



ABA Bockfließ / Kanalsanierung

Pilotversuch Flutungsverfahren 2021

ABSCHLUSSBERICHT

Wien, am 15.12.2022

INHALTSVERZEICHNIS

1	ZUSAMMENFASSUNG	3
2	ALLGEMEINES.....	4
2.1	Bezeichnung des Vorhabens.....	4
2.2	Auftraggeber	4
2.3	Ortsangabe.....	4
2.4	Ausgangssituation.....	4
2.5	Das Verfahren.....	6
	Verfahrensablauf.....	6
3	UMSETZUNG DES PILOTVERSUCHES	8
3.1	Auswahl der Sanierungsabschnitte.....	8
3.2	Angebotseinholung	12
3.3	Durchführung der Sanierung mittels Flutungsverfahren.....	13
3.3.1	Sanierungsvorbereitung	13
3.3.2	Durchführung der Flutung.....	13
3.3.3	Erfolgsnachweis	16
4	KOSTEN	17
4.1	Abrechnungskosten beim gegenständlichen Pilotversuch.....	17
5	INTERPRETATION DER ERGEBNISSE.....	19
5.1	Eignung des Flutungsverfahrens und Einsatzmöglichkeiten	19
5.2	Vorteile des Flutungsverfahrens	19
5.3	Grenzen für die Anwendung des Flutungsverfahrens	19
5.4	Erforderliche Qualitätssicherung bei Einsatz des Flutungsverfahrens.....	20

1 ZUSAMMENFASSUNG

Die Zustandsklassifizierungen von bestehenden Kanalnetzen mittels Kanal-TV-Befahrung beschränken sich meistens auf die Hauptkanalleitungen. Anschlussleitungen werden äußerst selten mit untersucht, obwohl davon auszugehen ist, dass diese annähernd die gleichen qualitativen Mängel wie die Hauptkanalleitungen aufweisen. Darüber hinaus erfordern die derzeit in Österreich angewendeten „herkömmlichen“ Sanierungsmethoden in aller Regel zeitlich voneinander getrennte Sanierungsschritte bei den Komponenten Sammelkanal, Schachtbauwerke, Anschlussleitungen. Dies führt zu sehr hohen finanziellen und zeitlichen Aufwendungen.

Beim Flutungsverfahren handelt es sich um ein Sanierungsverfahren mit ganzheitlichem Ansatz. Damit können Kanalsysteme haltungsweise unter Einbeziehung der Anschlussleitungen und Schachtbauwerke in einem Arbeitsschritt saniert werden. Um die Tauglichkeit dieses Sanierungsverfahrens überprüfen zu können, wurde im Zeitraum Oktober bis November 2021 im Kanalnetz der Marktgemeinde Bockfließ ein Pilotversuch durchgeführt.

Für die Durchführung des gegenständlichen Pilotversuches wurden in Abstimmung mit den Gemeindevertretern und dem Amt der NÖ Landesregierung einzelne Haltungen aus dem Kanalaltbestand der Marktgemeinde Bockfließ ausgewählt (ca. 50-60 Jahre alte Mischwasserkanäle aus Beton mit der Dimension DN 300). Mit den Sanierungsarbeiten wurden die Fa. SANIPOR (Lieferung Flutungskomponenten und Bauleitung), und die Fa. Rohrnetzprofis (Vorerkundung, Reinigung und Inspektion) betraut. Die fachliche Begleitung und örtliche Bauaufsicht erfolgte durch die DI Kraner ZT GmbH.

Bei den durchgeführten Sanierungsmaßnahmen hat sich das Flutungsverfahren als absolut geeignetes Kanalsanierungsverfahren erwiesen. Besonders der ganzheitliche Ansatz, die einfache Handhabung, die rasche Umsetzung und der unmittelbar nach Durchführung vorliegende Erfolgsnachweis sind besondere Vorteile dieses Verfahrens.

Auch die spezifischen Kosten (€ 213,--/m gerechnet als Mischpreis auf die Hauptleitungslänge inkl. Kosten für die Anschlussleitungen; € 161,--/m umgelegt auf die gesamte Leitungslänge inkl. Länge der Anschlussleitungen) liegen im Vergleich mit den übrigen Sanierungsmethoden im eher kostengünstigen Bereich.

Unter Beachtung der Grenzen bei der Anwendung hat sich im Zuge dieses Pilotversuches das Flutungsverfahren jedenfalls als taugliche Alternative zu den in Österreich bekannteren Kanalsanierungsmethoden erwiesen. Auf die ausschließliche Verwendung von qualitätsgesicherten Flutungs-Komponenten und den Einsatz von entsprechend geschultem Personal ist jedoch unbedingt Bedacht zu nehmen.

