



**Ruhr-Universität Bochum**

*Lehrstuhl für  
Siedlungswasserwirtschaft und Umwelttechnik*

*Prof. Dr.-Ing. H. Orth  
Fakultät für Bau- und Umweltingenieurwissenschaften*

Zustands-, Prozess- und Wirkungsanalyse  
zur Entwicklung einer bedarfsorientierten Reinigungs-  
strategie für Kanalnetze

Bochum, Dezember 2008

**Gefördert vom**



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

## Fördernde Stelle



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

## Bearbeitung



Ruhr-Universität Bochum  
Lehrstuhl für Siedlungswasserwirtschaft und  
Umwelttechnik

Universitätsstr. 150  
44801 Bochum

Prof. Dr.-Ing. H. Orth

Dipl.-Ing. R.-L. Lange

Dipl.-Ing. A. Pahl

Dipl.-Ing. S. Meßmann

## Projektbeteiligter



IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur

Exterbruch 1  
45886 Gelsenkirchen

Dr.-Ing. B. Bosseler

Dipl.-Ing. M. Schlüter

Dipl.-Ing. R. Puhl

Dipl.-Ing. S. Beck

Dipl.-Ing. M. Gillar

Dipl.-Ing. (FH) S. Ulutas

Dipl.-Ing. R. Volprecht

Auf der Basis des gemeinsam mit dem IKT erarbeiteten Forschungsantrags „Zustands-, Prozess- und Wirkungsanalyse zur Entwicklung einer bedarfsorientierten Reinigungsstrategie für Kanalnetze“ in der Version vom 19.01.2004 und des Auftrags des NRW-Umweltministeriums vom 27. Mai 2005 hat die Ruhr-Universität Bochum das IKT, Gelsenkirchen in dem Vertrag vom 15. November 2005 mit Forschungsarbeiten gemäß der Positionen 1 bis 5 des Forschungsantrages beauftragt. Der nachfolgende Bericht fasst die Ergebnisse der Forschungsleistungen der Ruhr-Universität Bochum und des IKT gemäß dem Forschungsauftrag zusammen.

## Inhalt

<b>VERZEICHNIS DER BILDER .....</b>	<b>5</b>
<b>VERZEICHNIS DER TABELLEN .....</b>	<b>13</b>
<b>ABKÜRZUNGEN .....</b>	<b>15</b>
<b>1 EINLEITUNG .....</b>	<b>17</b>
<b>2 BEDARFSORIENTIERTE KANALREINIGUNG .....</b>	<b>21</b>
2.1 AUFGABEN, ZIELE UND STRATEGIEN DER KANALREINIGUNG.....	21
2.2 ABLAGERUNGEN UND NETZSITUATIONEN .....	24
2.3 INSPEKTIONSMETHODEN UND -GERÄTE .....	28
2.4 PLANUNGSHILFEN UND KONTROLLINSTRUMENTE.....	33
<b>3 UNTERSUCHUNGSPROGRAMM UND -UMFANG .....</b>	<b>45</b>
<b>4 QUALITÄTSANFORDERUNGEN AN DEN KANALBETRIEB .....</b>	<b>49</b>
<b>5 ERFASSUNG DERZEITIGER BETRIEBSSTRATEGIEN .....</b>	<b>57</b>
5.1 EINFLÜSSE AUF BETRIEBSSTRATEGIEN .....	57
5.2 FALLBEISPIELE .....	62
5.3 CHARAKTERISTISCHE BAUSTEINE VON BETRIEBSSTRATEGIEN.....	66
<b>6 IN-SITU-UNTERSUCHUNGEN .....</b>	<b>73</b>
6.1 ABLAGERUNGEN ERKENNEN UND BEWERTEN .....	73
6.2 REINIGUNGSFIRMEN FÜHREN UND KONTROLLIEREN .....	95
6.3 PERSONAL UND GERÄTE SINNVOLL EINSETZEN .....	113
6.4 BETRIEBSERFAHRUNGEN SAMMELN UND NUTZEN .....	123
<b>7 UNTERSUCHUNGEN DER ZUSAMMENHÄNGE ZWISCHEN KANALREINIGUNG UND KANALEMISSIONEN.....</b>	<b>137</b>
7.1 FRACHTBILANZIERUNG VOR UND NACH DER KANALREINIGUNG .....	137
7.2 GERUCHSBELÄSTIGUNG INFOLGE VON KANALABLAGERUNGEN .....	169
7.3 LÄRMBELÄSTIGUNG BEI KANALREINIGUNGSARBEITEN .....	181
7.4 ZUSAMMENFASSUNG DER AUSWIRKUNGEN DER KANALREINIGUNG .....	189
<b>8 MODELL ZUR ENTWICKLUNG BEDARFSORIENTIERTER REINIGUNGSSTRATEGIEN ...</b>	<b>191</b>
8.1 ENTWICKLUNG EINES DYNAMISCHEN PROZESSMODELLS .....	191
8.2 KENNZEICHNUNG DER WESENTLICHEN PROZESSPHASEN UND HANDLUNGSOPTIONEN .....	195
8.3 ÄUßERE RANDBEDINGUNGEN UND EINFLUSSGRÖßEN .....	203
8.4 EXEMPLARISCHE UMSETZUNG VON LÖSUNGSANSÄTZEN.....	204

<b>9</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUSSFOLGERUNGEN .....</b>	<b>215</b>
<b>10</b>	<b>LITERATUR.....</b>	<b>229</b>
<b>ANLAGEN .....</b>		<b>235</b>
	PLANUNGSGRUNDSÄTZE „AUSSCHREIBUNG BEDARFSORIENTIERTE KANALREINIGUNG“ .....	235
	EINZUGSGEBIET MESSSTELLE BOCHUM-1 .....	249
	EINZUGSGEBIET MESSSTELLE BOCHUM-2 .....	250
	EINZUGSGEBIET MESSSTELLE MARL-1.....	251
	EINZUGSGEBIET MESSSTELLE MARL-2.....	252

## Verzeichnis der Bilder

BILD 1:	BILDBEISPIELE ZU EINER KANALSPIEGELUNG .....	29
BILD 2:	SCHACHTKAMERA, HERSTELLER RITEC .....	30
BILD 3:	SCHACHTKAMERA, HERSTELLER ENVIROSIGHT .....	30
BILD 4:	BEOBACHTEN DER HOCHDRUCKREINIGUNG IM SCHACHT .....	30
BILD 5:	REINIGUNGSDÜSE AM ZIELSCHACHT .....	30
BILD 6:	„SEHENDE DÜSE“ DER FIRMA KEG (KEG, 2006) .....	31
BILD 7:	ABLAGERUNGSSITUATION AUS SICHT DER „SEHENDEN DÜSE“ .....	31
BILD 8:	PANORAMO-KUGELSCANNER DER FIRMA IBAK .....	31
BILD 9:	INSPEKTIONSSYSTEM FÜR DEN EMSCHERKANAL (QUELLE: EMSCHERGENOSSENSCHAFT/LIPPEVERBAND) .....	32
BILD 10:	GEOINFORMATIONSSYSTEM S&K TIFFANY, SCREENSHOT (BOSELER UND PUHL, 2006) .....	34
BILD11:	MDE-GERÄT VON CASIO MIT PROKAN CE-SOFTWARE (BOSELER UND PUHL, 2006)	35
BILD 12:	TRANSPONDER .....	37
BILD 13:	BARCODE .....	37
BILD 14:	SCHILD .....	37
BILD 15:	MARKIERUNGSSTOPFEN.....	37
BILD 16:	ELEUSIS+ TRANSPONDER (TECTUS GMBH) .....	39
BILD 17:	PU TRANSPONDER VON ELATEC .....	39
BILD 18:	TRANSPONDER VON DER FA. BODEMANN (BODEMANN GMBH) .....	39
BILD 19:	GLASRÖHRCHENTRANSPONDER IM ASPHALT (BODEMANN GMBH) .....	39
BILD 20:	USB-LESEGERÄT .....	41
BILD 21:	LESEGERÄT MIT EXTERNER ANTENNE .....	41
BILD 22:	LESEGERÄT MIT INTERNER ANTENNE .....	41
BILD 23:	EINLESEN EINES TRANSPONDERS MIT EINEM INTEGRIERTEN LESEGERÄT (TECTUS GMBH).....	41
BILD 24:	EUROPEAN ARTICLE NUMBER (EAN).....	42
BILD 25:	BARCODE IM SCHACHT (AMERIS GMBH).....	42
BILD 26:	BARCODELESEGERÄT .....	43
BILD 27:	EINSCANNEN DES BARCODES IM SCHACHT .....	43

BILD 28: PU SCHILD AM STEIGEISEN .....	44
BILD 29: SCHILD AN SCHACHTWANDUNG (BODEMANN GMBH).....	44
BILD 30: PFROPFEN(ROT) IM KANALDECKEL ZUR ANGABE DER ENTWÄSSERUNGSART UND DER FLIEßRICHTUNG .....	44
BILD 31: PFROPFEN (SCHWARZ) ZUM VERSCHLUSS DER SCHACHTABDECKUNG (MH-VERTRIEB) .. .....	44
TABELLE 3: ÜBERBLICK ÜBER DIE ARBEITSSCHRITTE IM UNTERSUCHUNGSPROGRAMM: .....	47
BILD 32: BETRIEBSAUFGABEN UND ORGANISATION IN KANALBETRIEBEN.....	49
BILD 33: KANALBETRIEB – INTERESSENSAUSGLEICH ZWISCHEN DEN BETEILIGTEN GRUPPEN ...	51
BILD 34: ZIELFELD FÜR KANALBETRIEBE (OBEN RECHTS) MIT BLICK AUF FUNKTIONS-SICHERHEIT UND WIRTSCHAFTLICHKEIT .....	51
BILD 35: EINFLÜSSE AUF DIE ABLAGERUNGSBILDUNG, AUSWERTUNG FRAGEBOGEN.....	53
BILD 36: ORTE DER ABLAGERUNGSBILDUNG, AUSWERTUNG FRAGEBOGEN .....	54
BILD 37: BETRIEBSSTÖRUNGEN DURCH HINDERNISSE UND VERSCHMUTZUNGEN, AUSWERTUNG FRAGEBOGEN .....	55
BILD 38: BEEINTRÄCHTIGUNGEN DURCH ABLAGERUNGEN, AUSWERTUNGSBEISPIEL FRAGEBOGEN .....	56
BILD 39: ORGANISATION DER REINIGUNGSARBEITEN IN ABHÄNGIGKEIT VON DER KANALNETZLÄNGE.....	58
BILD 40: LAPTOP MIT HALTERUNG IN DER FAHRERKABINE .....	65
BILD 41: SCHACHTSCHILDER, FARBIG NACH ENTWÄSSERUNGSSYSTEM .....	65
BILD 42: EINTEILUNG DES KANALNETZES IN FÜNF REINIGUNGSBEZIRKE.....	66
BILD 43: WORKSHOP MIT VOTING ZU DEN RELEVANTEN FRAGEN UND MODERIERTER DISKUSSION ZUR ERARBEITUNG DER WESENTLICHEN HANDLUNGSOPTIONEN FÜR BETRIEBSSTRATEGIEN .....	67
BILD 44: IN-SITU-EINSATZ VERSCHIEDENER INSPEKTIONSMETHODEN ZUR ABLAGERUNGSERKENNUNG. A: INSPEKTION MIT FAHRWAGENKAMERAS. B UND C: INSPEKTION MIT SCHACHTKAMERA. D: INSPEKTION MIT KANALSPIEGEL.....	75
BILD 45: BEGLEITETE KANALBEGEHUNGEN, BEISPIEL STADTWERKE WESEL .....	76
BILD 46: EINSATZ DES KANALSPIEGELS IN HEMER, LINKS: AUSNUTZUNG DES SONNENLICHTES, RECHTS: VERWENDUNG EINER EXTERNEN LICHTQUELLE .....	78
BILD 47: SICHTWEITENBESTIMMUNG DURCH ABZÄHLEN DER MUFFEN UNTER EINSATZ DES ZOOMS .....	81
BILD 48: UNTERSUCHTER ABWASSERKANAL (BETON, DN 300, RW, 15-JAHRE OHNE REINIGUNG)	

BILD 49:	UNTERSUCHTER ABWASSERKANAL (STZ, DN 300, MW, 2-JAHRE OHNE REINIGUNG)	83
BILD 50:	DARSTELLUNG ZUM VERSCHMUTZUNGSGRAD IN ABHÄNGIGKEIT VON DEM GEFÄLLE IN DER KANALSOHLE, BEISPIELHAFT FÜR 726 EINBLICKE IN HALTUNGEN .....	84
BILD 51:	VORGEFUNDENE ABLAGERUNGSARTEN BEI 612 EINBLICKEN IN UNTERSUCHTE MISCHWASSERHALTUNGEN .....	86
BILD 52:	VORGEFUNDENE ABLAGERUNGSARTEN BEI 393 EINBLICKEN IN UNTERSUCHTE SCHMUTZWASSERHALTUNGEN .....	87
BILD 53:	VORGEFUNDENE ABLAGERUNGSARTEN BEI 138 EINBLICKEN IN UNTERSUCHTE REGENWASSERHALTUNGEN .....	88
BILD 54:	ABLAGERUNGSHÖHE >15 % DER QUERSCHNITTSHÖHE, AUSWERTUNGSBEISPIELE ZU FÄLLEN OHNE EINSCHRÄNKUNG DER HYDRAULISCHEN LEISTUNGSFÄHIGKEIT UND HOHER WAHRSCHEINLICHKEIT FÜR DIE REMOBILISIERUNG DURCH ZEITWEISE ERHÖHTE ABFLÜSSE .....	89
BILD 55:	WURZELEINWÜCHSE IN ABWASSERKANÄLE.....	89
BILD 56:	BEISPIEL RÜCKSTAUGE FÄHRDETER BEREICHE, LINKS: ABSTURZ, MITTE: STAURAUMKANAL EINES REGENÜBERLAUFS, RECHTS: RÄUMGUT VOR DER DROSSEL IM STAURAUMKANAL .....	90
BILD 57:	BEISPIELE FÜR ABWASSERKANÄLE IN UNMITTELBARER NÄHE VON BAUMAßNAHMEN...	91
BILD 58:	REDAKTIONSSITZUNG KANALREINIGUNG: FACHDISKUSSION UND TEXTARBEIT .....	101
BILD 59:	ABSTIMMUNGSERGEBNIS „THEMEN MIT HOHEM OPTIMIERUNGSPOTENZIAL“ .....	102
BILD 60:	TAGESBEGLEITUNG DER HD-REINIGUNG .....	106
BILD 61:	DOKUMENTATION DER TÄTIGKEITEN .....	106
BILD 62:	BEWERTUNG, REINIGUNGSBEDARF.....	106
BILD 63:	RÜSTZEITEN, BEISPIEL WASSERTANKEN .....	106
BILD 64:	BEOBACHTUNG DES RÄUMGUTES .....	106
BILD 65:	ZEITBEDARF FÜR TÄTIGKEITEN BEI EINEM 8-H-TAG KANALREINIGUNG IN PROZENT ...	107
BILD 66:	SCHWANKUNGSBREITEN DES ZEITBEDARFS FÜR KANALREINIGUNGSARBEITEN (8-H-TAG) .....	107
BILD 67:	DÜSENEINFAHRGESCHWINDIGKEITEN .....	108
BILD 68:	DÜSENGESCHWINDIGKEITEN BEI EINFAHRT UND RÜCKZUG.....	108
BILD 69:	DÜSEN RÜCKZUGSGESCHWINDIGKEITEN.....	108
BILD 70:	HOHER FESTSTOFFEINTRAG AUS EINER BAUMAßNAHME .....	109
BILD 71:	ASPHALTMATERIAL ALS ENTNOMMENES KANALRÄUMGUT .....	109
BILD 72:	ABLAGERUNGSSITUATION VOR DER REINIGUNG .....	112

BILD 73: ABLAGERUNGSSITUATION NACH DER REINIGUNG.....	112
BILD 74: SCHACHTEINSTIEG UND MANUELLES SCHAUFELN VON ABLAGERUNGEN .....	112
BILD 75: AUFSAUGEN VON ABLAGERUNGEN MIT DEM SAUGSCHLAUCH.....	112
BILD 76: PRAXISTAGE KANALREINIGUNG – TEILNEHMER UND BILDBEISPIELE ZUM GESCHEHEN .... .....	114
BILD 77: DÜSENAUSSTATTUNG, BEISPIEL .....	118
BILD 78: OPTISCHE PRÜFUNG DES STRAHLBILDES.....	118
BILD 79: DRUCK- UND DURCHFLUSSMESSUNG AN EINEM REINIGUNGSFAHRZEUG MITTELS MID UND DRUCKAUFNEHMER; BEISPIEL FÜR AUFGEZEICHNETE MESSKURVEN.....	118
BILD 80: GEMESSENER DURCHFLUSS ( $Q_{IST}$ ) IM VERGLEICH ZUR NENNLEISTUNG NACH HERSTELLERANGABEN ( $Q_{SOLL}$ ) FÜR DIE HD-PUMPEN VON 16 REINIGUNGSFAHRZEUGEN. 119	119
BILD 81: DURCHFLÜSSE UND DRUCKVERLUSTE JE SCHLAUCHMETER ZWISCHEN HD-PUMPE UND REINIGUNGSDÜSE . .....	120
BILD 82: GEMESSENE DURCHFLÜSSE UND ERMITTELTE DRUCKVERLUSTE, EXEMPLARISCH FÜR DREI HD-REINIGUNGSFAHRZEUGE MIT UNTERSCHIEDLICHEN AUSSTATTUNGSMERKMALEN. ....	121
BILD 83: BEFRAGTE NETZBETREIBER MIT ERFAHRUNGEN ZU SCHACHTERKENNUNGSSYSTEMEN NACH NETZGRÖÙE, SYSTEMWAHL, SCHACHTERKENNUNG SOWIE ORGANISATION DER REINIGUNGSARBEITEN .....	124
BILD 84: INTERVIEWS ZU DEN ZIELEN BEIM EINSATZ VON SCHACHTERKENNUNGSSYSTEMEN, BEISPIEL.....	126
BILD 85: VOR-ORT-INTERVIEWS ÜBER PRAXISERFAHRUNGEN MIT SCHACHTERKENNUNGSSYSTEMEN, BEISPIEL .....	126
BILD 86: MONTAGE VON SCHACHTERKENNUNGSSYSTEMEN IM SCHACHTHALS, BEISPIEL.....	128
BILD 87: EINLESEN DER SCHACHTNUMMER IN EIN HANDHELDGERÄT MITTELS TRANSPONDER, BEISPIEL.....	128
BILD 88: ÜBER EIN MENÜ GEFÜHRTE PROTOKOLLIERUNG DER BETRIEBSDATEN .....	129
BILD 89: NUTZUNG DER BETRIEBSDATEN FÜR DIE REINIGUNGSPLANUNG .....	129
BILD 90: EINTEILUNG DES REINIGUNGSBEZIRKES IN FUNKTIONALE TEILZONEN MIT KANALSTRECKEN UNTERSCHIEDLICHER INTERVALLKLASSE (1,2,4 A).....	133
BILD 91: VERGLEICHMÄÙIGUNG DES REINIGUNGSaufwandes IM BEZIRK DURCH KOMBINATION VERSCHIEDENER INTERVALLKLASSEN .....	133
BILD 92: EINTEILUNG DES NETZES IN 15 BEREICHE ZUR ZWEITERFASSUNG NACH SÜWVKAN UND GLEICHZEITIGER GRUNDREINIGUNG .....	134



BILD 93: DIE BETRIEBSANWEISUNG ENTHÄLT AUCH DIE ARBEITSANWEISUNGEN FÜR DIE ÜBERWACHUNG DES KANALNETZES AUF ABLAGERUNGEN .....	134
BILD 94: MESSANORDNUNG MIT ZWEI DURCHFLUSSMESSUNGEN (A UND B) SOWIE PROBENAHME (PN) IM TRENNBAUWERK (TB) .....	139
BILD 95: MESSANORDNUNG MIT DURCHFLUSSMESSUNG (A) SOWIE PROBENAHME (PN) IM SCHACHT .....	139
BILD 96: MESSANORDNUNG MIT ZWEI DURCHFLUSSMESSUNGEN (A UND B) SOWIE PROBENAHME (PN) IM TRENNBAUWERK (TB) .....	140
BILD 97: MESSANORDNUNG MIT DREI DURCHFLUSSMESSUNGEN (A,B UND C) SOWIE PROBENAHME (PN) IM TRENNBAUWERK (TB) .....	140
BILD 98: SCHEMATISCHE DARSTELLUNG EINES GESCHWINDIGKEITSPROFILS UND DER MESSUNG MIT SOHLGEBUNDENEM SENSOR (DITTMER, 2008, MODIFIZIERT) .....	141
BILD 99: DURCHFLUSSMESSUNG NIVUS PCM PRO IM ZULAUF DER MESSSTELLE BOCHUM-1	141
BILD 100: SAUGPROBENEHMER DER WATERSAM GMBH .....	142
BILD 101: INNENANSICHT DES PROBENEHMERS.....	142
BILD 102: ABFLUSSGANGLINIEN DER STARKREGENEREIGNISSE AN DER MESSSTELLE BOCHUM-1 (ANFANGSZEITPUNKT AUS GRÜNDEN DER ÜBERSICHTLICHKEIT VERSCHOBEN).....	147
BILD 103: DURCHSCHNITTliche FRACHT JE REGENEREIGNIS FÜR DIE GEMESSENEN PARAMETER VOR UND NACH DER KANALREINIGUNG AN DER MESSSTELLE BOCHUM-1.....	149
BILD 104: DURCHSCHNITTliche FRACHT JE REGENEREIGNIS FÜR DIE GEMESSENEN PARAMETER VOR UND NACH DER KANALREINIGUNG AN DER MESSSTELLE BOCHUM-2.....	149
BILD 105: DURCHSCHNITTliche FRACHT JE REGENEREIGNIS FÜR DIE GEMESSENEN PARAMETER VOR UND NACH DER KANALREINIGUNG AN DER MESSSTELLE MARL-1 .....	150
BILD 106: DURCHSCHNITTliche FRACHT JE REGENEREIGNIS FÜR DIE GEMESSENEN PARAMETER VOR UND NACH DER KANALREINIGUNG AN DER MESSSTELLE MARL-2 .....	150
BILD 107: DURCHSCHNITTliche FRACHT JE REGENEREIGNIS FÜR DIE GEMESSENEN PARAMETER VOR UND NACH DER KANALREINIGUNG AUS VIER MESSSTELLEN .....	151
BILD 108: DURCHSCHNITTliche KONZENTRATIONEN JE REGENEREIGNIS FÜR DIE GEMESSENEN PARAMETER VOR UND NACH DER KANALREINIGUNG AN DER MESSSTELLE BOCHUM-1 ....	152
BILD 109: DURCHSCHNITTliche KONZENTRATIONEN JE REGENEREIGNIS FÜR DIE GEMESSENEN PARAMETER VOR UND NACH DER KANALREINIGUNG AN DER MESSSTELLE BOCHUM-2 .....	153
BILD 110: DURCHSCHNITTliche KONZENTRATIONEN JE REGENEREIGNIS FÜR DIE GEMESSENEN PARAMETER VOR UND NACH DER KANALREINIGUNG AN DER MESSSTELLE MARL-1 ...	153

BILD 111: DURCHSCHNITTLICHE KONZENTRATIONEN JE REGENEREIGNIS FÜR DIE GEMESSENEN PARAMETER VOR UND NACH DER KANALREINIGUNG AN DER MESSSTELLE MARL-2 ...	154
BILD 112: DURCHSCHNITTLICHE KONZENTRATIONEN JE REGENEREIGNIS FÜR DIE GEMESSENEN PARAMETER VOR UND NACH DER KANALREINIGUNG AUS VIER MESSSTELLEN .....	154
BILD 113: DARSTELLUNG DER DURCHSCHNITTLICHEN ABFLÜSSE (BALKEN) UND AFS-KONZENTRATIONEN (PUNKTE) FÜR DIE EINZELNEN ERFASSTEN REGENEREIGNISSE AN DER MESSSTELLE BOCHUM-1 .....	155
BILD 114: DARSTELLUNG DER DURCHSCHNITTLICHEN ABFLÜSSE (BALKEN) UND AFS-KONZENTRATIONEN (PUNKTE) FÜR DIE EINZELNEN ERFASSTEN REGENEREIGNISSE AN DER MESSSTELLE BOCHUM-2 .....	155
BILD 115: DARSTELLUNG DER DURCHSCHNITTLICHEN ABFLÜSSE (BALKEN) UND AFS-KONZENTRATIONEN (PUNKTE) FÜR DIE EINZELNEN ERFASSTEN REGENEREIGNISSE AN DER MESSSTELLE MARL-1 .....	156
BILD 116: DARSTELLUNG DER DURCHSCHNITTLICHEN ABFLÜSSE (BALKEN) UND AFS-KONZENTRATIONEN (PUNKTE) FÜR DIE EINZELNEN ERFASSTEN REGENEREIGNISSE AN DER MESSSTELLE MARL-2 .....	156
BILD 117: FRACHTSUMMENLINIEN DER AFS-FRACHTEN AN DER MESSSTELLE BOCHUM-1 (BLAU STEHT FÜR UNGEREINIGT, ROT FÜR GEREINIGT) .....	157
BILD 118: FRACHTSUMMENLINIEN DER CSB-FRACHTEN AN DER MESSSTELLE BOCHUM-1 .....	158
BILD 119: FRACHTSUMMENLINIEN DER AFS-FRACHTEN AN DER MESSSTELLE BOCHUM-2 (BLAU STEHT FÜR UNGEREINIGT, ROT FÜR GEREINIGT) .....	158
BILD 120: FRACHTSUMMENLINIEN DER CSB-FRACHTEN AN DER MESSSTELLE BOCHUM-2 .....	159
BILD 121: FRACHTSUMMENLINIEN DER AFS-FRACHTEN AN DER MESSSTELLE MARL-1 (BLAU STEHT FÜR UNGEREINIGT, ROT FÜR GEREINIGT) .....	159
BILD 122: FRACHTSUMMENLINIEN DER CSB-FRACHTEN AN DER MESSSTELLE MARL-1 .....	160
BILD 123: FRACHTSUMMENLINIEN DER AFS-FRACHTEN AN DER MESSSTELLE MARL-2 (BLAU STEHT FÜR UNGEREINIGT, ROT FÜR GEREINIGT) .....	160
BILD 124: FRACHTSUMMENLINIEN DER CSB-FRACHTEN AN DER MESSSTELLE MARL-2 .....	161
BILD 125: ERLÄUTERUNG DES FRACHTSUMMENKOEFFIZIENTEN .....	162
BILD 126: SPÜLSTOßBILDUNG AUSGEDRÜCKT DURCH DEN FRACHTSUMMENKOEFFIZIENTEN FÜR DEN PARAMETER AFS .....	163
BILD 127: SPÜLSTOßBILDUNG AUSGEDRÜCKT DURCH DEN FRACHTSUMMENKOEFFIZIENTEN FÜR DEN PARAMETER CSB .....	163
BILD 128: SPÜLSTOßBILDUNG AUSGEDRÜCKT DURCH DEN FRACHTSUMMENKOEFFIZIENTEN FÜR DEN PARAMETER CSB_FILTRIERT .....	164

BILD 129: SPÜLSTOßBILDUNG AUSGEDRÜCKT DURCH DEN FRACHTSUMMENKOEFFIZIENTEN FÜR DEN PARAMETER BSB .....	164
BILD 130: SPÜLSTOßBILDUNG AUSGEDRÜCKT DURCH DEN FRACHTSUMMENKOEFFIZIENTEN FÜR DEN PARAMETER TOC.....	165
BILD 131: SPÜLSTOßBILDUNG AUSGEDRÜCKT DURCH DEN FRACHTSUMMENKOEFFIZIENTEN FÜR DEN PARAMETER N_GESAMT .....	165
BILD 132: FRACHTSUMMENKOEFFIZIENTEN FÜR DEN PARAMETER AFS IN ABHÄNGIGKEIT VOM DURCHSCHNITTLICHEN ABFLUSS .....	166
BILD 133: FRACHTSUMMENKOEFFIZIENTEN FÜR DEN PARAMETER AFS IN ABHÄNGIGKEIT VOM ZEITABSTAND ZUR LETZTEN KANALSPÜLUNG (REGENEREIGNIS ODER REINIGUNG) ...	167
BILD 134: FRACHTSUMMENKOEFFIZIENTEN FÜR DEN PARAMETER AFS IN ABHÄNGIGKEIT VOM ZEITABSTAND ZUR LETZTEN KANALSPÜLUNG (REGENEREIGNIS ODER REINIGUNG) AN DER MESSSTELLE BOCHUM-1.....	167
BILD 135: FRACHTSUMMENKOEFFIZIENTEN FÜR DEN PARAMETER CSB IN ABHÄNGIGKEIT DES DURCHSCHNITTLICHEN ABFLUSSES .....	168
BILD 136: FRACHTSUMMENKOEFFIZIENTEN FÜR DEN PARAMETER CSB IN ABHÄNGIGKEIT DES ZEITRAUMS, IN DEM EIN DEFINIERTER GRENZABFLUSS VON 40 L/S NICHT ÜBERSCHRITTEN WURDE .....	168
BILD 137: AUSWERTUNG DER FRAGEBÖGEN ZUM AUFTRETEN VON GERUCHSBELÄSTIGUNGEN	170
BILD 138: EINFLUSS DES PH-WERTES AUF DAS DISSOZIATIONSGLEICHGEWICHT VON SCHWEFELWASSERSTOFF BEI 20°C (LOHSE, 1986) .....	173
BILD 139: H <sub>2</sub> S-MESSGERÄT – ODALOG .....	174
BILD 140: QUELLEN EINER GERUCHSBILDUNG: VERFESTIGTE ABLAGERUNGEN ALS HINDERNIS (LINKS), ABLAGERUNGEN OBERHALB DES HINDERNISSES (RECHTS), EZG KLEINGARTENWEG, EISLEBENERSTRASSE, HALTUNG 148-147, DN300/B.....	175
BILD 141: ZUSAMMENHANG ZWISCHEN SCHWEFELWASSERSTOFFBILDUNG UND NIEDERSCHLAG (EZG KLEINGARTENWEG, EISLEBENERSTRASSE, HALTUNG 148-147) .....	176
BILD 142: VERSUCHSTAND „KANALROHR“ AUF DER VERSUCHSANLAGE ÖLBACHTAL (RECHTS) UND ABLAGERUNGEN IM ROHR (LINKS) .....	177
BILD 143: MESSERGEBNISSE ZUR SCHWEFELWASSERSTOFFBILDUNG IM VERSUCHSSTAND KANALROHR .....	178
BILD 144: VERSUCHSTAND „KANALROHR“ – AUSWIRKUNGEN DER BESEITIGUNG VON ABLAGERUNGEN AUF DIE SCHWEFELWASSERSTOFFBILDUNG.....	179
BILD 145: LÄRMEXPOSITIONSPEGEL L <sub>Ex</sub> UND DIE AUS DEN GRENZWERTEN ABGELEITETEN ZULÄSSIGEN WÖCHENTLICHEN EINWIRKZEITEN .....	182

BILD 146: AUFTRETEN UND UMGANG MIT LÄRMBELÄSTIGUNG BEI DER KANALREINIGUNG NACH ANGABEN VON 20 NETZBETREIBERN UND STRAßENREINIGUNGSBETRIEBEN .....	183
BILD 147: LÄRMEXPOSITIONSPEGEL $L_{EX}$ IM ARBEITSBEREICH DES REINIGUNGSPERSONALS AN UNTERSCHIEDLICH STARK FREQUENTIERTEN STRAßEN .....	186
BILD 148: LÄRMEXPOSITIONSPEGEL $L_{EX}$ BEI BETRIEB DER SAUG- UND SPÜLPUMPEN EINES KANALREINIGUNGSFAHRZEUGS .....	187
BILD 149: PROZESSMODELL FÜR BEDARFSORIENTIERTE KANALREINIGUNGSSTRATEGIEN .....	193
BILD 150: INSPEKTION DER IM SCHACHT ANGESCHLOSSENEN HALTUNGEN .....	212
BILD 151: EINBLICK IN DEN KANAL ÜBER DEN BILDSCHIRM .....	212
BILD 152: DATENEINGABE AM TABLET-PC .....	212

## Verzeichnis der Tabellen

TABELLE 1:	KLASSIFIZIERUNG DER VERSCHMUTZUNGSSITUATION IM SCHACHTGERINNE (BOSSALER UND SCHLÜTER, 2004) .....	28
TABELLE 2:	MERKMALE DER UNTERSCHIEDLICHEN TRANSPONDERSYSTEME .....	40
TABELLE 3:	ÜBERBLICK ÜBER DIE ARBEITSSCHRITTE IM UNTERSUCHUNGSPROGRAMM:.....	47
TABELLE 4:	ANFORDERUNGEN AN DIE KANALREINIGUNG NACH INTERESSENGRUPPEN .....	52
TABELLE 5:	UMSETZUNG VON REINIGUNGSSTRATEGIEN – UNTERSCHIEDE IN DEN PROBLEMEN .....	60
TABELLE 6:	VOTING-ERGEBNIS: ABLAGERUNGEN ERKENNEN UND BEWERTEN .....	68
TABELLE 7:	VOTING-ERGEBNIS: PERSONAL UND GERÄTE SINNVOLL EINSETZEN .....	69
TABELLE 8:	VOTING-ERGEBNIS: REINIGUNGSFIRMEN FÜHREN UND KONTROLLIEREN.....	70
TABELLE 9:	VOTING-ERGEBNIS: BETRIEBSERFAHRUNGEN SAMMELN UND NUTZEN.....	71
TABELLE 10:	ANZAHL UND ORTE HYDRAULISCHER STÖRUNGEN, AUSWERTUNGSBEISPIEL .....	80
TABELLE 11:	UMFANG DER STICHPROBENHAFTEN ERHEBUNG DES ABLAGERUNGS-AUFKOMMENS .....	83
TABELLE 12:	BEISPIELE VORGEFUNDENER ABLAGERUNGSARTEN UND BEVORZUGTES AUFKOMMEN.....	85
TABELLE 13:	BEISPIELE FÜR ABLAGERUNGEN > 15 % H/DN INFOLGE VON STÖREINFLÜSSEN ....	92
TABELLE 14:	GLIEDERUNG UND INHALT DER AUSSCHREIBUNGSUNTERLAGEN KANALREINIGUNG .....	98
TABELLE 15:	REGELUNGSBEDARF BEI DER VERGABE VON KANALREINIGUNGSLEISTUNGEN...	102
TABELLE 16:	BETRIEBSDATEN DER HD-REINIGUNG, GERING VERSCHMUTZTE KANÄLE < DN 700 .....	110
TABELLE 17:	PRAXISTAGE KANALREINIGUNG - UNTERSUCHTE REINIGUNGSFAHRZEUGE .....	117
TABELLE 18:	VERGLEICH DER UNTERSCHIEDLICHEN SYSTEME.....	127
TABELLE 19:	KENNDATEN DER UNTERSUCHTEN EINZUGSGEBIETE .....	138
TABELLE 20:	ANALYSEVERFAHREN .....	143
TABELLE 21:	NIEDERSCHLAGSINTENSITÄTEN DER BEPROBTEN REGENEREIGNISSE (BEI DEN FETT GEDRUCKTEN INTENSITÄTEN WIRD DAS KRITERIUM NACH WUSSOW ERFÜLLT) .....	146
TABELLE 22:	ANHALTSWERTE FÜR DIE WAHRNEHMUNG UND WIRKUNG VON H <sub>2</sub> S IN ABHÄNGIGKEIT VON DER KONZENTRATION (VERÄNDERT NACH HARTING, 2006)	172

## Verzeichnis der Tabellen

---

TABELLE 23:	EXPOSITIONSGRENZWERTE UND AUSLÖSEWERTE NACH RICHTLINIE 2003/10/EG .....	182
TABELLE 24:	ERGEBNISDOKUMENTE UND INHALTE (BEISPIELE).....	194
TABELLE 25:	HANDLUNGSOPTIONEN ZUR ERFASSUNG DER ABLAGERUNGSSITUATION IM KANALNETZ.....	197
TABELLE 26:	MAßNAHMEN ZUR BEWERTUNG DER ABLAGERUNGSSITUATION IM NETZ .....	199
TABELLE 27:	MAßNAHMEN FÜR DIE ANGEPASSTE EINSATZPLANUNG.....	200
TABELLE 28:	MAßNAHMEN ZUR OPTIMIERUNG DER KANALREINIGUNG .....	202

## Abkürzungen

<b>Zeichen</b>	<b>Beschreibung</b>
AFS	abfiltrierbare Stoffe
Anz	Anzahl
BSB <sub>5</sub>	Biochemischer Sauerstoffbedarf in 5 Tagen
BVB	Besondere Vertragsbedingungen
c	Konzentration
C <sub>TWA</sub>	Konzentration des Trockenwetterabflusses
CSB	Chemischer Sauerstoffbedarf
d	Tag
DN	Nennweite/Durchmesser
DWA	Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.
g	Gramm
GIS	Geoinformationssystem
GR	Glührückstand
GV	Glühverlust
h	Stunde
ha	Hektar
kg	Kilogramm
kHz	Kilohertz
km	Kilometer
l	Liter
L <sub>Ex, 8h</sub>	Durchschnittliche Lärmeinwirkung gemittelt über einen Arbeitstag von 8 Stunden
L <sub>pc, peak</sub>	Höchstwert des momentanen C-frequenzbewerteten Schalldruckpegels
MDE	mobile Datenerfassung
m	Meter
mg	Milligramm
mm	Millimeter
min	Minute
mS	Millisiemens
MW	Mischwasser
N	Newton
N <sub>gesamt</sub>	Gesamt-Stickstoff
NH <sub>4</sub>	Ammoniumstickstoff

<b>Zeichen</b>	<b>Beschreibung</b>
NO <sub>2</sub>	Stickstoffdioxid
NO <sub>3</sub>	Nitratstickstoff
O-PO <sub>4</sub>	Orthophosphat
P <sub>gesamt</sub>	Gesamt-Phosphor
Q <sub>f</sub>	Fremdwasserabfluss
Q <sub>s</sub>	Schmutzwasserabfluss
Q <sub>t</sub>	Abflussmenge bei Teilfüllung des Abwasserrohrs
Q <sub>v</sub>	Abflussmenge bei Vollfüllung des Abwasserrohrs
RRB	Regenrückhaltebecken
RRK	Regenrückhaltekanal
RÜ	Regenüberlauf
RÜB	Regenüberlaufbecken
RW	Regenwasser
s	Sekunde
St	Stück
STZ	Steinzeug
SüwVKan	Selbstüberwachungsverordnung Kanal
SW	Schmutzwasser
TKN	Totaler Kjeldahlstickstoff
TOC	Totaler organisch gebundener Kohlenstoff
VOB	Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen
VOL	Verdingungsordnung für Leistungen
ZTV	Zusätzliche technische Vertragsbedingungen
ZVB	Zusätzliche Vertragsbedingungen



# 1 Einleitung

Die Kanalreinigung ist für jeden Netzbetreiber eine zentrale Aufgabe des Kanalbetriebes. Sie bindet einen wesentlichen Teil des Budgets. In Nordrhein-Westfalen (NRW) betragen die Ausgaben jedes Jahr rund 50 Millionen Euro. Durchschnittlich sind das gut 600 Euro pro Kilometer Abwasserkanal im Jahr. Eine vollständige Erhebung und Auswertung der SÜWVKan-Dokumentation bei den 396 NRW-Kommunen (Bosseler und Birkner, 2003) zeigte, dass viele Netzbetreiber ihre Kanäle nach der Präventivstrategie mindestens alle zwei Jahre komplett reinigen, unabhängig von der Ablagerungssituation im Kanal.

Vor dem Hintergrund eines wachsenden Kostendrucks streben viele Netzbetreiber daher verstärkt an, das Kanalnetz nicht mehr in grundsätzlich festgelegten Intervallen, sondern angepasst „nach Bedarf“ zu reinigen. Ziel dieser so genannten bedarfsorientierten Kanalreinigung ist es, Betriebserfahrungen über die verschiedenen Netzbereiche mit z. B. verstärkter Ablagerungsbildung in die Reinigungsplanung mit einzubeziehen, so dass selten verschmutzende Haltungen möglicherweise weniger häufig als schnell verschmutzende Haltungen gereinigt werden. Der Reinigungsaufwand und damit die anfallenden Kosten sollen so verringert werden.

Dabei stellt sich insbesondere die Frage, ob allein das Vorhandensein von Ablagerungen tatsächlich negative Auswirkungen mit sich bringt, und ob der eigentliche Kanalreinigungsprozess stets zu einer Verbesserung der Gesamtsituation führt.

Insbesondere rechtliche Forderungen scheinen diese Argumentation zunächst zu unterstützen. Laut Runderlass des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MUNLV NRW, 1995) sind beispielsweise Ablagerungen, die den hydraulischen Querschnitt um 15 % oder mehr verringern, innerhalb von 3 Monaten zu entfernen. Nach der Selbstüberwachungsverordnung Kanal (SÜWVKan NRW, 1995) wird darüber hinaus ein 2-jähriges Überwachungsintervall gefordert, sofern der Netzbetreiber über keine eigenen Einsatz- bzw. Reinigungspläne verfügt.

Inwieweit dadurch aber die tatsächlichen Qualitätsanforderungen an den Betrieb von Kanalnetzen (Gewässerschutz, Betriebssicherheit, Werterhaltung usw.) in ihrer Gesamtheit erfüllt werden, bleibt offen. Es fehlt eine echte Reinigungsstrategie, die diese Qualitätsanforderungen berücksichtigt und den Reinigungserfolg auch entsprechend definiert. Besondere Anforderungen stellen u. a. die Interessen von

- Aufsichts- und Überwachungsbehörden,
- Eigentümern des Kanalnetzes, z. B. die Kommunen,
- Nutzern, z. B. Anschlussnehmer,

- Kläranlagenbetreibern,
- Mitarbeitern des Kanalnetzbetreibers.

Für die einzelnen Netzbetreiber spitzt sich das Problem auch dadurch zu, dass der offensichtlich sehr aufwändigen Optimierung der Reinigungsstrategie stets die vermeintlich einfache „Ausfall“-Lösung nach SÜWVKan NRW gegenübersteht, nämlich die turnusgemäße 2-jährige Überwachung bzw. Reinigung des gesamten Netzes. Darüber hinaus kann ein Abweichen von diesen „SÜWVKan-Vorgaben“ ohne zustimmungsfähigen Reinigungsplan unmittelbar die Befreiung von der Abwasserabgabe für die Niederschlagsentwässerung gefährden.

Vor diesem Hintergrund fällt die Durchsetzung neuer Reinigungsstrategien in der Kommunalverwaltung, der Einsatz neuartiger Reinigungs- und Inspektionstechniken und die Nutzung von Synergieeffekten unterschiedlicher Betriebsprozesse überaus schwer. Eine Hilfestellung für die Netzbetreiber ist gefragt, die sowohl auf Basis bisheriger Erfahrungen mit innovativen Reinigungsstrategien als auch aufgrund von weiterführenden theoretischen und praktischen Untersuchungen künftige Entscheidungen für eine optimierte Reinigungsstrategie unterstützt.

Ziel des Gesamtvorhabens ist es daher, den Betreibern öffentlicher Abwassernetze praxisorientierte Empfehlungen zur Entwicklung, Umsetzung und Nachverfolgung angepasster Reinigungsstrategien zur Verfügung zu stellen. Dies betrifft vor allem die

- Auswahl und den Einsatz zuverlässiger Werkzeuge zur Umsetzung einer Reinigungsstrategie, so z. B. zur Inaugenscheinnahme der Kanäle und Dokumentation der Ablagerungs- und Reinigungssituation,
- Identifizierung von Synergiepotenzialen mit anderen Betriebsprozessen, wie z. B. der Schachtinspektion,
- Ausrichtung der Qualifikationsanforderungen für die Mitarbeiter im Kanalbetrieb,
- Entwicklung geeigneter Argumentationen zur Durchsetzung von Reinigungsstrategien in Politik und kaufmännischer Verwaltung, z. B. mit Blick auf die Nachhaltigkeit,
- Dokumentation des tatsächlichen Reinigungsbedarfs vor dem Hintergrund der Anforderungen an den Gewässerschutz, der Betreuung der Anschlussnehmer, der finanziellen Rahmenbedingungen und der Arbeitsprozesse im Kanalbetrieb, als Grundlage für die kontinuierliche Optimierung des Reinigungsprozesses.

Im Ergebnis erhalten die Betreiber öffentlicher Abwassernetze Unterstützung, um auch mit begrenzten Mitteln optimale Reinigungsergebnisse für die spezifische Netz-situation zu erzielen.

Um das genannte Ziel zu erreichen, wurde im Gesamtprojekt die folgende Vorgehensweise umgesetzt:

### **1. Erfassung und Analyse der Betriebsprozesse der Netzbetreiber**

Die derzeit angewendeten Reinigungs-, Inspektions- und Betriebsstrategien wurden durch eine Befragung von über 30 Kanalnetzbetreibern aufgenommen. Es wurde ermittelt, welche Anforderungen an die Kanalreinigung bestehen, welche Kriterien die Qualitätsanforderungen beeinflussen und ob bestimmte Anforderungen derzeit unerfüllt bleiben. Zusätzlich wurden Inspektionsunterlagen gesichtet und gegebenenfalls relevante Kanalabschnitte weitergehend untersucht. Die verschiedenen Betriebsprozesse wurden hinsichtlich ihrer Auswirkungen analysiert. Zusätzlich wurde versucht, die Ursachen für das Auftreten von Belästigungen und für Bereiche mit besonderem Reinigungsbedarf aufzudecken.

### **2. Bestimmung der Auswirkungen verschiedener Reinigungsstrategien**

In einem weiteren Schritt wurden an ausgewählten Messstellen jeweils vor und nach der Reinigung der Abfluss und die relevanten Verschmutzungsparameter im Abwasser gemessen. Zusätzlich wurden vielfältige Geruchsmessungen vorgenommen und die Lärmentwicklung im Rahmen der Hochdruckspülung erfasst. Die Messergebnisse wurden analysiert, um die Auswirkungen einer Reinigung auf die Nutzerinteressen Gewässergüte, Abwasserreinigung und Anwohner zu bestimmen.

### **3. Entwicklung von Reinigungsstrategien**

Unter Berücksichtigung verschiedener Einflussfaktoren wurden Lösungsvorschläge für bedarfsgerechte Reinigungsstrategien für ausgewählte Kanalnetze erarbeitet und die Umsetzung solcher Strategien bei einigen Netzbetreibern exemplarisch begleitet. Anschließend wurden die monetären Vorteile dem erzielten Nutzen gegenübergestellt. Projektbegleitend wurden fünf Workshops mit interessierten Netzbetreibern durchgeführt. In diesen Workshops wurden u. a. Zwischenergebnisse der Projektarbeit vorgestellt und mit den beteiligten Netzbetreibern diskutiert.

### **4. Erarbeitung von praxisorientierten Empfehlungen und Wirkungsbilanzen**

Auf Basis der Projektergebnisse wurden Empfehlungen zur Erstellung von Spülplänen in Abhängigkeit der verschiedenen Einflussfaktoren erarbeitet. Die Empfehlungen wurden danach ausgerichtet, dass Kanalnetzbetreiber ihre Betriebskosten ohne Qualitätsverlust senken können. Zusätzlich werden Wirkungsbilanzen aufgestellt, mit denen die Kanalnetzbetreiber die gewählte Reinigungsstrategie vor den Behörden, der Verwaltung oder Bürgern in anschaulicher Weise vertreten können.



## 2 Bedarfsorientierte Kanalreinigung

Netzbetreiber können Spülpläne und Reinigungsintervalle selbst festlegen, denn hier setzt der Gesetzgeber bundesweit in sämtlichen Eigenkontrollverordnungen der Länder auf Selbstverantwortung. Es sollten jedoch Konzepte bzw. Reinigungsstrategien dahinter stehen, welche die jeweilige Netzsituation, die gewachsenen Betriebserfahrungen sowie das Leistungsvermögen der Reinigungssysteme zur Erreichung der jeweiligen Reinigungsziele berücksichtigen (Bosseler und Birkner, 2003; Bosseler und Schlüter, 2004; MUNLV, 1995; Barenthien, 2005). Im Folgenden werden die allgemeinen Definitionen verschiedener Reinigungsstrategien aus der Literatur zusammengefasst und vor dem Hintergrund der in der Praxis anzutreffenden Ablagerungs- und Netzsituationen betrachtet. Darüber hinaus wird der Stand der Technik im Bereich der Inspektionssysteme für die Ablagerungserkennung sowie der Planungshilfen und Kontrollinstrumente für die Steuerung und Planung von Reinigungsarbeiten dargestellt.

### 2.1 Aufgaben, Ziele und Strategien der Kanalreinigung

Nach Stein (1998) ist die Reinigung ein wesentlicher Bestandteil der Wartung. Aufgaben und Ziele der Kanalreinigung sind allgemein z. B. in der DIN EN 752 (1998) oder bei Hirner (1997) definiert:

- Sicherstellung der ständigen Betriebsbereitschaft und -fähigkeit der Kanalisation (bei einem Ausfall eines Systemteils ist die Betriebsfähigkeit anderer Teile soweit wie möglich nicht zu beeinträchtigen),
- Erhaltung der Substanz der Kanalisationsanlagen und Erreichung hoher Nutzungsdauern,
- Erfüllung der gestellten Aufgaben mit hoher Effizienz hinsichtlich Aufwand, Zeit und Kosten sowie unter Berücksichtigung aller geltenden rechtlichen und technischen Normen zur Erreichung der Umweltschutzziele.

Um dies zu gewährleisten, ist eine Arbeitsvorbereitung der Kanalreinigung und die Erstellung eines Reinigungsplanes erforderlich (MUNLV, 1995; Hirner, 1997). Dazu ist zunächst die Reinigungsaufgabe zu beschreiben. So wird nach Stein (1998) die Reinigung durchgeführt, um:

1. im Rahmen der regelmäßigen Wartung Ablagerungen zu beseitigen und den freien Durchgang im gesamten Abflussquerschnitt sicherzustellen sowie Faulprozesse bzw. die Entstehung biogener Schwefelsäurekorrosion zu verringern,
2. akute Störfälle wie Verstopfungen oder Belästigungen durch Geruchsbildung kurzfristig zu beseitigen.
3. Rohroberflächen für eine Kanalinspektion oder Kanalsanierung vorzubereiten.

Die erstgenannte Reinigungsaufgabe für die regelmäßige Wartung der Kanalisation lässt sich nach Kemman (1999) weiter unterteilen in

- Grundreinigung: Reinigung nach längeren Pausen
- Unterhaltungsreinigung: Reinigung in regelmäßigen Zeitabständen gemäß Spülplan oder gesetzlichen Regelungen.

Für die Erstellung des Spülplans der Unterhaltungsreinigung sind drei Grundstrategien möglich (Hausmann, 1998), die bedingt durch örtliche Gegebenheiten auch in Mischformen zum Einsatz kommen:

### Störfallbedingte „**Feuerwehrstrategie**“

- keine regelmäßige Inspektion und Wartung
- Störbeseitigung im Rahmen eines „Noteinsatzes“

### Periodisch vorbeugende „**Präventivstrategie**“ (Systemreinigung)

- Wartung und Instandhaltung in festen, vorgegebenen Intervallen (nicht bedarfsorientiert)

### Zustandsabhängig vorbeugende „**Inspektionsstrategie**“ (bedarfsorientierte Reinigung)

- regelmäßige Inspektion
- Wartung und Instandhaltung aufgrund ausgewerteter Befunde (bedarfsorientiert)

Diese Reinigungsstrategien setzen unterschiedliche Schwerpunkte bei der Umsetzung der o. a. Zielstellungen. Bei der in Deutschland überwiegend verfolgten „Präventivstrategie“ wird die Kanalisation regelmäßig gereinigt. Die Funktionsfähigkeit wird dadurch nahezu ständig sichergestellt, Stör- und Ausfallzeiten sind minimiert. Dafür wird von Hausmann (1998) der Begriff hoher „Entwässerungskomfort“ gewählt. Gleichzeitig wird vermutet, dass die regelmäßige Reinigung auch eine geringere Gewässerbelastung bedeutet, da weniger Schmutzstoffe an Regenentlastungsanlagen ins Gewässer ausgetragen werden. Nicht immer sind jedoch die Kosten gering bzw. das Kosten- Nutzenverhältnis dabei möglichst günstig zu gestalten.

Im Sinne der „bedarfsorientierten Reinigung“ (Inspektionsstrategie) kann dies durch die Anpassung der turnusmäßigen Zeitintervalle an einen zu ermittelnden tatsächlichen Bedarf realisiert werden. Diesem Gedanken der bedarfsorientierten Reinigung tragen seitens des Gesetzgebers der Ministerialerlass (1995) und die SÜwVKan (1995) mit der Vorgabe Rechnung, dass Kanäle in Abhängigkeit vom Durchmesser und Verschmutzungsgrad zu reinigen sind und die vorgegebenen Fristen bei Aufstellung eines Reinigungsplanes vom Grundintervall der Inaugenscheinahme (2 Jahre)

abweichen können. Die unterste, theoretische Grenze des mindestens zu leistenden Gesamtaufwandes der Kanalreinigung pro Jahr wird danach durch die im Rahmen der Selbstüberwachung eingeforderte Inspektion von jährlich 5% des Gesamtnetzes, mindestens jedoch alle 15 Jahre, vorgegeben (vgl. SÜWVKan, 1995).

Ohne dass gesicherte Kenntnisse über die Ablagerungen in den zu reinigenden Abschnitten des Netzes vorhanden sind, wird die Präventivstrategie von 60 bis 75 % der Netzbetreiber in Intervallen von weniger als 18 Monaten durchgeführt (Stadelmann, 1998). Diese Systemreinigung ganzer Einzugsgebiete durch Hochdruckspülung wird nahezu ausschließlich nach den Erfahrungen des Bedienpersonals ausgeführt.

Seit einigen Jahrzehnten gibt es Bestrebungen, den Aufwand der Kanalreinigung an dem tatsächlichen Bedarf im Sinne der Inspektionsstrategie zu orientieren. Im Vordergrund steht hierbei die Bedarfsbestimmung aus vorhandenem Datenmaterial zu Ablagerungsarten und -höhen. Die Qualitätsanforderungen der vom Kanalreinigungsprozess betroffenen Interessengruppen wurden bisher bei der Ermittlung des Reinigungsbedarfs allerdings kaum berücksichtigt. Meist wird der Reinigungsbedarf allein aufgrund der lokalen Ablagerungssituation bestimmt.

Zur Transparenz und Verbesserung des Kosten- Nutzenverhältnisses werden z.B. bei Stadelmann (1998) Vorschläge genannt. Danach ist der zukünftige Ressourceneinsatz für die Kanalreinigung dadurch optimierbar, dass

- die Reinigungsobjekte im Rahmen der Tourenplanung interaktiv zusammengestellt,
- die Reinigungshäufigkeit auf Basis gesicherter, zu Prognosen verwendbarer Daten über Ablagerungsarten und -höhen festgelegt,
- der Ressourcenverbrauch beim Einsatz vor Ort auf Basis ermittelter Ablagerungsarten und -höhen gesteuert und
- die Informationen in die betrieblichen Software- und Hardwarearchitekturen integriert werden.

In der betrieblichen Praxis ist es bisher jedoch unter vertretbarem Aufwand noch nicht möglich, eine gesicherte, breite Datenbasis über Ablagerungsarten und -höhen zu gewinnen, insbesondere da der Anteil der begehbaren Kanäle in Entwässerungsnetzen in der Regel gering ist. Darüber hinaus ist selbst bei begehbaren Kanälen eine Inaugenscheinnahme zur Erfassung des Ablagerungsaufkommens mit hohem Aufwand verbunden oder wird aus Gründen der Arbeitssicherheit möglichst vermieden.

Derzeitige Versuche, eine bedarfsorientierte Reinigungsplanung allein aus der Kenntnis von Ablagerungsdaten abzuleiten, beruhen größtenteils auf Schätzmetho-

den. Entlang eines Kanals werden in einigen Schächten die Schmutzhöhen gemessen. Hieraus wird auf den Reinigungsaufwand geschlossen. Die Ablagerungshöhen im Kanal können sich jedoch innerhalb weniger Meter ändern (Lorenzen). Diese einzelnen Messungen geben daher mitunter wenig Aufschluss über die tatsächlichen Ablagerungen im Kanal, so dass auf dieser Datengrundlage abgestimmte Reinigungsmaßnahmen unzulänglich sein können.

## **2.2 Ablagerungen und Netzsituationen**

Betriebserfahrungen zeigen, dass sich Feststoffe in der Kanalisation ablagern und durch Abflussspitzen auch wieder remobilisiert werden können. Wesentliche Einflussgrößen hierfür sind Fließgeschwindigkeiten, Durchflussmengen und Feststoffeigenschaften.

Da Abwasser keine homogene Flüssigkeit ist und in den meisten Kanälen instationäre Abflusszustände herrschen, ist davon auszugehen, dass auch Ablagerungen in unterschiedlicher Struktur vorliegen. In der Mehrheit setzen sich Ablagerungen aus Gemischen von mineralischen und organischen Bestandteilen, Papier, Haaren, Fasern, Nahrungsresten und kleineren Steinen zusammen (Blumberg und Bauer, 1984; Brombach und Kuhn, 1992). Spinn- und Faserstoffe können zu einer Armierung der Sedimente führen und so die Lösbarkeit in erheblichem Maße verschlechtern. Chemische und biologische Umsetzungsprozesse verstärken die Komplexität der Ablagerungszusammensetzung.

Untersuchungen zur Beschaffenheit von Ablagerungen (Artières, 1988) zeigen auf, dass der organische Anteil des Sedimentes im Bereich von 10-15% liegt. Die mit organischer Materie durchsetzten Ablagerungen weisen eine gesteigerte Bakterienaktivität auf. Zusammen mit den mineralischen Anteilen verbinden sich die organischen Bestandteile, die eine pastenartige Konsistenz aufweisen, zu einem kohäsiven Ablagerungsgemisch. Die entstehenden kohäsiven Ablagerungen, die nach Artières (1988) annähernd die gleichen bodenmechanischen Eigenschaften aufweisen wie ausgeprägt plastische Tone, lassen sich durch einen ungleichförmigen Kornaufbau und die kohäsiven Eigenschaften des Feinstanteiles als stabil bleibende Kanalisationsablagerungen beschreiben.

Ablagerungen, die nur aus relativ gleichkörnigem Sand bestehen, lassen sich in der Regel durch betriebliche Reinigungsmaßnahmen leicht ausspülen, da ihnen die organischen Stoffe fehlen, die den inneren Zusammenhalt der Ablagerungen gewährleisten. Umgekehrt kann sich eine Ablagerung, die nur aus organischen Stoffen besteht, nicht verfestigen, da ihr die schweren mineralischen Partikel fehlen, welche für die Verdichtung der Ablagerung sorgen (Müller, 1995).



Ablagerungen haben infolge ihrer organischen Bestandteile und der physikalisch-chemischen Verhältnisse (alkalischer pH-Wert) die Eigenschaft, Schmutzstoffe zu akkumulieren (Artières, 1988; Brombach et al., 1993). Die Anreicherung von Schadstoffen im Sediment, wie beispielsweise von Schwermetallen (Zn, Cu), kann zu erheblichen Konsequenzen für die Gewässergüte führen, sofern feine Partikel in den Vorfluter ausgetragen werden. Nach Brombach et al. (1993) weisen Ablagerungen in etwa das gleiche Zeitsetzungsverhalten wie Ton auf und verfestigen demzufolge über die Zeit mit abnehmendem Wassergehalt. Danach sollten Reinigungsintervalle so gewählt werden, dass Ablagerungen nur unbedeutend konsolidieren können.

Neben den Ablagerungen im Sohlbereich der Abwasserkanäle reichert sich über den gesamten Kanalumfang eine Sielhaut als organischer Bewuchs an der Kanalinnenwand an. Die Sielhaut besteht überwiegend aus Wasser und lebender Materie, wie Pilzen und Bakterien. Sie entsteht normalerweise auf Flächen, die vom Abwasser benetzt sind, jedoch ist auch der Bewuchs des Kanalscheitels bei hohen Abwassertemperaturen durch die Bildung von Kondensat möglich. Brombach et al. (1993) zeigen durch Untersuchungen, dass die Sielhaut bei fehlender mittlerer Kornfraktion sowohl feine als auch ganz grobe mineralische Stoffe einlagert. Sofern keine Inspektion des Kanals ansteht, erscheint die Entfernung der Sielhaut von der Wand der Abwasserkanäle nicht sinnvoll (Novak, 1984), da hierdurch keine hydraulische Verbesserung erreicht wird und eine Mehrbelastung des Abwassers an organischen Inhaltsstoffen erzeugt wird.

Im Allgemeinen treten Ablagerungen in Kanälen nicht als kontinuierliche Fläche, sondern als Dünen auf, die Längen zwischen 2 m und 5 m besitzen (Macke, 1987). Dies erschwert die Angabe von Ablagerungsmengen. Bisher erfolgte dies uneinheitlich als Anteil an der Mischwasserfracht oder Trockenwetterfracht, als spezifische Massenangabe in Masse je Meter Kanallänge oder als spezifische Volumenangabe je Meter Kanallänge oder als Ablagerungshöhe. Ristenpart (1995) stellt fest, dass die Ablagerungen zwar kurzfristigen, im Minutenbereich liegenden, und mittelfristigen, im Wochenbereich liegenden, Schwankungen unterliegen, dass aber die Menge an Ablagerungen einer Kanalstrecke durch eine charakteristische, mittlere Ablagerungshöhe beschrieben werden kann. Bei der Ermittlung der Ablagerungsmenge aus der Ablagerungshöhe und der eingenommenen Segmentfläche wird auch der Kanaldurchmesser berücksichtigt. Deshalb empfiehlt Ristenpart (1995), die Angabe der charakteristischen Ablagerungshöhe gegenüber spezifischen Mengen und Volumenangaben je Meter Kanallänge zu bevorzugen.

Im Folgenden werden typische Ablagerungssituationen und Abflusshindernisse sowie Ablagerungseigenschaften beschrieben (aus Bosseler und Schlüter, 2004):

### **Lockere Ablagerungen**

Nicht bindige Ablagerungen, die ausschließlich aus mineralischen Bestandteilen bestehen, lassen sich i. d. R. leicht lösen und aus dem Netz entfernen. Auch rein organische Ablagerungen sind leicht lösbar, da ihnen die Stabilität aus den mineralischen Kornfraktionen fehlt. Der Reinigungsaufwand für rein organische und insbesondere rein mineralische Ablagerungen ist damit hauptsächlich durch die Ablagerungsmenge bestimmt.

### **Sielhaut**

Zur Vorbereitung einer Kamerainspektion zur Kanalzustandserfassung wird der Kanal gereinigt und dabei grundsätzlich auch die Sielhaut entfernt. In der Regel stellt dies keinen besonderen Aufwand dar, allerdings kann bei großen Dimensionen die vergleichsweise geringe Aufprallkraft des Spülstrahls und unzureichende Spülstrahlbreite einer zuverlässigen Entfernung der Sielhaut entgegenstehen.

### **Verfestigte Ablagerungen**

Ablagerungen können Verfestigungsprozessen im Kanalnetz unterliegen oder bereits als feste Massen in das Netz eingetragen werden, z. B. als Fehleinleitungen aus Abseideanlagen oder Baustellenrückstände. Die Entfernung stark verfestigter Ablagerungen ist i.d.R. zeit- und kostenintensiv. Häufig müssen schneidende oder schlagende Düsen sowie Spezialwerkzeuge eingesetzt werden.

### **Inkrustationen**

Abwasserinhaltsstoffe, die auf der Rohrwandung stark anhaften, können auf Dauer zu sogenannten Inkrustationen führen. In kommunalen Netzen tritt dies vorwiegend im Umfeld von Industrieeinleitungen auf. Netzabschnitte, die in kalk- oder eisenhaltigem Grundwasser liegen, können ebenfalls betroffen sein. Auch gemischte Sedimente aus mineralischem und organischem Material neigen zur Verfestigung und Inkrustationsbildung. Das organische Material stabilisiert das Gemisch und verleiht ihm kohäsive Eigenschaften; der mineralische Anteil verleiht der Ablagerung Festigkeit.

### **Wurzeleinwuchs**

Wurzeln dringen durch Muffen, undichte Hausanschluss-Stutzen oder schadhafte Rohrabschnitte in die Kanalisation ein. Dort bilden sie nach anfänglich feinen Haarwurzeln dichte Wurzelbüsche aus, die den Abfluss stark behindern können. Falls die Rohrleitung nicht saniert wird, muss der Rohrquerschnitt i.d.R. wiederholt freigeschnitten werden.

### **Verzopfungen und Fette**

In ständig oder zeitweise vollgefüllten Leitungen, wie Dükern oder großen Stauraumkanälen, können sich im Scheitelpunkt verstärkt Ablagerungen wie „Verzopfungen“ und Fettablagerungen bilden. Die Reinigung dieser Ablagerungen ist dann häufig mit

besonderem Aufwand verbunden, da die üblichen, auf der Sohle geführten Reinigungsdüsen diese Bereiche weniger wirksam erreichen.

### **Verstopfungen/Hindernisse**

Verstopfungen gehen meist auf besondere Ursachen zurück. So können u. a. Wurzeln, einragende Bauteile und Hindernisse die im Abwasser enthaltenen Feststoffe auffangen und schließlich zu Verstopfungen führen.

Die Wirkung und Einsetzbarkeit von Reinigungsverfahren und der damit verbundene Reinigungsaufwand sind außer von der Ablagerungssituation auch von örtlichen Netzbedingungen abhängig. Diese sind gekennzeichnet durch (vgl. Bosseler und Schlüter, 2004; Berger und Lohaus, 2001; Lenz et al., 2002; Stein und Kaufmann, 1993; Bosseler und Redmann, 2000):

- die Zugänglichkeit und Umgebungsbedingungen, z.B. bei Schachtbauwerken in Verkehrsräumen,
- die Netzgeometrie, d. h. Nennweite, Querschnittsprofil, Gefälle,
- den Rohrwerkstoff, wie z.B. spröde oder weiche Materialien,
- die Verbindungstechnik, wie z.B. Steckmuffen oder Schweißnähte,
- den Kanalzustand, wie z.B. Riss- oder Scherbenbildung, und
- das Entwässerungssystem bzw.
- die Abwasserinhaltsstoffe und Grobstoffanteile.

## 2.3 Inspektionsmethoden und -geräte

Um den Umfang und die Intensität von Kanalreinigungsarbeiten im Vorfeld der Arbeitseinsätze planen zu können, ist eine Inspektion der Ablagerungssituation notwendig (ATV-DVWK M 197, 2005). Hinweise zu Ablagerungen im Kanalnetz können zunächst in einfacher Weise durch eine Inaugenscheinnahme des Schachtgerinnes gewonnen werden. Dazu wird die Schachtabdeckung einschließlich Schmutzfänger geöffnet und die Ablagerungssituation in der Schachtsohle bewertet. Als Sichtungsergebnis kann dabei abgeschätzt werden, ob, wie viel und welche Ablagerungen sich im Gerinne und auf der Berme (Schachtsohle ohne Gerinne) befinden. Darüber hinaus kann die Ablagerungshöhe, die Konsistenz (lose, breiig, fest) und das Strömungsverhalten des Abwassers (laminar, verwirbelt, stehend) bewertet werden. Besondere Ablagerungssituationen können durch Fotos dokumentiert werden.

Tabelle 1: Klassifizierung der Verschmutzungssituation im Schachtgerinne (Bosse-ler und Schlüter, 2004)

<b>Verschmutzungs-klasse</b>		
<b>Gering</b>	<b>Mittel</b>	<b>Stark</b>
<b>Höhe der Ablagerungen bezogen auf die Querschnittshöhe</b>		
0% - 10%	10% - 15 %	> 15 %
<b>Fließ-/Strömungsverhalten des Abwassers</b>		
gleichmäßig/laminar	unruhig/Verwirbelungen	langsam/ stehend
<b>Konsistenz der Ablagerungen</b>		
feinkörnig/lose	sämig/breiig	steif/ fest/ tonig/ hart

Weitergehende Hinweise zu der Ablagerungssituation in den Kanalhaltungen können durch eine Begehung des Kanals ermittelt werden. Im Rahmen der Begehung können die Ablagerungen auch in den Kanalhaltungen durch Fotos oder Filme dokumentiert werden und die Ablagerungshöhen vermessen werden (Zollstock).

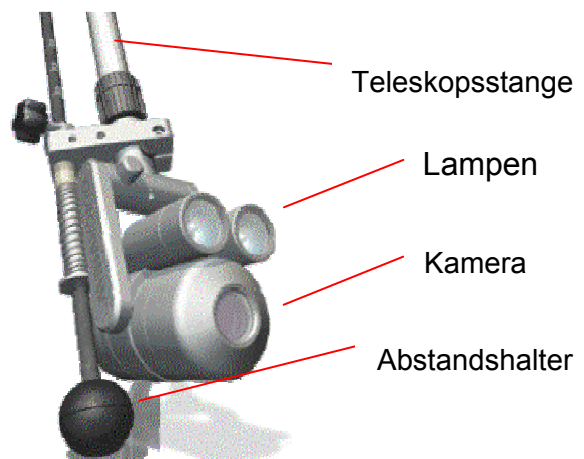
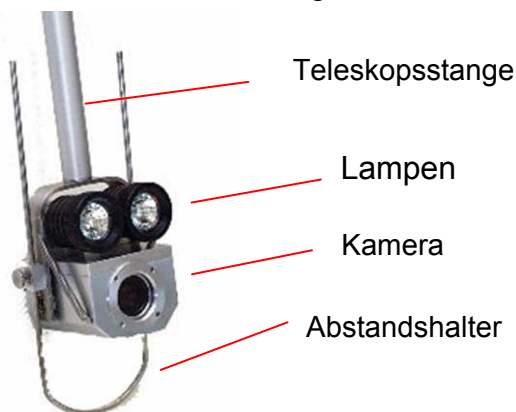
Eine Kanalbegehung ist jedoch erst ab einer Mindesthöhe des Kanalquerschnittes von 1.200 mm praktikabel und aufgrund der Gefahren in Abwasseranlagen nur unter Beachtung umfassender Sicherheitsvorschriften erlaubt (mind. 3 Personen erforderlich). Eine klassische Methode, um auch ohne Einstieg in die Kanalisation Einblick in die Haltung zu nehmen, ist die Kanalspiegelung. Der Einsatz des Kanalspiegels erfolgt über eine Teleskopsstange, an deren Ende sich ein Kanalspiegel befindet. Der Kanalspiegel ist etwa im 45° Winkel zur Stange angebracht und muss im Schachtgerinne passend positioniert werden, so dass für den Betrachter oberhalb des Schachtes ein Spiegelbild von der Kanalhaltung sichtbar wird. Um die Sicht zu verbessern, können zusätzlich Kanallampen eingesetzt werden. Diese werden direkt auf das Spiegelbild leuchtend ausgerichtet oder am anderen Ende der Haltung eingesetzt, um das Ende der Haltung auszuleuchten. Soweit keine Verstopfungen oder größeren

Hindernisse vorhanden sind, ist die Lichtquelle im Spiegelbild sichtbar. Der Kanalspiegel kann sowohl aus Spiegelglas bestehen als auch aus poliertem Edelstahl, wobei letzterer bruchsicher ist. Der Kanalspiegel ist in unterschiedlichen Größen und Formen zu erhalten. Die Auswahl der Größe und Form des Spiegels ist auf das Schachtgerinne und die Kanalinnenweite abzustimmen.



*Bild 1: Bildbeispiele zu einer Kanalspiegelung*

Gegenüber dem Spiegeln bieten inzwischen auch Schachtkameras erweiterte Inspektions- und insbesondere auch Dokumentationsmöglichkeiten. Bei einer Schachtkamera ist eine zoomfähige Digitalkamera und eine Lichtquelle an einem Teleskopgestänge befestigt und kann mit einem Abstandshalter auf den Schachtboden aufgestellt werden. Der Abstandshalter an der Teleskopstange wird häufig so eingestellt, dass die Kamera sich auf halber Höhe des Durchmessers der Haltung befindet. Die Kamera zoomt in die mit den Lampenspots ausgeleuchtete Haltung. Es kann ein Videoclip von der Inspektion angefertigt werden. Gleichzeitig kann direkt vor Ort die Haltung über einen transportablen Monitor betrachtet und bewertet werden. Für den Einsatz der Schachtkamera ist kein Schachteinstieg notwendig. Bild 2 und Bild 3 zeigen zwei am Markt verfügbare Schachtkameramodelle.



*Bild 2: Schachtkamera,  
Hersteller Ritec*

*Bild 3: Schachtkamera,  
Hersteller Envirosight*

Erfahrene Kanalreiniger können Ablagerungen bis zu einem gewissen Grad aufgrund von Beobachtungen während der Reinigung z.B. hinsichtlich Menge (viel/wenig) und Beschaffenheit (Steine/Schlamm) einschätzen. Anhaltspunkte sind dabei die Verschmutzung im Schachtgerinne vor der Reinigung und die Geräusentwicklung während des Spül- und Saugeinsatzes sowie Verwirbelungen der HD-Strahlen, die evtl. beim Einfahren in die Haltung auftreten bzw. die Beschaffenheit bzw. Färbung des abfließenden Spülwassers.



*Bild 4: Beobachten der  
Hochdruckreinigung im Schacht*

*Bild 5: Reinigungsdüse am Zielschacht*

Um weitergehende Informationen während der Kanalreinigung zu erhalten, wurde von der Firma KEG mbH eine Kombination aus Reinigungsdüse und Inspektionskamera entwickelt („Sehende Düse“, vgl. Schlüter und Voigt, 2004). Die „Sehende Düse“ ist ein klassischer Düsenkörper, auf dem eine drahtlose TV-Kamera aufgesetzt ist. Statt blind zu reinigen, wird dem Operateur ermöglicht, während der Reinigung auf einem Monitor die Rohrverschmutzung zu sehen. Damit kann er die Einfahr- und Rückzugsbewegungen der Düse zielgenauer steuern. Beim Einfahren der Düse in die Kanalhaltung kann die Ablagerungssituation vor der Reinigung erfasst werden (Vorblick) und beim Zurückziehen der Düse kann das erzielte Reinigungsergebnis festgestellt werden (Rückblick). Diese Informationen sind für die Reinigungsplanung von besonderem Nutzen und können direkt am Fahrzeug über die EDV protokolliert werden. Eine Grenze der Einsetzbarkeit ist jedoch bei sehr hohen Abflussraten bzw. Teilfüllungsgraden gegeben.



*Bild 6: „Sehende Düse“ der Firma KEG (KEG, 2006)*



*Bild 7: Ablagerungssituation aus Sicht der „Sehenden Düse“*

Die klassische TV-Inspektionskamera wird im Regelfall erst nach einer Kanalreinigung eingesetzt. Dabei dient die Reinigung als Oberflächenvorbereitung, um den Zustand der Kanalwandungen erfassen zu können. Da die TV-Inspektionen bisher deutlich kostenintensiver als die Hochdruckreinigung ist, wird sie zum Zweck der Erfassung der Ablagerungssituation (vor einer Reinigung) nicht flächendeckend angewendet. Die Erkundung von Ablagerungen mit TV-Inspektionskameras beschränkt sich daher auf außerordentliche Verschmutzungssituationen bzw. Verstopfungen, für die angepasste Reinigungslösungen gefunden werden müssen. Aktuelle Entwicklungen im Bereich digitaler TV-Kamerasysteme, wie beispielsweise das Panoramo-Kugelscanner-System der Firma IBAK ermöglichen in der Erfassung jedoch inzwischen sehr hohe Meterleistungen pro Tag, so dass Ablagerungsinspektion mitunter kostengünstiger erfolgen können. Das Rundum-Aufnahmeverfahren mit zwei digitalen Kugelkameras am Gehäuseanfang und -ende ermöglicht einen Scanvorgang der Haltung ohne Stopps. Zur Bildaufnahme des gesamten Rohrumfangs ist aufgrund des Rundumblicks ein Abschwenken des Kamerakopfes nicht notwendig. Die Dokumentation und Auswertung erfolgt am PC. Für die Auswertung wird das Haltungsbild von der Sohle oder dem Scheitel aus abgerollt. So erscheint die Ablagerungssituation der Haltung im schnellen Überblick auf dem PC-Bildschirm (Bild 8).



*Bild 8: Panoramo-Kugelscanner der Firma Ibak*

Neueste Entwicklung im Bereich der Ablagerungserkennung ist das vielseitige Inspektionssystem des Fraunhofer- Institutes für Fabrikbetrieb und -automatisierung (IFF) in Magdeburg. Seit 2002 wurde dort ein automatisiertes Inspektions- und Reinigungssystem für die Zustandserfassung des geplanten Emscherkanals (Großprofil) entwickelt. Durch den Einsatz von Ultraschallscannern im benetzten Rohrquerschnitt werden die Rohrgeometrie und auch Ablagerungen und Hindernisse mit hoher Genauigkeit erfasst. Das Inspektionssystem wurde für die Überwachung von Großprofilen entwickelt.



*Bild 9: Inspektionssystem für den Emscherkanal (Quelle: Emschergenossenschaft/Lippeverband)*



## 2.4 Planungshilfen und Kontrollinstrumente

Zeitgleich mit der Entwicklung der beschriebenen Technologien zur Bestimmung der Ablagerungshöhen im Kanal sind EDV-Lösungen als integrale Bestandteile des Gesamtbetriebsführungssystems in der Entwicklung, die durch eine anwendungsorientierte Auswertung der Daten die Erstellung von Reinigungs- und Dienstplänen unterstützen sollen. Der Reinigungsplan dokumentiert das allgemeine Reinigungskonzept des Netzbetreibers, unterteilt das Kanalnetz in Reinigungsabschnitte und definiert für diese Reinigungsabschnitte die technischen (Methoden und Verfahren) und zeitlichen (Häufigkeiten/Intervalle) Randbedingungen. Weitergehende technische Vorgaben zur Durchführung der Kanalreinigung in den einzelnen Reinigungsabschnitten werden in abschnittsspezifischen Betriebsanleitungen gemacht. Die Dienstpläne bauen auf dem Reinigungsplan in Verbindung mit den Betriebsanleitungen auf. Sie geben ganz konkret an, von wem und mit welchem Gerät und Fahrzeug die Reinigung in den einzelnen Abschnitten bzw. Haltungen erfolgt.

Grundsätzlich kann die Abschätzung des Reinigungsbedarfs bzw. der Selbstreinigungskraft der Kanalisation darüber hinaus auch auf Basis theoretischer Ansätze (Schleppkraftberechnungen nach Gefälleverhältnissen) unterstützt werden. Allerdings ist stets auch ein Abgleich mit den Verhältnissen vor Ort und eine Überlagerung mit Praxisdaten erforderlich. So ergeben sich Modifizierungen des theoretischen Ansatzes beispielsweise aus:

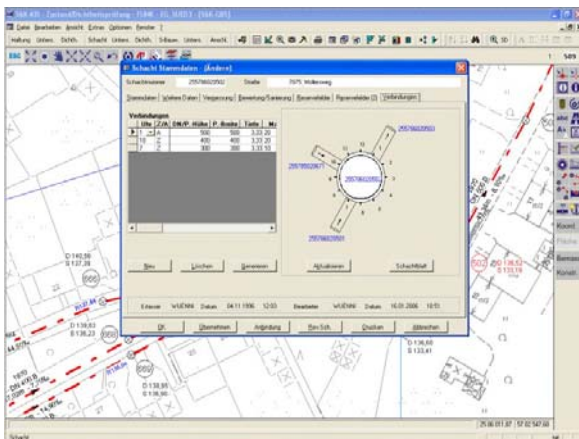
- den eventuell vorhandenen Daten tatsächlicher Ablagerungshöhen,
- den hydraulischen Verhältnissen vor Ort,
- der Abwasserart und -herkunft,
- der Abhängigkeit von Profil, Nennweite und Rohrmaterial,
- dem Entwässerungssystem (MW, SW, RW),
- den Störeinflüssen (Knotenpunkte, Fremdkörper, Rückstau aus Sammler, Baufehler, etc.),
- der Tourenplanung nach zusammenhängenden Einzugsgebieten bzw. Straßenzügen
- dem Wissen der Kanalarbeiter über ihr Netz.

### 2.4.1 EDV-Systeme zur Unterstützung der Kanalreinigung

Zur Verwaltung der Sach- und Betriebsdaten eines Kanalnetzes mit Abwasser-schächten, Haltungen, Sonderbauwerken etc. können spezielle geografische Infor-

mationssysteme (GIS) bzw. Kanalinformationssysteme (KIS) sowie Betriebsführungssysteme (BFS) genutzt werden (Bosseler und Puhl, 2006).

Ein Geografisches Informationssystem (GIS) besteht i. d. R. aus Hardware, Software und einer Datenbank. Das GIS dient zur Visualisierung sowie zur Erfassung, Speicherung, Bearbeitung, Analyse und Wiedergabe von Informationen bzw. Daten (Bill, 1999). Die Datengrundlage stellen Kanalinformationssysteme (Aschauer und Mörth, 2001) bereit. Hier sind Daten, die für das Kanalnetz von Wichtigkeit sind, wie z. B. Schächte, Haltungen, Systemart, Bauwerksdaten etc., in einer Datenbank hinterlegt. Bild 10 zeigt exemplarisch eine Visualisierung im GIS.



*Bild 10: Geoinformationssystem S&K Tiffany, Screenshot (Bosseler und Puhl, 2006)*

Ein Betriebsführungssystem hat die Aufgabe, Arbeitsabläufe zu erfassen und zu dokumentieren und daraufhin neue Aufträge zu generieren (Stempfl, 2003). Optional können zur Visualisierung der Aufträge und Betriebsdaten sogenannte GIS-Viewer (Oberfläche) eingesetzt werden.

In der Regel erlauben EDV-Systeme die Eingabe geografischer Koordinaten, der Stammdaten des Bauwerks sowie der bei der Inspektion aufgenommenen Zustandsdaten der Schächte. Mithilfe von speziellen mobilen Datenerfassungsgeräten (MDE-Geräte) können die Schachtdaten auch direkt bei der Schachtinspektion bzw. Kanalreinigung eingegeben oder abgerufen werden. Unter MDE-Geräten werden handliche, tragbare Datenverarbeitungsgeräte, bspw. Laptops oder PDAs (vgl. Bild11) verstanden. Diese Geräte werden von den Mitarbeitern des Kanalbetriebes vor Ort mitgeführt (Dohmann und Coburg, 2003).

Für die mobile Lösung sind u. a. folgende Softwarepakete auf dem deutschen Markt erhältlich:

- Eleusis+ von TEC TUS Transponder Technology GmbH, Moers.

- Prokan CE (PDA, Handheld) von ProSystem Ingenieurbau GmbH, Langerwehe.
- Novamobil (Tablet-PC, Laptop) von ProSystem Ingenieurbau GmbH, Langerwehe.
- Kanio Pilot von HST Systemtechnik GmbH, Meschede.
- Ameris mobil von der Ameris GmbH, Essen.
- S&K-Mobil von DW-Informationssysteme GmbH, Kamen.

In Bild11 ist exemplarisch ein mobiles Datenerfassungsgerät von Casio dargestellt.



*Bild11: MDE-Gerät von Casio mit proKan CE-Software (Bosseler und Puhl, 2006)*

Sofern zu jedem Schacht bzw. zu jeder Haltung die erforderlichen Informationen und Daten vorliegen, können die jeweilige geografische Lage im Kanalnetz graphisch dargestellt und die Stamm- und aktuellen Zustandsdaten abgerufen werden.

Darüber hinaus ist bei einigen Systemen auch eine direkte Verknüpfung des TV-Untersuchungsvideos oder der Inspektionsbilder mit den einzelnen Schachtbauwerken möglich. Je nach System können auch Schacht- und Bildprotokolle erstellt und ausgedruckt werden. Die Einbindung eines zusätzlichen Softwaremoduls zur Bewertung und Klassifizierung des Schachtzustandes ist bei der Mehrzahl der am Markt erhältlichen EDV-Systeme möglich (Bosseler und Puhl, 2006).

## 2.4.2 Schachterkennungssysteme

Nach den Landeswassergesetzen bzw. Eigenkontrollverordnungen sind Netzbetreiber verpflichtet, den Zustand und die Funktionsfähigkeit ihrer Kanäle und Schachtbauwerke in regelmäßigen Intervallen zu überprüfen. In der Regel werden die Schachtbauwerke mit Papierplänen aufgefunden und der Zustand auf Formularen dokumentiert. Die korrekte Identifikation der Schächte kann die Mitarbeiter u. U. vor Probleme stellen, weil z. B. in Kreuzungsbereichen auf wenigen Quadratmetern fünf

bis sechs Schächte vorgefunden werden können. Außerdem müssen die Zustandsdaten nach der erfolgreichen Identifikation und Dokumentation der Schächte auf Formularen manuell durch das Personal in das EDV-System eingegeben werden. Diese Vorgehensweise ist sehr zeitintensiv und fehleranfällig (Greve, 2005).

Um die Umsetzung der SüwVKan und die Zustandsaufnahme der Schachtbauwerke bei der Kanalreinigung zu erleichtern, wurden diverse Schachterkennungssysteme entwickelt. Derzeit stehen folgende Varianten für die Identifikation von Abwasserschächten (Schachtbauwerken) und zur Unterstützung der Protokollierung bzw. zur Leistungskontrolle bei der Kanalreinigung zur Verfügung:

- Transponder,
- Barcodes,
- Schilder und
- Markierungsstopfen.

Bei den marktüblichen Transpondersystemen wird ein Transponder (vgl. Bild 12) als batterielose Speichereinheit im Bereich des Schachtkopfes angebracht. Die gespeicherten Daten können mithilfe eines mobilen Datenerfassungsgerätes (MDE-Gerätes) drahtlos ausgelesen werden.

Barcodes (vgl. Bild 13) werden i. d. R. ebenfalls im Bereich des Schachtkopfes angebracht. Der Schachtcode wird über spezielle Scanner (Handhelds) ausgelesen. Derzeit werden Barcodesysteme in Abwasserschächten vor allem zur Quittierung der Leistungen von Fachfirmen verwendet.

Schilder (vgl. Bild 14) aus Polystyrol oder Polyethylen werden i. d. R. an Steigeisen befestigt oder im Bereich des Schachtkopfes an die Schachtwandung angebracht. Bei einigen Systemen können die Informationen direkt vor Ort mit einem wasserfesten Stift eingetragen werden. Andere Anbieter fräsen die Schachtnummern zur eindeutigen Identifizierung des Schachtes bereits werksseitig in die Schilder ein.

Markierungsstopfen (vgl. Bild 15), auch Kunststoffpfropfen genannt, können in die Lüftungslöcher der Schachtdeckel eingeschlagen werden, um bereits oberirdisch Hinweise z. B. zum Entwässerungssystem (Farbwahl) und der Fließrichtung (Positionierung) zu geben.



Bild 12: Transponder



Bild 13: Barcode



Bild 14: Schild



Bild 15: Markierungsstopfen

Im Folgenden werden die einzelnen Schachterkennungssysteme detailliert erläutert.

### Transponder

Die Bezeichnung Transponder ist dem Englischen entliehen und setzt sich aus den Begriffen Transmitter (Sender) und Responder (Antwortgeber) zusammen (Bald, 2004). Der Transponder, auch „Tag“ oder RFID (engl. Radio Frequency Identification) genannt, ist ein System der Autoidentifikationstechnik (Auto-ID), d. h. eine automatische berührungslose Identifikation von Objekten per Funk bzw. durch Radiowellen. Die Speicherung der Daten erfolgt auf einem elektronischen Datenträger - dem Transponder. Sowohl die Kommunikation als auch die Energieversorgung zwischen dem Leser und dem Datenträger erfolgt durch das Senden der Radiowellen. Dabei erzeugt der Transponder keine eigenen elektromagnetischen Wellen, sondern reflektiert lediglich die vom Lesegerät gesendeten Radiowellen. Der Austausch der Daten wird unter Verwendung magnetischer oder elektromagnetischer Felder gewährleistet, durch diese Technologie wird ermöglicht, dass die Daten ohne Sichtkontakt und berührungslos ausgelesen und gespeichert werden können (ecin, 2006).

Transponder werden u. a. bei der Kanalreinigung für die eindeutige Identifikation von Abwasserschächten eingesetzt. Außerdem bieten sie Hilfe bei der Protokollierung von Daten. Insbesondere kann auch eine Kontrolle über die getätigten Arbeiten erfolgen. Der Transponder wird i. d. R. im Bereich des Schachtkopfes montiert. Die Sendefrequenz des Transponders liegt bei 125 kHz (Low Frequency). Bei dieser Frequenz beträgt die Lesedistanz zwischen Lesegerät und Transponder bis zu max. 5 cm. Somit ist die Auftragsquittierung nur möglich, wenn Schachtdeckel und Schmutzfänger entfernt werden (TECTUS GmbH, 2006).

Verschiedene Hersteller bieten Transpondersysteme für die spezielle Anwendung im Bereich der Kanalisationstechnik an, z.B.

- Eleusis+ Transponder von TECTUS Transponder Technology GmbH, Moers,
- PU Transponder von der Elatec GmbH, Eichenau,
- BKS Schachtnummerierungssystem Bodemann von der Bodemann Kommunal Service GmbH, Dornbirn (Österreich).

Der Eleusis+ Transponder (vgl. Bild 16) wird als batterielose Speichereinheit im Bereich des Schachtkopfes angebracht. In dem Transponder können die relevanten Sachdaten gespeichert und mithilfe eines MDE-Gerätes drahtlos über elektromagnetische Wellen ausgelesen werden. Die ausgelesenen Daten werden vom MDE-Gerät auf die Datenbank (EDV-System) eines Betriebsführungssystems oder ein geografisches Informationssystem (GIS) bzw. Kanalinformationssystem (KIS) gespeichert.

Das Leistungsspektrum des Eleusis+ -Systems umfasst folgende Eigenschaften:

- Identifikation jedes einzelnen Schachtbauwerkes,
- papierlose Erfassung des Schachtzustandes vor Ort,
- sichere Dokumentation durchgeführter Arbeitsaufträge und Wartungen in einem Arbeitsgang,
- Arbeitshilfe bei der Umsetzung der Kontrollverordnung (SüwVKan) und
- Datenübergabe in vorhandene EDV.

