
Curing Monitoring System zur Verbesserung der Prozessführung bei der Kanalsanierung mittels Schlauchlinern



Prof. Dr.-Ing. Ulrich Glombitza

OSSCAD GmbH & Co. KG
Optical Sensor Systems - Consulting and Development
Rheinisch-Bergisches Technologie Zentrum (Haus 08)
Friedrich Ebert Straße (c.o. RBTZ)
51429 Bergisch Gladbach

1. Vorstellung der Geschäftsaktivitäten im Bereich Kanalsanierung
2. Prozessführung bei der Schlauchlinersanierung
 - Stand der Technik
 - Unsere Motivation – Unsere Mission
3. Curing Monitoring System (CMS)
 - Messprinzip
 - Systemkomponenten (Hardware & Software)
4. Referenzprojekte
5. Zusammenfassung und Ausblick



1. Vorstellung der Geschäftsaktivitäten

- OSSCAD GmbH & Co. KG,
Gründung 2007, 5 Mitarbeiter, Standort: RBTZ Bergisch Gladbach
- OSSCAD: Optical Sensor Systems Consulting And Development.
- Mission:
 - Einsatz von optischen Sensoren in innovativen Applikationsfeldern
 - Partnerstrategie
- Entwicklungsfokus:
 - Entwicklung von optischen Messverfahren für die Bereiche
Energiekabelmonitoring und Kanalsanierung
- Weitere Informationen unter www.ossCAD.de

1. Vorstellung der CMS Geschäftsaktivitäten



Machbarkeitsstudie



Nov. 2007

- 3 Pilotprojekte
- Einzug Sensorkabel

Sensorkabel



Werkseitige Integration

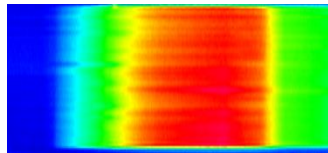


Nov. 2008



Start in Juni 2009
15 Referenzprojekte

- Flexibles Sensorkabel
- Liner-Software



Baustellenseitiger Einbau



Start in Oktober 2010
>25 Projekte (Nov. 12)

- Robustes Sensorkabel
- Set-up



Referenzliste – Teil A – Linerintegration - 2012



Machbarkeitsstudie					
1	19.11.2007	GFK Liner	Dampfaushärtung	Köln - DE	DN 300
2	17.04.2008	Nadelfilzliner	Wasseraushärtung	Recklinghausen - DE	DN 500
3	28.11.2008	Nadelfilzliner	Wasseraushärtung	Köln - DE	B/H 1000/1500
Werksseitiger Einbau des Sensorkabels					
1	01.07.2009	GFK Liner	Dampfaushärtung	Werksprüfung - DE	DN 300
2	21.08.2009	GFK Liner	UV-Aushärtung	Werksprüfung - DE	DN 600
3	05.11.2009	GFK Liner	Dampfaushärtung	Halle -DE	DN 600
4	03.08.2010	GFK Liner	Dampfaushärtung	Innsbruck-AT	B/H 700/1300
5	29.09.2010	GFK Liner	Dampfaushärtung	Bergisch Gladbach- DE	DN 800
6	07.10.2010	GFK Liner	Dampfaushärtung	Bergisch Gladbach- DE	DN 800
7	08.10.2010	GFK Liner	Dampfaushärtung	Bergisch Gladbach- DE	DN 800
8	23.11.2010	GFK Liner	Dampfaushärtung	Leers -FR	DN 600
9	06.12.2010	GFK Liner	Dampfaushärtung	Leers -FR	DN 600
10	13.12.2010	GFK Liner	Dampfaushärtung	Leers -FR	DN 600
11	14.12.2010	GFK Liner	Dampfaushärtung	Leers -FR	DN 600
12	15.12.2010	GFK Liner	Dampfaushärtung	Leers -FR	DN 600
13	16.12.2010	GFK Liner	Dampfaushärtung	Leers -FR	DN 600
14	22.03.2011	GFK Liner	UV-Aushärtung	Werksprüfung - DE	DN 600
15	05.12.2012	GFK Liner	UV-Aushärtung	Werksprüfung - DE	DN 800



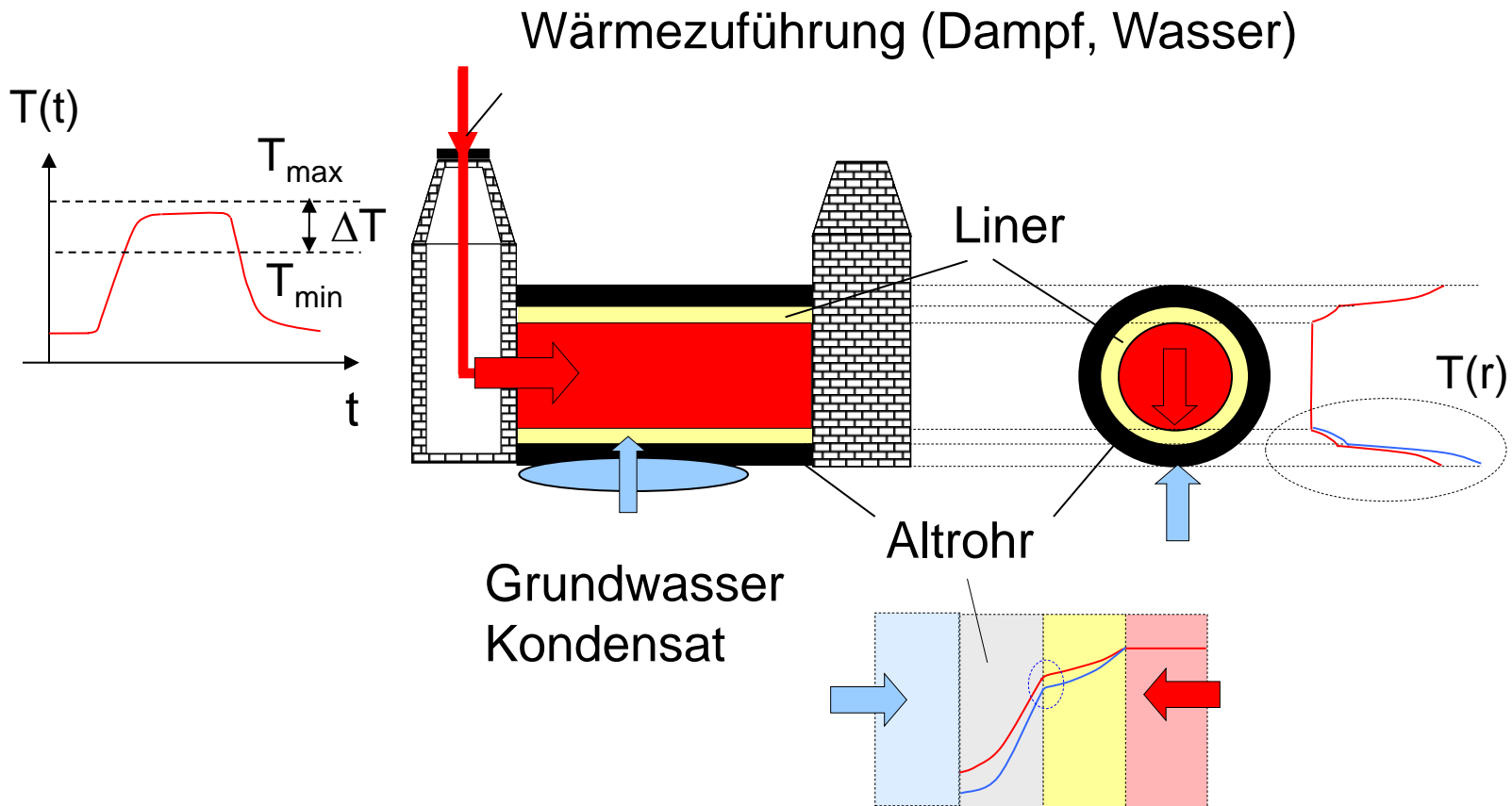
Referenzliste – Teil B – Kabeleinzug - 2012



