



**Entwicklung von
Kanalreinigungsstrategien
am Beispiel der Stadt
Frankfurt am Main**

Dipl.-Ing. Roland Kammerer



Gliederung

**1. Reinigungsverfahren im
Kanalbetrieb der
Stadtentwässerung
Frankfurt am Main**

**2. Reinigungsstrategie und
Reinigungsplan**

3. Reinigung sanierter Kanäle

Historische Kanalreinigung



1903

Historische Kanalreinigung



Ca. 1960

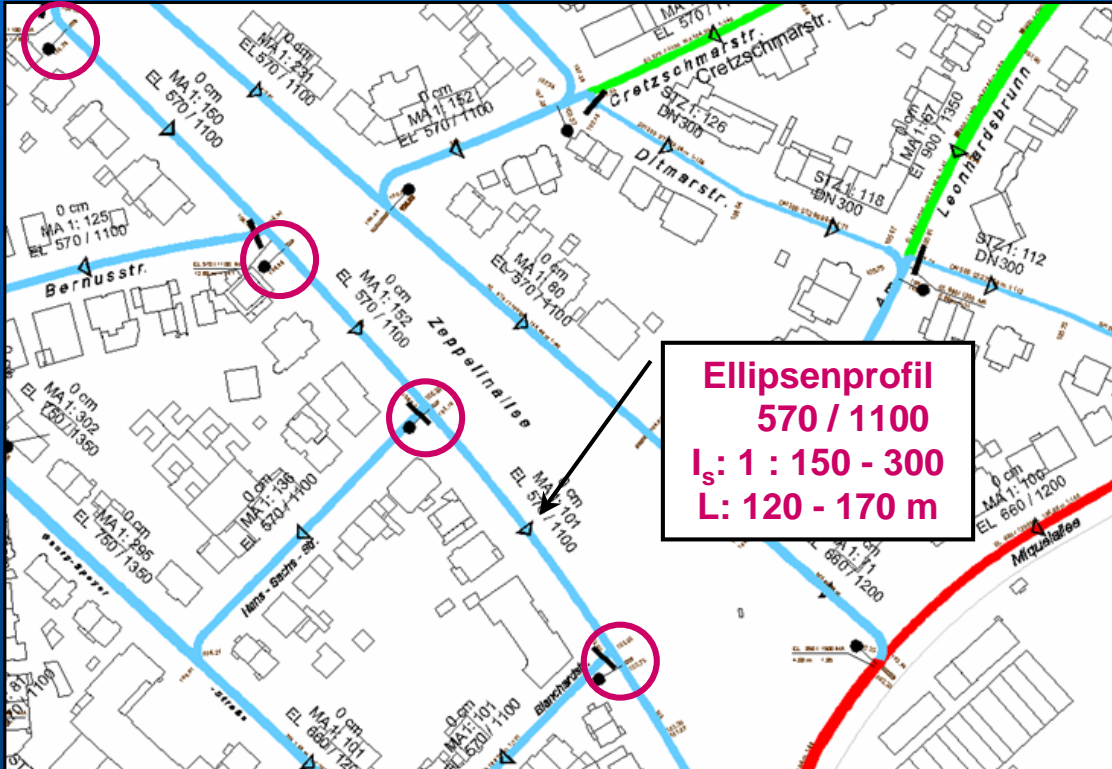
- Hochdruckreinigung
- Schwallspülung mit Spültüren
- Eigenwasserspülung durch Umleitung von Abwasserströmen
- Mechanische Reinigungsverfahren
 - Reinigungswinde bei Verwurzungen
 - Fräsroboter
 - Manuelles Entfernen fester Ablagerungen



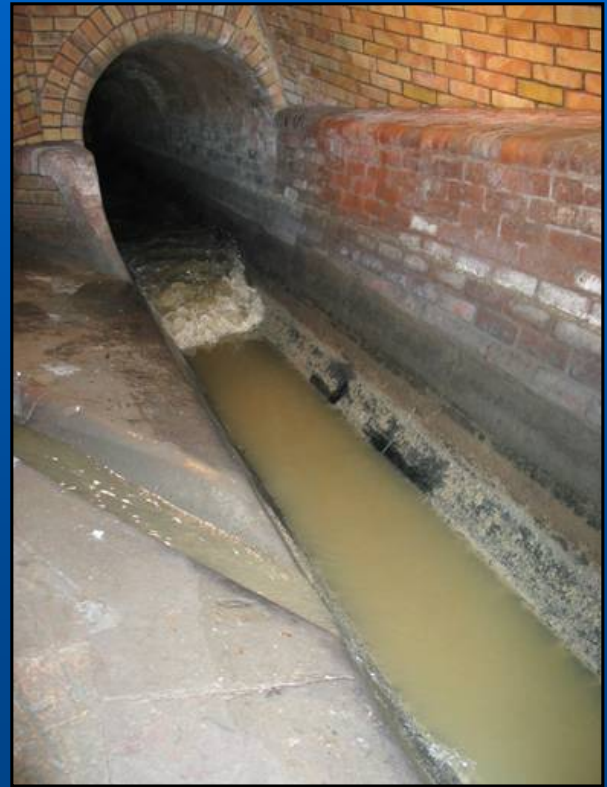
Schwallspülung



Spülkaskade



Schwallspülung



9

Schwallspülung

- Häufigkeit: z
- Präventive R
d.h. Bildung
verhindert
- Personalaufw
- Besondere V
 - Umweltentla
 - Keine Verke
 - Materialschonend