2 ALLGEMEINES

2.1 Bezeichnung des Vorhabens

ABA Bockfließ
Pilotversuch Flutungsverfahren Kanalaltbestand

2.2 Auftraggeber

Sanierungsarbeiten:

Marktgemeinde Bockfließ
Hauptstraße 56
2213 Bockfließ

Ingenieurleistungen Umsetzungsphase:

Amt der NÖ Landesregierung
Gruppe Wasser-Abt. Siedlungswasserwirtschaft
Landhausplatz 1
3109 St. Pölten

2.3 Ortsangabe

Gemeinde: Bockfließ
Katastralgemeinde: Bockfließ
Bezirk: Mistelbach
Bundesland: Niederösterreich

2.4 Ausgangsituation

Aufgrund der guten öffentlichen Förderungssituation wurden in den österreichischen Gemeinden vor allem in den letzten Jahren verstärkt Leitungsinformationssysteme für die bestehenden siedlungswasserwirtschaftlichen Einrichtungen (Wasserversorgungsanlagen, Abwasserbeseitigungsanlagen) erstellt.

Eine wesentliche Voraussetzung bei der Erstellung von geförderten Leitungsinformationssystemen ist die Durchführung von Zustandsklassifizierungen bei den Leitungsnetzen. Bei den Kanalisationsanlagen sind entsprechende TV-Inspektionen durchzuführen, auf deren Grundlage eine fachliche Beurteilung des Zustandes der bestehenden Leitungen erfolgen muss.

In Niederösterreich wurde vor 40 bis 60 Jahren der Großteil der Kanalisationsanlagen in Form von Mischwasserkanälen ausgeführt. In aller Regel kamen dabei Rohre aus Beton, seltener aus Steinzeug und Asbestzement zum Einsatz. Aus der Erfahrung von bereits erfolgten zahlreichen Zustandsbewertungen kann festgehalten werden, dass ein sehr großer Anteil von diesem vorliegenden Kanal-Altbestand zwar die heutigen Anforderungen an die Dichtheit kaum mehr erfüllt (z.B. Beton-Falzhohr mittels Teerstrick abgedichtet), der bauliche Zustand des Rohrmateriales sich allerdings trotz des Alters meistens noch völlig intakt darstellt.

Die folgenden Abbildungen zeigen 2 häufig vorkommende Beispiele von älteren Betonkanälen:



Betonkanal, Alter > 40 Jahre, Dichtheit fraglich, wenige optische Mängel – **kein unmittelbarer Handlungsbedarf**



Betonkanal, Alter > 40 Jahre, einragender Anschluss Rohrscheitel – **kein unmittelbarer Handlungsbedarf**

Abbildung 1+2: Beispiele Kanalaltbestand

Ausgehend von dieser Situation stellt sich die Frage, wie derartige Kanäle angesichts der mit hoher Wahrscheinlichkeit vorliegenden Undichtheiten und des ansonsten guten baulichen Zustandes nachhaltig aber kostenschonend saniert werden können.

Eine weitere Problematik ergibt sich bei Betrachtung der bisher üblichen Ansätze bei durchgeführten Kanalsanierungsmaßnahmen, wenn man die zugehörigen Anschlussleitungen (Hauskanäle, sonstige Anschlüsse) und Schachtbauwerke mit betrachtet.

Derzeit werden die Anschlussleitungen bei den Zustandsklassifizierungen noch äußerst selten mit untersucht, obwohl davon auszugehen ist, dass diese annähernd die gleichen qualitativen Mängel wie die Hauptkanalleitungen (insbesondere Undichtheiten) aufweisen. Darüber hinaus erfordern die derzeit in Österreich angewendeten „herkömmlichen“ Sanierungsmethoden in aller Regel zeitlich voneinander getrennte Sanierungsschritte bei den Komponenten Sammelkanal, Schachtbauwerke, Anschlussleitungen. Dies führt zu sehr hohen finanziellen und zeitlichen Aufwendungen.

All diese Erfahrungen waren der Auslöser, dass wir Recherchen über zielgerichtete, alternative Sanierungsverfahren begonnen haben, die vor allem die Anforderungen Dichtheit, Umweltfreundlichkeit, Nachhaltigkeit und Sparsamkeit erfüllen sollten.

Im Zuge dieser Recherchen sind wir auf ein Flutungsverfahren gestoßen, das bereits vor mehr als 30 Jahren auf der Akademie der Wissenschaften in Budapest entwickelt wurde, und seitdem weltweit (u.a. auch in Deutschland) bei der Kanalsanierung erfolgreich zum Einsatz gekommen ist (Produktname SANIPOR®).