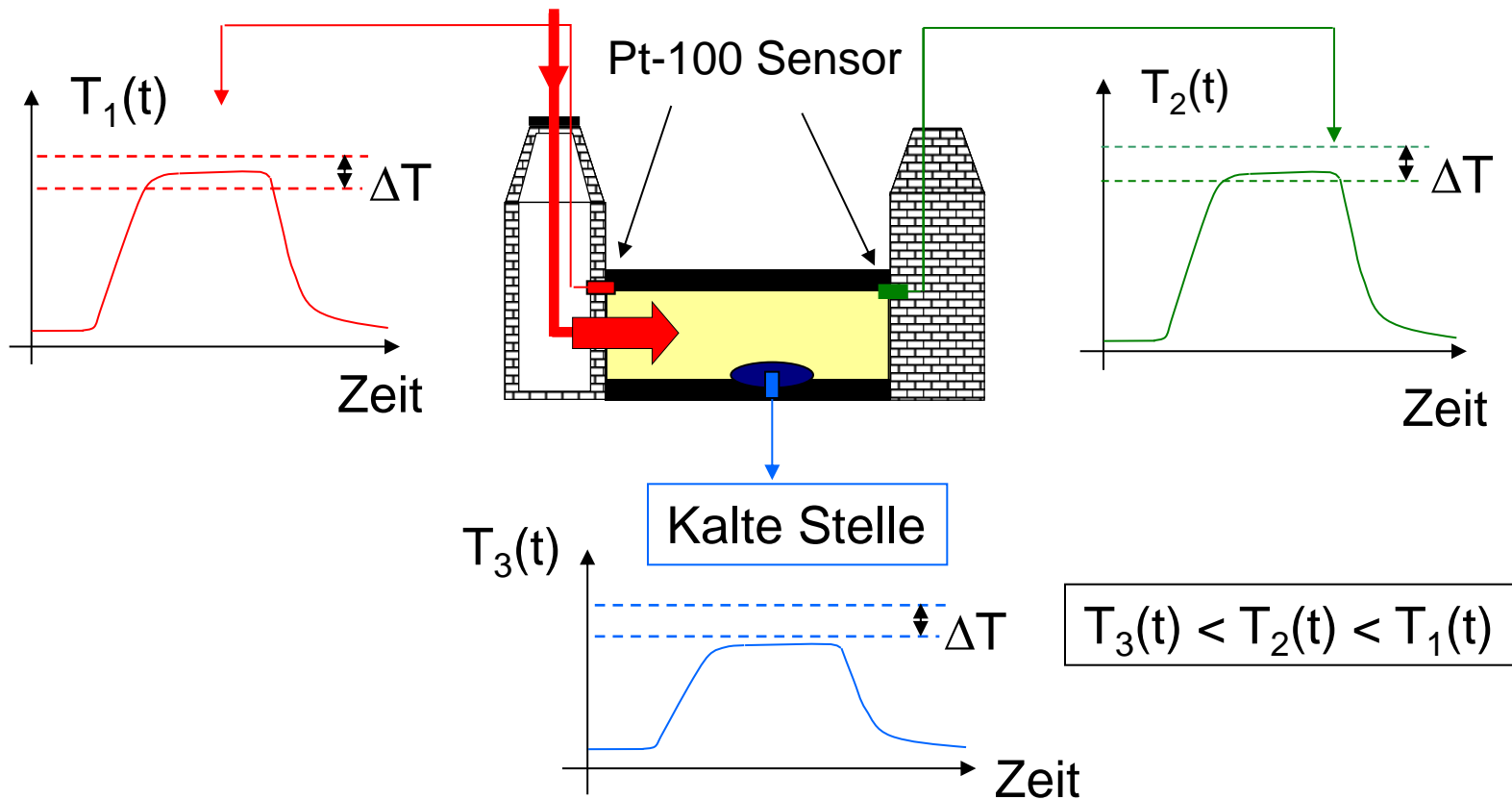
	Einzug des Sensorkabels auf der Baustelle				
1	13.10.2011	Nadelfilzliner	Wasseraushärtung	Randolph -USA	24 Zoll
2	15.11.2012	Nadelfilzliner	Dampfaushärtung	Randolph -USA	24 Zoll
3	20.12.2012	Nadelfilzliner	Wasseraushärtung	Randolph -USA	24 Zoll
4	07.03.2012	Nadelfilzliner	Dampfaushärtung	Tri-State - USA	48 Zoll
5	11.04.2012	Nadelfilzliner	Wasseraushärtung	Düsseldorf - DE	DN 400
6	29.06.2012	Nadelfilzliner	Dampfaushärtung	Muirfield - USA	8 Zoll
6	02.07.2012	Nadelfilzliner	Dampfaushärtung	Heelen-NL	DN 400
7	11.07.2012	Nadelfilzliner	Wasseraushärtung	Col. Mound - USA	48 Zoll
8	31.07.2012	Nadelfilzliner	Wasseraushärtung	Canton - USA	60 Zoll
9	28.08.2012	Nadelfilzliner	Wasseraushärtung	Portland, OR - USA	60 Zoll
10	06.09.2012	Nadelfilzliner	Dampfaushärtung	Oswego, NY - USA	21 Zoll
11	11.09.2012	Nadelfilzliner	Wasseraushärtung	St. Louis - USA	72 Zoll
12	18.09.2012	Nadelfilzliner	Dampfaushärtung	St. Louis - USA	8 Zoll
13	19.09.2012	Nadelfilzliner	Dampfaushärtung	St. Louis - USA	24 Zoll
14	24.09.2012	Nadelfilzliner	Wasseraushärtung	Dallas - USA	96 Zoll
15	24.09.2012	Nadelfilzliner	Dampfaushärtung	Breda - NL	DN 500
16	08.10.2012	Nadelfilzliner	Dampfaushärtung	Arnhem - NL	DN 300
17	09.10.2012	Nadelfilzliner	Dampfaushärtung	Arnhem - NL	DN 400
18	09.10.2012	Nadelfilzliner	Wasseraushärtung	Dallas - USA	96 Zoll
19	23.10.2012	Nadelfilzliner	Wasseraushärtung	Dallas - USA	96 Zoll
20	23.10.2012	Nadelfilzliner	Wasseraushärtung	Dallas - USA	96 Zoll
21	31.10.2012	Nadelfilzliner	Wasseraushärtung	Peoria - USA	32 Zoll
22	02.11.2012	Nadelfilzliner	Wasseraushärtung	Peoria - USA	32 Zoll
23	03.11.2012	Nadelfilzliner	Wasseraushärtung	Peoria - USA	32 Zoll
24	05.11.2012	Nadelfilzliner	Wasseraushärtung	Peoria - USA	32 Zoll
25	05.11.2012	Nadelfilzliner	Wasseraushärtung	Dallas - USA	96 Zoll

