

Drehbogen - Pilotprojekt Dresden Leuben

Dipl.-Ing. M. Barth

1. Vorstellung des Projektes
2. Der Drehbogen - Funktionsprinzip und technische Daten
3. Beschreibung des durch den Drehbogen bewirtschafteten Einzugsgebietes
4. Untersuchungsprogramm während der einjährigen Versuchsdauer
 - 4.1. Allgemein
 - 4.2. Ermittlung des durch den Drehbogen aktivierbaren Stauvolumens
 - 4.3. Versuche zum Einsatz des Drehbogens zur Kanalreinigung mit Schwallspülung
 - 4.4. Einschätzung der biogenen Korrosionsgefährdung bzw. Gesundheitsgefährdung durch H_2S -Bildung am Standort Dresden Leuben
 - 4.5. Beurteilung der Betriebssicherheit des Drehbogens nach einjährigem Versuchsbetrieb
5. Zusammenfassung und Ausblick

1. Vorstellung des Projektes

Das Projekt "Untersuchungen zur Abflußsteuerung in der Stadtentwässerung am Beispiel des Drehbogens - Erprobung des Drehbogens" wird im Auftrag des Hamburger Ingenieurbüros Kupczik bearbeitet. Die Grundlagenforschung wurde von Herrn Dipl.-Ing. G.Kupczik durchgeführt, der gleichzeitig die Patentrechte an der Drehbogentechnik besitzt. Die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (Osnabrück) fördert das Projekt. Das Ziel der Untersuchungen besteht im hydrodynamischen und technologischen Nachweis der Funktionssicherheit eines Drehbogens zur Abfluß- und Speichersteuerung. Am Projekt sind das Institut für Wasserbau und Technische Hydromechanik sowie das Institut für Siedlungs- und Industriewasserwirtschaft der TU Dresden beteiligt. Das Institut für Wasserbau und Technische Hydromechanik befaßte sich vor allem mit

hydraulischen Untersuchungen am Drehbogen. Das Institut für Siedlungs- und Industriewasserwirtschaft übernahm seit dem 26.08.1994 die wissenschaftliche Begleitung des Pilotdrehbogens.

2. Der Drehbogen - Funktionsprinzip und technische Daten

Der Drehbogen ist eine aus drei entgegengesetzten Rohrkrümmern bestehende Röhre, welche um die Achse gedreht werden kann (Bild 1). Dabei wird die Rohrsohle des Bogens über die des Kanales gehoben. Der Stellwinkel β des Bogens gegenüber der Horizontalen beträgt 0 bis 90°.

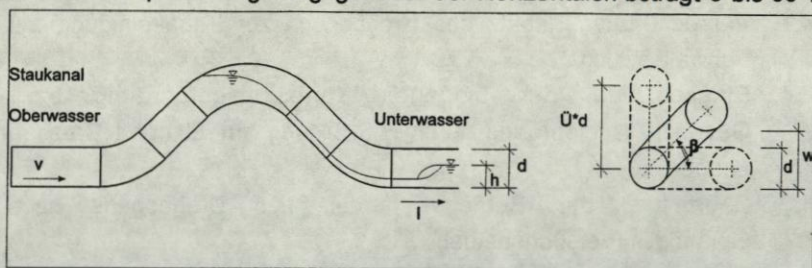


Bild 1: Funktionsprinzip Drehbogen

Neben der horizontalen Stellung ($\beta = 0^\circ$) können grundsätzlich zwei Betriebszustände unterschieden werden:

a) *Heben des Bogens* : Durch das Anheben des Bogens wird die Überfallhöhe im Scheitel des Drehbogens reduziert, womit sich der Abfluß vom Oberwasser in das Unterwasser verringert. Die Aktivierung von Kanalstauraum erfolgt durch die angehobene Kanalsole im Drehbogen und dem damit verbundenen Rückstau. Im vorhandenen Kanalnetz kann somit Abwasser zwischengespeichert und die Belastung der Vorfluter im Unterwasser durch Direkteinleitungen (Regenüberläufe) herabgesetzt werden.

b) *Senken des Bogens* : Wenn das Kanalnetz im Unterwasser ausreichend Kapazität hat, das im Oberwasser gespeicherte Abwasser zur Kläranlage weiterzuleiten oder wenn der Mischwasserzufluß so groß

ist, daß durch das Anheben der Staulinie Überstauschäden im Oberwasser entstehen können, wird der Drehbogen gesenkt. Ein weiterer Effekt neben der Verzögerung des Abflusses kann durch Remobilisierung von Ablagerungen infolge der vergrößerten Abflüsse und Fließgeschwindigkeiten erreicht werden.

Der Drehbogen zeichnet sich durch folgende Eigenschaften aus:

- Steuerung des Abflusses über die Veränderung der Überfallhöhe (vollkommener Überfall)
- hohe Betriebssicherheit
- wartungsarm
- Verbesserung der Arbeitsbedingungen für das abwassertechnische Personal
- verstopfungssicher, da der Fließquerschnitt nicht reduziert wird
- Aktivierung von in der Kanalisation vorhandenem Stauvolumen durch Anheben des Drehbogens
- Nutzung des aufgestauten Wassers zur Kanalreinigung mit Schwallspülung
- Eignung für den automatischen Betrieb.



Bild 2: Drehbogen mit Grundplatte

Der Pilotdrehbogen wurde am 26.08.1994 dem Institut für Siedlungs- und Industriewasserwirtschaft zur Erprobung übergeben. Bild 2 zeigt den eingebauten Drehbogen.

Die nachfolgenden technischen Details waren zur Realisierung des ersten Drehbogens erforderlich.

Rohrbogen

Das Herzstück der Anlage besteht aus drei gegenläufigen Stahlrohrkrümmern mit einem Durchmesser von 1,2 m, die mittels gerader Anschluß- und Verbindungsstücke zu einer Einheit verschweißt sind. Zur Verstärkung sind Rippen aufgeschweißt, an den Enden befinden sich Flansche zum Anschluß der Dichtungen.

Lagerung

Der Bogen ist über geteilte Klemmnaben kraftschlüssig mit einer zentral gelagerten Welle verbunden. Die geteilten Klemmnaben erlauben einen Ausbau der Welle unter Betriebsbedingungen.

Grundrahmen

Alle Einzelteile, wie Getriebe, Lager, Bandbremse, sind auf einem gemeinsamen Stahlrahmen aufgebaut. Damit kann der Drehbogen als fertig montierte Einheit eingebaut werden.

Antrieb

Der Getriebemotor mit einer Übersetzung von 1702:1 hat eine Leistung von 2 KW. Mit einer Ausgleichkupplung wird das Drehmoment auf eine zweifach gelagerte Ritzelwelle mit Bandbremse übertragen. Die Kraftübertragung auf den Rohrbogen erfolgt über eine weitere Verzahnung, bestehend aus einer Ritzelwelle und Quadrant (Bild 3), mit einem Übersetzungsverhältnis von 8,7:1.

