



Entwicklung eines multifunktionalen Werkzeuges für die handwerkliche Durchführung von

- Dichtigkeitsprüfungen
- Schlauchrelining
- Herstellung eines Hutprofils

in Leitungen geringen Querschnittes

(AZ. 23112)

Schlussbericht

Projektdurchführung

ERSABAU

Projektleiter: Dipl. Ing. Erhard Sack
Am Oberwege 17, 99610 Sömmerda

Taskai-ELSTER & Co KG

Dipl. Ing. Sandor Taskai
Am Oberwege 19, 99610 Sömmerda

SCHNEIDERDESIGN

Dipl. Des. Wolfgang Schneider
Brauhausweg 6, 99610 Spröttau

Projektförderung

Deutsche Bundesstiftung Umwelt
An der Bornau 2, 49090 Osnabrück

Erstellt:

Sömmerda, Januar 2008

INHALTSVERZEICHNISS

- 1.1 Aufgabenstellung**
- 1.2 Zielsetzung und Anlass des Vorhabens**
- 2.1 Die gesetzlichen Voraussetzungen**
- 2.2 Rechtliche Rahmenbedingungen**
- 2.3 Fremdwasserherkunft**
- 3.1 Sanierungsmöglichkeiten**
- 4.1 Die Entwicklung**
- 4.2 Die Entwicklung des Grundkörpers**
- 4.3 Die Handsteuerung**
- 4.4 Entwicklung des Funktionskopfes**
- 5.0 Weitere Entwicklungsrichtung**
- 6.0 Wirkung des Projektes auf die technische und wirtschaftliche Situation des Antragstellers**
- 7.0 Literaturverzeichnis**
- 8.0 ANLAGEN**

1.1 Aufgabenstellung:

Die Befahrung, Untersuchung und Reparatur der Abwasserentsorgungsträger ist im Prinzip technisch bereits auf einem sehr hohen Automatisierungsstand gelöst. Die bereits vorhandenen und sich im Einsatz befindlichen Roboter und deren Einsatztechnologien bedienen ein sehr breites Spektrum, sind allerdings mit einer sehr intensiven Vorinvestition und daraus resultierend, mit einem hohen Betriebskostenanteil verbunden. An diesem Punkt knüpft unsere Vorstellung an, in dem wir ein Handwerkszeug entwickelt haben, welches für einen ganz speziellen Bereich, nämlich bei der Sanierung von Hausanschlüssen zum Einsatz kommen soll. Sollten wir unsere Vorstellung auch in der Praxis verwirklichen können, so werden wir ein Werkzeug als Ergebnis präsentieren können, welches auch für den einfachen Handwerker oder den Baubetrieb erschwinglich ist und dessen Betriebskosten, sowohl im Bereich der Abschreibung, als auch die Energie- und Einsatzkosten bei Weitem unter den gegenwärtigen Kosten liegen werden. Weiterhin könnte ein Teil der gegenwärtig durchgeführten Baureparaturen und die Neuverlegung der Leitungen ersetzt werden. Die Notwendigkeit der Entwicklung resultiert aus den gesetzgeberischen Vorgaben der Europäischen Union, sowie der einzelnen deutschen Bundesländer, in dem die Dichtigkeitsnachweise und die Sanierung der Kanalanschlüsse der Hauszuleitungen binnen einer sehr kurzen Frist in Angriff genommen werden müssen. Mit den herkömmlichen Kapazitäten und Kostenstrukturen ist dies nahezu unmöglich und würde den Verbrauchern eine unzumutbare Kostenlawine mit sich bringen. So sind hierbei einerseits die Belange der Umwelt und andererseits die ökonomische Belastung der Verbraucher, wo bei diesem Thema auch die öffentliche Hand als Verbraucher gilt, in Einklang zu bringen.

Um mit einem handwerklichen Werkzeug die notwendigen Aufgaben in der selben Qualität ausführen zu können, müssen bei der Überleitung in die Produktion die Funktionalität des allgemeinen Standards berücksichtigt werden.

1.2 Zielsetzung und Anlass des Vorhabens

Aus den gesetzlichen Grundlagen abgeleitet ist es ersichtlich, dass die Aufgabe der Kanalsanierung enorme finanzielle Aufwände binden wird, sowohl im privaten als auch im öffentlichen Bereich.

Der Grund ist die Beschlusslage des europäischen Parlaments, deren Umsetzung als erstes das Bundesland **Nordrhein- Westfalen** in seiner Bauordnung vorsieht. Hier wird den Gefahren, die aus häuslichem Abwasser entstehen können, Rechnung getragen. Da die Grundwasserbelastung mit Schwermetallen, Medikamentenrückständen und Haushaltschemikalien eine immer größere Gefahr für die Umwelt bedeutet, wird die Lösung in der Beseitigung der Gefahrenquellen, ausgehend von defekten Abwasserleitungen, liegen. Alle anderen Bundesländer sind angehalten worden diese Sachlage binnen einer Frist umzusetzen. Der Gesetzgeber verlangt demnach, dass in Wasserschutzgebieten ab 2005, in sonstigen Bereichen ab 2015, auch private Kanäle (dazu gehören auch die Kanalanschlüsse) hinsichtlich Dichtigkeit in Bestand und Neubau nachweispflichtig werden. Nach Erkenntnissen aus unserer bisherigen Tätigkeit und nach Erkenntnissen der Arbeitsgruppe der kommunalen Tiefbauamtsleiter Köln – Euskirchen, wird die Sanierung von Hausanschlüssen das zentrale Thema der Zukunft sein. In der Landesbauordnung NRW §45 ist der flächendeckende Nachweis bereits festgeschrieben. Die Befahrungen der Zweckverbände weisen einen Prozentsatz der defekten Hausanschlüsse von ca. 80 % aus.

Die gegenwärtig angewendeten Technologien verteilen sich auf die Grunderneuerung (Neuverlegung) und auf die zerstörungsfreie Sanierung. Die Neuverlegung muss man immer im Zusammenhang mit dem Zustand der Leitung sehen und unter Umständen ist sie unvermeidbar. Die zerstörungsfreien Technologien verdichten die Leitungen mittels Inliner auf verschiedene Weise. Die am meisten eingesetzten Technologien verwenden kunstharzbeschichtete Strümpfe, die in die Leitung hineingezogen werden, wo sie unter Einwirkung von Wärme aushärten. Nachteil dieser Technologien ist, dass die technologischen Zeiten mehrere Stunden in Anspruch nehmen, sowie die umständliche Anbringung des Anschlussringes in die Hauptkanaleinmündung.

Hierzu muss von der Hauptsammlerseite ein Roboter eingesetzt werden. Ist diese Möglichkeit nicht gegeben, ist eine zerstörungsfreie Sanierung nicht möglich. Die durchschnittlichen Kosten einer zerstörungsfreien Sanierung liegen bei ca. 1 – 1.500,- EUR . Die vollständige Erneuerung kostet etwa. 4 - 6.000, - EUR.

Es ist uns bewusst, dass auch die beste Entwicklung noch Lücken hinterlässt die man mit besseren, sowohl technisch als auch ökonomisch, weitergereiften Lösungen beseitigen kann. Wir wissen auch, dass bereits viele Roboter und auch Handwerkszeuge auf dem Markt sind, die verschiedenen Aufgaben mit verschiedenen Technologien lösen können. Dennoch sind sie zu teuer und auf Grund der Erstinvestitionen werden sie nur durch bereits spezialisierte Fachfirmen eingesetzt. Eine Vielfalt der Aufgaben im Sanierungsbereich sind aber für diese Firmen zu klein, eigentlich nur „zeitraubend“ und auf Grund der, aus den Investitionen resultierender Selbstkostenanteil eigentlich nur eine überflüssige Verteuerung. Dies gilt sowohl für die öffentliche Hand als auch für die Privathaushalte. Diese Firmen und Technologien werden weiterhin den Löwenanteil der Aufgaben bewältigen müssen, wo die entsprechende Ausstattung und das Fachwissen erforderlich sind. In einem Teilbereich haben aber auch kleinere Lösungen eine Daseinsberechtigung. Somit werden die „Sanierungs-Schergewichte“ entlastet und die einfachen kleinen Sanierungen kostengünstiger gestaltet.

2.1 Die gesetzlichen Voraussetzungen

In der Bundesrepublik Deutschland werden jährlich etwa 10 Mrd. m³ Abwasser behandelt. Die Kosten der Abwasserentsorgung betragen jährlich ca. 8 Mrd. Euro, davon etwa 2,5 Mrd Euro nur die Instandhaltung der Entsorgungssysteme. Um die Kanalnetze auf den Stand der Technik sanieren zu können, wären etwa 50 Mrd. Euro notwendig.

Ein großes Problem bei der Sanierung der öffentlichen und privaten Kanalnetze ist, dass in den Kläranlagen ein ungewollter Zufluss von gering oder unbelastetem Wasser, auch als Fremdwasseranteil definiert, eingeleitet wird.

