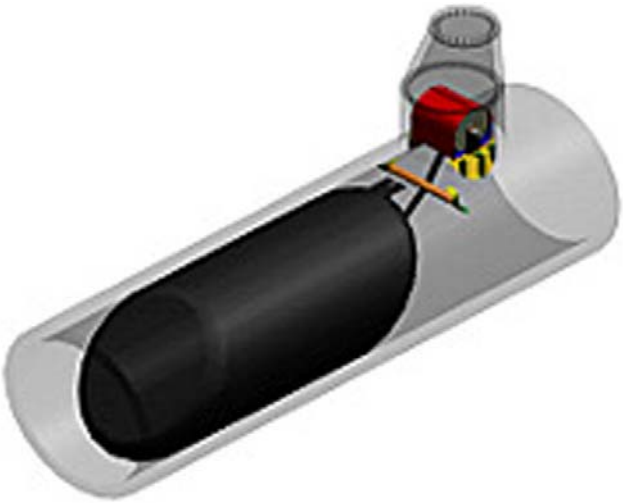
IKT - Institut für
Unterirdische Infrastruktur
Gelsenkirchen
www.ikt.de

Neue Methode zur Schwallspülung

„Spülsack“

- Vorbereitung für den Praxiseinsatz -



Auftraggeber

Bergisch-Rheinischer Wasserverband
Düsselberger Straße 2
42781 Haan-Gruiten

Fördernde Stelle

Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes NRW

Bearbeitung

IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur
Exterbruch 1
45809 Gelsenkirchen

Wissenschaftliche Leitung **Dr.-Ing. Bert Bosseler**

Projektleitung und Bearbeitung **Dipl.-Ing. Marco Schlüter**
Dipl.-Ing. Susanne Diburg

Der Spülsack wurde entwickelt und konstruiert durch die **HST Hydro-Systemtechnik GmbH**. Der nachfolgende Bericht basiert im Wesentlichen auf den Erfahrungen des IKT in Praxiseinsätzen sowie deren Vorbereitung in einer großformatigen IKT-Prüfstrecke. Wir danken dem Auftraggeber, dem **Bergisch-Rheinischen Wasserverband (BRW)**, sowie allen Projektbeteiligten für die Mitwirkung:

Dipl.-Ing. Hans-Bernd Schumacher
Dipl.-Ing. Jürgen Trojand
Bergisch-Rheinischer Wasserverband (BRW), Haan

Dipl.-Ing. Christoph Schmehl
Abwassertechniker Ingo Wiesner
HST Hydro-Systemtechnik GmbH, Meschede

INHALTSVERZEICHNIS

1 Veranlassung, Zielstellung und Vorgehensweise 2

2 Technischer Hintergrund 4

2.1 Stauraumkanäle 4

2.2 Kanalablagerungen 6

2.3 Schwallspülung 8

3 Konstruktion des Spülsacks 15

3.1 Funktionsprinzip 15

3.2 Konstruktionsentwurf Spülsack 16

3.3 Prototyp - Konstruktion und Fertigung 18

4 Untersuchungsprogramm 20

4.1 Kleinformatige Versuche 20

4.2 Großformatige Versuche 21

4.3 Piloteinsatz im Kanalnetz 27

4.4 Umsetzung im Kanalbetrieb 31

5 Fazit und Ausblick 39

6 Literatur 41

1 Veranlassung, Zielstellung und Vorgehensweise

Das in der Praxis am häufigsten eingesetzte Verfahren zur Kanalreinigung ist das Hochdruck-Spülverfahren (95%) [1]. Dieses Verfahren stößt allerdings bei der Reinigung von großformatigen Kanälen (z.B. Stauraumkanäle) an seine technischen und wirtschaftlichen Anwendungsgrenzen. Eine Alternative stellen Schwallspül-Verfahren dar, die bisher allerdings umfangreiche bauliche Maßnahmen voraussetzen und daher eine hohe Investitionsbereitschaft der Netzbetreiber fordern. Unter wachsendem wirtschaftlichen Druck steigt der Bedarf nach neuen Lösungen, um die notwendigen Reinigungsleistungen zu vertretbaren Kosten zu erbringen.

Hier setzte der Bergisch-Rheinische Wasserverband (BRW) an und beauftragte das IKT-Institut für Unterirdische Infrastruktur mit der Begleitung einer innovativen Geräteentwicklung, dem durch die HST Hydro-Systemtechnik entworfenen „Spülsack“. Auch der „Spülsack“ kann als ein Verfahren aus dem Bereich der Schwallspülung angesehen werden, bei der Wasser zunächst aufgestaut und dann zur Kanalreinigung als Schwallwelle plötzlich in den Kanal freigegeben wird. Allerdings wird im Gegensatz zu den heute üblichen Verfahren auf umfangreiche neue bauliche Anlagen verzichtet. Bestehende Schachtbauwerke werden in das Gesamtkonzept einbezogen, so dass sich wirtschaftliche Vorteile erzielen lassen.

Ziel der Begleitung durch das IKT war insbesondere die Ausrichtung der einzelnen Entwicklungsschritte an den Abläufen und Praxisanforderungen des Kanalbetriebs sowie eine wirtschaftlich optimale Lösungsfindung. Darüber hinaus sollten Hinweise zu den Anwendungsgrenzen sowie zur Installation und Ausführung im Einzelfall erarbeitet werden.

Im Rahmen der Untersuchung wurde die folgende **Vorgehensweise** gewählt:

- Entwicklung und Konstruktion einer mobilen Schwallspül-Einrichtung:

  Im Rahmen eines Pflichtenheftes wurden zunächst die hydraulischen, funktionstechnischen, baulichen sowie betriebstechnischen Leistungsmerkmale der Spüleinrichtung festgelegt.

  Verschiedene auf diesem Pflichtenheft basierende Ausführungsvarianten für Teilfunktionen wurden einander hinsichtlich ihrer Wirksamkeit und Kompatibilität gegenübergestellt und ein Konstruktionsentwurf festlegt. Die Konstruktion und Fertigung erfolgte in Teilschritten mit einer kontinuierlichen Überprüfung und Optimierung einzelner Komponenten.
- Optimierung und Prüfung der neuartigen Schwallspül-Einrichtung (Spülsack) in der IKT-Prüfstrecke:

  Die einzelnen Komponenten sowie Funktionen des Spülsacks wurden in der Versuchsstrecke des IKT unter Laborbedingungen überprüft, d.h. insbesondere ohne störende betriebliche Einflüsse. Die bei den Versuchen aufgedeckten Schwachstellen des Systems wurden eingehend analysiert und Verbesserungsmöglichkeiten erarbeitet und umgesetzt.

© 2004 Alle Rechte vorbehalten GEK mbH

- Prüfung unter Praxisbedingungen im Kanalnetz:

  Der Spülsack wurde in einem Stauraumkanal des BRW unter Betriebsbedingungen eingesetzt und hinsichtlich seiner Handhabbarkeit in der Praxis bewertet. Darüber hinaus wurden Wechselwirkungen mit betrieblichen Belastungen beobachtet, wie z.B. das Zusetzen der Anlagenkomponenten durch Abwasserfeststoffe oder die Beanspruchung des Verschlusskörpers durch Abwasserkontakt.
- Erstellung von Hinweisen für Netzbetreiber zur Anwendung des neuen Systems in Form einer Betriebsanleitung.

© 2004 Alle Rechte vorbehalten GEK mbH

2 Technischer Hintergrund

2.1 Stauraumkanäle

In NRW gibt es 1.033 Stauraumkanäle mit einem Gesamtspeichervolumen von 939.574 m^3 (Stand 1.1.1999) [2]. Viele Stauraumkanäle sind aufgrund des häufig geringen Trockenwetterabflusses ablagerungsgefährdet [3, 4]. Häufigkeiten für die Überprüfung von Ablagerungen in Abwasserkanälen sind u.a. in der Selbstüberwachungsverordnung Kanal (SüwVKan) [5] angeführt. Erforderliche Maßnahmen zur Reinigung werden z.B. im Runderlass [6] des NRW-Umweltministeriums genannt. Danach sind Ablagerungen von mehr als 15% der Querschnittshöhe möglichst zeitnah nach einem Reinigungsplan zu beseitigen.

Nur wenige der Stauraumkanäle sind mit Schwallspül-Einrichtungen versehen, die überwiegende Mehrzahl der Großprofile wird ohne automatische Reinigungsanlagen betrieben. Entscheidender Grund hierfür sind die sehr hohen Kosten für den nachträglichen Einbau von Schwallspül-Anlagen. Für die bisher verfügbaren Verfahren (Schwallspülklappe, Schlauchwehre, Drehbögen etc.) sind umfangreiche Baumaßnahmen und Eingriffe ins Netz erforderlich, die die meisten Betreiber aus Kostengründen ablehnen. Selbst bei Neubauten fordert die aufwendige Maschinentechnik erhebliche Investitionen.

Stauraumkanäle mit Entlastung sind Sonderformen der Regenüberlaufbecken. Sie werden z.B. als Sammler mit großem Durchmesser im Kanal angeordnet und nutzen mit Hilfe einer Drosseleinrichtung das verfügbare oder für den rechnerischen Abfluss gezielt überdimensionierte Kanalvolumen zur Speicherung aus. Letztendlich handelt es sich um einen gedrosselten Regenüberlauf mit hochgezogenem Wehr, bei dem das Volumen des Zulaufkanals als Speicher verwendet wird. Bild 1 gibt das Fließschema eines Stauraumkanals wieder.

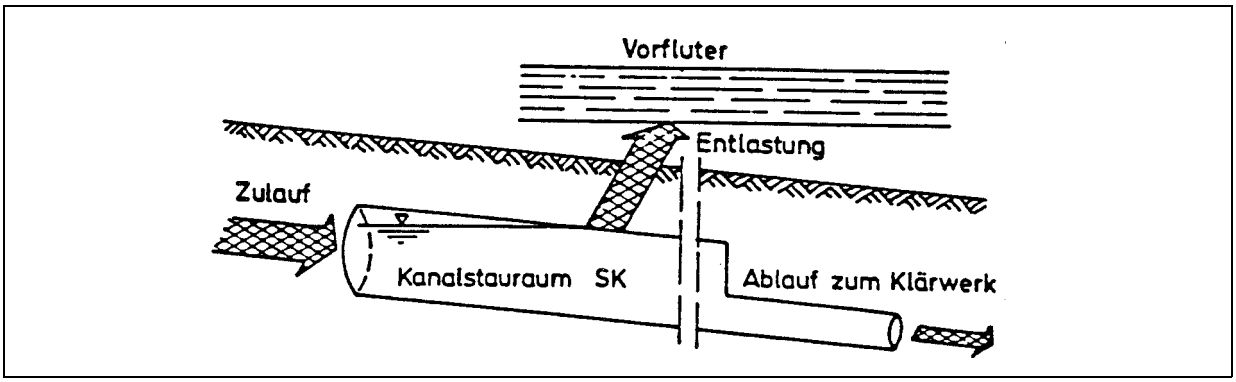


Bild 1: Fließschema eines Stauraumkanals, aus [7]

Stauraumkanäle werden durch die Lage ihrer Entlastung in Stauraumkanäle mit oben liegender Entlastung und mit unten liegender Entlastung unterschieden [3, 7, 8]:

Stauraumkanäle mit oben liegender Entlastung (SKo) (s. Bild 4) wirken wie Fangbecken im Hauptschluss (s. Bild 2). Am Entlastungspunkt, der sich am Beginn des Kanalstauraumes befindet, wird eine hochgezogene Wehrschwelle als Becken-

© 2004 Alle Rechte vorbehalten GEK mbH

überlauf (BÜ) angeordnet. Am Stauraumende, dem Drosselanfang, wird ein vom Abfluss gesteuerter Schieber, eine Drosselstrecke oder ein Drosselschieber angeordnet, der bei Regen den Abfluss begrenzt.

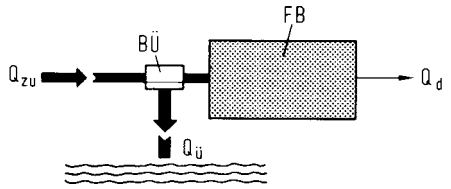


Bild 2: Fangbecken im Hauptschluss [4]

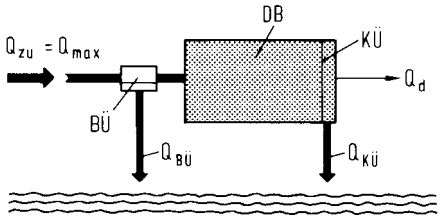


Bild 3: Durchlaufbecken im Hauptschluss [4]

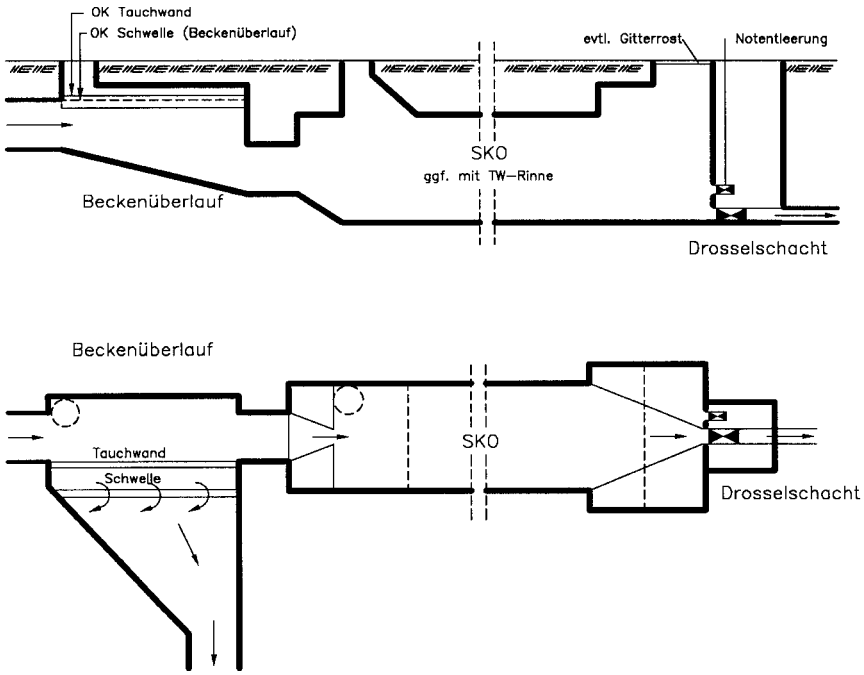


Bild 4: Stauraumkanal mit oben liegender Entlastung [8]

Analog zu den Fangbecken sollten die Stauraumkanäle mit oben liegender Entlastung in den Fällen zum Einsatz kommen, bei denen mit einem ausgeprägten Spülstoß zu rechnen ist. Dies ist i.d.R. der Fall, wenn die Fließzeit beim Berechnungsregen im Kanalnetz bis zum Becken nicht mehr als 15 bis 20 Minuten beträgt. Die SKo speichern den stark verschmutzten Mischwasserspülstoß, wenn dieser zu Beginn des Abflussereignisses auftritt. Der gespeicherte Inhalt wird nach Regenende zur Kläranlage weitergeleitet.