Der PU Transponder von der Elatec GmbH (vgl. Bild 17) ist vom Funktionsprinzip und dem Leistungsspektrum mit dem Eleusis+ Transponder der TECTUS GmbH nahezu identisch. Ein wesentlicher Unterschied liegt im Material des Transponders. Das Schutzgehäuse und die Gießmasse setzen sich bei beiden Transpondern aus unterschiedlichen Materialien zusammen(vgl.Tabelle 2).



**Bild 16:** Eleusis+ Transponder (TEC-TUS GmbH)



**Bild 17:** PU Transponder von Elatec

Eine weitere Alternative bei Transpondern bietet die Fa. Bodemann mit dem BKS Schachtnummerierungssystem Bodemann an. Bei diesem System werden Platten mit integriertem Transponder (vgl. Bild 18) aus Polyethylen im Bereich des Schachtkopfes montiert. In die Platten werden Schachtnummern, zwecks eindeutiger Identifikation des Abwasserschachtes und dauerhafter Lesbarkeit, in 4 mm Tiefe eingeätzt. Die relevanten Schachtdaten können mit einem MDE-Gerät vom Transponder ausgelesen bzw. von der Platte abgelesen werden. Optional können auch Glasröhrchentransponder (vgl. Bild 19) im Asphalt eingebaut werden, um eine Identifikation zu gewährleisten.



**Bild 18:** Transponder von der Fa. Bodemann (Bodemann GmbH)



**Bild 19:** Glasröhrchentransponder im Asphalt (Bodemann GmbH)

Tabelle 2 fasst die wesentlichen Eigenschaften von Transpondern unterschiedlicher Hersteller zusammen.

Tabelle 2: Merkmale der unterschiedlichen Transpondersysteme

Parameter/Hersteller	TECTUS	Bodemann	Elatec
Produktbezeichnung	Eleusis+	BKS Schachtnummerierungssystem Bodemann	PU Transponder
Gewicht/Maße	7 Gramm/ Ø 34mm	keine Angabe / 200x50x4mm	7 Gramm/ Ø 34mm
Aufbau	Chip, Spule und Ummantelung	Chip, Spule und Ummantelung	Chip, Spule und Ummantelung
Material	Polyamid Kapsel mit Polyurethan - Verguss	Polyethylen	PVC (Gehäuse) Epoxy (Gießmasse)
Frequenz	125 kHz	125 kHz	125 kHz
Farbe	diverse, z.B. rot,blau,gelb	weiß - natur	diverse, z.B. rot,blau,gelb
Montage	eine Schraube+Dübel	drei Schrauben+Dübel	eine Schraube+Dübel
Preis	ca. 2,50€ je nach Bestellmenge	ca. 3,00€ je nach Bestellmenge	ca. 2,50€, je nach Bestellmenge

Bei den Lesegeräten sind diverse Alternativen vorhanden, die je nach Bedarf eingesetzt werden können. Für Laptops bzw. Tablet-PCs sind Lesegeräte (Bild 20) mit einer USB-Schnittstelle im Einsatz. Bei Handhelds oder Personal Digital Assistants (PDA) sind Lesegeräte, die in einen Compact-Flash-Kartensteckplatz eingesetzt werden können, verfügbar. Das Lesegerät (Bild 21) kann in ein mobiles Handheld-Gerät integriert werden; eine anschließbare Antenne wird zum oberen Ende des Handhelds geführt, um die Lesedistanz von max. 5 cm weiterhin einhalten zu können. Bei einem PDA besteht außerdem die Möglichkeit, das Lesegerät (Bild 22) in einen optischen Kartenplatz einzustecken.

Der Einsatz von Transpondersystemen soll die Planung, Steuerung und Kontrolle von Kanalreinigungsarbeiten sowie Schachtinspektionen etc. vereinfachen. Insbesondere kann die Aufnahme von Schachtdaten in Papierform nahezu vermieden werden, um eine schnellere und fehlerfreie Dokumentation bzw. Bearbeitung der vorhandenen Schachtdaten zu ermöglichen.





Bild 20: USB-Lesegerät



Bild 21: Lesegerät mit externer Antenne



Bild 22: Lesegerät mit interner Antenne



Bild 23: Einlesen eines Transponders mit einem integrierten Lesegerät (TECTUS GmbH)

## Barcodes

Bei einem Barcode, auch Strichcode oder Identcode genannt, werden Informationen in Form von gefärbten Strichen und farblosen Lücken grafisch dargestellt (Jesse und Rosenbaum, 2000).

Barcode Identifikationssysteme bestehen im Wesentlichen aus zwei Komponenten:

- einem optischen Code, der an dem zu identifizierenden Objekt angebracht wird, und
- einem optischen Lesegerät, das als Lesemodul fungiert.

Der Aufbau eines Barcodefeldes beinhaltet je nach Barcodeart eine spezifische Anzahl von Ziffern oder Zahlen. Es sind normalerweise keine direkt beschreibenden Daten, wie z. B. Grafiken, Texte etc., bei einem Barcode vorhanden. Durch ein optisches Lesegerät werden die Daten gelesen, dabei wird die Lichtquelle des Scanners

von den dunklen Strichen absorbiert, während die hellen Lücken reflektiert werden (Jesse und Rosenbaum, 2000). Die European Article Number (EAN) (vgl. Bild 24) ist die am weitesten verbreitete Barcodeart, ein Mehrbreitencode, der speziell für die Lebensmittelbranche hergestellt wurde. Bild 24 zeigt einen EAN-Code mit Klarschrift, die in vier verschiedenen Kategorien eingeteilt ist. Die ersten beiden Ziffern geben das Herstellerland an, die folgenden fünf Ziffern den Hersteller. Aus den nachfolgenden fünf Ziffern ergibt sich die Artikelnummer, die letzte Ziffer ist eine Prüfziffer.



*Bild 24: European Article Number (EAN)*



*Bild 25: Barcode im Schacht (Ame-  
ris GmbH)*

Die unterhalb des Strichcodes angegebene Klarschrift ist theoretisch auch mit Maschinen lesbar. I. d. R. dient sie nur als Informationsträger für den Fall, dass der Barcode nicht lesbar ist und manuell eingegeben werden muss ([www.dataprisma.ch](http://www.dataprisma.ch)).

Barcodesysteme werden bei der Kanalreinigung zur schnellen und eindeutigen Identifikation von Abwasserschächten eingesetzt. Außerdem können sie zur Quittierung von Arbeitsleistungen von beauftragten Fachfirmen verwendet werden. Der Einsatz von Barcodesystemen vereinfacht die Kontrolle von Inspektions-, Reinigungs- und Reparaturmaßnahmen (Puhl, 2006). Der Einbau von Barcodes erfolgt i. d. R. im Konusbereich des Abwasserschachtes (vgl. Bild 27).



*Bild 26: Barcodelesegerät*



*Bild 27: Einscannen des Barcodes im Schacht*

Optional können Barcodes auch auf einem Schild hinterlegt werden, dabei ist die Schachtkennung zusätzlich in einer größeren Schrift hinterlegt. Die Decodierung des Codes erfolgt über spezielle Handscanner. Die Hauptaufgaben eines Barcodelesegerätes sind das Einlesen und die Decodierung der Daten zur weiteren Verarbeitung. Das Funktionsprinzip ist bei allen Barcodelesegeräten identisch; durch die Reflexion des gebündelten Lichtstrahls wird das Lesen und Decodieren des Barcodes vollzogen (Jesse und Rosenbaum, 2000).

### **Schilder**

Um Verwechslungen bei der Identifizierung eines Schachtes zu vermeiden, können Schilder mit einem Kabelbinder an einem Steigeisen befestigt (Ostmann, 2005) (Bild 28) oder an die Schachtwandung montiert werden (Bild 29). Schilder aus Polyethylen (PU) können direkt vor Ort mit einem wasserfesten Stift beschriftet werden.

Für die unterschiedlichen Kanalsysteme, wie z. B. Regen- oder Schmutzwasserkanal, sind verschiedene Schilderfarben für die eindeutige optische Erkennung vorhanden. Bei dem Schachtnumerierungssystem Bodemann wird bspw. werksseitig die Schachtnummer zur eindeutigen Identifikation 4 mm tief auf die Schilder aus Polyethylen gefräst. Optional können die Schilder auch mit einem Transponder (vgl. Bild 18) bestückt werden.

Durch den Einsatz von Schildern kann eine Verwechslung von Schächten und Halungen aufgrund von Planverwechslungen bzw. Planlesefehlern minimiert bzw. nahezu ausgeschlossen werden.



Bild 28: PU Schild am Steigeisen

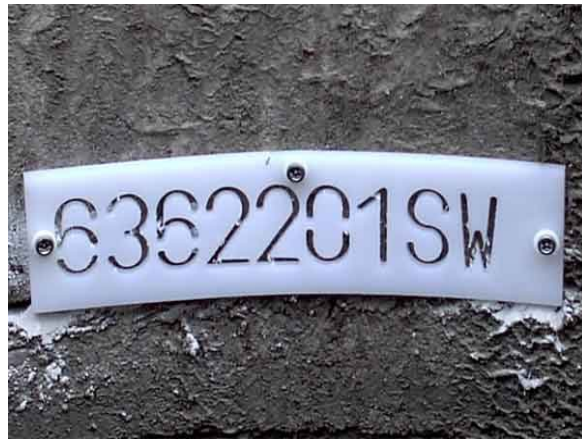


Bild 29: Schild an Schachtwandung  
(Bodemann GmbH)

### Markierungsstopfen

Beim Einsatz von Schachterkennungssystemen können als unterstützendes Element Markierungsstopfen (Kunststoffpfropfen) (MH-Vertrieb) eingesetzt werden. Auf Grundlage der farblichen Zuordnung der Pfropfen (vgl. Bild 30) ist es vor Ort möglich, ohne Planungsunterlagen und Öffnen des Schachtes das Entwässerungssystem zuzuordnen. Durch unterschiedliche Farben werden Regen-, Schmutz- und Mischwasserkanäle sowie Schächte oberirdisch eindeutig gekennzeichnet. Diese Informationen unterstützen das Betriebspersonal, bspw. bei der Kanalreinigung oder der Rattenbekämpfung oder auch bei Störfall- bzw. Notfalleinsätzen. Die Kunststoffpfropfen bestehen aus Polyethylen (PE) und werden oberirdisch in ein Lüftungsloch des Schachtdeckels eingesetzt. Optional kann der Pfropfen als Verschluss für Schachtdeckungen (vgl. Bild 31) eingesetzt werden, um Geruchsprobleme, Fremdwasserzulauf infolge von eindringendem Oberflächenwasser durch die Lüftungsöffnungen sowie Schmutzeintrag in die Kanalisation zu vermindern.



Bild 30: Pfropfen (rot) im Kanaldeckel zur Angabe der Entwässerungsart und der Fließrichtung



Bild 31: Pfropfen (schwarz) zum Verschluss der Schachtdeckung (MH-Vertrieb)

### 3 Untersuchungsprogramm und -umfang

Um das Projekt an den Anforderungen von Kanalbetrieben auszurichten, wurden verschiedene Arbeitsmethoden angewandt. So wurden im Rahmen von fünf zentralen Workshops unter Beteiligung von jeweils über 50 Verantwortlichen von Kanalnetzbetrieben das vorhandene Praxiswissen zur Kanalreinigung zusammengetragen, die offenen Kernfragen zur Umsetzung bedarfsorientierter Reinigungsstrategien identifiziert und die inhaltlichen Schwerpunkte der Projektarbeit im Hinblick auf einen hohen Betreibernutzen ausgerichtet.

Darüber hinaus wurden durch einen Fragebogen die Qualitätsanforderungen, die an Kanalbetriebe im Hinblick auf die Kanalreinigung seitens der verschiedenen Interessensgruppen gestellt werden, und das spezifische Betriebswissen über Ablagerungen und Netzbedingungen sowie das Vorgehen bei der Kanalreinigung detailliert erfragt und ausgewertet. Über diesen Weg konnten Netzbetreiber mit besonderen Erfahrungen und Konzepten im Bereich der bedarfsorientierten Kanalreinigung erkannt und weitergehend befragt werden.

In vertiefenden Interviews mit 28 ausgewählten Netzbetreibern wurden unterschiedliche Betriebsstrategien unter Berücksichtigung der jeweiligen Netzsituation (z.B. flaches oder steiles Netz, großes oder kleines Netz) und des Betriebsprofils (z.B. Reinigen durch eigenes Betriebspersonal oder durch private Reinigungsunternehmen) beschrieben und analysiert. Das Praxiswissen des ausführenden Personals der Kanalreinigung wurde im Erfahrungsaustausch Kanalreiniger mit über 20 Fahrzeugkolonnen vor Ort bei verschiedenen Kanalnetzbetrieben erhoben.

Um Ablagerungssituationen vor und nach der Reinigung zu erfassen, wurden stichprobenhaft Methoden zur Ablagerungserkennung im Rahmen von In-Situ-Maßnahmen untersucht. Bei sechs Netzbetreibern wurde die Ablagerungssituation in verschiedenen Teilnetzen über Schachtinspektionen, Kanalspiegelungen und Videoinspektionen mittels Schachtkamera erfasst. Die Vorgehensweise ermöglichte auch einen Vergleich der Methoden und Geräte zur Ablagerungserkennung. Grundsätzlich stellten die Netzbetreiber die Anforderung, bereits vorhandene Betriebsprozesse wie Schachtinspektionen und Kanal- und Schachtreinigungen zu nutzen, um mit wenig Aufwand Betriebsdaten zum Reinigungsbedarf zu erhalten. Vor diesem Hintergrund wurden diese Betriebsprozesse bei zehn Netzbetreibern vor Ort begleitet und analysiert. Darüber hinaus wurden auf Betreiberwunsch Recherchen bei 18 Kanalnetzbetreibern mit Praxiserfahrungen zu den neuen Möglichkeiten der Datenerfassung und -auswertung über Schachterkennungs- und Betriebsführungssysteme durchgeführt.

Begleitend zu der Analyse der Qualitätsanforderungen an den Kanalbetrieb und der Erfassung der derzeitigen Reinigungsstrategien auf Basis der Workshop- und Fragebogenauswertungen sowie der Analysen zu den durchgeführten In-Situ-Maßnahmen, wurden die Auswirkungen verschiedener Reinigungsstrategien auf die Qualität des Kanalbetriebs auf der Grundlage eines Messprogramms vom Lehrstuhl für Siedlungswasserwirtschaft an der Ruhr-Universität Bochum untersucht und analysiert. Mittels einer Bilanzierung der Schmutzfrachten im Vergleich vor und nach der Reinigung von vier Kanalabschnitten wurden dabei die Vor- und Nachteile der bedarfsorientierten Kanalreinigung für die Nutzerinteressen Gewässergüte und Abwasserreinigung bestimmt. Hierzu wurden Verschmutzungsparameter (AFS, GV, GR, CSB, BSB, TOC, N\_gesamt, NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>, P\_gesamt, PO<sub>4</sub>) gemessen und ergänzende Durchflussmessungen durchgeführt. Darüber hinaus wurden Untersuchungen zu den Zusammenhängen zwischen Ablagerungen und Schwefelwasserstoffbildung, bzw. deren Vermeidung durch Kanalreinigung durchgeführt. Die Untersuchungen der Ruhr-Universität werden in Kapitel 7 ausführlich beschrieben.

Sämtliche Projektergebnisse wurden gesammelt und in einem Prozessmodell zur bedarfsorientierten Kanalreinigung zusammengeführt. Hierzu wurde die Kanalreinigung in ihre wesentlichen Teilprozesse gegliedert und Handlungsoptionen sowie unterstützende Werkzeuge zur Erreichung der Ziele aufgeführt.

Auf Basis der über die Projektlaufzeit gesammelten Erfahrungen und Ergebnisse wurden Lösungsvorschläge für bedarfsorientierte Reinigungsstrategien erarbeitet und deren Einführung exemplarisch bei einigen Kanalbetrieben begleitet.

**Tabelle 3:** Überblick über die Arbeitsschritte im Untersuchungsprogramm:

**Analyse der Qualitätsanforderungen an den Kanalbetrieb**

- Erarbeitung eines Fragebogens und Auswertung der Angaben von 28 Kanalnetzbetreibern.
- Sichtung von Inspektionsunterlagen und Kanalabschnitten, um Betriebsprozesse hinsichtlich ihrer Auswirkungen zu analysieren.
- Ortsbesuche, um die Ursachen für das Auftreten von Belästigungen und für Bereiche mit besonderem Reinigungsbedarf aufzudecken.



**Erfassung derzeitiger Reinigungs-, Inspektions- und Betriebsstrategien**

- Erhebungen in Kanalbetrieben zur Praxis der Kanalreinigung.
- Erfassung der Reinigungs-, Inspektions- und Betriebsstrategien bei ausgewählten Netzbetreibern auf Basis der Befragungs- und Workshop-Ergebnisse.
- Ermittlung von Gesetzmäßigkeiten und Beschränkungen im Rahmen einer bedarfsorientierten Kanalreinigung.



**In-Situ-Untersuchungen - Bestimmung verschiedener Auswirkungen der Kanalreinigung**

- Bilanzierung von Schmutzfrachten im Vergleich vor und nach der Reinigung für sechs Kanalabschnitte durch Probenahmen und Durchflussmessungen.
- Analyse und Bewertung der Auswirkungen der auftretenden Kanalbetriebsprozesse und Verschmutzungszustände auf die Qualität des Kanalbetriebs.
- Erarbeitung von Empfehlungen für eine sinnvolle bedarfsgerechte Kanalreinigung unter Berücksichtigung relevanter Nutzerinteressen.



**Entwicklung eines Modells zur Bestimmung des Reinigungsbedarfs**

- Erstellung von Teilübersichten zu Nutzen und Belästigungen aus Betriebsprozessen und -zuständen aus Sicht der jeweiligen Interessensgruppen.
- Zusammenführung in eine Gesamtübersicht zu Nutzen und Belästigungen.
- Entwicklung eines Modells zur Umsetzung bedarfsorientierter Strategien.



**Exemplarische Umsetzung von Lösungsansätzen für einzelne Netze**

- Entwicklung möglicher Reinigungsstrategien in Abhängigkeit vom Reinigungsbedarf.
- Erarbeitung von Lösungsansätzen für bedarfsorientierte Reinigungsstrategien für verschiedene Betriebsprofile (z.B. kleine/große Netze).
- Begleitung der Umsetzung der Strategien in ausgewählten Netzbereichen.







## 4 Qualitätsanforderungen an den Kanalbetrieb

Um die Qualitätsanforderungen an Kanalbetriebe zusammenzustellen wurde in einem ersten Schritt zunächst die Organisation der Kanalbetriebe mit Blick auf die maßgeblichen Betriebsaufgaben und -prozesse erfasst. Nach den Angaben der Netzbetreiber gliedern sich die wesentlichen Aufgabenschwerpunkte der Kanalbetriebe in die Bereiche Inspektion, Reinigung und Reparatur (baulicher Unterhalt) von Kanalisationsnetzen. Darüber hinaus sind eine Reihe von Sonderleistungen zu organisieren, bspw. der Grünschnitt im Bereich der Böschungen von offenen Gräben oder die Rattenbekämpfung durch gezielte Auslegung von Fraßködern. Die o. a. Aufgabenbereiche sind für sämtliche Einrichtungen der Kanalisation zu organisieren.

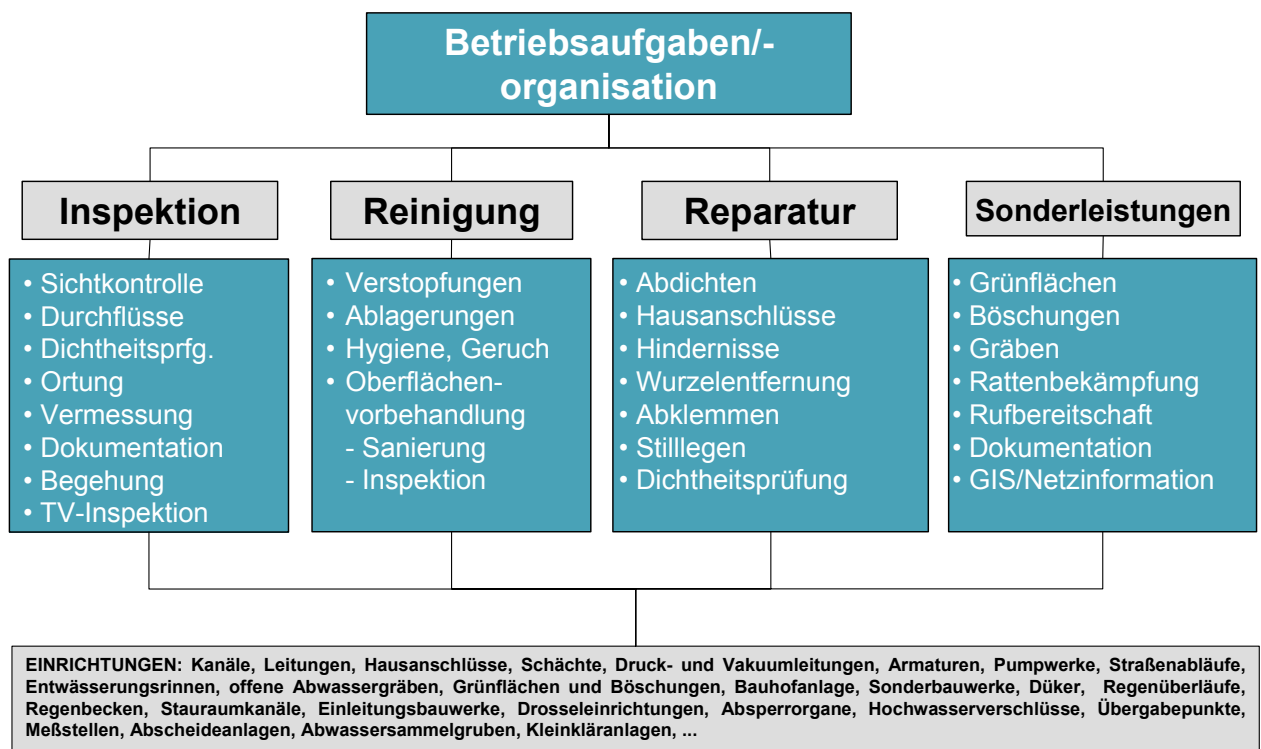


Bild 32: Betriebsaufgaben und Organisation in Kanalbetrieben

Zu den wesentlichen und originären Veranlassungen der Betriebsaufgabe Kanalreinigung zählt die Beseitigung von Kanalverstopfungen. Die kurzfristige Beseitigung dieser Funktionsstörungen hat für den Kanalbetrieb hohe Priorität, da Rückstauerereignisse ein hohes Schadenspotenzial aufweisen können. Aufgrund der Betriebserfahrungen treten Verstopfungen eher vereinzelt und überwiegend lokal begrenzt auf. Im Regelfall haben sie besondere Ursachen, wie beispielsweise Abflusshindernisse durch Eintrag von Baustellenmaterial (Pflastersand, Betonreste, Bohrkern etc.). Kanalverstopfungen werden daher in der Betriebspraxis als wenig vorhersehbare Einzelfälle eingestuft, deren Beseitigung häufig in sofortigen Notfalleinsätzen erfolgt. Dies gilt auch für Reinigungseinsätze aufgrund von Geruchsbelästigungen. Sie wer-

den im praktischen Kanalbetrieb ähnlich wie Kanalverstopfungen als wenig vorhersehbare Einzelfälle eingestuft, für die Notfalleinsatzpläne und Rufbereitschaften organisiert werden.

Im Gegensatz dazu ist die Beseitigung von Ablagerungen im Rahmen der sogenannten Unterhaltungsreinigung ein kontinuierlicher Prozess zur Wartung der Kanalisation. Da die Inspektion von Ablagerungen mit klassischen Methoden (TV-Kamera) bisher deutlich höhere Kosten verursacht als eine präventive Kanalreinigung, wird in vielen Kanalbetrieben eine komplette Netzreinigung in festen Intervallen umgesetzt - unabhängig von der Ablagerungssituation im Kanal. So zeigte die vollständige Erhebung und Auswertung der SÜWVKan-Dokumentation bei den 396 NRW-Kommunen (Bosseler und Birkner, 2003), dass viele Netzbetreiber ihre Kanäle nach der Präventivstrategie alle zwei Jahre oder öfter komplett reinigen. Ein Beweggrund ist dabei auch, schwer lösbare Verfestigungen im Kanal durch frühzeitiges Lösen zu vermeiden.

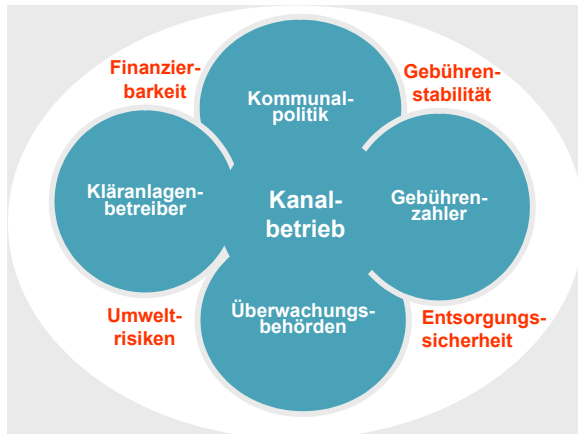
Die Qualitätsanforderungen, die von unterschiedlichen Interessensgruppen an die Kanalreinigung gestellt werden, wurden im Rahmen von Recherchen und durch Fragebögen und Interviews mit Netzbetreibern ermittelt. Zunächst wurden dabei die wesentlichen Anforderungen nach Interessensgruppen gegliedert benannt. Im Wesentlichen sind fünf unterschiedliche Anforderungsprofile an die Qualität von Betriebsprozessen der Kanalisation zu unterscheiden:

- **Gebührenzahler:** funktionierende Abwasserableitung und im Bedarfsfall (Störung/Neuanschluss/Erweiterung) ein schneller Service des Abwasserbetriebes zu geringsten Kosten.
- **Überwachungsbehörden:** Einhaltung rechtlicher Vorgaben, insbesondere mit Blick auf den Gewässerschutz.
- **Kommunalpolitik:** Entsorgungssicherheit und infrastrukturelle Entwicklungsmöglichkeiten für Bürger und Gewerbetreibende zu geringen und stabilen Preisen.
- **Kläranlagenbetreiber:** möglichst geringe Beeinträchtigungen der Abwasserreinigung durch Betriebsprozesse des Kanalbetriebes.

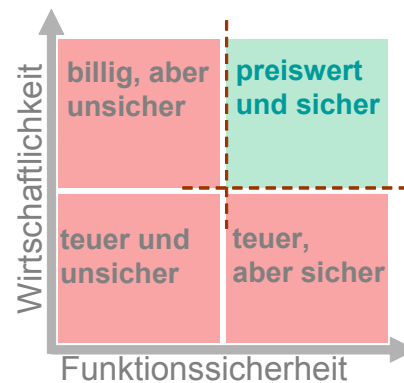
Darüber hinaus ist das eigene Interesse der Netzbetreiber zu nennen, die das gewachsene Leitungsnetz möglichst lange und wirtschaftlich betreiben und ihren Mitarbeitern ein sicheres Arbeitsumfeld bieten möchten.

Der Kanalbetrieb ist bestrebt zwischen den Anforderungen dieser Interessensgruppen einen Ausgleich zu schaffen. Die gebündelte Qualitätsanforderung an den Kanalbetrieb lautet: die Abwasserableitung preiswert und sicher zu organisieren (vgl. Zielfeld in Bild 34), d. h., Abwasser schadlos und ohne Belästigungen zu geringsten Kosten abzuleiten. Hierfür ist eine Funktionssicherheit des Kanalnetzes sicherzustellen.

len, die die Anforderungen der verschiedenen Interessensgruppen zufrieden stellt und wirtschaftlich realisierbar ist.



*Bild 33: Kanalbetrieb – Interessensausgleich zwischen den Beteiligten Gruppen*



*Bild 34: Zielfeld für Kanalbetriebe (oben rechts) mit Blick auf Funktionssicherheit und Wirtschaftlichkeit*

In der Praxis ist die Funktionssicherheit als Qualitätsmerkmal nicht eindeutig definiert, so dass bspw. auch kein „Erfüllungsgrad der Funktionssicherheit“ angegeben werden kann. Die von verschiedenen Kanalbetrieben erzielte Funktionssicherheit der Abwassernetze ist darüber hinaus auch kaum vergleichbar. Insbesondere da die Ausgangssituationen durch die jeweiligen Netzgegebenheiten stark differieren können.

Zunächst wird daher betrachtet, wann Qualitätsanforderungen unterschritten werden, so dass diese von den jeweiligen Interessensgruppen als Belästigung bzw. Störung wahrgenommen werden und kaum mehr tolerierbar sind.

Für Anschlussnehmer bzw. Gebührenzahler sind beispielsweise Rückstauereignisse, Geruchsbelästigungen, Toilettenausblasungen, Lärmbelästigungen und auch Gebührensteigerungen unmittelbare Anlässe, um die Qualität und Sorgfalt der Arbeitsleistungen des Kanalbetriebes in Zweifel zu ziehen. Für die Kommunalpolitiker sind häufige Bürgerbeschwerden, große Haftungsrisiken, hohe Betriebskosten im Kommunenvergleich und hohe Zusatzkosten für Störfälle wesentliche Ansatzpunkte, um die Leistungen des Kanalbetriebes zu hinterfragen. Die Überwachungsbehörden sind daran interessiert, dass Rechtsvorgaben erfüllt und übermäßige Gewässerbelastungen vermieden werden. Bei der Kanalreinigung betrifft dies beispielsweise die Remobilisierungen von großen Schmutzstofffrachten und Spülstößen insbesondere auch vor Einleitungsstellen aus Mischsystemen. Bei Kläranlagenbetreibern steht die Beeinträchtigung der Abwasserreinigung durch Remobilisierungen von großen Schmutzstofffrachten und Spülstößen infolge von Kanalreinigungsarbeiten im Vordergrund. Bei Netzbetreibern können Inspektionsergebnisse über ausgedehnte,

massive Korrosionsschäden an den Rohrleitungen oder auch wiederholte Reinigungsschäden Anlass sein, die Qualität und Häufigkeit der Reinigungsarbeiten anzupassen. Ebenfalls können hohe Personal-, Geräte-, und Dienstleisterkosten Anlass sein, um die Qualitätsmaßstäbe zu überdenken und ggf. die Reinigungsplanung anzupassen.

Tabelle 4: Anforderungen an die Kanalreinigung nach Interessengruppen

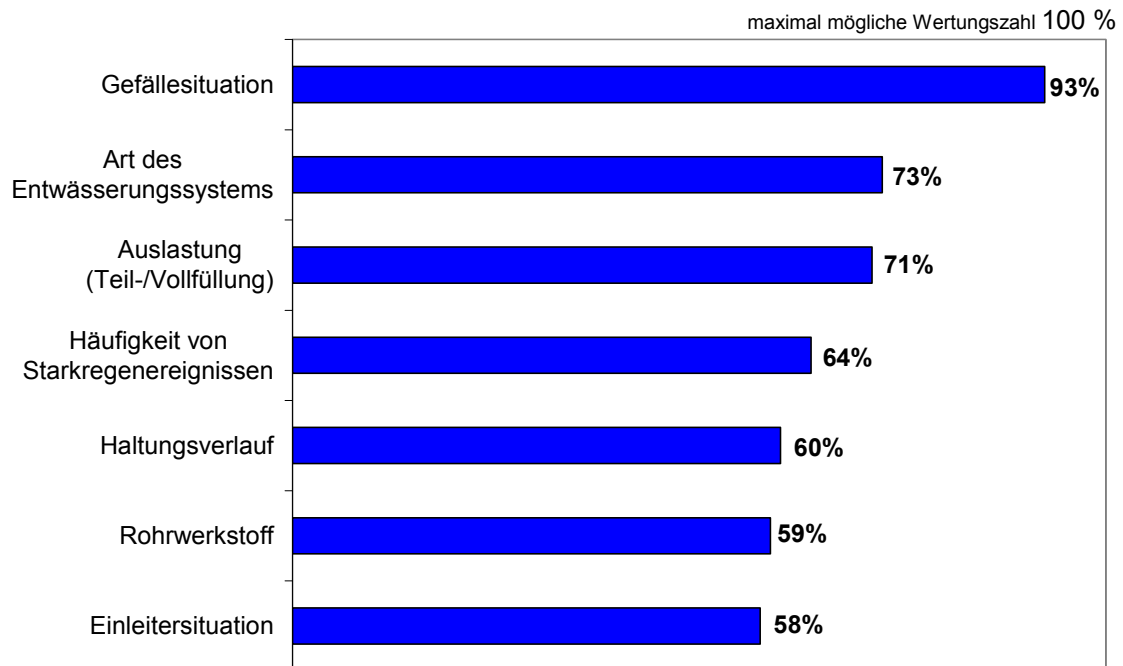
<b>Anforderungsgrenzen</b> Interessensgruppen und nicht tolerierbare Belästigungen bzw. Unterschreitungen der Anforderungen	<b>Reinigung von Kanalisationen</b>	
	<b>Funktionssicherheit</b>	<b>Wirtschaftlichkeit</b>
<b>Anschlussnehmer/ Gebührenzahler</b>	Rückstau, Geruchsbelästigungen, Toilettenausblasungen, Lärmbelästigungen	Gebührensteigerungen
<b>Kommunalpolitik</b>	häufige Bürgerbeschwerden, große Haftungsrisiken	hohe Betriebskosten im Kommunenvergleich, hohe Zusatzkosten für Störfälle
<b>Überwachungsbehörden</b>	übermäßige Gewässerbelastung (Remobilisierungen bei Spülstößen, verringerte Retention)	Rücknahme der Befreiung von der Abwasserabgabe
<b>Kläranlagenbetreiber</b>	Beeinträchtigung der Abwasserreinigung durch Schmutzstöße	Kosten für Ausgleichsmaßnahmen, erhöhte Abwasserabgaben
<b>Netzbetreiber</b>	ausgedehnte, massive Korrosion, Rutschgefahr und gefährliche Gase bei Schachteinstiegen	hohe Personal-, Geräte-, und Dienstleisterkosten, häufige Reinigungsschäden

Neben der Erfassung von Qualitätsanforderungen an den Kanalbetrieb und der relevanten Kanalprozesse und –zustände wurden die Befragungsergebnisse auch im Hinblick auf Ursachen für das Auftreten von Schäden, Belästigungen und Qualitätsverlusten ausgewertet.

Als entscheidender Faktor für die Bildung von Ablagerungen wird von den befragten Netzbetreibern mit deutlichem Abstand die Gefällesituation genannt. Ebenfalls sehr entscheidend ist das Entwässerungssystem und der Teilfüllungsgrad bzw. die Auslastung des Kanals. Darüber hinaus werden von den Netzbetreibern die Häufigkeit von Starkregeneignissen, der Haltungsverlauf, der Rohrwerkstoff und die Einleitorsituation als maßgebliche Einflussgrößen für die Bildung von Ablagerungen genannt (vgl. Bild 35).

Frage: Welche Faktoren sind entscheidend für die Bildung von Verschmutzungen ?

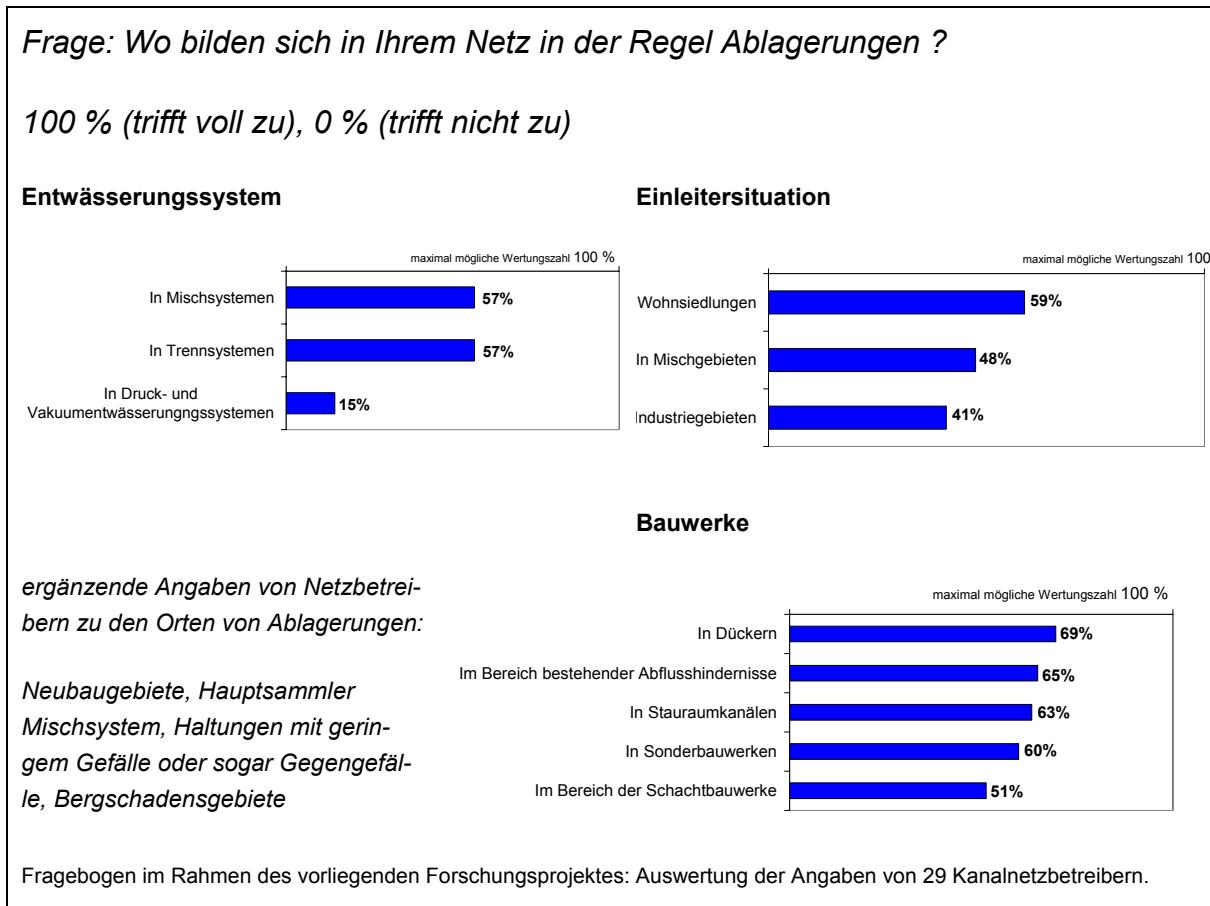
0 % unwichtig, 100 % sehr wichtig



Fragebogen im Rahmen des vorliegenden Forschungsprojektes: Auswertung der Angaben von 29 Kanalnetzbetreibern.

**Bild 35:** Einflüsse auf die Ablagerungsbildung, Auswertung Fragebogen

Die Frage nach den typischen Orten von Ablagerungen im Kanalnetz ergab für die Entwässerungssysteme Misch- und Trennsystem keine Hinweise für eine Differenzierung nach Problemschwerpunkten. Dagegen wurden Druck- und Vakuumentwässerungssysteme im Hinblick auf Ablagerungen und Verschmutzung als von untergeordneter Bedeutung ausgewiesen (vgl. Bild 36). Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass das Aufkommen dieser Systeme sehr viel geringer als das von Freigefälleleitungen ist und außerdem der Inspektionsgrad niedrig ist. Die Betrachtung der relevanten Verschmutzungsorte nach Einleitungssituationen zeigt einen Schwerpunkt im Bereich von Wohngebieten im Vergleich zu Industriegebieten. Ergänzend benannt wurden hier insbesondere Neubausiedlungen, bei denen während der Bautätigkeiten in besonderem Maße Baumaterialien in die Kanalisation gelangen (vgl. Bild 36).

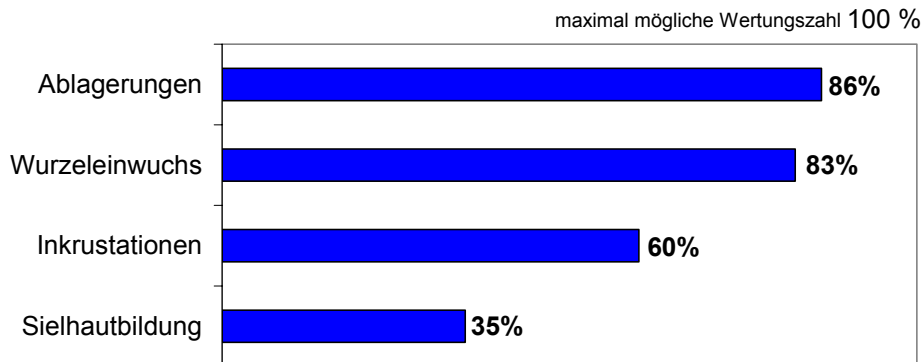


**Bild 36: Orte der Ablagerungsbildung, Auswertung Fragebogen**

Die Frage nach den maßgeblichen Störungen durch Ablagerungen zeigte, dass Ablagerungen und auch Wurzeleinwuchs besonderen Einfluss auf die Planung und Ausrichtung von Reinigungsarbeiten ausüben. Im Vergleich dazu ist die Beseitigung der Sielhaut eher von nachrangiger Bedeutung. So antworteten über zwei Drittel der befragten Netzbetreiber, dass die Sielhaut sie nicht in jedem Fall stören würde, da aus hydraulischer Sicht keine Funktionseinschränkung daraus resultiere. In einzelnen Antworten wurde angemerkt, dass sich die Sielhaut schnell wieder einstellt und mitunter für die Rohrrinnenwandung auch einen Schutz gegenüber chemischen Angriffen darstellen kann. Mit *Ja* wurde geantwortet, da in der Sielhaut die Ursache für Geruchsbildung gesehen wird und auf Dauer eine Verfestigung der Sielhaut zu erwarten ist, die dann nur mit hohem Aufwand zu lösen ist. Im Gesamtblick wurden Verfestigungen bzw. Inkrustationen mit 60 Prozentpunkten als bedeutsam für die Reinigungsplanung eingeschätzt (vgl. Bild 37).

*Frage: Wie bewerten Sie die folgenden Verschmutzungen hinsichtlich der Beeinträchtigung des Kanalbetriebes sowie der Relevanz für die Reinigungsplanung ?*

*(0 % unwichtig, 100 % sehr hoch)*

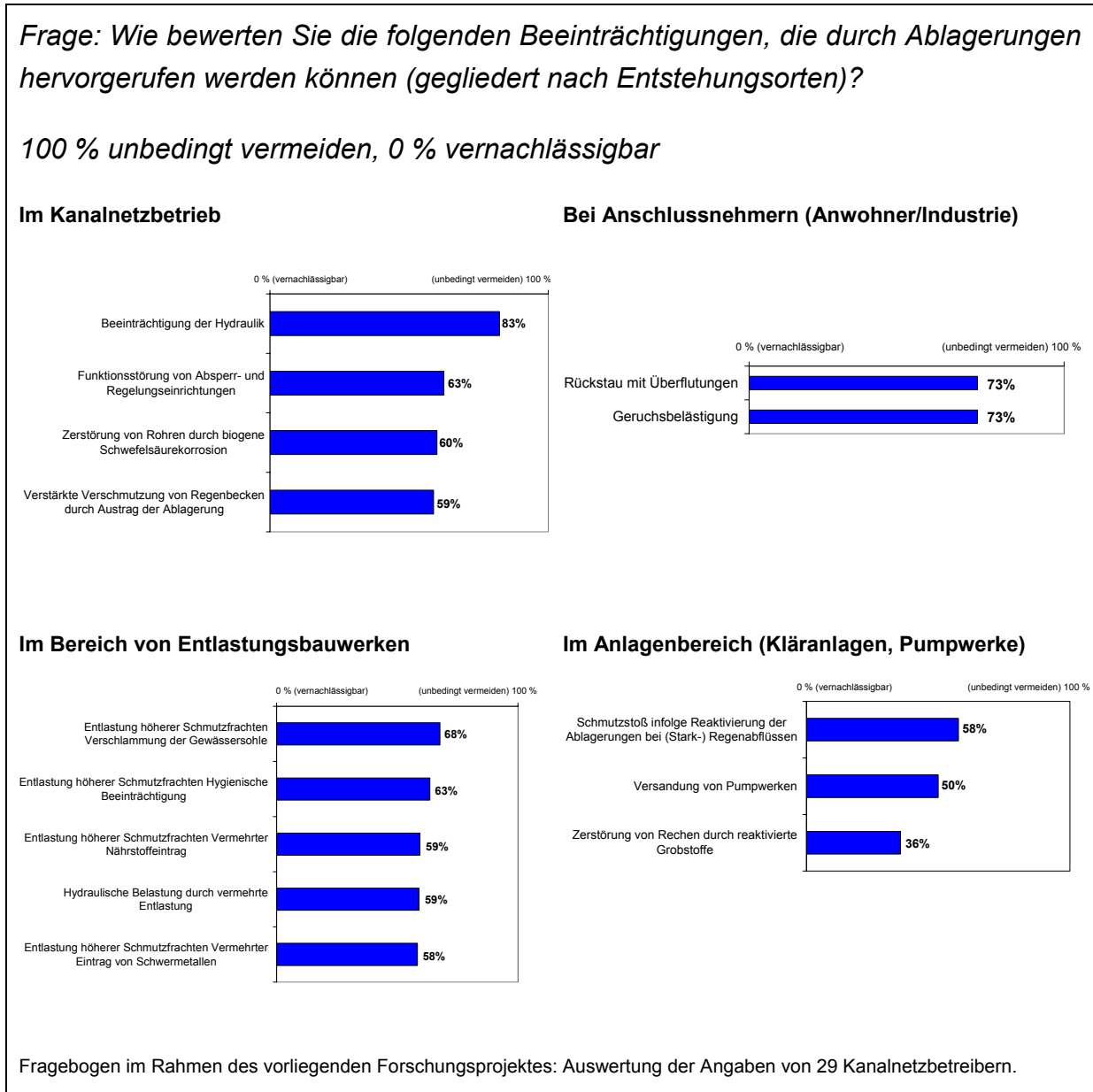


Fragebogen im Rahmen des vorliegenden Forschungsprojektes: Auswertung der Angaben von 29 Kanalnetzbetreibern.

**Bild 37: Betriebsstörungen durch Hindernisse und Verschmutzungen, Auswertung Fragebogen**

Nachfolgend wurden Beeinträchtigungen, die grundsätzlich durch Kanalablagerungen hervorgerufen werden können, von den Kanalnetzbetreibern gewichtet. Bild 38 gibt die Priorisierung der Betriebsstörungen gegliedert nach den jeweils betroffenen Interessensgruppen wieder. Beeinträchtigungen der Hydraulik und Störungen, die von Anschlussnehmern unmittelbar wahrgenommen werden können, wurden mit der höchsten Priorität eingeschätzt. Im Vergleich dazu werden Beeinträchtigungen im Bereich der Kläranlage in ihrer Bedeutung eher niedrig eingestuft. So werden grundsätzlich denkbare Zerstörungen an Rechenanlagen durch reaktivierte Grobstoffe für die Betriebspraxis als eher vernachlässigbar eingestuft. Im Bereich der Kläranlage werden vielmehr Schmutzstöße, die bei Regenereignissen durch remobilisierte Ablagerungen die Abwasserreinigung beeinträchtigen, als bedeutsam erachtet. Darüber hinaus wurde die Versandung von Pumpwerken als relevante Beeinträchtigung benannt.

Den Gewässerschutz betreffende Beeinträchtigungen, wie beispielsweise die Entlastung höherer Schmutzfrachten in Gewässer und daraus resultierende Beeinträchtigungen wie die Verschlammung der Gewässersohle und erhöhter Eintrag von Nährstoffen und Schwermetallen, wurden grundsätzlich als bedeutsam eingeschätzt und sollten vermieden werden.



**Bild 38: Beeinträchtigungen durch Ablagerungen, Auswertungsbeispiel Fragebogen**

Über die Fragebögen und Workshops wurde insgesamt mit über hundert Netzbetreibern zum Thema bedarfsorientierte Kanalreinigung Kontakt aufgenommen. So war es möglich, Netzbetreiber mit besonderen Praxiserfahrungen gezielt für weitergehende Interviews und Projektmaßnahmen auszuwählen. Im Ergebnis können im nachfolgendem Abschnitt verschiedene Betriebsstrategien vorgestellt und auch anhand von Beispielen betrachtet werden.



## 5 Erfassung derzeitiger Betriebsstrategien

Derzeitige Reinigungs-, Inspektions- und Betriebsstrategien wurden bei ausgewählten 28 Netzbetreibern auf Basis der Befragungsergebnisse (vgl. Abschnitt 4) erfasst. Dabei wurden Gesetzmäßigkeiten und Beschränkungen im Rahmen einer bedarfsgerechten Kanalreinigung ermittelt. Einzelne Betriebsstrategien wurden ausgewählt, um Unterschiede und Gemeinsamkeiten differenzierter betrachten zu können. Darüber hinaus wurden eine ausführliche Literaturrecherche zum Stand der Technik der Kanalreinigung sowie auch Marktübersichten zu Produkten und Verfahren erstellt (vgl. Abschnitt 2).

### 5.1 Einflüsse auf Betriebsstrategien

In den Interviews mit den verantwortlichen Mitarbeitern von Kanalbetrieben wurden sehr unterschiedliche Sichtweisen zur Definition der eigenen Betriebsstrategie deutlich. Im Gegensatz dazu kann das Ziel der verschiedenen Betriebsstrategien vergleichsweise eindeutig auf einen gemeinsamen Nenner gebracht werden: Vorrangiges Ziel jeder Betriebsstrategie ist es, mit geringsten Kosten die Häufigkeit und Intensität von Betriebsstörungen - mit Blick auf den Gewässerschutz und die Bürgerzufriedenheit - möglichst zu minimieren. Gleichzeitig soll der Werterhalt der Bausubstanz sichergestellt werden.

Bei der Analyse der jeweiligen Umsetzung der Betriebsstrategie wurden jedoch sehr unterschiedliche Ansätze und Vorgehensweisen erkennbar. Wesentliche Unterschiede ergeben sich dabei beispielsweise allein aus der unterschiedlichen Organisation der Reinigungsarbeiten. Entweder führen die Kanalbetriebe den größten Teil der Reinigungsarbeiten mit eigenem Personal aus oder vergeben Reinigungsaufträge an private Reinigungsfirmen. Im letzteren Fall wird eine Qualitätskontrolle erschwert, da das Wissen über die konkreten Betriebsabläufe erfahrungsgemäß häufig vor Ort beim Dienstleister verbleibt. Ohne diese Kenntnisse ist die Reinigungsaufgabe und die geforderte Reinigungsqualität im Rahmen von Ausschreibungen und Leistungsabnahmen schwer zu definieren. Im Ergebnis führt dies häufig zu strategisch sehr unterschiedlichen Betriebskonzepten.

Eine Befragung der 396 kommunalen Netzbetreiber in Nordrhein-Westfalen (Bosserler und Birkner, 2003) hat im Themenbereich der Organisation der Reinigungsarbeiten ergeben, dass cirka ein Drittel der Kanalbetriebe für die Reinigungsarbeiten vollständig auf eigenes Betriebspersonal sowie eigene Fahrzeuge zurückgreift. Der überwiegende Teil der Städte und Gemeinden vergibt die Reinigung des Kanalnetzes regelmäßig an private Reinigungsunternehmen. Vor diesem Hintergrund wurde bei dem ersten Workshop im Projekt die Organisation der Kanalreinigung unter den teil-

nehmenden Netzbetreibern abgefragt. Unter den 44 Kanalbetrieben organisieren 24 Betriebe die Kanalreinigung mit eigenem Personal und Gerät und 20 Betriebe kaufen die Kanalreinigung als Dienstleistung bei privaten Reinigungsfirmen ein (vgl. Bild 39).

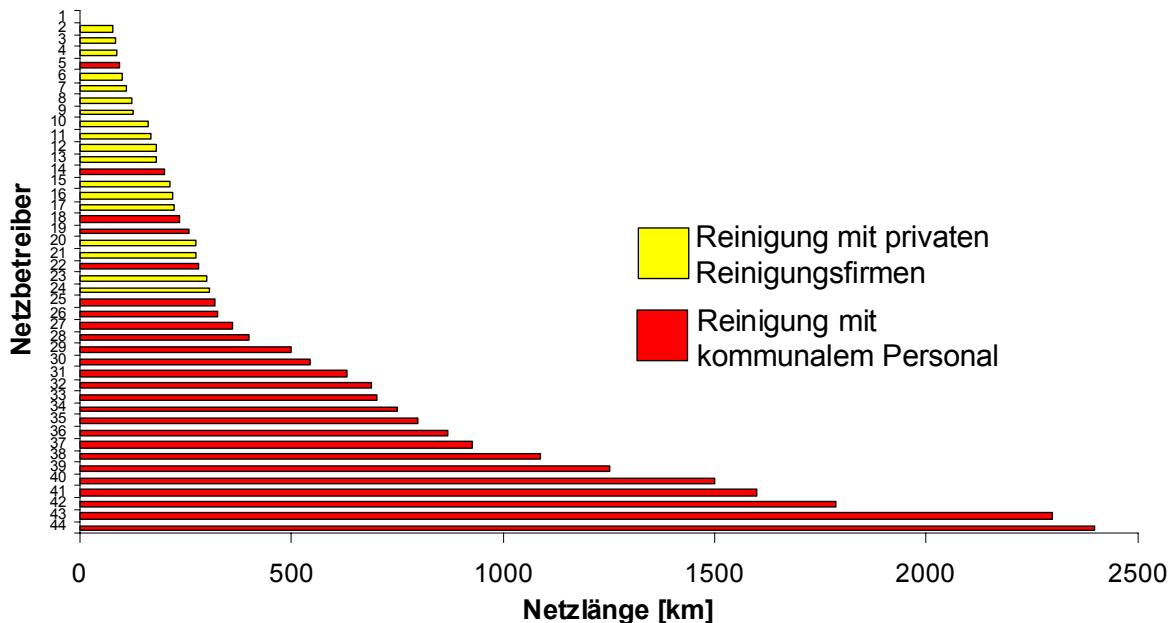


Bild 39: Organisation der Reinigungsarbeiten in Abhängigkeit von der Kanalnetzlänge

Eine deutliche Häufung der Vergabe von Kanalreinigungsleistungen ist bei einwohner-schwachen Kommunen mit entsprechend kleineren Kanalnetzen zu verzeichnen. Bild 39 verdeutlicht den Anstieg der Kanalreinigung durch Eigenleistung der Kommunen bei zunehmender Kanalnetzgröße. Nur zwei von zwanzig Kommunen mit weniger als 250 km Kanalnetz betreiben eine vollständig eigene Kanalreinigung. Diese Zahl steigt bei größeren Städten deutlich an. Ab einer Kanalnetzlänge von über 300 km sind unter den Workshop-Teilnehmern ausschließlich Betriebe, die die Kanalreinigung mit eigenem Personal und Gerät ausführen.

Diese Verteilung ist zum Teil auf betriebswirtschaftliche Gründe zurückzuführen. So ist beispielsweise die Investition in ein eigenes Reinigungsfahrzeug erst dann betriebswirtschaftlich sinnvoll, wenn dieses Fahrzeug einen überwiegenden Teil des Jahres ausgelastet ist. Vor diesem Hintergrund ist auffällig, dass bei Kanalbetrieben mit einer Kanalnetzlänge im Bereich von 250 km beide der beschriebenen Organisationsformen vorkommen. Dies legt die Vermutung nahe, dass für Kanalbetriebe mit einer Netzlänge von ca. 250 km die Investition in ein eigenes Reinigungsfahrzeug mit Personal gerade betriebswirtschaftlich vertretbar ist.

Verstärkt wird diese Schlussfolgerung durch Leistungsangaben für Reinigungsfahrzeuge aus dem DWA Merkblatt 174 (2005). Danach liegt die tägliche Reinigungsleistung

tung eines Fahrzeugs je nach Nennweite des Kanals bei ca. 600-1.100 m/Tag. Unter Annahme einer maximalen jährlichen Auslastung von ca. 150 - 200 Tagen liegt eine jährliche Reinigungsleistung im Bereich von 120 km. Bei einer solchen Jahresleistung kann ein Reinigungsfahrzeug demnach ein Netz von 240 km Länge im Abstand von zwei Jahren vollständig reinigen. Diese Netzlänge entspräche im Mittel dem Netz einer Kommune mit ca. 50.000 Einwohnern (Annahme: 5 m Kanallänge je Einwohner (Bosseler und Birkner, 2003)).

Je nach Organisation der Reinigungsarbeiten gibt es variierende Problemlagen bei der Umsetzung bedarfsorientierter Reinigungsstrategien (vgl. Tabelle 5. Bei der Durchführung der Reinigung durch private Reinigungsfirmen verbleibt das Erfahrungswissen i.d.R. ausschließlich bei dem Dienstleister. Leistungskontrollen über den Umfang der geleisteten Arbeiten sind mit zusätzlichem Aufwand verbunden und werden selten durchgeführt. Infolge des fehlenden Betriebswissens sind auch bedarfsorientierte Reinigungsstrategien kaum umsetzbar. In der derzeitigen Praxis werden daher häufig Aufträge für die komplette Netzreinigung vergeben. Dabei werden nicht selten äußerst niedrige Vergabepreise pro Meter Kanalreinigung erzielt, die für die Anbieter nicht auskömmlich sind. Die drohenden Verluste werden durch Minderleistungen kompensiert, die aufgrund fehlender Leistungskontrollen nicht erkannt werden. Auch im Hinblick auf eine schonende Kanalreinigung zum Werterhalt der Netzsubstanz ist es für Auftraggeber schwierig umsetzbar, entsprechenden Einfluss auf die Wahl der Reinigungswerkzeuge und Anwendungsparameter (z.B. Düsendruck- und Durchfluss, Ziehgeschwindigkeiten) zu nehmen.

Bei der Durchführung der Reinigung durch eigenes Betriebspersonal steht die Auslastung der vorhandenen Kapazitäten im Vordergrund der Planungsziele. Bedarfsorientierte Reinigungsstrategien werden daher häufig zuallererst unter dem Blickwinkel des drohenden Wegfalls von Arbeitsstellen diskutiert. Die Umsetzung von Veränderungen im Hinblick auf die Ziele bedarfsorientierter Reinigungsstrategien ist daher mit intensiver innerbetrieblicher Kommunikation verbunden. In vielen Betrieben liegt ein hohes Erfahrungswissen vor, dieses wird jedoch noch zuwenig gebündelt und für den gesamten Kanalbetrieb nutzbar gemacht. Ein Generationswechsel unter den Mitarbeitern ist deswegen häufig mit erheblichem Know-How-Verlust verbunden. Hier stellen die Netzbetreiber den situationsgerechten und wirkungsvollen Einsatz von Fahrzeugen im Gespann (Spüler und Sauger), kombinierten Hochdruckspül- und Saugfahrzeugen oder von Reinigungsfahrzeugen mit Wasserrückgewinnungstechnik in den Mittelpunkt der Diskussion zur Ausrichtung bedarfsorientierter Reinigungsstrategien.

Tabelle 5: Umsetzung von Reinigungsstrategien – Unterschiede in den Problemen

Ziele	Reinigung durch eigenes Personal	Reinigung durch private Reinigungsfirmen
<b>Betriebswissen aufbauen</b>	Das Erfahrungswissen ist hoch, aber wenig dokumentiert - der Wissenstransfer im Vertretungsfall oder bei Generationswechsel ist schwierig.	Erfahrungswissen verbleibt bei dem Dienstleister, Leistungskontrollen und bedarfsorientierte Reinigungsplanung in diesem Fall schwer umsetzbar.
<b>Reinigungsleistung kontrollieren</b>	Leistungsdaten werden selten dokumentiert und ausgewertet, Abstimmung mit Personalvertretung evtl. problematisch.	Kontrolle kaum möglich, da Betriebswissen fehlt. Ausschreibung und Vergabe berücksichtigen deswegen kaum die Reinigungsqualität.
<b>Budget- bzw. Personaleinsatz planen</b>	Die vorhandenen Ressourcen werden nicht ausgeschöpft - häufig „blinder“ Personal- und Geräteeinsatz.	Häufig werden unflexible und wenig bedarfsorientierte Aufträge für die komplette Netzreinigung vergeben.
<b>Effiziente Reinigungseinsätze</b>	Unpassender Einsatz der vorhandenen Reinigungsfahrzeuge, z.B. zu geringe Reinigungsleistung im Großprofil	Kaum Einfluss auf die Wahl der Reinigungswerkzeuge und Anwendungsparameter (z.B. Düsendruck- und Durchfluss, Ziehgeschwindigkeiten).

Entscheidenden Einfluss auf die Betriebsstrategie haben nach Auskunft der Netzbetreiber auch äußere und damit wenig veränderbare Randbedingungen wie die rechtlichen Normen, die in den jeweiligen Landeswassergesetzen oder den Eigenkontrollverordnungen verankert sind (vgl. Kapitel 2).

In diesem Zusammenhang sind auch besondere Netzbedingungen zu nennen, wie beispielsweise sehr flache Kanalnetze im Bereich des Niederrheins oder der norddeutschen Küstenregion, die mitunter sehr ablagerungsträchtig sind und daher in verstärktem Maße vorbeugende, präventiv ausgerichtete Konzepte mit regelmäßigen, systematisch wiederkehrenden Reinigungsintervallen erfordern. Neben der Gefällesituation werden die für Reinigungsstrategien relevanten Netzbedingungen auch durch das jeweilige Entwässerungssystem (z.B. Trenn-/Mischsystem), die Bauwerksgegebenheiten (Nennweite, Profil, Auslastungsgrad, Kanalzustand etc.) und die Zugangsmöglichkeiten bestimmt. So wurde in den Interviews mehrfach von Netzbetreibern berichtet, dass in Trennsystemen häufig die Anfangshaltungen und in Mischsystemen eher die großen Hauptsammler einen besonderen Reinigungsaufwand verursachen.

Dabei ist die Reinigung von Großprofilen grundsätzlich aufwändig. Die klassische Hochdruckreinigung stößt hier an ihre Grenzen (ab ca. DN 1200, (Bosseler und Schlüter, 2004)). Die Querschnittsgröße und der oftmals hohe Trockenwetterabfluss erfordern große Spülwassermengen von 640 bis 800 l/min. Leistungsstarke Spülfahrzeuge mit Doppelpumpen sind notwendig, um gelöste Ablagerungen mit viel

Wasser zu transportieren. Ältere Mauerwerkskanäle können dabei jedoch empfindlich geschädigt werden. Wenn Teile des Rohrsystems, z.B. Mauerwerksfugen, Dichtungen oder Rohrstöße, durch die Hochdruckreinigung zu stark beansprucht werden, ergänzen einige Netzbetreiber die HD-Reinigung auch durch Schwallspülverfahren oder durch manuelle Reinigung mit Spülschilden. Für Großprofile mit Trockenwetterrinne und begehbaren Berme wird häufig eine Kombination von Hochdruckreinigung und manueller Reinigung durchgeführt.

Nach den Erfahrungen der Netzbetreiber sind jedoch auch die kleinen Kanalnennweiten in den Reinigungskonzepten besonders zu berücksichtigen. Denn insbesondere in Schmutz- und Mischwasserkanälen der Nennweiten DN 200 bis DN 250 mit seitlichen Anschlüssen besteht die Gefahr, dass die Geruchsverschlüsse z. B. von Toiletten ausgesaugt oder ausgeblasen werden. In diesen Kanalabschnitten sind die Reinigungsarbeiten anzupassen, z.B. durch reduzierte Reinigungsparameter (Druck, Durchfluss, Düsentempo etc.).

Besondere Berücksichtigung in der Aufstellung von Reinigungskonzepten findet auch die Reinigung von Dükern und Druckleitungen. Bei Verstopfung und Geruchsbildung muss schnell gehandelt werden. Häufig werden hier auch Reinigungsverfahren aus dem Gas- und Wassersektor angewendet. Einige Netzbetreiber berichteten von positiven Erfahrungen mit dem Impulsspülverfahren oder dem Einsatz von Molchen (Harting, 2006).

Wesentlicher Teil von Betriebsstrategien ist auch die Verzahnung mit anderen Betriebsprozessen, wie beispielsweise die Koordinierung der Reinigung von Schmutzfängern und Straßenabläufen, die dazu beitragen, den Eintrag von Feststoffen in das Kanalnetz zu verringern. Unter dem Aspekt der Verschneidung von Betriebsprozessen nutzen einige Netzbetreiber auch die Erfahrungen aus der Zustandserfassung durch TV-Inspektion und der Inaugenscheinnahme von Schächten (Schachtinspektion) für die bedarfsorientierte Steuerung von Reinigungsarbeiten.

## 5.2 Fallbeispiele

Um die derzeitigen Betriebsstrategien näher analysieren zu können, werden nachfolgend einige Fallbeispiele mit ihren charakteristischen Randbedingungen vorgestellt. Bei der Auswahl der Beispiele wurden insbesondere auch Kanalbetriebe berücksichtigt, die ihr Betriebskonzept bereits seit mehreren Jahren neu ausgerichtet haben und dabei auch Erfahrungen mit der Veränderung der strategischen Vorgehensweise gewinnen konnten.

### 5.2.1 Stadt Würselen: Kurzbeschreibung

Das Kanalnetz der Stadt Würselen ist ca. 160 km lang und besteht überwiegend aus einem Mischsystem. Die Unterhaltung des Kanalnetzes wird durch einen Sachbearbeiter organisiert. Im städtischen Baubetriebshof sind zudem noch zwei Kanalarbeiter tätig, die für die Inspektion der Haltungen und Schächte zuständig sind. Ferner gehört zu ihrem Aufgabenfeld noch die Wartung, Reparatur und Instandhaltung der Schächte. Mit in Kraft treten der SÜWVKan NRW am 01.01.1996 begann die Stadt Würselen, ihre Kanäle nach einem selbst erarbeiteten Spülplan zu reinigen. Zunächst wurde das Stadtgebiet, das eine Gesamtfläche von ca. 35 km<sup>2</sup> besitzt, in kleinere Einzugsgebiete aufgeteilt. Die Einteilung erfolgte sowohl nach der geografischen Lage als auch nach den vorhandenen hydraulischen Verhältnissen. In den einzelnen Einzugsgebieten sind mehrere Haltungen meist straßenweise zusammengefasst worden. Mit Hilfe klassischer Kanalspiegel wird das Kanalnetz von zwei Kanalarbeitern vorinspiziert, um den Spülbedarf zu ermitteln.

Bei günstigen Witterungs- und Lichtverhältnissen wird hierbei ein Netz von ca. 8 km Größe im Hinblick auf das Ablagerungsaufkommen auf Basis von Stichproben (nicht jeder Schacht wird geöffnet) pragmatisch bewertet. Dies bedeutet, dass ungefähr 20 Arbeitstage der beiden Kanalarbeiter für die Inspektion des gesamten Netzes im Jahr benötigt werden. Gespiegelt wird überwiegend unter zu Hilfenahme des Sonnenlichtes. Die benötigten 20 Arbeitstage im Jahr werden daher den Witterungsverhältnissen angepasst und es wird nur bei Sonnenschein gespiegelt. Die Bewertung der Ablagerungssituation erfolgt von den Kanalarbeitern durch Sichtkontrolle der Spiegeloberfläche. Hierzu ist ein vorgefertigter Auswertungsbogen auszufüllen. Die Ablagerungssituation ist in drei Klassen einzuteilen:

1. gering (Höhe der Ablagerung ca. 0 % - 10 %)
2. mittel (10 % - 15 %)
3. viel (> 15 %)

Die ausgefüllten Auswertungsbögen werden in eine Datenbank (MS Access) übertragen. Nach einer Bewertung durch den Sachbearbeiter werden mit Hilfe der Datenbank auch die zu reinigenden Netzabschnitte ausgewiesen. Gereinigt werden Abschnitte, die sowohl in die Klasse „viel“ als auch bereits in die Klasse „mittel“ eingeteilt werden. Daraufhin werden Reinigungsaufträge an einen Dienstleister übertragen, der die verschmutzten Abschnitte reinigt. Die Intervalle der Inspektion wurden im Laufe der Jahre dem „Bedarf“ angepasst.

Die Wiederholungsinspektionen finden in Intervallen von wenigen Wochen (flache Anfangshaltungen in Mischwasserkanälen) bis zu zwei Jahren (Regenwasserkanäle im günstigen Gefällebereich) statt. In Fällen, in denen das Inspektionsintervall kleiner als zwei Wochen beträgt, wird baulich eingegriffen. Auf diese Weise werden die Reinigungspläne kontinuierlich optimiert. Es ist sogar möglich, wegen der so gewonnenen Kenntnisse über das eigene Netz, Reinigungsintervalle von bis zu 15 Jahren zu wählen. Für die Festlegung der Intervalle ist eine Tabelle angefertigt worden, die verschiedene Abstufungen beinhaltet. Bei Störmeldungen und Anliegerbeschwerden werden ebenfalls Reinigungsaufträge vergeben. Dies ist allerdings seltener der Fall. In den letzten drei Jahren lag keine Störmeldung vor. Die Datenbank unterstützt darüber hinaus die nach der SÜWVKan NRW vorgeschriebene Dokumentation der Überwachungsberichte.

Gereinigt wird ausschließlich mit dem Hochdruckspülverfahren. Der Dienstleister ist verpflichtet, die Leistung der Reinigung zu dokumentieren und beim Betreiber einzureichen. Die Leistungsangaben des Dienstleisters werden durch das eigene Personal stichprobenhaft mittels der Kanalspiegelung kontrolliert. Die Vergütung der Reinigung erfolgt auf Stundenbasis.

Auf Basis der Betriebsdaten wurde eine Tabelle erarbeitet, die in Abhängigkeit der Verschmutzung und des Durchmessers eine zu erwartende Tagesleistung ausgibt. Erfahrungen seit 1996 zeigen, dass es lediglich bei einem Dienstleister zu Unregelmäßigkeiten gekommen ist. Dieser Dienstleister erhält keine Aufträge mehr. Zurzeit wird nur ein Dienstleister beauftragt, der sich bereits seit Jahren bewährt hat. Der Stundenaufwand der Kanalreinigung in Würselen konnte so seit 1996 um ca. 80 % reduziert werden. Im Jahr 2006 wurden ca. 15 km des Kanalnetzes gereinigt. Davon waren nur ca. 4 km, die im Rahmen der Inspektionen in die Klasse „mittel“ und „viel“ eingeteilt wurden. Der überwiegende Teil (ca. 11 km) waren Kanalreinigungsarbeiten im Vorfeld der TV-Zustandserfassung.

### 5.2.2 Stadt Detmold: Kurzbeschreibung

Die Stadt Detmold reinigt ihr ca. 550 km langes Kanalnetz (zu 85 % Trennsystem) mit eigenem Personal und unterhält dafür einen eigenen Reinigungsfuhrpark mit drei Reinigungsfahrzeugen (1 Hochdruckspül- und Saugfahrzeug und 2 Spülfahrzeuge). Der Kanalbetrieb stellt an die Ausführungsqualität der Kanalreinigung grundsätzlich die Anforderung, dass sämtliche Ablagerungen gelöst und transportiert werden. Die Reinigungsqualität muss damit grundsätzlich auch den Anforderungen einer sogenannten „Spezialreinigung im Vorfeld einer TV-Inspektion“ (ATV-DVWK M 197, 2004) genügen und schließt die Beseitigung der Sielhaut und der Fettränder (Bereich Wasserwechselzone) ein. Für den Einsatz der Reinigungsfahrzeuge wurde ein Spülplan erarbeitet, der rahmengebende, gestaffelte Reinigungsintervalle vorsieht, darüber hinaus jedoch flexibel und bedarfsorientiert kontinuierlich an die Netzanforderungen angepasst wird. Aufgrund der Betriebserfahrungen der letzten Jahre sollen die turnusmäßigen Reinigungsintervalle bei Schmutzwasserkanälen von 2 auf 3 Jahre und bei Regenwasserkanälen von 4 auf 7 Jahre verlängert werden. Dabei werden die Betriebserfahrungen haltungsweise erfasst und durch intensive EDV-Unterstützung dokumentiert und ausgewertet.

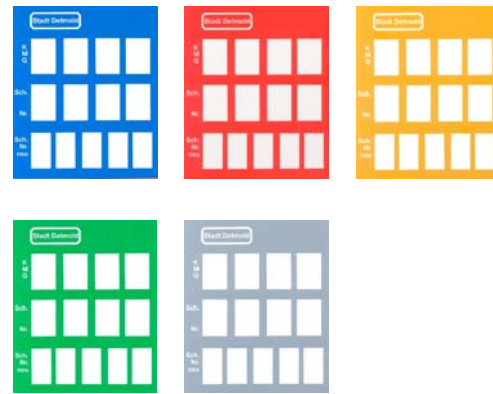
Zur Planung und Kontrolle der Kanalreinigung wird auf eine Kanaldatenbank (ARLIS) und ein geographisches Informationssystem (SICAD) zurückgegriffen. Die ausführenden Mitarbeiter der Kanalreinigung sind mit Laptops ausgerüstet, so dass sie auch vor Ort auf die Datenbank zugreifen und somit jederzeit alle benötigten Informationen abrufen können. Bei der Inspektion bzw. Reinigung sind von den Mitarbeitern digitale Protokolle auszufüllen, die in der Datenbank regelmäßig aktualisiert werden. So können Nachweisberichte (z.B. im Zuge der SüwVKan) ohne Übertragungsaufwand erstellt und unterhaltungsintensive Objekte systematisch erkannt werden. Zusätzlich dienen die Protokolle als Tätigkeitsnachweis.

Um die Identifikation der Abwasserschächte bei den Arbeiten vor Ort zu erleichtern, sind zur Kennzeichnung Schilder in den Abwasserschächten angebracht worden. Die Schilder sind aus Kunststoff (Polystyrol) und enthalten die wichtigsten Kenndaten des Schachtes. Darüber hinaus wurden sämtliche Schachtabdeckungen mit Kunststoffpropfen unterschiedlicher Farbgebung (z.B. für die Unterscheidung von Schmutz- und Regenwasserkanälen) gekennzeichnet.





*Bild 40: Laptop mit Halterung in der Fahrerkabine*



*Bild 41: Schachtschilder, farbig nach Entwässerungssystem*

Mit Hilfe der EDV (Laptops auf den Reinigungsfahrzeugen) und der Beschilderung der Abwasserschächte ist eine haltungsweise Erfassung der Betriebserfahrungen realisiert worden. Dies ermöglicht es, die Reinigungsplanung nach den Anforderungen des Netzes auszurichten. So mussten trotz geringerer Personalkapazitäten bei der Kanalreinigung bisher keine Qualitätseinbußen im Hinblick auf die Betriebssicherheit bzw. vermehrte Funktionsstörungen durch Ablagerungen hingenommen werden.

### **5.2.3 Stadtentwässerung Göttingen: Kurzbeschreibung**

Die Stadtentwässerung Göttingen reinigt das Kanalnetz (Länge: 720 km, SW: 360 km / RW: 360 km) mit eigenem Personal (1 Sachgebietsleiterin, 1 Vorarbeiter, 14 Kanalbetriebsarbeiter) und eigenem Fuhrpark (6 Hochdruckspülfahrzeuge, 1 Unimog, 1 Transporter).

Das Kanalnetz ist in fünf Bezirke unterteilt, für die jeweils ein Team (bestehend aus jeweils zwei Personen) zuständig ist. Ein weiteres Team steht für punktuelle Einsätze im Kanalnetz wie z.B. Reinigung vor TV-Untersuchungen, Dichtheitsprüfungen und umfangreiche Wasserhaltungen zur Verfügung. Sämtliche Zweiertteams werden vierteljährlich neu zusammengesetzt.

Besonderes Augenmerk wird in Göttingen auf die richtige Anwendung des Reinigungsequipments (schonende Reinigung der Kanäle) sowie die Verwertung von Ab- und Flusswasser für die Kanalreinigung gelegt. Seit 2004 wird ein graphisch unterstützter digitaler Spülplan verwendet, der u. a. auf das Kanalinformationssystem der Stadt Göttingen zugreift und mit dem der Spülbedarf rechnerisch ermittelt werden kann.

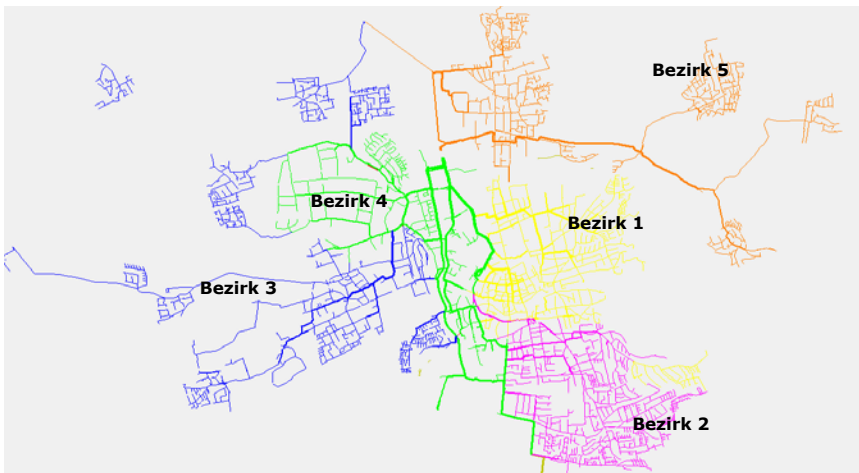


Bild 42: Einteilung des Kanalnetzes in fünf Reinigungsbezirke

### 5.3 Charakteristische Bausteine von Betriebsstrategien

Mit Blick auf die dargestellten unterschiedlichen Randbedingungen für die Erstellung und Ausrichtung von Betriebsstrategien wurde von den Verantwortlichen aus den Kanalbetrieben häufig die Auffassung vertreten: Kanalnetze sind über Generationen gewachsen und jedes Netz erfordert eine individuelle Strategie, um verschmutzte Kanäle zu erkennen und wirkungsvoll und kostengünstig zu reinigen. Dabei sind jedoch in den Interviews immer wieder auch Gemeinsamkeiten deutlich geworden. So sollte die Reinigungsstrategie in jedem Fall immer auch von dem Personal getragen werden. Die Einbeziehung von Betriebspersonal bzw. Dienstleistern, z.B. durch regelmäßige Nachbesprechungen von Reinigungsaufträgen, wurde als wesentliches Instrument genannt, um beispielsweise eine bedarfsgerechte Reinigungsplanung fortzuschreiben. Um vor diesem Hintergrund die charakteristischen Bausteine von Betriebsstrategien festzulegen und die wesentlichen offenen Fragestellungen zu identifizieren, wurde ein Workshop mit über 60 Praktikern von Kanalbetrieben durchgeführt. Im Ergebnis wurden vier wesentliche Stellglieder erkannt, um bedarfsorientierte Betriebsstrategien zu entwickeln und in die Praxis umsetzen zu können: 1) Ablagerungen erkennen und bewerten, 2) Reinigungsfirmen führen und kontrollieren, 3) Personal und Geräte sinnvoll einsetzen und 4) Betriebserfahrungen sammeln und nutzen. Die Formulierung dieser Stellglieder als Handlungsoptionen unterstreicht den Prozesscharakter und die Möglichkeit der Einflussnahme.




**1. Ablagerungen** erkennen und bewerten 

**2. Reinigungsfirmen** führen und kontrollieren 

**3. Personal und Geräte** sinnvoll einsetzen 

**4. Betriebserfahrungen** sammeln und nutzen 

**1. Ablagerungen** erkennen und bewerten 

Die relevanten Fragestellungen

Verschmutzungen erfassen (Spiegeln/Schachtkamera/Messungen)	 60
Schmutzfrachten vor und nach der Reinigung erfassen	 16
Anwohnerbelästigungen und H <sub>2</sub> S-Bildung erfassen	 19
IKT-Hotline für „Brennpunkte/Verstopfer“	 14

*Bild 43: Workshop mit Voting zu den relevanten Fragen und moderierter Diskussion zur Erarbeitung der wesentlichen Handlungsoptionen für Betriebsstrategien*

Im Bereich der oben dargestellten Themenfelder bestehen in der Praxis noch viele offene Fragestellungen. Im Rahmen des Workshops wurden die offenen Fragen diskutiert und nach ihrer Relevanz gewichtet. Darüber hinaus wurden den Themen entsprechend vier Diskussionsgruppen gebildet, um in kleineren Gruppen auch bereits Möglichkeiten und Maßnahmen zur Optimierung von Betriebsstrategien inhaltlich zu diskutieren.

Die wesentlichen Diskussions- und Wertungsergebnisse sind gegliedert nach den Themenschwerpunkten nachfolgend dargestellt.

### **Ablagerungen erkennen und bewerten**

Grundsätzlich bestand unter den Netzbetreibern Einigkeit darüber, dass Reinigungsmaßnahmen aus wirtschaftlichen Gründen abhängig von der Ablagerungssituation durchgeführt werden sollten und nicht in einem vorab festgelegten Turnus.

Vor diesem Hintergrund wurde diskutiert, mit welchen Methoden Ablagerungen erkannt werden können und wie die Ablagerungen bzw. Inspektionsergebnisse zu bewerten sind. Die Relevanz von offenen Fragen und möglichen Maßnahmen im Projekt wurde durch eine Punktebewertung von jedem Workshopteilnehmer gewichtet. Danach schätzen es die Netzbetreiber als besonders wichtig ein, zunächst die Erkenntnisse über Methoden und Werkzeuge für eine Erkennung von Ablagerungen zu bündeln. Soweit Ablagerungen inspiziert werden, ergibt sich dann eine der wesent-

lichsten offenen Fragestellung, nämlich die Bewertung ihres Schadenspotenzials im Hinblick auf die verschiedenen Interessensgruppen (vgl. auch Abschnitt 4).

Für die Untersuchungen gaben die Betreiber folgendes vor: Auch für die Ablagerungserkennung und -bewertung sind bedarfsorientierte, pragmatische Lösungen zu finden (20% Aufwand / 80% Erfolg). So ist beispielsweise zu prüfen, inwieweit allein durch eine Ablagerungsbewertung im Schacht bereits auf die Situation in der gesamten Haltung geschlossen werden kann.

Nachfolgend die Abstimmungsergebnisse der Betreiberbefragung im Überblick:

Tabelle 6: Voting-Ergebnis: Ablagerungen erkennen und bewerten

<b>Relevante Fragen</b>	<b>Wertung</b>
1 Wie sind Ablagerungssituationen zu bewerten?	55 Punkte
2 Mit welchen Methoden lassen sich Ablagerungen erkennen?	44 Punkte
3 Wann verfestigen Ablagerungen bzw. wann „wächst“ ein Kanal zu?	24 Punkte
4 Welche Ursachen haben „Brennpunkte“?	23 Punkte
<b>zweckmäßige Maßnahmen</b>	
1 Verschmutzungen erfassen (Spiegeln/Schachtkamera/Messungen)	60 Punkte
2 Anwohnerbelästigungen und H <sub>2</sub> S-Bildung erfassen	19 Punkte
3 Schmutzfrachten vor und nach der Reinigung erfassen	16 Punkte
4 IKT-Hotline für „Brennpunkte/Verstopfer“	14 Punkte

### Personal und Geräte sinnvoll einsetzen

Kanalbetriebe, die die Reinigungsarbeiten mit eigenem Personal und eigenen Fahrzeugen ausführen, stehen zunächst vor der Aufgabe, die vorhandenen Ressourcen möglichst effizient einzusetzen. Dabei können leistungsschwache Reinigungsgeräte und Anwendungsfehler die Reinigungsleistung deutlich senken. Bei fehlender Qualitätskontrolle bleibt dies häufig unbemerkt. Vor diesem Hintergrund werteten die Netzbetreiber die Frage nach der Ausstattung und dem optimalen Einsatz des Fuhrparks als zentrale Fragestellung, insbesondere bei Neuanschaffungen von Reinigungsfahrzeugen wurde Bedarf für Unterstützungsleistungen gesehen, um die beträchtlichen Investitionskosten abzusichern. Die Grundlage für Investitionsentscheidungen bildet dabei zunächst auch eine unabhängige Bedarfsermittlung für den notwendigen Personal- und Geräteaufwand. Dies steht jedoch auch in Wechselwirkung mit dem zu erwartenden Reinigungsaufwand. Hier fehlt es den Netzbetreibern an Hilfestellungen für die konkrete Reinigungsplanung.

Eine weitere Fragestellung, die von Netzbetreibern als wichtig angesehen wird, ist die Umsetzung neuer Reinigungsstrategien im Team der Mitarbeiter. Mit unmotiviertem und schlecht ausgebildetem Reinigungspersonal sind neue Reinigungsstrategien

kaum umsetzbar. Die Frage nach den notwendigen Personalqualifikationen wird daher ebenfalls als relevant eingeschätzt.

In der Praxis bestehen für Netzbetreiber folgende wesentliche Fragestellungen:

Tabelle 7: Voting-Ergebnis: Personal und Geräte sinnvoll einsetzen

<b>Relevante Fragen</b>	<b>Wertung</b>
1 Wie kann der Fuhrpark optimal genutzt werden?	34 Punkte
2 Was sollte bei Neuanschaffungen beachtet werden?	34 Punkte
3 Was sollte in die täglichen Reinigungspläne einfließen?	26 Punkte
4 Wie groß ist der Personalbedarf?	23 Punkte
5 Wie können neue Reinigungsstrategien im Betrieb vertreten werden?	17 Punkte
6 Welche Personalqualifikationen sind notwendig?	15 Punkte
<b>zweckmäßige Maßnahmen</b>	
1 „Best-of“ der Einsatzpläne erstellen	33 Punkte
2 Leistungskennzahlen zusammentragen (Benchmarking)	32 Punkte
3 Informationsveranstaltung mit Diskussion in den Kanalbetrieben	26 Punkte

### **Reinigungsfirmen führen und kontrollieren**

Bei Kanalbetrieben, die die Reinigungsleistung an private Reinigungsfirmen vergeben, stehen Kosteneinsparungen im Vordergrund der Diskussion bedarfsorientierter Reinigungsstrategien. Darüber hinaus stellt die Kontrolle und Qualitätsprüfung der ausgeführten Leistungen ein besonderes Problemfeld dar. Der Rückfluss von Betriebsdaten an den auftraggebenden Kanalbetrieb findet im Regelfall nicht statt. In diesem Zusammenhang werden auch Schachterkennungssysteme (Transponder, Barcodes, Schachtschilder) diskutiert, die eine nachvollziehbare Quittierung von nachzuweisenden Arbeitsleistungen unterstützen. Dabei werden von den Netzbetreibern auch Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen gewünscht, um Aufwand und Nutzen bedarfsorientierter Planungsansätze bewerten zu können.

Darüber hinaus besteht bei den Netzbetreibern ein hoher Bedarf im Bereich der Arbeitshilfen zur Ausschreibung und Vertragsgestaltung mit Dienstleistern. Wie können beispielsweise durch Vertragsvereinbarungen die Verantwortungsrisiken bei Unfällen minimiert werden und wie können bereits in der Ausschreibung eindeutige Leistungsanforderungen an Reinigungsgeräte und deren Anwendung eingebracht werden.

In der Praxis bestehen für Netzbetreiber folgende wesentliche Fragestellungen (vgl. Tabelle 8):

Tabelle 8: Voting-Ergebnis: Reinigungsfirmen führen und kontrollieren

Relevante Fragen	Wertung
1 Wie kann die Reinigungsleistung kontrolliert werden?	40 Punkte
2 Wie soll Kanalreinigung ausgeschrieben werden?	35 Punkte
3 Welches Preis-/Leistungsverhältnis ist realistisch?	31 Punkte
4 Wie soll das Räumgut entsorgt werden?	14 Punkte
<b>zweckmäßige Maßnahmen</b>	
1 Leistungskennzahlen zusammentragen, Kostentransparenz	30 Punkte
2 Stichprobenhafte Dienstleister-Kontrollen	23 Punkte
3 LV-Check, Leistungsverzeichnisse analysieren	20 Punkte
4 Stichprobenhafte Kontrolle der Entsorgungswege	7 Punkte

### Betriebserfahrungen sammeln und nutzen

Die Netzbetreiber sehen ein Kernproblem darin, dass geeignete Strategien fehlen, um die gewünschten Betriebsdaten zur Planung der Kanalreinigung zu erfassen und zu verarbeiten. Ein möglicher Ansatz bei der Datengewinnung wird in der Nutzung anderer Betriebsprozesse, wie z.B. der Schachtinspektion, Reinigung der Schmutzfänger, Sanierungsplanung gesehen. Grundsätzlich werden alle Netzinformatio- nen/Betriebsdaten (Erfahrungen der Mitarbeiter, Inspektionsdaten, Netzdaten, Zu- standsdaten, Reinigungsdaten etc.) als relevant für die Planung einer bedarfsorien- tierten Kanalreinigung eingeschätzt.

Die Erfahrungen der Mitarbeiter werden von den Netzbetreibern als die wichtigste Datengrundlage eingeschätzt. Die Dokumentation bzw. der Erhalt des Erfahrungsschatzes, zum Beispiel beim Ausscheiden von langjährigen Mitarbeitern, ist derzeit aber nahezu ungelöst. Die Weitergabe von Erfahrungen (Wissen) erfolgt zumeist mündlich.

Die erforderlichen Datengrundlagen und –mengen sind wesentlich abhängig von der Netz- und Reinigungssituation (Netzgröße (groß, klein)) und Ausführung der Reini- gung (Selbstreiniger, Fremdreiniger). Bei Netzbetreibern kleiner Netzgröße ist die Pflege, Verwaltung, Auswertung und Nutzung der Daten aufgrund geringer Personal- kapazitäten beschränkt. Dementsprechend unterscheiden sich Menge und Art der zu erfassenden Daten bei kleinen und großen Netzbetreibern. Bei kleineren Netzbetrei- bern ist häufig wenig Betriebswissen vorhanden, da die Reinigung durch private Rei- nigungsfirmen ausgeführt wird und wenig Wissenstransfer stattfindet.

Objektive Bewertungskriterien zur Bewertung der Ablagerungssituation sind derzeit meist nicht vorhanden. Die Bewertung ist subjektiv und variiert je nach Ausführen- dem. Referenzbeispiele, wie z.B. Fotos könnten hier die Bewertung erleichtern. Als weitere Information innerhalb der Reinigungsdaten wird bei einem Betreiber die Räumgutmenge mengenmäßig bestimmt und gebietsweise zugeordnet. Auf diesem

Wege sollen Aussagen über die Verschmutzungssituation einzelne Abschnitte gewonnen werden.

Die Schnittstelle zu den Dienstleistern wird kritisch gesehen. Dies betrifft insbesondere den Datenrücklauf bzw. Informationsaustausch. Es gibt derzeit kaum Instrumente, um die Informationen systematisch, mit möglichst wenig Aufwand, aufzunehmen.