Laut Angaben des Thüringer Umweltministeriums gaben 60% der Kanalnetz- und Kläranlagenbetreiber des Freistaates Thüringen an, dass kritische Fremdwasseranteile im Zulauf der Kläranlage vorliegen. Rund 40% der Befragten beurteilten die Folgen von Fremdwasserzuflüssen als erheblich. Negative Auswirkungen werden sowohl in betriebswirtschaftlicher, als auch technischer und wasserrechtlicher Hinsicht gesehen. Durch Fremdwasserreduzierung ließen sich jährliche Betriebskosteneinsparungen bis zu 30% erreichen. (Angabe ThWiMi-2003)

2.2 Rechtliche Rahmenbedingungen

Nach Abwasserverordnung (AbwVO) wird der Anteil des Fremdwassers am Schmutzwasser in Verbindung mit dem Vermischungs- und Verdünnungsverbot begrenzt. Nach §3 Abs. 3 AbwVO darf das mit dem Schmutzwasser bei Trockenwetter zusammen abfließende Wasser anteilmäßig nicht so groß werden, dass eine Verminderung der Schmutzfrachten in der Kläranlage bereits im Zulauf erreicht wird. Nach §9 AbwAG wird eine Ermäßigung des Abgabesatzes versagt, sobald ein Erreichen der zulässigen Ablaufkonzentrationen durch Vermischen oder Verdünnen nachweisbar ist.

Gemäß §18b Wasserhaushaltsgesetz (WHG) sind für den sach- und umweltgerechten Kanalnetzbetrieb in wasserrechtlichen Verordnungen aller Bundesländer spezifische Eigenkontroll- oder Selbstüberwachungsverordnungen in Kraft getreten. Nach diesen Eigenkontrollverordnungen (EKVO) sind für nachgewiesene instandsetzungsbedürftige Kanalnetzabschnitte entsprechende Prioritätspläne zu erstellen.

Bestandteil der Eigenkontroll-Verordnungen ist die Prüfung auf Dichtigkeit gegenüber Ex- und Infiltrationen, wobei Handlungsbedarf gleichermaßen für Ex- und Infiltrationen gegeben ist. In den meisten Fällen wird dieser Nachweis durch optische Inspektion geführt. Gemäß Thüringer Abwassereigenkontrollverordnung (ThürAbwEKVO) ist die zyklische optische Inspektion innerhalb von 15 Jahren vorgeschrieben. In einigen Bundesländern müssen zusätzlich zur optischen Inspektion zyklische Dichtigkeitsnachweise nach geltenden Prüfnormen für Wasser- bzw. Luftdichtheit erbracht werden.

Der §60 des Thüringer Wassergesetzes (ThürWG) regelt den Betrieb, die Eigenkontrolle und die Überwachung von Abwasseranlagen. Danach sind Abwasseranlagen so zu betreiben, dass sie nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik den erreichbaren oder den im Einzelfall vorgeschriebenen höheren Wirkungsgrad erzielen.

Grundsätzlich unterliegt auch das private Abwassernetz den wasserrechtlichen Bestimmungen zur Reinhaltung natürlicher Gewässer. Zusätzlich bestehen nach Thüringer Bauordnung (ThürBauO) weitergehende Regelungen, die eine Überwachung der Dichtigkeit fordern. Die in der ThürBauO gestellten Anforderungen werden durch kommunale Abwassersatzungen präzisiert. Sie ergänzen damit die fehlende behördliche Aufsichtspflicht für private Abwasserleitungen, die nicht unter die ThürAbwEKVO fallen.

2.3 Fremdwasserherkunft

Der Begriff Fremdwasser wird in den Regelwerken unterschiedlich definiert. In der DIN E 4045 wird Fremdwasser als „in die Kanalisation eindringendes Grundwasser, unerlaubt über Fehlanschlüsse eingeleitetes Wasser sowie einem Schmutzwasserkanal zufließendes Oberflächenwasser“ definiert. Es stellt damit einen ungewollten Zufluss von gering bis unbelastetem Wasser in der Kläranlage dar.

Das ATV-Arbeitsblatt A 118 definiert als Fremdwasser alle unerwünscht in die Kanalisation gelangenden Abflüsse, die durch eindringendes Grundwasser und unterschiedliche Fehleinleitungen verursacht werden. Dazu zählt auch Niederschlagswasser in Schmutzwasserkanälen.

Der Fremdwassereintritt erfolgt maßgeblich über undichte Kanäle und Schächte. Wenn günstige Ablaufwerte die Folge einer Verdünnung sind, so entspricht die Abwasserreinigung nicht den anerkannten Regeln der Technik.

Tabelle 1: Definition Fremdwasser in unterschiedlichen Kanalsystemen

Mischwasserkanäle	Regenwasserkanäle	Schmutzwasserkanäle
eindringendes Grundwasser (Leckagen/Infiltrationen/Undichtigkeiten)		
zufließendes Drän- und Quellwasser	zufließendes Drän-, Quell- und Bachwasser	zufließendes Drän- und Quellwasser
zufließendes Schmutzwasser		zufließendes Regenwasser (Schachtabdeckung, Fehleinleitung)

Fremdwasser gilt definitionsgemäß als kontinuierlicher Zufluss mit Zuflussspitzen. Grundsätzlich lässt sich Fremdwasser in zwei Herkunftsgruppen einteilen:

- Aus Grundwasser stammendes Fremdwasser bei Tiefenlagen unterhalb der Grundwasserlinie
- Niederschlagsabhängiges Fremdwasser aus Fehlschlüssen und Schachtzuläufen.

Die Auswirkungen von erhöhten Fremdwassermengen auf den Netz- und Kläranlagenbetrieb zeigt Tabelle 2.

Tabelle 2: Auswirkungen von Fremdwasser auf den Netz- und Kläranlagenbetrieb und Lösungsansätze zur Fremdwasserbeseitigung

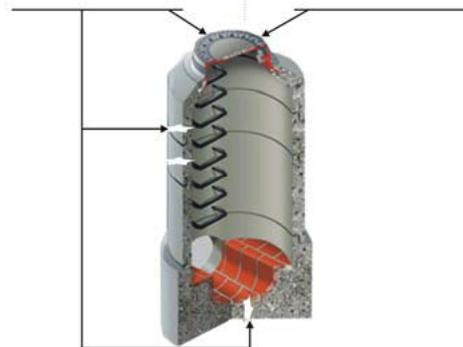
Auswirkungen		
Kanalnetzbetrieb	Entlastungsbauwerke	Kläranlagen
<ul style="list-style-type: none"> • Standsicherheit durch Hohlraum-bildung • Überlastungen Schmutzwasser-kanäle • Einstau • Überlastungen Pumpwerke • Selbstreinigungseffekte 	<ul style="list-style-type: none"> • Gewässerschutz • Überflutungen • Überlastungen Pumpwerke • Rück-/Einstau 	<ul style="list-style-type: none"> • Änderungen der Zuflusspa-rameter • Prozessstabilität • Betriebskosten der KA • Abwasserabgabe

Lösungen		
Kanalnetzbetrieb	Entlastungsbauwerke	Kläranlagen
<ul style="list-style-type: none"> • Neubau/ Sanierung Kanäle, Schächte und Grundstücksleitungen • Beseitigung Fehlanschlüsse 	<ul style="list-style-type: none"> • Neubau/ Sanierung Entlastungsbauwerke • Bodenfilter 	<ul style="list-style-type: none"> • Änderung Betriebsführung/ Anlagentechnik

Weitere Fremdwasserzuläufe sind Bauwerksdränagen, Dach- oder Oberflächenentwässerungen in Misch- und Schmutzwasserkanäle, Quellüberläufe und Einleitungen aus Außengebietsabflüssen sowie temporäre Einleitung von Abwässern bei Baumaßnahmen. Regen- und Schmelzwässer können über Schachtdeckel oder Fehlanschlüsse in Schmutzwasserkanäle eindringen.