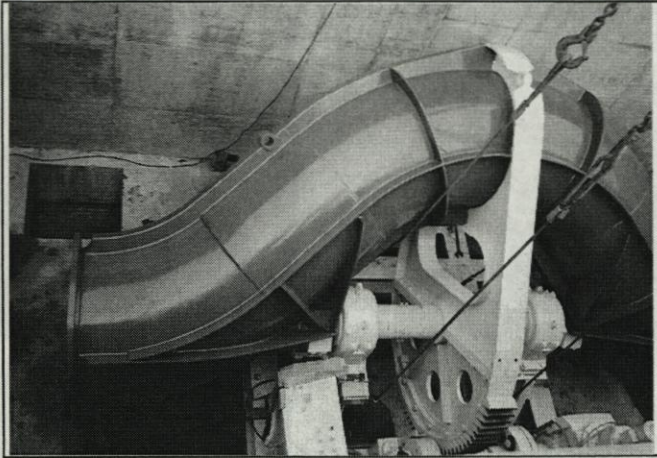


Bild 3: Der Drehbogen beim Einbau; Blick auf die Antriebseinrichtungen des Drehbogens

Korrosionsschutz, Verschleißschutz

Alle Stahlteile des Drehbogens sind äußerlich mit einem Teerepoxidharz-Anstrich versehen. Der Innenbereich des Drehrohres ist mit einer vulkanisierten Gummierung ausgekleidet.

Bauwerk

Die Drehbogenkammer ist aus Stahlbeton ausgeführt worden (Länge 11,4; Breite 6 Tiefe 5,5 m). Im Bauwerk befinden sich Pumpensumpf, Laufbühnen, Drehbogen und Steuerpult.

Dichtungen

Der Torsionskompensator ist 2m lang und besteht aus Gummi mit Bewehrungsringen (Bild 4), wodurch bei einer Verdrehung der Querschnitt erhalten bleibt. Eine kraftschlüssige Verbindung zum Abwasserkanal bzw. Drehbogen wird mit Flanschen erreicht. Die Kompensatoren sind bei einer 45° Bogenstellung entspannt eingebaut, so daß maximal eine Verdrehung von 45° erfolgt. Hohe Gewichtslasten werden zusätzlich durch 4 Gurte aufgenommen.

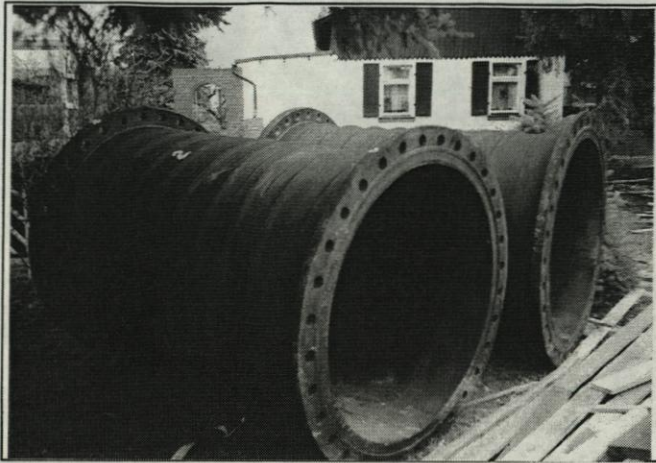


Bild 4: Torsionskompensatoren

Steuerpult

Über einen Winkelgeber kann jede Position zwischen 0 und 90° gewählt werden. Die Stellzeit zwischen Endlagenwechsel kann zwischen 2.5 und 15 Minuten gewählt werden. Bild 5 stellt die Abhängigkeit der Drehbogenstellung von der Zeit dar. Die Drehgeschwindigkeiten können variiert werden, wobei die mit 2.30 min erreichte Aufstellung des Drehbogens von 0 auf 90° mit der maximalen Drehgeschwindigkeit erzielt wurden.

Aus Sicherheitsgründen ist eine unabhängige Endlagenabschaltung eingebaut. Der Drehbogen kann ebenfalls steuerungsunabhängig manuell bedient werden.

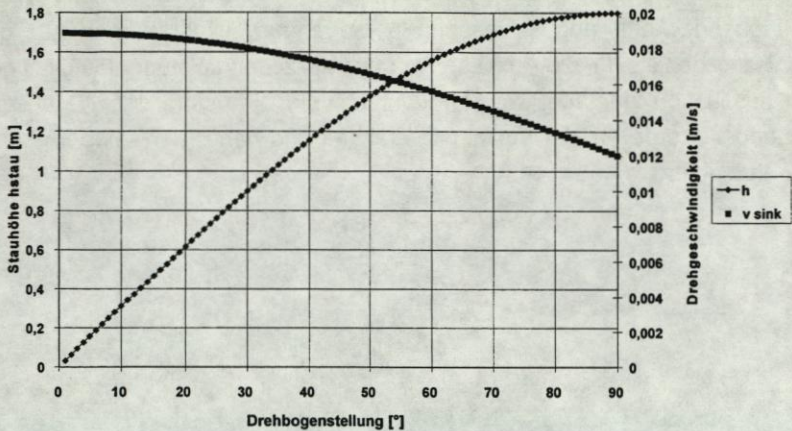


Bild 5: Winkelstellung und Drehgeschwindigkeit des Drehbogens als Funktion der Zeit

3. Beschreibung des durch den Drehbogen bewirtschafteten Einzugsgebietes

Ersten Überlegungen folgend wurden für den Drehbogen fünf Standorte ausgewählt. Eine eingehende Prüfung der in der Vorauswahl festgelegten Standorte zeigte, daß vier von fünf Plätzen Nachteile aufwiesen. Vorhandene Einschränkungen waren:

- Ein hohes Verkehrsaufkommen, welches die Bauphase wesentlich komplizierter gestaltet hätte
- starke Netzvermaschungen zu Nachbareinzugsgebieten, die eine Volumenbilanzierung erschwert und eine genaue Beschreibung der Wirkung des Drehbogenbetriebes auf das Kanalnetz nicht zugelassen hätte und
- kleine Kanalnetze, die für eine Speicherbewirtschaftung auf Grund ihres geringen potentiellen statischen und dynamischen Speichervolumens nicht praktikabel sind.

Zum Zeitpunkt der Festlegung des Drehbogenstandortes waren die hydrodynamischen Netznachrechnungen im Stadtgebiet noch nicht flächendeckend abgeschlossen. In die engere Wahl kamen nur die Einzugsgebiete, für die Aussagen zur hydraulischen Leistungsfähigkeit der Kanalisation gemacht werden konnten. Der Standort der Kläranlage Leuben wurde als der günstigste erachtet und näher auf seine Eignung untersucht.

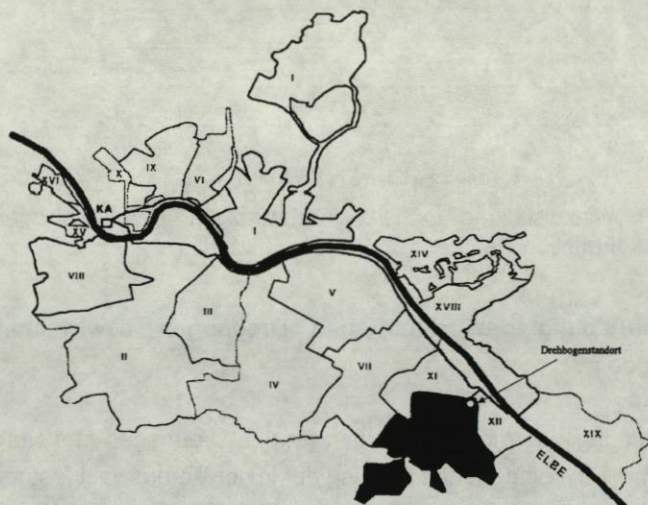


Bild 6: Einzugsgebiet des Drehbogens

Der Standort befindet sich auf dem Gelände der ehemaligen Kläranlage Dresden-Leuben. Mit dem Ausbau der Kanalisation und zentralen Kläranlage wurden Möglichkeiten geschaffen, das Entwässerungsgebiet Leuben an den Abfangsammler anzuschließen und die Abwässer zur Kläranlage Dresden-Kaditz zu leiten. Mit der Stilllegung der Kläranlage wurden deren Bauwerke abgerissen und auf dem Gelände eine Grünfläche angelegt.