Stauraumkanäle mit unten liegender Entlastung (SKu) (s. Bild 5) entsprechen in ihrem Aufbau einem Durchlaufbecken im Hauptschluss ohne Beckenüberlauf (s. Bild 3). Bei ihnen liegt der Entlastungspunkt am unteren Ende des Kanalstauraumes. Die Entlastung darf nicht so häufig anspringen wie eine oben liegende, weil sonst bei großen Regenabflüssen die Gefahr besteht, dass der sich im Stauraum befindliche Schmutz durch das nachfließende, weniger verschmutzte Mischwasser verdrängt

© 2004 Alle Rechte vorbehalten GEK mbH

wird. Verbesserungen könnte ein hinter der Entlastung angeordneter Schmutzfangraum schaffen (s. Bild 5). Das Volumen eines Stauraumkanals mit unten liegender Entlastung muss größer dimensioniert werden als das eines mit oben liegender Entlastung [2, 7].

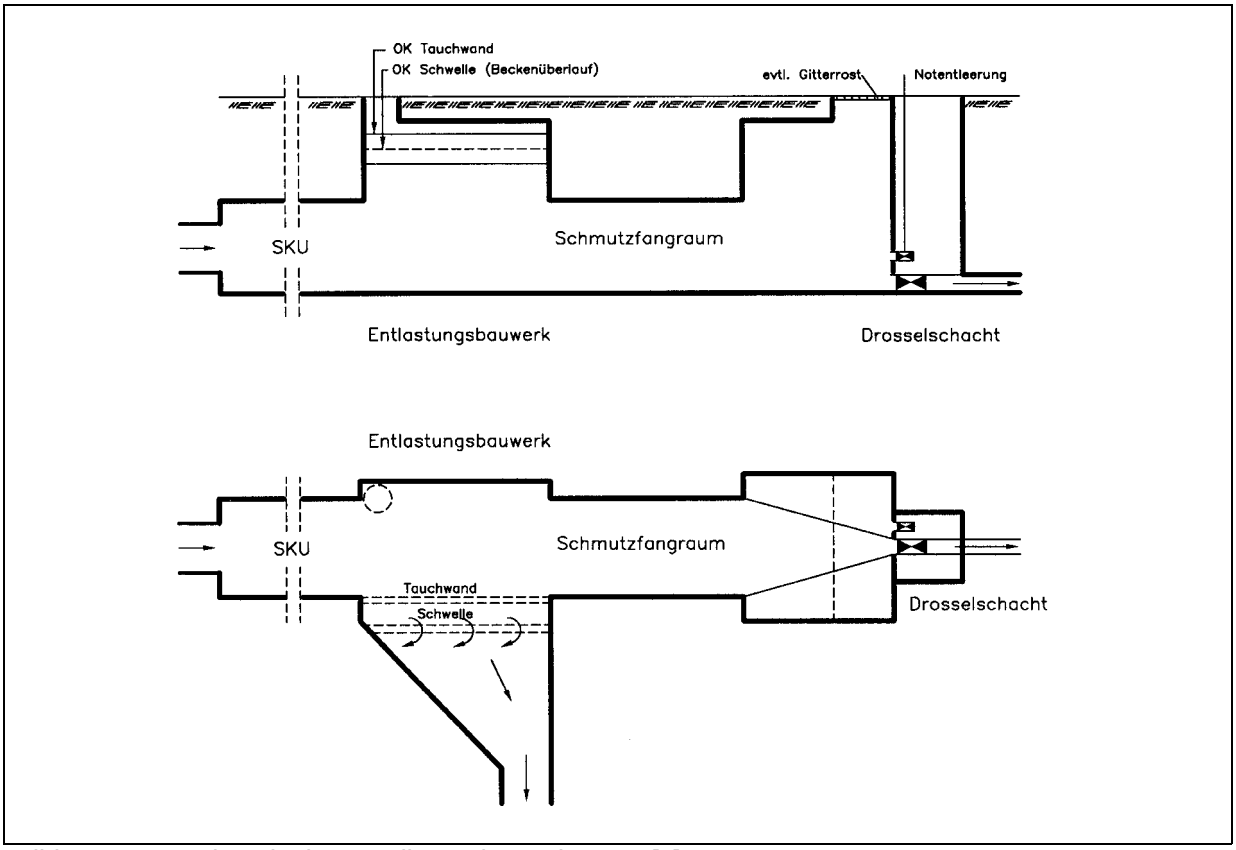


Bild 5: Stauraumkanal mit unten liegender Entlastung [8]

Analog zu den Durchlaufbecken sind die SKU i.d.R. vorzusehen, wenn aufgrund der örtlichen Gegebenheiten kein ausgeprägter Spülstoß zu erwarten ist. Sie kommen in Betracht, wenn die Fließzeit beim Berechnungsregen im Kanalnetz bis zum Becken mehr als 15 bis 20 Minuten beträgt oder bei vorentlasteten Netzen. SKU wirken bis zur Füllung des Stauraums als Speicher und nach Anspringen der Entlastung als Absetzbecken mit Überlauf in das Gewässer. Nach Ende des Regenereignisses muss der Stauraminhalt ebenfalls zur Kläranlage weitergeleitet werden.

2.2 Kanalablagerungen

In den Abwasserkanälen werden mit dem abfließenden Abwasser auch Feststoffe transportiert. Diese Feststoffe gelangen über verschiedene Wege ins Abwassersystem. Der überwiegende Teil der Feststoffe wird über die ans Kanalnetz angeschlossenen Haushalte eingeleitet. Dabei handelt es sich vorrangig um organische Bestandteile wie Nahrungsreste, Fette, Fäkalien, Haare, Papier etc. Aber auch mineralische Partikel gelangen über die Hausanschlussleitungen ins öffentliche Netz. Ein weiterer Eintrag von primär mineralischen Feststoffen wird durch den Regenabfluss

© 2004 Alle Rechte vorbehalten GEK mbH

an der Oberfläche des Einzugsgebietes verursacht (niederschlagsbedingte Oberflächenabflüsse). Die Mineralien wie kleine Steine, Kies, Winterstreu usw. werden bei Niederschlagsereignissen von Dächern, Straßen oder sonstigen befestigten und unbefestigten Flächen gespült und in die Kanäle eingetragen.

Bild 6: Fett und Sandablagerungen im Scheitelbereich eines Stauraumkanals

Bild 7: Sand und Kiesablagerungen in der Sohle

Liegt die Fließgeschwindigkeit unter einem kritischen Wert (vgl. [9]), können die Feststoffe zu Kanalablagerungen sedimentieren (vgl. Bild 7). In diesem Fall reichen die von den Abflüssen an der Kanalsohle induzierten Schubspannungen nicht mehr aus, die Feststoffe mitzutragen. Zu geringe Abflussgeschwindigkeiten können zum einen aus einer unzureichend ausgebildeten Geometrie des Kanals (Querschnitt, Gefälle) herrühren. Auf der anderen Seite können niedrige Teilfüllungsgrade, die durch geringe Abflüsse an Wochenenden und tageszeitliche Abflussschwankungen hervorgerufen werden, die Fließgeschwindigkeit vermindern.

Die sedimentierten Feststoffe bilden Ablagerungen, welche die hydraulischen und baulichen Bedingungen in den Kanalisationsbauwerken maßgeblich beeinflussen können. Der hydraulische Querschnitt wird reduziert, die Rauhigkeit der Rohrleitung erhöht und damit die hydraulische Leistungsfähigkeit der Kanäle vermindert. Schwefelwasserstoff, der bei biologischen Umsetzungsprozessen gebildet wird, kann darüber hinaus zu einer Geruchsbelästigung der Anwohner führen und Korrosionserscheinungen begünstigen. Ablagerungen müssen daher entfernt und Kanäle regelmäßig gereinigt werden.

Menge und Art der Ablagerungen hängen von den Eigenschaften des Entwässerungsgebietes, der Nutzung des jeweiligen Kanalnetzes (Industrie, Gewerbe, Landwirtschaft, Haushalt), der Regencharakteristik, den Mischungsverhältnissen zwischen Regen-, Schmutz- und Fremdwasser, den Kanalgeometrien sowie dem Selbstreinigungsvermögen des Kanalnetzes ab und unterliegen großen Schwankungen. Die organischen und mineralischen Feststoffe besitzen aufgrund der unterschiedlichen Stoffdichten ein verschieden stark ausgeprägtes Ablagerungspotential. Die organischen Partikel weisen eine geringe Dichte auf und verfügen dadurch über gute Transporteigenschaften. Darüber hinaus unterliegen sie Zersetzungsprozessen wäh-

© 2004 Alle Rechte vorbehalten GEK mbH

rend des Transports, die den Abtransport begünstigen. Während die organischen Feststoffe zum überwiegenden Teil mit dem Abwasser mitgeführt werden, lagert sich mineralisches Material mit einer höheren Dichte ab. Vermischen oder Verbinden sich die organischen und mineralischen Anteile, können die Mischungen zu hartnäckigen Kanalablagerungen führen und sich sogar zu Inkrustationen verfestigen (vgl. Bild 8). Eine Verfestigung ausschließlich organischen Materials ist selten möglich.

Bild 8: Verfestigte Ablagerungsschichten

Ablagerungen verfestigen sich mit abnehmenden Wassergehalt und sind dann nur mit erhöhtem Aufwand zu entfernen. Aus diesem Grunde sollten diese nicht zu lange konsolidieren und frühzeitig remobilisiert werden. Vor diesem Hintergrund ist eine regelmäßige Reinigung in entsprechend kurzen Intervallen anzustreben. Während beim Hochdruckspülverfahren in der Regel Reinigungsintervalle von Monaten bis Jahren üblich sind, werden Schwallspül-Einrichtungen für eine präventive „Reinhaltung“ des Kanals z.B. im Wochenrythmus aktiviert. Der Aufwand für eine intensive Grundreinigung mit dem HD-Verfahren kann dann entsprechend reduziert werden.

2.3 Schwallspülung

Sämtliche Schwallspül-Einrichtungen funktionieren im Wesentlichen nach dem gleichen **Prinzip**, dem des "Einstauens" und der "Freigabe". In der Phase des "Einstauens" wird zunächst Wasser oberhalb einer zu reinigenden Strecke oder eines zu reinigenden Beckens aufgestaut. Durch schlagartige Freigabe der aufgestauten Wassermasse wird die gespeicherte potentielle Energie überwiegend in kinetische Energie umgewandelt. Im zu reinigenden Kanalabschnitt bildet sich eine Schwallwelle aus. Der Kopf der Welle ist durch eine hohe Turbulenz gekennzeichnet und erzeugt hohe Schubspannungen insbesondere an der Kanalsohle. Die vorhandenen Ablagerungen werden durch diese Sohlschubspannungen gelöst, remobilisiert und mit den nachfolgenden Wassermassen abgeleitet.

Die Wirkungslänge einer Schwallspülung kann in Abhängigkeit der örtlichen Gegebenheiten und des gewünschten Reinigungszieles mehrere hundert Meter betragen. Auch verfestigte Ablagerungen lassen sich in einigen Fällen bei einer ausreichend großen Schwallhäufigkeit remobilisieren [10]. Praxiserfahrungen des BRW zeigen allerdings, dass die Wirksamkeit von Schwallwellen in einigen Fällen auch durch „Wasserpolster“ reduziert wird, z.B. in Unterbögen oder vor Ablagerungen.

© 2004 Alle Rechte vorbehalten GEK mbH

Derzeit werden zahlreiche **Varianten** an Schwallspül-Einrichtungen angeboten, die sich in den technischen Möglichkeiten und Kosten erheblich unterscheiden. In der Regel erfordern sie zusätzliche, separate und zum Teil große Schachtbauwerke und sind nicht direkt in das bestehende Netz integrierbar. Einen Überblick geben [11] und [12]. Nachfolgend sind die einzelnen Varianten in Anlehnung an diese Quellen dargestellt.

Schieber

Schieber sind neben Schützen die ältesten in der Abwasserableitung eingesetzten Armaturen. Prinzipiell bestehen Schieber aus einer Rahmenkonstruktion, in der eine Edelstahlplatte geführt und abgedichtet wird (Bild 9 und Bild 10).

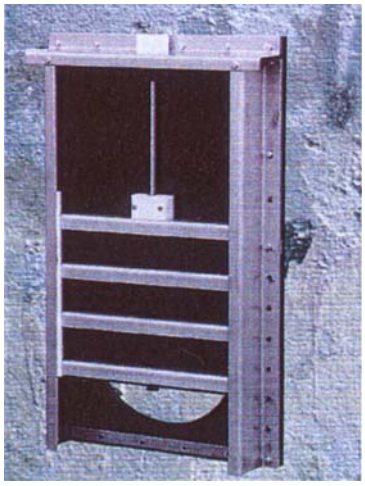


Bild 9: Schieber (VAG), aus [12]

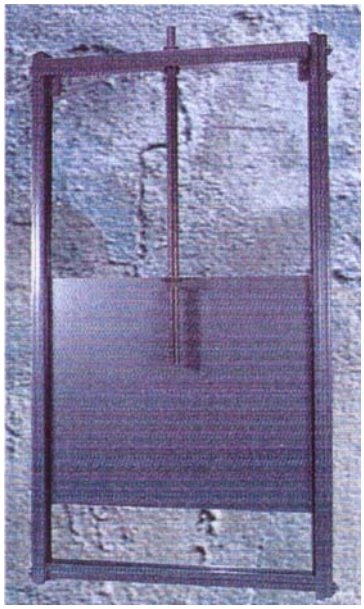


Bild 10: Schütz (VAG), aus [12]

Der Antrieb der Platten erfolgt meist über eine Gewindestange, die entweder von Hand oder mit Hilfe eines Elektromotors bewegt wird. Der Schieber ist so stufenlos einstellbar und grundsätzlich auch zur Schwallspülung bzw. Kanalreinigung einsetzbar. Ein Nachteil der Schieber besteht - neben der großen Bauhöhe - darin, dass sie gelegentlich zum Klemmen neigen, weshalb eine separate Öffnungsmöglichkeit zur Abflusssicherung vorhanden sein muss. Gleichfalls können Fremdkörper im Rohr den vollständigen Verschluss verhindern. Bei sehr großen Querschnitten ist aufgrund des hohen Wasserdruckes die Integration eines kleineren Schiebers in die große Schieberplatte ratsam.