Nach umfassenden Gesprächen und Abstimmungen wurde das Mischwasserkanalnetz der Marktgemeinde Bockfließ als geeignet angesehen, einen Pilotversuch im Bereich des Kanal-Altbestandes durchzuführen, um ausreichende Erkenntnisse für eine mögliche breitere Anwendung dieses Sanierungsverfahrens gewinnen zu können.

Das Kanalnetz der Marktgemeinde Bockfließ wurde im Zuge der Erstellung eines Leitungsinformationssystemes (LIS) mittels Kanal-TV-Kamera inspiziert. Die TV-Befahrung erfolgte zwischen Juli 2018 und Oktober 2019.

Für den gegenständlichen Pilotversuch wurden einzelne Haltungen ausgesucht, wobei es sich bei diesen Sanierungsabschnitten ausschließlich um ca. 50-60 Jahre alte Mischwasserkanäle aus Beton mit der Dimension DN 300 gehandelt hat.

Als besonders günstig für die Anwendung des Flutungsverfahrens hat sich in Bockfließ die vorliegende Hausanschluss-Situation herausgestellt, da sich sämtliche Hauskanal-Anschlusschächte auf öffentlichem Gut, meist im Bereich des Gehsteiges, befinden. Durch die damit verbundene permanente Zugänglichkeit zu den Hauskanalleitungen war die Durchführung der Flutung deutlich erleichtert.

2.5 Das Verfahren

Beim Flutungsverfahren handelt es sich um ein geotechnisches, ganzheitliches Injektions-Verfahren, mit welchem erdverlegte Kanalnetze haltungsweise gegen Infiltration von Grundwasser und Exfiltration von Abwasser abgedichtet werden können.

Es ist ein Verfahren, bei dem die Gravitation genutzt wird, um zwei anorganische Silikat – Lösungen hintereinander durch alle Undichtheiten einer Kanalhaltung in das umgebende Erdreich zu injizieren, und die Kanalhaltung damit wasserdicht zu machen.

Verfahrensablauf

Nach der technischen Erfassung des Zustands des Kanals und seiner Bestandteile wird das Flutungsverfahren eingesetzt. Die Videoinspektion sämtlicher zu flutender Kanalabschnitt (Hauptkanal und Anschlussleitungen) und eine Wasserverlustprüfung geben Aufschluss über das Schadensbild bzw. über erneuerungsbedürftige Teile in der Kanalisation. Durch die Wasserverlustprüfung kann festgestellt werden, ob sich ev. außerhalb der Rohrwandung größere Hohlräume im Untergrund befinden, die zu hohe Materialverluste nach sich ziehen würden.

Die zu reparierende Kanalhaltung wird abgesperrt und gründlich gereinigt. Das Fluten mit Wasser bzw. den beiden Systemkomponenten erfolgt mit Hilfe von bereitzustellenden Tankfahrzeugen, wobei immer darauf zu achten ist, dass es innerhalb des Kanalrohres und in den Tankfahrzeugen zu keiner Vermischung der beiden Silikatkomponenten kommt.

Mit Hilfe des hydrostatischen Druckes (Auffüllung der Flüssigkeiten bis Oberkante des am tiefsten liegenden Schachtes) gelangt die System-Lösung S1 durch die undichten Stellen in das umgebende Erdreich. Nach einer bestimmten Verweildauer (ungefähr 40 Minuten) wird S1 abgesaugt. Das mit S1 durchtränkte Rohrbettungs-Material bleibt zurück.

Nach dem Absaugen der S1 Lösung und einer Wasserspülung der Innenwandungen in der Kanalhaltung wird die Haltung mit der Komponente S2 gefüllt, von wo sie der ersten Lösung ins Bettungsmaterial folgen kann. Beide Komponenten verbinden sich mit dem anstehenden Erdreich zu einem Konglomerat, welches sich allmählich zu einem künstlichen Sandstein verhärtet.

Nach ca. einer Stunde wird auch S2 abgesaugt und der Kanal nochmals ausgespült. Wenn der Flüssigkeitsspiegel von S2 im Schacht nicht mehr abgesunken ist (Beharrung), war die Abdichtung erfolgreich und die Haltung kann wieder ans Netz angeschlossen werden. Anderenfalls wird der gesamte Vorgang wiederholt, bis eine völlige Abdichtung erreicht ist.

Aus den folgenden Abbildungen kann der Verfahrensablauf nachvollzogen werden. Die beiden Fotos zeigen nach der Sanierung frei gelegte Leitungsabschnitte, bei denen die verhärteten Bereiche um die diversen undichten Stellen gut sichtbar sind.