10

Eigenwasserspülung



Umleitungsmöglichkeiten



Umleitungsmöglichkeiten



13

Eigenwasserspülung



14

Eigenwasserspülung



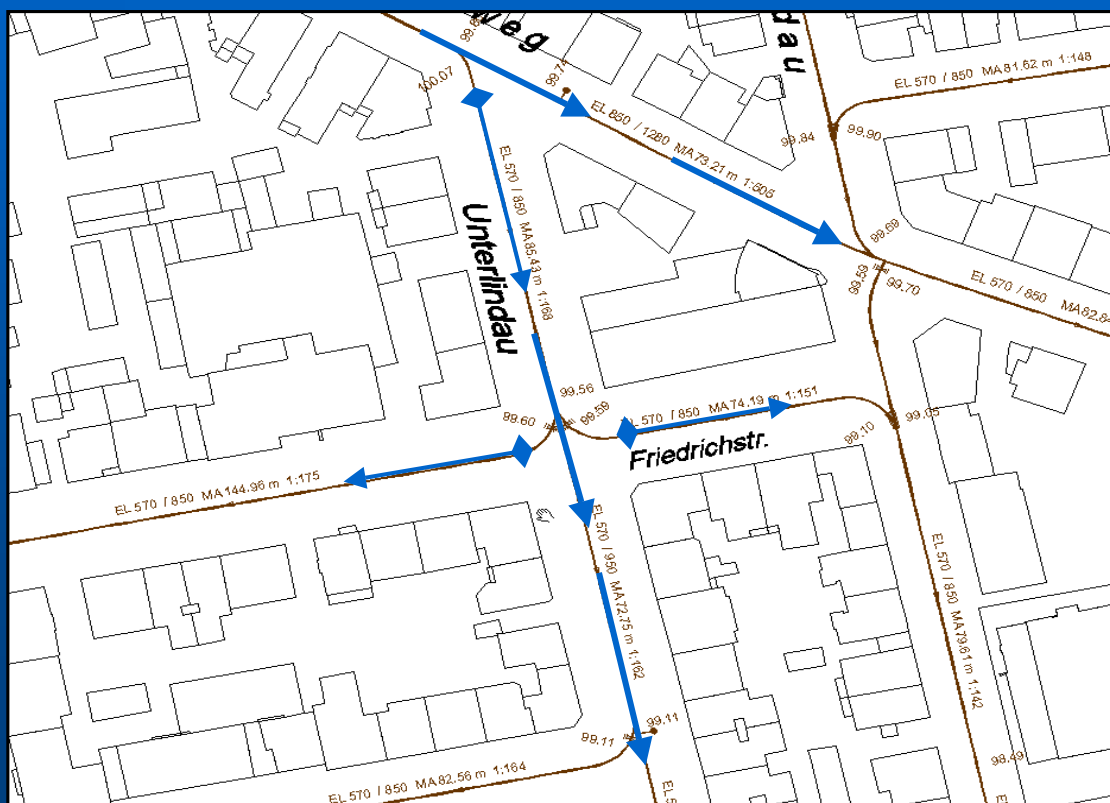
Eigenwasserspülung



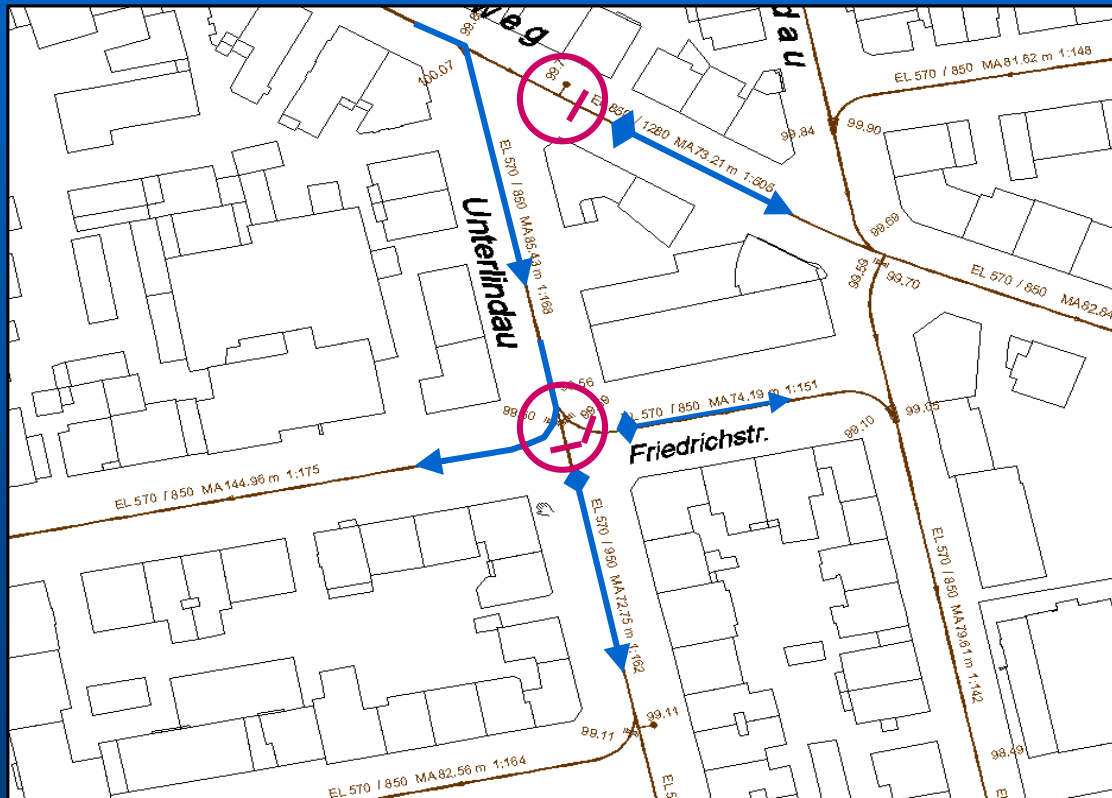
Eigenwasserspülung



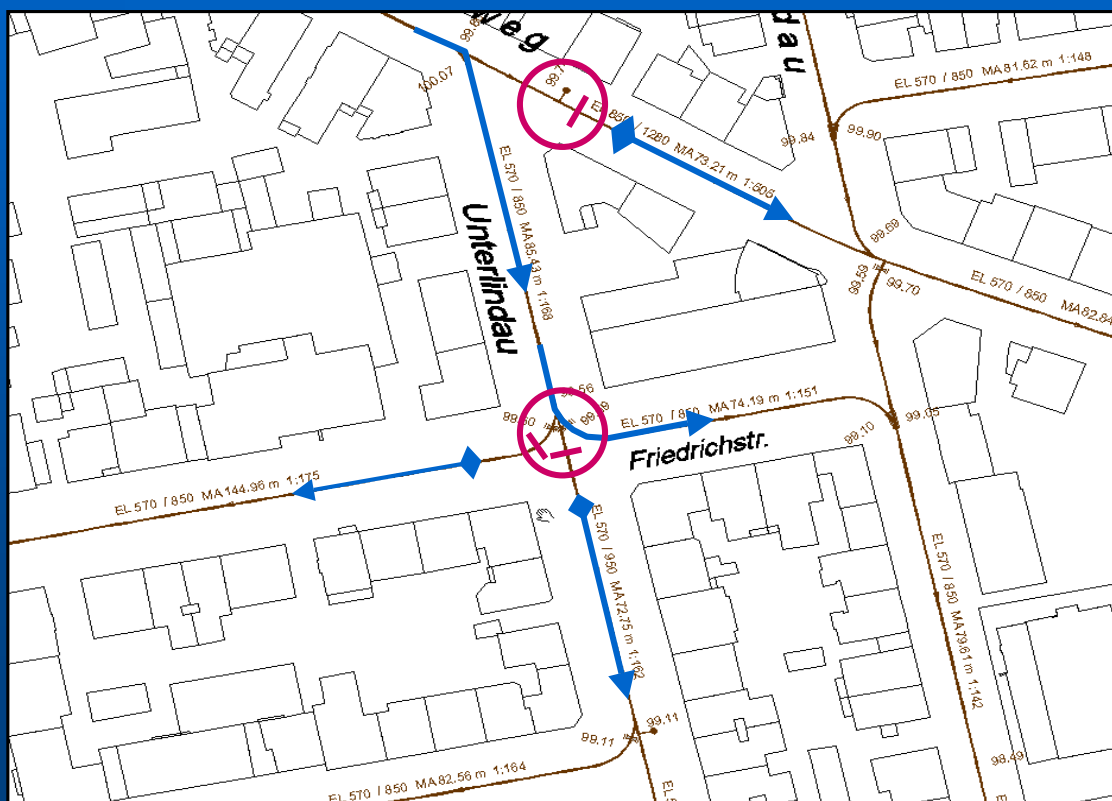
Eigenwasserspülung



Eigenwasserspülung



Eigenwasserspülung



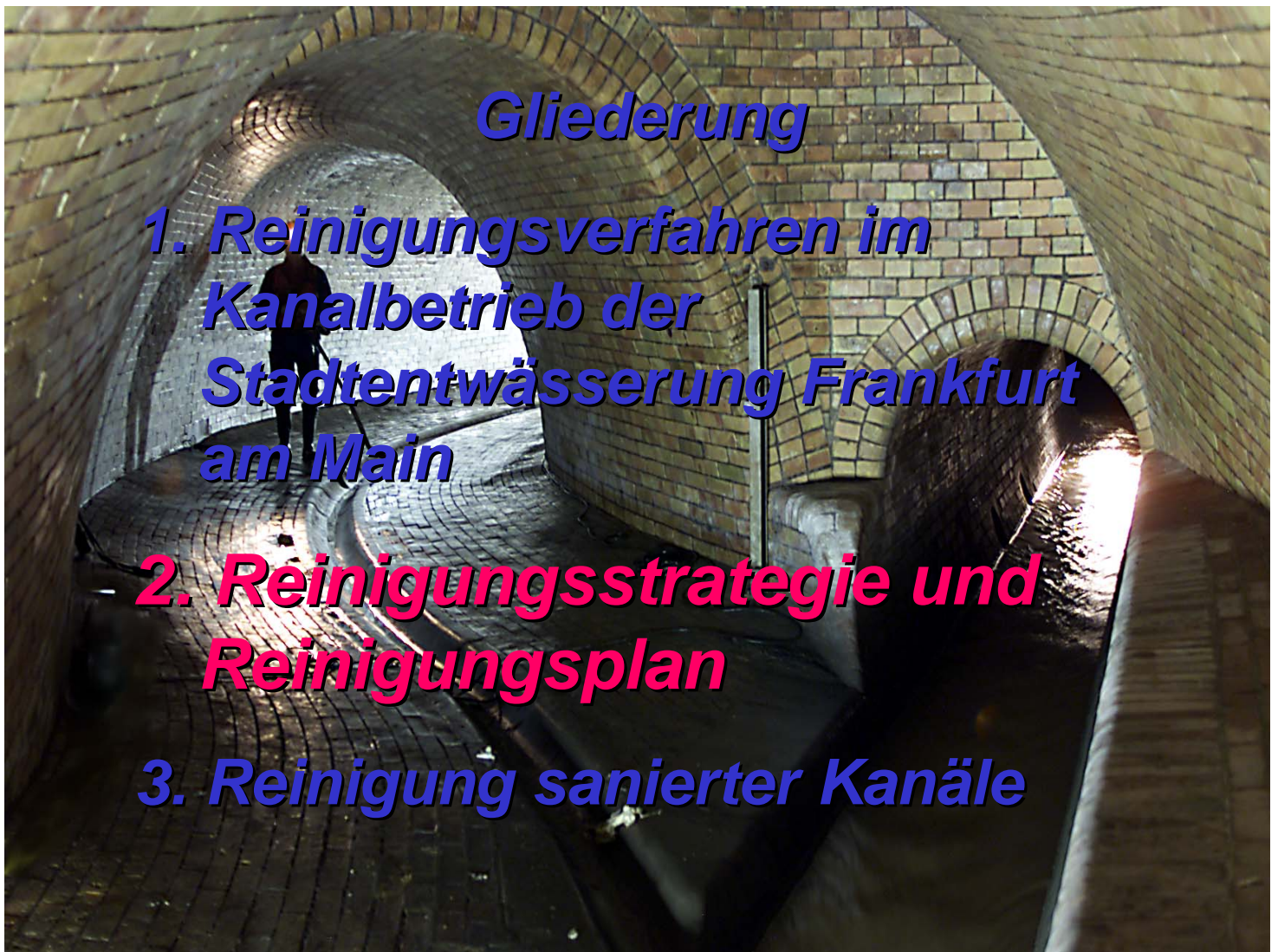
- Häufigkeit: zweimal p. a.
- Präventive Reinigung
- Personalaufwand: 3 Mitarbeiter
- Reinigungslänge pro Tag: ca. 3.500 m
- Kosten: 0,5 €/m bei zweimaliger Spülung
- Besondere Vorteile:
 - Wie bei der Schwallspülung

