



lebensministerium.at

INFOSAN

**Strategische Informationsbeschaffung als Basis
für die mittel- und langfristige ganzheitliche
generelle Sanierungsplanung von
Kanalisationsanlagen in Österreich**

Endbericht





Nachhaltig für Natur und Mensch / *Sustainable for nature and mankind*

Lebensqualität / *Quality of life*

Wir schaffen und sichern die Voraussetzungen für eine hohe Qualität des Lebens in Österreich. / *We create and we assure the requirements for a high quality of life in Austria.*

Lebensgrundlagen / *Bases of life*

Wir stehen für versorgende Verwaltung und verantwortungsvolle Nutzung der Lebensgrundlagen Boden, Wasser, Luft, Energie und biologische Vielfalt. / *We stand for a preventive conservation as well as responsible use of soil, water, air, energy and biodiversity.*

Lebensraum / *Living environment*

Wir setzen uns für eine umweltgerechte Entwicklung und den Schutz der Lebensräume in Stadt und Land ein. / *We support environmentally friendly development and the protection of living environments in urban and rural areas.*

Lebensmittel / *Food*

Wir sorgen für die nachhaltige Produktion insbesondere sicherer und hochwertiger Lebensmittel und nachwachsender Rohstoffe. / *We ensure sustainable production in particular of safe and high-quality food as well as renewable resources.*

Impressum

Wien, Mai 2013

Medieninhaber, Herausgeber, Copyright:

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft,
Sektion VII/Wasser
Marxergasse 2, 1030 Wien

Alle Rechte vorbehalten

Projektleitung:

Universität für Bodenkultur Wien
Department Wasser-Atmosphäre-Umwelt
Institut für Siedlungswasserbau,
Industriewasserwirtschaft und
Gewässerschutz Muthgasse 18, 1190 Wien

Projektpartner:

Universität für Bodenkultur Wien
Technische Universität Graz
Universität Innsbruck
Linz AG Abwasser
Innsbrucker Kommunalbetriebe AG

Graz Holding (vormals Stadt Graz Kanalbauamt)
Elektrizitätswerk Wels AG
Stadt Salzburg Kanal- und Gewässeramt

AutorInnen:

DI Florian Kretschmer
DI Dominik Schwarz
DI Hanns Plihal
PD DI Dr. Thomas Ertl
Universität für Bodenkultur Wien
Institut für Siedlungswasserbau,
Industriewasserwirtschaft und Gewässerschutz

DI Dr. Daniela Fuchs-Hanusch
DDI Franz Friedl
Technische Universität Graz
Institut für Siedlungswasserwirtschaft und
Landschaftswasserbau

DI Dr. Michael Möderl
DI Dr. Manfred Kleidorfer
DI Franz Tscheikner-Gratl
Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Wolfgang Rauch
Universität Innsbruck
Arbeitsbereich Umwelttechnik

Weitere relevante Angaben:

Gefördert aus Mitteln des Bundesministeriums
für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und
Wasserwirtschaft sowie der am Projekt
beteiligten Kanalisationsunternehmen.

Layout:

ZS communication + art GmbH

Bildnachweis, Produktion und Druck:

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft,
Umwelt und Wasserwirtschaft

**Gedruckt auf chlorfrei gebleichtem Papier
mit Pflanzenfarben.**



Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	10
2	Grundlagen zum Projekt	13
2.1	Projektbeteiligte	13
2.2	Zielsetzung im Projekt	14
2.3	Projektstruktur	15
2.4	Zeitlicher Ablauf	18
3	Methodik und Datengrundlagen	20
3.1	Anforderungen an Entwässerungssysteme und Ziele der Sanierungsplanung	20
3.1.1	Ziele, Funktional- und Leistungsanforderungen von Entwässerungssystemen	20
3.1.2	Integrales Kanalmanagement	20
3.1.3	Relevanz von Funktionalanforderungen	22
3.1.4	Definition von Sanierungszielen	22
3.2	Generelle ganzheitlich Sanierungsplanung	25
3.2.1	Aktuelle Praxis der Sanierungsplanung	25
3.2.2	Ganzheitliche Sanierungsplanung	27
3.2.3	Generelle Sanierungsplanung	28
3.2.4	Empfehlungen der DWA – „Leitfaden zur strategischen Sanierungsplanung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden“	29
3.3	Bauliche, betriebliche, umweltrelevante und hydraulische Zustandsbeurteilung	30
3.3.1	Aktuelle Praxis der Zustandsbeurteilung	30
3.3.2	Kennzahlen als messbare Leistungsanforderungen	31
3.3.3	Eingangsdaten für die Kennzahlenevaluierung	36
3.3.4	Kennzahlenevaluierung	37
3.3.5	Service Levels als Gradmesser der Zielerreichung von Sanierungsmaßnahmen	38
3.4	Risikoanalyse	39
3.4.1	Grundlagen	39
3.4.2	Failure Risk Index (FRI)	41
3.4.3	Statistische Analyse von Kanalzuständen	42
3.4.4	Konsequenzenanalyse mittels lokaler Sensitivitätsanalyse	46
3.5	Strategische Informationsbeschaffung für die Sanierungsplanung	48
3.5.1	Regressive Datenfilterung	49
3.5.2	Progressive Datenfilterung	50
3.6	Praktische Umsetzung der entwickelten Methoden mit Rückkopplungen	51
3.7	Sozioökonomie und Qualitätssicherung	52
3.7.1	Qualitätssicherung in der Kanalsanierungsplanung	52
3.7.2	Sozio-Ökonomische Aspekte der Kanalsanierungsplanung	58
4	Ergebnisse	61



4.1	Anforderungen an Entwässerungssysteme und Ziele der Sanierungsplanung	61
4.1.1	Relevanz von Funktionalanforderungen.....	61
4.1.2	Definition von Sanierungszielen	62
4.2	Bauliche, betriebliche, umweltrelevante und hydraulische Zustandsbeurteilung	66
4.2.1	Entwicklung von messbaren Leistungsanforderungen (Kennzahlen)	66
4.2.2	Evaluierungsmethoden	83
4.3	Risikoanalysen.....	120
4.3.1	Gefährdungen und unerwünschte Ereignisse in Hinblick auf Funktionalanforderungen - Gefahrenkatalog	120
4.3.2	Beispiel Risikokomponenten bei verkleinertem Querschnitt	127
4.3.3	Ermittlung der Wahrscheinlichkeit von unerwünschten Ereignissen	128
4.3.4	Systematische Schwachstellenanalyse zur Ermittlung von Ereigniskonsequenzen ...	134
4.3.5	Risikokarten und Risikomatrizen	144
4.4	Konkretisierte Strategische Informationsbeschaffung	145
4.4.1	Aufbau des Datenfilters	146
4.4.2	Regressive Datenfilterung	147
4.4.3	Progressive Datenfilterung	149
4.4.4	Progressiv-regressive Datenfilterung	150
4.5	Ablaufschema zur mittelfristigen ganzheitlich generellen Sanierungsplanung unter Einbeziehung von Risikobewertungen	152
4.5.1	Ablaufschema der ganzheitlich generellen Sanierungsplanung	152
4.5.2	Ablaufschema der Kennzahlenermittlung und Haltungsanalyse	158
4.5.3	Kombinierte Betrachtung aller untersuchten Funktionalanforderungen	165
4.5.4	Standards für Service Levels als Gradmesser der Zielerreichung	165
4.6	Praktische Anwendung der Methodik	172
4.6.1	Risikoanalyse eines Beispielnetzes in Hinblick auf standsicherheitsgefährdende Zustände	172
4.6.2	Kennzahlenevaluierung und Kontrolle der Zielerreichung bei projektbeteiligten Kanalunternehmen	178
4.6.3	Beispiel zur Ermittlung sanierungsbedürftiger Kanallängen.....	187
5	Zusammenfassung	198
6	Ausblick	203
7	Literatur.....	205
8	Anhang	210
8.1	Datenfilter zur strategischen Informationsbeschaffung	210
8.1.1	Datenfilter der baulichen Zustandsbewertung.....	210
8.1.2	Datenfilter der betrieblichen Zustandsbewertung.....	210
8.1.3	Datenfilter der umweltrelevanten Zustandsbewertung	211
8.1.4	Datenfilter der hydraulischen Zustandsbewertung	212



8.1.5	Datenfilter der organisatorisch-wirtschaftlichen Sanierungsrate	212
8.2	Liste der Publikationen	213

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Projektstruktur	16
Abbildung 2: Ablaufschema aktuelle Praxis der Kanalsanierungsplanung	26
Abbildung 3: Risikomatrix mit Risikokategorien für Rohrbrüche an Transportleitungen eines österreichischen Wasserversorgungsnetzes (FRIEDL und FUCHS-HANUSCH, 2011).....	40
Abbildung 4: Ursache-Wirkungs-Prinzip am Beispiel Undichtigkeit (BÖLKE, 2009).....	44
Abbildung 5: Vorgehensweise „Achilles Ansatz“	47
Abbildung 6: Methodik des Datenfilters	49
Abbildung 7: Teilbereiche der Qualitätssicherung in der Kanalsanierung (HAMPEL, 2007)	52
Abbildung 8: Ablaufschema Dichtheitsattest von Kanälen (analog zu ÖWAV RB42 (2011b)) aus dem Entwurf zum ÖWAV RB22 (2011a)	100
Abbildung 9: Fehlerfolgekarte unerwünschte Ereignisse betreffend der Leistungsfähigkeit/Funktionalanforderungen von Kanalisationen	123
Abbildung 10: FA „Schutz vor Überflutung“	124
Abbildung 11: FA „Grundwasserschutz“	124
Abbildung 12: FA „Schutz des Oberflächenvorfluters“	125
Abbildung 13: FA „Baulicher Zustand und Nutzungsdauer“	125
Abbildung 14: FA „Aufrechterhaltung des Abflusses“	126
Abbildung 15: FA „Angrenzende Bauten sowie Ver- und Entsorgungseinrichtungen nicht gefährden“	126
Abbildung 16: Datenanforderung und Modellansätze zur Beurteilung des Risikos ausgehend von einem verkleinerten Querschnitt. Betroffene Funktionalanforderungen gemäß Abbildung 9 sind FA „Aufrechterhaltung des Abflusses“ sowie „Schutz vor Überflutung“	127
Abbildung 17: Zuordnung der höchsten Einzelzustandsklasse hinsichtlich Standsicherheit auf die Haltungen im Teilnetz eines INFOSAN Betreibers als Basis für die Risikoanalyse in TV inspizierten Gebieten.	130
Abbildung 18: Filtern von standsicherheitsrelevanten Zuständen.....	132
Abbildung 19: Vergleich der standardisierten Residuen bei (a) Modellbildung auf Basis der Datengrundgesamtheit und (b) mit Schrittweise optimierter Modellbildung gemäß der Schritte 1 bis 7 (siehe unten)	132
Abbildung 20: ROC Diagramm zum Vergleich der Treffer vs. Falschalarmquote, der aus den Zufallsstichproben gebildeten Regressionsmodelle	133
Abbildung 21: Karte mit berechneter Einsturzeintrittswahrscheinlichkeit mittels LRA in einem nicht inspizierten Kanalteilnetz.....	134
Abbildung 22: Vulnerabilitätskarte 0.5H-TWA-Überstau	136
Abbildung 23: Vulnerabilitätskarte 0.5H-RWA-Überstau	137
Abbildung 24: Vulnerabilitätskarte Einsturz-TWA-Überstau	138
Abbildung 25: Vulnerabilitätskarte Einsturz-RWA-Überstau	139
Abbildung 26: Vulnerabilitätskarte 0.5H-TWA-Entlastung	140
Abbildung 27: Vulnerabilitätskarte 0.5H-RWA-Entlastung	141
Abbildung 28: Vulnerabilitätskarte Einsturz-TWA-Entlastung	142
Abbildung 29: Vulnerabilitätskarte Einsturz-RWA-Entlastung	143
Abbildung 30: Risikomatrix „Überflutung infolge Einsturz“	144
Abbildung 31: Ablaufschema der ganzheitlich generellen Sanierungsplanung (gilt sinngemäß auch für Schächte).....	153
Abbildung 32: Ablaufschema der Kennzahlenermittlung und Haltungsanalyse (gilt sinngemäß auch für Schächte).....	160
Abbildung 33: Klassifizierung von Zuständen bezüglich Einsturzgefährdung	173
Abbildung 34: Vulnerabilitätskarte „Überflutung“ infolge „Einsturz“	174
Abbildung 35: FRI-Ü im untersuchten Teilnetz	174
Abbildung 36: „Gefährdung angrenzende Infrastruktur“ infolge „Einsturz“	175