Abbildung 3: Verfahrensablauf Flutung und frei gelegte Leitungsabschnitte (Quelle der Abbildungen: SANIPOR®)

Das Flutungsverfahren ist grundsätzlich ein anerkanntes Verfahren nach dem Stand der Technik (sh. ÖWAV-Regelblatt 42). In Österreich gibt es damit bisher nur begrenzte Erfahrungen. Es wurde daher mit Kanalbetreibern in Deutschland, die mit diesem Verfahren Erfahrung haben, Kontakt aufgenommen. Beispielsweise wird dieses Verfahren von den Berliner Wasserbetrieben schon seit 30 Jahren für die unterirdische Kanalsanierung verwendet. Nach erfolgter Rücksprache gibt es damit sehr gute Erfahrungen.

3 UMSETZUNG DES PILOTVERSUCHES

3.1 Auswahl der Sanierungsabschnitte

Aufgrund der Zustandsbewertung im Rahmen der Erstellung des Leitungsinformationssystems (LIS) für die ABA Bockfließ wurden nach den erfolgten Vorgesprächen für diesen Pilotversuch folgende Leitungsabschnitte des MW-Altbestandes vorausgewählt:

Strang MW04a (Mühlgasse)

Strang MW04a Haltungen 01 bis 04 (DN 300) – *Gesamtlänge 132 m, 11 Anschlüsse*

Die Haltungen 01 bis 02 sind zwar nach optischer Beurteilung weitestgehend in Ordnung. Die Haltungen 03 und 04 weisen allerdings bereits mehrere altersbedingte Mängel auf. Grundsätzlich ist aufgrund des Alters dieses Strangabschnittes (Baujahr 1967) davon auszugehen, dass die Rohrverbindungen nicht mehr die technischen Anforderungen an die Dichtheit aufweisen (Falzverbindungen mit Teerstrick abgedichtet).

Auch die Hausanschlüsse wurden weitestgehend nicht über Formstücke eingebunden (angestemmt Anschlüsse, Anschlüsse über Blindkammern). Darüber hinaus sind die Hausanschlussleitungen sanierungsbedürftig.



Abbildung 4: Leitungsschnitt 4a mit Beispielfotos

Strang MW03d (Hauptstraße)

Strang MW03d Haltungen 02, 04 u. 05 (DN 300) - *Gesamtlänge 107 m, 5 Anschlüsse*

Auch für diesen Mischwasser-Kanalabschnitt gilt das Gleiche wie beim Strang 04a (undichte Rohrverbindungen, angestemmte Hausanschlüsse, sanierungsbedürftige Hausanschlussleitungen). Insbesondere die Haltungen 02 und 05 sind sanierungsbedürftig!

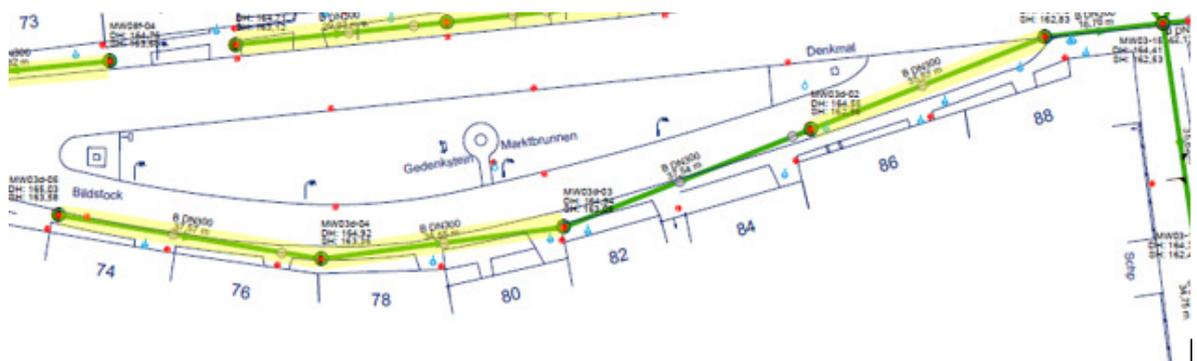


Abbildung 5: Leitungsabschnitt 3d mit Beispielfotos

Strang MW03f (Hauptstraße)

Strang MW03f Haltungen 02 bis 07 (DN 300) - *Gesamtlänge 165 m, 8 Anschlüsse*

Auch für diesen Mischwasser-Kanalabschnitt gilt das Gleiche wie beim Strang 03d (undichte Rohrverbindungen, angestemmte Hausanschlüsse, sanierungsbedürftige Hausanschlussleitungen).