Gliederung

1. Reinigungsverfahren im Kanalbetrieb der Stadtentwässerung Frankfurt am Main

2. Reinigungsstrategie und Reinigungsplan

3. Reinigung sanierter Kanäle



- Wahl der Reinigungsverfahren und -intervalle aufgrund der Betriebserfahrung
- Regelmäßige Reinigung vieler Hauptsammler mit dem HD-Verfahren
- Probleme:
 - Keine objektbezogene Dokumentation
 - Kein Überblick über den Aufwand
 - Keine Steuerungs- u. Optimierungsmöglichkeiten

- Aufwand Personal, Gerät, Fahrzeuge und Betriebshöfe für Kanalnetz
(ohne Sonderbauwerke, ohne kalk. Kosten, ohne bauliche Instandhaltung) **5,0 Mio. €/a**
- Aufwand für Betrieb der Reinigungsfahrzeuge
(5 Kombis, 5 HD-Spüler, 1 Saugfahrzeug, ohne kalk. Kosten) **2,0 Mio. €/a**
- Anteil Aufwand HD-Spülung am Betriebsaufwand **40 %**

- **Gesetzliche Auflage der EKVO erfüllen**
- **Optimierung des Mitteleinsatzes durch**
 - **Haltungsbezogene Vorgaben für Reinigungsverfahren, Intervalle bzw. Auslösekriterien**
 - **Kontinuierliche Rückkopplung und Optimierung der Reinigungsintervalle und -verfahren**
 - **Soll- / Istvergleich zur Vollständigkeitskontrolle mit objektbezogener Dokumentation**

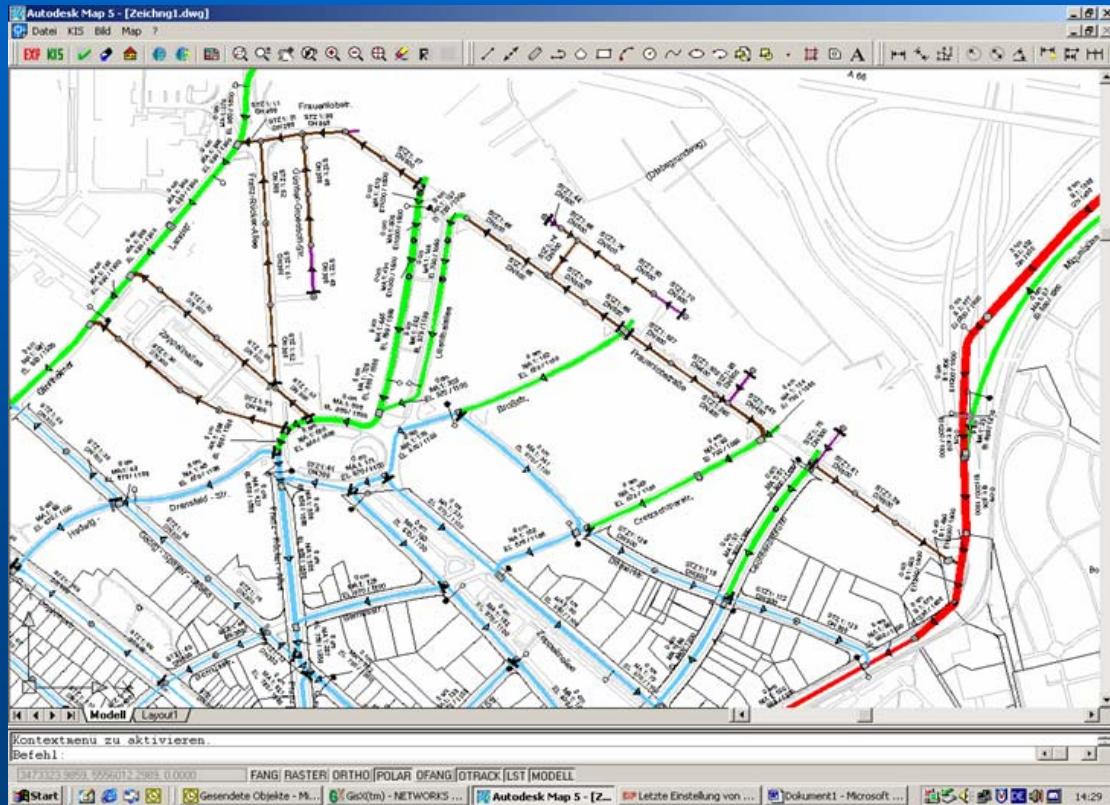
- **Vorrang der bedarfsorientierten Reinigung mit regelmäßiger Messung der Ablagerungshöhen**
- **Feste Reinigungsintervalle nur bei Ablagerungsschwerpunkten**
- **Eigenwasser- und Schwallspülung insbesondere bei Mauerwerkskanälen**

- **Vorteile:**
 - Reduzierung des Aufwands und der Emissionen bei HD-Reinigung
 - Materialschonung
- **(vermeintliche ?) Nachteile:**
 - Verfestigung der Ablagerungen ??
 - Stärkere Gewässerbelastung ??
 - Stärkere Geruchs- und H₂S-Bildung ??
 - Reinigungsaufwand steigt mit Ablagerungshöhe überproportional !

- | | |
|----------------------------------------------------------|------|
| ■ Eigenwasserspülung zweimal p.a | 24 % |
| ■ Bedarfsreinigung HD | 29 % |
| ■ Reinigung HD
mit festen Intervallen | 3 % |
| ■ Ohne Zuweisung Reinigungs-
verfahren (RWK, RAK, DL) | 40 % |
| ■ Noch offen | 4 % |