Tabelle 3. Fremdwasserzuläufe

Fremdwasserart	Grundwasserinfiltration	Fehlanschlüsse	Regen-, Schmelz-, Oberflächen- und Sickerwasser	sonstige Einleitungen
	Zuflußquelle	- infolge undichter Schächte und Kanäle	<ul style="list-style-type: none"> - allgemein infolge unzulässiger Einleitung von Drainage- und Quellwasser - bei Mischwasserkanälen: <ul style="list-style-type: none"> . Zuflüsse von Brunnen, Quellen, Bachwasser, Regenwasser aus Straßengräben unbebauter Gebiete, umfangreiche Kühlwasserzuflüsse - bei Regenwasserkanälen: <ul style="list-style-type: none"> . zufließendes Schmutzwasser - bei Schmutzwasserkanälen: <ul style="list-style-type: none"> . zufließendes Regenwasser . aus angeschlossenen Kanälen im Bestand ohne Trennverfahren 	<ul style="list-style-type: none"> - bei Schmutzwasserkanälen: <ul style="list-style-type: none"> . Eintritt von Regen- und Schmelzwasser über Schachtdeckel . Eintritt von Sickerwasser über undichte Schacht- und Kanalschäden
Zuflußcharakter	kontinuierlicher Fremdwasserzufluss	Anteile aus kontinuierlichem u. unregelmäßigem Fremdwasserzufluss - mit Zuflussspitzen -	unregelmäßiger Fremdwasserzufluss - mit Zuflussspitzen -	unregelmäßiger Fremdwasserzufluss

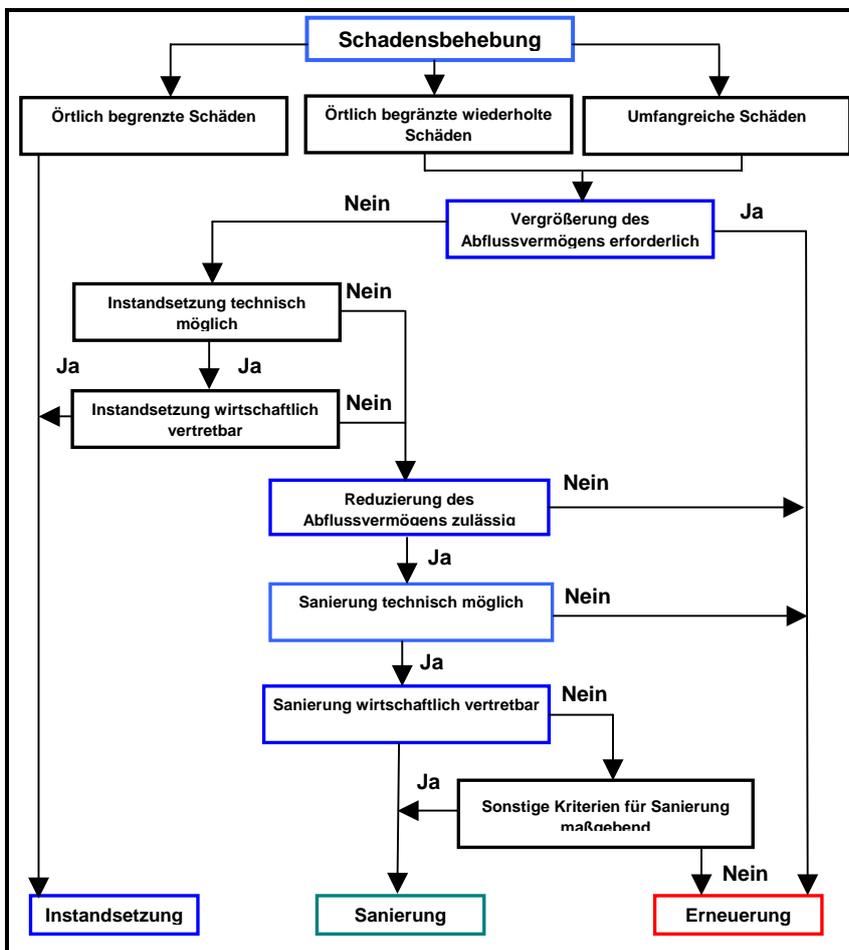


3.1 Sanierungsmöglichkeiten

Die Instandhaltung von Abwassernetzen basiert auf der grundlegenden Bestandsaufnahme und einer daraus abgeleiteten Zustandsbewertung. Aus der Zustandsbewertung ergeben sich unter Einbeziehung von Schadensursache sowie Schadensausmaß und Anzahl gemäß folgenden Algorithmus die geeigneten Verfahren der Schadensbehebung.

Zur Wiederherstellung der Wasserdichtheit werden Abdichtungsverfahren angewandt. Dabei wird unterschieden in Abdichtungen von Außen mittels Schrumpfschläuchen und Außenmanschetten und den häufiger angewandten Abdichtungen von innen durch Oberflächenbehandlung, Injektion oder Innenmanschetten. Abdichtungen von Außen erfordern das Anlegen einer Baugrube.

Tabelle 4. Schadensbehebung



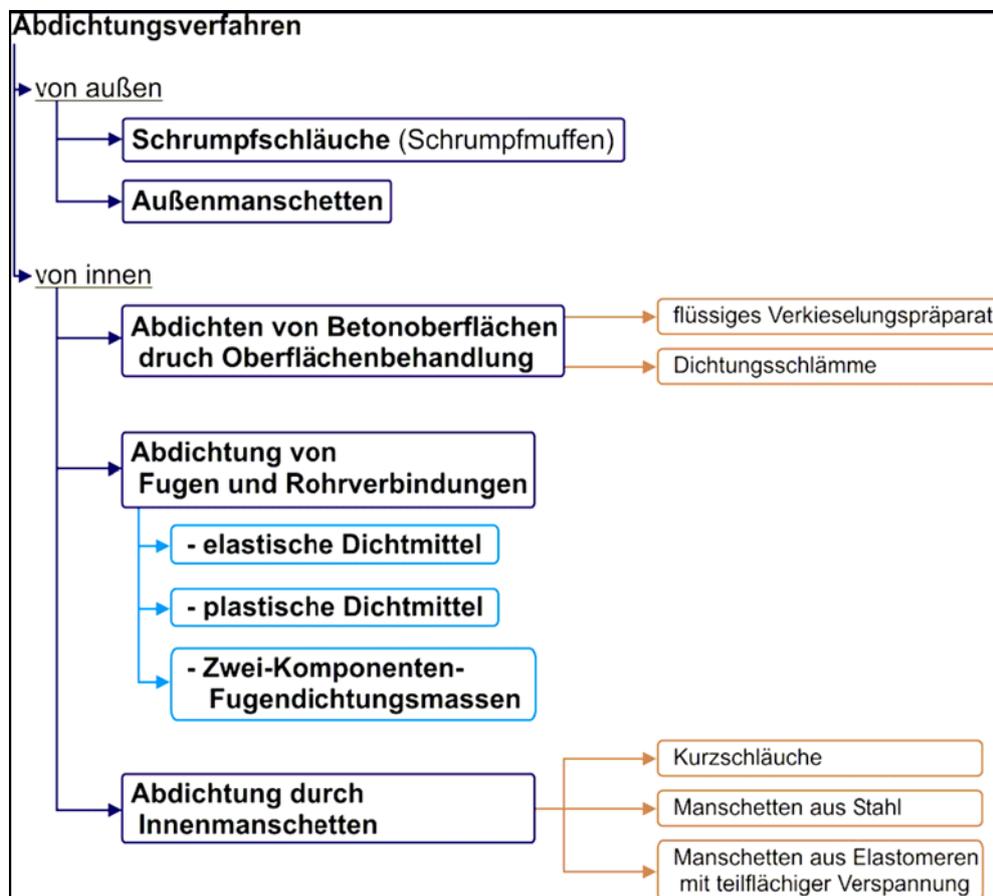
Neuere Betondichtungsmittel aus Portlandzement, feinem Silikatsand und verschiedenen Chemikalien sind auch bei drückendem Grundwasser einsetzbar. Die pulverförmige Masse wird dabei mit Wasser angerührt und auf die Betonoberfläche aufgesprüht oder aufgestrichen. Das Dichtungsmittel sickert in den porösen Baustoff ein und wandelt freien Kalk in wasserunlösliche Verbindungen um. Die Wandoberflächen müssen sauber und frei von Schmutz, Überzügen, Farbe und Beschichtungen sein.

Vor der Anwendung von Dichtungsmitteln sind die Oberflächen auf Saugfähigkeit zu prüfen, um das Eindringen der Substanzen in den abzudichtenden Wandbereich sicherzustellen. Die chemische Beständigkeit der Dichtungsmittel ist auch für einen zeitweiligen biogenen

Säureangriff nachgewiesen. Die getränkten Wandbereiche erhalten eine höhere mechanische Stabilität. Zur Abdichtung von Beton- oder Mauerwerksflächen eignen sich weiterhin Dichtungs- oder Sperrschlämme. Sie enthalten neben Zement und Quarzsand weitere reaktive, kunststofflegierte Zusätze.

Eine Möglichkeit, Fugen und Rohrverbindungen im begehbaren Bereich abzudichten, besteht im Einbau von elastischen und plastischen Dichtmitteln. Die Abdichtungsmasse muss die Anforderungen nach DIN EN 476 bezüglich Wasserdichtheit, Korrosionsbeständigkeit und thermischer Beanspruchung erfüllen. Die Funktionsfähigkeit der Rohrverbindung muss bei Einwirkung von Abwasser mit pH-Werten von 2 bis 12 und gewerblichem Schmutzwasser nach ATV-A 115 gesichert sein.

Tabelle 5. Übersicht über Abdichtungsverfahren



Elastische Dichtmittel nach DIN 19543 werden durch elastische Verformung in die zu dichtenden Fugen eingebracht. Ihre Dichtwirkung ist abhängig von den durch die Verformung des Dichtmittels entstehenden elastischen Rückstellkräften, die in Abhängigkeit der Härte des Elastomers durch die Verformung des Dichtungsprofils beim Einbringen in die Fuge erzeugt werden. Sie müssen den Anforderungen nach DIN 4060 und DIN EN 681-1 entsprechen.

