlauchliniungsverfahren und sogar besser (niedriger) als im Regelfall zu erreichende Reststyrolgehalte von UV-lichthärtenden GFK-Schlauchlinern.

Die Bluelight-Ergebnisse für den PAA-F-Liner sind allerdings rein systemspezifisch. Sie sind nicht allgemeingültig für andere Systeme oder gar Kombinationen von Härtungstechnik und Harzen.

Die Ergebnisse zeigen jedoch: Mit LED-Härtung können hervorragende Härtungsgrade erreicht werden, falls die Lichttechnik optimal auf Harz und Trägermaterial abgestimmt wurde, ausreichend Lichtintensität zur Aushärtung vorhanden ist und Härtungsgeschwindigkeiten erforderliche Sicherheiten aufweisen.

100%

Darüber hinaus stellte sich die Bluelight GmbH als einziger Systemanbieter mit Haupteinsatzgebiet in der Grundstücksentwässerung wiederholt dem IKT-LinerReport. Nach 2018 erreichte die Bluelight GmbH auch im Report 2020 erneut 100% in allen Prüfkategorien mit dem LED-härtenden PAA-F-Liner. Die Bluelight GmbH wird als Systemanbieter ohne Abwicklung von Werkverträgen nicht durch Auftraggeber geprüft. Daher wurden Proben für den LinerReport bei diversen Baustellen der eigenen Vorführ- und Mietanlage – ausschließlich durch Bluelight-Anwendungstechniker – gewonnen. Das Ergebnis zeigt: Die Systemtechnik kann 100% erreichen, sofern die Mitarbei-



Bluelight-Anlage Nummer 100 beim Einsatz in Südfrankreich

ter bei Einbau, Aushärtung und Probennahme zu 100% wissen, wie vorzugehen ist.

LED-Härtung von GFK-Linern mit styrolhaltigem UP-Harz?

Lassen sich die Erfahrungen und Erfolge der LED-Technik auch auf Lichthärtung von Schlauchlinern für größere Nennweiten übertragen? Und sollte die LED-Technik nicht auch Einzug bei der Härtung von nicht flexiblen GFK-Schlauchlinern in Hauptkanälen halten? Funktioniert die UV-LED-Härtung von GFK/UP-Linern überhaupt?

In sozialen Medien finden sich wiederholt Werbeversprechen mit der sinngemäßen Botschaft: „Mit UV-LED-Dioden können beliebige standardmäßige GFK-Schlauchliner mit styrolhaltigem ungesättigtem Polyesterharz ausgehärtet werden. UV-LED-Dioden könnten die bestehenden UV-Gasentladungslampen ersetzen.“ Besteht diese Behauptung einen Faktencheck? Stand August 2021 wurde keine UV-LED-Lichtquelle von einem GFK-Schlauchlinerhersteller zur DIBt-konformen Härtung UV-härtender GFK-Schlauchliner freigegeben. Die DIBt-Zulassungen decken keine UV-LED-Härtung ab. Geschwindigkeitstabellen für UV-LED-Härtung wurden bisher von keinem Hersteller freigegeben.

Die Bluelight GmbH erhielt aufgrund der vorher erwähnten Werbeversprechen wiederholt Anfragen von eigenen Anwendern, ob mit modifizierter Gerätetechnik (LED-Dioden

im UV-Bereich ≤ 400 nm anstatt im Bereich des blauen Lichts = 450 nm) die von anderen wiederholt behauptete Lichthärtung nicht doch möglich sei.

Zur Abklärung wurde in Abstimmung mit Per Aarsleff A/S ein mit UV-LED-Dioden bestückter zylinderförmiger Prototyp gebaut. Die Zylinderform wurde gewählt, um eine möglichst lange Belichtungsdauer bei maximaler Intensität zu erreichen. Im März 2020 wurden mit diesem Prototyp für die UV-Lichthärtung vorgesehene PAA-G-Liner Standard mit styrolhaltigem UP-Harz in unterschiedlichen Geschwindigkeitsbereichen (20, 30, 40, 50, 60 m/h) gehärtet. Reststyrolgehalte wurden in einem externen Labor für Kunststofftechnik ermittelt. Diese lagen zwischen 5,4% und 10,3% der Gesamteinwaage und somit deutlich zu hoch im Vergleich zu den üblichen Ergebnissen bei konventioneller UV-Härtung (Soll $\leq 2\%$).