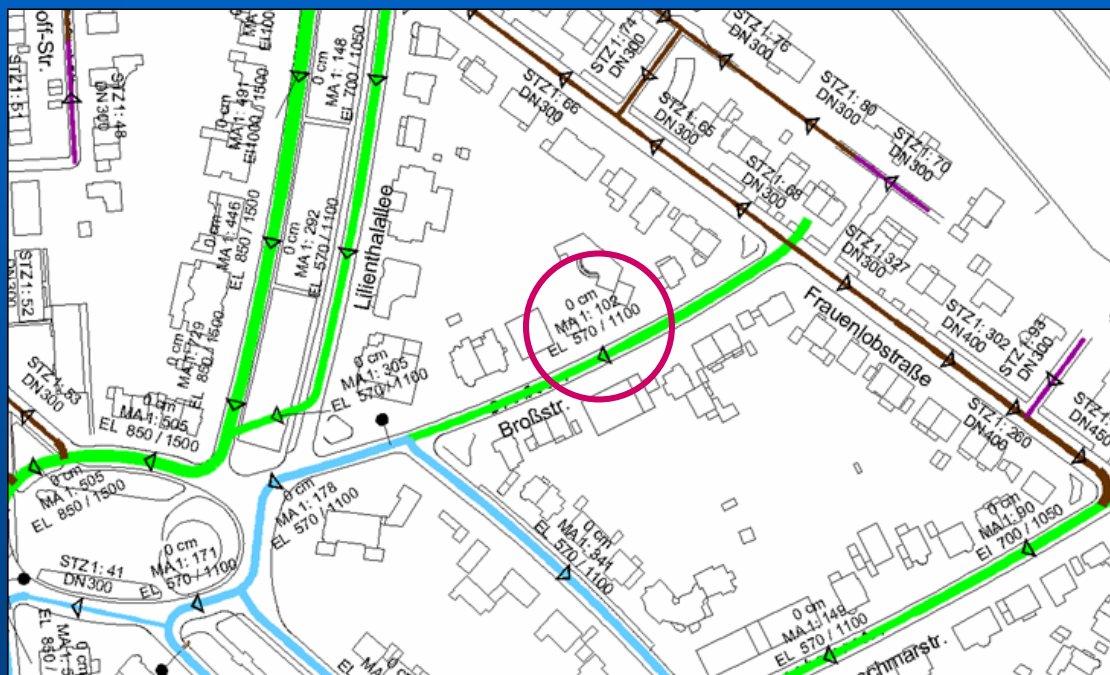
Basis: 1.600 km Netzlänge

Reinigungsplan im KIS



29

Detail Reinigungsplan



30

Gliederung

*1. Reinigungsverfahren im
Kanalbetrieb der
Stadtentwässerung Frankfurt
am Main*

*2. Reinigungsstrategie und
Reinigungsplan*

3. Reinigung sanierter Kanäle

HD-Reinigung sanierter Kanäle



- Besonders problematisch bei Kurzlinern und Innenmanschetten
- „Unproblematisch“ bei Liningverfahren und Auskleidungsverfahren
- Mechanische Reinigungsverfahren scheiden in reparierten und renovierten Kanälen aus !

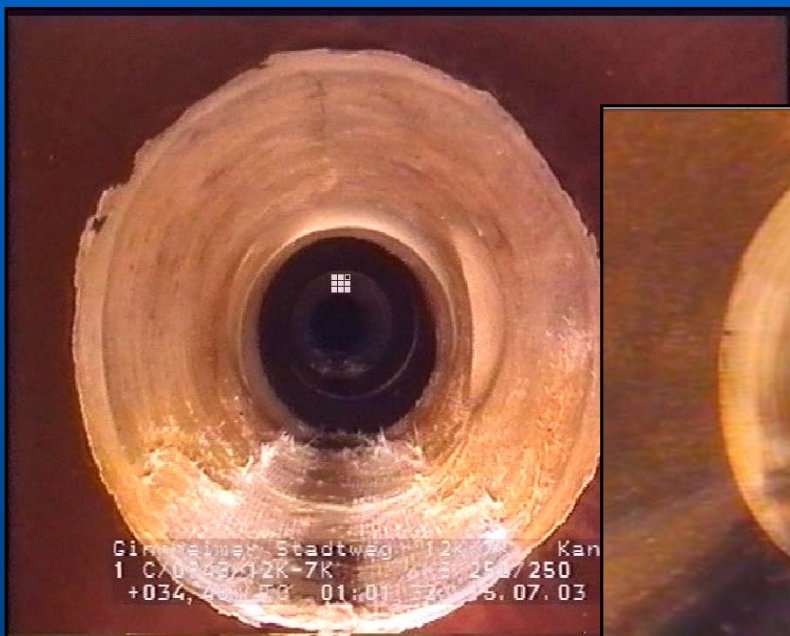
Kurzliner nach HD-Reinigung



Reinigung mit Split
(Prüfbedingungen)



Kurzliner nach HD-Reinigung



Bei Gewährleistungs-
nachscha



- Düse mit Abstandshalter
- Druckverhältnisse anpassen
- Dokumentation der Sanierungsmaßnahmen für die Arbeitsvorbereitung der Kanalreinigung



**Vielen Dank
für Ihre
Aufmerksamkeit**

Entwickeln von Kanalreinigungsstrategien am Beispiel der Stadt Frankfurt am Main

Dipl.-Ing. Roland Kammerer

1 Reinigungsverfahren im Kanalbetrieb der Stadtentwässerung Frankfurt am Main

Historische Entwicklung

Seit ca. 140 Jahren wird das Kanalnetz der Stadt Frankfurt am Main gereinigt. Bis vor ca. 40 Jahren dominierten dabei manuelle Reinigungsverfahren. Zum Einsatz gelangte die rein manuelle Reinigungen mit Besen, Bürsten, Schippen und Sandloren, mit denen die Ablagerungen zum nächsten Schacht transportiert wurden (s. Abb. 1). In den Hauptsammlern wurden bis in die 60er Jahre hinein Spülschlitten eingesetzt. Vom Anfang des Kanalbetriebs bis in die heutige Zeit haben sich aber die Schwallspülung mit Spültüren und die Eigenwasserspülung durch gezielte Abwasserumleitung in dem vermaschten Innenstadtnetz erhalten. Sie werden auch heute noch zusammen mit dem Hochdruckreinigungsverfahren zur Kanalreinigung eingesetzt.

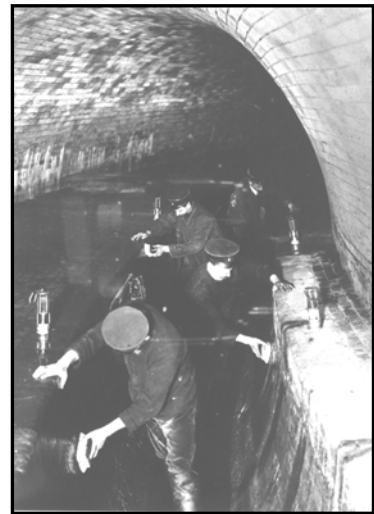


Abb. 1: Manuelle Kanalreinigung ca. 1900

Schwallspülung mit Spültüren

Die Schwallspülung mit Hilfe von Spültüren wird heute noch in einem Spülbezirk in der Innenstadt eingesetzt. Es handelt sich um ein Mischwassernetz mit gemauerten Eiprofilkanälen. Mit Hilfe von Spültüren wird das Abwasser ggf. über mehrere Tage aufgestaut. Die Halbprofil-Spültüren (s. Abb. 2) sind meist seitlich angeschlagen und können über einen Hebel von oben oder von der Seite schlagartig geöffnet werden. Die sich bildende Schwallwelle ergießt sich in die nachfolgende Haltung.



Abb. 2: Spültür in einem Eiprofilkanal

Im Schwallkopf bildet sich ein Fließwechsel mit einer Zone starker Turbulenz und Schubspannung, die die abgelagerten Stoffe aufwirbeln und weiter transportieren. Ihre Wirkung entfaltet sich umso stärker, je niedriger der Wasserstand in dem zu reinigenden Kanalabschnitt ist. Wichtig ist die Anordnung der Spültüren in einem dem Gefälle und der Kanaldimension angemessenen Abstand. Obwohl die Beschreibung der hydromechanischen Stofftransportvorgänge auch heute noch nicht endgültig gelöst ist [1], erweist sich der von den Planern im 19. Jahrhundert gewählte Abstand der Spültüren auch heute noch als außerordentlich wirkungsvoll. Die Schwallspülung ist ein präventives Reinigungsverfahren, das regelmäßig zweimal im Jahr durchgeführt werden muss, um seine Wirkung zu entfalten – eine Remobilisierung von über Jahren abgelagerten, grobkörnigen Sedimenten ist nicht möglich. Diese Betriebserfahrungen decken sich mit den Untersuchungen zur Reinigung von Abwasserkanälen durch Schwallspülung die z.B. in Hannover durchgeführt wurden [2].

Die besonderen Vorteile gegenüber dem Hochdruckreinigungsverfahren sind in der materialchonenden Spülung zu sehen, die insbesondere die empfindlichen Fugen des Mauerwerks vor Erosion schützt. Weiterhin wird die Umwelt durch die Vermeidung von Lärm- und Abgasemissionen geschont.