Bild 7 zeigt die Einordnung des Drehbogens in das Entwässerungsnetz Dresden-Leuben. Im Bypaß des Drehbogens ist eine Leitung DN 800 gebaut worden.

Das Einzugsgebiet umfaßt die Stadtteile Leuben, Niedersedlitz, Großzsachwitz, Sporbitz, Groß- und Kleinluga und den östlichen Teil von Prohlis. Die an die Kanalisation angeschlossene Einzugsgebietsfläche beträgt 421,4 ha (Gesamteinzugsgebietsfläche 1450 ha). Davon werden 49 % als versiegelt eingeschätzt. Im Einzugsgebiet sind 46780 m Kanalisation verlegt worden.

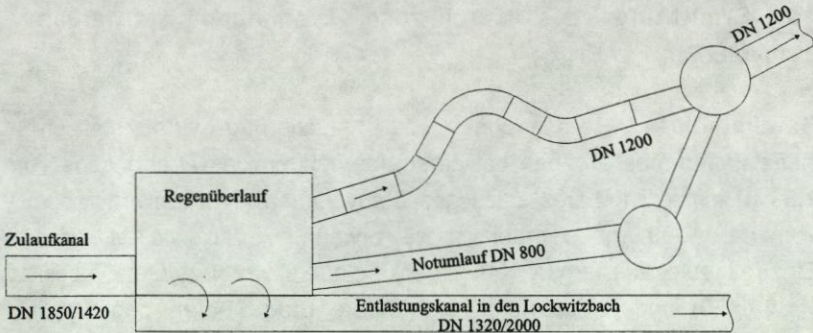


Bild 7: Einordnung des Drehbogens

4. Untersuchungsprogramm während der einjährigen Versuchsdauer

4.1. Allgemeines

Im Praxisbetrieb sollten die am Drehbogenmodell durch das Institut für Technische Hydromechanik und Wasserbau gewonnenen Ergebnisse überprüft werden. Gleichzeitig galt es, die Randbedingungen für einen Drehbogeneinsatz zur Kanalnetzbewirtschaftung abzustecken. Speziell wurden solche Kriterien wie

- a) Stauraumaktivierung durch den Drehbogen,
- b) Nutzung der aufgestauten Wassermassen zur Schwallspülung in der Kanalisation und Auswirkungen der Bewirtschaftung auf das Ablagerungsverhalten im Kanalnetz,

-
- c) Einschätzung der Gefährdung durch Schwefelwasserstoff infolge Bewirtschaftung,
 - d) Sielhautwachstum infolge Vergrößerung der Wasserwechselzonen,
 - e) Einfluß der Bewirtschaftung auf den Schmutzfrachttransport,
 - f) Einschätzung der Betriebsicherheit nach einjährigem Probetrieb,
 - g) und lokale Steuerkonzeption bearbeitet.

Im Rahmen des Vortrages wird auf die Punkte a, b, c und f eingegangen.

4.2. Ermittlung des durch den Drehbogen aktivierbaren Stauvolumen

Durchgeführte Berechnungen zur Aktivierung des statischen Kanalstauraumes ergaben bei einer Überhöhung des Drehbogens von 1,80 m ein aktivierbares statisches Stauvolumen (Trockenwetterabfluß) von ca. 1000 m³. Hierbei ist zu erwähnen, daß die in diesem Einzugsgebiet aktivierbare Kanalstrecke ein relativ großes Gefälle besitzt (1:300-450) und dadurch das aktivierbare Stauvolumen begrenzt ist. Nachdem der Drehbogen im August 1994 fertiggestellt wurde, ist das aktivierbare statische Stauvolumen (Trockenwetter) durch praktische Messungen überprüft worden. Das Stauvolumen wurde über die Stauzeit und den während des Einstauvorganges charakteristischen mittleren Durchfluß bzw. durch Integration des bei Spülversuchen abgeflossenen Abwassers ermittelt. Die Stauzeit ist der Zeitraum vom Beginn des Anhebens des Drehbogens (bei dem der Abfluß über den Drehbogen bis auf 0 zurückgehen kann) bis zu dem Zeitpunkt, bei dem der Abfluß, der über den Drehbogen fließt, dem für diese Zeit gültigen Mittelwert des Trockenwetterabflusses entspricht. Bild 8 zeigt die Abhängigkeit des aktivierbaren statischen Stauvolumens des Kanalnetzes Dresden Leuben durch das Heben des Drehbogens.

Der flache Kurvenanstieg bei den größeren Bogenstellungen (80°-90°) resultiert aus dem geringen Stauhöhenzuwachs, der durch den Sinus des Bogenstellwinkels * 1,80 erzielt wird.

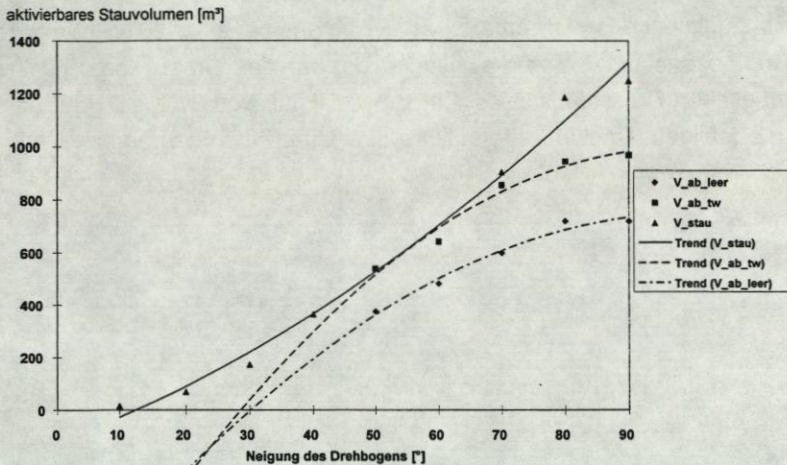


Bild 8: Einfluß der Winkelstellung des Drehbogens auf das aktivierbare Stauvolumen

Wird das Einzugsgebiet des Drehbogens so eingestaut, daß kein Trockenwetterabfluß ($Q_d = 0$) in das Unterwasser des Drehbogens fließt, können maximal 720 m^3 Kanalstauraum aktiviert werden (Kurve V_{ab_leer}). Erfolgt der Einstau soweit, bis der vollständige Trockenwetterabfluß über den Drehbogen in das Unterwasser abfließt ($Q_d = Q_v$), kann ein Stauvolumen von 1000 bis 1200 m^3 aktiviert werden.

Die Spannweite resultiert aus den verschiedenen Berechnungsmethoden (Integration des Abflusses beim Absenken des Drehbogens; Integration über die Stauzeit). Der aktivierbare Kanalstauraum ist eine Funktion des Kanalnetzes (Länge, Gefälle, Dimension, Trockenwetterabfluß).