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Klassifizierungsschema bei berechneten Ereigniseintrittswahrscheinlichkeiten	42
Tabelle 2: Einflussfaktoren (DAVIES et al., 2001a)	43
Tabelle 3: Zuordnung der 13 Funktionalanforderungen zu primären Relevanzen.....	61
Tabelle 4: Bewertung der Wichtigkeit der Funktionalanforderungen für die Praxis durch die Kanalisationsunternehmen (KU)	63
Tabelle 5: Wesentliche Funktionalanforderungen für die praxisnahe Sanierungsplanung (inkl. Zuordnung der primären Relevanz)	65
Tabelle 6: Zusammenfassung aller Kennzahlen zur baulichen Zustandsbeurteilung.....	68
Tabelle 7: Zusammenfassung aller Kennzahlen zur betrieblichen Zustandsbeurteilung.....	70
Tabelle 8: Zusammenfassung aller Kennzahlen zur umweltrelevanten Zustandsbeurteilung.....	72
Tabelle 9: Zusammenfassung aller Kennzahlen zur hydraulischen Zustandsbeurteilung.....	74
Tabelle 10: Beurteilung der Kennzahlen zur baulichen Zustandsbeurteilung hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit in der Praxis (bläulich: gute Anwendbarkeit, gelblich: ungenügende Anwendbarkeit, rötlich: keine Anwendbarkeit)	77
Tabelle 11: Beurteilung der Kennzahlen zur betrieblichen Zustandsbeurteilung hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit in der Praxis(bläulich: gute Anwendbarkeit, gelblich: ungenügende Anwendbarkeit, rötlich: keine Anwendbarkeit)	78
Tabelle 12: Beurteilung der Kennzahlen zur umweltrelevanten Zustandsbeurteilung hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit in der Praxis(bläulich: gute Anwendbarkeit, gelblich: ungenügende Anwendbarkeit, rötlich: keine Anwendbarkeit)	79
Tabelle 13: Beurteilung der Kennzahlen zur hydraulischen Zustandsbeurteilung hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit in der Praxis(bläulich: gute Anwendbarkeit, gelblich: ungenügende Anwendbarkeit, rötlich: keine Anwendbarkeit)	81
Tabelle 14: Liste der Kennzahlen und Kontextinformationen.....	83
Tabelle 15: Kennzahlenevaluierung „Zustandsklassenverteilung Standsicherheit“	87
Tabelle 16: Kennzahlenevaluierung „Baulich sanierungsbedürftige Kanallänge“	88
Tabelle 17: Kennzahlenevaluierung „Baulich sanierungsbedürftige Schächte“	89
Tabelle 18: Kennzahlenevaluierung „Schäden aufgrund von Ausspülungen“	90
Tabelle 19: Kennzahlenevaluierung „Zustandsklassenverteilung Betriebssicherheit“	91
Tabelle 20: Kennzahlenevaluierung „Betrieblich sanierungsbedürftige Kanallänge“	92
Tabelle 21: Kennzahlenevaluierung „Betrieblich sanierungsbedürftige Schächte“	93
Tabelle 22: Kennzahlenevaluierung „Anzahl der Verstopfungen“	94
Tabelle 23: Kennzahlenevaluierung „Räumgutmenge pro km gereinigtem Kanal“	96
Tabelle 24: Kennzahlenevaluierung „Einhaltung des Weiterleitungsgrades gem. ÖWAV RB19“	98
Tabelle 25: Kennzahlenevaluierung „Zustandsklassenverteilung optische Dichtheit“	101
Tabelle 26: Kennzahlenevaluierung „Gemäß optischer Dichtheit sanierungsbedürftige Kanallänge“	102
Tabelle 27: Kennzahlenevaluierung „Anteil der nach ÖWAV RB 22 bzw. 42 undichten Kanallänge“	104
Tabelle 28: Kennzahlenevaluierung „Gemäß optischer Dichtheit sanierungsbedürftige Schächte“ ...	105
Tabelle 29: Kennzahlenevaluierung „Anteil der nach ÖWAV RB 22bzw. 42 undichten Schächte“	105
Tabelle 30: Kennzahlenevaluierung „Anteil der Kanäle, die in Schutzgebieten liegen“	106
Tabelle 31: Kennzahlenevaluierung „Anteil der Schächte, die in Schutzgebieten liegen	107
Tabelle 32: Empfohlene Überstauhäufigkeiten für den rechnerischen Nachweis bei Neuplanungen bzw. nach Sanierung nach Regelblatt 11 (ÖWAV RB 11, 2009)	108
Tabelle 33: Kennzahlenevaluierung „Einhaltung der Überflutungshäufigkeiten gem. ÖWAV RB11“ ..	110
Tabelle 34: hydraulische Zustandsklassen nach ÖWAV Regelblatt 22 Entwurf (2011a)	111
Tabelle 35: Kennzahlenevaluierung „Hydraulische schachtbezogene Zustandsklassenverteilung“ ..	113
Tabelle 36: Kennzahlenevaluierung „Anteil der Schächte mit Überstau“	114
Tabelle 37: Kennzahlenevaluierung „Hydraulische freispiegelleitungsbezogene Zustandsklassenverteilung“	117
Tabelle 38: Kennzahlenevaluierung „Hydraulische sanierungsbedürftige Freispiegelkanallänge“	119



Tabelle 39: Gefahrenkatalog - Ausgewählte Gefahren / unerwünschte Ereignisse als Basis für risikoorientierte Inspektions- und Sanierungsplanungen	121
Tabelle 40: Auszug Haltungszustand Rissbildung aus Anhang A-3.1 der Arbeitshilfen Abwasser (ISYBAU) (OFD Niedersachsen, 2010).....	128
Tabelle 41: Auszug Klassifizierung von Einzelzuständen (Codiert nach EN 13508 -2/A1 (2010)) nach Schutzzielen (D...Dichtheit, S...Standicherheit, B...Betriebssicherheit) gefiltert nach $S \geq 3$	129
Tabelle 42: Aufbereitung in Hinblick auf eine binär logistische Regressionsanalyse durch Zuordnung der Stand sicherheitsklassifizierung in die binären Variablen (0/1).	131
Tabelle 43: Struktur des Datenfilters	146
Tabelle 44: Zuordnung der Eingangsdaten zu den Kennzahlen bzw. Kontextinformationen	147
Tabelle 45: Regressive Datenfilterung	148
Tabelle 46: Progressive Datenfilterung	150
Tabelle 47: Progressiv-regressive Datenfilterung	151
Tabelle 48: Empfehlungen für ereignisabhängige Service Levels	166
Tabelle 49: Definitionen zur Ermittlung des technisch-funktionalen Sanierungsbedarfs	167
Tabelle 50: Bestimmung des erforderlichen technisch-funktionalen Sanierungsbedarfs an einem Beispiel	168
Tabelle 51: Definitionen der organisatorisch-wirtschaftlichen Sanierungsraten	169
Tabelle 52: Empfehlungen für zustandsabhängige Service Levels (Sanierungsraten)	171
Tabelle 53: Beispiele für Zustände $p = 4,5$ betreffend „Einsturz“ (Kürzel nach ATV - M 143-2, 1999)	172
Tabelle 54: Einflussfaktoren und Variablen für LRA.....	176
Tabelle 55: Signifikante Einflussfaktoren für die Modellbildung	177
Tabelle 56: Auszug aus der nach DWA-M 152 erstellten Übersetzungsliste für ATV-M 143-2 Kürzel	182
Tabelle 57: Auszug aus der nach ISYBAU erstellten Liste zur Einzelzustandsklassifizierung von EN 13508-2/A1 Codes.....	183
Tabelle 58: Beispiel zweier vereinfachter Haltungsklassifizierungen.....	185
Tabelle 60: Festlegung von Definitionen für den Sanierungsbedarf	188
Tabelle 61: Zustandsklassenverteilung opt. Dichtheit, baulich, betrieblich - KU 1.....	189
Tabelle 62: Zustandsklassenverteilung opt. Dichtheit, baulich, betrieblich - KU 2.....	190
Tabelle 63: Zustandsklassenverteilung opt. Dichtheit, baulich, betrieblich - KU 3.....	190
Tabelle 64: Zustandsklassenverteilung opt. Dichtheit, baulich, betrieblich - KU 4.....	191
Tabelle 65: Zustandsklassenverteilung opt. Dichtheit, baulich, betrieblich - KU 5.....	191
Tabelle 66: Zustandsklassenverteilung opt. Dichtheit, baulich, betrieblich - KU 6.....	192
Tabelle 67: Zusammenfassung der Zustandsklassenverteilung gem. opt. Dichtheit, baulich und betrieblich der sechs KUs.....	192
Tabelle 68: Kontrolle der Einhaltung des Service Levels der Sanierungsrate bei KU 1	194
Tabelle 69: Kontrolle der Einhaltung des Service Levels der Sanierungsrate bei KU 2	194
Tabelle 70: Kontrolle der Einhaltung des Service Levels der Sanierungsrate bei KU 3	195
Tabelle 71: Kontrolle der Einhaltung des Service Levels der Sanierungsrate bei KU 4	195
Tabelle 72: Kontrolle der Einhaltung des Service Levels der Sanierungsrate bei KU 5	196
Tabelle 73: Kontrolle der Einhaltung des Service Levels der Sanierungsrate bei KU 6	196



Vorbemerkung

Die in der Studie verwendeten maskulinen oder femininen Diktionen dienen der leichteren Lesbarkeit und sind sinngemäß immer auch für das jeweils andere Geschlecht gültig.

1 Einleitung

In den letzten 40 Jahren wurden in Österreich etwa 22 Mrd. Euro in die Errichtung von Kanalisationsnetzen investiert und der Ausbau der Kanalisationsnetze damit weitgehend abgeschlossen. Der Anschlussgrad der Bevölkerung an eine öffentliche Kanalisation liegt derzeit bei etwa 94 % (FENZL, 2011 bzw. KPC, 2012). Aus ökologischen und wirtschaftlichen Gründen wird der zu erwartende Anschlussgrad mit maximal 95 % beziffert (KAINZ et al., 2006 bzw. NEUNTEUFEL et al., 2012).

In einer Studie von NEUNTEUFEL et al. (2012) wird der wahrscheinlich zu erwartende Ausbau (Neuerrichtung) der öffentlichen Kanalisation in Österreich für die Jahre 2012 bis 2021 mit rund 8.700 km Länge und 1,70 Mrd. Euro Investitionsbedarf beziffert. Der wahrscheinlich erforderliche Erneuerungsbedarf der öffentlichen Kanalisation für denselben Zeitraum wird mit rund 13.400 km Länge und 3,2 Mrd. Euro angegeben (für Schacht- und Sonderbauwerke sind weitere rund 1,0 Mrd. Euro erforderlich). Die jährlichen Kosten für die Erneuerung der öffentlichen Kanalisation inklusive Schacht- und Sonderbauwerke betragen folglich dieser Studie rund 420 Mio. Euro.

Die Kommunalkredit Public Consulting (KPC) (2012) gibt den abwasserwirtschaftlichen Investitionsbedarf (Abwasserentsorgung und -reinigung) für die Jahre 2013 bis 2021 mit rund 3,80 Mrd. Euro an. Davon können rund 2,00 Mrd. für Erneuerungen veranschlagt werden, die restlichen rund 1,80 Mrd. entfallen auf den Ausbau der Abwasseranlagen. Demnach beläuft sich der Investitionsbedarf für Erneuerungen der gesamten Abwasserinfrastruktur laut KPC auf etwa 220 Mio. Euro pro Jahr.

Die Differenz zwischen den Angaben aus der nationalen Studie (NEUNTEUFEL et al., 2012) und der Abschätzung der KPC kann damit erklärt werden, dass in Österreich derzeit noch viele Kommunen über eine relativ junge siedlungswasserwirtschaftliche Infrastruktur verfügen und daher noch nicht entsprechend in den Werterhalt der Anlagen investieren müssen. So hat derzeit beispielsweise der größte Anteil des geförderten Kanalnetzes ein Alter von unter 30 Jahren. In den großen Städten mit höherer Altersverteilung wäre eine Umsetzung entsprechender Sanierungskonzepte jedoch schon heute notwendig. Dies wird auch durch Betrachtung der derzeitigen tatsächlichen Sanierungsraten deutlich. So wurden beispielsweise im Jahr 2012 59 km Kanal mit finanzieller Unterstützung der Förderung saniert, dies entspricht einer Sanierungsrate von 0,07 % bzw. bei gleichbleibender Tendenz einer erforderlichen Lebensdauer der Kanäle von 1.500 Jahren (BREINDL, 2013).

Wie an der Erhebung der KPC (2012) zu erkennen ist, ist der Ausbau der Kanalisationsanlagen in Österreich weitgehend abgeschlossen. Der jährliche Investitionsbedarf in den Ausbau von Abwasserinfrastruktur (Abwasserentsorgung und -reinigung) sinkt demnach von 352 Mio. Euro im Jahr 2013 auf 95 Mio. Euro im Jahr 2021. Auch die Differenz zwischen dem derzeitigem (rund 94 %) und dem maximal zu erwartendem Anschlussgrad (95 %) lässt darauf schließen. Der Anteil des Investitionsbedarfs aufgrund Kanalneuerrichtungen zur Erhöhung des Anschlussgrades am gesamten Investitionsbedarf für Neuerrichtungen der öffentlichen Kanalisation (1,70 Mrd. Euro), in den Jahre 2012 bis 2021, ist nach NEUNTEUFEL et al. (2012) mit rund 26 % zu erwarten. Die restlichen rund 74 % sind aufgrund Ausbautätigkeiten im Rahmen von (Siedlungs-) Erweiterungen zu erwarten.