Eigenwasserspülung durch gezielte Abwasserumleitung

Die Eigenwasserspülung wird im Vergleich zur Schwallspülung in wesentlich größerem Umfang auch heute noch eingesetzt. Bei diesem Spülverfahren wird bei Trockenwetter der normale Abwasserfluss durch Schieber und Stauplatten gezielt auf einzelne Kanalstränge konzentriert, um so durch eine zeitlich begrenzte hohe Fließgeschwindigkeit mit entsprechender Schubspannung einen Abtrag der Ablagerungen zu erzielen. Voraussetzung für die Eigenwasserspülung ist ein vermaschtes Kanalnetz mit entsprechenden Umleitungsmöglichkeiten (s. Abb. 3) aus einem oberhalb gelegenen Einzugsgebiet. Besonders effektiv lässt sich das Verfahren bei Eiprofilkanälen einsetzen. Die Mitarbeiter beobachten dabei in den Schächten die Spülwirkung und lassen die für die Reinigung eines Strangs gewählte Schieberstellung über einen Zeitraum von 5 bis 10 Minuten bestehen. Wie die Schwallspülung ist auch die Eigenwasserspülung als präventives Reinigungsverfahren zu verstehen, das zweimal im Jahr durchgeführt wird. Das Entfernen größerer Ablagerungsvolumen und kiesiger Bestandteile ist wegen der begrenzten Sohlschubspannung jedoch nicht möglich.



Abb. 3: Verzweigung mit eingesetzten Stauplatten

Die Vorteile der Eigenwasserspülung sind mit denen der Schwallspülung vergleichbar. Auch wirtschaftlich können die Verfahren mit dem Hochdruckreinigungsverfahren konkurrieren. Eine Kolonne mit 3 Mitarbeitern kann im Durchschnitt eine Netzlänge von 3.500 m pro Tag spülen. Bei Personalkosten von ca. 32 €/h entspricht dies spezifischen Kosten in Höhe von ca. 0,5 €/m (bei zweimaliger Spülung pro Jahr).

2 Entwickeln einer Reinigungsstrategie für das Kanalnetz der Stadt Frankfurt am Main

Bis vor ca. 15 Jahren erfolgte die Festlegung der Reinigungsverfahren und -intervalle in erster Linie auf der Basis der Erfahrungen der Bezirksmeister. Viele Hauptsammler wurden mit dem Hochdruckreinigungsverfahren mit erheblichem Aufwand jährlich gereinigt. Die Beobachtungen zeigen aber, dass sich einerseits nach einer Reinigung innerhalb weniger Monate die Ablagerungen wieder in einer ähnlichen Größenordnung wie vor der Reinigung einstellen und sich andererseits ohne Reinigungsmaßnahmen in vielen Netzteilen ein Gleichgewichtszustand mit etwa konstanten Ablagerungshöhen ausbildet. Zudem wurden die ausgeführten Reinigungsmaßnahmen nicht haltungsbezogen dokumentiert, so dass kein Überblick über den tatsächlichen Aufwand und damit auch keine Grundlage für eine Steuerung und Optimierung des Mitteleinsatzes gegeben war. Die Bedeutung der Optimierung wird aus einem Blick auf die Kosten der Hochdruckreinigung deutlich. Der Betriebsaufwand für Personal, Geräte, Fahrzeuge und Betriebshöfe beträgt ca. 5 Mio. € pro Jahr (ohne Kosten für Sonderbauwerke, ohne Aufwand für bauliche Instandsetzung des Kanalnetzes und ohne kalkulatorische Kosten). Für den Betrieb der derzeit 11 Reinigungsfahrzeuge fallen jährlich Kosten in Höhe von ca. 2 Mio. € pro Jahr bzw. bezogen auf die o.g. Betriebskosten von 40 % an.

Mit der gegenwärtigen Reinigungsstrategie werden im Wesentlichen zwei Ziele verfolgt:

- Erfüllen der gesetzlichen Auflagen der Hess. Abwassereigenkontrollverordnung (EKVO)
Nach der EKVO haben die Kanalnetzbetreiber einen Reinigungsplan für ihr Netz zu erstellen. Allerdings sind im Gegensatz zu der Selbstüberwachungsverordnung Kanal in

Nordrhein-Westfalen keine Vorgaben zur inhaltlichen Ausgestaltung oder zu Arbeitsintervallen in der EKVO aufgeführt.

- **Optimierung des Mitteleinsatzes**
Durch haltungsbezogene Vorgaben für die Reinigungsverfahren und –intervalle bzw. die Auslöskriterien einer Kanalreinigung sollen der Mitteleinsatz transparent sowie Steuerungs- und Optimierungsmöglichkeiten genutzt werden. Der Kanalreinigungsplan ist dabei keine starre Vorgabe, sondern soll durch eine ständige Rückkopplung mit der Betriebspraxis kontinuierlich angepasst und weiter entwickelt werden. Durch eine haltungsbezogene Dokumentation ist schließlich ein Soll- / Istvergleich und damit eine Vollständigkeitskontrolle möglich.

Der Kanalreinigungsplan behandelt nur die Festlegungen für die Unterhaltsreinigung. Die Reinigung vor der Kanalinspektion überlagert die nach dem Reinigungsplan vorgesehenen Maßnahmen. Da für eine Kanalinspektion auch die Sielhaut zu entfernen ist, erfolgt die Reinigung im Vorfeld immer mit dem Hochdruckreinigungsverfahren.

Ziel der Unterhaltsreinigung im Mischsystem ist die Begrenzung der Ablagerungen auf ein noch zu tolerierendes Volumen. Dazu werden die Ablagerungshöhen in den begehbaren Hauptsammlern regelmäßig einmal im Jahr gemessen und die Ergebnisse in dem im Kanalinformationssystem (KIS) hinterlegten Kanalreinigungsplan vermerkt. Eine bedarfsorientierte Reinigung ist nur dann auszuführen, wenn die hydraulische Leistungsfähigkeit des Netzes nicht mehr gegeben wäre, oder eine Rückstaugefahr in die seitlichen Hausanschlüsse besteht. Bei der Erarbeitung und Fortschreibung des Kanalreinigungsplans wird wo immer möglich der bedarfsorientierten Reinigung der Vorrang eingeräumt. Eine Reinigung in festen Intervallen findet nur bei bekannten Ablagerungsschwerpunkten statt (z.B. Anfangshaltungen mit schwachem Gefälle, Bereiche mit häufigen Geruchsbeschwerden). Bei der Wahl der Reinigungsverfahren wird der Eigenwasserspülung und der Schwallspülung, soweit hinsichtlich der Randbedingungen (Spülaraturen, Gefälle- und Profilabmessungen) möglich, der Vorrang gegeben.

Im Trennsystem werden die Regenwasserkanäle nur vor der Kanalinspektion gereinigt. Die Reinigung der Schmutzwasserkanäle erfolgt mit dem Hochdruckspülverfahren nach Bedarf.

Die Vorteile der bedarfsorientierten Reinigung sind eindeutig: sie reduziert den Mitteleinsatz, vermeidet Emissionen (Lärm, Abgase), die bei der Hochdruckreinigung entstehen, und schont die Kanalsubstanz. Als Nachteile der bedarfsorientierten Reinigung werden immer wieder einige z.T. nicht gerechtfertigte Argumente genannt:

- **Verfestigung der Ablagerungen**
Eine Verfestigung von Ablagerungen über Zeiträume von mehreren Jahren konnte bei der Stadtentwässerung Frankfurt am Main nicht beobachtet werden. Lediglich bei der Ableitung von stark fetthaltigem Abwasser kommt es mit der Zeit zu Verfestigungen, die einen zusätzlich Reinigungsaufwand bewirken.
- **Stärkere Gewässerbelastung**
Bei Entlastungsereignissen werden Ablagerungen aus der Mischwasserkanalisation ausgebracht. Je nach Strömungsverhältnissen und Ablagerungseigenschaften stellt sich dabei eine entsprechende Feststoffkonzentration im Abwasser ein. Wollte man diesen Ausstrag unterbinden, müsste gezielt während längerer Trockenwetterperioden und rechtzeitig vor Entlastungsereignissen eine Kanalreinigung stattfinden [3]. Die Erfahrungen zeigen aber auch, dass sich in vielen Kanälen ein Gleichgewichtszustand zwischen Erosion und Ablagerung bildet. Nach einer Reinigung stellt sich oft nach wenigen Wochen wieder der ursprüngliche Ablagerungszustand ein. Insofern decken sich die Erfahrungen der Stadtentwässerung Frankfurt am Main mit den Angaben in der Literatur [4]. Wollte man tatsächlich den Feststoffausstrag in die Gewässer reduzieren, wäre jährlich eine mehrfache flächendeckende Kanalreinigung erforderlich. Der dazu notwendige Aufwand steht aber in keinem Verhältnis zu dem Nutzen.