Voraussetzung für die Dichtwirkung ist die Einhaltung der Mindestverformung zur Erzielung der für das ständige Anpressen an die Fugenwände erforderlichen Vorspannung. Die Fuge oder Rohrverbindung muss deshalb genau vermessen werden. Die durch

Bauteilbewegungen zu erwartenden Änderungen der Fugenbreite und der auf die Fugen einwirkende Wasserdruck sind zu berücksichtigen.

Dichtstoffe nach DIN 4062 sind plastisch bleibende Dichtmittel, die als Bindemittel Bitumen oder Kunststoff enthalten. Sie werden durch Fließen in die zu dichtenden Fugen geformt. Zunehmend finden chemisch vernetzende Zwei-Komponenten-Dichtstoffe Anwendung. Sie dichten die Fugen durch Haftung an den Fugenflanken, ein Anbinden am Fugengrund ist zu verhindern.

Bei Fugendichtungsmassen wird zur Kennzeichnung die chemische Rohstoffbasis verwandt, da hieraus wesentliche Aussagen über Eigenschaften und Merkmale abgeleitet werden können. Im Wesentlichen werden im Abwasserbereich jedoch von einer Vielzahl möglicher Varianten nur PUR- Dichtungsmassen angewendet. PUR- Dichtungsmassen zeichnen sich durch eine gute Haftung an Fugenflanken aus; sie sind druckwasserstabil, wurzelfest und beständig gegen chemische Beanspruchungen.

Zwei-Komponenten-Fugendichtungsmassen auf Polyurethanbasis zeichnen sich durch ihre gute Abriebfestigkeit, Chemikalienbeständigkeit und Flexibilität bei tiefen Temperaturen aus. Das mechanische Verhalten ist elastisch. Der Abbindevorgang dauert zwischen 1 und 7 Tagen. Ein Voranstrich mit einem Primer ist erforderlich. Die Bewegungsaufnahme bei Fugenbewegungen und Wasserdruck liegt bei 10 bis 25 %.

Der Einbau von Innenmanschetten ermöglicht die Abdichtung und statische Stabilisierung von Kanälen mit örtlich begrenzten Schäden und/oder Haltungsabschnitten. Die Verfahren lassen sich in folgende Gruppen einteilen:

1. Kurzschlauch-Verfahren (Kurzliner-Verfahren)

- Kurzschläuche auf der Basis von Zement als Bindemittel
- Kurzschläuche auf der Basis von Kunstharz (GFK-Kurzschläuche)

2. Innenmanschetten aus Stahl mit

- Elastomerdichtung
- Kunstharzklebedichtung

3. Innenmanschetten aus PVC mit PE-Schaumdichtung

4. Elastomermanschetten mit teilflächiger Verspannung

Das Partliner Verfahren wurde für den Nennweitenbereich DN 150 bis DN 600, unabhängig vom Rohrwerkstoff entwickelt. Die Dimensionierung des harzgetränkten Glasgewebes erfolgt unter Berücksichtigung leitungsspezifischer Randbedingungen.

Kurzschlauchverfahren werden von vorhandenen Schächten aus realisiert. Der Kanal ist zu reinigen und zur exakten Erfassung der jeweiligen Schäden sowie Anschlüsse optisch zu inspizieren. Festgestellte Abflusshindernisse sind vorab zu entfernen. Die Installierung von Innenmanschetten erfolgt mechanisch durch Anpressung gegen die Wandung des Altrohres und nachfolgender Abdichtung durch Elastomere.

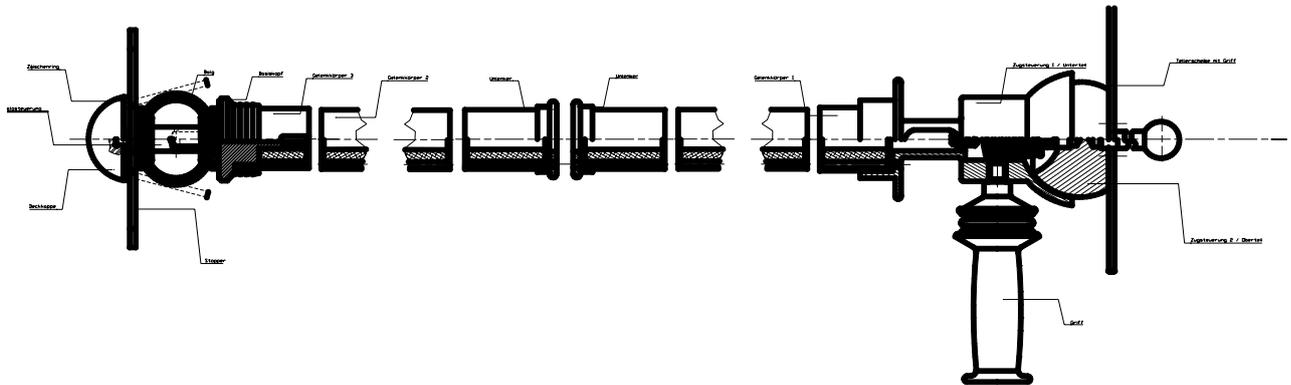
Mit Reaktionsharz getränkte Kurzliner werden mit der Kanalwand verklebt und bilden eine kraft-schlüssige Verbindung. Die Verklebung bestimmt die Wasserdichtheit, die Statik des Rohres und die Lebensdauer der Reparatur. Die Wandung des Altrohres ist zu reinigen. Grundwasserinfiltrationen sind vorab abzudichten.

Die Innenmanschette wird mit Hilfe eines Packers zur Schadensstelle transportiert und dort aufgeweitet. Bei Innenmanschetten aus Stahl mit Kunstharzklebedichtung übernimmt die Abdichtung eine auf die Edelstahlmanschette aufgebraute Beschichtung aus einem Zwei-Komponenten-Kleber auf der Basis von Epoxidharz. Auch diese Innenmanschette wird mit einem Packer zur Schadensstelle transportiert und aufgeweitet. Dabei werden Innenmanschette und Kanalwandung miteinander verklebt.

Hierzu haben wir einige Versuche mit verschiedenen Produkten durchgeführt, um unseren „Balg“ in verschiedenen Bereichen ausprobieren zu können.



Bilder 1. 2 3 aus der Versuchsstrecke mit „Bravoliner FIX



4.1 Die Entwicklung

Die Genehmigung und die Finanzierung des Entwicklungsprojektes ermöglichten die Entwicklung eines demonstrationsfähigen **Funktionsmusters**, um die Weiterentwicklung und die Vermarktung voranzutreiben.

Die erste Phase der Entwicklung bezog sich auf den **Aufbau** des Handwerkszeuges, welches die Möglichkeit eröffnet mit einer Handsteuerung versehen die Manipulationen in einem engen Rohrquerschnitt. Erforderlich ist es auch die entsprechende Ausrüstung an die geforderte Schadens- bzw. Überprüfungsstelle zu transportieren und zum Einsatz zu bringen.

Hierbei haben wir einige **Rückschläge** hinnehmen müssen. Anfänglich setzten wir auf die herkömmliche „Rad“ und „Robbe“ Technik. Mit diesem Verfahren bewegen sich die zur Zeit auf dem Markt befindlichen Roboter.

Nach dem Bau des ersten Prototypen haben wir feststellen müssen, dass diese Techniken erstens zu teuer sind, zweitens um die Funktionalität zu gewährleisten mit immer mehr Technikausstattung versehen werden müssen. Diese Selbstdynamik entkoppelte die Entwicklung von unserer Zielstellung. Die Musterstücke haben wir demontiert und aus ökonomischen Gründen einer weiteren Verwertung zugeführt. Um die Finanzausstattung zu schonen, haben wir sowohl Kapazität für die Vulkanisier- als auch für die mechanische Bearbeitung gemietet. Dafür benötigten wir keine eigenen Investitionen.

In der ersten Phase des Projektes wurden die Aufgaben und die Herangehensweise an die Entwicklung erarbeitet. Die Festlegungen betreffend der Funktionalität wurden ausgearbeitet.

Das Werkzeug muss folgenden Funktionen gerecht werden:

- Dreidimensionale Funktionalität in einem Kanalquerschnitt von 80 – 130 mm.
- Kamerabefahrung, Positionskontrolle, Licht
- Multifunktionaler Kopf mit Adapteranschluss
- Ausrüstung zur Dichtigkeitsprüfung (Balg1)
- Integrierter Packer für die positionierte Anbringung eines Inliners
- Vorrichtung für die manuelle Aufbringung des „**Hutaufsatzes**“ an den Auslauf in den Sammler (Balg2)
- Kompakte Ausstattung mit integrierter Strom- und Luftversorgung.

Bei der Entwicklung durften wir die Aufgabe nicht aus den Augen verlieren, nämlich die Schaffung eines **HANDWERKSZEUGES**. Denn sowohl der Einsatz, als auch die Ausführung soll nur zum Zwecke der Entlastung der teuren und komplizierteren Systeme dienen, welche im Falle einer erfolgreichen Entwicklung für andere Kapazitäten mit höherem Schwierigkeitsgrad freigestellt werden können.