Das sehr starke Kanalisationsgefälle unmittelbar oberhalb des Drehbogens ermöglicht keine größere Stauvolumenaktivierung. Die Prämissen der Standortwahl lagen bei der Übersichtlichkeit des zu bewirtschaftenden Kanalnetzes (Überwachung des Einstauverhaltens), der einfachen Realisierung des Bauvorhabens, erstmaligen Umsetzung der Drehbogentechnik im großtechnischen Maßstab und damit

verbundene Eingrenzung des Einzugsgebietes. Bild 9 zeigt die Abhängigkeit des aktivierbaren Stauvolumens bei einer 90°-Stellung des Drehbogens unter Berücksichtigung des für das Unterwasser minimal möglichen Drosselabflusses. Ein Drosselabfluß von $2 Q_s + Q_f$ (auf Basis des jetzigen Trockenwetterabflusses) erlaubt eine Stauraumaktivierung von 1500 m³.

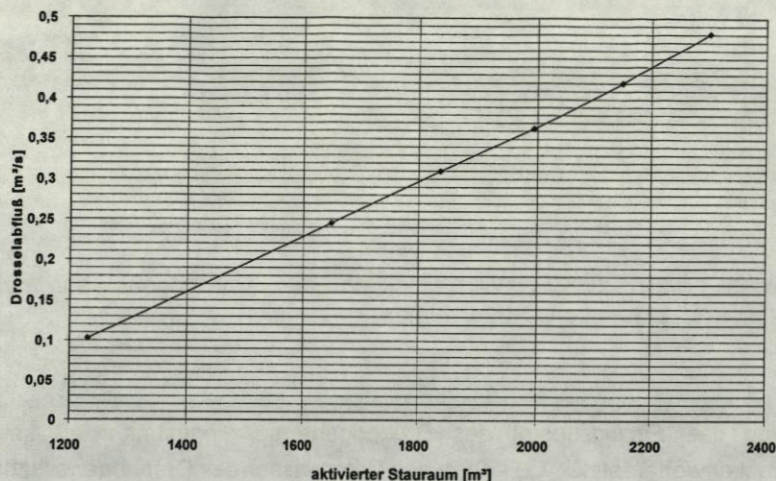


Bild 9: Der Drosselabfluß als Funktion des aktivierbaren Stauvolumens; (Drehbogenneigung 90° und Variation der Überfallhöhe)

4.3. Versuche zum Einsatz des Drehbogens zur Kanalreinigung mit Schwallspülung

Die Beurteilung der Remobilisierungsprozesse von Kanalablagerungen erfolgt mittels der Kenngröße Schubspannung. Die Klassifizierung der Schubspannungen anhand der Beschaffenheit der remobilisierbaren Sedimente (Körnung, Verfestigung, stoffliche Zusammensetzung) erweist sich in der Literatur als schwierig. Deshalb werden zur Einschätzung der Spülversuche neben der ermittelten Schubspannung die gemessenen

Fließgeschwindigkeiten und der qualitative Verlauf der Ablagerungsprofile berücksichtigt.

Die Schubspannung wurde am Standort Garten 50 (Schacht 70.05) 62 m nach dem Drehbogen nachgewiesen. Bild 10 zeigt den Schubspannungsverlauf an der Meßstelle Garten 50 (Unterwasser) in Abhängigkeit von der Bogenstellung (β) des Drehbogens. Das Diagramm basiert nur auf Einzelschwallspülungen in den leeren Kanal. Mit zunehmender Bogenstellung und damit größerer Stauhöhe erhöhen sich die erzeugbaren Schubspannungen und damit das Abtragungspotential. Die Gesamtentleerungsdauer des aufgestauten Abwasservolumens beträgt maximal ca. 25 Minuten (bei 90° Einstau). Die erzeugte Schwallwelle erreicht nach 2 Minuten ihr Geschwindigkeits- und Schubspannungsmaximum. Während der ersten 10 Minuten des Spülvorganges tritt sowohl bei der Spülung in den leeren Kanal als auch bei der Spülung in den TW-gefüllten Kanal eine erhöhte Schubspannungsbeanspruchung auf. In diesem Zeitraum findet der Sedimenttransport statt. Nach Preißler/Bollrich [1] ermöglichen die durch den Drehbogen erhöhten Schubspannungen einen Sedimenttransport von runden Quarzkies und lehmigen Kies der Körnung 5,0 - 15,0 mm, festgelagerten Sand und feinen Kies. Die betriebliche Rauigkeit infolge der Ablagerungen beträgt 1 bis 3 cm. Durch die Spülversuche wurde der Transport wesentlich größerer Sedimente (Pflastersteine mit einer Kantenlänge von 10 cm) nachgewiesen. Begünstigt wird der Abtrag größerer Feststoffe dadurch, daß die Sedimente in den Fließquerschnitt hineinragen und gerade am Kopf einer Ablagerungsdüne verstärkt Abtragskräfte wirken. Diese "Dünenwanderung" wurde ebenso bei einem Laborversuch mit Reis wie auch in der durch den Drehbogen bewirtschafteten Kanalisation beobachtet. Auf Grund der größeren Angriffsflächen hineinragender Sedimente und des Kopfes der Ablagerungsdüne sind die wirkenden Kräfte wesentlich höher als die erzeugten Schubspannungen und ermöglichen den Transport der großen Sedimente. Neben der Schubspannungsbeanspruchung, die das Ablagerungsbett auflockert und vor allem Feinstoffe entlang der gesamten