- Seit 2009 wurden mehr als 45 Projekte erfolgreich umgesetzt.
- In 2012 sind > 15km Linerlänge mit der CMS Technik unter Anwendung der Warmwasser- und Dampfaushärtung saniert worden.
- Werksseitige Integrationsmethode erfolgt meist bei GFK Linern, Die Einzugsmethode kommt aktuell bei Nadelfilzlinern zum Einsatz.
- Alle Projekte konnten mit der CMS Technik erfolgreich abgeschlossen werden.
- DWA Vortrag: Präsentation und Auswertung dreier Referenzprojekte unterschiedlicher Linerdurchmessern mit Dampfaushärtung.

2. Prozessführung - Stand der Technik



2. Prozessführung - Stand der Technik



2 Prozessführung - Stand der Technik



- Punktuelle Temperaturmessung
 - Pt-100 Sensoren (Schachtbereich) bei der Warmwasser- und Dampfaushärtung
 - Pyrometer (Liner-Innenhaut) bei der UV Lichtaushärtung

- Technische Konsequenz:
 - Keine Temperaturwerte an der Liner-Außenhaut und zwischen den Kanalschächten
 - Berücksichtigung eines Sicherheitszuschlages



2. Prozessführung – Sicherheitszuschlag



- Der Errichter kann auf der Baustelle den Aushärtungsprozess nicht ereignisorientiert führen.
- Im Allgemeinen existieren auf der Baustelle nur selten kalte Stellen, so dass durch den Sicherheitszuschlag längere Aushärtungszeiten und höhere Energiekosten als nötig entstehen.
- Trotz des Sicherheitszuschlages besteht ein Planungsrisiko für den Errichter, da unvorhersehbare Ereignisse wie z.B. Senken, Grundwasser am Altrohr, Wetterumbruch, etc. auftreten können.



2. Prozessführung - Unsere Motivation

Verbesserung der Prozesskontrolle und Prozessführung mittels zusätzlicher Sensoren entlang der Haltung:

- Messung der thermischen Aushärtung während der Sanierung
- Nachweis des Erreichen der Mindesttemperaturen
- Nachführung des Energieeintrages bei schwierigen Baustellen
- Senkung der Sanierungskosten (Energiekosten und Betriebskosten)
- Verbesserung der Kundenakzeptanz für Schlauchliner Sanierung



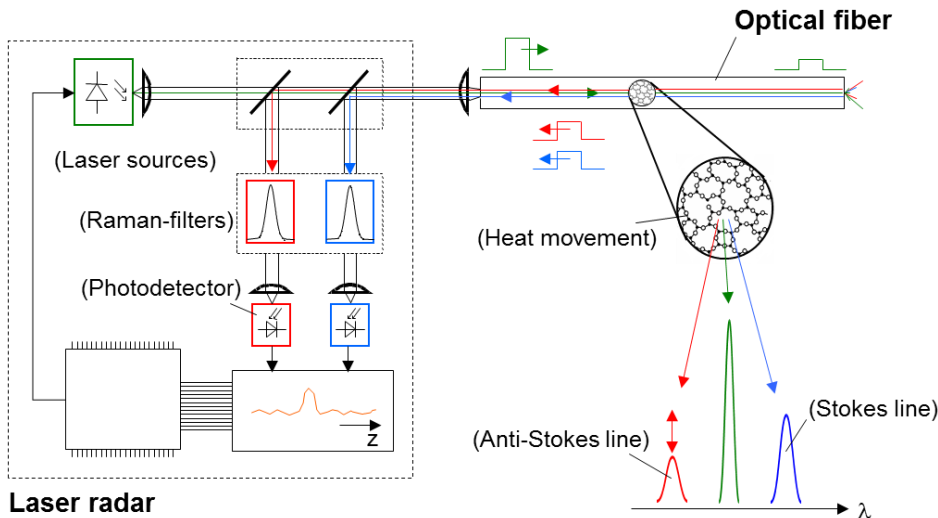
2. Prozessführung - Unsere Mission



- Lückenlose Messung der Lineraushärtung entlang der Haltung während der Sanierungsmaßnahme
- Entwicklung von Sensorkabelkonstruktionen
 - für die werkseitige Integration des Temperaturmesskabels in den Liner
 - für den baustellenseitigen Einzug des Temperaturmesskabels zwischen Altrohr / Preliner und Liner
- Entwicklung feldtauglicher Verbindungstechniken
- Entwicklung einer anwenderorientierten Applikationssoftware für den Qualitätsnachweis und für die Prozessführung



