



Schlussbericht zum Forschungsvorhaben

Leitfaden

zur

**Planung und Anwendung von Schwallspül-
einrichtungen in Mischwasserkanalisationen**

im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz,
Landwirtschaft und Verbraucherschutz des
Landes Nordrhein-Westfalen



Schlussbericht zum Forschungsvorhaben

Leitfaden

zur

Planung und Anwendung von Schwallspül- einrichtungen in Mischwasserkanalisationen

im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz,
Landwirtschaft und Verbraucherschutz des
Landes Nordrhein-Westfalen

Bearbeitung: Dipl.-Ing. Joachim Dettmar

Aachen, im Juni 2003



Univ. Prof. Dr.-Ing. M. Dohmann
(Institutsdirektor)

Inhaltsverzeichnis**Seite**

Verzeichnis der Bilder	III
Verzeichnis der Tabellen.....	IV
Verzeichnis der Abkürzungen und Formelzeichen.....	V
1 Einleitung	1
2 Grundlagen der Schwallspülung	3
2.1 Prinzip der Schwallspülung	3
2.2 Geschichtliche Entwicklung.....	3
2.3 Eigenschaften einer Schwallwelle	4
3 Stand der Schwallspülung.....	6
3.1 Anzahl der in Betrieb befindlichen Schwallspüleinrichtungen	6
3.1.1 Spüleinrichtungen in nicht begehbaren Mischwasserkanälen	6
3.1.2 Spüleinrichtungen in Mischwasserbehandlungsanlagen	7
3.2 Abschätzung des Bedarfs an Schwallspüleinrichtungen	8
3.2.1 Spüleinrichtungen in nicht begehbaren Mischwasserkanälen	8
3.2.2 Spüleinrichtungen in Mischwasserbehandlungsanlagen	9
4 Schwallspüleinrichtungen	11
4.1 Allgemeines	11
4.2 Spüleinrichtungen mit Spülbehälter	11
4.2.1 Spülkippe.....	12
4.2.2 Spültrommel	15
4.2.3 Spültopf	17
4.3 Kammerspüleinrichtungen	19
4.3.1 Vakuum-Kammer-Anlage	19
4.3.2 Kammer-Klappen-Anlage	22
4.3.3 Bestimmung der Spülwassermenge.....	24

4.4 Konstruktive Gestaltung von Bauwerkskomponenten	26
4.5 Schachtspüleinrichtungen	29
4.6 Kanalvolumen aktivierende Spüleinrichtungen	33
4.6.1 Spülklappe.....	34
4.6.2 Versenkbares Wehr.....	40
4.6.3 Spülschieber.....	42
4.6.4 Spülschütz.....	47
4.7 Sonstige Spüleinrichtungen	51
4.7.1 Drehbogen.....	51
4.7.2 Schlauchartige Verschlussorgane	52
4.7.3 Spülrinne	55
5 Gegenüberstellung, Bewertung und Empfehlungen	57
5.1 Einsatzbereiche von Schwallspüleinrichtungen	57
5.2 Technische und betriebliche Aspekte.....	60
5.3 Wirtschaftliche Aspekte.....	64
5.4 Empfehlungen für die Einsatzplanung.....	67
6 Zusammenfassung.....	71
Literatur	73
Anhang	77

Verzeichnis der Bilder

	Seite
Bild 2.1: Historische Spüleinrichtungen: Kippzisterne, Spülheber, Spülschieber, Spültür (FRÜHLING, 1903; GENZMER, 1924).....	4
Bild 2.2: Strömungsstruktur und Stoffverteilung in einer Schwallwelle (BROMBACH, 1982)	5
Bild 4.1: Schematische Darstellung einer Spülkippe	12
Bild 4.2: Schematische Darstellung einer Spültrommel.....	15
Bild 4.3: Schematische Darstellung eines Spültopfes.....	17
Bild 4.4: Schematische Darstellung einer Vakuum-Kammer-Anlage.....	19
Bild 4.5: Schematische Darstellung einer Kammer-Klappen-Anlage.....	22
Bild 4.6: Bestimmung der spezifischen Spülwassermengen für Kammerspüleinrichtungen nach BIOGEST (2002) und STEINHARDT (2002)	26
Bild 4.7: Schematische Darstellung einer Sohlprofilierung (STEINHARDT, 2002).....	28
Bild 4.8: Schematische Darstellung einer Schachtspüleinrichtung.....	29
Bild 4.9: Schematische Darstellung verschiedener Spülklappen.....	34
Bild 4.10: Schematische Darstellung eines versenkbaren Wehres	40
Bild 4.11: Schematische Darstellung eines Spülschiebers	42
Bild 4.12: Schematische Darstellung eines Spülschützes	47
Bild 4.13: Drehbogen im Mischwasserkanal DN 1200.....	52
Bild 4.14: Betriebsphasen eines Schlauchwehres	53
Bild 4.15: Einsatz einer schlauchartigen Reinigungseinrichtung in einem Regenbecken (nach WILLEMS, 2002)	54
Bild 4.16: Spülsack der Hydro-Systemtechnik GmbH (nach HST, 2002).....	54
Bild 4.17: Schematische Darstellung einer Spülrinne (FAHRNER, 1999) und Spülrinnen in Regenbecken (WILLEMS, 2002).....	55

Verzeichnis der Tabellen

	Seite
Tabelle 3.1: Anzahl der installierten automatischen Reinigungseinrichtungen in Mischwasserbehandlungsanlagen des Landes Nordrhein-Westfalen.....	7
Tabelle 3.2: Schwallspüleinrichtungen in Regenüberlaufbecken und Stauraumkanälen bei den nordrhein-westfälischen Wasserverbänden.....	8
Tabelle 3.3: Abschätzung des Bedarfes an Schwallspüleinrichtungen (SSE) in nicht begehbaren Mischwasserkanälen	9
Tabelle 3.4: Abschätzung der in der Bundesrepublik Deutschland in Mischwasserbehandlungsanlagen betriebenen automatischen Reinigungseinrichtungen (Stand 2002)	10
Tabelle 4.1: Bemessungsparameter von Spülkippen	13
Tabelle 4.2: Betriebliche Aspekte der Spülkippe	14
Tabelle 4.3: Produktinformationen von Spülkippen	15
Tabelle 4.4: Produktinformationen der Schwallspültrommel	17
Tabelle 4.5: Produktinformationen vom Spültopf.....	18
Tabelle 4.6: Betriebliche Aspekte der Vakuum-Kammer-Anlage	20
Tabelle 4.7: Produktinformationen von Vakuum-Kammer-Anlagen	21
Tabelle 4.8: Betriebliche Aspekte der Kammer-Klappen-Anlage	23
Tabelle 4.9: Produktinformationen von Kammer-Klappen-Anlagen	24
Tabelle 4.10: Herstellerangaben zur konstruktiven Gestaltung von Bauwerkskomponenten bei Einsatz von Spülbehältern und Kammerspüleinrichtungen	28
Tabelle 4.11: Betriebliche Aspekte der Schachtspüleinrichtung.....	30
Tabelle 4.12: Produktinformationen von Schachtspüleinrichtungen.....	31
Tabelle 4.13: Betriebliche Aspekte der Schwallspülklappe	35
Tabelle 4.14: Produktinformationen von Schwallspülklappen	35
Tabelle 4.15: Empfohlene Unterhaltsmaßnahmen (nach DOHMANN & DETTMAR, 2002)	37
Tabelle 4.16: Betriebliche Aspekte des versenkbaren Wehres	41
Tabelle 4.17: Produktinformationen vom versenkbaren Wehr	42
Tabelle 4.18: Betriebliche Aspekte des Spülschiebers.....	44
Tabelle 4.19: Produktinformationen von Spülschiebern	45
Tabelle 4.20: Betriebliche Aspekte des Spülschützes	48
Tabelle 4.21: Produktinformationen von Spülschützen	49
Tabelle 5.1: Einsatzbereiche von Schwallspüleinrichtungen.....	58
Tabelle 5.2: Technische und betriebliche Kenngrößen von Schwallspüleinrichtungen	62
Tabelle 5.3: Intervalle für Unterhaltsmaßnahmen von Schwallspüleinrichtungen.....	64
Tabelle 5.4: Produktkosten, Primärfunktion und Nutzungsdauern von Schwallspüleinrichtungen	66
Tabelle 5.5: Empfohlene Einsatzbereiche für Schwallspüleinrichtungen	69

Verzeichnis der Abkürzungen und Formelzeichen

Falls im Text nicht gesondert bezeichnet, wurden folgende Abkürzungen und Formelzeichen verwendet:

Abkürzungen

AG	Aktiengesellschaft
ATV	Abwassertechnische Vereinigung e.V.
BRD	Bundesrepublik Deutschland
DFÜ	Datenfernübertragung
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
KAS	Kanalvolumen aktivierende Spüleinrichtung
KKA	Kammer - Klappen - Anlage
MSRN-Technik	Mess-, Steuerungs-, Regelungs- und Nachrichtentechnik
MUNLV	Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen
MURL	Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen (heute MUNLV)
MWBA	Mischwasserbehandlungsanlage
MWK	Mischwasserkanal
NAE	Niederschlagsabflussereignis
NRW	Nordrhein-Westfalen
PBB	Physiker Büro Berlin
PG	Personengesellschaft
PVC	Polyvinylchlorid
REBEKA	Regenbeckenkataster des Landes Nordrhein-Westfalen
RÜB	Regenüberlaufbecken
SAS	Schachtspüleinrichtung
SK	Stauraumkanal
SSE	Schwallspüleinrichtung
wu	wasserundurchlässig

Formelzeichen

D	[m]	Kanaldurchmesser
L	[m]	Spülstrecke
Q_{t24}	[l/s]	Mittlerer Trockenwetterabfluss
S	[‰]	Kanalsohlgefälle
V_s	[l]	Spülwassermenge

1 Einleitung

Die Selbstüberwachungsverordnung Kanal NRW (SüwV Kan, 1995) fordert gezielte und regelmäßige Inspektionen abwassertechnischer Anlagen. Ziel ist, den baulichen und betrieblichen Zustand der Anlagen zu kontrollieren, um bei Bedarf durch geeignete Maßnahmen eine ordnungsgemäße Funktion sicherzustellen. Eine wesentliche Bedeutung im Rahmen der Überwachungstätigkeit kommt der Feststellung von Ablagerungen in Mischwasserkanälen und Mischwasserbehandlungsanlagen zu. Überschreiten Sedimenthöhen die Werte des Runderlasses des Ministeriums für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft (MURL) vom 03.01.1995, sind entsprechende Reinigungsmaßnahmen durchzuführen. Ein Verfahren zur Verhinderung und zur Entfernung von Ablagerungen ist die Schwallspülung, die bereits in der Anfangszeit unserer heutigen Kanalisationen eingesetzt, dann aber in den letzten 50 Jahren durch die Hochdruckspülung weitestgehend verdrängt wurde. Seit einigen Jahren hat sich aufgrund entsprechender Entwicklungen die Situation geändert, so dass es heute eine Reihe von neuen und weiterentwickelten Schwallspüleinrichtungen gibt, die eine effiziente Kanalreinigung ermöglichen und gegenüber früher die Arbeiten für das Betriebspersonal erleichtern.

In Mischwasserbehandlungsanlagen - insbesondere in Regenüberlaufbecken - werden seit über zehn Jahren Schwallspüleinrichtungen erfolgreich eingesetzt, wodurch umfangreiche betriebliche Erfahrungen gewonnen werden konnten. Auch in Stauraumkanälen und Anfangshaltungen von Kanalisationen kommen Schwallspülanlagen in jüngster Zeit zum Einsatz. Der gezielte und den örtlichen Gegebenheiten angepasste Betrieb dieser Einrichtungen bietet die Chance, eine präventive Reinigungsstrategie zu verfolgen und dadurch aufwendige Inspektionen und Spülmaßnahmen zu reduzieren.

Eine praxisorientierte Zusammenstellung über die mittlerweile mit verschiedenen Schwallspüleinrichtungen gewonnenen betrieblichen Erfahrungen, die unterschiedlichen Betriebs- und Funktionsweisen, die Einsatzrandbedingungen sowie die Investitions- und Betriebskosten fehlt bisher. Daher wurde im Rahmen eines vom Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (MUNLV) des Landes Nordrhein-Westfalen geförderten Vorhabens eine Literaturlauswertung und eine bundesweite Umfrage bei Kommunen, Wasser- und Abwasserverbänden, Herstellern und Entwicklern sowie Planungsbüros durchgeführt (Tabellen A1 bis A5,

Anhang). Die Befragung erfolgte persönlich, telefonisch oder schriftlich mit Hilfe von Fragebögen. Es wurden Informationen zu folgenden Aspekten (Tabelle A6, Anhang) zusammengetragen:

- Konstruktion der Spüleinrichtungen,
- Funktions- und Betriebsweisen,
- Betrieb (Reinigungsleistung, Betriebsstabilität),
- Planung (Aufwand, Auswahlkriterien, Bemessung),
- Wartung sowie
- Investitions- und Betriebskosten.

Die persönlichen Gespräche bei Betreibern waren zumeist mit einer Besichtigung der in Betrieb befindlichen Einrichtungen verbunden. Sie dienten dazu, sowohl einen detaillierten Einblick in die Funktionsweisen der Reinigungsanlagen zu erhalten als auch Informationen über mögliche spezifische Probleme beim Betrieb der Einrichtungen zu gewinnen. Das gesammelte Datenmaterial wurde nach praxisrelevanten Kriterien analysiert.

Der nun vorliegende Leitfaden soll dem Planer und Betreiber die Entscheidung für oder gegen die Schwallspülung erleichtern, und die Auswahl der für den jeweiligen Standort geeigneten Schwallspüleinrichtung ermöglichen. Darüber hinaus werden Richtgrößen für erforderliche Investitionen und Betriebskosten gegeben.

2 Grundlagen der Schwallspülung

2.1 Prinzip der Schwallspülung

Bei der Schwallspülung wird zunächst Wasser oberhalb einer zu reinigenden Kanalstrecke oder eines Beckenbereiches aufgestaut oder gespeichert. Es wird dazu Abwasser, Brauchwasser, Grundwasser, Oberflächenwasser oder sogar Trinkwasser verwendet. Durch eine plötzliche Freigabe des Aufstaus bzw. des Speichers wird eine Schwallwelle erzeugt, die in die zu reinigenden Strecken bzw. Bereiche strömt. Vorhandene Ablagerungen werden durch hohe Sohlschubspannungen am Kopf der Welle gelöst und durch das nachfolgende Wasser weitergetragen. Bei der Beckenreinigung gelangen derart remobilisierte Ablagerungen bis in den sogenannten Spülsumpf am Ende der Spülstrecke. Im Kanalnetz werden die aufgewirbelten Feststoffe bis zu einer Kläranlage oder einem Pumpwerk transportiert, oder sie sedimentieren aufgrund zu geringer Schubspannungen an einer im Unterstrom gelegenen Stelle erneut.

2.2 Geschichtliche Entwicklung

Die Entfernung von Ablagerungen durch Wegschwemmen wurde bereits im alten Rom zur Reinigung der „Cloaca Maxima“ praktiziert (STRELL, 1913). Systematisch wurde diese Art der Kanalspülung dann vom Beginn unserer heutigen Kanalisation an angewendet (FRÜHLING, 1903). Bereits Mitte des 19. Jahrhunderts gab es Anstrengungen, Ablagerungen mit Hilfe verschiedener Spüleinrichtungen, die selbsttätig (ohne Fremdenergie) oder manuell betriebenen wurden, zu entfernen. Für die Reinigung von Anfangshaltungen wurden beispielweise Kippzisternen, die durch häusliche Schmutzwassereinleitungen mit rund 100 l Spülwasser befüllt wurden, eingesetzt (FRANSEN, 1881). Des Weiteren kamen auch selbsttätige Spülheber unterschiedlichster Ausführung zur Anwendung (FRÜHLING, 1903). Zu den manuell betriebenen Schwallspüleinrichtungen gehörten die Spültüren und Spülschieber. Die Betätigung der Schieber geschah über Spindeln, Ketten oder durch Zugstangen per Hand. Bei den Spültüren gab es neben den rein manuellen Geräten auch halbautomatisch funktionierende Einrichtungen, die durch den Druck des angestauten Spülmediums eine selbsttätige Öffnung herbeiführen konnten. Darüber hinaus kamen auch verschiedene Spülschächte und Spülbehälter zum Einsatz. Solche Einrichtungen sind

zum Teil noch heute in älteren Kanalnetzen, wie z. B. in Remscheid und Frankfurt, installiert. Verschiedene Spüleinrichtungen sind in Bild 2.1 dargestellt.

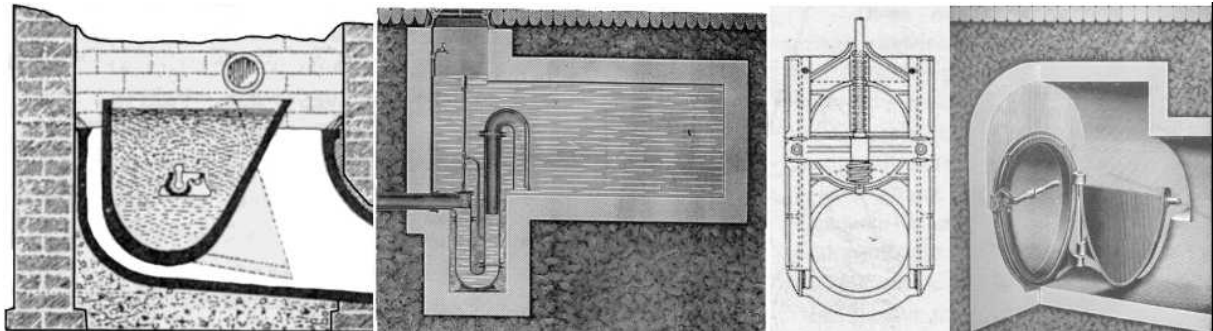


Bild 2.1: Historische Spüleinrichtungen: Kippzisterne, Spülheber, Spülschieber, Spültür (FRÜHLING, 1903; GENZMER, 1924)

Die damals verwendeten Geräte waren aber aus heutiger Sicht nur bedingt effizient. Eine gezielte Steuerung der Spüleinrichtungen war nicht möglich. Außerdem war der Arbeitsaufwand hoch und die Arbeitsbedingungen waren äußerst gefährlich, da das Personal zur Bedienung der Einrichtungen oft in die Kanalisation hinabsteigen musste. Dies führte zu hohen Personal- und Materialkosten.

Ab Mitte des 20. Jahrhunderts kam es aufgrund der zuvor genannten Nachteile zur weitgehenden Verdrängung der Schwallspülmethode zu Gunsten der Hochdruckreinigung. Der erneute Einsatz von Schwallspüleinrichtungen begann mit dem verstärktem Bau von Regenbecken zur Mischwasserbehandlung ab Mitte der 80er Jahre. Die ersten Regenüberlaufbecken wurden noch als selbstreinigende Becken ausgeführt oder mit Räumern ausgerüstet. Heute werden zur Beckenreinigung vornehmlich Schwallspüleinrichtungen benutzt. Dabei kommen in Abhängigkeit der örtlichen Gegebenheiten verschiedene Bauarten zur Anwendung. Auch in Stauraumkanälen und Anfangshaltungen werden Schwallspülanlagen in jüngster Zeit wieder installiert.

2.3 Eigenschaften einer Schwallwelle

Bei der Schwallspülung wird potenzielle in überwiegend kinetische Energie umgewandelt. Die erzeugten Schwallwellen sind üblicherweise durch hohe turbulente Strömungen und große Schubspannungen gekennzeichnet. Infolge der erhöhten Schubspannungen und der Turbulenzen kommt es zur Remobilisierung und zum Transport abgelagerter Abwasserinhaltsstoffe in Fließrichtung. BROMBACH (1982) hat die Strömungsstruktur und den Stofftransport innerhalb von Schwallwellen untersucht. Hiernach läuft auf dem Wellenrücken eine kräftige Sekundärströmung zum Wellenkopf, knickt dort scharf um und kehrt dann auf dem Boden der Welle zurück

zum Wellenschwanz. Im Wellenkern befindet sich eine stabile Walze. Bild 2.2 verdeutlicht die Strömungsstruktur und den Stofftransport in einer Schwallwelle.

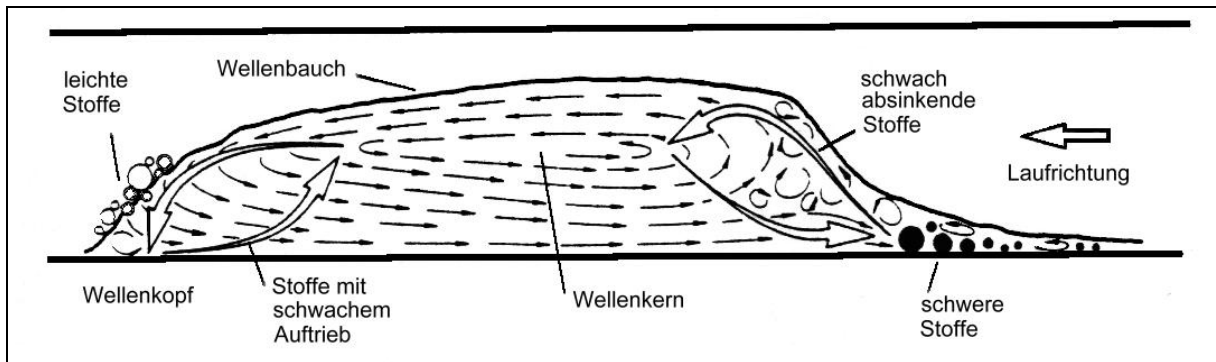


Bild 2.2: Strömungsstruktur und Stoffverteilung in einer Schwallwelle (BROMBACH, 1982)

Am Grund der Welle laufen feste, absinkende Stoffe nach hinten. Sehr schwere Stoffe akkumulieren im Wellenschwanz. Stoffe mit schwachem Abtrieb hingegen werden von der Sekundärströmung wieder nach vorne transportiert. Dadurch, dass diese Stoffe wieder absinken, werden sie von der rückwärts gerichteten Strömung erfasst und laufen in einer zweiten Walze, die sich am Wellenschwanz befindet, mit. Gelöste sowie feine, schwebende Stoffe vermischen sich wenig und werden hauptsächlich im Wellenkern mitgeführt. Eine längere Laufzeit der Welle bewirkt eine ausgeprägtere Trennung von aufschwimmenden und absinkenden Stoffen. Feine, absinkende Stoffe bewegen sich langsamer mit der Welle vorwärts als grobe, absinkende Stoffe. Es bilden sich also zwei Konzentrationsmaxima, eins am Wellenende und eins am Wellenkopf.

3 Stand der Schwallspülung

3.1 Anzahl der in Betrieb befindlichen Schwallspüleinrichtungen

Zur Abschätzung der Anzahl momentan in Betrieb befindlicher Schwallspüleinrichtungen (SSE) in Mischwasserbehandlungsanlagen (MWBA) und Mischwasserkanälen (MWK) wurden Daten der befragten nordrhein-westfälischen Wasserverbände, relevante Informationen aus dem Regenbeckenkataster (REBEKA) des Landes NRW sowie Angaben des Statistischen Bundesamtes (entnommen aus BROMBACH, 2002) herangezogen. Bei den MWBA wurde zwischen Regenüberlaufbecken und Stauraumkanälen differenziert. Für die Betrachtung der MWK wurde eine Einteilung in begehbare und nicht begehbare Kanäle vorgenommen. Es ergeben sich vier Bereiche:

- nicht begehbare Mischwasserkanäle (\leq DN 800),
- begehbare Mischwasserkanäle ($>$ DN 800),
- Stauraumkanäle und
- Regenüberlaufbecken.

Die Anzahl der Schwallspüleinrichtungen in nicht begehbaren Mischwasserkanälen lässt sich anhand verschiedener Herstellerangaben (z. B. GIEHL, 2002; LORENZEN, 2002; STEINHARDT, 2002) abschätzen. Die Anzahl der mit SSE ausgerüsteten begehbaren Mischwasserkanäle ist vermutlich sehr gering. Auf eine Abschätzung dieser Einrichtungen wird verzichtet.

3.1.1 Spüleinrichtungen in nicht begehbaren Mischwasserkanälen

Die Schwallspülung wurde in nicht begehbaren Mischwasserkanäle bisher nur in geringem Umfang angewendet. Die Auswertung der Umfragedaten haben ergeben, dass in den kleinformatischen Abwasserkanälen bundesweit zur Zeit nur rund 210 „neuere“ (selbsttätige) Spüleinrichtungen betrieben werden. Hinzu kommen jedoch noch Einrichtungen, die zum Teil bereits Anfang des letzten Jahrhunderts installiert worden sind und von denen auch heute noch einige im Einsatz sind. Es sind überwiegend Spültüren, Spülschieber und Spülklappen (vgl. Kap. 2.2) verschiedener Bauart, die in der Regel bei Reinigungsmaßnahmen manuell bedient werden müssen. In der Stadt Frankfurt am Main werden heute noch ca. 20 % des Mischsystems mit etwa 500 Spültüren und 6.000 Handzugschiebern gereinigt (KAMMERER, 2002).

3.1.2 Spüleinrichtungen in Mischwasserbehandlungsanlagen

Nach einer Auswertung (DOHMANN & STÖLTING, 2002) der jüngsten Erhebung des Landes Nordrhein-Westfalen waren im Jahr 2000 3.081 MWBA in Betrieb. Ein Großteil der Anlagen ist mit automatischen Reinigungseinrichtungen, die mit Fremdenenergie betrieben werden und eine selbsttätige Reinigung des Bauwerks erzielen können, ausgestattet. Die Anzahl der in Regenüberlaufbecken betriebenen automatischen Reinigungseinrichtungen lag bei 1.047 (59,8 %). 144 (10,8 %) Stauraumkanäle (SK) waren mit derartigen Einrichtungen ausgerüstet. Der geringe Ausrüstungsgrad der SK lässt sich auf den von Betreibern erwarteten Selbstreinigungseffekt in den Stauraumkanälen zurückführen. Eine Zusammenstellung der Datenauswertung liefert Tabelle 3.1.

Tabelle 3.1: Anzahl der installierten automatischen Reinigungseinrichtungen in Mischwasserbehandlungsanlagen des Landes Nordrhein-Westfalen

	RÜB		SK		Gesamt	
	Anzahl	Anteil	Anzahl	Anteil	Anzahl	Anteil
ohne automatische Reinigungseinrichtung	705	40,2%	1.185	89,2%	1.890	61,3%
mit automatischer Reinigungseinrichtung	1.047	59,8%	144	10,8%	1.191	38,7%
Summe	1.752	100,0%	1.329	100,0%	3.081	100,0%
RÜB = Regenüberlaufbecken, SK = Stauraumkanal, MWBA = Mischwasserbehandlungsanlage						

Es ist zu erkennen, dass noch ein erheblicher Bedarf an automatischen Reinigungseinrichtungen in Mischwasserbehandlungsanlagen, insbesondere in Stauraumkanälen besteht.

In Tabelle 3.2 sind die bei nordrhein-westfälischen Wasserverbänden erfragten Daten über die in MWBA in Betrieb befindlichen Schwallspüleinrichtungen aufgeführt. Daraus ergibt sich, dass von 1.241 Bauwerken nur 91 (7,3 %) mit einer SSE versehen sind. Werden die in Tabelle 3.2 ermittelten prozentualen Anteile von SSE in RÜB und in SK auf die in ganz Nordrhein-Westfalen betriebenen Anlagen übertragen, so ergibt sich, dass von den 1.752 Regenüberlaufbecken **194** und von den 1.329 Stauraumkanälen **22** mit Schwallspüleinrichtungen gereinigt werden.

Tabelle 3.2: Schwallspüleinrichtungen in Regenüberlaufbecken und Stauraumkanälen bei den nordrhein-westfälischen Wasserverbänden

Anzahl	Aggerverband	Bergisch-Rheinischer Wasserverband	Emschergenossenschaft/Lippeverband	Ertfverband	Linksniederrheinische Entwässerungs-Genossenschaft	Niersverband	Ruhrverband	Wasserverband Eifel-Rur	Wupperverband	Summe	
MWBA	142	57	106	18	18	77	486	300	37	1241	100 %
SSE in MWBA	4	7	9	2	1	0	57	7	4	91	7,3 %
RÜB	120	51	74	15	14	56	187	200	33	750	100 %
SSE in RÜB	4	6	9	2	1	0	52	6	3	83	11,1 %
SK	22	6	32	3	4	21	299	100	4	491	100 %
SSE in SK	0	1	0	0	0	0	5	1	1	8	1,6 %
MWBA = Mischwasserbehandlungsanlage, RÜB = Regenüberlaufbecken, SK = Stauraumkanal, SSE = Schwallspüleinrichtung											

Insgesamt werden in **216** Mischwasserbehandlungsanlagen Schwallspüleinrichtungen betrieben. Das ist weniger als ein Fünftel der automatischen Reinigungseinrichtungen. Dies macht deutlich, dass Schwallspüleinrichtungen nur selten in MWBA eingesetzt werden.