Abbildung 6: Leitungsabschnitt 3f mit Beispielfotos

Strang MW08f (Hauptstraße)

Strang MW08f Haltung 04 (DN 300) - *Gesamtlänge 28 m, 2 Anschlussleitungen*

Auch für diesen Mischwasser-Kanalabschnitt gilt das Gleiche wie beim Strang 03d (undichte Rohrverbindungen, angestemmte Hausanschlüsse, sanierungsbedürftige Hausanschlussleitungen).



Abbildung 7: Leitungsabschnitt 8f mit Beispielfotos

3.2 Angebotseinholung

Nach Vorliegen aller Angebote ergaben sich zu erwartende Kosten für den Pilotversuch mit folgender Gesamtsumme (alle Summen exkl. Ust.):

Summe SANIPOR	€	83.400,--
Summe Rohnetzprofis	€	68.480,--
Summe DI Kraner ZT GmbH (*)	€	4.170,--
<u>Unvorhergesehenes Rundung</u>	€	<u>3.950,--</u>
Gesamtkosten	€	160.000,--

(*) Die Ingenieurleistungen im Zuge der Umsetzungsphase wurden vom Land NÖ beauftragt.

Für diese Gesamtkosten wurde beim Bund um Förderung angesucht.

3.3 Durchführung der Sanierung mittels Flutungsverfahren

3.3.1 Sanierungsvorbereitung

Nach detaillierter Analyse der vorliegenden TV-Videobefahrungen erfolgten ergänzende Erkundungen im Bereich der Kanal-Hausanschlussleitungen bis zu den Anschlussschächten, um unvorhersehbaren Materialverlusten im Zuge der Flutung vorzubeugen.

Im Anschluss erfolgte eine umfassende Hochdruckreinigung des gesamten ausgewählten Sanierungsabschnittes (Kanalhaltung inkl. Schächte und Hausanschlussleitungen).

3.3.2 Durchführung der Flutung

Die ausgewählte Kanalhaltung und die Anschlussleitungen wurden im Bereich der Schachtbauwerke dicht verschlossen (sh. nachfolgende beispielhafte Skizze).

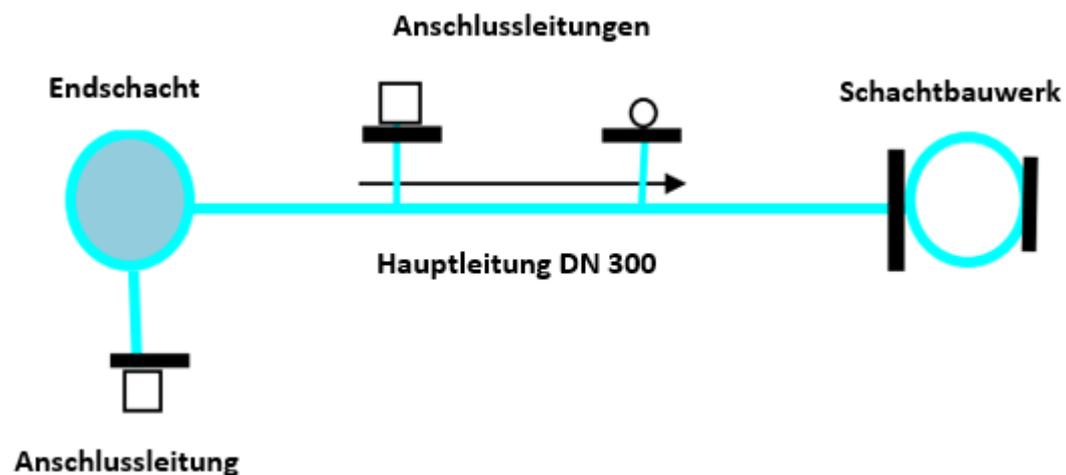


Abbildung 8: Beispielskizze Flutungsvorgang

Danach erfolgte als Erstes eine Flutung mit Reinwasser, um an der Absinkgeschwindigkeit feststellen zu können, ob im Bereich der gegenständlichen Haltung außerhalb der Rohrwandung Hohlräume vorhanden sind, die zu große Materialverluste nach sich ziehen würden.

Nach Freigabe des Leitungsabschnittes für die Flutung erfolgte die Zugabe der Silikatlösung S1 im oberen Schacht der Kanalhaltung. Die bestehenden Undichtheiten bewirken ein permanentes Absinken des Flüssigkeitsspiegels. Durch laufende Zugabe von S1 wird das Flüssigkeitsniveau so lange gehalten, bis eine weitest gehende Beharrung eintritt.