3. Curing Monitoring System – Messprinzip I



Messzeit: 30s
Auflösung: 15cm
Genauigkeit: $\pm 1^\circ\text{C}$

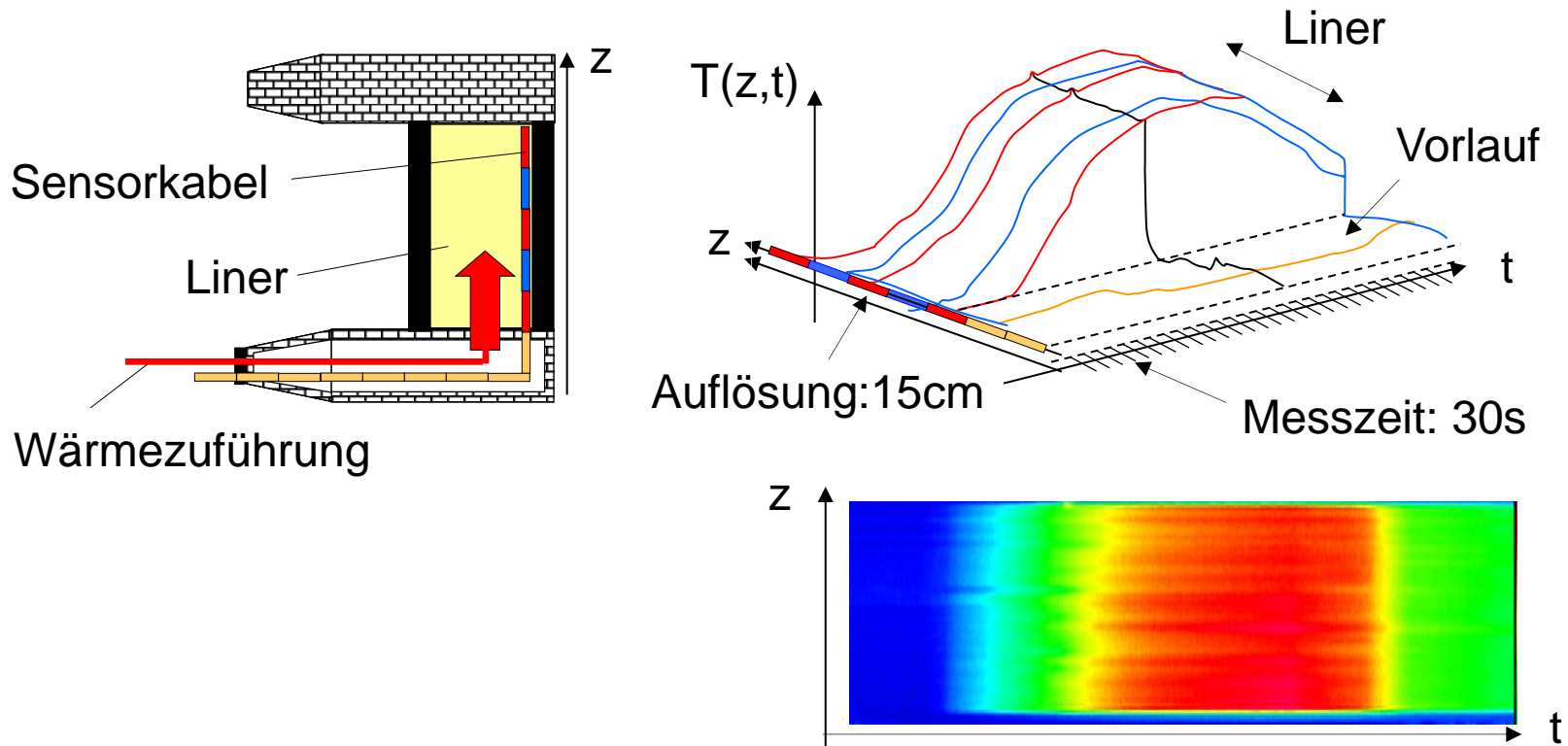
Vorteile der Glasfaser-Technologie:

- Immunität gegen elektromagnetische Felder
- Kompakte und robuste Bauweise
- Lückenlose Temperaturmessung als Funktion von Zeit und Ort