Versenkbares Wehr

Das versenkbare Wehr (Bild 11 und Bild 12) besteht aus einer senkrecht fahrbaren Platte aus Edelstahl, die in Schienen auf und ab bewegt werden kann. Der Antrieb erfolgt über eine Hydraulik. Um das Wehr zu öffnen, wird die Platte in eine unterirdische Kammer abgesenkt. Dafür sind erhebliche Einbautiefen erforderlich.

Versenkbare Wehre werden als Ablaufwehre und als Kaskadenwehre angeboten. Ablaufwehre werden an Überläufen zur Aussteuerung von Mischwasserentlastungen

© 2004 Alle Rechte vorbehalten GEK mbH

installiert. Das Wehr muss durch einen Regler gesteuert werden und kann nicht als automatisch wirkendes System ohne Fremdenergienutzung eingebaut werden. Dafür ist aber ein Einsatz im Rahmen einer zentralen Kanalnetzsteuerung möglich. Um eine Entlastungsoptimierung nach Menge, Qualität und Vorflutkriterien zu ermöglichen, können die Ablaufwehre mit einer Qualitätsmessung und einer IDM-Sonde ausgerüstet werden. Außerdem ist es möglich, mit dem Ablaufwehr den Entlastungsquerschnitt vollständig zu verschließen. So kann ein schädlicher Hochwasserrückstau in das Kanalnetz verhindert oder im Katastrophenfall die Entlastung unterbunden werden.

Im Trockenwetterfall eignet sich die Kaskadentechnik zur Kanalspülung. Bei sorgfältiger Planung ist es möglich, den gesamten Kanal im Bereich der Kaskadenwehre zu reinigen, indem durch die Spülschwalle des einen Wehres die Ablagerungen in den Bereich des nächsten Wehres transportiert werden. Nach Angaben des Herstellers sind in Abhängigkeit von den hydrostatischen Vordrücken pro Wehr Spülweiten von 1000-3000 m erreichbar. Dazu sind für die Wehrplatte Vorschubgeschwindigkeiten von ca. 3 – 5 m/min erforderlich.

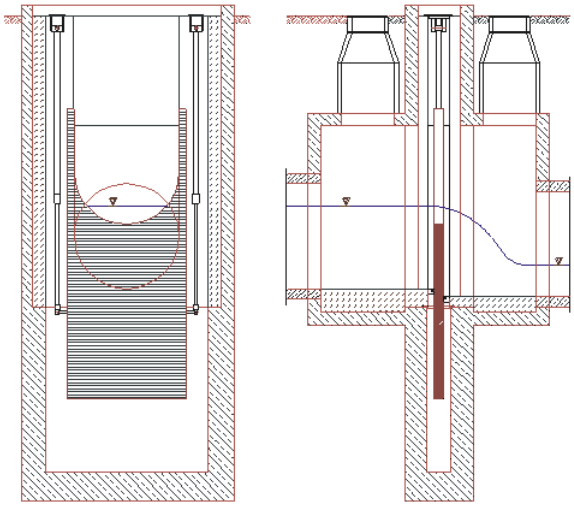


Bild 11: Versenkbares Wehr (Asatechnik), Schemaskizze, aus [12]

Bild 12: Versenkbares Wehr (Asatechnik) im Einsatz, aus [12]

Drehbogen

Bei einem Drehbogen (Bild 13 und Bild 14) handelt es sich um ein aus drei entgegengesetzten Rohrkrümmern bestehendes Rohrstück, das drehbar in den Kanal eingesetzt wird. Dafür wird der eigentliche Bogen mittels zweier Torsionskompensatoren an die Kanalrohre angeflanscht. Diese Anlagenteile bestehen aus Gummi mit Bewehrungsringen und werden bei einer Bogenstellung von 45° eingebaut, so dass sie maximal eine Verdrehung von 45° ausgleichen müssen. Angetrieben wird der Bogen durch einen Motor. Um den Drehbogen in den Kanal einzubauen, ist es notwendig, eine gesonderte Kammer zu errichten.

© 2004 Alle Rechte vorbehalten GEK mbH

Der Stellwinkel des Bogens gegenüber der Horizontalen beträgt zwischen 0° und 90°. Bei einer Stellung von 0° stellt der Bogen für das ablaufende Wasser kein Hindernis dar. Wird der Bogen angehoben, verringert sich der Abfluss und es wird ein Rückstau in den oberhalb liegenden Kanal erzeugt. Es ist allerdings nicht möglich, mit dem Drehbogen den Kanal vollständig abzusperren. Außer zur Aktivierung von Kanalstauraum soll der Drehbogen grundsätzlich auch zur Kanalreinigung mittels Schwallspülung einsetzbar sein.

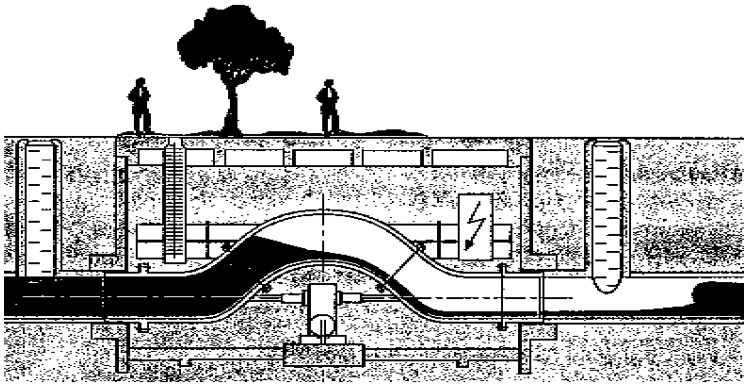


Bild 13:Skizze Drehbogen, aus [12]

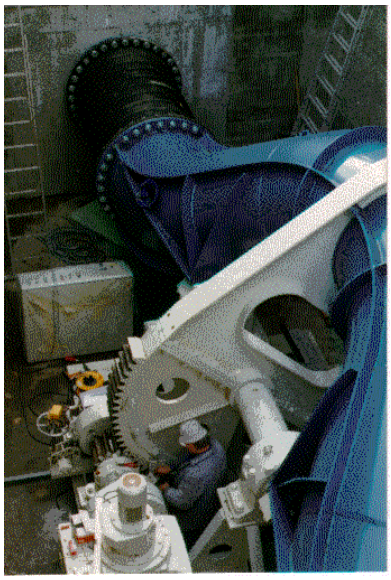


Bild 14: Drehbogen Dresden, aus [12]

Der Einsatz von Drehbögen im Kanalbetrieb beschränkt sich bisher auf ein Pilotprojekt in Dresden-Leuben [13]. Der dort ausgeführte Drehbogen (Bild 14) hat einen Durchmesser von 1,2 m und wurde in eine Stahlbetonkammer mit den Abmessungen Länge 11,4 m, Breite 6 m und Tiefe 5,5 m eingebaut. Innerhalb des Bauwerkes sind der Drehbogen, Pumpensumpf, Laufbühnen und ein Steuerpult untergebracht.

Der Drehbogen wurde 1994 / 1995 zunächst für ein Jahr vom Institut für Siedlungs- und Industriewasserwirtschaft der TU Dresden im Pilotbetrieb betreut. In dieser Zeit stellte sich heraus, dass der Drehbogen als technisches Konzept zur Stauraumbewirtschaftung und zur Reinigung der an den Bogen anschließenden Kanalstrecke geeignet ist. Inzwischen wird der Drehbogen von der Stadtentwässerung Dresden betrieben. Er wird weiterhin zur Stauraumaktivierung und zur Schwallspülung eingesetzt. Die Spülung erfolgt durch Anheben des Bogens auf 70°, Einstau des Wassers bis zu einer Höhe von 1,60 m und anschließendes schnelles Absenken. Die dadurch gereinigte Kanalstrecke ist etwa 400 m lang.

Der Vorteil des Drehbogens liegt in seiner guten Regelbarkeit, der Zugängigkeit und der hohen Verstopfungssicherheit. Besonders nachteilig wirken sich der hohe Preis und der große Platzbedarf aus. Entsprechend ist davon auszugehen, dass beim Bau eines Drehbogens im innerstädtischen Bereich die Kosten besonders hoch sind.

© 2004 Alle Rechte vorbehalten GEK mbH

Schlauchwehr

Ein Schlauchwehr besteht aus einer Gummi-Gewebeplatte, die mit Hilfe einer oder mehrerer Edelstahlschienen dicht an den Untergrund angeschlossen wird. Der entstehende Zwischenraum kann mit Luft oder Wasser gefüllt werden (Bild 15 und Bild 16). Durch die Veränderung des Innendruckes ändert sich die Höhe des Schlauchwehres.

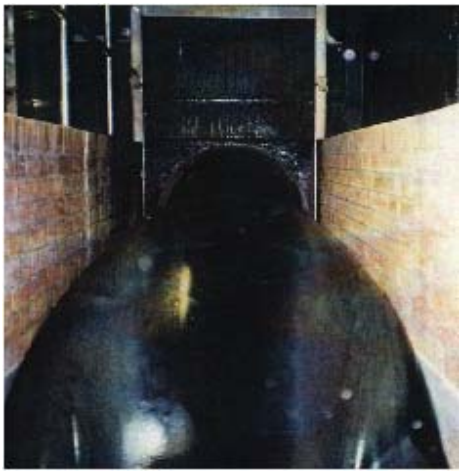


Bild 15: Gefülltes Schlauchwehr, aus [12]

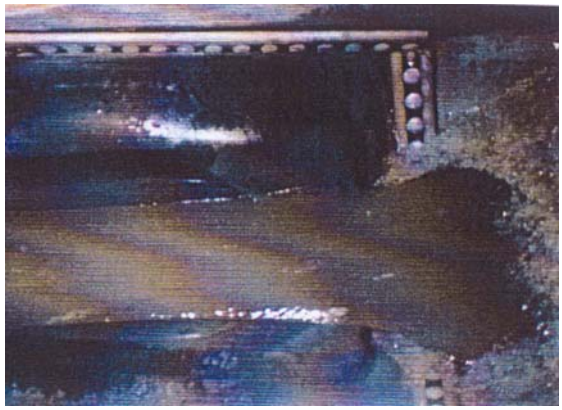


Bild 16: Teilgefülltes Schlauchwehr, aus [12]

Bei wassergefüllten Schlauchwehren wird ein gesonderter Schacht benötigt, von dem aus ein Reguliersystem mit Hilfe einer Tauchpumpe den Schlauch füllt. Außerdem ist eine Schaltanlage erforderlich, die aus einer lokalen Messung die Einstellung des Wehres ermittelt oder ihre Befehle von einem zentralen Steuersystem bekommt. Wassergefüllte Schlauchwehre reagieren vergleichsweise träge, daher sind sie für die Anwendung im Bereich der Abwasserableitung nicht optimal geeignet.

Bei luftgefüllten Wehren erfolgt die Befüllung durch einen Kompressor, der in einem separaten Schaltschrank untergebracht ist. Ein zusätzlicher Regulierschacht ist nicht erforderlich. Allerdings muss sichergestellt sein, dass in dem Schlauch anfallendes Kondenswasser abgeführt werden kann.

Schlauchwehre sind sehr gut an verschiedene Einbauquerschnitte anpassbar, da der Gummischlauch im Vergleich zu den meist aus Edelstahl bestehenden sonstigen Einbauten extrem flexibel ist. Auch zur Kanalreinigung können sie eingesetzt werden. Nach dem Funktionsprinzip handelt es sich um ein luftgefülltes Wehr, welches längs zur Fließrichtung im Kanal befestigt ist. Im entleerten Zustand liegt das Wehr flach auf der Sohle und wird komplett überströmt. Im gefüllten Zustand richtet sich der Schlauch auf und kann eine Stauhöhe von über einem Meter erzielen.

Hydrass Valve

Die Hydrass Valve Spülklappe (Bild 17) ist als Einrichtung zur Kanalreinigung entwickelt worden. Dabei handelt es sich um eine Klappe, die in einen im Kanal befestigten Stahlrahmen drehbar eingehängt wird. Die Drehachse befindet sich etwa in Höhe des Trockenwetterabflusses. Zunächst wird die Klappe durch das anströmende Wasser in eine geschlossene Position gedrückt. Steigt nun der Wasserspiegel so

© 2004 Alle Rechte vorbehalten GEK mbH

hoch, dass die Kraftresultierende auf den oberen Klappenteil ein größeres Moment erzeugt als die Kraftresultierende auf den unteren Klappenteil, kippt die Klappe in eine waagerechte Position und gibt den Abflussquerschnitt frei. Anschließend beginnt ein neuer Spülkreislauf.

Untersuchungen nach [10] haben gezeigt, dass die Ablagerungen in der betrachteten Strecke abgetragen werden konnten. Jedoch hängen die Reinigungserfolge erheblich von den örtlichen Randbedingungen (Kanalgeometrie, Verschmutzungsgrad, Spülzyklen) ab. Spülklappen nach dem Hydrass-Valve-Prinzip sind für jedes Kanalprofil und jede Kanalgröße herstellbar. Es gibt sie als fest eingebaute Spülklappe oder als fahrenden Spülwagen. Die Klappe schließt jedoch nicht vollkommen dicht. Die Anwendungsmöglichkeit der Hydrass Valve-Spülung ist abhängig von der Zuflussmenge und der realisierbaren Einstauhöhe bei Trockenwetter.

Bild 17: Hydrass Valve, aus [12]

Vakuumspülung

Die Vakuumspülung ist ein Verfahren zur Schwallreinigung von Regenrückhaltebecken, Regenüberlaufbecken und Abwasserleitungen. Für die Installation der Spüleinrichtung wird eine geschlossene Spülkammer in einem separaten seitlichen Bauwerk eingerichtet (Bild 19). Diese Kammer hat zwei Öffnungen. Die eine befindet sich im Bereich der Sohle der zu reinigenden Spültrasse und die zweite in der oberen Abdeckung der Spülkammer. Die zuletzt genannte Öffnung wird mit einem Ventil verschlossen. An das Ventil wird eine Vakuumpumpe angeschlossen. Der Wasserstand im Kanal wird mit einer Messeinrichtung überwacht. Alle Komponenten werden durch eine elektrische Schaltung gesteuert. Steigt der Wasserstand, wird ab einem vorgegebenen Wasserstand die Vakuumpumpe eingeschaltet und Wasser bis zur vollständigen Füllung in die Spülkammer eingesaugt. Ist der Wasserstand wieder auf Trockenwetterniveau abgesunken, wird das Ventil geöffnet und das Wasser schießt schwallartig aus der Spülkammer heraus (Bild 18).