In Zukunft wird demnach die Funktions- und Werterhaltung der bestehenden Entwässerungssysteme eine technische und finanzielle Kernaufgabe in der Abwasserentsorgung darstellen.



Die internationale Forschung beschäftigt sich bereits seit einiger Zeit mit dem Thema Sanierungsplanung (MILOJEVIC et al. (2005), LE GAUFFRE et al. (2005, 2007), CARE-S (2005), DIRKSEN und CLEMENS (2008)). Neben theoretischen Abhandlungen bzw. Konzepten zur ganzheitlichen generellen Sanierungsplanung und zur Werterhaltung finden sich auch unterschiedliche Decision-Support-Tools sowie Softwareprogramme zur Bestimmung des Alterungsverhaltens von Kanalisationen (gruppiert meist nach Rohrmaterialien). Es sind allerdings noch nicht viele Anwendungsbeispiele aus der Praxis bekannt. ANA und BAUWENS (2007) sehen mögliche Gründe hierfür darin, dass viele der vorhandenen Ansätze und Werkzeuge für die praktische Anwendung zu theoretisch und komplex sind. Außerdem benötigten die heute vorhandenen Tools und Softwareprogramme oftmals eine große Menge an Daten (Eingangsdaten, Modellkalibrierung, etc.), die in der Praxis nicht verfügbar sind. Es erscheint daher sinnvoll, Methoden der Entscheidungsfindung zu entwickeln, die in der Praxis der Sanierungsplanung einfach anwendbar sind und dabei mit den üblicherweise (z. B. gemäß der Fördervoraussetzung für Leitungskataster oder aus dem für den Nachweis des Stand der Technik erforderlichen numerischen Modellen) verfügbaren Daten aus dem Kanalinformationssystem auskommen bzw. mit möglichst wenigen und unter geringem Aufwand erhebbaren zusätzlichen Daten das Auslangen finden (optimales Verhältnis zwischen Erhebungsaufwand und –nutzen).

Erhebungen im Rahmen der Vorarbeiten zur INFOSAN Projektentwicklung haben ergeben, dass bei den Betreibern von größeren Entwässerungssystemen in Österreich bereits umfangreiche Erfahrungen bei der Planung und Umsetzung von kurzfristigen Sanierungsmaßnahmen vorhanden sind. Unsicherheiten bestehen vor allem noch in Bezug auf Grundsatzentscheidungen bei der mittel- bzw. längerfristigen, vorausschauenden Sanierungsplanung. Von Seiten der Betreiber erscheint die Entwicklung einer „standardisierten“ Sanierungsplanung als wünschenswert, denn durch eine einheitliche Vorgehensweise wäre es möglich, Aspekte wie die generelle Notwendigkeit von Sanierungsmaßnahmen, die Wahl des Sanierungszeitpunktes, etc. auch für Dritte nachvollziehbar darzustellen und zu evaluieren.

Um entsprechende Darstellungen und Überprüfungen zu ermöglichen, bietet sich u. a. die Verwendung von (messbaren) Kennzahlen an. In manchen Bereichen (z. B. bauliche Zustandsbewertung von Kanälen) sind derartige Kennzahlen bzw. Klassifizierungssysteme bereits vorhanden. In anderen Bereichen (z. B. Unterhaltbarkeit, nachhaltiger Umgang mit Ressourcen) müssen die Kennzahlen aber erst entwickelt werden. In diesem Zusammenhang kann ein Bezug zur novellierten ÖNORM EN 752 (2008) hergestellt werden: Die Ziele von Entwässerungssystemen sind in der geltenden Fassung dieser Norm in umfassender Weise definiert. Dazu wurden 13 Funktionalanforderungen (FA) an Entwässerungssysteme beschrieben. Um die Leistung des Systems zu beurteilen und die Weiterentwicklung von Planungsgrundlagen zu fördern, müssen von jeder Funktionalanforderung messbare Leistungsanforderungen (Kennzahlen) abgeleitet werden. In diesem Zusammenhang stellen ERTL und KRETSCHMER (2008) einen Entwurf vor, in dem für Österreich erstmals versucht wurde, Leistungsanforderungen und Kennzahlen für die Aktivitäten des Kanalmanagements beispielhaft für die strategische Sanierungsplanung und für die bedarfsorientierte Reinigung zu definieren.

Gemäß ÖNORM EN 752 (2008) soll eine moderne Betriebsführung von Entwässerungssystemen sich hierbei von fixen netzübergreifenden Intervallen lösen und selektive Betriebsstrategien in einem integralen Kanalmanagement implementieren. Dafür ist eine Leistungsbeurteilung anhand einer zielorientierten Vorgangsweise erforderlich. Dabei wird evident, dass eine langfristige strategische Betriebsführung (inkl. Sanierungsplanung) nur dann evaluiert werden kann, wenn sie ihre Zielsetzungen anhand der Erfüllung von Leistungsanforderungen überprüfbar macht. Die Leistungsanforderungen müssen als messbare Ergebnisse von Funktionalanforderungen definiert werden.

Grundvoraussetzung für die Entwicklung sowie die erfolgreiche Umsetzung und Anwendung von unterschiedlichen Kennzahlen im Kanalmanagement ist das Vorhandensein einer entsprechend umfassenden Datengrundlage (Stammdaten der Kanalisation, Naturbestand der umliegenden Bereiche, weitere umgebungsrelevante Daten, Zustandsdaten, etc.). Die Grundlagen für die vollständige und richtige Überprüfung, Bewertung und Dokumentation des Zustandes der Kanalisationsanlagen wurden im Projekt

KANFUNK (2006) erarbeitet. Durch die Bundes- und Landesförderungen zur Erstellung von Leitungsinformationssystemen sollen die Betreiber weiter angeregt werden, alle betrieblich relevanten Daten digital zu erfassen und zentral zu verwalten. Diese Maßnahmen stellen bereits einen wesentlichen Schritt in Richtung umfassender Datendokumentation dar. Um eine erfolgreiche (ganzheitliche generelle) Sanierungsplanung durchführen zu können, erscheint es aber notwendig, die Datenerhebung noch weiter zu konkretisieren (strategische Informationsbeschaffung, Datenvorlagen).

Im Projekt KANFUNK konnten, wie bereits erwähnt, die notwendigen Grundlagen (Datenerhebung und Qualitätssicherung, Katastererstellung, etc.) für ein effizientes Kanalmanagement geschaffen werden. Eine weitere Konkretisierung der Datenerhebung stellt einen wesentlichen Teilaspekt des Projekts INFOSAN dar. Entsprechend umfassende Datengrundlagen ermöglichen dann eine zielgerichtete und vorausschauende Sanierungsplanung, die einen weiteren wichtigen Arbeitsschwerpunkt von INFOSAN darstellt. Durch die beiden Forschungsprojekte KANFUNK und INFOSAN gelingt es für Österreich erstmals, Methoden für alle wesentlichen Aspekte des Kanalmanagements von der Grundlagendatenerhebung bis hin zur Sanierungsplanung zu entwickeln.



2 Grundlagen zum Projekt

2.1 Projektbeteiligte

Das Projekt INFOSAN entstand aus einer Kooperation der Universität für Bodenkultur Wien (Projektkoordinator), der Technischen Universität Graz sowie der Universität Innsbruck gemeinsam mit einigen der großen Kanalisationsunternehmen Österreichs. Die Projektbeteiligten können wie folgt zusammengefasst werden:

Universitäten:

- Universität für Bodenkultur Wien (Institut für Siedlungswasserbau, Industrierewasserwirtschaft und Gewässerschutz)
- Technische Universität Graz (Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Landschaftswasserbau)
- Universität Innsbruck (Arbeitsbereich Umwelttechnik)

Kanalisationsunternehmen:

- Linz AG
- Innsbrucker Kommunalbetriebe AG
- Graz Holding
- Elektrizitätswerke Wels AG
- Stadt Salzburg Kanal- und Gewässeramt

Das Projekt wurde aus Mitteln des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft sowie der am Projekt beteiligten Kanalisationsunternehmen gefördert.

2.2 Zielsetzung im Projekt

Das Ziel des Projektes INFOSAN war es, eine strategische und einheitliche Vorgehensweise für die mittelfristige ganzheitliche generelle Sanierungsplanung zu entwickeln. Damit soll eine Grundlage für effiziente und nachvollziehbare Entscheidungen bei der Sanierungsplanung im Kanalisationsunternehmen bereitgestellt werden. Mit Hilfe eines Leitfadens zur strategischen Informationsbeschaffung wird aufbauend auf die bereits vorhandenen Kanalinformationssysteme eine Vorlage für das für die Planung notwendige Datenmaterial geschaffen. Eine Zusammenstellung und Auflistung aller planungsrelevanten Daten sowie des damit verbundenen Nutzens stellt ein neuartiges Werkzeug der Datenevaluierung im Kanalmanagement dar. Eine Vereinheitlichung und Vergleichbarkeit der Datengrundlagen der einzelnen Kanalisationsunternehmen wird dadurch ebenfalls ermöglicht. Durch die Ableitung bzw. Entwicklung messbarer Leistungsanforderungen (Kennzahlen) und ggf. unter der Einbeziehung von Risikobeurteilungen erhalten die Kanalisationsunternehmen die Möglichkeit, nachvollziehbare Informationen über die aktuelle Funktionsfähigkeit der Kanalisationsanlagen abzuleiten. Durch die Entwicklung einer entsprechenden Methodik zur Datenevaluierung soll den Betreibern von Kanalisationsanlagen ein praxistaugliches und einfach anwendbares Werkzeug zur Verfügung gestellt werden, das eine Hilfestellung für eine technisch und ökonomisch effiziente ganzheitliche generelle Sanierungsplanung ermöglicht. Dabei gilt es, ein aussagekräftiges Ergebnis mit möglichst geringem Datenumfang zu erzielen. Im Vordergrund steht das Ziel, den Aufwand für die Datenerhebung zu minimieren und den zusätzlich gewonnenen Informationsgehalt zu maximieren. Dazu ist es erforderlich nur die Daten zu erheben, die für die jeweiligen Planungs- bzw. Untersuchungsansätze von Nutzen sind.

Die wesentlichen Projektziele bzw. Projektendprodukte lassen sich abschließend wie folgt zusammenfassen:

- Erstellung eines Leitfadens bzw. einer Anleitung für die Datenfilterung zur strategischen Informationsbeschaffung für die ganzheitliche generelle Sanierungsplanung.
- Ableitung bzw. Entwicklung von messbaren Leistungsanforderungen (Kennzahlen) gemäß ÖNORM EN 752 (2008) sowie Definition von Standards für Service Levels für Entwässerungssysteme.
- Entwicklung einer Methode und eines Ablaufschemas zur mittelfristigen ganzheitlichen generellen Sanierungsplanung unter Einbeziehung von Risikobeurteilungen
- Evaluierung der entwickelten Methoden durch praktische Umsetzung mit Rückkopplung.
- Zusammenfassung der gewonnenen Erkenntnisse im Projektendbericht.



2.3 Projektstruktur

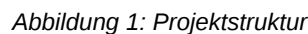
Die Bearbeitung des Projekts erfolgte in drei Stufen. Diese Gliederung beinhaltete die theoretische Auseinandersetzung mit dem Thema strategische Informationsbeschaffung als Basis der ganzheitlichen Sanierungsplanung in Stufe 1 (Grundkonzept), die praktischen Umsetzungen der Planungsansätze in ausgewählten Teileinzugsgebieten in Stufe 2 (Anwendung, Umsetzung und Analyse) und die Überführung der gewonnenen Erkenntnisse/Ergebnisse in den Projektendbericht als Stufe 3 (Erstellung des Projektendberichts).

Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden. zeigt die Projektstruktur von INFOSAN. Kerninhalt der Stufe 1 bildete die Ausarbeitung des aktuellen Standes der Wissenschaft und Praxis im Bereich der ganzheitlichen strategischen Sanierungsplanung. Es wurden dabei vor allem die Anforderungen an Datenumfang und -qualität für die Bewertung des baulichen, hydraulischen, betrieblichen und umweltrelevanten Zustandes (Datenfilterung, Datenrelevanz) sowie für eine an allgemeinen und betreiberspezifischen Zielen orientierte Sanierungsplanung festgelegt.

Die möglichen Ziele und bereits existierende und geeignete Bewertungsmodelle wurden recherchiert und die aktuelle Praxis bei der Beurteilung der einzelnen Zustände dargestellt. Die Nutzbarkeit der bereits vorhandenen Bewertungssysteme (z. B. ISYBAU) für die kennzahlenorientierte Funktional- und Leistungsüberprüfung gemäß ÖNORM EN 752 (2008) wurde beschrieben. Sofern noch keine Bewertungssysteme vorhanden waren, wurden diese im Projektteam entwickelt.

