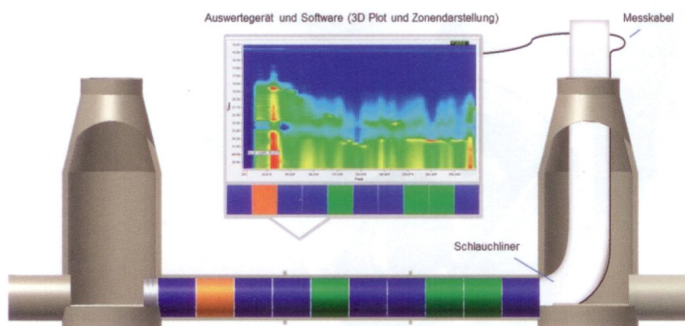


## Curing Monitoring System zur Verbesserung der Prozess-Führung und des Qualitätsnachweises bei der Schlauchlinersanierung

**CMS Technik:** Das Curing Monitoring System (CMS) ist ein patentiertes Verfahren der Firma OSSCAD zur innovativen Temperaturmessung bei der Schlauchliner-Sanierung. Die thermische Aushärtungstemperatur des Schlauchliners wird mit dem CMS während der Sanierungsmaßnahme an jeder Stelle des Liners lückenlos als örtliches Temperaturprofil in Längsrichtung der Haltung gemessen. Dies erfolgt mit einer örtlichen Genauigkeit von 15 cm. Im Vergleich zur bisherigen stichprobenartigen Temperaturmessung im Schachtbereich, kann somit erstmalig die thermische Aushärtung des Liners zwischen Altrohr und Liner an jedem Ort per Computer im Sekundentakt gemessen werden. Per Software werden die örtlichen Messdaten visualisiert und für den Operator aufbereitet. Das CMS ermöglicht eine ereignisorientierte Prozessführung, so dass auch bei schwierigen Baustellen eine homogene Aushärtung erzielt wird. Die Energiekosten und die CO<sub>2</sub>-Emission können mit dem CMS signifikant reduziert werden. Der Qualitätsnachweis für eine ordnungsgemäße thermische Aushärtung des Liners kann mit dem CMS erweitert werden, indem die gesamten Temperaturmessdaten über die Gesamtlänge des Liners und über die Gesamtdauer der Sanierungsmaßnahme als 3D-Plot überführt werden.

Das CMS besteht aus einem Laserradar (Auswertegerät), der Applikationssoftware VISCOM Liner und einem faseroptischen Messkabel. Bild 1 zeigt die prinzipielle Anordnung des CMS. Das Sensorkabel wird werkseitig oder auf der Baustelle mit dem Schlauchliner in Kontakt gebracht, so dass die Aushärtungstemperatur während der Sanierungsmaßnahme in Längsrichtung des Liners gemessen werden kann. Das Auswertegerät befindet sich außerhalb des Schachtes und ist mittels eines robusten Kabelsteckers mit dem Sensorkabel einseitig verbunden.

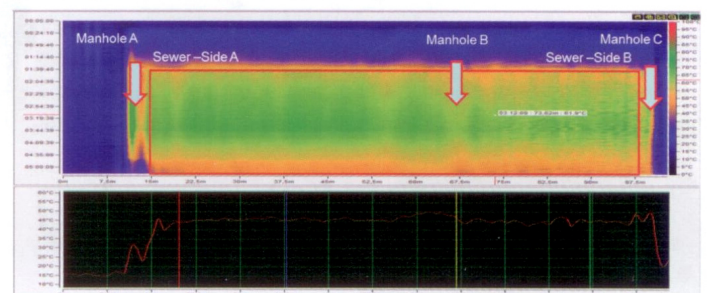


Komponenten des Curing Monitoring Systems (CMS)

**Referenzprojekt:** Im November 2007 hat OSSCAD erstmalig das CMS Messverfahren für die Kanalsanierung bei einem Stadtentwässerungsbetrieb in NRW zusammen mit dem IKT erprobt. Aufgrund der positiven Akzeptanz hat sich OSSCAD zur Aufgabe gemacht, das Messverfahren für die Kanalsanierung weiterzuentwickeln. Das CMS Verfahren wurde in Deutschland, Österreich, Frankreich, Niederlande und USA in mehr als 40 Linerprojekten mit Warmwasseraushärtung, Dampfaushärtung und UV Lichtaushärtung erfolgreich umgesetzt.