4.2 Die Entwicklung des Grundkörpers

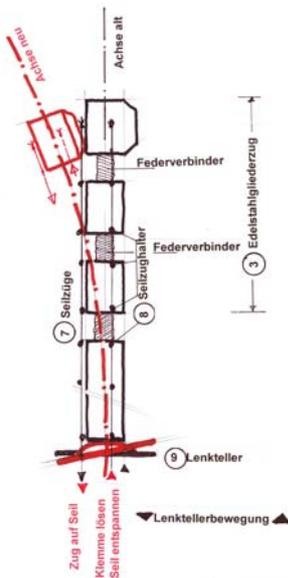
Es ist bereits Stand der Technik, dass bei der Sanierung generell verschiedene Grundwerkzeuge, Erfassungs- und Auswertungsinstrumente zur Verfügung stehen. Wichtig war es für uns, dass bei der Entwicklung eines Handwerkszeuges eine generelle Standardisierung möglich sein muss. Insofern haben wir die bereits vorliegende Werkzeugausstattung bei unserer Entwicklung berücksichtigt.

Hierzu danken wir besonders der Firma **ROMO Morawietz** aus Sömmerda, die uns die entsprechenden Düsen und Wurzelschneidwerkzeuge der Firma **DIETRICH BAAS DÜSENTECHNIK GmbH** zu Versuchszwecken zur Verfügung gestellt hat. Es ist also prinzipiell möglich durch die Verwendung von Kopplungsstücken die entsprechenden bereits auf dem Markt befindlichen Düsen und Wurzelschneidwerkzeuge in die Funktionsweise des Werkzeugs einzubinden. Hierzu muss man bei der Serienumsetzung auf die Gewinde und Anschlussstückausstattung besonders achten!

Die Frage stand, wie bringt man operativ mit einem **Handwerkszeug** die entsprechende Ausstattung an die Schadstelle, ohne die herkömmliche Robotertechnik zu verwenden.

Die Lösung fanden wir schließlich in der „Natur“, ganz konkret bei der Bewegung der Reptilien. Ein **Gliederaufbau** des Stammwerkzeugs ermöglicht eine sehr flexible Bewegung.

Dieses haben wir auch als Prinzipmuster vorerst gebaut und mit einer Seilzugsteuerung ausgestattet. Den Rückgrat der „Schlange“ bildet die Pressluftzuleitung. Diese ermöglicht einerseits die notwendige Flexibilität, andererseits auch eine enorme Wendigkeit.



Schema für Lenkung
des Grundwerkzeuges

Die von uns entwickelte Struktur schützt außerdem die Versorgungsträger. In der ersten Entwicklungsphase setzen wir auf eine Standardlänge des Werkzeuges und auf eine durchgehende Seilsteuerung. Die bei der Handsteuerung zu bewältigende Regelstrecke ist bei 90° Maximalsteuerung etwa 4,5 cm und die Zugkraft bei Vollbestückung etwa 1,9 kp.

Schwierigkeiten hat uns dabei die festgelegte Anzahl der Steuerdrähte verursacht. Wir setzen auf eine Steuerung von 3 Ebenen, welche in ungünstigen Rohrlagen zu Verklemmungen führen kann, da die Dreidimensionalität auch einen „Toten Punkt“ voraussetzt. Somit wurde der vierte Freiheitsgrad als komplexe Drehung aufgefasst. Die Überlegung diesen abzufangen hat uns doch zu der Erkenntnis gebracht, dass diese Mängel durchaus mit einer Rotierbewegung korrigiert werden kann. Andererseits hätte man einen zusätzlichen Freiheitsgrad realisieren müssen, was die spätere Entwicklung weiter verteuert hätte.



Nach dem Aufbau des **Musterstückes** haben wir festgestellt, dass es wesentlich praktischer ist, wenn nicht die Gesamtlänge als Arbeitsebene und das eigentliche Werkzeug eingesetzt würde, sondern nur das gesteuerte Endstück mit einer Gliederanzahl von 6 außengesteuerten Gliedern. Die Verlegung des Seilzuges nach Außen in den letzten 6 angesteuerten Gliedern war eine wesentliche Voraussetzung zur Erzielung der Flexibilität. Die in den Standardträger

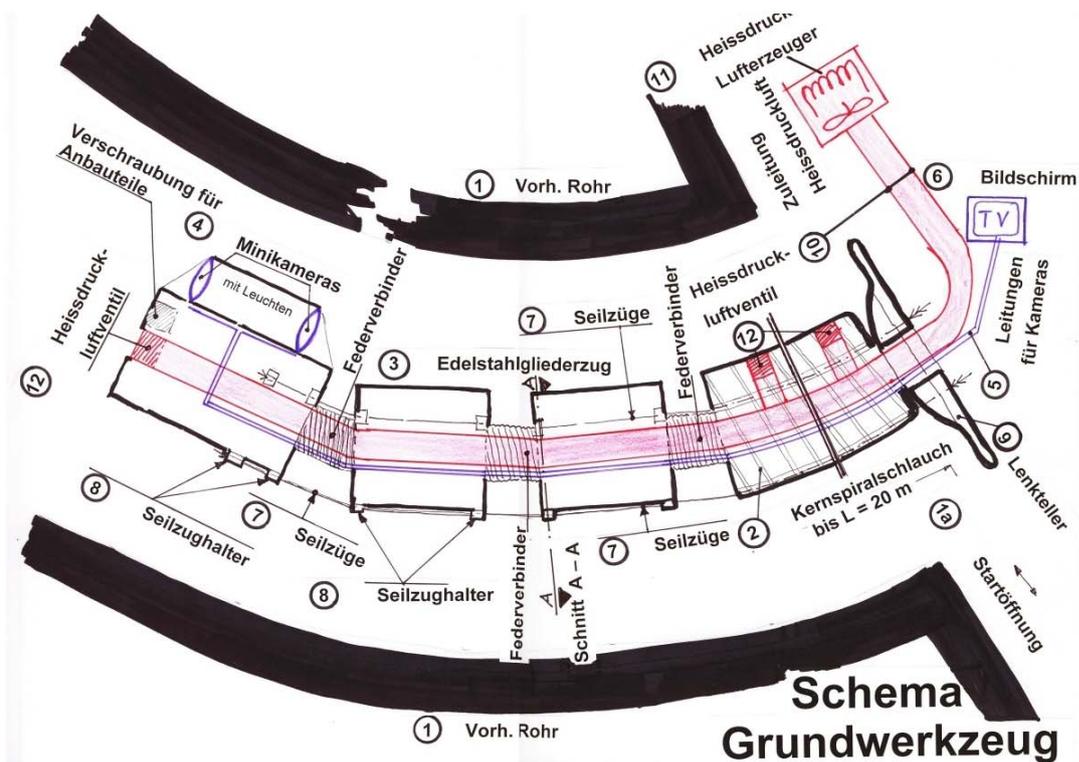
eingesetzte Seilführung dient ausschließlich zur Steuerung. Durch die Verlegung nach Außen haben wir einen Hebelarm im System gewonnen, was die zusätzliche Flexibilität, und was noch wesentlich wichtiger war, die Leichtgängigkeit der Steuerzugkräfte zur Folge hatte. Dieses Gliedersystem ermöglicht allerdings nur die Positionierung der folgenden Werkzeuge. Bei der Befahrung der Probestrecke kamen wir zu der Überzeugung, dass die 90° Lenkung eigentlich nicht erforderlich ist. Auf Grund der Vorschubbewegung waren kleine Winkelsteuerungen auch wirkungsvoll.

Welche Flexibilität dieses System besitzt, zeigten unsere Versuche. Um den „Maximalernstfall“ zu proben haben wir eine **Probestrecke** aus Rohrmaterial aufgebaut. Es befanden sich nach einer Inspektionsöffnung zwei rechtwinklige Gabelungen im System, die sich nach etwa 50 cm Wegstrecke durch ein Ypsilonstück ca. 45° nach oben gabelten. Der

eingeführte Grundkörper mit der Seilsteuerung wurde durch die Probestrecke geschoben ohne, dass Schwierigkeiten bei der Streckenführung aufgetreten wären. Die Steuerung erfolgte nur durch die Betätigung der Seilzüge.

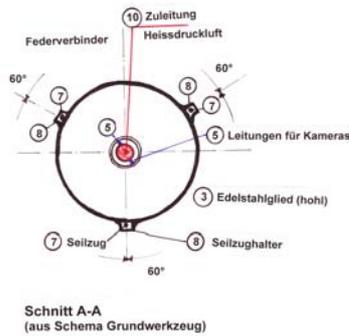


Gleichzeitig hat uns die Erstellung der Probestrecke und des ersten „Urmusters“ gezeigt, dass die Entwicklung in der zweiten (nicht geförderten) Phase in eine andere Richtung erfolgen muss.



Die Lösung liegt bei der Ansteuerung des letzten Teilstückes durch Schrittmotoren. Diese Lösung ermöglicht immerhin einen längenunabhängigen Einsatz. Auf diesem Teilstück können auch sämtliche Diagnose- und Kopplungsstücke integriert werden.