3. Curing Monitoring System – Messprinzip II



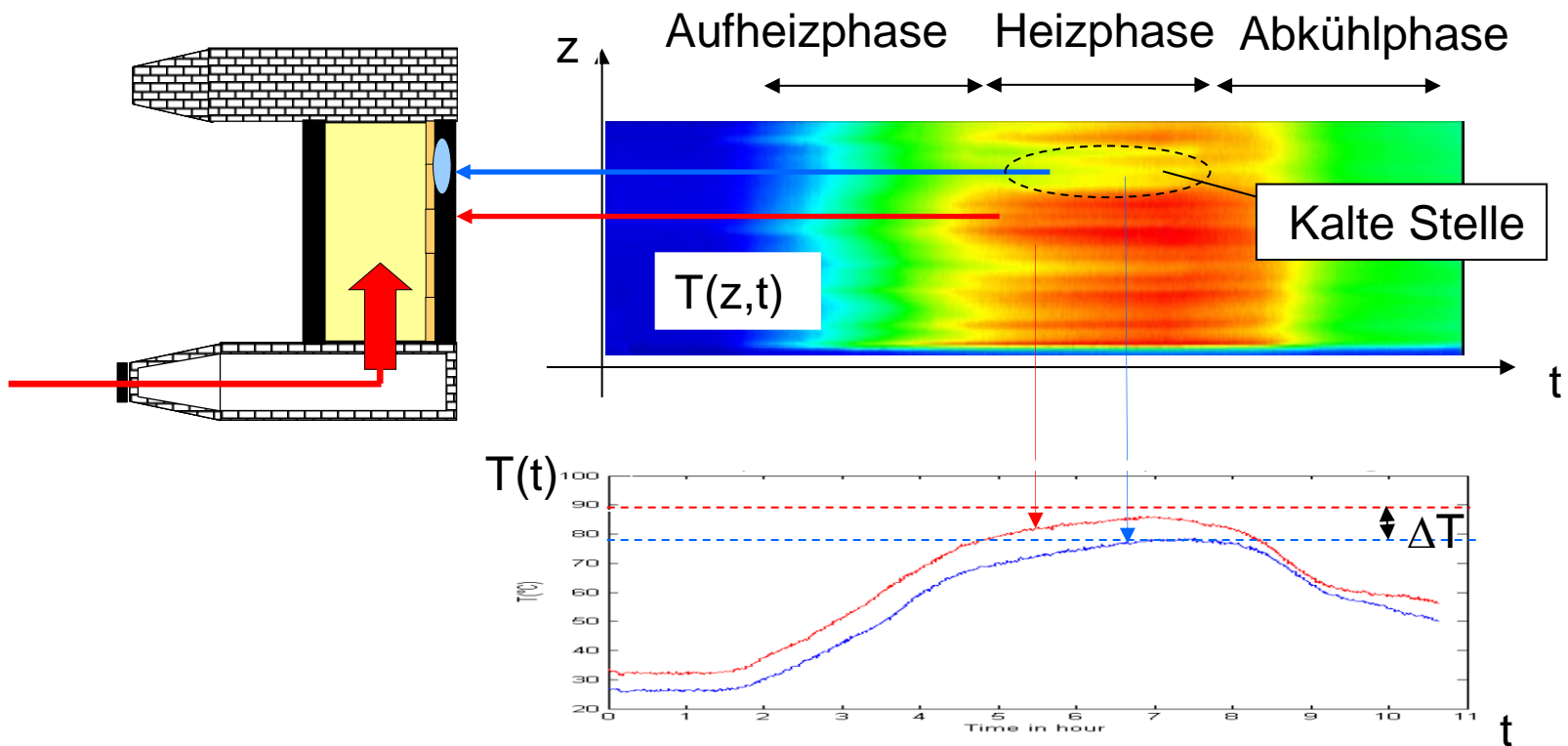
1. Fall: Homogene Aushärtung



3. Curing Monitoring System – Messprinzip II



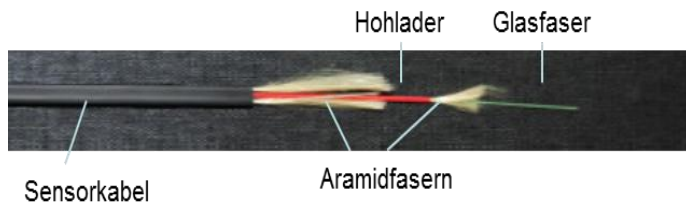
2. Fall: Inhomogene Aushärtung



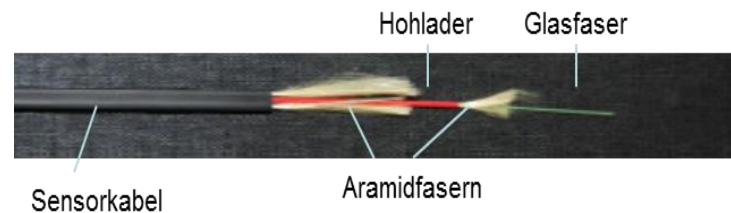
3. CMS – Systemkomponenten - Sensorkabel



Sensorkabeltyp A:
→ Werkseitige Linerintegration



Sensorkabeltyp B:
→ Baustellenseitigen Einbau



Transportkiste



Vorratstrommel

3. CMS – Systemkomponenten – Verbindungstechnik und Auswertegerät



2000m Sensorkabel
aufgespult
auf Vorrattrommel



Verbindungskabel

Steckverbindung im
Schutzschlauch



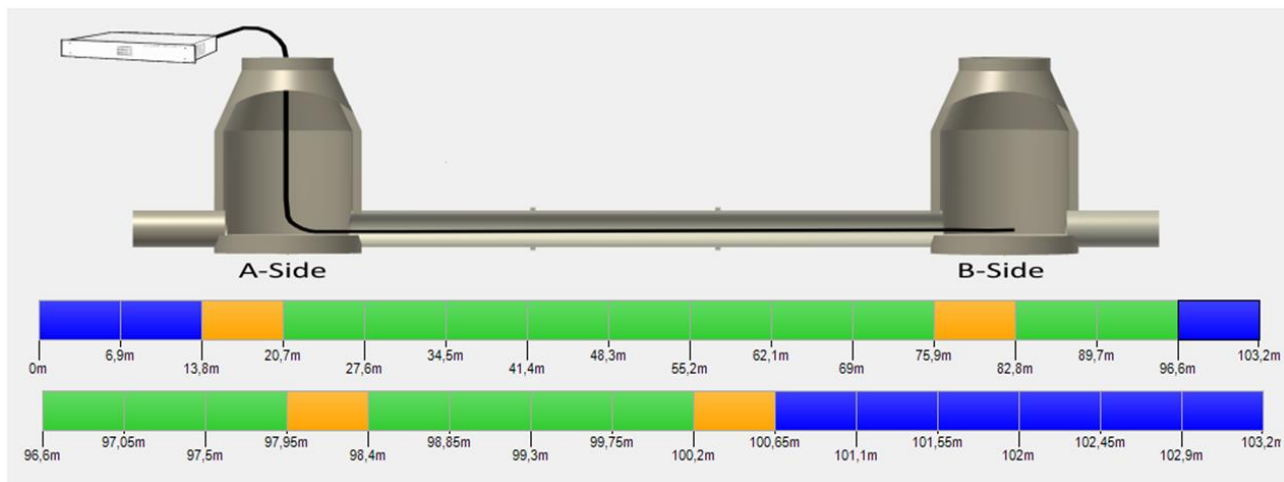
Temperaturmessgerät
mit IP65 Gehäuse und
Verschraubung