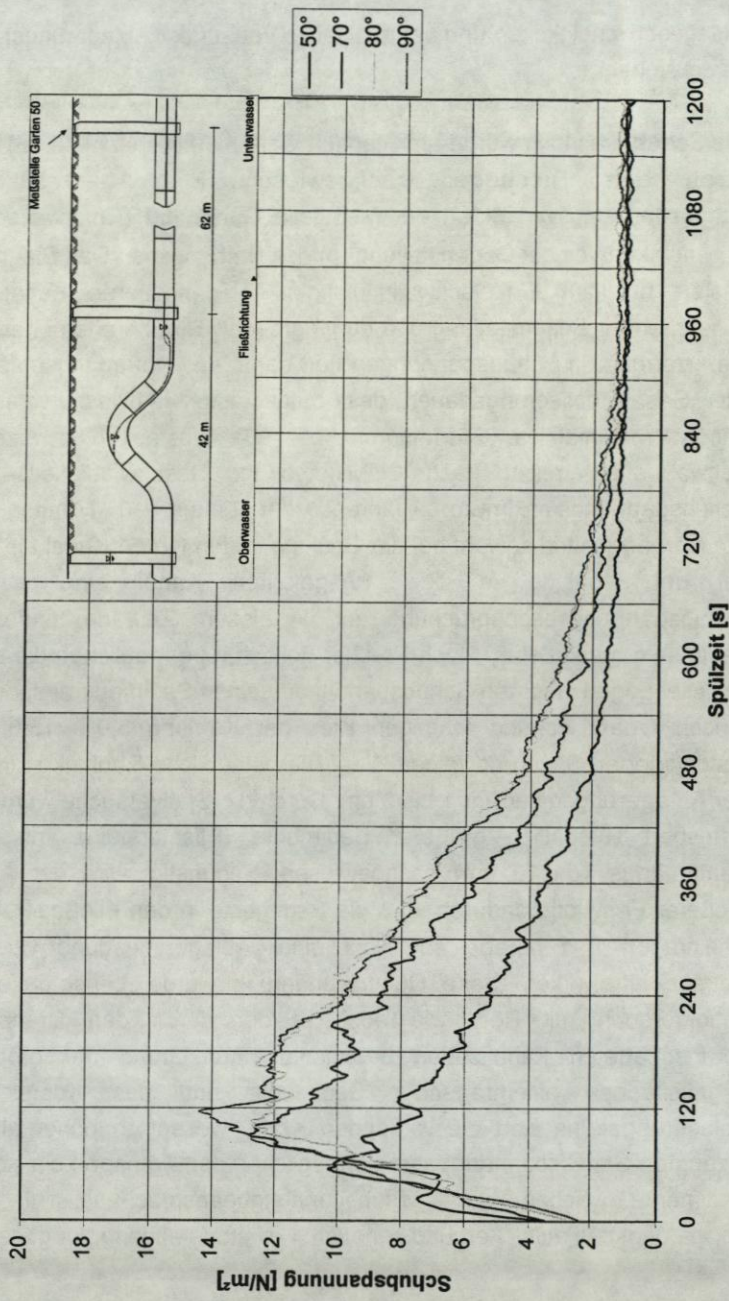


Bild 10: Schubspannung als Funktion der Bogenstellung des Drehbogens am Standort Garten 50 DD-Leuben (Spülung in den TW-gefüllten Kanal; $k = 15 \text{ mm}$)

Ablagerungsdüne ausspült, erfolgt der hauptsächliche Sedimentabtrag am Kopf einer Ablagerungsdüne sowie bei den in den Fließquerschnitt ragenden Sedimenten. Unter Berücksichtigung dieses Aspektes und dessen, daß sich die Wasserwelle schneller bewegt als die Feststoffwelle, zeigt sich, daß zur Remobilisierung von Ablagerungen in größeren Kanalstrecken mittels Schwallspülung eine größere Anzahl an Spülungen erforderlich ist.

Während der Spülversuche wurde die Fließgeschwindigkeit am Standort Garten 50 gemessen. Dabei konnte ein Geschwindigkeitszuwachs auf 1,75 m/s gegenüber 0,45 m/s bei normalem Trockenwetterabfluß erzielt werden (90° und 80°-Spülung). Diese Fließgeschwindigkeiten ermöglichen einen Transport von mittlerem Geröll von 50..75 mm [1]. In Bild 11 ist der Fließgeschwindigkeitsverlauf während der Schwallspülung mit dem Drehbogen (62 m unterhalb des Drehbogens gemessen) dargestellt. Mit zunehmender Stauhöhe vergrößern sich die Maximalwerte der Fließgeschwindigkeit und der Zeitraum der erhöhten Kanalwandbeanspruchung. Bei den Versuchen wurde in Spülungen in den leeren Kanal und in Spülungen in den mit Trockenwetterabfluß gefüllten Kanal unterschieden. Bei einer Spülung in den mit Trockenwetterabfluß gefüllten Kanal konnten höhere Fließgeschwindigkeiten gemessen werden. Die Schwallwelle breitet sich auf dem Wasserfilm schneller aus als auf der trockenen Kanalsole, was jedoch nicht damit gleichbedeutend ist, daß mit einer Schwallspülung in den leeren Kanal weniger Sediment transportiert wird als mit einer Schwallspülung in den mit Trockenwetterabfluß gefüllten Kanal. Die geringeren Geschwindigkeiten können vielmehr als erhöhter Reibungs- und Turbulenzverlust infolge Ablagerungsremobilisierung gedeutet werden.

Die Ablagerungen wurden manuell sowie auch automatisch (Dückervermessungseinheit DVE) im Oberwasser und Unterwasser des Drehbogens gemessen. Die im Schachtbereich durchgeführten manuellen Messungen konnten durch die DVE weitgehend bestätigt werden. Oberhalb des Drehbogens wurde eine Strecke von 119,33 m überwacht. Unterhalb des Drehbogens wurden die Ablagerungsprofile auf einer Gesamtstrecke von 689,64 m beim Verteilerbauwerk nach dem

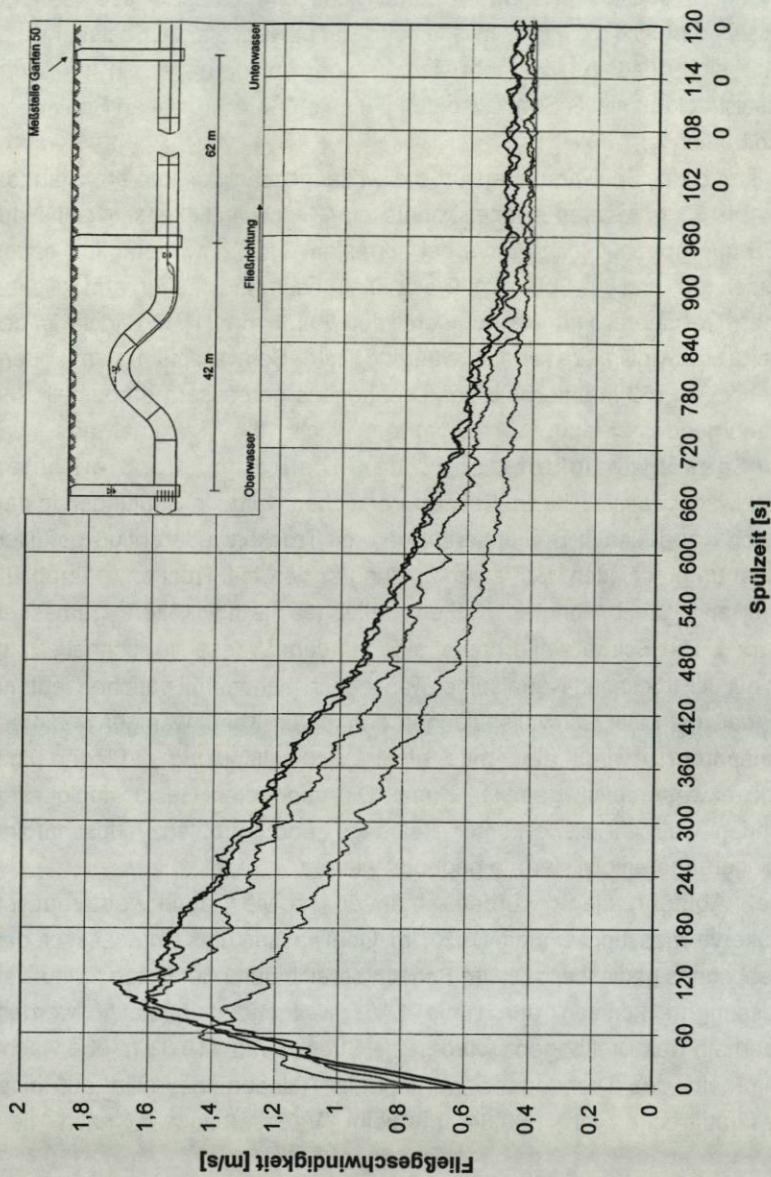


Bild 11: Fließgeschwindigkeitsverlauf bei einer Spülung in den TW-gefüllten Kanal in Abhängigkeit von der Winkelstellung des Drehbogens

Drehbogen beginnend aufgezeichnet (Bild 12). Für die einzelnen Haltungen wurden die nachfolgenden Ergebnisse gemessen.

a) Oberwasser

Der Kanalabschnitt von Schacht Nr. 77.01 bis 77.03 war bereits vor den Versuchen ablagerungsfrei. Begehungen während des Versuchsprogrammes bestätigten, daß es durch eine Bewirtschaftung des Trockenwetterabflusses zu keiner Ablagerungsbildung in diesem Kanalabschnitt kommt. Das Rohrleitungsgefälle dieser Haltung hat positiven Einfluß auf die Ablagerungsfreiheit. Über das Ablagerungspotential während des Trockenwettereinstauens kann noch keine Aussage getroffen werden. Es ist anzunehmen, daß durch Regenereignisse eine größere Sedimentfracht in die Kanalisation gelangt als durch den Trockenwetterabfluß.