Weiters wurden auch Anforderungen an den Datenbestand in Hinblick auf die Risikobeurteilung ausgearbeitet. Dies beinhaltet Daten für Gefahrendefinitionen, Risikoabschätzung und Risikoreduzierung. Die erforderlichen Informationen gehen dabei über die reine Zustandsbewertung hinaus, da neben inhärenten Risikofaktoren wie beispielsweise einem schlechten baulichen Zustand auch externe Risikofaktoren Eingang finden. Weiters sind zur Bewertung der Risikoabschätzung und Möglichkeiten der Risikoreduzierung weitere System- und Umgebungsinformationen erforderlich. Dies ermöglicht eine Abschätzung der Gefährdungen bei Systemversagen (z. B. Überflutungen oder Grundwasserkontamination).

Die von den Universitäten ausgearbeiteten Grundlagen wurden in mehreren Workshops mit den Kanalisationsunternehmen und hinsichtlich praxisrelevanter Gesichtspunkte ergänzt. Die beteiligten Betreiber lieferten in dieser Projektstufe als Input Angaben zur eigenen Vorgangsweise bei der Zustandsbeurteilung und der Sanierungsplanung.





In Stufe 2 erfolgte die Umsetzung und praktische Adaptierung der theoretisch erarbeiteten Grundlagen. Die Weiterentwicklung und Anwendung des Datenfilters sowie die Durchführung einzelner spezieller Risikoabschätzungen und Zustandsbewertungen (z. B. Umweltrelevanz) standen hier im Vordergrund. Für individuelle Sanierungsziele der Betreiber sowie grundsätzliche Leistungsanforderungen wurden parallel Kennzahlen und Indikatoren im Detail (weiter)entwickelt.

Den Abschluss bildete Stufe 3, in der die entsprechenden Projekterfahrungen in diesem Endbericht zusammengefasst wurden. Dieser beinhaltet einen Leitfaden für die strategische Informationsbeschaffung sowie ein Ablaufschema zur mittelfristigen generellen ganzheitlichen Sanierungsplanung.

2.4 Zeitlicher Ablauf

Die Gesamtdauerzeit des Projekts INFOSAN betrug 3 Jahre (36 Monate). Die Stufe 1 des Projektes dauerte in Summe 10 Monate, dabei wurden von den Universitäten die theoretischen Grundlagen sowie der aktuelle Stand der Wissenschaft und Praxis im Bereich der ganzheitlichen strategischen Sanierungsplanung schrittweise erhoben. Zu den einzelnen Themen bzw. Themengruppen (Arbeitspaketen) wurden in diesem Zeitraum 6 Workshops abgehalten (1. bis 6. Workshop), bei denen alle am Projekt beteiligten Akteure vertreten waren. Hierbei wurden die theoretisch ausgearbeiteten Punkte diskutiert und gegebenenfalls durch weitere praxisrelevante Aspekte ergänzt. Diese Workshops stellten zusätzlich Meilensteine des Projektfortschrittes dar. Zu Projektbeginn wurde außerdem ein Kickoff-Meeting abgehalten, bei dem prinzipielle organisatorische Fragen abgeklärt wurden.

In der Stufe 2, die in Summe 22 Monate dauerte, wurden die theoretischen Grundlagen entsprechend den einzelnen Themengruppen (Arbeitspaketen) weitergeführt und bei den Betreibern praktisch umgesetzt. Da jedes Universitätsinstitut im Grunde jeweils nur bestimmte Betreiber direkt betreute, konnten die Arbeiten, wie teilweise auch in Stufe 1, hier phasenweise parallel durchgeführt werden. In Projektstufe 2 wurden vier Workshops (7. bis 10. Workshop) abgehalten. Hierbei wurden unter Beteiligung aller Projektakteure einerseits die Arbeitsfortschritte sowie die Resultate und Erfahrungen bei den einzelnen Betreibern diskutiert. Auch hier stellten die Workshops Meilensteine des Projektfortschritts dar.

Die Stufe 3 dauerte in Summe 4 Monate. In dieser Stufe wurden die Projektergebnisse in einem Endbericht zusammengefasst. Der abschließende 11. Workshop diente dem Projektabschluss.

Workshops während des Projektes:

- 1. Workshop (Startworkshop) am 26.01.2010 an der Universität Innsbruck
- 2. Workshop am 25.03.2010 an der TU Graz
- 3. Workshop am 21.06.2010 an der Universität für Bodenkultur Wien
- 4. Workshop am 07.09.2010 bei der Linz AG
- 5. Workshop am 06.10.2010 beim E-Werk Wels
- 6. Workshop am 23.11.2010 bei der Stadt Salzburg
- 7. Workshop am 17.05.2011 bei der Stadt Salzburg
- 8. Workshop am 25.10.2011 bei der Linz AG
- 9. Workshop am 27.03.2012 an der TU Graz
- 10. Workshop am 14.06.2012 an der Universität für Bodenkultur Wien
- 11. Workshop (Endworkshop) am 14.11.2012 bei der Innsbrucker Kommunalbetriebe AG

Zusätzlich zu den Workshops gab es noch weitere Treffen in kleineren Runden (v. a. zwischen den universitären Partnern), um aktuelle Fragen zu diskutieren bzw. zu koordinieren.

Darüber hinaus fanden eintägige Betriebsbesuche bei den einzelnen Kanalisationsunternehmen statt.

Betriebsbesuche während des Projektes:

- 05.11.2010 bei der Holding Graz
- 21.07.2011 beim E-Werk Wels
- 09.08.2011 bei der Holding Graz
- 29.08.2011 bei der Linz AG



- 30.08.2011 bei der Stadt Salzburg
- 19.09.2011 bei der Holding Graz
- 20.10.2011 bei der Innsbrucker Kommunalbetriebe AG
- 20.11.2012 bei der Stadt Salzburg

Ziel dieser Betriebsbesuche war es, die Kanalisationsunternehmen in direkten Gesprächen über die aktuellen Bearbeitungsstände bei der Ableitung bzw. Entwicklung von messbaren Leistungsanforderungen (Kennzahlen) und bei der Risikoanalyse sowie der Entwicklung eines Ablaufschema für eine standardisierte mittelfristige generelle ganzheitliche Sanierungsplanung zu informieren und entsprechendes praxisorientiertes Feedback zu erhalten. Die Rückmeldungen wurden in den weiteren Bearbeitungen unmittelbar berücksichtigt. Des Weiteren wurden die praktischen Anwendungen in ausgewählten Teileinzugsgebieten vor Ort durchgeführt.

Weiters wurden während des Projektes laufend aktuelle Kennzahlenlisten und andere Unterlagen an die Kanalisationsunternehmen ausgeschickt, mit der Bitte um Berechnung und Rücksendung entsprechender Feedbacks (Probleme, etc.). Die Ergebnisse aus den Rückmeldungen wurden in der Projektbearbeitung entsprechend berücksichtigt.

3 Methodik und Datengrundlagen

3.1 Anforderungen an Entwässerungssysteme und Ziele der Sanierungsplanung

3.1.1 Ziele, Funktional- und Leistungsanforderungen von Entwässerungssystemen

Die vier in der ÖNORM EN 752 (2008) definierten Ziele von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden:

- öffentliche Gesundheit und Sicherheit
- Gesundheit und Sicherheit des Betriebspersonals
- Umweltschutz
- nachhaltige Entwicklung

können entsprechend dieser Norm durch Zuordnung folgender 13 Funktionalanforderungen:

- Schutz vor Überflutung
- Unterhaltbarkeit
- Schutz des Oberflächenvorfluters
- Grundwasserschutz
- Vermeidung von Gerüchen sowie giftigen, explosiven oder korrosiven Gasen
- Vermeidung von Lärm und Erschütterungen
- Nachhaltige Verwendung von Produkten und Werkstoffen
- Nachhaltige Verwendung von Energie
- Baulicher Zustand und Nutzungsdauer
- Aufrechterhaltung des Abflusses
- Wasserdichtheit
- Angrenzende Bauten sowie Ver- und Entsorgungseinrichtungen nicht gefährden
- Beschaffenheit der Abwassereinleitungen in das System

weiter konkretisiert werden.

Für jede der genannten Funktionalanforderungen müssen entsprechend ÖNORM EN 752 (2008) (messbare) Leistungsanforderungen (Kennzahlen) abgeleitet werden, um eine Beurteilung der Leistung des Entwässerungssystems und die Weiterentwicklung von Planungsgrundlagen für dieses zu fördern. Die Leistungsanforderungen müssen regelmäßig überprüft und falls notwendig aktualisiert werden.

3.1.2 Integrales Kanalmanagement

Unter integralem Kanalmanagement versteht man laut ÖNORM EN 752 (2008) „den Prozess zur Erreichung eines Verständnisses für bestehende oder vorgesehene Entwässerungssysteme. Unter Verwendung der Informationen werden Strategien entwickelt, um sicherzustellen, dass die hydraulische, umweltrelevante, bauliche und betriebliche Leistungsfähigkeit den festgelegten Leistungsanforderungen entspricht. Dabei soll auch auf zukünftige Bedingungen und die Wirtschaftlichkeit Bedacht genommen werden. Das Integrale



Kanalmanagement stellt die Basis für Betrieb und Sanierung des Entwässerungssystems dar, wobei unter Rücksichtnahme auf das zukünftige Management eine laufende Aktualisierung stattzufinden hat.“

FUCHS-HANUSCH (2009) beschreibt die übergeordneten Elemente des Instandhaltungsmanagements von Wasserinfrastruktursystemen in einem zyklischen Konzept, welches auch auf Kanalisationssysteme anwendbar ist:

- Ziele definieren: Basis schaffen durch Ist – Zustandsanalyse und einer Beurteilung des Ist-Zustandes über standardisierte ausgewählte Kennzahlen
- Planung: Wartungs- und Inspektionsplanung sowie lang- mittel und kurzfristige Sanierungsplanung
- Umsetzung: Maßnahmenauswahl – Durchführung von Wartungsarbeiten (betriebliche Maßnahmen, etc.) bzw. Sanierungsmaßnahmen (bauliche Maßnahmen)
- Kontrolle: Wiederkehrende Kontrolle des Ist-Zustandes mittels definierter Kennzahlen

Das Integrale Kanalmanagement umfasst demnach gemäß SCHWARZ, 2012 folgende Bereiche:

- *„Untersuchung hinsichtlich hydraulischer, umweltrelevanter, baulicher und betrieblicher Aspekte.*
- *Beurteilung der hydraulischen, umweltrelevanten, baulichen und betrieblichen Leistungsfähigkeit durch Gegenüberstellen der Ergebnisse der Untersuchung mit den Leistungsanforderungen, inklusive Ursachenermittlung für mangelhafte Leistung.*
- *Entwicklung hydraulischer, umweltrelevanter, baulicher und betrieblicher Lösungen auf Grundlage der Beurteilung. Inklusive Beurteilung der Lösungen und Erstellung des Maßnahmenplans.*
- *Umsetzung des Maßnahmenplans.“*

Eine wiederkehrende Überprüfung der definierten Leistungsanforderungen in definierten Zeitabständen ermöglicht die Erfolgskontrolle der umgesetzten Maßnahmen.

Die Untersuchung als Inventarisierung und Aktualisierung des bestehenden Entwässerungssystems (hinsichtlich hydraulischer, umweltrelevanter, baulicher und betrieblicher Aspekte) umfasst dabei folgende Punkte (ERTL, 2011):

- Konzept zur Erstellung eines Leitungsinformationssystems, inklusive Naturbestand und Hausanschlüssen
- Durchführung der hydraulischen, umweltrelevanten, baulichen und betrieblichen Bestandsaufnahme
- Konzept zur Qualitätssicherung bei der Vergabe und der Durchführung von Leistungen. Pflichten des Auftraggebers inklusive der Kontrolle von erbrachten Leistungen
- Erstellung des Anlagenverzeichnisses und Wertermittlung

Durch Gegenüberstellung und Vergleich mit den jeweiligen Leistungsanforderungen erfolgt die Beurteilung der (hydraulischen, umweltrelevanten, baulichen und betrieblichen) Leistungen. Laut ERTL (2011) ist dabei folgendermaßen vorzugehen:

- Definition von spezifische Leistungsanforderungen, individuell für die gewünschten Zielsetzungen
- Zustandsbewertung baulich sowie betrieblich
- Nachweis der hydraulischen Leistungsfähigkeit mittels hydrodynamischer Modellierung
- Umweltrelevante Beurteilung auf Oberflächengewässer sowie auf Grundwasser
- Identifizierung und Festlegung kritischer Bereiche inklusive Prioritätenreihung

„Auf Grundlage der Ergebnisse der Beurteilung werden integrale Lösungen entwickelt, welche die Leistungsanforderungen unter Berücksichtigung der zukünftigen Entwicklungen erfüllen. Die möglichen hydraulischen, umweltrelevanten, baulichen und betrieblichen Lösungen müssen beurteilt werden. Die beste

Lösung ist auf Basis der Leistungsanforderungen und weiterer allgemeiner Aspekte zu wählen. Die ausgewählte integrale Lösung muss in einem Plan festgeschrieben werden [...].“ (SCHWARZ, 2012)

Nach ERTL (2011) erfolgt die Umsetzung des Plans unter:

- Durchführung der Wartung, Inspektion und Sanierung
- Laufender Aktualisierung, Kontrolle und Berichtigung des Instandhaltungsplans in regelmäßigen Zeitintervallen und bei veränderten Gegebenheiten
- Evaluierung der Zielerreichung für die Leistungsfähigkeit mittels Funktional- und Leistungsanforderungen

„Die Leistungsanforderungen sollten in regelmäßigen Abständen überprüft und der Gesamtplanungsprozess wiederholt werden, so dass die Pläne auf dem aktuellen Stand sind.“ (ÖNORM EN 752, 2008)

3.1.3 Relevanz von Funktionalanforderungen

Um für die einzelnen Funktionalanforderungen geeignete Untersuchungsmethoden (bauliche, betriebliche, umweltrelevante oder hydraulische Zustandsbeurteilung) festlegen zu können, wurden im Rahmen der Projektarbeit die 13 Funktionalanforderungen vereinfachend je einer primären Relevanz (baulich, hydraulisch, umweltrelevant, betrieblich) zugeordnet.