3. CMS – Systemkomponenten – Software



Zonendarstellung: Modul für den Errichter zur Prozessführung



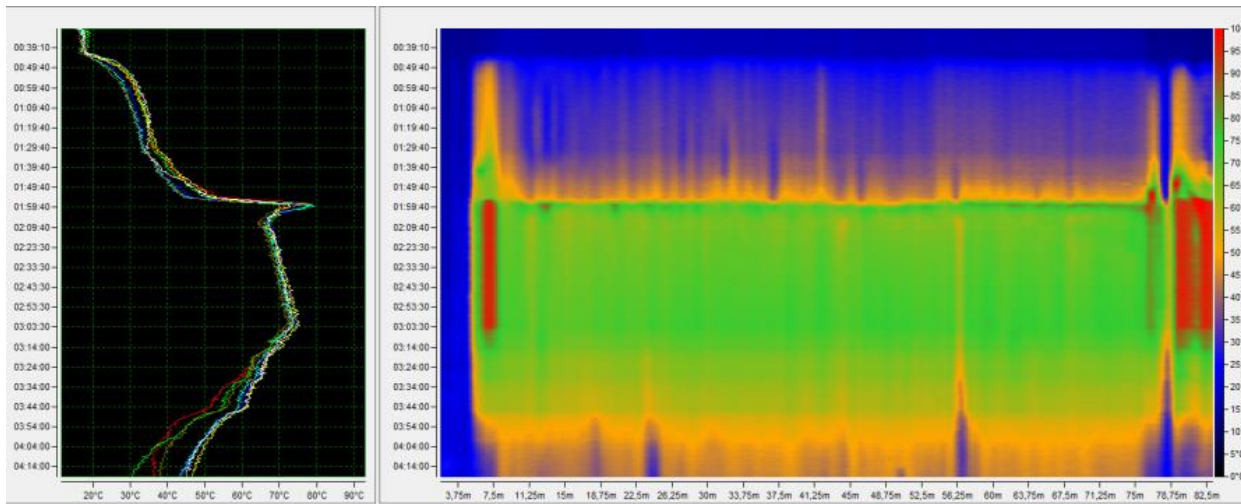
- Zonenfarben sind frei konfigurierbar während der Inbetriebnahme
- Farbe grün:
 - Mindesttemperatur erreicht
 - Wärmeeintrag (kalte Stellen) ausreichend



3. CMS – Systemkomponenten – Software



3D Plot: Softwaremodul für den Qualitätsnachweis

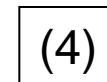
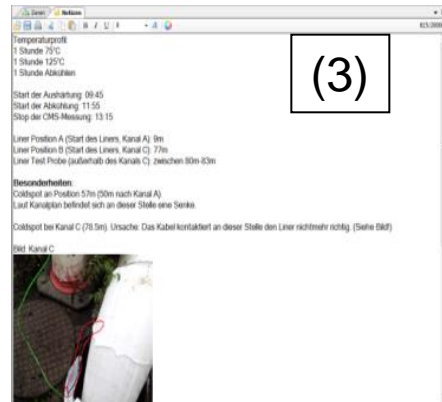
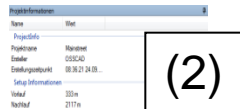


- Hilfsprogramm: Einmessung der Linerstrecke (Haltungslänge)
- Datensicherung gegenüber Manipulationen
- Reporting der Aushärtungsergebnisse

3. CMS – Systemkomponenten – Software



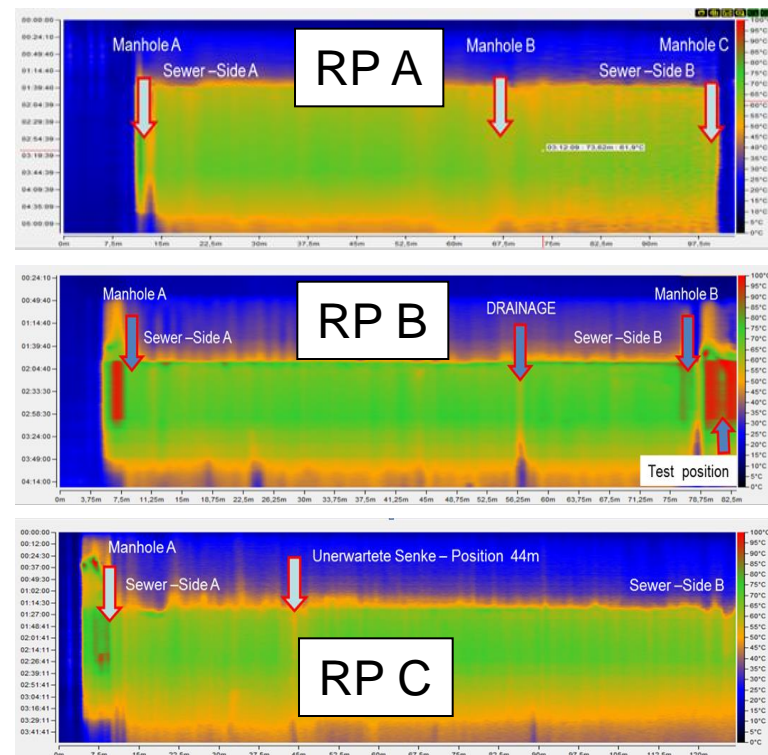
- Weitere Softwaremodule:
- (1) Google Karten Funktion
 - (2) Projekt Informationen
 - (3) Notizblatt
 - (4) Animationsfunktion
 - (5) Log-Funktion



4. Referenzprojekte – Messung 3D Plot

Vorstellung dreier Linerprojekte mit Dampfaushärtung

- Referenzprojekt A
 - Nadelfilzliner DN500, 7,5mm
 - Linerlänge: 90m
 - Keine kalten Stellen
- Referenzprojekt B
 - Nadelfilzliner DN300, 6mm
 - Linerlänge: 80m
 - Senke, Drainage
- Referenzprojekt C
 - Nadelfilzliner DN400, 6mm
 - Linerlänge: 120m
 - Unerwartete Senke



4. Referenzprojekte - Zonendarstellung - RP A



In Bezug auf die Referenzprojekte sollen die nachfolgenden Fragen beantwortet werden:

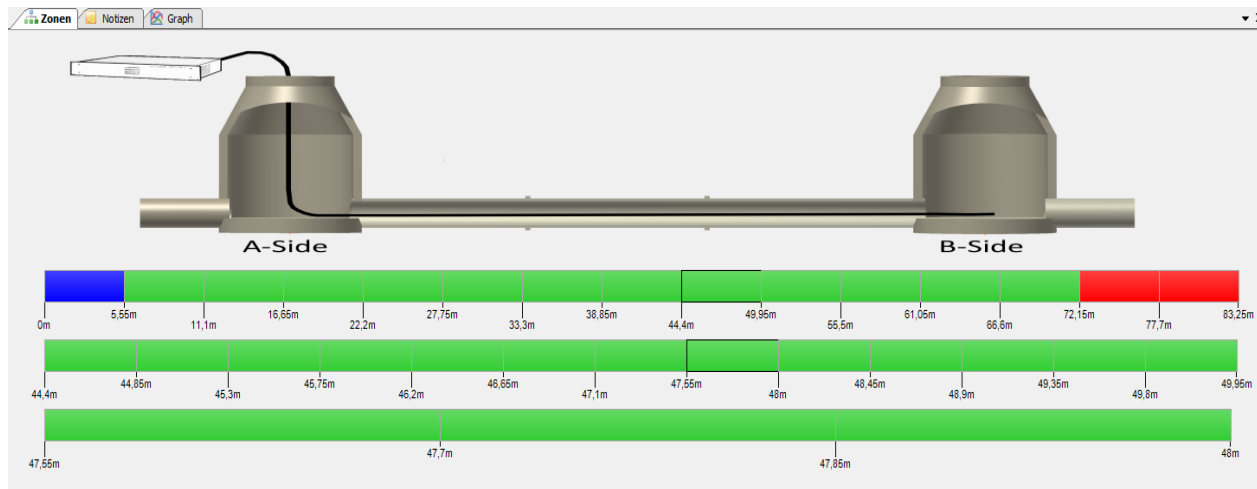
- Ist die Mindesttemperatur von 55°C (60°C) an allen Stellen des Liners erreicht worden?
- Wurden unerwartete lokale Inhomogenitäten (kalte Stellen) gemessen?
- Zu welchem Zeitpunkt wurde die Mindesttemperatur des Liners erreicht?
- Wie hoch ist das zeitliche Energieeinsparpotenzial bei den Referenzprojekten?
- Kann mit der CMS Technik die Prozessführung verbessert werden?



4. Referenzprojekte - Zonendarstellung - RP A

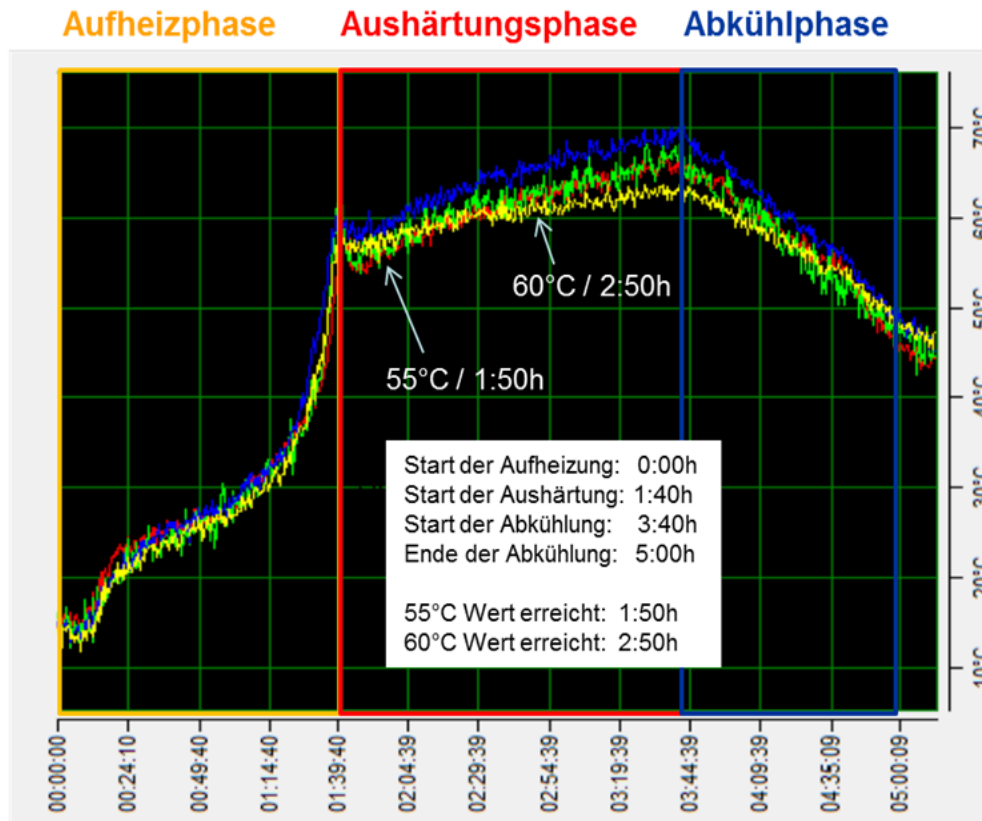


Vorgehensweise:

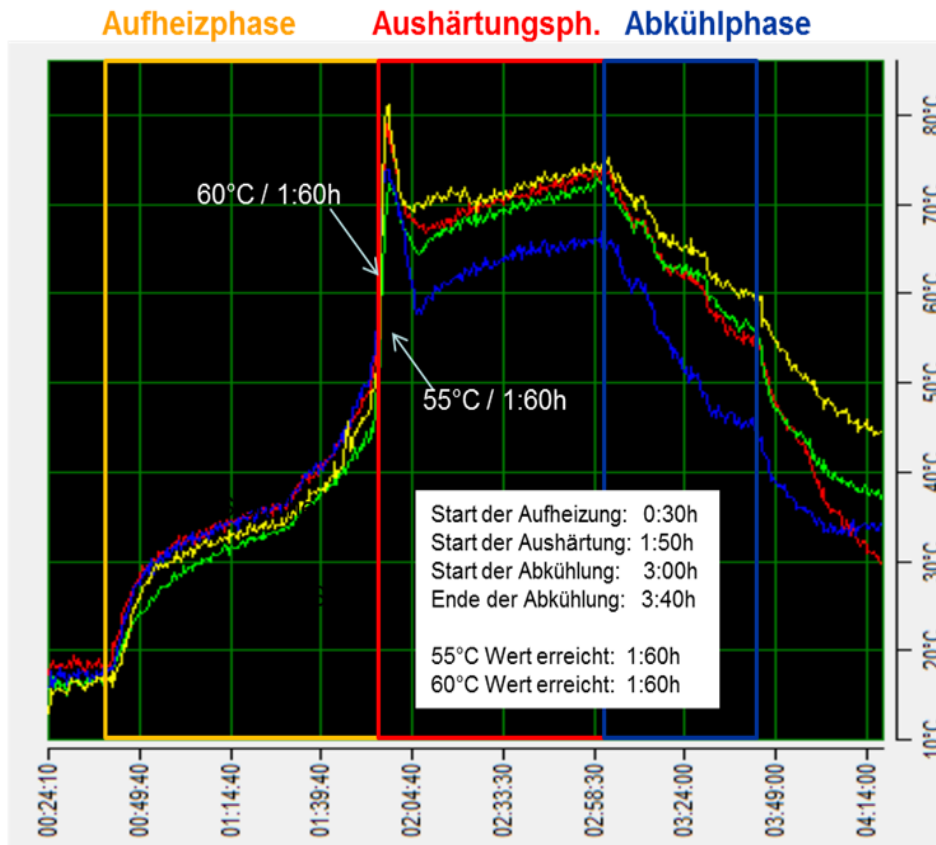


- Zonendarstellung
 - Ermittlung der Zeitpunkte, wann die kälteste Stelle (6 Uhrposition) die Mindesttemperatur von 55°C bzw. 60°C erreicht hat
 - Vergleich der Aushärtungstemperatur von verschiedenen Linerorten als Temperaturgraph (Temperatur als Funktion der Zeit)