Am Regenüberlaufbauwerk (Standort Schacht 77.03) konnte eine Wanderung des Ablagerungsprofils bis hin zur vollständigen Reinigung dieses Kanalabschnittes beobachtet werden. Bei Versuchsbeginn war eine Feststoffinsel von einer Länge von 7,20 m im Bereich des Regenüberlaufes vorhanden. Die mittlere Ablagerungshöhe betrug 10-15 cm. Diese Ablagerungen bestanden zum großen Teil aus kiesigem Material mit einem sehr geringen Feinstoffanteil. Durch die Spülungen konnte die Länge der Ablagerungen schrittweise reduziert werden bis hin zum vollständigen Abtrag der Ablagerungen. Die Profile zeigen deutlich, daß der Abtrag bei in der Kornverteilung und Form des Ablagerungsprofils homogenen Ablagerungen am Kopf der Ablagerungsdüne beginnt.

b) Unterwasser

Stellvertretend für das Unterwasser wird die Kanalstrecke 77.04 bis 77.05 dargestellt.

Die Kanalstrecke 77.04 bis 77.05 hat eine Länge von 62 m und eine Nennweite von DN 1200. Das Gefälle beträgt 0,02 auf einer Strecke von 0 bis 10 m und 0,00096 von 10 bis 62 m. In diesem Haltungsabschnitt treten die größten Ablagerungen auf. Die Ablagerungszusammensetzung

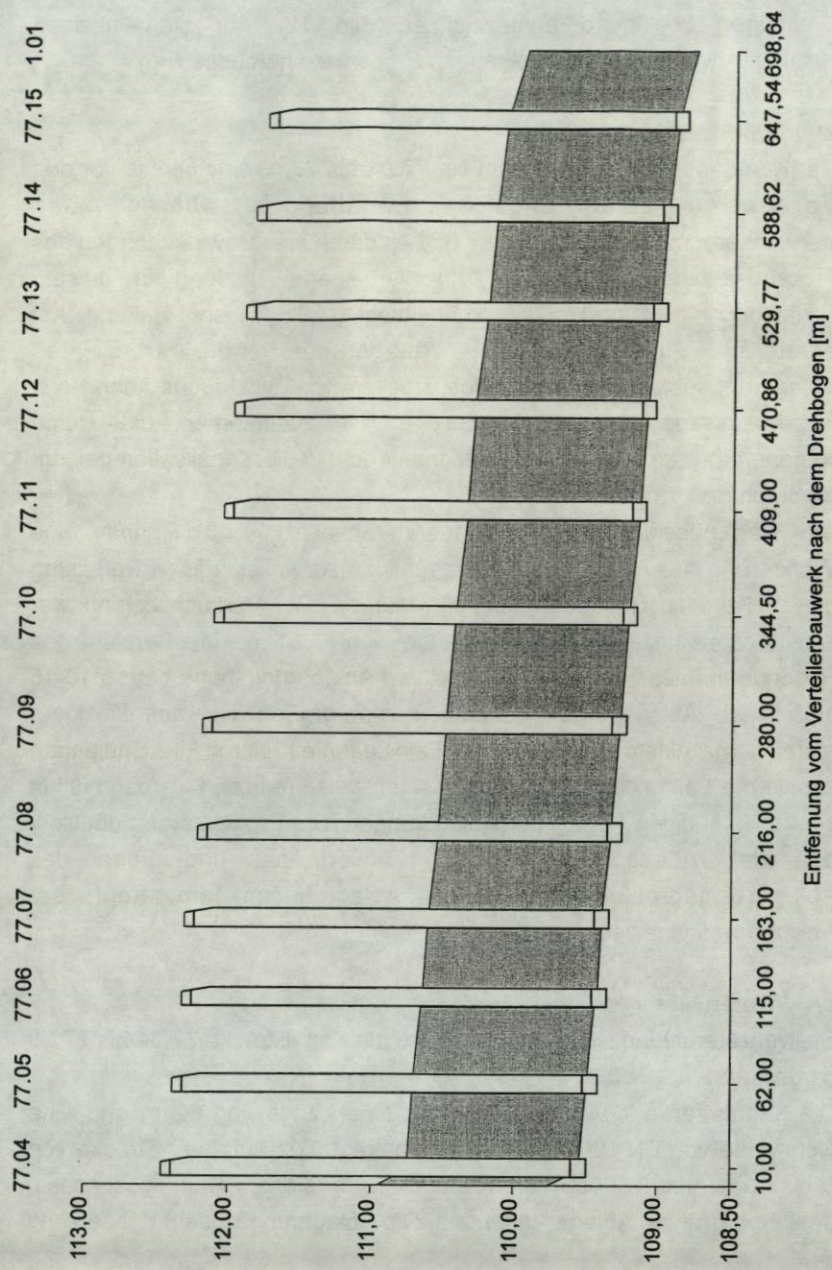


Bild 12: Gesamtübersicht über die Ablagerungsmeßstrecken im Unterwasser des Drehbogens

wies ein breites Spektrum auf. Feinstoffe, Kies und Geröll (Kantenlänge > 10-15 cm) wurden nachgewiesen. Auffällig war die starke Verfestigung der Ablagerungen in diesem Abschnitt. Das Ablagerungsprofil vom 24.01.95 stellt den Ausgangszustand dar. Bis zum 28.03.95 wurden 20 Spülungen vorgenommen. Die Reduzierung des Ablagerungsprofils ist vor allem auf die Ausspülung der Feinstoffe zurückzuführen. Bis zum 04.04.95 wurden weitere 60 Spülungen durchgeführt. Die Ablagerungshöhe wurde auf einer Länge von 10 m beginnend bis 40 m um durchschnittlich 10 cm reduziert. Im Bereich von 5 m bis 10 m vom Haltungsanfang befanden sich Gesteinsbrocken mit Kantenlängen > 20cm. Diese wurden manuell beräumt. Seit dem 20.06.1995 (150 Spülungen) ist diese Haltung von den Ablagerungen befreit.

Das Bild 13 verdeutlicht die stromab erzeugte Drift der Ablagerungen. Vorher vorhandene Senken im Ablagerungsprofil wurden durch die Spülprozesse mit Sediment aufgefüllt. Auffällig war, daß durch die Schwallspülungen die Verfestigung der Kanalablagerungen deutlich reduziert wurde.

Zusätzlich zu den Messungen der Ablagerungshöhen wurden an mehreren Stellen im Unterwasser mit einer Kanalschaufel Sedimentproben entnommen und der Kornaufbau bestimmt. Bild 14 zeigt die Körnungsverteilung für den Standort Hecke (173 m unterhalb des Drehbogens). Auffällig ist der verhältnismäßig hohe Anteil der Körnung > 8mm. Auf Grund fehlender Siebgrößen kann die Sieblinie ab einer Maschenweite > 8mm nicht weiter unterteilt werden (Sediment wird nachgesiebt).