Als Fazit bleibt somit festzuhalten:

- UV-LED-Dioden erreichen keine vollständige qualitative Härtung der aktuell am Markt verfügbaren UV-härtenden mit styrolhaltigem Polyesterharz getränkten GFK-Schlauchliner.
- Um diese Liner vollständig zu polymerisieren, müssten die aktuell eingesetzten Photoinitiatoren zunächst speziell auf die Wellenlänge der LEDs modifiziert werden.
- LED-Dioden liefern gegenüber UV-Gaslampen kaum Wärmeenergie, die bei Polymerisation von styrolhaltigen UP-Harzen mit Standard-Photoinitiatoren offensichtlich benötigt wird.

Ringspaltfreier Einbau von Linern mit styrolfreien lichthärtenden VE-Harzen?

Ein weiterer zunächst kritisch beurteilter Aspekt der lichthärtenden flexiblen Schlauchliner für den Einsatz in der Grundstücksentwässerung war das Thema „Ringspaltbildung“. Diesbezüglich stand die Frage im Raum, ob sich ein ringspaltfreier Einbau mit flexiblen lichthärtenden Schlauchlinern und styrolfreiem Vinylesterharz realisieren lässt.

Im Sommer 2019 veröffentlichte zunächst die RS Technik AG einen Bericht zu einem erfolgreich durchgeführten Test zur „hinterwanderungsfreien Hausanschlussanierung (mittels Schlauchlinern) mit Epoxidharzen“. Im Versuch wurde „der Nachweis der wasserdichten Anbindung der RS MaxLiner-Epoxidharze auf Kunststoff- und Gussrohren“ nachgewiesen. Das Sanierungsziel der wasserdichten und hinterwanderungsfreien Anbindung wurde

über den Verbund des Liners mit dem Rohr erreicht.

Der Nachweis wurde für eine Auswahl an Kunststoff- und Gussrohr-Altrohrwerkstoffen erfolgreich geführt. Die Versuchsdurchführung wurde gutachterlich begleitet und dokumentiert.

Nach Kenntnis des von RS Technik initiierten Versuchs entschied die Bluelight GmbH, das eigene lichthärtende System PAA-F-Liner LED gleichermaßen zu prüfen. Zu klären war, ob aufgrund der geringeren Klebewirkung sowie des chemischen Volumenschumpfs der styrolfreien Vinylesterharze gegenüber Epoxidharzen ein positives Testergebnis erreicht werden könne. Die Versuchsdurchführung wurde gutachterlich begleitet und dokumentiert. Der Versuchsaufbau beinhaltete ein vollständiges Einfetten der vorher innen aufgerauten Rohre, Hochdruckspülung, Linereinbau und Aushärtung sowie Anbohren der Rohraußenseite mit Befestigung von Prüfschläuchen und Befüllung mit Prüfflüssigkeit zum Aufbau einer Wassersäule.

Im Ergebnis konnte ein ringspaltfreier Einbau des PAA-F-Liners bei Aushärtung mit Bluelight-Lichtquellen in Abhängigkeit der Rohrwerkstoffe festgestellt werden. Chemischer Volumenschumpf tritt durch Aushärtungsüberdruck auf der Linerinnenseite auf und führt nicht zu einem Ringspalt zwischen Liner und Alrohr.

Als Fazit bleibt somit festzuhalten:

- Schlauchliner mit styrolfreien lichthärtenden Vinylesterharzen können unter bestimmten definierten Voraussetzungen in Abhängigkeit des Alrohrwerkstoffs ringspaltfrei eingebaut werden.
- Um das Versuchsergebnis zu reproduzieren, muss im Vorfeld ein ausreichender Haftgrund hergestellt werden und der Alrohrwerkstoff genau bekannt sein.
- Der Verzicht auf nachgeschaltete Anbin-

dungsarbeiten an Rohrenden oder Seitenzuläufen ist nicht DIBt-Zulassungsbestandteil.