3.2 Abschätzung des Bedarfs an Schwallspüleinrichtungen

3.2.1 Spüleinrichtungen in nicht begehbaren Mischwasserkanälen

Für eine Abschätzung des Bedarfes an Schwallspüleinrichtungen in nicht begehbaren Mischwasserkanälen wird von der Gesamtlänge der Mischwasserkanäle in Nordrhein-Westfalen und Deutschland ausgegangen. Die Abschätzung erfolgt für eine flächendeckende Reinigung geeigneter nicht begehbbarer Mischwasserkanäle und für die Reinigung ablagerungskritischer Strecken, die mit 10 % vom Anwendungsbereich angenommen worden sind. Die entsprechenden Längen wurden den Angaben (Stand 1998) des Statistischen Bundesamtes (2001) entnommen. Des Weiteren wurde sowohl der Anteil der nicht begehbaren Kanäle (GONDRO, 2001) als auch der Anwendungsbereich der Schwallspülung mit jeweils 85% angenommen. Die Festlegung des Anwendungsbereiches durch eine Reduzierung auf 85 % der nicht begehbaren Mischwasserkanäle berücksichtigt beispielweise rückstaubehaftete Haltungen, bei denen Schwallwellen keine ausreichende Reinigungsleistung erzielen können.

Weitere Einschränkungen können durch sehr hohe oder sehr kleine Trockenwetterabflüsse im Vergleich zur maximalen Leistungsfähigkeit eines Rohres vorliegen. Die Annahme der mittleren Spülstreckenlänge von 250 m geht auf eine Auswertung verschiedener Herstellerangaben und Literaturquellen (GIEHL, 2002; LORENZEN, 2002; STEINHARDT, 2002; PISANO et al., 1979) sowie den Betriebserfahrungen befragter Betreiber zurück. Es ist zu beachten, dass die Spülstreckenlänge in Abhängigkeit vom Kanalgefälle, von Art und Menge der Ablagerungen sowie durch das Spülwasservolumen stark variieren können.

Tabelle 3.3 verdeutlicht die Abschätzung des Bedarfes an Schwallspüleinrichtungen in nicht begehbaren Abwasserkanälen für das Land Nordrhein-Westfalen und für die Bundesrepublik Deutschland.

Tabelle 3.3: Abschätzung des Bedarfes an Schwallspüleinrichtungen (SSE) in nicht begehbaren Mischwasserkanälen

	Nordrhein-Westfalen	Deutschland
Mischwasserkanäle	44.659 km	226.532 km
Mischwasserkanäle DN < 800 (85 %)	37.960 km	192.552 km
Mischwasserkanäle DN < 800 (85%); Reinigung mit Schwallspülung möglich	32.266 km	163.669 km
ablagerungskritische Mischwasserkanäle; Reinigung mit Schwallspülung möglich (10 %)	3.227 km	16.367 km
Mittlere Reinigungslänge	250 m	
Bedarf von SSE bei flächendeckender Reinigung	129.065 Stück	654.678 Stück
Bedarf von SSE bei Reinigung ablagerungskritischer Kanalnetzbereiche	12.906 Stück	65.468 Stück

Für das Land Nordrhein-Westfalen ergibt sich bei flächendeckender Anwendung ein Bedarf von rund 129.000 SSE und für die Bundesrepublik Deutschland rund 655.000 SSE. Bei einer Reinigung der ablagerungskritischen Kanalnetzbereiche liegt das Potenzial von noch zu installierenden Einrichtungen für NRW bei etwa 13.000 Stück und für die BRD bei mehr als 65.000 Stück.

3.2.2 Spüleinrichtungen in Mischwasserbehandlungsanlagen

In der Bundesrepublik Deutschland (BRD) wurden im Jahr 1998 gemäß einer Erhebung des STATISTISCHEN BUNDESAMTES (2001) 20.091 Mischwasserbehandlungsanlage betrieben. Nach BROMBACH (2002) müsste es heute etwa 24.000 Mischwasserbehandlungsanlagen (MWBA) in der BRD geben. Wenn man von einer Verteilung

der MWBA von 65 % RÜB und 35 % SK ausgeht, bestehen bundesweit 13.648 Regenüberlaufbecken und 10.352 Stauraumkanäle. Die in Tabelle 3.4 dargestellte Abschätzung aller in der Bundesrepublik Deutschland in MWBA betriebenen automatische Reinigungseinrichtungen stützt sich auf die für NRW ermittelten prozentualen Verteilungen.

Tabelle 3.4: Abschätzung der in der Bundesrepublik Deutschland in Mischwasserbehandlungsanlagen betriebenen automatischen Reinigungseinrichtungen (Stand 2002)

	RÜB	SK	Gesamt
Anzahl	15.600	8.400	24.000
ohne automatische Reinigungseinrichtung	6.271	7.493	13.764
mit automatischer Reinigungseinrichtung	9.329	907	10.236
mit Schwallspüleinrichtung	1.732	134	1.866
RÜB = Regenüberlaufbecken, SK = Stauraumkanal, MWBA = Mischwasserbehandlungsanlage			

In Deutschland werden somit in **1.732** Regenüberlaufbecken und **134** Stauraumkanälen Schwallspüleinrichtungen betrieben. Wenn bei 90 % aller RÜB und 75 % aller SK eine automatische Reinigungseinrichtung bzw. Schwallspülanlage erforderlich ist (PECHER, 1989; WILLEMS, 1996), so ergibt sich ein Nachrüstungspotenzial von bundesweit rund **10.100** und für NRW von rund **1.400** Reinigungsaggregaten. Die nicht berücksichtigte Erneuerung der seit 25 Jahren in Betrieb befindlichen Reinigungseinrichtungen vergrößert das Potenzial zusätzlich.

4 Schwallspüleinrichtungen

4.1 Allgemeines

Bei der Schwallspülung von Regenbecken und Abwasserkanälen kommen derzeit verschiedene Arten von Spüleinrichtungen zum Einsatz. Grundsätzlich sind zwei Typen zu unterscheiden:

- Anlagen mit Spülwasserbehälter (Trog, Trommel, Topf, Kammer, Schacht) und
- Aufstaeinrichtungen (Kanalvolumen aktivierende Einrichtungen).

Des Weiteren unterscheiden sich die einzelnen Konstruktionen nach den Einsatzbereichen, den Funktions- und Betriebsweisen sowie den Betriebsmitteln. Bei den Einsatzbereichen gibt es Anwendungsfälle in Regenbecken, begehbaren und nicht begehbaren Kanälen. Die Schwallspüleinrichtungen müssen manuell betätigt werden oder funktionieren selbsttätig (automatisch). Bei älteren Aggregaten trifft man auch eine halbautomatische Funktionsweise an. Die Spüleinrichtungen werden vornehmlich ortsfest (stationär) betrieben. Bei wenigen Anlagen zur Kanalreinigung ist auch eine mobile Betriebsweise durch Versetzen der Einrichtung in Spülrichtung möglich. Der Betrieb von Schwallspüleinrichtungen geschieht bei den manuellen und halbautomatischen Anlagen ohne Fremdenergie und bei den selbsttätigen Aggregaten je nach Ausführungsart mit oder ohne Fremdenenergie. Im Folgenden werden die zuvor genannten Merkmale bei den Typen

- Spüleinrichtungen mit Spülbehälter,
- Kammerspüleinrichtung,
- Schachtspüleinrichtung sowie
- Kanalvolumen aktivierende Spüleinrichtung

näher betrachtet. Weitere Schwallspüleinrichtungen für die Kanalreinigung, die aus verschiedenen Gründen derzeit nicht zur Anwendung kommen werden präsentiert.

4.2 Spüleinrichtungen mit Spülbehälter

Der Kategorie Spüleinrichtungen mit Spülbehälter werden Spülkippen, Spültrommeln und neu entwickelte Spültöpfe zugeordnet.

4.2.1 Spülkippe

Die Spülkippe ist ein aus Metall gefertigter trogförmiger Behälter, der um eine horizontale Längsachse drehbar gelagert ist. Die Anordnung von Spülkippen erfolgt üblicherweise einige Meter über der Bauwerkssohle. Sie erreichen die für die Reinigung erforderlichen Sohlschubspannungen mit vergleichsweise geringen Spülwassermengen und relativ großen

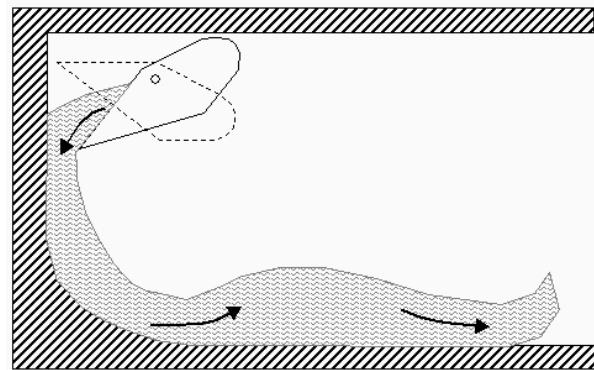


Bild 4.1: Schematische Darstellung einer Spülkippe

Fallhöhen. Als Spülmedium wird Rohabwasser, Brauchwasser, Oberflächenwasser, Grund- oder Trinkwasser verwendet, das mit Hilfe von Befüllungspumpen in den Trog gefördert wird. In Bild 4.1 ist eine Spülkippe schematisch dargestellt. Das Konzept dieser in Deutschland weiterentwickelten Schwallspüleinrichtung stammt aus der Schweiz. Spülkippen sind die zur Zeit am häufigsten verwendeten Schwallspüleinrichtungen zur Reinigung von Regenbecken. In Abwasserkanälen wurden sie bisher nur selten eingesetzt.

Konstruktion und Bemessung

Spülkippen werden in verschiedenen Bauformen und Größen hergestellt und in der Regel als rückwärtsschneidende Einrichtungen (Öffnung zur Wand) angeordnet. Nur bei sehr langen Spülstrecken ist eine Anordnung vorwärtsschneidender Tröge (bis zu 15% längere Spülstrecken) zu empfehlen (UFT, 2002). Aus Gewichtsgründen werden sie mit möglichst geringem Materialeinsatz biege- und torsionssteif aus Edelstahlblechen (Werkstoff 1.4302, 1.4571) mit 2 - 4 mm Stärke gefertigt. Bohrungen von 8-10 mm Durchmesser an der Unterseite der Tröge ermöglichen den Ablauf von aufgefangenem Niederschlag bei offenen Becken. Die Aufhängung der Tröge variiert mit den baulichen Gegebenheiten des zu reinigenden Bauwerks. Es kommen Schulterstützen, Konsolen, Kragarmaufhängungen und Kombinationen zum Einsatz. Zur Lagerung kommen vornehmlich Rillenkugellager oder Pendelrollenlager zur Anwendung. Eine Übergangsrundung zwischen Wand und Sohle bzw. ein Umlenklech dient der verlustarmen Führung des Spülwassers von der vertikalen Fallrichtung in die horizontale Spülrichtung. Um die Umlenkverluste und die damit einhergehende Reduzierung der Reinigungsleistung gering zu halten, soll der Radius der Übergangsrundung in Abhängigkeit der Spülwassermenge möglichst groß gewählt werden. Die Größen-

ordnung wesentlicher Bemessungsparameter für Spülkippen sind in Tabelle 4.1 zusammengestellt.

Tabelle 4.1: Bemessungsparameter von Spülkippen

Bemessungsparameter	
Spezifisches Trogvolumen	200 – 2000 l/m
maximale Breite des Troges	6 - 11 m
maximale Breite der Spülstrecke	12 m
Radius der Übergangsrundung	1 - 2,5 m
Fallhöhe (Abstand: Drehachse – Sohle)	> 2 - 2,5 m

Bei der Bemessung von Spülkippen wird das spezifische Trogvolumen in l/m in Abhängigkeit von der Länge der Spülstrecke und der Fallhöhe (Abwurfhöhe) bestimmt. Mit zunehmender Fallhöhe und anwachsendem Spülkippenvolumen steigt die erzielbare Spülstrecke. Die Abwurfhöhe sollte 2 m nicht unterschreiten, da sonst die erforderlichen spezifischen Spülkippenvolumina sehr groß werden. Außerdem geht das Sohlgefälle der Spülstrecke in die Bemessung ein. Die Hersteller von Spülkippen bieten in ihren Produktkatalogen spezifische Diagramme zur Bemessung an. Ein Vergleich von Bemessungsergebnissen mit den Vorgaben unterschiedlicher Hersteller hat nur geringe Abweichungen ergeben (SCHÜßLER, 2002). Ebenso wurde deutlich, dass der Einfluss der Fallhöhe auf die erreichbare Spülstreckenlänge deutlich größer ist, als der Einfluss der Sohlneigung. Eine Vergrößerung der spezifischen Spülkippenvolumina verlängert zwar die erzielbaren Spülstrecken, ist aber mit höheren Investitionen und Betriebskosten verbunden.

Betriebliche Aspekte

Spülkippen sind in der Regel Einrichtungen, die, abgesehen von der Befüllung, ohne Fremdenergie betrieben werden. In Ausnahmefällen kann eine Spülkippe bei Vorhandensein entsprechender Arretier- und Auslösevorrichtungen auch mit einem Motor gedreht werden. Der Spülvorgang bei einer Spülkippenreinigung beginnt in der Regel unmittelbar im Anschluss an ein Niederschlagsabflussereignis (NAE) bei nicht gefülltem Bauwerk. Zu Beginn werden mit Hilfe der Befüllungspumpen die Tröge mit dem Spülmedium befüllt. Mit Näherungssensoren oder Endlagenschaltern wird der Füllprozess selbsttätig beendet. Die für eine automatische Schwallspülung erforderlichen Wasserstandsinformationen in den Bauwerken können mit Ultraschall- oder Drucksonden erfasst werden. Beim Befüllen wandert der gemeinsame Schwerpunkt

von Kippe und Spülmedium zunächst nach unten und dann nach oben. Steigt der Schwerpunkt über die Höhe des Drehlagers hinweg, so erfolgt die Drehung des Troges und das Ausgießen des Spülmediums. Der Entleerungsvorgang dauert etwa zwei bis drei Sekunden. Anschließend dreht die Spülkippe wieder in ihre Ausgangsposition zurück. Da die Bauwerksreinigung unmittelbar nach dem NAE stattfindet, reicht in der Regel ein Spülvorgang aus. Die durch Spülkippen erzeugten Schwallwellen erzielen Sohlschubspannungen bis zu 100 N/m² (BROMBACH, 2000). In Tabelle 4.2 sind wesentliche betriebliche Aspekte beim Einsatz von Spülkippen zusammengestellt.

Tabelle 4.2: Betriebliche Aspekte der Spülkippe

	mit Fremdenergie
Reinigungsleistung	
Spülstrecke	< 70 - 80 m
Anzahl der Spülungen	1 - 3
Unterhalt	
Inspektionsintervall (Sichtkontrollen)	gelegentlich
Reinigungsintervall	nach Bedarf
Wartungsintervall (Funktionskontrolle, Abschmieren, etc.)	alle 3 Monate
Betrieb	
elektrische Anschlussleistung (Befüllungspumpe)	1 – 3 kW
Steuerung	lokal, global (DFÜ erforderlich)
mögliche Betriebsprobleme	Lärmbelästigung durch Anschlagen der Tröge an Gummiauflagern sowie Auftreffen und Ablauf des Spülwassers auf der Sohle
Nutzungsdauer	
technische Einrichtung (Trog)	20 Jahre
Maschinentchnik	15 Jahre
Mess- und Steuereinrichtung	10 Jahre

Die Reinigungsleistung von Spülkippen in Regenbecken wird von allen befragten Betreibern als gut bis sehr gut bezeichnet. Verschmutzungen der Beckensohle aufgrund zu klein dimensionierter Spülsümpfe traten bisher selten auf. Die bei Spülkippen erforderlichen Unterhaltmaßnahmen (Tabelle 4.2) sind insgesamt als gering einzustufen und beschränken sich in vielen Fällen auf nur wenige Sichtkontrollen im

Jahr. Der Energiebedarf für die Befüllungspumpen ist gering. Der Planungsaufwand wird ebenfalls als sehr gering eingestuft (ACHTEN & JANSEN, 2002; BECK, 2002).

Produkte

Die von verschiedenen Herstellern produzierten Spülkippen unterscheiden sich nur geringfügig. Es gibt kleine Abweichungen in der Bauform und -größe. In Tabelle 4.3 sind verschiedene Produktinformationen von vier Herstellern zusammengestellt. Bild A1 (Anhang) zeigt beispielhaft eine Spülkippe der Hydro-Systemtechnik GmbH.

Tabelle 4.3: Produktinformationen von Spülkippen

Hersteller	Produktname	Volumen [l/m]	max. Breite	installierte Anlagen
UFT Umwelt- und Fluidtechnik GmbH	FluidFlush	300 - 2000 l/m	11 m	580
Hydro-Systemtechnik GmbH	HST-AWS	200 - 2000 l/m	8 ¹ m	71
Niehues-Anlagenbau GmbH	Niehues Spülkippe	350 - 1050 l/m	6 m	25
Vollmar GmbH	Vollmar Spülkippe	350 - 2000 l/m	6 ² m	372

1 = von HST favorisierte max. Breite, 2 = auf Wunsch auch breitere Ausführungen möglich

Im Rahmen der Umfrage wurde deutlich, dass es neben den vier genannten Herstellern zahlreiche weniger bekannte Hersteller von Spülkippen in Deutschland gibt.

4.2.2 Spültrommel

Die Spültrommel ist eine selbsttätige, mit und ohne Fremdenergie arbeitende Spüleinrichtung für den Einsatz in Regenbächen und großformatigen Abwasserkanälen. Im Gegensatz zur Spülkippe wird die Spültrommel in der Nähe der Bauwerkssohle angeordnet und benötigt auf-

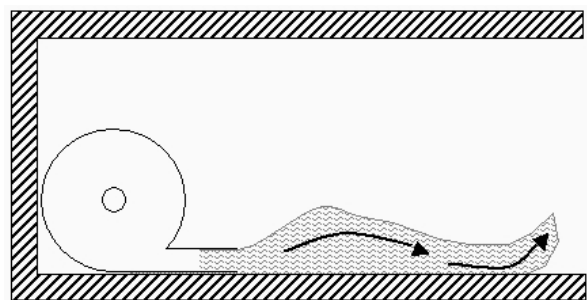


Bild 4.2: Schematische Darstellung einer Spültrommel

grund der geringen Fallhöhe größere spezifische Spülwassermengen. Weitere Unterschiede sind durch die Form und die besondere Abwurfgeometrie der Trommel gegeben. In Bild 4.2 ist eine Spültrommel schematisch dargestellt.

Konstruktion

Die Schwallspültrommel besteht aus einer wasserdichten, exzentrisch gelagerten schneckenförmigen Trommel aus Edelstahlblech. Sie ist in zwei Edelstahlpendella-

gern frei drehbar gelagert. Es gibt zwei Bauarten, die sich durch ihre Betriebsweisen „aufschwimmend“ und „befüllend“ voneinander unterscheiden. Bei Spülfeldern über 8,5 m Breite ist ähnlich wie bei Spülkippen eine Unterteilung in mehrere Spülbahnen sinnvoll. Eine Nachrüstung der Schwallspültrommel in offenen Regenbecken scheint mit nur geringen zusätzlichen Aufwendungen erreichbar zu sein. Dies trifft für geschlossene Regenbecken und Abwasserkanäle nicht zu.

Betriebliche Aspekte

Die Spültrommel wird im Einstaubereich von Becken und Kanälen betrieben. Bei der aufschwimmenden Ausführung befindet sich die Trommel bei leerem Bauwerk in Auswurfstellung (Trommelöffnung unten) und wird bei steigendem Wasserstand durch seitlich angebrachte Schwimmer nach oben gedreht, wodurch das Spülmedium in die Trommel einfließen kann. In dieser Position wird die Trommel schwimmergesteuert verriegelt. Nach dem Absinken des Wasserstandes erfolgt ebenfalls schwimmergesteuert die Entriegelung, wodurch die Trommelöffnung nach unten dreht und das gespeicherte Spülmedium schwallartig abfließen kann. Bei der „befüllten“ Ausführung befindet sich die Trommel bei leerem Bauwerk in Befüllstellung (Trommelöffnung oben). Das Spülmedium wird über eine besondere Zulaufleitung zur Trommel, die über einen Verriegelungsschwimmer arretiert ist, geleitet. Der Spülvorgang wird über einen Entriegelungsschwimmer eingeleitet, wenn der Wasserstand im Bauwerk gefallen ist. Die entriegelte Einrichtung dreht sich durch Eigengewicht und Spülmediummasse nach unten, so dass etwa im Tiefpunkt der Auslauföffnung das Spülwasser schwallartig freigegeben wird. Die mit Fremdenergie betriebene Einrichtung kann optional mit Pumpen befüllt oder elektrisch sowie elektrohydraulisch entriegelt werden.

Angaben zur Bemessung und Betriebserfahrungen liegen nicht vor. Es ist jedoch nicht auszuschließen, dass aufgrund des Abwasserkontaktes und einer Verschmutzung der Trommel zusätzliche Reinigungsarbeiten anfallen.

Produkte

Die Schwallspültrommel wird derzeit nur von einem Hersteller in Deutschland angeboten. In Tabelle 4.4 sind Produktinformationen der Spültrommel zusammengestellt und in Bild A2 (Anhang) wird die Konstruktion einer Spültrommel verdeutlicht.

Tabelle 4.4: Produktinformationen der Schwallspültrommel

Hersteller	Produktname	Bauart	Volumen	max. Breite
BGU Umweltschutzanlagen GmbH	System Kraus DP	aufschwimmend	> 770 l/m	8 m
		befüllt		

Angaben über die Anzahl der installierten Anlagen liegen nicht vor. Es ist jedoch zu vermuten, dass diese Spüleinrichtung bisher nur wenig Verbreitung gefunden hat.

4.2.3 Spültopf

Der Spültopf ist eine selbsttätige, mit und ohne Fremdenergie arbeitende Spüleinrichtung, die für den Einsatz in Rund- und kleinen Rechteckbecken konzipiert wurde. Die im Zentrum der Sohlfläche zu installierende Anlage erzeugt einen radialen Spülschwall, der vorhandene Ablagerungen in einen ringförmig anzuordnenden Spülsumpf transportiert. In Bild 4.3 ist ein Spültopf schematisch dargestellt.

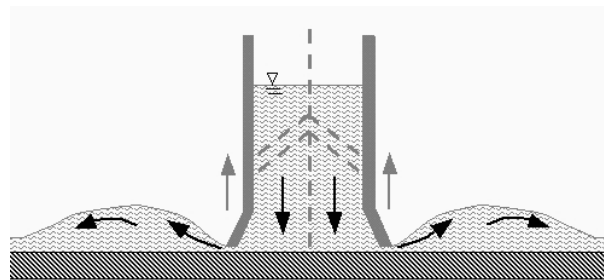


Bild 4.3: Schematische Darstellung eines Spültopfes

In Bild 4.3 ist ein Spültopf schematisch dargestellt.

Konstruktion

Der Spültopf besteht aus einem in Edelstahl gefertigten Mantelring, der sich entlang einer zentrisch angeordneten Führungskonstruktion heben und senken kann. Im abgesenkten Zustand bildet der Mantelring zusammen mit dem Beckenboden einen topfartigen Spülwasserbehälter. Im unteren Bereich ist der als Behälterwand fungierende Mantelring zur Erzeugung von Auftriebskräften aufgeweitet. Des Weiteren sind in Bodennähe Rückstauklappen in der Wand integriert. Bei Rechteckbecken wird der Spülbehälter in einer eckigen Form gefertigt. Eine Nachrüstung des Spülbehälters in offene Regenbecken scheint mit nur geringen zusätzlichen Aufwendungen erreichbar zu sein. Dies trifft für geschlossene Regenbecken nur dann zu, wenn ausreichend große Zugangsmöglichkeiten vorhanden sind.

Betriebliche Aspekte

Zu Beginn liegt der Spültopf wasserdicht auf einer speziellen Aufstellfläche des Beckenbodens auf und ist verriegelt. Die Befüllung des Behälters geschieht während des Beckeneinstaus durch die Rückstauklappen und über die Überfallkante der Behälterwand. Nach der Beckenentleerung steht das in den Behälter geflossene Abwasser

der Spülung zur Verfügung. Der Mantelring wird über einen Schwimmer oder mit Hilfe einer Wasserstandsmessung entriegelt, so dass die Auftriebskräfte den Stahlmantel entlang der Führungskonstruktion nach oben drücken. Das gespeicherte Spülwasser wird freigegeben und strömt schwallartig, radial zum Spültopf, in das zu reinigende Regenbecken. Der Absenkvorgang des Mantelringes nach durchgeführter Spülung wird hydraulisch gedämpft. Bei der mit Fremdenergie betriebenen Bauart wird der Mantelring elektro-hydraulisch gesteuert.

Angaben zur Bemessung und Betriebserfahrungen liegen nicht vor. Es ist jedoch anzunehmen, dass aufgrund des Abwasserkontaktes mit einer gewissen Verschmutzung des Mantelringes und der Führungskonstruktion und daher mit zusätzlichen Reinigungsarbeiten zu rechnen ist.

Produkte

Der Spültopf wird derzeit nur von einem Hersteller in Deutschland angeboten. In Tabelle 4.5 sind Produktinformationen des Spültopfes zusammengestellt und in Bild A3 (Anhang) wird die Konstruktion eines Spültopfes verdeutlicht.

Tabelle 4.5: Produktinformationen vom Spültopf

Hersteller	Produktname	Betrieb	Einsatzbereich	installierte Anlagen
Steinhardt GmbH	HydroSelf Rundbeckenspülung	mFE / oFE	Rundbecken, kleine Rechteckbecken	2

Der Spültopf „HydroSelf Rundbeckenspülung“ ist ein neu entwickeltes Produkt der Steinhardt GmbH. Zur Gewährleistung der Dichtigkeit des Spültopfes in der Stauphase wird vom Hersteller eine glatte und ebene Aufstellfläche gefordert und die Unterkante des Mantelringes mit einer speziellen Dichtung versehen (STEINHARDT, 2002).

4.3 Kammerspüleinrichtungen

Zu den Kammerspüleinrichtungen zählen sowohl Vakuum-Kammer- als auch Kammer-Klappen-Anlagen.

4.3.1 Vakuum-Kammer-Anlage

Die Vakuum-Kammer-Anlage (VKA) ist eine selbsttätige, mit oder ohne Fremdeenergie arbeitende Spüleinrichtung, die für den Einsatz in Regenbecken und begehbaren Abwasserkanälen geeignet ist. Sie wird schon seit über 15 Jahren zur Reinigung von Regenbecken angewendet. In Bild 4.4 ist eine VKA schematisch dargestellt.

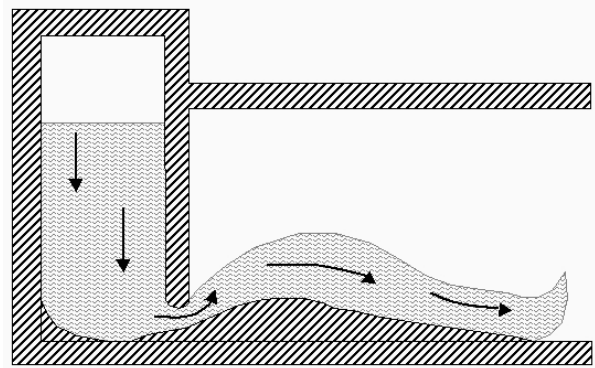


Bild 4.4: Schematische Darstellung einer Vakuum-Kammer-Anlage

Konstruktion

Hauptkomponenten der Vakuum-Kammer-Anlage sind eine gasdichte Spülkammer zur Speicherung des Abwassers, eine wasserstandsgesteuerte Vakuumpumpe, ein Austrittssiphon und ein Auslöseventil. Die verwendeten Metallteile werden aus Edelstahl (Werkstoff 1.4301) gefertigt. Das Auslöseventil wird auf eine Aussparung in der Decke des Spülmediumspeichers montiert. Die Spülkammer ermöglicht eine Einstauhöhe von bis zu 7 m. Für die Herstellung der Kammer und des Austrittssiphons ist B 25 wu oder B 35 wu zu verwenden. Eine Nachrüstung von Vakuum-Kammer-Anlagen ist mit vergleichsweise hohen Aufwendungen verbunden.

Betriebliche Aspekte

In der Regel wird die Anlage im Anschluss an ein Niederschlagsabflussereignis füllstandsabhängig aktiviert. Bei steigendem Wasserstand und überstauter Austrittsöffnung (Siphon) der Spülkammer wird mit Hilfe der Vakuumpumpe bei geschlossenem Ventil ein Vakuum in der Spülkammer erzeugt. Das Vakuum bleibt solange erhalten, bis der Wasserstand im Kanal oder Becken ein zuvor bestimmtes Niveau unterschritten hat. Erst dann wird das Ventil geöffnet und das gespeicherte Abwasser kann über den Siphon schwallartig in das angeschlossene Bauwerk strömen und abgesetzte Feststoffe remobilisieren. Ein mehrfaches Spülen ist durch die Anordnung einer vom Einstau unabhängigen Fremdbefüllung (mit Abwasser, Brauchwas-

ser oder Trinkwasser und Befüllungspumpe) oder durch Führung des Trockenwetterabflusses in den Siphonbereich möglich. Steuerungsrelevante Wasserstände werden mit Hilfe von Druck- oder Ultraschallsonden erfasst. Bei fremdenergiefrei betriebenen Einrichtungen erfolgt der Einstau der Kammer bei geöffnetem Auslöseventil nur bis zur Höhe des Bauwerkseinstaus. Beim Absinken des Wasserstandes im Bauwerk wird das Auslöseventil verschlossen. Die zur Spülung erforderliche Freigabe des Ventils regelt ein im Spülsumpf installierter Sensor. In Tabelle 4.6 sind betriebliche Aspekte von Vakuum-Kammer-Anlagen zusammengestellt.