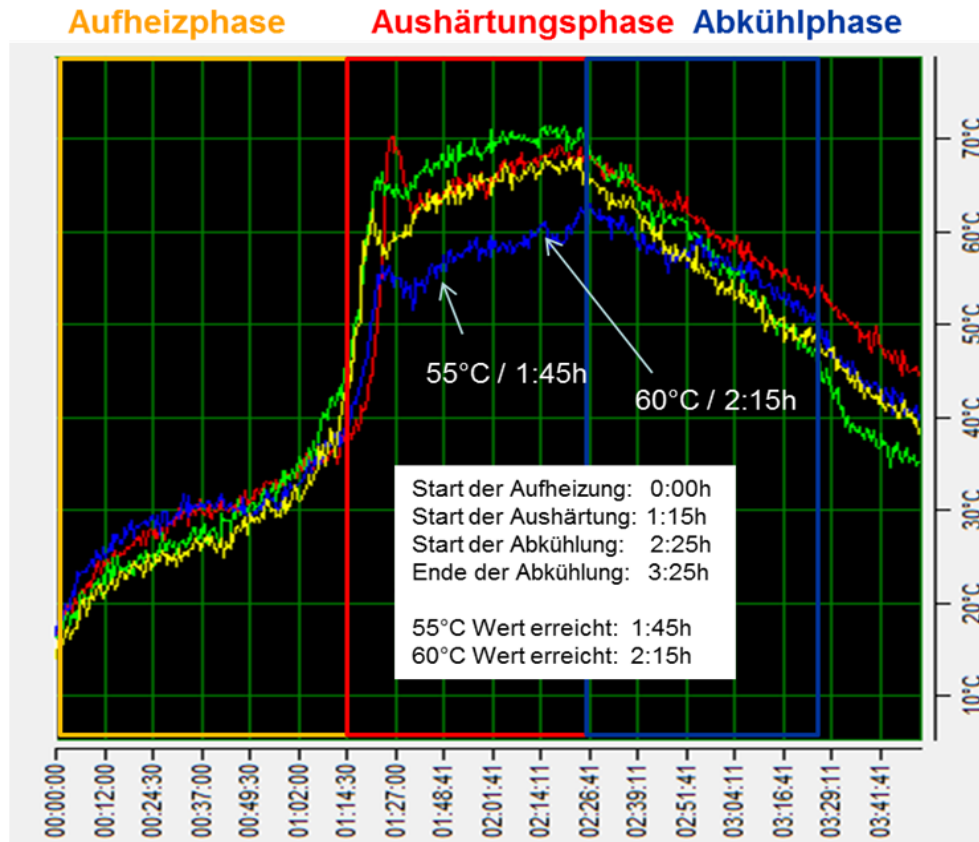
4. Referenzprojekte - Zeitlicher Verlauf - RP A



4. Referenzprojekte - Zeitlicher Verlauf - RP B



4. Referenzprojekte - Zeitlicher Verlauf - RP C



4. Referenzprojekte – Auswertung – Teil A



Gegenüberstellung der Aushärtungsdauer (Werksvorgaben via CMS Messung)

	Linerdaten			Zeitdauer der Aushärtung			Erreichen der Temperatur		
	Durchmesser	Wandstärke	Länge	Aufheizphase	Heizphase	Abkühlphase	55°C	60°C	Inhomogenitäten
Projekt A	DN 500	7,5mm	90m	100min	120min	80min	110min	170min	Nein
Projekt B	DN 300	6mm	80m	80min	70min	40min	90min	90min	Drainage
Projekt C	DN 400	6mm	120m	75min	70min	60min	105min	135min	Kalte Stelle

- Herstellervorgaben:

- Projekt A: Aufheizen-Aushärtung-Abkühlen: jeweils 90min
- Projekt B+C: Aufheizen-Aushärtung-Abkühlen: jeweils 60min

4. Referenzprojekte – Auswertung Teil B



Abschätzung des Einsparvolumens:

	Linerkosten (Material+Projekt)	ca. 10% Energiekosten	Einsparpotenzial in Bezug auf die Heizphase				
			Kostenanteil des Heizens	Einsparpotenzial %		Einsparpotenzial €/m	
				55°C	60°C	55°C	60°C
DN 500	400€/m	40€/m	67%	90%	40%	24€/m	11€/m
DN 300	200€/m	20€/m	67%	85%	85%	11€/m	11€/m
DN 400	300€/m	30€/m	67%	57%	14%	11€/m	3€/m

5. Zusammenfassung und Ausblick



- Erfolgreiche Markteinführung der CMS Technik in mehr als 50 Linerprojekten mit einer Sanierungslänge von mehr als 20km
- Monitoring des thermischen Aushärtungsprozesses in Längsrichtung des Liners während der Sanierungsmaßnahme
- Qualitätsnachweis des Aushärtungsprozesses über die Gesamtlänge des Liners und über die Dauer der Sanierungsmaßnahme
- Eindeutige Entscheidungshilfen für die Prozessführung
- Reduktion der Energiekosten und der CO₂-Emission
- Höhere Planungssicherheit für die Sanierungsmaßnahme



5. Zusammenfassung und Ausblick

- Signifikantes Einsparvolumen mit geringen Amortisationszeiten (< 1 Jahr) der CMS Technik
- Erhöhung der Akzeptanz von Schlauchlinern bei Errichtern und

Ausblick

- Entwicklung neuer Sensorkabeldesigns für die Schlauchlinersanierung von Trinkwasser- und Druckleitungen
- Entwicklung einer CMS Prozessschnittstelle zur Energiezuführung
- Mitwirken im RSV Arbeitskreis