© 2004 Alle Rechte vorbehalten GEK mbH

Bild 18: Schwall aus der Spülkammer, aus [12]

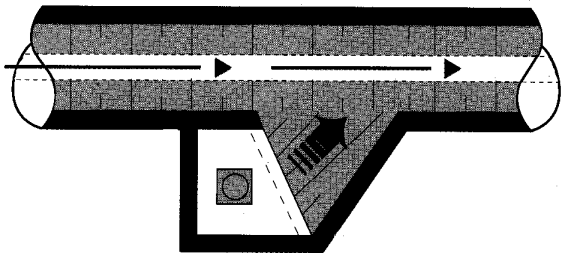


Bild 19: Anordnung der Vakuumspülkammer im Stauraumkanal, aus [12]

Die Reinigungswirkung eines solchen Systems hängt vom Speicherinhalt der Spülkammer und den spezifischen örtlichen Gegebenheiten wie Gefälle, Wandrauhigkeit, Spültrassengeometrie, Austrittsgeschwindigkeit des Spülschwalls, Art der Ablagerungen ab. Die bauliche Gestaltung der unteren Öffnung der Spülkammer hat ebenfalls einen Einfluss auf die Ausbildung der Schwallwelle.

© 2004 Alle Rechte vorbehalten GEK mbH

3 Konstruktion des Spülsacks

3.1 Funktionsprinzip

Mit der Spüleinrichtung "Spülsack" sollen präventiv schonend reinigende Schwallspülungen in Großprofilen ausgelöst werden. Dazu wird Abwasser bei Trockenwetter aufgestaut und anschließend schlagartig in den nachfolgenden Kanalabschnitt freigegeben (vgl. Bild 20 bis Bild 24).

Um den Kanal abzusperren, senkt sich ein blasenartiger Verschlusskörper aus einem Standard-Revisionsschacht DN 1000 in den Kanal und wird **aufgeblasen**. Nachdem eine bestimmte Stauhöhe erreicht ist, wird der Spülsack über eine Steuerungseinheit **schlagartig entlüftet** und die aufgestaute Wassermenge freigegeben. Auf diese Weise bildet sich ein **Spülschwall**, der Ablagerungen löst und in einen Spülsumpf oder in den Wirkbereich eines weiteren Spülsacks (Kaskadenanordnung) transportiert. Dieser Vorgang wird in Abhängigkeit des Trockenwetterabflusses und der örtlichen Betriebserfahrungen in festgelegten Intervallen **wiederholt,** um den erneuten Aufbau von Ablagerungen zu verhindern. Nach einem Spülereignis oder einer Spülfolge kann sich der Verschlusskörper wieder automatisch **aufwickeln**. Er befindet sich dann wieder in der Ausgangsposition, d.h. im Schachtraum außerhalb des Kanalquerschnitts. Die Anwendung des Spülsacks lässt sich in fünf Phasen einteilen (Bild 20 bis Bild 24).

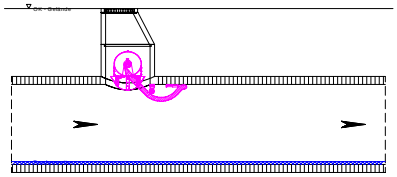


Bild 20: Aufgewickelter Spülsack

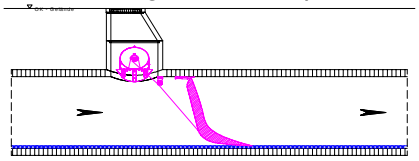


Bild 21: Abgewickelter Spülsack

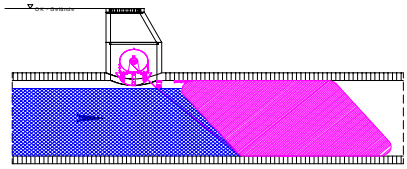
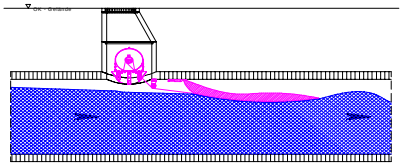


Bild 22: Aufgeblasener Spülsack



d 23: Entlasteter Spülsack

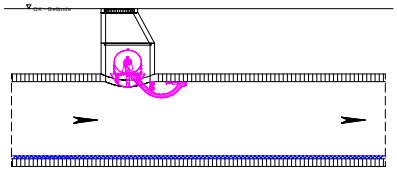


Bild 24: Aufgewickelter Spülsack

Phase I:
Abwickeln/Positionieren
Vor und nach einem Spülereignis befindet sich der Spülsack aufgewickelt im aufgesetzten Schachthals.

Phase II:
Befüllen des Verschlusskörpers mit Druckluft
Zum Versperren des Kanalquerschnitts wird der Spülsack abgewickelt und mit Druckluft befüllt.

Phase III:
Abwassereinstau durch Kanalverschluss
Im aufgeblasenen Zustand ist der Kanalquerschnitt verschlossen und das Abwasser wird aufgestaut.

Phase IV:
Spülen/Entlüften des Verschlusskörpers
Nach Einstau des Kanales wird der Spülsack schlagartig entlastet und ein kräftiger Spülschwall erzeugt.

Phase V:
Aufwickeln des Verschlusskörpers
Nach einem Spülereignis wird der Spülsack im Schacht außerhalb des Fließquerschnitts aufgewickelt.

© 2004 Alle Rechte vorbehalten GEK mbH

Die Besonderheit des Funktionsprinzips besteht insbesondere darin, dass die im Spülsack enthaltene Luft schnell ausströmen kann und der Spülsack während der Entlüftung durch das abfließende Wasser an den Rohrscheitel gepresst wird. Die Freigabe des Fließquerschnitts beginnt somit im Sohlbereich, so dass sich eine Schwallwelle mit einem ausgeprägten Wellenkopf ausbilden kann. Nach vollständiger Freigabe des Querschnitts können dann die nachfolgenden, stärkeren Teile der Welle aufgrund ihrer größeren Fortpflanzungsgeschwindigkeit diesen Wellenkopf einholen und schließlich zu einer einheitlichen Wellenfront führen. Hierdurch sollen lockere Schmutzsedimente gelöst und über möglichst weite Strecken transportiert werden.

Der Spülsack kommt ohne nennenswerte Einbauten im Kanal, die den Kanalabfluss außerhalb der planmäßig vorgesehenen Einstauzeit einschränken würden, aus. Das Ab- und Aufwickeln sowie das Aufblasen des Spülsacks werden durch eine mobile oder stationäre Versorgungs- und Steuerungseinheit unterstützt.

3.2 Konstruktionsentwurf Spülsack

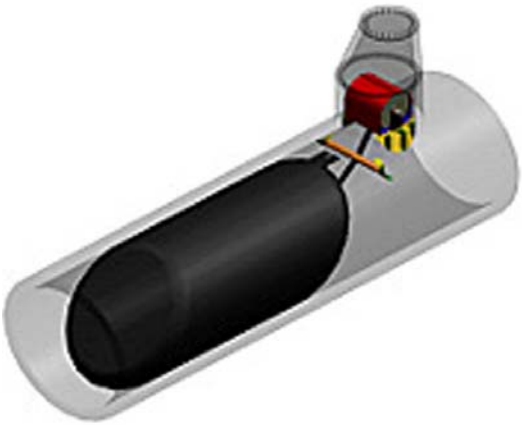
In einem ersten Arbeitsschritt wurden die **hydraulischen, funktionstechnischen, baulichen sowie betriebstechnischen** Randbedingungen und Anforderungen an die Spülvorrichtung in einem Pflichtenheft zusammengeführt.

Tabelle 1: Inhalte Pflichtenheft

1.	Sichere Abdichtung des Rohres trotz vorhandener Ablagerungen
2.	Widerstand gegen den erforderlichen Staudruck
3.	Vermeidung von Strömungsverlusten
4.	Fixierung des Verschlusskörpers bei Nichtgebrauch
5.	Beständigkeit gegen kommunales Abwasser
6.	Korrosionsbeständigkeit der Werkstoffe
7.	Temperaturbeständigkeit der Materialien, Temperaturbereich 0°C - 30°C
8.	Betriebssicherheit des Verschlussmechanismus
9.	Umweltverträglichkeit verwendeter Schmierstoffe
10.	Explosionsgeschützte Ausführung des Antriebs
11.	Montage- und Wartungsfreundlichkeit der gesamten Anlage
12.	Nachrüstbarkeit des Verschlussmechanismus in bestehendes Rohrsystem
13.	Zukaufteile als Normteile
14.	Recyclingfähigkeit der gesamten Anlage
15.	Anlage entlastet bei Stromausfall

© 2004 Alle Rechte vorbehalten GEK mbH

Das Pflichtenheft stellte die Grundlage für einen ersten Konstruktionsentwurf des Spülsacks dar (Bild 25).



Materialanforderungen Spülsack

- geringe Wandstärke (< 3 mm) herstellbar, um den Aufrollvorgang realisieren zu können
- verrottungsfest für den längeren Einsatz im Kanal
- beständig gegen Abwasser, auch unter Druck und Dehnung
- geringes spezifisches Gewicht
- flexibel, um sich besser klemmen, falten und aufblasen zu lassen
- hohe Abriebfestigkeit

Bild 25: Spülsack im Kanal, Schemaskizze und Materialanforderungen

Durch die Orientierung des Konstruktionsentwurfs an den im Pflichtenheft zusammengetragenen Anforderungen wurde bereits früh deutlich, dass die Funktionsfähigkeit und Haltbarkeit des Spülsacks in besonderem Maße von den Eigenschaften des für die Konfektionierung des Sackes gewählten Materials abhängig sein wird.

Für den Einsatz im Kanal wurden die im Bild 25 zusammengefassten Materialanforderungen aufgestellt. Im Rahmen einer Recherche wurde daraufhin geprüft, inwieweit bereits vorhandene Materialien aus dem Marktbereich der „Kanalabsperrblasen und Dichtkissen“ für die Verarbeitung des Spülsacks geeignet sein könnten.

Danach eignet sich das herkömmliche, zur Absperrung der Abwasserleitung eingesetzte Blasen- und Dichtkissenmaterial nicht für die Anpassung an die Einsatzbereiche des Spülsacks. Die Eigenschaften dieser Materialien weichen grundsätzlich von den für den Spülsack geforderten Materialeigenschaften ab:

- zu hohes Eigengewicht,
- zu dicker Außenmantel,
- zu wenig anpassbar,
- Kissen bzw. Blasen sind ohne Gewebe und müssen komplett gestützt werden,
- nicht zusammenrollbar oder faltbar.

Allein einer der auch im Dichtkissenmarkt aktiven Materialhersteller verfügte auch über Erfahrungen mit Materialien, die dem erarbeiteten Anforderungsprofil für die Spülsackherstellung nahe kommen. Das gewählte Material ist insbesondere leicht, widerstandsfähig und lässt sich flexibel den jeweiligen geometrischen Anforderungen anpassen. Die Installation eines Spülsacks aus diesem Material ist damit auch unter schwierigen Einbaubedingen in beengten Kanälen denkbar. Darüber hinaus ist die schnelle Luftbefüllung und –entleerung bei Einsatz dieses Materials realisierbar.

© 2004 Alle Rechte vorbehalten GEK mbH

Zur Ausarbeitung der weitergehenden Konstruktionsentwürfe wurden daher die Eigenschaften des o.a. Materials zu Grunde gelegt:

- spez. Gewicht 1500 g/m²,
- Fertigungsdicke 1,3 mm,
- formstabil durch spezielles Gewebe mit gummiartiger Außenhaut,
- abrieb- und reißfest,
- Verarbeitung durch Kleben möglich,
- abwasserbeständig und verrottungsfest.

3.3 Prototyp - Konstruktion und Fertigung

Die Konstruktion und Fertigung eines Prototyps erfolgte in Teilschritten. Dies ermöglichte eine wiederkehrende Überprüfung und Anpassung bzw. Änderung einzelner Komponenten. Dazu gehörte auch eine frühzeitige Funktionsprüfung, in der zunächst nur der Verschlusskörper installiert und getestet wurde (Bild 26).