Der Spülplan sollte eine sinnvolle Einteilung in Spülabschnitte beinhalten. Die Verschmutzungsbetrachtung erfolgt üblicherweise haltungsbezogen. Die Reinigung sollte allerdings strangweise durchgeführt werden (sinnvolle Bündelung von zu reinigenden Haltungen). Dabei ist die Erstellung des Spülplans ein dynamischer, fortlaufender Prozess. Den „endgültigen Spülplan wird es nie geben“, weil immer eine Anpassung an die aktuellen Netzerfordernisse erfolgen muss. Eine sofortige bzw. zeitnahe Rückkopplung bzw. ein Datenfluss zwischen den Ausführenden der Kanalreinigung und der Kanaldatenbankpflege ist deshalb zwingend notwendig (Meldesystem). Insbesondere die Information über die Verwertung der gelieferten Daten kann eine Motivationshilfe für die Ausführenden der Reinigung sein.

In der Praxis bestehen für Netzbetreiber folgende wesentliche Fragestellungen bei der Verwertung von Betriebserfahrungen (vgl. Tabelle 9):

Tabelle 9: Voting-Ergebnis: Betriebserfahrungen sammeln und nutzen

<b>Relevante Fragen</b>	<b>Wertung</b>
1 Wie sollte ein Spülplan/Einsatzplan für das Netz erstellt werden?	58 Punkte
2 Welche Netzinformationen/Betriebsdaten werden für die Kanalreinigung benötigt?	44 Punkte
3 Welche Synergien mit anderen Betriebsprozessen sind nutzbar?	29 Punkte
<b>zweckmäßige Maßnahmen</b>	
1 Organisation und Reinigungsplanung analysieren	32 Punkte
2 Protokoll- und Nachweisblätter anpassen/optimieren	28 Punkte
3 Marktübersichten zu EDV-Systemen schaffen	27 Punkte
4 Schnittstellen zu Inspektoren analysieren	14 Punkte





## 6 In-Situ-Untersuchungen

Vor dem Hintergrund der Erkenntnisse aus den Interviews mit den Kanalnetzbetreibern, aus den Fragebögen sowie aus den Betreiberworkshops wurden die als wesentlich erkannten Fragestellungen im Rahmen des Projektes weitergehend untersucht. Unter Berücksichtigung der in Kapitel 5.3 erkannten charakteristischen Bausteine von Betriebsstrategien wurden Praxisuntersuchungen vor Ort, vertiefende Interviews mit Kanalnetzbetreibern, Literaturlauswertungen und Berechnungen auf Grundlage der im Projekt erhobenen Daten zu den vier Themenbereichen (1) Ablagerungen erkennen und bewerten, (2) Reinigungsfirmlen führen und kontrollieren, (3) Personal und Geräte sinnvoll einsetzen und (4) Betriebserfahrungen sammeln und nutzen, durchgeführt.

### 6.1 Ablagerungen erkennen und bewerten

In der Praxis bestehen hinsichtlich der Ablagerungserkennung noch viele offene Fragestellungen. Unklar ist derzeit, welche Vorgehensweise und welcher Geräteinsatz zur Erkennung von Ablagerungen in Abhängigkeit verschiedener Kanalbetriebssituationen sinnvoll und wirtschaftlich ist. Darüber hinaus bestehen bei den Kanalnetzbetreibern Unsicherheiten hinsichtlich der Leistungsgrenzen der am Markt verfügbaren Geräte und Methoden zur Ablagerungserkennung. (vgl. Kapitel 5.3)

Auch bei der Bewertung und Klassifizierung von Ablagerungen liegen keine abgesicherten Erfahrungen vor. Ein Großteil der Netzbetreiber reinigt das Kanalnetz derzeit noch in festen Intervallen (vgl. Kapitel 2). Bei diesem Vorgehen wird nur in Ausnahmefällen eine Bewertung und Klassifizierung von Ablagerungen vorgenommen. Andere Netzbetreiber orientieren sich bei der Bewertung und Klassifizierung von Ablagerungen an der o. a. pragmatischen Einteilung in zwei bis drei Kategorien. Da entsprechende Messergebnisse fehlen, können Auswirkungen auf die Gewässergüte, die sich ggf. aus Ablagerungssituationen ergeben, bei der Bewertung und Klassifizierung nicht berücksichtigt werden.

Vor diesem Hintergrund wurden im Rahmen des Projektes verschiedene Methoden zur Ablagerungserkennung in situ eingesetzt, die Inspektionsergebnisse hinsichtlich der vorliegenden Ablagerungssituation ausgewertet und gemeinsam mit den beteiligten Kanalnetzbetreibern die Auswirkungen der Untersuchungsergebnisse für die Spülplanung in den untersuchten Gebieten abgeschätzt. Um Ablagerungssituationen auch vor einem siedlungswasserwirtschaftlichen bzw. umwelttechnischen Aspekt bewerten zu können, wurden darüber hinaus in mehreren Kanalnetzen Messkampagnen zur vergleichenden Frachtbilanzierung, Gasmessung und Ablagerungserfassung vor und nach erfolgter Kanalreinigung durchgeführt und ausgewertet. Im folgenden sind die Vorgehensweise und die wesentlichen Ergebnisse dargestellt.

### 6.1.1 In-Situ-Einsatz von Inspektionsmethoden zur Ablagerungserkennung

Im Rahmen des Projektes wurden Teileinzugsgebiete in den Kanalnetzen der Städte Bochum, Detmold, Dinslaken, Essen, Hemer, Marl und Warendorf sowie der Gemeinde Möhnesee hinsichtlich der Ablagerungssituation mit verschiedenen Methoden untersucht. Zusätzlich wurden umfangreiches Bildmaterial aus dem Kanalnetz der Stadt Göttingen und Überwachungsdaten der Gemeinde Holzwickede ausgewertet. Ziel dieser Maßnahmen war es,

- die Vor- und Nachteile bzw. Aussagekraft und Einsatzgrenzen der verschiedenen Methoden zur Ablagerungserkennung zusammenzufassen und Praxisempfehlungen für die Auswahl einer für den jeweiligen Anwendungsfall geeigneten Methode geben zu können,
- den Personalaufwand für den Einsatz der verschiedenen Methoden und Planungsansätze in Abhängigkeit der vorliegenden Randbedingungen abzuschätzen und ggf. nutzbare Synergieeffekte aufzuzeigen,
- die Ablagerungsmengen sowie den Einfluss der Reinigungshäufigkeit einzuschätzen,
- die Nutzungsmöglichkeiten von detaillierten Kenntnissen über Ablagerungsmengen und -arten im Kanalnetz für die Spülplanerstellung oder -optimierung aufzuzeigen.

Die Inspektion der Kanalnetze wurde nach Unterweisung durch Mitarbeiter des IKT durch das Betriebspersonal der Netzbetreiber durchgeführt. In fast allen Fällen wurde zunächst versucht, durch eine Inaugenscheinnahme des Schachtes auf die Ablagerungssituation in den angrenzenden Haltungen zu schließen. In einem nächsten Schritt wurden die angrenzenden Haltungen dann mit einem Kanalspiegel eingesehen und anschließend noch einmal mit einer Schachtkamera inspiziert. Teilweise war es möglich, im Vorfeld der o. a. Inspektionen Teilbereiche der untersuchten Haltungen mit einer herkömmlichen Fahrwagenkamera zu befahren. Mitarbeiter des IKT begleiteten und dokumentierten die gesamten Untersuchungen. Nach Abschluss der Untersuchungen wurde das Betriebspersonal um eine Stellungnahme zu der Aussagekraft und möglichen Einsatzfeldern der eingesetzten Inspektionsmethoden gebeten. Die Inspektionsergebnisse wurden durch das IKT hinsichtlich der vorgefundenen Ablagerungsmengen und -arten ausgewertet und den Netzbetreibern vorgestellt. Nach einem Zeitraum von einigen Monaten wurden Teilbereiche in den untersuchten Netzen erneut inspiziert, um u. a. die Neubildung von Ablagerungen bzw. die Auswirkung von Starkregenereignissen beurteilen zu können.

**A****B****C****D**

**Bild 44:** *In-Situ-Einsatz verschiedener Inspektionsmethoden zur Ablagerungserkennung. A: Inspektion mit Fahrwagenkameras. B und C: Inspektion mit Schachtkamera. D: Inspektion mit Kanalspiegel.*

Die Begehung von Abwasserkanälen wird in der Regel erst ab einer Querschnittshöhe von 1200 mm durchgeführt. Der Anteil an begehbaren Kanälen ist in vielen Kanalnetzen gering und beträgt weniger als 5 % des Gesamtaufkommens. Zudem ist die Kanalbegehung aufgrund der Gefahren in Abwasseranlagen auf das notwendigste Maß zu beschränken und nur unter Beachtung umfassender Sicherheitsvorschriften erlaubt (mind. 3 Personen erforderlich). Im Rahmen des Projektes wurden insbesondere Stauraumkanäle im Bereich von Regenüberläufen begangen. Die Reinigung dieser Großprofile ist in der Regel zeitaufwändig und mit besonderen Einsatzmaßnahmen verknüpft, die nach ATV-DVWK M 197 (2004) als Sonderreinigung beschrieben und von der flächendeckenden Unterhaltungsreinigung abgegrenzt sind.



*Bild 45: Begleitete Kanalbegehungen, Beispiel Stadtwerke Wesel*

Nach einer Abstimmung auf dem Workshop „Ablagerungen erkennen und bewerten“ wurde von den teilnehmenden Netzbetreibern kein Bedarf gesehen, die Sehende Düse als Inspektionsmethode zur Überwachung von Ablagerungen im Rahmen des Projektes näher zu untersuchen, insbesondere da kein Teilnehmer über ein entsprechendes System verfügt und sich das System seit Jahren nicht am Markt durchsetzen konnte. Vorteile der sehenden Düse liegen darin, dass während der Reinigung beim Einfahren der Düse erkannt werden kann, ob Ablagerungen vorhanden sind. Beim Zurückziehen der Düse kann anschließend überprüft werden, ob die Reinigung erfolgreich war oder ob weitere Maßnahmen wie zum Beispiel ein zweiter Reinigungsdurchgang durchzuführen sind.

Die TV-Inspektion mittels Fahrwagenkamera wird in der Regel nur für die Kanalzustandserfassung nach einer vorhergehenden Spezialreinigung der gesamten Rohrwandung (einschließlich Sielhaut) durchgeführt. Im Rahmen des Projektes entschlossen sich einige Netzbetreiber Teilbereiche ihres Kanalnetzes auch im ungereinigten Zustand durch eine TV-Untersuchung zu inspizieren. In Ausnahmefällen mussten Haltungen dabei von zwei Seiten angefahren werden, da Hindernisse eine Fahrt durch die gesamte Haltung nicht zuließen. Hindernisse waren dabei insbesondere hohe Wasserstände, Fremdkörper (größere Steine, Bohrkern etc.) sowie Aufstauungen von Fäkalien und Papier, so dass in Einzelfällen eine TV-Untersuchung nur bedingt möglich war.

Die Tagesleistungen für die Zustandserfassung und Erhebung der Ablagerungsdaten lagen unterhalb von 1.000 m. Leistungsmindernd wirkten sich die verschiedentlich aufgetretenen Inspektionsabbrüche aus sowie Verzögerungen aufgrund durchdrehender Räder des Fahrwagens, insbesondere bei Sielhaut in Schmutz- und Mischwasserkanälen. Aufgrund des hohen Kosten- und Zeitaufwandes stellt die TV-Inspektion mit Fahrwagenkamera eher eine ergänzende Maßnahme dar, um Ablagerungskennnisse aufzubauen. Dessen ungeachtet sind die Erfahrungen einiger Netzbetreiber mit der Zustandserfassung ohne vorheriger Spezialreinigung teilweise äußerst positiv. Wurzeleinwüchse und Scherbenbildungen sind ohnehin deutlich er-

kennbar. Unterbögen und Muffenversätze sind nach längerer Reinigungspause sogar häufig einfacher auszumachen. Auch Risse und eindringende Feuchtigkeit bilden sich teilweise farblich deutlicher ab, wenn noch keine Reinigung stattgefunden hat. Die im Rahmen der Stichproben nur vereinzelt aufgetretenen Inspektionsabbrüche können ebenfalls verwertbare Überwachungsdaten liefern. Sie weisen häufig auf besonderen Reinigungsbedarf hin. Ergänzend wurde bei der Stadtentwässerung Göttingen ein Tageseinsatz mit einem vergleichsweise schnell fahrenden, digitalen Scanner-Erfassungssystem (Produkt: Panorama) begleitet, mit dem deutlich höhere Tagesleistungen erzielt werden können. Bemerkenswert war hier, dass der überwiegende Teil der hydraulisch relevanten Ablagerungssituationen auf Wurzeleinwüchse zurückzuführen war.

Die sogenannte Schachtzoomkamera wurde vor einigen Jahren eigens für die Überwachung von Kanalstrecken im Hinblick auf Ablagerungen entwickelt (vgl. Abschnitt 2.3). Die Untersuchungen zeigen, dass mit Hilfe der Schachtzoomkamera hinsichtlich der Überwachung von Ablagerungen annähernd der gleiche Informationsgehalt wie mit Fahrwagenkameras erarbeitet werden kann.

Die Tagesleistungen, die bei lückenloser Erfassung der Ablagerungssituation (einschließlich Reinigung der Schmutzfänger) erreicht wurden, lagen bei 40 – 80 Kanalhaltungen, was in etwa 1500 m – 3000 m Kanalstrecke entspricht. Die Tagesleistungen sind insbesondere abhängig von der örtlichen Verkehrssituation und der Einarbeitung der Mitarbeiter in die Gerätetechnik sowie des Umfangs der Erfassung des Schachtzustandes. Im Trennsystem konnten vergleichsweise höhere Tagesleistungen erreicht werden, da Schmutz- und Regenwasserkanäle gleichzeitig erfasst wurden und die Abwasserschächte in der Regel direkt nebeneinander lagen, wohingegen im Mischsystem die Schächte im Schnitt über 30 m auseinander liegen.

Sehr viele der besuchten Kanalbetriebe sind noch im Besitz von Kanalspiegeln. Die Einsatzhäufigkeit von Kanalspiegelungen ist jedoch seit der Einführung der präventiven Unterhaltungsreinigung meistens deutlich zurückgegangen. Im Hinblick auf eine Umstellung der Reinigungsstrategie und verstärkte Überwachung der Ablagerungen, können die Kanalspiegel aber wieder an Bedeutung gewinnen. Zur Erhebung der Ablagerungssituation und zum Vergleich der Inspektionstechnik mit anderen Techniken wurden verschiedene Teilnetze von dem Betriebspersonal zur Überwachung von Ablagerungen gespiegelt (vgl. Bild 46). Dabei ist die Sicht stark abhängig von den Lichtverhältnissen, z.T. wurde das Sonnenlicht mit Hilfe eines zweiten Spiegels auf den Spiegel im Schacht reflektiert oder eine zusätzliche Lichtquelle genutzt.



*Bild 46: Einsatz des Kanalspiegels in Hemer, links: Ausnutzung des Sonnenlichtes, rechts: Verwendung einer externen Lichtquelle*

Vorteile beim Einsatz von Kanalspiegeln liegen besonders in der leichten Handhabung und dem geringen Zeitaufwand während der Inspektion. Es konnten Tagesleistungen von 40 bis 80 Haltungen (ca. 1500 m – 3000 m) inklusive Schmutzfängerleerung, erreicht werden.

Die Inaugenscheinnahme des Schachtgerinnes ist die einfachste Überwachungsmethode für Ablagerungen. Die Höhe der Ablagerungen wird optisch im Schachtgerinne abgeschätzt oder mittels Zollstockmessung bestimmt. Zusätzlich kann das Fließverhalten des Abwassers und die Konsistenz der Ablagerungen bewertet werden. Die Inspektionsmethode ist im Vergleich zu den anderen Inspektionstechniken mit dem geringsten Zeitaufwand verbunden. Als Tagesleistung konnten 50 bis 90 Schächte (1500 m – 3000 m) inklusive Schmutzfängerleerung inspiziert werden. Da jedoch im Schachtbereich nur ein Bruchteil der Netzlänge (ca. 1/40) sichtbar ist und hier zum Teil auch andere hydraulische Bedingungen vorliegen, sind Fehleinschätzungen möglich. Deswegen wurden die Ergebnisse der Inaugenscheinnahme des Schachtgerinnes durch Kontrolluntersuchungen mit dem Kanalspiegel und der Schachtkamera überprüft. Diese Ergebnisse werden nachfolgend in einer vergleichenden Bewertung der Inspektionsmöglichkeiten der eingesetzten Methoden gegenübergestellt. Dabei werden Hinweise zu den Einsatzgrenzen der Inspektionsgeräte aufgezeigt sowie Praxisempfehlungen für die Auswahl einer für den jeweiligen Anwendungsfall geeigneten Methode gegeben.

### **Bewertung der Inspektionsmethoden**

Ziel der Kanalbetriebe ist es, möglichst pragmatische Inspektionsmethoden zu entwickeln, um den Bedarf für die Unterhaltungsreinigung abschätzen zu können. Unter dieser Prämisse verursacht eine einfache Inaugenscheinnahme des Schachtgerinnes nach Ablagerungen vergleichsweise geringen Aufwand. Eine Prognose im Hinblick auf hydraulische Störungen in der Haltung wird durch Kontrolle der Abflusszu-

stände (strömend, stehend) im Zulauf- und Ablaufschacht erreicht. Durch einfache Sichtkontrolle kann die Ablagerungssituation grundsätzlich bei allen Tätigkeiten am Schacht direkt mitbewertet und das Sichtungsergebnis in die häufig bereits vorhandenen Protokolle integriert werden. So können bspw. im Zuge von Schachtinspektionen vor und während der Kanalreinigung oder auch bei der mitunter separat durchgeführten Schmutzfängerreinigung Ablagerungsdaten erhoben werden.

Für die Methode der „Inaugenscheinnahme des Schachtgerinnes“ ist jedoch zu prüfen, inwieweit allein durch die Ablagerungsbewertung im Schacht bereits auf die Situation in der Kanalhaltung geschlossen werden kann. Grundsätzlich ist sowohl eine Überschätzung als auch Unterschätzung der Gefährdungen durch Ablagerungen möglich. Im Einzelfall hängt dies von den örtlichen Randbedingungen ab, wie beispielsweise unterschiedliche hydraulische Strömungsbedingungen in Schacht und Haltung.

Vor diesem Hintergrund wurden die Wertungsergebnisse der verschiedenen Inspektionsmethoden im Hinblick auf ihre Übereinstimmung bzw. Erfassungsgenauigkeit ausgewertet. Durch die Inspektionen mit der TV-Fahrwagenkamera konnte die Ablagerungssituation in den Haltungen vollständig erfasst und als Referenzbasis genutzt werden. Der Vergleich mit der Schachtzoomkamera zeigte, dass im Hinblick auf die Bewertung der Ablagerungssituation gleichwertige Ergebnisse erzielt werden konnten, insbesondere wenn die Haltung beidseitig, sowohl vom Zulauf- als auch vom Ablaufschacht, inspiziert wurde.

Bei der Bewertung der Erfassungsgenauigkeit der Kanalspiegelung und der Inaugenscheinnahme des Schachtgerinnes ist zu berücksichtigen, dass der überwiegende Teil der überwachten Kanalstrecken weitgehend ablagerungsfrei war und ein übereinstimmendes Sichtungsergebnis leichter zu erzielen ist, wenn keine Ablagerungen zu verorten sind. Die Auswertungsergebnisse der Schachtinspektionen zeigten, dass in 70 % der Fälle die Ablagerungssituation in dem Schachtgerinne mit der Situation in der Haltung übereinstimmte. In 9 % der Fälle beschränkten sich die Ablagerungen ausschließlich auf den Schachtbereich und in 21 % der Fälle ausschließlich auf die Kanalhaltung, so dass diese im Rahmen der Inaugenscheinnahme des Schachtgerinnes nicht erkannt werden konnten. Meistens handelte es sich dabei jedoch um leicht remobilisierbare punktuelle Ablagerungen mit geringem Risikopotenzial. In einzelnen Einzugsgebieten wurden darüber hinaus verstärkt Wurzeleinwüchse beobachtet (vgl. Abschnitt ).

Tabelle 10 zeigt Anzahl und Orte der gesichteten hydraulischen Störungen für ein lückenlos erfasstes Teileinzugsgebiet. Das Auswertungsbeispiel zeigt, dass Wurzeleinwüchse einen großen Anteil der hydraulisch relevanten Störungen ausmachen. Die Wurzeleinwüchse wurden ausschließlich in der Kanalhaltung angetroffen. Bei alleiniger Inaugenscheinnahme des Schachtgerinnes würden diese Fälle nicht er-

kannt. Im Vergleich dazu werden ausgeprägte Wurzeleinwüchse mit Hilfe der Kanalspiegelung in der Regel zuverlässig erkannt.

Tabelle 10: Anzahl und Orte hydraulischer Störungen, Auswertungsbeispiel

Orte von Ablagerungen und Wurzeleinwüchsen	Ablagerungen nur im Schacht	Ablagerungen in Schacht und Haltung	Ablagerungen nur in der Haltung
insgesamt wurden in den Kanalhaltungen bei 185 Einblicken 17 Wurzeleinwüchse und 13 Ablagerungen mit Hilfe der Schachtzoomkamera gesichtet	Wurzeleinwüchse 0	Wurzeleinwüchse 0	Wurzeleinwüchse 17
	Ablagerungen 4	Ablagerungen 5	Ablagerungen 4

Bei der Kanalspiegelung schwankten die Sichtweiten in Abhängigkeit von den vorhandenen Witterungsverhältnissen stark. Ohne direktes Sonnenlicht oder starke externe punktförmige Lichtquellen sind nur eingeschränkte Sichtweiten erzielbar. Unter Zuhilfenahme des Sonnenlichtes wurden zum Teil Sichtweiten von beträchtlich mehr als 20 m abgeschätzt. Im Vergleich zu der Schachtzoomkamera sind bei größeren Entfernungen jedoch nur noch große Ablagerungen oder ausgeprägte Wurzeleinwüchse zuverlässig erkennbar. Bei der Überwachung ohne Schachteinstieg ist für den Betrachter darüber hinaus hilfreich, wenn ein möglichst senkrechter Blickwinkel auf die Spiegeloberfläche erreicht wird.

Die im Rahmen der Untersuchungen eingesetzten Schachtkameramodelle erreichten Sichtweiten von im Mittel 15 - 20 m bei Nennweiten kleiner DN 600. Für eine vollständige Bewertung längerer Kanalhaltungen muss daher die Überwachung von beiden Schachtanschlussseiten erfolgen. Die Sichtweite wurde bestimmt, indem in den Videoclips unter Einsatz der Zoomfunktion die Muffen abgezählt wurden, die deutlich erkennbar sind. Die Anzahl der Muffen multipliziert mit der Rohrlänge ergibt die in Bild 47 für 352 Einblicknahmen dargestellten Sichtweiten. Die optisch erkennbare Sichtweite ist dabei in den meisten Fällen noch deutlich größer, da man größere Querschnittsverengungen wie beispielsweise Wurzeleinwüchse oder Verstopfungen auch noch im hinteren Teil der Haltung, der nicht mehr fokussiert werden kann, erkennen kann. Tendenziell ist die Sichtweite im kleineren Nennweitenbereich (DN 150 – DN 300) aufgrund der besseren Ausleuchtungsbedingungen größer. Im Allgemeinen konnten mindestens 14 m Sichtweite erreicht werden. Kürzere Sichtweiten waren überwiegend auf Anwendungsfehler zurückzuführen, wie z.B.:

- Kamera nicht mittig zur Haltung positioniert,
- Kamerakopf nicht an die Rohrachse beim zoomen angepasst,
- Zoom nicht vollständig ausgenutzt,
- Beleuchtungsstärke wurde nicht angepasst,



- Fokus nicht den Gegebenheiten und der Zoomtiefe angepasst.

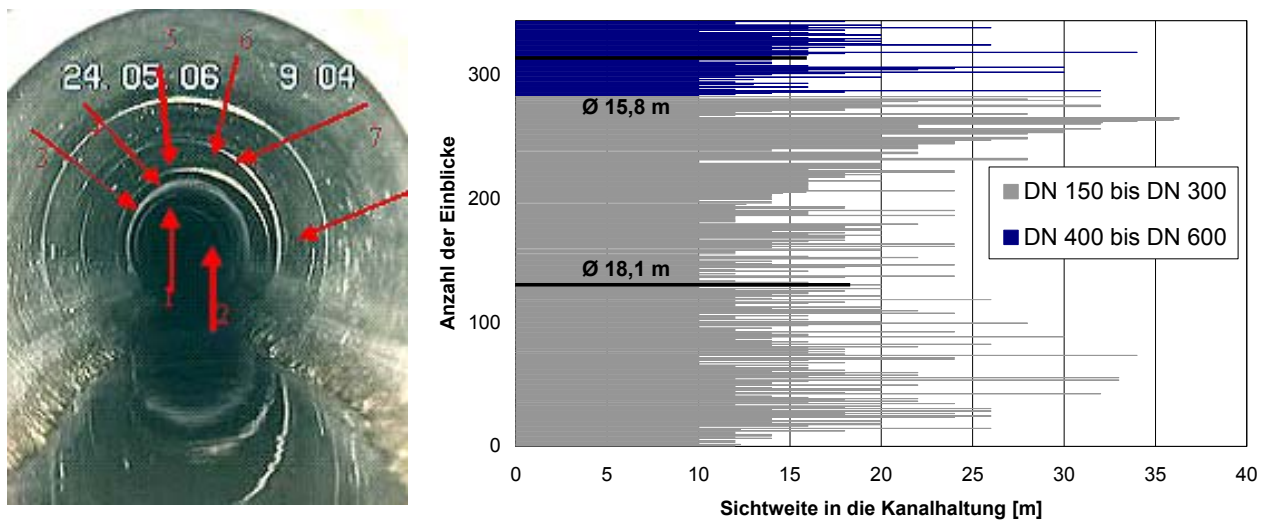


Bild 47: Sichtweitenbestimmung durch Abzählen der Muffen unter Einsatz des Zooms

Sichtbehinderungen entstanden durch Spinnweben oder Dampf in der Haltung. Außerdem wurden die Einblicke aus der Wertung genommen, die schon innerhalb der 14 m das Ende der Haltung erreicht hatten. Aus den übrig gebliebenen Einblicken ergibt sich, dass der Großteil eine Sichtweite von 20 m aufweist. Sichtweiten von 40 und 50 m ergeben sich, wenn optimale Bedingungen (keine Sichtbehinderungen, wenig Ablagerungen, keine Teilfüllung, keine Lageabweichungen) im Kanal herrschen und eine sachgerechte Bedienung durch das Personal erfolgt. Die mittlere Sichtweite deckt durchschnittlich die Haltungslänge bei einem Vor- und Rückblick ab. Bei den betrachteten Nennweitenklassen ist nur ein geringer Einfluss des Rohrdurchmessers auf die Sichtweite festzustellen. Auf Basis der Praxiseinsätze wurde von dem Betriebspersonal auf Verbesserungspotenzial bei der Handhabbarkeit der Produkte hingewiesen, z.B. bei der Strom- und Kabelführung, der Akkuleistung und der Speicherung von Bilddateien.

Die Ergebnisse der Ablagerungsuntersuchungen wurden den an den Untersuchungen beteiligten Kanalnetzbetreibern vorgestellt und gemeinsam mit ihnen diskutiert. Nachfolgend sind die wesentlichen Ergebnisse zusammengefasst.

### 6.1.2 Stichprobenhafte Ablagerungsuntersuchungen

Die Ergebnisse der durchgeführten Inspektionen (vgl. Kapitel 6.1.1) werden im folgenden Kapitel dargestellt und ausgewertet. Ziel dieser Auswertung ist es, das Ablagerungsaufkommen und den daraus resultierenden Reinigungsbedarf für die betrachteten Teileinzugsgebiete abzuschätzen. In die vorliegende Auswertung fließen zunächst nur die Untersuchungen mit der Schachtzoomkamera und der TV-Fahrwagenkamera ein. Die Inspektionsergebnisse aus der Kanalspiegelung sowie der Inaugenscheinnahme bzw. auch Begehung werden ergänzend hinzugezogen.

Zur Ablagerungsuntersuchung wurden insgesamt 18 Teileinzugsgebiete bei neun Netzbetreibern betrachtet. Die Auswertung erfolgte durch Mitarbeiter des IKT. Darüber hinaus wurden Daten von Ablagerungsinspektionen des Kanalbetriebs der Gemeinde Holzwickede ausgewertet. Insgesamt bezieht sich die Auswertung auf ca. 60 km Kanalnetz mit insgesamt 1.551 Haltungen. Die letzte Reinigung im Bereich der Schmutz- und Mischwasserkanäle lag dabei 12 – 36 Monate zurück. Bei den Regenwasserkanälen konnten auch Strecken betrachtet werden, die seit 15 Jahren nicht gereinigt wurden.

Die Festlegung der Teilgebiete erfolgte jeweils in Abstimmung mit den Netzbetreibern. Es wurde hierbei darauf geachtet, dass verschiedene Charakteristiken und Randbedingungen erfasst wurden, z.B. Entwässerungssystem, Sohlgefälle, Brennpunkte (ablagerungsgefährdete Bereiche), Netzgeometrie (Profile, Nennweiten), Rohrmaterial, Baujahr etc..

### **Erhebung des Ablagerungsaufkommens**

Zur Erhebung des Ablagerungsaufkommens wurden Haltungen mit einer Ablagerungshöhe größer als 15 % der Querschnittshöhe (in Anlehnung an den Hinweis aus dem Anhang der SÜWVKan NRW) ausgewiesen. So wird in einer Haltung mit einem Kreisprofil der Nennweite DN 200 die Ablagerungshöhe von 15 % der Querschnittshöhe bereits bei 3 cm erreicht. Die einzelne Auswertung stellt eine Momentaufnahme dar, bei der beispielsweise Remobilisierungsvorgänge nicht berücksichtigt werden konnten. Einflüsse wie z. B. vorhandener Abfluss, Art der Ablagerung, bauliche Mängel etc. wurden anhand von Fallbeispielen analysiert.

Tabelle 11 gibt einen Überblick zu dem Umfang der stichprobenhaften Erhebung des Ablagerungsaufkommens in den 18 Teileinzugsgebieten. Im Rahmen der Untersuchungen wurde der größte Anteil der Haltungen mit Hilfe der Schachtkamera von zwei Seiten inspiziert, um möglichst die gesamte Haltung zu erfassen.

Tabelle 11: Umfang der stichprobenhaften Erhebung des Ablagerungsaufkommens

Stadt / Gemeinde (Teilgebiet)	Entwässerungssystem	Anzahl der Haltungen	Netzlänge	Nennweitenbereich	Durchschnittsgefälle	letzte Reinigung vor	Inspektionsmethode	Anzahl der Einblicke in Haltungen	Verschmutzungsgrad > 15 % (von der Querschnittshöhe)	
									[Anzahl]	[%]
	[ - ]	[St]	[km]	[DN]	[‰]	[Monate]	SK= Schachtkamera	[St]	[Anzahl]	[%]
Bochum (1)	MW	26	1,032	200 - 500	10,37	24	SK	45	5	11
Detmold (1)	MW	52	2,069	150 - 500	12,50	24	SK	91	18	20
Dinslaken (1)	SW	40	1,21	200 - 250	12,30	24	SK	71	4	6
Dinslaken (2)	RW	16	0,52	200 - 400	9,10	60	SK	25	9	36
Essen (1)	MW	67	2,483	300 - 400	n.n	12	SK	129	6	5
Essen (2)	MW	43	1,582	250 - 600	n.n	12	SK	77	18	23
Göttingen (1)	SW	83	2,99	200 - 300	42,20	12 - 36	SK	157	9	6
Göttingen (2)	RW	27	1,03	250 - 500	30,70	180	SK	51	3	6
Göttingen (3)	SW	25	0,891	200 - 250	56,60	24 - 36	SK	46	11	24
Göttingen (4)	RW	17	0,73	250 - 500	55,10	180	SK	32	8	25
Göttingen (5)	SW	33	1,292	150 - 300	20,80	30	SK	59	7	12
Holzwickede (1)*	MW	359	14,26	200 - 1900	n.n.	12	SK	359	26	7
Holzwickede (2)*	SW	191	7,13	200 - 300	n.n.	12	SK	191	17	9
Holzwickede (3)*	RW	124	4,47	200 - 900	n.n.	12	SK	124	1	1
Hemer (1)	MW	200	6,83	200 - 1000	37,00	24	TV	200	34	17
Hemer (2)	MW	70	2,23	250 - 1000	37,00	18 - 22	TV	70	7	10
Hemer (3)	SW	16	0,52	200 - 300	33,80	22 - 24	SK	30	2	7
Hemer (4)	RW	16	0,55	300 - 400	38,60	22 - 24	SK	30	1	3
Marl (1)	MW	44	1,4	300 - 600	n.n.	n.n.	TV / SK	54	3	6
Möhnesee (1)	SW	20	4,49	250 - 300	31,21	n.n.	SK	30	11	37
Warendorf (1)	MW	82	2,45	150 - 2000	9,00	36	SK	155	50	32
SUMME		1551	60,159					2026	251	12

\* Die Daten zum Verschmutzungsgrad der Haltungen wurden vom Kanalbetrieb Holzwickede zur Verfügung gestellt.

Im Ergebnis wurden auch nach 12 – 180 Monaten ohne Kanalreinigung nur bei wenigen Abwasserkanälen Ablagerungen mit einer Höhe von mehr als 15 % der Querschnittshöhe beobachtet. Der Großteil der untersuchten Abwasserkanäle (annähernd 90 %) wurde auch im Dialog mit den Kanalbetrieben als weitgehend ablagerungsfrei eingestuft (Beispiele, Bild 48 und Bild 49).



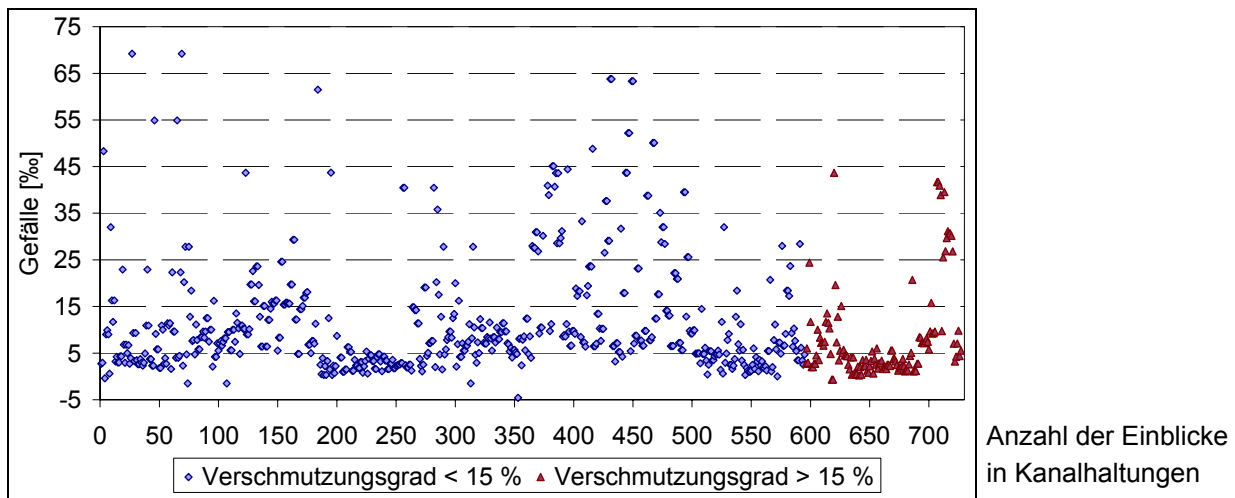
**Bild 48:** Untersuchter Abwasserkanal (Beton, DN 300, RW, 15-Jahre ohne Reinigung)



**Bild 49:** Untersuchter Abwasserkanal (STZ, DN 300, MW, 2-Jahre ohne Reinigung)

Von insgesamt 2.026 Einblicken in die Kanalhaltungen wiesen 251 einen Ablagerungshöhe > 15 % auf. Dies entspricht einem prozentualen Anteil von 12,39 %. Auffällig ist, dass besonders Altbaugebiete einen überdurchschnittlich hohen Anteil an Abwasserkanälen mit einem Verschmutzungsgrad > 15 % aufwiesen, im Vergleich liegt der Anteil in Neubaugebieten deutlich unter dem Durchschnitt.

Die Gesamtzusammenstellung der Ergebnisse bietet keine Hinweise auf Einflüsse des Rohrmaterials, des Gefälles und des Entwässerungssystem auf die Ablagerungssituation. So ist beispielsweise nach Tabelle 11 bzw. Bild 50 zunächst kein funktionaler Zusammenhang des Entwässerungssystem bzw. des Sohlgefälles auf das Ablagerungsaufkommen zu erkennen.











*Bild 50: Darstellung zum Verschmutzungsgrad in Abhängigkeit von dem Gefälle in der Kanalsohle, beispielhaft für 726 Einblicke in Haltungen*

Vor diesem Hintergrund werden die gefundenen Ablagerungen nachfolgend näher betrachtet, insbesondere um den Bedarf einer Unterhaltungsreinigung für diese Fälle abzuschätzen.

### **Ablagerungsarten**

Zur genaueren Analyse der angetroffenen Ablagerungsarten wurden ca. 1000 Einblicke in Kanalhaltungen herangezogen und stofflich ausgewertet. Hierzu wurden Ablagerungsarten definiert. Tabelle 12 zeigt die Ablagerungsarten, die in den verschiedenen Entwässerungssystemen angetroffenen wurden, anhand von Beispielbildern.

Tabelle 12: Beispiele vorgefundener Ablagerungsarten und bevorzugtes Aufkommen

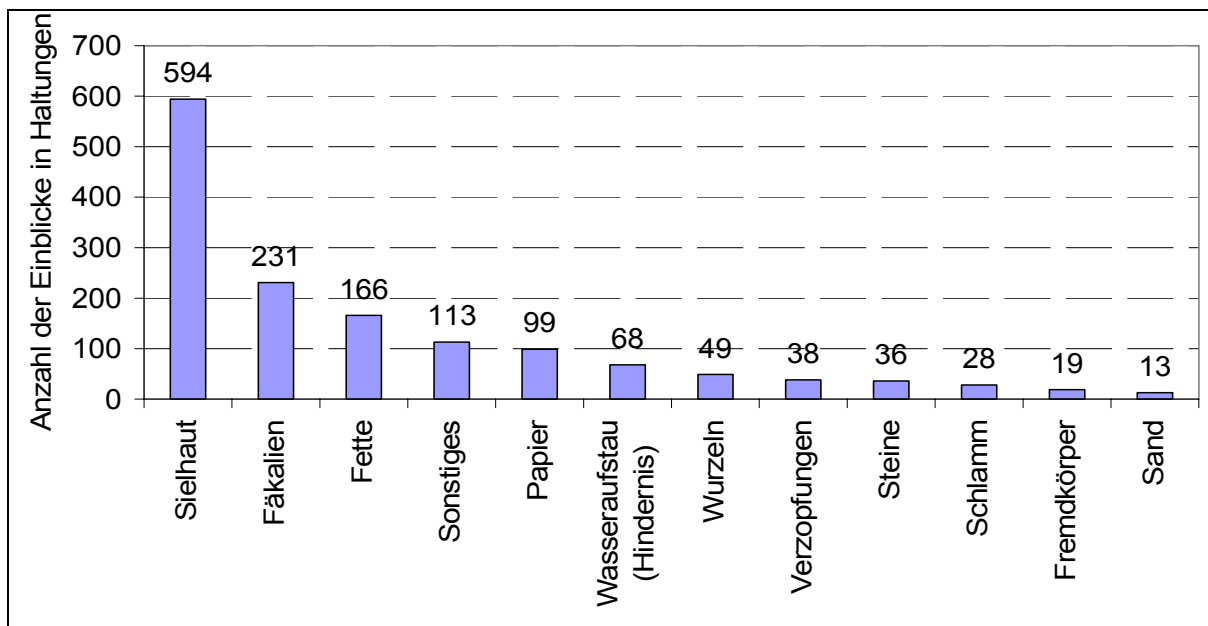
Beispielbild	Ablagerungsart (Aufkommen)	Beispielbild	Ablagerungsart (Aufkommen)
	Sielhaut, Fett (MW, SW)		Steine, Sand (MW, RW, z. T. SW)
	Papier, Fäkalien (MW, SW)		Wasseraufstau (MW, SW, z. T. RW)
	Fremdkörper (z. B. Bohrkerne) (MW, SW, RW)		Schlamm (MW, RW, z. T. SW)
	Wurzeleinwuchs (MW, SW, RW)		Verzopfungen, Spinnweben (MW, SW, RW)

MW = Mischwasserkanal, SW = Schmutzwasserkanal, RW = Regenwasserkanal

Die nachfolgende Auswertung wird getrennt für das Mischsystem und das Trennsystem durchgeführt.

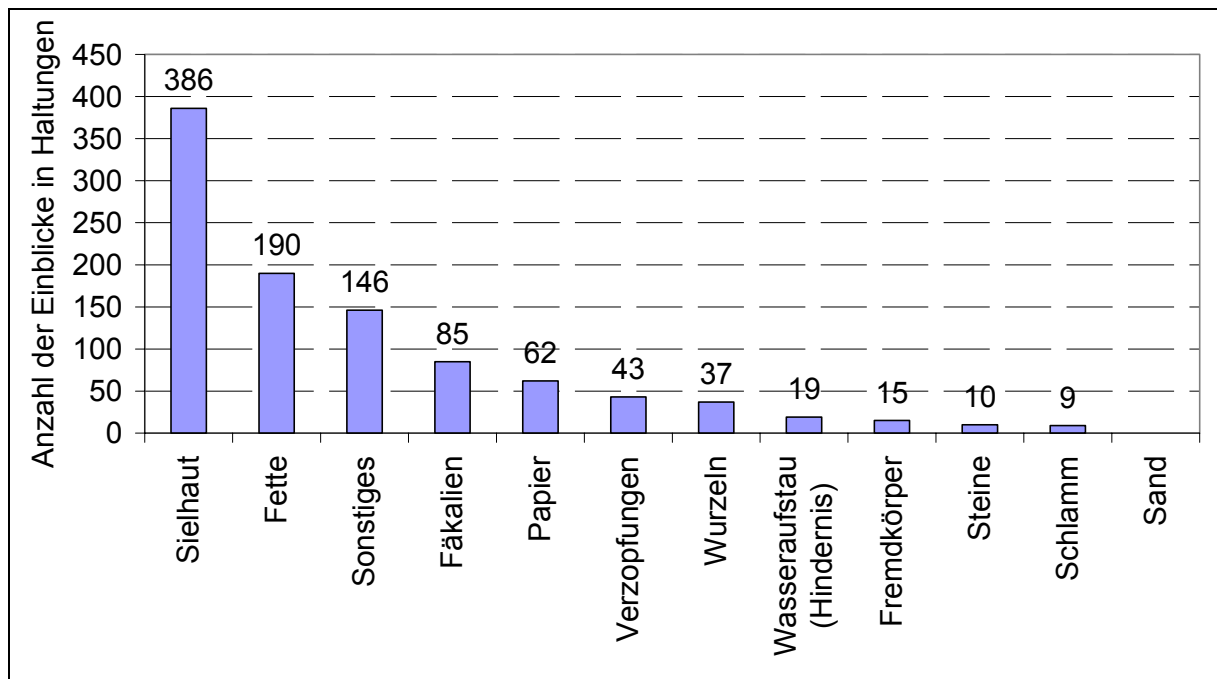
Die Auswertung der Einblicke in Mischwasserhaltungen zeigt ein Aufkommen sowohl mineralischer als auch organischer Bestandteile. In nahezu allen Mischwasserkanälen wurden eine Sielhaut in einer Stärke von ca. 1 mm bis ca. 5 mm vorwiegend über dem gesamten Rohrquerschnitt und teilweise auch Fettanhaftungen an den Rohrwandungen vorgefunden. Punktuelle Papier- und Fäkalhaufen, bis zu einer Länge von zwei Metern, wurden mehrfach beobachtet. Allerdings wurde die kritische Ablagerungshöhe von 15 % nur in wenigen Fällen erreicht. Vergleichsweise häufig waren auch punktuelle, mineralische Ablagerungen in Form von Steinen, Sand und Kiesbänken zu beobachten. Die kritische Ablagerungshöhe von 15 % wurde auch hier nur selten erreicht. In den 113 Haltungen, die unter „Sonstiges“ eingestuft wurden, befanden sich überwiegend sichtbehindernde Spinnweben in den Haltungen. Eine Unterscheidung zwischen Spinnweben und Verzopfungen ist kaum zu treffen. Bei 68 Einblicken wurde ein Wasseraufstau bzw. -rückstau beobachtet. Als Hauptursachen für den Aufstau bzw. Rückstau sind Unterbögen, Muffenversätze, Papier- und Fäkalhaufen und Wurzeln zu benennen. Darüber hinaus stellen Wurzeln einen bemerkenswert hohen Anteil der Ablagerungsarten dar (ca. 8 % aller Einblicke). Be-

sonders in Altbaugebieten und in Gebieten mit hohem Baumanteil wurden Wurzeleinwüchse beobachtet. Bild 51 gibt eine Übersicht über die Anzahl der Sichtungen der einzelnen Ablagerungsarten in den untersuchten Mischwasserhaltungen.



*Bild 51: Vorgefundene Ablagerungsarten bei 612 Einblicken in untersuchte Mischwasserhaltungen*

Die Ablagerungssituation in den untersuchten Schmutzwasserkanälen ist erwartungsgemäß annähernd vergleichbar mit der Situation in den untersuchten Mischwasserkanälen, jedoch ist der Anteil mineralischer Bestandteile deutlich geringer. In annähernd allen Haltungen wurde eine Sielhaut in einer Stärke von ca. 1 mm bis ca. 5 mm vorwiegend über dem gesamten Rohrquerschnitt vorgefunden. In ca. 50 % aller Haltungen wurden Fettanhaftungen an den Rohrwandungen identifiziert. Papier und Fäkalablagerungen wurden besonders in Bereichen mit geringem Abfluss beobachtet (ebenso im Mischwasserkanal). Die kritische Ablagerungshöhe von 15 % wurde jedoch nur in seltenen Fällen erreicht. Unter Sonstiges wurden hauptsächlich sichtbehindernde Spinnweben vorgefunden. Schlamm, Sand, Steine, Wasseraufstau und Fremdkörper wurden nur vereinzelt beobachtet. Auch in den untersuchten Schmutzwasserkanälen hatten Wurzeleinwüchse einen auffallend hohen Anteil (ca. 9,4 % aller Einblicke). Bild 52 gibt eine Übersicht über die Anzahl der Sichtungen der einzelnen Ablagerungsarten in den untersuchten Schmutzwasserhaltungen.



*Bild 52: Vorgefundene Ablagerungsarten bei 393 Einblicken in untersuchte Schmutzwasserhaltungen*

Die Untersuchungen in den Regenwasserkanälen zeigten ebenfalls vornehmlich punktuelle Ablagerungen. Diese waren nahezu ausschließlich mineralischer Art in Form von Steinen, Sand, Kiesbänken, etc.. Die kritische Ablagerungshöhe von 15 % wurde auch hier nur in wenigen Fällen erreicht. Bei 53 Einblicken wurden Steine beobachtet. Unter „Sonstiges“ (46 Einblicke) sind überwiegend sichtbehindernde Spinnweben und vereinzelt Laub und Erde aufgeführt. Sielhaut, Fettablagerungen, Fäkalien, Papier, Wasseraufstau, Wurzeln und Fremdkörper wurden nur selten bzw. nicht vorgefunden. Bild 53 gibt eine Übersicht über die Anzahl der Sichtungen der einzelnen Ablagerungsarten in den untersuchten Regenwasserhaltungen.

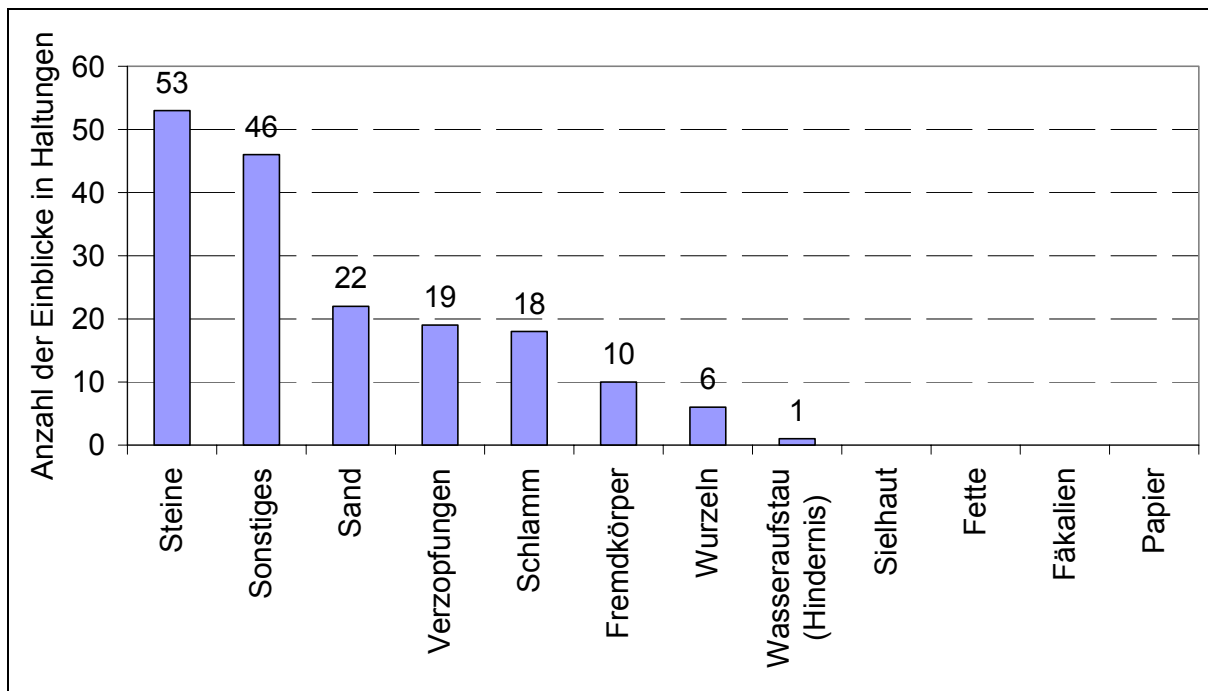


Bild 53: Vorgefundene Ablagerungsarten bei 138 Einblicken in untersuchte Regenwasserhaltungen

### Ursachen für Ablagerungshöhen > 15 %

Die örtlichen Abflussverhältnisse haben maßgebenden Einfluss auf die Ablagerungssituation. Bei allen betrachteten Teileinzugsgebieten bestimmten punktuelle Anhäufungen, häufig bestehend aus Fäkalien, Papier oder Laub, maßgeblich das Ablagerungsaufkommen. Diese wurden besonders in den Bereichen von Anfangshaltungen bzw. kleiner Nennweiten, Teilstücke mit geringem Sohlgefälle und bei Trockenwetterabfluss im Mischsystem beobachtet. Aufgrund ihrer Ablagerungshöhe von mehr als 15 % der Profilhöhe wurden sie in der Auswertung (Tabelle) den verschmutzten Kanälen zugeordnet. Dabei können jedoch veränderte Abflussverhältnisse, insbesondere infolge von Niederschlagsereignissen sowie Tagesabflussspitzen (Duschvorgänge, Waschmaschinenleerungen oder bereits eine einfache Toilettenspülung) eine Remobilisierung der Ablagerungen bewirken (Selbstreinigungseffekt/Feststofftransport).

Dies unterstützen Beobachtungen eines Netzbetreibers, der ein Teileinzugsgebiet in geringen Zeitabständen wiederholend inspiziert hat. Von ca. 15 km inspiziertem Kanalnetz im Mischsystem wurden zunächst 1,6 km Kanalstrecke als reinigungsbedürftig eingeteilt. Eine erneute Inspektion der Haltungen nach Starkregenereignissen zeigte, dass die Ablagerungen fortgespült waren. Alle Haltungen, die zuvor als reinigungsbedürftig eingeteilt wurden, konnten in der zweiten Inspektion als ablagerungsfrei eingestuft werden. Bild 54 zeigt Beispiele für leicht remobilisierbare Ablagerungen, die jedoch eine Ablagerungshöhe von 15 % überschreiten.





**Bild 54:** Ablagerungshöhe >15 % der Querschnittshöhe, Auswertungsbeispiele zu Fällen ohne Einschränkung der hydraulischen Leistungsfähigkeit und hoher Wahrscheinlichkeit für die Remobilisierung durch zeitweise erhöhte Abflüsse

Wurzeleinwüchse wurden besonders in Abwasserkanälen von Altbaugebieten mit Baumbestand vorgefunden. Die Wurzelpolster führten teilweise zu Querschnittsverengungen von über 80 % und stellten dann ein Verstopfungsrisiko dar. In diesen Fällen ist die Unterhaltungsreinigung keine geeignete Maßnahme, um die hydraulische Leistungsfähigkeit der Rohre nachhaltig sicherzustellen. Bild 55 zeigt Beispiele für Wurzeleinwüchse in Abwasserkanälen.



**Bild 55:** Wurzeleinwüchse in Abwasserkanäle

Darüber hinaus zeigten insbesondere rückstaugefährdete Bereiche ein hohes Ablagerungsaufkommen. Begehungen von Stauraumkanälen, beispielsweise an Regenüberläufen zeigten, dass im Drosselkanal häufig Ablagerungen vorzufinden sind. Darüber hinaus wurde besonders an Teilstücken, in denen steile Passagen in flache übergehen (Absturzbereiche) ein erhöhtes Ablagerungsaufkommen beobachtet. Bild 56 zeigt Beispiele des Ablagerungsaufkommens in rückstaugefährdeten Bereichen.



*Bild 56: Beispiel rückstaugefährdeter Bereiche, links: Absturz, Mitte: Stauraumkanal eines Regenüberlaufs, rechts: Räumgut vor der Drossel im Stauraumkanal*

Baumängel und Schäden in der Kanalisation können ein Gefährdungspotential für die Umwelt darstellen. In den untersuchten Haltungen wurden insbesondere bauliche Mängel in Form von Unterbögen, Muffenversätzen, undichten Rohrverbindungen sowie Haarrisse festgestellt. Unterbögen und Muffenversätze verursachten meist einen Wasseraufstau. In diesen Wasseraufstauen wurden sowohl mineralische Ablagerungen in Form von Sand und Steinen als auch organische Ablagerungen in Form von Fäkalien beobachtet. Nach Blumberg und Bauer (1984) besteht hier die Gefahr, dass sich Ablagerungen dieser Zusammensetzung mit abnehmendem Wassergehalt (Konsolidierung) verfestigen können und nicht mehr einfach zu entfernen sind.

Eine Kanalreinigung kann den Wasseraufstau und mögliche Ablagerungen nur kurzfristig beseitigen. Wiederholende Untersuchungen zeigten, dass sich bereits zwei Tage nach der Kanalreinigung an diesen Stellen ähnliche Verhältnisse wie vor der Kanalreinigung einstellten. In diesen Bereichen gilt es daher zu überlegen, ob eine Kanalreinigung in größeren Intervallen durchzuführen ist. Alternativ wäre eine Kanalsanierung durchzuführen oder eine Hinnahme möglicher verfestigter Ablagerungen und daraus resultierend eine Minderung der hydraulischen Leistungsfähigkeit der Rohre.

Risse und undichte Rohrverbindungen können neben der Infiltration von Fremdwasser in die Haltungen auch zu einer Exfiltration von Schmutzwasser führen. Schmutzwasser kann in diesem Fall in das Erdreich und auch ins Grundwasser gelangen, wodurch möglicherweise unzulässige Grundwasserverunreinigungen verursacht werden. Fremdwasser kann einerseits zu einer hydraulischen Überbelastung und andererseits zu einer verminderten Reinigungsleistung der kommunalen Kläranlage führen. Bei der Reinigung nach der Präventivstrategie in regelmäßigen Intervallen ist eine Schadenserkennung kaum möglich, da alle Haltungen gereinigt und nicht inspiert werden. Die bedarfsorientierte Kanalreinigung bietet hier den Vorteil, dass während durchgeführter Ablagerungsinspektionen etwaige Stellen u. U. erkannt werden können. Dies ist abhängig von der eingesetzten Inspektionstechnik. Mit der Schachtkamera und mit dem Kanalspiegel könnten derartige Stellen in Teilen der Haltungen (Abhängigkeit von der Sichtweite) erkannt werden und mögliche Schäden infolge ei-

ner Sanierungsmaßnahme schneller behoben werden. Baumängel wurden überwiegend in Haltungen älteren Baujahres vorgefunden.

Darüber hinaus stellen in den Schacht gestürzte Schmutzfänger einen Störeinfluss im Kanal dar. In einem untersuchten Teilgebiet wurden in zwei Schächten gestürzte Schmutzfänger vorgefunden. Aufgrund der Abflussverhältnisse und der Lage der Schmutzfänger in den Schächten verursachten diese in den vorliegenden Fällen nur eine geringe Minderung der hydraulischen Leitfähigkeit der Kanäle. In einem dritten Fall setzte sich ein gestürzter Schmutzfänger vor dem Drosselbauwerk eines Regenüberlaufs ab und verursachte einen Wasserrückstau, der in dem großen Hauptsammler zu Ablagerungen mit einer Querschnittsminderung von teilweise über 70 % führte. Der Schaden konnte erkannt werden, da eine Inbetriebnahme des Entlastungsbauwerks bei Trockenwetterabfluss beobachtet wurde. Die Störung wurde mit hoher Priorität bearbeitet und beseitigt, da die Entlastung in den Bach zu einer erhöhten Gewässerbelastung beiträgt.

Über den Einfluss von Baumaßnahmen auf Ablagerungen existieren keine allgemein gültigen Erkenntnisse. Im Rahmen der Ablagerungsuntersuchungen wurde mehrfach festgestellt, dass Teilgebiete in unmittelbarer Nähe von Baumaßnahmen ablagerungsbehaftet sind. Dies gilt insbesondere für Bereiche mit geringen Abflussverhältnissen wie z. B. Anfangshaltungen. In diesen Bereichen wurden z. T. mineralische Ablagerungsbänke über komplette Haltungsabschnitte identifiziert. Bild 57 zeigt mineralische Ablagerungsbänke im Bereich von Anfangshaltungen, die sich unterhalb von Baumaßnahmen befinden.




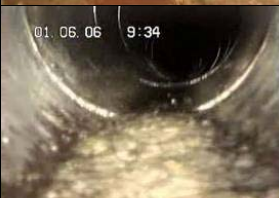






*Bild 57: Beispiele für Abwasserkanäle in unmittelbarer Nähe von Baumaßnahmen*

Zusammenfassend zeigt sich, dass das Fernhalten von Störstoffen bzw. die regelmäßige Kontrolle der Haltungen, Schächte, Schmutzfänger, Straßenabläufe und des Abflussgeschehens effektive Maßnahmen darstellen, um die Ablagerungsproblematik zu verringern bzw. die Häufigkeit von Störfällen zu reduzieren. Eine häufigere Entleerung der Schmutzfänger und der Straßeneinläufe kann den Feststoffeintrag in den Kanal reduzieren und minimiert darüber hinaus das Überflutungsrisiko von Straßen und Kellern der Anwohner. Zudem kann möglicherweise der Eintrag von Schwermetallen infolge von Straßenabtrieb verringert werden.

Im Gesamtblick konnten die Ablagerungen > 15 % einer besonderen Ursache zugeordnet werden. In Anlehnung an Angaben aus vergleichbaren Untersuchungen aus der Literatur (Hennerkes, 2002) und den eigenen Beobachtungen können Ursachen für nachhaltig bleibende Ablagerungen auf folgende Störeinflüsse zurückgeführt werden (Tabelle 13):

Tabelle 13: Beispiele für Ablagerungen > 15 % H/DN infolge von Störeinflüssen

Beispielbild	Störeinfluss	Aufkommen
	<p><b>Geringe Abflüsse</b></p>	<p>Anfangshaltungen, Bereiche mit kleinen Nennweiten und geringem Anschlussgrad</p>
	<p><b>Wurzeleinwuchs in der Halterung</b></p>	<p>Verstärktes Aufkommen in Altbaugebieten und Gebieten mit hohem Baumanteil</p>
	<p><b>Rückstau, Drosselbereiche, Abstürze</b></p>	<p>z. B. Regenüberläufe, RÜB, Stauraumkanäle, RRK, RRB, Düker etc.</p>
	<p><b>Bauliche Mängel (Unterbögen, Muffenversatz etc.)</b></p>	<p>Verstärktes Aufkommen in Altbaugebieten</p>
	<p><b>In der Umgebung befindliche Baumaßnahmen</b></p>	<p>U. a. Anfangshaltungen, Bereiche mit kleinen Nennweiten und geringem Anschlussgrad, Drosselkanäle</p>
	<p><b>Gestürzte Schmutzfänger</b></p>	<p>Bereiche mit überfüllten und korrodierenden Schmutzfängern</p>
	<p><b>Fremdkörper (z. B. Bohrkerne, Tierkadaver etc.)</b></p>	<p>U. a. Anfangshaltungen, Bereiche mit kleinen Nennweiten und geringem Anschlussgrad, Drosselkanäle</p>

Beispielbild	Störeinfluss	Aufkommen
	<b>Fehlender Rückhalt von Feststoffen</b>	Bereiche mit überfüllten Schmutzfängern und Straßeneinläufen, Bereiche mit geringem Abfluss

Darüber hinaus wurden von den Betriebsmitarbeitern der Netzbetreiber noch folgende Störeinflüsse benannt:

- Feststoffeintrag aus Abflüssen von unbefestigten Flächen und Außengebieten
- Entleeren des Inhaltes der Schmutzfänger (Laub, Humus) in den Kanal
- in den Schacht entsorgte Feststoffe (Sand, Kies oder Beton etc.)
- Anlagen zur Niederschlagswasserbehandlung
- Sportanlagen, Spielplätze, Winterstreugut
- Kanalisierte Flussläufe

Einigkeit bestand unter den Betriebsmitarbeitern darin, dass insbesondere in Netzbereichen mit sehr steilen Haltungen, die dann in flacheres Gefälle übergehen, besonders viele Ablagerungen vorzufinden sind. Im Rahmen der Betreiber-Workshops wurden darüber hinaus die Auswirkungen von möglichen Ablagerungsverfrachtungen in Regenüberlaufbecken und Pumpwerke diskutiert, die durch eine Verlängerung von Reinigungsintervallen im Kanalnetz verstärkt auftreten können. Ein Betreiber berichtete, dass eine Erhöhung der Reinigungsintervalle keine Auswirkungen auf die Räumgutmengen aus Regenüberlaufbecken und Pumpensümpfen habe. Zudem seien die Becken mit automatischen Spüleinrichtungen versehen, die eine gute Reinigungsleistung erzielen. Ein anderer Betreiber verwies in diesem Zusammenhang auf eine beachtliche Räumgutmenge aus seinen Regenbecken.

### **Diskussion der Ergebnisse der Ablagerungserhebung mit den Netzbetreibern**

Im Ergebnis der stichprobenhaften Inspektionen lag das Ablagerungsaufkommen vielerorts deutlich unter den Erwartungen. In allen betrachteten Teileinzugsgebieten ist Potenzial für eine Reduzierung der Unterhaltungsreinigung gegeben. Die Ergebnisse der stichprobenhaften Ablagerungsuntersuchung wurden den Netzbetreibern für das jeweilige Teileinzugsgebiet vorgestellt und im Anschluss gemeinsam diskutiert. Im Gesamtblick sehen sich die Netzbetreiber durch die Ergebnisse der stichprobenhaften Ablagerungsinspektionen in der Verfolgung bedarfsorientierter Kanalreinigungsstrategien bestätigt. So sollen aufgrund der Ergebnisse Reinigungsintervalle weiter verlängert bzw. bereits heraufgesetzte Intervalle bestehen bleiben.

Nachfolgend werden die Kernaussagen der Netzbetreiber in Bezug auf die Verwertbarkeit der Ergebnisse der Ablagerungsuntersuchungen und die Einbettung der Inspektionsmethoden in den Kanalbetrieb dargestellt.

- Der Aufbau von Betriebswissen bzw. Netzkenntnissen gewinnt an Bedeutung. Durch regelmäßige Ablagerungsinspektionen können unterhaltungsintensive Kanäle und Bauwerke identifiziert und darüber hinaus ggf. Störpotentiale erkannt und beseitigt werden. Um dieses Betriebswissen zu sammeln bzw. auszuwerten bedarf es einer adäquaten EDV-Unterstützung in Form einer Kanaldatenbank. Lösungsansätze zeigen, dass bereits einfache MS Access Datenbanken unterstützen können.
- Ursachen für nachhaltig bleibende Ablagerungen waren in der Regel durch Störfaktoren (Baumängel, illegaler Stoffeintrag, Wurzeleinwuchs, geringe Abflüsse) bedingt. Beispielsweise wurde in Altbaugebieten mit hohem Baumbestand der erwartet hohe Anteil an hydraulischen Störungen durch Wurzeleinwuchs bestätigt. Zur Erkennung bzw. zum Auffinden der Störfaktoren tragen regelmäßige Ablagerungsinspektionen bei.
- Die Mehrheit der Netzbetreiber erkennt innerbetriebliche Synergiepotentiale, um die Ablagerungsinspektionen in bereits bestehende Betriebsprozesse (z.B. Schachtinspektionen, Schmutzfängerleerung, Schachtreparaturen, Störfallbeseitigung, Kanalreinigung etc.) zu integrieren.
- Die Wahl einer geeigneten Inspektionstechnik ist abhängig von der vorhandenen Personalstärke und der Intensität der selbst auferlegten Genauigkeit der Ablagerungsüberwachung. Der Kanalspiegel, die Schachtzoomkamera und die Inaugenscheinnahme von Schachtgerinnen beinhalten sowohl Vor- als auch Nachteile. Die Aussagekraft und Einsatzgrenzen der verschiedenen Methoden zur Ablagerungserkennung wurden weitestgehend bestätigt.
- Insbesondere für Regenwasserkanäle wird eine deutliche Intervallerhöhung vorgesehen, da die vorgefundenen Ablagerungssituationen als hydraulisch wenig relevant eingestuft werden. Sogar eine Intervallverlängerung auf 15 Jahre (im Rahmen bzw. Vorfeld der Kanalzustandserfassung) ist vielerorts denkbar.
- Die Intervalle für Schmutz- und Mischwasserkanäle sollen ebenfalls angehoben werden. Im Gegensatz zu den Regenwasserkanälen soll die Ausweitung der Spülintervalle in kleineren Schritten erfolgen (z.B. von einem auf zwei Jahre, von zwei auf drei Jahre). Durch erneute Ablagerungsinspektionen soll darüber hinaus geklärt werden, ob eine weitere Intervallerhöhung möglich ist.
- Die Bewertung des Verschmutzungsgrades erfordert geschultes und objektiv gestimmtes Betriebspersonal. Die Klassifikation der Ablagerungssituation in zwei bis maximal drei Klassen (z. B. gering, mittel, viel) stellt eine pragmatische Methode dar.

## 6.2 Reinigungsfirmen führen und kontrollieren

Ein Großteil der Kanalnetzbetreiber unterhält keine eigenen Reinigungsfahrzeuge und lässt sein Kanalnetz von Fachfirmen reinigen. Aber auch Netzbetreiber mit eigenen Reinigungsfahrzeugen müssen gegebenenfalls, zum Beispiel in Notfallsituationen oder für die Reinigung von Großprofilrohren, auf Fachfirmen zurückgreifen. Bei der Vergabe von Reinigungsleistungen, insbesondere bei einer Umstellung auf eine bedarfsorientierte Reinigungsstrategie, kommt der Ausschreibung eine besondere Bedeutung zu. Darüber hinaus ist für die Kanalnetzbetreiber von besonderem Interesse, mit welchen Methoden die von der Fachfirma erbrachte Reinigungsleistung kostengünstig und aussagekräftig kontrolliert werden kann. Derzeit sind auch kaum belastbare Kennzahlen zu realistischen Kostensätzen sowie Tagesleistungen verfügbar, die zur Beurteilung der Angebote bzw. der Reinigungsleistungen von Fachfirmen herangezogen werden können. (vgl. Kapitel 5.1)

Vor diesem Hintergrund wurden im Rahmen des Projektes Ausschreibungshilfen für bedarfsorientierte Reinigungsstrategien erarbeitet, durchschnittliche Tagesreinigungsleistungen zusammengestellt, ausgewertet und exemplarisch vor Ort überprüft. Darüber hinaus wurden Kosten für Kanalreinigungsarbeiten unter Berücksichtigung von Vergabemassen und Nennweiten zusammengestellt und ausgewertet, Berechnungen zu unter verschiedenen Randbedingungen erforderlichen Mindestpreisen durchgeführt, verschiedene Möglichkeiten zur Kontrolle der Reinigungsleistung überprüft und Kriterien zur Bewertung von Reinigungsfirmen zusammengestellt. Im folgenden sind die Vorgehensweise sowie die wesentlichen Ergebnisse dieser Untersuchungen detailliert dargestellt.

### 6.2.1 Ausschreibung von Kanalreinigungsarbeiten

Um für Kanalnetzbetreiber Arbeitshilfen für die Ausschreibung von Reinigungsarbeiten erarbeiten zu können, wurden im Rahmen des Projektes Leistungsverzeichnisse von 17 Netzbetreibern zusammengetragen. Auf Basis der im Projektverlauf gesammelten Erkenntnisse sowie unter Berücksichtigung entsprechender Fachliteratur (vgl. z.B. ATV-DVWK M 197, 2004; ÖWAV-AB 34, 2005; STLB BiB, 1996; Störner, 2003) wurden die Ausschreibungstexte ausgewertet. Die Ergebnisse wurden anschließend auf einer Redaktionssitzung mit Experten von acht Netzbetrieben und zwei privaten Reinigungsfirmen diskutiert. Im Ergebnis wurde in Abstimmung mit dem Kreis der Redaktionsmitglieder ein Textentwurf erarbeitet, der als Arbeitshilfe für Auftraggeber wesentliche Planungsgrundsätze für die Ausschreibung von Kanalreinigungsarbeiten mit dem Hochdruckspülverfahren zusammenfasst. Einen Schwerpunkt bildeten dabei insbesondere Planungsgrundsätze, die bedarfsorientierte Kanalreinigungsstrategien unterstützen.

## **Auswertung von Ausschreibungsunterlagen zur Kanalreinigung**

Die von 17 Kanalnetzbetreibern zur Verfügung gestellten Ausschreibungsunterlagen zur Kanalreinigung beziehen sich ausnahmslos auf die Anwendung des Hochdruckspülverfahrens. Dabei ist die Vertragsgestaltung und Leistungsbeschreibung sehr unterschiedlich geregelt. In einigen Fällen wird die Kanalreinigung als Dienstleistung verstanden und es werden die allgemeinen Bestimmungen zur Vergabe von Leistungen - nach der Verdingungsordnung für Leistungen (VOL Teil A) - vertraglich vereinbart. Nach dem ATV-DVWK Merkblatt 197 (2004) stellt die Kanalreinigung jedoch eine Maßnahme zur Instandhaltung von Abwasseranlagen dar und ist daher als Bauleistung zu bewerten, die nach der Verdingungsordnung für Bauleistungen (VOB) auf Basis eines Einheitspreisvertrages und eines Leistungsverzeichnisses zu beschreiben ist. In der Praxis ergeben sich bei Ausschreibungen nach der VOB i.d.R. höhere Vergabegrenzen, ab der eine freihändige Vergabe ausgeschlossen wird und eine öffentliche Ausschreibung im Bereich der gesamten Europäischen Union erfolgen muss. In einem Fall wurde die VOB bzw. VOL von dem Auftraggeber (Betriebsform: Anstalt öffentlichen Rechts) explizit ausgeschlossen, um besondere Anforderungen an die Reinigungsfirmen nachverhandeln zu können.

Nach den Anforderungen der VOB oder auch der VOL sind die vertraglichen Leistungen erschöpfend zu beschreiben. Hierzu ist die Reinigungsart bzw. das Reinigungsziel festzulegen, da hierdurch auch der Reinigungsaufwand bestimmt wird. So wird in dem ATV-DVWK M197 (2004) nach folgenden Reinigungsarten unterschieden:

- Unterhaltungsreinigung in regelmäßigen Zeitabständen nach einem Spülplan oder bedarfsabhängig zur Entfernung der Ablagerungen in der Kanalsole.
- Spezialreinigung im Vorlauf einer Kanalinspektion oder -sanierung zur Vorbereitung der Rohroberfläche (einschließlich der Beseitigung der Sielhaut).
- Grundreinigung nach langen Wartungspausen zur Beseitigung größerer und mitunter verfestigter Ablagerungsmengen.
- Sonderreinigung von Großprofilen, Sonderprofilen oder Dükern mit besonderen Erschwernissen im Hinblick auf die Wasserführung, Ablagerungssituation und Bauwerksgeometrie (Zugänglichkeit).

Die Beseitigung von festen Ablagerungen wie beispielsweise ausgehärteter Beton oder Inkrustierungen sowie Wurzeleinwuchs sind hiervon ausgenommen, da diese häufig mit besonderen Geräten und nicht mit dem Hochdruckspülverfahren entfernt werden können. Im Hinblick auf Strategien zur Umsetzung der bedarfsorientierten Kanalreinigung steht die Ausschreibung der Unterhaltungsreinigung im Vordergrund der weiteren Betrachtungen. Die hierzu gesichteten Ausschreibungsunterlagen un-



terscheiden sich deutlich im Aufbau und Umfang. Im Gesamtblick lassen sich die in Tabelle 14 dargestellten Gliederungsschwerpunkte zusammenfassen.

Die Bewerbungsbedingungen und die zusätzlichen sowie besonderen Vertragsbedingungen werden an dieser Stelle nicht weiter betrachtet, da sie allgemeine Festlegungen beinhalten, die seitens der jeweiligen Stadtentwässerung grundsätzlich für die Vergabe sämtlicher Bauleistungen vereinbart werden.

Im Vergleich der Ausschreibungsunterlagen von den 17 Kanalnetzbetreibern weisen die Festlegungen zu Leistungs- und Reinigungsarten sowie Mengenansätzen und Termine deutliche Unterschiede auf. Häufig werden unterschiedliche Leistungsarten kombiniert ausgeschrieben, beispielsweise die Unterhaltungsreinigung zusammen mit der Reinigung von Straßenabläufen oder Schlammfängen von Bauwerken. Aus folgenden Leistungsarten wurden im Einzelfall Kombinationen gebildet:

- (1) Unterhaltungsreinigung (Haltungen & Schächte)
- (2) Spezialreinigung (Vorreinigung vor TV-Inspektion)
- (3) Sonderreinigung, Störfallbeseitigung
- (4) TV-Inspektion
- (5) Reinigung Straßenabläufe und Rigolen
- (6) Reinigung Bauwerke, z.B. Schlammfänge PW

Vorteile kombinierter Anfragen können der geringere organisatorische Aufwand sowie Preisvorteile durch Nutzung von Synergieeffekten und Mengenvorteilen sein. Nachteile können sich durch Unschärfen in der Leistungsabgrenzung ergeben. Ein Beispiel ist die Abgrenzung von hohem Ablagerungsaufkommen im Zuge der Unterhaltungsreinigung gegenüber der Beseitigung von Störfällen, für die im Regelfall Preiszuschläge vereinbart wurden.

Tabelle 14: Gliederung und Inhalt der Ausschreibungsunterlagen Kanalreinigung

<b>1</b>	<b>Bewerbungsbedingungen</b>
Festlegungen zur formalen Angebotsgestaltung <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Zulassung von elektronischen Angeboten</li> <li>➤ Form von Änderungsvorschlägen und Nebenangeboten</li> <li>➤ Bietergemeinschaften, Benennung von Nachunternehmern</li> <li>➤ Kennzeichnung „Bevorzugte Bewerber“</li> <li>➤ Eignungsnachweise (Fachkunde, Leistungsfähigkeit, Zuverlässigkeit)</li> </ul>	
<b>2</b>	<b>Zusätzliche Vertragsbedingungen ZVB</b>
Ergänzung, Betonung allgemeiner Vertragsbedingungen aus Sicht des kommunalen AG's <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Zulassungsvoraussetzungen, Abrechnung, Abnahme, Gewährleistung, Bürgschaft</li> <li>➤ Zitierung allgemeiner Vertragsbedingungen, z.B nach VOB/B</li> <li>➤ Vereinbarung: in den Verdingungsunterlagen genannte techn. Regelw. gelten als ZTV's</li> <li>➤ Zugang zur Preisermittlung (Urkalkulation) auf Verlangen</li> <li>➤ Bezeichnung/Definition „gleichwertig“</li> <li>➤ Regelungen Nachunternehmer</li> </ul>	
<b>3</b>	<b>Zusätzliche Technische Vertragsbedingung ZTVB</b>
(In den ausgewerteten Ausschreibungsunterlagen waren die ZTVB häufig nicht vorhanden oder in Einzelfällen wurde die ZTVB für Tiefbau- und Kanalbauarbeiten vollständig übernommen)	
<b>4</b>	<b>Besondere Vertragsbedingungen BVB</b>
Auftragsbezogene Festlegungen zu <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Sicherheitskoordination, Festlegung von Verantwortlichkeiten</li> <li>➤ Ausführungsfristen</li> <li>➤ Vertragsstrafen</li> </ul>	
<b>5</b>	<b>Vorbemerkungen zum Leistungsverzeichnis</b>
Beschreibung der Randbedingungen zur Leistungserbringung <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Umfang der Leistungen und Ausführungszeiten</li> <li>➤ Durchführung der Kanalreinigung</li> <li>➤ Anforderungen an die Fahrzeuge und Geräte</li> <li>➤ Anforderungen an das Personal</li> <li>➤ Verkehrs- und Arbeitsstellensicherung</li> <li>➤ Spülwasser und Entsorgung des Räumguts</li> <li>➤ Einhaltung der Unfallverhütungsvorschriften</li> <li>➤ Feststellung und Abnahme der Leistungen</li> <li>➤ Wartezeiten und Behinderungen</li> <li>➤ Abrechnung</li> <li>➤ Haftung</li> <li>➤ Nachweis der Eignung</li> </ul>	
<b>6</b>	<b>Leistungsverzeichnis</b>
Beschreibung der Leistung (Mengen, Dimensionen, Qualitäten) <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Reinigung von Schmutz- und Mischwasserkanälen</li> <li>➤ Reinigung von Regenwasserkanälen</li> <li>➤ Sonstige Leistungen</li> </ul>	
<b>7</b>	<b>Anlagen zum Leistungsverzeichnis</b>
Dokumentvorlagen zu <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Vorgeschiedigten Haltungen (Plan/Liste)</li> <li>➤ Straßen mit Halteverbotsausschilderungen (Plan/Liste)</li> <li>➤ Beförderungsschein (Entsorgungsnachweis)</li> <li>➤ Protokoll Messung der Ablagerungshöhen</li> <li>➤ Tagesbericht</li> <li>➤ Abnahmeprotokoll</li> </ul>	
<b>8</b>	<b>Erklärungen des Auftragnehmers</b>
Dokumentvorlagen zu <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Arbeitnehmerüberlassungsgesetz</li> <li>➤ Tarifreueerklärung</li> <li>➤ Nachunternehmereinsatz</li> <li>➤ Referenzen (Fachkunde, Leistungsfähigkeit, Zuverlässigkeit, Gütezeichen R)</li> </ul>	

Im Hinblick auf Leistungsmengen und Ausführungszeiträume wurden in den Ausschreibungen insbesondere die Vertragszeiten recht unterschiedlich festgelegt. Einige Netzbetreiber vereinbaren langfristige, umfangreiche Verträge, andere wiederum stellen kleinere Leistungspakete immer wieder in den Wettbewerb. In einigen Fällen wird die Leistung auch beschränkt ausgeschrieben, aufgrund von Erfahrungen mit unzureichender Reinigungsqualität. So wurden sowohl 5-jährige Wartungsverträge, so genannte Hausmeisterverträge, abgeschlossen als auch direkte Verträge mit kurzer Laufzeit, in der nur Kleinmengen vergeben werden. Vorteil von langfristigen Verträgen ist die Förderung einer Vertrauensbasis zwischen den Vertragspartnern, aufgrund der höheren wirtschaftlichen Bedeutung der Vertragsleistungen sowie der Aufbau umfangreicherer Netzkenntnisse beim Dienstleister, um beispielsweise Störungen oder besondere Ablagerungssituationen schnell und sicher zu bearbeiten. Nachteilig auswirken können sich der über die lange Vertragszeit geringere Wettbewerbsdruck und das Festhalten an langfristigen Verträgen - auch bei nicht zufrieden stellenden Leistungen.

Die Leistungsbeschreibung in der Kanalreinigung erfolgt am häufigsten über einen Leistungsvertrag mit Leistungsverzeichnis (ATV-DVWK M 197, 2004). Als Bezugsgröße wird im Regelfall die gereinigte Kanalstrecke in Metern gewählt. Diese wird differenziert in Leistungspositionen nach Entwässerungssystem, Kanalnenweite (DN), Profilform sowie einem erwarteten Verschmutzungsgrad. Ergänzend zu den Hauptleistungen werden häufig ergänzende Leistungspositionen im Stundennachweis ausgeschrieben, insbesondere wenn bereichsweise eine hohe Reinigungsqualität gefordert wird oder unvorhersehbar eine Extremverschmutzung angetroffen wird. Nur wenige Netzbetreiber vergeben die Leistung Kanalreinigung im größeren Umfang im Stundennachweis. In diesen Fällen werden zur Sicherung der Meterleistung Vorgaben zu üblichen Tagesleistungen vereinbart. Wesentliche Abweichungen werden besprochen und auf Plausibilität geprüft. Befürchtungen, dass die Reinigungsleistung sinkt, haben sich nach den Erfahrungen nicht bestätigt. Über die Reinigungsqualität muss bei der Vergabe im Stundenlohn wenig debattiert werden.

Grundsätzlich bestehen im Vorfeld der Kanalreinigung Unsicherheiten über die Ablagerungsarten und das Ablagerungsaufkommen zum Ausführungszeitpunkt. Es herrscht jedoch die Auffassung vor, dass besondere Verschmutzungen die Ausnahme sind und Sonderfälle darstellen. Nach den bereitgestellten Ausschreibungsunterlagen wird der zu erwartende Reinigungsaufwand in keinem Fall durch ein gemeinsames Voraufmaß im Vorfeld der Arbeiten ermittelt - wie dies im ATV-DVWK Merblatt 197 (2004) beschrieben ist. In einigen Fällen wurde in den Vorbemerkungen angegeben, dass das Kanalnetz regelmäßig gewartet wird und daher im Regelfall ein geringer Verschmutzungsgrad zu erwarten ist. Die in Abschnitt 6.1 des vorliegenden Forschungsberichtes dargestellten Ablagerungsuntersuchungen unterstützen diese Einschätzung. Große Verschmutzungen stellen danach einen Ausnahmefall dar. So

wurde bei keiner Stichprobe eine über die gesamte Kanalhaltung ausgedehnte, hohe Ablagerungsbank angetroffen.

Zur Beschreibung des Verschmutzungsgrades wird das Aufkommen lösbarer organischer und mineralischer Ablagerungen in der Kanalsole häufig auf Basis der mittleren Ablagerungshöhe in Prozent von der Kanalquerschnittshöhe angegeben. Nach einigen Ausschreibungen ist ein mittlerer Verschmutzungsgrad über die Kanalhaltung von 10 % oder auch 15 % in die Preise für eine übliche Kanalreinigung einzukalkulieren. Darüber hinaus gehende Verschmutzungen sind dem Auftraggeber unverzüglich mitzuteilen und zu dokumentieren, um das weitere Vorgehen abzustimmen. Gegebenenfalls ist die Reinigung an anderer Stelle fortzusetzen, ohne dass hierfür Mehraufwand geltend gemacht werden kann oder das hohe Ablagerungsaufkommen ist im Stundennachweis bzw. auf Basis einer Zulagenposition zu reinigen. In einigen Ausschreibungen wird für den Fall größerer Verschmutzungen ein Anspruch des Auftragnehmers auf Anpassung der Einheitspreise explizit ausgeschlossen.

In den Vorbemerkungen zu dem Leistungsverzeichnis werden die Anforderungen an die Qualifikation der ausführenden Reinigungsunternehmen und ihrer Mitarbeiter sowie an die eingesetzten Reinigungsfahrzeuge und -geräte festgelegt. In den Ausschreibungsunterlagen von Netzbetreibern, die bedarfsorientierte Reinigungsstrategien verfolgen, werden die Ziele und Erwartungen sowie die eigene Vorgehensweise zur Umsetzung einer bedarfsorientierten Reinigungsstrategie ausdrücklich beschrieben. Die gewünschte Datenerfassung und Dokumentation wird im Detail durch Beispieldokumente festgelegt, insbesondere wenn Schachterkennungssysteme eingesetzt werden sollen.

## Redaktionssitzung „Ausschreibung von Kanalreinigung“

Im Rahmen einer Redaktionssitzung setzten sich acht Netzbetreiber im IKT zusammen, um die Probleme bei der Ausschreibung von Kanalreinigungsarbeiten auch mit zwei Vertretern von privaten Reinigungsunternehmen zu diskutieren.



### Die Teilnehmer

Herr Wiermer	Stadtentwässerung Arnberg
Herr Frericks	Stadt Bad Wünnenberg
Herr Vogt	Stadt Bocholt
Herr Ostmann	Stadt Detmold
Herr Meier	Stadt Drensteinfurt
Frau Sperling	Gemeinde Rheurdt
Herr Nagel	Stadt Willich
Herr Schoppen	Stadtentwässerungsbetrieb
Herr Kuchem	Kuchem GmbH
Herr Schmitz	Lönne Entsorgung GmbH & Co. KG
Moderation:	
Herr Puhl	IKT, Gelsenkirchen
Herr Schlüter	IKT, Gelsenkirchen

**Bild 58: Redaktionssitzung Kanalreinigung: Fachdiskussion und Textarbeit**

Zu Beginn der Redaktionssitzung wurde von den Netzbetreibern zunächst eine Wertung der relevanten Themen vorgenommen - im Bereich von vier Themenschwerpunkten bei der Vergabe von Kanalreinigungsleistungen (vgl. auch Tabelle 15).

- Rahmenbedingungen, zu Vertragszielen und Anforderungen an den Bieter,
- Ablagerungserkennung, für die Massenermittlung und Leistungsfeststellung,
- Einsatzplanung, mit Blick auf die Dokumentation des Betriebswissens,
- Durchführung der Kanalreinigung, mit Festlegungen zu Spülwasser, Räumgut und schonend einzusetzenden Reinigungsgeräten.

Tabelle 15: Regelungsbedarf bei der Vergabe von Kanalreinigungsleistungen

Rahmenbedingungen	Ablagerungserkennung	Einsatzplanung	Durchführung Kanalreinigung
Vertragsziele/ Leistungspakete	Vorausmaß Massenermittlung	Pläne, Netzinfos	Bezug des Spülwassers
Qualifikationen Personal/Firma	Verschmutzungsgrad	Spülplan, Logistik	Entsorgung Räumgut
Preisspiegel (Stunden/Meter)	Leistungsfeststellung	Dokumentation Betriebswissen	Reinigungsgeräte Betriebsparameter
Arbeitssicherheit Gesundheitsschutz	Datenqualität Interessenskonflikt	Verkehrssicherung	Schonende Reinigung

Bei der Abstimmung über die Kernprobleme bei der Vergabe von Reinigungsarbeiten wird ein Thema von allen acht Netzbetreibern übereinstimmend genannt. Es befindet sich im Bereich des Themenblocks „Rahmenbedingungen/Preisspiegel“ (vgl. Tabelle 15) und äußert sich in Niedrigangeboten mit Dumpingpreisen einzelner Anbieter am Markt (vgl. Bild 59).

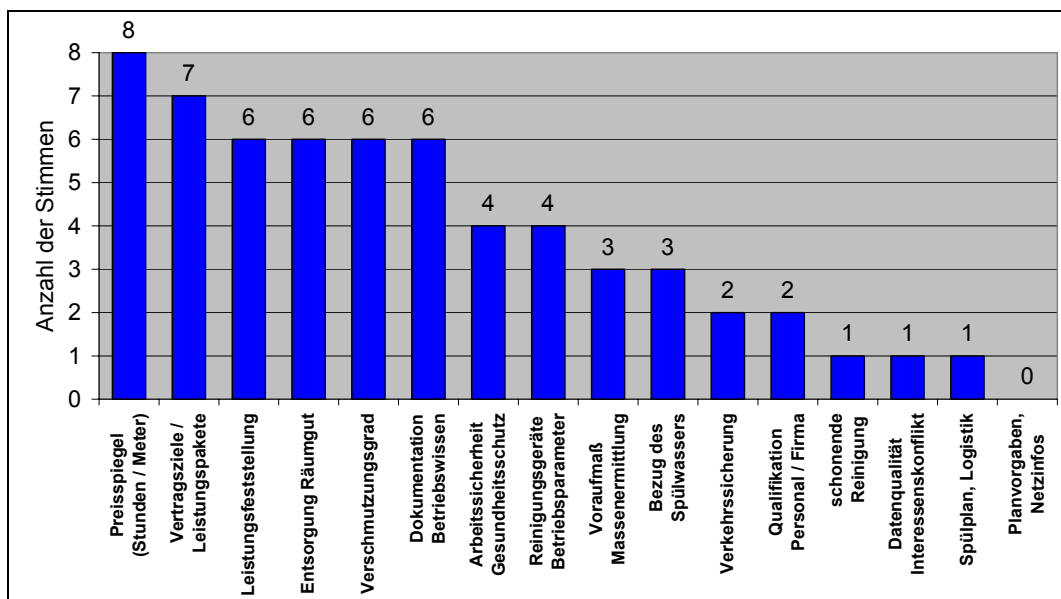


Bild 59: Abstimmungsergebnis „Themen mit hohem Optimierungspotenzial“

Aufgrund von Sparzwängen greifen Netzbetreiber häufig trotzdem zum billigsten Anbieter. Die „Kellerpreise“ liegen dabei inzwischen deutlich unter 30 Cent pro Meter gereinigten Abwasserkanal – nachweislich oft unabhängig von Verschmutzungsgrad oder Kanalnennweite. Die Konsequenz dieser Tiefpreise ist für beide Seiten eine völlig unbefriedigende Arbeitssicherheit. Es komme vor, dass man sich kaum zum Einsatzort traue, weil man wegen der Sicherheitsmängel die Arbeiten sofort stilllegen müsste, ist das Zitat eines Sitzungsteilnehmers. Neben der Arbeitssicherheit leidet unter den tiefen Preisen vor allem die Reinigungsqualität. Mehr abzurechnen als zu leisten oder schnell durchzuspülen anstatt wirklich zu reinigen, so sieht die Konse-

quenz häufig nach Auskunft der Netzbetreiber in der Praxis aus. Bei der Problemlage - aus niedrigen Preisen resultieren schlechte Reinigungsergebnisse – besteht Einigkeit zwischen Netzbetreibern und Vertretern von Dienstleisterfirmen. Ein großes Manko sind dabei die fehlenden Leistungskontrollen, auch diesbezüglich sind sich Netzbetreiber und Dienstleister einig.