Tabelle 4.6: Betriebliche Aspekte der Vakuum-Kammer-Anlage

	mit Fremdenergie	ohne Fremdenergie
Reinigungsleistung		
Spülstrecke: Abwasserkanal	< 250 m	
Spülstrecke: Rechteckbecken	< 160 m	
Unterhalt		
Inspektionsintervall (Sichtkontrolle)	vierteljährlich	halbjährlich
Wartungsintervall (Funktionskontrolle)	jährlich	nach Bedarf
Betrieb		
elektrische Anschlussleistung	1,8 - 3,3 kW	-
Steuerung	lokal, global (DFÜ erforderlich)	lokal (ereignisabhängig)
mögliche Betriebsprobleme	Lärmbelästigung durch Spülvorgang und Kammerbelüftung, Dichtigkeit der Vakuumkammer	
Nutzungsdauer		
Maschinenteknik	15 - 20 Jahre	
Mess- und Steuereinrichtung	10 Jahre	-
Bautechnik	30 - 50 Jahre	

Betriebliche Probleme können durch Undichtigkeiten der örtlich hergestellten Spülkammern (Spülwasserverluste) oder durch Schallemissionen entstehen. Zur Reduzierung von Schallemissionen können Dämmkonstruktionen (z. B. Gemisch aus Edelstahlwolle und Kies, zusätzliche Betondecke) über den Auslöseventilen installiert werden. Die Dämmmaßnahmen müssen allerdings eine ausreichende Luftzufuhr (Öffnung $\geq 0,1 \text{ m}^2$) ermöglichen. Der Wartungsaufwand bei Vakuum-Kammer-Anlagen beschränkt sich auf vierteljährliche Sicht- und jährliche Funktionskontrollen,

die durch Betreiber und/oder Hersteller durchgeführt werden können. Der Planungsaufwand ist ähnlich gering wie bei Spülkippen.

Der Energieverbrauch der mit Fremdenergie betriebenen Einrichtungen ist wegen der kurzen Pumpenlaufzeiten und der geringen Anschlusswerte (1,8 und 3,3 kW) niedrig. Während dieser Anlagentyp auch bei Teileinstau eine Vollfüllung der Speicherkammer erzielen und somit immer die volle Reinigungsleistung erbringen kann, ist die Höhe der Speicherfüllung bei fremdenergiefrei betriebenen Einrichtungen immer nur so hoch wie die Einstauhöhe. Hierdurch sind die Reinigungsleistungen bei Teileinstau von Bauwerken nicht immer ausreichend. Darüber hinaus besteht bei den mit Fremdenergie betriebenen Einrichtungen die Möglichkeit, geringe durch Undichtigkeiten bedingte Spülwasserverluste der Kammer bis zum vollständigen Ablauf des im Bauwerk eingestauten Mischwassers durch mehrfaches Einschalten der Vakuumpumpe auszugleichen. Vakuum-Kammer-Anlagen sind für die Spülung von langen Abwasserkanälen im Hauptschluss ungünstig, da zum einen mehrere Kammern hintereinander angeordnet werden müssen und zum anderen die Reinigungsleistung durch den Trockenwetterabfluss deutlich gemindert werden kann.

Produkte

Vakuum-Kammer-Anlagen werden in Deutschland von drei Herstellern angeboten. In Tabelle 4.7 sind Produktinformationen von Vakuum-Kammer-Anlagen zusammengestellt.

Tabelle 4.7: Produktinformationen von Vakuum-Kammer-Anlagen

Hersteller	Produktname	Betriebsart	Herstellung Vakuumkammer	Anzahl installierter Anlagen
Biogest AG	Typ MF	mit Fremdenergie	Ortbeton	165
	Typ OF	ohne Fremdenergie	Ortbeton	3
Vollmar GmbH	klappenlose Schwallspülung	mit Fremdenergie	Ortbeton	22
Niehues GmbH	Schwallspülung	mit Fremdenergie	Werksfertigung	3

Ein wesentlicher Unterschied zwischen den Produkten der Biogest AG und der Niehues GmbH liegt darin, dass die Anlagen der Niehues GmbH mit einer werksseitig gefertigten Vakuumkammer geliefert werden. Ein Nachteil dieses Komplettproduktes ist die transporttechnische Höhenbegrenzung der Kammer auf 3,5 m. Vorteilhaft ist die mit der Werksfertigung verbundene hohe Dichtigkeit der Kammer. Die Vakuum-

Kammer-Anlagen der Vollmar GmbH sind baugleiche Einrichtungen der Biogest Produkte. Bild A4 (Anhang) zeigt beispielhaft eine Vakuum-Kammer-Anlage der Biogest AG mit ihren wesentlichen Komponenten.

4.3.2 Kammer-Klappen-Anlage

Die Kammer-Klappen-Anlage ist eine selbsttätige, mit oder ohne Fremdenergie arbeitende Spüleinrichtung, die für den Einsatz in Regenbecken und begehbaren Abwasserkanälen geeignet ist. Sie wird schon seit über 15 Jahren zur Reinigung

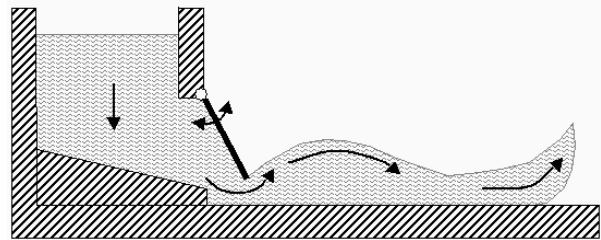


Bild 4.5: Schematische Darstellung einer Kammer-Klappen-Anlage

von Regenbecken angewendet. In Bild 4.5 ist eine Kammer-Klappen-Anlagen schematisch dargestellt.

Konstruktion

Kammer-Klappen-Anlagen (KKA) bestehen im Wesentlichen aus einer Spülwasserkammer, einem Stahlrahmen sowie einer hydraulisch oder pneumatisch betätigten Klappe. Einige Klappenkonstruktionen sind mit Bremszylindern versehen. Je nach Betriebsweise sind die KKA mit einer Hydraulikeinheit (Hydraulikaggregat, Hydraulikzylinder, Hydraulikleitung) oder einer Pneumatikeinheit (Kompressor, Pneumatikzylinder, Druckluftleitung) ausgestattet. Bei den fremdenergiefrei betriebenen Hydraulikanlagen ersetzt eine Schwimmertechnik aus Haupt- und Steuerschwimmer das Hydraulikaggregat. Der Wasserstand in den Bauwerken wird durch Schwimmer, Druck- oder Ultraschallsonden registriert. Die Spülwasserkammer wird in der Regel durch eine Ortbetonwand vom Speicherraum des zu reinigenden Bauwerkes abgetrennt und sollte ein in Spülrichtung ausreichendes Gefälle (1:5) besitzen. Die Befüllung der Kammer geschieht durch die Anordnung einer Vordrossel oder über Rückschlagklappen in den Trennwänden. Die mit einer umlaufenden Dichtung versehene Klappe ist am Rahmen drehbar befestigt. Die hydraulisch betriebenen Einrichtungen sind mit sogenannten Verschlusschaken für die Klappe ausgerüstet. Der Anpressdruck, den die Verschlusschaken auf die Klappe ausüben, gewährleistet eine hohe Dichtigkeit während des Einstaus. Bei der pneumatisch betriebenen Anlage wird die Dichtigkeit durch eine aufblasbare Gummidichtung am Klappenrand sicher gestellt. Klappen, Rahmen, Verschlusschaken, Hydraulik- und Pneumatikzylinder sowie die

Schwimmer werden üblicherweise aus Edelstahl (Werkstoffe 1.4301 oder 1.4571) gefertigt. Der nachträgliche Einbau von Kammer-Klappen-Anlagen ist aufwendig.

Betriebliche Aspekte

Bei beginnendem Einstau des Bauwerks wird die Kammerklappe mit Hilfe des Hydraulik- oder Pneumatikzylinders verschlossen. Mit dem Beckeneinstau steigt auch der Wasserstand in der Spülkammer. Durch installierte Vordrosseln bzw. Rückstauklappen kann eine vollständige Befüllung der Speicherkammern vor der Vollenfüllung des zu reinigenden Bauwerks erreicht werden, sodass auch bei einem Teileinstau die volle Reinigungsleistung erbracht wird. Nach dem Niederschlagsabflussereignis wird die Klappe durch Freigabe der Verschlusshebel bzw. durch eine Ansteuerung der Pneumatikzylinder schlagartig geöffnet, wodurch das gespeicherte Spülmedium schwallartig abfließt. Bei hydraulischen KKA „reitet“ die Klappe auf der Spülwelle oder der Schließvorgang der Klappe wird durch einen Bremszylinder verzögert. In Tabelle 4.8 sind verschiedene betriebliche Aspekte der Kammer-Klappen-Anlage zusammengefasst.

Tabelle 4.8: Betriebliche Aspekte der Kammer-Klappen-Anlage

	mit Fremdenergie	ohne Fremdenergie
Reinigungsleistung		
Spülstrecke: Abwasserkanal	< 250 m	
Spülstrecke: Rechteckbecken	< 160 m	
Unterhalt		
Inspektionsintervall (Sichtkontrolle)	vierteljährlich	halbjährlich
Reinigungsintervall	nach Bedarf	
Wartungsintervall (Funktionskontrolle)	jährlich	nach Bedarf
Betrieb		
elektrische Anschlussleistung	0,3 - 2,2 kW	-
Steuerung	lokal, global (DFÜ erforderlich)	lokal (ereignisabhängig)
mögliche Betriebsprobleme	Lärmbelästigung durch Spülvorgang, Verschmutzung von Anlagenteilen und Dichtigkeit der Klappen	
Nutzungsdauer		
Maschinenteknik	15 - 20 Jahre	
Mess- und Steuereinrichtung	10 Jahre	-
Bautechnik	50 Jahre	

Ein mehrfaches Spülen ist durch die Anordnung einer vom Einstau unabhängigen Fremdbefüllung der Speicherkammer möglich. Der Energieverbrauch der mit Fremdenergie betriebenen Einrichtungen ist wegen der kurzen Laufzeiten der Aggregate und der geringen Anschlusswerte niedrig. Eine Verschmutzung der mit Abwasser in Kontakt kommenden Anlagenteile ist nicht auszuschließen. Ebenso kann eine Feststoffbelegung zwischen Klappe und Rahmen Dichtigkeitsprobleme verursachen. Regelmäßige Inspektions- und ggf. Reinigungsmaßnahmen sind für einen langfristig erfolgreichen Betrieb erforderlich.

Produkte

Kammer-Klappen-Anlagen werden in Deutschland von mehreren Herstellern angeboten. In Tabelle 4.9 sind Produktinformationen von Kammer-Klappen-Anlagen zusammengestellt.

Tabelle 4.9: Produktinformationen von Kammer-Klappen-Anlagen

Hersteller	Produktname	Betriebsart	Antriebsart	Anzahl installierter Anlagen
Biogest AG	Typ KS	mF	elektro-hydraulisch	53
	Typ KS-OF	oF	mech.-hydraulisch	
Liwatech PG	Schlitzklappe	mF	pneumatisch	1
Steinhardt GmbH	HydroSelf	mF	elektro-hydraulisch	200
	HydroSelf	oF	mech.-hydraulisch	382
Vollmar GmbH	Hydro-Schwall	mF	elektro-hydraulisch	7

Die Produkte der Biogest AG und Vollmar GmbH sind baugleiche Konstruktionen. Die Unterschiede zwischen den Produkten der Biogest AG und der Steinhardt GmbH sind gering. Sie liegen in der Betriebsweise sowie bei der Verwendung unterschiedlicher Verschlussarten, Dichtungsmaterialien und Dämpfungsaggregate. Die Schlitzklappe der Liwatech PG grenzt sich konstruktionsbedingt von allen anderen Produkten deutlich ab. Dies wird durch einen Vergleich der in den Bildern A5 und A6 (Anhang) dargestellten Anlagen ersichtlich.

4.3.3 Bestimmung der Spülwassermenge

Bei der Bemessung von Kammerspüleinrichtungen steht die Bestimmung der erforderlichen spezifischen Spülwassermenge in Liter pro Meter zu reinigender Bauwerksbreite im Mittelpunkt. In die Ermittlung dieses spezifischen Volumens fließen

die Neigung der Bauwerkssohle (Längsgefälle), die Länge der Bauwerkssohle (Spülstreckenlänge) und die Stauhöhe in der Spülkammer ein. Grundsätzlich verlängern sich die Spülstrecken mit zunehmendem Sohlgefälle und zunehmender Stauhöhe. Ähnlich wie bei der Bemessung von Spülkippen wirkt sich eine Erhöhung der Stauhöhe stärker als eine Erhöhung des Längsgefälles auf die erreichbare Spülstreckenlänge aus. Bei der Bestimmung der spezifischen Spülwassermengen unterscheiden einige Hersteller zwischen einer Anwendung in Rechteckbecken und Rundbecken. Die Ermittlung spezifischer Spülwassermengen für die Kanalreinigung wird nicht gesondert betrachtet, sondern erfolgt wie für Rechteckbecken. Die Betriebsart der Spüleinrichtung (mit und ohne Fremdenergie) geht in die Spülwassermengenberechnung nicht ein.

Zur Berechnung des gesamten Spülvolumens für Rechteckbecken, müssen die spezifischen Spülwassermengen mit der jeweiligen Breite der Spülstrecke multipliziert werden. Bei Rundbecken geht der äußere Umfang der Spülstrecke in die Berechnung ein. In Rechteckbecken sollte eine Breite von 10 m bei Vakuum-Kammer-Anlagen und von 5 - 7 m bei Kammer-Klappen-Anlagen nicht überschritten werden. So kann eine stabile Strömungsrichtung des Spülschwalls sichergestellt werden. Die maximalen Stauhöhen bei Kammer-Klappen-Anlagen liegen je nach Hersteller zwischen 1,5 und 3 m. In Vakuum-Kammer-Anlagen bei höchstens 7 m. Bei der Ermittlung der Volumina für die Schwallspülung in Kanälen wird nach STEINHARDT (2002) die Hälfte des Nenndurchmesser für die Breite der Spülstrecke und nach BIOGEST (2002) eine Ersatzbreite angenommen.

In Bild 4.6 sind die Graphen zur Ermittlung spezifischer Spülwassermengen für Rechteckbecken der Biogest AG und der Steinhardt GmbH gegenübergestellt. Verglichen werden die Volumina bei einer Stauhöhe von $h = 1,5$ m und den Längsgefällen von $I = 1,0$ % sowie $I = 2,0$ %.

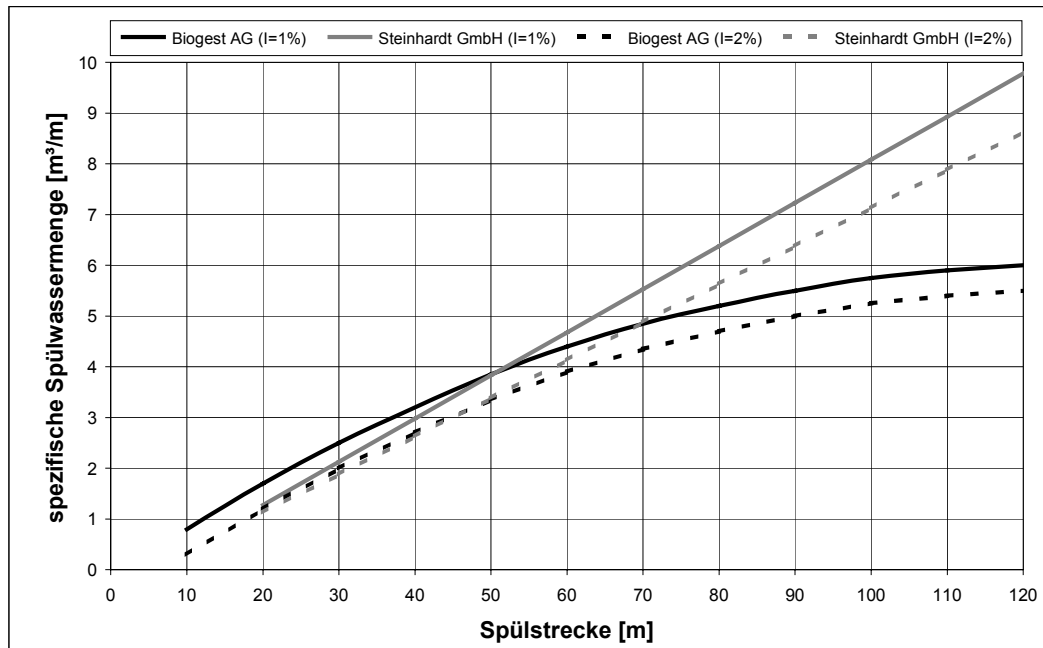


Bild 4.6: Bestimmung der spezifischen Spülwassermengen für Kammerspüleinrichtungen nach BIOGEST (2002) und STEINHARDT (2002)

Der Vergleich der Bemessungsvorschläge von BIOGEST (2002) und STEINHARDT (2002) macht deutlich, dass die erreichbaren Spülstrecken erst bei größeren spezifischen Spülvolumina ($> 5000 \text{ l/m}$) nennenswerte Differenzen aufweisen (SCHÜBLER, 2002). Grund dafür sind die unterschiedlich angenommenen Zusammenhänge zwischen Spülvolumina und Spülstreckenlängen. Bei sehr langen Spülstrecken wird die benötigte Spülwassermenge nach STEINHARDT (2002) deutlich größer sein als bei einer Bemessung nach BIOGEST (2002), was mit verschiedenen Vor- und Nachteilen verbunden sein kann. Nachteilig sind die höheren Baukosten für Spülkammern und Spülsumpf. Vorteilhaft ist die höhere Reinigungsleistung, wenn sie erforderlich wird.

4.4 Konstruktive Gestaltung von Bauwerkskomponenten

Der langfristig erfolgreiche Einsatz von Schwallspüleinrichtungen in Regenbecken erfordert die Einhaltung mehrerer konstruktiver Gestaltungskriterien. Die Bauwerkskomponenten Beckensohle und Beckenablauf sind davon betroffen. Die im Folgenden aufgeführten Maße zur konstruktiven Gestaltung einzelner Bauwerksteile beziehen sich im Wesentlichen auf den Einsatz von Spüleinrichtungen mit Spülbehältern (Spülkippe, Spültrommel, Spültopf) sowie von Kammerspüleinrichtungen (Vakuum-Kammer-Anlage, Kammer-Klappen-Anlage).

Zur Begrenzung der Konstruktionsbreite der Spüleinrichtungen sowie zur Gewährleistung einer wandparallelen Strömungsrichtung werden große Beckensohlflächen in mehrere Spülstrecken unterteilt. Die Spülstrecken sollten bestimmte Breiten und Längen nicht überschreiten (vgl. Tabelle 4.10). Grundsätzlich sind die Spülstrecken mit einem Längsgefälle zwischen 1 und 5 % zu versehen. Bei Längsgefällen unter 1 % nimmt die Pfützenbildung im Becken zu und die Reinigungsleistung ab. Bei Gefällen über 5 % steigt die Unfallgefahr bei Wartungsarbeiten an. Quergefälle der Sohlflächen bzw. Spülstrecken sind zu vermeiden, da die Spülwelle an Reinigungsleistung verliert. Mehrere nebeneinander angeordnete Spülstrecken sollten durch Leitwände mit einer Höhe von rund 0,5 m voneinander abgetrennt sein.

Für die Aufnahme des Spülwassers wird am Ende der Spülstrecke die Anordnung eines Spülumpfes gefordert. Durch einen ausreichend großen Spülumpf wird die Reflexion einer Spülwelle und die damit mögliche erneute Verschmutzung der Sohle verhindert. Zur Dimensionierung des Spülumpfes werden von allen Herstellern ähnliche Bemessungsempfehlungen gegeben. Nach BIOGEST (2002) soll der Spülumpf ein Volumen umfassen, das das 1,1fache der gleichzeitig zum Abfluss kommenden Spülwasservolumina beträgt. Die erforderliche Größe des Spülumpfes ermittelt sich nach Vorgaben von STEINHARDT (2002) aus der Summe der Spülwasservolumina und Ablagerungsmengen. Nach NIEHUES (2002) setzt sich das erforderliche Sumpfvolumen aus dem Spülwasservolumen und einem Aufschlag von 1 m³ zusammen. In Tabelle 4.10 sind Herstellerangaben zu verschiedenen Bauwerkskomponenten zusammengefasst.

Tabelle 4.10: Herstellerangaben zur konstruktiven Gestaltung von Bauwerkskomponenten bei Einsatz von Spülbehältern und Kammerspüleinrichtungen

Bauwerkskomponente	Herstellerangaben
Längsgefälle der Spülstrecke	1 – 5 %, optimal: 2 – 3 %
Volumen des Spülsumpfes	1 – 2 x Volumen des Troges
Längsgefälle des Spülsumpfes	> 5 %
Höhe der Leitwand	50 cm
Breite der Spülstrecke: KKA	< 5 - 7 m
Breite der Spülstrecke: VKA	< 10 m
Breite der Spülstrecke: Spülkippe	< 12 m
Länge der Spülstrecke in Becken	< 160 m
Länge der Spülstrecke in Kanälen	< 250 m
Beckenbreite / Beckenlänge	1 / (2 bis 4)

Zur Verbesserung der Reinigungsleistung bei großformatigen Abwasserkanälen schlagen STEINHARDT (2002) und BIOGEST (2002) eine Sohlprofilierung vor. Bild 4.7 verdeutlicht beispielhaft eine Sohlprofilierung für einen Kreisquerschnitt.

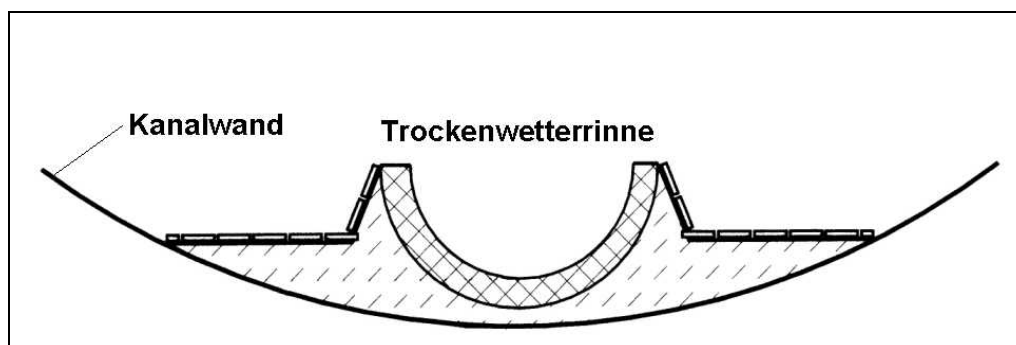


Bild 4.7: Schematische Darstellung einer Sohlprofilierung (STEINHARDT, 2002)

4.5 Schachtspüleinrichtungen

Schachtspüleinrichtungen sind vornehmlich fremdenergiefrei betriebene Anlagen, die zur Reinigung kleinformatischer Abwasserkanäle zum Einsatz kommen. Die in Regelschächten installierten Einrichtungen nutzen das Schachtvolumen zum Speichern des auf den angeschlossenen befestigten Flächen (z. B. Dachflächen,

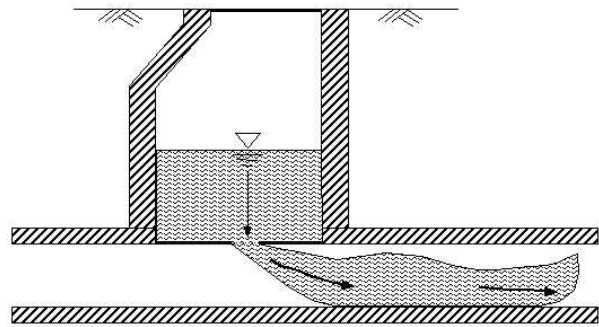


Bild 4.8: Schematische Darstellung einer Schachtspüleinrichtung

Straßen, Geh- und Radwege) anfallenden Regenwassers für eine nachfolgende Spülung. Das Regenwasser kann über Straßenabläufe oder separate Leitungen dem Spülschacht zugeführt werden. Eine einfache mechanische Vorreinigung des zufließenden Regenwassers (z. B. Passage durch Schlammeimer) scheint in vielen Fällen sinnvoll. Für die Befüllung des Spülschachtes kann auch Trinkwasser, Oberflächen- oder Grundwasser sowie Brauchwasser verwendet werden. In Bild 4.8 ist eine Schachtspüleinrichtung schematisch dargestellt.

Betrieb und Bemessung

Der Betrieb von Schachtspüleinrichtungen erfolgt üblicherweise selbsttätig ohne Einsatz von Fremdenergie. Infolge eines Niederschlagsabflussereignisses wird der Spülschacht mit Regenwasser befüllt. Mit dem Erreichen eines spezifischen Wasserstandes wird der Spülvorgang nach dem Heberprinzip ausgelöst, wodurch das Spülwasser schwallartig in den zu reinigenden Kanal strömt.

Die Reinigungsleistung von Schwallspüleinrichtungen wurde von allen befragten Betreibern als gut bis sehr gut bezeichnet. Alle im Rahmen der Umfrage inspizierten Einrichtungen wiesen lediglich geringe Verschmutzungen auf. Bei der Standortwahl des Einbauortes ist darauf zu achten, dass der Wasserstand in den zu reinigenden Haltungen möglichst gering ist, da vorhandene Wasserpolster die Reinigungsleistung mindern.

Ein großer Vorteil von Schachtspüleinrichtungen liegt darin begründet, dass sie insbesondere das bei den häufigen kleinen und mittleren Niederschlagsabflussereignissen anfallende Regenwasser zu Spülzwecken nutzen können.

In Tabelle 4.11 sind verschiedene betriebliche Aspekte von Schachtspüleinrichtungen zusammengefasst.

Tabelle 4.11: Betriebliche Aspekte der Schachtspüleinrichtung

ohne Fremdenergie	
Reinigungsleistung	
Spülstrecke	bis zu mehreren 100 m
Unterhalt	
Inspektionsintervall (Sichtkontrolle)	jährlich
Reinigungsintervall	nach Bedarf
Betrieb	
Einsatzbereich	DN 200 – DN 400 (Misch- oder Schmutzwasserkanal)
Steuerung	selbsttätig (ereignisabhängig)
mögliche Betriebsprobleme	Verschmutzung von Anlagenteilen, Dichtigkeit
Nutzungsdauer	
technische Einrichtung	20 Jahre
Bautechnik	50 Jahre

Die Bemessung von Schachtspüleinrichtungen kann mit Hilfe der von PISANO et al. (1979) für kleinformatische Abwasserkanäle ermittelten empirischen Formel durchgeführt werden. In der Gleichung sind die Parameter Spülwassermenge, Spülstrecke, Kanaldurchmesser und Sohlgefälle miteinander verknüpft.

$$V_s = \frac{(3,538 \cdot L^{1,45} \cdot D^{0,23})}{S^{1,40}}$$

V_s = Spülwassermenge [l] L = Spülstrecke [m]
 D = Kanaldurchmesser [m] S = Kanalsohlgefälle [‰]

Wesentliche Einflussgröße für die erreichbare Spülstrecke bzw. für die Reinigungsleistung ist die Spülwassermenge. Eine Vergrößerung des Spülvolumens lässt sich durch eine seitlich an den Spülschacht angebrachte Rohrkammer erreichen.

Produkte

Zwei in Deutschland gefertigte Schachtspüleinrichtungen sind der HydroFlush Kanalspüler und der Fabekun-Spülschacht. In Tabelle 4.9 sind verschiedene Produktinformationen der beiden Einrichtungen zusammengestellt. Eine schematische und eine reale Darstellung der beiden Spüleinrichtungen liefern Bild A7 und Bild A8 (Anhang).