- Das statische Bemessungskonzept nach DWA-A 143-2 geht grundsätzlich von einem formschlüssigen Schlauchliner aus. Ein Kraft- oder Stoffschluss ist gemäß dem aktuell angewandten statischen Bemessungskonzept der DWA nicht durch die Algorithmen der verfügbaren Standardsoftware berechenbar.

Ist lichthärtendes Epoxidharz die Zukunft?

Zu guter Letzt soll auch das Thema der lichthärtenden Epoxidharze beleuchtet werden. In sozialen Medien finden sich wiederholt Werbeversprechen wie: „Lichthärtendes Epoxidharz ist die Zukunft in der Grundstücksentwässerung, da es verkleben würde.“ Diverse Anbieter brüsten sich, entsprechende Harze im Angebot zu haben.

In Fachartikeln wird das Thema ebenfalls hier und da erwähnt, jedoch mit etwas mehr Zurückhaltung als bei Facebook oder LinkedIn. Wie sehen aktuell die Fakten aus?

Stand August 2021 existiert keine DIBt-Zulassung für ein Schlauchlinersystem auf Basis von lichthärtendem Epoxidharz. Außerhalb Deutschlands liegen ebenfalls keine Zulassungen vor.

Die Bluelight GmbH hat lichthärtende Epoxidharze in Abstimmung mit Per Aarsleff A/S intensiv getestet und bewertet. Nach ersten wenig erfolgreichen Versuchen existieren inzwischen unter Laborbedingungen funktionierende Lösungen.

Welche Vorteile hat lichthärtendes Epoxidharz gegenüber den bewährten styrolfreien lichthärtenden VE-Harzen?

Gemäß dem aktuellen Stand der Technik kann lichthärtendes Epoxidharz in Zukunft im fle-

xiblen Schlauchlining im innerhäuslichen Bereich sinnvoll werden, da dort keine Mindestringsteifigkeiten gefordert werden und der Harzverbrauch pro Meter gering ist. Zum breiten Einsatz in der Grundstücksentwässerung eignen sich die aktuell verfügbaren Harze nicht.

Resümee

Die Lichthärtung von flexiblen Schlauchlinern ist in den kleinen Nennweiten der Grundstücksentwässerung angekommen und hat sich dort erfolgreich etabliert. Es existieren gut und sicher funktionierende Techniken. Allerdings sind allgemeine und spezielle Einsatzgrenzen und Anwendungsbereiche sorgsam zu beachten. Um optimal aufeinander abgestimmte Lösungen zu gewährleisten, scheinen sich in der Grundstücksentwässerung bisher Systemanbietermodelle durchzusetzen. Beliebige Kombinationen von Härtungstechnik, Schlauchlinern und Harzen sind hingegen bisher eher als fragwürdig und womöglich sogar gefährlich einzustufen, zumal für wilde Kombinationen in der Regel weder eine vollständige Erst- und Eignungsprüfung noch eine DIBt-Zulassung vorhanden ist. Weiterentwicklungen sind zu erwarten. Allerdings funktioniert bei Weitem nicht alles, was hier und da schon heute als Zukunft angepriesen wird. Ein kritisch hinterfragender Blick auf allzu optimistische Werbeversprechen lohnt sich. ■

Vergleich von lichthärtendem styrolfreiem VE Harz mit lichthärtendem Epoxidharz

	Lichthärtendes styrolfreies VE-Harz	Lichthärtendes EP-Harz
Verkaufspreis / Marktpreis	ca. 13 - 17 € / kg *)	ca. 25 - 45 € / kg *)
E-Modul Kurzzeit	ca. 2.200 - 3.200 N/mm ²	ca. 950 - 1.600 N/mm ²
Verklebung	grundsätzlich möglich, modifizierbar	sehr gut möglich
Schrumpf	Volumenschumpf ca. 4-6%, jedoch in Abhängigkeit des Trägermaterials ohne Auswirkung, Risiko thermischen Schrumpfs	kaum Volumenschumpf, jedoch Risiko thermischen Schrumpfs



Autor:

Niklas Ernst
Geschäftsführer Bluelight GmbH, Stuttgart
Tel.: 0711/887724150
E-Mail: Ernst@aarsleff-gmbh.de