Weniger Einigkeit gibt es hingegen im Bereich der Einschätzung auskömmlicher Preise. Als auskömmlich stufen Netzbetreiber und Kanalreinigungsdienstleister Preise zwischen fünfzig Cent und einem Euro pro Kanalmeter ein. Erstaunlicherweise kommt die höhere Preiseinstufung von den Auftraggebern. Sie gehen von Kosten in Höhe von 1.000 Euro pro Tag für ein hochwertiges Reinigungsfahrzeug mit zwei qualifizierten Mitarbeitern aus. Der Jahresdurchschnitt für ein Reinigungsfahrzeug liegt nach Angaben der Netzbetreiber bei kommunalen Unternehmen bei rund 700 m pro Tag. Auf dem privaten Markt lägen die Durchschnittswerte, insbesondere aufgrund längerer Arbeitszeiten, damit vielleicht bei 1.000 m pro Tag. Theoretisch betrachtet liege man dann bei einem Euro pro Meter für einen wirklich gereinigten Kanal, so die Netzbetreiber.

Die privaten Dienstleistungsunternehmen kalkulieren grundsätzlich die gleichen Kosten für das Reinigungsfahrzeug und das qualifizierte Personal. Allerdings halten sie bei zehn bis zwölf Stunden Arbeitseinsatz Tagesleistungen von bis zu 2.000 m für machbar. Die Kosten pro Kanalmeter sinken dadurch entsprechend auf fünfzig Cent pro Meter ab.

Im Rahmen der Redaktionssitzung wurde weiterhin diskutiert, welche Möglichkeiten für Auftraggeber bestehen, durch die Gestaltung von Ausschreibungstexten ein „Dienstleister-Controlling“ zu unterstützen und die Umsetzung bedarfsorientierter Reinigungsstrategien systematisch zu fördern. Danach ist es zunächst empfehlenswert, in den Vorbemerkungen zu den Leistungspositionen, die Ziele, die Erwartungen und die eigene Vorgehensweise zur Umsetzung einer bedarfsorientierten Reinigungsstrategie kurz zu beschreiben. Die von der Reinigungsfirma zu erbringende Reinigungsqualität ist unter Berücksichtigung des Reinigungszweckes (Unterhaltungs-, Spezial-, Grund- bzw. Sonderreinigung, vgl. ATV-DVWK M 197, 2004) zu vereinbaren. Die Netzbetreiber merkten an, dass es mitunter empfehlenswert ist, die Leistungsbereiche „Unterhaltungsreinigung“ und „Störfällbeseitigung“ getrennt zu vergeben. Einerseits ist eine schnelle Verfügbarkeit am Einsatzort vornehmlich für die Störfällbeseitigung eines der entscheidenden Vergabekriterien. Zum anderen werden Grenzfälle zwischen Unterhaltungsreinigung und Störfällbeseitigung bei gemeinsamer Vergabe häufig zu den höheren Preisen der Störfällbearbeitung (im Stundennachweis) in der Abrechnung aufgeführt, insbesondere wenn Leistungskontrollen fehlen.

Für Auftraggeber ist von besonderer Bedeutung, Betriebserfahrungen und Netzkenntnisse von dem Dienstleister zu erhalten. Hierzu ist eine gründliche Dokumentation der Arbeiten und Bewertung der Ablagerungssituation von dem Auftragnehmer einzufordern. Die Ablagerungssituationen sind vor und während der Reinigung zu bewerten und verwandte Betriebsprozesse enger zu verzahnen, so z.B. indem weitergehende Informationen zur Ablagerungssituation auch im Rahmen der regelmäßigen Schachtinspektion gewonnen werden.

Vor diesem Hintergrund ist die Bedeutung von Ausführungsnachweisen und Betriebsinformationen zu betonen und die gewünschte Datenerfassung und Dokumentation festzulegen (z.B. Schachterkennungssysteme in Verbindung mit mobilen Datenerfassungsgeräten, Reinigungs- und Schachtinspektionsprotokolle, Fotonachweise). Anhand von Musterdokumenten sollten die gewünschte Ausführung und Dokumentation der Arbeiten sowie die Aufmaß- und Abrechnungsmodalitäten beschrieben werden. Der Gesprächskreis ist sich einig, dass Schachterkennungssysteme auch als Instrument des Dienstleister-Controllings an Bedeutung gewinnen.

Die Anforderungen an die Ausstattung und Qualifikation des Ausführungspersonals der Reinigungsfirma für die Reinigungsarbeiten, die Ablagerungserkennung und -bewertung, den Einsatz mobiler Datenerfassungsgeräte, die Dokumentation der Schachtinspektionen sowie für die Einhaltung der Vorschriften zur Arbeitssicherheit und Verkehrssicherung sind festzulegen.

Der Auftraggeber ist bei Vergabe der Reinigungsleistungen an Dritte auch weiterhin verantwortlich für die Arbeitssicherheit und Verkehrssicherung. Eine Kontrolle ist deswegen zwingend erforderlich. Dies betrifft insbesondere Verhaltensregeln zur Arbeitssicherheit bei der Begehung öffentlicher Kanäle sowie zu den Risiken durch gefährliche Inhaltsstoffe im Abwasser. Der Einstieg in Schachtbauwerke bei der Durchführung von Reinigungsarbeiten fordert eine Mindestbesatzung von zwei Personen. Für die Begehung von Kanalhaltungen sind mindestens drei Personen erforderlich.

Eine Qualitätskontrolle nach der Reinigung sowie eine Überprüfung der Plausibilität der Abrechnung ist grundsätzlich empfehlenswert. Voraussetzung dafür ist, dass Auftragnehmer Beginn und Ende des täglichen Einsatzes beim Auftraggeber melden. Soll das Reinigungsgebiet gewechselt werden oder sind besondere Reinigungsmaßnahmen notwendig, ist die Vorgehensweise vorher mit dem Auftraggeber abzustimmen. Darüber hinaus sind Daten über das Aufkommen von Kanalreinigungsrückständen hilfreich für die Kontrolle und Bewertung von Kanalreinigungsarbeiten.

Die getrennte Ausschreibung von Kanalreinigung und Räumgutentsorgung ist vor diesem Hintergrund empfehlenswert, um die Transparenz über Menge und Zusammensetzung des Räumguts zu erhöhen. In der Praxis ist der Wassergehalt des Räumgutes nur aufwändig bestimmbar. Es ist i.d.R. für den Auftraggeber kosten-



günstig, selbst die Masse des Räumguts durch Entwässerungsmaßnahmen zu reduzieren (z.B. Entwässerungscontainer). Wesentliche Entscheidungsgrundlage für die Wahl von Verwertungs- bzw. Entsorgungswegen ist das Ergebnis stichprobenhafter physikalischer und chemischer Untersuchungen des Kanalräumgutes.

Die Gesprächsergebnisse der Redaktionssitzung und die Auswertungsergebnisse zu den Ausschreibungsunterlagen von 17 Netzbetreibern wurden vom IKT als Arbeitshilfe für Auftraggeber aufbereitet. Die Ausschreibungshilfe bietet Textbausteine zur Gestaltung von Ausschreibungsunterlagen für die Vergabe der Unterhaltungsreinigung von Kanalnetzen ab einer Nennweite DN 200 unter Berücksichtigung bedarfsorientierter Planungsgrundsätze.

Die vollständige Arbeitshilfe Planungsgrundsätze „Ausschreibung bedarfsorientierte Kanalreinigung“ findet sich in der Anlage zu diesem Bericht. Der Text wurde zur Abstimmung an 186 Mitarbeiter von öffentlichen Kanalnetzbetreibern, die an den Workshops im Rahmen des hier dargestellten Forschungsprojektes teilgenommen haben, versendet. Korrektur- und Ergänzungshinweise wurden bearbeitet.

### **6.2.2 Tages-Reinigungsleistungen**

Die in Abhängigkeit verschiedener Randbedingungen erzielbare Reinigungs-Tagesleistung (gereinigte Kanallänge pro Tag in Metern) ist eine wichtige Kenngröße bei der bedarfsgerechten Planung der Kanalreinigung und stellt darüber hinaus eine einfache Möglichkeit für eine erste, überschlägige Beurteilung der Angebote oder der abgerechneten Reinigungsleistungen von Fachfirmen dar. Nach Auskunft der Netzbetreiber in den Workshops wird in der Praxis immer wieder die Diskrepanz zwischen den Tagesleistungen von kommunalem Personal im Vergleich zu den hohen Werten privater Reinigungsfirmen diskutiert.

Vor diesem Hintergrund wurden im Rahmen des Projektes Reinigungseinsätze bei 12 Netzbetreibern über jeweils einen Tag begleitet und dokumentiert (vgl. Bild 60 bis Bild 64). Vor und nach der Reinigung wurden zudem die betroffenen Netzabschnitte auf Ablagerungen untersucht, um die Auswirkungen verschiedener Ablagerungssituationen berücksichtigen und den jeweiligen Reinigungserfolg feststellen zu können. Dabei wurde mit Hilfe einer Schachtzoomkamera im Vorfeld und im Nachgang der Reinigung eine exemplarische Ablagerungsuntersuchung für das jeweilige Teileinzugsgebiet durchgeführt.

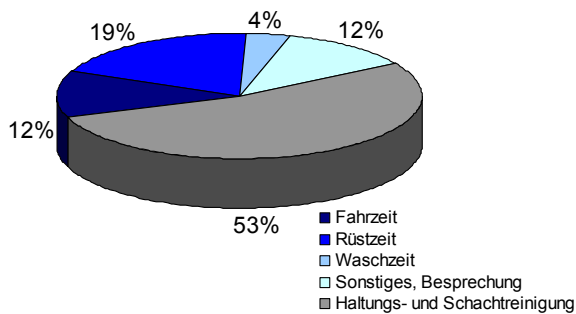


Von den zwölf beteiligten Kanalnetzbetreibern reinigen neun Betriebe das Kanalnetz mit eigenem Personal und eigenen Hochdruckreinigungsfahrzeugen. Bei drei Kanalnetzbetreibern konnte die Kanalreinigung durch private Reinigungsfirmen betrachtet werden. Sieben Netzbetreiber setzten in den Untersuchungen ein Fahrzeug mit einer kombinierten Spül- und Saugeinrichtung mit Wasserrückgewinnung ein. Die anderen Netzbetreiber arbeiteten mit einem kombinierten Spül- und Saugfahrzeug ohne Wasserrückgewinnung. Um die einzelnen Tätigkeiten bei der Kanalreinigung bei allen Netzbetreibern unter gleichen Bedingungen aufnehmen zu können, wurden folgende Vorgaben vor Beginn der Tätigkeiten eingehalten:

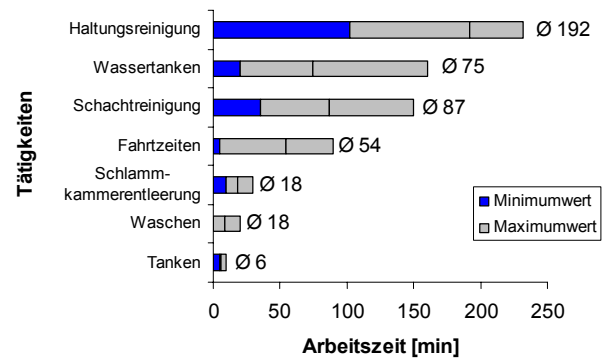
- Voll getanktes Reinigungsfahrzeug mit Wasser und Kraftstoff vor Beginn der Tätigkeiten, um die Gesamtwassermenge bzw. Gesamtkraftstoffmenge im Rahmen der Tätigkeiten ermitteln zu können.
- Leere Schlammkammer, um die Räumgutmenge an dem Reinigungstag zu ermitteln. Im Nachgang den Inhalt der Schlammkammer entsorgen.
- Ankunft der Reinigungsdüse am Zielschacht z. B. durch akustische Wahrnehmung oder Öffnen des Schachtes.
- Reinigung von Kanälen bis zu maximal DN 600.

Die Begleitung der Reinigungsarbeiten und Erfassung der Tätigkeiten ergab, dass nur ca. die Hälfte der Arbeitszeit für die Reinigung von Haltungen und Schächten vor Ort zur Verfügung steht. Allein ein Drittel der Arbeitszeit wird als Rüstzeit aufgewendet. Insbesondere bei Hochdruckspül- und Saugfahrzeugen ohne Wasserrückgewinnung hat die Betankung mit Spülwasser einen hohen Anteil. Durchschnittlich wurde

cirka 12 % der Arbeitszeit, das heißt rund eine Stunde, für Fahrten zwischen Reinigungsort und Betriebshof aufgewendet. Zeiteinsparungen stellten sich dar, wenn die Pause im Reinigungsgebiet verbracht wurde (vgl. Bild 65).



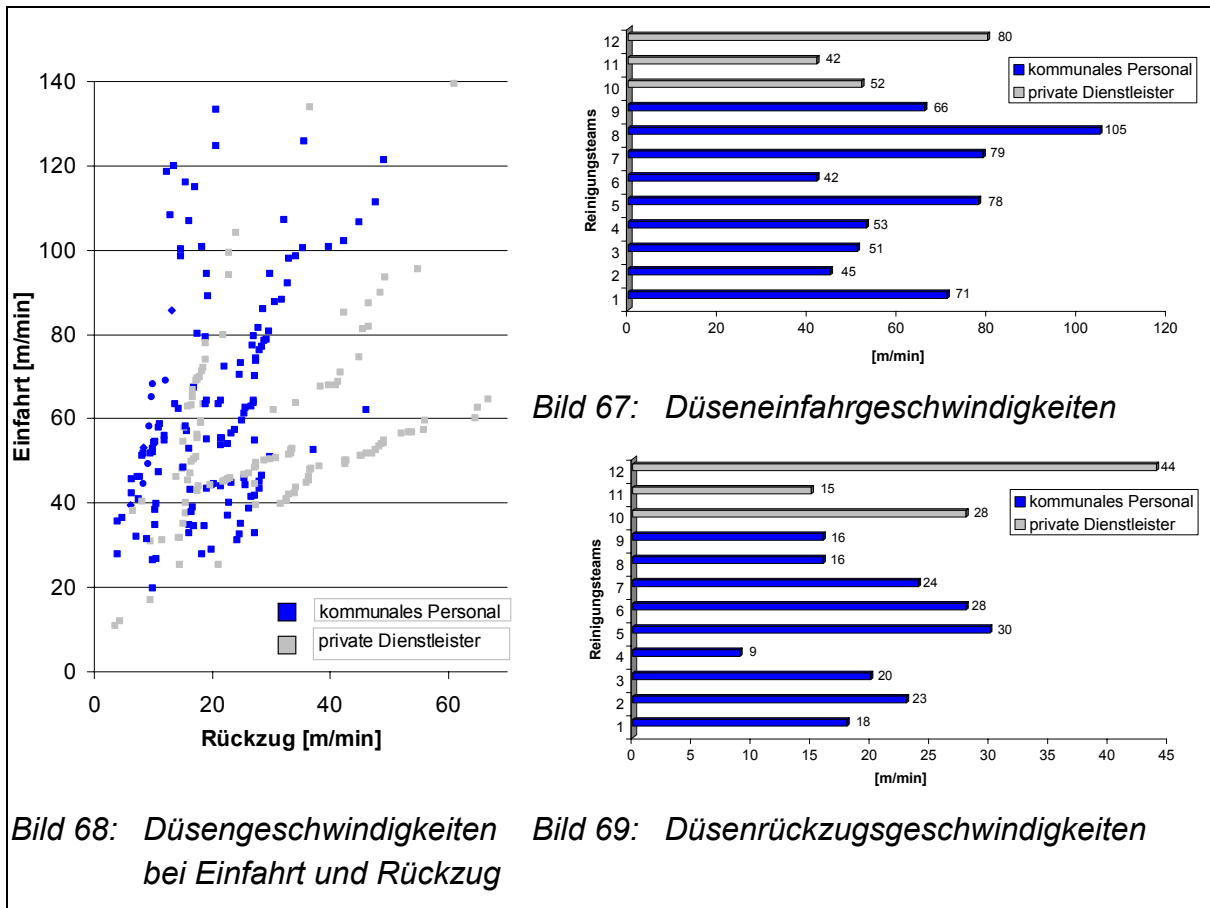
*Bild 65: Zeitbedarf für Tätigkeiten bei einem 8-h-Tag Kanalreinigung in Prozent*



*Bild 66: Schwankungsbreiten des Zeitbedarfs für Kanalreinigungsarbeiten (8-h-Tag)*

Zur Erreichung hoher Tagesleistungen ist eine möglichst lange Einsatzzeit der HD-Pumpe für die Haltungs- und Schachtreinigung zu organisieren. Bei den privaten Reinigungsfirmen wurde verstärkt darauf geachtet, diesen Bereich möglichst zu optimieren, beispielsweise durch eine Tagesarbeitszeit über deutlich mehr als acht Stunden. Für die Darstellung in Bild 65 und Bild 66 wurden jedoch sämtliche betrachteten Einsatzstage auf einen 8-Stunden Tag (ohne Darstellung der Pausenzeiten) normiert. Optimierungspotenzial bietet insbesondere die Organisation des Spülwasserbezugs. Fahrzeuge mit Wasserrückgewinnungstechnik müssen je nach Abfluss im Kanal weniger häufig tanken. Private Reinigungsfirmen nutzten die Zeit des Wasserbetankens auch für Frühstücks- und (verkürzte) Mittagspausen. In einigen Betrieben werden die Waschzeiten der Mitarbeiter nicht als Arbeitszeit vergütet.

Maßgeblichen Einfluss auf die Tagesleistung hat darüber hinaus die Geschwindigkeit mit der die Reinigungsdüse in den Kanal einführt und zurückgezogen wird. Während der begleiteten Reinigungsarbeiten wurden deswegen auch die Zeiten für das Einfahren und Zurückziehen der Reinigungsdüse gemessen und anhand von Plandokumenten den Haltungslängen zugeordnet. Die errechneten Einfahr- und Rückzugsgeschwindigkeiten der Reinigungsdüse sind je Reinigungszyklus in Bild 68 dargestellt. Die durchschnittliche Einfahrtgeschwindigkeit der Düse betrug ca. 62 m/min. Die Rückzugsgeschwindigkeit lag durchschnittlich bei ca. 23 m/min.



Beim Einfahren in die Kanalhaltung wurde von den Reinigungsteams durchweg eine hohe bzw. maximale Düsengeschwindigkeit gewählt, die im Wesentlichen von der Zugkraft der Düse abhängt. Der Düsentrückzug erfolgt über die Motorhaspel und wird in Abhängigkeit der Ablagerungssituation gesteuert. Je höher das Ablagerungsaufkommen ist, desto kürzer sollten die Reinigungsabschnitte und umso geringer sollte die Rückzugsgeschwindigkeit gewählt werden, damit das Räumgut sukzessive zum Entnahmeschacht transportiert werden kann. Bei größeren Räumgutmengen wurden im Rahmen von großmaßstäblichen Versuchen nach Bosseler und Schlüter (2004) gute Erfahrungen mit Rückzugsgeschwindigkeiten im Bereich von 12 bis 24 m/min gemacht.

Im Gesamtblick der Erfassung der Ablagerungssituation in den zwölf Untersuchungsgebieten kann festgestellt werden, dass vor der Kanalreinigung nur wenig Ablagerungen angetroffen wurden. Der Reinigungsbedarf wurde überwiegend als gering bewertet. Nur in einem Fall war bereichsweise ein nennenswerter Feststoffeintrag aus Steinen und Asphaltmaterial, der sehr wahrscheinlich aus einer Baumaßnahme mit Straßenbauarbeiten resultierte, festgestellt worden (vgl. Bild 70 und Bild 71).



*Bild 70: hoher Feststoffeintrag aus einer Baumaßnahme*



*Bild 71: Asphaltmaterial als entnommenes Kanalräumgut*

Die Nachinspektion nach der Kanalreinigung zeigte grundsätzlich weitgehend ablagerungsfreie Kanäle. Zuvor bereits beobachtete punktuelle Ablagerungen stellten sich jedoch sehr schnell wieder ein. Bei Wurzeleinwüchsen wurde durch die Kanalreinigung das teilweise verschlammte Wurzelpolster freigespült, jedoch ohne das Wurzelwerk maßgeblich zu beschneiden. Hier sind weitergehende Maßnahmen durch Spezialgeräte (Wurzelschneider etc.) notwendig, die nicht im Rahmen der Unterhaltungsreinigung eingesetzt werden.

Die folgende Tabelle zeigt zusammenfassend die im Zuge der Reinigungsbegleitung erhobenen Daten zu Tagesleistungen und Betriebsparametern.

Tabelle 16: Betriebsdaten der HD-Reinigung, gering verschmutzte Kanäle < DN 700

Reinigungsteam		Tagesleistung			Betriebsparameter				
Nr.	Fahrzeug Durchfluss [l/min]/ Druck [bar]	Kanal- reinigung [m]	Schacht- reinigung [Anz.]	Räum- gut [m³]	Pumpen- laufzeit [min]	Düsen- vorlauf [m/min]	Düsen- rückzug [m/min]	Spül- wasser [m³]	Kraft- stoff [l]
1	KO, 333/ 170	1.150	n.a.	0,75	105	71	18	35	65
2* <sup>1</sup>	WR, 391/ 140	942	n.a.	k.A.	95	45	23	37	k.A.
3* <sup>1</sup>	WR, 391/ 140	1.158	n.a.	k.A.	111	51	20	44	k.A.
4	WR, 391/ 140	1.050	32	0,50	188	53	9	74	215
5	WR, 391/ 140	1.150	31	1,00	108	78	30	42	80
6	KO, 333/ 170	960	29	0,50	72	42	28	24	90
7	KO, 333/ 170	1.020	n.a.	0,50	55	79	24	18	75
8* <sup>1</sup>	WR, 290/ 250	960	n.a.	0,50	98	105	16	29	73
9* <sup>1</sup>	WR, 290/ 250	860	n.a.	1,50	73	66	16	21	95
10	KO, 320/ 170	2.610	70	k.A.	k.A.	52	28	k.A.	k.A.
11* <sup>1</sup>	WR, 333/ 170	1.274	61	4,50	120	42	15	40	k.A.
12* <sup>1</sup>	KO, k.A./ k.A.	1.055	30	0,50	38	80	44	13	k.A.

**Anmerkung:**

\*<sup>1</sup> Arbeitszeit betrug weniger als 8h, die Leistungswerte wurden auf einen 8h-Tag hochgerechnet.

KO = Reinigungsfahrzeug mit kombinierter Spül- und Saug-einrichtung ohne Wasserrückgewinnung

n.a. = nicht ausgeführt

k.A. = keine Angabe

WR = Reinigungsfahrzeug mit kombinierter Spül- und Saug-einrichtung mit Wasserrückgewinnung

Reinigungsteam	Tagesleistung [Meter]	Personalart
1	1150	kommunales Personal
2	942	kommunales Personal
3	1158	kommunales Personal
4	1050	kommunales Personal
5	1150	kommunales Personal
6	960	kommunales Personal
7	1020	kommunales Personal
8	960	kommunales Personal
9	860	kommunales Personal
10	2610	private Dienstleister
11	1274	private Dienstleister
12	1055	private Dienstleister

Insgesamt konnten bei der Begleitung der Reinigungseinsätze Tagesleistungen zwischen 860 und 2.610 m dokumentiert werden. Bei der maximal erreichten Tagesleistung von 2.610 m wurde das Räumgut von dem Reinigungsteam lediglich in drei von 70 Schächten mit einem Saugschlauch aufgenommen.

Im Rahmen der Kanalreinigungstätigkeiten haben sieben Netzbetreiber sämtliche Schächte einschließlich Schmutzfänger gereinigt. Bei fünf Netzbetreibern wurde keine Schachtreinigung durchgeführt. In einigen Fällen wurden dabei Schmutzfänger gereinigt.

Nur in einem Fall wurde ein erhöhtes Ablagerungsaufkommen festgestellt. Die Räumgutmenge betrug am Ende des Arbeitstages 4,5 m<sup>3</sup>. Im Vergleich dazu betrug die Räumgutmenge in den anderen Fällen nur bis zu 1,5 m<sup>3</sup>. Der Kraftstoffverbrauch lag bei einem Netzbetreiber über 200 Liter Diesel, dies resultiert u. a. aus der hohen Pumpenlaufzeit an diesem Arbeitstag und dem eingesetzten Reinigungsfahrzeug mit Wasserrückgewinnungstechnik und hoher Antriebsleistung (430 PS). Diese Wasserrückgewinnungstechnik bei Kanalreinigungsfahrzeugen ist i. d. R. mit einem höheren Kraftstoffverbrauch verbunden. Der Kraftstoffverbrauch lag bei den anderen Netzbetreibern im Durchschnitt bei etwa 80 l pro Arbeitstag. Im Mittel betrug der Spülwasserverbrauch hochgerechnet auf einen Kilometer Kanalreinigung ca. 31 m<sup>3</sup>.

Mit einer relativ geringen Pumpenlaufzeit konnte bei einem Netzbetreiber eine Tagesleistung von über 1.000 m erzielt werden, jedoch wurde die Reinigungsdüse im Vergleich (45 m/min) zu den anderen Netzbetreibern sehr schnell zurückgezogen. Weiterhin wurde die Düse auch mit einer recht hohen Geschwindigkeit in die Haltung eingefahren. Die höchste gemessene Düsenvorlaufzeit lag im Durchschnitt bei 109 m/min, dabei wurde eine leistungsstarke Hochdruckpumpe mit einem maximalen Druck von 250 bar eingesetzt. Die anderen Netzbetreiber setzten eine Pumpe bis zu 170 bar für die Kanalreinigung ein.

Exemplarisch wurde noch ein weiterer Netzbetreiber bei der Reinigung eines Großprofils begleitet. Dabei handelte es sich um einen Hauptsammler mit einer Nennweite von DN 1400. Die Ablagerungssituation wurde ebenfalls im Vorfeld und im Nachgang der Reinigung mit Hilfe einer Schachtzoomkamera untersucht.

Insgesamt konnten an diesem Arbeitstag lediglich zwei Haltungen gereinigt werden, weil u. a. neben der erschwerten Arbeitssituation auch noch ein relativ starkes Ablagerungsaufkommen vorlag. Darüber hinaus musste das Reinigungspersonal in beide Arbeitsschächte einsteigen, um die Ablagerungen mit einer Schaufel zusammenzuführen, damit diese besser aufgesaugt werden konnten. Die Nachinspektion zeigte nach der Reinigung grundsätzlich einen weitgehend abgelagerungsfreien Kanal (vgl. Bild 72 bis Bild 75).



*Bild 72: Ablagerungssituation vor der Reinigung*



*Bild 73: Ablagerungssituation nach der Reinigung*



*Bild 74: Schachteinstieg und manuelles Schaufeln von Ablagerungen*



*Bild 75: Aufsaugen von Ablagerungen mit dem Saugschlauch*

Im Gesamtblick lässt sich feststellen, dass es sich bei dem Reinigungseinsatz um eine Sonderreinigung eines Großprofils mit hohem Ablagerungsaufkommen und erschwerter Zugänglichkeit handelte. Die erfassten Leistungskennwerte sind daher nicht vergleichbar mit den Leistungskennwerten in Tabelle 16 und wurden nicht in die Auswertung aufgenommen.



## 6.3 Personal und Geräte sinnvoll einsetzen




Knapp ein Drittel der Kanalbetriebe der 396 kommunalen Netzbetreiber in Nordrhein-Westfalen greift für die Kanalreinigungsarbeiten vollständig auf eigenes Betriebspersonal sowie eigene Fahrzeuge zurück. In diesen Fällen steht für die Kanalbetriebe die Auslastung der vorhandenen Kapazitäten im Vordergrund der Planungsziele. Darüber hinaus ist für die Kanalnetzbetreiber von besonderem Interesse, worauf bei der Ausschreibung von neu anzuschaffenden Fahrzeugen zu achten ist. Bei der Einsatzplanung für das Betriebspersonal ist neben grundsätzlichen Hinweisen zum erforderlichen Personalbedarf und der erforderlichen Personalqualifikation für die verschiedenen Tätigkeitsbereiche bei einer bedarfsorientierten Reinigungsstrategie auch von Interesse, welche Informationen in die täglichen Reinigungspläne einfließen sollten, um das Potential des vorhandenen Betriebspersonals optimal nutzen zu können. Voraussetzung für die erfolgreiche Umsetzung neuer Reinigungsstrategien ist es, dass diese auch durch das Betriebspersonal getragen werden. Bei einer entsprechenden Umstellung der Strategie sind daher transparente Informationen und sorgfältig erarbeitete Argumentationsgrundlagen erforderlich (vgl. Kapitel 5.1).

### 6.3.1 Fuhrpark und Reinigungsgeräte

Im Rahmen der Workshops und Interviews mit den für die Kanalreinigung verantwortlichen Netzbetreibern (vgl. Abschnitt 4) wurden Erfahrungsberichte über die Praxistauglichkeit sowie die Vor- bzw. Nachteile verschiedener Fahrzeugtypen aufgenommen. Im Kreis der Netzbetreiber war man sich jedoch einig, dass die wesentlichen Erfahrungen mit Reinigungsfahrzeugen und -geräten von dem Betriebspersonal gemacht werden und dass ein Erfahrungsaustausch zwischen den Mitarbeitern verschiedener Betriebe weitergehende Erkenntnisse liefert.

Vor diesem Hintergrund wurde ein Seminarprogramm „Praxistag Kanalreinigung“ entworfen, um in moderierten Diskussionen das Erfahrungswissen der Kanalreiniger aufzunehmen. Im Fokus des Erfahrungsaustausches standen das Erkennen von Optimierungspotentialen im täglichen Arbeitseinsatz sowie das wiederholte Vergewärtigen der Risiken für Spülschäden und für die Personensicherheit, insbesondere bei Arbeiten im Verkehr und Schachteinstiegen. Wesentlicher Seminarbestandteil waren dabei praktische Prüfungen (u. a. Druck- und Durchflussmessungen), um beispielsweise die Betriebsparameter des jeweiligen Reinigungsfahrzeugs an der Reinigungsdüse zu erfassen und Reibungsverluste realistisch abzuschätzen. Hierzu stimmte das IKT mit den jeweiligen Fahrzeugbesatzungen individuell angepasste Messprogramme ab, um die Leistungskennwerte von Fahrzeugen, Pumpen, Schläuchen und Düsen zu erfassen und gemeinsam analysieren zu können.

An den Praxistagen zur Kanalreinigung nahmen insgesamt zehn Kanalbetriebe teil und tauschten die Betriebserfahrungen zu Reinigungsfahrzeugen, Pumpen, Schläuchen und Düsen aus. Druck- und Durchflussmessungen wurden an 16 Kanalreinigungsfahrzeugen unter Verwendung von über 50 Hochdruckdüsen durchgeführt.

Praxistage Kanalreinigung	Teilnehmer	
Seminar und Erfahrungsaustausch mit den Mitarbeitern von Kanalbetrieben einschließlich eines Messprogramms zur Überprüfung der Betriebsparameter von Hochdruck-Reinigungsfahrzeugen.	Zentraler Betriebshof Marl Stadtentwässerung Haltern TWE Technische Werke Emmerich Stadtwerke Wesel Stadtentwässerung Oer-Erkenschwick	Stadtentwässerung Detmold Stadtentwässerung Bad Salzuflen Stadtentwässerung Lage Stadtentwässerung Lemgo Bremerhavener Entsorgungsgesellschaft
		

*Bild 76: Praxistage Kanalreinigung – Teilnehmer und Bildbeispiele zum Geschehen*

Das Programm der Praxistage Kanalreinigung bei zehn Kanalbetrieben beinhaltete folgende Arbeitsschwerpunkte:

- Erfahrungsaustausch des Betriebspersonals der Reinigungsfahrzeuge zum effizienten Mitteleinsatz in der Kanalreinigung
- Sichtung des Fuhrparks und der Reinigungswerkzeuge in den Kanalbetrieben zur Festlegung des Messprogramms
- Überprüfung der Reinigungsleistung durch Messung von Düsendruck- und Durchflussleistung
- Analyse der Messergebnisse im Kreis der Betriebe und Diskussion zu Themen der Arbeitsvorbereitung, der Arbeitssicherheit sowie des Gesundheitsschutzes

Die Vorgehensweise sowie die wesentlichen Ergebnisse der Untersuchungen und Auswertungen im Rahmen der Praxistage Kanalreinigung sind mit Blick auf die bedarfsorientierte Anwendung von Reinigungstechniken nachfolgend zusammengefasst.

### **Erfahrungsaustausch Betriebspersonal**

Der Erfahrungsaustausch zum effizienten Mitteleinsatz in der Kanalreinigung lieferte für die Beteiligten sehr viele individuell verwertbare Hinweise. Allgemein lässt sich zusammenfassen, dass das Betriebspersonal die Kenntnisse und Erfahrungen über

Leistung und Anwendungsgrenzen von Reinigungsmethoden und -werkzeugen als wesentliche Grundlage für den bedarfsgerechten Mitteleinsatz in der Kanalreinigung ansehen. Große Übereinstimmung fanden sich beispielsweise in der Auffassung über weite Bereiche des Einsatzes von Reinigungsfahrzeugen, der Auswahl von Hochdruckschläuchen oder von Reinigungsdüsen.

So sind bei der Hochdruckreinigung die Reinigungsfahrzeuge in Abhängigkeit von den Rangiermöglichkeiten, der benötigten Pumpenleistung und Schlauchlänge sowie der Kanalsituation entsprechend (z.B. erwartete Räumgutmenge, Kanalnenweite, Haltungslänge) auszuwählen. Wasserrückgewinnungstechnik bietet sich insbesondere in größeren Kanälen mit ausreichendem Kanalabfluss an. Ist nur geringer Abfluss vorhanden und soll das Fahrzeug am Arbeitsort möglichst lange verbleiben können (z.B. Einsatzort Schnellverkehrsstraße), kann mit Hilfe eines Absperrerelementes Abwasser aufgestaut und von dem Fahrzeug als Spülwasser aufgenommen werden.

Die Auswahl von Hochdruckschläuchen orientiert sich an den spezifischen Betriebsanforderungen, wie bspw. maximaler Betriebsdruck, minimaler Biegeradius, maximal zulässige Druckverluste (pro Meter), geringer Einzieh Widerstand und Beständigkeit gegenüber der Kanalatmosphäre. Die Schläuche bestehen i.d.R. aus Gummi oder Kunststoff im Nennweitenbereich von DN 19 bis DN 40.

Die Hochdruckdüsen sind entsprechend der Reinigungsaufgabe und der Rohrgeometrie zu wählen. Sie unterscheiden sich nach Anzahl der Düseneinsätze und deren Abstrahlwinkel. Ein flacher Abstrahlwinkel (6 – 15 Grad) erzeugt eine hohe Zugleistung der Düse. Bei einem weiten Winkel erhöht sich die Lösekraft gegenüber hartnäckigen Verschmutzungen an der Rohrwandung. Mit zunehmender Kanalquerschnittsgröße (ca. ab DN 500) verringert sich das Räumvermögen, um gelöste Ablagerungen bis zum Entnahmeschacht zu transportieren. Für die verschiedenen Reinigungsaufgaben werden im Wesentlichen vier unterschiedliche Düsentypen eingesetzt. Rundumstrahlende Düsen für den Nennweitenbereich bis DN 500 zum Feststofftransport und der Reinigung der Rohrwandung. Flachstrahlende Düsen sowie Ejektordüsen für größere Kanäle, um den Feststofftransport in der Sohle zu unterstützen. Darüber hinaus werden Rotationsdüsen eingesetzt, insbesondere für die Spezialreinigung der gesamten Rohrwandung einschließlich der Sichelhaut. Mit Hilfe von Vorstrahldüsen oder sogenannten Stocherdüsen können Verstopfungen aufgelöst werden.

Neben der Auswahl der Reinigungswerkzeuge bestimmen die Anwendungsparameter wie Düsendruck und -durchfluss sowie Einlass- und Rückzugsgeschwindigkeit des Düsenkörpers die Reinigungsleistung. Häufiger Fehler in der Praxis ist, dass bei hohem Ablagerungsaufkommen zu wenig Spülwasser eingesetzt wird, der Düsenkörper zu schnell zurückgezogen wird oder auch Reinigungsabschnitte zu lang gewählt werden. Dies führt häufig zu einer unzureichenden Reinigung. Große Teile der

Feststoffe bleiben im Kanal zurück und werden sogar zu dünenartigen Ablagerungshindernissen aufgeschoben. Jedoch sind erst Extremfälle für das Bedienpersonal erkennbar, wenn bspw. daraus eine Kanalverstopfung oder auch ein Festsetzen von Schlauch und Düse in den Ablagerungen resultieren.

Die Mitarbeiter der Reinigungsfahrzeuge stimmten überein, dass möglichst viel der zur Verfügung stehenden Reinigungsleistung auch im Kanal ankommen muss. Die geeignete Abstimmung (des Durchmessers) der Düseneinsätze auf die Pumpenleistung und Schlaucheigenschaften (Werkstoff, Länge und Nennweite) sowie der Düsengeometrie (Strahlanzahl, Wasserführung) reduziert Druck- bzw. Energieverluste und ist Voraussetzung für die Erzielung der gewünschten Reinigungsleistung.

Vor diesem Hintergrund wurden im Rahmen der Messprogramme für die zehn Kanalbetriebe insgesamt 16 Reinigungsfahrzeuge mit unterschiedlichen HD-Schläuchen und über 50 Düsensystemen überprüft. Von besonderem Interesse ist sowohl für die einzelnen Fahrzeugbesatzungen als auch für die technischen Planer bzw. Disponenten, ob die vom jeweiligen Hersteller angegebenen Nennleistungen der HD-Pumpen hinsichtlich Volumenstrom und Druck erreicht werden.

### **Messprogramm Druck- und Durchflussmengen an HD-Reinigungsfahrzeugen**

Unter den 16 untersuchten HD-Reinigungsfahrzeugen waren 14 kombinierte Saug-Spülwagen sowie zwei Spülfahrzeuge. Dabei wurden insgesamt sechs verschiedene Aufbau- sowie drei Fahrgestell-Hersteller angetroffen (vgl. Tabelle 17). Bei zwölf Fahrzeugen war der gleiche HD-Pumpentyp eines Herstellers eingebaut, jedoch in drei verschiedenen Auslegungen hinsichtlich der maximalen Durchflussleistung und des maximalen Pumpendrucks. Acht HD-Pumpen hatten bspw. eine Nennleistung für den maximalen Volumenstrom von 333 Litern pro Minute bei 170 bar, bei vier Pumpen sollte die Nennleistung 391 Liter pro Minute bei 140 bar betragen.

Der HD-Spülschlauch ist ein weiteres wesentliches Ausstattungsmerkmal von Reinigungsfahrzeugen. Zwei der überprüften Fahrzeuge hatten Kunststoffschläuche in einer Länge von 110 m und 180 m mit Nennweiten von 1 Zoll und 1¼ Zoll. Die anderen Fahrzeuge verfügten über Gummischläuche von ca. 120 m bis 230 m Länge mit Nennweiten von ¾ Zoll bis 1¼ Zoll.

Tabelle 17: Praxistage Kanalreinigung - untersuchte Reinigungsfahrzeuge

Fahrzeug	Fahrzeugart <sup>1</sup> Baujahr	Nennleistung der HD-Pumpe <sup>2</sup>	Schlauchparameter <sup>2</sup>	Untersuchte Düsen
	Kombi mit WR 1997	333 l/min 170 bar	Material: Gummi DN: 1 Zoll Länge: ca. 200 m	2 x rundumstrahlende Düsen 1 x Sohlenreiniger 1x IKT-Düse (rundumstrahlend)
	Kombi k.A.	181 l/min 135 bar	Material: Gummi DN: 3/4 Zoll Länge: ca. 160 m	3 x rundumstrahlende Düsen 1x IKT-Düse (rundumstrahlend)
	Kombi mit WR 2000	391 l/min 140 bar	Material: Gummi DN: 1 1/4 Zoll Länge: ca. 180 m	2 x rundumstrahlende Düse 1 x Sohlenreiniger 1 x Ejektordüse 1x IKT-Düse (rundumstrahlend)
	Kombi mit WR 1991	330 l/min 115 bar	Material: Gummi DN: 1 Zoll Länge: ca. 120 m	2 x rundumstrahlende Düse 1 x Sohlenreiniger 1x IKT-Düse (rundumstrahlend)
	Kombi 1998	330 l/min 115 bar	Material: Gummi DN: 1 Zoll Länge: ca. 120 m	2 x rundumstrahlende Düse 1 x Rotationsdüse 1x IKT-Düse (rundumstrahlend)
	Kombi 1999	160 l/min 100 bar	Material: Gummi DN: 3/4 Zoll Länge: ca. 120 m	1x IKT-Düse (rundumstrahlend)
	Kombi 2000	333 l/min 170 bar	Material: Gummi DN: 1 Zoll Länge: ca. 230 m	2 x rundumstrahlende Düsen 1 x Sohlenreiniger 1x IKT-Düse (rundumstrahlend)
	Spüler 2001	245 l/min 135 bar	Material: Gummi DN: 1 Zoll Länge: ca. 120 m	3 x rundumstrahlende Düsen 1x IKT-Düse (rundumstrahlend)
	Spüler -	333 l/min 170 bar	Material: Gummi DN: 1 Zoll Länge: ca. 145 m	2 x rundumstrahlende Düsen 1 x Sohlenreiniger 1x IKT-Düse (rundumstrahlend)
	Kombi mit WR -	391 l/min 140 bar	Material: Gummi DN: 1 1/4 Zoll Länge: -	1 x rundumstrahlende Düsen 1 x Sohlenreiniger
	Kombi 2006	315 l/min 170 bar	Material: Gummi DN: 1 Zoll Länge: ca. 120 m	2 x rundumstrahlende Düsen 1 x Sohlenreiniger 1 x Pendeldüse 1 x Rotationsdüse 1x IKT-Düse
	Kombi mit WR 2001	391 l/min 140 bar	Material: Gummi DN: 1 1/4 Zoll Länge: ca. 160 m	2 x rundumstrahlende Düsen 1 x Sohlenreiniger 2 x Rotationsdüse
	Kombi 2000	333 l/min 170 bar	Material: Gummi DN: 1 Zoll Länge: ca. 155 m	2 x rundumstrahlende Düsen 1 x Ejektordüse 1x IKT-Düse (rundumstrahlend)
	Kombi mit WR 1999	391 l/min 140 bar	Material: Kunststoff DN: 1 1/4 Zoll Länge: ca. 110 m und 180 m	2 x rundumstrahlende Düsen 1 x Sohlenreiniger 2 x Rotationsdüse
	Kombi mit WR 2003	320 l/min 180 bar	Material: Kunststoff DN: 1 Zoll Länge: ca. 180 m	2 x rundumstrahlende Düsen 1 x Sohlenreiniger 1 x Rotationsdüse
	Kombi 1996	333 l/min 170 bar	Material: Gummi DN: 1 Zoll Länge: ca. 145 m	1 x rundumstrahlende Düsen 2 x Sohlenreiniger 2 x Rotationsdüse 1x IKT-Düse

1 Fahrzeugart: Kombi (mit WR) – kombiniertes Saug-Spül-Fahrzeug (mit Wasserrückgewinnungstechnik);  
Spüler – Spülfahrzeug mit Hochdruckreinigungstechnik

2 Nach Angaben des Betreibers bzw. aus Unterlagen des Pumpenherstellers

Jedes Reinigungsfahrzeug ist mit einem Satz von HD-Düsen ausgestattet, welcher an die jeweilige Fahrzeug- bzw. Pumpenleistung angepasst sein sollte. Getestet wurden diejenigen Düsen eines Fahrzeugs, die nach Angaben der Fahrzeugbesetzungen überwiegend im Einsatz sind, bspw. rundumstrahlende Düsen in verschiedenen Größen, Sohlenreiniger und Rotationsdüsen. Zusätzlich wurde zum Vergleich an jedem Fahrzeug immer dieselbe rundumstrahlende Düse des IKT eingesetzt.



Bild 77: Düsenausstattung, Beispiel



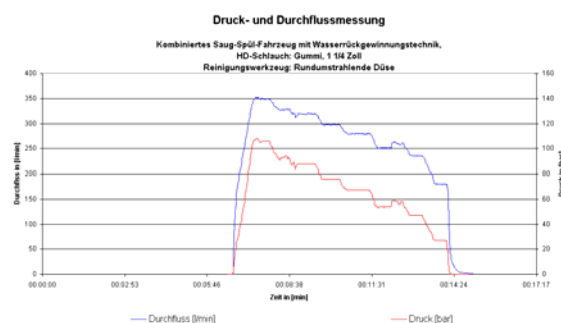
Bild 78: Optische Prüfung des Strahlbildes

### Diskussion der Messergebnisse

Zur Bestimmung der maximalen Durchflussleistung der HD-Pumpe wurde bei jedem der 16 Fahrzeuge zunächst eine „Freistrahlmessung“ ohne Reinigungsdüse durchgeführt. Hierzu wurde ein magnetisch-induktives Durchflussmessgerät (MID) an den HD-Schlauch angeschlossen und der Durchfluss bis zur höchsten Antriebsleistung des Motors aufgezeichnet (vgl. Bild 59).



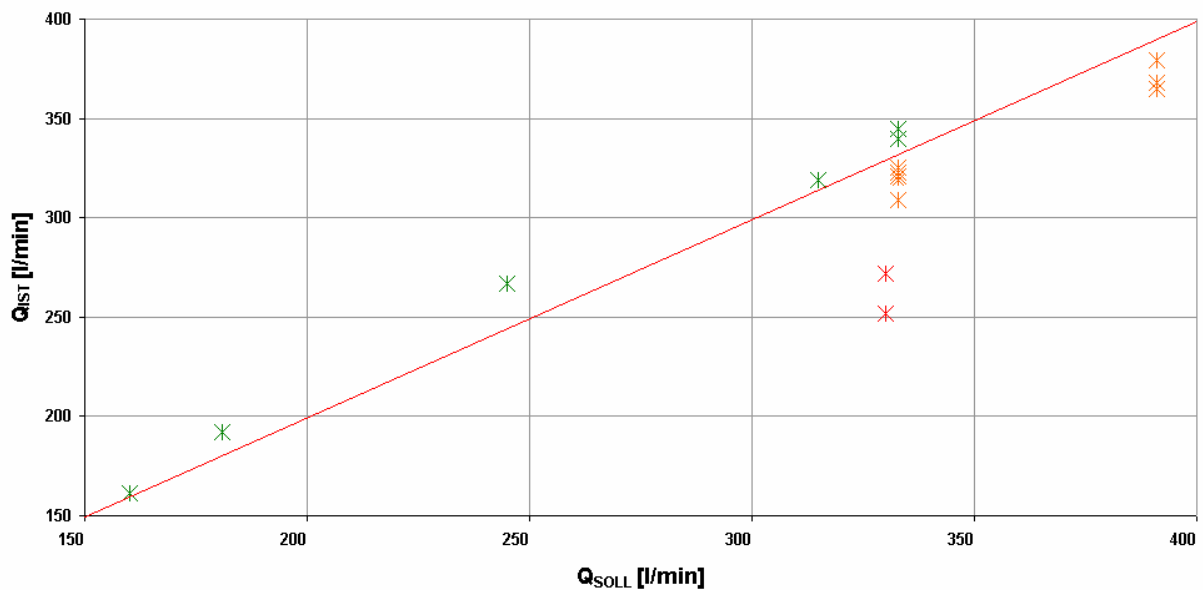
Bild 79: Druck- und Durchflussmessung an einem Reinigungsfahrzeug mittels MID und Druckaufnehmer; Beispiel für aufgezeichnete Messkurven.



Je nach Fahrzeugausstattung wurde der maximale Volumenstrom entweder über die Motordrehzahl des Hauptantriebs gesteuert oder über eine entsprechende Vorein-

stellung der HD-Steuerung. Das Bild 80 zeigt die gemessenen Volumenströme (y-Achse) der HD-Pumpen von 16 Reinigungsfahrzeugen im Vergleich zu den Nennleistungen nach Hersteller- bzw. Betreiberangaben (x-Achse). Sofern die Messwerte oberhalb der rot eingetragenen Diagonale liegen, konnte die Nenn-Durchflussleistung erbracht werden. Messwerte unterhalb dieser Diagonale lassen erkennen, dass die Nennleistung auch bei maximalem Antrieb nicht erreicht wurde. In einzelnen Fällen wurde lediglich 75 % der erwarteten Pumpenleistung erbracht.

**Durchflussmessung im Freistrahl: Soll - IST - Vergleich**



**Bild 80:** Gemessener Durchfluss ( $Q_{IST}$ ) im Vergleich zur Nennleistung nach Herstellerangaben ( $Q_{SOLL}$ ) für die HD-Pumpen von 16 Reinigungsfahrzeugen.

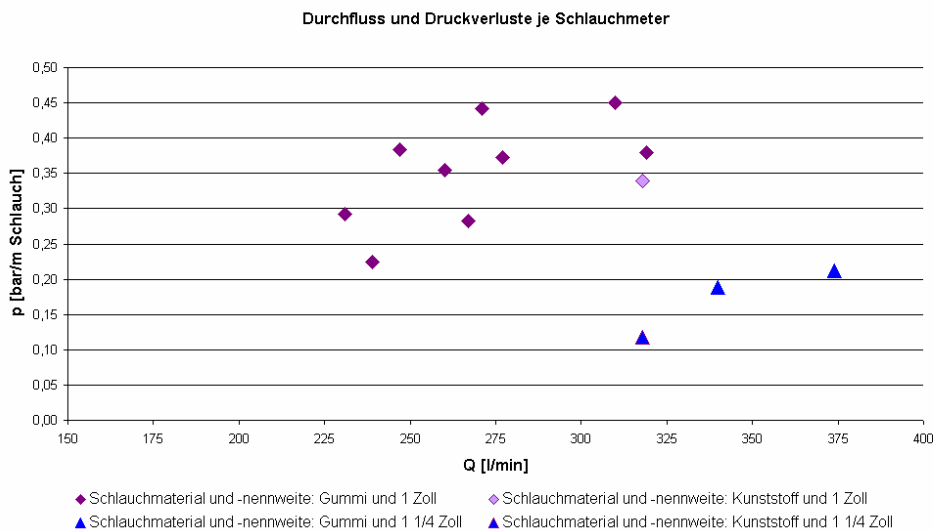
Bei sechs von sechzehn Fahrzeugen wurde die erwartete Durchflussleistung entsprechend der Herstellerangaben erreicht (Bild 80). Dies waren insbesondere Fahrzeuge mit neuer bzw. generalüberholter Hochdruckpumpe. Acht Fahrzeuge verfehlten die vom Hersteller angegebene Nennleistung der Hochdruckpumpe mit bis zu 7 % nur um wenige Prozentpunkte. In Einzelfällen wurden jedoch deutlich geringere Durchflussleistungen als nach Herstellerangaben erwartet gemessen. Hier wurde trotz der vollen Antriebsleistung und entsprechendem Energie- bzw. Brennstoffeinsatz die Nenn-Durchflussleistung um ca. 25 % unterschritten, d. h. anstatt des erwarteten Durchflusses von 333 l/min wurde lediglich ein Durchfluss von 250 l/min erreicht. In der Tendenz ist eine Leistungsabnahme mit steigendem Fahrzeugalter und ggf. sinkendem Pflegeaufwand erkennbar.

Neben einer ausreichenden Wassermenge zum Transport der Ablagerungen ist für die Ablösung von Ablagerungen von der Rohrwandung insbesondere der Druck an der Düse von maßgeblicher Bedeutung. Im Rahmen der Messungen wurde der

Druck kurz vor der Düse mit Hilfe eines digitalen Druckaufnehmers (Messbereich 0-500 bar) gemessen. Durch Vergleich mit dem am Steuerstand des Fahrzeugs mittels Manometer oder auf einem Display angezeigten Pumpendruck, konnten die Druckverluste im Bereich der Rohrleitungen auf dem Fahrzeug und des HD-Spülschlauchs auf der Haspel ermittelt werden.

Je nach Wahl der Reinigungsdüse und Düseneinsätze sowie der HD-Schlaucheigenschaften (Werkstoff, Nennweite, Länge) betragen die Druckverluste bis zur Düse im Vergleich zum Ausgangsdruck an der Pumpe teilweise bis zu 50 %. Tendenziell sind für größere Schlauchnennweiten von 1 ¼ Zoll erwartungsgemäß geringere Druckverluste gemessen worden, da das Verhältnis von Querschnittsfläche zu Mantelfläche größer ist und vergleichsweise geringere Reibungsverluste an den Rohrwandungen auftreten. Für HD-Schläuche aus Kunststoff sind im Vergleich zu Schläuchen aus Gummi ebenfalls geringere Druckverluste gemessen worden.

Für 1 Zoll-Schläuche aus Gummi lagen die Druckverluste pro Meter Schlauch im Bereich von ca. 0,2 bis 0,5 bar. Gummischläuche mit 1 ¼ Zoll Nennweite wiesen Druckverluste von ca. 0,1 – 0,3 bar je Schlauchmeter auf. Im Vergleich dazu betragen die Druckverluste bei Kunststoffschläuchen ca. 0,1 bis 0,2 bar pro Meter Schlauch. Bild 81 zeigt exemplarisch die gemessenen Durchflussleistungen sowie die Druckverluste pro Meter Schlauch im Bereich zwischen der HD-Pumpe und Reinigungsdüse für 13 verschiedene Fahrzeuge unter Verwendung von 13 bordeigenen rundumstrahlenden HD-Düsen im Überblick.



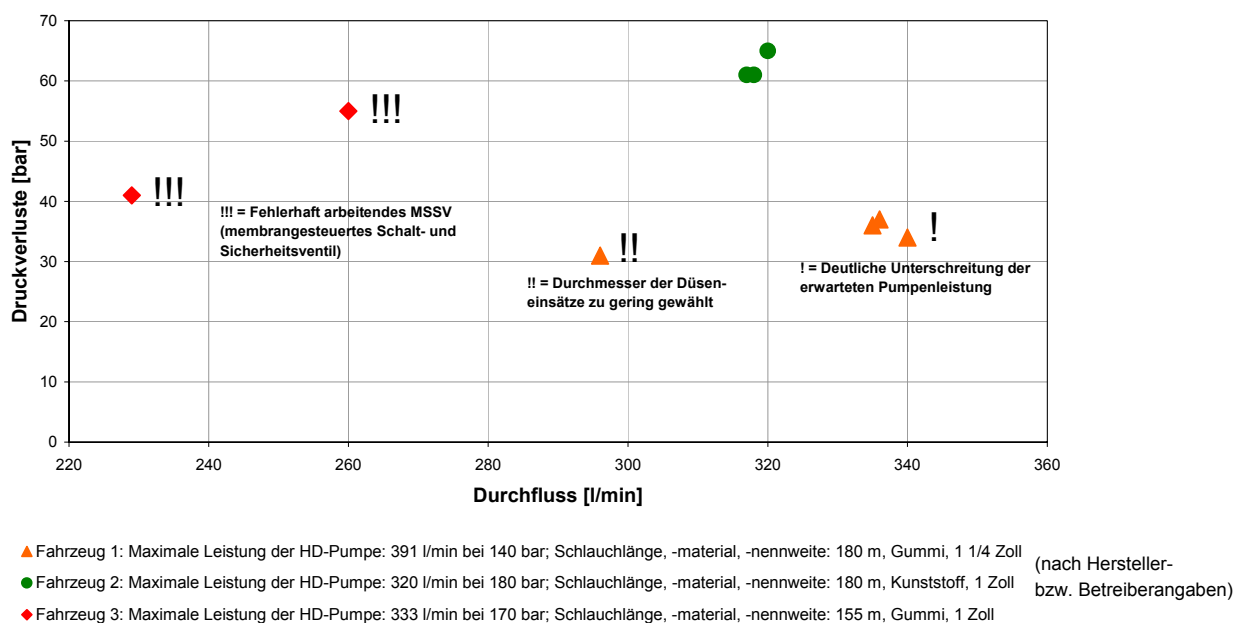
**Bild 81:** Durchflüsse und Druckverluste je Schlauchmeter zwischen HD-Pumpe und Reinigungsdüse .

Für jedes Reinigungsfahrzeug gilt es, die HD-Düsen durch Auswahl und Bemessung der Düseneinsätze optimal auf die Pumpenleistung, die Schlaucheigenschaften und die Reinigungsaufgaben abzustimmen. Steht das Ziel einer hohen Transportleistung im Vordergrund, dürfen die Düseneinsatzdurchmesser nicht zu eng gewählt werden,



denn dann kann die maximale Förderleistung der HD-Pumpe nicht erreicht werden. Im Rahmen der Messungen wurden mehrere HD-Düsen erkannt, für die nach Kenntnis der Messwerte eine Anpassung der Düsenesatzdurchmesser durch den Kanalbetrieb erfolgte. Ein Auswertungsbeispiel (vgl. Bild 82) zeigt die Messergebnisse für drei unterschiedliche Fahrzeuge.

Bei Fahrzeug 2 (Punkte, grün) erreichen sämtliche HD-Düsen unter Volllast der HD-Pumpe die erwartete Durchflussleistung. Bei Fahrzeug 1 und 3 wird die Nennleistung der HD-Pumpe für keine der verwendeten HD-Düsen erreicht. Einzelne HD-Düsen zeigen darüber hinaus außerordentliche Unterschreitungen zu der erwarteten Durchflussleistung. Hier wurden die Durchmesser der Düsenesätze zu eng gewählt. Bei Fahrzeug 3 konnte darüber hinaus ein fehlerhaft steuerndes Sicherheitsventil (membrangesteuertes Schalt- und Sicherheitsventil, MSSV) erkannt werden.



**Bild 82:** Gemessene Durchflüsse und ermittelte Druckverluste, exemplarisch für drei HD-Reinigungsfahrzeuge mit unterschiedlichen Ausstattungsmerkmalen.

Als Ergebnis des Erfahrungsaustausches und der Diskussion der Messergebnisse konnten für die einzelnen Reinigungsfahrzeuge und Reinigungsteams gezielte Optimierungshinweise gegeben werden. Zusammenfassend wurden folgende Hinweise für Optimierungen erkannt:

- Für diverse Düsen (z.B. Sohlenreiniger, Rotationsdüse, Ejektordüse) waren die Düsenesätze unvorteilhaft gewählt. Hier wurden deutliche Durchflussdefizite gemessen. Die Folge sind unterdurchschnittliche Reinigungsleistungen bzw. ein ineffizientes Verhältnis von Leistung zu Kraftstoffverbrauch.
- Wenn die Düsenesätze für die zugeführte Wassermenge zu klein sind, steigt der Wasserdruck sprunghaft an. Ein membrangesteuertes Schalt- und

Sicherheitsventil (MSSV) sorgt für die Entlastung des Druckes, indem über eine Nebenleitung Wasser in den Wassertank zurückgeführt wird. So können unnötige Energieverluste verursacht werden, die häufig nicht erkannt werden. Eine regelmäßige Kontrolle des Sicherheitsventils ist empfehlenswert.

- Durch Abnutzung erweitern sich die Durchmesser der Düseneinsätze und der vom Düsenhersteller empfohlene Düsendruck wird unterschritten. Die Reinigungsleistung der HD-Düse zum Lösen von Ablagerungen nimmt dadurch ab.
- In einigen Fällen zeigte sich Optimierungspotenzial im Hinblick auf eine strömungstechnisch günstigere Verlegung der HD-Leitungen auf dem Fahrzeug (in Abstimmung mit dem Aufbauhersteller).
- In einigen Fällen hatte das Bedienpersonal erst wenig Praxiserfahrung (Generationswechsel). Hier könnte durch Schulungsmaßnahmen der Bereich Fahrzeugbedienung, -pflege und -wartung kurzfristig verbessert werden.
- Die Verkehrssicherheit der Fahrzeuge war teilweise unzureichend. In einigen Fällen kann durch Signalbeklebung (z.B. Fahrtrichtungsgeber) die Sicherheit erhöht werden.
- Hörsicherungs- und Gaswarngeräte (sowie Feuerlöscher) waren teilweise nicht auf den Fahrzeugen vorhanden. Im Zuge der Reinigung können Schachteinstiege daher nur nach Anforderung zusätzlicher Unterstützungsleistungen erfolgen.
- In einigen Betrieben können Hygienrisiken verringert werden, wenn auch die Reinigung der Oberbekleidung sichergestellt wird.

Insgesamt konnte im Rahmen der Praxistage Kanalreinigung ein hoher Bedarf an Wissens- und Erfahrungsaustausch unter den Teilnehmern beobachtet werden. Durch die erweiterten Kenntnisse zur Leistungsfähigkeit des eigenen HD-Reinigungsfahrzeuges können die vorhandenen Ressourcen zielgerichteter im Hinblick auf eine umwelt- und materialschonende Kanalreinigung eingesetzt werden.

## 6.4 Betriebserfahrungen sammeln und nutzen

Unter den Workshop-Teilnehmern fand sich eine weitreichende Übereinstimmung, dass durch das Sammeln und Nutzen von Betriebserfahrungen große Optimierungspotenziale in der Reinigungsplanung erschlossen werden. Starre, flächendeckende Reinigungspläne, die das Betriebswissen kaum berücksichtigen, führen häufig zu „blinden“ Reinigungseinsätzen ohne Bedarf und Nutzen (vgl. Abschnitt 6.1).

Als Grundprinzip bedarfsorientierter Strategien wurde von den Netzbetreibern die kontinuierliche Fortschreibung der Reinigungsplanung auf Basis eines ständig aktualisierten Betriebswissens über den Netzzustand und die Ablagerungssituation erkannt. Im Vergleich zu der präventiv orientierten, starren Reinigungsplanung werden Kontrollen und Inspektionen zur Bewertung der Ablagerungssituation verstärkt. Dabei kann die Kontrolle der Ablagerungssituation durch das Betriebspersonal grundsätzlich im Zuge von allen Betriebsaufgaben erfolgen, die das Öffnen des Abwasser-schachtes ohnehin erfordern, z.B. Schachtinspektion, Schmutzfängerreinigung oder Kanalreinigung (vgl. Abschnitt 6.1).

Zur Ausarbeitung angepasster Reinigungspläne ist es hilfreich, wenn das ausführende Betriebspersonal die Überwachungsdaten zu Kanalablagerungen haltungs- bzw. schachtbezogen nach dem Nummerierungssystem des i.d.R. bereits vorhandenen Kanalinformationssystems protokolliert. Im Rahmen der Workshops regten die Netzbetreiber daher an, die unterschiedlichen Erfahrungen von Netzbetreibern mit der Erhebung von Überwachungsdaten zusammenzuführen. Besonderes Augenmerk sollte dabei auf den Einsatz von mobilen Datenerfassungsgeräten und der Nutzung von Schachterkennungssystemen gelegt werden. Hierzu wurde zunächst recherchiert, welche Kanalbetriebe Erfahrung mit der Einführung und der betrieblichen Nutzung von Schachterkennungssystemen auf Basis von Transpondern oder Barcodes haben. Danach konnten Interviews und Vor-Ort-Termine mit 18 ausgewählten Kanalbetrieben durchgeführt werden, um die Erfahrungen mit der Einführung und dem Einbau der Systeme sowie den notwendigen Anpassungen bei der Einbettung in die Betriebsabläufe zusammenzutragen (vgl. Abschnitt 6.4.1).

Die Verwertung der erhobenen Überwachungsdaten für die Reinigungsplanung ist in der Praxis wesentlich davon abhängig, ob für die eigenen Reinigungsfahrzeuge eine rahmengebende Jahresplanung zu erstellen ist oder eine private Reinigungsfirma für zusammengefasste Einsätze beauftragt wird. Hierzu werden in den Abschnitten 6.4.2 und 6.4.3 verschiedene Fallbeispiele vorgestellt, um daraus wesentliche Planungsgrundsätze für die Entwicklung eines Prozessmodells zur bedarfsorientierten Kanalreinigung ableiten zu können (vgl. Abschnitt 8).

### 6.4.1 Erhebung von Überwachungsdaten zu Ablagerungen

Netzbereiche mit erhöhtem Reinigungsbedarf sind im Allgemeinen bereits durch Überlastung, Rückstau oder Verstopfung aufgefallen. Die Erfahrungen verteilen sich jedoch häufig auf verschiedene Mitarbeiter in Planung und Praxis, so dass es sinnvoll ist dieses Wissen in gemeinsamen Besprechungen regelmäßig zusammenzuführen (vgl. Abschn. 6.3). Für die Ausarbeitung bedarfsorientierter Reinigungspläne ist es jedoch darüber hinaus notwendig, Überwachungsdaten zu dem Ablagerungsaufkommen und dem Gefährdungspotenzial zu erheben. Eine weitreichende Verwertung der Ablagerungsdaten ist jedoch nur dann möglich, wenn das ausführende Betriebspersonal die Inspektionsergebnisse haltungs- bzw. schachtbezogen nach dem Nummerierungssystem des i.d.R. bereits vorhandenen Kanalinformationssystems protokolliert. Hier erleichtern Schachterkennungssysteme (Transponder, Barcodes, Schachtschilder) das in der Arbeitssituation vor Ort aufwendige und fehleranfällige Heraussuchen der Schacht- bzw. Haltungsnummern aus Planunterlagen. Aufgrund der Zeiterfassung werden darüber hinaus Kontrollen über den zeitlichen Ablauf der Arbeitstätigkeiten vor Ort unterstützt (vergleiche Abschnitt 2.4.2).

Nachfolgend werden die Erfahrungen von Netzbetreibern mit der Auswahl und Einführung von Schachterkennungssystemen als Steuerungsinstrument für die Kanalreinigung zusammengefasst und analysiert. Zunächst wurden hierzu Interviews mit 18 Netzbetreibern ausgewertet, bei denen bereits Praxiserfahrungen vorliegen (Bild 83). Die charakteristischen Prozessabläufe bei der Einführung der unterschiedlichen Schachterkennungssysteme wurden anhand der Beispiele von sechs Netzbetrieben näher gefasst und im Hinblick auf Empfehlungen für Netzbetreiber aufbereitet.

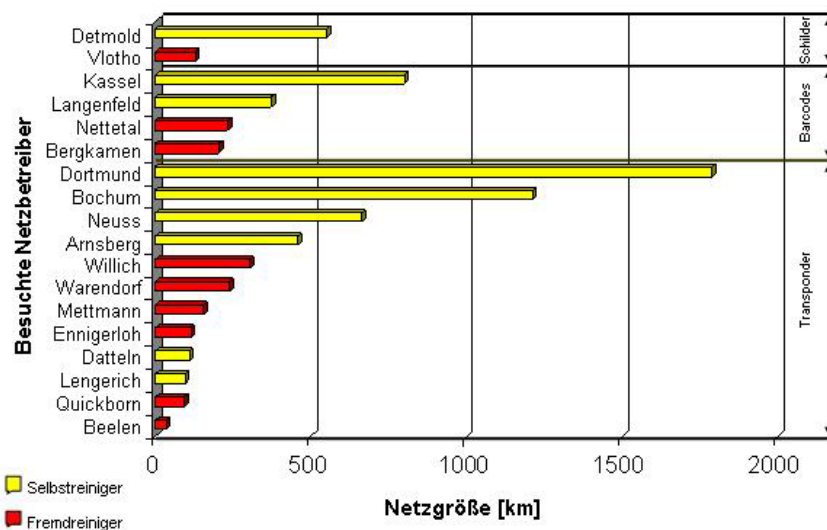


Bild 83: Befragte Netzbetreiber mit Erfahrungen zu Schachterkennungssystemen nach Netzgröße, Systemwahl, Schachterkennung sowie Organisation der Reinigungsarbeiten

Bei der Aufbereitung der Praxiserfahrungen mit verschiedenen Schachterkennungssystemen wurden charakteristische Betriebssituationen (kleines Netz, großes Netz, Reinigung durch eigenes Personal, Reinigung durch Fachfirmen) berücksichtigt. Dabei hatten zwölf der 18 Netzbetreiber Erfahrungen mit dem Schachterkennungssystem der Transpondertechnik, vier Netzbetreiber mit der Barcodetechnik und zwei Netzbetreiber setzen Schilder für die Schachterkennung ein.

Die Hälfte der befragten Netzbetreiber reinigt ihr Netz selbst durch eigenes Personal und eigene Fahrzeuge (Selbstreiniger), die andere Hälfte vergibt die Reinigungsarbeiten an private Dienstleister (Fremdreiniger). Die Netzlängen variieren von 36 bis ca. 1800 km. Dies zeigt, dass Schachterkennungssysteme unabhängig von der Netzgröße und der Ausführungsführungsorganisation der Reinigungsarbeiten nachgefragt werden (vgl. Bild 83).

Je nach Betriebsprofil des Betreibers unterscheiden sich jedoch die Ziele. So ist der Einsatz von Transpondern und Barcodes insbesondere bei Kanalnetzbetreibern vorteilhaft, die eine Kontrolle u. a. über die Tätigkeitsdauer und die Quittierung des Auftrages am Schacht anstreben (vgl. Tabelle 18). Hier wird die Aufenthaltszeit am Schacht digital erfasst. So ist es bei einer Kanalreinigung mit überwiegend eigenen Mitarbeitern und Fahrzeugen vertrauensbildend, die Überwachung der Tätigkeitsdauer frühzeitig mit dem Personalrat abzustimmen. Bei der Vergabe der Kanalreinigung an private Dienstleister kann insbesondere eine Überprüfung hinsichtlich Termintreue und Leistungszeiten bzw. -umfang stattfinden, die ggf. auch als Abrechnungsgrundlage dienen kann. Bei Transpondern erfolgt die Übertragung der Schachtnummer mit elektromagnetischen Wellen, so dass keine eigene Energiequelle benötigt wird und beim Einlesen der Schachtnummer in ein mobiles Datenerfassungsgerät keine Beeinträchtigung durch Verschmutzung etc. für den Transponder gegeben ist. Der Barcode wird dagegen durch einen optischen Lichtstrahl decodiert. Hier kann der Barcode durch Verschmutzungen unlesbar sein und muss ggf. zunächst gereinigt werden.

Schilder können insbesondere eine Anwendung bei Netzbetreibern finden, wo keine Kontrolle der Dienstleister bzw. des eigenen Personals erwünscht ist oder durch den Personalrat untersagt wurde. Des Weiteren zeichnen sich Schilder durch vergleichsweise geringe Investitionskosten aus (vgl. Tabelle 18). Bei Schildern ist zu beachten, dass eine manuelle Eingabe der Schachtnummer in das mobile Datenerfassungsgerät notwendig ist. Dabei können ggf. Eingabefehler etc. unterlaufen.



*Bild 84: Interviews zu den Zielen beim Einsatz von Schachterkennungssystemen, Beispiel*



*Bild 85: Vor-Ort-Interviews über Praxiserfahrungen mit Schachterkennungssystemen, Beispiel*



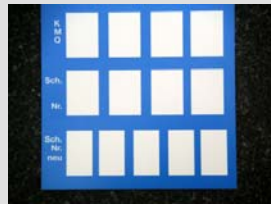
Das Zusammenführen der Erfahrungen mit Schachterkennungssystemen zeigte, dass sowohl mit digitalen Systemen wie Transpondern und Barcodes als auch mit einfachen Schachtschildern eine eindeutige Identifikation des Schachtes erreicht und die Schachtnummer vor Ort für das Betriebspersonal zur Dokumentation und Protokollierung der Betriebsarbeiten und Sichtungsergebnisse zur Verfügung gestellt werden kann. Grundvoraussetzung für den Einsatz der Schachterkennungssysteme ist jedoch ein digitalisiert vorliegendes Kanalnetz im GIS und ein zugehöriges Kanalinformationssystem. Andernfalls besteht die Gefahr von Falschzuordnungen zwischen Schachtnummer und Erkennungshilfe (Transponder, Barcode und Schilder). Dabei sollte die Hardware im Büro und im Betrieb aktuellen Standards entsprechen und ggf. angepasst werden.

Bei der Auswahl und Zusammenstellung von Produkten sind auch die mobilen Datenerfassungsgeräte und deren Software im Hinblick auf Anwenderfreundlichkeit und Kompatibilität mit der vorhandenen Kanaldatenbank bzw. dem Betriebsführungssystem zu testen, insbesondere wenn die Module von verschiedenen Anbietern stammen. Bei der Auswahl von Handhelds ist insbesondere darauf zu achten, dass ausreichender Speicherplatz zur Verfügung steht. Andernfalls müssen Mitarbeiter die Tätigkeiten unterbrechen, um ausgeführte Tätigkeiten zu speichern und neue Aufträge zu übertragen. Bei Einsatz von Laptops bzw. Notebooks in Verbindung mit einem Lesegerät können Teleskopstangen das Einlesen der Schachtnummer am Transponder bzw. Barcode erleichtern.

Der Stückpreis pro Transponder liegt aktuell nach den Befragungen zwischen 1,80 Euro und 3,50 Euro und hängt wesentlich von der Abnahmemenge und dem gewählten Produkt ab. Bei erhöhter Nachfrage und Wettbewerb dürften die Marktpreise weiter sinken. Ähnliches gilt für die anderen Schachterkennungssysteme. Die Kostenangaben für Barcodes lagen zwischen 1,20 Euro und 2,50 pro Stück, und für Schilder wurden von den Netzbetreibern 35 bis 80 Cent angegeben.

Die Tabelle 18 gibt einen Überblick über die unterschiedlichen Eigenschaften der verschiedenen Schachterkennungssysteme und die aktuellen Stückkosten.

Tabelle 18: Vergleich der unterschiedlichen Systeme

Funktionen √ möglich / nicht möglich	Vergleich der Systeme		
	Transponder in Verbindung mit - MDE-Gerät und - Lesegerät. 	Barcodes in Verbindung mit - MDE-Gerät und - Lesegerät. 	Schilder in Verbindung mit MDE-Gerät. 
<b>Schachtkennzeichnung</b> im Schachtkörper mit Schachtnummer	√	√	√
<b>Digitaler Datenfluss</b> von Auftragannahme bis -abgabe (keine Eingabefehler)	√	√	/*1
<b>Zeiterfassung</b> (Kontrolle) über die ausgeführten Tätigkeiten (MDE-Geräte)	√	√	/*1
<b>Magnetisches Sendesignal</b> zur Identifikation (keine Beeinträchtigung durch Verschmutzung)	√	/*2	/*2
<b>Investitionskosten</b> (je Stück)	1,80 - 3,50 €*3	1,20 - 2,50 €*3	0,35 - 0,80 €*3
<b>Lebensdauer</b>	10-20 Jahre*4	> 20 Jahre*4	> 20 Jahre*4

\*1 manuelle Dateneingabe möglich

\*2 Sichtkontakt für das Einlesen erforderlich

\*3 abhängig von der bestellten Menge

\*4 Herstellerangaben (TECTUS GmbH)

Der Einbau der Transponder kann bspw. durch eigenes Personal sukzessive im Rahmen der Schachtinspektionen erfolgen oder als Auftrag an Dienstleistungsunternehmen vergeben werden. Um Falschzuordnungen zu vermeiden, ist es vorteilhaft Schachterkennungssysteme erst in den Schacht einzubauen und erst danach einzulesen. Einige Netzbetreiber beschriften den Transponder zusätzlich mit der Schachtnummer, um auch bei Ausfall des Transpondersystems eine eindeutige Identifikation des Abwasserschachtes zu gewährleisten. Bei der Wahl der Einbauhöhe von Schachterkennungssystemen sind der Ablesekomfort, das Verschmutzungsrisiko sowie die Wechselwirkungen mit dem Schmutzfänger zu beachten.

Netzbetreiber haben gute Erfahrungen damit gemacht, Barcodes und Transponder an die Schachtwandung einzudübeln und nicht zu verkleben. Schilder können mit einem Kabelbinder an das erste Steigeisen befestigt werden. Defekte Schachterkennungssysteme können unmittelbar im Zuge der Betriebsarbeiten ausgetauscht werden, wenn Austauschmaterial auf den Fahrzeugen mitgeführt wird.



*Bild 86: Montage von Schachterkennungssystemen im Schachthals, Beispiel*



*Bild 87: Einlesen der Schachtnummer in ein Handheldgerät mittels Transponder, Beispiel*

Bei der Einführung von Schachterkennungssystemen in die Betriebsabläufe ist nach den Erfahrungen der Netzbetreiber ein schrittweises Vorgehen zu empfehlen, um Anpassungen und Korrekturen vornehmen zu können und die Mitarbeiter nicht durch zu viele Erneuerungen zu überfordern. So könnten beispielsweise zunächst die mobilen Datenerfassungsgeräte eingeführt werden, um die Datenstruktur und das Eingabemenü zu entwickeln. Zu einem späteren Zeitpunkt könnten Schachterkennungssysteme nach Wahl eingebaut werden, um das aufwendige Herauslesen der Schachtnummern aus Papierplänen zu erleichtern. Grundsätzlich sollten das Betriebspersonal und die Planer frühzeitig in Konzept, Produktauswahl und Einführung von Schachterkennungssystemen eingebunden werden. Dabei sind die Ziele und der erwartete Nutzen transparent zu machen.

Für die Bedienung der Geräte sollte eine Einführung durch den Hersteller bzw. Einsatzleiter erfolgen. Sofern die Betriebsarbeiten (Kanalreinigung, Schachtinspektion etc.) durch private Dienstleister ausgeführt werden, ist auf die verpflichtende Verwendung der Schachterkennungssysteme hinzuweisen. Einige Netzbetreiber vereinbaren dabei, dass der Dienstleister eigenständig die erforderlichen mobilen Datenerfassungsgeräte und die Software anschafft und das ausführende Personal schult. Plausibilitätskontrollen im Rahmen der Rechnungsprüfung können durch Beobachtung der Einlesezeitpunkte an den Schächten sowie der Ermittlung der Bearbeitungszeiten und erreichten Tagesleistungen unterstützt werden.





*Bild 88: Über ein Menü geführte Protokollierung der Betriebsdaten*



*Bild 89: Nutzung der Betriebsdaten für die Reinigungsplanung*

Im Gesamtblick der bei 18 Netzbetreibern erhobenen Praxiserfahrungen lässt sich feststellen, dass Schachterkennungssysteme sowohl bei der Planung und Steuerung als auch bei der Kontrolle von Kanalreinigungsarbeiten wirksame Unterstützung bieten können:

- Die eindeutige Identifikation von Schächten ist durch Schachterkennungssysteme vor Ort gewährleistet und Betriebsdaten können unmittelbar digital erfasst werden.
- Feste Programmabläufe, die vom Reinigungspersonal dabei Schritt für Schritt bei Nutzung von mobilen Datenerfassungsgeräten abgearbeitet werden müssen, sorgen für eine einheitliche Datengrundlage.
- Durch den digitalen Datenfluss ist eine Minimierung von Fehlern bei der Informationsaufnahme und dem -austausch sowie eine Reduzierung des Arbeitsaufwandes bei der Nachbearbeitung und Auswertung der erhobenen Daten zu erkennen.
- Durch die Aufzeichnung der Standorte von Reinigungsfirmen und der Tätigkeitsdauer der Reinigungsarbeiten werden Plausibilitätsprüfungen im Nachgang von Reinigungsarbeiten erleichtert.

Netzbetreiber, die entsprechende Schachterkennungssysteme einsetzen wollen, sollten aber ein genaues Augenmerk auf die Anbindungsmöglichkeiten der einzelnen Systeme an die bereits vorhandene EDV-Infrastruktur im Betrieb legen, um optimalen Nutzen aus den Systemen ziehen zu können.

Im gesamten Projektverlauf zeigte sich, dass die Verwertung der erhobenen Überwachungsdaten für die bedarfsorientierte Reinigungsplanung aufgrund der verschiedenen Betriebsprofile der Netzbetreiber (Netzbedingungen, Personal- und Gerätekapazitäten, EDV-Ausstattung etc.) sehr unterschiedlich ausfällt. Wesentliche Unterschiede ergeben sich insbesondere dadurch, inwieweit eine Einsatzplanung für eige-

ne Fahrzeuge erstellt werden muss oder ob Reinigungsaufträge an private Reinigungsfirmen vergeben werden (vgl. Abschnitt 0 und Abschnitt 6.3).

#### **6.4.2 Reinigungsplanung für den Einsatz eigener Reinigungsfahrzeuge**

Bedarfsorientierte Kanalreinigungsstrategien wurden in kommunal geführten Betrieben mit eigenem Fuhrpark bisher kaum umgesetzt. Die Aufwandsreduzierungen im Bereich der flächendeckenden Unterhaltungsreinigung, die durch das Betriebswissen der Mitarbeiter ermöglicht werden sollen, gefährden zunächst auch Arbeitsplätze beim Betriebspersonal. Deswegen gibt es i.d.R. große Probleme mit der Mitarbeitermotivation und Ängsten um den Arbeitsplatz. Belastbare Überwachungsdaten zu dem Ablagerungsaufkommen sind unter diesen Voraussetzungen schwierig zu erhalten. Die Umsetzung bedarfsorientierter Strategien ist vor diesem Hintergrund nur unter Einbeziehung der Belegschaft des eigenen Fuhrparks möglich.

Die Basis für einen erfolgreichen Strategiewechsel sind daher transparente Zielsetzungen und Konzepte mit langfristigen Perspektiven für den Betrieb. Die Veränderungen sind intensiv innerbetrieblich zu kommunizieren. Der geplante Abbau von Reinigungsfahrzeugen ist frühzeitig zu benennen. Nicht immer müssen dabei Personaleinsparungen die Folge sein. Denn das Ziel, den Gewässerschutz nach den Regeln der Technik zu betreiben, lässt einen hohen Handlungsdruck entstehen, die stets steigenden Anforderungen mit den vorhandenen Ressourcen zu bewältigen. So wurden die Anforderungen an den Gewässerschutz und die Dokumentation der Tätigkeiten durch verschiedene Gesetzesinitiativen in den letzten Jahren immer umfangreicher beschrieben. Demzufolge stieg in vielen Netzen der Anteil der Anlagentechnik enorm an. Beispielsweise wurde der überwiegende Teil der einfachen Regenüberläufe zu komplexeren Sonderbauwerken mit Regenrückhaltung ausgebaut. Darüber hinaus wurden Kanalnetze vielerorts ständig erweitert, so dass insgesamt sehr viele Überwachungsarbeiten aufgrund von Kapazitätsengpässen ausfallen.

Erfolgreich praktizierte Konzepte bedarfsorientierter Reinigungsplanung richten die Ziele danach aus, den Geräteeinsatz im Bereich der flächendeckenden Unterhaltungsreinigung zu senken, um die Überwachung des Kanalnetzes im Hinblick auf den Gewässerschutz zu verstärken und freiwerdende Personalkapazitäten insbesondere auch im Bereich der erweiterten bzw. neuen Aufgabenfelder einsetzen zu können. Die Netzbedingungen des Marler Kanalnetzes erlauben beispielsweise den Einsatz eines Hochdruckspül- und Saugfahrzeugs mit Wasserrückgewinnung. Dieses Fahrzeug ersetzt seit dem Jahr 1999 gleich zwei konventionelle Kombis ohne Wasserrückgewinnungstechnik. Die Besatzung eines Reinigungsfahrzeuges ist seitdem für ein ebenfalls neu angeschafftes TV-Inspektionsfahrzeug (mit kleiner HD-Spüleinheit) zuständig. Dieses Fahrzeug wird gezielt zur Steigerung der Netzkenntnisse eingesetzt und übernimmt weitergehende Arbeiten im Kanalnetz wie zum Bei-

spiel die Reinigung von kleineren Leitungsdurchmessern im Siedlungsbereich, Kanal- und Schachtinspektionen sowie TV-Sonderuntersuchungen bei der Bearbeitung von Straßeneinbrüchen, Wurzeleinwüchsen, Fremdwasserzuläufen oder Reparaturarbeiten an Kanalrohren.

Die verstärkte Ausrichtung der Betriebsziele auf den Gewässerschutz wird inzwischen von den Mitarbeitern mitgetragen, so dass der tatsächliche Reinigungsbedarf im Rahmen der Überwachung realistisch benannt wird. Durch Verwertung dieser Betriebserfahrungen des eigenen Personals konnten Reinigungsintervalle bereits erheblich verlängert werden. Im Vergleich zur Ausgangssituation 2002 beträgt der Aufwand im Bereich der Unterhaltungsreinigung nur noch 25 % des ursprünglichen geplanten Budgets für Personal, Geräte und Betriebsstoffe. Im Gegenzug wurden die weitergehenden Umweltschutzaufgaben verstärkt angegangen und flächendeckende Netzkenntnisse durch Dokumentation der Überwachungsdaten aufgebaut.

Die Einführung der bedarfsorientierten Kanalreinigung im Kanalbetrieb der Stadt Marl sieht folgende Konzeptsschritte vor:

- Aufgabe der starren Reinigungsintervalle (von 1960 bis 2002 wurde das Netz jährlich bzw. alle zwei Jahre komplett durchgespült).
- Überprüfung und Anpassung der Reinigungsintervalle in Abhängigkeit der Betriebserfahrungen der jeweils zurückliegenden (drei) Jahre.
- Einführung der Inaugenscheinnahme von Schächten und Kanälen nach einem Inspektionsplan. Aufbau der Mitarbeiterqualifikation und Anpassung der gerätetechnischen Ausstattung .
- Systematische Dokumentation des Betriebswissens über das Ablagerungsaufkommen im Rahmen der Inaugenscheinnahme und der Kanalreinigung.
- Differenzierung der Reinigungsplanung nach den Entwässerungssystemen (RW, SW, MW) und den ablagerungsträchtigen „Schwerpunkten“ im Kanalnetz.
- Einführung einer Betriebsführungssoftware zur Erleichterung der Auswertung des umfassenden Datenmaterials (Ausblick für 2008).

Im Einzelnen wurden die ersten fünf Konzeptsschritte bereits umgesetzt und werden nun kontinuierlich optimiert. Derzeit laufen die Vorbereitungen für die Erweiterung und weitergehende Nutzung der Betriebsführungssoftware. Ziel ist eine weitreichende Verwertung des umfassenden Datenmaterials, insbesondere auch im Hinblick auf die Konzeptentwicklung bei der Sanierung von Schächten.

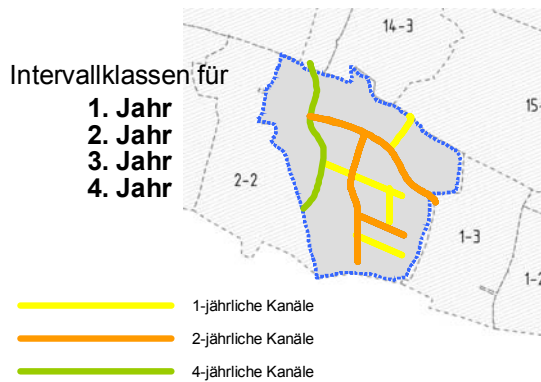
Bei der Durchführung der Reinigung durch eigenes Betriebspersonal steht die Auslastung der vorhandenen Kapazitäten im Vordergrund der Planungsziele. In vielen Betrieben liegt ein hohes Erfahrungswissen vor. Dieses wird jedoch noch zuwenig gebündelt und für den gesamten Kanalbetrieb nutzbar gemacht. Ein Generations-

wechsel unter den Mitarbeitern ist deswegen häufig mit erheblichem Know-How-Verlust verbunden. Hier stellten die Netzbetreiber den situationsgerechten und wirkungsvollen Einsatz von Fahrzeugen im Gespann (Spüler und Sauger), kombinierten Hochdruckspül- und Saugfahrzeugen oder von Reinigungsfahrzeugen mit Wasserrückgewinnungstechnik in den Mittelpunkt der Diskussion zur Ausrichtung bedarfsorientierter Reinigungsstrategien.

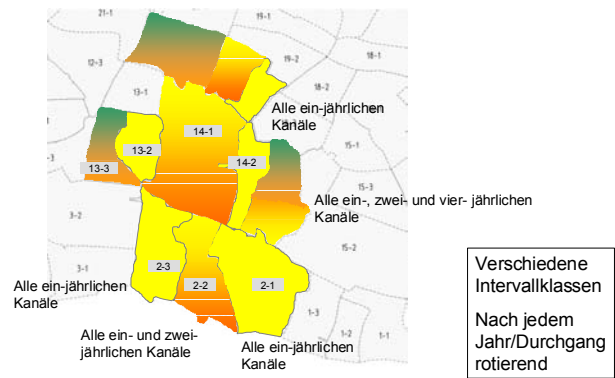
Für Kanalbetriebe mit Netzgrößen im Bereich von zwei bis dreihundert Kilometern Schmutzwasserkanälen und nur einem Reinigungsfahrzeug stellt sich bei dem Strategiewechsel zur bedarfsorientierten Kanalreinigung sehr schnell die Frage, inwieweit das Fahrzeug dann noch ausgelastet und wirtschaftlich betrieben werden kann. Für etwas größere Betriebe mit zwei bis drei Fahrzeugen geht mit der Reduzierung der Reinigungsfahrzeuge eine notwendige Anpassung der Reinigungsplanung einher. Überwiegend werden dabei die Intervalle für die präventive Unterhaltungsreinigung über mehr als drei und bis zu 15 und mehr Jahren (insbesondere für Regenwasserkanäle) gestreckt und entsprechend der eingesparten Jahresleistung Reinigungsfahrzeuge abgebaut. Die Reinigungsbezirke der verbleibenden Fahrzeuge werden vergrößert, während die Ablaufplanung der Reinigung von den Hochpunkten bis zu den Tiefpunkten erhalten bleibt.

Das Konzept der Stadtentwässerung München sieht dagegen vor, die traditionell gewachsenen Reinigungsbezirke zu erhalten. Der jeweilige Bezirk wird jedoch in funktional abgegrenzte Teilzonen von 4 bis 11 km Größe aufgeteilt, die insbesondere bezüglich der Reinigung voneinander unabhängig bearbeitet werden können. Es werden immer komplette Zonen beauftragt, in den Reinigungsplänen der Teilzonen sind die Reinigungsintervalle der einzelnen Kanäle festgelegt. Es wird unterschieden zwischen einem ein-, zwei-, drei- und vierjährigem Reinigungsturnus. Die Intervalle werden bei Bedarf entsprechend einer Auswertung der Rückmeldungen des Reinigungspersonals angepasst. Befragungen und Besprechungen der Reinigungsmitarbeiter einzelner Reinigungsbezirke dienen dazu als Planungsgrundlage.