- Stärkere Geruchs- und H₂S-Bildung
Auch das Argument einer angeblich höheren Geruchsbelastung und Schwefelwasserstoffbildung ist durch Untersuchungen widerlegt [5]. Nur die oberste Schicht der Ablagerungen mit einer Stärke von 5 – 10 cm trägt aktiv zur Bildung von Geruchsstoffen und Schwefelwasserstoff bei. Eine Begrenzung der Ablagerungshöhen unter diesen kritischen Wert ist jedoch unrealistisch.
- Erhöhter Reinigungsaufwand
Der erhöhte spezifische Reinigungsaufwand bei der bedarfsorientierten gegenüber der präventiven Kanalreinigung muss bei der Erarbeitung eines Kanalreinigungsplans bedacht werden. Insbesondere bei großen Haltungslängen mit schwachem Gefälle und großen Querschnitten steigt der spezifische Aufwand bei der Hochdruckreinigung überproportional mit der Ablagerungshöhe, da die Haltungen dann abschnittsweise geräumt werden müssen.

Bezogen auf die Gesamtlänge des Frankfurter Kanalnetzes (1.600 km) verteilen sich die Verfahren und Intervalle nach dem Reinigungsplan wie folgt:

- Eigenwasserspülung durch Abwasserumleitung und Schwallspülung mit Spültüren	24 %
- Bedarfsreinigung HD-Verfahren mit /ohne Messung der Ablagerungshöhe	29 %
- HD-Reinigung mit festen Intervallen	3 %
- Festlegung des Reinigungsverfahrens noch nicht erfolgt	4 %
- Dauerhaft ohne Festlegung (Regenwasserkanäle, Druckleitungen, Auslasskanäle usw.)	40 %

3 DV-Unterstützung der Kanalreinigung

Ohne eine leistungsfähige DV-Unterstützung ist sowohl die Visualisierung und Fortschreibung eines Reinigungsplans als auch die Planung und objektscharfe Dokumentation der durchgeführten Reinigungsmaßnahmen zumindest bei mittleren und größeren Kanalnetzen nicht möglich. Im KIS der Stadtentwässerung Frankfurt am Main ist der Kanalreinigungsplan hinterlegt. In dieser Darstellungsform sind das Kanalnetz und die angezeigten Textattribute

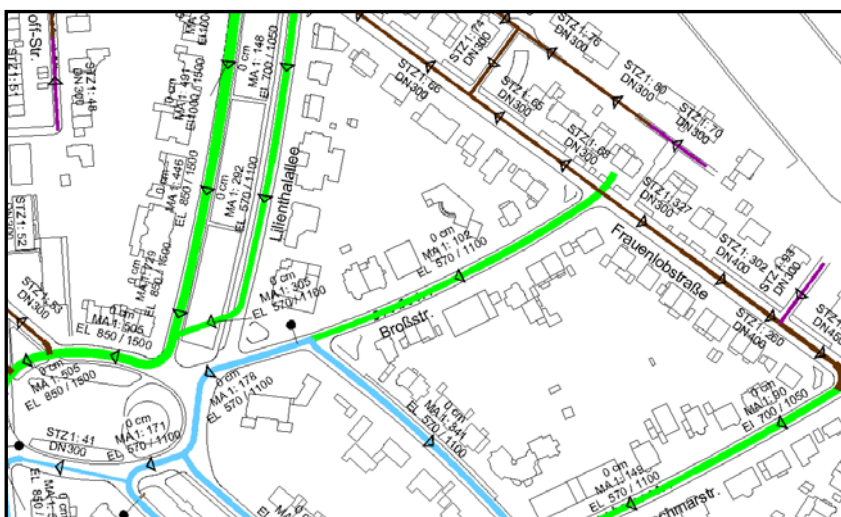


Abb. 4: Kanalreinigungsplan im KIS

auf die wesentlichen Informationen reduziert, um die Darstellung größerer zusammenhängender Netzbereiche zu ermöglichen. So sind z.B. Textblöcke für kurze Haltungen mit vergleichbaren Eigenschaften (Profil, Gefälle) zusammengefasst. Die unterschiedlichen Reinigungsverfahren (Hochdruckreinigung, Schwallspülung, Eigenwasserspülung) und -intervalle (bedarfsorientiert, feste Zeitintervalle) werden mit unterschiedlichen Farben

somit einen möglichst repräsentativen Mittelwert über die Haltung dar. Als Hilfsmittel für die Messung wird ein Stechpegel mit einer breiten Aufstandsfläche verwendet; häufig wird die Ablagerungshöhe aber auch mit hinreichender Genauigkeit abgeschätzt. Erfolgt im KIS die Eingabe der durchgeführten Reinigungsarbeiten, werden die Ablagerungshöhen automatisch auf Null gesetzt. Die Ablagerungshöhen vor der Reinigung werden mit dem Zeitpunkt der Messung gleichzeitig in einen besonderen Teil der Datenbank verschoben und können zur Rekonstruktion der Ablagerungsentwicklung über einen längeren Zeitraum ausgewertet werden. Das KIS bietet weiter die Möglichkeit, gezielt in bestimmten Gebieten nach Kanalhaltungen mit einer frei wählbaren Ablagerungshöhe zu suchen. Das Ergebnis ist in der Grafik zu visualisieren und kann dazu beitragen, den für den Netzbetrieb verantwortlichen Mitarbeitern einen schnellen Überblick über aktuelle Ablagerungsschwerpunkte zu verschaffen und Reinigungsmaßnahmen gezielt vorzubereiten.

Neben der Darstellung und Fortschreibung des Kanalreinigungsplans werden auch die Vorbereitung und die Dokumentation der Kanalreinigungsmaßnahmen (und anderer Betriebsarbeiten) mit Unterstützung des KIS durchgeführt. Im Zentrum dieses Betriebsführungssystems steht die Auftragsverwaltung. Für alle Betriebsarbeiten wird zunächst ein Arbeitsauftrag erstellt, in dem die durchzuführenden Arbeiten, die betroffenen Objekte (Haltungen, Schächte), die eingesetzten Mitarbeiter und Fahrzeuge sowie die terminlichen Vorgaben enthalten sind (s. Abb. 5).

Straße	Betriebsnummer	Tätigkeit	Status
AM RÖMERHOF	1J00166/2-1J00166/3	KANAL-NACHGESEHEN	ERLEDIGT
AM RÖMERHOF	1J00166/3-1J00166/4	KANAL-NACHGESEHEN	ERLEDIGT
LUDWIG-LANDMANN-STRASSE	1B01621/40K-1B01621/41	WASSERHALTUNG	ERLEDIGT
AM RÖMERHOF	1J00166/1-1J00166/2	KANAL-NACHGESEHEN	ERLEDIGT
VORFLUTKANAL HAUPTSAMMLER ...	1J00166/4-1J00166/5	KANAL-NACHGESEHEN	ERLEDIGT
VORFLUTKANAL HAUPTSAMMLER ...	1J00166/5-1J00166/6	KANAL-NACHGESEHEN	ERLEDIGT
HUMSERSTRASSE	1D00758/19K-1D01240/1	BEZIRK-SPULEN	ERLEDIGT

Abb. 5: Auftragsfassung im KIS

Aufträge können für eine oder mehrere Arbeiten und über beliebige Zeiträume von dafür besonders autorisierten Mitarbeitern eröffnet werden. Im nächsten Schritt wird ein Auftragsformular erstellt, in dem die o.g. Informationen übersichtlich angeordnet aufgeführt sind. Dieser Auftragschein wird den Arbeitsgruppen übergeben (s. Abb. 6 und 7). Bei Bedarf kann auch ein Lageplan erzeugt werden, in dem die betroffenen Objekte farblich markiert dargestellt sind. Die Mitarbeiter vermerken auf dem Auftragschein die durchgeführten Arbeiten und die für die einzelnen Objekte benötigte Arbeitszeit. Eine objektbezogene Eingabe der Arbeitszeit ist jedoch nur erforderlich, wenn der jeweilige Aufwand sehr unterschiedlich ist. Werden dagegen Arbeiten an Objekten mit ähnlichem Aufwand ausgeführt, genügt die Eingabe der Gesamtzeit, die dann im KIS automatisch auf die Objekte verteilt wird. Nach Abschluss des Auf-

trags werden dann in einer dem Auftragsformular vergleichbaren Maske die durchgeführten Arbeiten in dem KIS quittiert.