Tabelle 4.12: Produktinformationen von Schachtspüleinrichtungen

Hersteller	Produktname	Volumen [m ³]	Vorteil	installierte Anlagen
Steinhardt GmbH	HydroFlush Kanalspüler	-	keine Verschleißteile, einfache Nachrüstung	68
Funke GmbH	Fabekun-Spülschacht	0,4 - 0,5	gute Selbstreinigung	100

Der HydroFlush-Kanalspüler besteht aus einer abnehmbaren, zylinderförmigen Glocke mit innenliegendem Ablaufrohr (Heber), einer Gerinneabdeckung (optional), einem Entlüftungsröhr (optional) und einer Revisionsöffnung. Die Bauteile werden in Edelstahl (Werkstoff 1.4301) gefertigt. Den Kanalspüler gibt es in verschiedenen Ausführungen. Er kann in Straßenabläufe, Kopfschächte und Zwischenschächte eingesetzt werden und ist besonders für die Nachrüstung in bestehende Kanäle geeignet. Vor der Spülung wird dem Schacht infolge eines Niederschlagsabflussereignisses Regenwasser zugeführt. Dadurch steigt der Wasserspiegel im Schacht bis der Heber anspringt und das gespeicherte Regenwasser dem angeschlossenen Kanal schwallartig zuführt. Die Entleerung des Schachts endet, wenn am unteren Rand der aufgesetzten Glocke eindringende Luft die Wassersäule abreißen lässt. Das noch zwischen Glocke und Ablaufrohr befindliche Wasser fließt wieder in den Schacht zurück und bildet einen Geruchsverschluss. Die im Schacht abgesetzten Regenwasserinhaltsstoffe werden mit dem abfließenden Spülwasser ausgetragen. Die Sogwirkung reicht oft nicht aus, um die auf der Sohle sedimentierten Schmutzstoffe vollständig zu remobilisieren.

Der Fabekun-Spülschacht geht auf ein Konzept von GIEHL (2002) zurück. Er wird als Betonfertigteil mit 1000 mm Höhe sowie einem Innendurchmesser von 1000 mm ausgeführt und lässt sich somit nur auf Schachtunterteile DN 1000 nach DIN 4034 aufsetzen. Im Schachtboden eingelassen sind eine verschließbare Kontrollöffnung für die TV-Inspektion, ein selbsttätig entlüftendes Überlaufrohr sowie eine im Tiefpunkt angeordnete Spülöffnung. Die Spülöffnung und eine um die Öffnung laufende Ringkammer wird durch eine schwimmfähige Kunststoffkugel verschlossen. Die Anwendung des Fabekun-Spülschachtes ist für Neubauten vorgesehen. Eine Nachrüstung der Einrichtung in bestehende Abwasserkanäle ist nur bei Sanierungsmaßnahmen vertretbar, da sonst mit erheblichen Mehraufwendungen gerechnet werden muss. Der Fabekun-Spülschacht wird in der Regel über zufließendes Regenwasser befüllt. Mit dem Erreichen eines sogenannten Sollwasserstandes springt das nach

dem Heberprinzip funktionierende selbst entlüftende Überlaufrohr an. Dadurch wird die um die Spülöffnung liegende Ringkammer geflutet und drückt die Kunststoffkugel aus ihrer Ruhelage. Durch die nun wirkende größere Auftriebskraft springt die Kugel an die Wasserspiegeloberfläche und gibt die Spülöffnung frei. Das gespeicherte Spülwasser kann schwallartig ausströmen. Abgesetzte Regenwasserinhaltsstoffe können durch den Entleerungsstrom aus dem Spülschacht ausgetragen werden.

Weitere Informationen zu Konstruktion und Betrieb der betrachteten Schachtspüleinrichtungen sind den jeweiligen Produktunterlagen (STEINHARDT, 2002; FUNKE, 2000) zu entnehmen.

4.6 Kanalvolumen aktivierende Spüleinrichtungen

Hauptkomponente Kanalvolumen aktivierender Schwallspüleinrichtungen (KAS) sind die sogenannten Verschluss- bzw. Sperrorgane, die quer zur Fließrichtung im Abwasserkanal angeordnet werden. Der Spülbetrieb von KAS setzt sich grundsätzlich aus einer Stau- und einer Spülphase zusammen. In der Stauphase verschließen die Sperrorgane den Abflussquerschnitt und stauen das zufließende Abwasser bis zu einem bestimmten Wasserstand auf. Die Aufstauhöhe wird durch eine Reihe von Randbedingungen, wie z. B. Konstruktion, Abflussverhältnisse, Reinigungsaufgabe oder bauliche Gegebenheiten bestimmt. Dadurch wird das im Oberstrom der Sperrstelle vorhandene Kanalvolumen bis zu mehreren Stunden aktiviert und als Speicher- raum für das zufließende Abwasser genutzt. In der Spülphase wird der versperrte Abflussquerschnitt und das aufgestaute Abwasser für die Schwallspülung wieder freigegeben. Der Öffnungsvorgang ist von der Konstruktion und Betriebsweise der KAS abhängig. Hohe Öffnungsgeschwindigkeiten begünstigen die Reinigungswir- kung der erzeugten Schwallwellen. Zu den Kanalvolumen aktivierenden Schwall- spüleinrichtungen gehören

- Spülklappe,
- Spülschieber,
- Spülwehr und
- Spülschütz.

Die ebenfalls zu den Kanalvolumen aktivierenden Spüleinrichtungen zählenden Ein- richtungen Drehbogen, Schlauchwehre und Spülsack haben zur Zeit aus verschie- denen Gründen für die Kanalreinigung eine untergeordnete Bedeutung. Sie werden in einem nachfolgenden Kapitel beschrieben.

Je nach Art und Ausstattung werden die Einrichtungen mit oder ohne Fremdenergie betrieben. Die mit Fremdenergie betriebenen Reinigungsanlagen können mit Hilfe von Wasserstandsmessgeräten und bei Vorhandensein entsprechender steuerungs- bzw. regeltechnischen Einrichtungen gemäß den örtlichen Gegebenheiten lokal oder global gesteuert werden. Bei entsprechender steuerungstechnischer Ausrüstung können diese Einrichtungen in Form einer Reihen- oder Parallelschaltung miteinan- der gekoppelt werden.

4.6.1 Spülklappe

Kennzeichnend für alle Spülklappen ist die Bewegungsart des Verschlussorgans. Beim Öffnen und Verschließen des Abflussquerschnittes dreht das Verschlussorgan um eine horizontal angeordnete Drehachse. Je nach Konstruktion liegt sie innerhalb oder außerhalb des Verschlussorgans. Von älteren Klappen, die manuell oder halbautomatisch betrieben werden mussten, sind auch vertikale Drehachsen bekannt (siehe Kap. 2.2). Sie werden im Folgenden nicht weiter betrachtet. In Bild 4.9 sind drei verschiedene Schwallspülklappen schematisch dargestellt. Es handelt sich hierbei um die ohne Fremdenergie arbeitende selbsttätige Spülklappe sowie hydraulisch bzw. pneumatisch betriebene Spülklappen mit Fremdenergie. Letztgenannte verschließen und öffnen den Abflussquerschnitt mit Hilfe hydraulischer oder pneumatischer Aggregate.

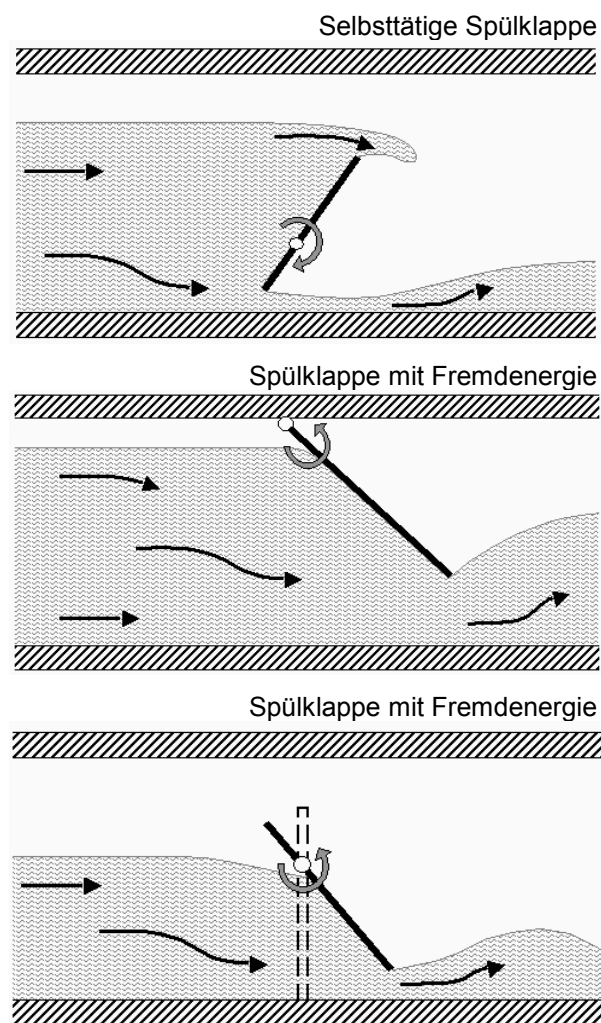


Bild 4.9: Schematische Darstellung verschiedener Spülklappen

Betriebliche Aspekte

Die Reinigungsleistung der Schwallspülklappen beträgt in Abhängigkeit der örtlichen Gegebenheiten, wie z. B. Aufstauvolumen, Trassenführung oder Wasserpolster, mehrere 100 m. Bei günstigen Randbedingungen können Spülstrecken von über 1.000 m erreicht werden (DOHMANN & DETTMAR, 2002; LORENZEN, 2002; LIWA-TECH, 1999). Der Strombedarf der hydraulisch und pneumatisch betriebenen Einrichtungen ist gering. In Tabelle 4.13 sind betriebliche Aspekte von Schwallspülklappen zusammengefasst.

Tabelle 4.13: Betriebliche Aspekte der Schwallspülklappe

	mit Fremdenergie	ohne Fremdenergie
Reinigungsleistung		
Spülstrecke	mehrere 100 m	
Unterhalt		
Inspektionsintervall (Sichtkontrolle)	4 x pro Jahr	1 - 4 x pro Monat
Reinigungsintervall	nach großen NAE, nach Bedarf	1 x pro Monat, nach Bedarf
Wartungsintervall (Funktionskontrolle)	1 - 4 x pro Jahr	0,5 - 1 x pro Jahr, nach Bedarf
Betrieb		
elektrische Anschlussleistung	0,75 - 2,2 kW	-
Steuerung	lokal, global (DFÜ erforderlich)	lokal (ereignisabhängig)
mögliche Betriebsprobleme	Verschmutzung von Anlagenteilen, Dichtigkeit	
Nutzungsdauer		
technische Einrichtung	20 - 25 Jahre	5 - 10 Jahre
Maschinentechnik	20 - 25 Jahre	-
Mess- und Steuereinrichtung	10 Jahre	-

Die Aufwendungen für Inspektionen und Reinigungsarbeiten können je nach Klappentyp und Einsatzfall beachtlich sein.

Produkte

In Deutschland ist die Verbreitung von Schwallspülklappen im Vergleich zu den in Becken installierten Einrichtungen gering. In Tabelle 4.14 sind Produktinformationen von Schwallspülklappen von drei an der Umfrage beteiligten Herstellern zusammengestellt.

Tabelle 4.14: Produktinformationen von Schwallspülklappen

Hersteller	Produktname	Einsatzbereich	Betrieb	Antrieb	Installierte Anlagen
Physiker Büro Berlin PG	Berliner Klappe	DN300 - DN2000	oF	mechanisch	20 ^{*)}
Rotaria PG	Stau- und Spül- klappe	DN1000 - DN3000	mF	hydraulisch	4
Liwatech PG	Pulsator	DN1000 - DN2000	mF	pneumatisch	1
	Universal	> DN2000	mF	pneumatisch	2
oF / mF = mit / ohne Fremdenergie) in Deutschland installierte Klappen (ohne Hydrass Valve)					

4.6.1.1 Selbsttätige Spülklappe

Selbsttätige Schwallspülklappen sind für eine kontinuierliche Reinigung von Abwasserkanälen bei Trockenwetter ausgelegt. Diese ohne Fremdenergie arbeitende Spüleinrichtung wird in Deutschland „Berliner Klappe“ und in Frankreich „Hydrass Valve“ genannt. In zwei Forschungsvorhaben (DOHMANN & DETTMAR, 2002; LORENZEN, 2000) wurden betriebliche und wirtschaftliche Aspekte dieses Gerätes untersucht.

Konstruktion

Die Spülklappe besteht im Wesentlichen aus einem in Edelstahl gefertigten Rahmen und einer Klappe (Verschlussorgan) aus Aluminium. Die Klappe wird über eine Achse drehbar in den Rahmen eingehängt. Um ein Schließen der Klappe zu ermöglichen, ist der unterhalb der Drehachse befindliche Teil mit Gewichten ausgestattet. Es existieren zwei Bauformen, eine für begehbare und eine für nicht begehbare Abwasserkanäle. In begehbaren Kanälen werden die Klappen in der Haltung installiert und verschließen maximal 2/3 des Rohrquerschnittes, so dass bei Betriebsstörungen eine Überströmung möglich ist. Die Klappen für nicht begehbare Kanäle werden im Schachtbereich angeordnet, so dass auch hier eine Überströmungsmöglichkeit im Störfall gegeben ist. Bei allen bestehenden Abwasserkanälen ist einfache Nachrüstung möglich. In Bild A9 (Anhang) sind die Bauteile einer selbsttätigen Spülklappe benannt.

Betriebliche Aspekte

In Abhängigkeit der geometrischen bzw. konstruktiven Gestaltung und der Gewichtsverteilung sowie den wasserspiegelverursachenden Drehmomenten wird der Abflussquerschnitt durch die Klappe frei gegeben oder verschlossen. Bei Niederschlagsabflussereignissen und entsprechend hohen Wasserständen im Kanal bleibt die Klappe in einer geöffneten Position. DOHMANN & DETTMAR (2002) geben folgende Einsatzbereiche und Anwendungsrandbedingungen für selbsttätige Schwallspülklappen an:

- Mischwasserkanäle und Stauraumkanäle: DN 300 – DN 2000,
- Abfluss: $5 \text{ l/s} < Q_{t24} \ll Q_{\text{voll}}$,
- erschwerte Zugänglichkeit von Kanalstrecken und
- Anbindung an Stromversorgung ist unwirtschaftlich.

Eine Kopplung einzelner Anlagen ist aufgrund der fehlenden steuerungstechnischen Ausrüstung nicht möglich. Folgende, den örtlichen Gegebenheiten anzupassende Betriebsstrategien können verfolgt werden:

- stationärer Betrieb (temporär, dauerhaft) und
- mobiler Betrieb.

Beim stationären Betrieb werden die Klappen an einem Standort im Kanal installiert und dort zeitlich befristet oder dauerhaft betrieben. Beim mobilen Betrieb werden die Klappen in einem bestimmten Zeitintervall (z. B. monatlich) in Fließrichtung versetzt. Bei der Umsetzung der verschiedenen Betriebsstrategien fallen aufgrund der jeweils durchzuführenden Maßnahmen (Anzahl der Inspektionen, Umsetzungen der Klappe) unterschiedlich hohe Betriebskosten an. Tabelle 4.15 präsentiert Intervalle von Unterhaltsmaßnahmen.

Tabelle 4.15: *Empfohlene Unterhaltsmaßnahmen (nach DOHMANN & DETTMAR, 2002)*

Intervall	normale hydraulische Beanspruchung	starke hydraulische Beanspruchung
Inspektion	1 - 2 x pro Monat	1 x pro Woche
Reinigung	1 x pro Monat und nach Bedarf	nach jedem größeren NAE
Dichtungswechsel	1 x alle 2 Jahre und nach Bedarf	1 x pro Jahr und nach Bedarf

Die Anzahl der Inspektions- und Reinigungsintervalle kann bei entsprechenden Betriebserfahrungen reduziert werden.

4.6.1.2 Hydraulisch betriebene Spülklappe

Von hydraulisch betriebenen Spülklappen ist nur die von der Rotaria Personengesellschaft neu entwickelte Stau- und Spülklappe bekannt. Diese mit Fremdenergie arbeitende, automatische Reinigungseinrichtung wurde für den Einsatz in großformatigen Abwasserkanälen, insbesondere Stauraumkanälen, konzipiert. Neben der Anwendung zu Spülzwecken bei Trockenwetter kann sie im Rahmen von Bewirtschaftungsmaßnahmen auch zur gezielten Aktivierung von Kanalspeicherraum bei Niederschlagsabflussereignissen (NAE) eingesetzt werden.

Konstruktion

Die Einrichtung setzt sich im Wesentlichen aus den Komponenten Verschluss-scheibe, Hydraulikzylinder, Hydraulikaggregat, Wasserstandsmessung sowie einer Steuerungseinheit zusammen. Kernstück der Schwallspülanlage bildet die aus hochwertigem Edelstahl gefertigte Verschluss-scheibe, die aus zwei Einzelscheiben (groß und klein) zusammengesetzt ist (siehe Bild A10, Anhang). Die Verschluss-scheibe wird von dem Hydraulikzylinder um eine oberhalb des Kanalrohres angeordnete Achse gedreht. Beim Schließvorgang drückt der Hydraulikzylinder die kleine starre Scheibe und die große elastisch gelagerte Scheibe auf einen Stahldichtungsring. Aufgrund ihrer konstruktiven Gestaltung benötigt die Stau- und Spülklappe ein besonderes Bauwerk. Daher ist eine Nachrüstung der Einrichtung in bestehenden Abwasserkanälen nur mit größeren baulichen Aufwendungen möglich.

Betriebliche Aspekte

Die steuerungstechnische Ausrüstung der Klappe erlaubt einerseits gezielte Reinigungsmaßnahmen im Anschluss an ein NAE und andererseits einen regelmäßigen bzw. kontinuierlichen Spülbetrieb bei Trockenwetter. Der Aufwand für die Reinigung von Stau- und Spülklappen ist abhängig von der Betriebsweise. Große NAE können bei entsprechenden örtlichen Verhältnisse einen Einstau der Klappe verursachen, so dass Reinigungsmaßnahmen erforderlich werden. Zur Sicherung eines störungsfreien Klappenbetriebes geben DOHMANN & DETTMAR (2002) folgende Inspektions- und Wartungsintervalle an.

- Inspektionsintervall: 1 x pro Monat und nach Bedarf
- Wartungsintervall: 1 x pro Jahr

Der Betrieb des Hydraulikaggregates und der MSRN - Technik machen regelmäßige Wartungsarbeiten erforderlich. Eine Reinigung der Klappe sollte bedarfsabhängig durchgeführt werden.

4.6.1.3 Pneumatisch betriebene Spülklappe

Pneumatisch betriebene Spülklappen sind für die Reinigung von Abwasserkanälen bei Trockenwetter entwickelt worden. Die steuerungstechnische Ausrüstung erlaubt auch eine Anwendung der Einrichtung zu Bewirtschaftungszwecken bei Niederschlagsabflussereignissen.

Konstruktion

Die Spülklappen setzen sich aus einem drehbar gelagerten rahmenlosen Klappenkörper mit aufblasbarer Gummidichtung, einem Pneumatikzylinder aus Edelstahl, einer Betriebsstation zur Druckluftherzeugung und einer elektropneumatischen Steuerung, zwei Ultraschallsonden sowie Betriebs- und Steuerleitungen zusammen. Der komplett in Edelstahl (Werkstoff 1.4301) gefertigte Klappenkörper besteht aus einem mehrteiligen Rohrfachwerk mit Blechbeplankung (siehe Bild A11, Anhang). Die Dichtung aus Ethylen-Propylen-Terpolymer-Kautschuk (EPDM) wird durch eine Verschraubung mit dem Rand des Klappenkörpers verbunden. In der Stauphase verschließt sie den Randspalt zwischen Klappenkörper und Kanalwand wasserdicht. Daher werden Wasserverluste beim Anstauen verhindert. Um Beschädigungen an der Dichtung zu verhindern und bauliche Unebenheiten auszugleichen, wird ein Edelstahlblech auf die Kanalwand gedübelt. Die mit den Einbauten verbundene Reduzierung des Abflussquerschnittes ist gering. Der Pneumatikzylinder gewährleistet eine schlagartige Freigabe des aufgestauten Spülwassers, wodurch hochturbulente Kopfwellen entstehen können. Je nach Bauart ist die Drehachse in der oberen (Typ „Pulsator“) oder in der unteren Hälfte (Typ „Universal“) des Kanalquerschnitts angeordnet. Bauart und Form der Klappen werden durch die Kanalgröße und durch das Kanalprofil bestimmt. Der Pulsator ist für den Einsatz in Querschnitten bis DN 2000, die Klappe Universal für Profile ab DN 2000 konzipiert. Für eine Fremdbefüllung des aktivierbaren Kanalspeicherraumes kann optional eine selbstansaugende Pumpe installiert werden. Beide Klappentypen können in vorhandene Abwasserkanäle über Standardschachtöffnungen nachträglich installiert werden. Die Konstruktionen erlauben eine Unter- und Überströmung der Einrichtung bei Niederschlagsabflussereignissen. Gegengewichte zum Klappenkörper bewirken im Störfall eine automatische Freigabe des Abflussquerschnittes.

Betriebliche Aspekte

Die Klappen sind aufgrund ihrer individuellen Anpassung und Fixierung an den Kanalquerschnitt nur ortsfest zu betreiben. Der Spülbetrieb wird über die im Abwasserkanal angebrachten Ultraschallsonden sichergestellt. Die mit der aufblasbaren Gummidichtung verbundene Dichtigkeit in der Stauphase, macht auch einen Betrieb dieser Einrichtungen bei niedrigen Trockenwetterabflüssen möglich. Gesicherte Betriebserfahrungen liegen bisher noch nicht vor.

Da die mit vielen Gelenken und Leitungen versehenen Klappen einen häufigen Abwasserkontakt haben, sind für einen langfristig erfolgreichen Betrieb regelmäßige Unterhaltsmaßnahmen erforderlich. Diese umfassen Inspektionen (Sichtkontrollen), Reinigungs- und Wartungsarbeiten. Neben der Entfernung von Schmutzstoffen sind der Ölstand des Verdichters, die mechanische Funktionsfähigkeit der Einrichtung sowie eine Dichtigkeitskontrolle des Systems durchzuführen. Mindestens einmal jährlich ist eine Regeneration der Trockenmittelpatrone erforderlich. Ein Austausch der SPS-Pufferbatterie ist 6 Jahre nach der Installation der Einrichtung durchzuführen. Es wird eine Gesamtnutzungsdauer der Anlage von etwa 20 Jahren angenommen.

4.6.2 Versenkbares Wehr

Das versenkbare Wehr ist eine mit Fremdenergie betriebene Kanalvolumen aktivierende Spüleinrichtung. Der Bereich im Oberstrom eines Wehres oder der Abschnitt zwischen zwei Wehren wird als Kaskade bezeichnet. Aus wirtschaftlichen Gründen werden versenkbare Wehre primär zur Kanalnetzbewirtschaftung eingesetzt. Ein positiver Nebeneffekt dieser

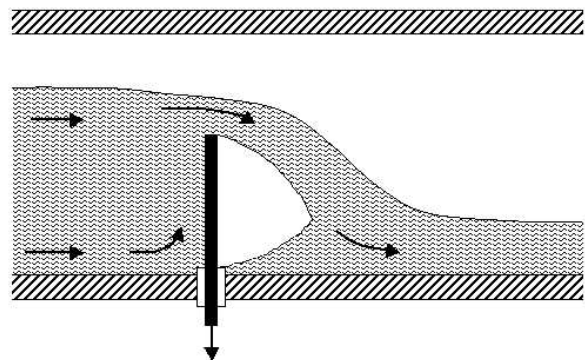


Bild 4.10: Schematische Darstellung eines versenkbaren Wehres

Technik liegt in ihrer Anwendung zu Spülzwecken. Versenkbare Wehre können auch an den Schnittstellen zwischen Kanalisation und Gewässer angeordnet werden. Bild 4.10 zeigt eine schematische Darstellung eines versenkbaren Wehres. Bild A12 (Anhang) präsentiert ein Wehr in einem Mischwasserkanal DN 2000.

Konstruktion

Das versenkbare Wehr setzt sich im wesentlichen aus einem in der Sohle eingelassenen Wehrkasten, einer Wehrplatte (Verschlussorgan), einem Führungsrahmen mit aufblasbaren Dichtungen, zwei Hydraulikzylindern mit Antriebsaggregaten sowie einer mess- und steuerungstechnischen Ausrüstung zusammen. Die planparallele 200 mm starke Wehrplatte besitzt einen Stahlbetonkern, der mit Edelstahlplatten (Werkstoff 1.4571) luft- und wasserdicht ummantelt ist. Die zwei Hydraulikzylinder, die außerhalb des mit Abwasser durchströmten Bereichs angeordnet sind, heben und senken die Wehrplatte mit einer Geschwindigkeit von bis zu 6 m/min. Dabei

dient die aus Kunststoff gefertigte Dichtung als Führungselement. Die Wehrplatte kann sohlsprungfrei in den Wehrkasten abgesenkt werden.

Betriebliche Aspekte

Die steuerungs- und fernwirktechnische Ausrüstung der Wehre macht einen automatischen Betrieb von einer zentralen Leitwarte möglich. Alle betriebsrelevanten Parameter (Zustandsinformationen, Messdaten) werden zur Leitwarte übertragen und gespeichert und können fernabgefragt werden. Daher ist eine zentrale Fernüberwachung der Wehre möglich. Die technische Ausrüstung erlaubt einen quasi-kontinuierlicher Spülbetrieb, der in der Regel wasserstandsabhängig gesteuert wird. Die Reinigungsleistung von versenkbaaren Wehren beträgt in Abhängigkeit der örtlichen Gegebenheiten, wie z. B. Aufstauvolumen, Trassenführung oder Wasserpolster, mehrere 100 m. Bei günstigen Randbedingungen sollen sogar Spülstrecken von mehreren 1.000 m erreichbar sein (ASA TECHNIK, 2001). In Tabelle 4.16 sind betriebliche Informationen des versenkbaaren Wehres zusammengestellt.

Tabelle 4.16: Betriebliche Aspekte des versenkbaaren Wehres

	mit Fremdenergie
Reinigungsleistung	
Spülstrecke	mehrere 100 m
Unterhalt	
Inspektionsintervall (Sichtkontrolle)	nach Bedarf
Wartungsintervall (Funktionskontrolle)	nur bei Störung
Betrieb	
elektrische Anschlussleistung	13 kW
Steuerung	lokal, global (inkl. Fernwirktechnik)
mögliche Betriebsprobleme	nicht bekannt
Nutzungsdauer	
technische Einrichtung	25 Jahre
Maschinentechnik	20 Jahre
Mess- und Steuereinrichtung	10 Jahre

Von den im Einsatz befindlichen Einrichtungen sind keine Betriebsprobleme bekannt. Die aufblasbaren Dichtungen erlauben eine wasserverlustfreie Stauphase. Der Betrieb der Wehre macht keine Reinigungsarbeiten an den Wehren erforderlich.

Die Anwendung versenkbarer Wehre zu Spülzwecken in Stauraumkanälen wurde in verschiedenen Forschungsvorhaben betrachtet (z. B. KRAUTH et al., 2001; DOHMANN & DETTMAR, 2002). Die in den Sohlbereichen der langgestreckten Mischwasserbehandlungsanlagen gebildeten Ablagerungen konnten problemlos entfernt werden. Im unmittelbaren Bereich vor dem Drosselbauwerk kam es aber aus unterschiedlichen Gründen zur erneuten Ablagerungsbildung bzw. zur Verfrachtung von Sedimenten aus dem Oberstrom. DOHMANN & DETTMAR, (2002) nennen Möglichkeiten zur Verminderung oder gar Vermeidung einer Ablagerungsakkumulation vor dem Drosselbauwerk (vgl. Kap. 5.4).

Produkt

Versenkbare Wehre werden ausschließlich von der ASA Technik GmbH gefertigt und vertrieben. In Tabelle 4.14 sind verschiedene Produktinformationen des versenkbaren Wehres der zusammengestellt.

Tabelle 4.17: Produktinformationen vom versenkbaren Wehr

Hersteller	Produktname	Einsatzbereich	Betrieb	Antrieb	installierte Anlagen
ASA Technik GmbH	Kaskaden- und Entlastungswehr	> DN1000	mF	hydraulisch	50 ^{*)}
mF = mit Fremdenergie *) Anwendung zu Spül- und Steuerungszwecken					

Die Installation von versenkbaren Wehren ist sowohl bei neu zu verlegenden als auch bei bestehenden Abwasserkanälen mit erheblichem Aufwand verbunden.

4.6.3 Spülschieber

Spülschieber sind vierseitig dichtende Verschlussorgane, die den kompletten Kanalquerschnitt verschließen. Je nach Ausführungsart werden sie mit oder ohne Fremdenergie betrieben. Bild 4.11 zeigt eine schematische Darstellung und die prinzipielle Funktionsweise eines Spülschiebers. Grundsätzlich werden Schie-

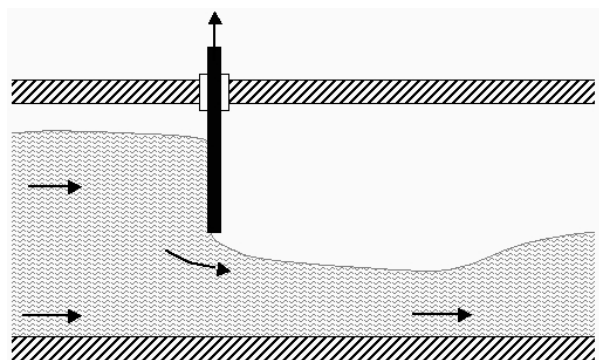


Bild 4.11: Schematische Darstellung eines Spülschiebers

ber zu verschiedenen betrieblichen Maßnahmen wie z. B. Absperren, Umleiten oder Drosseln von Abflüssen eingesetzt. Die gezielte Anwendung zu Reinigungszwecken in Abwasserkanälen wird vergleichsweise selten praktiziert.