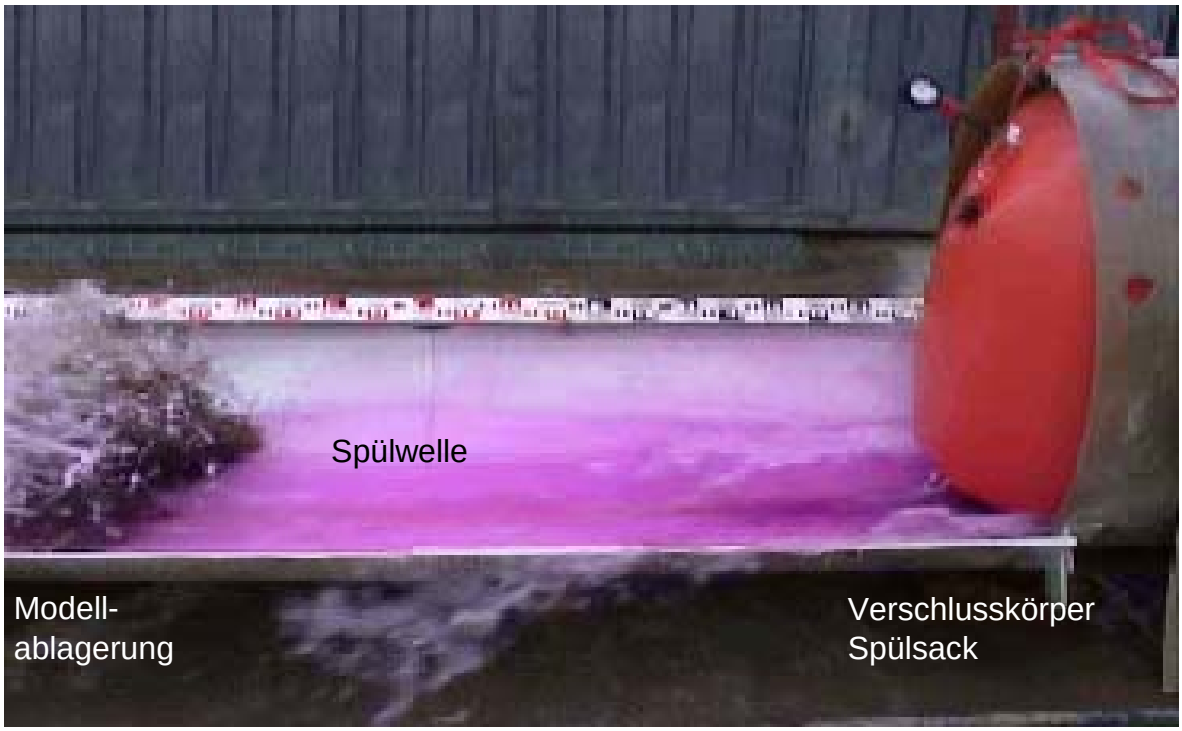


Bild 26: Funktionsprüfung des Verschlusskörpers

© 2004 Alle Rechte vorbehalten GEK mbH

Verschiedene Ausführungsvarianten für Teilfunktionen (Bild 27) der Spüleinrichtung wurden entwickelt und ihre funktions- und betriebstechnische Wirksamkeit bewertet. Die ausgewählten Lösungsansätze für die maschinentechnischen Komponenten wurden daraufhin in konkrete Ausführungspläne umgesetzt. Dazu gehörte die Anfertigung der Zeichnungen für den Zusammenbau der Einzelteile sowie Stücklisten und Fertigungszeichnungen für die Herstellung. Die Ausarbeitung und Zusammenstellung der elektrotechnischen Komponenten enthält Schaltpläne und Programmablaufpläne für den Bau der Steuerungseinheit. Auf der Grundlage dieser Vorarbeiten erfolgte der Materialeinkauf zur Herstellung der maschinen- und elektrotechnischen Komponenten.

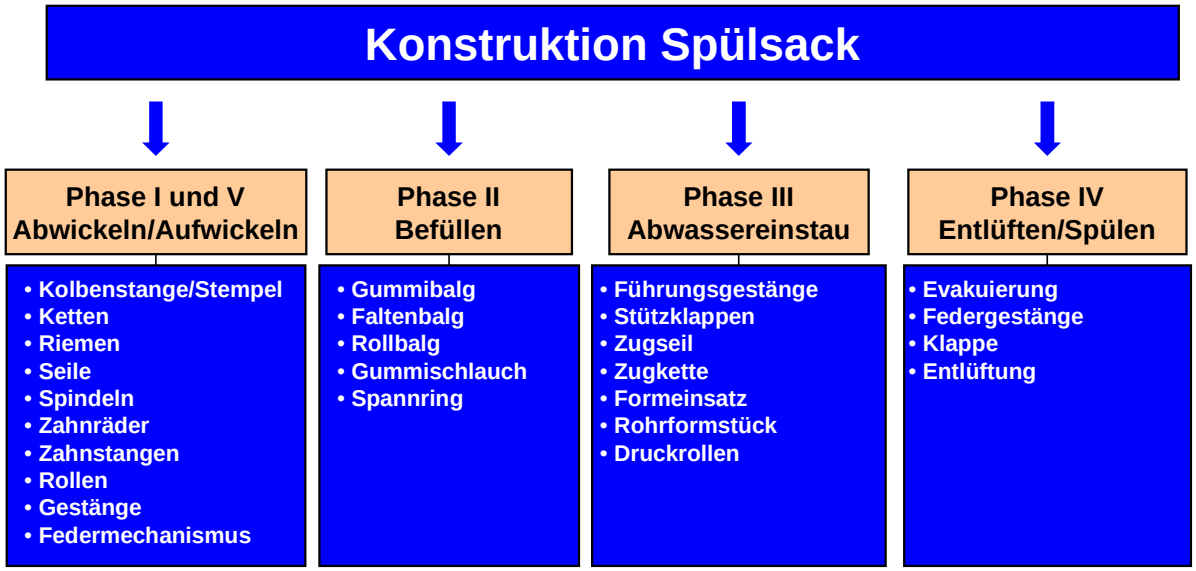


Bild 27: Konstruktionselemente zur Realisierung der fünf Anwendungsphasen (vgl. Bild 20 bis Bild 24)

Nach der Herstellung der Einzelkomponenten wurden diese zusammengebaut, um die Funktionen der Spülvorrichtung zunächst im „Trockenbetrieb“ zu testen (Bild 28 bis Bild 30). Dies betraf insbesondere die Abstimmung der Einzelbauteile untereinander sowie die Auswahl der Anschlagpunkte für Seilführungen bzw. Zugeinrichtungen (vgl. Bild 29). Im Vordergrund stand die optimale Ausrichtung des Verschlusskörpers im Kanal während des Aufstellens und Aufblasens und die Ermittlung einer geeigneten Aufwickelgeschwindigkeit zur vollständigen Entlüftung des Spülsacks als Eingangsgröße für die Steuertechnik.

Bild 28: Abgewickelte Haspel

Bild 29: Zugeinrichtung

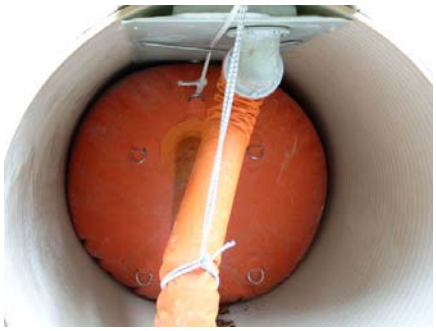


Bild 30: Spülsack im aufgeblasenen Zustand

© 2004 Alle Rechte vorbehalten GEK mbH

4 Untersuchungsprogramm

4.1 Kleinformatige Versuche

Bei der in Teilschritten vorgesehenen Weiterentwicklung des Spülsack-Prototyps wurden die Anpassungen und Änderungen einzelner Komponenten zunächst im Rahmen kleinformatiger Versuche geprüft. Die Funktionsprüfungen der Komponenten fanden in einer Versuchsstrecke der Firma HST Hydro-Systemtechnik, Meschede statt.

Bild 31: Startschacht mit Spülsacksystem

Bild 32: offenes Gerinne

Diese Teststrecke, die in Bild 31 dargestellt ist, setzt sich aus einem GFK-Schachtring DN 1000 auf einem ca. 6,0 m langen GFK-Rohr mit Nenndurchmesser DN 1200, einer darin anschließenden Auslaufstrecke von ca. 40 m sowie einem Vorlagebehälter zusammen. Vor dem Schacht kann im Rahmen der Spülversuche ein Einstauvolumen von ca. 6,0 m³ Wasser aktiviert werden. Die Auslaufstrecke, die mit einem leichten Gefälle vom Schacht in Richtung Streckenende verläuft, besteht aus einzelnen Rohrsegmenten aus Blech. Aufgrund der offenen Bauweise der Auslaufstrecke können während des Spülsackbetriebes die einzelnen Verfahrensschritte

- Auf- und Abwickeln der Haspel,
- Positionieren des Spülsacks in der Haltung,
- Aufblasen des Spülsacks,
- Wasseraufstau und
- Entlastung

beobachtet und bewertet werden.

© 2004 Alle Rechte vorbehalten GEK mbH

Darüber hinaus wurde die Versuchsstrecke für eine erste Beurteilung des Reinigungserfolges der Schwallspül-Einrichtung Spülsack genutzt. Zu diesem Zweck wurden vor einem Spülvorgang Sedimente in die Auslaufstrecke eingebracht und der Sedimentabtrag und -transport nachträglich erfasst. Bild 33 gibt die bei einem Spülversuch aufgezeichnete Kopfwelle wieder. Die Welle befindet sich in dieser Momentaufnahme gerade am Beginn der Auslaufstrecke. Bild 34 zeigt dieselbe Schwallwelle zu einem späteren Zeitpunkt.

Bei den Versuchen zeigte der Verschlusskörper eine gute Dichtwirkung mit geringer Leckrate. Durch schlagartige Entlüftung des Verschlusskörpers konnte eine Schwallwelle mit deutlichem Wellenkopf freigegeben werden. Lockere Ablagerungen und einzelne Pflastersteine wurden über die gesamte Versuchsstrecke transportiert.

Bild 33: Momentaufnahme unmittelbar nach Auslösen der Schwallwelle

Bild 34: Momentaufnahme der Schwallwelle zu einem späteren Zeitpunkt

4.2 Großformatige Versuche

Auf der Grundlage der Ergebnisse aus den kleinformatigen Vorversuchen wurde ein überarbeiteter Prototyp für den Einsatz in Großprofilen gefertigt. Die Versuche dieser zweiten Testphase fanden in der Versuchsstrecke auf dem IKT-Gelände in Gelsenkirchen statt (vgl. Bild 35, Bild 36 und Bild 37). Ziel der Versuche war die Prüfung der einzelnen Funktionen und Bestandteile des Spülsacks im realitätsnahen Maßstab unter typischen Belastungen. Auf dieser Grundlage konnten die notwendigen Entwicklungsschritte für den anschließenden Praxiseinsatz im Kanalnetz erarbeitet und der Spülsack entsprechend optimiert werden.

Die Versuchsstrecke besteht aus einer 40 m langen und 6 m tief im Boden verlegten Haltung der Nennweite DN 2200. Der Zugang am Anfang und Ende der Haltung wird durch zwei Schachtbauwerke ermöglicht. Zwischen den Schächten weist die Strecke ein leichtes Sohlgefälle von ca. 1 ‰ auf. Eine im Endschacht (Tiefpunkt) positionierte Pumpe fördert das Wasser über ein Überleitungssystem aus gekuppelten Stahlrohren wieder in den Startschacht. Bild 35 stellt den Aufbau der Prüfstrecke schematisch dar. Die Richtung des Wasserstroms ist durch die blauen Pfeile gekennzeichnet. Der Spülsack ist im aufgeblasenen Zustand dargestellt.

© 2004 Alle Rechte vorbehalten GEK mbH

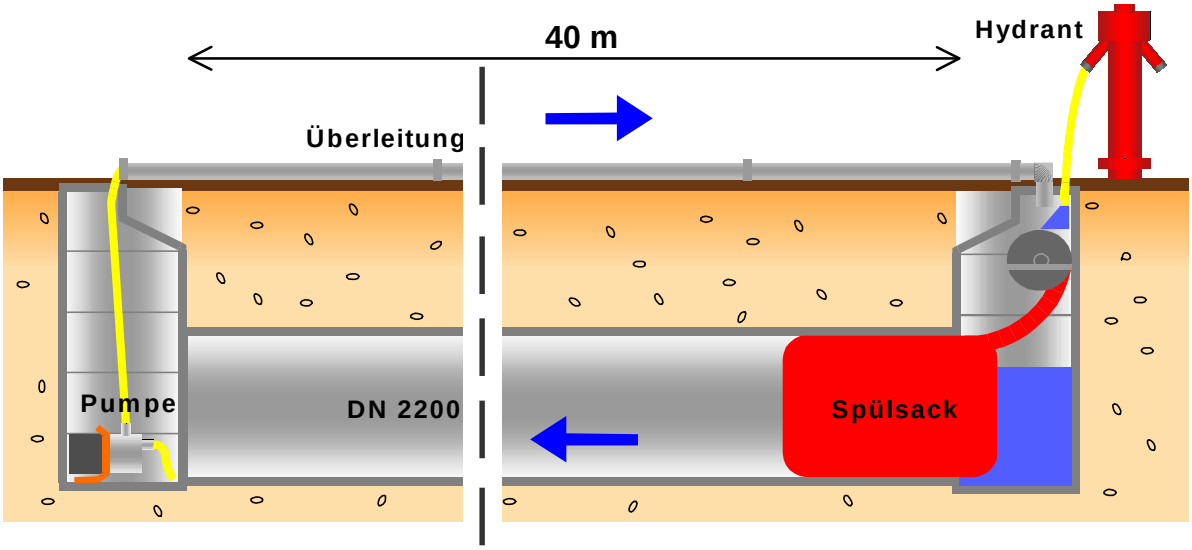


Bild 35: Prinzipskizze des Versuchsaufbaus, IKT-Versuchsstrecke DN 2200

Bild 36: Prüfstrecke am IKT, Außenansicht vor Überschüttung

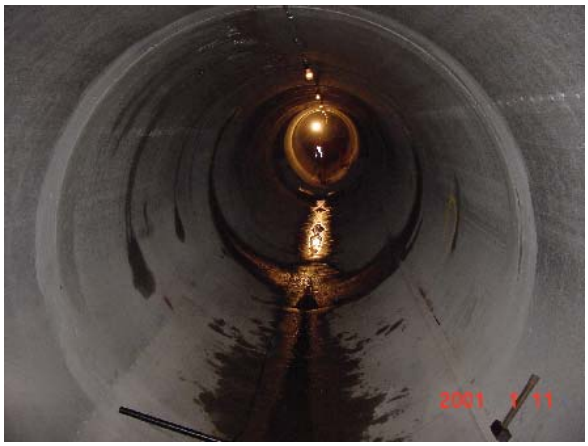


Bild 37: Prüfstrecke am IKT, Innenansicht

Vor Beginn der Versuche wurde die komplette Spüleinrichtung von der Firma HST Hydro-Systemtechnik in der IKT-Versuchsstrecke installiert (*Bild 39*). Die Steuerungseinheit und der Kompressor zur Luftbefüllung des Spülsacks wurde in einem Container auf dem Gelände des IKT installiert (vgl. *Bild 40*).

Die Prüfung der Funktionen „Abwickeln/Aufwickeln“ und „Einstauen“ standen im Vordergrund der großformatigen Versuche. Insbesondere wurden dabei die

- mechanische Klemmkraft,
- Abdichtung der Rohrabschnitte,
- Dichtheit der Spüleinrichtung,
- Be- und Entlüftung der Spüleinrichtung,
- Handhabbarkeit des Gesamtsystems

untersucht.

© 2004 Alle Rechte vorbehalten GEK mbH

Bild 38: Haspel mit Flanschverbindung

Bild 39: *Einbau der Haspel*

Bild 40: *Container mit Steuerungseinheit und Kompressor*

Bild 41: *Einrichten der oberirdischen Überleitung des Spülwassers*

Zunächst bestätigten wiederholte Auf- und Abwickelversuche mit dem Spülsack die Funktionstauglichkeit der Antriebe und der Aufwickelvorrichtung (s. Bild 42). Anschließend wurden Einstauversuche durchgeführt, um die Leckrate des Verschlusskörpers bei einer Einstauhöhe von ca. 2,50 m zu prüfen. Dazu wurde der Spülsack abgewickelt und mit Druckluft befüllt, so dass der Verschlusskörper den Kanal vollständig abschloss.