Nach ca. 40 Minuten Einwirkzeit wurde S1 wieder in das bereit stehende Tankfahrzeug abgesaugt. Die Haltung wurde mit Reinwasser mit geringem Wasserdruck ausgespült und danach mit der Silikatlösung S2 gefüllt, welche sich im Untergrund mit S1 fest verbindet. Nach ca. 1 Stunde wird S2 aus der Haltung abgesaugt. Wenn am Ende dieser Füllung beim Flüssigkeitsspiegel eine Beharrung eingetreten ist, war

die Abdichtung erfolgreich. Andernfalls wird der komplette Vorgang mit beiden Lösungen nochmals wiederholt.

Zu Illustration werden nachfolgend einige Baustellenfotos angefügt:



Abbildung 9: Füllung der Haltung mit S1



Abbildung 10+11: Füllung der Haltung mit S2



Abbildung 12: Baustellenübersicht



Abbildung 13+ 14: Schachtbauwerk nach Abschluss der Flutungen
(gut erkennbar die weißen Verhärtungsspuren im Bereich der vorhandenen Risse im Bauwerk)

3.3.3 Erfolgsnachweis

Ein wesentlicher Vorteil des Flutungsverfahrens ergibt sich aus der Tatsache, dass unmittelbar bei Abschluss jeder Haltungsanierung der Erfolgsnachweis vorliegt (Beharrungszustand bei Komponente S 2). Dies ist aus dem nachfolgenden beispielhaften Sanierungsprotokoll ersichtlich.

Geflutete Haltung samt Anschlussleitungen

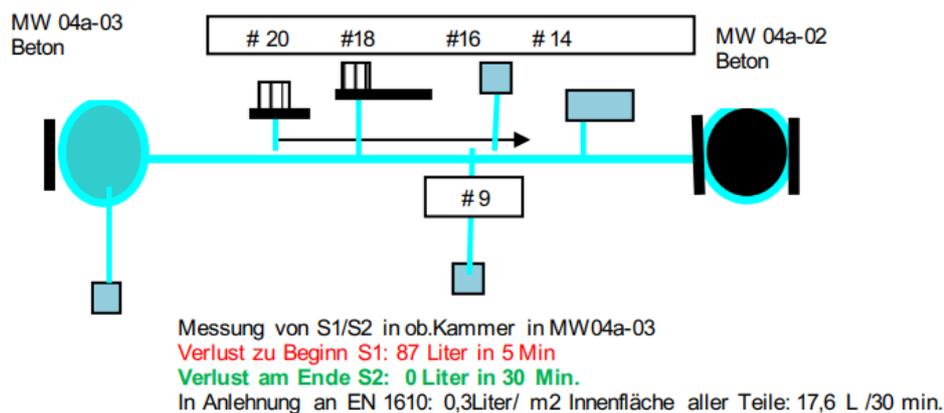


Abbildung 15: Erfolgsnachweis Haltung MW 4a-03

Bei allen Haltungen reduzierte sich der Wasserverlust deutlich (Reduktion > 80%). Bei den meisten Haltungen lag der Wasserverlust bei 0 Liter in 5 Minuten. Bei zwei Haltungen musste die Druckhöhe reduziert werden, da der Wasserverlust infolge von innerhalb der Haltung befindlichen Blindschächten zu hoch war.

Generell kann die Aussage getroffen werden, dass nach durchgeführter Flutung ein messbarer Erfolg gegeben war, der einen zukünftig ordnungsgemäßen Betrieb der Kanalanlage erwarten lässt.

Um dieses Sanierungsverfahrens auf eine dauerhafte Wirksamkeit überprüfen zu können, wird eine nochmalige Wasserverlustmessung in einigen Jahren bei allen sanierten Haltungen empfohlen.

Aus den Erfahrungen von Kanalbetreibern, die dieses Verfahren in der Vergangenheit angewendet haben, kann allerdings eine lang anhaltende Wirksamkeit erwartet werden.

4 KOSTEN

4.1 Abrechnungskosten beim gegenständlichen Pilotversuch

Folgende Änderungen ergaben sich gegenüber dem Angebot der Fa. SANIPOR:

Aufgrund der aufwändigeren Vorbereitungsarbeiten musste ein zusätzlicher Tag für die Sanierungsbegleitung verrechnet werden (+ € 800,-).

Die Abrechnungskosten der Fa. SANIPOR beliefen sich demnach auf € 84.200,- (exkl. Ust.) gegenüber der Angebotssumme von € 83.400,- (exkl. Ust.), das ist eine Erhöhung um rd. 1%.