Konstruktion

Die wesentlichen Bauteile eines Spülschiebers sind die Schieberplatte, das Dichtungselement und das Antriebsaggregat. Die Schieberplatten werden vornehmlich aus Guss oder Edelstahl gefertigt und werden entsprechend dem Kanalquerschnitt angepasst. Die Schieberplatten können über Spindeln, Hydraulikzylinder, Zugseile und andere Aggregate bewegt werden. Einige Schieberkonstruktionen sind mit seitlichen Führungsschienen ausgestattet. Als Dichtungsmaterialien werden Weichmetalle, Gummi oder Kunststoffe eingesetzt. Der Einbau von Spülschiebern in vorhandene Kanäle über eine Standardschachthöffnung lässt sich allenfalls bei nicht begehbaren Kanälen vornehmen. Einige Schieberkonstruktionen können nur in besonderen Schachtbauwerken betrieben werden oder benötigen zu Montagezwecken besondere Einstiegsöffnungen.

Betriebliche Aspekte

Der Spülbetrieb des Schiebers beginnt mit dem Einstau des zufließenden Abwassers durch Absenken der Schieberplatte bis auf die Kanalsole. Das Stauziel kann über dem Kanalscheitel liegen. Zur Spülung wird die Schieberplatte nach oben aus dem Kanalquerschnitt herausgezogen, so dass das zuvor aufgestaute Abwasser unter der Schieberunterkante schwallartig abfließen kann.

Die Reinigungsleistung der durch Spülschieber erzeugten Schwallwellen beträgt in Abhängigkeit der örtlichen Gegebenheiten, wie z. B. Aufstauvolumen, Trassenführung oder Wasserpolster, mehrere 100 m. Bei Spülversuchen mit Schiebern in großformatigen Mischwasserkanälen der Stadt Hannover wurde deutlich, dass viele kleine Schwallwellen eine größere Reinigungsleistung als einzelne große Schwallwellen erreichen. Es ist vorteilhaft, wenn die Schwallwellen direkt auf die vorhandenen Ablagerungen treffen. Darüber hinaus führen Richtungs-, Querschnitts- und Gefälleänderungen der Kanäle, Schächte und vorhandenen Ablagerungen zur Reduzierung der erzeugten Schubspannungen (LORENZEN et al., 1997).

Spülschieber können je nach steuerungstechnischer Ausrüstung sowie den anstehenden Reinigungsaufgaben wasserstands- und/oder zeitabhängig betrieben werden. Die mit Fremdenergie betriebenen Einrichtungen werden automatisch betätigt und können bei entsprechender Steuerungstechnik auch ferngesteuert werden. Nur sie können für einen quasi-kontinuierlichen Spülbetrieb herangezogen werden. Der Strombedarf ist gering. Fremdenergiefreie Spülschieber müssen manuell oder mit

geeigneten Hilfsmitteln (z. B. Handkurbel) betätigt werden. Im Störfall besteht bei Schiebern grundsätzlich die Gefahr des unkontrollierten Aufstaus zufließender Abwassermengen, weshalb häufig Bypassleitungen oder Notentlastungen angeordnet werden. In Tabelle 4.18 sind verschiedene betriebliche Aspekte von Spülschiebern zusammengefasst.

Tabelle 4.18: Betriebliche Aspekte des Spülschiebers

	mit Fremdenergie	ohne Fremdenergie
Reinigungsleistung		
Spülstrecke	mehrere 100 m	
Unterhalt		
Inspektionsintervall (Sichtkontrolle)	nach Bedarf	jährlich, nach Bedarf
Reinigungsintervall	nach großen NAE, nach Bedarf	nach Bedarf
Wartungsintervall (Funktionskontrolle)	halbjährlich, bei Störung	-
Betrieb		
elektrische Anschlussleistung	1 - 8 kW	-
Steuerung	lokal, global (DFÜ erforderlich)	manuell
mögliche Betriebsprobleme	Drehmomentüberschreitungen Verschmutzung von Anlagenteilen, Dichtigkeit	Verschmutzung von Anlagenteilen, Dichtigkeit
Einsatzbereich	bis DN 3000	bis DN 1000
Nutzungsdauer		
technische Einrichtung	20 - 50 Jahre	
Maschinenteknik	20 Jahre	-
Mess- und Steuereinrichtung	10 Jahre	-

Drehmomentüberschreitungen infolge von Ablagerungen unterhalb der Schieberplatten können in vielen Fällen dadurch vermieden werden, dass zu Beginn des Schließvorganges der Abflussquerschnitt nicht gänzlich versperrt wird. Die damit erreichte Querschnittsreduzierung bewirkt eine Erhöhung der Fließgeschwindigkeiten und Schubspannungen verbunden mit einem Abtransport der Ablagerungen.

Bei der Stadt Frankfurt am Main befinden sich heute noch rund 6.000 Handzugschieber, vornehmlich in nicht begehbaren Mischwasserkanälen, im Einsatz. In Verbindung mit rund 500 manuell zu bedienenden Spültüren wird eine halbjährliche flä-

chendecken Reinigung von etwa 20 % des gesamten Mischsystems durchgeführt (siehe Bild A13, Anhang). Voraussetzungen für die Anwendung dieser alten Reinigungsmethode sind eine hohe Netzvermaschung, die Möglichkeit Abwasserströme von abflussstarken in abflussschwache Kanälen umzuleiten sowie entsprechend viel installierte Spülgänge.

Produkte

Schieber werden von zahlreichen deutschen Herstellern angeboten. In Tabelle 4.14 sind Produktinformationen von den Schiebern, die für Spülmaßnahmen entwickelt worden sind oder zu diesen überwiegend genutzt werden, zusammengestellt.

Tabelle 4.19: Produktinformationen von Spülschiebern

Hersteller	Produktname	Einsatzbereich	Betrieb	Antrieb	Anlagen
ASA Technik GmbH	Schwall-Drossel-Schieber	< DN1000	mF	mechanisch hydraulisch	5 ^{*)}
Rotaria PG	Spül- und Regelschieber	< DN1000	mF	hydraulisch	1
AWK Passavant GmbH	Absperrschieber	bis DN 3000	mF/oF	elektrisch manuell	k. A.
mF / oF = mit / ohne Fremdenergie ; k. A. = keine Angabe *) Anwendung zu Spül- und Steuerungszwecken					

Der Schwall-Drossel-Schieber (SD-Schieber) der ASA Technik GmbH kann sowohl zur Schwallspülung bei Trockenwetter als auch zur Abflussdrosselung bei Niederschlagsabflussereignissen eingesetzt werden. Die Einrichtung setzt sich aus den Bauteilen Grundelement, hydraulisches Steuerungselement, Schieberelement, Dichtungselement und einer steuerungstechnischen Ausrüstung zusammen (siehe Bild A14, Anhang). Das Grundelement besteht aus einer um 60° gegen die Schachtwand geneigten Stahlbetonfundament auf die das Dichtungselement (Werkstoff Polyethylen) und der Hydraulikzylinder (Werkstoff der Kolbenstange 1.4571) befestigt sind. Das Schieberelement besteht aus einer in Edelstahl gefertigten Schieberplatte (Werkstoff 1.4571) und gleitet beim Öffnen oder Schließen eines Kanalquerschnittes auf dem Dichtungselement. Die Öffnung eines Abwasserkanals DN 1000 dauert etwa 5 Sekunden. Optional kann der SD-Schieber auch mit einem mechanischen Steuerungselement ausgerüstet werden. Eine Installation der Einrichtung in vorhandene Abwasserkanäle ist über Standardschachtöffnungen nicht möglich. Bei Kanalquerschnitten größer DN 400 erfordert der Betrieb des SD-Schiebers ein besonderes Bauwerk. Eine Belegung der Spüleinrichtung mit Schmutzstoffen wird im Störfall

durch eine Temperaturerhöhung des Hydrauliköls automatisch erkannt und durch eine Störmeldung angezeigt. Die Verschmutzung muss manuell beseitigt werden. Daher ist eine Reinigung und Wartung nur bei Ausgabe von Störmeldungen erforderlich. Das Dichtungselement muss allerdings in Abhängigkeit der aus dem Betrieb resultierenden Beanspruchungen regelmäßig gewechselt. Bisher liegen noch keine gesicherten betrieblichen Erfahrungen vor.

Die Rotaria PG bietet einen hydraulisch betriebenen Spül- und Regelschieber an. Die wesentlichen Bauteile dieser Einrichtung sind die vertikal gleitende Schieberplatte, die Gummidichtung, der Hydraulikzylinder, das Hydraulikaggregat sowie die mess- und steuerungstechnische Ausrüstung. Schieberplatte und Hydraulikzylinder sind in Edelstahl (Werkstoff 1.4571) gefertigt. Bisher liegen noch keine gesicherten betrieblichen Erfahrungen vor. Bild A15 (Anhang) zeigt einen Spül- und Regelschieber in einem Mischwasserkanal.

Die AWK Passavant GmbH fertigt Absperrschieber aus Gusseisen (Werkstoffe GG 20, GGG 50) oder Edelstahl (1.4301, 1.4571) in verschiedenen Größen und Bauformen. Die zu Absperraufgaben konzipierten Schieber können auch zur Schwallspülung eingesetzt werden. Sie bestehen im Wesentlichen aus einer Platte, einem Rahmen, Seitenschienen, einem Führungselement und einem Antriebsaggregat (siehe Bild A16, Anhang). Die aus Guss gefertigten Einrichtungen sind mit einer Weichmetalldichtung ausgestattet, wobei kleinformatige Platten mit einer angeschweißten Bronzedichtung und größere mit angeschraubter Messingdichtung versehen sind. Die Dichtigkeit der aus Edelstahl bestehenden Einrichtungen wird mit einer Gummidichtung zwischen Rahmen und Platte gewährleistet. Als Führungselemente kommen verschiedene Spindelbauarten und Handzugstangen zur Anwendung. Elektromotoren, Handräder und -kurbeln dienen als Antriebsaggregate. Die getriebeunteretzten Elektromotoren sind mit Wegmeßsystemen und Drehmomentabschaltung ausgerüstet. Die Montage der Schieber erfolgt durch Dübelverbindung mit einer geeigneten Wand oder durch Eingießen der Einrichtungen in vorbereitete seitliche Aussparungen.

4.6.4 Spülschütz

Spülschütze sind dreiseitig dichtende Verschlussorgane, die den Kanalquerschnitt teilweise verschließen. Sie können über- und unterströmt werden. Je nach Ausführungs- und Bauart werden sie mit oder ohne Fremdenergie betrieben. Eine schematische Darstellung und die prinzi-

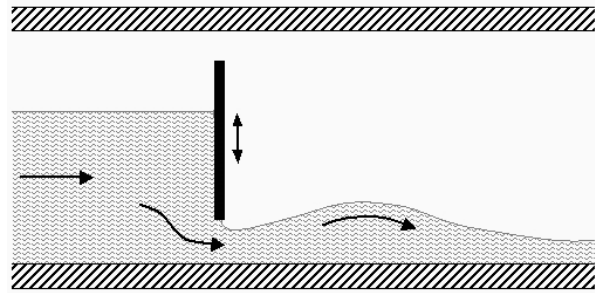


Bild 4.12: Schematische Darstellung eines Spülschützes

pielle Funktionsweise eines Spülschützes präsentiert Bild 4.12. Grundsätzlich werden Schütze im Abwasserbereich zu verschiedenen betrieblichen Maßnahmen, wie z. B. Absperren, Umleiten oder Drosseln von Abflüssen, eingesetzt. Die gezielte Anwendung zu Reinigungszwecken in Abwasserkanälen wird vergleichsweise selten praktiziert.

Konstruktion

Die wesentlichen Bauteile eines Spülschützes sind die Platte bzw. das Schild, das Dichtungselement und die Antriebseinheit. Die Platten/Schilde werden vornehmlich aus Edelstahl, Guss oder Kunststoff gefertigt und werden entsprechend dem Kanalquerschnitt geformt. Sie können über Spindeln, Hydraulikzylinder, Zugseile und andere Aggregate bewegt werden. Einige Konstruktionen sind mit seitlichen Führungsschienen ausgestattet. Als Dichtungsmaterialien werden Gummi oder Kunststoff verwendet. Es sind auch Konstruktionen mit zwei Platten/Schilden (Doppelschütz) möglich. Hierbei besteht die Möglichkeit Schwallwellen durch gleichzeitiges Heben (Unterströmung) und Senken (Überströmung) der Platten zu generieren. Der Einbau von Spülschützen in vorhandene Kanäle über eine Standardschachtoffnung lässt sich allenfalls bei nicht begehbaren Kanälen vornehmen. Einige Schützkonstruktionen können nur in besonderen Schachtbauwerken betrieben werden oder benötigen zu Montagezwecken besondere Einstiegsöffnungen.

Betriebliche Aspekte

Der Spülbetrieb des Schützes beginnt mit dem Einstau des zufließenden Abwassers durch Absenken des Schildes bis auf die Kanalsole. Das Stauziel ist auf die Bauhöhe des Schildes begrenzt. Zur Spülung wird die Schützplatte nach oben aus dem Kanalquerschnitt herausgezogen, so dass das zuvor aufgestaute Abwasser unter der Schützunterkante schwallartig abfließen kann. Die Reinigungsleistung der erzeugten

Schwallwellen beträgt in Abhängigkeit der örtlichen Gegebenheiten, wie z. B. Aufstauvolumen, Trassenführung oder Wasserpolster, mehrere 100 m.

Spülschütze können je nach steuerungstechnischer Ausrüstung sowie den anstehenden Reinigungsaufgaben wasserstands- und/oder zeitabhängig betrieben werden. Die mit Fremdenergie betriebenen Einrichtungen werden automatisch betätigt und können bei entsprechender Steuerungstechnik auch ferngesteuert werden. Der Strombedarf der mit Fremdenergie betriebenen Schütze ist gering. In Tabelle 4.20 sind verschiedene betriebliche Aspekte von Spülschützen zusammengefasst.

Tabelle 4.20: Betriebliche Aspekte des Spülschützes

	mit Fremdenergie	ohne Fremdenergie
Reinigungsleistung		
Spülstrecke	mehrere 100 m	
Unterhalt		
Inspektionsintervall (Sichtkontrolle)	nach Bedarf	vierteljährlich, nach Bedarf
Reinigungsintervall	nach großen NAE, nach Bedarf	
Wartungsintervall (Funktionskontrolle, etc.)	halbjährlich, bei Störung	-
Betrieb		
elektrische Anschlussleistung	< 1,1 kW	-
Steuerung	lokal, global (DFÜ erforderlich)	manuell, selbsttätig
mögliche Betriebsprobleme	Drehmomentüberschreitungen Verschmutzung von Anlagenteilen, Dichtigkeit	Verschmutzung von Anlagenteilen, Dichtigkeit
Einsatzbereich	bis DN 3000	bis DN 2000
Nutzungsdauer		
technische Einrichtung	20 - 50 Jahre	
Maschinentechnik	20 Jahre	-
Mess- und Steuereinrichtung	10 Jahre	-

Nur die mit Fremdenergie betriebenen Spülschütze können eine quasi-kontinuierliche Kanalreinigung gewährleisten. Fremdenergiefreie Schütze müssen manuell oder mit geeigneten Hilfsmitteln (z. B. Handkurbel) betätigt werden. Im Störfall können Spülschütze überströmt werden. Drehmomentüberschreitungen infolge von Ablagerungen unterhalb der Schilde können in vielen Fällen dadurch vermieden werden,

dass beim Schließvorgang ein Spalt zur Kanalsohle kurzzeitig frei bleibt, um durch die so erzeugten höheren Strömungsgeschwindigkeiten etwaige Ablagerungen wegzuspülen.

Produkte

Schütze werden von zahlreichen deutschen Herstellern angeboten. In Tabelle 4.21 sind Produktinformationen von Spülschützen zusammengestellt, die für Spülmaßnahmen entwickelt worden sind oder zu diesen genutzt werden,.

Tabelle 4.21: Produktinformationen von Spülschützen

Hersteller	Produktname	Einsatzbereich	Betrieb	Antrieb	Anlagen
Steinhardt GmbH	HydroFlush Giehlspüler	< DN 2000	oF	hydraulisch	1
Steinhardt GmbH	HydroGuard	≥ DN 2000	mF	elektrisch	1
AWK Passavant GmbH	Rinnenschütze	bis DN 3000	mF/oF	elektrisch manuell	k. A.
mF / oF = mit / ohne Fremdenergie k. A. = keine Angabe					

Der HydroFlush Giehlspüler der Steinhardt GmbH ist eine selbsttätig, fremdenergiefrei arbeitende Einrichtung, die ausschließlich zu Reinigungsaufgaben im Kanalnetz eingesetzt wird. Der in Edelstahl (Werkstoff 1.4301) gefertigte Giehlspüler setzt sich im Wesentlichen aus den Bauteilen Spülschild mit Auftriebskörper, obere und untere Arretierung, Steuerschwimmer, Wandbefestigung und Führungsgestänge zusammen (siehe Bild A17, Anhang). Aus Dichtigkeitsgründen wird die Kanalsohle im Auflagebereich des Spülschildes mit einem Edelstahlblech ausgekleidet. Mit Hilfe der Steuerschwimmer werden die Arretierungen vor dem Aufschwimmen oder Absenken des Spülschildes freigegeben. Der Spülbetrieb (Wellenhäufigkeit) wird wesentlich durch die Abflussverhältnisse und das vorhandene Stauvolumen bestimmt. Bei Trockenwetter erzeugt der Giehlspüler kontinuierliche Schwallwellen die den betroffenen Kanalabschnitt sukzessive reinigen oder von Ablagerungen freihalten können. Daher hat die Einrichtung immer auch eine präventive Reinigungswirkung. Beim Spülvorgang wird das Schild auftriebsbedingt angehoben und reitet in der oberen Arretierung fixiert auf der Spülwelle. Die konstruktive Gestaltung der Einrichtung erlaubt nur einen Betrieb in geeigneten Schachtbauwerken und lässt einen erhöhten Inspektions- und Reinigungsaufwand erwarten. Daher ist eine einfache Nachrüstung in bestehende Abwasserkanäle nicht in allen Fällen möglich. Gesicherte Betriebserfahrungen liegen noch nicht vor.

Der HydroGuard der Steinhardt GmbH ist ein in Edelstahl (Werkstoff 1.4301) gefertigtes und mit Fremdenergie betriebenes Spül- und Stauschütz. Die Einrichtung ist sowohl zur automatischen Kanalreinigung als auch zur Abflusssteuerung vielseitig anwendbar. Der HydroGuard setzt sich im Wesentlichen aus einem Schild, einer Antriebseinheit sowie einer mess- und steuerungstechnischen Ausrüstung zusammen (siehe Bild A17, Anhang). Das Schild besteht aus einzelnen Segmenten und ist an der Kanalwand drehbar gelagert. Die Segmentbauweise ermöglicht eine Anpassung der Einrichtung an veränderte hydraulische Randbedingungen. Die Antriebseinheit umfasst eine oberhalb des Fließquerschnitts angeordnete Antriebswelle sowie einen Elektromotor mit Getriebeübersetzung. Zur Montage der Einrichtung in vorhandene Kanäle sind ein seitlich angeordnetes Schachtbauwerk und besondere Zugangsöffnungen erforderlich. Der Schild liegt in der Ruheposition in einer Deckenaussparung. Beim Absenken schwenkt er von oben in den Kanalquerschnitt und kann dabei in jeder beliebigen Stellung angehalten werden. Im Störungsfall dreht der Schild in die Ruheposition zurück. Laut Hersteller sind in Abhängigkeit der örtlichen Randbedingungen Spülstrecken bis zu 1000 m erzielbar. Gesicherte Betriebserfahrungen über den HydroGuard liegen bisher nicht vor.

Die Rinnenschütze der AWK Passavant GmbH sind Einrichtungen, die je nach Bauweise und technischer Ausstattung zu Spül- und Steuerungsmaßnahmen eingesetzt werden können (siehe Bild A18, Anhang). Sie bestehen im Wesentlichen aus einer Spülplatte, einem Führungsrahmen, einer Dichtung und einer Antriebseinheit. Platte und Rahmen werden vornehmlich aus Edelstahl (Werkstoff 1.4301, 1.4571) und die dazwischen angeordnete Dichtung aus Neopren gefertigt. Die mit Fremdenergie betriebenen Einrichtungen werden mit getriebeunteretzten Elektromotoren über Spindeln betätigt. Fremdenergiefrei arbeitende Spülschütze müssen manuell oder mit Hilfe von Handkurbeln und Spindeln bewegt werden. Zur Montage wird der Führungsrahmen mit einer Dübelverbindung oder durch Eingießen in Wandaussparungen befestigt.

4.7 Sonstige Spüleinrichtungen

Zu den sonstigen Kanalvolumen aktivierenden Spüleinrichtungen zählen Einrichtungen, die sich noch in der Entwicklung befinden oder aus verschiedenen Gründen wie beispielsweise hohe Investitionskosten oder aufwendige Konstruktionen nur als Einzelexemplare gebaut wurden. Im einzelnen handelt es sich hier um den Drehbogen und schlauchartige Verschlussorgane.

4.7.1 Drehbogen

Der Drehbogen ist eine mit Fremdenergie betriebene Einrichtung, die zu Reinigungszwecken und Abflusssteuerungsmaßnahmen in begehbaren Abwasserkanälen einsetzbar ist. Der Drehbogen besteht aus drei entgegengesetzten Stahlrohrkrümmern und zwei daran anschließenden Torsionskompensatoren aus Gummi. Der nur ortsfest zu betreibende Drehbogen ist in Längsrichtung drehbar gelagert. Die Einrichtung muss aufgrund des erforderlichen Platzbedarfes für die Drehbewegung in einem Sonderbauwerk betrieben werden. Das Funktionsprinzip des Drehbogens beruht auf dem Anheben bzw. Absenken der Einrichtung um die Rohrlängsachse. Das Anheben des Bogens zwischen 0° und 90° bewirkt einen Rückstau des Abwassers in das oberhalb liegende Kanalnetz. Zur Spülung angeschlossener Haltungen wird der Bogen in die 0° -Position gedreht und das aufgestaute Abwasser schwallartig freigelassen (Bild 4.13).

Im Rahmen eines Forschungsvorhabens wurde das vom Ingenieurbüro Kupczik (KUPCZIK, 1993) entwickelte Organ in der Mischwasserkanalisation der Stadt Dresden installiert. In Bild 4.13 ist der Dresdener Drehbogen dargestellt. Es wurden verschiedene betriebliche Aspekte untersucht (LÜTZNER & BARTH, 1996). Die Untersuchungsergebnisse haben gezeigt, dass stark verfestigte Ablagerungen von bis zu 50 cm Höhe auf einer 62 m langen Strecke unterhalb des Drehbogens mit 150 Spülwellen entfernt werden konnten. Die nachfolgenden Haltungen konnten nicht vollständig gereinigt werden. Die im Oberstrom liegenden Ablagerungen wurden sukzessive remobilisiert.

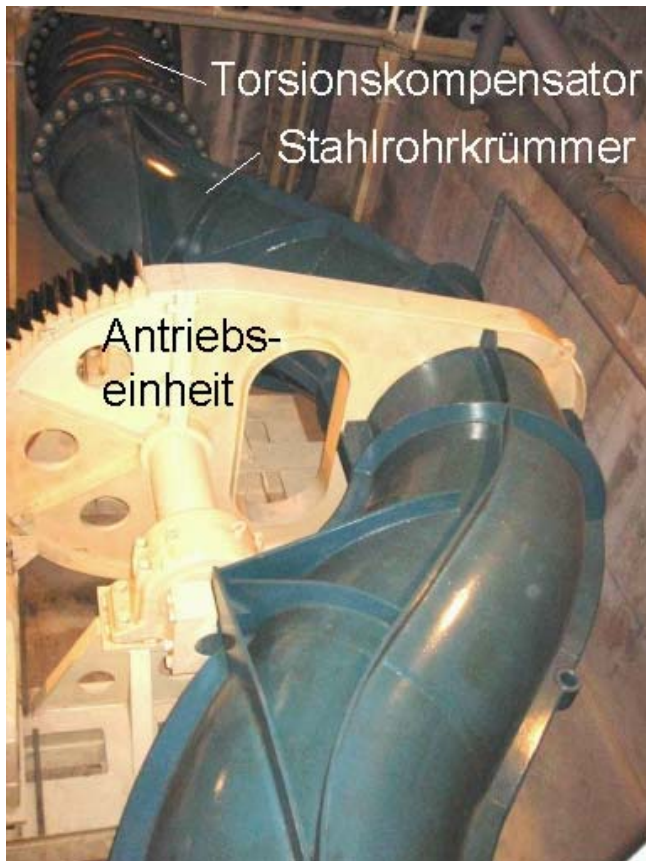


Bild 4.13: Drehbogen im Mischwasserkanal DN 1200

Aufgrund des großen technischen Aufwands und den damit verbundenen hohen Investitions- und Betriebskosten konnte sich die Drehbogentechnik als Reinigungs- und Steuerungseinrichtung nicht durchsetzen.

4.7.2 Schlauchartige Verschlussorgane

Schlauch- oder ballonartige Verschlussorgane sind luft- oder wassergefüllte Einrichtungen, die durch ihre Befüllung bzw. Entleerung den Abflussquerschnitt verschließen bzw. freigeben. Zum Betrieb derartiger Einrichtungen ist üblicherweise Fremdeenergie erforderlich. Trägheitsbedingt sind wassergefüllte Einrichtungen zu Spülzwecken nicht geeignet und bleiben im Folgenden unbeachtet. Luftgefüllte Verschlussorgane können grundsätzlich zur Kanalspülung sowie zur Abflusssteuerung eingesetzt werden. Sie besitzen aufgrund ihrer guten Anpassungsfähigkeit an den Kanalquerschnitt hohe Dichtungseigenschaften. In den USA werden pneumatische Einrichtungen schon seit Mitte des letzten Jahrhunderts vornehmlich zur Abflusssteuerung in kleinformatischen Abwasserkanälen eingesetzt (EPA, 1972).

Im Rahmen eines Forschungsvorhabens wurde die Anwendung eines Schlauchwehres in einem begehbaren Mischwasserkanal der Stadt Hannover untersucht

(FLOECKSMÜHLE, 1997). Das eingesetzte Schlauchwehr (Bild 4.14) wurde aus einem dehnbaren Spezialgewebe gefertigt und mit Edelstahlschienen im Bereich der Kanalsole befestigt. Die Luftbefüllung des Schlauchwehres erfolgte mit einem Kompressor. Es hat sich gezeigt, dass eine starke Faltenbildung des Schlauchkörpers im entleerten Zustand zu Totwasserzonen führen kann. Zur Gewährleistung eines langfristig erfolgreichen Betriebes sollte die Faltenbildung minimiert werden. Durch Aufblasen des Schlauchwehres (Phase 1) wird der zufließende Abwasserstrom aufgestaut und durch anschließende Freigabe der im Schlauchkörper gespeicherten Luft (Phase 2) erfolgt eine schwallartige Spülung der im Unterstrom liegenden Haltungen. Phase 3 kennzeichnet den Zustand nach einer Spülung. Das Schlauchwehr benötigt zum Betrieb ein besonderes Bauwerk. In Bild 4.14 sind die drei Betriebsphasen dargestellt.



Bild 4.14: Betriebsphasen eines Schlauchwehres

Das Konzept einer neuen Reinigungseinrichtung für Regenbecken mit pneumatischen Schlauchverschlüssen stammt von WILLEMS (2002). Bild 4.15 zeigt den Einsatz der schlauchartigen Einrichtung in einem Regenbecken des Ruhrverbandes. Der Zulaufspalt am Trennbauwerk wird durch eine rund 25 cm hohe, schlauchartige Einrichtung versperrt und zur Spülung wieder freigegeben. Erste Betriebserfahrungen bestätigen eine gute Reinigungsleistung dieser neu entwickelten Einrichtung.



Bild 4.15: Einsatz einer schlauchartigen Reinigungseinrichtung in einem Regenbecken (nach WILLEMS, 2002)

Eine in der Entwicklung befindliche Reinigungseinrichtung ist der mit Fremdenergie betriebene Spülsack der Hydro-Systemtechnik GmbH. Der für begehbare Abwasserkanäle konzipierte Spülsack besteht aus einem ballonartigen Verschlusskörper (Sack) und einer im Schachtbereich montierbaren Betriebseinheit. Die Betriebseinheit setzt sich im Wesentlichen aus einem Kompressor zur Befüllung, einem Flächenventil zur Entlüftung und einer Winde zum Aufrollen des Spülsackes zusammen. In Bild 4.16 ist der Spülsack im luftgefüllten Zustand schematisch dargestellt.