Bei der Zuordnung wurden die vorrangigen (primären) Einflüsse der einzelnen Funktionalanforderungen berücksichtigt, da Einteilungen teilweise nicht eindeutig waren. KRETSCHMER et al. (2012) betonen: *„Aus technisch-funktionaler Sicht kann [...] trotz gewisser Überschneidungen jede Funktionalanforderung als primär baulich, betrieblich, hydraulisch oder umweltrelevant „klassifiziert“ werden.“*

Durch diese Art der Zuordnung sollte die geeignetste Untersuchungsmethode für jede Funktionalanforderung definiert werden und eindeutige Abhängigkeiten der unterschiedlichen Ebenen (primäre Relevanz, Funktionalanforderung, Leistungsanforderung (Kennzahl), etc.) beschrieben werden. In weiterer Folge stellt diese und weitere Untergliederungen eine wesentliche Rolle für die Anwendung der im Projekt entwickelten Methoden der Sanierungsplanung sowie der strategischen Informationsbeschaffung dar.

3.1.4 Definition von Sanierungszielen

Im Projekt sollten „Sanierungsziele“ durch die Kanalisationsunternehmen definiert werden. Ziel war es, die aus Sicht der praxisnahen Sanierungsplanung wichtigsten Funktionalanforderungen zu definieren und anhand einer Prioritätenreihung jene Funktionalanforderungen zu bestimmen, welche „Muss-Ziele“ für die Betreiber darstellen. Die Funktionalanforderungen wurden in einem Workshop durch die Kanalunternehmen mittels Schulnoten bewertet. Entsprechend dem klassischen Schulnotensystem wurde dadurch die Wichtigkeit der einzelnen Funktionalanforderungen aus Sicht der Kanalunternehmen dargestellt (1 = sehr wichtig, 5 = unwichtig). Anschließend wurden Mittelwerte gebildet. Jene Funktionalanforderungen, welche von allen Unternehmen mit gleicher oder annähernd gleicher Priorität bewertet wurden (maximal ein Notengrad Unterschied zwischen allen Unternehmen) und einen Prioritätsmittelwert kleiner oder gleich 1,5 aufweisen, stellen aus Sicht der Kanalisationsunternehmen die für die Praxis der ganzheitlichen generellen Sanierungsplanung relevantesten Funktionalanforderungen dar. Für diese wesentlichen Funktionalanforderungen können im weiteren Verlauf (messbare) Leistungsanforderungen (Kennzahlen) abgeleitet werden.



Ein integrales Kanalmanagement gemäß ÖNORM EN 752 (2008) setzt die Untersuchung, Beurteilung, Maßnahmenentwicklung und –umsetzung aus baulicher, hydraulischer, umweltrelevanter und betrieblicher Sicht voraus. Diese ganzheitliche Art der Betrachtung soll dadurch erreicht werden, dass für jede primäre Relevanz zumindest eine (zugeordnete) Funktionalanforderung Berücksichtigung findet.

Gründe für eine selektive Auswahl der Sanierungsziele

Durch die zuvor beschriebene Selektion, auf die aus Sicht der Kanalisationsunternehmen wesentlichsten Funktionalanforderungen für die praxisnahe Sanierungsplanung, wurde der Umfang für die im Projekt zu entwickelnden Entscheidungshilfen für die Sanierungsplanung verkleinert.

Derzeit verfügbare Instrumente (Software) für die Entscheidungshilfe bei der Kanalsanierungsplanung sind meistens sehr komplex und anspruchsvoll, und werden bis auf wenige Ausnahmen (einige große Betriebe) kaum eingesetzt (ANA und BAUWENS, 2007). *„Hydrodynamische Modellierung, Abnutzungs- und Alterungsmodellierungen und Multi-Kriterien Analysen benötigen extensive Datensätze. Je umfassender das Tool, desto höher sind die Anforderungen an die Daten [...]. In einer von der US Environmental Protection Agency (US EPA) beauftragten Studie ((STONE, et al. 2002) zit. bei (ANA E. und BAUWENS 2007)) wird angemerkt, dass Abwasserdatenmanagementtools oftmals zu starr und zu komplex sind, zu viele Daten benötigen und die Beschaffung dieser oftmals unerschwinglich ist.*

Die Entwicklung von abgespeckten Versionen, welche lediglich verfügbare und leicht erhebbare Daten benötigen und auf allen Ebenen anwendbar sind soll forciert werden. Dazu ist eine Balance zwischen den Datenanforderungen und den erzielbaren Resultaten zu finden. Auch wenn Daten wichtig sind, ist die Beschaffung kapitalintensiv. Einsparungen könnten direkt in Sanierungs- und Erneuerungsarbeiten investiert werden, was besonders kleineren Betrieben zugutekommt (ANA E. und BAUWENS 2007).“ (SCHWARZ, 2012)

Aus diesem Grund muss laut ANA und BAUWENS (2007) die Entwicklung neuer Entscheidungshilfen stark mit den Betreibern koordiniert werden und an deren Bedürfnisse angepasst werden (wie beispielsweise durch Erhebung der für die Praxis relevanten Funktionalanforderungen, etc.). Darüber hinaus soll die Handhabung praktisch und unkompliziert sein.

Es existiert bereits eine Anzahl an internationalen Hilfstools zur Kanalsanierungsplanung (z. B. CARE-S, Hydroplan, etc.) (LEMER, 1999; zit. bei ANA und BAUWENS, 2007) . Laut CARDOSO et al. (2005) ist die Hauptproblematik in der Praxis (z. B. von CARE-S), dass Inputdaten fehlen, welche zur Berechnung (von Kennzahlen) erforderlich sind bzw. allgemein zu hoch gesetzte Erfordernisse. Nach CARDOSO et al. (2005) konnten in einer Studie des Hydraulics and Environment Department, Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) (Lissabon, Portugal) unter 20 Teilnehmern im Schnitt lediglich rund die Hälfte der Kennzahlen (von CARE-S) berechnet werden (siehe auch SCHWARZ, 2012).

Auch HUBMANN und SCHAFFER (2005; zit. bei ERTL, 2007) haben in einer Erhebung beim Kanalbauamt bzw. der Kläranlage der Stadt Leoben (welche sie in technischer und organisatorischer Hinsicht als vorbildlich eingestuft haben) nachgewiesen, dass die Verfügbarkeit der Daten für eine Kennzahlenberechnung nach IWA Methodik (MATOS et al., 2003) nicht vorausgesetzt werden kann und der Aufwand von Erhebungsarbeiten nicht zu unterschätzen ist: *„Von den insgesamt 189 Kenngrößen konnten 21 direkt mit Zahlen befüllt werden, 95 wurden als „verfügbar“, 5 als „schwer eruierbar“, 1 als „schwer erfassbar bezgl. Aufwand“, 2 als „nicht verfügbar“, 13 als „nicht gemessen“, 25 als „nicht bestimmt“, 1 als „nicht erlaubt in Ö“ (Abwasserwiederverwendung) eingestuft. Das bedeutet, dass 116 von 189 (also 61%) der Kenngrößen bei Bedarf verfügbar sind.“*

„Um die Anwendbarkeit zu verbessern, scheint eine Reduzierung des Umfanges auf das Wichtigste und Notwendigste sinnvoll, ein erster Schritt in Richtung Minimierung [...] auf das Wesentliche erfolgt mit der Selektion der Funktionalanforderungen. Die verbliebenen Funktionalanforderungen stellen das Ergebnis des beschriebenen Auswahlprozesses dar [...].“ (SCHWARZ, 2012)

Bei Bedarf kann der Umfang der betrachteten Funktionalanforderungen zukünftig oder bei individueller Notwendigkeit angepasst werden. Durch die fortschreitende Technisierung und neue (gesetzliche) Rahmenbedingungen ist für die Zukunft zu erwarten, dass die Verfügbarkeit von (qualitativen) Eingangsinformationen zunimmt. Eine Erweiterung des beschriebenen Umfangs um entsprechende Funktionalanforderungen kann einfach von statten gehen.



3.2 Generelle ganzheitlich Sanierungsplanung

„Die Sanierung von Entwässerungssystemen ist aufgrund des Umfangs der notwendigen Maßnahmen und der dafür einzusetzenden Finanzmittel eine Daueraufgabe und erfordert aus diesem Grund langfristige und zukunftsorientierte Strategien.“ (STEIN und ALVAREZ 2005)

Um zukunftsorientierte Strategien in der Sanierungsplanung sicherzustellen ist ein standardisierter Ansatz notwendig. Nach ÖNORM EN 752 (2008) ist im Sinne eines integralen Kanalmanagements die Leistungsfähigkeit eines Entwässerungssystems hinsichtlich Hydraulik, Umweltrelevanz, Betrieb und Bau sicherzustellen, wobei zukünftige Bedingungen und wirtschaftliche Effizienz zu berücksichtigen sind. Für eine standardisierte Sanierungsplanung ist eine **ganzheitliche Herangehensweise** unabdingbar.

„Die Sanierungsplanung beginnt in der Regel mit der Erstellung eines generellen Konzeptes. Dabei geht es vor allem um die strategische Organisation der Sanierung. Fragen in Bezug auf die Prioritätenermittlung unter Berücksichtigung allgemeiner Rahmenbedingungen wie beispielsweise Budgetvorgaben stehen hier im Vordergrund.“ (KRETSCHMER et al., 2012) Für eine Standardisierung der Sanierungsplanung ist eine **generelle Herangehensweise** ein weiteres wichtiges Element.

„Mit der ganzheitlichen generellen Sanierungsplanung werden im Netzüberblick grundsätzliche Verfahrensentscheidungen getroffen, Kosten zusammengestellt und die flächendeckende Sanierung als Rahmenplanung vorbereitet. Die GSP ist die Grundlage für die Erarbeitung der Sanierungsstrategie.“ (MILOJEVIC, et al. 2005)

„In die Detailplanung fließen dann in der Regel noch viele weitere netz- und unternehmensspezifische Rahmenbedingungen ein. Eine Standardisierung der hier stattfindenden Prozesse erscheint aus heutiger Sicht nicht sinnvoll aber auch nicht notwendig.“ (KRETSCHMER et al., 2012)

Zukünftige Sanierungskonzepte sollen entsprechend dem KANSAS Abschlussbericht (MILOJEVIC et al., 2005) beide Herangehensweisen berücksichtigen. Unter Rücksichtnahme darauf sollte im Projekt, als eines der Hauptziele, eine Methode sowie ein Ablaufschema zur mittelfristigen generellen ganzheitlichen Sanierungsplanung unter Einbeziehung von Risikobeurteilungen erarbeitet werden.

3.2.1 Aktuelle Praxis der Sanierungsplanung

Die Gespräche mit den Betreibern im Rahmen der INFOSAN Vorabworkshops haben gezeigt, dass die Ansätze der aktuellen internationalen Forschung in der Praxis noch nicht umgesetzt werden können. Vielmehr stellt sich die aktuelle Praxis der Kanalsanierung in Österreich in der Regel wie folgt dar: Die Planung der Kanalsanierung richtet sich oftmals primär nur nach dem baulichen Zustand der Anlagenteile. Heute verfügen nur die wenigstens Kanalbetreiber über ein bereits vollständig inspiziertes und bewertetes Kanalnetz, der aktuelle Sanierungsaufwand richtet sich daher v. a. nach inspizierten und bewerteten Zuständen, die Sofortmaßnahmen notwendig machen („Feuerwehrstrategie“). Hierbei finden im Zuge einer möglichen Nachklassifizierung der Zustände, die von manchen Betreibern durchgeführt wird, auch diverse Randbedingungen (z. B. hydraulische Leistungsfähigkeit, Umweltrelevanz) Berücksichtigung. Denjenigen Schäden, die nicht umgehend behoben werden müssen oder können, werden dann oftmals kürzere Inspektionsintervalle zugeordnet. In Abbildung 2 ist der Ablauf der aktuellen Praxis der Kanalsanierungsplanung ersichtlich.