Nachfolgend wird ein Referenzprojekt am Beispiel der Dampfaushärtung eines Nadelfilzliners vorgestellt. Nadelfilzliner werden durch Inversion in den Abwasserkanal verbaut. Vor dem Beginn der Inversion wird ein sogenannter Preliner eingezogen. Der Preliner erleichtert die Inversion, schützt das Linermaterial gegenüber scharfen Kanten und verhindert ein Eindringen des harzgetränkten Linermaterials in die Umwelt. Das Sensorkabel ist so konzipiert, dass es zusammen mit dem Preliner eingezogen oder eingeblasen werden kann. Im Referenzprojekt wurde ein Nadelfilzliner DN 500 mit einer Wandstärke von 7,5 mm mit einer Länge von ca. 83 m verbaut. In der ersten Heizphase – der Aufheizphase – wird die Dampfeintrittstemperatur von 75 °C stufenweise auf 105 °C erhöht. In der zweiten Heizphase – der Haltephase – wird die Dampftemperatur nahezu konstant auf 110 °C -115 °C gehalten. Während dieser Zeit erfolgt die thermische Aushärtung des Liners. Je nach Wandstärke des Liners werden vom Linerhersteller die zeitlichen Einwirkungszeiten der Dampfeintrittstemperaturen festgelegt. Diese Vorgaben hat der Operator der Dampfanlage einzuhalten. Entscheidend für eine fachgerechte Aushärtung ist das Erreichen der sogenannten Mindesttemperatur. Die Mindesttemperatur ist notwendig, um die exothermen Reaktionen im harzgetränkten Linermaterial anzustoßen und den Aushärtungsprozess einzuleiten. Nach Abschluss der Heizphase wird der Abkühlvorgang gestartet und die Dampfeintrittstemperatur in mehreren Schritten abgesenkt. Ist der Abkühlvorgang abgeschlossen, wird der Liner mit kalter Druckluft gespült, um die nachfolgenden Fräsarbeiten im Schachtbereich zeitnah beginnen zu können.

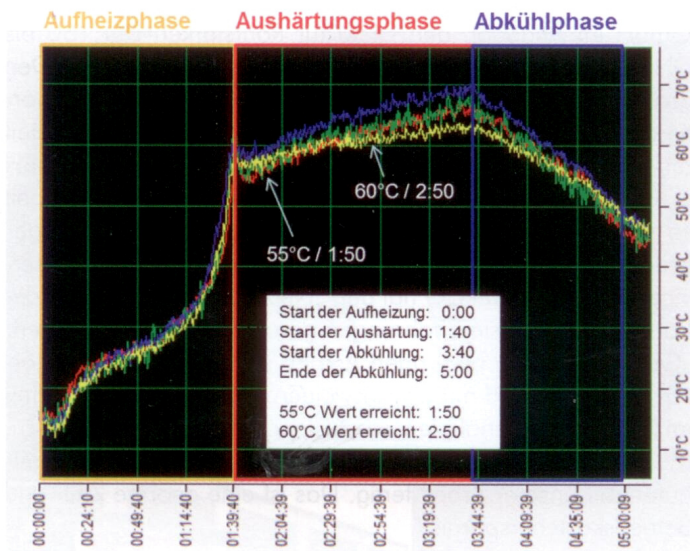
Bild 2 zeigt die Aushärtungstemperatur des Liners im Sohlenbereich des Liners in Form eines 3D-Plots (Temperatur in RGB Farben als Funktion von Ort und Zeit). Die Orte der Schächte (Manhole A, B und C) sowie die Zugangsseite der Inversion (Side A) sind im 3D-Plot hinterlegt.



3D-Plot und örtliches Temperaturprofil der letzten Messung

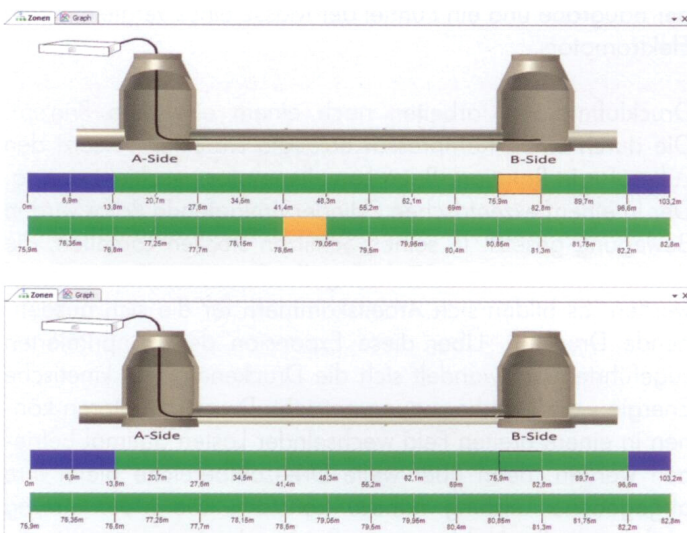
Entlang des örtlichen Temperaturprofils können Linerorte selektiert werden und der zu den Linerorten korrespondierende zeitliche Verlauf dargestellt werden. Bild 3 zeigt diesen zeitlichen Verlauf in Bezug auf die drei zeitlichen Heizphasen (Aufheizphase, Heizphase und Abkühlphase) des Dampfprozesses.