Danach wurde über eine Schlauchzuleitung (C-Schlauch) Wasser in den Stauraum des Einsteigschachtes gepumpt (*Bild 43*). Eine Undichtigkeit an einer Naht des Spülsacks bewirkte jedoch einen Druckabfall im Spülsack auf ca. 0,15 bar. Infolge dieses Druckverlustes und der daraus resultierenden hohen Leckrate konnte ein Einstauen nicht realisiert werden. Die Versuche mussten daraufhin unterbrochen werden, um eine verbesserte Lösung zur Verklebung der Nähte zu entwickeln.

© 2004 Alle Rechte vorbehalten GEK mbH

Bild 42: Funktionsprüfung Aufwickeln

Bild 43: Funktionsprüfung Einstauen

Die Konfektionierung des Spülsacks wurde durch eine Verstärkung der Nahtstellen optimiert. Durch diese Maßnahmen konnte ein ausreichender Druckaufbau im Spülsack ohne Nahtriss realisiert werden. Nachdem der Verschlusskörper nun mit einem Luftdruck von 0,25 bar aufgeblasen werden konnte, dichtete er den Rohrquerschnitt vollständig ab. Die Leckrate des Spülsacks war bei diesem Anpressdruck an die Rohrwandung äußerst gering (bei einer Einstauhöhe über Rohrscheitel von ca. 2,50 m). Im Rahmen der weiteren Versuche trat eine erneute Undichtigkeit am Verschlusskörper des Spülsacks auf, diesmal jedoch an der Flanschverbindung. Die Gummidichtung im Verbindungsbereich wurde daraufhin ausgetauscht.

Danach konnten die Versuchseinsätze zur weiteren Überprüfung der Funktionen „Wasserdruck standhalten“ und „Entlasten“ des Spülsacks fortgesetzt werden. Dazu wurde der Verschlusskörper erneut in den Versuchskanal abgewickelt und mit Druckluft befüllt. Der Stauraum vor dem Verschlusskörper wurde anschließend mit Wasser bis zu einer Druckhöhe von 2,5 m geflutet. Im Vordergrund der Untersuchung stand die Überprüfung der Absperrwirkung und –sicherheit des Verschlusskörpers unter realitätsnahem Wasserdruck. Darüber hinaus wurde auch der Entlastungsvorgang mittels digitaler Videoaufnahmen dokumentiert (*Bild 44*).

Bild 45 gibt eine Momentaufnahme einer mit dem eingestauten Volumen von ca. 8 m³ ausgelösten Schwallwelle wieder. Der Scheitelabfluss der Welle fällt erwartungsgemäß gering aus. In der Praxis ist von deutlich höheren Abflussscheiteln auszugehen, da je nach Netzsituation mitunter Stauvolumen von über 100 m³ aktiviert werden können.

Bild 44: Aufbau Videokamera

Bild 45: Wasserfreigabe (DN 2200, 8 m³ Stauvolumen)

© 2004 Alle Rechte vorbehalten GEK mbH

Auf der Grundlage der Ergebnisse der großformatigen Versuche wurden folgende **Optimierungsmöglichkeiten** erkannt und entsprechend umgesetzt:

- Zugvorrichtung

  Der störungs- und wartungsanfällige Federmechanismus zur Positionierung des Verschlusskörpers beim Einziehen in den Kanal wurde durch eine Positionierhilfe aus in Ösen geführten Gummibändern ersetzt (vgl. Bild 46 und Bild 47).

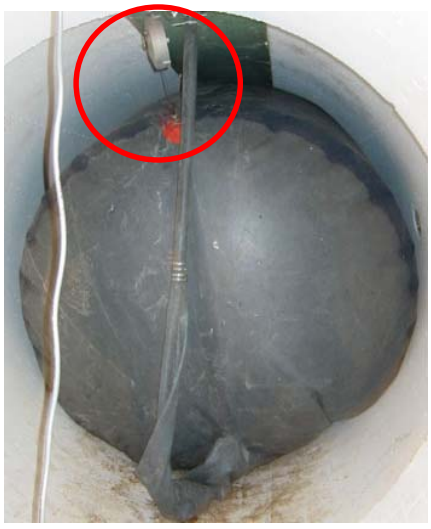


Bild 46: Federmechanismus

Bild 47: Gummibandkonstruktion

- Aufblasen und Entlüften des Verschlusskörpers

  Das Abknicken des Schlauches an der Flanschverbindung zwischen Haspel und Belüftungsschlauch (s.a. Bild 38) beeinträchtigte die Entlüftung des Spülsacks während des Aufwickelvorgans. Das Be- und Entlüftungssystem wurde daraufhin modifiziert. Die Belüftung erfolgt nun über ein im Rohrscheitel auf einer GFK-Platte montiertes Belüftungsrohr und einen daran anschließenden Schlauch, der direkt mit dem Verschlusskörper verbunden ist (vgl. Bild 48). Die bei Entlüftung entweichende Luft wird durch einen Gewebeschlauch unmittelbar in den Luftkanal zwischen GFK-Platte und Rohrscheitel geleitet (vgl. Bild 49).

Bild 48: Montage der GFK-Platte mit integriertem Belüftungsrohr

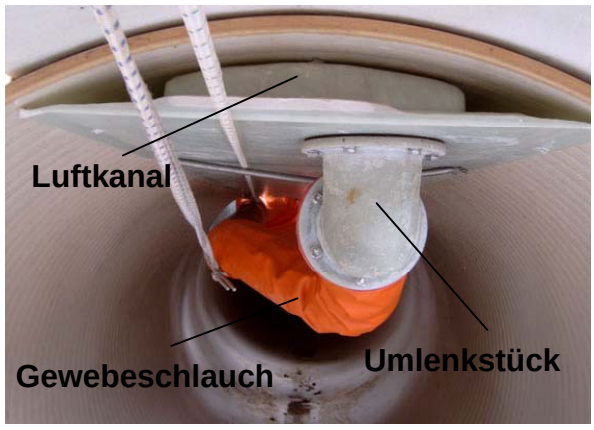


Bild 49: Modifiziertes Entlüftungssystem

© 2004 Alle Rechte vorbehalten GEK mbH

- Nähte am Verschlusskörper

  Sämtliche Nähte des Verschlusskörpers wurden zur Vermeidung von Undichtigkeiten verstärkt.

- Form und Größe des Verschlusskörpers

  Der Verschlusskörper wurde so konfektioniert, dass er genau an den Rohrquerschnitt angepasst ist. So konnte der Verschluss des Rohrquerschnitts mit kleinstmöglicher Leckrate gewährleistet werden.

- Vereinfachung der Steuerung

  Die Steuerfunktionen des Spülsacks werden künftig auf die zum Betrieb erforderlichen Funktionsschritte "Abwickeln" und "Aufwickeln" der Haspel, "Notaus" und "Automatikbetrieb" reduziert. Der Spülsack kann somit wahlweise im automatischen oder manuellen Modus betrieben werden. Bei Auswahl des manuellen Betriebes wird der Schwallspülvorgang in die Ablaufschritte "Abwickeln" und "Aufwickeln" separiert, die einzeln durch Betätigung der zugehörigen Schalter durchgeführt werden können. Der automatische Betrieb kann durch Drücken des Schalters "Automatik“ ausgewählt werden. In diesem Modus laufen die Prozessschritte der Schwallspülvorgang vollautomatisch hintereinander ab. Über den "Notaus"-Schalter kann eine sofortige Entlüftung des Verschlusskörpers ausgelöst werden.

© 2004 Alle Rechte vorbehalten GEK mbH

4.3 Piloteinsatz im Kanalnetz

Der Bergisch-Rheinische Wasserverband (BRW) stellte für den Piloteinsatz im Kanalnetz einen Stauraumkanal der Nennweite DN 2000 zur Verfügung. Die Installation der Spüleinrichtung wurde in gemeinsamer Abstimmung zwischen BRW, IKT und HST durchgeführt. Für den Piloteinsatz wurde der Stauraumkanal „Keusenhof“ im Entwässerungsgebiet Lochbachtal ausgewählt. Der Kanal gehört zu dem Kanalnetz der Entsorgungsbetriebe der Stadt Solingen (EBS) und wird vom BRW betrieben.

Die Auswahl des Einbauschachtes erfolgte im Rahmen einer Ortsbesichtigung des Stauraumkanals. Als Einbauschacht wurde der Schacht 2265 festgelegt. Die sich davor befindliche Haltung zwischen den Schächten 2265 und 2266 wurde als Staustrecke zum Aufstau des Abwassers genutzt. Sie weist eine Länge von 38,50 m und ein Gefälle von 5,72 ‰ auf und ermöglicht eine Einstauhöhe von ca. 1,5 m bei einem Einstauvolumen von ca. 60 m³. Die Haltungen zwischen dem Bauwerk 2265 und der Drosseleinrichtung im Bauwerk 2260 wurden als zu reinigende Versuchsstrecke ausgewählt. Die Gesamtlänge dieser Reinigungsstrecke, die eine durchschnittliche Neigung von 2,38 ‰ besitzt, beläuft sich auf 298,54 m.

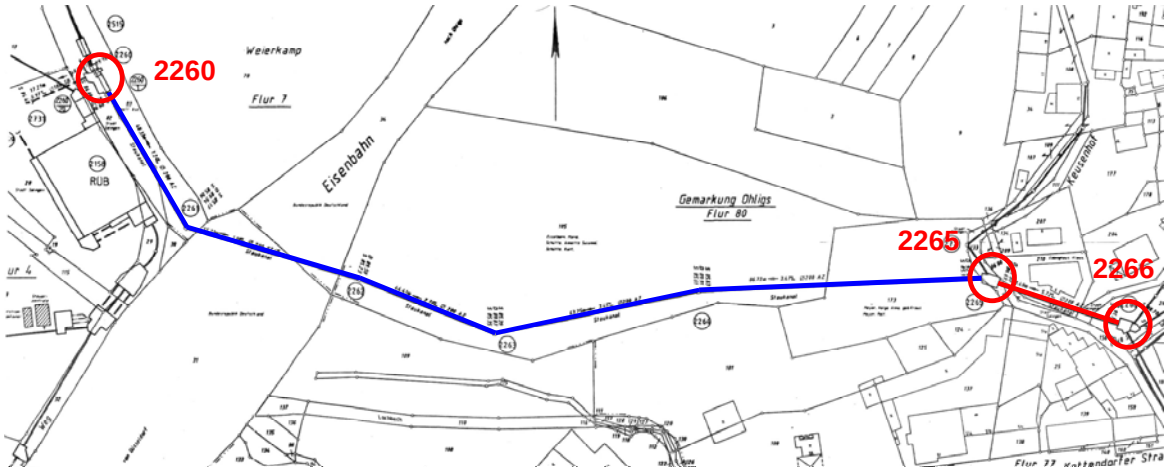


Bild 50: Stauraumkanal Solingen, mit Spülsack-Schacht (2265), Staustrecke (rot) und Reinigungsstrecke (blau)

Bei den In-situ-Versuchen im Stauraumkanal Keusenhof war die Prüfung der Praxistauglichkeit und Einsatzfähigkeit der Schwallspül-Einrichtung im laufenden Kanalbetrieb von vorrangiger Bedeutung. Die Überprüfung umfasste unter anderem die folgenden Gesichtspunkte:

- Durchführung von Schwallspülungen im laufenden Betrieb,
- Anfälligkeit gegenüber Verschmutzung (z.B. Mechanik der Haspel),
- Abschätzung des Arbeitsaufwandes für die Schwallspülungen,
- Ermittlung notwendiger Maßnahmen zur Arbeitssicherheit im Betrieb,
- Einbau des Spülsacks bei Einbausituation Sonderbauwerk,
- Lärmbelästigung von Anwohnern bei einem Schwallspüleinsatz.

© 2004 Alle Rechte vorbehalten GEK mbH

Der Spülsack konnte **ohne zusätzliche bauliche Maßnahmen** in dem dafür ausgewählten Schachtbauwerk (Schacht 2265) installiert werden. Die Montage der Auf- und Abwickelvorrichtung konnte an der Wand des Schachtbauwerks unmittelbar über dem Rohrscheitel des Ablaufrohres erfolgen.

Bild 51 bis Bild 53 geben einzelne Schritte der Installation wieder. Nach Montage der Haspel bzw. Auf- und Abwickelvorrichtung wurde der Verschlusskörper in den Staukanal herabgelassen (Bild 51) und über die Befestigungszunge an der Haspel fixiert (Bild 52). Anschließend wurde der Belüftungsschlauch an den im Rohrscheitel befestigten Belüftungskanal angeschlossen (Bild 53).

Bild 51: Herablassen des Verschlusskörpers

Bild 52:Befestigung des Verschlusskörpers an der Haspel

Bild 53: Verbinden des Belüftungsschlauches mit dem GFK-Belüftungskanal

Im Zuge der Inbetriebnahme zeigt sich jedoch, dass der Stauraumkanal häufiger bis über Rohrscheitel eingestaut und die Auf- und Abwickelvorrichtung dadurch stark verschmutzt wurde Bild 54. Daraufhin wurde deren Montage deutlich höher an der Wand ausgeführt (Bild 55).

© 2004 Alle Rechte vorbehalten GEK mbH

Bild 54: Verschmutzte Haspel im Einstaubereich

Bild 55: Haspel über Einstauebene

Im Rahmen der In-situ-Versuche wurden mehrere Schwallspülungen ausgelöst. Dabei wurden die einzelnen Funktionsphasen u.a. simultan im Einbauschacht sowie an weiteren Schächten im Verlauf der Reinigungsstrecke beobachtet. Die zeitgleiche Beobachtung ermöglichte die Erfassung der Ausbreitung und Entwicklung der Schwallwelle entlang des Stauraumkanals. In Bild 56 ist exemplarisch ein Schwallspülversuch, beobachtet aus dem Einstauschacht, festgehalten.

Bild 56: Spülsackeinsatz – Kanal verschließen, Trockenwetter aufstauen, Spülentlastung

Bei den ersten Spülversuchen war eine verhältnismäßig hohe Verlustrate aus dem Einstaubereich zu beobachten. Durch eine schrittweise Erhöhung des maximalen Luftdrucks im Verschlusskörper im Laufe der Versuche konnte eine Verminderung

© 2004 Alle Rechte vorbehalten GEK mbH

der Leckrate erzielt werden. Bei einem Luftdruck von 0,3 bar im Verschlusskörper war die Verlustrate vernachlässigbar klein.