In einem ersten Schritt wird eine Halbierung der Leistung avisiert, so dass im Mittel statt einer jährlichen Reinigung eine zweijährige Reinigung des gesamten Netzes stattfindet. Ziel ist eine weitere Erhöhung der Reinigungsintervalle und die Einführung eines Betriebsführungssystems zur Verbesserung der Einsatzplanung. Die Kanäle, bei denen sich die Reinigungsintervalle überschneiden, werden in den entsprechenden Jahren gemeinsam gereinigt. Trotz der Überschneidungen soll für das einzelne Reinigungsfahrzeug im Rahmen der Einsatzplanung eine Vergleichmäßigung des jährlichen Reinigungsaufwandes erreicht werden, indem in dem Reinigungsbezirk verschiedene Intervallklassen kombiniert werden.



**Bild 90:** Einteilung des Reinigungsbereiches in funktionale Teilzonen mit Kanalstrecken unterschiedlicher Intervallklasse (1,2,4 a)



**Bild 91:** Vergleichmäßigung des Reinigungsaufwandes im Bezirk durch Kombination verschiedener Intervallklassen

Flankierend dazu ist der Aufbau eines neuen Betriebsführungssystems vorgesehen, um die Erstellung von Jahresberichten sowie die Umsetzung von Controlling- oder Benchmarking-Maßnahmen zu unterstützen. Das Betriebswissen der Mitarbeiter soll dabei gebündelt werden, auch vor dem Hintergrund dass bei der Umstrukturierung des Kanalbetriebs ehemals neun Betriebsstationen der Kanalreinigung zu zwei Standorten zusammengelegt werden.

### 6.4.3 Reinigungsplanung für den Einsatz von privaten Reinigungsfirmen

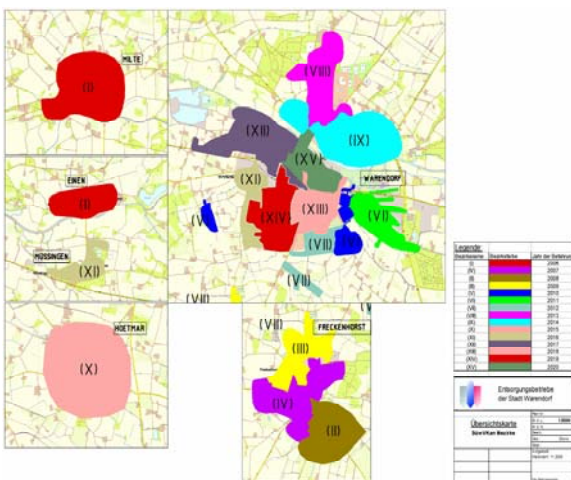
Bei der Durchführung der Reinigung durch private Reinigungsfirmen verbleibt das Erfahrungswissen i.d.R. ausschließlich bei dem Dienstleister und bedarfsorientierte Reinigungsstrategien sind dann nur schwer umsetzbar. In der derzeitigen Praxis werden deswegen häufig Aufträge für präventive, komplette Netzreinigungen vergeben. Voraussetzung für die bedarfsorientierte Reinigungsplanung ist der Aufbau eigener Betriebserfahrungen durch Erhebung von Überwachungsdaten zu Ablagerungen (vgl. Abschnitt 6.4.1). Wenn diese regelmäßige Überwachung der Ablagerungen organisiert werden kann, wird mitunter auch komplett auf eine präventive Unterhaltungsreinigung verzichtet. Dies zeigt das Beispiel der Entsorgungsbetriebe der Stadt Warendorf.

Hier wurde von 1986 bis 2000 das gesamte Kanalnetz (rund 200 km) einmal pro Jahr komplett von einem privaten Dienstleistungsunternehmen gereinigt. Von 2000 bis 2004 wurden nur noch etwa 1/3 des Netzes pro Jahr gereinigt. Seit dem Jahr 2005 sammeln die Entsorgungsbetriebe Warendorf im Rahmen von Schachtinspektionen eigene Überwachungsdaten über Ablagerungen im Netz.

Die Untersuchung der Schächte erfolgt nach der SÜwVKan alle zwei Jahre. Im Rahmen dieser Untersuchungen wird auch die Ablagerungssituation dokumentiert. Die

bisherigen Ergebnisse zeigen, dass es keine nennenswerten Ablagerungen gibt. Die flächendeckende Unterhaltungsreinigung wird deswegen nicht mehr durchgeführt. Stärkere Verschmutzungen fallen nur an einzelnen Stellen im Kanalnetz an. Diese Stellen werden intensiv beobachtet.

Für die zweite Zustandserfassung nach SÜWVKan durch TV-Inspektion hat die Stadt Warendorf das gesamte Kanalnetz in 15 Untersuchungsbezirke eingeteilt (vgl. Bild 92). Durch die Spezialreinigung im Vorfeld der TV-Inspektion wird eine Grundreinigung des Kanalnetzes in dem Zeitraum von 15 Jahren gewährleistet. Die Überwachung der Ablagerungssituation im Netz findet im Rahmen der zweijährlichen Schachtinspektionen durch eigenes Betriebspersonal statt. Bei festgestellten Ablagerungshöhen von mehr als 5 cm Höhe wird das Überwachungsintervall verkürzt.



Betriebsanweisung		Inspektionsplan	
Anlage 30		Anlage 30	
BA 2.3.01	15.04.2007	15.04.2007	15.04.2007
Druck: 100	100	100	100
Druck: 100	100	100	100

**Betriebsanweisung BA 2.3.01**

**Anlage 30**

**Festlegung für den Betrieb von Kanälen und Sonderbauwerken**

Arbeitsanweisung	Inspektionsplan
1.1. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Sumpfanlagen	3
1.2. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.3. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.4. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.5. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.6. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.7. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.8. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.9. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.10. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.11. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.12. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.13. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.14. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.15. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.16. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.17. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.18. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.19. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.20. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.21. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.22. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.23. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.24. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.25. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.26. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.27. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.28. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.29. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.30. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.31. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.32. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.33. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.34. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.35. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.36. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.37. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.38. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.39. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.40. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.41. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.42. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.43. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.44. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.45. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.46. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.47. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.48. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.49. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.50. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.51. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.52. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.53. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.54. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.55. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.56. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.57. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.58. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.59. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.60. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.61. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.62. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.63. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.64. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.65. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.66. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.67. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.68. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.69. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.70. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.71. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.72. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.73. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.74. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.75. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.76. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.77. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.78. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.79. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.80. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.81. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.82. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.83. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.84. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.85. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.86. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.87. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.88. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.89. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.90. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.91. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.92. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.93. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.94. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.95. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.96. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.97. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.98. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.99. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3
1.100. Festlegung der SÜWVKan-Frames für die Kanalsanierungsarbeiten	3

**Bild 92:** Einteilung des Netzes in 15 Bereiche zur Zweiterfassung nach SÜWVKan und gleichzeitiger Grundreinigung

**Bild 93:** Die Betriebsanweisung enthält auch die Arbeitsanweisungen für die Überwachung des Kanalnetzes auf Ablagerungen

Im Vergleich zur Ausgangssituation werden kontinuierlich Netzkenntnisse und Betriebserfahrungen für die Betriebsführung und Anpassung der Reinigungsplanung gesammelt. Das Vorgehen wurde in einer Arbeitsanweisung für die Kanalreinigung festgeschrieben (vgl. Bild 93). Bisherige Auswertungen der Schachtinspektionen lassen erwarten, dass sich der Aufwand der Reinigungsarbeiten im Wesentlichen auf die 15-jährliche Grundreinigung beschränken lässt.

Verschiedene Beispiele von Netzbetreibern zeigen, dass mit dem Strategiewechsel zur bedarfsorientierten Reinigungsplanung, neben der verstärkten Übernahme der Überwachungsaufgaben darüber hinaus auch Kosten eingespart werden können. Die regelmäßigen Schachtinspektionen, die zum Aufbau der Netzkenntnisse genutzt werden, sind nach den rechtlichen und technischen Normen ohnehin auszuführen. Nach den Erfahrungen von Netzbetreibern, die derartige Konzepte verfolgen, werden Personal- und Gerätekosten für den verstärkten Überwachungsaufwand durch Einsparungen im Bereich der Kanalreinigung mindestens kompensiert.

Zur strukturierten Darstellung der wählbaren konzeptionellen Ansätze und Werkzeuge wurde ein Prozessmodell genutzt, das die bedarfsorientierte Kanalreinigung nach zeitlichen Gesichtspunkten in vier Teilprozesse einteilt:

1. Ablagerungsinspektionen und -kontrollen (Überwachungsdaten),
2. Bewertung der Ablagerungen (Reinigungsbedarfsplan),
3. Einsatzplanung für die Reinigung (Reinigungsplan),
4. Durchführung der Kanalreinigung (Betriebsdaten).

Das Prozessmodell zur Entwicklung bedarfsorientierter Reinigungsstrategien wird in Kapitel 8 im Detail nach den o. a. Teilprozessen gegliedert dargestellt.





## **7 Untersuchungen der Zusammenhänge zwischen Kanalreinigung und Kanalemissionen**

Kanalreinigungsmaßnahmen haben auf verschiedene Weise Einfluss auf die vom Kanalnetz ausgehenden Belästigungen. So kommt es bspw. während der Reinigung durch ausgeblasene Kanalluft gelegentlich zu Geruchsbelästigungen. Auch kann es vorkommen, dass die Geräusentwicklung während der Hochdruckreinigung von Anwohnern als Lärmbelästigung empfunden wird. Dies sind jedoch verfahrensbedingte Emissionen, die sich ohne größeren Aufwand nicht verhindern lassen und meist nur von kurzer Dauer sind.

Der Schwerpunkt dieses Forschungsvorhabens lag auf der durch Schwefelwasserstoff bedingten Geruchsbelästigung und den Stoffausträgen aus dem Kanalnetz im Regenentlastungsfall. Diese Emissionsarten sollten auf ihren Zusammenhang mit der Größe der Reinigungsintervalle hin untersucht werden, um herauszufinden, welche Auswirkungen die Einführung bedarfsorientierter Kanalreinigung auf die Höhe der Emissionen hat.

Dazu wurden verschiedene Messkampagnen durchgeführt, welche im Folgenden dargestellt werden.

### **7.1 Frachtbilanzierung vor und nach der Kanalreinigung**

Ursprünglich war geplant, an sechs Messstellen im Kanal jeweils drei Starkregenereignisse vor und nach einer Kanalreinigung Messungen durchzuführen. Da jedoch das Auffinden geeigneter Messstellen und das Einholen sämtlicher benötigter Genehmigungen unerwartet viel Zeit in Anspruch nahmen, wurde die Anzahl der Messstellen auf vier reduziert. Trotz langer Trockenphasen konnten von Oktober 2006 bis Dezember 2008 insgesamt 50 Starkregenereignisse untersucht werden.

#### **7.1.1 Untersuchungsgebiete**

Bei der Auswahl der Messstellen musste eine Vielzahl von Randbedingungen berücksichtigt werden:

- Erreichbarkeit: Da die Messstellen mehrmals wöchentlich gewartet werden müssen, sollte die Fahrtzeit zur Messstelle eine Stunde nicht überschreiten.
- Lage/Verkehrssituation: Die Messstelle muss zu jedem Zeitpunkt frei zugänglich sein, und es muss genügend Platz zum Aufstellen des Containers mit der Messtechnik vorhanden sein. Die Mitarbeiter dürfen nicht durch das gegebene Umfeld (bspw. durch stark befahrene Straßen) gefährdet werden.

- Einzugsgebiet: Das Einzugsgebiet enthält vornehmlich Wohnbebauung, hat ca. zwei Kilometer Netzlänge, so dass es in ca. zwei Tagen gereinigt werden kann, und ist ein Mischsystem. Das Gefälle der Haltungen sollte möglichst flach sein, so dass eine natürliche Ablagerungsbildung zu erwarten ist. Die letzte Kanalreinigung sollte mindestens 2 Jahre her sein. Ablagerungen und Sielhaut sollten vorhanden sein. Ein Regenüberlauf an der Messstelle war zwar erwünscht, aber nicht Voraussetzung.
- Weitere Voraussetzungen: Für den Betrieb der Messstelle sind Zugang zu Wasser und Strom ebenso unabdingbar wie die Eignung der Schächte und Bauwerke zum Einbau der Messtechnik.

Diese Anforderungen werden nur in den seltensten Fällen gleichzeitig erfüllt, so dass die Wahl nach eingehender Prüfung in Frage kommender Messstellen (unter anderem in Bochum, Essen und Oberhausen) letztendlich auf jeweils zwei Messstellen aus Bochum und Marl fiel. Tabelle 19 stellt die vier ausgewählten Messstellen mit den wichtigsten Eckdaten dar.

Tabelle 19: Kenndaten der untersuchten Einzugsgebiete

Untersuchungsgebiet		Bochum-1	Bochum-2	Marl-1	Marl-2
Einzugsgebiet	Fläche $A_{GES}$ [ha]	8,58	11,98	17,27	30,47
	Fläche $A_{red}$ [ha]	4,46	5,32	8,58	15,93
	Geländegefälle $I_G$ [%]	1,1	2,0	1,27	1,5
Kanalnetz	mittl. Kanalgefälle $I_K$ [%]	1,19	1,88	0,92	0,918
	mittl. Fließzeit $t_f$ [min]	≈ 14	≈ 13	≈ 17	≈ 21
	mittl. Trockenwetterabfluss $Q_{t24}$ [l/s]	1,5 – 2	≈ 2	≈ 2	≈ 7
	$c_{TWA}$ AFS [mg/l]	377	365	186	311
	$c_{TWA}$ CSB [mg/l]	853	475	312	663
Betriebszeitraum		Jun. 06 bis Jul. 07	Jul. 07 bis Sep. 08	Aug. 07 bis Jun. 08	Jun. 08 bis Dez. 08

### 7.1.2 Messgeräte und -programm

Die Messstellen waren ausgestattet mit einer, zwei oder drei Durchflussmessungen, einer Ultraschallsonde zur Höhenstandsmessung und einem Saugprobenehmer. An der Messstelle Bochum-1 waren Zufluss und Auslauf des Regenüberlaufes mit Durchflussmessung und Höhenstandssonde versehen und die Probenahme erfolgte

im Trennbauwerk (Bild 94). An der Messstelle Bochum-2 war kein Regenüberlauf vorhanden, deswegen wurde hier nur eine Durchflussmessung eingesetzt (Bild 95). An den Messstellen Marl-1 und Marl-2 waren die Durchflussmessungen im Zufluss und in der Entlastung angebracht (Bild 96), wobei an der Messstelle Marl-2 zeitweise zusätzlich der Auslauf des Regenüberlaufs messtechnisch erfasst wurde (Bild 97).

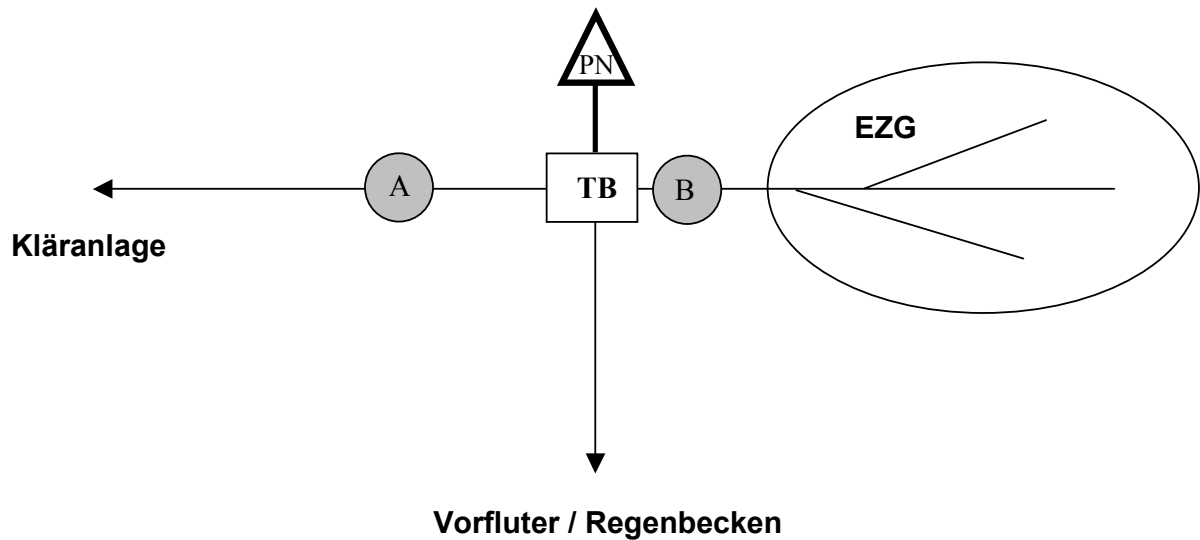


Bild 94: Messanordnung mit zwei Durchflussmessungen (A und B) sowie Probenahme (PN) im Trennbauwerk (TB)

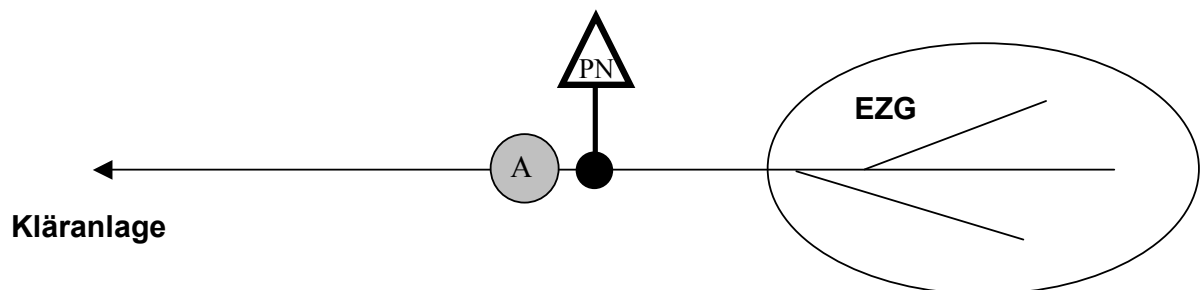


Bild 95: Messanordnung mit Durchflussmessung (A) sowie Probenahme (PN) im Schacht

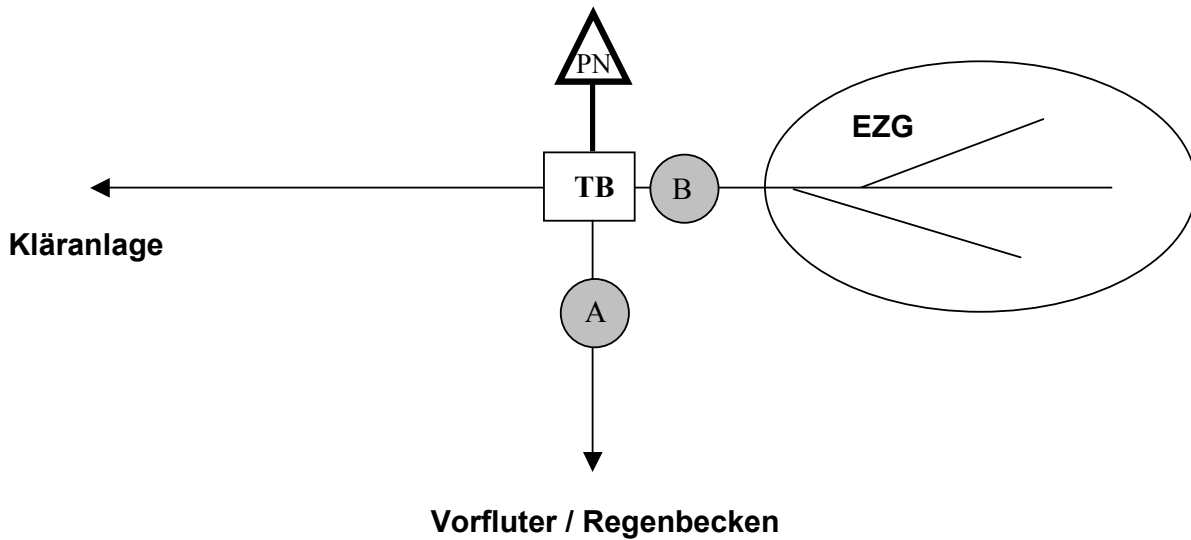


Bild 96: Messanordnung mit zwei Durchflussmessungen (A und B) sowie Probenahme (PN) im Trennbauwerk (TB)

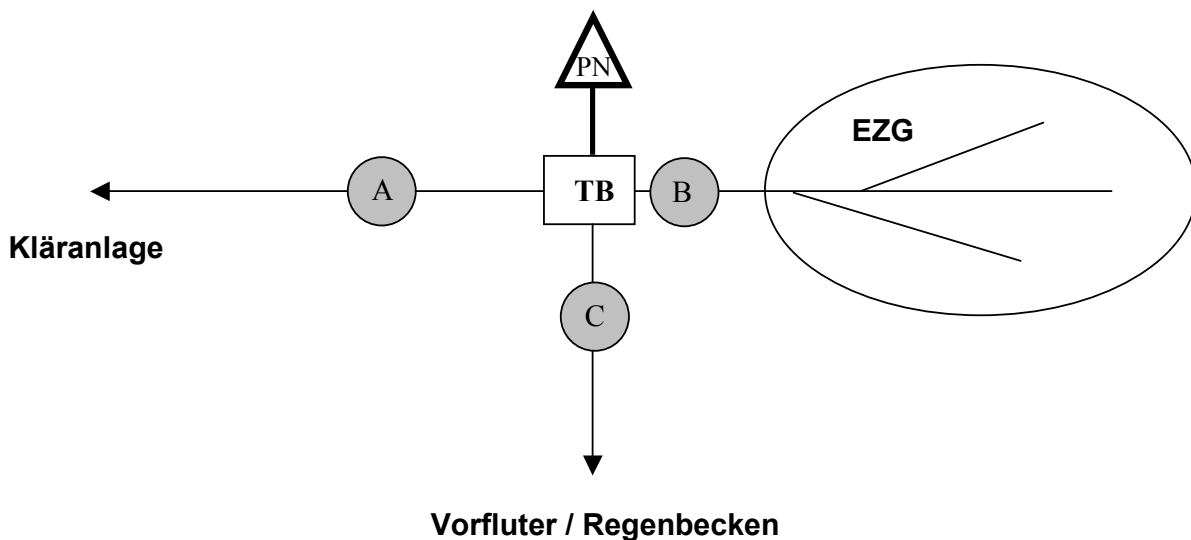


Bild 97: Messanordnung mit drei Durchflussmessungen (A, B und C) sowie Probenahme (PN) im Trennbauwerk (TB)

Für die Durchflussmessung wurde das Gerät PCM Pro von NIVUS eingesetzt. Das Gerät ist in der Lage die Fließgeschwindigkeit mittels Ultraschallsensor in 16 über den Höhenstand verteilten Messfenstern zu messen. Kombiniert mit dem mittels einer Drucksonde gemessenen Höhenstand ergibt sich der Durchfluss (Bild 98). Für zuverlässige Messungen ist nach Angaben des Herstellers ein Wasserstand von sechs Zentimetern erforderlich. Dieser wurde bei den untersuchten Messstellen nur im Trockenwetterfall häufiger unterschritten (Bild 99).

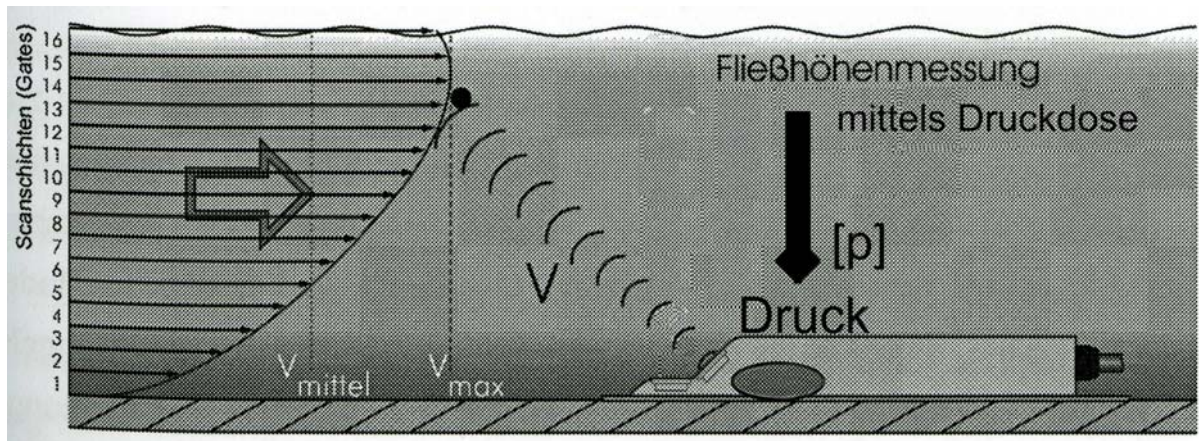


Bild 98: Schematische Darstellung eines Geschwindigkeitsprofils und der Messung mit sohlgebundenem Sensor (Dittmer, 2008, modifiziert)



Bild 99: Durchflussmessung NIVUS PCM Pro im Zulauf der Messstelle Bochum-1

Die Ultraschallsonde diente dazu, den Probenehmer beim Erreichen definierter Höhenstände auszulösen. Zusätzlich wurden die Werte der Ultraschallsonde zur Kontrolle der Höhenstände der Durchflussmessung herangezogen.

Der eingesetzte selbstentleerende Probenehmer der Firma Watersam war so programmiert, dass er durchlaufend 5-Minuten-Mischproben zog. Sobald von der Ultraschallsonde das Signal kam, ein bestimmter Wasserstand sei erreicht, füllte der Probenehmer noch 20 der 24 vorhandenen Probeflaschen und schaltete dann ab. So konnte ein Zeitraum von 2 Stunden abgedeckt werden, wobei die 20 Minuten vor dem Signal durch die 4 nicht neu gefüllten Flaschen abgedeckt wurden. Die gezogenen Proben wurden im Probenehmer auf konstante 4 °C gekühlt und möglichst zeitnah zur Analyse ins Labor gebracht. Im Ereignisfall wurde der Sachbearbeiter vom Probenehmer sofort per Kurzmitteilung ans Mobiltelefon informiert.



*Bild 100: Saugprobenehmer der WaterSam GmbH*



*Bild 101: Innenansicht des Probenehmers*

### 7.1.3 Laboranalyse der Proben

Das Analysenprogramm bestand in der Regel aus den nach A 131 relevanten Verschmutzungsparametern, wobei zusätzlich zum CSB noch der TOC gemessen wurde.

Die Analyse der Proben wurde im Labor des Lehrstuhls für Siedlungswasserwirtschaft und Umwelttechnik der Ruhr-Universität Bochum durchgeführt. Von jeder Probe wurde nach Eingang ins Labor ein Anteil zur Bestimmung von AFS, Glühverlust, Glührückstand, pH-Wert und Leitfähigkeit abgezweigt. Der Rest der jeweiligen Probe wurde bis zur weiteren Auswertung tiefgefroren gelagert. Tabelle 20 gibt einen Überblick über die analysierten Parameter.

Tabelle 20: Analyseverfahren

Parameter	Einheit	Konservierungsart	Analyseverfahren		
			System-nr.	DIN-Nr.	Titel
AFS	mg/l	Kühlen	H2	DIN 38409-2	Bestimmung der abfiltrierbaren Stoffe und des Glührückstandes
GR	mg/l	Kühlen	H2	DIN 38409-2	Bestimmung der abfiltrierbaren Stoffe und des Glührückstandes
CSB	mg/l	Tiefgefrieren	H41	DIN 38409-41	Bestimmung des Chemischen Sauerstoffbedarfs (CSB) im Bereich über 15 mg/l
CSB <sub>filtriert</sub>	mg/l	Tiefgefrieren	H41	DIN 38409-41	Bestimmung des Chemischen Sauerstoffbedarfs (CSB) im Bereich über 15 mg/l
BSB <sub>5</sub>	mg/l	Tiefgefrieren	H51	DIN EN 1899-1	Bestimmung des Biochemischen Sauerstoffbedarfs nach n Tagen: Verdünnungs- und Impfverfahren nach Zugabe von Allylthioharnstoff
			H55		Bestimmung des Biochemischen Sauerstoffbedarfs nach n Tagen (BSBn) in einem Resiprometer
P <sub>gesamt</sub>	mg/l	Tiefgefrieren	D11	DIN EN ISO 6878-7	Bestimmung von Phosphor – Photometrisches Verfahren (Bestimmung von Gesamtphosphor nach Oxidation mit Peroxodisulfat)
o-PO <sub>4</sub>	mg/l	Tiefgefrieren	D19	DIN EN ISO 10304-1	Bestimmung der gelösten Anionen Fluorid, Chlorid, Nitrit, Orthophosphat, Bromid, Nitrat und Sulfat mittels Ionenchromatographie
N <sub>gesamt</sub>	mg/l	Tiefgefrieren	H28	DIN 38409-28	Bestimmung von gebundenem Stickstoff - Verfahren nach Reduktion mit Devardascher Legierung und katalytischem Aufschluss
			H34	DIN EN 12260	Bestimmung von Stickstoff - Bestimmung von gebundenem Stickstoff (TNb) nach Oxidation zu Stickstoffoxiden

Parameter	Einheit	Konservierungsart	Analyseverfahren		
			System-nr.	DIN-Nr.	Titel
NO <sub>2</sub>	mg/l	Tiefgefrieren	D28	DIN ISO 13395	Bestimmung von Nitritstickstoff, Nitratstickstoff und der Summe von beiden mit der Fließanalytik (CFA und FIA) und spektrometrischer Detektion
NO <sub>3</sub>	mg/l	Tiefgefrieren	D28	DIN ISO 13395	Bestimmung von Nitritstickstoff, Nitratstickstoff und der Summe von beiden mit der Fließanalytik (CFA und FIA) und spektrometrischer Detektion
NH <sub>4</sub>	mg/l	Tiefgefrieren	E23	DIN EN ISO 11732	Bestimmung von Ammoniumstickstoff - Verfahren mittels Fließanalytik (CFA und FIA) und spektrometrischer Detektion
TOC	mg/l	Tiefgefrieren	H3	DIN EN 1484	Anleitungen zur Bestimmung des gesamten organischen Kohlenstoffs (TOC) und des gelösten organischen Kohlenstoffs (DOC)
pH-Wert		Kühlen	C5	DIN 38404-5	Bestimmung des pH-Wertes (Vorschlag)
Leitfähigkeit	mS/m	Kühlen	C8	DIN EN 27888	Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit



#### 7.1.4 Definition von Starkregenereignissen

Ein Starkregen ist dem Deutschen Wetterdienst (DWD) zufolge als Niederschlag hoher Dichte pro Zeiteinheit definiert. Beim Überschreiten der folgenden Grenzwerte spricht man im Bundesgebiet von einem Starkregen:

$$h_N > \frac{5\text{mm}}{5\text{min}}, h_N > \frac{7,1\text{mm}}{10\text{min}}, h_N > \frac{10\text{mm}}{20\text{min}} \text{ oder } h_N > \frac{17,1\text{mm}}{60\text{min}}$$

Diesen Grenzwerten liegt das Starkregenkriterium von Wussow (vgl. Nachtnebel, 2004) zugrunde:

$$h_N = (5t_N - (t_N / 24)^2)^{0,5} \quad \text{Gleichung 1}$$

$h_N$ : Niederschlagshöhe in mm

$t_N$ : Niederschlagsdauer in min

Da Regenüberläufe in der Regel schon bei sehr viel geringeren Niederschlagsintensitäten abschlagen, wurden nicht nur Starkregen nach obiger Definition, sondern starke Niederschläge beprobt (Tabelle 21). Im Folgenden wird der Begriff Starkregenereignis dennoch gelegentlich für die beprobten Niederschlagsereignisse verwendet, auch wenn diese das Kriterium des DWD nicht immer erfüllen. Es wurden keine eigenen Niederschlagsmessungen im Einzugsgebiet durchgeführt, sondern auf Daten der umliegenden städtischen Regenstationen zurückgegriffen. Die verwendeten Niederschlagsdaten spiegeln somit nicht immer exakt das Niederschlagsgeschehen im Einzugsgebiet der Messstelle wider.

Tabelle 21: Niederschlagsintensitäten der beprobten Regenereignisse (Bei den fett gedruckten Intensitäten wird das Kriterium nach Wussow erfüllt)

Ereignis	Messstelle	Niederschlagsintensität [mm/min]	Ereignis	Messstelle	Niederschlagsintensität [mm/min]
1	Bochum-1	4,9 / 36 = 0,14	25	Bochum-2	<b>14,0 / 30 = 0,47</b>
2	Bochum-1	<b>34,4 / 68 = 0,51</b>	26	Marl-1	7,4 / 75 = 0,1
3	Bochum-1	<b>13,0 / 34 = 0,38</b>	27	Marl-1	1,7 / 31 = 0,05
4	Bochum-1	6,0 / 62 = 0,10	28	Bochum-2	6,7 / 64 = 0,10
5	Bochum-1	1,14 / 5 = 0,23	29	Marl-1	10,0 / 38 = 0,26
6	Bochum-1	13,6 / 44 = 0,31	30	Bochum-2	4,1 / 19 = 0,22
7	Bochum-1	6,5 / 13 = 0,50	31	Marl-1	3,2 / 44 = 0,07
8	Bochum-1	<b>13,1 / 23 = 0,57</b>	32	Marl-2	3,9 / 79 = 0,05
9	Bochum-1	k. A.	33	Marl-2	5,4 / 23 = 0,23
10	Bochum-2	6,2 / 116 = 0,05	34	Marl-2	3,6 / 30 = 0,12
11	Bochum-2	3,0 / 37 = 0,08	35	Marl-2	5,3 / 60 = 0,09
12	Bochum-2	<b>16,0 / 26 = 0,62</b>	36	Marl-2	1,9 / 24 = 0,05
13	Bochum-2	<b>16,1 / 23 = 0,7</b>	37	Bochum-2	6,1 / 12 = 0,51
14	Bochum-2	<b>48,2 / 280 = 0,17</b>	38	Marl-2	19,3 / 89 = 0,22
15	Bochum-2	<b>29,6 / 121 = 0,24</b>	39	Bochum-2	<b>37,2 / 65 = 0,57</b>
16	Bochum-2	4,9 / 22 = 0,22	40	Bochum-2	<b>13,0 / 22 = 0,59</b>
17	Marl-1	2,1 / 42 = 0,05	41	Bochum-2	<b>20,2 / 29 = 0,70</b>
18	Bochum-2	<b>18,4 / 54 = 0,34</b>	42	Marl-2	5 / 76 = 0,07
19	Marl-1	1,6 / 16 = 0,10	43	Marl-2	3,8 / 23 = 0,17
20	Marl-1	1,4 / 23 = 0,06	44	Marl-2	11,5 / 97 = 0,13
21	Marl-1	3,3 / 34 = 0,10	45	Marl-2	3,7 / 27 = 0,14
22	Marl-1	3,3 / 47 = 0,07	46	Marl-2	3,1 / 73 = 0,04
23	Marl-1	4,7 / 68 = 0,07	47	Marl-2	3,1 / 65 = 0,05
24	Marl-1	4,0 / 34 = 0,12			

Um die Vielzahl der beprobten Ereignisse hinsichtlich der Abfluss- und Stoffgrößen in Beziehung setzen zu können, benötigt man möglichst einheitliche Ereignisdefinitionen. Starkregenereignisse werden zwar wie gerade dargestellt über Niederschlagsintensitäten und -dauern definiert, jedoch lässt sich ein Abflussereignis im Kanal kaum über Niederschlagsmerkmale eingrenzen. Im Rahmen dieses Forschungsprojektes wurde ein Grenzabfluss festgelegt, der Ereignisbeginn und -ende definiert. Eine Definition über Grenzgeschwindigkeit oder -schubspannung wäre ebenso denkbar ge-

wesen, obwohl auch der gewählte Grenzabfluss von 40 l/s indirekt aus der kritischen Sohlschubspannung abgeleitet wurde, die in der Literatur variierend bspw. mit  $\tau_c=4 \text{ N/m}^2$  (Lysne, 1969; Paintal, 1972; Yao, 1974), bzw. nach Schultz (1960) mit  $2 \text{ N/m}^2 < \tau_c < 3 \text{ N/m}^2$  oder nach Gustaffson (1964) mit  $1,4 \text{ N/m}^2 < \tau_c < 2,1 \text{ N/m}^2$  angegeben wird. Nimmt man von diesen Werten  $\tau_c = 3 \text{ N/m}^2$  als Mittelwert für die Grenzschubspannung an, bei der ein ablagerungsfreier Transportzustand eingehalten wird, und berechnet für die vier ausgewählten Messstellen die für diese Schubspannung erforderlichen Durchflüsse, dann ergibt sich im Mittel ein Grenzabfluss von etwa 40 l/s. Ein Ereignis wird betrachtet solange dieser Abfluss überschritten ist. Folgen mehrere Wellen, zwischen denen der Grenzabfluss unterschritten wird, dicht ( $\Delta t < 30 \text{ min}$ ) aufeinander, so werden diese zusammen als ein einziges Ereignis gewertet. Würde man anstatt der gewählten Schubspannung von  $\tau_c = 3 \text{ N/m}^2$  einen der o. g. Werte als Grenzschubspannung verwenden, würde sich am betrachteten Zeitraum der einzelnen Ereignisse wenig ändern, da die Welle zu Beginn eines Regenereignisses meist so sprunghaft ansteigt, dass der Ereignisbeginn aufgrund der minütlichen Auflösung der Durchflussmessung auch bei unterschiedlichen Grenzabflüssen meist an der gleichen Stelle liegen würde.

Auf die Berechnung eines Grenzabflusses für jede einzelne Messstelle, deren Einzugsgebiete alle eine ähnliche Charakteristik aufweisen, wurde aus Gründen der einfachen Vergleichbarkeit verzichtet. Bild 102 gibt einen Überblick über die Abflusswellen der Messstelle BO-1.

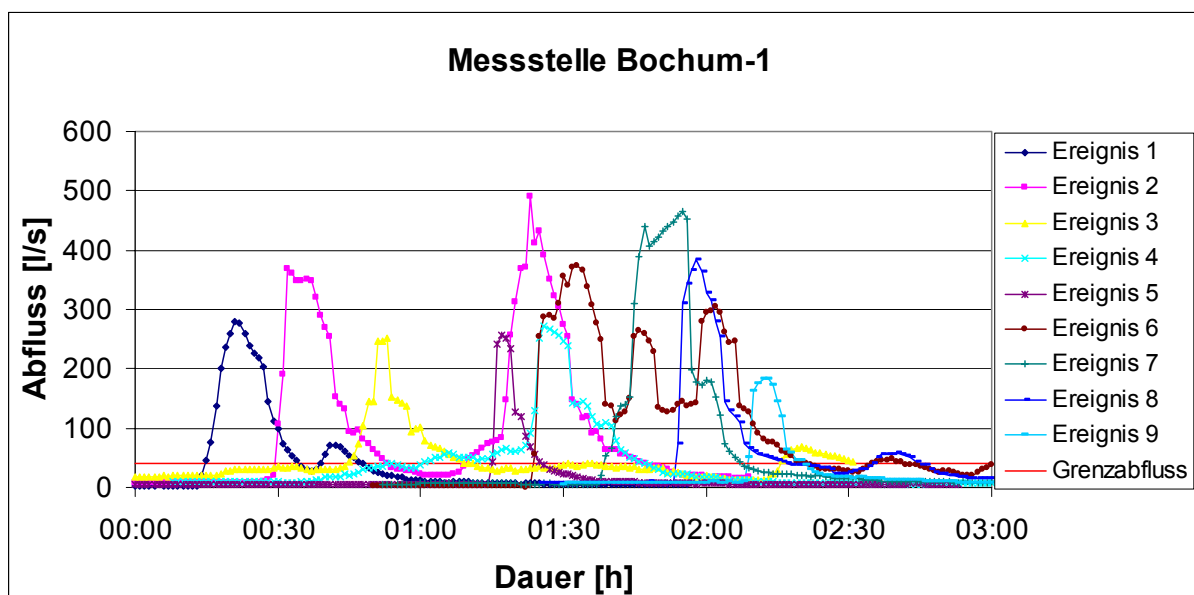


Bild 102: Abflussganglinien der Starkregenereignisse an der Messstelle Bochum-1 (Anfangszeitpunkt aus Gründen der Übersichtlichkeit verschoben)

Der vielfach in der Literatur anzutreffende Grenzabfluss von  $2Q_s + Q_f$  (bspw. Geiger, 1984) wurde hier nicht verwendet, da dieser Grenzwert manchmal lange vor dem

Starkregen erreicht wurde und somit aufgrund der begrenzten Probenanzahl für diesen Bereich keine Analysewerte vorliegen. Da der Fokus auf starken Regenereignissen liegen sollte, wurde dieser Grenzabfluss auch nicht als zweckmäßig erachtet.

### 7.1.5 Auswertung und Ergebnisse

Ziel der Versuche war es, eine Aussage treffen zu können, ob die Stoffausträge aus einem Regenüberlauf in einem gereinigten Kanalnetz geringer sind als in einem ungereinigten. Da der Vergleich der Stoffausträge über die Frachtsummen zwar einfach zu führen ist, jedoch anhand der Vielzahl von beeinflussenden Faktoren eine nur eingeschränkte Aussagekraft besitzt, wurden zusätzlich Vergleiche der Konzentrationen und der Frachtsummenlinien herangezogen.

#### Vergleich der Frachten

Die Frachtsummen, die in den folgenden Abbildungen für die einzelnen Parameter vor und nach der Reinigung dargestellt sind, berechnen sich nach Gleichung 3 aus dem Integral der in Gleichung 2 berechneten Frachtintensität, die sich aus den Größen Stoffkonzentration und Abfluss ergibt.

$$f_i(t) = q(t) \cdot c_i(t) \quad \text{Gleichung 2}$$

$$F_i = \int f_i(t) \quad \text{Gleichung 3}$$

Hierbei sind nach Geiger (1984):

$f_i(t)$  = Frachtintensität des Stoffes  $i$  in g/s zum Zeitpunkt  $t$

$q(t)$  = Abfluss in  $\text{m}^3/\text{s}$  zum Zeitpunkt  $t$

$c_i(t)$  = Konzentration des Stoffes  $i$  in  $\text{g}/\text{m}^3$  zum Zeitpunkt  $t$

$F_i$  = Frachtsumme des Stoffes  $i$

Vergleicht man die Frachten, die bei den Regenereignissen vor und nach der Reinigung die Messstelle passieren, so lässt sich kein eindeutiger Einfluss der Kanalreinigung erkennen. Nur an der Messstelle Bochum-2 (Bild 104) sind nach der Reinigung kleinere Frachten zu verzeichnen, an den übrigen Messstellen waren die Frachten nach der Reinigung größer (Bild 103, Bild 105 und Bild 106)

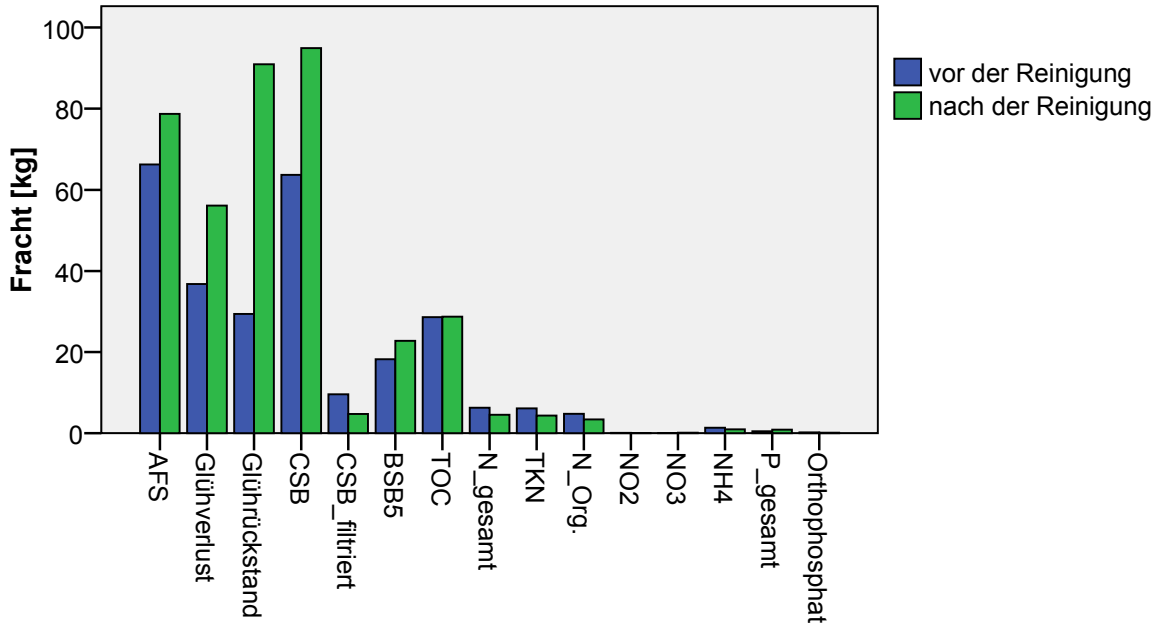


Bild 103: Durchschnittliche Fracht je Regenereignis für die gemessenen Parameter vor und nach der Kanalreinigung an der Messstelle Bochum-1

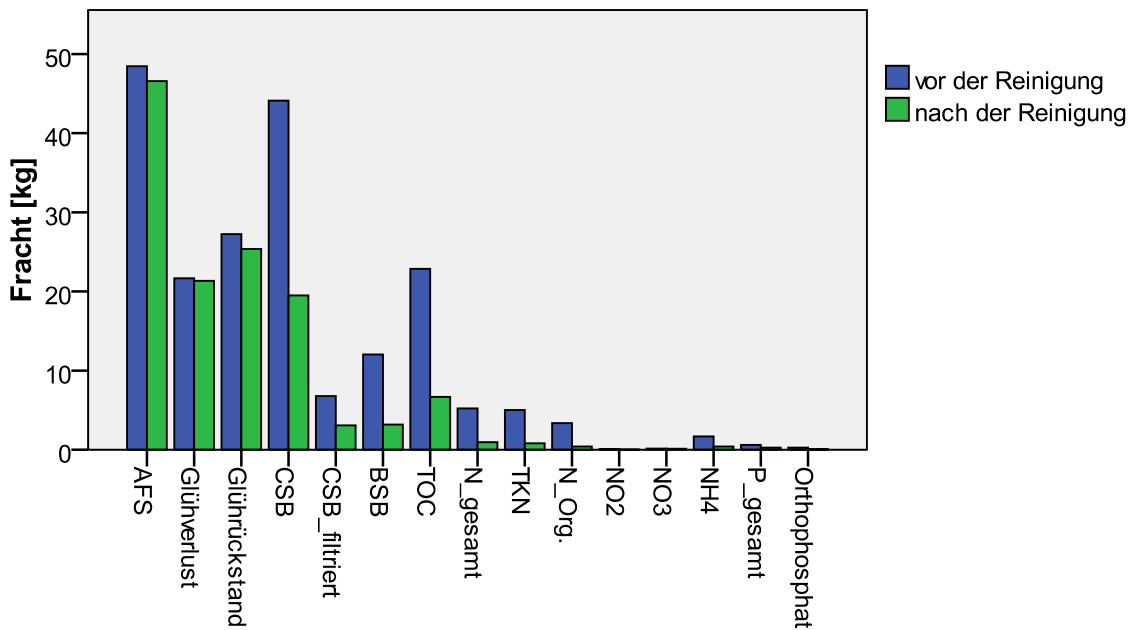


Bild 104: Durchschnittliche Fracht je Regenereignis für die gemessenen Parameter vor und nach der Kanalreinigung an der Messstelle Bochum-2

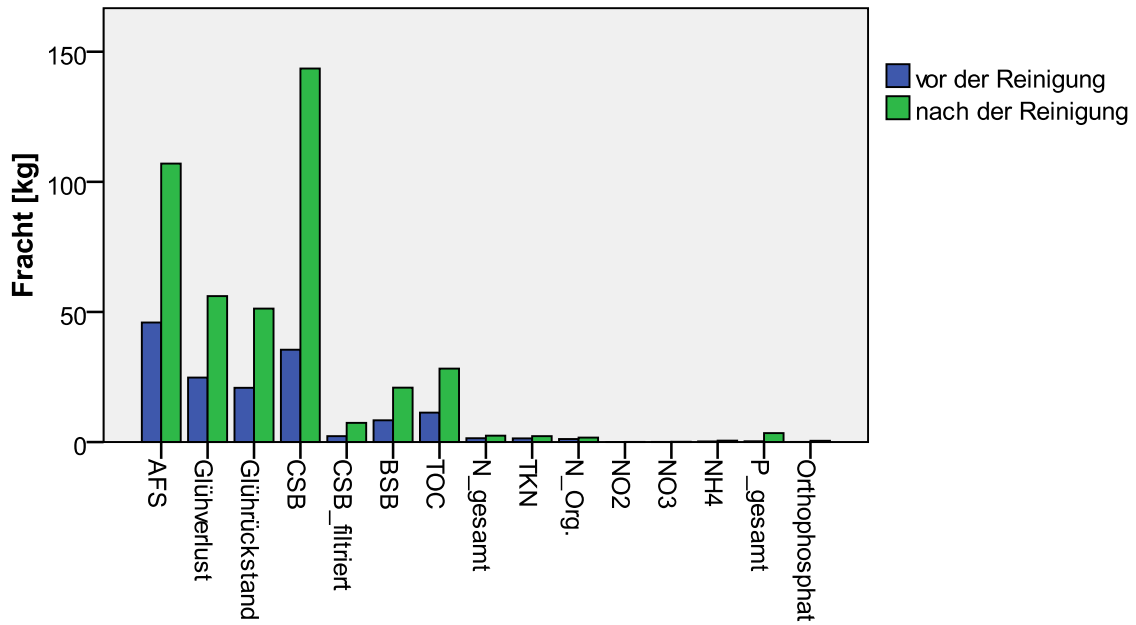


Bild 105: Durchschnittliche Fracht je Regenereignis für die gemessenen Parameter vor und nach der Kanalreinigung an der Messstelle Marl-1

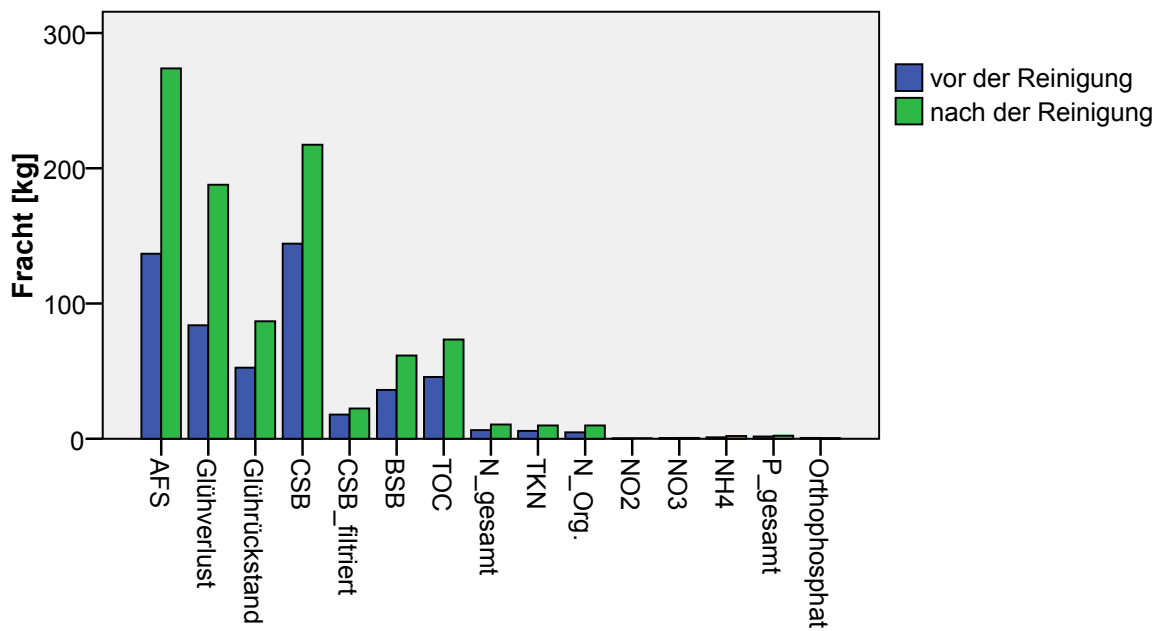


Bild 106: Durchschnittliche Fracht je Regenereignis für die gemessenen Parameter vor und nach der Kanalreinigung an der Messstelle Marl-2

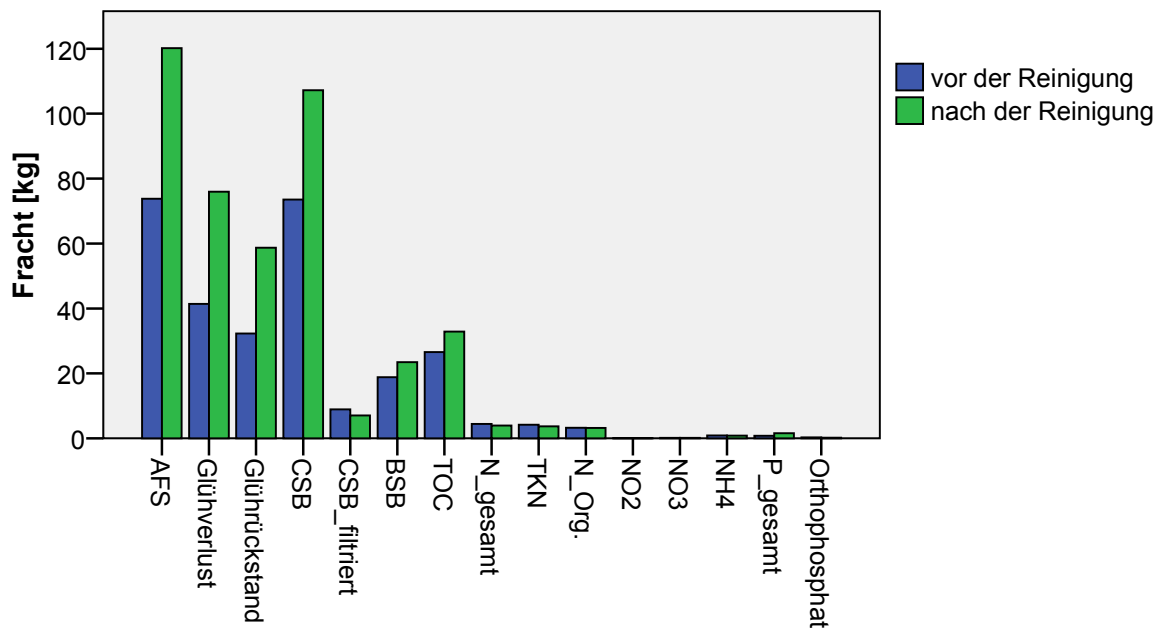


Bild 107: Durchschnittliche Fracht je Regenereignis für die gemessenen Parameter vor und nach der Kanalreinigung aus vier Messstellen

Dieses Ergebnis schlägt sich auch in Bild 107 nieder, welches die durchschnittlichen Frachten für alle Messstellen zusammen darstellt. Besonders die Parameter, die einen Großteil der Schmutzfracht ausmachen (AFS, CSB, BSB, TOC) zeigen einen deutlichen Anstieg, während bei den Stickstofffraktionen und beim CSB des filtrierten Abwassers ein leichter Rückgang zu verzeichnen ist.

Der naheliegende Schluss, Kanalreinigungen führen zu erhöhten Frachten, ist in Frage zu stellen. Begründen könnte man diese Schlussfolgerung mit geringem Verschmutzungspotential „alter“ Ablagerungen aufgrund von biologischem Abbau sowie mit einer Verbesserung des Fließprofils durch die Ablagerungen, so dass sich ein Gleichgewichtszustand einstellt und neue Ablagerungen verhindert werden. Jedoch kann nicht ausgeschlossen werden, dass es sich um ein Zufallsergebnis handelt, das zeigt, dass sich die Frachtsummen zum Vergleich der Verschmutzung von Mischwasserabflüssen nicht eignen, da es zu viele beeinflussende Parameter wie bspw. Ereignisdauer, Ereignisverlauf, Gesamt- und Maximalabfluss, Trockenabflussdauer u. a. gibt.

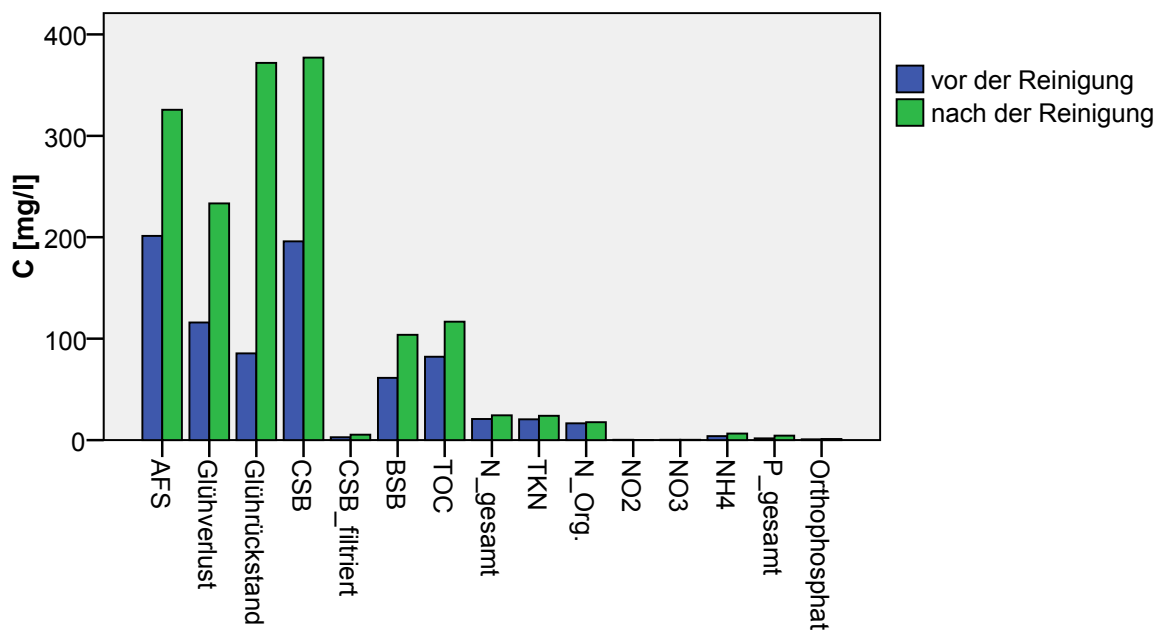
### Vergleich der Konzentrationen

Da die Frachtsummen offensichtlich kein geeigneter Parameter zur Quantifizierung des Schmutzpotentials sind und sich auch in der Literatur keine geeignete Größe, die einen einfachen Vergleich der Verschmutzung verschiedener Starkregenereignisse ermöglicht, findet, wird im Folgenden versucht, den Vergleich anhand der Konzentrationen zu ziehen.

Die durchschnittliche Konzentration  $c$  berechnet sich aus den Durchflüssen  $Q$  zum Zeitpunkt  $i$  und den zugehörigen Konzentrationen  $c_i$ :

$$c = \frac{\sum Q_i c_i}{\sum Q_i} \quad \text{Gleichung 4}$$

Die Darstellung der Konzentrationen in Bild 108 bis Bild 112 zeigt für die Ereignisse nach der Reinigung überwiegend größere Konzentrationen und ähnelt damit stark den Darstellungen der Frachten, auch wenn die Differenzen bei den meisten Parametern etwas variieren. Der Unterschied kommt dadurch zustande, dass die Konzentrationen bei den einzelnen Ereignissen sehr unterschiedlich sind und es nur eine bedingte Abhängigkeit von der Höhe des Abflusses gibt. Theoretisch sinnvoll wäre bspw., dass hohe Abflüsse aufgrund der großen Verdünnung kleine Konzentrationen zur Folge haben. Bild 113 bis Bild 116 zeigen jedoch, dass sich dieser Zusammenhang aufgrund von Effekten wie der Remobilisierung von Ablagerungen oder auch wegen der sehr unterschiedlichen Ereignisverläufe nicht nachweisen lässt.



*Bild 108: Durchschnittliche Konzentrationen je Regenereignis für die gemessenen Parameter vor und nach der Kanalreinigung an der Messstelle Bochum-1*



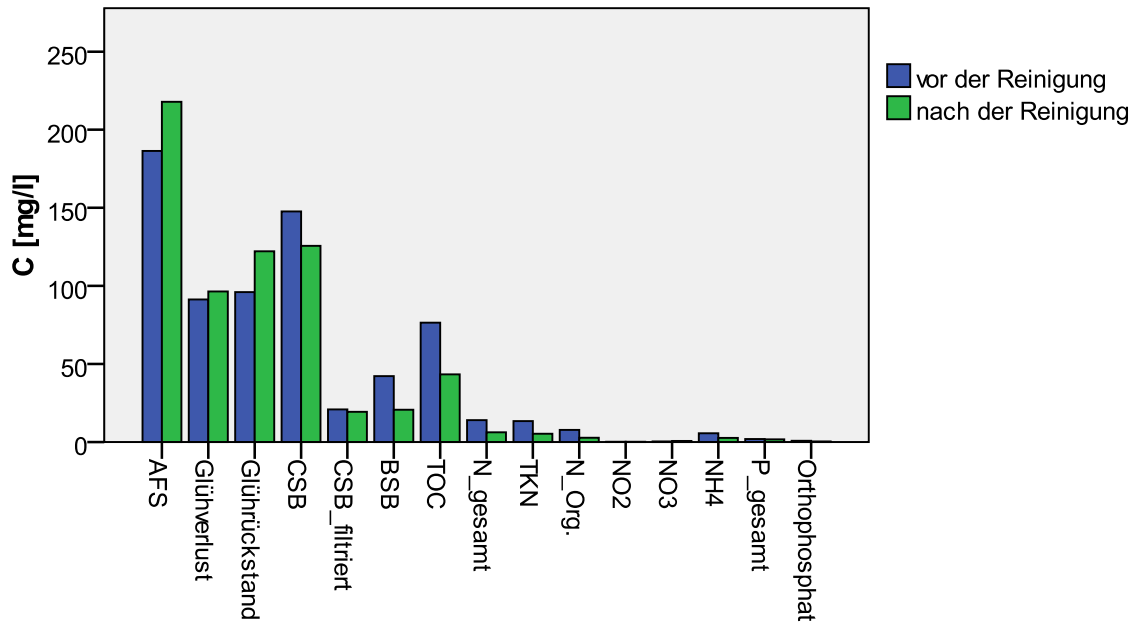


Bild 109: Durchschnittliche Konzentrationen je Regenereignis für die gemessenen Parameter vor und nach der Kanalreinigung an der Messstelle Bochum-2

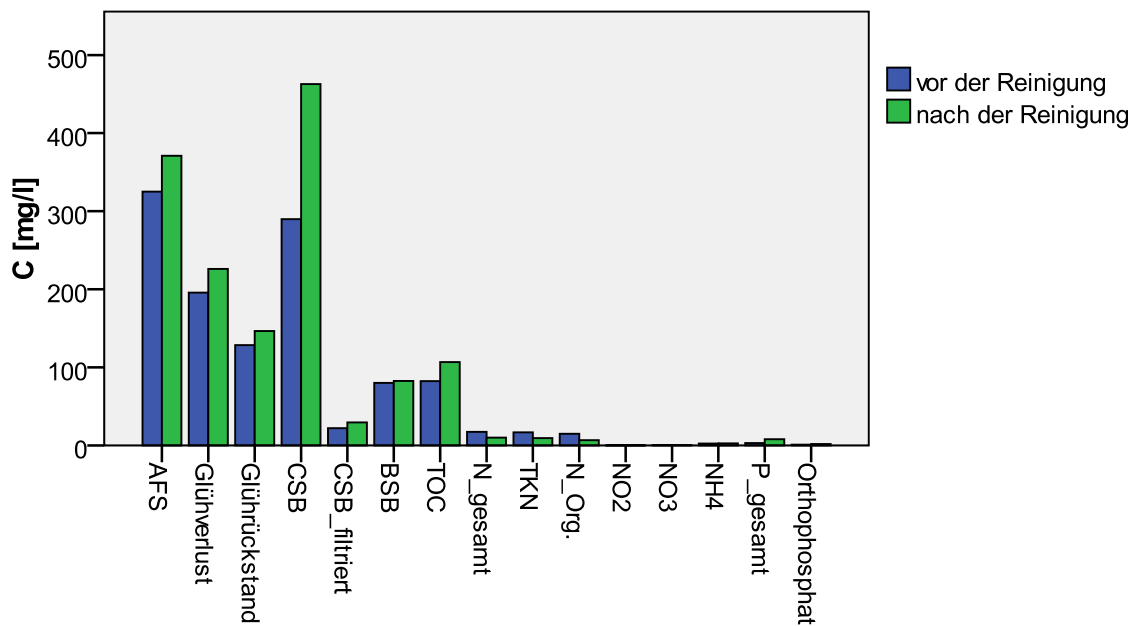


Bild 110: Durchschnittliche Konzentrationen je Regenereignis für die gemessenen Parameter vor und nach der Kanalreinigung an der Messstelle Marl-1

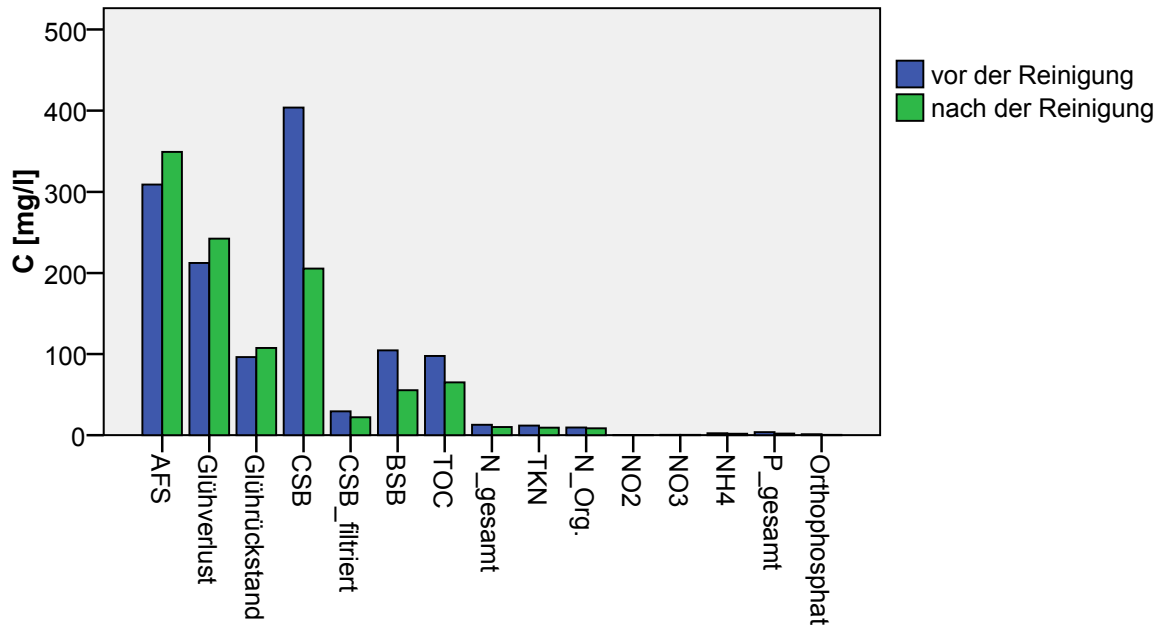


Bild 111: Durchschnittliche Konzentrationen je Regenereignis für die gemessenen Parameter vor und nach der Kanalreinigung an der Messstelle Marl-2

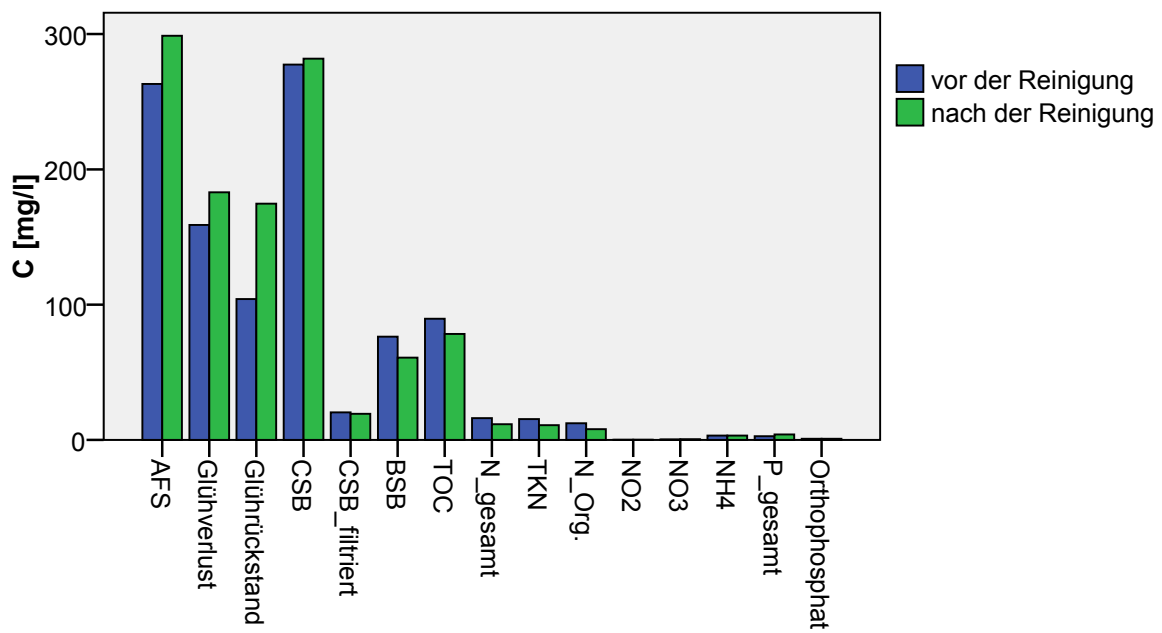


Bild 112: Durchschnittliche Konzentrationen je Regenereignis für die gemessenen Parameter vor und nach der Kanalreinigung aus vier Messstellen

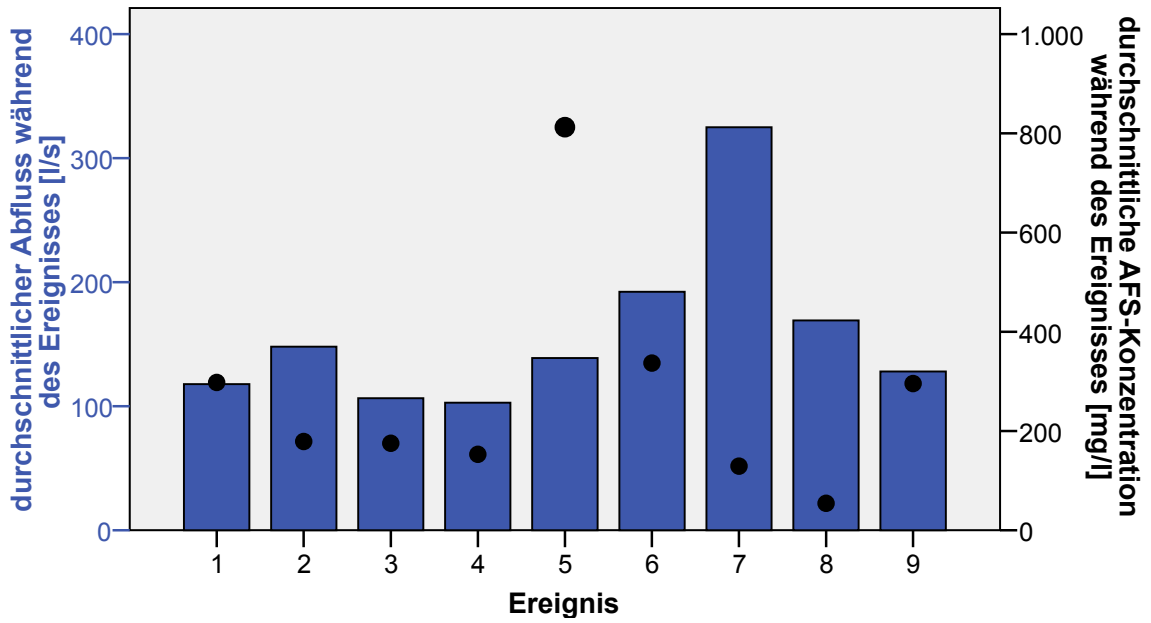


Bild 113: Darstellung der durchschnittlichen Abflüsse (Balken) und AFS-Konzentrationen (Punkte) für die einzelnen erfassten Regenereignisse an der Messstelle Bochum-1

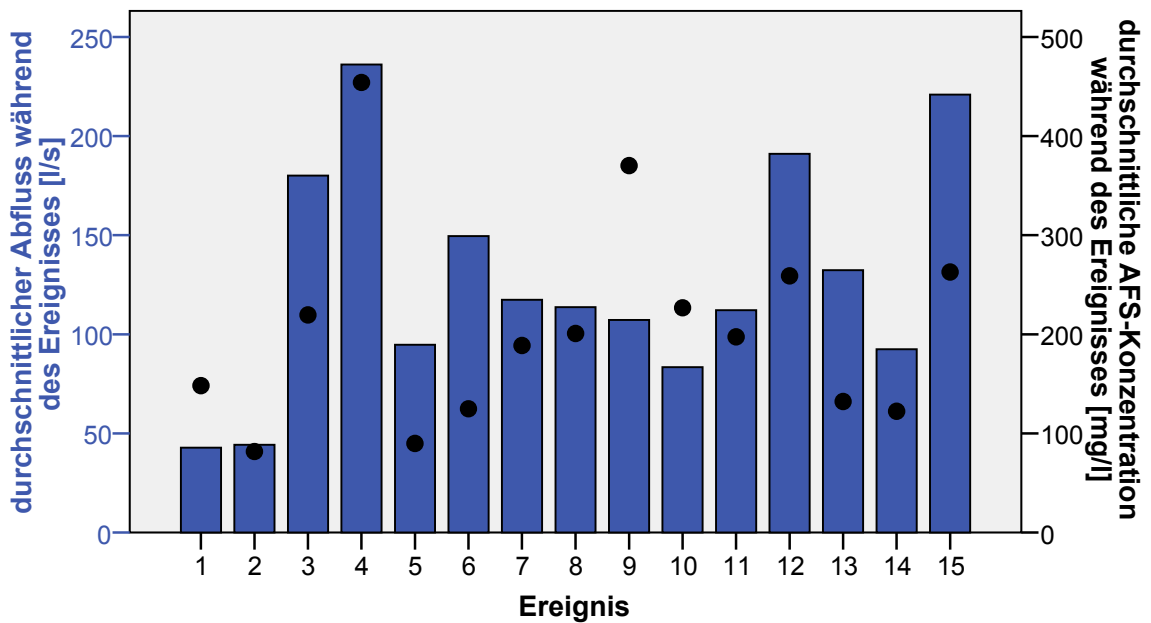


Bild 114: Darstellung der durchschnittlichen Abflüsse (Balken) und AFS-Konzentrationen (Punkte) für die einzelnen erfassten Regenereignisse an der Messstelle Bochum-2

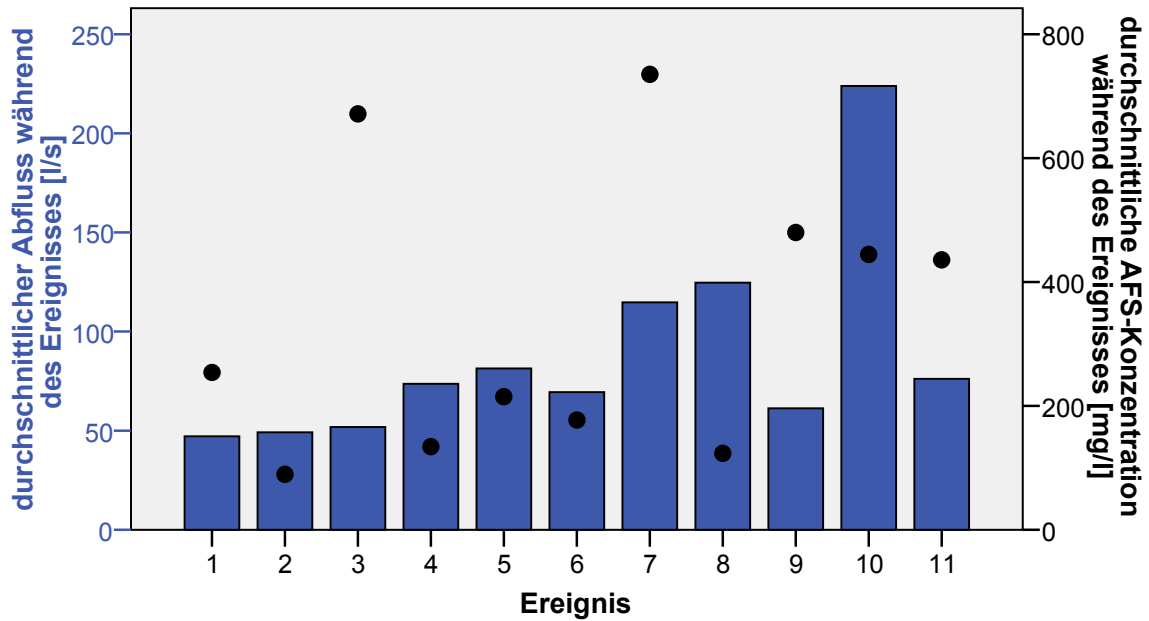


Bild 115: Darstellung der durchschnittlichen Abflüsse (Balken) und AFS-Konzentrationen (Punkte) für die einzelnen erfassten Regenereignisse an der Messstelle Marl-1

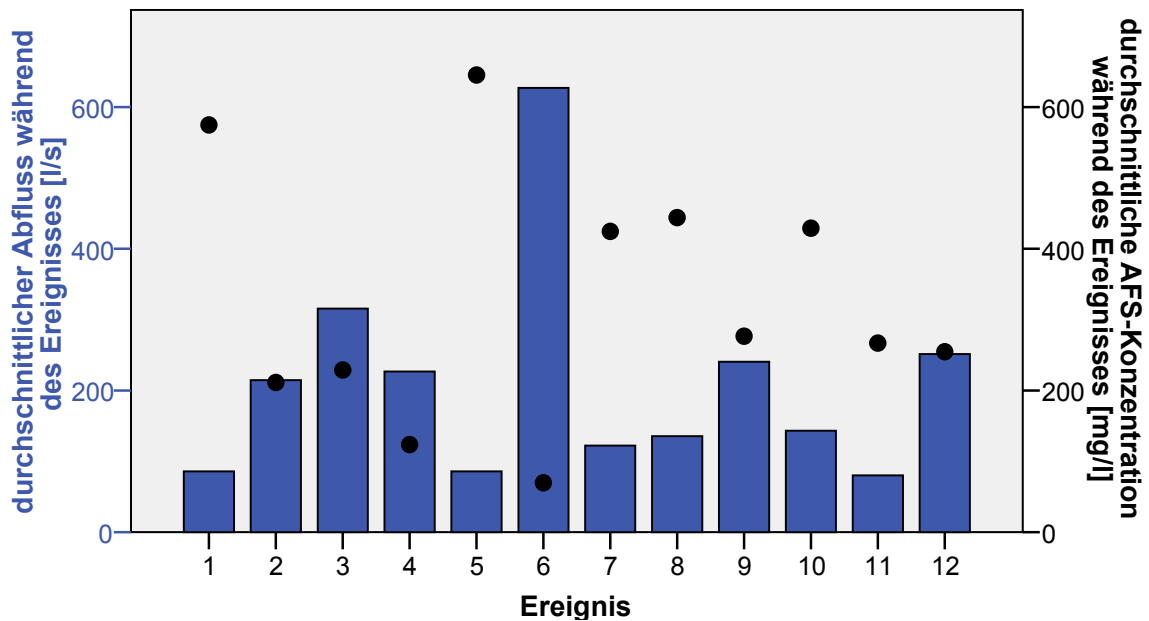


Bild 116: Darstellung der durchschnittlichen Abflüsse (Balken) und AFS-Konzentrationen (Punkte) für die einzelnen erfassten Regenereignisse an der Messstelle Marl-2

### Vergleich der Frachtsummenlinien

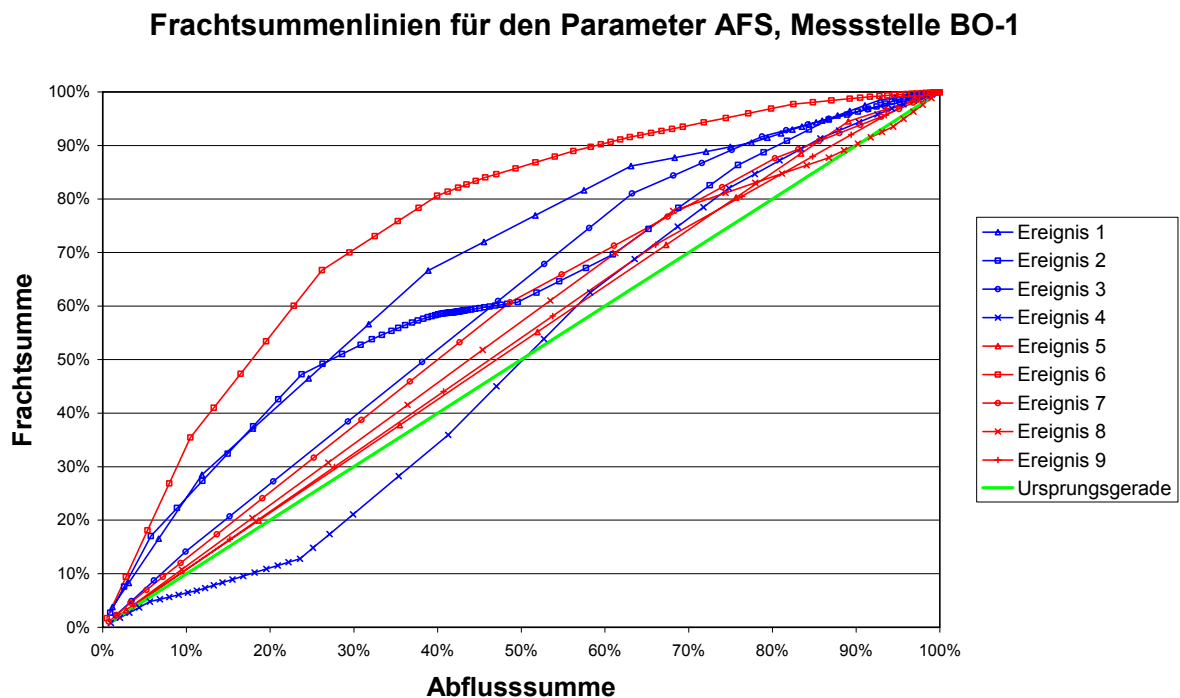
Da die Regenereignisse vor und nach einer Kanalreinigung anhand der Frachten und Konzentrationen das unerwartete Ergebnis höherer Frachten nach der Reinigung

zeigen, wird im Folgenden zur weiteren Absicherung eine Gegenüberstellung der Frachtsummenlinien vorgenommen. Sie lassen erkennen, ob ein Spülstoß vorliegt. Integriert man Gleichung 2 über die Abflussdauer, so erhält man die Frachtsummenlinie  $F_i(t)$ :

$$F_i(t) = \int_0^t q(t) \cdot c_i(t) dt \quad \text{Gleichung 5}$$

Die Frachtsummenlinien werden relativ über der Abflusssumme aufgetragen. Der Frachtverlauf variiert in der Regel erheblich bei den einzelnen Ereignissen und Stoffen. Je ausgeprägter der Spülstoß zu Beginn eines Ereignisses ist, desto höher verläuft die Kurve über der Ursprungsgeraden.

Die Frachtsummenlinien der AFS-Frachten und CSB-Frachten sind im Folgenden dargestellt (Bild 117 bis Bild 124). Dabei ist zu erkennen, dass die meisten Ereignisse einen leicht positiven Verlauf haben, sich also in der Regel ein Spülstoß abzeichnet. Auffallend ist jedoch, dass auch der Zeitpunkt, also ob das Starkregenereignis vor oder nach einer Kanalreinigung stattgefunden hat, keinen Einfluss auf die Ausprägung des Spülstoßes hat. Dies gilt auch für die Frachtsummenlinien der anderen Parameter.