Dafür ist mehr Flutungsmittel übrig geblieben als kalkuliert. Der Netto-Restwert des übrig gebliebenen Mittels beträgt € 32.360,-.

Die begleitenden Maßnahmen durch die Fa. Rohrnetzprofis gestalteten sich deutlich weniger aufwändig als erwartet. Die Abrechnungskosten der Fa. Rohrnetzprofis beliefen sich auf € 40.212,- (exkl. Ust.) gegenüber der Angebotssumme von € 68.480,- (exkl. Ust.), das ist eine Kosten-Unterschreitung von mehr als 41%.

Summe SANIPOR	€	84.200,-
Summe Rohnetzprofis	€	40.212,-
<u>Abzügl. Restwert Flutungsmittel</u>	- €	<u>32.360,-</u>
Gesamt-Abrechnungskosten	€	92.052,-

Die übrig gebliebenen Lösungen S1 und S2 können über mehrere Jahre für spätere Sanierungsarbeiten gelagert werden.

Sanierete Haltungen	Länge Hauptleitung (m)	Länge HA (m)	Anzahl Schächte
	DN 300	DN 150-200	
MW 03d-02	35,60	10,00	3
MW 03d-04	34,55	8,85	2
MW 03d-05	37,30	6,00	4
MW 03f-02	30,00	5,00	1
MW 03f-03	32,00		1
MW 03f-04	31,00	8,00	1
MW 03f-05	30,00	8,00	1
MW 03f-06	21,00	30,00	1
MW 03f-07	21,00		1
MW 4a-01	34,56	5,17	1
MW 4a-02	31,60	10,45	3
MW 4a-03	36,00	37,30	5
MW 4a-04	30,32	4,60	3
MW 8f-03	28,00	5,00	1
Summe	432,93	138,37	28

Durchschnittlicher lfm-Preis auf Hauptleitung:	212,60
Durchschnittlicher lfm-Preis auf ges. Leitungslänge:	161,10

Abbildung 16: Spezifische Laufmeter-Preise (exkl. Nebenkosten)

Im gegenständlichen Fall ergeben sich demnach spezifische Laufmeterpreise von rd. € 213,- gerechnet als Mischpreis auf die Hauptleitungslänge inkl. Kosten für die Anschlussleitungen. Umgelegt auf die gesamte Leitungslänge (inkl. Länge der Anschlussleitungen) ergibt sich ein Laufmeterpreis von rd. € 161,-.

Bei Vergleich dieser spezifischen Kosten mit anderen Sanierungsverfahren muss jedenfalls berücksichtigt werden, dass es sich bei der Flutung um ein ganzheitliches Verfahren handelt, bei dem sowohl die Hauptleitung als auch die Anschlussleitungen und die zugehörigen Schächte mit saniert werden.

5 INTERPRETATION DER ERGEBNISSE

5.1 Eignung des Flutungsverfahrens und Einsatzmöglichkeiten

Nach Vorliegen der Ergebnisse aus dem Pilotversuch kann die Aussage getroffen werden, dass es sich beim Flutungsverfahren jedenfalls um ein geeignetes Sanierungsverfahren handelt. Wesentliche Voraussetzung für den Sanierungserfolg sind allerdings die Beachtung der Grenzen für den Einsatz dieses Verfahrens sowie die Einhaltung der Qualitätsvorgaben (sh. nachfolgende Punkte 5.3 und 5.4).

Im gegenständlichen Fall hat sich der Einsatz dieses Verfahrens aufgrund folgender gegebenen Umstände als besonders geeignet erwiesen:

- Geringe Geländeneigung
- Optimale Untergrundverhältnisse (Löss und Lehm; kein einkörniger Kies oder Schotter als anstehendes Material; keine Hohlräume außerhalb der Rohrwandung)
- Kurze Kanalhaltungen
- Hauptkanal Betonrohr DN 300
- Überschaubares Schadensbild (keine statisch bedenklichen Schäden)
- Gute Zugänglichkeit zu Hausanschlussschächten

5.2 Vorteile des Flutungsverfahrens

Auf Grundlage der bisher vorliegenden Referenzen und des durchgeführten Pilotversuches können für das gegenständliche Flutungsverfahren folgende Vorteile zusammengefasst werden:

- Langlebiges und umweltfreundliches Sanierungsverfahren
- Relativ einfaches und überschaubares Verfahren
- Rasche Umsetzung möglich (zumindest 1 Haltungslänge inkl. Anschlussleitungen pro Tag)
- Hausanschlussleitungen und Schachtbauwerke können gleichzeitig mit saniert werden
- Der Erfolgsnachweis liegt unmittelbar bei Abschluss jeder Haltungssanierung vor (Beharrungszustand bei Komponente S 2)
- Von der teuren Komponente S 2 bleibt immer eine relativ große Restmenge zur weiteren Verwendung übrig (Aufbewahrung über mehrere Jahre möglich)
- Im Vergleich zu den „herkömmlichen“ Kanalsanierungsverfahren kann das Flutungsverfahren insbesondere im Hinblick auf die damit erreichbare gesamtheitliche Sanierung (Hauptleitung, Anschlussleitungen und Schächte) als kostengünstig eingestuft werden.