Die Pilotanlage hat danach hohem Staudruck bis zum Volleinstau des Rohrquerschnitts DN 2000 wiederholt standgehalten. Schäden am Verschlusskörper wurden nicht festgestellt.

Durch die schnelle Entlastung des Spülsacks konnte ca. die Hälfte des Rohrquerschnitts innerhalb von wenigen Sekunden freigegeben werden. Der Verschlusskörper wurde dabei durch das abströmende Wassers an den Rohrscheitel gepresst, so dass der Spülvorgang unmittelbar an der Rohrsohle einsetzte.

Die Spülwirkung wurde auf der ca. 300 m langen Kanalstrecke bis zum Drosselbauwerk an den Schächten 2263 und 2260 mittels Videoaufzeichnung dokumentiert. Am Ende der beobachteten Spülstrecke wies die Schwallwelle noch eine Höhe von ca. 50 cm auf. Die durchschnittliche Wellengeschwindigkeit lag mit ca. 3 m/sec über den Ansätzen für eine kritische Fließgeschwindigkeit zum Transport von Feststoffen (vgl. [9]).Der Reinigungserfolg muss auf Basis von Betriebserfahrungen ermittelt werden.

Seitens des BRW wird angestrebt, geeignete Reinigungsintervalle und Einstauvolumina auf Basis künftiger Betriebserfahrungen festzulegen. Grundsätzlich ist nach den erfolgreichen Piloteinsätzen zu erwarten, dass dann der Aufwand für die Grundreinigung mit dem HD-Verfahren deutlich reduziert werden kann.

© 2004 Alle Rechte vorbehalten GEK mbH

4.4 Umsetzung im Kanalbetrieb

Im Anschluss an die klein- und großformatigen Versuche sowie den Piloteinsatz im Kanalnetz wurde durch die Projektbeteiligten diskutiert, wie die neue Spülsack-Technik in der Praxis umgesetzt werden sollte. Die wesentlichen Ergebnisse sind nachfolgend im Sinne einer Bedienungsanleitung – auch unter Berücksichtigung künftiger Entwicklungen - zusammengefasst.

Komponenten der Schwallspül-Einrichtung Spülsack

Die Schwallspül-Einrichtung Spülsack setzt sich im wesentlichen aus den drei Komponenten Verschlusskörper, Auf- und Abwickelvorrichtung und Versorgungseinheit zusammen. Der in Bild 57 dargestellte Verschlusskörper stellt das eigentliche Kernstück dieses Schwallspülsystems dar. Er ist aus einem Material gefertigt, das widerstandsfähig, flexibel und leicht ist. Der Werkstoff ermöglicht eine gute Anpassung des Spülsacks an die Rohrwandung und lässt das Aufwickeln auf eine Haspel zu.

Bild 57: Verschlusskörper

Bild 58: Aufgehaspelter Verschlusskörper

Außerhalb der Betriebszeiten befindet sich der Verschlusskörper aufgewickelt auf einer Haspel (vgl. Bild 58). Alle Komponenten des Spülsacks sind so dimensioniert, dass eine Montage der Haspel über einen Standardschachthals mit 62 cm Durchmesser möglich ist. Bei Sonderbauwerken mit größeren Raumverhältnissen kann die Haspel alternativ an der Innenwand montiert werden. Beispiele für unterschiedliche Befestigungsmöglichkeiten sind in Bild 59 dargestellt.

a) am Schachthals

b) an der Wand

Bild 59: Befestigung der Haspel

© 2004 Alle Rechte vorbehalten GEK mbH

Die Haspel wird über einen elektrisch oder pneumatisch betriebenen Motor angetrieben, der über einen Explosions-Schutz verfügt. Start und Ende des Auf- und Abwikkelvorganges werden dabei über eine Sensorik gesteuert. In Bild 60 sind weitere Details der Haspel veranschaulicht.

a) Anlaufscheibe

b) Stromzufuhr

c) Befestigung der Haspel

Bild 60: Details der Haspel

Bei Inbetriebnahme des Spülsacks wird zunächst der Verschlusskörper von der Haspel gewickelt. Im Schachthals montierte Leitbleche aus GFK oder Stahl (s. Bild 61) sowie eine am Ende des Spülsacks befestigte Positionierhilfe (Bild 62) richten den Spülsack unter der Strömung des Abwassers aus und verhindern ein Verdrehen. Die Positionierhilfe besteht aus in Ösen geführten Gummibändern (Bild 63), die im aufgewickelten Zustand unter Spannung stehen und nach dem Abwickelvorgang den Verschlusskörper an die vorgesehene Position im Kanal ziehen.

Bild 61: Leitblech

Bild 62: Befestigung der Zugvorrichtung am Spülsack

Bild 63: Zugvorrichtung

Die Belüftung des Verschlusskörpers erfolgt mit Druckluft und wird über einen Kompressor ausgeführt. Die Druckluft wird dabei zunächst in einen am Rohrscheitel positionierten Be- und Entlüftungskanal aus GFK geleitet. Über einen formstabilen Schlauch, der mit dem Kanal über ein 90°-Umlenkstück verbunden ist, wird die Druckluft dem Verschlusskörper zugeführt. Der Luftkanal mit Umlenkstück ist in Bild 64 dargestellt. Die Entlüftung des Verschlusskörpers erfolgt ohne Unterstützung des Kompressors durch freies Ausströmen.

© 2004 Alle Rechte vorbehalten GEK mbH

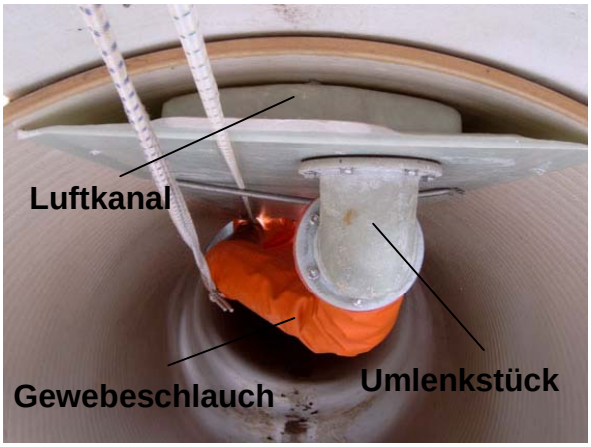


Bild 64: Be- und Entlüftungskanal im Rohscheitel

Neben der Belüftung des Spülsacks wird die Steuerung der Ventile sowie die Überwachung der Drucksituation im Verschlusskörper ebenfalls über Druckluft realisiert. Zur Abwicklung der Funktionsabläufe ist der Kompressor über drei Druckschläuche mit dem Be- und Entlüftungskanal verbunden (Bild 65). Über den schwarzen Druckschlauch wird Druckluft zugeführt. Das Entlüftungsventil wird über den blauen Druckluftschlauch angesteuert. Der dritte Schlauch ermöglicht eine Kontrolle und Zustandsüberprüfung der aktuellen Druckverhältnisse im Verschlusskörper. Sämtliche Vorgänge werden über die zwischengeschaltete Steuerungseinheit durch Aktivierung der entsprechenden Schläuche geschaltet. Darüber hinaus löst ein Sicherheitsventils bei Überschreiten eines kritischen Innendrucks automatisch einen Entlüftungsvorgang aus. Der Anschluss der Druckschläuche von der mobilen oder stationären Versorgungs- und Steuereinheit an den Be- und Entlüftungskanal erfolgt über einen Multifunktionsstecker (Bild 66). Alle eingesetzten Ventile sind als Sicherheitsventile konzipiert und auf einen Auslösedruck von 1,0 bar eingestellt.

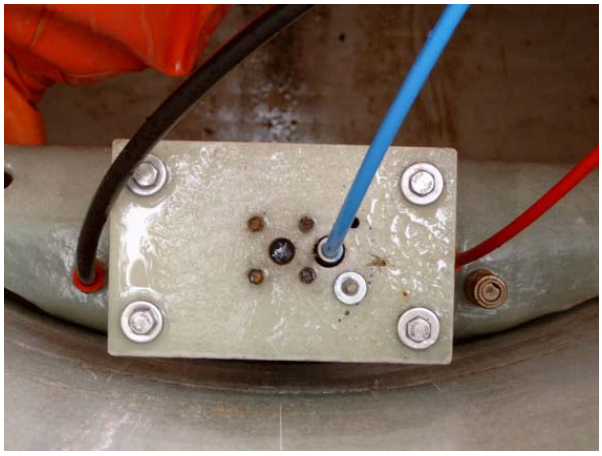


Bild 65: Anschluss der Druckschläuche an den Be- und Entlüftungskanal

Bild 66: Multifunktionsstecker

Das Schwallspülsystem Spülsack wird grundsätzlich automatisch betrieben. Dabei werden die Vorgänge "Einstauen" und "Entlasten" über eine Füllstandsmessung gesteuert (Einschaltpunkt 1 bzw. 2), die im Einbauschacht oder im Staubereich installiert wird. Die Auslöseparameter der beiden Vorgänge können entsprechend den Betriebserfahrungen festgelegt werden.

© 2004 Alle Rechte vorbehalten GEK mbH

Der obere Schwellenwert (Einschaltpunkt 2: Entlasten) hängt von den am Einsatzort vorliegenden Stauverhältnissen (Gefälle, Stauvolumen, Rückstauebenen) ab. Neben ereignisgesteuerten Schwallspülungen, ist auch eine zeitgesteuerte Vorgabe von Spülintervallen denkbar. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, den Spülsack über eine Fernwirkanlage zu steuern.

Bei Bedarf kann der Spülsack auch manuell betrieben werden. Dabei wird der Schwallspülvorgang in die einzeln auszulösenden Teilvorgänge "Einstauen" (Einschaltpunkt 1) und "Entlasten" (Einschaltpunkt 2) unterteilt. Bild 67 gibt den prinzipiellen Aufbau des Schaltkastens wieder.

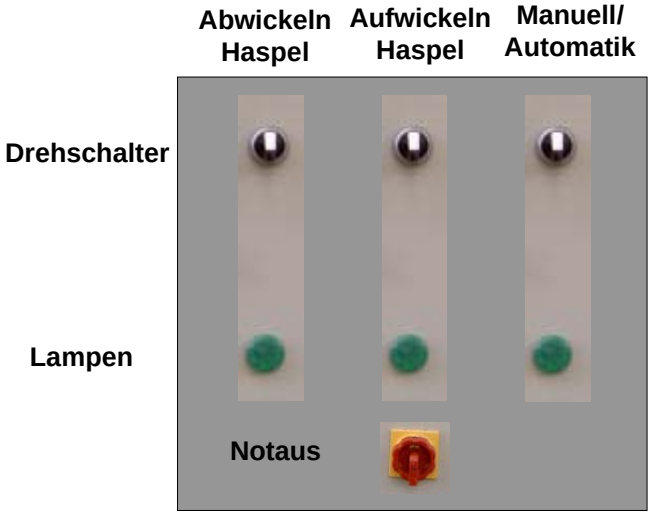


Bild 67: Prinzip Schaltkasten

Der Drehschalter Manuell/Automatik ermöglicht die Wahl der Betriebsform. Im Falle des manuellen Betriebes werden mit den Schaltern "Abwickeln Haspel" und "Aufwikkeln Haspel" die Vorgänge "Einstauen" und "Entlasten" aktiviert. Beim automatischen Betrieb wird der Schwallspüleinsatz über den Schalter "Abwickeln Haspel" gestartet. Die momentan ausgeführte Funktion ist am Schaltkasten durch Aufleuchten der korrespondierenden Lampe gekennzeichnet. Mit Hilfe eines "Notaus"-Schalters kann im Notfall die Befüllung des Verschlusskörpers gestoppt und die Entlastung unmittelbar ausgelöst werden.

Unabhängig von der Betriebsform stellt die Steuereinheit beim Einstauen eine weitere Sicherheitsfunktion zur Verfügung. Bei Überschreitung eines Schwellenwertes der Füllstandshöhe oder bei Stromausfall wird automatisch die Entlastung ausgelöst.

Der Spülsack kann in Standard-Revisionschächte DN 1000 (Einstiegsöffnung 62 cm) eingebaut werden. Die Befüllzeit des Spülsacks hängt von der jeweiligen Ausführungsgröße ab und kann zu 5 bis 15 min abgeschätzt werden.

Der zum Antrieb der Haspel eingesetzte Elektromotor ist weitestgehend geräuscharm. Sind Geräuschbelästigungen zu erwarten, können die Geräuschemission durch eine Verkleidung des Motors gesenkt werden.

© 2004 Alle Rechte vorbehalten GEK mbH

Installation des Spülsacks

Die Installation des Schwallspülsystems Spülsack wird durch geschultes Fachpersonal der Firma HST Hydro-Systemtechnik durchgeführt. Die Einbauzeit beträgt je nach Randbedingungen ein bis zwei Tage. Ein Einbau ist sowohl in Standardschächten als auch in Sonderbauwerken möglich.

Für den Auftraggeber besteht die Möglichkeit, zwischen einer mobilen oder stationären Versorgungseinheit (Kompressor + Steuereinheit) zu wählen (vgl. Bild 68). Eine mobile Versorgungseinheit bietet den Vorteil, alle im Netz befindlichen Spülsäcke kostengünstig mit einer einzigen Einheit betreiben zu können. Die Versorgung mit Strom ist durch den Auftraggeber sicherzustellen. Dies kann wahlweise über ein mobiles Aggregat oder stationär über einen EVU-Anschluss erfolgen.