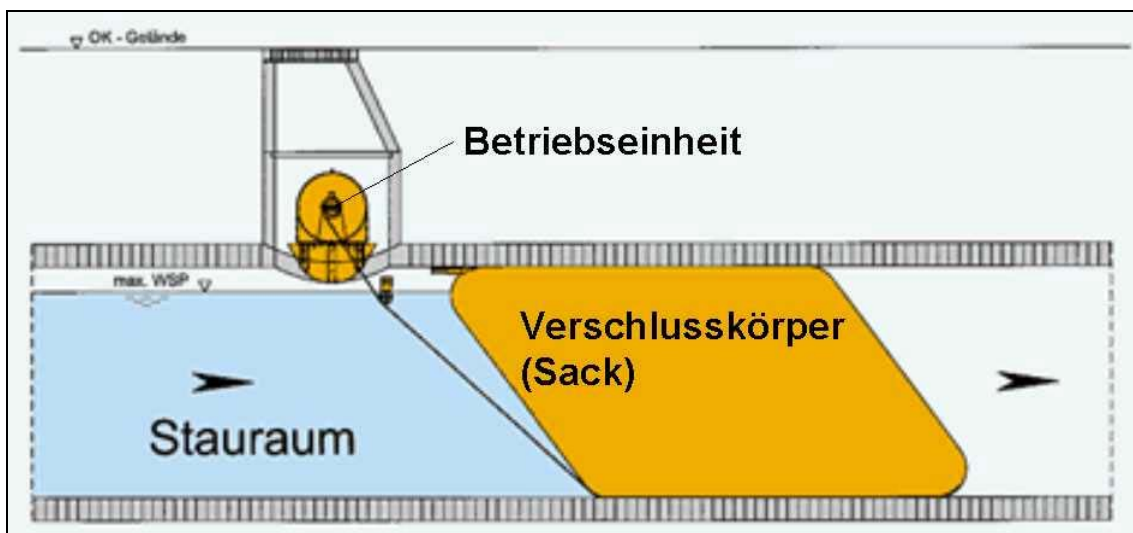


Bild 4.16: Spülsack der Hydro-Systemtechnik GmbH (nach HST, 2002)

Der Spülvorgang beginnt mit dem Ausrollen des Sacks. Anschließend wird der Sack bis zum vollständigen Verschluss des Kanalquerschnitts mit Luft befüllt und der zufließende Trockenwetterabfluss aufgestaut. Mit dem Erreichen des Stauziels erfolgt

die Entlüftung des Sackes und die plötzliche Freigabe des Stauvolumens. Nach dem Ablauf der so erzeugten Schwallwelle wird der Sack aufgerollt und im Schachtbereich aufbewahrt. Betriebserfahrungen oder Angaben zur Reinigungsleistung liegen bisher nicht vor. Bei Einstau eines Abwasserkanals infolge eines Niederschlagsabflussereignisses sind Verschmutzungen am Verschlusskörper und der Betriebseinheit vermutlich nicht zu vermeiden.

4.7.3 Spülrinne

Spülrinnen können zur Reinigung von großen Rechteckbecken eingesetzt werden. Die Anordnung der spülwasserführenden Rinnen erfolgt entlang der Beckenlängsseiten am Kopf der Wände. Die Rinnen werden über Pumpen und unter Einsatz von Schiebern mit Abwasser, Brauchwasser, Grundwasser, Oberflächenwasser oder Trinkwasser befüllt. Bei dieser besonderen Art der Schwallspülung wird die erforderliche Schubspannung über vergleichsweise geringe Wassermengen und große Fallhöhen erreicht. Im Gegensatz zu anderen Schwallspüleinrichtungen können mit Spülrinnen neben der Beckensohle auch die Wände gereinigt werden. In Bild 4.17 wird die Anordnung und Funktionsweise von Spülrinnen verdeutlicht.



Bild 4.17: Schematische Darstellung einer Spülrinne (FAHRNER, 1999) und Spülrinnen in Regenbecken (WILLEMS, 2002)

Für eine gleichmäßige Spülung ist die Fließgeschwindigkeit in Längsrichtung der Rinne klein zu halten. Bei ausreichendem Sohlgefälle, glatter Sohle und einem

Spülabfluss größer 5 l/(s·m) werden erfahrungsgemäß gute Reinigungsleistungen erzielt. Obgleich allein der Ruhrverband Essen rund 19 mit Spülrinnen ausgerüstete Regenbecken betreibt, ist ihr Einsatz in der Praxis eher ein Sonderfall, da der planerische und bauliche Aufwand für die Erstellung beachtlich ist.

5 Gegenüberstellung, Bewertung und Empfehlungen

Die zuvor beschriebenen Schwallspüleinrichtungen werden hinsichtlich ihrer Einsatzbereiche sowie nach technischen, betrieblichen und wirtschaftlichen Aspekten gegenübergestellt. Abschließend werden Empfehlungen zur Einsatzplanung gegeben.

5.1 Einsatzbereiche von Schwallspüleinrichtungen

Die Schwallspüleinrichtungen werden hinsichtlich ihrer Eignung den möglichen Einsatzbereichen zugeordnet. In die Zuordnung fließen konstruktive, funktionstechnische, betriebliche und wirtschaftliche Kriterien ein. Dabei erfolgt eine Klassifizierung in drei Kategorien:

- geeignet (●): effiziente Reinigung ist langfristig gewährleistet,
- bedingt geeignet (◦): örtliche Gegebenheiten oder wirtschaftliche Gründe beeinträchtigen einen langfristig effizienten Reinigungsbetrieb und
- nicht geeignet (-): ein langfristig effizienter Reinigungsbetrieb kann nicht gewährleistet werden oder die Konstruktion der Einrichtung erlaubt keine Installation.

Aufgrund der konstruktiven und funktionstechnischen Unterschiede bei den Einrichtungen wird eine Unterteilung der zu reinigenden Abwasserbauwerke in Regenbecken und Abwasserkanäle vorgenommen. Die Regenbecken werden getrennt nach Rund- und Rechteckbecken betrachtet. Für beide Beckenformen erfolgt eine weitere Unterteilung in große und kleine Becken. Die Grenze zwischen kleinen und großen Rechteckbecken wird in Abhängigkeit der örtlichen Gegebenheiten (z. B. Abmessungen) bei einem Beckenvolumen von 500 bis 1000 m³ angenommen. Bei Rundbecken liegt die Trennung zwischen kleinen und großen Becken bei einem Speichervolumen von 1000 bis 5000 m³. Die Mischwasserkanäle werden in begehbare (> DN 800) und nicht begehbare Kanäle (≤ DN 800) unterteilt. Begehbare Mischwasserkanäle sind nochmals nach ihrer Anordnung im Haupt- und Nebenschluss aufgeteilt. Hiermit soll eine Trennung zwischen den Kanälen erreicht werden, die bei Trocken- und Regenwetter von Abwasser durchflossen und denen, die ausschließlich bei Niederschlagsabflussereignissen mit Abwasser gefüllt werden. Die den nicht begehbaren bzw. den begehbaren im Nebenschluss angeordneten Mischwasserkanälen zugeteilten Schwallspüleinrichtungen können auch in Schmutzwasser- bzw. Regenwasserkanä-

len eingesetzt werden. Tabelle 5.1 liefert eine differenzierte Eignungszuordnung der einzelnen Schwallspüleinrichtungen zu möglichen Einsatzbereichen.

Tabelle 5.1: Einsatzbereiche von Schwallspüleinrichtungen

			Regenbecken				Mischwasserkanäle		
			kleine Rechteckbecken	große Rechteckbecken	kleine Rundbecken	große Rundbecken	nicht begehbare Kanäle	begehbare Kanäle im Hauptschluss	begehbare Kanäle im Nebenschluss
	Produktname	Hersteller							
Spülbehälter	FluidFlush	UFT GmbH	●	●	-	●	-	○	○
	HST-AWS	HST GmbH	●	●	-	●	-	○	○
	Spülkippe	Niehues GmbH	●	●	-	●	-	○	○
	Spülkippe	Vollmar GmbH	●	●	-	●	-	○	○
	SST System Kraus	BGU GmbH	●	●	-	-	-	-	○
	HydroSelf RBS	Steinhardt GmbH	●	-	●	●	-	-	-
Kammerspüleinrichtung	Typ MF	Biogest AG	●	●	●	●	-	○	●
	Typ OF	Biogest AG	●	○	●	○	-	○	○
	Klappenlose SSP	Vollmar GmbH	●	●	●	●	-	○	●
	Schwallspülung	Niehues GmbH	●	●	●	●	-	○	●
	Typ KS	Biogest AG	●	●	-	●	-	○	●
	Typ KS-OF	Biogest AG	●	○	-	○	-	○	○
	Schlitzklappe	Liwatech PG	●	●	-	●	-	○	●
	HydroSelf KS	Steinhardt GmbH	●	●	-	●	-	○	●
	HydroSelf KS (OF)	Steinhardt GmbH	●	○	-	○	-	○	○
Hydro-Schwall	Vollmar GmbH	●	●	-	●	-	○	●	
SAS	HydroFlush KSP	Steinhardt GmbH	-	-	-	-	●	-	-
	Fabekun-Spülschacht	Funke GmbH	-	-	-	-	●	-	-
Kanalvolumen aktivierende Spüleinrichtung	Berliner Klappe	PBB PG	-	-	-	-	○	●	-
	Stau- und Spülklappe	Rotaria PG	-	-	-	-	-	●	-
	Pulsator	Liwatech PG	-	-	-	-	○	●	-
	Universal	Liwatech PG	-	-	-	-	-	●	-
	SD-Schieber	ASA GmbH	-	-	-	-	●	○	-
	Spülwehr	ASA GmbH	-	-	-	-	-	●	-
	Spül- und Regelschieber	Rotaria PG	-	-	-	-	●	○	-
	Spülschieber	Passavant GmbH	-	-	-	-	●	●	-
	HydroFlush GSP	Steinhardt GmbH	-	-	-	-	○	●	-
	HydroGuard	Steinhardt GmbH	-	-	-	-	-	●	-
	Spülschütz	Passavant GmbH	-	-	-	-	●	●	-

● = geeignet; ○ = bedingt geeignet; - = nicht geeignet; SD = Schwall-Drossel; SST = Schwallspültrommel; KS = Kammer-Klappen-Anlage; OF / MF = ohne / mit Fremdenergie; AWS = automatisch wirkende Spülkippe; GSP = Giehlspüler; KSP = Kanalspüler; RBS = Rundbeckenspülung; SSP = Schwallspülung; SAS = Schachtspüleinrichtung

Es ist ersichtlich, dass sich zur Reinigung von Regenbecken Spüleinrichtungen mit Spülbehältern und Kammerspüleinrichtungen eignen. Aus technischer und wirt-

schaftlicher Sicht sind Spülkippen und Kammerspüleinrichtungen als gleichwertig einzustufen. Spültöpfe sind vornehmlich auf eine Reinigung von Rundbecken ausgelegt. Über Spültrommeln liegen keine näheren Informationen vor. Einsatzkriterien, die für einen dieser Anlagentypen vorteilhaft und für einen anderen nachteilig sein können, sind z. B. Beckenart, Beckenabmessungen, Befüllungsmöglichkeiten, Zuflussverhältnisse, Anordnung des Klärüberlaufes oder ästhetische Gründe. Spülkippen benötigen eine Mindestfallhöhe von 2 - 2,5 m und erreichen aufgrund ihrer vergleichsweise geringen Spülwassermenge Spülstrecken bis maximal 80 m. Vorteilhaft gegenüber den Kammerspüleinrichtungen ist der kleinere Spülsumpf und die größere Spülstreckenbreite. Dadurch kann gegebenenfalls auf eine Errichtung von Leitwänden verzichtet werden. Kammerspüleinrichtungen erreichen in Regenbecken Spülstrecken bis 160 m und in Abwasserkanälen bis 250 m. Eine Anwendung von Spülkippen in Kanälen ist nur in Ausnahmefällen empfehlenswert, da häufig die Voraussetzungen (Fallhöhe, Spülwassermenge, Bauwerksbreite, Sohlprofilierung, Befüllung) für einen effizienten Spülbetrieb nicht gegeben bzw. zu aufwendig für eine Erstellung sind (UFT, 2002). Des Weiteren verursachen die im Sohlbereich zu installierenden Umlenkleche zusätzliche Reinigungsarbeiten. Kammerspüleinrichtungen können auch in begehbaren Abwasserkanälen, die im Nebenschluss angeordnet sind und aus reinigungstechnischer Sicht den Rechteckbecken entsprechen, eingesetzt werden. Bei einer Anwendung in Kanälen, die im Hauptschluss liegen, muss aufgrund von Wasserpolstern mit einer verminderten Reinigungsleistung gerechnet werden. Fremdenergiefrei arbeitende Kammerspüleinrichtungen sind aus funktionstechnischen Gründen für größere Abwasserbauwerke nur bedingt geeignet.

Kanalvolumen aktivierende Spüleinrichtungen (KAS) wie Klappen, Schieber, Schütze und Wehre eignen sich ausschließlich für eine Anwendung in Abwasserkanälen. Dort erreichen sie aufgrund ihrer enormen Spülwasservolumina von manchmal über 100 m³ Spülstrecken von mehreren 100 m. Unter günstigen Voraussetzungen, wie z. B. geradliniger Trassenverlauf und keine nennenswerten Wasserpolster, können Spülstrecken von über 1.000 m erzielt werden. Je nach Bauart sind sie für nicht begehbare und/oder begehbare Kanäle geeignet. Voraussetzung für die Anwendung einiger KAS in nicht begehbaren Abwasserkanälen ist ein ausreichend großer Trockenwetterabfluss. Für einen Einsatz in Abwasserkanälen die im Nebenschluss angeordnet sind kommen KAS üblicherweise nicht in Frage, ausgenommen, wenn Bewirt-

schaftungsziele im Vordergrund stehen. Wirtschaftliche Aspekte schränken den Einsatzbereich einiger Einrichtungen auf begehbare Abwasserkanäle ein.

Schachtspüleinrichtungen eignen sich aus konstruktiven Gründen und wegen ihrer kleinen Spülwassermengen ausschließlich für die Reinigung von begehbaren Abwasserkanälen.

Die Reinigungsleistung von in Regenbecken installierten Spülkippen und Kammer-spüleinrichtungen wird von allen befragten Betreibern als gut bis sehr gut bezeichnet. Die Bewertung der Reinigungsleistung von in Mischwasserkanälen installierten Spüleinrichtungen durch befragte Betreiber beruhen vornehmlich auf Annahmen, da, abgesehen von wenigen gezielten Untersuchungen (z. B. DOHMANN & DETTMAR, 2002; KRAUTH et al., 2001), keine Ablagerungsmessungen oder Sichtkontrollen entlang der Spülstrecken durchgeführt worden sind. Die Untersuchungsergebnisse weisen allerdings gute Reinigungsleistungen für im Nebenschluss von Mischwasserkanälen installierten Vakuum-Kammer-Einrichtungen sowie für verschiedene Kanalvolumen aktivierende Spüleinrichtungen aus. Der Planungsaufwand für Spülkippen, Kammer- und Schachtspüleinrichtungen wird von den befragten Ingenieurbüros als gering eingestuft. Es ist anzunehmen, dass dies auch für Kanalvolumen aktivierende Spüleinrichtungen gilt.

5.2 Technische und betriebliche Aspekte

Im Folgenden werden verschiedene technische und betriebliche Merkmale von Schwallspüleinrichtungen aufgeführt und näher erläutert:

- Betrieb mit und ohne Fremdenergie,
- Art der Steuerung,
- Nachrüstung in bestehenden Abwasserbauwerken,
- Art des Spülmediums,
- bewegliche Bauteile und
- Verschmutzungsgefahr.

Fremdenergiefrei arbeitende Spüleinrichtungen sind aus betrieblicher und funktionstechnischer Sicht mit mehreren Vor- und Nachteilen verbunden. Vorteilhaft ist die von der Energieversorgung unabhängige Standortwahl. Des Weiteren sind die gerin-

gen Anschaffungskosten sowie die fehlenden Aufwendungen für die Energieversorgung positiv zu bewerten. Nachteilig ist, dass die Anwendung fremdenergiefrei arbeitender Einrichtungen aus funktionstechnischen Gründen eingeschränkt sein kann, wie beispielsweise das Fehlen einer Vakuumpumpe zur Aufrechterhaltung der Stauhöhe in Vakuum-Kammer-Anlagen. Des Weiteren ist eine Fernüberwachung fremdenergiefreier Einrichtungen und die damit mögliche Vereinfachung von Kontrollmaßnahmen nicht gegeben.

Alle aufgeführten Schwallspüleinrichtungen sind selbsttätig arbeitende Aggregate. Diejenigen, die mit einer entsprechenden steuerungstechnischen Ausrüstung versehen sind, können im Verbund oder zentral von einer Leitwarte aus betrieben werden. Die Datenfernübertragung erlaubt den Transfer von Zustandsinformationen zur Leitstelle, wodurch Vorortinspektionen verringert und Störfälle erkannt werden können.

Unter einer einfachen Nachrüstung ist die zuvor nicht geplante Installation von Schwallspüleinrichtungen in vorhandene Abwasserbauwerke ohne wesentliche bauliche Veränderungen zu verstehen. Sie ist für Spüleinrichtungen mit Spülbehälter und Kammerspüleinrichtungen bei offenen Regenbecken möglich. Bei geschlossenen Regenbecken greift die einfache Nachrüstung nur in Ausnahmefällen, wenn die vorhandenen Zugangsmöglichkeiten, wie z. B. beim Spültopf, eine nachträgliche Installation erlauben. In bestehenden Abwasserkanälen lassen sich lediglich vier Spüleinrichtungen einfach nachrüsten, nämlich die Berliner Klappe (Physiker Büro Berlin PG), der Pulsator und die Klappe Universal (Liwatech PG) sowie der HydroFlush Kanalspüler (Steinhardt GmbH). Erfordert die Installation oder der spätere Betrieb ein besonderes Bauwerk, kann man nicht mehr von einer einfachen Nachrüstbarkeit ausgehen.

Der Betrieb von Schwallspüleinrichtungen mit Abwasser bedingt insbesondere bei beweglichen Bauteilen, die mit Abwasser in Kontakt kommen, einen erhöhten Inspektions- und Reinigungsaufwand. Die Beschaffenheit des Abwassers spielt eine wesentliche Rolle.

Art, Umfang und Häufigkeit durchzuführender Unterhaltsmaßnahmen spielen neben den Energiekosten eine entscheidende Rolle für die Höhe entstehender Betriebskosten.

In Tabelle 5.2 sind technische und betriebliche Kenngrößen der verschiedenen Spüleinrichtungen gegenübergestellt.

Tabelle 5.2: Technische und betriebliche Kenngrößen von Schwallspüleinrichtungen

	Produktname	Hersteller	fremdenergiefreier Betrieb	Steuerung	einfache Nachrüstung	Spümedium	bewegliche Teile im Abwasser	Verschmutzungsgefahr
Spülbehälter	FluidFlush	UFT GmbH	Nein	S/LG M	Ja/Nein ^{*)}	A/B/T	Nein	keine
	HST-AWS	HST GmbH	Nein	S/LG M	Ja/Nein ^{*)}	A/B/T	Nein	keine
	Spülkippe	Niehues GmbH	Nein	S/LG M	Ja/Nein ^{*)}	A/B/T	Nein	keine
	Spülkippe	Vollmar GmbH	Nein	S/LG M	Ja/Nein ^{*)}	A/B/T	Nein	keine
	SST System Kraus	BGU GmbH	Ja	S	Ja/Nein ^{*)}	A	Ja	mittel
	HydroSelf RBS	Steinhardt GmbH	Ja	S	Ja/Nein ^{*)}	A	Ja	mittel
Kammerspüleinrichtung	Typ MF	Biogest AG	Nein	S/LG M	Ja/Nein ^{*)}	A/B/T	Nein	keine
	Typ OF	Biogest AG	Ja	S	Ja/Nein ^{*)}	A	Nein	keine
	Klappenlose SSP	Vollmar GmbH	Nein	S/LG M	Ja/Nein ^{*)}	A/B/T	Nein	keine
	Schwallspülung	Niehues GmbH	Nein	S/LG M	Ja/Nein ^{*)}	A	Nein	keine
	Typ KS	Biogest AG	Nein	S/LG M	Ja/Nein ^{*)}	A/B/T	Ja	mittel
	Typ KS-OF	Biogest AG	Ja	S	Ja/Nein ^{*)}	A	Ja	mittel
	Schlitzklappe	Liwatech PG	Nein	S/LG M	Ja/Nein ^{*)}	A/B/T	Ja	mittel
	HydroSelf KS	Steinhardt GmbH	Nein	S/LG M	Ja/Nein ^{*)}	A/B/T	Ja	mittel
	HydroSelf KS (OF)	Steinhardt GmbH	Ja	S	Ja/Nein ^{*)}	A	Ja	mittel
	Hydro-Schwall	Vollmar GmbH	Nein	S/LG M	Ja/Nein ^{*)}	A/B/T	Ja	mittel
SAS	HydroFlush KSP	Steinhardt GmbH	Ja	S	Ja	R/B/T	Nein	mittel
	Fabekun-Spülschacht	Funke GmbH	Ja	S	Nein	R/B/T	Ja	gering
Kanalvolumen aktivierende Spüleinrichtung	Berliner Klappe	PBB PG	Ja	S	Ja	A	Ja	hoch
	Stau- und Spülklappe	Rotaria PG	Nein	S/LG M	Nein	A	Ja	mittel
	Pulsator	Liwatech PG	Nein	S/LG M	Ja	A	Ja	hoch
	Universal	Liwatech PG	Nein	S/LG M	Ja	A	Ja	hoch
	SD-Schieber	ASA GmbH	Nein	S/LG M	Nein	A	Ja	mittel
	Spülwehr	ASA GmbH	Nein	S/LG M	Nein	A	Ja	gering
	Spül- und Regelschieber	Rotaria PG	Nein	S/LG M	Ja/Nein ^{*)}	A	Ja	mittel
	Spülschieber	Passavant GmbH	Nein	S/LG M	Ja/Nein ^{*)}	A	Ja	mittel
	HydroFlush GSP	Steinhardt GmbH	Ja	S	Ja/Nein ^{**)}	A	Ja	hoch
	HydroGuard	Steinhardt GmbH	Nein	S/LG M	Nein	A	Ja	mittel
	Spülschütz	Passavant GmbH	Nein	S/LG M	Ja/Nein ^{*)}	A	Ja	mittel

*) nur in offenen Becken; **) nur in ausreichend großen Schachtbauwerken
SD = Schwall-Drossel; SST = Schwallspültrommel; KS = Kammer-Klappen-Anlage; OF / MF = ohne / mit Fremdenergie;
AWS = automatisch wirkende Spülkippe; GSP = Giehlspüler; KSP = Kanalspüler; RBS = Rundbeckenspülung;
SSP = Schwallspülung; S = selbsttätig; S/LG = selbsttätig / lokal oder global; M = manuell; SAS = Schachtspüleinrichtung;
A = Abwasser; B = Brauch-, Oberflächen- bzw. Grundwasser; T = Trinkwasser; R = Regenwasser

Eine Verschmutzungsgefahr ist dann gegeben, wenn Bauteile von Spüleinrichtungen von Schmutzmaterialien wie Faserstoffen, Hygieneartikeln oder Fetten belegt werden und dadurch ihre Funktionsfähigkeit (z. B. Dichtigkeit) beeinträchtigt wird. Bei Spül-

kippen und Vakuum-Kammer-Anlagen (VKA) ist diese Gefahr in der Regel nicht gegeben. Obgleich für Spülkippen bei einem Betrieb mit Abwasser ein erhöhter Reinigungsbedarf entstehen kann. Eine Verschmutzung von VKA ist ausgeschlossen, da keine beweglichen Bauteile mit Abwasser in Berührung kommen. Bei Kammer-Klappen-Anlagen und Kanalvolumen aktivierenden Spüleinrichtungen ist konstruktionsbedingt mit einer Verschmutzung einzelner Komponenten zu rechnen. Bei Schachtpüleinrichtungen ist die Gefahr der Verschmutzung gering bis mittelmäßig hoch einzustufen.

In Tabelle 5.3 sind die von den Herstellern empfohlenen Intervalle für Unterhaltsmaßnahmen und die von Betreibern angegebenen Inspektionsintervalle (i. d. R. Sichtkontrollen) aufgeführt. Die von den Herstellern angegebenen Intervalle beziehen sich vornehmlich auf Funktionskontrollen, Wartungs- und Reinigungsarbeiten.

Tabelle 5.3: Intervalle für Unterhaltsmaßnahmen von Schwallspüleinrichtungen

	Produktname	Hersteller	Intervalle für Unterhaltsmaßnahmen (Herstellerangaben)	Inspektionsintervalle (Betreiberangaben)
Spülbehälter	FluidFlush	UFT GmbH	halbjährlich	jährlich
	HST-AWS	HST GmbH	halbjährlich	wöchentlich
	Spülkippe	Niehues GmbH	halbjährlich	k. A.
	Spülkippe	Vollmar GmbH	halbjährlich	monatlich
	SST System Kraus	BGU GmbH	k. A.	k. A.
	HydroSelf RBS	Steinhardt GmbH	jährlich	k. A.
Kammerspüleinrichtung	Typ MF	Biogest AG	vierteljährlich	wöchentlich
	Typ OF	Biogest AG	vierteljährlich	k. A.
	Klappenlose SSP	Vollmar GmbH	vierteljährlich	k. A.
	Schwallspülung	Niehues GmbH	jährlich	k. A.
	Typ KS	Biogest AG	vierteljährlich	wöchentlich
	Typ KS-OF	Biogest AG	vierteljährlich	k. A.
	Schlitzklappe	Liwatech PG	monatlich	k. A.
	HydroSelf KS	Steinhardt GmbH	jährlich	zweiwöchentlich
	HydroSelf KS (OF)	Steinhardt GmbH	jährlich	jährlich
	Hydro-Schwall	Vollmar GmbH	vierteljährlich	k. A.
SAS	HydroFlush KSP	Steinhardt GmbH	jährlich	jährlich
	Fabekun-Spülschacht	Funke GmbH	jährlich	monatlich
Kanalvolumen aktivierende Spüleinrichtung	Berliner Klappe	PBB PG	wöchentlich	zweiwöchentlich
	Stau- und Spülklappe	Rotaria PG	jährlich	wöchentlich
	Pulsator	Liwatech PG	monatlich	wöchentlich
	Universal	Liwatech PG	monatlich	wöchentlich
	SD-Schieber	ASA GmbH	nur bei Störung	k. A.
	Spülwehr	ASA GmbH	nur bei Störung	zweimonatlich
	Spül- und Regelschieber	Rotaria PG	jährlich	wöchentlich
	Spülschieber	Passavant GmbH	vierteljährlich	k. A.
	HydroFlush GSP	Steinhardt GmbH	vierteljährlich	k. A.
	HydroGuard	Steinhardt GmbH	jährlich	k. A.
	Spülschütz	Passavant GmbH	vierteljährlich	k. A.

k. A. = keine Angabe; SD = Schwall-Drossel; SST = Schwallspültrommel; KS = Kammer-Klappen-Anlage; OF / MF = ohne / mit Fremdenergie; AWS = automatisch wirkende Spülkippe; GSP = Giehlspüler; KSP = Kanalspüler; RBS = Rundbeckenspülung; SSP = Schwallspülung; SAS = Schachtspüleinrichtung

Die örtlichen Gegebenheiten sowie Konstruktion, Funktions- und Betriebsweise haben großen Einfluss auf die erforderlichen Unterhaltsmaßnahmen.

5.3 Wirtschaftliche Aspekte

Anschaffung und Betrieb von Schwallspüleinrichtungen sind mit Investitions- und Betriebskosten verbunden. Die Investitionen beinhalten neben den reinen Produkt-

kosten, monetäre Aufwendungen für besondere Bauwerke (z. B. Kammern), bauliche Veränderungen sowie Kosten für die Installation der Einrichtungen. Die Betriebskosten setzen sich aus den Kosten für den Betrieb (Energiekosten) und den Unterhalt der Einrichtungen zusammen. Die für den Betrieb erforderlichen Energiekosten umfassen den Stromverbrauch von Antriebsaggregaten, Pumpen, Mess- und Steuerungseinrichtungen sowie von der Schaltschrankbeheizung. Energiekosten fallen nur bei mit Fremdenergie betriebenen Einrichtungen an. Sie sind abhängig von der Anzahl der durchgeführten Spülvorgänge und der elektrischen Anschlussleistung verwendeter Aggregate. Die Energiekosten der mit Fremdenergie betriebenen Reinigungseinrichtungen sind nach Angaben von Betreibern gering. Die Kosten für eine Schaltschrankbeheizung machen häufig den größten Anteil aus. Die Energiekosten bleiben im Folgenden unbeachtet.

Da die Produktkosten einer Schwallspüleinrichtung sehr stark von den örtlichen Gegebenheiten, wie z. B. Einsatzort, Reinigungsaufgabe oder Betriebsweise, abhängig sind, werden die betrachteten Einrichtungen fünf Kostengruppen zugeordnet. Folgende Kostengruppen wurden gebildet:

- Kostengruppe 1: < 7.500 €,
- Kostengruppe 2: 7.500 - 25.000 €,
- Kostengruppe 3: 25.000 - 50.000 €,
- Kostengruppe 4: 50.000 - 100.000 € und
- Kostengruppe 5: > 100.000 €.