Diese Technologie ermöglicht auch den Einsatz einer Fernsteuerung. Trotz des Einsatzes einer Fernsteuerung bleibt das Werkzeug weiterhin ein „Handwerkszeug“, da die Handhabung und die Kostenstrukturen weit unter den bereits auf dem Markt befindlichen Roboter bleibt.



Diese Konstruktion werden wir in der zweiten Phase (Nachprojekt Phase) entwickeln.

Die endgültige Lösung der Steuerung wird mit einer Fernbedienung (funkenfrei) ausgestattet sein, welche nur die Bewegung und die Funktionen steuert. Der Vorschub muss dann manuell erfolgen was allerdings eine „endlose“ Zuleitung ermöglicht. Diese hätte dann auch auf die Gesamtausstattung Einfluss, denn hier wäre eine aufgewickelte Standardlänge auf einem Kompaktwagen positioniert, einsetzbar.

Schnitt durch Einzelglied
des (3) Edelstahlgliederzuges



Unser Standardgerüst wird später noch mit einem selbsttragenden **Packer** für die Anbringung von Inlinern versehen. Hierzu haben wir einige Versuche unternommen, wohlwissend, dass es bei dem Funktionsmuster nicht auf die eingesetzten Materialien, sondern auf das Funktionsprinzip ankommt. Hierzu haben wir einige Musterstücke angefertigt bzw. anfertigen lassen.

Dieser Schritt hat uns enorme Zeitverluste und auch Schwierigkeiten verursacht. Das

Prinzip ist, in den Multifunktionskopf eine von extern versorgte Zuleitung (Warmwasser/ Heißluft) zu integrieren.

Diese hat eine von uns avisierte Länge von ca. 30 cm. Nach Rücksprache mit mehreren Fachfirmen, wäre bei der Sanierung diese Arbeitslänge durchaus praktikabel. Dieser integrierte Packer soll ständig mitgeführt und bei entsprechenden Bedarf eingesetzt werden.

Die sonstigen Arbeitsabläufe werden nicht behindert, da der Packer im Normalzustand unter Vakuum steht, damit sich das Material an das Grundwerkzeug anschmiegt. Hierzu ist allerdings erforderlich ein Material zu finden, welches sowohl dehnbar, als auch resistent gegen Reaktionsharze ist.

Auch die Verarbeitung und Anbringung des Packers ist eine Aufgabe die noch zu lösen ist. Es bestehen inzwischen Kontakte mit der Firma **Vetter**, der deutscher Marktführer bei der Herstellung von Packern und Kautschukerzeugnissen ist. Sie hat uns weitere Hilfe bei diesem Punkt der Entwicklung zugesichert. Die Firma Vetter verfolgt mit großem Interesse unsere Überlegungen, denn diese könnten für sie auch ein Eigenprodukt darstellen, was uns



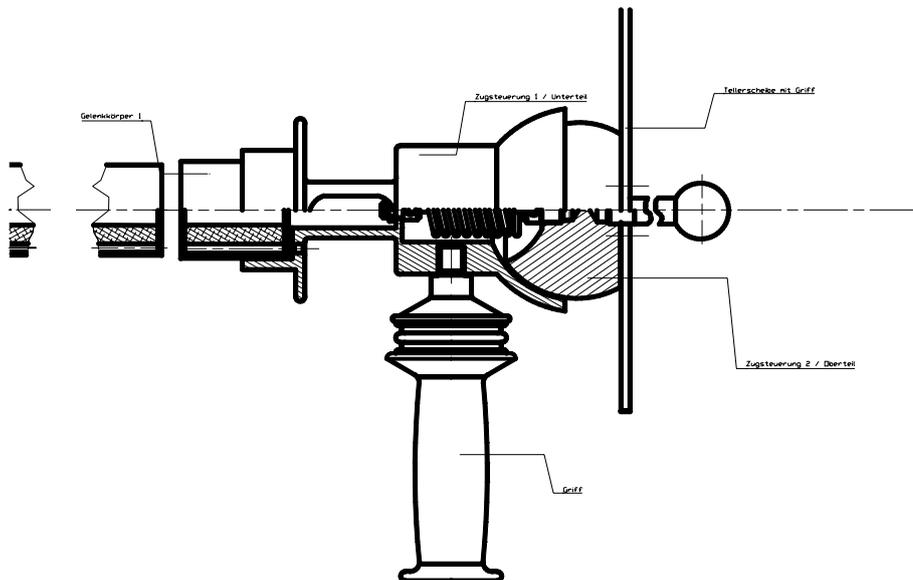
wiederum in gewisse Schwierigkeiten bringt in Bezug auf den Schutz unseres geistigen Eigentums.



Unsere Versuche ein Packergrundgerüst zu erstellen, sind ausnahmslos gescheitert, denn das eingesetzte Material ist entweder unter Druck gerissen, oder hat dem Vulkanisierungsprozess nicht standgehalten. Weitere Probleme haben wir bei den Anschlüssen und bei den erforderlichen Materialstärken. Diese werden in einer weiteren Phase der Entwicklung geklärt.

Erwogen wird allerdings auch der Einsatz eines systemkonformen Packers, welcher hinter dem gesteuertem Kopf bei Bedarf angeschlossen werden kann. Dieser hätte den Vorteil, dass die Positionierung auch ohne Vakuum erfolgen kann. Dieser Weg birgt allerdings auch den Nachteil, dass die Steuerung nur mit der für eine spätere Zeit vorgesehene Schrittmotorensteuerung realisiert werden kann. Hierzu wird gegenwärtig recherchiert.

4.3 Die Handsteuerung.



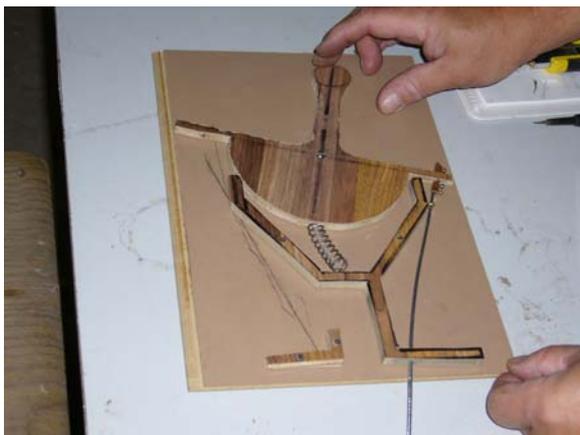
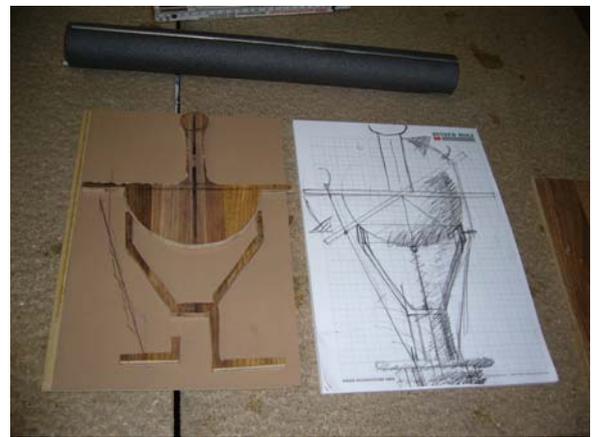
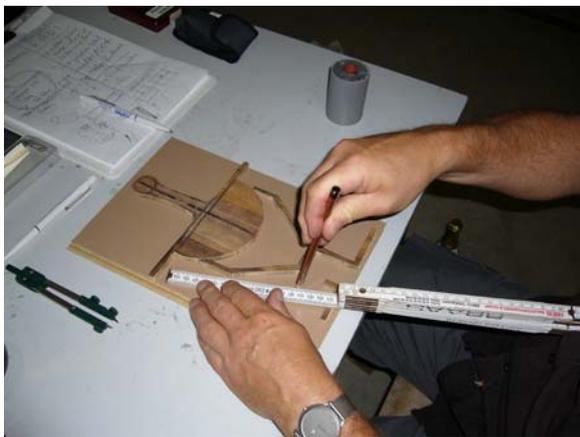
Die Seilzüge werden an einer **Handsteuerung** angeschlossen. In der ersten Phase der Entwicklung standen zwei Ausführungsvarianten zur Auswahl. Die eine war mit einer Übersetzung versehen, aus drei Spindeln bestehendes Spindelgerüst, welches durch die Betätigung der Steuerseile verkürzt oder entlastet wurde.