5.3 Grenzen für die Anwendung des Flutungsverfahrens

In folgenden Fällen ist der Einsatz des Flutungsverfahrens nicht möglich, bzw. nicht zu empfehlen:

- Betonummantelte Kanalleitung (S1 und S2 benötigt Bodenmaterial als Aggregat um eine feste Verbindung bilden zu können)
- Einkörniger Schotter oder Kies als anstehendes Material
- Große Hohlräume außerhalb der Rohrwandung
- Vorliegende statisch bedenkliche Schäden am Kanalrohr (größere Ausbrüche, Längsrisse an Scheitel und Sohle mit beginnender Verformung,...)

- Extremer Grundwassereintritt
- Außentemperatur $< 5^{\circ}\text{C}$
- Sehr steiles Gelände

In folgenden Fällen ist das Flutungsverfahren nur bedingt einsetzbar:

- Große Rohrdimensionen ($> \text{DN } 500$) bzw. überlange Kanalhaltungen (ökonomische Sinnhaftigkeit aufgrund der großen Vorhaltemengen an S1 und S2 abzuklären)
- Stärkerer Grundwassereintritt (Einsatz nur möglich bei entsprechend höherem Gegendruck durch S1 und S2)
- Außentemperatur $< 10^{\circ}\text{C}$ (Durchdringung feinerer Risse infolge erhöhter Viskosität der Silikatlösungen eingeschränkt)

5.4 Erforderliche Qualitätssicherung bei Einsatz des Flutungsverfahrens

Bei Einsatz des Flutungsverfahrens ist es unabdingbar, dass die zum Einsatz kommenden Materialien entsprechende Qualitätsstandards erfüllen.

Folgende Punkte können als Zielvorgabe für eine dauerhafte und langlebige Sanierung definiert werden:

- Außerhalb der Rohrwandung muss eine gleichmäßige, dauerhaft wassersperrende Schicht gebildet werden;
- Eine standardmäßige Druck- und Haftfestigkeiten des Konglomerates muss nachzuweisen sein
- Es dürfen keine umweltbelastenden Reaktionsprodukte entstehen (Salze, Laugen, organische Stoffe)
- Es dürfen keine zukünftigen Altlasten entstehen (z.B. Kunststoffe)
- Etwaige vorhandene Kontaminationen müssen in das Konglomerat eingekapselt werden

Um diese Zielvorgaben zu erreichen, sind folgende Anforderungen an die zum Einsatz kommenden Lösungen zu stellen:

- Es dürfen keine unreaktierten Restmengen der beiden Lösungen verbleiben. Dies ist durch entsprechend verlängerte Reaktionszeiten (bis zu 72- stündige Durchhärtungszeit) sicherzustellen.
- Um bei unterschiedlichen Bedingungen (z. B. Grundwasserandrang) die Zielvorgaben in gleicher Qualität einhalten zu können, braucht es bei den zum Einsatz kommenden Lösungen eine hohe Flexibilität in der Reaktionsfähigkeit. Die Lösungen S1 und S2 müssen mit unterschiedlichen Mischungsverhältnissen von S1 zu S2 im Bereich 1:8 bis 8:1 und 8-facher Verdünnung mit Wasser die erforderliche dauerhaft wassersperrende Schicht bilden können (Nachweis in Labortest!).

Um zukünftig sicherstellen zu können, dass im Falle der Anwendung von Flutungsverfahren zur Kanalsanierung nur im zuvor beschriebenen Sinn geeignete Materialien zum Einsatz kommen, wären entsprechende Festlegungen von wissenschaftlicher und normierender Seite wünschenswert.

Trotz der relativ einfachen Anwendung braucht es zusätzlich zu den Materialanforderungen jedenfalls auch entsprechendes Know-how! So wie bei allen anderen Sanierungsverfahren können auch beim Flutungsverfahren im Falle von Anwendungsfehlern hohe wirtschaftliche Schäden, vor allem durch hohe Materialverluste infolge unzureichender Vorerkundung entstehen. Hier ist eine zielgerichtete Schulung des zum Einsatz kommenden Personales dringend anzuraten!