Um das breite Kostenspektrum abdecken zu können, sind keine linearen Gruppeneinteilungen gewählt worden, sondern mit steigenden Produktkosten zunehmende Intervalle. Die Produktkosten beruhen auf Angaben der Hersteller. Die Kosten für besondere Bauwerke, Sohlausrundungen, Spülsümpfe oder notwendige bauliche Änderungen sind aufgrund der Vielfalt örtlicher Gegebenheiten nicht berücksichtigt worden.

In Tabelle 5.4 sind Produktkosten nach Kostengruppen, qualitative Unterhaltsaufwendungen, Primärfunktionen und Nutzungsdauern der Spüleinrichtungen zusammengestellt.

Tabelle 5.4: Produktkosten, Primärfunktion und Nutzungsdauern von Schwallspüleinrichtungen

	Produktname	Hersteller	Kostengruppe	Unterhaltsaufwand	Primärfunktion		Nutzungsdauer [a]
					Kanalnetzbe-wirtschaftung	Reinigung	
Spülbehälter	FluidFlush	UFT GmbH	2	gering		•	20
	HST-AWS	HST GmbH	2	gering		•	20
	Spülkippe	Niehues GmbH	2	gering		•	k. A.
	Spülkippe	Vollmar GmbH	2	gering		•	20
	SST System Kraus	BGU GmbH	2	mittel		•	k. A.
	HydroSelf RBS	Steinhardt GmbH	2 - 3	mittel		•	20
Kammerspüleinrichtung	Typ MF	Biogest AG	2	gering		•	20
	Typ OF	Biogest AG	2	gering		•	20
	Klappenlose SSP	Vollmar GmbH	2	gering		•	20
	Schwallspülung	Niehues GmbH	4 ^{*)}	gering		•	k. A.
	Typ KS	Biogest AG	2	mittel		•	20
	Typ KS-OF	Biogest AG	2	mittel		•	20
	Schlitzklappe	Liwatech PG	2	mittel		•	k. A.
	HydroSelf KS	Steinhardt GmbH	2	mittel		•	20
	HydroSelf KS (OF)	Steinhardt GmbH	2	mittel		•	20
	Hydro-Schwall	Vollmar GmbH	2	mittel		•	20
SAS	HydroFlush KSP	Steinhardt GmbH	1	mittel		•	20
	Fabekun-Spülschacht	Funke GmbH	1	gering		•	20
Kanalvolumen aktivierende Spüleinrichtung	Berliner Klappe	PBB PG	1 - 2	hoch		•	5 - 10
	Stau- und Spülklappe	Rotaria PG	4	mittel	•		25
	Pulsator	Liwatech PG	3	hoch	•	•	k. A.
	Universal	Liwatech PG	3	hoch	•	•	k. A.
	SD-Schieber	ASA GmbH	4	mittel	•	•	25
	Spülwehr	ASA GmbH	5	gering	•		25
	Spül- und Regelschieber	Rotaria PG	3	mittel	•	•	25
	Spülschieber	Passavant GmbH	3 - 4	mittel	•	•	20/50
	HydroFlush GSP	Steinhardt GmbH	2	hoch		•	20
	HydroGuard	Steinhardt GmbH	4	mittel	•		k. A.
	Spülschütz	Passavant GmbH	3 - 4	mittel	•	•	20/50

Kostengruppen: 1 = bis 7.500 Euro, 2 = 7.500 bis 25.000 Euro, 3 = 25.000 bis 50.000 Euro, 4 = 50.000 bis 100.000 Euro, 5 = über 100.000 Euro

*) inklusive Speicherbauwerk; k. A. = keine Angabe; SD = Schwall-Drossel; SST = Schwallspültrommel; KS = Kammer-Klappen-Anlage; OF / MF = ohne / mit Fremdenergie; AWS = automatisch wirkende Spülkippe; GSP = Giehlspüler; KSP = Kanalspüler; RBS = Rundbeckenspülung; SSP = Schwallspülung; SAS = Schachtspüleinrichtung

Die Aufwendungen für den Unterhalt der Schwallspüleinrichtungen wurden anhand der in Tabelle 5.2 aufgeführten Kenngrößen „bewegliche Teile im Abwasser“ und „Verschmutzungsgefahr“ sowie den in Tabelle 5.3 genannten Intervallen von Unter-

haltsmaßnahmen qualitativ abgeschätzt. Die Bewertung des Unterhaltsaufwandes durch die Bezeichnungen „gering“, „mittel“ und „hoch“ erlaubt nur einen relativen Vergleich der Einrichtungen.

Die meisten Nutzungsdauern liegen zwischen 20 und 25 Jahren. Bei diesen Angaben handelt es sich vornehmlich um subjektive Einschätzungen der Hersteller. Sie können daher nur als grobe Richtwerte angesehen werden. Die Nutzungsdauern einzelner Komponenten der Spüleinrichtungen, wie z. B. die der Mess- und Steuerungstechnik oder Pumpen, können aufgrund der Unterhaltung und Betriebsweise von den angegebenen Zahlenwerten abweichen.

Die Produktkosten lassen erkennen, dass vor allem Einrichtungen, die primär der Kanalnetzbewirtschaftung dienen, in den Kostengruppen 4 und 5 zu finden sind. Diese Einrichtungen sind mit einer umfangreichen Mess- und Steuerungstechnik ausgerüstet, die einen hohen Bedienkomfort bietet. Die Aufwendungen für Inspektionen und Funktionskontrollen sind geringer als bei Einrichtungen ohne Datenfernübertragung. Trotzdem ist eine Installation dieser Einrichtungen zu reinen Spülzwecken in vielen Fällen unwirtschaftlich. Schwallspüleinrichtungen, bei denen die Primärfunktion sowohl in der Kanalnetzbewirtschaftung als auch in der Kanalreinigung liegen kann, sind den Kostengruppen 3 und 4 zugeordnet. Eine Aussage zur Wirtschaftlichkeit dieser Einrichtungen kann nur für den konkreten Anwendungsfall getroffen werden.

Schwallspüleinrichtungen mit Spülbehälter und Kammerspüleinrichtungen befinden sich in den Kostengruppen 2 und 3, wobei elektronisch steuerbare Einrichtungen i. d. R. teurer sind als fremdenergiefreie Aggregate. Wird also ein höherer Steuerungskomfort gewünscht, so ist mit höheren Produktkosten zu rechnen.

Kanalvolumen aktivierende Schwallspüleinrichtungen, die ausschließlich zur Reinigungszwecken eingesetzt werden, liegen in den Kostengruppen 1 und 2. Schachtspüleinrichtungen sind der Kostengruppe 1 zugeordnet.

5.4 Empfehlungen für die Einsatzplanung

Eine langfristig effiziente Anwendung der Schwallspülmethode bei der Reinigung von Abwasserbauwerken bedingt eine optimale Anpassung der Spüleinrichtungen und des Spülbetriebes an die örtlichen Gegebenheiten sowie eine Auswahl der Einrichtungen entsprechend ihrer spezifischen Konstruktionen und Funktionsweisen.

Die Auswahl von Schwallspüleinrichtungen für eine bestimmte Reinigungsaufgabe orientiert sich grundsätzlich an folgenden Kriterien:

- Art und Abmessungen des Bauwerkes,
- Standort des Bauwerkes im Kanalnetz,
- Höhenlage des Bauwerkes,
- Infrastruktur am Bauwerk sowie
- hydraulische und stoffliche Randbedingungen.

Um den genannten Kriterien zu genügen sowie aufgrund konstruktiver und funktionstechnischer Unterschiede bei den Schwallspüleinrichtungen, wird eine Unterteilung der zu reinigenden Abwasserbauwerke, wie sie in Kap. 5.1 beschrieben ist, vorgenommen.

Allen Einrichtungen ist gemein, dass sie nur eine Reinigung der Bauwerkssohle bewirken. Die durch Teil- bzw. Volleinstau entstehenden Beläge im Scheitel- und Kämpferbereich trocknen üblicherweise aus, blättern ab und werden mit dem Trockenwetterabfluss oder nächsten Schwall weggespült. Hierdurch auftretende Geruchsbelästigungen sind vernachlässigbar (FAHRNER, 1999).

Bei der Standortwahl für Schwallspüleinrichtungen sollten mögliche Lärmemissionen, die funktionsbedingt sind oder auf die Schwallwelle zurückzuführen sind, beachtet werden. Bei funktionsbedingten Ursachen können auch geschlossene Abwasserbauwerke betroffen sein.

Die Schwallspülung in Regenbecken und Mischwasserkanälen wird von deutlich unterschiedlichen Randbedingungen beeinflusst. Bei Regenbecken erfolgt die Reinigung üblicherweise mit geringen Spülwassermengen und Spülhäufigkeiten. Daher ist darauf zu achten, dass die Spülung unmittelbar im Anschluss an die Bauwerksentleerung durchgeführt wird, wenn die Ablagerungen noch nicht verfestigt bzw. ausgetrocknet sind. Wesentliche Unterschiede der Kanal- zur Beckenreinigung bestehen in folgenden Punkten:

- Wasserpolster entlang der Spülstrecke,
- schmalere und längere Spülstrecken,
- geringere Sohlgefälle und

- ungünstigere Sedimenteigenschaften.

Daher werden bei der Kanalreinigung grundsätzlich höhere Spülwassermengen und/oder eine höhere Anzahl von Spülungen benötigt. Die Reinigung von Mischwasserkanälen, die im Nebenschluss angeordnet sind, entspricht in wesentlichen Punkten, wie z. B. keine Wasserpolster oder Sedimenteigenschaften, der Beckenreinigung.

In Tabelle 5.5 werden Einsatzbereiche für die zuvor beschriebenen Schwallspüleinrichtungen empfohlen.

Tabelle 5.5: *Empfohlene Einsatzbereiche für Schwallspüleinrichtungen*

Regenbecken			
Rechteckbecken		Rundbecken	
klein	groß	klein	groß
Spültopf Spülkippe Spültrommel Vakuum-Kammer-Anlage Kammer-Klappen-Anlage	Spülkippe Spültrommel Vakuum-Kammer-Anlage Kammer-Klappen-Anlage	Spültopf Vakuum-Kammer-Anlage	Spültopf Spülkippe Vakuum-Kammer-Anlage Kammer-Klappen-Anlage
Mischwasserkanäle			
nicht begehbare Kanäle		begehbare Kanäle	
Spülklappe Spülschieber Schachtspüleinrichtung		Hauptschluss	Nebenschluss
		Spülklappe Spülschieber Spülschütz Spülwehr	Vakuum-Kammer-Anlage Kammer-Klappen-Anlage

Der Einsatz von Schwallspüleinrichtungen in Stauraumkanälen erfordert neben einer Anpassung der Reinigungsaggregate und des Spülbetriebes an die örtlichen Gegebenheiten besondere bauliche Maßnahmen. Stauraumkanäle (SK) unterscheiden sich von begehbaren Mischwasserkanälen dadurch, dass sie am SK-Ablauf mit einem Drosselbauwerk ausgerüstet sind. Der Übergang von Speicherkammer und Drosselbauwerk ist üblicherweise mit einer plötzlichen Querschnittsreduzierung verbunden. Dadurch besteht die Gefahr, dass die durch eine Schwallspülung remobilisierten Ablagerungen im Übergangsbereich erneut sedimentieren. Des Weiteren können durch Wellenreflektion schon abtransportierte Sedimente in die Speicherkammer rückverfrachtet werden. Folge dieser Prozesse ist eine Akkumulation von Feststoffen in hydraulischen Totzonen des Übergangsbereiches. Im ungünstigsten

Fall kann eine Verstopfung der Drosselstrecke eintreten. Die Anordnung von Auffangkammern, Spülsümpfen oder Sedimentfallen (Geschiebeschächte) kann hier von Vorteil sein. Zusätzliche Reinigungsmaßnahmen werden dann erforderlich. DOHMANN & DETTMAR (2002) nennen Lösungsmöglichkeiten, die als Einzelmaßnahme oder in Kombination zum Einsatz kommen können:

- höhere Anzahl von kleinen Spülwellen mit kleinen Spülvolumina bzw. Stauhöhen,
- hydraulisch günstige Gestaltung des Überganges von Drosselbauwerk und Speicherkammer,
- Erhöhung des Drosselabflusses,
- regelmäßige Entnahme der Ablagerungen (z. B. mittels Saugräumung) und
- Installation einer zusätzlichen Reinigungs- oder Entnahmeeinrichtung für Ablagerungen vor dem Drosselbauwerk (insbesondere bei installierten Spülsümpfen).

Es hat sich gezeigt, dass mit der Anordnung von Spülsümpfen am Ende des Stauraumkanals, ähnlich wie bei Regenbecken, zusätzliche Reinigungsmaßnahmen zur Entleerung dieser Auffangeinrichtung erforderlich werden können. Demzufolge ist, wenn die örtlichen Gegebenheiten es zulassen, auf eine Installation von Spülsümpfen in Stauraumkanälen zu verzichten. Kann auf die Installation von Spülsümpfen nicht verzichtet werden, so ist sicher zu stellen, dass die Auffangeinrichtungen ausreichend groß dimensioniert werden und beim Spülvorgang die komplette Kapazität zur Verfügung stellen, damit eine Wellenreflektion und ein Rücktransport von Feststoffen ausbleibt.

Grundsätzlich sollten Schwallspüleinrichtungen regelmäßig inspiziert werden. In vielen Fällen reicht eine Inaugenscheinnahme der Einrichtung aus, um die Situation zu bewerten. Die Inspektionsabstände können nach Bedarf vergrößert oder verkleinert werden. Generell sollten Einrichtungen mit beweglichen Bauteilen im Abwasser häufiger kontrolliert werden als Einrichtungen ohne bewegliche Komponenten. Das gilt auch für Einrichtungen, die im Störfall einen völligen Verschluss des Abflussquerschnitts bewirken können.

6 Zusammenfassung

Im Rahmen einer gezielten Umfrage bei Herstellern, Betreibern und Planern wurden umfangreiche Kenntnisse und Erfahrungen über Schwallspüleinrichtungen in Mischwasserkanalisationen zusammengetragen und hinsichtlich verschiedener Parameter analysiert. Im Einzelnen wurden 14 Hersteller und 15 kommunale Betreiber aus ganz Deutschland sowie 11 Wasser- und Abwasserverbände und 6 Planungsbüros aus Nordrhein-Westfalen kontaktiert. Des Weiteren wurden Informationen aus der klassischen und neueren Fachliteratur sowie aus Produktkatalogen der Hersteller gesammelt und ausgewertet. Bei der Datenauswertung standen betriebliche und wirtschaftliche Aspekte im Vordergrund. Informationen des Regenbeckenkatasters (REBEKA) des Landes Nordrhein-Westfalen sowie relevante Angaben des Statistischen Bundesamtes wurden in die Betrachtungen mit einbezogen.

Eine Abschätzung derzeit in Betrieb befindlicher Schwallspüleinrichtungen macht deutlich, dass in Nordrhein-Westfalen mehr als 200 Mischwasserbehandlungsanlagen (MWBA), dass sind etwa 7 %, mit automatischen Schwallspüleinrichtungen gereinigt werden. In Deutschland werden zur Zeit in rund 1.900 MWBA Schwallspüleinrichtungen betrieben. Das sind fast 8 % aller Regenüberlaufbecken und Stauraumkanäle (SK). In begehbaren und nicht begehbaren Mischwasserkanälen (ohne SK) werden automatische Schwallspüleinrichtungen selten eingesetzt.

Die Vielzahl unterschiedlicher Schwallspüleinrichtungen wurde in vier Kategorien unterteilt:

- Spüleinrichtung mit Spülbehälter,
- Kammerspüleinrichtung,
- Schachtpüleinrichtung und
- Kanalvolumen aktivierende Spüleinrichtung.

Bei der Klassifizierung standen konstruktive und funktionstechnische Kriterien im Vordergrund.

Im Rahmen einer Gegenüberstellung und Bewertung einzelner Firmenprodukte wurden die vornehmlichen Einsatzbereiche sowie technische und betriebliche Merkmale dargestellt. Die mit einer umfangreichen Mess-, Steuerungs- und Fernwirktechnik ausgerüsteten Einrichtungen besitzen einen hohen Bedienkomfort, der sich beispiel-

weise in einer Fernüberwachung aber auch in höheren Produktkosten widerspiegelt. Eine Einordnung der Produkte in Kostengruppen und eine qualitative Bewertung betrieblicher Aufwendungen lassen erkennen, dass nicht alle Schwallspüleinrichtungen unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten primär für Reinigungsmaßnahmen geeignet sind.

Literatur

- Achten & Jansen (2002): Persönliche Mitteilungen, Ingenieurbüro Achten & Jansen GmbH, Aachen
- ASA Technik (2001): Produktkatalog der ASA Technik GmbH, Krefeld
- Beck (2002): Persönliche Mitteilungen, Ingenieurbüro Reinhard Beck, Wuppertal
- BGU (2002): Produktkatalog der BGU - Umweltschutzanlagen GmbH, Bretzfeld
- Biogest (2002): Produktkatalog der Biogest AG, Taunusstein
- Brombach, H. (1982): Zwei Experimente zum Stofftransport im Mischwasserkanal, Korrespondenz Abwasser, Heft 5, Seite 284-291
- Brombach, H. (2000): Maschinelle und elektrische Ausrüstung von Regenbecken, ATV-Fortbildungskurs für Wassergütewirtschaft und Abwassertechnik in Kassel, 16. März 2000
- Brombach, H. (2002): Abwasserkanalisation und Regenbecken im Spiegel der Statistik, Korrespondenz Abwasser, Heft 4, Seite 444-452
- Dohmann, M.; Dettmar, J. (2002): Untersuchungen zur optimierten Kanalreinigung im Hinblick auf eine Minimierung biogener Schwefelsäurekorrosion und eine Verhinderung von Schmutzfrachtstößen bei der Abwasserbehandlung und Mischwasserentlastung, Schlussbericht, Institut für Siedlungswasserwirtschaft der RWTH Aachen, unveröffentlicht
- Dohmann, M.; Stölting, B. (2002): Mischwasserbehandlung in NRW - Abschätzung der von Regenentlastungsanlagen ausgehenden Gewässerbelastungen, Schlussbericht, Institut für Siedlungswasserwirtschaft der RWTH Aachen, unveröffentlicht
- EPA (1972): A flushing system for combined sewer cleaning, Central Engineering Laboratories, FMC Corporation, Santa Clara, California, USA, Office of Research and Monitoring, Environmental Protection Agency
- Fahrner H. (1999): Reinigungseinrichtungen in Regenbecken, Sonderdruck aus Wasser Abwasser Praxis, Heft Nr. 2/99, Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, Wiesbaden

- Floecksmühle (1997): Förderung der Entwicklung von Schlauchverschlüssen zur Regelung und Stauhaltung in Abwasserkanälen, Schlussbericht, Deutsche Bundesstiftung Umwelt AZ: 06309, Aachen, unveröffentlicht
- Frandsen, E. (1881): Reinhaltung der Stadtluft durch Schwemmsystem mit Überdruck und durch Reformen bei Verschluss, Spülung und Ventilation des Canal-Systems, Zweite Auflage, Buchhandlung Lehmann & Wentzel, Wien
- Frühling, A. (1903): Die Entwässerung der Städte, Handbuch der Ingenieurwissenschaften, Dritter Teil, Der Wasserbau, Vierter Band, Verlag von Wilhelm Engelmann, Leipzig
- Funke (2000): Produktkatalog der Funke Kunststoffröhren Sendenhorst GmbH, Sendenhorst
- Genzmer, E. (1924): Die Entwässerung der Städte, Handbuch der Ingenieurwissenschaften, Dritter Teil, Der Wasserbau, Vierter Band, 5. Auflage, Verlag von Wilhelm Engelmann, Leipzig
- Giehl, U. (2002): Persönliche Mitteilungen und Unterlagen, Hachenburg
- Gondro, C. (2001): Das Kunststoffrohr mit Trinkwasser- und Kanalsektor sowie in der Gasversorgung, Kapitel 17, Kontakt + Studium, Band 23, Expert Verlag, Renningen
- HST (2002): Produktkatalog der Hydro-Systemtechnik GmbH, Meschede
- Kammerer, R. (2002): Persönliche Mitteilungen, Frankfurt
- Kotzbauer, U. (2002): Persönliche Mitteilungen und Unterlagen, Rerik
- Krauth, K.; Vetter, O.; Stotz, G. (2001): Ablagerungsarme Mischwasserkanalisationen, Schlussbericht, Ministerium für Umwelt und Verkehr (UMV) des Landes Baden-Württemberg, Stuttgart
- Kupczik, G. (1993): Neue Wege der Abwassersteuerung in Kanalnetzen, Bericht der Kupczik Umwelttechnik GmbH, Hamburg
- Liebau (2003): Persönliche Mitteilungen und Unterlagen, Bad König
- Liwatech (1999): Produktkatalog der Liwatech - Liebau Wasser- und Abwassertechnik PG, Bad König

- Lorenzen, A. (2000): Ermittlung der Leistungsfähigkeit der Schwallspülklappe zur Reinigung von Abwasserkanälen, Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben, Berlin, unveröffentlicht
- Lorenzen, A. (2002): Persönliche Mitteilungen und Unterlagen, Berlin
- Lorenzen, A.; Ristenpart, E.; Pfuhl, W. (1997): Reinigung von Abwasserkanälen durch Schwallspülung, 1. Teil: Feldversuche in einem Mischwasserkanal, Korrespondenz Abwasser, Heft 11, Seite 1994-2002
- Lützner, K.; Barth, M. (1996): Drehbogen-Pilotprojekt Dresden-Leuben, Schlussbericht, Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Dresden, unveröffentlicht
- N.N. (1995): Anforderungen an den Betrieb und die Unterhaltung von Kanalisationsnetzen, Runderlass des Ministeriums für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft (MURL) des Nordrhein-Westfalen vom 3. Januar 1995
- Niehues (2002): Produktkatalog der Niehues Anlagenbau GmbH & Co. KG, Velen-Ramsdorf
- Passavant (2002): Produktkatalog der AWK Passavant GmbH, Kaiserslautern
- Pecher, R. (1989): Wirtschaftliche Spüleinrichtungen in Regenbecken, Eigenverlag, Erkrath
- Pisano, W.C.; Aronson, G.L.; Queiroz, C.S.; Blanc, F.C.; O`Shaughnessy, J.C. (1979): Dry-weather deposition and flushing for combined sewer overflow pollution control, Municipal Environmental Research Laboratory, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, Ohio 45268, Report No. R804578
- Schüßler, O. (2002): Schwallspüleinrichtungen in Mischwasserkanalisationen, Diplomarbeit, Institut für Siedlungswasserwirtschaft der RWTH Aachen, unveröffentlicht
- Statistisches Bundesamt (2001): Umwelt, Fachserie 19, Reihe 2.1, Öffentliche Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung 1998, Teil II, Zweigstelle Bonn
- Steinhardt (2002): Produktkatalog und persönliche Mitteilungen, Steinhardt Wassertechnik GmbH, Taunusstein

Strell, M. (1913): Die Abwasserfrage in ihrer geschichtlichen Entwicklung von den ältesten Zeiten und bis zur Gegenwart, Verlag von F. Leineweber, Leipzig

SüwV Kan (1995): Verordnung zur Selbstüberwachung von Kanalisationen und Einleitungen von Abwasser aus Kanalisationen im Mischsystem und im Trennsystem (SüwV Kan) des Landes Nordrhein-Westfalen vom 16. Januar 1995

UFT (2002): Produktkatalog und persönliche Mitteilungen, Umwelt- und Fluidtechnik GmbH, Bad Mergentheim

Willems, G. (1996): Konstruktion von Regenüberlaufbecken, ATV-Seminar, 14./15.02.1996

Willems, G. (2002): Persönliche Mitteilungen und Unterlagen, Essen

Würfel, T. (2002): Persönliche Mitteilungen und Unterlagen, Dresden

Anhang

Tabelle A1: Teilnehmer der Befragung

		Art der Befragung		
Nr.	Kommunen / andere Betreiber	persönlich	telefonisch	schriftlich
1	Stadt Aachen	•		
2	Stadt Ahlen		•	
3	Stadt Bergisch Gladbach	•		
4	Stadt Dresden		•	•
5	Stadt Frankfurt am Main	•		
6	Stadt Mainz	•	•	
7	Niederrheinische Versorgung und Verkehr AG	•		
8	Stadt Offenbach am Main	•	•	
9	Regionalgas Euskirchen GmbH	•	•	
10	Stadt Remscheid	•		
11	Stadt Uhingen		•	
12	Gemeinde Waldmoor	•		
13	Stadt St. Wendel	•		
14	Stadt Wiehl	•		
15	Stadt Würzburg		•	•
Nr.	Wasser- und Abwasserverbände	persönlich	telefonisch	schriftlich
1	Abwasserverband Hellertal		•	
2	Aggerverband		•	•
3	Bergisch-Rheinischer-Wasserverband	•	•	
4	Emschergenossenschaft / Lippeverband			•
5	Erfstverband			•
6	Linksniederrheinische Entwässerungs-Genossenschaft		•	
7	Niersverband			
8	Ruhrverband	•		
9	Wahnbachtalsperrenverband		•	
10	Wasserverband Eifel-Rur	•	•	
11	Wupperverband		•	•

Nr.	Hersteller	Art der Befragung			Unterlagen ^{*)}
		persönlich	telefonisch	schriftlich	
1	ASA Technik GmbH	•			•
2	AWK Passavant GmbH	•			•
3	BGU - Umweltschutzanlagen GmbH				•
4	Biogest AG	•	•	•	•
5	Floecksmühle Energietechnik GmbH		•		•
6	Funke Kunststoffe GmbH		•	•	•
7	HST-Systemtechnik GmbH	•		•	•
8	Liwatech PG	•			•
9	Niehues-Anlagenbau GmbH	•		•	•
10	PBB Physiker-Büro Berlin PG	•	•		•
11	Rotaria PG	•	•	•	•
12	Steinhardt GmbH	•	•	•	•
13	UFT Umwelt- und Fluid-Technik GmbH		•	•	•
14	Vollmar GmbH		•	•	•
Nr.	Planungsbüros	persönlich	telefonisch	schriftlich	
1	Achten und Jansen GmbH		•		
2	Ingenieurbüro Reinhard Beck	•	•		
3	Dr. Dahlem Beratende Ingenieure			•	
4	GEWATEC GmbH		•		
5	KISTERS AG		•		
6	Ingenieurbüro Ulrich Lank		•		

^{*)} Produktkataloge

Tabelle A2: Anschriftenverzeichnis der an der Umfrage beteiligten Hersteller

Hersteller / Adresse	Homepage / E-Mail	Fon, Fax
ASA Technik GmbH Forstwaldstraße 357 47804 Krefeld	asatechnik.de asa@asatechnik.de	02151 / 3376-0 02151 / 3376-44
AWK Passavant GmbH Brandenburger Straße 5 67663 Kaiserslautern	awk-passavant.de info@AWK-Passavant.com	0631 / 2011-0 0631 / 2011-235
BGU - Umweltschutzanlagen GmbH Schwabenstraße 27 74626 Bretzfeld	bgu-online.de info@bgu-online.de	07946 / 9120-0 07946 / 9120-19
BIOGEST AG Siemensstraße 1 65232 Taunusstein	biogest.com Info@biogest.com	06128 / 9758-0 06128 / 73784
Floecksmühle Energietechnik GmbH Bachstraße 62-64 52066 Aachen	barrage-en-caoutchouc.com floecksmuehle@t-online.de	0241 / 94986-0 0241 / 94986-13
Funke Kunststoffe GmbH Osttor 84-90 48324 Sendenhorst	funkegruppe.de info@funkegruppe.de	02526 / 308-0 02526 / 308-550
HST-Systemtechnik GmbH Sophienweg 3 59872 Meschede	hydro-systemtechnik.de info@hydro-systemtechnik.de	0291 / 9929-0 0291 / 7691
Liwatech PG Liebau Wasser und Abwassertechnik Heubergweg 73 64732 Bad König	liwatech.de info@liwatech.de	06063 / 913779 06063 / 912416
Niehues Anlagenbau GmbH & Co KG Südring 30 46342 Velen-Ramsdorf	niehues-anlagenbau.de info@niehues-abwassertechnik.de	02863 / 9242-0 02863 / 9242-20
PBB Physiker-Büro Berlin PG Kaiserdamm 22 14057 Berlin	dr-lorenzen.de mail@gekat.de	030 / 3027152
Rotaria PG Kirchweg 21 18230 Rerik	rotaria.com info@rotaria.com	038296 / 748-0 038296 / 748-23
Steinhardt GmbH Röderweg 10 65232 Taunusstein	steinhardt.de info@steinhardt.de	06128 / 9165-0 06128 / 9165-27
UFT Umwelt- und Fluidtechnik, Dr. Brombach GmbH Steinstraße 7 97980 Bad Mergentheim	uft-brombach.de uft@uft-brombach.de	07931 / 9710-0 07931 / 9710-40
Vollmar GmbH König-Karl-Straße 14 70372 Stuttgart	vollmar-huber.de info@vollmar-gmbh.de	0711 / 55391-0 0711 / 55391-30