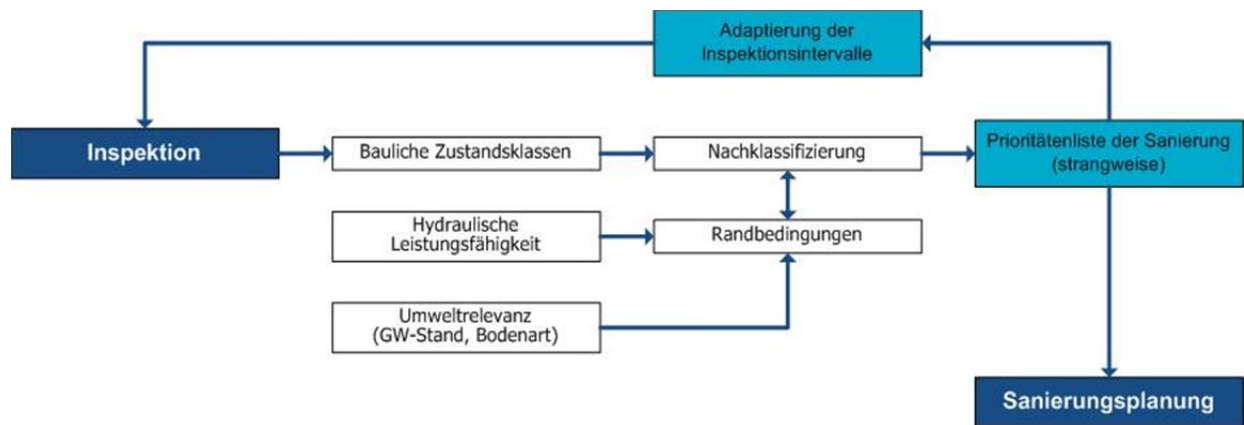


Abbildung 2: Ablaufschema aktuelle Praxis der Kanalsanierungsplanung

Derzeit existiert noch keine einheitliche Herangehensweise für die Kanalsanierungsplanung in Österreich. Alleine bei der baulichen Zustandserfassung bzw. –bewertung (mit baulichen Zustandsklassen als Ergebnis), durch die am Projekt beteiligten Kanalisationsunternehmen, kommen folgende unterschiedliche Methoden zur Anwendung:

- ISYBAU (OFD Niedersachsen, 2010) (Zustandserfassung entsprechend ÖNORM EN 13508-2/A1 (2010))
- Richtlinie Oberösterreich (Oberösterreichische Landesregierung, 1993)
- ATV-M 143-2 (1999)
- (Zukünftiger Umstieg auf DWA M 149-3 (2007) (Zustandsbeschreibung entsprechend ÖNORM EN 13508-2/A1 (2010)) ist von einem Kanalisationsunternehmen angedacht)

„Für die aktuelle Praxis der Sanierungsplanung sind (detaillierte) bauliche Zustandsklassen (als Ergebnis der Zustandsbewertung) im Wesentlichen nur sekundär. Zwar werden aktuelle Sanierungsgebiete vorab (selektiv) inspiziert, aber wichtig ist dabei primär die Frage nach einem akuten Sanierungsbedarf.“

Festzuhalten ist, dass die grundlegende Vorgangsweise bei der Kanalsanierung wesentlich davon abhängt, wie weit die Kanalunternehmen in der Sanierungsplanung fortgeschritten sind. Einheitlich wird bei allen Kanalunternehmen vorab eine Gebietsunterteilung vorgenommen.

Aus den baulichen Zustandsklassen kann bereits eine Sanierungspriorität abgeleitet werden, ob Handlungsbedarf besteht oder eine periodische Kontrolle durch Inspektion notwendig ist.“ (SCHWARZ, 2012)

Teilweise werden aber aus wirtschaftlichen Gründen auch kleinere Schadensbilder in einem Gebiet gleich mitsaniert. Gegebenenfalls finden Randbedingungen wie Geologie, Grundwasserverhältnisse, etc. Eingang in die Sanierungspriorisierung. Bei einigen Kanalisationsunternehmen wird der gesamte Sanierungsaufwand aus vorhandenen Inspektionsergebnissen statistisch grob hochgerechnet.

Bei allen Kanalisationsunternehmen sind zwar digitale Leitungskataster, aber noch nicht überall hydraulische Modelle vorhanden. Es kommen unterschiedliche Modellierungssoftwareprogramme zur Anwendung (Mike Urban (Mouse), Basys Barthauer, Hystem-Extran), wobei Nachweise zur hydraulischen Leitungsfähigkeit nach ÖWAV Regelblatt 11 (ÖWAV, 2009) und Nachweise zur Mischwasserbehandlung nach ÖWAV Regelblatt 19 (ÖWAV, 2007) mit unterschiedlichen Werkzeugen (konzeptionelle oder hydrodynamische Simulationswerkzeuge) durchgeführt werden. Eine direkte Datenbankbindung der Simulationsmodelle an die Leitungsinformationssysteme besteht nicht (d. h. die erstellten Modelle müssen manuell gewartet und auf Stand gebracht werden). Alle Kanalisationsunternehmen erheben Niederschlagsdaten (eigene



Regenschreiber und/oder Daten der ZAMG) und Durchflussmengen oder Wasserstände im Kanal bzw. in Mischwasserüberlaufbauwerken. Die Einzugsgebiete und Oberflächen werden v. a. mit Hilfe von Orthofotos und Begehungen erfasst, die Arbeiten sind aber noch nicht überall abgeschlossen.

3.2.2 Ganzheitliche Sanierungsplanung

„Nach der DIN EN 752-5 „Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden – Sanierung“ sind für Maßnahmen zur Wiederherstellung oder Verbesserung von vorhandenen Entwässerungssystemen „ganzheitliche Lösungen“ zu erarbeiten, die alle hydraulischen, baulichen und umweltrelevanten Aspekte berücksichtigen. Dadurch kann eine Minimierung der Gesamtkosten erzielt werden. Die bisherige Sanierungspraxis, nach der nur saniert wird, wenn dringender Handlungsbedarf besteht, zielt überwiegend nur auf den hydraulischen oder auf den baulichen (Feuerwehrstrategie) Zustand der Kanäle und erfüllt nicht die Anforderungen der DIN EN 752.“ (MILOJEVIC et al., 2005)

Nach MILOJEVIC et al. (2005) sind entsprechend der DIN bzw. ÖNORM EN 752 (2008) bauliche, hydraulische, betriebliche und umweltrelevante Zustände bei der Sanierungsplanung zu berücksichtigen. Für die einwandfreie Leistungsfähigkeit von Entwässerungssystemen müssen ganzheitliche Leistungsanforderungen eingehalten werden. Im Rahmen der Projektarbeit wurden die vier angeführten Zustände als technisch-funktionale Aspekte zusammengefasst.

„Dem DWA Merkblatt M 143-14 (2005) ist zu entnehmen, dass Netzbetreiber die Netze rechtssicher betreiben müssen. Es muss sowohl die Rechtssicherheit des Betreibers (Genehmigungen, Erlaubnisse, Gestattungen, etc.) als auch die allgemeine rechtliche Betriebssicherheit (Verkehrssicherungspflichten, Unfallverhütungsvorschriften, mögliche Haftungsansprüche Dritter, Störfallregelungen, etc.) gegeben sein.

Weiters wird angeführt, dass auf betriebswirtschaftlicher Ebene hinsichtlich des Werterhaltes der Netze und Infrastruktur ein „Generationenvertrag“ besteht. Jede Generation nutzt die Leistungen der vorigen Generation und ist dementsprechend der nachfolgenden Generation verpflichtet ein funktionstüchtiges Netz zu hinterlassen. Daraus bedingt sich der Bedarf an Kanalbauaktivitäten, welche durch ganzheitliche Betrachtung erkannt und realisiert werden müssen.“ (SCHWARZ, 2012)

Im Merkblatt DWA-M 143-14 „Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden Teil 14: Sanierungsstrategien“ (2005) werden drei Teilziele, welche von Netzbetreibern verfolgt werden, definiert:

- Technische Teilziele
- Betriebswirtschaftliche Teilziele
- Rechtliche Teilziele

wobei für die technischen Teilziele folgende Unterziele erkannt werden können:

- Dichtheit
- Standsicherheit
- Betriebssicherheit

Jede Sanierungsplanung ist gesetzlichen und (betriebs-) wirtschaftlichen Ansprüchen unterworfen. Der KANSAS Leitfaden (MILOJEVIC et al., 2005) beschäftigt sich mit der Entwicklung einer ganzheitlichen Kanalsanierungsstrategie für Stadtentwässerungsnetze in Deutschland und führt Randbedingungen bzw. Einflussfaktoren an welche, neben technisch-funktionalen Aspekten, bedacht werden müssen:

- Ziele und Planungen anderer Leitungsträger und Beteiligter (Mehrspartenansatz)
- Zustand und Sanierungsmaßnahmen von Hauskanälen

- Zusätzliche Netzbetreiberziele (wie z.B. Fremdwassersanierung, funktionelle Umgestaltung des Kanalnetzes, etc.)

Die im DWA Merkblatt M 143-14 (2005) und die im KANSAS Leitfaden (MILOJEVIC, et al. 2005) angeführten Gesichtspunkte, wurden im Projekt als organisatorisch-wirtschaftliche Aspekte zusammengefasst. Hinsichtlich einer ganzheitlichen Betrachtung ist somit festzuhalten, dass neben technisch-funktionalen Aspekten organisatorisch-wirtschaftliche zu berücksichtigen sind. Zusammengefasst werden kann dies wie folgt:

Technisch-funktionale Aspekte:

- Bauliche
- Betriebliche
- Hydraulische
- Umweltrelevante

Organisatorisch-wirtschaftliche Aspekte:

- Gesetzliche bzw. rechtliche
- (Betriebs-) wirtschaftliche
- Sonstige Randbedingungen und Einflussfaktoren

In der ganzheitlichen generellen Sanierungsplanung wird primär die Erreichung der technisch-funktionalen Teilziele verfolgt. Den größeren Einfluss als in der ganzheitlich generellen Sanierungsplanung haben die organisatorisch-wirtschaftlichen Gesichtspunkte in der detaillierten Sanierungsplanung. Hier wirken sich Rahmenbedingungen, vorhandene Ressourcen und Budgets, etc. als lenkende Aspekte der Sanierungsplanung aus. Diese Ansicht wird auch durch ein Ablaufschema welches im DWA-M 143-14 (2005) enthalten ist bekräftigt, hier beeinflussen betriebswirtschaftliche und rechtliche Teilziele den Ablauf der Sanierungsplanung erst bei der Detailplanung (Auswahl des Sanierungsverfahrens, etc.).

3.2.3 Generelle Sanierungsplanung

Entsprechend dem KANSAS Leitfaden (MILOJEVIC et al., 2005) werden im Rahmen einer generellen Sanierungsplanung:

- Sanierungsalternativen ermittelt, sowie mit Kosten und Nutzungsdauern zusammengestellt
- zwischen den Sanierungsarten (Reparatur, Renovierung und Erneuerung) entschieden
- und anhand von Sanierungsprioritäten die Reihenfolge der Sanierungsmaßnahmen festgelegt.

Wobei unter Berücksichtigung von Netzzusammenhängen und Schadensursachen haltungsweise vorgegangen wird.

„Die generelle Sanierungsplanung gibt den Überblick über Lage, Dringlichkeit, Art und Kosten von erforderlichen Sanierungsmaßnahmen und stellt damit einen zentralen Planungsschritt zur Ermittlung von Kostenbudgets sowie zur planvollen und effizienten Umsetzung der Beseitigung der festgestellten Defizite dar.“ (MILOJEVIC et al., 2005)

Wie in KRETSCHMER et al. (2012) formuliert „[...] ist das primäre Ziel der generellen Sanierungsplanung die Ermittlung von Sanierungsprioritäten auf Gebiets- oder Gesamtnetzebene unter Beachtung der in Frage kommenden Sanierungsarten und den damit verbundenen Grobkosten.“ Dabei wird vorgeschlagen mit einer



Prioritätenreihung auf Grund einer ganzheitlichen Betrachtung der technisch-funktionalen Ebene zu beginnen. Nachdem diese Prioritäten ermittelt sind, sollen eventuelle Sanierungsarten und die daraus resultierenden Grobkosten angedacht werden. Eine endgültige Prioritätenreihung und somit das Grobkonzept der Sanierungsplanung kann festgelegt werden, nachdem organisatorisch-wirtschaftliche Gegebenheiten (im Sinne von Rahmenbedingungen) betrachtet wurden.

Daraus lässt sich erkennen, dass eine Trennung der ganzheitlichen und generellen Herangehensweise nicht sinnvoll bzw. gar nicht möglich ist.