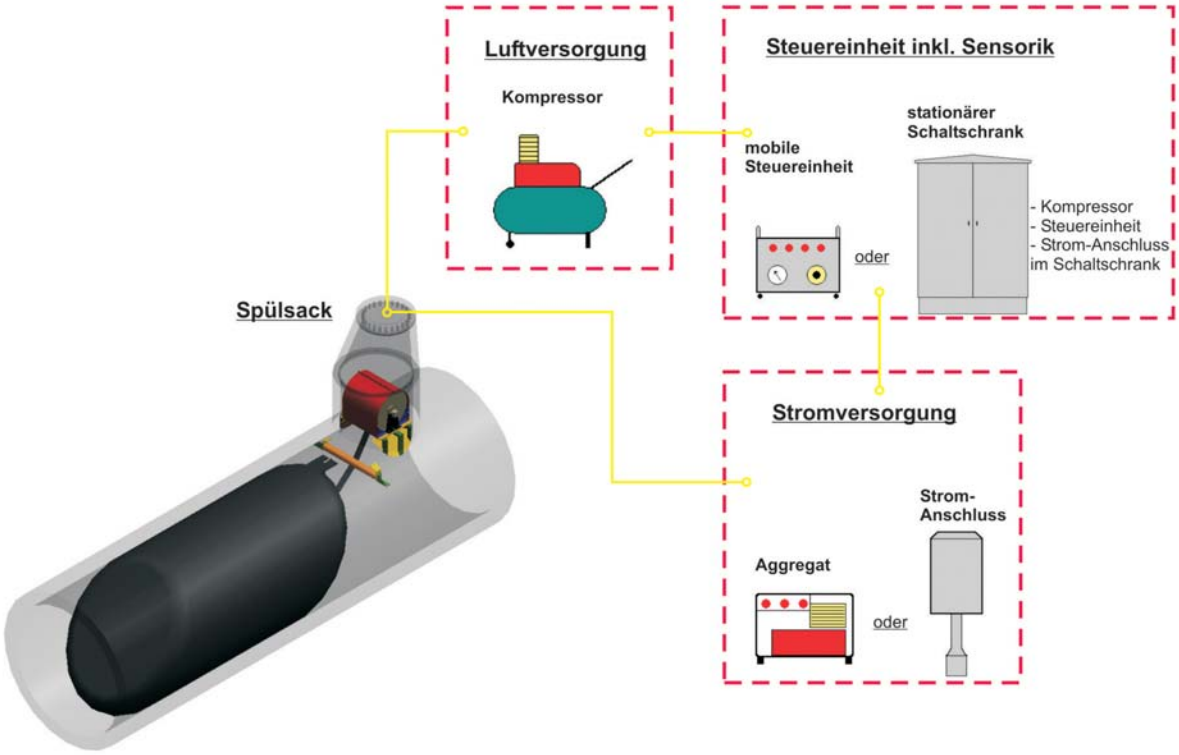


Bild 68: Systemaufbau, Spülsack mit Versorgungs- und Steuerungseinheit

© 2004 Alle Rechte vorbehalten GEK mbH

Betrieb

Der Netzbetreiber muss vor Inbetriebnahme des Spülsacks zunächst unter Einbeziehung der örtlichen Gegebenheiten die Auslöseparameter "Einschaltpunkt 1" (Beginn des Einstaus) und "Einschaltpunkt 2" (Entlüften) festlegen. Die Einstellung des Schwallspülsystems auf diese Parameter wird durch die Firma HST Hydro-Systemtechnik vorgenommen. Diese Einstellungen werden im Rahmen eines Probelaufs durch Simulation der Einschaltpunkte überprüft. Erst nach erfolgreicher Absolvierung des Testlaufes kann der Spülsack in Betrieb genommen werden.

Der Spülsackeinsatz gliedert sich in die fünf Betriebsphasen.

1. Abwickeln/Positionieren
2. Befüllen
3. Aufstauen
4. Entlüften
5. Aufwickeln

Abwickeln/Positionieren

Bild 69: Abgesenkter Verschlusskörper

- Der Verschlusskörper wird mit Hilfe einer elektrisch oder pneumatisch betriebenen Winde von der Haspel abgewickelt und in die zu reinigende Haltung eingebracht.
- Mittels der Positionierhilfen wird der Verschlusskörper automatisch im Kanalquerschnitt ausgerichtet.

Befüllen

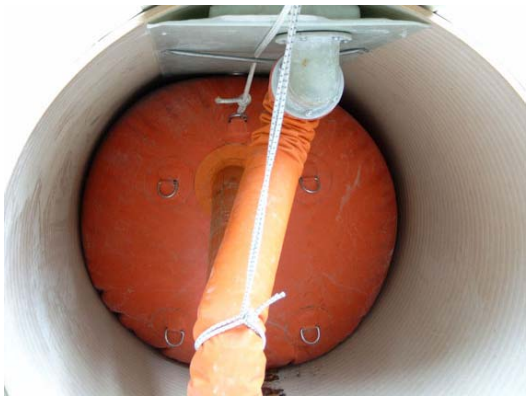


Bild 70: Aufgeblasener Verschlusskörper

- Der Verschlusskörper wird über einen Kompressor mit Druckluft gefüllt.
- Der Verschlusskörper dehnt sich aus, schmiegt sich dabei an die Rohrwandung an und verschließt so den Rohrquerschnitt.

© 2004 Alle Rechte vorbehalten GEK mbH

Abwassereinstau

Bild 71: Aufgestaute Wassermassen

- Das Abwasser wird im oberhalb liegenden Kanalabschnitt aufgestaut.

Spülen/Entlüften

Bild 72: Entlastungsvorgang

- Nach Einstau eines bestimmten, von den lokalen Gegebenheiten abhängigen Stauvolumens wird der Spülsack schlagartig entlastet und der Kanalquerschnitt wieder freigegeben.
- Eine Schwallwelle wird erzeugt, um die Ablagerungen zu lösen und zu transportieren.

Aufwickeln

Bild 73: Aufwickeln des Verschlusskörpers

- Nach Abfluss der aufgestauten Wassermassen wird der Spülsack aus dem Kanalquerschnitt entfernt und wieder auf die Haspel aufgewickelt.

Während des Einstau- und Entlastungsvorgangs sollten sich keine Personen in dem betroffenen Kanalabschnitt aufhalten.

© 2004 Alle Rechte vorbehalten GEK mbH

Reinigung

Mit einem Volleinstau und einer damit einhergehenden Überflutung der Haspel ist insbesondere bei Stauraumkanälen zu rechnen. Im allgemeinen ist eine Reinigung des Verschlusskörpers nicht erforderlich, da dieser während der Belastung und Entlastung von Verschmutzungen frei gespült wird. Eine Reinigung sollte daher nur bei besonderem Bedarf erfolgen. Aufwickel- und Abwickelvorrichtungen, die häufig durch Volleinstau des Stauschachtes stärkeren Verschmutzungen ausgesetzt sind (vgl. Bild 74), sollten in regelmäßigen Reinigungsintervallen gesäubert werden. Sollten es die baulichen Voraussetzungen ermöglichen, ist die Haspel möglichst hoch im Schacht anzuordnen, um das o.a. Verschmutzungsrisiko zu minimieren.

Bild 74: Stark verschmutzte Auf- und Abwickelvorrichtung

© 2004 Alle Rechte vorbehalten GEK mbH

5 Fazit und Ausblick

Im Rahmen der dargestellten Untersuchung wurde die neue Schwallspül-Einrichtung „Spülsack“ entwickelt und in einem Stauraumkanal des Bergisch-Rheinischen Wasserverbandes (BRW) in Betrieb genommen. Der Spülsack zeichnet sich dadurch aus, dass er grundsätzlich *ohne bedeutsame bauliche Veränderungen* in bestehende Standardschächte (DN 1000) eingebaut werden kann. Der Praxiseinsatz wurde durch kleinformatige Vorversuche sowie Tests in einer IKT-Versuchsstrecke (DN 2200) vorbereitet.

Folgendes **Fazit** kann aus den Versuchen und Praxistests gezogen werden:

Planungsgrundsätze

Der Spülsack ist für Kreisprofile konzipiert und wird derzeit für Nennweiten von DN 1000 bis DN 3000 angeboten. Eine Anwendung für Sonderprofile scheint durch Modifikation der Verschlusskörperform grundsätzlich möglich.

Bei der Wahl des Einbauortes und der weiteren Betriebsplanung sind mögliche Wechselwirkungen zu Regenentlastungsbauwerken und sonstigen Anlagen im Kanalnetz zu berücksichtigen. Wesentliche Planungsgrößen sind:

- Art, Abmessungen und Lage des Bauwerks,
- Rückstauebenen, z.B. der angeschlossenen Hausanschlüsse,
- maximal aktivierbares Stauraumvolumen,
- hydraulische Randbedingungen (Trockenwetterabfluss, Gefällesituation)
- Ablagerungssituation in dem zu reinigenden Netzabschnitt,
- Versorgungsanschlüsse am Bauwerk, z.B. Stromzufuhr für die Steuereinheit.

Die Auf- und Abwickelvorrichtung des Spülsacks sollte möglichst oberhalb der Einstauhöhe üblicher Niederschlagsereignisse angeordnet werden, um übermäßige Verschmutzungen und Funktionsstörungen zu vermeiden.

Betrieb

Mit einer mobilen Versorgungs- und Steuereinheit können mehrere Spülsack-Anlagen betrieben werden. Allein der Verschlusskörper und die Haspel werden vor Ort stationär installiert. Grundsätzlich ist eine Datenfernübertragung zur Leitwarte möglich.

Die Pilotanlage hat hohem Staudruck bis zum Volleinstau des Rohrquerschnitts DN 2000 wiederholt standgehalten. Schäden am Verschlusskörper wurden nicht festgestellt.

Während des Einstau- und Entlastungsvorgangs dürfen sich keine Personen in dem betroffenen Kanalabschnitt aufhalten.

© 2004 Alle Rechte vorbehalten GEK mbH

Reinigungsleistung

Bei Einsatz des Spülsacks lassen sich bedeutsame Abflussgeschwindigkeiten zur Spülung auch größerer Kanalabschnitte erzielen. Im Rahmen des vorliegenden Projektes wies die Schwallwelle über die gesamte Spülstrecke von ca. 300 m (Startschacht bis Drosselbauwerk) eine Höhe von min. 50 cm auf. Die durchschnittliche Wellengeschwindigkeit lag mit ca. 3 m/sec über den Ansätzen für eine kritische Fließgeschwindigkeit zum Transport von Feststoffen (vgl. [9]). Der tatsächliche Reinigungserfolg muss auf Basis von Betriebserfahrungen ermittelt werden.

Wirtschaftlichkeit/Ausblick

Die Herstellkosten hängen wesentlich von den örtlichen Randbedingungen und Bauwerkseigenschaften sowie den Ausstattungsmerkmalen der Steuerungs- und Versorgungseinrichtung ab. Die Betriebs- und Wartungskosten werden im Wesentlichen durch die gewählten Inspektions- und Reinigungsintervalle bestimmt.

Der BRW plant, die Spülintervalle auf Grundlage der zukünftigen Betriebserfahrungen weiter zu optimieren. Der Aufwand für die intensive HD-Grundreinigung soll dauerhaft reduziert werden.

Ein Einstieg in den Schacht sollte auf die Beseitigung von Funktionsstörungen sowie die Wartungsarbeiten beschränkt bleiben. Kurzfristig ist der Entlastungsvorgang in Abhängigkeit von Wasserstandsmessungen zu automatisieren, um übermäßige Rückstauereignisse in der Praxis auszuschließen.

Zur Reinigung langer Kanalabschnitte ist auch eine Kaskadenanordnung von Spülsäcken denkbar. Die Schwallspüleinsätze erfolgen dann in Fließrichtung zeitlich versetzt, so dass die Ablagerungen schrittweise durch den gesamten Kanal transportiert werden können.

Neben dem Einsatz als Schwallspül-Einrichtung sind für den Spülsack noch weitere Anwendungsmöglichkeiten im Kanalbetrieb denkbar, z.B. als Absperrelement im Rahmen der Kanalnetzsteuerung oder im Hochwasserfall.

© 2004 Alle Rechte vorbehalten GEK mbH

6 Literatur

[1] Falk, C.; Schlüter, M.: Forschungsendbericht „Empfehlungen zur Kanalreinigung“ Pilotstudie des IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur, (05/2000).

[2] Forschungsinstitut für Wasser- und Abfallwirtschaft an der RWTH Aachen (FIW): Entwicklung und Stand der Abwasserbeseitigung in Wasser- u. Abfallwirtschaft Nordrhein-Westfalen, 8.Auflage, ISBN 3-9807642-1-1, Stand 01.01.1999.

[3] ATV-A 166: Bauwerke der zentralen Regenwasserbehandlung und Regenwasserrückhaltung, Arbeitsblatt ATV-A 166, Vertrieb: Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e.V. (GFA), St. Augustin, 1999.

[4] ATV-A 128: Richtlinien für die Bemessung und Gestaltung von Regenentlastungsanlagen in Mischwasserkanälen Arbeitsblatt ATV-A 128, Vertrieb: Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e.V. (GFA), St. Augustin, (04/1992).

[5] Selbstüberwachungsverordnung Kanal, Verordnung zur Selbstüberwachung von Kanalisationen und Einleitungen von Abwasser aus Kanalisationen im Mischsystem und im Trennsystem (SüwV Kan), Nordrhein-Westfalen, 1995.

[6] Ministerialblatt für das Land Nordrhein-Westfalen – Nr. 14 vom 10. Februar 1995, „Anforderungen an den Betrieb und die Unterhaltung von Kanalisationen“, RdErl. d. Ministeriums für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft vom 3. Januar 1995 – IV B6 – 031 002 0201, S. 250-253.

[7] Lehrstuhl für Siedlungswasserwirtschaft und Umwelttechnik an der Ruhr-Universität Bochum in Nordrhein-Westfalen: Skriptum A1 „Abwasserableitung“, Stand 1996.

[8] ATV-Handbuch: Bau und Betrieb der Kanalisation, Ernst & Sohn Verlag, 4. Auflage, 1995.

[9] ATV-DVWK-A 110: Hydraulische Dimensionierung und Leistungsnachweis von Abwasserkanälen und –leitungen, (09/2001).

[10] Lorenzen, A.; Ristenpart, E.; Pfuhl, W.: Reinigung von Abwasserkanälen durch Schwallspülung, Teil 2: Werkzeuge für die Schwallreinigung, Korrespondenz Abwasser 1998 (48).

[11] Dohmann, M.; Dettmar, J.: Leitfaden zur Planung und Anwendung von Schwallspüleinrichtungen in Mischwasserkanalisationen, Schlussbericht zum Forschungsvorhaben, (06/2003).

[12] Göbel, C.: Entwicklung einer technischen Einrichtung zur Aktivierung von Kanalvolumen für den nachträglichen Einbau in Mischwassernetzen, Diplomarbeit 1999, Institut für Siedlungswasserwirtschaft RWTH Aachen.

[13] Barth, M.: Drehbogen - Pilotprojekt Dresden Leuben, Dresdener Wasserbauliche Mitteilungen, Heft 7, Dresden, 1995, S.151 –176.

© 2004 Alle Rechte vorbehalten GEK mbH