*Bild 117: Frachtsummenlinien der AFS-Frachten an der Messstelle Bochum-1 (blau steht für ungereinigt, rot für gereinigt)*

### Frachtsummenlinien für den Parameter CSB, Messstelle BO-1

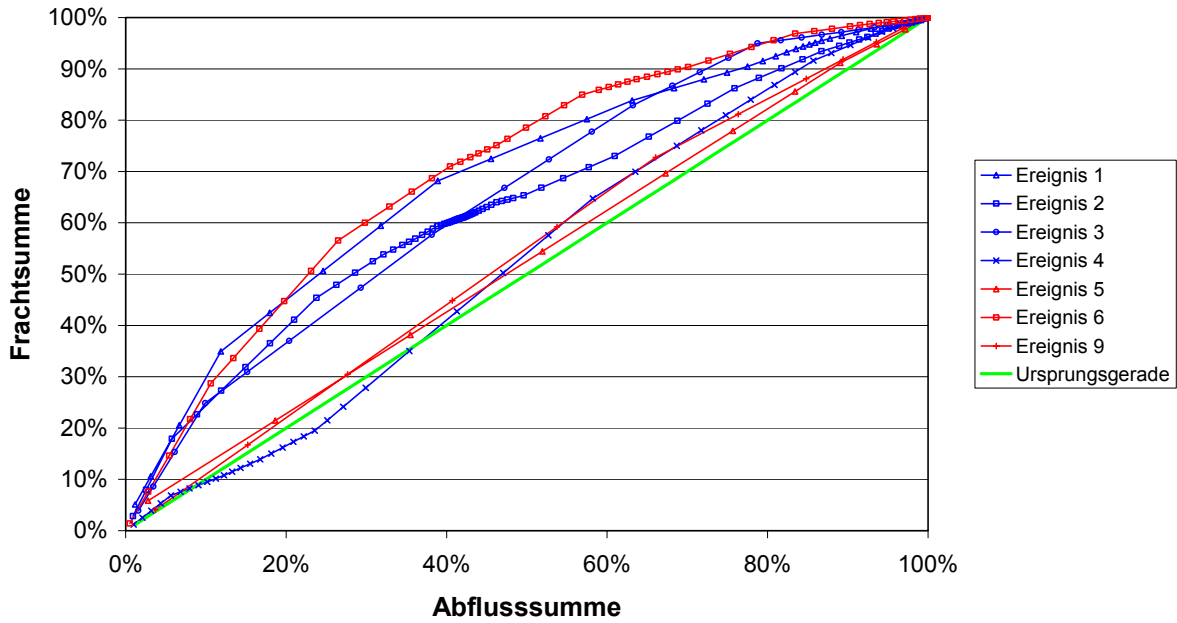


Bild 118: Frachtsummenlinien der CSB-Frachten an der Messstelle Bochum-1

### Frachtsummenlinien für den Parameter AFS, Messstelle BO-2

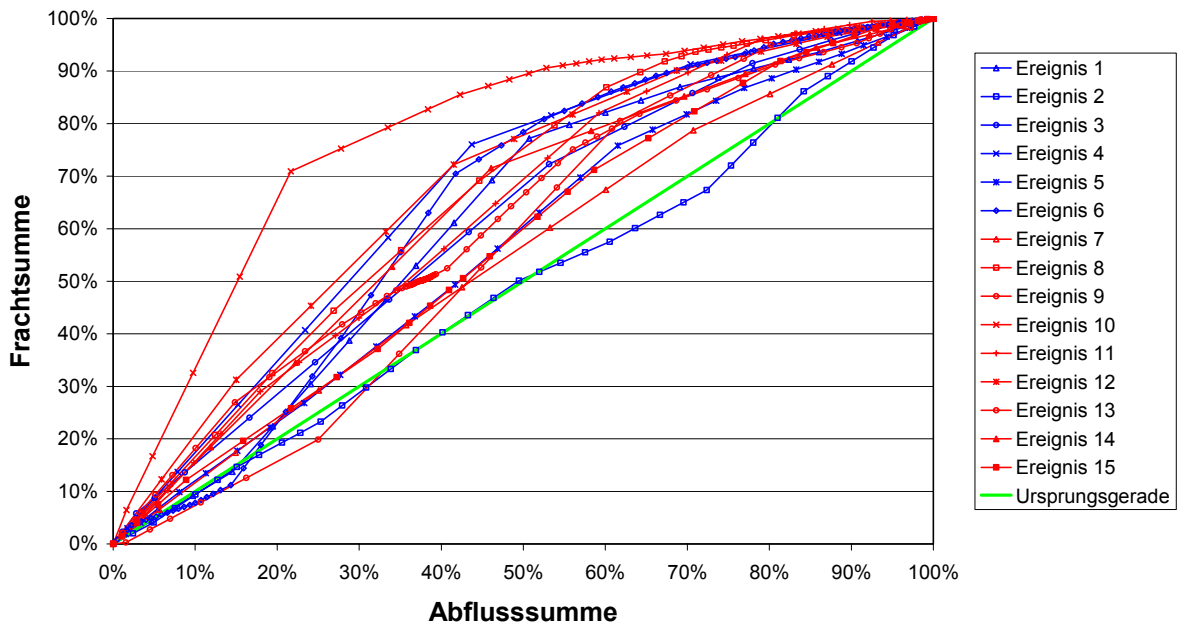


Bild 119: Frachtsummenlinien der AFS-Frachten an der Messstelle Bochum-2 (blau steht für ungereinigt, rot für gereinigt)

Frachtsummenlinie für den Parameter CSB, Messstelle BO-2

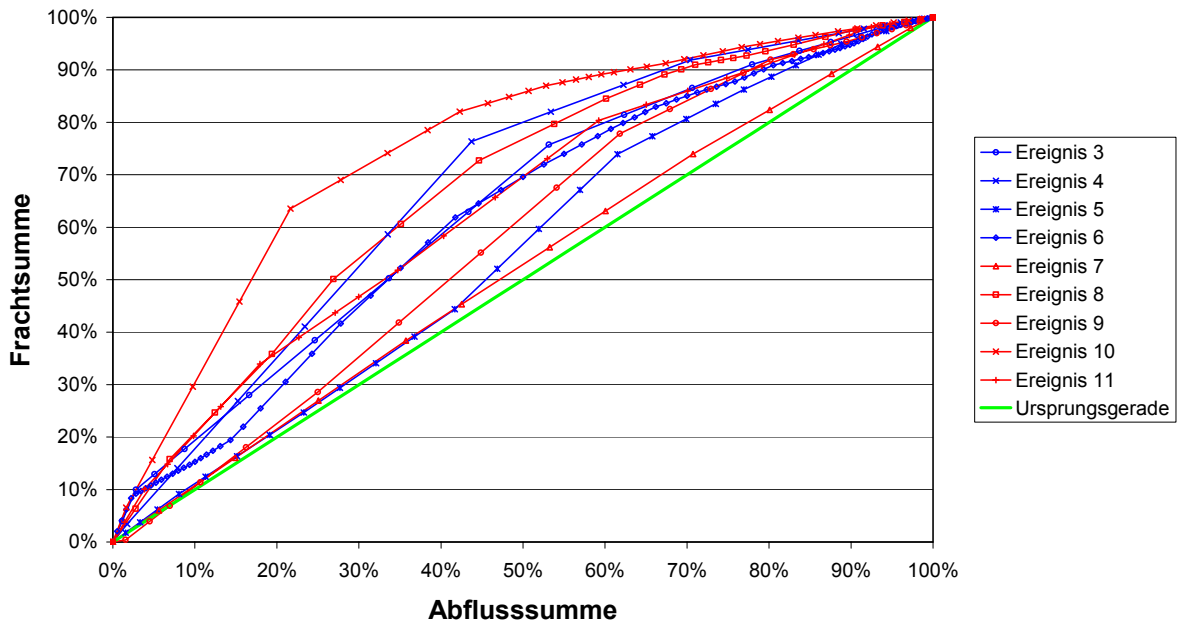


Bild 120: Frachtsummenlinien der CSB-Frachten an der Messstelle Bochum-2

Frachtsummenlinie für den Parameter AFS, Messstelle Marl-1

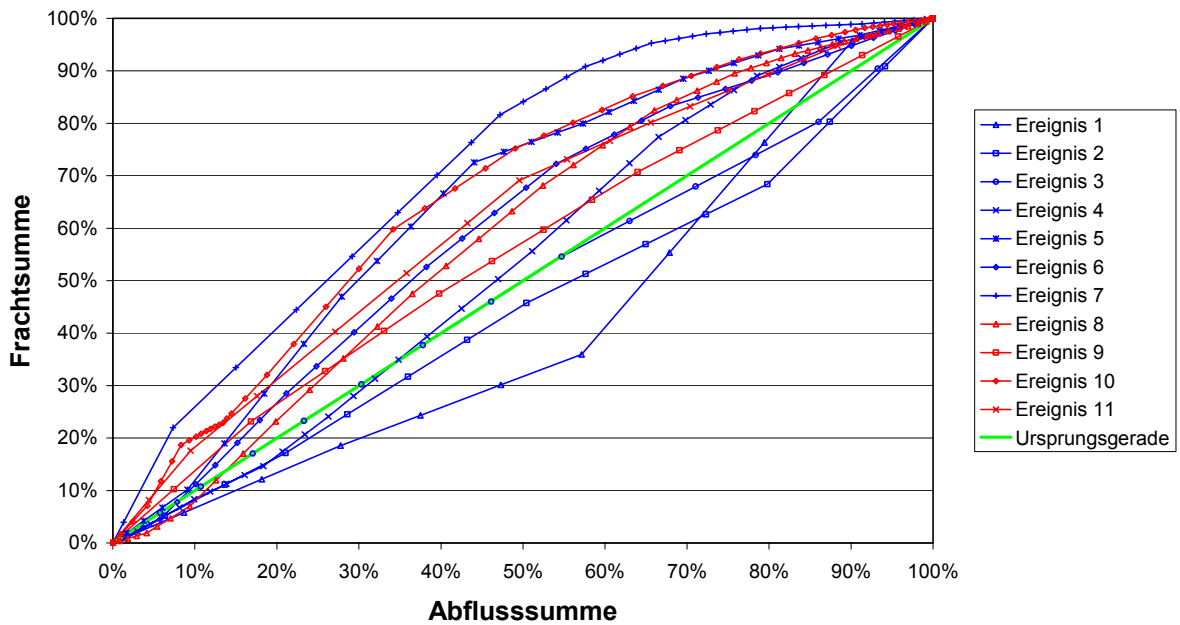


Bild 121: Frachtsummenlinien der AFS-Frachten an der Messstelle Marl-1 (blau steht für ungereinigt, rot für gereinigt)

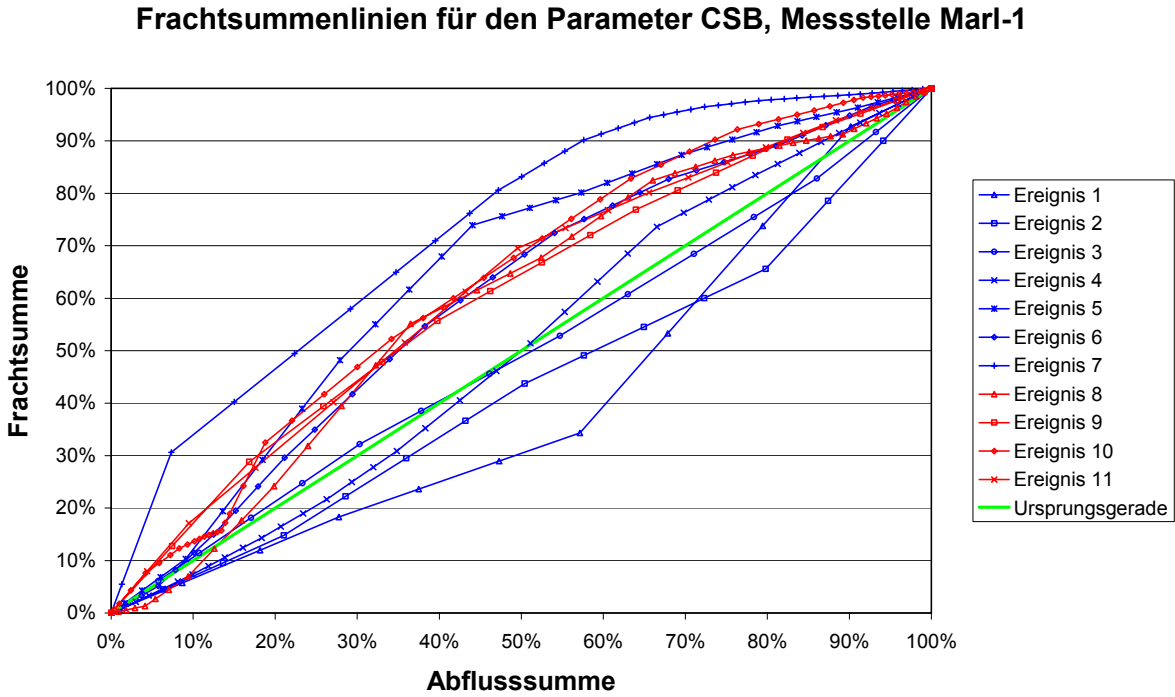


Bild 122: Frachtsummenlinien der CSB-Frachten an der Messstelle Marl-1

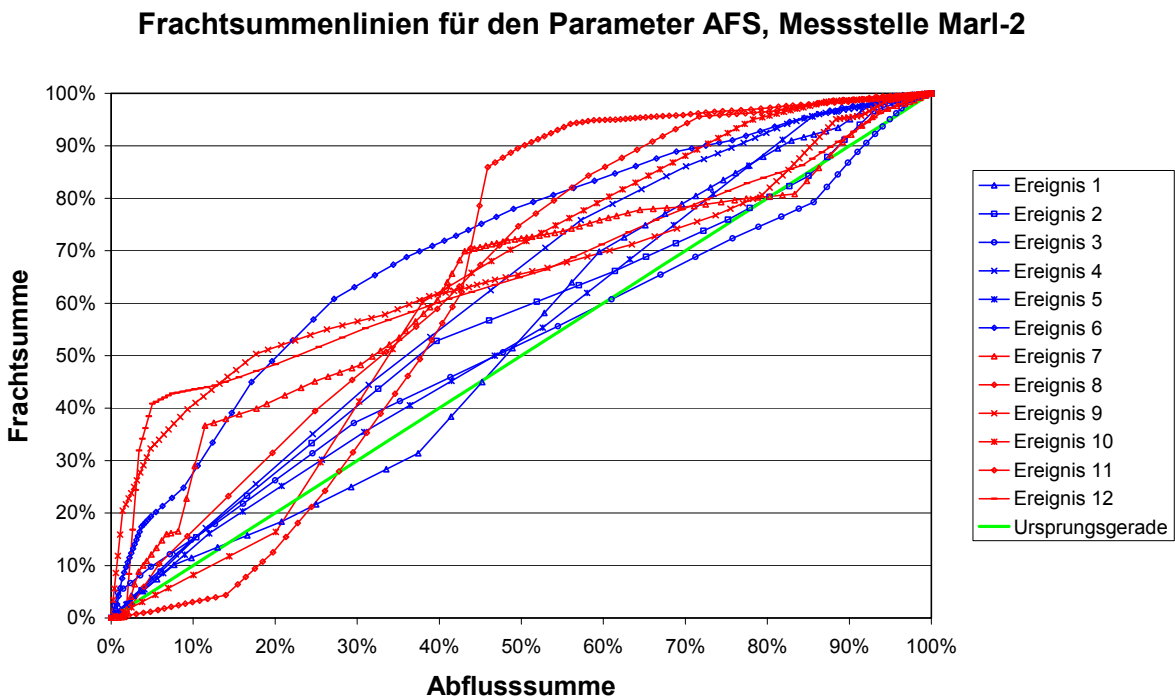


Bild 123: Frachtsummenlinien der AFS-Frachten an der Messstelle Marl-2 (blau steht für ungereinigt, rot für gereinigt)



## Frachtsummenlinien für den Parameter CSB, Messstelle Marl-2

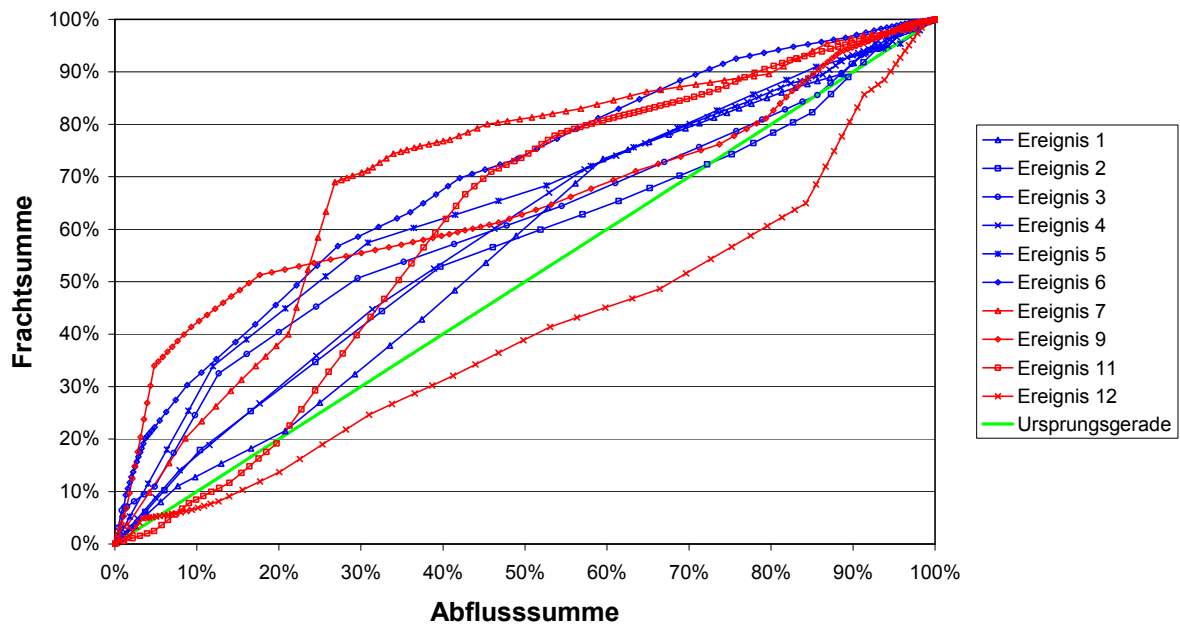
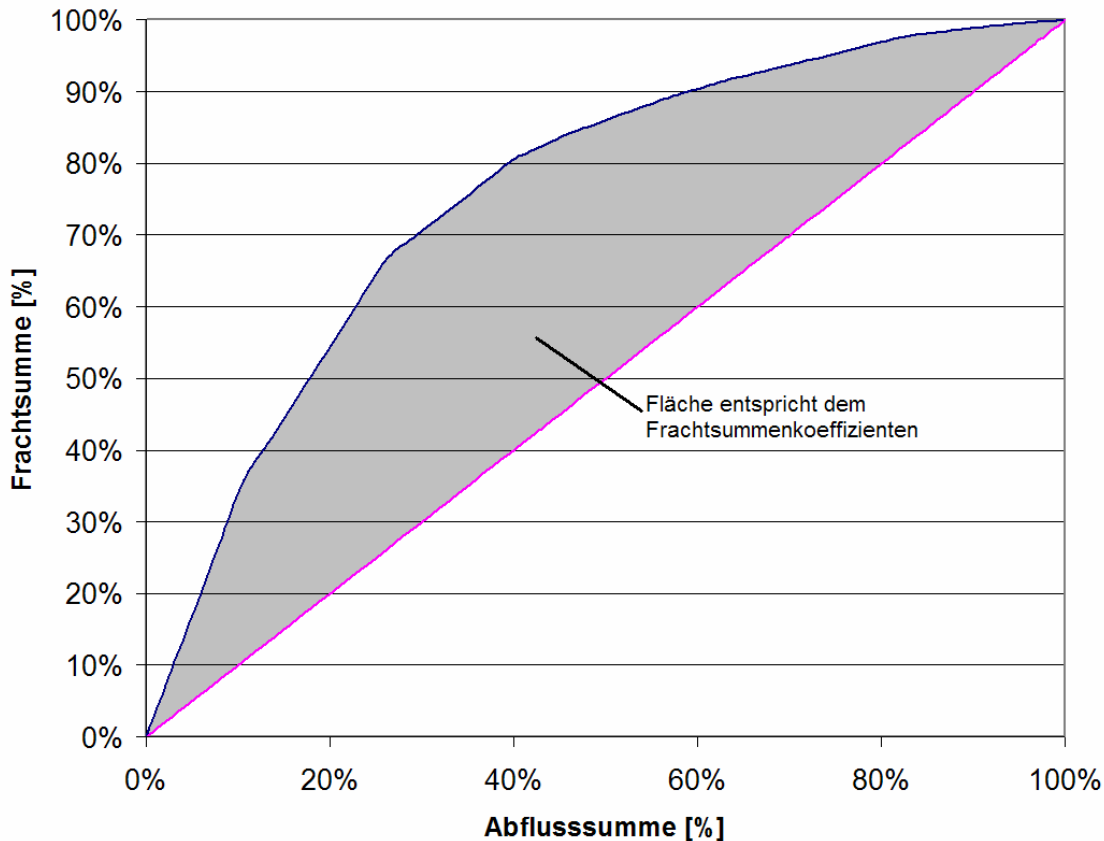


Bild 124: Frachtsummenlinien der CSB-Frachten an der Messstelle Marl-2

Zwar lässt sich anhand der Frachtsummenlinie der Verschmutzungsgrad einer Mischwasserwelle nicht direkt quantifizieren, aber es wird unterstellt, dass ein starker Spülstoß dadurch zustande kommt, dass Ablagerungen remobilisiert werden. Die Größe des Spülstoßes ist damit genauso wie der Verschmutzungsgrad vom remobilisierend wirkenden Abfluss und von der Dauer der Ablagerungsphase abhängig.

Die Berechnung des Inhalts der Fläche zwischen der Frachtsummenlinie (Bild 125) und der Ursprungsgerade, ergibt einen dimensionslosen Wert (im Folgenden Frachtsummenkoeffizient genannt), der einen quantitativen Vergleich der Frachtsummenlinien erlaubt. Je steiler eine Frachtsummenlinie anfangs verläuft, desto größer ist der Frachtsummenkoeffizient. Wird angenommen, dass ein starker Spülstoß gleichzusetzen ist mit einem hohen Verschmutzungsgrad des Mischwasserabflusses, weil offensichtlich viele Ablagerungen remobilisiert wurden, dann bietet der Frachtsummenkoeffizient eine Möglichkeit, den zu einem einzelnen Ereignis gehörenden Verschmutzungsgrad zu quantifizieren und vergleichbar zu machen.



*Bild 125: Erläuterung des Frachtsummenkoeffizienten*

Dabei muss jedoch berücksichtigt werden, dass dieser Wert auch durch die Wahl des Betrachtungszeitraumes eines Ereignisses beeinflusst wird. Wenn bspw. ein Regenereignis lange einen relativ flachen Verlauf hat bevor die eigentliche Welle kommt, dann kann die Frachtsummenlinie anfangs unterhalb der Ursprungsgeraden verlaufen und dann später sprunghaft ansteigen. Es besteht folglich ein starker Spülstoß, der jedoch verzögert auftritt und dessen verzögertes Auftreten sich in einem niedrigen Frachtsummenkoeffizienten niederschlägt. Würde das Ereignis erst ab dem Zeitpunkt des eigentlichen Spülstoßes betrachtet, ergäbe sich hingegen ein sehr hoher Spülstoßkoeffizient. Dies ist ein weiterer Grund dafür, dass im Rahmen dieser Auswertung mit einer einheitlichen Ereignisdefinition (Mindestvolumenstrom) für sämtliche Ereignisse gearbeitet wurde. Auf diese Weise sollte die Vergleichbarkeit gewährleistet werden.

Im Folgenden sind die durchschnittlichen Frachtsummenkoeffizienten ausgewählter Parameter an den einzelnen Messstellen dargestellt (Bild 126 bis Bild 131). Bei den Parametern AFS, CSB und BSB treten an drei der vier Messstellen nach der Kanalreinigung höhere Werte auf, während beim CSB des filtrierte Abwassers nur an einer Messstelle nach der Reinigung höhere Werte auftreten und beim TOC und beim Gesamtstickstoff jeweils an zwei Messstellen vor bzw. nach der Kanalreinigung höhere Werte zu verzeichnen waren.

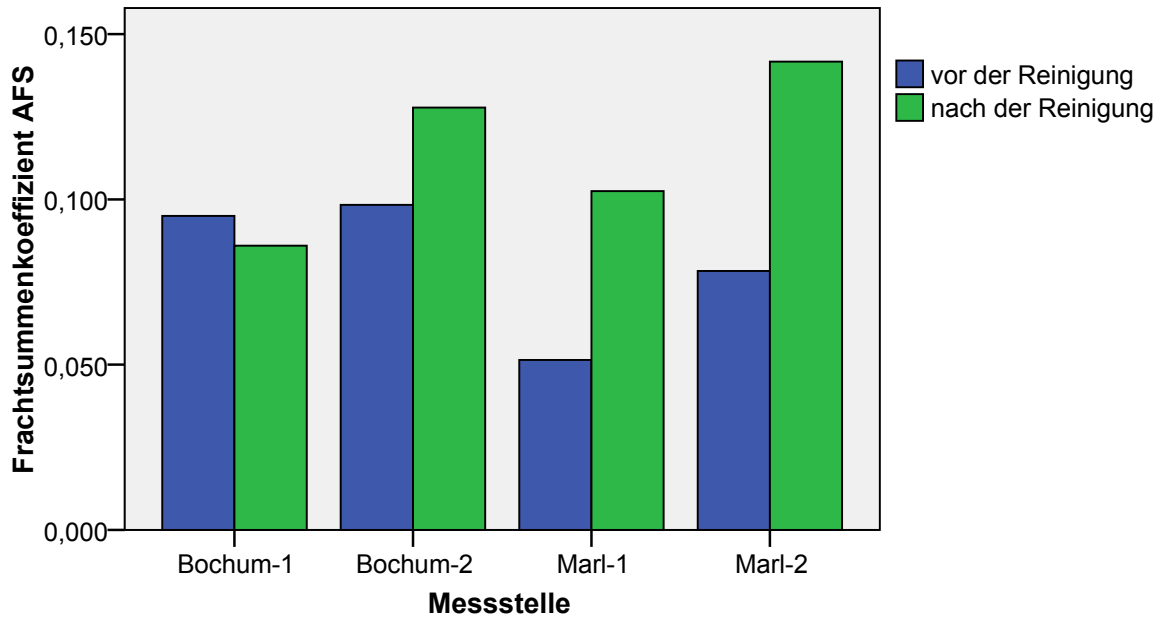


Bild 126: Spülstoßbildung ausgedrückt durch den Frachtsummenkoeffizienten für den Parameter AFS

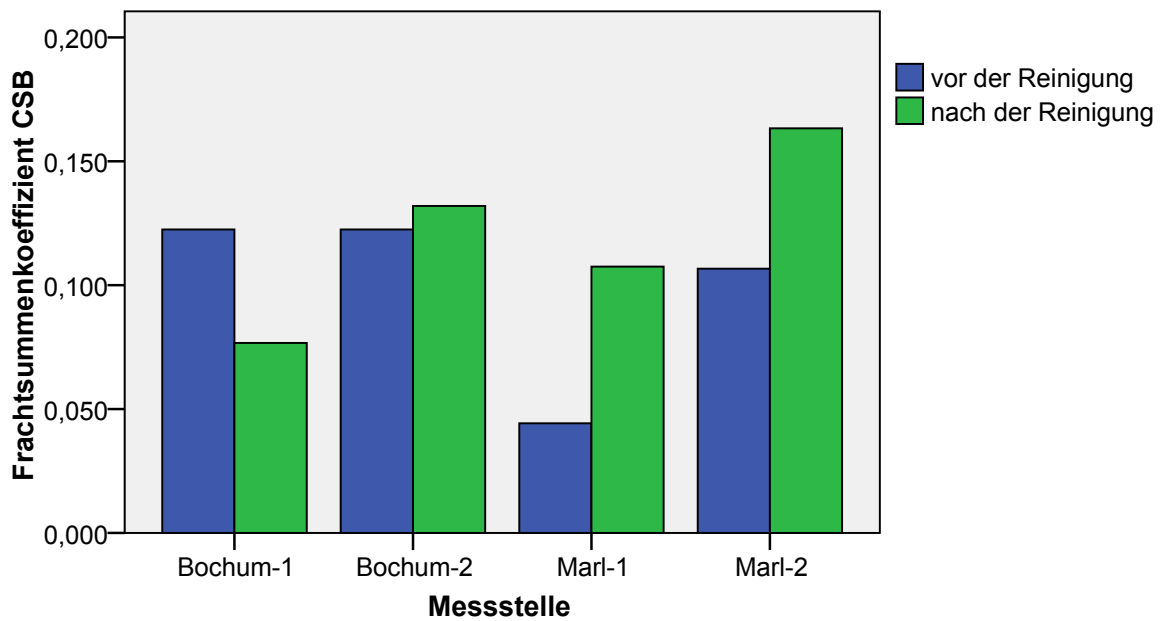


Bild 127: Spülstoßbildung ausgedrückt durch den Frachtsummenkoeffizienten für den Parameter CSB

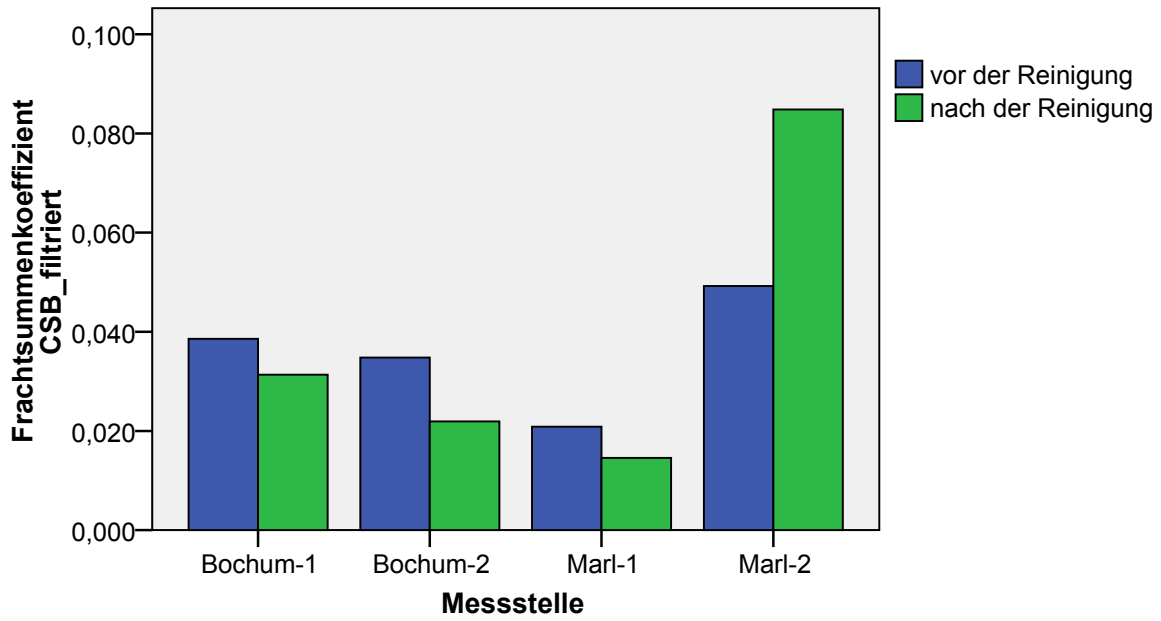


Bild 128: Spülstoßbildung ausgedrückt durch den Frachtsummenkoeffizienten für den Parameter CSB\_filtrierte

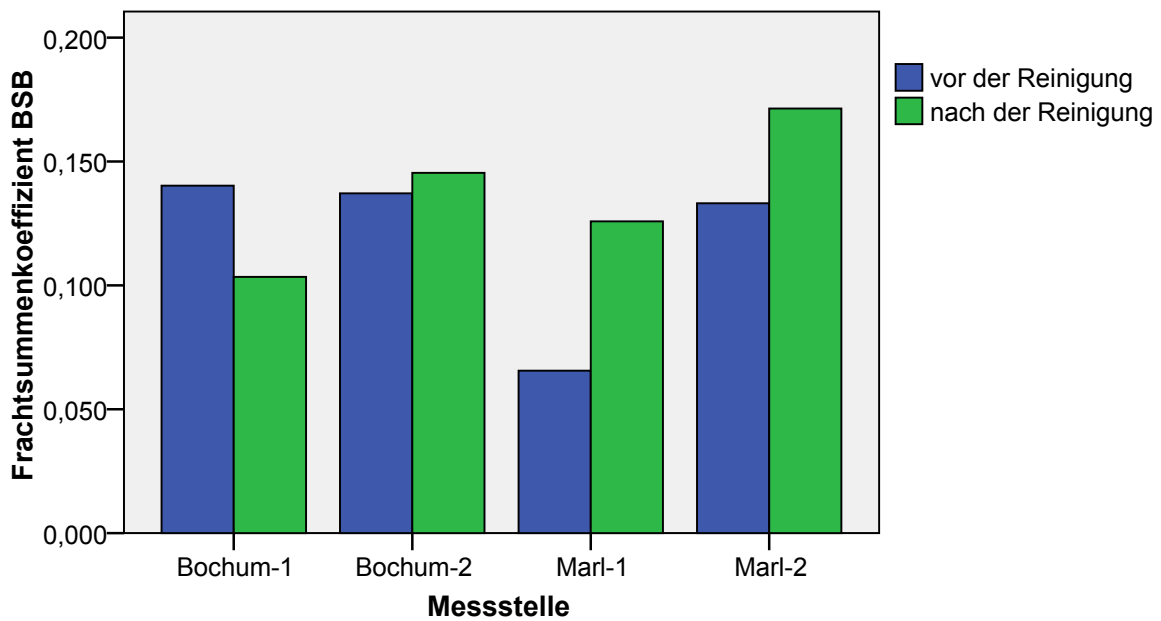


Bild 129: Spülstoßbildung ausgedrückt durch den Frachtsummenkoeffizienten für den Parameter BSB

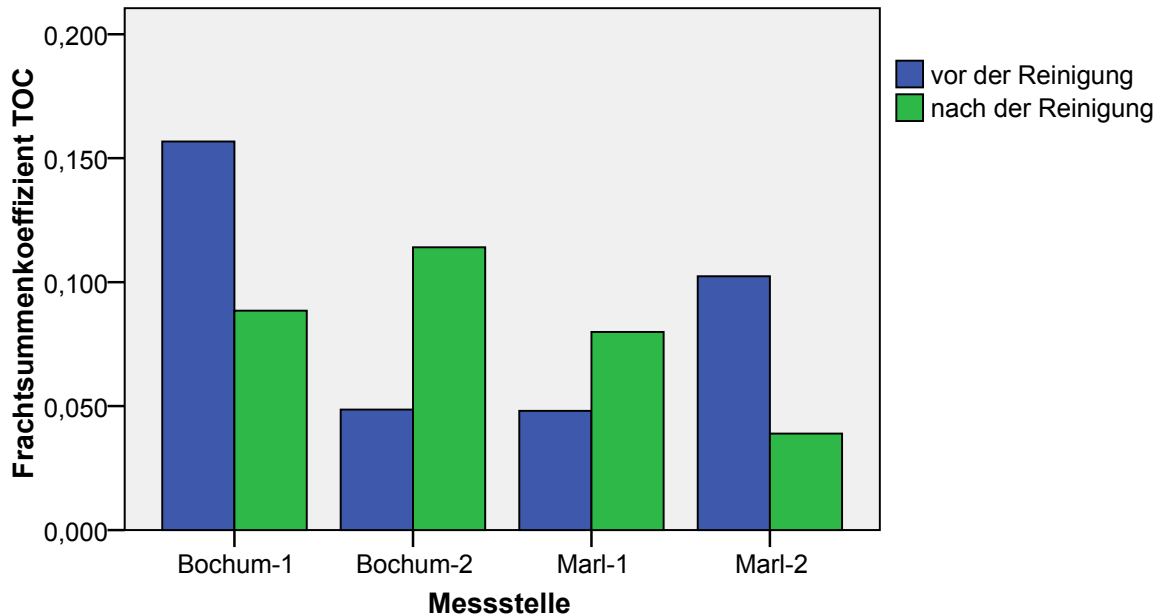


Bild 130: Spülstoßbildung ausgedrückt durch den Frachtsummenkoeffizienten für den Parameter TOC

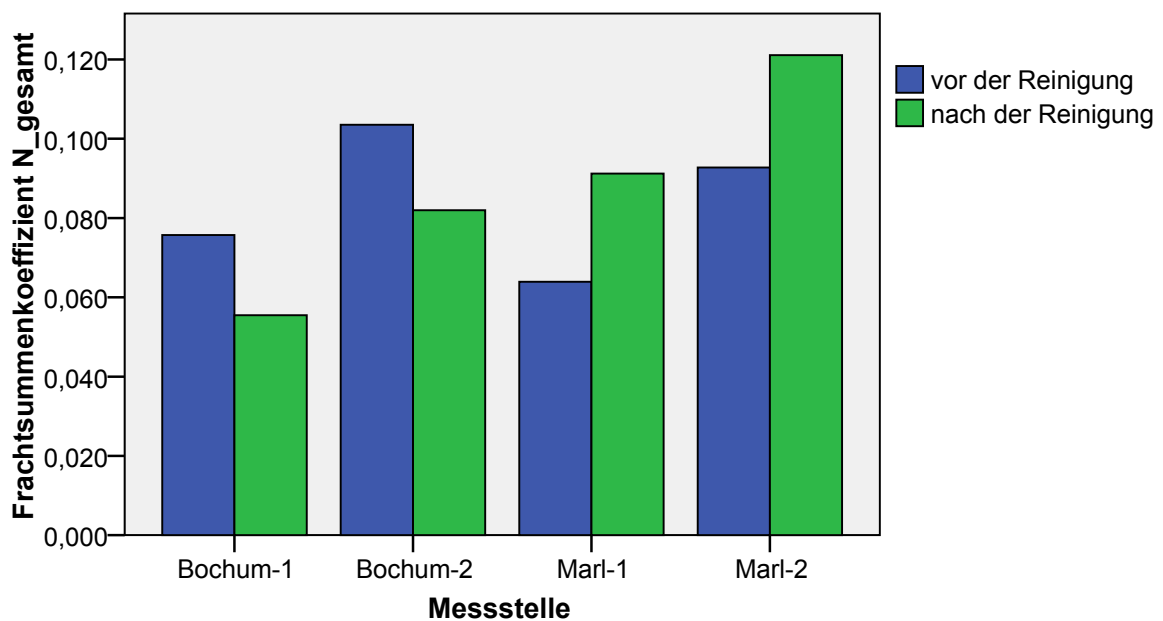
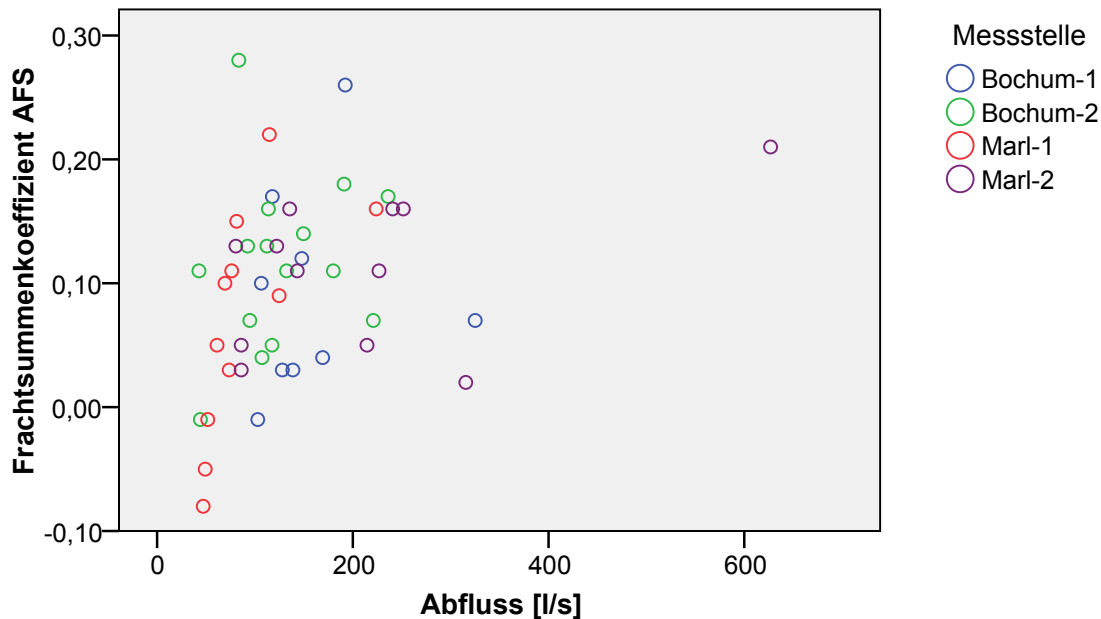


Bild 131: Spülstoßbildung ausgedrückt durch den Frachtsummenkoeffizienten für den Parameter N\_gesamt

Es ist somit keine Abhängigkeit zwischen Frachtsummenkoeffizienten und Kanalreinigung nachweisbar. Das bedeutet, dass auch die Vermeidung eines Spülstoßes durch eine Kanalreinigung nicht erkennbar ist. Ursache hierfür ist höchstwahrscheinlich die relativ kurze Wirkungsdauer einer Kanalreinigung, deren Wirksamkeit schnell durch die Einflüsse von erneuter Ablagerungsbildung und Remobilisierung bei Trockenwetterspitzen oder Mischwasserabflüssen aufgehoben wird.

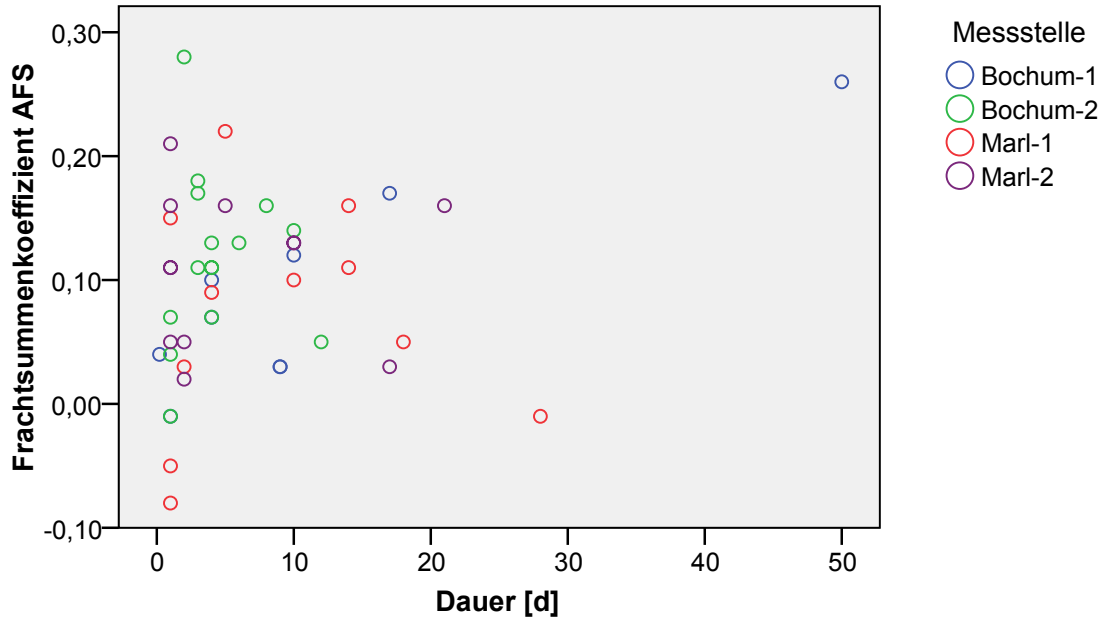
Die Parameter, welche die Frachtsummenkoeffizienten maßgeblich beeinflussen, müssten theoretisch, abgesehen vom Beobachtungszeitraum, der durchschnittliche Abfluss während des Ereignisses und die Dauer der Trockenphase sein. So lässt Bild 132 erkennen, dass hohe durchschnittliche Abflüsse in der Regel auch hohe Frachtsummenkoeffizienten zur Folge haben. Jedoch treten auch schon bei geringen Abflüssen auffallend hohe Frachtsummenkoeffizienten auf, so dass die Abhängigkeit vom Abfluss nicht eindeutig zu belegen ist. Gleiches gilt für den Zusammenhang zwischen Frachtsummenkoeffizient und Dauer der Trockenphase.



*Bild 132: Frachtsummenkoeffizienten für den Parameter AFS in Abhängigkeit vom durchschnittlichen Abfluss*

Und zwar ist bereits nach kurzen Trockenphasen unabhängig von der Kanalreinigung mit erhöhten Spülstößen zu rechnen, was in Bild 133 zu erkennen ist. Dass in der Darstellung nach langen Trockenphasen geringe Frachtsummenkoeffizienten auftreten, begründet sich durch zu schwache Regenereignisse, deren Abfluss offensichtlich nicht ausreichte, die vorhandenen Ablagerungen hinreichend zu remobilisieren.

Ein eindeutiger Zusammenhang zwischen der Dauer der Trockenphase und der Höhe der Frachtsummenkoeffizienten zeigte sich nur an der Messstelle Bochum-1 (Bild 133 und Bild 134). Auffallend ist, dass die Kanalreinigung, d. h. ob das Ereignis vor oder nach einer Kanalreinigung stattgefunden hat, keinerlei Einfluss zu haben scheint.



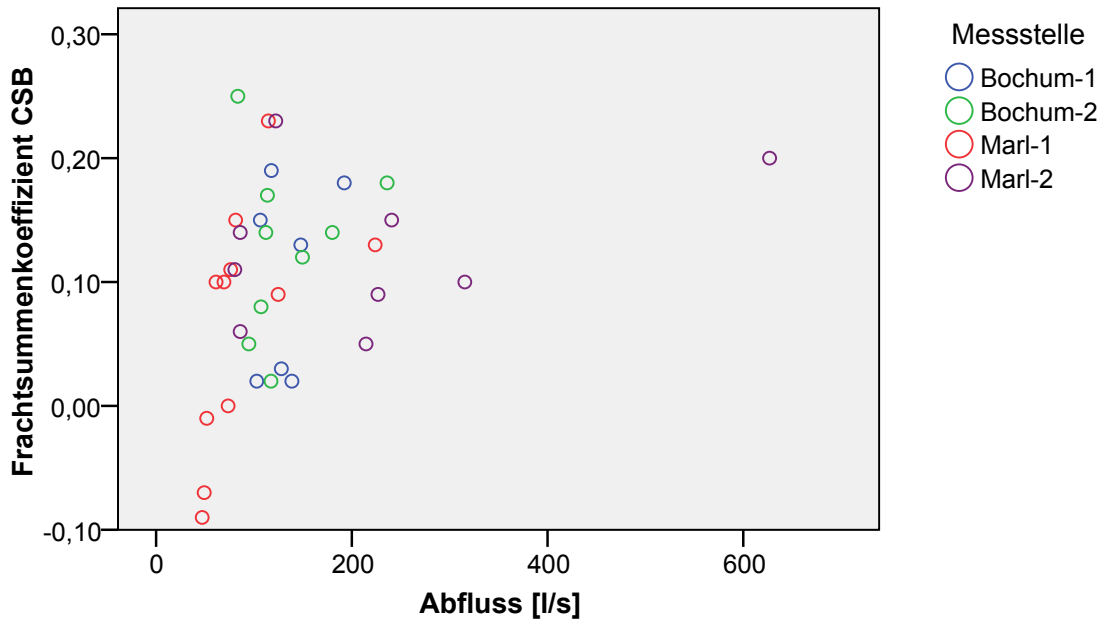


Bild 135: Frachtsummenkoeffizienten für den Parameter CSB in Abhängigkeit des durchschnittlichen Abflusses

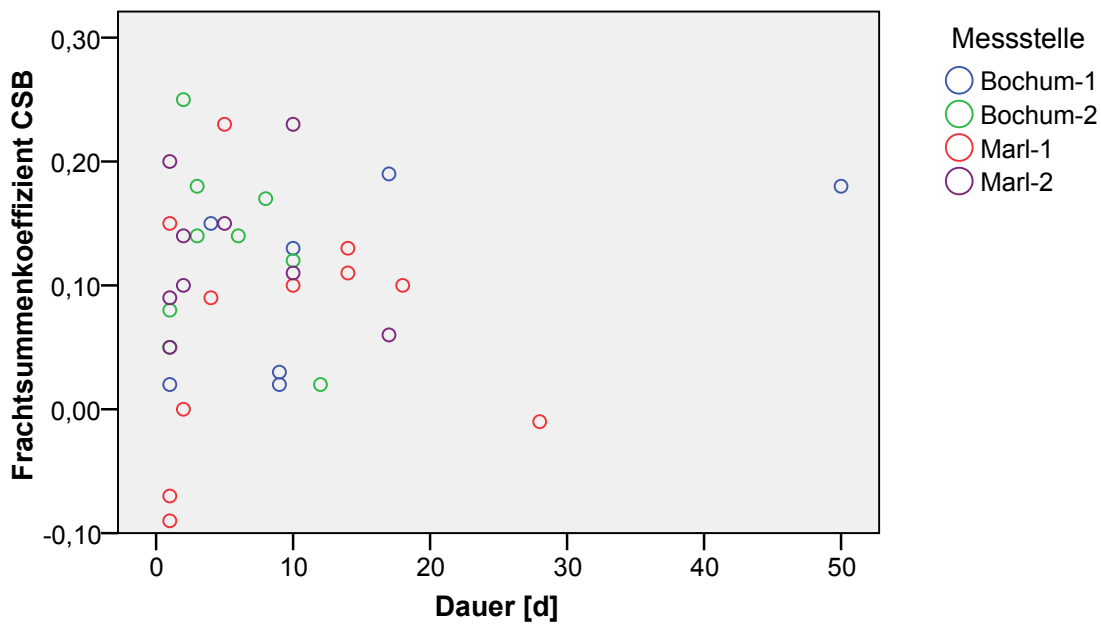


Bild 136: Frachtsummenkoeffizienten für den Parameter CSB in Abhängigkeit des Zeitraums, in dem ein definierter Grenzabfluss von 40 l/s nicht überschritten wurde



### **7.1.6 Schlussfolgerung für die bedarfsorientierte Kanalreinigung**

Die vorgenommenen Frachtbilanzierungen konnten nicht den Nachweis erbringen, eine Kanalreinigung habe einen signifikanten Einfluss auf den Schmutzaustrag an Regenüberläufen. Um stark verschmutzte Spülstoße durch Remobilisierung von Ablagerungen zu vermeiden, müssten die derzeit üblichen Reinigungsintervalle auf wirtschaftlich indiskutable Zeiträume verkürzt werden. Im Umkehrschluss lässt sich daraus ableiten, dass einer bedarfsorientierten Reinigungsstrategie nichts widerspricht, da somit die Gewässergüte der die Entlastungsfrachten aufnehmenden Vorfluter weitgehend unbeeinflusst bleibt. Hierbei sollte jedoch berücksichtigt werden, dass die untersuchten Messstellen an relativ steile Einzugsgebiete angeschlossen waren. Für sehr flache Gebiete mit einem eventuell anderen Ablagerungsverhalten, in denen bei Trockenwetterabflussspitzen und kleineren Regenereignissen möglicherweise keine Remobilisierung der Ablagerungen erfolgt, kann daher keine Aussage gemacht werden. Hier sollten weitere Untersuchungen durchgeführt werden.

## **7.2 Geruchsbelästigung infolge von Kanalablagerungen**

Neben der Erfassung von Qualitätsanforderungen an den Kanalbetrieb und der relevanten Kanalprozesse und –zustände wurden die Befragungsergebnisse auch im Hinblick auf Ursachen für das Auftreten von Geruchsbelästigungen ausgewertet. Circa die Hälfte der befragten Netzbetreiber gab an, häufiger mit Geruchsproblemen konfrontiert zu sein (Bild 137). Die Spannweite der Häufigkeit reichte von einer bis hin zu mehr als 40 Meldungen von Anwohnern pro Jahr.

Im Weiteren zeigte sich bei zwei Dritteln der Netzbetreiber, dass an bestimmten Stellen des Kanalnetzes regelmäßig Geruchsprobleme auftreten. Insbesondere bei Einmündungen von Druckentwässerungen in den Freispiegelkanal kommt es zu Geruchsproblemen. Knapp die Hälfte der befragten Netzbetreiber ist hiervon betroffen. Lange Aufenthaltszeiten des Abwassers in den Pumpenschächten oder der Druckleitung selbst können zu einer Faulung des Wassers mit unangenehmer Geruchsentwicklung führen. Als weitere kritische Stellen wurden Sonderbauwerke, Unterbögen sowie allgemein Ablagerungen infolge geringer Fließgeschwindigkeit genannt.

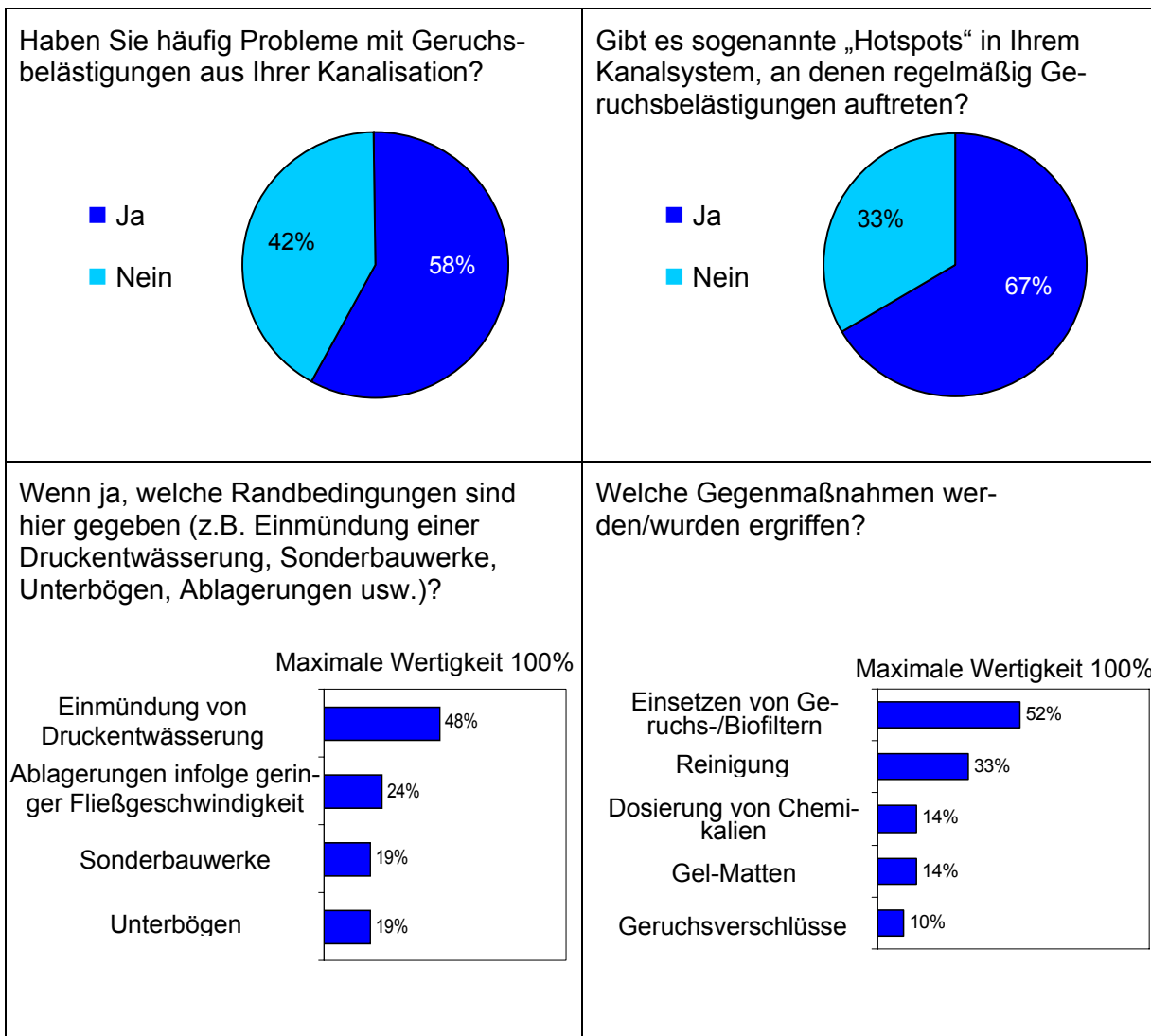


Bild 137: Auswertung der Fragebögen zum Auftreten von Geruchsbelästigungen

Um der Geruchsbelästigung zu begegnen, werden verschiedene Gegenmaßnahmen ergriffen. Über die Hälfte der befragten Netzbetreiber nutzt hierfür Geruchs- und Biofilter. Diese werden unter den Schachtdeckeln eingesetzt, um die Abluft biologisch zu behandeln. Auch das Einhängen von Gel-Matten in die Kanalschächte ist darauf ausgerichtet, die in der Luft enthaltenen Geruchsstoffe adsorptiv zu binden oder mittels anderer Düfte zu überdecken. Selten, beispielsweise in sensiblen Bereichen, werden Schachthöffnungen luftdicht verschlossen, um ein Austreten der Geruchsstoffe vollkommen zu vermeiden. Dies kann dazu führen, dass das Problem zum nächsten Schacht verlagert wird.

Zur Behandlung der Geruchsemissionen bereits in der Kanalisation nutzen die Netzbetreiber weitere Gegenmaßnahmen. So werden verschiedene Chemikalien in den Abwasserstrom gegeben, um die Bildung der Geruchsstoffe zu verhindern. Diese Stoffe setzen an unterschiedlichen Stellen innerhalb der Entstehungsmechanismen

von Gerüchen an, beispielsweise durch Veränderung der Milieubedingungen oder durch Fixierung der Geruchsstoffe.

Wie bereits angesprochen sind in vielen Fällen Kanalablagerungen, die sich beispielsweise infolge geringer Fließgeschwindigkeiten oder aufgrund von Unstetigkeitsstellen bilden, für Geruchsprobleme verantwortlich. Ein Drittel der befragten Netzbetreiber reinigt die betroffenen Kanalabschnitte im Bedarfsfall, um Ablagerungen und Geruchsbelästigung zu beseitigen.

### **7.2.1 Geruchsentstehung**

Da die Prozesse und Zusammenhänge der Geruchsentstehung in Kanalnetzen sehr komplex sind, soll im folgenden Abschnitt näher darauf eingegangen werden. Geruchsstoffe können entweder im Abwasser bereits enthalten sein oder werden während des Abwassertransports in der Kanalisation durch die dort herrschenden Milieubedingungen gebildet. Schwefelwasserstoff als ein wesentliches Produkt der anaeroben Abbau- und Faulprozesse wird hier oft als Leitparameter genannt (ATV-DVWK M 154, 2003). Daneben gibt es noch eine Vielzahl von Geruchsstoffen, wie beispielsweise organische Säuren und Ammoniak, die im Weiteren jedoch nicht näher betrachtet werden sollen.

Neben der Geruchsbelastung können noch weitere Probleme im Zusammenhang mit Schwefelwasserstoff auftreten. Zum einen ist hier die biogene Schwefelsäure-Korrosion zu nennen. Der freie Schwefelwasserstoff schlägt sich an der feuchten Kanalwand nieder und geht erneut in Lösung. In der Sielhaut vorhandene Bakterien (Thiobacillen) oxidieren diesen weiter zu Schwefelsäure ( $H_2SO_4$ ), die dann sowohl zementgebundene als auch metallische Werkstoffe im Kanalnetz angreift. Zum anderen bedeutet das Vorhandensein von Schwefelwasserstoff in der Kanalatmosphäre auch ein hohes Gesundheitsrisiko für die Kanalarbeiter beim Aufenthalt in belasteten Bereichen (Tabelle 22).

Tabelle 22: Anhaltswerte für die Wahrnehmung und Wirkung von H<sub>2</sub>S in Abhängigkeit von der Konzentration (verändert nach Harting, 2006)

Konzentration [ml/m <sup>3</sup> ]	Wahrnehmung	Wirkung
0,002 – 0,15	Geruchsschwelle	
0,1 – 1,0	deutlich wahrnehmbar	
1,0 – 10	unangenehm, lästig	mögliche Störungen des Atemsystems
10	MAK – Maximale Arbeitsplatz Konzentration	reduzierte Sauerstoffaufnahme bei körperlicher Bewegung
ab 20	unerträglich	Sehstörungen, Hornhautschädigung bei längerer Einwirkung
ab 100	abgeschwächtes Geruchsempfinden, das sich nach wenigen Minuten verliert	Reizungen der Schleimhäute
Um 200	unangenehmer Geschmack	Kopfschmerzen, Atembeschwerden
> 500	Verlust des Geruchsempfindens	Krämpfe, Schwindel, Bewusstlosigkeit
Um 1.000		Bewusstlosigkeit, tödlich innerhalb weniger Minuten
Um 5.000		Bewusstlosigkeit, tödlich innerhalb weniger Sekunden

Für die Bildung von Schwefelwasserstoff und der damit verbundenen Geruchsbelästigung ist das Verständnis der Entstehungsmechanismen von großer Bedeutung. Primäre Voraussetzung ist das Vorhandensein von Sulfiden im Abwasser, auf die im Folgenden noch näher eingegangen werden soll. Im Abwasser herrscht ein Dissoziationsgleichgewicht zwischen Schwefelwasserstoff (H<sub>2</sub>S), Hydrogensulfid (HS<sup>-</sup>) und Sulfid (S<sup>2-</sup>) (Bild 138). Die Form der im Abwasser auftretenden Sulfide dissoziiert in Abhängigkeit von pH-Wert und Temperatur. Diese Kenntnis spielt eine wesentliche Rolle bei der Auswahl von Maßnahmen zur Bekämpfung sulfidbedingter Probleme im Kanalnetz. Durch das flüchtige Verhalten des Schwefelwasserstoffgases kommt es zu einer stetigen Neubildung des gelösten H<sub>2</sub>S, bis sich das Dissoziationsgleichgewicht schließlich eingestellt hat und das Sulfid weitgehend umgesetzt ist.

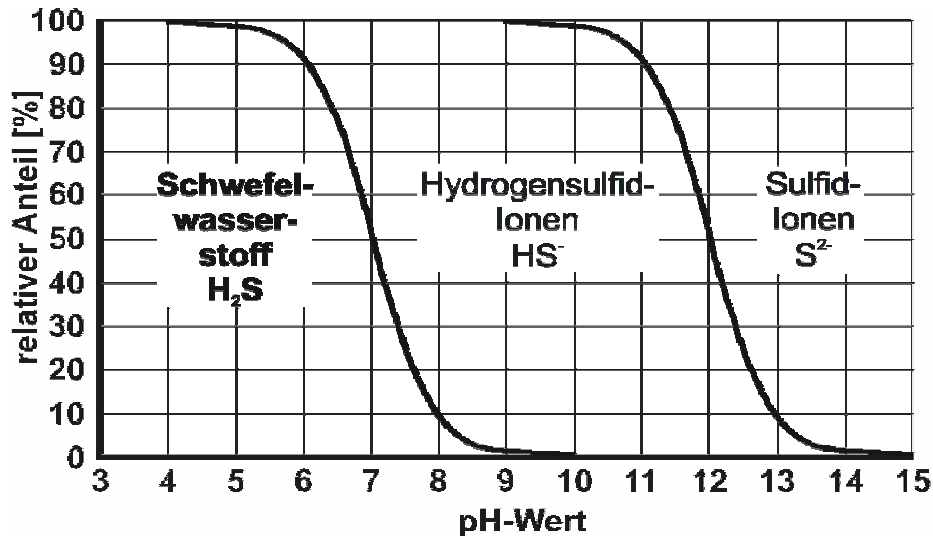


Bild 138: Einfluss des pH-Wertes auf das Dissoziationsgleichgewicht von Schwefelwasserstoff bei 20°C (Lohse, 1986)

Die Bildung der Sulfide und folglich auch des Schwefelwasserstoffs sind in erster Linie von biologischen Vorgängen entsprechender Bakterien bestimmt. Diese wachsen in starker Abhängigkeit von den Milieubedingungen im Abwasser bzw. im Kanalnetz vorwiegend an der Sielhaut oder in Sedimenten.

Bedingt durch die teilweise sehr lange Verweilzeit im Kanalsystem geht das Abwasser infolge biochemischer Prozesse und damit verbundener Sauerstoffzehrung vom aeroben in den anaeroben Zustand über:

- - Aerobes Milieu: Im Abwasser ist gelöster Sauerstoff enthalten, so dass Mikroorganismen bevorzugt auf diesen für ihre Stoffwechselfvorgänge zurückgreifen.
- - Anoxisches Milieu: Das Abwasser enthält keinen gelösten Sauerstoff. Bakterien nutzen gebundenen Sauerstoff wie beispielsweise in Nitrat für die Oxidation des im Abwasser enthaltenen organischen Materials.
- - Anaerobes Milieu: Sauerstoff ist weder gelöst noch in chemisch gebundener Form im Abwasser vorhanden. Fermentative Bakterien oxidieren die organischen Abwasserinhaltsstoffe und bilden u. a. Schwefelwasserstoff.

Die Bildung des Schwefelwasserstoffs ist neben dem pH-Wert auch von der Temperatur abhängig.

### 7.2.2 In-Situ-Untersuchungen Geruchsbelästigung

Prinzipiell treten Geruchsprobleme, sofern diese durch Ablagerungen verursacht werden, zeitlich relativ unregelmäßig auf - teilweise nur für wenige Stunden. An Stellen, die permanent von üblen Gerüchen betroffen sind, ist dies in der Mehrzahl der

Fälle auf den Übergang einer Druckentwässerung in ein Freispiegelgerinne zurückzuführen. Im Rahmen der Untersuchungen zeigte sich, dass aufgrund der Gefälleverhältnisse im Ruhrgebiet nur äußerst wenige Kanalhaltungen Ablagerungsprobleme aufweisen.

Ausgenommen bleiben hierbei Ablagerungen, die sich kurzfristig bilden und sehr schnell wieder verschwinden. Lediglich an Unstetigkeitsstellen, die dauerhaft ein Hindernis für feste sedimentierbare Abwasserinhaltsstoffe darstellen, bilden sich in regelmäßigen Abständen Ablagerungen. Bei geringen Durchflüssen lagern sich Feststoffe ab, so dass bei entsprechender Zusammensetzung des Abwassers anaerobe Umsetzungsprozesse stattfinden können.



Sensor	elektrochemisch, Schwefelwasserstoff
Max. Messbereich	0 bis 999,9 ppm
Standardmessbereich	0 bis 200,0 ppm
Genauigkeit im Standardbereich	+/- 1,0 ppm
Auflösung	0,1 ppm
Ansprechzeit	T90 < 60 Sekunden

Bild 139: H<sub>2</sub>S-Messgerät – OdaLog

In Abstimmung mit den verschiedenen beteiligten Tiefbauämtern wurden ca. 50 Kanalhaltungen untersucht, für die entweder aktuell Bürgerbeschwerden vorlagen oder die bereits länger für Geruchsprobleme bekannt waren. Für diese potentiellen Messstellen wurde abgeklärt, ob nicht andere Ursachen als Ablagerungen für die Geruchsentstehung verantwortlich waren. Konnten keine anderen Ursachen gefunden werden, wurde der zu untersuchende Schacht mit einem H<sub>2</sub>S-Messgerät (OdaLog Gas Logger) ausgestattet, das kontinuierlich im Abstand von einer Minute Messwerte aufzeichnet. Sofern nach mehreren Tagen keine Schwefelwasserstoffbildung feststellbar war, wurde die Messstelle verworfen.

Nachfolgend sind ausgewählte Ergebnisse der In-Situ-Untersuchungen dargestellt.

### **EZG Kleingartenweg, Eislebenerstrasse, Bochum**

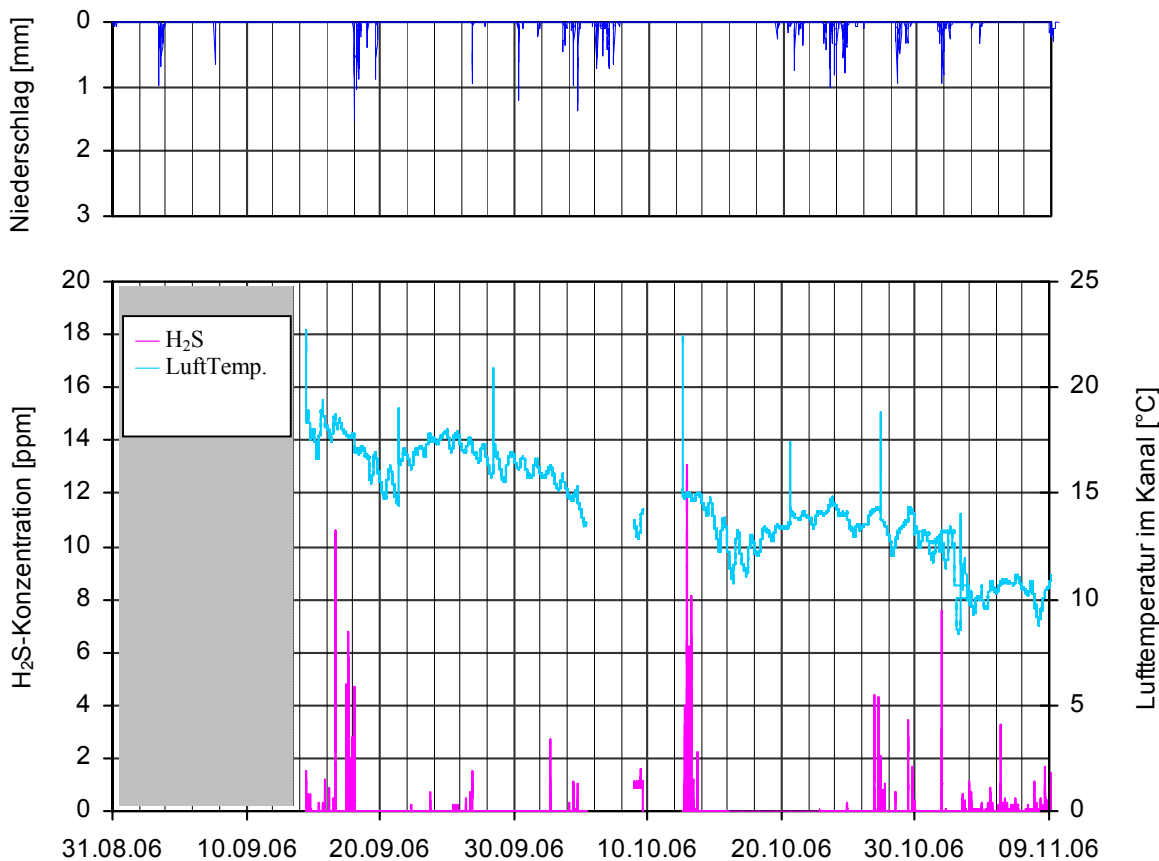
Im Rahmen der Untersuchungen zur Frachtbilanzierung an Regenüberläufen wurde im Kanalnetz des Einzugsgebiets Kleingartenweg eine Stelle mit Geruchsproblemen ermittelt. Es handelt sich hierbei um eine Anfangshaltung in einem Wohngebiet. Be-

dingt durch verfestigte Ablagerungen (Bild 140) kam es zu Aufstau. Oberhalb des Hindernisses bildeten sich Ablagerungen und anaerobe Zustände. Über einen Zeitraum von 8 Wochen wurde die Entstehung von Schwefelwasserstoff mittels OdaLog aufgezeichnet. Die gemessenen H<sub>2</sub>S-Konzentrationen sind in der nachfolgenden Grafik dargestellt. Ebenfalls mit dargestellt ist der dazugehörige Niederschlagsverlauf, der bei der folgenden Betrachtung stets zu berücksichtigen ist. Während der gesamten Messdauer war so gut wie keine Veränderung der Ablagerungssituation festzustellen.



*Bild 140: Quellen einer Geruchsbildung: verfestigte Ablagerungen als Hindernis (links), Ablagerungen oberhalb des Hindernisses (rechts), EZG Kleingartenweg, Eislebenerstrasse, Haltung 148-147, DN300/B*

Ziel war es, aus der Untersuchung von ablagerungsbedingten Geruchsproblemen in der Kanalisation Rückschlüsse auf die Reinigungsstrategie zu ziehen. Überprüft werden sollte, ob eine bedarfsorientierte Kanalreinigung besser geeignet ist als starre Reinigungsintervalle, um Geruchsprobleme zu vermeiden. Für Ablagerungen ist die Wechselwirkung mit Niederschlagsereignissen genau zu betrachten.



**Bild 141: Zusammenhang zwischen Schwefelwasserstoffbildung und Niederschlag (EZG Kleingartenweg, Eislebenerstrasse, Haltung 148-147)**

In Bild 141 ist deutlich das Wechselspiel zwischen der Entstehung des Schwefelwasserstoffs und dem Niederschlag zu erkennen. In Trockenphasen erfolgte eine verstärkte H<sub>2</sub>S-Bildung infolge anaerober Verhältnisse. Bedingt durch verhältnismäßig geringe Abflüsse sowie die längere Aufenthaltszeit des Abwassers an dem Hindernis kam es zu einer raschen Sauerstoffzehrung beim Abbau der leichtverfügbaren Kohlenstoffverbindungen. Mit Einsetzen des Niederschlages war ein rascher Rückgang der Geruchsbildung feststellbar, die nach ca. 2 Tagen wieder einsetzte. Sehr wahrscheinlich ist dieser Rückgang auf die kurzfristige Veränderung der Milieubedingungen zurückzuführen. Mit dem Niederschlagswasser wurde vermehrt Sauerstoff eingetragen, so dass die Schwefelwasserstoffbildung zurückging. Relativ rasch stellten sich jedoch erneut anaerobe Verhältnisse ein. Des Weiteren kann auch davon ausgegangen werden, dass ein Teil feineren organischen Materials inklusive der enthaltenen Mikroorganismen, welche für die H<sub>2</sub>S-Bildung mit verantwortlich ist, als oberste Aberlagerungsschicht abgetragen wurde.

Das Bild 141 zeigt vereinzelt auch einen Rückgang der Schwefelwasserstoffbildung während niederschlagsfreier Phasen. Worauf dies zurückzuführen ist, war im vorliegenden Rahmen nicht erkennbar.



Während der gesamten Messdauer war kaum eine Veränderung der Ablagerungen feststellbar. Sicherlich ist dies auf die Zusammensetzung der Ablagerung zurückzuführen. Typisch für Anfangshaltungen bilden Einträge gröberer mineralischer Bestandteile und feinen organischen Materials eine sehr feste Verbindung, die den relativ geringen Schleppspannungen sowohl bei Trocken- als auch Regenwetterabfluss widersteht. Um Geruchsprobleme an diesen Stellen zu vermeiden, ist eine Reinigung des Kanalabschnittes bzw. eine Beseitigung des Hindernisses mit schwerem Gerät erforderlich. Da diese für Anfangshaltungen typischen Ablagerungen auf einem unzulässigen und einmaligen Stoffeintrag von außen beruhen, ist davon auszugehen, dass mit der Reinigung in Kombination mit der Beseitigung der Ablagerungsquelle eine weitere Geruchsbelästigung verhindert wird.

#### ▪ Versuchstand „Kanalrohr“ auf der Versuchsanlage Ölbachtal

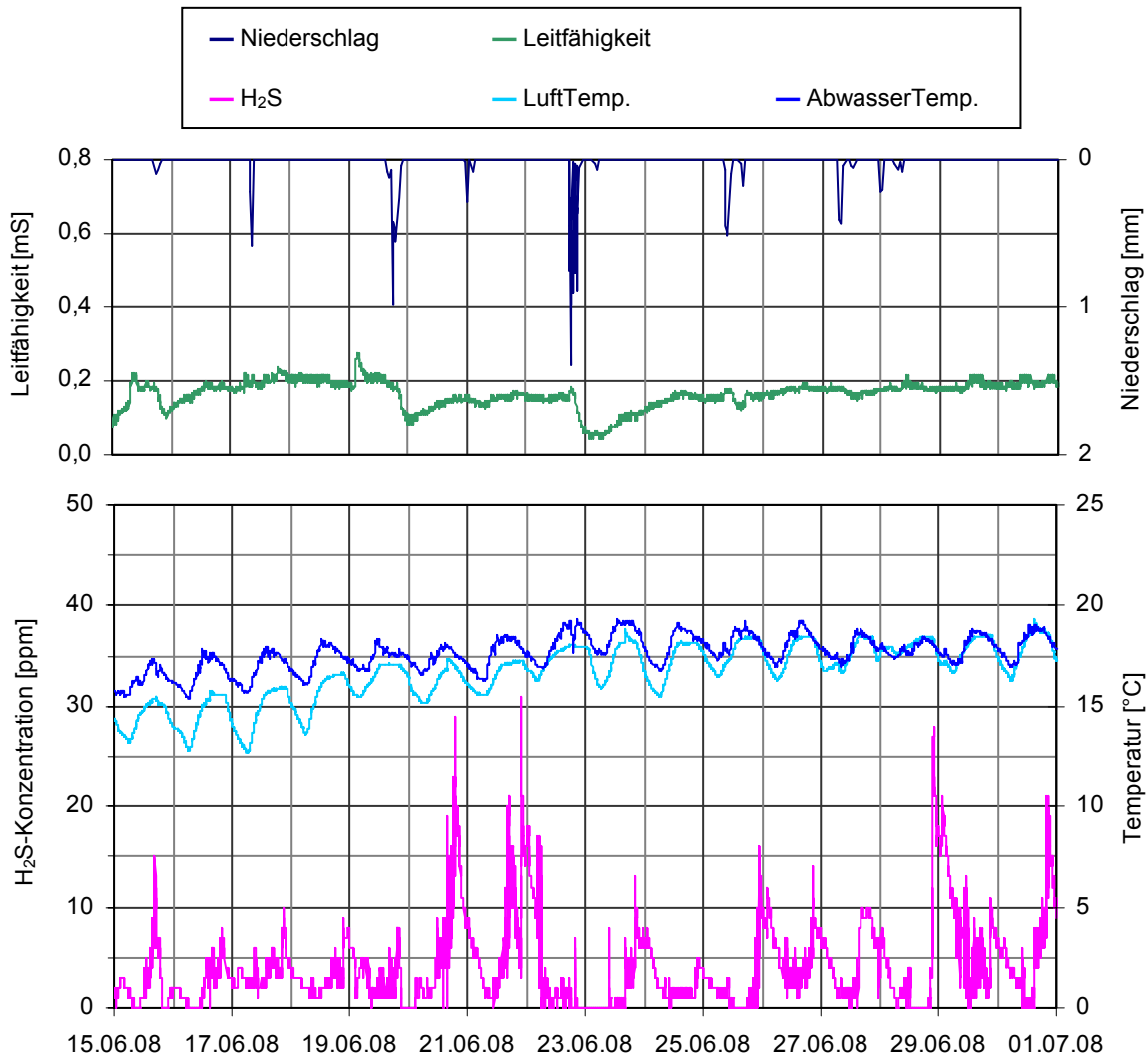
Bedingt durch die Tatsache, dass die Gefälleverhältnisse im Ruhrgebiet ausreichend sind, um die Abwasserkanäle weitestgehend ablagerungsfrei zu halten, wurde versucht, die Zusammenhänge zwischen Ablagerung und Geruchsbildung experimentell nachzustellen. Hierfür wurde auf der Versuchsanlage Ölbachtal ein Plexiglasrohr (DN 150, Länge: 1,50 m) mit Abwasser der kommunalen Kläranlage Bochum Ölbachtal beschickt (Bild 142). Eine Pumpe förderte kontinuierlich einen Volumenstrom von ca. 75 l/h.



*Bild 142: Versuchstand „Kanalrohr“ auf der Versuchsanlage Ölbachtal (rechts) und Ablagerungen im Rohr (links)*

Am Auslass des Versuchsrohres wurde durch einen Höhenversatz von ca. 1 cm erreicht, dass sich dort Ablagerungen bilden. In einem vertikalen Rohr ist das OdaLog-Messgerät auf Höhe des Rohrscheitels aufgehängt. Neben der Schwefelwasserstoffbildung wurden die Luft- und die Abwassertemperatur sowie die Leitfähigkeit des

Abwasserzuflusses kontinuierlich gemessen. Anhand der Leitfähigkeit sollen Rückschlüsse auf den Verschmutzungsgrad des Abwassers gezogen werden.



**Bild 143: Messergebnisse zur Schwefelwasserstoffbildung im Versuchsstand Kanalrohr**

In Bild 143 sind die Messergebnisse für einen repräsentativen Zeitraum dargestellt. Es ist deutlich erkennbar, dass die Bildung des Schwefelwasserstoffs tageszeitlichen Schwankungen unterliegt. Zurückzuführen ist dies auf die biogenen Entstehungsprozesse von Schwefelwasserstoff und ihre relativ starke Temperaturabhängigkeit. Die stärksten bzw. geringsten H<sub>2</sub>S-Konzentrationen in der Luft werden bei maximalen bzw. minimalen Tagestemperaturen gemessen. Während der gesamten Messdauer von über 6 Monaten waren maximale H<sub>2</sub>S-Konzentrationen von über 80 ppm als Spitze messbar. Die durchschnittlichen Konzentrationswerte lagen deutlich darunter bei etwa 10 ppm H<sub>2</sub>S in der Kanalluft.

Des Weiteren war eine Abhängigkeit zwischen der Bildung von Schwefelwasserstoff und der Abwasserzusammensetzung feststellbar. Bei Niederschlagsereignissen zeigte sich eine Verdünnung des Abwassers in Form einer Abnahme der Leitfähigkeit sowie ein Rückgang der  $H_2S$ -Konzentration. Offensichtlich geht mit sehr geringer zeitlicher Verzögerung bei einer Verringerung umsetzbarer Schwefelverbindungen der Rückgang der biogenen Sulfid- bzw. Schwefelwasserstoffbildung einher. Dies spricht für relativ schnelle mikrobielle Prozesse. Es bedeutet, dass wenn die Voraussetzungen hinsichtlich des Abwasser (anaerober Zustand und verfügbare Schwefelverbindungen) sowie des Kanals (Ablagerungen) erfüllt sind, relativ unmittelbar mit der Entstehung von  $H_2S$  und einer möglichen Geruchsbelästigung zu rechnen ist.

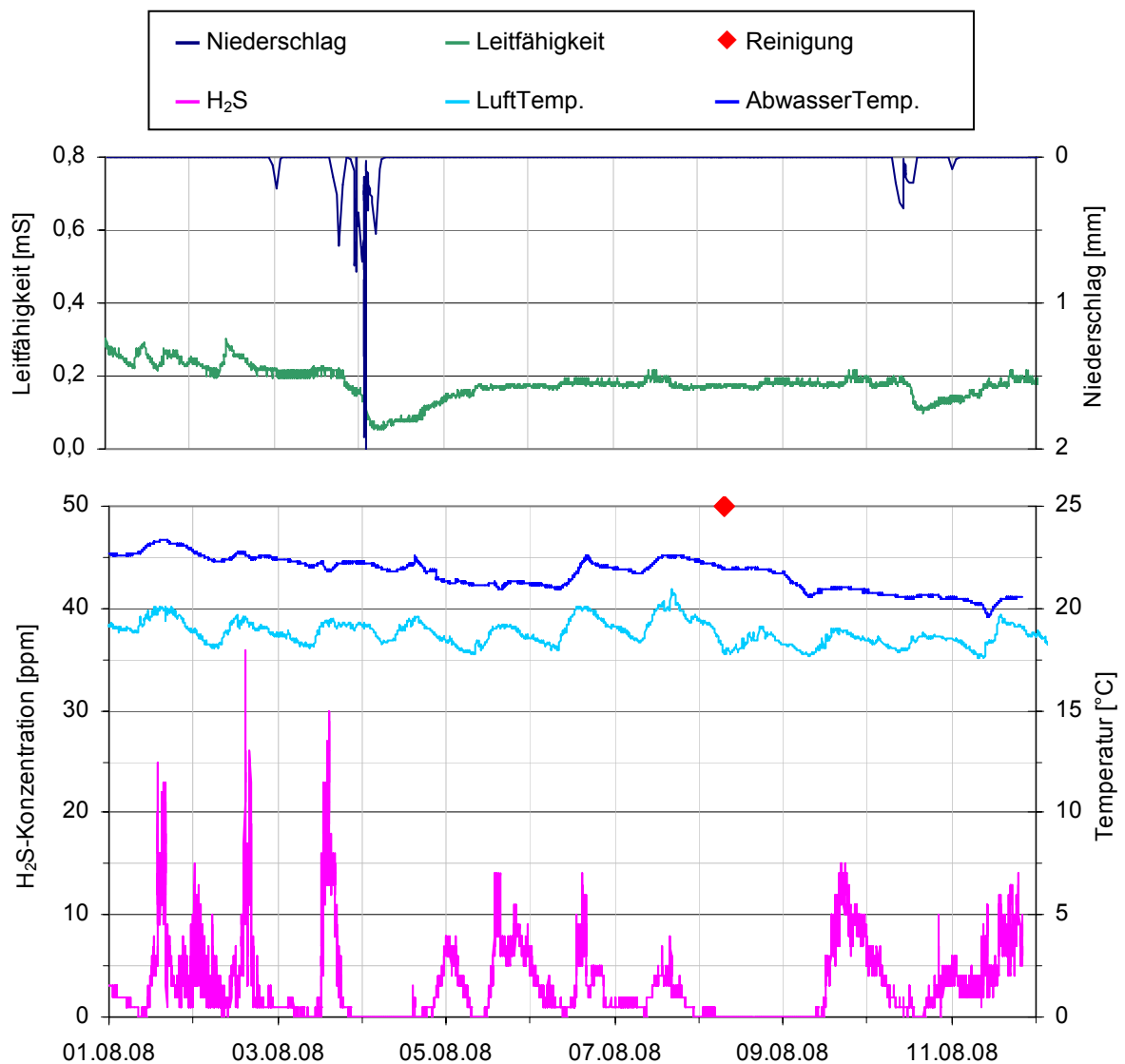


Bild 144: Versuchstand „Kanalrohr“ – Auswirkungen der Beseitigung von Ablagerungen auf die Schwefelwasserstoffbildung

Weiter wurde untersucht, wie sich Entfernung und Neubildung der Ablagerungen nach einer Reinigung auf die Geruchsentstehung auswirken. Hierfür wurden die im Kanaltestrohr vorhandenen Ablagerungen entfernt und untersucht, wie schnell eine erneute H<sub>2</sub>S-Bildung einsetzt (Bild 144).

Es zeigt sich, dass es parallel mit der Neubildung von Ablagerungen auch zu einer H<sub>2</sub>S-Entwicklung kommt. Die Frage, die sich hierbei stellt, ist, wie schnell sich Ablagerungen wieder neu bilden. Bedingt durch die Versuchsanordnung war eine relativ schnelle Neubildung zu verzeichnen. Der Höhenversatz im Rohr sollte bewusst zur Ablagerungserzeugung dienen. Zudem wurde das Rohr mit einem vergleichsweise geringen Abwasserstrom konstant beaufschlagt, so dass keine tageszeitlichen Schwankungen auftreten konnten. Diese hätten sehr wahrscheinlich während der Tagesspitzen zu einer Ablagerungsbeseitigung geführt. Die hier dargestellte Versuchsanordnung ist vergleichbar mit dem Abflussgeschehen bei Nacht, in der sich Ablagerungen aufgrund geringer Abflüsse bevorzugt bilden.

Allerdings ist festzuhalten, dass aus dem Vorhandensein von Ablagerungen nicht zwangsläufig eine Geruchsbelästigung resultiert. Vielmehr ist das Zusammentreffen von mehreren Faktoren bezüglich des Abwassers, der Ablagerungen sowie der klimatischen Randbedingungen hierfür verantwortlich bzw. erforderlich.

Häufig wird die Reinigung der betroffenen Kanalabschnitte als Gegenmaßnahme zur Geruchsbekämpfung gewählt. Eine präventive Reinigung ist insofern nicht zielführend, da die festen Reinigungsintervalle i. d. R. deutlich größer sind als die Zeiträume in denen sich Ablagerungen und die damit verbundenen Gerüche neu bilden.

Dabei ist zu unterscheiden zwischen Ablagerungen, die auf einen einmaligen starken Eintrag von Schmutzstoffen zurückzuführen sind, und Ablagerungsstellen, die aufgrund ihrer hydraulischen Randbedingungen chronisch betroffen sind. Erstere sind umgehend zu beseitigen, wenn sie als Abflusshindernis wirken. Lassen sich Stellen im Netz lokalisieren, an denen häufig ablagerungsbedingt unangenehme Gerüche zu verzeichnen sind, so können diese durch einen angepassten Spülbedarfsplan gereinigt werden. Dies muss sicher auch nicht das gesamte Jahr über erfolgen. Wahrscheinlich ist es ausreichend, in den Sommermonaten bzw. bei längeren Trockenphasen zu reinigen. Dabei werden sich die Reinigungsintervalle an der Geschwindigkeit, mit der sich die Ablagerungen neu bilden, orientieren müssen. Diese ist jedoch so hoch, dass die benötigten Intervalle sehr kurz und somit höchst unwirtschaftlich wären.

## 7.3 Lärmbelästigung bei Kanalreinigungsarbeiten

### 7.3.1 Grundlagen zur Lärmbelästigung

#### ▪ Schall und seine Auswirkungen auf den Menschen

Das menschliche Ohr ist in der Lage, Schall mit Frequenzen zwischen 20 und 20000 Hz wahrzunehmen. Der Druck einer Schallwelle wird in dB (Dezibel) ausgedrückt und beträgt bei einer normalen Unterhaltung etwa 50 dB. Eine Erhöhung des Schalldrucks um 10 dB bewirkt eine Verdoppelung der empfundenen Lautstärke. Die Schmerzgrenze liegt bei etwa 130 dB (Stein, 1997).

Für die schädigende Wirkung von Schall auf das Gehör ist die mit dem Schall übertragene Energie verantwortlich, die sich aus dem Produkt von Leistung und Zeit ergibt. Bild 145 zeigt für verschiedene Schallpegel die Einwirkzeiten, die nicht überschritten werden sollten, um keine Gehörschäden zu riskieren.

Die Entstehung von Gehörschäden kann vereinfacht dadurch beschrieben werden, dass bedingt durch starke Lärmbelästigung der erhöhte Sauerstoffbedarf in den Flimmerhärchen (Zilien) nicht mehr gedeckt werden kann und gleichzeitig die vermehrt anfallenden Schadstoffe und Stoffwechselprodukte über die Innenohrflüssigkeit (Endolymphe) nicht mehr abgeführt werden können. Dauert dieser Mangelzustand längere Zeit an, verkümmern die Zilien und sterben schließlich ab.

Lärm kann die Gesundheit von Menschen folglich derart beeinträchtigen, dass u. a. die Arbeitsfähigkeit für bestimmte Tätigkeiten eingeschränkt oder sogar ausgeschlossen werden kann. Auch ohne bleibende Gehörschäden zu verursachen, wirkt sich Lärm negativ auf Aufmerksamkeit und Konzentration aus, erhöht die Fehlerquote einer Tätigkeit und beeinträchtigt die Kommunikation bis hin zu Fehlentscheidungen aufgrund von Missverständnissen.

#### ▪ Rechtliche Grundlagen

Arbeitnehmer gegen tatsächliche oder mögliche Gefährdungen ihrer Gesundheit und Sicherheit durch die Einwirkung von Lärm zu schützen, ist Ziel der EG-Richtlinie 2003/20/EG. Mit dieser Richtlinie werden Mindestanforderungen gestellt, um eine Gefährdung des Gehörs auszuschließen.

Wesentlicher Kennwert zur Beschreibung der Geräuschbelastung an Arbeitsplätzen ist der Tages-Lärmexpositionspegel  $L_{Ex,8h}$ . Er gibt die durchschnittliche Lärmeinwirkung gemittelt über einen Arbeitstag von 8 Stunden wieder. Weiterhin wird der Spit-

zenschalldruckpegel  $L_{pc,peak}$  als der Höchstwert des momentanen C-frequenzbewerteten Schalldruckpegels definiert. Kurzzeitige Ereignisse, wie z. B. ein Knall, die eine besondere Gefahr für das Gehör darstellen, werden durch diesen Parameter erfasst.

Die Richtlinie unterscheidet verschiedene Richtwerte, deren Überschreitung bestimmte Pflichten des Arbeitgebers auslöst. Die Auslöse- sowie Expositionsgrenzwerte sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

Tabelle 23: Expositionsgrenzwerte und Auslösewerte nach Richtlinie 2003/10/EG

	$L_{Ex, 8h}$	$L_{pc,peak}$	Maßnahmen
Expositionsgrenzwerte	87 dB(A)	140 dB(C)	Sofortmaßnahmen zur Lärmmin- derung
Obere Auslösewerte	85 dB(A)	137 dB(C)	Persönlicher Gehörschutz vorge- schrieben Lärmbereiche kennzeichnen arbeitsmedizinische Untersuchung
Untere Auslösewerte	80 dB(A)	135 dB(C)	Arbeitgeber stellt Gehörschutz bereit Unterweisung der Mitarbeiter arbeitsmedizinische Beratung

Bei der Feststellung der effektiven Exposition der Arbeitnehmer unter Anwendung der Expositionsgrenzwerte wird die dämmende Wirkung des persönlichen Gehörschutzes des Arbeitnehmers berücksichtigt. Bei den Auslösewerten wird die Wirkung eines solchen Gehörschutzes nicht berücksichtigt.

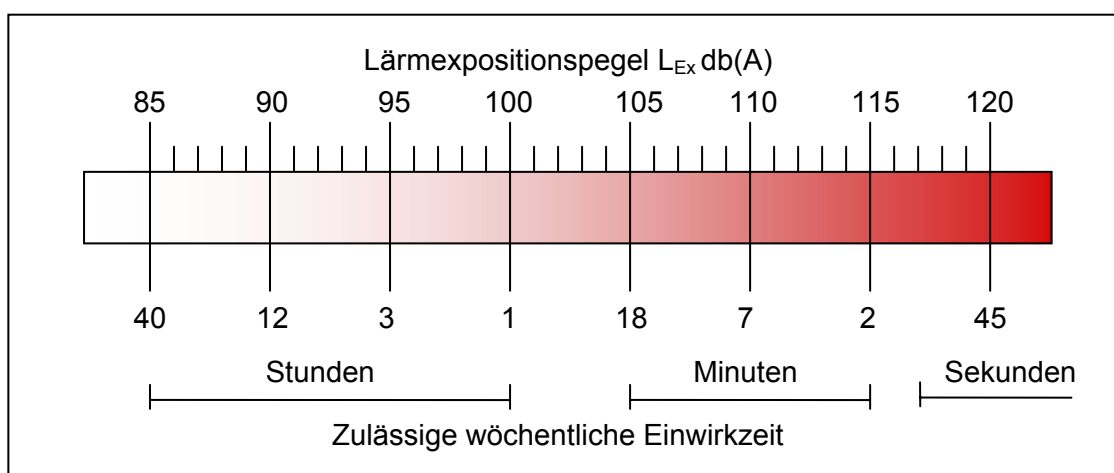


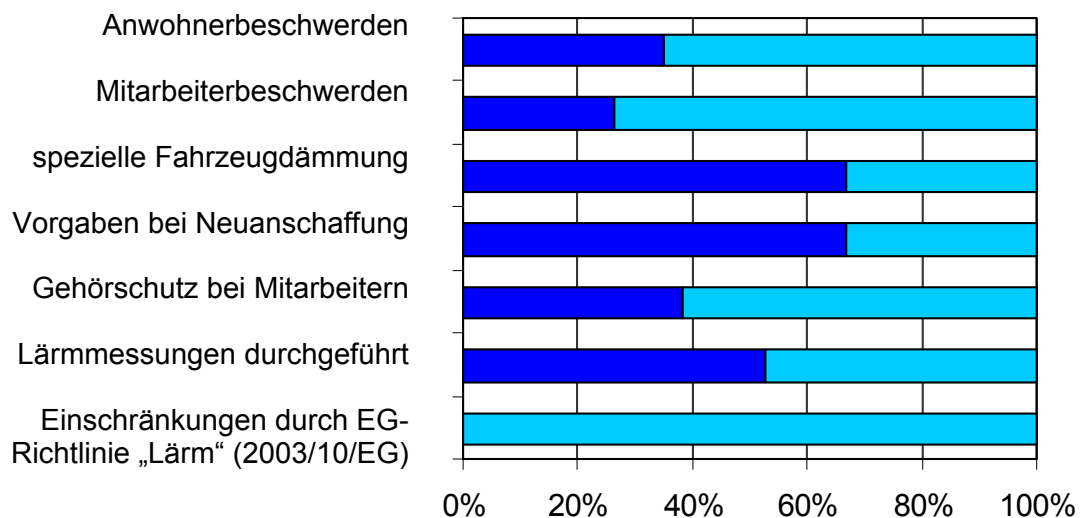
Bild 145: Lärmexpositionspegel  $L_{Ex}$  und die aus den Grenzwerten abgeleiteten zulässigen wöchentlichen Einwirkzeiten

Bild 145 zeigt, in welchem Umfang sich bei Überschreitung des oberen Grenzwertes die zulässige Aufenthaltszeit im Lärmbereich reduziert. Sehr deutlich wird der logarithmische Zusammenhang zwischen Schallpegel und Schallintensität, die die zulässige Einwirkung auf das menschliche Gehör darstellt.