Nach Shields sind bei einem einheitlichen Korn $d_k = 16 \text{ mm}$ Schubspannungen bis 15 N/m^2 zur Bewegung von kohäsionlosem Sediment aufgetreten.

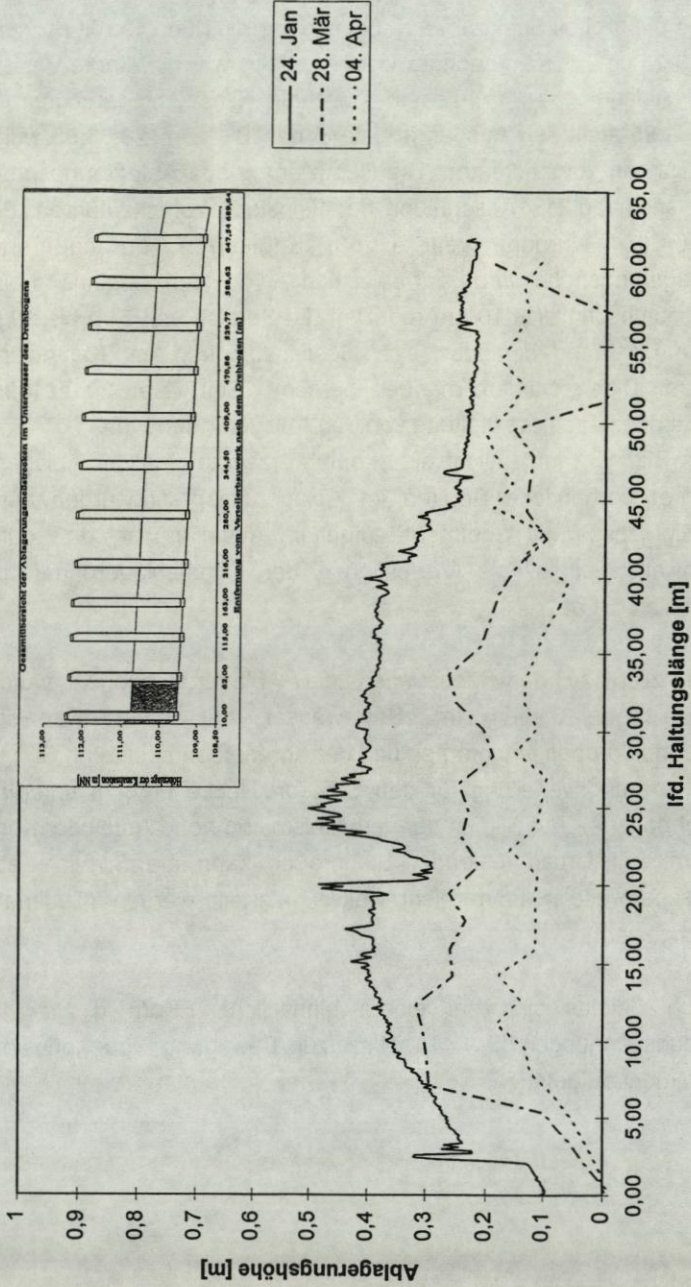


Bild 13: absolute Ablagerungshöhe Strecke 77.04 - 77.05

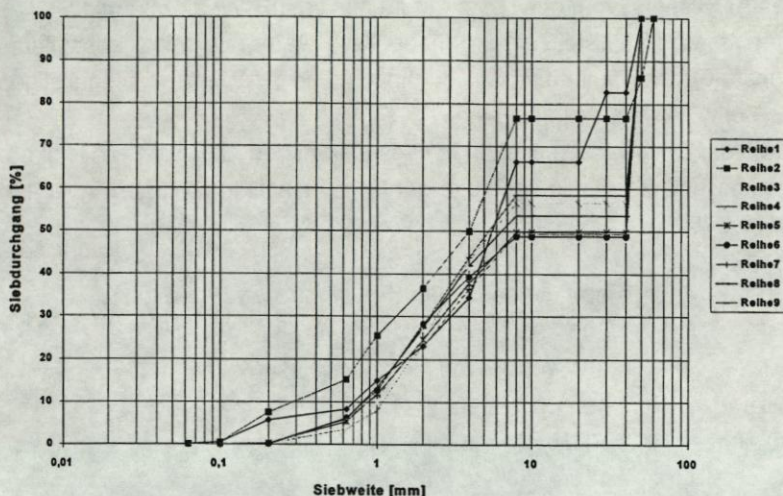


Bild 14: Sieblinien der Kanalablagerungen Standort Hecke Dresden-Leuben

Der Abtrag verfestigter Ablagerungen in diesen Größenordnungen durch Schwallspülung ist ein langwieriger Prozeß ist.

4.4. Einschätzung der biogenen Korrosionsgefährdung bzw. Gesundheitsgefährdung durch H_2S -Bildung am Standort Dresden Leuben

Durch die Stauraumaktivierung zu Spülzwecken sinkt die Fließgeschwindigkeit des Abwassers im Stauraum, wodurch der Sauerstoffeintrag verringert wird. Die im Abwasser vorhandenen Mikroorganismen bewirken durch ihren Stoffwechsel eine Zehrung des im Abwasser gelösten Sauerstoffes. Bei entsprechend hohem Stoffwechsel der Mikroorganismen oder extrem langen Standzeiten des Abwassers kann das Abwassermilieu von aerob über anoxisch auf anerob umschlagen. Damit ist eine Voraussetzung für eine Schwefelwasserstoffbildung gegeben. Weiterhin ist die Schwefelwasserstoffbildung

von dem Substratangebot (CSB, organische Säuren), Sulfat-, Sulfidgehalt des Abwassers, vom der Temperatur und vom pH-Wert abhängig.

Eine starke Sauerstoffzehrung (hohe Temperatur, viel leicht abbaubares Substrat), hohe Sulfat und Sulfidgehalte sowie pH-Werte < 7 begünstigen die Schwefelwasserstoffbildung.

Die örtliche Abwassersituation in Dresden-Leuben stellt sich wie folgt dar (gemessene Schwankungsbreite der Tagesganglinie (Zeitraum April 95 / August 95):

CSB	600 - 1700	mg/l
BSB ₅	300 - 900	mg/l
TKN	60 - 100	mg/l
NH ₄ -N	40 - 60	mg/l
PO ₄ -P	7 - 18	mg/l
SO ₄	110 - 150	mg/l
S ₂	n.n.	
O ₂	3 - 1,5	mg/l
pH-Wert	7,2 - 9,2	
Temperatur	14 - 21	°C

Auf Grund der örtlichen Abwassersituation ist in Dresden-Leuben kein Potential zur Schwefelwasserstoffbildung vorhanden. Durch die Einstauvorgänge kommt es zwar zur Reduktion des im Abwasser vorhandenen Sauerstoffes (hohe CSB-Frachten infolge Molkerei und Magarinewerk), aber der hohe pH-Wert > 8 verhindert bei gegebenen Voraussetzungen eine Schwefelwasserstoffbildung [2]. Begünstigend kommt der relativ niedrige Gehalt an Sulfat hinzu.

Unter Berücksichtigung der bisherigen Abwasserzusammensetzung in Dresden-Leuben und der aufgetretenen Stauzeiten von bis zu 4h führt eine Bewirtschaftung des Trockenwetterabflusses zur Kanalspülung oder bei erforderlichem Rückhalt von Trockenwetterabfluß zu keiner Gefährdung durch Schwefelwasserstoff.