Die zweite, die vorläufig gewählte Variante ist ein Kegel, welcher in einer Pfanne mittels einer Knüppelsteuerung alle Freiheitsgrade abarbeiten kann. Beim Prinzipaufbau haben wir die Steuerung auf die zu bewältigende Regelstrecke ausgelegt. Hierbei gibt es noch Entwicklungsbedarf. Die Funktionalität ist zwar gegeben, aber bei der Handhabung gibt es

noch Bedarf zur Anpassung an die Baustellenrealität. Diese Aufgaben haben wir allerdings bewusst in die spätere Phase der Entwicklung gelegt, denn der Projektinhalt hat die Erstellung eines Funktionsmusters zum Ziel. Wie bereits erwähnt, es gibt bereits

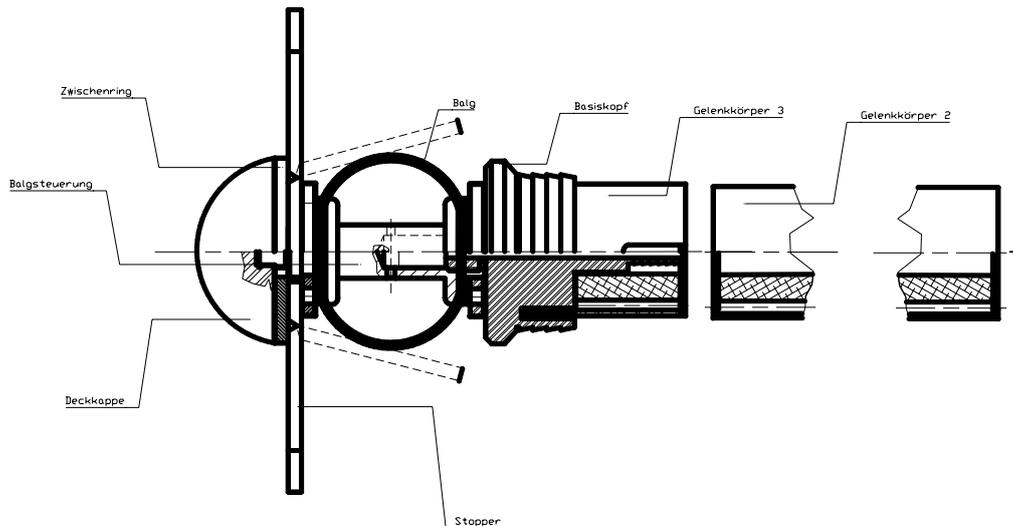


Vorstellungen, die sich während der Entwicklungsarbeit immer mehr herauskristallisieren, über eine Funk/Elektrische Steuerung. Diese würde am Steuerpult per Funksignale, oder durch drahtgetragene elektrische Impulse drei Schrittmotoren, mittlerer Positionierungsgenauigkeit, ansteuern. Diese Steuerungslösung würde ein kurzes angesteuertes Kopfstück ermöglichen, mit verschiedenen standardisierten Baulängen für längere Rohrabschnitte.



Nach anfänglich verschiedenen Modellaufbauten haben wir uns für die vorliegende Variante entschieden. Der Grundkörper wurde aus einer Aluminiumlegierung gedreht. Die Untere Manchette nimmt auch die Versorgungsleitungen auf. Die Steuerzüge werden mittels eines Tellers betätigt.

4.4 Entwicklung des Funktionskopfes



Der Kopf hat verschiedene Aufgaben zu erfüllen und wird als eine Art Adapter gestaltet. Er wurde auf das letzte angesteuerte Stück montiert. Bei der Gestaltung und Ausführung haben wir verschiedene Kopfformen und Varianten erprobt. Mit der gegenwärtigen Lösung werden wir allerdings weiter arbeiten. Die endgültige Kopfform wird erst bei der Überleitung in die Produktion erstellt.

Die Aufgaben des multifunktionalen Kopfes sind:

- Träger einer Lichtquelle
- Adapter für die Optionalwerkzeuge
- Träger der Vor- und Rückkamera

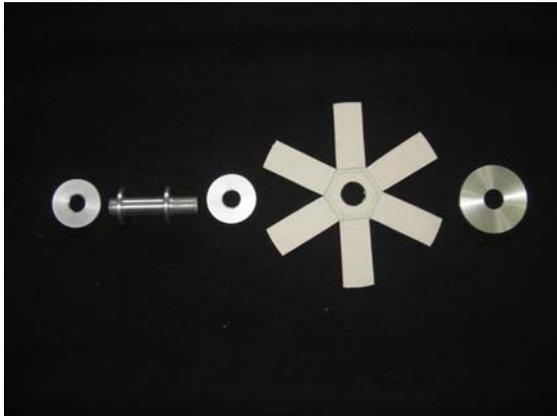


Die Lichtquelle und die entsprechende druckwasserdichte Kamera sind Standardlösungen und bedürfen keiner Weiterentwicklung unsererseits. Vorgesehen sind jedoch zwei unabhängige Minikameras für die Überwachung der Arbeitsebene und der Stoßrichtung. Dies gilt auch für die einzusetzenden Lichtquellen.

Der Kopf verfügt über einen Pressluft - Stutzen. Dieser ermöglicht den Einsatz weiterer Systeme.

Unser gegenwärtiger Stand umfasst auch bereits die ersten konkreten Vorstellungen über den **Hutaufsatzbalg**. Dieser wird in Form eines profilierten Balges erstellt. Der Balg verfügt über eine definierte Form in aufgeblasenem Zustand. Durch die Einführung des Werkzeuges in die Auslassstelle zum Hauptsammler wird das Werkzeug positioniert und mittels dem mitgeführten aufgeblasenen Packer blockiert. Der aufgesetzte Strumpf/“Hutaufsatz“ wird durch die Form des Balges an die gewünschte Stelle gepresst und bis zum Aushärten

positioniert. Eine weitere Bearbeitung, oder der Einsatz von Robotern dürfte im Normalfall nicht notwendig sein. (Das Bild zeigt den Balg in der Modellphase)



Hierzu laufen die Recherchen. Es gibt bereits Gespräche mit der Firma Vetter, deren Spezialgebiet die Kautschuk-Sonderkonstruktionen sind. Eine Schwierigkeit ist es allerdings, dass das eingesetzte Balgmaterial im schlaffen Zustand durch den gesamten Kanal geschoben werden muss. Die Technologie und die bereits standardmäßig eingesetzten Materialien des Relining ermöglichen dies. Der Balg muss allerdings eine Wandstärke haben, welche diese Positionierung, auch aus dem

Hausanschlussquerschnitt heraus (90 – 130 mm), ermöglicht.



Das bedeutet allerdings auch, dass in diesem Fall die „Hutform“ durch eine besondere Strumpfkonstruktion entsteht. Hierzu laufen mit einem Hersteller bereits die Gespräche.

Das Wesentliche ist in dieser Entwicklung, dass der Hutaufsatz aus dem Hausanschluss heraus aufgesetzt werden kann. Eine Zusätzliche zweite Einführung eines Schneid- und Setzroboters ist somit nicht mehr erforderlich. Die Patentanmeldung hierzu läuft bereits.

Bei dem entsprechenden Strumpfmateriale ist eine faltenfreie Dehnung des Materials möglich. Hierzu haben wir Recherchen unternommen und uns nach der Erprobung verschiedener Materialien für das Produkt

Bravoliner entschieden. Das Material ist bei der Auswertung der IKT als das Beste bewertet worden.

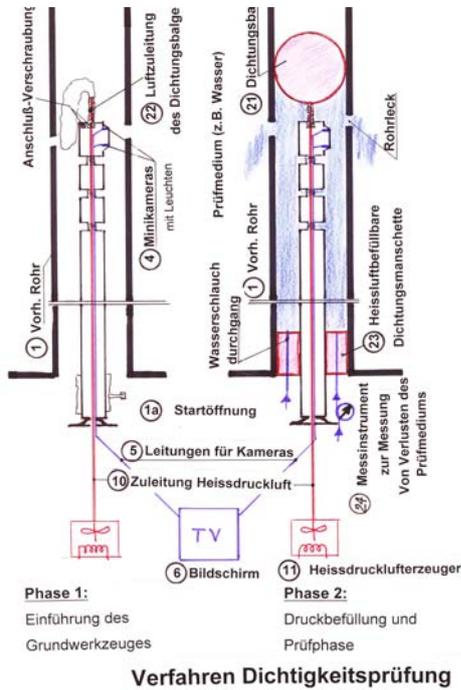


Wir haben das Produkt **BRAVOLINER FIX** eingesetzt. Unsere Versuche einen Hutaufsatz aus dem Kanalrohr heraus zu erstellen, sind auf der Probestrecke erfolgreich durchgeführt worden. Die Kanten waren rund und fest mit dem Untergrund verklebt.

Eine Schwierigkeit war dabei den fixierenden Packer so zu positionieren, dass die Ausdehnung des Balges einen rückwärts gerichteten Druck auf die Kanalwand und das

Material ausüben kann. Das Problem war der durch uns hergestellte und vulkanisierte Packer entweder den Druck nicht aushielt oder die Positionierung nicht mit der gewünschten Effektivität ausgeführt wurde. Die Lösung hierzu können nur auf die Herstellung von Packer

spezialisierte Unternehmen bringen. Zu der Einsicht kamen wir nach zahlreichen erfolgreichen Versuchen.