Welche Maßnahmen zu treffen sind, hängt davon ab, ob die im Betrieb ermittelten Werte des Spitzenwert-Schalldruckpegels und des Tageslärnexpositionspegels den unteren oder den oberen Auslösewert überschreiten. Unter keinen Umständen darf die Exposition der Arbeitnehmer die Expositionsgrenzwerte überschreiten.

### Befragung der Netzbetreiber und Straßenreinigungsbetriebe

Im Vorfeld der Schallmessungen wurden mittels Fragebogen Daten zur Lärmbelastung bei der Kanalreinigung erhoben. 20 Netzbetreiber und Straßenreinigungsbetriebe machten dort Angaben zu ihren Erfahrungen sowie zu ihrem Umgang mit der Lärmproblematik. Zusammenfassend stellt sich die Situation unterschiedlich dar. Zwar wurde der Lärm als Problem erkannt, das beim eigentlichen Reinigungsvorgang für eine begrenzte Zeitdauer auftritt, spezielle Maßnahmen der Lärminderung werden in der Regel aber nicht ergriffen.



*Bild 146: Auftreten und Umgang mit Lärmbelastung bei der Kanalreinigung nach Angaben von 20 Netzbetreibern und Straßenreinigungsbetrieben*

Bezüglich der Anwohnerbeschwerden ist zu bemerken, dass im Durchschnitt lediglich 1 bis 2 Beschwerden im Jahr zu verzeichnen waren. Dies legt die Vermutung nahe, dass die Lärmbelastung für Anwohner und Passanten entweder relativ gering ist oder aufgrund des zeitlich begrenzten Reinigungsvorgangs toleriert wird. Des Weiteren wird auch von den Mitarbeitern das Geräuschniveau während der Kanalreinigung mittels Hochdruckspülung überwiegend als nicht belastend empfunden. In der Regel wird den Mitarbeitern ein Gehörschutz zur Verfügung gestellt, der jedoch auf-

grund der Praktikabilität und der eigenen Sicherheit im fließenden Straßenverkehr nur vereinzelt genutzt wird.

Bei der Neuanschaffung von Reinigungsfahrzeugen werden diese in der Regel vom Hersteller mit einer speziellen Geräuschdämmung versehen, so dass von den Reinigungsbetrieben keine weitere Vorgaben mehr erforderlich sind. Gerade bei Fahrzeugen der neueren Generation wird durch den Einbau leistungsstärkerer Motoren und der damit verbundenen Reduzierung der Motor- und Pumpendrehzahl eine effektive Lärminderung erreicht.

Dass die Lärmproblematik für die Reinigungsbetriebe selbst eher von untergeordneter Bedeutung ist, spiegelt sich in den bereits durchgeführten Lärmmessungen wider. Zwar führte etwa die Hälfte der befragten Unternehmen bereits Messungen durch, jedoch zeigte sich in keinem Fall die Notwendigkeit, lärmindernde Maßnahmen zu ergreifen. Es ergaben sich ebenfalls keine Einschränkungen im Reinigungsbetrieb durch die höheren Grenzwerte der EG-Richtlinie „Lärm“ (Richtlinie 2003/10/EG).

### **7.3.2 In-Situ-Schallmessungen**

Im Vordergrund dieser Untersuchungen stand die auftretende Lärmbelastung für Anwohner, Passanten und insbesondere Reinigungspersonal während des Spülvorganges. Eine Betrachtung der Lärmgefährdung des Reinigungspersonals über einen gesamten Arbeitstag erfolgte nicht, da sich aufgrund der vielfältigen Aufgaben die entsprechenden Teilzeiten – sofern dies überhaupt möglich ist - nur mit einem unverhältnismäßig hohen Aufwand ermitteln ließen. Die Messungen konzentrierten sich vielmehr auf die Erfassung der Spitzenbelastungen.

Weiterhin stellte sich die Frage, unter welchen örtlichen Gegebenheiten Lärmmessungen an Kanalreinigungsfahrzeugen durchgeführt werden sollten. Einerseits war von großem Interesse, die Lärmbelastung unter realen Bedingungen wie Straßenverkehrslärm zu ermitteln. Dadurch werden alle relevanten Geräuschanteile miteingefasst, so dass Aussagen zu der Gesamtlärmexposition getroffen werden können.

Allerdings ist für eine isolierte Betrachtung der Kanalreinigung als Lärmquelle ein ruhiges Umfeld erforderlich. So können Lärmquellen am Fahrzeug und Bereiche erhöhter Belastung besser erkannt werden. Hierfür wurden auf dem Betriebshof des Technischen Betriebs der Stadt Bochum Messungen vorgenommen. Prinzipiell muss die Messdauer lang genug sein, um damit den mittleren äquivalenten Dauerschallpegel der betrachteten Arbeitsaufgabe zu erfassen. Da die Motor- bzw. Pumpendrehzahl (Typ LE.20.280, Fa. Kutschke Fahrzeugbau, Baujahr 2003) auf gleichem Niveau gehalten wurden, wurde aufgrund des annähernd konstanten Schallpegels eine



Messdauer von 30 s je Messpunkt, welche an signifikanten Stellen rund um das Fahrzeug gewählt wurden, festgelegt.

Für die Lärmmessungen wurde ein Schallpegelmessgerät SL-300 der Firma Voltcraft verwendet. Das Gerät wird in die Genauigkeitsklasse 2 für Betriebsmessungen eingeteilt und ist damit für Messungen im Freien geeignet (DIN 45645-2, 1997; DIN EN ISO 9612, 2007)].

Gemäß DIN EN ISO 9612 (2007) wurde das Messgeräte mit einer Mikrofonhöhe von 1,60m etwa auf Kopfhöhe von Personals oder Passanten aufgestellt und auf das Kanalreinigungsfahrzeug als Lärmquelle ausgerichtet. Die Messungen wurden in der Zeitbewertung „Fast“ mit einer Messdauer von 125 ms durchgeführt.

Der Lärmexpositionspegel  $L_{EX}$  wurde als A-bewerteter Pegel gemessen, damit die als weniger laut empfundenen tieffrequenten und sehr hochfrequenten Geräuschteile entsprechend dem menschlichen Gehör gedämpft erfasst werden. Zur Bestimmung des Spitzenschalldruckpegels  $L_{pc,peak}$  wurde die C-Bewertung mit einer flach verlaufenden Dämpfungscharakteristik genutzt.

Für die Geräuschemessung ist der Hauptbetriebszustand eines Reinigungsfahrzeuges relevant. Die Reinigungsprozedur setzt sich aus den Teilschritten der Vorbereitung, der Reinigung und der Nachbereitung zusammen (Bild 147). Während der eigentlichen Reinigung treten durch den Betrieb der Saug- und Spülpumpen die höchsten und damit maßgeblichen Geräuschbelastungen auf. In Bild 147 sind exemplarisch Schalldruckpegelverläufe während der Kanalreinigung an einer stark befahrenen Hauptstrasse und einer ruhigen Seitenstrasse gegenübergestellt. Das Messgerät wurde dazu im Abstand von 2 m hinter dem Fahrzeug bzw. 1 m hinter den hinabgelassenen Saug- und Spülschläuchen d. h. im direkten Arbeitsbereich positioniert.

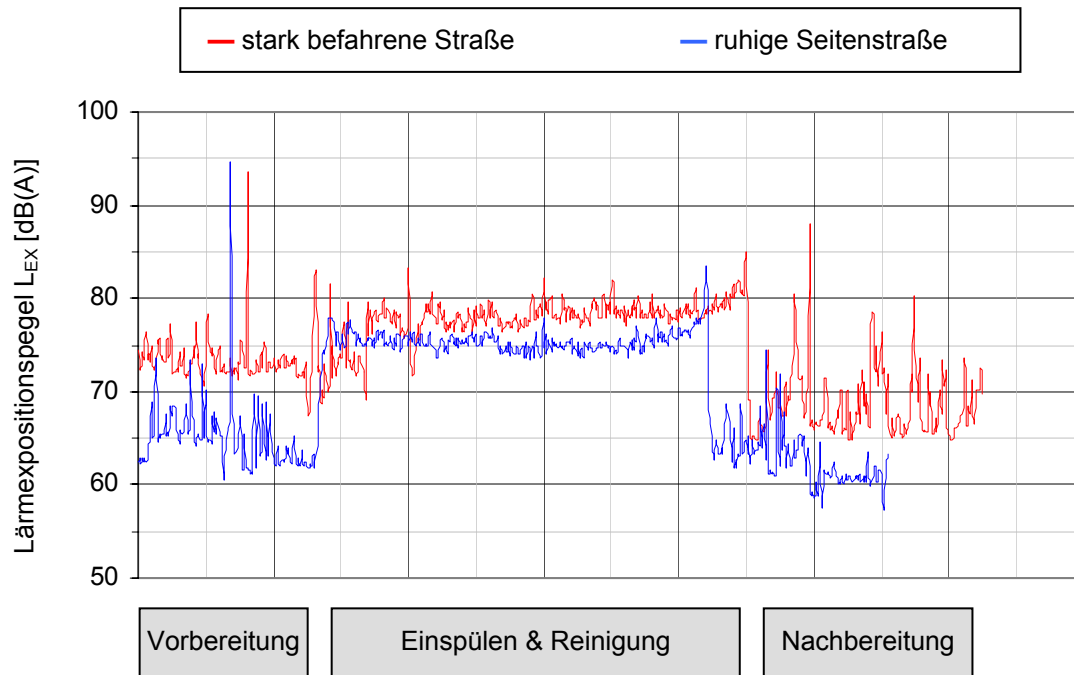


Bild 147: Lärmexpositionspegel  $L_{EX}$  im Arbeitsbereich des Reinigungspersonals an unterschiedlich stark frequentierten Straßen

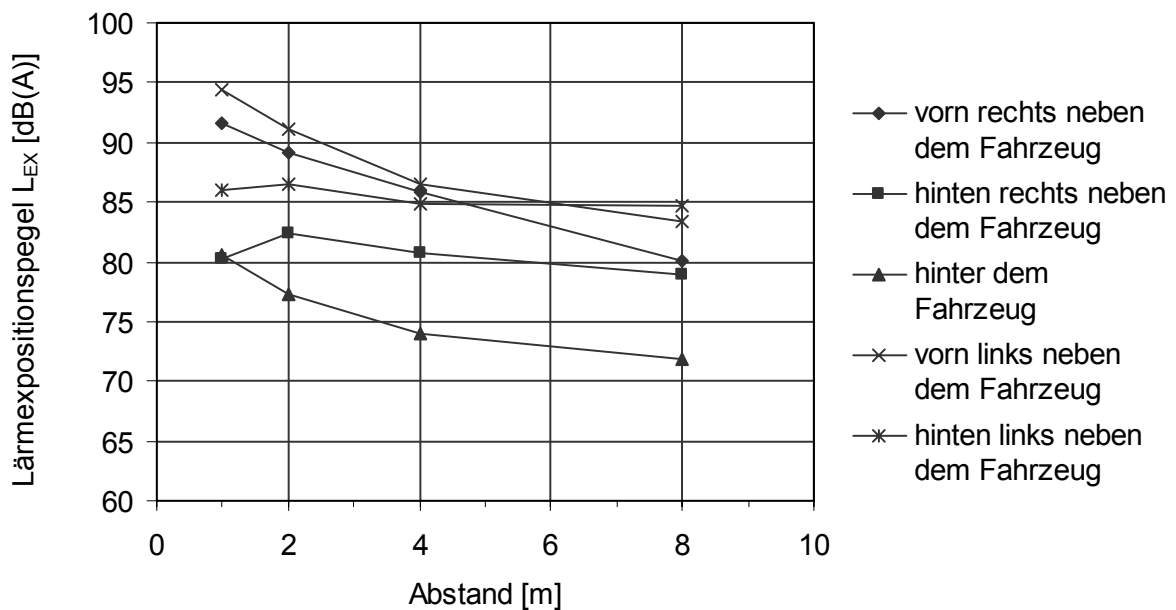
Grundsätzlich lässt sich das höhere Geräuschniveau an stark befahrenen Straßen von hier durchschnittlich 73 dB(A) erkennen. Während der Vorbereitungsphase liegt diese noch deutlich über dem der ruhigen Seitenstraße mit etwa 65 dB(A).

Mit Beginn der Reinigung bzw. dem Anstieg der Pumpen- und Motordrehzahl steigt der Lärmexpositionspegel an, wobei sich beide Kurven annähern. An der stark frequentierten Straße bleiben dennoch höhere Werte messbar. Der mittlere Schalldruckpegel beträgt während des Einspülens und der Reinigung an der stark frequentierten Straße cirka 78 dB(A), an der Seitenstrasse etwa 75 dB(A).

Der Pegel der stark befahrenen Straße unterliegt aufgrund der vorbeifahrenden Fahrzeuge größeren Schwankungen. Auffällig sind kurzzeitige Spitzen (peaks), verursacht durch LKW, die gerade bei einem relativ niedrigen Geräuschniveau besonders stark hervortreten. Bei den hier durchgeführten Untersuchungen liegen die gemessenen Lärmexpositionspegel  $L_{EX}$  sowie die Spitzenschalldruckpegel  $L_{pc,peak}$  unterhalb der Auslöse- bzw. Expositionsgrenzwerte.

Der zweite Teil der Untersuchungen auf dem Gelände des Technischen Betriebs der Stadt Bochumbefasste sich mit der Lärmbelastung im Umfeld des Reinigungsfahrzeuges. Das hier untersuchte Saug-Spülfahrzeug (Typ LE.20.280 Kutschke Fahrzeugbau) hat das Baujahr 2003 und gehört damit der älteren Fahrzeuggeneration an. Die Auswahl fiel bewusst auf diesen Fahrzeugtyp, der nicht den Stand der Tech-

nik repräsentiert, da er heute noch sehr häufig eingesetzt wird und den oberen Bereich möglicher Lärmemissionen widerspiegelt. Neuere Fahrzeuge sind deutlich leiser. Generell ist festzuhalten, dass eine Vielzahl verschiedener Reinigungsfahrzeuge unterschiedlichen Herstellers, Typs und Baujahres zur Kanalreinigung eingesetzt wird. Als hauptsächliche Lärmquellen an den Kanalfahrzeugen konnten die Saug- und Spülpumpen identifiziert werden. In der Regel befinden diese sich im vorderen Bereich des Fahrzeugaufbaus und sind lärmgedämmt oder sogar gekapselt ausgeführt. Bei dem hier untersuchten Saug-Spüler lassen sich diese Pumpen eindeutig als wesentliche Lärmquelle identifizieren (Bild 148). Mit wachsendem Abstand zum Fahrzeug nimmt der Lärmexpositionspegel naturgemäß ab.



*Bild 148: Lärmexpositionspegel  $L_{EX}$  bei Betrieb der Saug- und Spülpumpen eines Kanalreinigungsfahrzeugs*

Es zeigt sich, dass die Lärmeinwirkung bereits direkt seitlich am Heck des Fahrzeuges merklich niedriger ist als im vorderen Bereich. Mit zunehmendem Abstand vom Fahrzeug nähern sich die Lärmexpositionspegel der rechten bzw. linken Seite jeweils an. Dies lässt sich auf die Pumpen zurückführen, die als punktförmige Schallquellen die Schallenergie radial abstrahlen.

Des Weiteren war feststellbar, dass die Lärmbelastung hinter dem Fahrzeug im Hauptarbeitsbereich der Spül- und Saugvorrichtung geringer ist. Dies ist auf eine abschirmende Wirkung des Aufbaus gegenüber den seitlich angebrachten Pumpen zurückzuführen. Die Mitarbeiter stehen gewissermaßen in einem Lärmschatten. Mit etwa 81 dB(A) im direkten Arbeitsbereich an der Saug-Spülvorrichtung würde der untere Auslösewert bei permanentem Aufenthalt während der Arbeitsschicht von 8 Stun-

den überschritten. Dies kann jedoch aufgrund der vielfältigen Arbeitsabläufe nahezu ausgeschlossen werden. Zudem bewegen sich die Mitarbeiter normalerweise mehrere Meter hinter die Saug-Spülvorrichtung, um nicht mit dem aus dem Kanal aufsteigenden feinen Sprühnebel in Berührung zu kommen. Das Fahrzeug lässt sich meist durch eine Fernsteuerung von dort bedienen. Die Aerosol- sowie Lärmbelastung ist dann merklich geringer.

Die Auswertung der im Rahmen dieser Untersuchung ermittelten Spitzenschalldruckpegel  $L_{pc,peak}$  ergab einen Maximalwert von ca. 97 dB(C). Dieser wurde im vorderen Bereich des Fahrzeugaufbaus 1m direkt neben der Saugpumpe gemessen. Die in der Richtlinie 2003/20/EG vorgegebenen Grenzwerte werden damit nicht überschritten. Die von Reinigungsfahrzeugen ausgehenden Schallemissionen sind durch ein gleichbleibendes Geräuschniveau infolge unveränderter Motor- bzw. Pumpendrehzahl gekennzeichnet. Kurzzeitige sehr laute Geräusche treten während der Reinigung in der Regel nicht auf. Es ist jedoch möglich, dass aufgrund eines sehr lauten Umfeldes das Reinigungspersonal einer hohen Belastung ausgesetzt ist.

Wie die Befragung verschiedener Netzbetreiber und Straßenreinigungsbetriebe ergab, wurde diese Thematik als mögliches Problem erkannt. Ziel dieser Arbeit war es, die bei der Kanalreinigung mittels Hochdruckspülung entstehenden Lärmemissionen genauer zu untersuchen und festzustellen, ob für das Reinigungspersonal eine Gefährdung besteht.

Die Ergebnisse dieser Untersuchung zeigen, dass während der Kanalreinigung die Personen im Umfeld des Reinigungsfahrzeugs einer höheren Lärmbelastung ausgesetzt sind. Da diese jedoch die vorgeschriebenen Grenzwerte nicht überschreitet, kann eine Gefährdung der Mitarbeiter weitgehend ausgeschlossen werden. Lärm im Allgemeinen ist jedoch immer auch abhängig von der individuellen Wahrnehmung.

Die hier durchgeführten Untersuchungen stehen nur stellvertretend für Fahrzeuge ähnlichen Typs bzw. Baujahres. Neuere Saug-Spülwagen werden bereits vom Hersteller mit gedämmten oder gekapselten Pumpen ausgestattet, so dass die Lärmbelastung stark reduziert wird. Es ist jedoch nicht auszuschließen, dass in der Kombination von einem lauten Saug-Spülwagen und einer ebenfalls sehr lauten Umgebung Werte erreicht werden, die oberhalb der Grenzwerte liegen. Dies gilt es im Einzelfall zu prüfen.

Des Weiteren ist zu bemerken, dass die Reinigungsvorgänge in der Regel, beispielsweise durch den Wechsel des Standortes, die Leerung oder das Wiederauftanken des Fahrzeuges, unterbrochen werden. Auf die Dauer eines Arbeitstages betrachtet ist eine Grenzwertüberschreitung sehr unwahrscheinlich.

## 7.4 Zusammenfassung der Auswirkungen der Kanalreinigung

Fasst man die Ergebnisse der dargestellten Untersuchungen zusammen, so lassen sich zwei Aussagen treffen. Zum einen hat eine Kanalreinigung durchaus einen positiven Effekt auf Emissionen aus dem Kanalnetz, in dem sie durch die Entfernung der Ablagerungen auch Geruchsprobleme beseitigt. Die entfernten Ablagerungen können im Regenfall auch nicht mehr rückgelöst und somit auch nicht an Regenüberläufen gewässerbelastend wirksam werden. Zum anderen jedoch hält die Wirkung einer Kanalreinigung zeitlich nur sehr begrenzt vor, während sich der Prozess der Ablagerungsbildung in einem deutlich geringeren Zeitraum vollzieht als für Reinigungsintervalle üblich bzw. realistisch. So treten Geruchsprobleme oft nach wenigen Tagen wieder auf, und der Ablagerungszustand ist nach wenigen Wochen wieder auf dem gleichen Niveau wie vor der Reinigung. Möchte man mit festen Zeitabständen unter der Vorgabe, Kanalemissionen möglichst zu vermeiden, reinigen, dann müsste man die Reinigungsintervalle derart herabsetzen, dass ein wirtschaftlicher Betrieb nicht mehr gegeben ist.

Im Umkehrschluss lässt sich argumentieren, dass, wenn die Wirkung der Kanalreinigung ohnehin nur so kurzfristig anhält, einer Verlängerung der Reinigungsintervalle nichts im Wege steht. Diese Aussage gilt jedoch zunächst nur für Einzugsgebiete, deren Gefälle wie in den Untersuchungsgebieten relativ stark ist. Besonders flache Gebiete wurden nicht untersucht.

Die Problematik der Lärmbelästigung im Rahmen einer Kanalreinigung kann vernachlässigt werden.



## 8 Modell zur Entwicklung bedarfsorientierter Reinigungsstrategien

### 8.1 Entwicklung eines dynamischen Prozessmodells

Nachfolgend werden die wesentlichen Handlungsoptionen zur Umsetzung bedarfsorientierter Strategien anhand eines dynamischen Prozessmodells strukturiert zusammengefasst. In einem ersten Entwicklungsschritt lässt sich die Kanalreinigung (als Wartungsmaßnahme) zunächst in die Bereiche der Planung und der anschließende Durchführung der Reinigungsarbeiten gliedern. Bei der Verfolgung einer stark präventiv geprägten Reinigungsstrategie (Systemreinigung) beschränkt sich die Planungsarbeit auf die Abschätzung eines Reinigungsintervalls und die Festlegung einer Abfolge für die Reinigungsarbeiten, um von den Hochpunkten ausgehend das Kanalnetz in dem gewählten Zeitrahmen komplett zu reinigen (vgl. Kapitel 2).

Im Vergleich dazu ist bei Verfolgung einer bedarfsorientiert geprägten Reinigungsstrategie eine umfangreichere und flexiblere Einsatzplanung notwendig, um die Reinigungsarbeiten kontinuierlich auf Basis der Ergebnisse von Ablagerungsinspektionen und der Bewertung des sich daraus abzuleitenden Reinigungsbedarfes zu steuern. Das zu erarbeitende Modell für eine bedarfsorientierte Reinigungsstrategie erhält vor diesem Hintergrund Prozesscharakter: Zeitpunkt und Ort der Kanalreinigungsarbeiten werden variabler geplant. Der Spülbedarf wird fortlaufend auf Basis sämtlicher Betriebsinformationen neu bewertet.

Um die Handlungsoptionen zur Entwicklung und Umsetzung bedarfsorientierter Betriebsstrategien systematisch zusammenzufassen, wurde ein Modell entwickelt, das die Kanalreinigung als dynamischen Betriebsprozess auffasst. In diesem werden Bedarf und Anforderungen eines störungsarmen und wirtschaftlichen Kanalbetriebes erkannt und im Hinblick auf die Steuerung von Reinigungsmaßnahmen ständig neu bewertet. Im Vergleich zu einer stark präventiv orientierten, starren Reinigungsplanung sind für die bedarfsorientiert geprägte Planung die Prozessphasen *Kontrolle/Inspektion* sowie *Bewertung der Ablagerungssituation* zu ergänzen.

Um beispielsweise Betriebsdaten über den Netzzustand im Hinblick auf das Aufkommen und die Zusammensetzung von Ablagerungen systematisch zu erheben, ist eine Kontrolle und Inspektion der Ablagerungssituation in die Betriebsabläufe zu integrieren (vgl. Kapitel 8.2.1). Das Ergebnis dieses Teilprozesses sind gebündelte Betriebsdaten, die ggf. auch in einem Netzzustandsplan zusammengefasst werden.

Für die kontinuierliche Bedarfsermittlung ist eine Bewertung der Ablagerungssituation auf Basis von Betriebsdaten zu ergänzen (vgl. Kapitel 8.2.2). Im Ergebnis dieser Prozessphase wird ein Spülbedarfsplan erstellt, der kontinuierlich auf Basis der wachsenden Betriebserfahrungen fortgeschrieben wird und ggf. auch durch ein Geographisches Informationssystem (GIS) visualisiert wird.

Der Spülbedarfsplan ist Grundlage für die Einsatzplanung der Reinigungseinsätze. Darüber hinaus sind aktuelle Ereignisse wie Störfälle zu berücksichtigen (vgl. Kapitel 0). Das Ergebnis der Einsatzplanung wird im Spülplan zusammengefasst.

Die Durchführung der Reinigung orientiert sich an den örtlichen Netzbedingungen und der Zugänglichkeit. Die Beobachtungen vor und während der Reinigung im Hinblick auf die Ablagerungssituation werden im Reinigungsprotokoll dokumentiert.

Das nachfolgende Bild 149 zeigt ein Prozessschaubild des entwickelten Modells. Grundprinzip des dargestellten Prozessmodells ist eine kontinuierliche Fortschreibung der Reinigungsplanung auf Basis eines ständig aktualisierten Betriebswissens über den Netzzustand und die Ablagerungssituation. In der Praxis bedeutet dies, fest umrissene Angaben über Reinigungslänge und –ort sowie Art und Einsatzbedingungen der Reinigungsgeräte machen zu können. Wesentliches Merkmal des Prozessmodells ist die unmittelbare Verwertung der ständig wachsenden Betriebserfahrungen und die rasche Anpassung der Reinigungsplanung an die kurzfristigen Erfordernisse des Kanalbetriebes. Das Modell beschreibt den dazu notwendigen Prozess des systematischen Wissensaufbaus zur Optimierung der Organisation der Reinigungseinsätze, der Effizienz und Arbeitssicherheit bei der Durchführung sowie der Wirtschaftlichkeit bei der Betriebsführung zur Sicherstellung der Betriebssicherheit bei der Abwasserleitung.

Darüber hinaus ist bei der Entwicklung bedarfsorientierter Reinigungsstrategien immer auch die spezifische Situation des Kanalbetriebes zu berücksichtigen. Das Prozessmodell trägt dem Rechnung und bündelt die o. a. Teilprozesse in Rahmenbedingungen ein, die beispielsweise durch das Budget, das Betriebsprofil oder auch durch die rechtlichen Rahmenbedingungen, die für den jeweiligen Kanalbetrieb gelten, beschrieben werden (vgl. Bild 149).



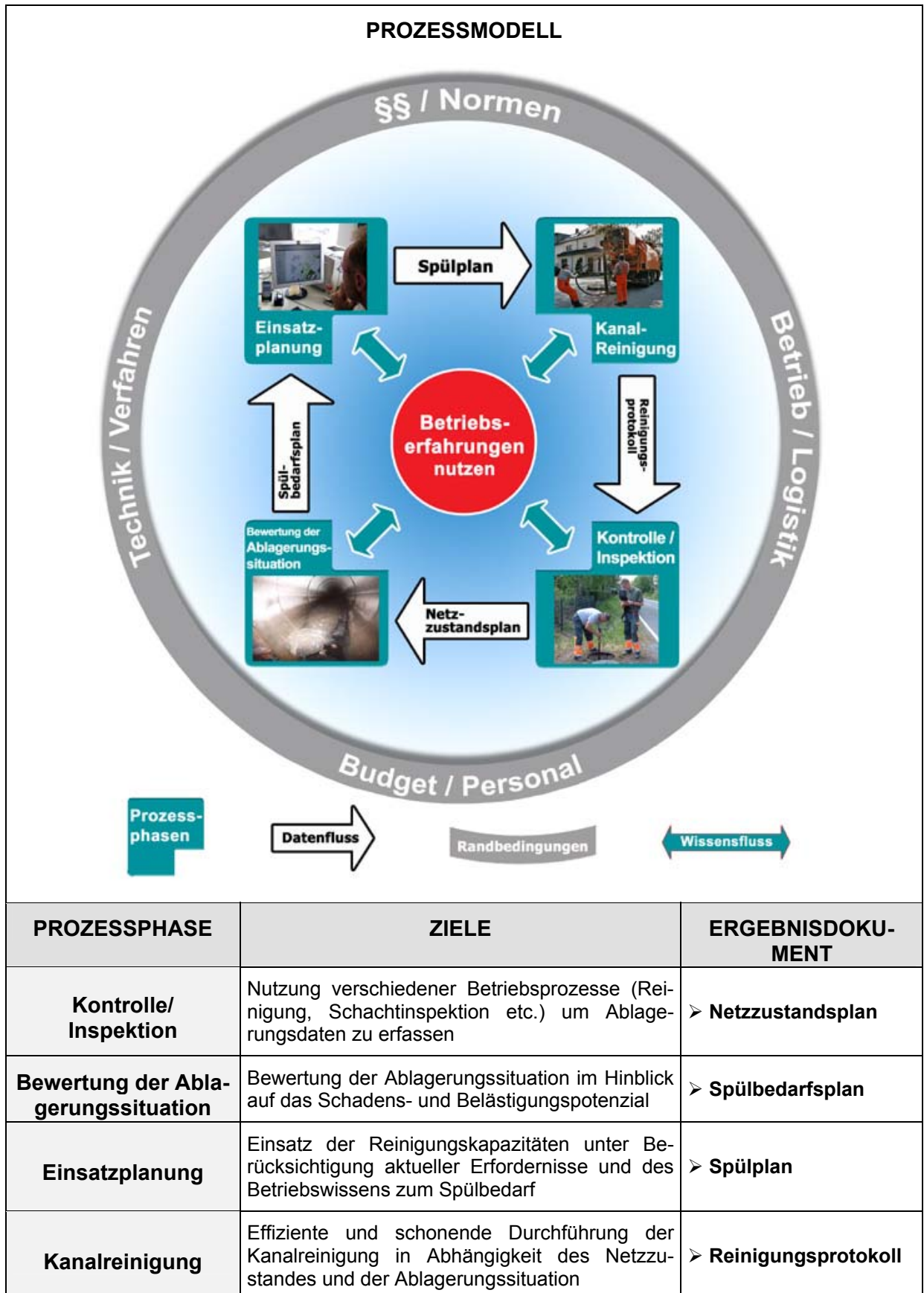


Bild 149: Prozessmodell für bedarfsorientierte Kanalreinigungsstrategien

Bei der Umsetzung bedarfsorientierter Reinigungsstrategien in die Praxis sind die einzelnen Teilprozesse zu entwickeln. Dies beginnt mit der Aufstellung der inhaltlichen Anforderungen an den Netzzustandsplan, Spülbedarfsplan, Spülplan und das Reinigungsprotokoll (s. Tabelle 24). In diesen Dokumenten sind die Ergebnisse der einzelnen Teilprozesse anwendungsorientiert zusammenzustellen. Die Ergebnisse des jeweiligen Teilprozesses dienen jeweils als Eingangsdaten für die nachfolgende Prozessphase. Häufigkeiten, Prioritäten und Umfang der zu erhebenden Daten sind zu vereinbaren und Schnittstellen für den Datentransfer zu definieren.

Tabelle 24: Ergebnisdokumente und Inhalte (Beispiele)

Spülbedarfsplan	Spülplan	Reinigungsprotokoll	Netzzustandsplan
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reinigungs- und Inspektionsintervalle</li> <li>- Reinigungs- und Inspektionsprioritäten</li> <li>- Ablagerungsklassen, Lösbarkeit</li> <li>- Störfallmeldungen</li> <li>- Abflusskontrollen nach Starkregen bzw. langen Trockenzeiten</li> <li>- Reklamationen</li> <li>- Kundenwünsche</li> <li>- Reinigungsanspruch</li> <li>- Niederschlagshöhen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Geräte-/Personaleinsatzzeiten und -orte</li> <li>- Verfahrens- und Werkzeugauswahl</li> <li>- Auswahl Reinigungsparameter (z.B. Düsendruck, Volumenstrom)</li> <li>- Zugänglichkeit der Schächte</li> <li>- Verkehrssituation</li> <li>- Belüftungssituation, Arbeitssicherheit</li> <li>- Erfahrungswerte Zeitbedarf für Reinigung und Inspektion</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zeitpunkt der Reinigung</li> <li>- Ablagerungshöhe vor und nach der Reinigung</li> <li>- Reinigungsergebnis, besondere Vorkommnisse bei der Reinigung</li> <li>- Eingesetztes Reinigungs- und Inspektionsverfahren bzw. -werkzeug</li> <li>- Baulicher Zustand (Schacht/Haltung)</li> <li>- Anzahl der Reinigungsgänge, Lösbarkeit</li> <li>- Zeitbedarf</li> <li>- Gewicht/Volumen der Kanalreinigungsrückstände</li> <li>- Wasserbedarf</li> <li>- Reinigungsparameter</li> <li>- Abweichungen vom Spülplan</li> <li>- Besonderheiten/ Beschwerden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aktueller baulicher Zustand (Kanalgeometrie, Gefällesituation, Wandrauigkeit, bauliche Mängel etc.)</li> <li>- Abwassersystem (Misch-, Schmutz- oder Regenwasser),</li> <li>- Ort, Zeitpunkt, Höhe und Qualität gemessener Ablagerungen</li> <li>- Ort, Zeitpunkt und Häufigkeit von Störfallmeldungen</li> <li>- letztes Reinigungsergebnis</li> <li>- bisheriges Reinigungsintervall</li> <li>- Krit. Abflussgeschwindigkeiten</li> <li>- Teilfüllungsgrade, Abwasser-aufkommen</li> </ul>

## 8.2 Kennzeichnung der wesentlichen Prozessphasen und Handlungsoptionen

Im Rahmen der vorhergehenden Modellentwicklung konnten die wesentlichen Prozessphasen einer bedarfsorientierten Reinigungsstrategie erkannt werden: Kennzeichnend für die „Bedarfsorientierte Kanalreinigung“ sind danach die Prozessphasen der operativen Durchführung der Reinigungsarbeiten nach einer Einsatzplanung, die auf einer Ablagerungsbewertung zur Abschätzung des Reinigungsbedarfes basiert und auf eine Inspektion und Kontrolle von Ablagerungen, Kanalzuständen und Reinigungsergebnissen zurückgreift. Nachfolgend werden die Ziele und die Handlungsoptionen in den charakteristischen Phasen des dynamischen Prozessmodells dargestellt. Zunächst wird dabei die Prozessphase der Inspektion und Kontrolle betrachtet.

### 8.2.1 Prozessphase: Inspektion und Kontrolle

Die Erhebung von Inspektionsdaten über das Aufkommen von Ablagerungen und der Abgleich mit Erfahrungen bei der Reinigung dieser Netzabschnitte und Informationen aus der Kanalzustandserfassung ist wesentlicher Kern bedarfsorientierter Reinigungsstrategien. Sie beruhen darauf, aus verschiedenen Betriebsprozessen kontinuierlich Betriebserfahrungen für die Reinigungsplanung zu bündeln.

Bei dem Reinigungsvorgang selbst kann dies beispielsweise durch eine standardisierte Bewertung der Ablagerungssituation vor und während der Reinigung geschehen, die in das Reinigungsprotokoll aufgenommen wird. Denn erfahrene Kanalreiniger können Ablagerungen bis zu einem gewissen Grad aufgrund von Beobachtungen während der Reinigung einschätzen, z.B. hinsichtlich Menge (viel/wenig) und Beschaffenheit (Steine/Schlamm). Anhaltspunkte sind dabei (vgl. Kapitel 6.1)

- die Verschmutzung im Schachtgerinne vor der Reinigung,
- die Geräuschentwicklung während des Spül- und Saugensatzes,
- die evtl. Verwirbelungen der HD-Strahlen beim Einfahren in die Haltung sowie
- die Beschaffenheit bzw. Färbung des abfließenden Spülwassers.

Vor dem Hintergrund, dass derzeit Kanalnetze sehr viel häufiger gereinigt als inspiert werden (in Einzelfällen bis zu 15 mal häufiger) können durch diese einfachen Ergänzungen in den Reinigungsprotokollen wertvolle Informationen für die Reinigungsplanung gewonnen werden (vgl. Kapitel 6.1 und 6.4). Bei der praktischen Umsetzung ist der Interessenskonflikt zu berücksichtigen, dass das ausführende Personal mitunter wenig Interesse daran hat, die eigenen Tätigkeiten als eigentlich nicht

notwendig zu bewerten. Die Befürchtungen, dass Personalabbau die Folge ist, beeinträchtigen den Informationsfluss. Personalabbau ist jedoch nicht immer die Konsequenz bedarfsorientierter Strategien. Vielfach steht das Bestreben im Vordergrund, die vorhandenen Ressourcen optimal einzusetzen, d. h. gestiegene Umweltaanforderungen durch eine andere Aufgabenverteilung optimaler zu bewältigen.

Die Beseitigung von Betriebsstörungen hat dagegen immer höchste Priorität. Aufgrund der Erfahrungen mit Betriebsstörungen sind häufig zu reinigende „Brennpunkte“ bekannt. Ein Störfallkataster bzw. eine Statistik über Ort, Häufigkeit, Wirkung und Ursache von besonderen Störfällen ist daher für die Ausrichtung bedarfsorientierter Betriebsstrategien wesentlich (vgl. Kapitel 5.1 und 6.4).

Doch auch in der Alltagspraxis können durch Verzahnung von verschiedenen Betriebsaufgaben weitergehende Informationen zur Ablagerungssituation gewonnen werden. So kann bspw. im Rahmen der nach ATV 147, Teil 1 alle zwei Jahre durchzuführenden Schachtinspektionen die Ablagerungssituation im Schachtgerinne direkt mitbewertet werden. In den Inspektionsprotokollen werden dazu Ergänzungsfelder eingearbeitet. In der Praxis hat sich eine Bewertung in nur zwei bis drei Kategorien (z.B. *Verschmutzung* gering, mittel oder stark) bewährt, um die Reinigungsplanung wirkungsvoll zu unterstützen (vgl. Kapitel 6.1). Diese Informationen können auch hilfreich sein, um bspw. die Reinigungsarbeiten von Dienstleistern besser auf Plausibilität kontrollieren zu können. Neben den Schachtinspektionen können auch Reparatüreinsätze, wie bspw. der Austausch von Steigeisen, genutzt werden, um die Ablagerungssituation im Schacht durch Ergänzungen im Ausführungsprotokoll gleich mitzubewerten.

Darüber hinaus bieten weitergehende Inspektionsmaßnahmen die Möglichkeit, neben der Ablagerungssituation im Schacht, auch die oberhalb und unterhalb angeschlossene Haltung hinsichtlich der Ablagerungssituation einzuschätzen. Der Einblick in die Haltung kann dabei durch die klassische Methode des Spiegelns, bzw. inzwischen auch durch eine speziell für diesen Einsatz entwickelte Schacht-Videokamera erzielt werden (vgl. Kapitel 2.3 und 6.1).

Eine vollständige Erfassung der Ablagerungssituation in einer Kanalstrecke ist mittels TV-Kanalinspektion (Fahrwagenkamera) möglich. In der Praxis wird dies jedoch nur in Ausnahmefällen durchgeführt, da bereits die Kosten für die Inspektion i.d.R. deutlich höher ausfallen als für die Reinigung. Obendrein sind dann noch die Reinigungskosten für die als verschmutzt erkannten Kanäle zu berücksichtigen. Digitale Erfassungssysteme, die mit hoher Geschwindigkeit den Kanal befahren können, bieten hier eventuell neue Perspektiven für eine wirtschaftliche Vorinspektion der Ablagerungssituation (vgl. Kapitel 6.1).

Gegliedert nach Betriebsaufgaben sind die wesentlichen Ziele und Maßnahmen zur Umsetzung bedarfsorientierter Betriebsstrategien für die Prozessphase „Inspektion und Kontrolle“ nachfolgend zusammengefasst (Tabelle 25).

Tabelle 25: Handlungsoptionen zur Erfassung der Ablagerungssituation im Kanalnetz

<b>PROZESSPHASE: Inspektion und Kontrolle (vgl. Bild 149)</b>		
<b>Betriebsaufgaben</b>	<b>Ziele/Handlungsoptionen</b>	<b>Werkzeuge</b>
<b>Reinigung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Protokollierung der Ablagerungssituation nach vorgegebenen Klassifikationen</li> <li>➤ ggf. Einsatz einer Reinigungsdüse mit Kameraaufsatz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Kanaldatenbank (vgl. Kap. 6.1)</li> <li>➤ z.B. „sehende Düse“ (vgl. Kap. 2.3)</li> </ul>
<b>Schachtinspektion</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Protokollierung der Ablagerungssituation im Schachtgerinne nach Vorgabeklassen.</li> <li>➤ ggf. weitergehende Inspektion der angeschlossenen Kanalhaltungen</li> <li>➤ ggf. sind die Inspektionsintervalle im Hinblick auf eine umfassendere Gewinnung von Ablagerungsdaten anzupassen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Kanaldatenbank, (vgl. Kap. 6.1)</li> <li>➤ Kanalspiegel/-kamera (vgl. Kap. 6.1)</li> <li>➤ Zusätzlicher Personal und Geräteaufwand (vgl. Kap. 6.1)</li> </ul>
<b>Kanalinspektion</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Bauliche Einschränkungen im Hinblick auf die Hydraulik erfassen (z.B. Unterbögen)</li> <li>➤ TV-Inspektion vor/nach der Reinigung zur Ablagerungserfassung/ Reinigungskontrolle</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Kanaldatenbank (vgl. Kap. 6.1)</li> <li>➤ z.B. digitale Schnellerfassung (vgl. Kap. 6.1)</li> </ul>
<b>Reparaturarbeiten</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Protokollierung der Ablagerungssituation nach vorgegebenen Klassifikationen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Kanaldatenbank (vgl. Kap. 6.1)</li> </ul>
<b>Störfällbeseitigung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Protokollierung und Dokumentation der Störfälle, Störfallkataster</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Kanaldatenbank (vgl. Kap. 5.1 u. 6.1)</li> </ul>

Das Ergebnisdokument der Prozessphase „Inspektion und Kontrolle“ ist ein Netzstandsplan (vgl. Bild 149). Hier werden die Inspektions- und Kontrollergebnisse zusammengefasst und ggf. in einem Plan visualisiert.

## 8.2.2 Prozessphase: Bewertung der Ablagerungssituation

In der vorangegangenen Prozessphase „Kontrolle und Inspektion“ wurde der Netzzustand im Hinblick auf das Ablagerungsaufkommen (Ablagerungsort und -menge) durch verschiedene Maßnahmen eruiert. In der nun folgenden Prozessphase der „Bewertung der Ablagerungssituation“ werden diese Ergebnisse ingenieurmäßig bewertet und in einem Spülbedarfsplan, ggf. als Netzplan visualisiert, zusammengefasst.

Die Zusammenführung der Ablagerungsdaten sollte durch eine Datenbank, bzw. durch eine Ergänzung in der Kanaldatenbank, unterstützt werden. Voraussetzung ist, dass die Ablagerungsdaten in den Betriebsprotokollen schacht- oder haltungsbezogen erhoben werden. Im Bereich der Datenerfassung nutzen einige Kanalbetriebe inzwischen mobile Datenerfassungsgeräte (Handheld, Tablet-PC, ), um die Betriebsprotokolle zu den verschiedenen Betriebsaufgaben (Reinigung, Inspektion, Reparatur, Sonderarbeiten) gleich vor Ort digital zu erfassen. Darüber hinaus haben einige Betriebe ihre Schächte bereits auch mit Schachterkennungssystemen (Transponder, Barcodes) ausgestattet. Hierdurch sollen die Sachdaten (z.B. Schachtinspektionsprotokoll) eindeutig und automatisiert den Grunddaten (z.B. Schachtnummer) zugeordnet werden (vgl. Kapitel 6.4).

Im nächsten Schritt erfolgt die Datenaufbereitung. Die Ablagerungsinformationen liegen ggf. klassifiziert (stark, mittel, gering verschmutzt) vor und können danach sortiert werden. Besondere Verschmutzungen können ggf. mit Fotodokumentation hinterlegt werden. Darüber hinaus ist ggf. eine Verschneidung der Ablagerungsdaten mit hydraulischen Modellnetzberechnungen gewinnbringend, um ablagerungsgefährdete Kanalstränge zu identifizieren. Im Ergebnis wird ein aktueller *Netzzustandsplan* im Hinblick auf das Ablagerungsaufkommen (zeitliche und örtliche Verteilung) erstellt.

Für die pragmatische/ingenieurmäßige Einschätzung bzw. Bewertung des Schadens- und Belästigungspotenzials werden verschiedene Bewertungskriterien (Entwässerungssystem, Rückstauwirkung, Netzkapazitäten, Geruchsbildung) gebündelt betrachtet. Dabei wird auch die Historie aus vorangegangenen Ereignissen berücksichtigt. Die Bewertung kann gleich für mehrere Kanalstränge bzw. auch ganze Teileinzugsgebiete erfolgen. Im Ergebnis wird ein übergeordneter/rahmengebender Spülbedarfsplan als Grundlagedokument für die konkrete Einsatzplanung nach Tages-, Wochen-, oder Monatsplänen erstellt (vgl. Kapitel 6.4).

Die wesentlichen Ziele und Maßnahmen zur Umsetzung bedarfsorientierter Betriebsstrategien sind für die Prozessphase „Bewertung der Ablagerungssituation“ nachfolgend zusammengefasst (Tabelle 26).

Tabelle 26: Maßnahmen zur Bewertung der Ablagerungssituation im Netz

<b>PROZESSPHASE: Bewertung der Ablagerungssituation</b>		
<b>Schritte</b>	<b>Ziele/Handlungsoptionen</b>	<b>Werkzeuge</b>
<b>Datenerfassung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ schacht- und haltungsbezogene Zuordnung der Ablagerungsdaten</li> <li>➤ ggf. digitale Datenerfassung mit Handheld, Tablet-PC etc.</li> <li>➤ ggf. Nutzung von Schachterkennungssystemen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ standardisierte Protokolle (vgl. Kap. 6.1)</li> <li>➤ mobile Erfassungsgereäte (vgl. Kap. 6.4)</li> <li>➤ z.B. Barcode, Transponder (vgl. Kap. 6.4)</li> </ul>
<b>Datenaufbereitung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Auswertung nach Entwässerungssystem (RW/SW/MW) und Verschmutzungsklassen</li> <li>➤ Visualisierung der Ablagerungsdaten in Planunterlagen, Fotodokumentationen</li> <li>➤ ggf. Verschneidung der Ablagerungsdaten mit hydraulischen Modellnetzrechnungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Kanaldatenbank (vgl. Kap. 5)</li> <li>➤ GIS System (vgl. Kap. 5)</li> <li>➤ Abflussberechnungen</li> </ul>
<b>Bewertung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Einschätzung des Schadens- und Belästigungspotenzials</li> <li>➤ Prioritätenfestlegung</li> <li>➤ Aufstellung eines Spülbedarfsplans</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Ingenieurbewertung (vgl. Kap. 6.4)</li> <li>➤ Spülbedarfsplan (vgl. Kap. 6.4)</li> <li>➤ Visualisierung, GIS (vgl. Kap. 5)</li> </ul>

Das Ergebnisdokument der Prozessphase „Bewertung der Ablagerungssituation“ ist der Spülbedarfsplan. Hier wird das Betriebswissen zusammengefasst. Der Spülbedarfsplan wird ständig fortgeschrieben, um die Reinigungsplanung immer wieder anhand von Betriebserfahrungen und unter Berücksichtigung aktueller Ereignisse neu auszurichten.

### 8.2.3 Prozessphase: Einsatzplanung

Bei der Organisation der Arbeitsaufgaben zur operativen Durchführung der Reinigungsarbeiten ist auf Basis des Spülbedarfsplans eine Einsatzplanung bzw. ein Reinigungsplan zu erstellen. Der Reinigungsplan beschreibt, mit welchem Verfahren und zu welchem Zeitpunkt ausgewählte Netzabschnitte gereinigt werden sollen. Dabei orientiert sich die Planung der Spüleinsätze grundsätzlich an der Fließrichtung des Abwassers. Netzpläne unterstützen die Auswahl der Spülabschnitte. Mitunter ergeben sich bei der Organisation der Aufgaben auch Möglichkeiten, um Betriebsprozesse miteinander zu verzahnen und Synergien zu nutzen (vgl. Kapitel 2).

Bei der Einsatzplanung sind insbesondere aktuelle Ereignisse aus der Rufbereitschaft zu berücksichtigen. Freie Kapazitäten für die schnelle Bearbeitung der Störfälle bzw. Brennpunkte sind einzuplanen, da Bürger- bzw. Nutzerinteressen in der Regel höchste Priorität haben. Darüber hinaus ist zu beachten, dass die Reinigungsarbeiten ggf. auf den besonderen baulichen Kanalzustand abzustimmen sind. So sind in der Einsatzplanung für die Reinigungsarbeiten Kanalhaltungen mit besonderen

Risiken für die Netzsubstanz zu kennzeichnen. Hierzu gehören insbesondere Strecken, die bereits in der TV-Inspektion besondere Angriffspunkte für die HD-Reinigung zeigten, wie z.B. brüchige Schadstellen, Versätze und einragende Stützen. Werden die Reinigungsarbeiten an Dienstleister vergeben, sind bereits in der Ausschreibung Leistungsanforderungen an Reinigungsgeräte und Hinweise zu deren Anwendung zu stellen, um insbesondere auch die Netzsubstanz zu schonen (vgl. Kapitel 8.2.1).

Im Bereich der Einsatzplanung sind Verkehrsicherungs- und Arbeitssicherheitsmaßnahmen, z.B. für den Schachteinstieg vorzubereiten. So sind beispielsweise Genehmigungen (Straßensperrungen etc.) einzuholen, Sicherheitsgeräte (Gaswarnmessgerät etc.) vorzuhalten, Sicherheitsschulungen nachzuweisen und Verantwortlichkeiten eindeutig zu übertragen.

Tabelle 27: Maßnahmen für die angepasste Einsatzplanung

<b>PROZESSPHASE: Einsatzplanung</b>		
<b>Einflussbereiche</b>	<b>Ziele/Handlungsoptionen</b>	<b>Werkzeuge</b>
<b>Organisation/ Aktualität</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Organisation einer schnellen Verfügbarkeit von Kapazitäten, um Störfälle zu beseitigen</li> <li>➤ Planung der täglichen/wöchentlichen Reinigungseinsätze, Erstellung von Einsatzplänen</li> <li>➤ Zielvereinbarungen zu Leistungswerten pro Monat bzw. Jahr</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Rufbereitschaft (vgl. Kap. 0 u. 6.3)</li> <li>➤ Spül- bzw. Einsatzplan, (vgl. Kap 6.4)</li> <li>➤ Mitarbeitergespräche (vgl. Kap. 6.3)</li> </ul>
<b>Leistung/ Kosten</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ ggf. Einrichten eines Auftragswesens für Arbeiten an Haltungen und Schächten</li> <li>➤ Erstellen von Leistungsberichten zu gereinigten Schächten und Kanälen</li> <li>➤ Erfassung der variablen Betriebskosten und Durchführung von Kostenrechnungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Tagesberichte (vgl. Kap. 0 u. 6.3)</li> <li>➤ Mobile Datenerfassung (vgl. Kap 6.4)</li> <li>➤ Controllingberichte (vgl. Kap. 0)</li> </ul>
<b>Arbeitssicherheit</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Unterweisung und Qualifizierung von Mitarbeitern</li> <li>➤ Verhaltenstraining in sicherheitsrelevanten Situationen</li> <li>➤ Festlegung von Verantwortlichkeiten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Theoretische Schulungen (vgl. Kap. 6.3)</li> <li>➤ Praktische Übungen (vgl. Kap. 6.3)</li> <li>➤ Dienstanweisungen (vgl. Kap. 6.3)</li> </ul>

Das Ergebnisdokument der Prozessphase „Einsatzplanung“ ist der Spül- oder Einsatzplan. Hier sind fest umrissene Angaben über Reinigungslänge und –ort sowie Art und Einsatzbedingungen der Reinigungsgeräte zusammengefasst. Den Hintergrund dafür bilden eine Bewertung des Spülbedarfs sowie die aktuell zu berücksichtigenden Anforderungen aus dem Betrieb.



#### **8.2.4 Prozessphase: Kanalreinigung**

Praxiserfahrungen zeigen, dass leistungsschwache Reinigungsgeräte und Anwendungsfehler bei den Reinigungsmethoden die Reinigungsleistung deutlich senken und darüber hinaus ein wesentliches Risiko zur Schädigung der Netzsubstanz darstellen. Bei fehlender Qualitätskontrolle bleibt dies häufig unbemerkt.

Der Reinigungserfolg wird beispielsweise bei der Methode der Hochdruckreinigung außer durch die Düsenauswahl auch durch die Anwendungsparameter wie Düsendruck und -durchfluss sowie Einlass- und Rückzugsgeschwindigkeit des Düsenkörpers bestimmt. Wird bei hohem Ablagerungsaufkommen zu wenig Spülwasser eingesetzt oder der Düsenkörper zu schnell zurückgezogen, bleiben Ablagerungsreste im Kanal zurück und ein weiterer Spülgang ist notwendig. Darüber hinaus können Reinigungsabschnitte auch zu lang gewählt werden. Nach Praxiserfahrungen aus Kontrollinspektionen werden in diesem Fall die Ablagerungen durch den Reinigungsvorgang lediglich zu Dünen aufgeschoben. Jedoch sind erst Extremfälle für das Bedienpersonal erkennbar, wenn bspw. eine Kanalverstopfung oder auch ein Festsetzen von Schlauch und Düse in den Ablagerungen daraus resultieren (Bosseler und Schlüter, 2004).

Wesentliches Element für jede Betriebsstrategie ist die Mitarbeitermotivation und Ausbildung: Unmotiviertes und schlecht ausgebildetes Reinigungspersonal arbeitet weniger effizient. Durch regelmäßige Mitarbeiterbesprechungen kann das Verantwortungsbewusstsein und die Motivation gestärkt werden. Gute Arbeitsbedingungen und Weiterbildungsmöglichkeiten wirken häufig leistungssteigernd. Lehrgänge und Schulungsmöglichkeiten werden von unterschiedlichen Institutionen angeboten und sind insbesondere für neue Mitarbeiter zu empfehlen (vgl. Kapitel 5). Bei der Vergabe von Reinigungsarbeiten an Dienstleistungsunternehmen ist die Personalqualifikation zu hinterfragen.

Tabelle 28: Maßnahmen zur Optimierung der Kanalreinigung

<b>PROZESSPHASE: Durchführung der Kanalreinigung</b>		
<b>Einflussbereiche</b>	<b>Ziele/Handlungsoptionen</b>	<b>Werkzeuge</b>
<b>Reinigungsmethoden</b> (vgl. Bosseler und Schlüter, 2004)	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Einsatz effizienter und die Netzsubstanz schonender Reinigungsverfahren</li> <li>➤ Einsatz der Reinigungsfahrzeuge in Abhängigkeit der Ablagerungs- und Netzsituation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Schwallspülung, Stauspülung (Spülschilde)</li> <li>➤ Gespann/Kombi/Rückgewinner (vgl. Kap. 6.3)</li> </ul>
<b>Düsenauswahl</b> (vgl. Bosseler und Schlüter, 2004)	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Oberflächenvorbereitung der gesamten Rohrwandung für TV-Inspektion/Sanierung</li> <li>➤ Transport großer Ablagerungsmengen und Räumgutentnahme über hohe Saugleistung</li> <li>➤ Einsatz effizienter und die Netzsubstanz schonender Reinigungswerkzeuge</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Rotationsdüsen, Rundstrahldüsen</li> <li>➤ Sohlenreiniger mit hoher Räumleistung</li> <li>➤ Ejektordüsen, Düsen-schlitten</li> </ul>
<b>Mitarbeiter - Motivation und Ausbildung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Regelmäßige Zielvereinbarungen über Leistungsverbesserungen treffen</li> <li>➤ Werterhaltende Fahrzeugpflege und -wartung</li> <li>➤ Mitarbeiter erkennen Bedarf und Anforderungen des Kanalnetzes und stellen sich selbstverantwortlich darauf ein</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Mitarbeitergespräche (Kap. 6.3)</li> <li>➤ Schulung (Kap. 6.3)</li> <li>➤ Prämiensysteme (vgl. Kap. 6.3)</li> </ul>

Das Ergebnisdokument der Prozessphase „Durchführung der Kanalreinigung“ ist das Reinigungsprotokoll. Hier werden Leistungs- und Betriebsdaten (Meterleistung, Verbrauch Betriebsstoffe) sowie Inspektions- und Kontrollergebnisse zu dem ange-troffenen Ablagerungsaufkommen zusammengefasst.

### 8.3 Äußere Randbedingungen und Einflussgrößen

Die Entwicklung bedarfsorientierter Betriebsstrategien wird durch einige vergleichsweise feststehende Randbedingungen beeinflusst, die gewissermaßen den Rahmen für Betriebsstrategien setzen. Zusammenfassend konnten folgende wesentlichen Einflüsse auf die jeweilige Betriebsstrategie erkannt werden:

- Netzsituation  
z.B. flache oder steile Netze, kleine oder große Netze, Misch- oder Trennsystem, geringer oder hoher Sanierungsbedarf
- Rechtliche Rahmenbedingungen,  
z.B. besondere Anforderungen aus den Landeswassergesetzen oder den Eigenkontrollverordnungen, Beispiel NRW: SüwVKan und Ministerialerlass
- Budget und Personal  
z.B. Organisieren der Reinigungsarbeiten und des Aufbaus von Betriebserfahrungen mit privaten Reinigungsfirmen oder mit eigenem Personal
- Methoden und Verfahren  
z.B. Inspektionstechniken zur Vorerkundung von Ablagerungen, besondere technische Strategien, alternative Reinigungsverfahren

Anschauliche Beispiele für o. a. Rahmenbedingungen sind die jeweiligen rechtlichen Rahmenbedingungen in den verschiedenen Bundesländern oder der jeweilige Budgetrahmen für Personal- und Geräteleistungen (vgl. Kapitel 5.1). Entscheidenden Einfluss auf die Betriebsstrategie haben darüber hinaus aber auch äußere Randbedingungen wie die Netzsituation. Sehr flache Kanalnetze wie beispielsweise im Bereich des Niederrheins oder der norddeutschen Küstenregion sind mitunter sehr abgelagerungsträchtig und erfordern daher in verstärktem Maße vorbeugende, präventiv ausgerichtete Konzepte mit regelmäßigen, systematisch wiederkehrenden Reinigungsintervallen.

Vor diesem Hintergrund wird die Eignung des entwickelten Prozessmodells, um verschiedene Lösungsansätze bedarfsorientierter Reinigungsstrategien systematisch abzubilden, anhand von Fallbeispielen nachfolgend näher analysiert.

## 8.4 Exemplarische Umsetzung von Lösungsansätzen

### 8.4.1 Betriebsprofil: Reinigung mit eigenem Personal und Geräten

Beispielgeber für die Entwicklung und Einführung bedarfsorientierter Strategien mit eigenem, kommunalem Personal sind die Städte Hemer und Marl. Die Stadt Hemer, eine mittelgroße Stadt in Nordrhein-Westfalen, reinigte ihr Kanalnetz nach der Präventivstrategie alle zwei Jahre komplett, gebietsweise auch in kürzeren Intervallen. Aufmerksam geworden durch den Erfahrungsaustausch im Rahmen der Workshops zu dem Forschungsprojekt „Bedarfsorientierte Kanalreinigung“ entschloss sich die Stadtentwässerung Hemer, ihre Kanalreinigungsstrategie überprüfen zu lassen.

In einem ersten Schritt wurden die betrieblichen Randbedingungen des Kanalbetriebs der Stadt Hemer aufgenommen und analysiert. Hierzu wurden Befragungen der Mitarbeiter, Begleitungen der Kanalreinigung sowie eine Auswertung von vorhandenem Datenmaterial durchgeführt. Im nächsten Schritt wurde die Ablagerungssituation in den Teilbereichen des Kanalnetzes in Hemer erhoben, die nach dem zweijährlichen Turnus zur Reinigung vorgesehen waren. Darauf aufbauend wurden Konzepte für die Umsetzung einer an die vorhandene Betriebsstruktur angepassten bedarfsorientierten Reinigungsstrategie erarbeitet und deren Umsetzung begleitet.

Im Ergebnis zeigten die Ablagerungsinspektionen, dass in den untersuchten Teilbereichen nach zwei Jahren ohne Kanalreinigung kaum hydraulisch relevante Störungen durch Ablagerungen feststellbar waren. Die vereinzelt angetroffene Bildung von ausgeprägten bleibenden Ablagerungen hatte in der Regel besondere Ursachen:

- bauliche Mängel: z. B. Unterbögen und ausgeprägte Muffenversätze, Wurzeleinwuchs (ist im Rahmen einer Unterhaltungsreinigung nicht zu beseitigen)
- hydraulische Störungen: z. B. durch Rückstauverhältnisse bei seitlichen Zulaufen und in Drosselbereichen an Regenüberläufen oder bei starken Gefällewechseln (Abstürze) sowie zu geringe Abflussverhältnisse
- unplanmäßiger Feststoffeintrag: z.B. Sand, Kies oder auch Beton aus Baumaßnahmen, Bohrkerne und insbesondere herabgestürzte Schmutzfänger

Ein funktionaler Zusammenhang von Gefälle, Nennweite und Rohrmaterial auf die Ablagerungssituation konnte nicht nachgewiesen werden.

Im Rahmen der Ablagerungsuntersuchungen kamen verschiedene Inspektionstechniken zum Einsatz, so z.B. die TV-Untersuchung, die Schachtkamera, der Kanalspiegel, die Inaugenscheinnahme von Schachtgerinnen und die Begehung einzelner Haltungen. Der Kanalbetrieb Hemer bewertet die Methode der Kanalspiegelung als pragmatische Methode, um unter günstigen Randbedingungen (Sonnenlicht) Ablage-

rungskontrollen für Kanalstrecken kostengünstig und mit geringem Zeitaufwand durchzuführen.

Zur Entwicklung eines an die Betriebsstruktur des Kanalbetriebs in Hemer angepassten Konzeptes wurden verschiedene Vorgehensweisen diskutiert. Kern der von dem Kanalbetrieb der Stadt Hemer bevorzugten Variante ist es, kontinuierlich Betriebswissen über Kanalablagerungen aufzubauen und Maßnahmen im Hinblick auf den Gewässerschutz verstärkt umzusetzen. Damit gewinnen Schachtinspektionen und Ablagerungskontrollen an Bedeutung. Das Kanalnetz soll zunächst in einem Intervall von zwei Jahren im Hinblick auf Ablagerungen überwacht werden, gebietsweise in kürzeren Intervallen. Die Ablagerungsinspektionen dienen dabei als Synergieeffekt mit den Schachtinspektionen, die durch das DWA-Arbeitsblatt 147 Teil 1 gefordert werden.

Die Kanalreinigung soll im Wesentlichen nur noch nach Feststellung von Ablagerungshöhen von mehr als 15 % der Profilhöhe erfolgen. Die Anforderungen der SÜwVKan NRW werden somit erfüllt. Um die Inspektionsergebnisse zu erfassen, ist eine Datenbank eingerichtet worden. Die Datenbank ermöglicht auch die notwendigen Berichte an die Aufsichtsbehörden. Über Jahre soll dadurch kontinuierlich Betriebswissen über Kanalablagerungen aufgebaut werden und unterhaltungsintensive Objekte erkannt werden. Darüber hinaus soll die Reinigung von Drosselkanälen an Regenüberläufen verstärkt werden, um Inbetriebnahmen der Entlastungsbauwerke und daraus resultierende Feststoffeinträge in Gewässer nach Möglichkeit zu minimieren. Eventuell frei werdende Kapazitäten sollen insbesondere für die häufigere Reinigung der Straßeneinläufe sowie für die Wartung der Bachverrohrungen genutzt werden. Dadurch sollen insbesondere eine Verminderung des Eintrags von Schwermetallen infolge von Straßenabtrieb und eine Begrenzung von Überflutungshäufigkeiten erreicht werden.

In einem ersten Piloteinsatz wurde der Stadtteil Deilinghofen „bedarfsorientiert gereinigt“. Alle Haltungen und Schachtbauwerke im genannten Stadtteil wurden lückenlos inspiziert. Die Ergebnisse aus den vorangegangenen Untersuchungen wurden dabei bestätigt. Tendenziell wurde geringes Ablagerungsaufkommen festgestellt. Die Abschnitte, die zunächst Ablagerungshöhen > 15 % der Profilhöhe aufwiesen, wurden in einer Wiederholungsinspektion nach Starkregenereignissen ablagerungsfrei vorgefunden. Der Nachweis der Wirtschaftlichkeit der bevorzugten Variante der Kanalreinigungsstrategie gegenüber der herkömmlichen Präventivstrategie muss noch erfolgen. Auf Basis der neu entwickelten Strategie wird die Entwicklung der Ablagerungssituation im Kanalnetz der Stadt Hemer jedoch verstärkt überwacht, so dass insbesondere veränderte Abflussverhältnisse infolge geänderter Gebietsstrukturen und Verbraucherverhalten zukünftig gezielter berücksichtigt werden können.

Der zentrale Betriebshof der Stadt Marl betreibt ein Kanalnetz im Freigefälle mit knapp 300 km Netzlänge (247/23/19 km, MW/RW/SW) im Nennweitenbereich von DN 200 bis DN 1800 und darüber hinaus ca. 30 km Schmutzwasser-Druckleitungen. Hinzu kommen 22 Düker, 13 Pumpwerke, 160 private Pumpstationen, 41 Regenbecken, 6 Regenüberläufe und 73 Einleitungsbauwerke. Die Betriebsaufgaben zur Wartung der o. a. Kanalnetzanlagen werden in Marl seit 1986 mit einer gleich bleibenden Belegschaftsstärke von insgesamt 13 Mitarbeitern bearbeitet. Verändert haben sich über die Zeit jedoch die Aufgabenschwerpunkte und die Netzstruktur. Seit Mitte der achtziger Jahre stieg die Zahl der zu überwachenden Regenbecken von 9 auf 41 Anlagen und die Zahl der Düker von 12 auf 22 deutlich an. Gänzlich neu hinzugekommen sind darüber hinaus ca. 160 private Pumpwerke. Gleichzeitig erweiterte sich das Netz durch Neuerschließungen um ca. 20 %. Die Länge der Schmutzwasser-Druckleitungen wuchs dabei allein von 7 auf 30 km an.

Mit Einführung der Selbstüberwachungsverordnung SÜwVKan NRW (1995) wurden nicht nur die Betriebsaufgaben umfangreicher beschrieben, sondern es stiegen auch die Anforderungen an die Dokumentation der Tätigkeiten. Inzwischen haben die Umwelanforderungen an den Betrieb von Kanalisationsanlagen durch weitere Gesetzesinitiativen (novelliertes Landeswassergesetz NRW, BWK Merkblatt etc.) auch weiterhin zugenommen.

Aus dieser Veranlassung entwickelte der Kanalbetrieb des Zentralen Betriebshofes der Stadt Marl im Jahr 2002 ein Konzept, um die Betriebsorganisation an den gestiegenen Anforderungen auszurichten. Ziel war es, im Bereich der Kanalreinigung eine bedarfsorientierte Reinigungsplanung einzuführen, um die vorhandenen Personalkapazitäten insbesondere auch im Bereich der erweiterten Aufgabenfelder einsetzen zu können.

Grundprinzip der entwickelten Reinigungsstrategie ist es, den Aufwand im Bereich der systematischen Netzreinigung zu senken. Durch Verwertung der langjährigen Betriebserfahrungen über das Ablagerungsaufkommen im Kanalnetz können Reinigungsintervalle an den Bedarf angepasst werden. Flankierend werden gezielte Inspektionen für die Bedarfsermittlung durchgeführt. Insbesondere werden Schachtinspektionen genutzt, um neben der gesetzlich geforderten Überprüfung des Schachtzustandes die Ablagerungssituation im Kanalnetz gleich mit zu erfassen. Auf Basis dieser Daten kann die Reinigungsplanung verstärkt an das tatsächliche Ablagerungsaufkommen ausgerichtet werden. Darüber hinaus können Störfälle durch die ständig wachsenden Betriebserfahrungen und die neuen Inspektionsmöglichkeiten zielgerichtet beseitigt werden.

Die Einführung der bedarfsorientierten Kanalreinigung im Kanalbetrieb der Stadt Marl sieht folgende Konzeptsschritte vor:

1. Aufgabe der starren Reinigungsintervalle (von 1960 bis 2002 wurde das Netz jährlich bzw. alle zwei Jahre komplett durchgespült).
2. Überprüfung und Anpassung der Reinigungsintervalle in Abhängigkeit der Betriebserfahrungen der jeweils zurückliegenden (drei) Jahre.
3. Einführung der Inaugenscheinnahme von Schächten und Kanälen nach einem Inspektionsplan. Aufbau der Mitarbeiterqualifikation und Anpassung der gerätetechnischen Ausstattung .
4. Systematische Dokumentation des Betriebswissens über das Ablagerungsaufkommen im Rahmen der Inaugenscheinnahme und der Kanalreinigung.
5. Differenzierung der Reinigungsplanung nach den Entwässerungssystemen (RW, SW, MW) und den ablagerungsträchtigen „Schwerpunkten“ im Kanalnetz.

Im Ergebnis konnte der Aufwand im Bereich der Unterhaltungsreinigung deutlich gesenkt werden. Ab 2002 wurde das Reinigungsintervall von zwei auf drei Jahre und ab 2005 auf vier Jahre deutlich gestreckt. Im Bereich der Regenwasserkanäle wird ab 2008 das Reinigungsintervall sogar auf 15 Jahre angehoben, d. h. damit wird die Unterhaltungsreinigung durch die Vorreinigung zur TV-Inspektion im Rahmen der Zustandserfassung nach SÜWVKan gleich mit abgedeckt. Im Gesamtblick reduziert sich der jährliche Reinigungsaufwand damit auf ca. 80 km und beläuft sich nur noch auf 30 % im Vergleich zu der ursprünglich durchgeführten jährlichen Reinigung.

Die konsequente Ausrichtung der Betriebsziele auf den Gewässerschutz wird inzwischen von den Mitarbeitern mitgetragen, so dass der tatsächliche Reinigungsbedarf im Rahmen der Überwachungs- und Reinigungsarbeiten realistisch benannt wird. Voraussetzung für die Umsetzung der bedarfsorientierten Kanalreinigung war eine intensive Kommunikation mit den Mitarbeitern und eine transparente Argumentation der Veränderungen.

#### **8.4.2 Betriebsprofil: Vergabe der Reinigung an Fachfirmen**

Beispielgeber für die Entwicklung und Einführung bedarfsorientierter Strategien bei der Vergabe der Kanalreinigung an private Reinigungsfirmen sind die Kanalbetriebe aus Holzwickede und Bergkamen. Das Kanalnetz von Holzwickede ist rund 92 km lang. Es verfügt über ca. 2.350 Haltungen und ebenso viele Schächte. Die Unterhaltung des Kanalnetzes wird in Holzwickede durch die Stelle eines Sachbearbeiters organisiert. Zu seinem Aufgabengebiet gehört u. a. die Koordinierung von Maßnahmen zur Kontrolle und Wartung der Kanalhaltungen, Schächte, Straßenabläufe sowie Pumpwerke, Sonderbauwerke und Kleinkläranlagen. Hinzu kommt die Beseitigung

von Betriebsstörungen und Notfällen (z.B. Verstopfung, Rückstau, Geruchsbelästigung, etc.).

Das Kanalnetz wurde über Jahrzehnte systematisch in einem festen Turnus - meistens sogar jährlich - gereinigt. Private Reinigungsfirmen erhielten den Auftrag, das Kanalnetz mit dem Hochdruckspülverfahren von den Anfangshaltungen bis hin zu den Übergabestationen komplett durchzureinigen. Dabei konnte der Dienstleister selbst bestimmen, wo und wann er reinigt d. h. er war nicht an eine zeitliche oder räumliche Abfolge gebunden. Es wurden keine Protokolle geführt, die den Umfang, die Dauer, den Ort und den Prozess der Reinigung sowie Hinweise zur Ablagerungssituation festhielten. Lediglich eine Tagesabrechnung mit Straßennamen und Meterleistung der Arbeiten wurde eingereicht. Die Vergütung erfolgte auf Basis der Meterleistung.

Die Schächte wurden einmal jährlich, beim Reinigen der Haltungen, mit einem Hochdruckschlauch abgespritzt, und der anfallende Schmutz wurde zusammen mit den gelösten Ablagerungen aus der Reinigung der Haltungen abgesaugt. Gleichzeitig wurden auch die Schmutzfänge entleert. Die ca. 2500 Straßeneinläufe und deren Schlammeimer wurden dreimal jährlich gereinigt und entleert. Die Pumpwerke wurden von dem Dienstleister wöchentlich gereinigt. Dabei müssen der Pumpensumpf und ggf. die Druckbehälter händisch gereinigt werden. Die Ablagerungen am Rand des Pumpensumpfes werden mit einer Schaufel entfernt und mit dem sonstigen Schmutz abgesaugt. Die Kleinkläranlagen, Regenüberlaufbecken, Regenrückhaltebecken und Regenüberläufe wurden zyklisch kontrolliert. Die Kontrolle der Funktionsfähigkeit der Pumpwerke wurde durch zwei Mitarbeiter des Baubetriebshofes unterstützt. Die Koordinierung der beiden Mitarbeiter erfolgt durch den Leiter des Baubetriebshofes. Die Pumpwerke wurden durch ein privates Reinigungsunternehmen wöchentlich gereinigt. In der Abrechnung wurden die Einsätze des Dienstleisters monatsweise für die jeweiligen Pumpwerke zusammengefasst. Die Arbeiten an den Pumpwerken werden in Fahrzeugstunden und Grubenstunden (mit Einstieg in den Pumpensumpf) aufgeschlüsselt.

Zusammengefasst wurden 2002 in Holzwickede folgende Probleme erkannt:

- Kontrolle: Die Arbeiten des Dienstleisters konnten nicht nachvollzogen werden. Es gab keine Informationen zu den Ausführungen der Reinigungsarbeiten und damit auch keine Kontrolle des Arbeitserfolges.
- Netzkenntnisse: Es gab keine systematisch gewonnenen Erfahrungen über die Verschmutzungssituation im Kanalnetz oder zu reparaturbedürftigen Schächten.
- Unvollständiges Berichtswesen: Die SÜWVKan verlangt eine Dokumentation der durchgeführten Überwachungsmaßnahmen. Es fehlten bisher in Holzwickede die dazu notwendigen Protokolle.



Auf der Grundlage der o. a. Problemanalyse wurde Anfang 2002 eine neue Reinigungsstrategie entwickelt. Künftig sollten nur noch die wirklich verschmutzten Kanäle und Bauwerke gereinigt werden. Die sauberen Netzbereiche werden solange nicht gereinigt, bis sie einen gewissen Verschmutzungsgrad erreicht haben. Auf diese Weise sollen auch die Kanalrohre weniger häufig durch die hohen Reinigungsdrücke beansprucht werden, was tendenziell ihre Lebensdauer verlängert. Kern der neuen Reinigungsstrategie ist die Bestimmung des Reinigungsbedarfs auf der Grundlage einer Bewertung der Ablagerungssituation im Kanalnetz. Um Ablagerungen in den Schächten und Haltungen zu ermitteln, entschied man in Holzwickede, die Schächte zu inspizieren und die Haltungen zu spiegeln. Die SÜWVKan fordert ohnehin eine Schachtinspektion als Überwachungsmaßnahme für die Ermittlung des Zustandes der Schächte. Die Spiegelung der Haltungen wurde in den Ablauf der Schachtinspektion integriert, so dass in einem Arbeitsprozess auch der Reinigungsbedarf der Haltungen festgestellt werden kann.

Zur systematischen Erfassung der Ablagerungssituation durch die o. a. Vorinspektionsmaßnahmen mussten Planunterlagen erstellt werden. Das Kanalnetz von Holzwickede wurde hierfür in neun Teileinzugsgebiete unterteilt. Die Gebietsflächen wurden etwa gleich groß gewählt und vom Holzwickeder Norden (Teilgebiet 1) bis zum Süden (Teilgebiet 9) durchnummeriert. Die Einteilung in Teileinzugsgebiete dient der besseren Übersicht und vereinfacht Planung und Ablauf der verschiedenen Arbeitsprozesse. So war es möglich, von den einzelnen Teilgebieten handliche DIN-A3-Pläne für die Vorinspektionsmaßnahmen (Schachtbesichtigung, Haltungsspiegeln) zu erstellen. Zu diesem Zweck mussten die Basisdaten teilgebietsweise aus der Datenbank extrahiert werden. Es wurde über eine Analysefunktion im GIS das Attribut Teilgebiet mit dem der Haltungsnummer überlagert. In den Orientierungsplänen wurden die Kanalart (Mischwasser, Schmutzwasser, Regenwasser) farblich gekennzeichnet, die Fließrichtung des Abwassers durch Pfeile angegeben und die Haltungsnummern den entsprechenden Haltungen zugewiesen.

Der bedarfsorientierte Reinigungsaufwand wird auf Basis des Verschmutzungsgrades für jeden einzelnen Reinigungsabschnitt dargestellt. Besondere Bedeutung kommt der Festlegung der variablen, ablagerungsabhängigen Reinigungsintervalle zu, die in einer PC-Datenbank zu einem bedarfsorientierten Spülplan zusammengefasst werden. Dabei werden die eingegebenen Ablagerungsdaten ausgewertet und die zu reinigenden Netzabschnitte mit Lageplan, Straße, Hausnummer und ggf. Schachtnummer ausgegeben. Zusammen mit Störmeldungen und Anliegerbeschwerden stellen diese Daten die Grundlage der Reinigungsaufträge dar, die an private Dienstleister vergeben werden. Bei der Umsetzung des Reinigungsbedarfes in einen konkreten Einsatzplan für die Reinigungsarbeiten stellt sich die Frage, ob explizit nur die Haltungen mit festgestelltem Reinigungsbedarf gereinigt werden.

Bei dem in Holzwickede angewandten Hochdruckspülverfahren ist es - trotz guter Maschinen und Technik – schwierig, haltungsweise zu reinigen. Das durch die Düse gelöste Räumgut kann häufig nicht vollständig über die Saugvorrichtung entfernt werden. Demzufolge kann ein Teil des gelösten Materials weiter unterhalb der gereinigten Haltung gelangen und sich dort ablagern. Vor diesem Hintergrund wurde in Holzwickede entschieden, dass fallbezogen auch Haltungen einer Straße gereinigt werden, bei denen der direkte Reinigungsbedarf nicht festgestellt wurde. So wird ggf. von dem höchsten bis zum tiefsten Punkt innerhalb der Straße, bis zu einem Haltungsstrang mit mehr Volumenstrom oder größerer Nennweite gereinigt. So wird die Gefahr der Ablagerungsbildung unterhalb der gereinigten Haltungen geringer.

Zur Erstellung von Reinigungsplänen wurden die Verschmutzungsgrade im GIS visualisiert. In Abstimmung mit dem Sachbearbeiter der Kommune Holzwickede wurden Haltungen mit dem Verschmutzungsgrad mittel und stark als reinigungsbedürftig eingeschätzt. In dem GIS werden alle Haltungen, die als mittel und stark verschmutzt eingestuft wurden, farblich hervorgehoben. Mit Hilfe der farblich gekennzeichneten Haltungen wurde ein Reinigungsplan erstellt. Neben den Informationen aus der Vorinspektion (Plan und Protokoll) wird der Reinigungsbedarf aufgrund von besonderen Betriebserfahrungen, wie bspw. wiederholt auftretende Störfälle, in dem Reinigungsplan berücksichtigt.

Die von dem Reinigungsunternehmen gemeldete Leistung wird wiederum anhand der Datenbank zunächst auf Plausibilität überprüft, dokumentiert und ebenfalls in der Datenbank erfasst. Daraus werden Wiederholungstermine für die erneute Vorinspektion und Feststellung der Ablagerungen abgeleitet. Die Wiederholungsinspektionen finden in Intervallen von wenigen Wochen (flache Anfangshaltungen in Mischwasserkanälen) bis zu 15 Jahren (Regenwasserkanäle im günstigen Gefällebereich) statt. Die Reinigungspläne werden kontinuierlich optimiert. Gleichzeitig wurden auch Kontrollen zur Ausführungsqualität des Dienstleisters routinemäßig eingearbeitet. Die Datenbank ermöglicht darüber hinaus die nach der NRW-Eigenkontrollverordnung (SüwVKan) vorgeschriebenen Berichte an die Aufsichtsbehörden.

Die Einführung der neuen Reinigungsstrategie führte zu Änderungen in der Ablauforganisation und der Aufgabengliederung. Das Berichtswesen wurde weitreichend überarbeitet. Zur Unterstützung wurden neue Sachmittel angeschafft. So wurde beispielsweise ein Geographisches Informationssystem (Software ArcView) eingeführt. Mit Hilfe des GIS kann der Einsatzplan für das Reinigungsunternehmen auch visualisiert in Plandokumenten zur Verfügung gestellt werden.

Die Kanalisation in Bergkamen wird zu ca. 90 % als Mischsystem betrieben. Die Gesamtlänge des öffentlichen Netzes beträgt ca. 206 km. Neben den Kanälen und Schächten gehören 7 Abwasserpumpwerke und 3 RÜB, 3 RRB, 2 RÜ zur öffentlichen Abwasserentsorgung. Darüber hinaus ist der Kanalbetrieb für

ca. 167 Kleinkläranlagen im Stadtgebiet zuständig. Die Bearbeitung und Koordination der beim Betrieb der Entwässerungsanlagen anfallenden Tätigkeiten obliegt dem Aufgabenbereich eines Sachbearbeiters und reicht von der Kanalinspektion über die Kontrolle/Instandhaltung von Sonderbauwerken bis hin zu Aufgaben im Rahmen der Abwasserbehandlung.

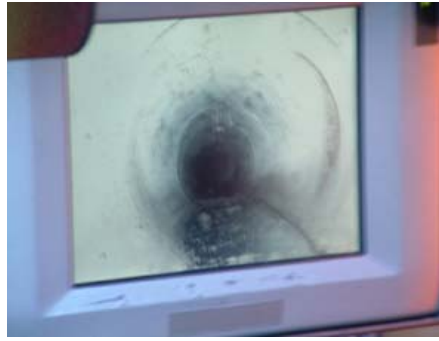
Aufgrund bergbaulicher Einwirkungen entsteht im Kanalnetz zum Teil erhöhter Reinigungsbedarf, cirka 8 km des Netzes sind besonders betroffen. Reinigungsmaßnahmen an diesen so genannten „funktionsgestörten Kanälen“ (geringes Gefälle, Gegengefälle, Bergsenkungsgebiete) werden besonders betrachtet und erfolgen nach einem festen Schema in vergleichsweise kurzen Intervallen. Darüber hinaus wurde das gesamte Kanalnetz turnusmäßig in ein bis zweijährlichen Intervallen komplett gereinigt. In Begleitung des IKT wurde daraufhin eine neue, bedarfsorientierte Reinigungsstrategie entwickelt.

In der Ausgangssituation bzw. Einführungsphase der bedarfsorientierten Kanalreinigungsstrategie musste zunächst eine Möglichkeit geschaffen werden, durch die es den Mitarbeitern des Stadtentwässerungsbetriebes ermöglicht wird, systematisch Ablagerungskennnisse gewinnen zu können. In der Vergangenheit verblieb wesentliches Betriebswissen zum Ablagerungsverhalten des Bergkamener Kanalnetzes ausschließlich bei den privaten Kanalreinigungsfirmen. Vor diesem Hintergrund wurden die Schachtinspektionen, die zur Überprüfung der Schächte vom Kanalbetrieb sowieso per Gesetz durchzuführen sind, aufgewertet, indem die Ablagerungssituation im Entwässerungsnetz miterfasst wird.

Zu dem Bergkamener Konzept gehört auch, dass die Inspektion der Schächte mit einer neuartigen Schachtkamera (vergleiche Abschnitt 2.3 und 6.1) durchgeführt wird, die gleichzeitig auch einen Einblick in die Kanalhaltungen ermöglicht. Bei der so genannten Schachtkamera ist am unteren Ende einer Teleskopstange eine Kameraeinheit mit Lichtquelle befestigt. Nachdem sich in einer Testphase die Vorgehensweise zur Schachtinspektion und gleichzeitiger Erkennung des Reinigungsbedarfs bewährt hatte, ist das für die Inspektion benötigte technische Equipment in einem speziell ausgerüsteten Inspektionsfahrzeug untergebracht. Der Inspektionsvorgang kann ohne Schachteinstieg durchgeführt werden. Die an einer Teleskopstange befestigte Schachtkamera wird von der Geländeoberfläche aus in den Schacht abgelassen. Zeitgleich werden die übertragenen Bilder an einem TFT-Bildschirm beobachtet. Bei der Inspektion von Schacht und Haltung ist die Schachtausleuchtung und geübte Kameraführung von wesentlicher Bedeutung. Durch Einblick in die Zu- und Abläufe eines Schachtes kann die Ablagerungssituation für mehrere Haltungen bewertet werden. Voreingestellte Abfragen am Tablet-PC vereinfachen die Eingabe der Inspektionsergebnisse und unterstützen eine standardisierte Bewertung der Ablagerungssituation.



*Bild 150: Inspektion der im Schacht angeschlossenene Haltungen*



*Bild 151: Einblick in den Kanal über den Bildschirm*



*Bild 152: Dateneingabe am Tablet-PC*

Bei gleichzeitiger Dokumentation des Schachtzustandes können ca. 35-50 Schächte pro Tag inspiziert werden (jede Haltung von 2 Seiten). Mit Hilfe der Inspektionskolonne ist es inzwischen auch möglich, die Ursache von Störfällen aufgrund der Kamerabilder zu klären und zielgerichtet zu beheben.

In Bergkamen wird als Kanalinformationssystem KANDIS der Fa. Cadmap genutzt. Zur Reinigungsplanung wird das Betriebsführungssystem KANiO der Fa. HST verwendet. KANDIS ermöglichte keine direkte Verbindung mit dem Betriebsführungssystem KANiO, daher wird hier das DesktopGIS ArcView der Fa. Esri als Visualisierungstool eingesetzt. Dies ermöglicht eine Visualisierung des gesamten Kanalnetzes während der Arbeit mit KANiO. Der Daten-/Auftragsfluss zwischen dem Kanalbetrieb und den Mitarbeitern des Baubetriebshofes (BBH) mit den Handheldgeräten war zu zeitaufwändig und aufgrund der begrenzten Speicherkapazitäten umständlich. Die Handheldgeräte wurden deswegen durch Tablet-PCs ersetzt.

Den Mitarbeitern des Baubetriebshofes kann über die Tablet-PCs ein umfangreiches Paket von Aufträgen zur Verfügung gestellt werden. Die Aufträge können vom Büro des Sachbearbeiters (im Rathaus) direkt auf den mobilen Tablet-PC der Mitarbeiter des Baubetriebshofes (BBH) vor Ort übertragen werden. Dazu stehen an diversen Anlaufstellen (z.B. Pumpwerke, Baubetriebshof) „Docking-Stationen“ zur Verfügung, an denen ein Daten-Update mittels Telefonleitung erfolgen kann. Das Aufspielen der neuesten Daten erfolgt im Rahmen der täglichen Arbeitsplanung. Die Mitarbeiter des BBH erkennen, welche Aufträge zeitgebunden sind und in welchem Intervall diese abzuarbeiten sind. Nach dem Überspielen der Daten wird der neue Auftrag auf dem Tablet-PC lokalisiert. Den Mitarbeitern des BBH wird dadurch ohne nennenswerten Mehraufwand die Möglichkeit gegeben, den täglichen Arbeitsprozess zu optimieren und „Stillstandszeiten bzw. Dokumentationsaufwand“ zu minimieren. Das Überspielen der erledigten Aufträge zurück ins Rathaus erfolgt wiederum über die „Docking-Stationen“.

Die Spülplanerstellung sollte zeitnah zu der Vorinspektion erfolgen. Dabei sollen reinigungsbedürftige Haltungen gekennzeichnet sein und zu „optimalen“ Spülaufträgen zusammengestellt werden. Darüber hinaus sind örtliche Besonderheiten wie z.B. Kanalzustand, Einleitersituation, Brennpunkte, Ablagerungssituation, erschwerte Zugänglichkeit etc. zu berücksichtigen. Auch sollen die Aufträge so erstellt werden, dass ein Auftrag mehreren Tagesleistungen entspricht. Es besteht somit die Möglichkeit Reinigungsaufträge nicht mehr nur durch pauschale Jahresaufträge zu vergeben, sondern in kleineren „Paketen“ von zum Beispiel Wochenaufträgen.

Die Identifikation des Schachtes wird über einen mit Schlagdübeln an der Schachtwandung befestigten Barcode sichergestellt. Bei der Inaugenscheinnahme von Haltungen und Schächten durch die Mitarbeiter des Baubetriebshofes (BBH) wird der Barcode nur für nicht eindeutige Fälle genutzt, da der Tablet-PC bereits Aufschluss über Schacht- und Haltungsnummern gibt. In diesem Fall reicht das Ablesen der Schachtnummer zur eindeutigen Identifikation aus. Neben Schächten sind auch Sonderbauwerke wie z.B. Regenrückhaltebecken mit Barcodes ausgestattet. Die Benutzung der Barcodes ist für Fremdfirmen vorgeschrieben, da hierdurch ausgeführte Leistungen standardisiert quittiert werden können und ein Dienstleister-Controlling unterstützt werden kann.

Die Bestandsaufnahme der bisherigen Reinigungspraxis zeigte, dass die ausführenden Reinigungsfirmen in der Vergangenheit wenig kontrolliert werden konnten. Es wurden wie vielerorts üblich große Reinigungsaufträge für die gesamte Netzreinigung vergeben. Der Dienstleister meldete sich für die Reinigungsarbeiten im Netz in der Regel nicht an und ab. Die Kontrollen und Plausibilitätsprüfungen bei Angeboten und Abrechnungsunterlagen zeigten zum Teil sehr niedrige Einheitspreise für die Kanalreinigung jedoch auch auffällig hohe Tagesleistungen in den Aufmaßen.