Der 3D-Plot (Bild 2) zeigt, dass eine sehr homogene thermische Aushärtung entlang der gesamten Länge des Liners vorliegt, ohne thermische Inhomogenitäten. Die Mindesttemperatur von 55 °C wurde an allen Linerorten bereits kurz nach dem Ende der Aufheizphase (Start der Heizphase) erreicht.



Zeitlicher Temperaturverlauf der Linerorte

Auf Wunsch des Betreibers wurde im CMS ein Sicherheitsaufschlag von 5 °C für die Mindesttemperatur hinterlegt. Dieser Temperaturreferenzwert von 60 °C wurde als Entscheidungsschwelle für die Zonenfarbe GRÜN hinterlegt, so dass dem Operator in Form einer Zonendarstellung visuell signalisiert wird, wann dieser Zustand erreicht wird. Bild 4 zeigt die Signalisierung der Haupt- und Subzonen vor und nach dem Erreichen der Mindesttemperatur. Die Abmessungen der Hauptzonen korrespondieren zu einer Linerlänge von ca. 7 m und die der Subzonen zu einer Linerlänge von 0,15 cm. Bezogen auf die Gesamtlänge des Liners von 83 m werden in der Zonendarstellung mehr als 530 Temperaturwerte in Längsrichtung des Liners im Sekundentakt erfasst, ausgewertet und farblich visualisiert.



Haupt- und Subzonen vor und nach dem Erreichen der Mindesttemperatur

Die Auswertungen zeigen, dass die Mindesttemperatur von 55 °C bereits um 12:45 Uhr erreicht wurde, d. h. die Heizphase von 120 min könnte auf 10 min reduziert werden. Dies entspricht einer zeitlichen Reduktion der Heizphase um mehr als 90 %. Der Temperaturreferenzwert von 60 °C wird 60 min später um 13:42 Uhr erreicht. Auch trotz des Sicherheitsauf-

schlags von 5 °C liegt ein Einsparpotenzial von 50 min vor, dies entspricht einer zeitlichen Reduktion von mehr als 40 %. Die zeitliche Reduktion bezieht sich auf die Heizphase (Haltephase) mit Dampfeintrittstemperatur zwischen 105 °C und 115 °C, d. h. auf den Zeitraum mit dem höchsten Energiebedarf und somit dem größten Einsparpotenzial.

**Prozessführung mittels CMS Technik:** Anhand der CMS Messdaten kann der exakte Zeitpunkt für die Mindesttemperatur zur thermischen Aushärtung ermittelt werden, so dass die Wärmezuführung angepasst werden kann:

- Wird die Mindesttemperatur nicht erreicht, kann der Operator den Wärmeeintrag gezielt verlängern, mit dem Ergebnis, dass auch bei schwierigen Baustellenverhältnissen die Sanierung erfolgreich durchgeführt werden kann.
- Wird die Mindesttemperatur früher als erwartet erreicht, kann die Wärmezuführung verkürzt werden.

Die Entscheidungskriterien für den Errichter, wann die Mindesttemperatur in Längsrichtung des Liners erreicht wird, erfolgt mit einer rechnerunterstützten Auswertung der örtlichen Messdaten. Mit der Zonenauswertung als Prozessmodul können die Berechnungsergebnisse für den Errichter/Operator farblich visualisiert werden. Die verschiedenen Zonenfarben werden bei der Inbetriebnahme des CMS gemäß den Aushärtungseigenschaften des Liners abgefragt und hinterlegt.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass das CMS sich durch eine einfache Handhabung, robuste Systemkomponenten und eine leistungsstarke Software auszeichnet, die viele neue Möglichkeiten für den Errichter und für den Kunden bietet:

- Online Monitoring des thermischen Aushärtungsprozesses während der Sanierungsmaßnahme
- Farbliche Kennzeichnung beim Erreichen der geforderten Liner-Mindesttemperatur und somit eindeutige Entscheidungshilfen für den Errichter auch bei schwierigen Baustellen
- Reduktion der Energiekosten und der CO<sub>2</sub>-Emission
- Qualitätsnachweis des thermischen Aushärtungsprozesses in Form eines 3D-Plots über die Gesamtlänge des Liners und über die Gesamtdauer der Sanierungsmaßnahme
- Erhöhung der Akzeptanz von Schlauchlinern bei Errichter und Kommunen.



**OSSCAD GmbH & Co. KG**

Optical Sensor Systems – Consulting and Development  
 Rheinisch-Bergisches Technologie-Zentrum  
 Prof. Dr. Ulrich Glombitza  
 Friedrich-Ebert-Straße • D-51429 Bergisch Gladbach  
 ☎ + 49 (0) 2204/84-2770 • 📠 + 49 (0) 2204/84-2773  
 ✉ info@ossCAD.de • www.ossCAD.de