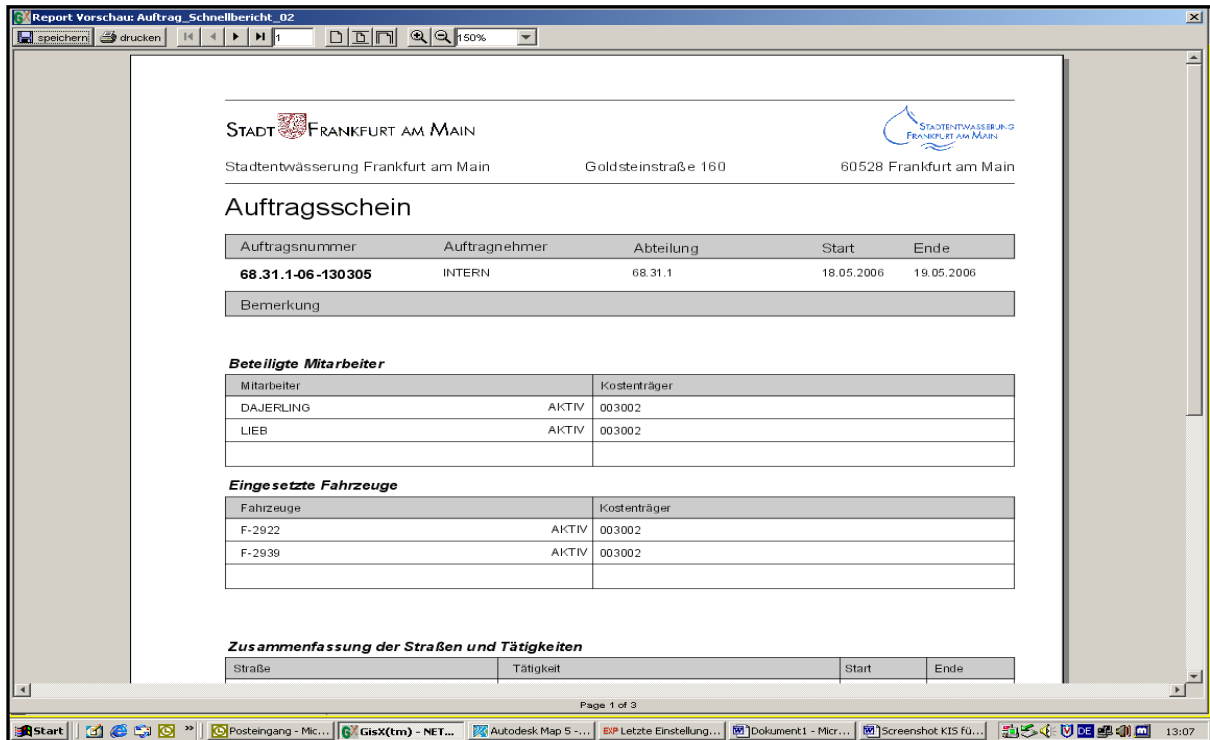


Abb. 6: Auftragschein im KIS (Formularkopf)

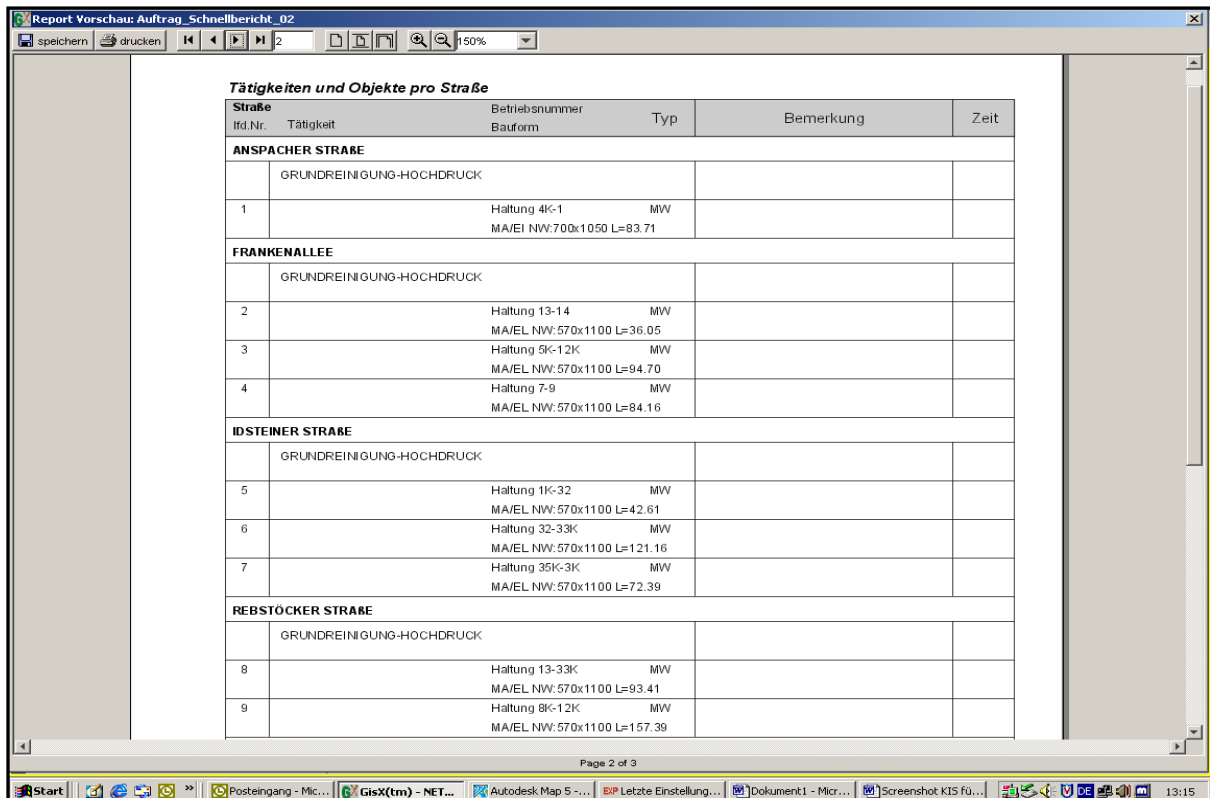


Abb. 7: Auftragschein im KIS (Einzeltätigkeiten)

Mit vordefinierten Abfragen können sich die Betriebsmeister, die für die Arbeitsplanung und Personaleinteilung verantwortlich sind, jederzeit einen Überblick über die an den einzelnen Objekten ausgeführten Tätigkeiten oder den Status der Aufträge verschaffen. Für die Optimierung und Steuerung des Mitteleinsatzes sind schließlich Berichte implementiert, mit denen der Aufwand für frei wählbare Tätigkeiten, Zeiträume, Organisationseinheiten und Netzteile abgerufen werden kann (s. Abb. 8).