4.5. Beurteilung der Betriebssicherheit des Drehbogens nach einjährigem Versuchsbetrieb

Im Rahmen des Integrationsbetriebes wurden alle technischen Anlagenteile des Drehbogens hinsichtlich ihrer Betriebssicherheit überprüft.

Alle Anlagenteile haben nach einjährigem Betrieb ohne Störungen oder Schäden gearbeitet.

Die Dichtheit der Flanschverbindungen des Drehbogens mit den Torsionskompensatoren und die Flanschverbindungen der Torsionskompensatoren mit den Anschlußflanschen im Zu- und Ablauf wurde nachgewiesen (Druckprobe 2 bar).

Im gesamten Betriebszeitraum haben sich die Torsionskompensatoren als elastisches Verbindungsteil zwischen Drehbogen und Kanalzu- und -ablauf sehr gut bewährt. Visuell gibt es keinerlei Anzeichen von Elastizitätsverlusten oder Materialproblemen. Die Torsionskompensatoren wurden bei jedem Drehbogenhub oder Absenken des Drehbogens maximal um 45° plus und 45° minus auf Torsion beansprucht. An der Innenwandung der Torsionskompensatoren gibt es keine Beschädigung.

Der Antrieb des Drehbogens erfolgt über einen Elektromotor mit Drehzahluntersetzung über ein Getriebe (Getriebe für Schiffsrudermaschinen). Im Betriebszeitraum sind keinerlei Störungen oder Unzulänglichkeiten aufgetreten.

Die Steuerung des Drehbogens erfolgt zur Zeit manuell über ein Steuerpult. Der Drehbogen kann nach Vorwahl automatisch auf jeden Anstellwinkel zwischen 0° und 90° angehoben oder abgesenkt werden. Für Notbetrieb ist eine Handsteuerung vorhanden.

5. Zusammenfassung und Ausblick

- Der Drehbogen ist zur Stauraumbewirtschaftung eines Kanalnetzes geeignet. Erste Bewirtschaftungsziele wurden an der Pilotanlage in Dresden-Leuben umgesetzt. Abflußlos lassen sich ca. 720 m³ Stauraum aktivieren. Durch eine Steigerung der Drosselabflüsse können bei $Q_d = Q_i$ ca. 1000 - 1200 m³ und bei $2 Q_s + Q_f$ ca. 1500 m³ aktiviert werden. Eine vollständige Aktivierung des für eine Regenwasserbehandlung erforderlichen Volumens des Einzugsgebietes ist allerdings nicht möglich, dazu ist ein zu großes Gefälle vorhanden. Die Prämissen für den gewählten Standort lagen insbesondere bei den unter Punkt 3 beschriebenen Kriterien. Das erzielbare Stauvolumen ist eine Funktion des Kanalnetzes (Gefälle, Nennweite, Regenüberläufe, Rückstauerebenen) und der Überhöhung des Drehbogens. Der Einbauort muß nach den Steuerungszielen (Drehbogen ist kein Verschlußorgan) und nach den Anforderungen des Drehbogens sorgfältig ausgewählt werden. Eine Regelung des Abflusses in das Unterwasser erfolgt mit Hilfe der Überfallfunktion (vollkommener Überfall) bzw. durch eine Messung des im Unterwasser eingestellten Abflusses.
- Neben der Stauraumaktivierung wurde die Eignung des Drehbogens zur Reinigung einer an den Drehbogen im Unterwasser anschließenden Kanalstrecke nachgewiesen. Über die endgültige Reichweite der Spülwirkung kann noch keine Aussage getroffen werden, da die Remobilisierungsprozesse infolge des kurzzeitigen Schubspannungsmaximums langwierige Prozesse darstellen. Die bisher durch die Schwallspülung erzielten Ergebnisse zeigen, daß der Drehbogen auf einer begrenzten Kanalstrecke zur Grundreinigung eingesetzt werden kann. Bisher wurde die erste Kanalstrecke (62 m) nach dem Drehbogen vollständig von den Ablagerungen befreit. In den beiden nächsten Kanalstrecken wurde das anfangs geschlossene Ablagerungsprofil so stark erodiert, daß

nur noch Ablagerunginseln vorhanden sind. Teilweise sind in diesen Haltungen Strecken von 30 m Länge ablagerungsfrei.

- Die maschinentechnische Ausstattung des Drehbogens wies in dem einjährigen Versuchsbetrieb keine Mängel auf.
- Während der Versuchsdauer stellte der Drehbogen sein gutes Betriebsverhalten unter Beweis. Anhaftungen wie sie bei querschnittsverengenden Steuerorganen auftreten, waren nicht zu beobachten. Der Durchgang einer 2 m langen Leiter, die in den Kanal gefallen war, unterstreicht die Verstopfungssicherheit. Die Torsionskompensatoren gewährleisteten die Verbindung vom starren Kanal zum beweglichen Drehbogen. Im betrachteten Zeitraum gab es keine Probleme mit Ermüdung, Verschleiß und Undichtigkeit. Über das Langzeitverhalten können noch keine Aussagen getroffen werden.
- Die Konstruktion des Drehbogens (außerhalb des Naßbereiches liegende Anlagenteile) trägt wirkungsvoll zur Humanisierung der Arbeit in der Kanalisation bei.

Die Drehbogentechnologie ist eine interessante technische Lösung eines Steuerorgans zur Kanalnetzbewirtschaftung. Sie hat ihre Vorteile in der guten Regelbarkeit des Durchflusses im Bereich der Steuerstrecke 0-90°, Betriebsicherheit und der Humanisierung des Kanalnetzbetriebes. Neben der Stauraumaktivierung kann er in den nachgewiesenen Grenzen zur Kanalnetzreinigung genutzt werden. Der Einsatz des Drehbogens stellt hohe Anforderungen an den Einbaustandort (Platzbedarf) und, wie andere Steuerorgane auch, an die Steuerstrategie des zu bewirtschaftenden Kanalnetzes. Der Drehbogen ist kein Verschlussorgan, d.h. wenn die 90°-Stellung erreicht ist, ist keine Regelung des Abflusses in das Unterwasser mehr möglich. Deshalb muß bei der Planung solcher Anlagen für den Bemessungslastfall der in das Unterwasser maximal abführbare Abfluß

berücksichtigt werden. Dieses erfordert eine Anpassung der Überhöhung des Drehbogens und der im Oberwasser befindlichen Regenüberlaufhöhen auf den maximal in das Unterwasser abführbaren Abfluß im Regenwetter.

Literatur

- [1] Preißler / Bollrich "Technische Hydromechanik /1" Bd.1 1985
- [2] Thistlethwayte "Sulfide in Abwasserleitungen - Ursachen, Auswirkungen, Gegenmaßnahmen" Sydney 1972 Beton-Verlag GmbH 1979
- [3] Aigner / Cherubim "Hydraulische Modellversuche zur Untersuchung des Drehbogens als Regelorgan für die Steuerung von Abwassernetzen" Abschlußbericht Mai 1993
- [4] Gebhard / Barth / Grothkopp "Standortwahl des Drehbogens" Abschlußbericht Juni 1993
- [5] Barth / Cherubim / Gebhard / Grothkopp "Einsatz des Drehbogens am Standort Dresden zur Kanalnetzbewirtschaftung und Kanalnetzreinigung" Stuttgarter Berichte zur Siedlungswasserwirtschaft Bd.123 1993