3.2.4 Empfehlungen der DWA – „Leitfaden zur strategischen Sanierungsplanung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden“

Der DWA „Leitfaden zur strategischen Sanierungsplanung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden“ (DWA, 2012) versteht unter strategischer Planung eine umfassende Rahmenplanung, welche Ziele formuliert und Mittel festlegt, mit welchen die Ziele in bestimmten Zeiträumen erreicht werden können. Eine strategische Sanierungsplanung für das Abwassernetz kann sich dabei auf das Gesamtnetz oder auf Teilbereiche davon beziehen. *„An welcher Stelle und zu welchem Zeitpunkt entsprechende Maßnahmen zu ergreifen sind, ist im Rahmen der strategischen Sanierungsplanung von untergeordneter Bedeutung.“* (DWA, 2012)

Dabei muss im Rahmen der Strategieplanung zu Beginn ein Mindestzustand definiert werden, ab welchem aus Sicht des Netzbetreibers Sanierungsbedarf gegeben ist. Zu den wesentlichen Voraussetzungen laut DWA gehören flächendeckende Daten des gesamten betrachteten Entwässerungsnetzes in konsistenter Form, was oftmals eine Überführung in eine einheitliche Form notwendig macht (beispielsweise Überführung der Zustandsdaten aus der optischen Inspektion nach dem zurückgezogenen Merkblatt ATV-M143-2 (1999) in die Nomenklatur der EN 13508-2/A1 (2010) mithilfe des Merkblattes DWA-M 152 (2009)). *„Bei der Umsetzung empfiehlt es sich, in regelmäßigen Abständen im Rahmen des Monitorings eine erneute Gesamtbetrachtung durchzuführen.“* (DWA, 2012)

3.3 Bauliche, betriebliche, umweltrelevante und hydraulische Zustandsbeurteilung

3.3.1 Aktuelle Praxis der Zustandsbeurteilung

Die allgemeine aktuelle Praxis der Herangehensweise an die Kanalsanierungsplanung durch die Kanalisationsunternehmen ist in Kapitel 3.2.1 zusammengefasst. In Kapitel 3.2.1 wird verdeutlicht, dass sich die aktuelle Sanierungsplanung primär auf bauliche Zustandsklassifizierungen (bzw. –bewertung) stützt. Hierbei kommen in Österreich derzeit unterschiedliche Systeme zur Anwendung, z.B.:

- ISYBAU (OFD Niedersachsen, 2010)
- DWA M 149-3 (2007)
- Richtlinie Oberösterreich (Oberösterreichische Landesregierung, 1993)
- ATV-M 149 (1999)

Neben rein baulichen Aspekten (Standssicherheit) finden bei allen Systemen (jedoch mehr oder minder ausgeprägt) weitere Gesichtspunkte Berücksichtigung. In den System nach ISYBAU (OFD Niedersachsen, 2010) bzw. DWA M 149-3 (2007) werden beispielsweise neben der Standssicherheit, die Betriebssicherheit und die Dichtheit bei der Zustandsbewertung einbezogen. Die Richtlinie Oberösterreich (Oberösterreichische Landesregierung, 1993) trifft Aussagen über die Standssicherheit und Dichtheit. Als Ergebnis aller dieser Systeme erfolgt eine Bewertung für einzelne Haltungen (in Form einer Haltungszahl o.ä.). Unter Umständen werden dabei auch Umgebungsdaten wie Grundwasserstand oder anstehende Bodenart mitberücksichtigt. Umweltrelevante Aussagen werden also indirekt über die Dichtheit und/oder Gefährdungspotentiale auf Grund unterschiedlicher Rahmenbedingungen (Grundwasser, Bodenart, etc.) berücksichtigt.

Daneben wird (je nach Fortschritt einzelner Kanalunternehmen) die hydraulische Leistungsfähigkeit (z. B. Hydraulische Zustandsbewertungen, etc.) der Kanalnetze als Kriterium für die Sanierungsplanung berücksichtigt. Derzeit verfügen zwar noch nicht alle Kanalunternehmen über die Möglichkeit einer hydrodynamischen Modellierung, wie sie für diesen Zweck erforderlich wäre, mit den in den letzten Jahren überarbeiteten Regelwerken zum Nachweis des Stand der Technik (ÖWAV, 2007 und ÖWAV, 2009) ist jedoch anzunehmen, dass die Einführung derartiger Werkzeuge zumindest für größere Betreiber längerfristig unumgänglich ist. Dem ist bei der Datenbeschaffung Rechnung zu tragen.

Über die Auswertung von Reinigungsprotokollen können beispielsweise Aussagen zum Betrieb gemacht werden.

Die Sanierungsplanung unterschiedlicher Kanalunternehmen erfolgt in Österreich derzeit noch recht inkonsistent, aber der von der ÖNORM EN 752 (2008) empfohlene Weg einer ganzheitlichen Sanierungsplanung unter Berücksichtigung baulicher, betrieblicher, hydraulischer und umweltrelevanter Aspekte ist zumindest in Ansätzen zu erkennen. Im vorliegenden Projekt wurde darauf geachtet, die bestehenden Praktiken und die Empfehlungen der ÖNORM EN 752 (2008) bestmöglich zu kombinieren. Zustandsbewertungen bzw. daraus ableitbare Zustandsklassenverteilungen als gängige Methoden bei der Prioritätenfindung in der Sanierungsplanung wurden als Ansatzpunkt für (Weiter-) Entwicklungen im vorliegenden Projekt gesehen. Aus Sicht der Projektpartner stellt die Verwendung bzw. Weiterentwicklung bestehender Zustandsbewertungssysteme in Verbindung mit der von der ÖNORM EN 752 (2008) empfohlenen Entwicklung von ganzheitlichen (messbaren) Leistungsanforderungen (= Kennzahlen) den richtigen Weg für die zukünftige Sanierungsplanung dar.



3.3.2 Kennzahlen als messbare Leistungsanforderungen

Für jede Funktionalanforderung müssen entsprechend ÖNORM EN 752 (2008), wie in Kapitel 3.1.1 beschrieben, (messbare) Leistungsanforderungen (Kennzahlen) abgeleitet werden um eine Beurteilung der Leistung des Entwässerungssystems und die Weiterentwicklung von Planungsgrundlagen für dieses zu fördern. Dabei müssen die Leistungsanforderungen regelmäßig überprüft und falls notwendig aktualisiert werden.

„Um eine aussagekräftige Grundlage für den Nachweis der Leistung von Entwässerungssystemen zu schaffen, benötigt es Methoden um diese Leistungen zu erfassen und vergleichbar zu machen. Wie kann jedoch die Effektivität von Abwasserinfrastrukturen gemessen werden? Eine Studie des National Research Council Canada (NRC) über die Messung und Verbesserung von Infrastruktur ((1995) zit. bei (STONE, et al. 2002)) meint folgendes:

“...performance was the degree to which infrastructure provides the services that the community expects of that infrastructure [and] can be defined as a function of effectiveness, reliability and cost....”

Weiters wird angemerkt, dass die Leistung eines Systems nicht verbessert werden kann, ohne diese zu messen. Laut NRC gibt es keine klare Definition einer guten Leistung, diese wird über die Erwartungen der unterschiedlichen Interessensgruppen beschrieben.“ (SCHWARZ, 2012)

Private Betriebe, als auch Unternehmen im öffentlichen Dienst streben im Sinne der Unternehmensziele, sowie aufgrund der Erwartungen unterschiedlicher Interessensgruppen oder Anteilseigner eine hohe Effizienz und Effektivität ihrer Leistungen an. Kanalmanagement, wie es gegenwärtig praktiziert wird, beruht auf Vergleichen zwischen Kostenaufwänden zur Zustandsverbesserung und -erhaltung von Entwässerungssystemen und dem daraus zu erwartenden Nutzen. Für MATOS et al. (2003) stellen Kennzahlen (engl. Performance Indicators PIs) ein nützliches Hilfsmittel zur Abwägung dieses Nutzens dar. Auch DEB und CESARIO (1997; zit. bei MATOS et al., 2003) sehen Kennzahlen als erforderliche Schlüsselinformationen um Effizienz und Effektivität der Leistungserbringung eines Unternehmens zu erfassen. Kennzahlen stellen Informationen dar, welche eine quantitative Vergleichbarkeit von Leistungsbewertungen („metric Benchmarks“) für Unternehmen ermöglichen (LARSSON et al., 2002; zit. bei MATOS et al., 2003). Dadurch können interne Unternehmensleistungen nachvollziehbar gemacht werden und den Leistungen anderer vergleichbarer Unternehmen gegenübergestellt werden. Bereiche mit verhältnismäßig guter Leistung, als auch Bereiche mit Verbesserungsbedarf können dadurch sowohl zeitlich als auch hinsichtlich vordefinierter Ziele, identifiziert werden.

Für ASHLEY et al. (2002; zit. bei MATOS et al., 2003) kann eine nachhaltige, kanalbezogene Wasserwirtschaft nur durch die Anwendung von Kennzahlen, erreicht werden, da diese über die beste Lösung von Leistungserbringungen informieren.

„Nach MATOS et al. (2003) können Kennzahlen von unterschiedlichsten Organisationen verwendet werden um Leistungen zeitlich, regional, national oder international in ihrer historischen Entwicklung beziehungsweise gegenüber vergleichbaren Organisationen zu beurteilen. Die zeitliche Entwicklung der Kennzahlen zeigt eventuelle Leistungsverbesserungen oder –verschlechterungen, sodass Maßnahmen getroffen werden können, bevor schwerwiegende Probleme in der Leistungserfüllung auftreten. Bei Anwendung der Kennzahlen auf neue Systeme können Effektivitäts- und Effizienzvergleiche mit anderen Unternehmen oder bestehenden Systemen durchgeführt werden.“

Mögliche Gründe für die Anwendung von Kennzahlen (MATOS, et al. 2003):

- zur Unterstützung bei der strategischen und strukturierten Planung

- zur Begünstigung zeitnaher und qualitativer Reaktionen der Führungsebene
- zur einfacheren, strukturierten Überwachung der Effekte durch Führungsentscheidungen
- zum Erhalt wichtiger Informationen für eine pro-aktive Herangehensweise; bevorzugt gegenüber Reaktionen auf bereits eingetretene Störungen
- zum Identifizieren von Stärken und Schwächen einzelner Bereiche, gegebenenfalls zur Auffindung verbesserungsbedürftiger Bereiche
- zur Unterstützung bei der Einführung von lückenlosen Qualitätsmanagementsystemen zur Verbesserung der Qualität und Effizienz in Organisationen
- zur Umsetzung von Benchmarking Untersuchungen, sowohl für interne Leistungsvergleiche verschiedener Bereiche oder Systeme, als auch extern für Vergleiche zwischen ähnlichen Unternehmungen.
- zum Erhalt von aussagekräftigen, wissenschaftlichen, technischen, finanziellen und personellen Informationen für Unternehmensaudits“ (SCHWARZ, 2012)

In den europäischen Staaten ist die Anwendung von Kennzahlen zum Zwecke des Kanalmanagements weder weit verbreitet noch standardisiert. Lediglich in Großbritannien gibt es Ansätze dafür. Nach STONE et al. (2002) sind genaue Definitionen und Standardisierungen für Kennzahlen wesentlich um einen Vergleich innerhalb, sowie zwischen verschiedenen Ländern, Regionen und Systemen zu ermöglichen. Wobei für MATOS et al. (2003) die Datenintensivität als Hauptproblematik bei der Definition von Kennzahlen gesehen werden kann. Die Beschaffung von Daten ist meist sehr kostspielig.

3.3.2.1 Struktur von Kennzahlen

Die IWA (International Water Association) (MATOS et al., 2003), welche ihrerseits die derzeit umfassendste Liste an Kennzahlen für Abwassersysteme entwickelt hat, beschreibt Kennzahlen als Verhältnisswerte unterschiedlicher Variablen. Variable quantifizieren Daten verschiedener Gebiete, bedeutender Elemente oder interessanter Punkte. Eine Variable kann für sich alleine keine Kennzahl darstellen, jedoch Kontextinformation (engl. Context Information = CI) liefern. *„In der Anwendung sind viele der Kennzahlen Verhältnisse gleicher Einheiten, dementsprechend sind ihre Ergebnisse dimensionslose Werte. Manche Kennzahlen können als Prozentzahlen dargestellt werden, indem diese mit dem Faktor 100 multipliziert wird. Sollten Prozentwerte größer als 100 möglich sein, wird die Kennzahl nicht als Prozentzahl dargestellt.“* (SCHWARZ, 2012)

3.3.2.2 Kontextinformationen

„Nach MATOS et al. (2003) agieren abwasserwirtschaftliche Unternehmen in einem vielfältigen Kontext: Regionale Charakteristiken, Charakteristiken der verwalteten Abwasserinfrastruktur und herrschende Richtlinien und Regeln hinsichtlich Finanzierung und Verwaltung der Unternehmen. Auch regionale, gesetzliche und institutionelle Beschränkungen beeinflussen die abwasserwirtschaftlich tätigen Betriebe. Diese Kontextinformationen beeinflussen die Leistungen der Unternehmen wesentlich. Zur Beurteilung von Leistungen muss deshalb der Kontext in welchem der Betrieb tätig ist berücksichtigt werden.“

Die Kontextinformationen sind zum Identifizieren und Vergleichen von Unternehmen mit ähnlichen Charakteristiken sinnvoll. Kontextinformationen können des Weiteren dazu beitragen unterschiedliche Leistungen beim Vergleich von Unternehmungen zu erklären (WERF 1997; zit. bei (MATOS, et al. 2003)).