1	Bezirk	Gebiet	Strasse	BetriebsNr.	Datum	Tätigkeit	Aufwand [hh:mm]	Ressource
1014	1	A	ALT-PRAUNHEIM	10040	09.03.2006	BEZIRK-SPÜLEN	08:40	LAUFS
1018	1	A	ALT-PRAUNHEIM	10047	09.03.2006	BEZIRK-SPÜLEN	08:40	SCHMIDL
1020	1	A	ALT-PRAUNHEIM	10054	09.03.2006	BEZIRK-SPÜLEN	08:40	DIETRICH
1103	1	G	AM LEONHARDSBRUNN	10022	06.05.2006	GRUNDREINIGUNG-HOCHDRUCK	00:58	DAJERLING
1104	1	A	LUDWIG-LANDMANN-STRASSE	10040	23.02.2006	BEZIRK-SPÜLEN	09:40	LAUFS
1106	1	A	LUDWIG-LANDMANN-STRASSE	10040	04.05.2006	BEZIRK-SPÜLEN	07:40	LAUFS
1125	1	A	LUDWIG-LANDMANN-STRASSE	10047	23.02.2006	BEZIRK-SPÜLEN	09:40	SCHMIDL
1126	1	A	LUDWIG-LANDMANN-STRASSE	10047	04.05.2006	BEZIRK-SPÜLEN	07:40	SCHMIDL
1127	1	G	AM LEONHARDSBRUNN	10054	06.05.2006	GRUNDREINIGUNG-HOCHDRUCK	00:58	DIETRICH
1133	1	A	LUDWIG-LANDMANN-STRASSE	10054	23.02.2006	BEZIRK-SPÜLEN	09:40	DIETRICH
1135	1	A	LUDWIG-LANDMANN-STRASSE	10054	04.05.2006	BEZIRK-SPÜLEN	07:40	DIETRICH
1207	1	G	AM LEONHARDSBRUNN	10158	06.05.2006	GRUNDREINIGUNG-HOCHDRUCK	00:58	LIEB
1209	1	J	AM RÖMERHOF	10156	22.02.2006	GRUNDREINIGUNG-HOCHDRUCK	04:34	SCHREINER
1234	1	J	AM RÖMERHOF	10158	22.02.2006	GRUNDREINIGUNG-HOCHDRUCK	04:34	LIEB
1235	1	F	ASSENHEIMER STRASSE	10043	09.02.2006	GRUNDREINIGUNG-HOCHDRUCK	00:30	SEIPEL
1246	1	F	ASSENHEIMER STRASSE	10156	09.02.2006	GRUNDREINIGUNG-HOCHDRUCK	00:30	SCHREINER
1248	1	I	BOCKENHEIMER ANLAGE	10022	02.05.2006	GRUNDREINIGUNG-HOCHDRUCK	02:31	DAJERLING
1250	1	I	BOCKENHEIMER ANLAGE	10156	02.05.2006	GRUNDREINIGUNG-HOCHDRUCK	02:31	SCHREINER
1251	2	E	BOCKENHEIMER ANLAGE	10022	02.05.2006	GRUNDREINIGUNG-HOCHDRUCK	02:31	DAJERLING
1262	2	E	BOCKENHEIMER ANLAGE	10156	02.05.2006	GRUNDREINIGUNG-HOCHDRUCK	02:31	SCHREINER
1276	1	I	BOCKENHEIMER ANLAGE	10022	03.05.2006	GRUNDREINIGUNG-HOCHDRUCK	03:34	DAJERLING
1284	1	I	BOCKENHEIMER ANLAGE	10156	03.05.2006	GRUNDREINIGUNG-HOCHDRUCK	03:34	SCHREINER
1287	1	M	BRENTANO STRASSE	10043	21.02.2006	GRUNDREINIGUNG-HOCHDRUCK	00:44	SEIPEL
1288	1	B	PRAUNHEIMER LANDSTRASSE	10040	22.03.2006	BEZIRK-SPÜLEN	07:34	LAUFS
1289	1	M	BRENTANO STRASSE	10157	21.02.2006	GRUNDREINIGUNG-HOCHDRUCK	00:44	SCHMITT
1293	1	B	PRAUNHEIMER LANDSTRASSE	10051	22.03.2006	BEZIRK-SPÜLEN	07:34	BECHTOLD
1295	1	K	CORDIER STRASSE	10022	02.03.2006	GRUNDREINIGUNG-HOCHDRUCK	06:40	DAJERLING
1296	1	K	CORDIER STRASSE	10156	02.03.2006	GRUNDREINIGUNG-HOCHDRUCK	06:40	SCHREINER

Abb. 8: Auswertung ausgeführte Arbeiten (Auszug)

4 Hochdruckreinigung sanierter Kanäle

Die Reinigung sanierter Schadstellen mit dem Hochdruckreinigungsverfahren hat sich als problematisch erwiesen. Während die Reinigung bei renovierten Haltungen (z.B. Schlauchlining, Kurzrohrlining, Montageverfahren) mit einer angemessenen Wahl des Pumpendrucks und dem Vermeiden extremer Belastungen bei einem Stillstand der Düse ohne Schäden an den Sanierungswerkstoffen durchzuführen ist, können bei reparierten Schadstellen sehr schnell Schäden auftreten. So dürfen Kurzlinern und Innenmanschetten nur besonders schonend und vorsichtig gereinigt werden. Die Stadtentwässerung Frankfurt am Main hat 4 unterschiedliche Verfahren zur Kurzlinersanierung u.a. hinsichtlich der Spülfestigkeit unter folgenden Randbedingungen vergleichend untersuchen lassen:

- Reinigungsdüse: Rundstrahldüse mit 6 Düsen ca. 2,3 mm Durchmesser, Strahlwinkel axial 15°
- Prüfdruck: ca. 120 bar an der Düse, Förderstrom: 320 l/min
- Prüfgeschiebe: scharfkantige Glasasche und Winterstreusplitt
- Durchführung: 60 Reinigungsdurchgänge (ca. 1 m/s Vorschubgeschwindigkeit), bei jedem Durchgang wurden ca. 20 l Prüfgeschiebe eingefüllt; abschließend stationäre Prüfung über 10 min. an der sanierten Schadenstelle
- Sanierung mit Kurzliner: fehlende Scherbe ca. 10 cm Durchmesser in Steinzeugrohren DN 300; Glasur nicht vorbehandelt vor Einbau der Kurzliner

Alle Kurzliner haben der gewählten Prüfbelastung nicht stand gehalten (s. Abb. 9). Die gewählten Versuchsbedingungen sind jedoch gemessen an der realen betrieblichen Belastung über eine angenommene Nutzungsdauer von z.B. 20 Jahren zu hoch. Insbesondere der



Abb. 9: Kurzliner nach Spülversuchen mit Winterstreusplitt

Einsatz des scharfkantigen Streusplitts vor jedem Reinigungsgang erweist sich nachträglich als unrealistisch. Kurzliner werden bei Stadtentwässerung Frankfurt am Main in großem Umfang bereits seit über 10 Jahren eingebaut. Die Ergebnisse der stichprobenweisen Nachschau vor Ablauf der 5jährigen Gewährleistungsfrist zeigen aber auch bei einzelnen Kurzlinern, die lediglich 2 Reinigungsdurchgängen ohne Zugabe von Splitt ausgesetzt waren, Schäden (s. Abb. 10). Es traten Beschädigungen an der Oberfläche der Kurzliner und örtlich begrenzte Ablösungen an den Randbereichen auf. Allerdings ist in diesen Einzelfällen nicht auszuschließen, dass bei dem Einbau die Imprägnierung des Glasfasergewebes nicht vollständig erfolgte. Der Einsatzbereich der Kurzliner wurde jedoch zwischenzeitlich eingeschränkt.

Bei der Hochdruckreinigung der mit Kurzlinern sanierten Schadstellen werden besondere Vorsichtsmaßnahmen getroffen. Die Anzahl der Reinigungsvorgänge wird auf das betrieblich notwendige Minimum reduziert. Zusätzlich wird der Druck an der Düse auf ca. 60 - 80 bar begrenzt und Düsen mit flachem Strahlwinkel von $< 20^\circ$ eingesetzt, die auf Kufen als Abstandshalter montiert sind (s. Abb. 11).

Bei mit Robotern sanierten Schadstellen sind bislang keine nennenswerten Schäden bei der Hochdruckreinigung aufgetreten. Einschränkend ist aber zu erwähnen, dass diese Aussagen nicht durch vergleichende Prüfungen untermauert sind – hier besteht noch Untersuchungsbedarf z.B. in Form von Warentests.

Trotz der Einschränkungen hinsichtlich der Spülfestigkeit haben die Reparaturverfahren aber nach wie



Abb. 10: Kurzliner unter Betriebsbedingungen nach zweimaliger Reinigung

vor ihre Anwendungsberechtigung. Sie stellen eine Sanierung mit einer geplant kurzen Nutzungsdauer dar. Insofern kann bei Reparaturverfahren die EN 752-5 [6] nur bedingt angewendet werden. Eine reparierte Schadstellen kann gerade nicht die Anforderungen erfüllen, die an ein neues Kanalrohr gestellt werden. Wichtig ist die Berücksichtigung der reparierten Schadstellen bei der Durchführung der Unterhaltungsarbeiten. Als Hilfsmittel dazu ist eine auch für den Kanalbetrieb leicht verfügbare Dokumentation der ausgeführten Sanierungsmaßnahmen im KIS von großer Bedeutung.



Abb. 11: Kanalreinigungsdüse mit Kufen zur schonenden Reinigung sanierter Kanäle

Literaturverzeichnis

- [1] Kirchheim, N.: Kanalablagerungen in der Mischwasserkanalisation , Hennef 2005, S. 365 ff
- [2] Lorenzen, A.; Ristenpart, E.; Pfuhl, W.: Reinigung von Abwasserkanälen durch Schwallspülung, in Korrespondenz Abwasser 1997 (44) Nr. 11, S. 1994-2002
- [3] Coburg, R. C.: Technische und organisatorische Maßnahmen zur Steigerung der Effizienz der Instandhaltung kommunaler Kanalnetze; Schriftenreihe Gewässerschutz Wasser Abwasser Bd. 199, Aachen 2005
- [4] Hartmann, A., Gern, S.: Sedimentationsmessung in Kanälen als Grundlage für die Reinigungsplanung, in: Dokumentation der Tagung Entwicklungen in der Kanalisationstechnik 02. und 03.09.1999
- [5] Schmitt, F.: Zum Einfluss von Kanalablagerungen auf die biogene Schwefelsäure-Korrosion, Umwelt-Technologie 3/91, S. 17 - 22
- [6] EN 752: Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden, Teil 5 Sanierung, 1997