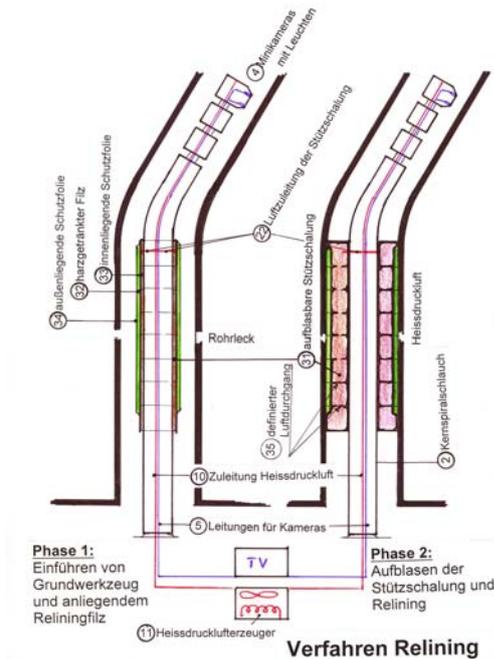
Die daraufhin durchgeführten Recherchen haben uns wieder zu der Firma **Vetter** geführt, die das Problem in der unterdimensionierten Wandung bzw. in der Materialzusammensetzung des von uns verwendeten Balges / Packers definierte. Die endgültige Problemlösung erfolgt hierzu in der zweiten Projektphase.

Der multifunktionale Kopf besteht eigentlich aus zwei Hauptteilen und ist mittels Gewindebolzen an dem Grundkörper befestigt. Das Unterteil besteht aus dem Trägerkopf und einer Halbkugel. Der Kopf ist aufgeschraubt und wird bei Bedarf durch andere Werkzeugausstattung ersetzbar. Das zweite Teilstück ist der eigentliche Balg mit der integrierten Steuerung. Der Balg wird durch einen Kranz aus Polyvinyl im schlaffen Zustand (unter Vakuum) zusammengehalten und geschützt.



Dieser Kranz dient während des Aufblasens für die notwendige Presskraft und Verformung. Der aufgeblasene Balg nimmt bei dem Einsatz eine ovale Form an und dadurch kann das Material an den Untergrund gepresst werden. Die zweite Einsatzform des Kopfes ist die Dichtigkeitsprüfung, in der der Balg im Kanalquerschnitt aufgeblasen wird. Durch das

Anschmiegendes Balgmaterials und durch die Presskraft erfolgt ein Querschnittverschluss. Somit kann die Messflüssigkeit aufgefüllt werden.



Eine weitere Einsatzmöglichkeit des Multifunktionalwerkzeuges ist das eigentliche Relining bei verhältnismäßig unproblematischen Schadstellen. Während dieses Arbeitsganges wird der Grundkopf aufgeschraubt und die integrierten oder mitgeführten Packer können zum Einsatz gebracht werden. Das Verfahren und die eingesetzten Materialien zum Relining sind bereits Stand der Technik. Der im Grundwerkzeug integrierte Packer wurde bereits beschrieben. Sowohl die Kameraaustattung, als auch die Hilfsmedien bzw. deren Steuerung bilden ebenfalls den Stand der Technik und werden in verschiedenen Varianten angeboten. Für die Entwicklung dieser Kopplungen haben wir keine Ressourcen verwendet.



Die Bilder zeigen das bereits montierte Werkzeug beim Befahren der Probestrecke. Der Kopf wird am Einlauf aufgeblasen, oder jeweils der Aufgabe entsprechend, mit heißem Medium gefüllt. Der so positionierte Kopf übt auf das Hutprofilstück einen rückwärtsgerichteten Druck

aus und bleibt bis zum Abbinden des Materials in dieser Position. Die Lagepositionierung erfolgt mittels dem integrierten Packer. Dieser wird im Rohrquerschnitt aufgeblasen und positioniert dadurch das Werkzeug und das Hutprofil.



5.0 Weitere Entwicklungsrichtung: (Nachprojektphase)

Die Aufgabenstellung sah die Entwicklung eines Funktionsmusters vor. Die endgültige Entwicklung eines Handwerkszeuges muss in der zweiten (ungeförderten Projektphase) erfolgen. Diese beinhaltet die Fertigungsunterlagen für eine Serienfertigung, die

Berücksichtigung aller zutreffenden Standards und Vorschriften, sowie die entsprechenden Patentrecherchen.

Weiterhin:

- Schaffung von Standardlängen um die Multifunktionalität zu erweitern
- Entwicklung entsprechender Kopplungsstücke
- Entwicklung einer mit Schrittmotoren gesteuerten „Multikopfeinheit“

Die Entwicklung wird langsamer erfolgen, da die entsprechenden Mittel vollständig aus dem laufenden Geschäftsbetrieb der beteiligten Unternehmen bereitgestellt werden müssen. Die Hauptentwicklung ist jedoch auf Grund der Förderung durch die DBU bereits abgeschlossen.

6.0 Wirkung des Projektes auf die technische und wirtschaftliche Situation des Antragstellers



Die erfolgreiche Entwicklung versetzt die Kooperationspartner in die Lage, kostengünstig eine Technologie anzubieten, welche sowohl den Arbeitsaufwand, als auch die Kosten der Sanierung der Hausanschlüsse deutlich senken könnte. Auf Grund der, von der EU verordneten Gesetzeslage, welche in NRW bereits eingeführt wurde, fallen bei 4,5 Mill. Hausanschlüssen ca. 450 Mill. Arbeitsstunden an. Daraus ist es ersichtlich, dass die Durchsetzung dieser Gesetze bei

der gegebenen Technologie praktisch nicht möglich ist, wobei die 4,5 Mill. Hausanschlüsse nur ein Bundesland betreffen. Die Kosten einer Sanierung der Hausentwässerungsleitungen belaufen sich auf ca. 2-5 Tsd. €. Sollte uns die Entwicklung und die patentrechtliche Sicherung der Ergebnisse gelingen, so könnten uns sowohl die Patente und die Einführung der Fertigung der Teleskoparme, als auch die Dienstleistung durch das beteiligte Tiefbauunternehmen eine sehr interessante Marktstellung bringen. Dies wird sich sowohl in der Personalentwicklung, als auch in der künftigen Finanzsituation widerspiegeln.

Durch das Projekt werden alle drei Unternehmen neue Technologiefelder betreten sowohl in der Konstruktion, als auch in der Fertigung und der Ausführung. Hiermit eröffnet sich die Perspektive in eine zukunftssichere Umwelttechnologie einzusteigen.

Sömmerda, den 15.01.2008

Dipl. Ing S. Taskai

Dipl. Ing. Erhard Sack

Dipl. Des. Wolfgang Schneider

Taskai-ELSTER & Co KG

ERSABAU

SCHNEIDERDESIGN

Dem Bericht folgen in der Anlage Prinzipskizzen und Fotos zu den einzelnen Unterpunkten.

7.0 Literaturverzeichnis

TM. für Landwirtschaft Naturschutz und Umwelt Thüringen - Strategien zur effizienten Fremdwassererkennung und Schadensbehebung in Abwasserkanälen 2003

Materialforschungsprüfanstalt der Bauhaus Universität Weimar: Leitfaden für die Ermittlung von Fremdwasser im Kanalnetz 2001

Ermittlung und Eliminierung von Fremdwasserquellen aus Kanalisationsnetzen; IKT Gelsenkirchen; Abschlussbericht im Auftrag der Abwasserberatung NRW e.V., 2001-06

Cremer, S.: Fremdwasser als Kostenfaktor; IKT- Forum 2000, Gelsenkirchen, 2000-10

Stein, D.: Instandhaltung von Kanalisationen, Verlag Ernst & Sohn Berlin, 3. Auflage, 1999

Randolf, C. a al.: Marktdaten Abwasser 2000, Umfrage zur Abwasserentsorgung der Deutsche Verein II (ATV-DVGW) und dem Bundesverband 2001 ,

Cremer S.: Ermittlung von Fremdwassermenge und Fremdwasserherkunft, UTA Darmstadt (2000)6, pp. 340-341.

Pecher, K.H.: Methodik und Ergebnisse einer Analyse des Fremdwasseranfalls, 2. Saarländische Abwasser- und Abfalltage, Saarbrücken 2001-05

Fischer M.: Fremdwasser im Kanal- jetzt noch teurer, Korrespondenz Abwasser 37(1990)10, pp. 1196-1201

ATV Lehr- und Handbuch der Abwassertechnik; Verlag Ernst & Sohn, Berlin-München, Band 3, 3. Auflage, pp.324-339

ANLAGENVERZEICHNIS

- **Schnittbild Gesamtwerkzeug**
- **Schnittbild Zugsteuerung**
- **Schnittbild Funktionskopf**
- **Zugsteuerung Oberteil**
- **Gelenkkörper 1**
- **Stopper 1**
- **Basiskopf 1**
- **Zugsteuerung 1**
- **Prinzipdarstellung „Balgsteuerung beim Hutaufsatz“**
- **Tabelle „LINER EXTREM 1“**
- **Tabelle „LINER Standard 1**