Tabelle A3: Anschriftenverzeichnis der an der Umfrage beteiligten Planungsbüros

Planungsbüro / Adresse	Homepage / E-Mail	Fon, Fax
Achten und Jansen GmbH Charlottenburger Allee 11 52068 Aachen	www.achten-jansen.de achten-jansen@t-online.de	0241 / 96870-0 0241 / 96870-60
Ingenieurbüro Reinhard Beck Kocherstraße 27 42369 Wuppertal	www.ibbeck.de info@beck.de	0202 / 24678-0 0202 / 24678-44
DAR Deutsche Abwasser-Reinigungs-Gesellschaft mbH Adolfsallee 27 - 29 65185 Wiesbaden	www.dar.de dar-rbl@dar.de	0731 / 9641-0 0731 / 60663
Dr. Dahlem Beratende Ingenieure Bonsiepen 7 45136 Essen	www.drdahlem.de essen@drdahlem.de	0201 / 8967-0 0201 / 8967-123
GEWATEC GmbH Kölner Straße 210 57290 Neunkirchen	www.gewatec.de mail@gewatec.de	02735 / 7856-0 02735 / 7856-7
KISTERS AG Charlottenburger Allee 5 52068 Aachen	www.kisters.de info@kisters.de	0241 / 9671-0 0241 / 9671-555
Ingenieurbüro Ulrich Lank Gertrudisstraße 18 50859 Köln	mail@lankib.de	02234 / 94236-1 02234 / 94236-4
SAG Ingenieure Süddeutsche Abwasserreinigungs- Ingenieur GmbH Hörvelsinger Weg 23 89081 Ulm	www.sag-ingenieure.de ulm@sag-ingenieure.de	0731 / 9641-0 0731 / 60663
Tutthas & Meyer Ingenieurgesellschaft für Wasser-, Abwasser- und Abfallwirtschaft mbH Bismarckstraße 2-8 52066 Aachen	www.tutthas-meyer.de aachen@tum-online.de	0241 / 5000-05 0241 / 535488
Unger Ingenieure Ingenieurgesellschaft mbH Jahnstraße 48 64285 Darmstadt	www.unger-ingenieure.de da@unger-ingenieure.de	06151 / 603-0 06151 / 603-36

Tabelle A4: Anschriftenverzeichnis der an der Umfrage beteiligten Abwasser- und Wasserverbände

Verband / Adresse	Homepage / E-Mail	Fon, Fax
Abwasserverband Hellertal Hermann-Götze-Str. 10 57562 Herdorf	www.av.hellertal.de av.hellertal@t-online.de	02744 / 8549 02744 / 8378
Aggerverband Sonnenstraße 40 51645 Gummersbach	www.aggerverband.de Info@aggerverband.de	02261 / 36-0 02261 / 36-8
Bergisch - Rheinischer Wasserverband Düsselberger Straße 2 42781 Haan-Gruiten	www.brw-haan.de brw@brw-haan.de	02104 / 6913-0 02104 / 691366
Emschergenossenschaft/Lippeverband Kronprinzenstraße 24 45128 Essen	www.eglv.de emscher@eglv.de	0201 / 104-0 0201 / 104-2277
Erftverband Paffendorfer Weg 23 50126 Bergheim	www.erftverband.de info@erftverband.de	02271 / 88-0 02271 / 88-210
Linksniederrheinische Entwässerungs-Genossenschaft Friedrich-Heinrich-Allee 64 47475 Kamp-Lintfort	www.lineg.de lineg.vs@lineg.de	02842 / 960-0 02842 / 960-460
Niersverband Am Niersverband 10 41747 Viersen	www.niersverband.de Niersverband@megabit.net	02162 / 3704-0 02162 / 3704-444
Ruhrverband Kronprinzenstr. 37 45128 Essen	www.ruhrverband.de info@ruhrverband.de	0201 / 178-0 0201 / 178-1425
Wahnbachtalsperrenverband Kronprinzenstraße 13 53721 Siegburg	www.wahnbach.de info@wahnbach.de	02241 / 128-0 02241 / 52690
Wasserverband Eifel-Rur Eisenbahnstraße 5 52353 Düren	www.wver.de	02421 / 494-0 02421 / 494-1508
Wupperverband Zur Schafbrücke 6 42283 Wuppertal	www.wupperverband.de info@wupperverband.de	0202 / 583-0

Tabelle A5: Anschriftenverzeichnis der an der Umfrage beteiligten kommunalen Betreiber

Kommunale Betreiber	Adresse	Fon, Fax
Stadt St. Wendel	Marienstraße 1 66606 St. Wendel	06851 / 902-571
Gemeinde Waldmoor	Rathausstraße 14 66914 Waldmoor	06373 / 9346
Stadt Frankfurt am Main	Stadtentwässerung Lübecker Straße 40 60323 Frankfurt	069 / 550357, 069 / 550357
Stadt Würzburg	Entwässerungsbetrieb Rotkreuzstraße 2a 97080 Würzburg	0931 / 37-4102, 0931 / 37-4199
NVV AG	Odenkirchener Straße 201 41236 Mönchengladbach	02166 / 688-0, 02166 / 688-2445
Stadt Wiehl	Abwasserwerke Bahnhofstraße 1 51674 Wiehl	02262 / 99-0, 02262 / 99-247
Stadt Offenbach am Main	Eigenbetrieb Daimlerstraße 8 63071 Offenbach/Main	069 / 8065-2942, 069 / 8065-2719
Stadt Mainz	Entwässerungsbetriebe Zitadelle, Bau C 55131 Mainz	06131 / 123033
Stadt Remscheid	Stadtentwässerung Lenneper Straße 63 42855 Remscheid	02191 / 162840, 02191 / 162710
Stadt Bergisch Gladbach	FB 7-68 / Abwasserwerk Postfach 200920 51439 Bergisch Gladbach	02204 / 923418
Stadt Aachen	Lagerhausstraße 20 52068 Aachen	0241 / 4326630, 0241 / 4326608
Regionalgas Euskirchen GmbH	Münsterstraße 9 53881 Euskirchen	02251 / 708-0, 02251 / 708-163

Tabelle A6: Themenpunkte der Befragung

Hersteller

- Art der produzierten Schwallspüleinrichtungen
- Konstruktion, Fertigung und Funktionsweisen der Einrichtungen
- Einsatzbereiche und Einsatzrandbedingungen
- Anzahl und Größe der installierten/geplanten Einrichtungen (NRW, Deutschland, weltweit - Referenzliste)
- Art und Größe der von den installierten/geplanten Einrichtungen zu reinigenden abwassertechnischen Bauwerke
- Betriebsverhalten der Einrichtungen (mögliche betriebliche Probleme, Nutzungsdauer)
- Reinigungsleistung der Einrichtungen (Spülstrecken, Schubspannungen, Häufigkeit der Spülungen)
- Anlass und Durchführung der Installation (Prävention, vorhandene Ablagerungsprobleme, behördliche Vorgaben)
- Bemessung und abwassertechnische Planung der Einrichtungen (Durchführung, Vorgaben, Hinweise, Parameter)
- Kaufpreise der Einrichtungen
- Spezifische Betriebskosten

Betreiber

- Art, Größe, Hersteller und Anzahl der betriebenen Schwallspüleinrichtungen
- Art, Größe und Anzahl der zu reinigenden abwassertechnischen Bauwerke
- Infrastrukturbereitstellung durch Betreiber (Wasseranschluss, Stromanschluss, Datenleitung, u.ä.)
- Betrieb der Einrichtungen (Inbetriebnahme, Betriebsart)
- Betriebserfahrungen (Reinigungsleistung, aufgetretene Probleme)
- Bemessung und abwassertechnische Planung der Einrichtungen (Planungsbüro, Hersteller, Betreiber)
- Investitionen (Einrichtung, Installation, Inbetriebnahme)
- Betriebskosten (Personal, Verschleißteile, Betriebsmittel, Wartungsvertrag)

Planer

- Art, Ort und Anzahl der geplanten Schwallspüleinrichtungen
- Gründe für die Auswahl der Reinigungsmethode (eigene Erfahrungen, behördliche Vorgaben, Auftraggebervorgaben, u.ä.)
- Kriterien für die Auswahl bestimmter Arten und Produkte von Einrichtungen (eigene Erfahrungen, behördliche Vorgaben, Auftraggebervorgaben, u.ä.)
- Durchführung der Bemessung (Herstellervorgaben, eigene Erfahrungen, Auftraggebervorgaben, u.ä.)
- Eigene Erfahrungen (Investitionen, Betriebskosten, Reinigungsleistung, betriebliche Probleme, Nutzungsdauer)
- Planungskosten



Bild A1: Spülkippen der Hydro-Systemtechnik GmbH

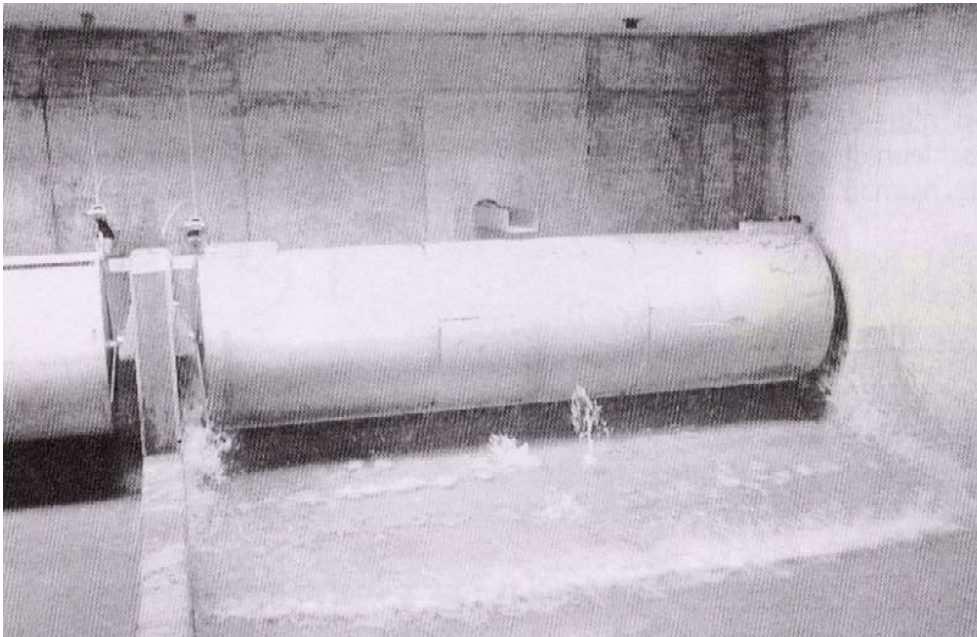


Bild A2: Spültrommel der BGU-Umweltschutzanlagen GmbH (BGU, 2002)

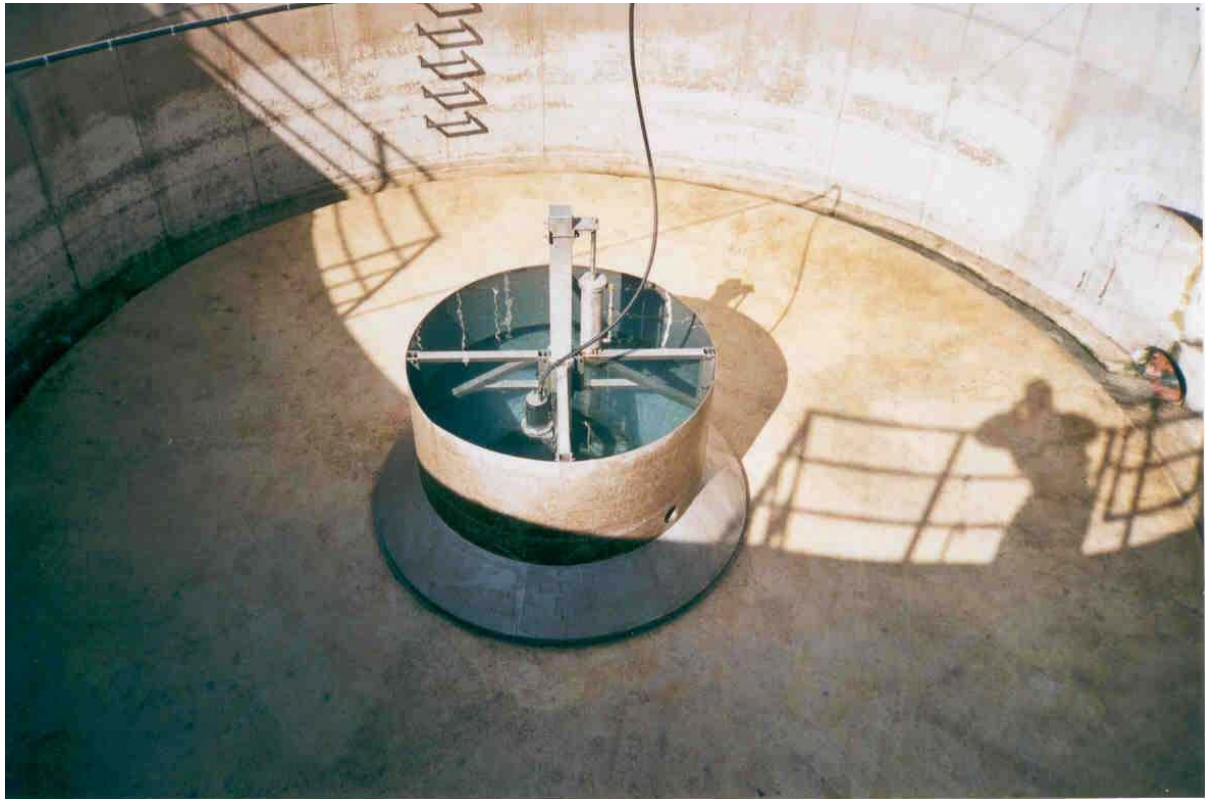


Bild A3: Spültopf der Steinhardt GmbH (Steinhardt, 2002)



Bild A4: Vakuum-Kammer-Anlage der Biogest AG

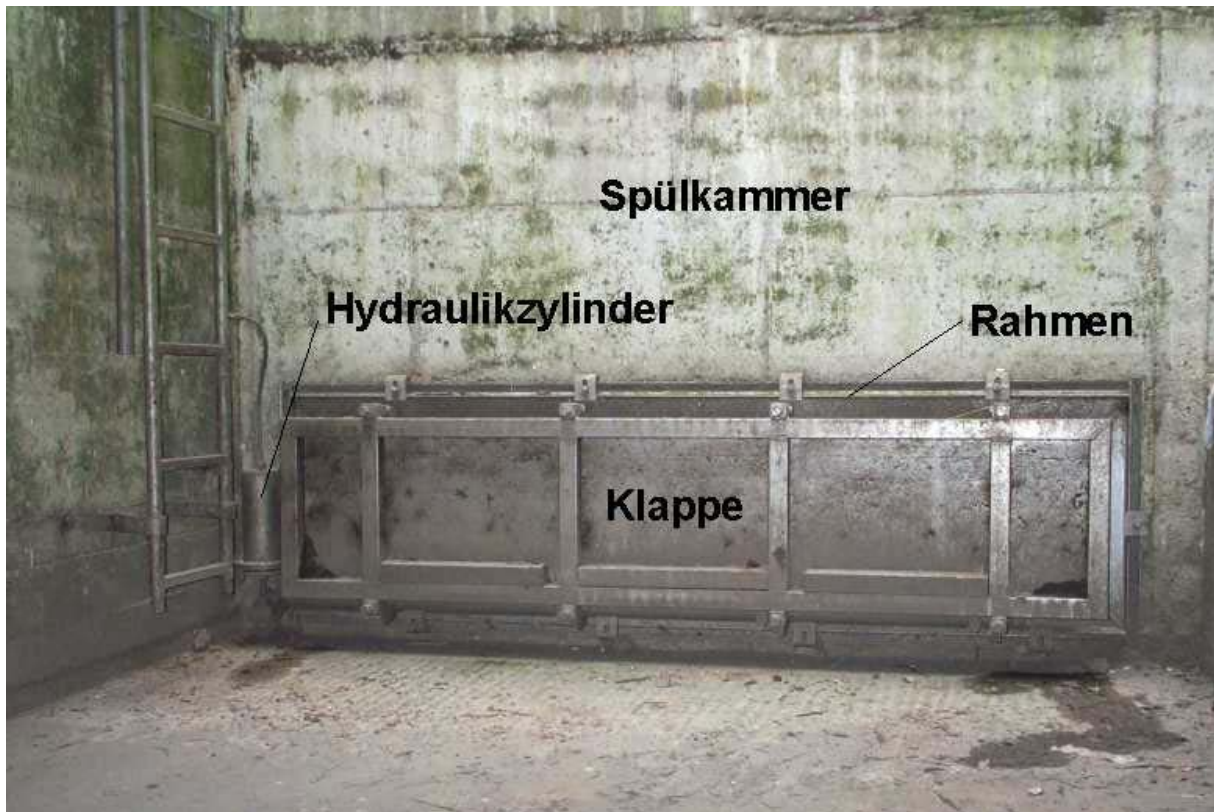


Bild A5: Kammer-Klappen-Anlage der Steinhardt GmbH



Bild A6: Kammer-Klappen-Anlage der Liwatech PG (LIEBAU, 2003)



Bild A7: HydroFlush-Kanalspüler (STEINHARDT, 2002)



Bild A8: Funktionsweise des Fabekun-Spülschachtes (FUNKE, 2000)

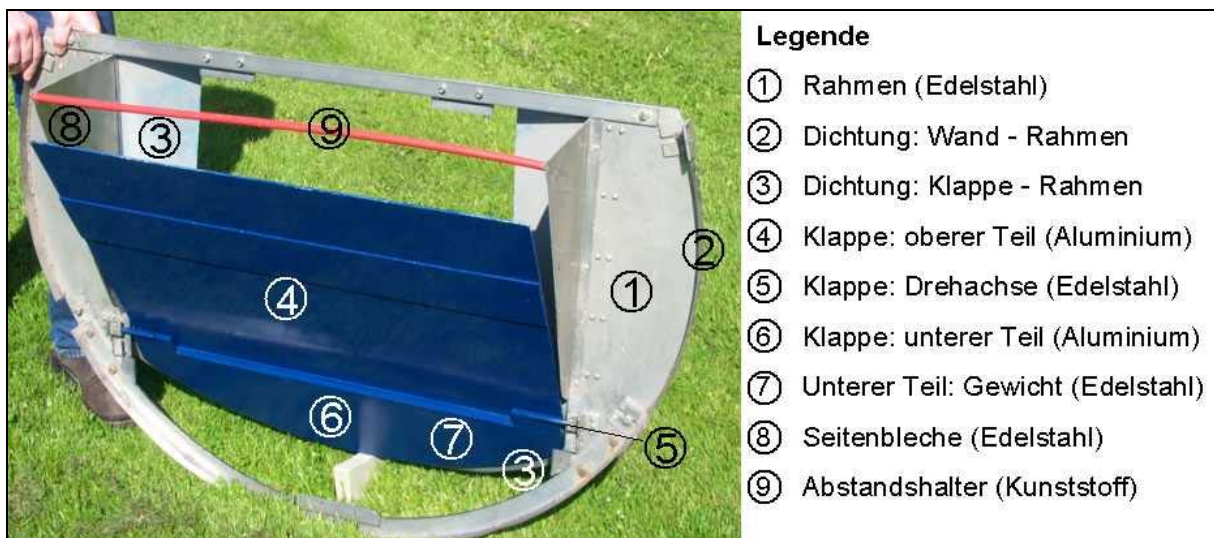


Bild A9: Bauteile der selbsttätigen Schwallspülklappe, Berliner Klappe (DOHMANN & DETTMAR, 2002)



Bild A10: Stau- und Spülklappen der Rotaria PG (KOTZBAUER, 2002)

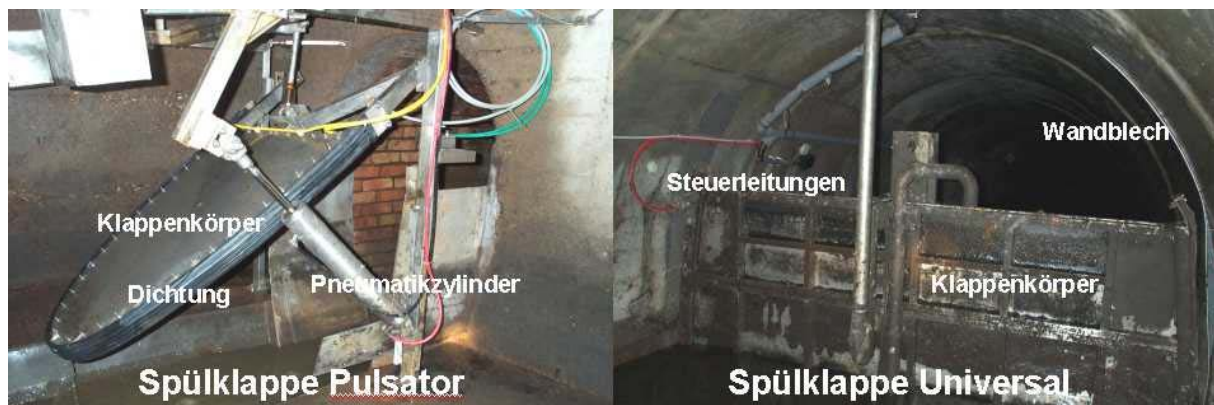


Bild A11: Spülklappen der Liwatech PG



Bild A12: Versenkbares Wehr in einem Mischwasserkanal DN 2000



Bild A13: Handzugschieber und halbautomatische Spültür der Stadt Frankfurt



Bild A14: Schwall-Drossel-Schieber im Mischwasserkanal DN 600 der Stadt Mainz (ASA Technik, 2002)

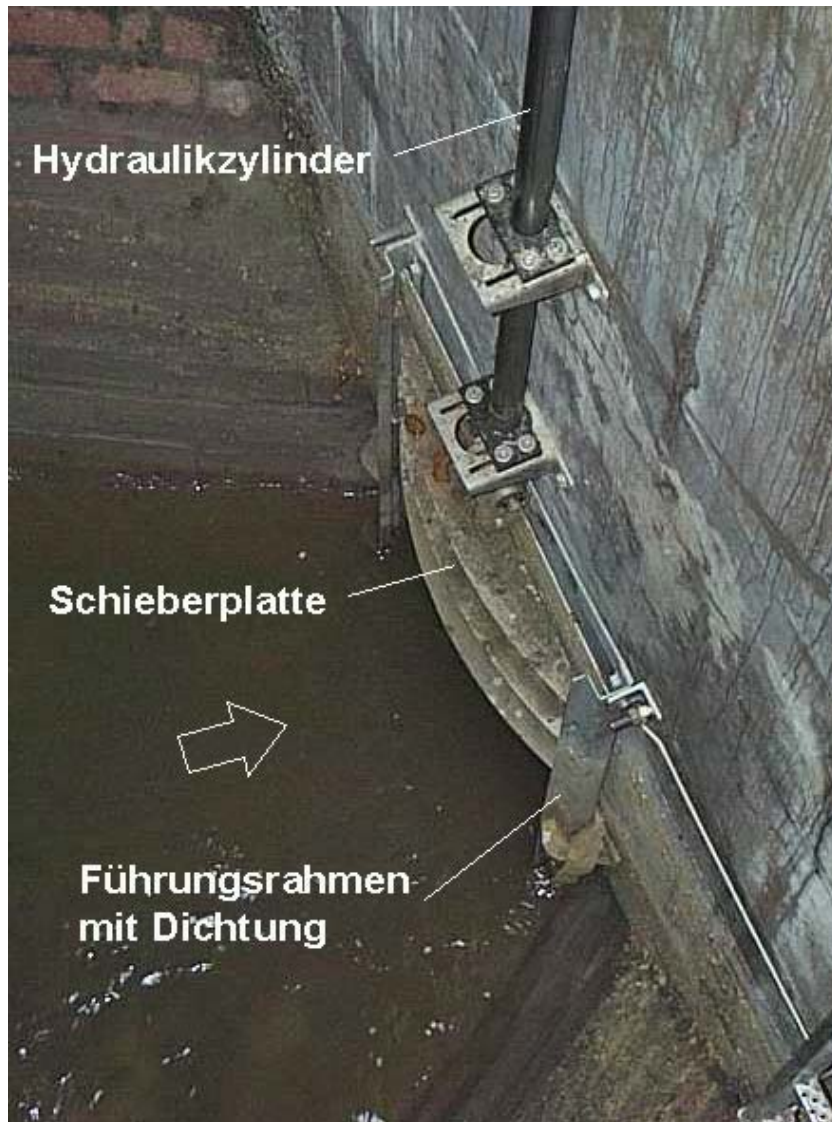


Bild A15: Spül- und Regelschieber der Rotaria PG (KOTZBAUER, 2002)

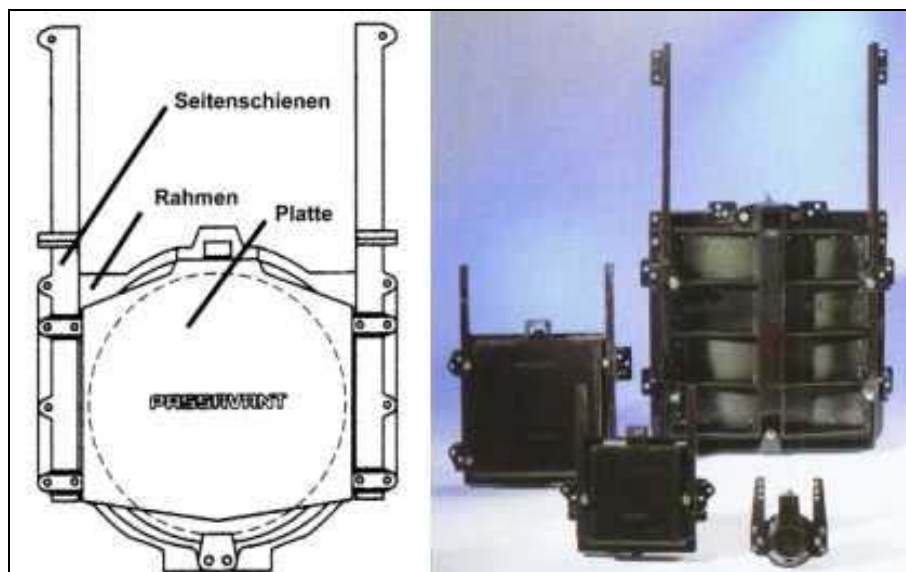


Bild A16: Absperrschieber der AWK Passavant GmbH (PASSAVANT, 2002)



Bild A17: Spülschütze HydroFlush und HydroGuard der Steinhardt GmbH (STEINHARDT, 2002)

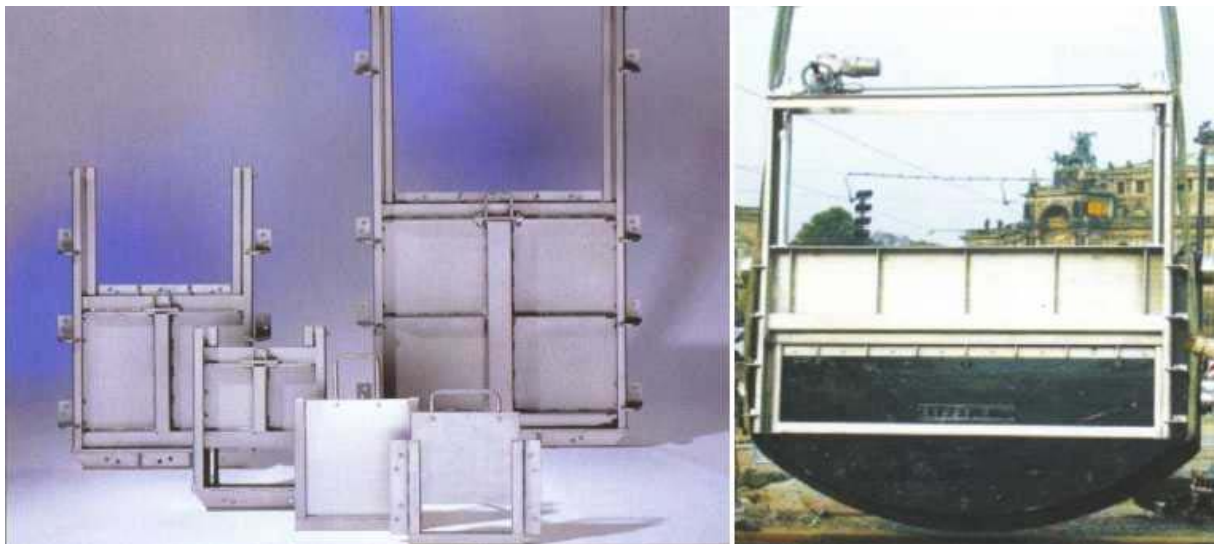


Bild A18: Spülschütze der AWK Passavant GmbH (links) und Kombination Schieber-Schütz (PASSAVANT, 2002; WÜRFEL, 2002)