Das neue Konzept bietet nun die Möglichkeit, durch gezielte Vergabe kleinerer, bedarfsorientierter Reinigungsaufträge einen steten Wettbewerb unter den Anbietern zu erzeugen und die Leistung durch stichprobenhafte Nachinspektionen zu kontrollieren. Zur Quittierung ihrer Leistung müssen Dienstleister nun auch Barcode-Scanner (Handheld) verwenden. Hierdurch kann ebenfalls eine stärkere Kontrolle ausgeübt werden. Um das Controlling der privaten Reinigungsfirmen zu unterstützen, wurden die Handhelds von dem Anbieter nach Maßgabe des SEB-Kanalbetrieb programmiert. Dienstleister müssen sich mit Hilfe der Barcodes an einem Schacht anmelden und können sich in den Auftrag einloggen, um entsprechende Leistungsdaten einzugeben. Am Ende eines Auftrages werden die Haltungen dieses Auftrages als gereinigt gekennzeichnet und in die Stammdatenbank übernommen. Dabei wird auch die Zeit aufgenommen, wann ein Auftrag begonnen und beendet worden ist.

Um dem Dienstleister Daten für die Rechnungsstellung zur Verfügung stellen zu können, ist vorgesehen, die durchgeführten Arbeiten anschließend in eine Excel Da-

tei zu übertragen, die der Dienstleister vom Handheldgerät herunterladen kann. Somit muss die Reinigungsfirma nicht parallel „Buch führen“ und kann auf gleicher Datenbasis eine Rechnung stellen. So besteht auch die Möglichkeit, dass die Mitarbeiter des Baubetriebshofes Listen über abgearbeitete Reinigungsaufträge bekommen, um diese dann stichprobenhaft durch Nachinspektionen mit der Schachtkamera kontrollieren zu können.

Als Ergebnis des neuen Konzeptes kann der Reinigungsplan fortlaufend anhand aktueller Betriebserfahrungen an dem tatsächlichen Bedarf ausgerichtet werden. Durch die protokollierten Schachtinspektionen und den Einsatz der neuartigen Schachtkamera werden kontinuierlich Ablagerungsdaten gewonnen. Mit Hilfe der Daten zum Spülbedarf und unter Berücksichtigung weiterer Randbedingungen (Fließrichtung des Abwassers, Fahrzeuglogistik etc.) können dann gezielte Auftragspakete bzw. Einsatzpläne für die ausführende Reinigungsfirma erstellt werden.

## 9 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Die Kanalreinigung ist für jeden Netzbetreiber eine zentrale Aufgabe. Sie bindet in vielen Kanalbetrieben mehr als die Hälfte des Personal- und Geräteaufwandes. Ihre Anwendung zur Beseitigung von Ablagerungen in der Kanalsole wird überwiegend nach der Präventivstrategie als regelmäßige Unterhaltungsreinigung organisiert.

In Nordrhein-Westfalen fordert die Selbstüberwachungsverordnung Kanal (SüwVKan NRW) von den Netzbetreibern eine Überwachung der Ablagerungen im Kanalnetz. Hierzu kann ein Einsatzplan erstellt werden. Soweit jedoch keine Planung vorliegt, sind sämtliche Kanalhaltungen und Abwasserschächte innerhalb von 2 Jahren im Hinblick auf Ablagerungen zu überwachen. In der Praxis werden Kenntnisse über das Ablagerungsaufkommen jedoch bisher selten systematisch gesammelt. Vielmehr reinigt die Mehrzahl der nordrhein-westfälischen Netzbetreiber das komplette Kanalnetz vorsorglich alle zwei Jahre oder öfter, ohne den tatsächlichen Reinigungsbedarf zu berücksichtigen (Bosseler und Birkner, 2003). Stichprobenuntersuchungen und auch langjährige Betriebserfahrungen von Netzbetreibern lassen jedoch vermuten, dass sich hydraulisch relevante Ablagerungen in vielen Kanalnetzen auch nach längeren Reinigungspausen nur an wenigen Stellen und dabei überwiegend aufgrund besonderer Ursachen aufbauen.

Von der Einführung bedarfsorientierter Reinigungsstrategien versprechen sich Netzbetreiber daher nicht nur wirtschaftliche Vorteile durch Aufwandsreduzierungen, sondern auch mehr Betriebssicherheit durch verbesserte Netzkenntnisse sowie geringere Belastungen für die bauliche Netzsubstanz infolge der Hochdruckreinigung. Probleme bei der Umsetzung bedarfsorientierter Reinigungsstrategien bereiten jedoch fehlende Methoden zum systematischen Überwachen von Ablagerungen sowie fehlende Bewertungsmaßstäbe zu deren Gefährdungspotenzial im Hinblick auf Funktionsstörungen, Geruchsbelästigungen und Korrosionserscheinungen.

Vor diesem Hintergrund hat das IKT Gelsenkirchen im Auftrag der Ruhr-Universität Bochum im Rahmen des hier dargestellten Forschungsprojektes die betrieblich-organisatorischen Problemstellungen bei der Umsetzung bedarfsorientierter Reinigungsstrategien bearbeitet. Hierzu wurde ein anwendungsorientiertes Vorgehen gewählt, um zunächst die Praxiserfahrungen von Kanalbetrieben in Interviews und Fragebögen zusammenzuführen. Im Rahmen von fünf Betreiber-Workshops wurden das Untersuchungsprogramm an den Anforderungen der Netzbetreiber ausgerichtet und die Arbeitsergebnisse diskutiert. Im Ergebnis wurden Hinweise für die Entwicklung und organisatorische Umsetzung bedarfsorientierter Reinigungspläne abgeleitet.

Zur strukturierten Darstellung der wählbaren konzeptionellen Ansätze und Werkzeuge wurde ein Prozessmodell genutzt, das die bedarfsorientierte Kanalreinigung nach zeitlichen Gesichtspunkten in vier Teilprozesse einteilt:

- 1) Ablagerungsinspektionen und -kontrollen (Überwachungsdaten),
- 2) Bewertung der Ablagerungen (Reinigungsbedarfsplan),
- 3) Einsatzplanung für die Reinigung (Reinigungsplan),
- 4) Durchführung der Kanalreinigung (Betriebsdaten).

Im Projektverlauf zeigte sich, dass die Betriebsprofile der Netzbetreiber (Netzgröße, Entwässerungssystem, Budget, Ressourcen etc.) sich deutlich unterscheiden und dabei wesentlichen Einfluss auf die Handlungsoptionen in den o. a. Teilprozessen haben. Beispielsweise wird die Erhebung von Überwachungs- und Betriebsdaten maßgeblich durch die gewählte Organisationsform zur Durchführung der Reinigungsarbeiten beeinflusst.

Zwei Drittel der NRW-Kommunen beauftragen private Reinigungsfirmen für die regelmäßige Unterhaltungsreinigung – in der Regel ohne vorherige Ablagerungsinspektionen und -kontrollen. Hier verbleibt das Wissen über das Ablagerungsaufkommen sowie die Abfluss- und die Netzgegebenheiten nahezu ausschließlich bei den Reinigungsfirmen. So kommt es vor, dass die Reinigung kompletter Netze nicht selten zu äußerst niedrigen Preisen angeboten wird, vor allem wenn keine ständige Ausführungskontrolle erfolgt. Im Vordergrund innovativer Konzepte von Netzbetreibern dieser Organisationsform steht daher die Gewinnung von Netzkenntnissen auf Basis einer objektiven Bewertung der Ablagerungssituation sowie die Einrichtung eines wirksamen Controllings der Dienstleister durch Organisation von Überwachungsmaßnahmen.

Das andere Drittel der NRW-Kommunen (ca. 100 Betriebe) führt die Kanalreinigung mit eigenem Personal aus. Hier verursachen bedarfsorientierte Konzepte Interessenskonflikte bei den Mitarbeitern. Die Weitergabe von Kenntnissen über das Ablagerungsaufkommen ist beeinträchtigt, da Aufwandsreduzierungen und in der Folge Personaleinsparungen befürchtet werden. Erfolgreiche Umsetzungen bedarfsorientierter Konzepte setzten in diesem Fall einen besonderen Schwerpunkt auf die Transparenz und Kommunikation der Konzepte.

Unter Berücksichtigung der verschiedenen Betriebsprofile wurden mit den Netzbetreibern In-Situ-Maßnahmen abgestimmt, um für den Teilprozess Ablagerungsinspektionen und -kontrollen möglichst pragmatische Methoden zur Inspektion von Kanalablagerungen zu entwickeln und deren Einbettung in bereits vorhandene Be-



triebsabläufe zu betrachten. Gleichzeitig konnte in diesen Untersuchungen das Ablagerungsaufkommen für verschiedene Netzsituationen (Entwässerungssystem, Rohreigenschaften etc.) analysiert werden. Da die Verschmutzungssituation im Rahmen von bedarfsorientierten Reinigungsplanungen häufig auch haltungsbezogen ermittelt wird, wurden Schachterkennungssysteme und Betriebsführungssysteme als unterstützende EDV-Werkzeuge zur leichteren Datenerfassung und -auswertung mitbetrachtet.

Auf Basis der Darstellung der Verschmutzungssituation kann der Reinigungsbedarf für Netzbereiche festgelegt werden. Hierzu wurde das Gefährdungspotential der gesichteten Ablagerungen und die Wirksamkeit der Unterhaltungsreinigung für deren Beseitigung eingeschätzt. Die Verwertung der über den Reinigungsbedarf gewonnenen Betriebskenntnisse für den Teilprozess der Einsatzplanung der Reinigungsarbeiten wurde anhand von Fallbeispielen verschiedener Netzbetreiber betrachtet. Bei der Durchführung der Reinigungsarbeiten mit eigenem Personal steht dabei die Vergleichmäßigung der Jahresleistung und die Auslastung der Reinigungsfahrzeuge im Mittelpunkt.

Bei der Umsetzung von bedarfsorientierten Konzepten mit privaten Reinigungsfirmen wird die Einsatzplanung bereits wesentlich durch die Vertragsgestaltung im Rahmen der Ausschreibung beeinflusst. Vor diesem Hintergrund wurden gemeinsam mit interessierten Netzbetreibern und Vertretern von Dienstleistern Planungsgrundsätze für die Ausschreibung einer bedarfsorientierten und schonenden Kanalreinigung erarbeitet.

Im Teilprozess der Durchführung der Kanalreinigung standen anwendungstechnische Fragestellungen im Vordergrund der Untersuchungen. So steht bei der Leistungsbewertung von Kanalreinigungsarbeiten häufig allein die Tagesleistung im Mittelpunkt der Diskussion. Vor diesem Hintergrund wurden zwölf Reinigungsteams über einen Arbeitstag begleitet, um dabei durchschnittliche Leistungskennwerte auch unter Berücksichtigung wesentlicher Betriebsparameter, wie beispielsweise der Verschmutzungssituation, darstellen zu können.

Im Gesamtblick wurden folgende Schlussfolgerungen für die Praxis erarbeitet, die die Entwicklung und Umsetzung bedarfsorientierter Reinigungsstrategien unterstützen:

### **Ablagerungsinspektionen und -kontrollen**

Die stichprobenartigen Beobachtungen zum Ablagerungsaufkommen in 21 Teilnetzen zeigten, dass hydraulisch relevante Ablagerungen auch nach längeren Reinigungspausen nur an wenigen Stellen und dabei überwiegend aufgrund besonderer Ursachen auftraten. Verstärkte Ablagerungsinspektionen und -kontrollen sind für die

Netzbetreiber vor diesem Hintergrund die maßgebliche Basis für die Bewertung des Reinigungsbedarfs. Dabei stehen für die Überwachung von Ablagerungen verschiedene Inspektionsmethoden zur Verfügung. Sie werden von den Kanalbetrieben in Abhängigkeit von dem betrieblichen Aufwand und der gewünschten Erfassungstiefe gewählt:

- Bereits mit der Inaugenscheinnahme des Schachtgerinnes kann das Ablagerungsaufkommen abgeschätzt werden. Ablagerungen in der Haltung und die gebietsweise zahlreich beobachteten Wurzeleinwüchse, werden dabei jedoch nicht erkannt, da die Sichtweite in die Haltungen auf wenige Zentimeter beschränkt ist. Durch vergleichende Beobachtung des Fließverhaltens in den Schächten oberhalb und unterhalb einer Haltung können maßgebliche Störungen in der Haltung indirekt erkannt werden.
- Die Methode der Kanalspiegelung erwies sich als geeignete Methode, um kostengünstig mit wenig zusätzlichem Aufwand Einblick in eine Haltung zu erlangen. Dabei ist die Sicht jedoch stark abhängig von den Lichtverhältnissen, z. T. wurde das Sonnenlicht mit Hilfe eines zweiten Spiegels auf den Spiegel im Schacht reflektiert oder eine zusätzliche Lichtquelle genutzt. Einige Netzbetreiber wählen daher für die Inspektionen gezielt sonnenreiche Tage aus.
- Hinsichtlich der Überwachung von Ablagerungen konnten im Rahmen der Untersuchungen mit verschiedenen Produkten von Schachtzoomkameras annähernd der gleiche Informationsgehalt erreicht werden, wie es TV-Fahrwagenkameras bieten. Die eingesetzten Schachtkameramodelle erreichten Sichtweiten von im Mittel 15 - 20 m bei Nennweiten kleiner DN 600. Um den Einblick in die gesamte Haltung zu ermöglichen, wurden die Ablagerungsinspektionen von beiden Haltungsenden ausgehend durchgeführt. Im Praxiseinsatz wurde von dem Betriebspersonal auf Verbesserungspotenzial bei der Handhabbarkeit der Produkte hingewiesen, z. B. bei der Kabelführung, der Akkuleistung und der einfachen Speicherung von Bilddateien sowie dem Explosionsschutz.
- Bei der TV-Inspektion mittels Fahrwagenkamera im „ungereinigten Zustand“ ist ein Einblick über die gesamte Haltung möglich, sofern keine Hindernisse vorhanden sind. Jedoch sind diese Inspektionen mit hohem Kosten- und Zeitaufwand verbunden. Die Tagesleistungen für die Zustandserfassung und Erhebung der Ablagerungsdaten lagen unterhalb von 1.000 m. Leistungsmindernd wirkten sich die verschiedentlich aufgetretenen Inspektionsabbrüche aus (z. B. Wurzeleinwuchs) sowie Verzögerungen aufgrund durchrutschender Räder des Fahrwagens, insbesondere bei Sielhaut in Schmutz- und Mischwasserkanälen. Entwicklungen auf dem Markt zeigen, dass vergleichsweise schnell fahrende, digitale Scanner-Erfassungssysteme auch deutlich höhere Tagesleistungen erreichen können. Die Netzbetreiber werten die TV-Inspektion mit Fahrwagenkamera insgesamt eher als ergänzende Maßnahme, um Ablagerungskennnisse aufzubauen.

- Die Tagesleistungen zur Überwachung der Ablagerungssituation mittels Kanalspiegel, Schachtzoomkamera und Inaugenscheinnahme des Schachtgerinnes betragen zwischen ein bis drei Netzkilometer. Die Schwankungsbreite in den Tagesleistungen resultiert aus der örtlichen Verkehrssituation, der Einarbeitung der Mitarbeiter in die Gerätetechnik und der gewünschten Erfassungstiefe sowie der Art des Entwässerungssystems. Im Trennsystem konnten beispielsweise höhere Tagesleistungen erreicht werden, da die Schächte der Schmutz- und Regenwasserkanäle in der Regel direkt nebeneinander liegen und parallel bearbeitet werden können. In den Untersuchungen wurde lückenlos jeder Schacht bearbeitet. Zur Erhöhung der Tagesleistung ist es denkbar, insbesondere in bisher unauffälligen Gebieten stichprobenartige Inspektionen durchzuführen.

Insgesamt zeigte die Betrachtung der Inspektionsmethoden, dass für die Reinigungsplanung verwertbares Betriebswissen unter Verwendung des Kanalspiegels, der Schachtzoomkamera, der TV-Fahrgewagenkamera und bereits auch durch eine einfache Inaugenscheinnahme des Schachtgerinnes aufgebaut werden kann. Dabei nutzen Netzbetreiber bestehende Betriebsabläufe, um dort die Ablagerungsinspektionen zu integrieren. So z. B. die Schachtinspektionen und -reparaturen, die Schmutzfängerleerung sowie allgemeine Reparaturarbeiten und Störfallbeseitigungen. Darüber hinaus war bemerkenswert, dass einige Netzbetreiber im Rahmen der Ablagerungsinspektionen ohne vorherige Spezialreinigung auch im Hinblick auf die Kanalzustandserfassung positive Erfahrungen gemacht haben. Wurzeleinwüchse und Scherbenbildungen und insbesondere Unterbögen und Muffenversätze sind nach längeren Reinigungspausen aufgrund der sich bildenden Ablagerungen häufig bereits mit dem Kanalspiegel auszumachen. Auch Risse und eindringende Feuchtigkeit bilden sich teilweise farblich deutlicher ab, wenn noch keine Reinigung stattgefunden hat.

Die Überwachungsdaten zu Ablagerungsdaten sind digital auswertbar. Hier stellt die Erweiterung der Kanaldatenbank zur Erfassung der wesentlichen Inspektionsergebnisse und zum Nachweis der Überwachungsberichte an die zuständigen Aufsichtsbehörden eine zweckmäßige Maßnahme dar. Lösungsansätze zeigen, dass bereits einfache MS Access Datenbanken unterstützen können. Auffällige Überwachungsdaten und Netzkenntnisse zu Kanalablagerungen können insbesondere bei Nutzung geographischer Informationssysteme in einem Netzzustandsplan zusammengefasst werden. Im nächsten (Prozess-) Schritt kann dann eine Bewertung der Ablagerungssituation im Hinblick auf den Reinigungsbedarf erfolgen.

### **Bewertung der Ablagerungssituation**

Nach den Erfahrungen mit den durchgeführten Ablagerungsinspektionen und den Praxiserfahrungen der Netzbetreiber stellt die Klassifikation der gesichteten Ablagerungen in zwei bis drei Kategorien (z. B. Ablagerungen: gering, mittel, viel) eine

pragmatische Methodik dar, um die Ablagerungssituation vor Ort zu bewerten. Darüber hinaus sind lediglich Ausnahmefälle ausgeprägter, bleibender Ablagerungen fotografisch zu dokumentieren und deren Ursache festzustellen - soweit dies möglich ist. Auf Basis der Überwachungsergebnisse folgt eine ingenieurmäßige Bewertung des Schadens- und Gefährdungspotential, insbesondere um geeignete Maßnahmen zur Beseitigung der Störfallrisiken zu ergreifen. Im Rahmen der stichprobenhaften Untersuchungen wurden 21 Teileinzugsgebiete bewertet, die zuletzt vor ein bis drei Jahren gereinigt wurden. Nur bei 12 % der insgesamt gut 2.000 ausgewerteten Einblicke in Kanalhaltungen wurden überhaupt Ablagerungshöhen von mehr als 15 % der Querschnittshöhe angetroffen. Davon wiederum waren der überwiegende Teil punktuelle Ablagerungen mit geringem Gefährdungspotential. Dies zeigten einzelne Wiederholungsinspektionen, bei denen diese Ablagerungen mit geringer Ausdehnung durch Niederschlagsereignisse und Tagesabflussspitzen (Duschvorgänge, Waschmaschinenleerungen oder bereits einfache Toilettenspülungen) bereits wieder remobilisiert waren. Bleibende, ausgeprägte Ablagerungen waren für einige Einzugsgebiete im Wesentlichen auf Wurzeleinwüchse zurückzuführen. Weitere Ursachen für hydraulisch relevante Ablagerungen waren in der Regel besondere Störeinflüsse, wie beispielsweise geringe Abflussverhältnisse, rückstaugefährdete Bereiche, bauliche Mängel (z. B. Unterbogen, Muffenversatz), defekte bzw. herabgestürzte Schmutzfänger, Fremdkörper (z. B. Bohrkern, Tierkadaver etc.) oder unzulässige Einträge aus Baumaßnahmen.

Bemerkenswert ist, dass für viele der gesichteten Ablagerungen mit Gefährdungspotenzial überwiegend nicht eine Unterhaltungsreinigung, sondern eine besondere Grundreinigung oder eine Wurzelentfernung mit anschließender Kanalreparatur als geeignete Maßnahme zu wählen ist. Der Nutzen einer präventiven Unterhaltungsreinigung wurde für nahezu jedes der 21 betrachteten Teileinzugsgebiete als gering bewertet, obgleich die letzte Reinigung bereits 12 bis 36 Monate zurücklag.

- In den Untersuchungen traten maßgebliche Ablagerungen lediglich als Einzelfälle auf, die sich nicht durch Auswertung von Stammdaten (Gefälle, Nennweite, angeschlossene Fläche etc.) prognostizieren ließen, da sie in der Regel auf besondere Störeinflüsse zurückzuführen waren. In diesen Fällen war eine einfache Unterhaltungsreinigung selten geeignet, um die Ablagerungen vollständig zu beseitigen. Ohne Nachinspektion sind unzureichende Reinigungsergebnisse nicht erkennbar.
- Durch die Ergebnisse der Ablagerungsuntersuchungen sahen sich die Netzbetreiber bestätigt, den Aufwand der präventiven Unterhaltungsreinigung in den Untersuchungsgebieten durch deutliche Verlängerung der präventiven Reinigungsintervalle zu reduzieren. Darüber hinausgehend wird nur nach Befund bzw. festgestelltem Reinigungsbedarf abschnittsweise gereinigt. Grundlage dafür ist jedoch eine verstärkte Überwachung der Ablagerungssituation. Insbesondere im Bereich von Entlastungsbauwerken, wie zum Bei-

spiel Regenüberläufen, um das Schadens- und Gefährdungspotentials für Gewässer zu reduzieren. Ablagerungsinspektionen in Regenwasserkanälen geben Hinweise auf Fehlschlüsse (z. B. durch Beobachtung von Sichelhaut und Fäkalablagerungen).

- Die Untersuchungen zur Frachtbilanzierung kamen ebenfalls zu dem Ergebnis, dass eine bedarfsorientierte Reinigungsstrategie keine negativen Auswirkungen für Gewässer oder Anwohner nach sich zieht, da sich Ablagerungsbildung und Geruchsentstehung verglichen mit den üblichen Reinigungsintervallen in deutlich kürzeren Zeiträumen abspielen. Um optimalen Gewässerschutz durch Reduzierung der Entlastungsfrachten an Regenüberläufen zu erreichen, müsste unrealistisch häufig und im Idealfall kurz vor einem Entlastungsereignis gereinigt werden, was jedoch höchst unwirtschaftlich wäre.
- In den Untersuchungen zu ablagerungsinduzierten Geruchsproblemen wurde deutlich, dass – sofern der Geruch auf Ablagerungen zurückgeführt werden kann – Störeinflüsse verantwortlich waren, die mit einfacher Unterhaltsreinigung nicht erfasst werden. Zudem zeigte sich, dass die Prozesse der Ablagerungsbildung und damit verbundener Geruchsbildung sehr schnell, bis hin zu Tagesrhythmen, ablaufen. Derartig kurzfristigen Prozessen kann durch eine regelmäßige Kanalreinigung nicht wirksam begegnet werden. Können nach genauer Differenzierung ein zu geringes Gefälle bzw. ein zu geringer Durchfluss als tatsächliche Ursache für die Ablagerungen ermittelt werden, so kann es durchaus als sinnvoll erachtet werden, die betroffene Stelle im Rahmen einer bedarfsorientierten Kanalreinigung zu reinigen. Diese sollte unter Berücksichtigung der örtlichen wie auch klimatischen Randbedingungen erfolgen.
- Zur Dokumentation der Überwachungsarbeiten sind standardisierte Protokolle hilfreich. Sie erleichtern die Bewertung vor Ort und die Überwachungsberichte können einfacher zusammengefasst werden. Zur Reduzierung des Übertragungsaufwandes und auch zur Nachverfolgung der Ausführungszeiten greifen dabei immer mehr Netzbetreiber auf mobile digitale Datenerfassungsgeräte (z. B. Laptops, Handheld etc.) zurück. Diese führen über ein Menü durch ein standardisiertes Überwachungsprotokoll, welches der jeweiligen Schachtnummer zugewiesen werden kann. Schachterkennungssysteme können dabei das in der Arbeitssituation vor Ort aufwendige Heraussuchen der Schachtnummern aus Planunterlagen erleichtern.
- Bei der Einführung von Schachterkennungssystemen (Transponder, Barcodes, Schilder) in die Betriebsabläufe ist nach den Erfahrungen der Netzbetreiber ein schrittweises Vorgehen zu empfehlen, um Anpassungen und Korrekturen vornehmen zu können und die Mitarbeiter nicht durch zu viele Erneuerungen zu überfordern. So könnten beispielsweise zunächst die mobilen Datenerfassungsgeräte eingeführt werden, um die Datenstruktur und

das Eingabemenü zu entwickeln. Zu einem späteren Zeitpunkt könnten Schachterkennungssysteme nach Wahl eingebaut werden.

Bei der Bewertung der erhobenen Ablagerungssituation sind darüber hinaus weitergehende Kriterien für eine Priorisierung der Maßnahmen im Hinblick auf den Reinigungsbedarf zu berücksichtigen. Beispielsweise sollten die örtlichen Verhältnisse, die wasserwirtschaftliche Bedeutung der Anlagen und besondere technische Schwierigkeiten, z.B. rückstaugefährdete Bereiche in Bergsenkungsgebieten oder Abschnitte mit Geruchsbelästigungen und Korrosionsschäden, in die Bewertung einbezogen werden. Als Ergebnisdokument der Bewertung der Ablagerungssituation kann ein Reinigungsbedarfsplan aufgestellt werden, der auch an aktuelle Veränderungen kontinuierlich anzupassen ist, beispielsweise an neue Wohngebietsstrukturen und einem geänderten Verbraucherverhalten mit eventuell geringeren Abflüssen und deswegen erhöhtem Reinigungsbedarf. Im nächsten (Prozess-) Schritt kann dann eine konkrete Einsatzplanung für Kanalreinigungsmaßnahmen erfolgen. Die Einsatzplanung berücksichtigt das gebündelte Betriebswissen zum Reinigungsbedarf und darüber hinaus logistische und organisatorische Randbedingungen sowie aktuelle Rückmeldungen von den Reinigungsarbeiten und Kanalinspektionen.

### **Einsatzplanung für die Reinigung**

Bei der Organisation der Arbeitsaufgaben zur operativen Durchführung der Reinigungsarbeiten ist auf Basis des Reinigungsbedarfsplans eine Einsatzplanung bzw. ein Reinigungsplan zu erstellen. Der Reinigungsplan beschreibt, mit welchen Verfahren und Werkzeugen und zu welchem Zeitpunkt ausgewählte Netzabschnitte gereinigt werden sollen und berücksichtigt dabei die örtlichen betrieblichen Randbedingungen, beispielsweise eine erschwerte Zugänglichkeit der Abwasserschächte, besondere Erfordernisse im Bereich Verkehrssicherung, Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz, zu erwartende Ablagerungsarten und -mengen oder auch eine eingeschränkte Hochdruckspülbeständigkeit (schonende Reinigung).

Für Kanalbetriebe, die die Kanalreinigung an private Reinigungsfirmen vergeben, reduziert sich der organisatorische Teil der Einsatzplanung auf Vorgaben zu den Reinigungsgebieten und Ausführungszeiten sowie ergänzenden Hinweisen zu Netzbereichen mit besonderen bzw. erschwerten Ausführungsbedingungen für die Kanalreinigung. Im Vordergrund steht hier die Ausarbeitung von Vertragsbedingungen und Leistungsbeschreibungen, die insbesondere den Aufbau von Netzkenntnissen für die Umsetzung der bedarfsorientierten Reinigungsplanung fördern. Hierzu wurde eine Ausschreibungshilfe mit Planungsgrundsätzen für bedarfsorientierte Kanalreinigungsstrategien erarbeitet. Fallbeispiele von Netzbetreibern, die Ablagerungsinspektionen durchführen und den Reinigungsbedarf bewerten, zeigen, dass der Reinigungsaufwand mitunter so gering ausfällt, dass die jährlichen Reinigungsaufträge in wenigen Tagen bzw. Wochen abgearbeitet werden können und Budgetgrenzen für

die freihändige Vergabe der Reinigungsaufträge nicht überschritten werden. Die Abrechnung der Leistungen erfolgt in der Regel auf Meterbasis. Bei der Rechnungsprüfung wird häufig über hohe Tagesleistungen diskutiert, insbesondere da die Ausführungsqualität einer Unterhaltungsreinigung im Gegensatz zu einer Spezialreinigung (Vorreinigung für TV-Inspektion) in der Praxis nur stichprobenhaft bis selten kontrolliert wird. Auch in Betrieben mit eigenem Fuhrpark und kommunalem Personal ist die Tagesleistung eine wichtige Planungsgröße, um den Personal- und Gerätebedarf abschätzen zu können. Hier steht bei der Einsatzplanung, eine hohe Auslastung der Reinigungsfahrzeuge im Vordergrund. Im Rahmen des Projektes wurden 12 Einsatz-tage der Kanalreinigung begleitet, um die Tätigkeiten zu erfassen und Tagesleistungen zu analysieren:

- Nur cirka die Hälfte der Arbeitszeit steht für die Reinigung von Haltungen und Schächten vor Ort zur Verfügung. Allein ein Drittel der Arbeitszeit wird als Rüstzeit aufgewendet. Insbesondere bei Hochdruckspül- und Saugfahrzeugen ohne Wasserrückgewinnung hat die Betankung mit Spülwasser einen hohen Anteil.
- Durchschnittlich wurde cirka 12 % der Arbeitszeit, das heißt rund eine Stunde, für Fahrten zwischen Reinigungsort und Betriebshof aufgewendet. Zeiteinsparungen stellten sich dar, wenn die Pause im Reinigungsgebiet verbracht wurde.
- Optimierungspotenzial bietet insbesondere die Organisation des Spülwasserbezugs. Fahrzeuge mit Wasserrückgewinnungstechnik müssen je nach Abfluss im Kanal weniger häufig tanken. Private Reinigungsfirmen nutzten die Zeit des Wasserbetankens auch für Frühstücks- und (verkürzte) Mittags-pausen. In einigen Betrieben werden die Waschzeiten der Mitarbeiter nicht als Arbeitszeit vergütet.
- Maßgeblichen Einfluss auf die Tagesleistung hat darüber hinaus die Geschwindigkeit mit der die Reinigungsdüse in den Kanal einfährt und zurückgezogen wird. Die durchschnittliche Einfahrtgeschwindigkeit der Düse betrug ca. 62 m/min. Die Rückzugsgeschwindigkeit lag durchschnittlich bei ca. 23 m/min.
- Durchschnittlich wurde eine Tagesleistung von rund einem Kilometer für die Reinigung gering verschmutzter Kanäle < DN 700 gemessen. Die höchste Tagesleistung wurde mit 2.610 m bei einer privaten Reinigungsfirma erfasst. In diesem Fall war eine gute Zugänglichkeit der Schächte gegeben und die zu reinigende Kanalstrecke war weitgehend unverschmutzt, so dass bis zu drei Haltungen in einem Reinigungszyklus gespült wurden. Lediglich bei drei von 70 Schächten wurde Räumgut mit einem Saugschlauch aufgenommen. Durch straffe Organisation der Arbeitsabläufe wurde eine hohe Pumpenlaufzeit erzielt.

Grundsätzliche stellt sich jedoch die Frage nach dem Nutzen der begleiteten Reinigungseinsätze, insbesondere wenn hohe Tagesleistungen deutlich über 1.000 Meter geleistet wurden. Der Transport von nennenswerten Ablagerungsmengen gleich über mehrere Kanalhaltungen gelingt mit hoher Düsenrückzugsgeschwindigkeit i.d.R. nicht, da die Ablagerungen lediglich zu Dünen aufgeschoben werden (Bosseler und Schlüter, 2004). Die Beseitigung der Sielhaut im Hinblick auf eine verminderte Korrosionsbelastung wird unter den Rahmenbedingungen der Unterhaltungsreinigung ebenfalls nicht vollständig erreicht. Nach Aufstellung des Spül- oder Einsatzplans im Rahmen der Einsatzplanung erfolgt der nächste Prozessschritt, die Durchführung der Kanalreinigung.

### **Durchführung der Kanalreinigung**

Im Kreis der am Forschungsprojekt beteiligten Netzbetreiber bestand Einigkeit, dass die wesentlichen Erfahrungen mit Reinigungsfahrzeugen und -geräten zur Durchführung der Unterhaltungsreinigung von dem ausführenden Betriebspersonal gemacht werden und dass ein Erfahrungsaustausch zwischen den Mitarbeitern verschiedener Betriebe weitergehende Erkenntnisse liefert. Vor diesem Hintergrund wurde ein Seminarprogramm „Praxistag Kanalreinigung“ entworfen, um in moderierten Diskussionen das Erfahrungswissen der Kanalreiniger aufzunehmen. Im Fokus des Erfahrungsaustausches standen das Erkennen von Optimierungspotentialen im täglichen Arbeitseinsatz sowie das wiederholte Vergegenwärtigen der Risiken für Spülschäden und für die Personensicherheit, insbesondere bei Arbeiten im Verkehr und Schachteinstiegen. Wesentlicher Seminarbestandteil waren dabei praktische Prüfungen (u. a. Druck- und Durchflussmessungen), um beispielsweise die Betriebsparameter des jeweiligen Reinigungsfahrzeugs an der Reinigungsdüse zu erfassen und Reibungsverluste realistisch abzuschätzen. Hierzu wurden mit den jeweiligen Fahrzeugbesatzungen individuell angepasste Messprogramme abgestimmt, um die Leistungskennwerte von Fahrzeugen, Pumpen, Schläuchen und Düsen zu erfassen und gemeinsam analysieren zu können.

An den Praxistagen zur Kanalreinigung nahmen insgesamt zehn Kanalbetriebe teil und tauschten die Betriebserfahrungen zu Reinigungsfahrzeugen, Pumpen, Schläuchen und Düsen aus. Druck- und Durchflussmessungen wurden an 16 Kanalreinigungsfahrzeugen unter Verwendung von über 50 Hochdruckdüsen durchgeführt. Bei sechs von sechzehn Fahrzeugen wurde die erwartete Durchflussleistung entsprechend der Herstellerangaben erreicht. Dies waren insbesondere Fahrzeuge mit neuer bzw. generalüberholter Hochdruckpumpe. Acht Fahrzeuge verfehlten die vom Hersteller angegebene Nennleistung der Hochdruckpumpe mit bis zu 7 % nur um wenige Prozentpunkte. In Einzelfällen wurden jedoch deutlich geringere Durchflussleistungen als nach Herstellerangaben erwartet gemessen. Hier wurde trotz der vollen Antriebsleistung und entsprechendem Energie- bzw. Brennstoffeinsatz die Nenn-Durchflussleistung um ca. 25 % unterschritten, d. h. anstatt des erwarteten Durch-



flusses von 333 l/min wurde lediglich ein Durchfluss von 250 l/min erreicht. In der Tendenz ist eine Leistungsabnahme mit steigendem Fahrzeugalter und ggf. sinkendem Pflegeaufwand erkennbar.

Neben einer ausreichenden Wassermenge zum Transport der Ablagerungen ist für die Ablösung von Ablagerungen von der Rohrwandung insbesondere der Druck an der Düse von maßgeblicher Bedeutung. Im Rahmen der Messungen wurde der Druck kurz vor der Düse mit Hilfe eines digitalen Druckaufnehmers (Messbereich 0-500 bar) gemessen. Durch Vergleich mit dem am Steuerstand des Fahrzeugs mittels Manometer oder auf einem Display angezeigten Pumpendruck konnten die Druckverluste im Bereich der Rohrleitungen auf dem Fahrzeug und des HD-Spülschlauchs auf der Haspel ermittelt werden. Je nach Wahl der Reinigungsdüse und Düseneinsätze sowie der HD-Schlaucheigenschaften (Werkstoff, Nennweite, Länge) betragen die Druckverluste bis zur Düse im Vergleich zum Ausgangsdruck an der Pumpe teilweise bis zu 50 %.

Tendenziell sind für größere Schlauchnennweiten von 1 ¼ Zoll erwartungsgemäß geringere Druckverluste gemessen worden, da das Verhältnis von Querschnittsfläche zu Mantelfläche größer ist und vergleichsweise geringere Reibungsverluste an den Rohrwandungen auftreten. Für HD-Schläuche aus Kunststoff sind im Vergleich zu Schläuchen aus Gummi ebenfalls geringere Druckverluste gemessen worden. Für 1 Zoll-Schläuche aus Gummi lagen die Druckverluste pro Meter Schlauch im Bereich von ca. 0,2 bis 0,5 bar. Gummischläuche mit 1 ¼ Zoll Nennweite wiesen Druckverluste von ca. 0,1 – 0,3 bar je Schlauchmeter auf. Im Vergleich dazu betragen die Druckverluste bei Kunststoffschläuchen ca. 0,1 bis 0,2 bar pro Meter Schlauch.

Für jedes Reinigungsfahrzeug gilt es, die HD-Düsen durch Auswahl und Bemessung der Düseneinsätze optimal auf die Pumpenleistung, die Schlaucheigenschaften und die Reinigungsaufgaben abzustimmen. Steht das Ziel einer hohen Transportleistung im Vordergrund, dürfen die Düseneinsatzdurchmesser nicht zu eng gewählt werden, denn dann kann die maximale Förderleistung der HD-Pumpe nicht erreicht werden. Im Rahmen der Messungen wurden mehrere HD-Düsen erkannt, für die nach Kenntnis der Messwerte eine Anpassung der Düseneinsatzdurchmesser durch den Kanalbetrieb erfolgte. Als Ergebnis des Erfahrungsaustausches und der Diskussion der Messergebnisse konnten für die einzelnen Reinigungsfahrzeuge und Reinigungsteams gezielte Optimierungshinweise gegeben werden, z.B.:

- Diverse HD-Düsen zeigten in den Messungen außerordentliche Unterschreitungen der zu erwartenden Durchflussleistung. Hier wurden die Durchmesser der Düseneinsätze zu eng gewählt. Die Folge sind unterdurchschnittliche Reinigungsleistungen bzw. ein ineffizientes Verhältnis von Leistung zu Kraftstoffverbrauch. Darüber hinaus steigt bei zu klein gewählten Düseneinsätzen der Wasserdruck im HD-System sprunghaft an. Bei zu hohen Drücken sorgt ein membrangesteuertes Schalt- und Sicherheitsventil

(MSSV) automatisch für die Entlastung des Druckes, indem über eine Nebenleitung Wasser in den Wassertank zurückgeführt wird. Mitunter wird dies im Praxiseinsatz nicht erkannt, so dass unnötige Energieverluste verursacht werden. Eine regelmäßige Kontrolle des Sicherheitsventils ist empfehlenswert.

- Durch fortlaufende Überwachung der Pumpendrucke und korrespondierenden Motordrehzahlen lassen sich im täglichen Praxiseinsatz Unregelmäßigkeiten erkennen. So kann ein Druckanstieg auf Verstopfungen der Düsenansätze und somit Gefahren durch übermäßig aggressive HD-Strahlen hinweisen. Geringe Pumpendrucke lassen wiederum auf abgenutzte Düsenansätze mit mangelhafter Lösewirkung schließen. In einigen Fällen zeigte sich Optimierungspotenzial im Hinblick auf eine strömungstechnisch günstigere Verlegung der HD-Leitungen auf dem Fahrzeug (in Abstimmung mit dem Aufbauhersteller).
- Die Verkehrssicherheit der Fahrzeuge war teilweise unzureichend. In einigen Fällen kann durch Signalbeklebung (z.B. Fahrtrichtungsgeber) die Sicherheit erhöht werden. Hörsicherungs- und Gaswarngeräte (sowie Feuerlöscher) waren teilweise nicht auf den Fahrzeugen vorhanden. Im Zuge der Reinigung können Schachteinstiege daher nur nach Anforderung zusätzlicher Unterstützungsleistungen erfolgen. In einigen Betrieben können Hygienrisiken verringert werden, wenn auch die Reinigung der Oberbekleidung sichergestellt wird. In einigen Fällen hatte das Bedienpersonal erst wenig Praxiserfahrung (Generationswechsel). Hier könnte durch Schulungsmaßnahmen der Bereiche Fahrzeugbedienung, -pflege und -wartung kurzfristig verbessert werden.
- Im Hinblick auf die bedarfsorientierte Reinigungsplanung stellt die Protokollierung der Ablagerungssituation vor und während der Durchführung der Kanalreinigung, z. B. durch eine Inaugenscheinnahme der Schachtgerinne, einen wesentlichen Beitrag dar, um Betriebswissen über Kanalablagerungen aufzubauen. Die Einführung eines Störfallkatasters stellt dabei eine sinnvolle Ergänzung dar. Fernerhin besteht die Option, die Kanalzustandserfassung heranzuziehen, um Einschränkungen der Hydraulik (z. B. Unterbögen) zu erfassen. Aufbauend auf dieses Betriebswissen kann insbesondere auch die Wahl geeigneter Reinigungsmethoden optimiert werden. So können beispielsweise in historischen Mauerwerkskanälen Schwall- oder Stauspülungen, in Bereichen in denen der vorhandene Abfluss keinen ausreichenden Selbstreinigungseffekt bewirkt, eine materialschonende Alternative zur Hochdruckreinigung darstellen und die Netzsubstanz weniger belasten.

Insgesamt konnte im Rahmen der Praxistage Kanalreinigung ein hoher Bedarf an Wissens- und Erfahrungsaustausch unter den Teilnehmern beobachtet werden. Durch die erweiterten Kenntnisse zur Leistungsfähigkeit des eigenen HD-Reinigungsfahrzeuges können die vorhandenen Ressourcen zielgerichteter im Hin-

blick auf eine umwelt- und materialschonende Kanalreinigung eingesetzt werden. Netzbetreiber sollten bei der Umstellung der Kanalreinigungsstrategie hin zur Bedarfsorientierung dies in Zusammenarbeit mit dem Betriebspersonal vollziehen.

Im Gesamtblick der Untersuchungen konnte folgendes Fazit gezogen werden. Als Grundprinzip bedarfsorientierter Strategien wurde von den Netzbetreibern die kontinuierliche Fortschreibung der Reinigungsplanung auf Basis eines ständig aktualisierten Betriebswissens über den Netzzustand und die Ablagerungssituation erkannt.

Die Basis für einen erfolgreichen Strategiewechsel sind transparente Zielsetzungen und Konzepte mit langfristigen Perspektiven für den Betrieb. Die Veränderungen sind intensiv innerbetrieblich mit den kommunalen Mitarbeitern bzw. mit ausführenden Dienstleistern zu kommunizieren. Der geplante Abbau von Reinigungsfahrzeugen ist frühzeitig zu benennen. Nicht immer müssen dabei Personaleinsparungen die Folge sein. Denn das Ziel, den Gewässerschutz nach den Regeln der Technik zu betreiben, lässt einen hohen Handlungsdruck entstehen, die stets steigenden Anforderungen mit den vorhandenen Ressourcen zu bewältigen.

Erfolgreich praktizierte Konzepte bedarfsorientierter Reinigungsplanung richten die Ziele danach aus, den Geräteeinsatz im Bereich der flächendeckenden Unterhaltungsreinigung zu senken, um die Überwachung des Kanalnetzes im Hinblick auf den Gewässerschutz zu verstärken und freiwerdende Kapazitäten insbesondere auch im Bereich der erweiterten bzw. neuen Aufgabenfelder einsetzen zu können.



## 10 Literatur

ATV (Hrsg.) (1987) (Macke, E) Ablagerungs- und Ausspülverhalten in Kanalisationen. ATV-Fortbildungskurs F/1 Abwasserableitung, S. 11.1-11.25, Fulda

ATV-DVWK-M 154 (10/2003) Geruchsemissionen aus Entwässerungssystemen. DWA, Hennef

ATV-DVWK-M 197 (06/2004) Ausschreibung von Kanalreinigungsleistungen mit dem Hochdruckspülverfahren. DWA, Hennef

Ameris Systeme GmbH (10/2006). [www.ameris.de](http://www.ameris.de)

Artières, O. (1988) Bildung und Remobilisierung von Ablagerungen in Mischkanalisationen. Korrespondenz Abwasser 10, S. 1026 - 1032

Aschauer, R. und Mörth, O. (10/2001) KIS Info - Basisinformation zur Auswahl eines Kommunalen Informationssystems (KIS). Landesbaudirektion, geographische Informationssysteme (LBD-GIS), Land Steiermark (A)

Bald, C. (2004) RFID in der Wertschöpfungskette von Konsumgütern. In: Handel im Fokus – Mitteilungen des IfH, Heft 2 (2004), S. 90-104

Barenthien, L. (2005) Betrieb der Kanalisation: Reinigung, Inspektion, Bauliche Unterhaltung. 1. Aufl., DWA, Hennef

Berger, C., Lohaus, J. (09/2004) Zustand der Kanalisation – Ergebnisse der ATV-DVWK-Umfrage. <http://www.atv-dvwk.de/download/kanalumfrage.pdf> (2001)

Bill, R. (1999) Grundlage der Geo-Informationssysteme Band 1. 4. Aufl., Wichmann

Blumberg, D., Bauer, W. (1984) Beseitigung von Ablagerungen in Abwasserkanälen großer Durchmesser. Korrespondenz Abwasser 12, S. 1063 - 1066

Bodemann GmbH Kommunal Service, Steinebach (A) (09/2006). [www.bodemann.at](http://www.bodemann.at)

Bosseler, B., Redmann, A. (12/2000) Infektionsgefahr durch Austrag von Krankheitserregern aus Einsteigschächten von Kanalisationen durch Aerosole. Forschungsendbericht des IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur im Auftrag des Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes NRW

Bosseler, B., Birkner, T. (12/2003) Umsetzung der Selbstüberwachungsverordnung Kanal (SüwVKan) bei den kommunalen Netzbetreibern und Wasserverbänden in NRW. Endbericht des IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur im Auftrag des Mi-

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

Bosseler, B., Puhl, R. (02/2006) Abwasserschächte - Überwachung, Prüfung und Sanierung. Endbericht des IKT-Institut für Unterirdische Infrastruktur, Gelsenkirchen, im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes NRW

Brombach, H., Kuhn, B. (1992) Häufigkeit und Verteilung der Kanalisationsverfahren in Deutschland. Korrespondenz Abwasser 8, S. 1106 - 1112.

Brombach, H., Michelbach, S., Wöhrle, C. (1993) Feststoffe in der Mischwasser-Kanalisation. Korrespondenz Abwasser 12, S. 1910 - 1926

DIN 45645-2 (1997) Ermittlung von Beurteilungspegeln aus Messungen – Teil 2: Geräuschemissionen am Arbeitsplatz

DIN EN 752 Teil 7 (1998) Betrieb und Unterhalt

DIN EN ISO 9612 (2007) Akustik – Bestimmung der Lärmexposition am Arbeitsplatz – Verfahren der Genauigkeitsklasse 2 (Ingenieurverfahren)

Dittmer, U. (2008) Messen in Entwässerungssystemen – Möglichkeiten und Grenzen. In: Betrieb und Sanierung von Entwässerungssystemen, Stuttgarter Berichte zur Siedlungswasserwirtschaft Band 195, S. 19-49

Dohmann, M., Coburg, C. (10/2003) Optimierung der Betriebsabläufe von Kanalbetrieben, Kurzbericht des Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen, im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes NRW

DWA M 174 (10/2005) Betriebsaufwand für die Kanalisation – Hinweise zum Personal-, Fahrzeug- und Gerätebedarf. DWA, Hennef

Elatec GmbH, Eichenau (09/2006). [www.elatecworld.com](http://www.elatecworld.com)

Geiger, W. F. (1984) Mischwasserabfluss und dessen Beschaffenheit – ein Beitrag zur Kanalplanung. Berichte aus Wassergütewirtschaft und Gesundheitsingenieurwesen Technische Universität München, Band 50

Greve, T. (02/2005) Transpondertechnologie bewährt sich in der Praxis. bi Umwelt-Bau

Gupta, K. und Saul, A. J. (1996) Specific Relationships for the First Flush Load in Combined Sewer Flows. Water Research Vol. 30, No. 5, S. 1244-1252

- Gustafsson, B. (1964) Lecture Notes for Sanitary Engineering, Kungliga Tekniska Hogskolan, Stockholm
- Harting, K. (12/2006) Abwasserdruckleitungen - Möglichkeiten und Verfahren zur Reinigung. Kurzbericht des IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur, Gelsenkirchen
- Hausmann, R. (1998) Strategien für die Kanalreinigung. In: Seminarunterlagen „Entwicklungen in der Kanalisationstechnik“ Köln
- Hennerkes, J. (04/2002) Optimierung von Reinigungsintervallen als Grundlage für die Erstellung eines Spülplans. In: Abschlussbericht Institut für Siedlungswasserwirtschaft der RWTH Aachen
- Hirner, W. (1997) Zustandsorientierte Instandhaltung durch Kennzahlenanalyse in der Wasserverteilung, gwf Wasser Special 138, Nr. 13
- Jesse, R., Rosenbaum, O. (2000) Barcode. 1. Aufl., Verlag Technik
- Kemman, M. (1999) Kanalreinigung, Sinn und Zweck, rechtliche Grundlagen. ATV-Infotag: Kanalreinigung mit dem Hochdruckspülverfahren, 6.9.1999 in Weimar
- Lenz, J., Wielenberg, M., Geib, M. (2002) Reinigung von Abwasserkanälen durch Hochdruckspülung. Schriftenreihe iro-Institut für Rohrleitungsbau Oldenburg, Band 11, 2. Aufl., Vulkan-Verlag Essen
- Lohse, M. (1986) Schwefelverbindungen in Abwasserableitungsanlagen unter besonderer Berücksichtigung der biogenen Schwefelsäurekorrosion. In: Veröffentlichungen des Institutes für Siedlungswasserwirtschaft der Universität Hannover, Heft 62
- Lorenzen, A. Das Kanalmessboot – Erfahrungen in Theorie und Praxis. Schriftliche Mitteilung, Physiker Büro Berlin
- Lysne, D. K. (1969) Hydraulic Design of self-cleaning sewage tunnels. Journal of the Sanitary Engineering, Division, ASCE, SA95
- MH-Vertrieb, Detmold (10/2006). [www.mh-vertrieb.de](http://www.mh-vertrieb.de)
- Ministerialblatt für das Land Nordrhein-Westfalen – Nr.14 vom 10. Februar 1995, „Anforderungen an den Betrieb und die Unterhaltung von Kanalisationsnetzen“. RdErl. d. Ministeriums für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft v. 3. Januar 1995 . IV B 6 – 031 002 0202, S. 250-253

Müller, W. (1995) Reinigung von Kanalisationen - Methoden und Praxiserfahrungen, Vortrag im Rahmen des Weiterbildenden Studiums 1995 an der Ruhr-Universität Bochum

Nachtnebel, H. P. (2004) Gewässerkunde, Hydrometrie und Hydroinformatik. Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und konstruktiven Wasserbau

Novak, B. (1984) Gemessene Ablagerungen in Kanalisationen. In: 59. Siedlungswasserwirtschaftliches Kolloquium Stuttgart, Kanalisation und Regenwasserbehandlung, Stuttgarter Berichte zur Siedlungswasserwirtschaft Band 79, S. 45-56

ÖWAV-AB 34 (2005) Leitfaden für die Ausschreibung der Hochdruckreinigung von Kanälen. Österreichischer Arbeitsbehelf für Auftraggeber

Ostmann, R. (12/2005) Vortrag „Kanalreinigung in der Stadt Detmold - Verfahren zur Erfassung von Tätigkeiten in der Kanalisation“. Gelsenkirchen

Paintal, A. S. (1972) Hydraulic design of self-cleaning circular sanitary sewers. Water and Sewage works, Scranton Gillet-Publication, USA

Puhl, R. (12/2006) Handbuch Schacht. IKT-Institut für Unterirdische Infrastruktur Gelsenkirchen, Gelsenkirchen

Ristenpart, E. (1995) Feststoffe in der Mischwasserkanalisation, Vorkommen, Bewegung und Verschmutzungspotential. Dissertation, Schriftenreihe Stadtentwässerung und Gewässerschutz, Heft 11, Hannover

Schlüter, M., Voigt, B. (03/2004) „Sehende Düse“ Darstellung der Reinigungs- und Inspektionsleistung einer Hochdruckdüse mit integrierter drahtloser Kameraüberwachung der Firma KEG. Bericht des IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur

Schultz, H. (1960) Über die Berechnung der Grenzgeschwindigkeit in Kanalisationsnetzen, Wasserwirtschaft und Wassertechnik, Heft 7

Stempfl, M. (2003) Anpassung und Installation eines Betriebsführungssystems für Kläranlagen. Auszug Diplomarbeit

Stadelmann, K. (1998) Bedarfsabhängige Kanalreinigung – Erfahrungen mit dem Aufbau eines Entwicklungssystems, In: Seminarunterlagen „Entwicklungen in der Kanalisationstechnik“ Köln

Stein, D., Kaufmann, O. (02/1993) Schadensanalyse an Abwasserkanälen aus Beton- und Steinzeugrohren der Bundesrepublik Deutschland-West. Korrespondenz Abwasser (KA) 40, H.2, S. 168-179

Stein, D. (1998) Instandhaltung von Kanalisationen. 3. Auflage, Ernst & Sohn



Stein, J. A. (1997) Physik für Bauingenieure / Bd. 1 / Schall : Grundlagen der Wellenlehre, Grundlagen der technischen Akustik, Schallschutz im Städtebau, Bauakustik und baulicher Schallschutz. AHV-Verlag, Hamburg

Störner, S.M. (2003) Angebotsbewertung und Auftragsvergabe von Kanalreinigung. Seminarunterlage

TECTUS Transponder Technology GmbH, Moers (08/2006). [www.eleusis-plus.de](http://www.eleusis-plus.de)

Verordnung zur Selbstüberwachungsverordnung von Kanalisationen und Einleitungen von Abwasser aus Kanalisationen im Mischsystem und im Trennsystem (Selbstüberwachungsverordnung Kanal – SÜWVKan) vom 16. Januar 1995 (GV. NW S.64) – SGV. NW 77 in Wasserrecht Nordrhein-Westfalen, 10. Auflage, Deutscher Gemeindeverlag

Yao, K. M. (1974) Sewer Line Design based on critical Shear Stress. Proc. ASCE, Vol. 100

iPEK (2007) Produktinformation zur Schachtkamera des Herstellers Envirosight, [www.ipek-spezial-tv.net](http://www.ipek-spezial-tv.net)

ritec (2007) Produktinformationen, [www.ritec-tv.de](http://www.ritec-tv.de)

IBAK (2006), Produktinformationen, [www.ibak.de](http://www.ibak.de)

Electronic Commerce Info Net, ecin (08/2006) [www.ecin.de](http://www.ecin.de)

Scheuermann (TECTUS-GmbH) (08/2006) mündliche Kommunikation

DataPrisma AG (08/2006) [www.dataprisma.ch](http://www.dataprisma.ch)

IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur (05/2007) Leistungsverzeichnisse von 17 Kanalnetzbetreibern. Workshop „Reinigungsfirmen führen und kontrollieren“, unveröffentlicht

Deutsches Institut für Normung e. V. (1996) Standardleistungsbuch für das Bauwesen (STLB) – Leistungsbereich 309: Reinigung und Inspektion von Abwasserkanälen und -leitungen. Beuth Verlag, Berlin

Europäische Union (2003) Richtlinie 2003/10/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 6. Februar 2003 über Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch physikalische Einwirkungen (Lärm)



## Anlagen

### Planungsgrundsätze

#### „Ausschreibung bedarfsorientierte Kanalreinigung“

Im Rahmen des Forschungsprojektes „Zustands-, Prozess- und Wirkungsanalyse zur Entwicklung einer bedarfsorientierten Reinigungsstrategie für Kanalnetze“ setzten sich am 31. Mai 2007 in Gelsenkirchen acht Vertreter der u. a. Netzbetreiber sowie zwei Vertreter von Reinigungsfirmen an einen runden Tisch und diskutierten im Rahmen einer Redaktionssitzung die Probleme bei der Ausschreibung von Kanalreinigungsarbeiten. Die Gesprächsergebnisse wurden vom IKT in dem nachfolgenden Textdokument als Planungsgrundsätze für Auftraggeber aufbereitet. Grundlage für die erarbeiteten Planungsgrundsätze sind

- Ergebnisse aus der o. a. Redaktionssitzung,
- Auswertungen zu Ausschreibungsunterlagen von Netzbetreibern,
- Literaturrecherchen zum Thema, insbesondere das ATV-DVWK M 197 (2004) und den österreichischen Arbeitsbehelf für Auftraggeber ÖWAV-AB 34 (2005),
- Ergebnisse aus Betreiber-Workshops und Betreiber-Gesprächen im Rahmen des Forschungsprojektes „Bedarfsorientierte Kanalreinigung“.

In der Redaktionssitzung „Ausschreibung von Kanalreinigungsarbeiten“ haben mitgewirkt:		Ausschreibungen zur Verfügung gestellt haben die Entwässerungsbetriebe der Städte:	
Herr Wiermer	Stadtentwässerung Arnsberg	Stadt Arnsberg	Stadt Nettetal
Herr Frericks	Stadt Bad Wünnenberg	Stadt Bad Honnef	Stadt Rheinberg
Herr Vogt	Stadt Bocholt	Stadt Bad Wünnenberg	Stadt Werne
Herr Ostmann	Stadt Detmold	Stadt Bensheim	Gemeinde Möhnesee
Herr Schoppen	Stadtentwässerungsbetrieb Düsseldorf	Stadt Bocholt	Gemeinde Rheurdt
Herr Meier	Stadt Drensteinfurt	Stadt Bochum	Deutsche Bahn AG
Frau Sperling	Gemeinde Rheurdt	Stadt Detmold	
Herr Nagel	Stadt Willich	Stadt Drensteinfurt	
Herr Kuchem	Kuchem GmbH	Stadt Gütersloh	
Herr Schmitz	Lönne Entsorgung GmbH & Co.KG	Stadt Hückeswagen	
		Stadt Münster	

#### Anwendungshinweis

Die nachfolgenden Planungsgrundsätze unterstützen die Ausschreibung von Kanalreinigungsarbeiten zur Entfernung leicht lösbarer Ablagerungen von der Kanalsole mit der Hochdruckspültechnik im Sinne einer Unterhaltungsreinigung nach einem regelmäßigen bzw. bedarfsorientierten Spülplan (die Entfernung von Wurzeln, Verstopfungen und starken Verfestigungen sind hiervon ausgenommen). Praxiserfahrungen zeigen, dass von den ausführenden Reinigungsfirmen bisher kaum Betriebsinformationen über das Ablagerungsaufkommen an den auftraggebenden Kanalbetrieb zurückfließen. Grundlage einer bedarfsorientierten Spülplanung ist jedoch die Verwertung schacht- bzw. haltungsbezogen dokumentierter Betriebser-

fahrungen. Die nachfolgenden Planungsgrundsätze bieten Hilfestellung, um diese weitergehenden Anforderungen an die Ausführung und Dokumentation der Kanalreinigung in die Ausschreibungspraxis einzubringen.

*Leistungsanforderungen, Auftraggeberziele*

Der Auftraggeber verfolgt bedarfsorientierte Betriebsstrategien. Die Dokumentation von Betriebsdaten im Hinblick auf Funktionsfähigkeit, Tragfähigkeit und Dichtheit der zu reinigenden Netzabschnitte ist daher wesentlicher Bestandteil der Auftragnehmerleistung.

Der Auftraggeber setzt für die technische Betriebsführung auf Basis objektbezogener digitaler Dokumentationen von Betriebsdaten die folgende Software ein:  
System/Hersteller/Ansprechpartner: \_\_\_\_\_

Struktur und Methode der Betriebsdatenerfassung bei der Kanalreinigung und Inaugenscheinnahme von Schächten sind dem beigefügten Reinigungs- und Schachtinspektionsprotokoll zu entnehmen. Die Protokollierung der Betriebsdaten hat haltungs- bzw. schachtbezogen zu erfolgen.

Auffälligkeiten, Überlastungen, Störfälle und Schäden sind schacht- bzw. bauwerksbezogen auch mit Digitalfotos zu dokumentieren.

Leistungskontrollen werden durchgeführt und insbesondere hohe Tagesleistungen (über 1.500 m Kanal) auf Plausibilität geprüft.

Nach der Reinigung von Teilgebieten werden Nachbesprechungen durchgeführt, um weitergehende Betriebserfahrungen von dem Auftragnehmer zu erhalten.

Bei Einsatz von mobilen Datenerfassungsgeräten:

Zur Dokumentation der Betriebs- und Leistungsdaten sind mobile Datenerfassungsgeräte einzusetzen. Voraussetzung für die Auftragsvergabe ist eine Datenerfassung nach dem/der System/Programmversion:

---

Es werden ausschließlich Leistungen vergütet, die digital vor Ort über die o. a. mobilen Datenerfassungsgeräte protokolliert wurden.

- Die mobilen Datenerfassungsgeräte sind vom Auftragnehmer anzuschaffen und zu betreiben. Die Kosten für den Betrieb der mobilen Datenerfassungsgeräte mit der zugehörigen Software sind in die Einheitspreise einzurechnen.
- *alternativ:* Die Geräte werden vom Auftraggeber gestellt (bzw. können gegen eine (Sicherheits-) Gebühr ausgeliehen werden).

Der Auftraggeber stellt die digitalen Arbeitsaufträge und Betriebsdatenprotokolle zur Verfügung. Folgende Systemanforderungen (Hardware/Software/Dateiformate) sind zu erfüllen:

Schachterkennungssystem	Systemhersteller	Dateiformate	mobile Datenerfassungsgeräte	Betriebsführungssoftware	Schnittstellen/ Datenübergabe

Kontakt zu Systemhersteller: \_\_\_\_\_

---

Bei Einsatz von Schachterkennungssystemen:

Zur Erleichterung der Schachtidentifikation und Dateneingabe hat der Auftraggeber die Schachtbauwerke mit einem Schachterkennungssystem (Transponder/Barcode/Schild) ausgestattet. System: \_\_\_\_\_

Die sich daraus ergebenden Anforderungen an Geräte und Software sind in der Anlage xxx festgelegt.

**Leistungsumfang**

Für die u. a. Abwasserkanäle und -leitungen sowie Schachtbauwerke ist eine Unterhaltungsreinigung (nach ATV-DVWK M 197, 2004) mit Hochdruckspültechnik in zusammenhängenden Reinigungsabschnitten und festen Ausführungszeiträumen durchzuführen (vgl. u. a. Tabelle).

Mit rund- oder flachstrahlenden Hochdruckdüsen zu lösende Ablagerungen sind in Fließrichtung bis zum Entnahmeschacht zu transportieren und durch kontinuierliches Absaugen vollständig aus der Kanalisation zu entfernen (ATV-DVWK M 197, 2004). Insbesondere bei hohem Ablagerungsaufkommen ist sicherzustellen, dass keine Ablagerungen in unterhalb liegende Haltungen gespült werden, z.B. durch Einsatz von Absperrblasen.

Spezialreinigungen zur Vorbereitung der Rohroberfläche für eine anschließende TV-Inspektion/Sanierung und Grund- bzw. Sonderreinigungen zur Beseitigung von großen Ablagerungsmengen, Wurzeln, Verstopfungen und starken Verfestigungen, wie bspw. Betonreste oder Inkrustationen, sowie die Reinigung von Sonder- und Großprofilen und Düker sind gesondert beschrieben.

**Reinigungsart** \_\_\_\_\_ (z.B. Unterhaltungs-, Spezial-, Grund-, oder Sonderreinigung)

Ausführungszeitraum	Reinigungsabschnitt	Nennweite	Menge	Dim	Plan
von .... bis....	SW-Kanäle	_____ _____ _____	   Σ	   km	siehe Anlage x
	RW-Kanäle	_____ _____ _____	   Σ	   km	siehe Anlage x
	MW-Kanäle	_____ _____ _____	   Σ	   km	siehe Anlage x
	Schächte			Stck.	siehe Anlage x
<b>Besonderheiten/Bemerkungen</b>					
	vorgeschädigte Haltungen (schonende Reinigung)				siehe Anlage x
	Großprofile				siehe Anlage x
	Hausanschlüsse				siehe Anlage x
	Sondersituationen (z.B. Asbestrohre, tiefe Schächte etc.)				siehe Anlage x
	Straßen mit Halteverbotsausschilderung				siehe Anlage x
	Reinigung nach langer Warte-pause				siehe Anlage x

**Durchführung der Kanalreinigung**

Der Auftragnehmer erhält für seine Einsatzplanung Kanalbestandspläne. Das Reinigungsprogramm ist wochenweise mit dem Auftraggeber abzustimmen. Der Einsatzort ist täglich vor Arbeitsbeginn (Telefon/E-Mail) mitzuteilen. Bei Bedarf sind auf Anweisung des Auftraggebers auch einzelne Haltungen außerplanmäßig zu reinigen. Ausführungszeiträume sind von mo bis fr von... bis...Uhr. Der Auftragnehmer ist für die Einholung von ggf. erforderlichen Genehmigungen für Nacharbeiten, Verkehrssperrungen, Parkverboten etc. selbst verantwortlich. Die Fahrzeugbesatzung muss stets telefonisch erreichbar sein.

Durch die Reinigung sind alle Ablagerungen und Verschmutzungen an den Schachtwänden, den Kanalsohlen und Schachtgerinnen vollständig zu entfernen. Der Abflussquerschnitt ist in vollem Umfang freizuspülen. Die Anzahl der Reinigungszyklen ist der Verschmutzung anzupassen. Sielhaut und feste Ablagerungen wie z. B. ausgehärteter Beton, Wurzeln und Inkrustierungen bleiben in den Kanälen und werden ggf. mit gesonderten Maßnahmen entfernt. Diesbezügliche Schadstellen sind vom Auftragnehmer zu protokollieren und rückzumelden.

Die Reinigung ist unter Aufrechterhaltung der Vorflut durchzuführen. Die gelösten Ablagerungen sind möglichst vollständig abzusaugen und dürfen nicht in unterhalb liegende Kanalstrecken, Drosseleinrichtungen und Pumpensümpfe gespült werden. Bei Regenwasserkanälen ist darüber hinaus durch Absperurmaßnahmen am Ende des Reinigungsabschnittes sicherzustellen, dass kein Spülwasser und Räumgut ins Gewässer gelangt.

Bei den Schächten im Reinigungsabschnitt sind Wände, Steigeisen, Schmutzfänger und Deckelauflagen zu säubern. Dämpfende Einlagen müssen überprüft und ggf. durch neue (bauseits gestellte Einlagen) ausgetauscht werden. Die Kontrolle und Dokumentation der hydraulischen Situation und des baulichen Schachtzustandes erfolgt nach Vorgabe des Auftraggebers (siehe Anlage xxx).

Es ist sicherzustellen, dass der Druck an der Düse 80 bar nicht übersteigt. Sensible Netzbereiche werden ausgewiesen (Listen/Pläne) und sind schonend mit vermindertem Druck an der Düse (ca. 60 - 80 bar) oder drucklos mit einem Spülschwall zu reinigen (vgl. auch *Anforderungen an Fahrzeuge und Geräte*). Um Luftpolster bei der Reinigung von Kanälen kleiner DN 400 zu vermeiden, sind die Schächte zu öffnen, der Saugschlauch darf den Rohrquerschnitt nicht versperren. Der Auftraggeber kontrolliert die Ausführung der Arbeiten. Bei Nichteinhaltung von Sicherheitsvorschriften werden die Arbeiten stillgelegt. Aufmaß- und Abrechnung erfolgen nach Vorgabe des Auftraggebers (siehe Muster, Anlage xxx).

### *Spülwasser und Entsorgung des Räumguts*

Die Verwendung von Trinkwasser als Spülwasser ist möglichst zu vermeiden.

Der Spülwasserbezug erfolgt wahlweise über das Trinkwassernetz (Entnahme nur mit gültigem Standrohr, Kosten trägt der Auftragnehmer, z. Zt. brutto ..... €/m<sup>3</sup> Bezugsstelle:.....) oder besser über die im Gebiet vorhandenen Brauchwasseranlagen bzw. genehmigten Gewässerentnahmestellen (Adresse: ...).

Der „Abfall aus der Kanalreinigung“ (Abfallschlüssel 200306) ist vom Auftragnehmer ständig zu kontrollieren. Bei Auftreten von Rohrscherben und größeren Mengen Bodenpartikeln sind die Arbeiten sofort einzustellen und nach unmittelbarer Abstimmung mit dem Auftraggeber ggf. an anderer Stelle fortzusetzen.

Bei Auffälligkeiten in der Zusammensetzung des Räumguts (z.B. besonderer Geruch, Ölschlieren) darf sich bereits im Kessel des Fahrzeugs befindliches Räumgut erst nach Freigabe durch den Auftraggeber abgeladen werden.

Das Räumgut wird zu der Annahmestelle des Auftraggebers (Stellplatz abdeckbarer Entwässerungscontainer: .../Öffnungszeiten...) befördert und abgeladen (der Aufwand ist in die Einheitspreise für die Reinigung einzurechnen). Die Dokumentation erfolgt über einen Beförderungsschein (siehe Anlage).

Die Kosten für die Entsorgung des Räumguts trägt der Auftraggeber.

Die ordnungsgemäße Entsorgung/Verwertung des entwässerten/stichfesten Räumguts (Zwischenlagerung im Entwässerungscontainer für geringen Wassergehalt) ist über vereinfachte Entsorgungsnachweise (Übernahmescheine zum Nachweis der Übernahme von Abfällen, Annahmeprotokolle, Wiegescheine) unter Angabe der Mengen (to) nachzuweisen.

Der Auftragnehmer hat schriftlich nachzuweisen, dass er einer anerkannten Entsorgungsgemeinschaft nach KrW-AbfG §52 Abs. 1 angehört oder einen Überwachungsvertrag mit einer technischen Überwachungsorganisation abgeschlossen hat, der eine mindest einjährige Überprüfung einschließt.



### Anforderungen an die Fahrzeuge und Geräte

Die Reinigungsfahrzeuge müssen den Anforderungen des Güteschutzes Kanalbau (Gütezeichen R) und der Straßenverkehrszulassungsverordnung (StVO) genügen, insbesondere darf der Fahrgeräuschgrenzwert je nach Baujahr 80 dB (A) bzw. 84 dB (A) nicht überschreiten. Die Fahrzeuge müssen mit Rundumleuchten und den notwendigen Gaswarn-, Sicherheits- und Rettungsgeräten, Deckelhebergeräten, Lampen, Steighilfen, Schaufeln, Seilen, Schildern usw. ausgestattet sein.

Der Auftraggeber stellt folgende Mindestanforderungen an den Fahrzeugaufbau. Die Daten der für den Einsatz vorgesehenen Fahrzeuge sind vom Bieter einzutragen.

### Mindestanforderungen an Reinigungsfahrzeuge und -geräte

Hochdruckreinigung	DN 200 – DN 800 (einschl. Eiprofile)		DN 900 – DN 1200 (einschl. Ei-, Maul-, Sonderprofile)	
	Anforderung	Bieterangabe	Anforderung	Bieterangabe
<b>vom Bieter auszufüllen!</b>				
<b>Fahrzeug</b> Fahrgestell/Achsen Aufbau/Hersteller Rückgewinnung (ja/nein) Kesselvolumen	/		/	
<b>Pumpe</b> (Typbezeichnung) Förderleistung [Liter/Minute] Pumpenausgangsdruck [bar] max. Druck an Düse [bar]	/		/	
<b>Spülschlauch</b> (Typ) Material Länge	/		/	
<b>Saugeinrichtung</b> Vakuumanlage [m³/h] Saugschlauch DN [mm]	/		/	
<b>Düsen/Spezialwerkzeuge</b> <i>(bitte eintragen)</i>				
<b>Vorgehensweise zur schonenden Reinigung von Mauerwerkskanälen oder Haltungen mit Kurzschläuchen (Inliner)</b>	<i>bitte Kurzbeschreibung eintragen:</i>			

### Schonende Reinigung

In den zu reinigenden Haltungen sind sensible Netzbereiche enthalten, z.B. sind teilweise Kurzschläuche eingebaut (Planunterlagen liegen vor). Hier sollte eine HD-Düse mit Düsenschlitten eingesetzt werden. Der Spüldruck an der Düse darf maximal 80 bar betragen. Die Betriebsparameter sind danach abzustimmen. Daher sind vom Bieter folgende Angaben verbindlich zu machen:

**Bieterangaben zu Reinigungsparametern für die schonende Reinigung von Reparaturstrecken**

Spülwagen Aufbau/Pumpe HD-Düse	KFZ- Kennz.	gewählte Förderleistung Q [Liter/Minute]	gewählter Förderdruck p [bar]	Schlauch- länge L [m]	Druckverluste je Schlauchmeter $\Delta p$ [bar/m]	Spüldruck an der Düse $p_{Düse}$ [< 80 bar]

Beschreibung der eingesetzten Düse:  
 Hersteller, Düsentyp und -form, Anzahl und Durchmesser der Düseneinsätze, Strahlwinkel, Düsenschlitten  
 \_\_\_\_\_

Der Auftraggeber behält sich vor, das vom Auftragnehmer eingesetzte Fahrzeug vor Beginn der Arbeiten auf dem Bauhof mittels geeichter Prüfeinrichtungen auf die angegebenen Betriebsparameter zu überprüfen (Dauer ca. 2 Stunden). Der Aufwand hierfür ist in die Leistung der Kanalreinigung einzukalkulieren.

### *Anforderungen an das Personal*

Die Fahrzeugbesatzung muss aus mindestens zwei Personen bestehen. Die Besatzung muss innerbetrieblich oder durch Fachorganisationen (z. B. DWA, DEULA, TÜV, TBG, Güteschutz ) ausreichend und regelmäßig geschult sein.

Die Durchführung der jährlichen Unterweisung über die Unfallverhütungsvorschriften und die arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchungen (nach GUV-V A4 und GUV-I 8521, insbesondere G 20, G 25 und G 26) sind auf Verlangen nachzuweisen. Das Personal muss über die nach den Unfallverhütungsvorschriften erforderliche persönliche Schutzausrüstung verfügen und hat diese einzusetzen.

Der Auftragnehmer hat vor Beginn der Arbeiten einen vor Ort verantwortlichen Vertreter für die Ausführung der Arbeiten und die Umsetzung der Anforderungen an die Arbeitssicherheit und des Gesundheitsschutzes sowie der Verkehrssicherheit zu benennen.

Mindestens ein Mitarbeiter des Bedienpersonals für ein Reinigungsfahrzeug muss über mehr als 3 Jahre berufliche Erfahrung in der Unterhaltungsreinigung öffentlicher Abwasserkanäle verfügen.

Das Personal jedes Fahrzeugs muss während der Arbeitszeit immer erreichbar sein (Handy-Nr. ....) und darf nur nach Rücksprache und Zustimmung durch den Auftraggeber von der Ausführung der Leistungen abgezogen werden.

Qualifikationen/Erfahrungen zum Einsatz mobiler Datenerfassungsgeräte und der Durchführung von Schachtinspektionen sind nachzuweisen.

### *Verkehrs- und Arbeitsstellensicherung*

Der Auftragnehmer ist für die ordnungsgemäße Sicherung der Arbeitsstellen verantwortlich. Die Richtlinien für die Sicherung von Arbeitsstellen an Straßen (RSA 1995, MVAS 1999) sind einzuhalten.

Der Auftragnehmer hat die notwendigen Absperrungen und Beschilderungen zur Regelung des Verkehrs und zum Schutz des Personals vorzunehmen. Die dazu erforderliche verkehrsrechtliche Anordnung hat er rechtzeitig vor Beginn der Arbeiten bei dem Ordnungsamt (Adresse ..... ) zu beantragen.

Die Kosten für die Anordnung ohne weitere Aufschläge übernimmt auf Nachweis der Auftraggeber. Der Bauleiter des Auftragnehmers muss über die erforderliche Fachkunde verfügen. Hierüber sind entsprechende Nachweise vorzulegen.

Besondere Sicherungsmaßnahmen in Hauptverkehrsstraßen und Einrichtung von Halteverboten sind in folgenden Straßen notwendig (siehe auch Anlage xxx):

.....  
.....

### *Einhaltung der Unfallverhütungsvorschriften*

Der Auftragnehmer ist verantwortlich für die Einhaltung aller für die Arbeitssicherheit maßgebenden Gesetze und Verordnungen. Die Reinigungsarbeiten dürfen nur unter Beachtung der Unfallverhütungsvorschriften durchgeführt werden. Es ist Pflicht die persönlichen Schutzausrüstungen zu tragen.

Bei Verstoß gegen die Sicherheitsvorschriften kann der Auftraggeber die Arbeiten sofort einstellen lassen und den Auftrag entziehen.

Das Betreten der Schächte ist zu vermeiden. Einstiege dürfen nur in Abstimmung mit dem Auftraggeber erfolgen. Sollten die Kanalisationsanlagen betreten werden müssen, ist die Kanalatmosphäre mit einem Mehrfachgaswarngerät zu messen. Über das Auftreten einer gefährlichen Atmosphäre ist der Auftraggeber umgehend zu informieren und darüber hinaus sind die Beobachtungen und Messungen sowie die Kanalsituation zu dokumentieren.

Ex-, Ox- Geräte plus Atemschutz sind auf dem Fahrzeug vorzuhalten.

### *Vorlaufmaß/Massenermittlung*

Aufgrund der regelmäßigen Wartung der Kanalisation wird grundsätzlich ein überwiegend geringer Verschmutzungsgrad (einzelne Ablagerungsbänke, die sich nicht über mehrere Haltungen ausdehnen, mit Ablagerungshöhen  $< 15\%$  der Querschnittshöhe) erwartet. Hohes Ablagerungsaufkommen liegt vor, wenn die mittlere Ablagerungshöhe bezogen auf eine Haltung  $15\%$  der Querschnittshöhe überschreitet.

Bei Auffälligkeiten und Besonderheiten ist der Auftraggeber zur Genehmigung des weiteren Vorgehens unverzüglich zu informieren, z.B.

- Erschwernisse durch hohes Ablagerungsaufkommen (mittlere Ablagerungshöhe  $> 15\%$ ),
- konstant hoher Trockenwetterabfluss bzw. Rückstau,
- Auffälligkeiten im Spülwasser/Räumgut,
- Behinderungen durch Wurzeleinwuchs, Inkrustationen und sonstiger Gegenstände.

Gegebenenfalls sind Sondermaßnahmen (außerhalb des Vertrages) notwendig. Die Reinigung ist in diesen Fällen an anderer Stelle, ohne dass Mehrkosten geltend gemacht werden können, fortzusetzen.

Erschwerniszulagen gelangen nur zur Abrechnung, wenn Sie vorher vom Auftraggeber bestätigt wurden und Protokollnachweise vorliegen (Tagesbericht/Fotos).

*alternativ nach ATV-DVWK M 197 (2004):*

Das Personal des Auftraggebers misst in Begleitung eines Vertreters des Auftragnehmers vor Beginn der Reinigung (Vorlauf ca. 1 Woche) mit einem Maßstab die Ablagerungshöhen.

Gemessen wird bei nichtbegehbaren Kanälen ( $< DN 1000$ ) im Bereich der Zu- und Ablaufrohre zu den Schächten (nicht im Gerinne) und bei begehbaren Kanälen in der Haltung im Abstand von 20 m.

Für jede Haltung wird gemeinsam ein arithmetisches Mittel aus den gemessenen Ablagerungshöhen festgestellt und protokolliert.

Aus den protokollierten Ablagerungshöhen ergeben sich die bei der Abrechnung der Reinigungsleistungen zur Anwendung gelangenden Positionen und Zulagen.

### *Feststellung und Abnahme der Leistung*

Es werden ausschließlich Leistungen vergütet, die nach Vorgabe des Auftraggebers dokumentiert (siehe Anlage XXXX) und von der Bauleitung anerkannt wurden.

Das Personal hat die Reinigungseinsätze täglich an- und abzumelden (E-Mail/Telefon) und muss über Mobiltelefon ständig erreichbar sein. Unplanmäßige Wechsel des Reinigungsgebietes oder vorzeitiger Abbruch der Arbeiten sind dem Auftraggeber mitzuteilen.

Hohe Tagesleistungen (über 1.500 m Kanallänge) sind noch am selben Tag anzuzeigen, um Plausibilitätsprüfungen und Qualitätskontrollen zu ermöglichen.

Der Auftraggeber behält sich stichprobenhafte, zeitnahe Leistungsüberprüfungen (bis zu 10 % der gereinigten Kanallängen) mit einer Fahrwagenkamera oder Kanalspiegel bzw. auch Schachtzoomkamera vor (siehe Leistungspositionen). Dabei werden die Pläne zu den Kontrollstrecken erst unmittelbar vor Beginn der Überprüfung übergeben. Leistungsmängel sind unverzüglich zu beseitigen.

*alternativ nach ATV-DVWK M 197 (2004)*

Grundlage für die Feststellung der Leistungen sind die vom Auftragnehmer unterschriebenen und von der Bauleitung des Auftraggebers anerkannten Tagesberichte (siehe Anlage XXXX). Die für die Abrechnung relevanten Ablagerungshöhen sind aus dem Voraufmaß (im Vorfeld gemessene Ablagerungshöhen) zu entnehmen.

Der Auftraggeber führt nach § 12 Nr. 4 VOB/B eine förmliche Abnahme durch. Die Abnahme findet spätestens 3 Tage nach der Reinigung durch die Bauleitung des Auftraggebers im Beisein des Auftragnehmers statt.

Die Kontrolle der Reinigungsleistung erfolgt durch Abspiegeln bzw. durch Begehung bei Kanälen mit einer lichten Höhe von mehr als 1000 mm. Das notwendige Personal und Material für das Abspiegeln und die Begehung stellt der Auftraggeber.

Der Auftragnehmer ist für die rechtzeitige Beantragung der Abnahme verantwortlich. Das Ergebnis der Abnahme wird haltungsweise dokumentiert und von Auftragnehmer und Auftraggeber unterschrieben (siehe Anlage XXX). Werden bei der Abnahme Mängel festgestellt, muss der Auftragnehmer eine Nachreinigung auf seine Kosten durchführen und eine erneute Abnahme verlangen.

#### *Wartezeiten und Behinderungen*

Behinderungen bzw. Arbeitsunterbrechungen müssen unverzüglich telefonisch und nachfolgend schriftlich angezeigt und mit Begründung in den Tagesberichten vermerkt werden. Das weitere Vorgehen wird mit dem Auftragnehmer festgelegt. Der

Auftragnehmer hat alle Maßnahmen zu ergreifen, die im Behinderungsfall eine Fortsetzung der Arbeiten an einer anderen Stelle ermöglichen.

Eine Vergütung der Wartezeiten bei Behinderung bzw. Arbeitsunterbrechungen erfolgt nur, wenn der Auftraggeber diese zu vertreten hat und die Dauer der Wartezeit 1 Stunde überschreitet. Wartezeiten werden nur bis zur Beseitigung der Behinderung und maximal für die am jeweiligen Arbeitstag noch verbleibende Arbeitszeit (siehe Abschnitt I 2.8) vergütet.

#### *Abrechnung*

Der Auftragnehmer hat Anspruch auf Abschlagszahlungen. Die Rechnungen sind .....-fach mit den zugehörigen Abrechnungsunterlagen (Erste Ausfertigung der Tagesberichte) einzureichen. Es können nur Leistungen abgerechnet werden, die vom Auftraggeber abgenommen wurden. Die Rechnungen müssen nach Datum gegliedert sein. Für jeden Arbeitstag sind die Leistungen einzeln unter Angabe der Massen (Haltungslänge, Anzahl), der maßgebenden Positionsnummern sowie der Einheits- und Gesamtpreise aufzuführen. Die Mehrwertsteuer ist gesondert auszuweisen.

#### *Haftung*

Der Auftragnehmer haftet für alle Schäden und Verschmutzungen, die im Zusammenhang mit seinem Auftrag an öffentlichen Verkehrsanlagen, privaten Entwässerungsanlagen, Personen und sonstigen Sachen entstehen.

Der Auftragnehmer muss das Bestehen einer Haftpflichtversicherung nachweisen. Er ist zur unverzüglichen schriftlichen Anzeige verpflichtet, sobald sein Versicherungsschutz nicht mehr besteht. Die Deckungssummen der Haftpflichtversicherung müssen mindesten betragen:

Für Personenschäden: ..... €

Für sonstige Schäden: ..... €

#### *Nachweis der Eignung*

Der Auftragnehmer hat neben der Sachkunde, Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit eine schnelle Verfügbarkeit für die Bearbeitung von Störfällen im 24 Stunden-dienst sicherzustellen. Es werden daher nur Bewerber mit einer maximalen Anfahrtszeit von 1 Stunde zugelassen, die darüber hinaus über ein frostsicheres Fahrzeug und in den Wintermonaten (November – März) über eine beheizte Fahrzeughalle verfügen.

Dem Angebot sind zur Überprüfung der Eignung folgende Unterlagen beizufügen:

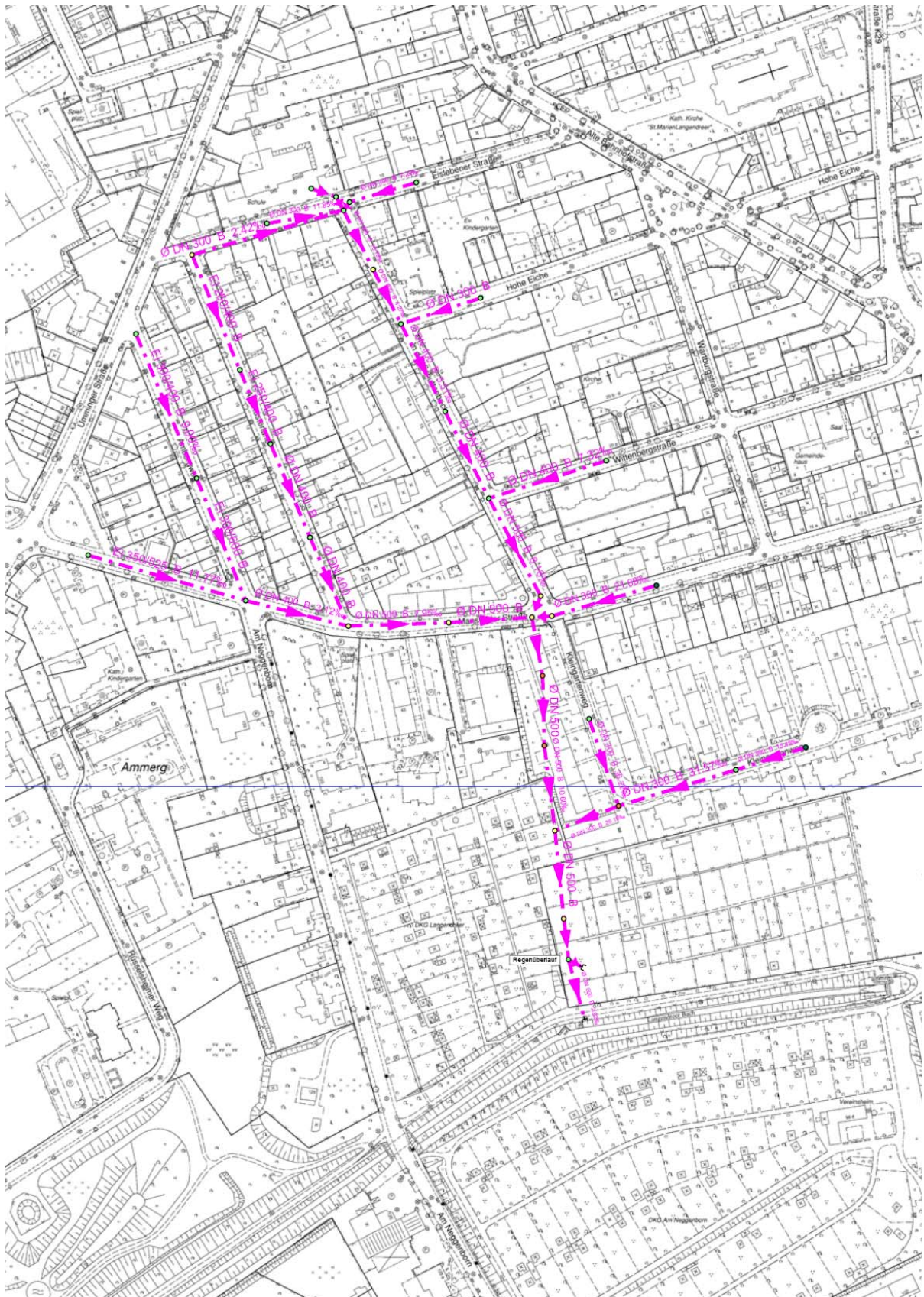
- Dokumentation der Anfahrtszeit von der Fahrzeughalle zum Stadtgebiet des Auftraggebers
- Umsatz des Unternehmens in den letzten drei abgeschlossenen Geschäftsjahren
- Angaben über die in den letzten drei abgeschlossenen Geschäftsjahren durchgeführten Kanalreinigungsarbeiten mit Angabe von Ansprechpartnern bei den jeweiligen Auftraggebern
- Anzahl der in den letzten drei abgeschlossenen Geschäftsjahren durchschnittlich beschäftigten Arbeitskräfte, gegliedert nach Berufsgruppen
- Anzahl der zur Verfügung stehenden Fahrzeuge mit Angabe der wichtigsten Kenndaten gemäß Abschnitt „Anforderungen an Reinigungsfahrzeuge und –geräte“
- Nachweis des RAL-Gütezeichens R der Gütegemeinschaft Herstellung und Instandhaltung von Entwässerungskanälen und -leitungen e.V. oder ersatzweise ein Fremdüberwachungsvertrag zur Erfüllung der o. a. Anforderungen
- Nachweise über Personalqualifikationen zur Umsetzung der Anforderungen an die Sicherung von Arbeitsstellen an Straßen (RSA 1995, MVAS 1999)
- Nachweise über jährliche Schulungen des Personals im Bereich der Unfallverhütungsvorschriften und des Gesundheitsschutzes

*LEISTUNGSVERZEICHNIS - Vorbemerkungen für alle Leistungspositionen*

In die Leistungspositionen einzurechnen sind die Kosten für die Fahrzeuge einschließlich An- und Abfahrt, Rüstarbeiten, Zubehör, Betriebsstoffe, Entleerung und Reinigung, die erforderliche Fahrzeugbesatzung, die Verkehrs- und Arbeitsplatzsicherung sowie der Aufwand für die Feststellung und Abnahme der Leistungen gemäß Abschnitt „Feststellung und Abnahme der Leistung“.



# Einzugsgebiet Messstelle Bochum-1



# Einzugsgebiet Messstelle Bochum-2



## Einzugsgebiet Messstelle Marl-1



## Einzugsgebiet Messstelle Marl-2