Kontextinformationen beinhalten Informationen welche bei der Beschreibung und Interpretation der Kennzahlen hilfreich sein können.“ (SCHWARZ, 2012)



3.3.2.3 Entwicklung eines adäquaten Kennzahlensystems

Die Entwicklung von Kennzahlen beziehungsweise die Auswahl oder Adaptierung bestehender Kennzahlen muss besonders sorgfältig geschehen um den zukünftigen Anforderungen eine geeigneten Kennzahlensystems zu genügen. Die DVGW und DWA fassen Ansprüche an die Auswahl eines geeigneten Kennzahlensystems folgendermaßen zusammen:

„Welches Kennzahlensystem [...] verwendet wird, hängt von der Zielsetzung der Unternehmen (und damit des Projektes) und den Möglichkeiten des Koordinators ab. Es kann auf bereits erprobte Kennzahlensysteme zurückgegriffen werden. Viele der bisher in Deutschland verwendeten Systeme im Unternehmens-Benchmarking Wasser sind an das erprobte IWA-Kennzahlensystem für Trinkwasser angelehnt [IWA, 2000]. Für den Bereich Unternehmensbenchmarking Abwasser existieren bereits teilweise seit Jahren bewährte Kennzahlensysteme, die ebenfalls den Aufbau des IWA-Kennzahlensystems Abwasser in weiten Teilen wiedergeben [IWA, 2004]. Es sind aber auch jederzeit Modifikationen bzw. Neuentwicklungen möglich. In einigen Fällen ist ein Anpassen eines vom Moderator angebotenen Kennzahlensystems auf die Projektgruppe nötig, da immer die jeweiligen Besonderheiten zu berücksichtigen sind.“ (DVGW und DWA, 2005)

Bei der Auswahl eines geeigneten Kennzahlensystems muss weiters auf folgende Kriterien geachtet werden (DVGW und DWA, 2005):

- Anwendbarkeit auf die Unternehmen der Projektgruppe
- Kompatibilität zu anderen Projekten
- nationale/internationale Vergleichbarkeit der Zahlen
- Verwendbarkeit der Zahlen für spätere Folgeprojekte
- Vorgaben eines gewünschten Koordinators

Mit Bezug auf das von der IWA veröffentlichte Handbuch „Performance Indicators for Wastewater Services“ (MATOS et al., 2003), sind laut KANFUNK Endbericht (GANGL et al., 2006) folgende drei Phasen bei der Einführung von Kennzahlen zu berücksichtigen:

- Phase 1: Zieldefinition, Anwendungsbereich, Teamanforderungen, Teamernennung
- Phase 2: Vorauswahl, Einteilung nach Wichtigkeit, Auswahl, Definition der Datenflüsse, Pilottest, Endauswahl
- Phase 3: genaue schriftliche Festlegung der Durchführungsvorschriften, endgültige Einführung der Kennzahlen

Zusätzlich ist bei der Einführung von Kennzahlensystemen folgendes zu beachten (GANGL et al., 2006):

- *„Das Kennzahlensystem steht und fällt mit den Benutzern der Kennzahlen. Nur indem die Indikatoren von den Anwendern als wichtig erachtet werden, werden sie zu Indikatoren. Dies beginnt bei der Bildung der Kennzahlen, geht über die Implementierung im Unternehmen, und endet mit der regelmäßigen Nutzung und Überarbeitung.“*
- *Die Einführung eines Kennzahlensystems muss unter Miteinbeziehung von Mitarbeitern aus den unterschiedlichsten Bereichen und unterschiedlichsten Führungsebenen erfolgen. Auf diese Weise werden alle Sichtweisen berücksichtigt und die Akzeptanz wird gesteigert.“*

Bei der Anwendung der definierten Kennzahlen ist folgendes zu berücksichtigen (GANGL et al., 2006):

- *„Das Verhältnis zwischen Aufwand und Nutzen muss immer in einem für das Unternehmen vertretbaren Bereich liegen.“*
- *Ob eine Kennzahl wirklich verwendet wird, kann erst durch einen Pilottest (Erprobung der Datenflüsse und des Zeitaufwandes) endgültig entschieden werden.“*

- *Wird eine Kennzahl definiert und implementiert, so ist ein gewisser Zeitraum notwendig, bis die Kennzahl wirklich im Betriebsalltag integriert und gefestigt ist.*
- *Die Implementierung von Kennzahlen ist nie zur Gänze abgeschlossen, sondern ein ständiger Prozess. Vorschriften, technische Verfahren und betriebliche Methoden ändern sich. Auf diese müssen die Indikatoren immer wieder abgestimmt werden.“*

3.3.2.4 Existierende Kennzahlensysteme

Der erste Schritt bei der Entwicklung von Kennzahlen im Projekt stellte eine umfassende Literaturrecherche bestehender Kennzahlensysteme dar. Die Kennzahlen bestehender Systeme wurden hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit in der Praxis der teilnehmenden Kanalisationsunternehmen überprüft. Für die bereits existierenden Kennzahlen wurden in Workshops verbale Beurteilungen aller Kanalisationsunternehmen zusammengetragen und über eine endgültige Berücksichtigung im Projekt entschieden. Aufbauend auf den bereits existierenden Kennzahlen konnte außerdem eine Adaptierung, entsprechend der Praxisansprüche der beteiligten Kanalunternehmen, erfolgen.

Die umfangreichste aller Kennzahlensammlungen ist jene der IWA (MATOS et al., 2003). Die IWA hat für Wasserversorgungs- und Abwassersysteme eine umfassende Kennzahlensammlung entwickelt, welche die Basis vieler Benchmarks (EBC, 2011) und Softwareprogramme (z. B. CARE-S, etc.) bildet.

„Des Weiteren wurden bereits in der Unternehmenspraxis angewandte, durch einige Betreiber selbst entwickelte, Kennzahlen zusammengetragen. Weitere Quellen stellten insbesondere einige in Österreich dem Stand der Technik entsprechenden ÖWAV Regelblätter dar. Auch Erkenntnisse aus den deutschen Arbeitshilfen Abwasser zu Planung, Bau und Betrieb von abwassertechnischen Anlagen (OFD Niedersachsen 2010) sowie aus Merkblättern der DWA erwiesen sich als äußerst hilfreich.“ (SCHWARZ, 2012)

Zur Darstellung verfügbarer Kennzahlen (-systeme) und dem Stand der Technik entsprechende Erkenntnisse wurden folgenden Literatur- bzw. Informationsquellen berücksichtigt (SCHWARZ, 2012):

- IWA: „Performance Indicators for Wastewater Services“ (MATOS et al., 2003)
- ÖWAV (WIM): „Zieldefinitionen und Leistungsbeurteilung bei der strategischen Sanierungsplanung und Betriebsoptimierung von Kanalisationsunternehmen“ (ERTL und KRETSCHMER, 2008)
- ISYBAU: Arbeitshilfen Abwasser „Planung, Bau und Betrieb von abwassertechnischen Anlagen in Liegenschaften des Bundes“ (OFD Niedersachsen, 2010)
- DWA M149-3: Merkblatt DWA M149-3 „Zustandserfassung und –beurteilung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden - Teil 3: Zustandsklassifizierung und –bewertung“ (DWA-M 149-3, 2007)
- DACH: D-A-CH-Arbeitsgruppe „Schlüsselkennzahlen für die Abwasserentsorgung“ (D-A-CH Arbeitsgruppe, s.a.)
- DWA: „Unternehmensbenchmarking als Bestandteil der Modernisierungsstrategie - Kennzahlen und Auswertungsgrundsätze“ (DWA, 2008)
- Linz AG: Kennzahlen der praktischen Anwendung im Betrieb der Linz AG wurden im Zuge der Arbeit persönlich kommuniziert (HEINDL, 2010; HEINDL, 2011)
- EBC: „Learning from International Best Practices - 2010 Water & Wastewater Benchmark“ (EBC, 2011)



- ISO: ISO 24511 - Guidelines for the management of wastewater utilities and for the assessment of wastewater services (ISO 24511, 2007)
- ÖWAV: Regelblatt RB11 „Richtlinien für die abwassertechnische Berechnung und Dimensionierung von Abwasserkanälen“ (ÖWAV, 2009), RB22 (Entwurf) „Betrieb, Wartung und Überprüfung von Kanalanlagen“ (ÖWAV, 2011a), RB19 „Richtlinien für die Bemessung von Mischwasserentlastungen“ (ÖWAV, 2007) sowie RB42 „Unterirdische Kanalsanierung – Hauskanäle“ (ÖWAV, 2011b), RB9 „Richtlinien für die Anwendung der Entwässerungsverfahren“ (ÖWAV, 2008), RB35 „Behandlung von Niederschlagswässern“ (ÖWAV, 2003)
- ÖNORM: B 2503 (2009) „Kananlagen - Ergänzende Richtlinien für die Planung, Ausführung und Prüfung“, EN 1610 (1998) „Verlegung und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen“

Die zusammengefassten Ergebnisse für bestehende Kennzahlen aus der Literaturrecherche sind in Kapitel 4.2.1.1 zu finden.

3.3.2.5 Selektion adäquater Kennzahlen für die praxisnahe Kanalsanierungsplanung

Um die Leistung des Systems zu beurteilen und Weiterentwicklungen von Planungsgrundlagen zu fördern, müssen von jeder Funktionalanforderung (messbare) Leistungsanforderungen (Kennzahlen) abgeleitet werden (ÖNORM EN 752, 2008). Im Projekt wurde das Hauptaugenmerk bei der Entwicklung von Kennzahlen als (messbare) Leistungsanforderungen auf einige besonders wichtige Funktionalanforderungen gelegt. Die Vorgehensweise und Gründe hierfür sind in Kapitel 3.1.4 beschrieben. Für Funktionalanforderungen, welche diesen Kriterien nicht entsprechen, wurden im weiteren Verlauf des Projektes keine existierenden Kennzahlen berücksichtigt bzw. neue entwickelt.

Ungeachtet dessen, können die Kennzahlen aus der Literaturrecherche für diese Funktionalanforderungen jedoch als Status Quo der aktuellen Kennzahlensystematik erachtet werden und stellen eine potentielle Quelle für zukünftige umfassendere Betrachtungsweisen für den Teilbereich der Kanalsanierungsplanung dar.

„Eine erste Selektion in Richtung der anwendbaren Kennzahlen mit reduziertem Umfang erfolgt analog. Das heißt, dass Kennzahlen welche diesen Funktionalanforderungen zugeordnet sind ebenfalls nicht weiter betrachtet werden. Für zukünftige Anwendungen kann jedoch auf diese Grundlage zurückgegriffen werden, sollte eine nachträgliche Erweiterung des Kennzahlenumfangs beziehungsweise die Betrachtung zusätzlicher Funktionalanforderungen notwendig erscheinen.“ (SCHWARZ, 2012)

Eine Verdichtung des zu entwickelnden Kennzahlensystems erfolgte also für die entsprechend Kapitel 3.1.4 wesentlichsten Funktionalanforderungen. Hierzu wurden bestehende Kennzahlen bzw. im Projekt entstandene Vorschläge hinsichtlich der Anwendbarkeit in der Praxis beurteilt.

Kriterien für die Anwendbarkeit von Kennzahlen

Bei der Anwendung von Kennzahlen kann es, wie unter anderem in Kapitel 3.1.4 beschrieben, zu Umsetzungsschwierigkeiten kommen. Um die bestmögliche Anwendbarkeit der im Projekt definierten Kennzahlen in der Praxis sicherzustellen, wurden die Kennzahlen (der berücksichtigten Funktionalanforderungen) im Zuge der Projektarbeit auf ihre praktische Anwendbarkeit hin überprüft. Neben Diskussionen in den Workshops wurden laufend aktualisierte Kennzahlenlisten an die Betreiber ausgeschickt, um versuchsweise Berechnungen der Kennzahlen zu ermöglichen.

Ein Hauptkriterium für die Anwendbarkeit stellten die derzeit verfügbaren Möglichkeiten der Ermittlung in der Praxis dar. Insbesondere wurde geprüft, ob Daten welche zur Berechnung der Kennzahlen benötigt werden

vorhanden sind und ob (technische) Hilfsmittel oder geeignete Instrumente zur Erhebung von (potentiellen) Daten verfügbar sind.

Als weiteres Kriterium wurden die Kennzahlen auf mögliche Überschneidungen hinsichtlich ihrer Aussagekraft geprüft. Bei Vorhandensein zweier oder mehrerer Kennzahlen mit identischer, ähnlicher oder sinngleicher Bedeutung wurde lediglich die Aussagekräftigste weiter geprüft.

Einige Kennzahlen beschreiben keine technisch-funktionalen Eigenschaften von Entwässerungssystemen. Sie beschreiben beispielsweise Kosten, Energieaufwendungen oder Leistungen des Unternehmens, erlauben jedoch keinen direkten Rückschluss über den technisch-funktionalen Zustand der Kanalisation, von welchem sich ein potentieller Handlungsbedarf ableiten lassen würde. Dieser Aspekt stellte ein weiteres Kriterium für die Anwendbarkeit der Kennzahlen als Instrument in der praxisnahen Sanierungsplanung dar.

Die Kriterien können wie folgt zusammengefasst werden (SCHWARZ, 2012):

- Vorhandene Aussagekraft über die technisch-funktionalen Eigenschaften des Entwässerungssystems?
- Vorhandensein zweier oder mehrerer Kennzahlen mit selber, ähnlich oder sinngleicher Bedeutung?
- Derzeitige Möglichkeiten der Ermittlung in der Praxis vorhanden (insbesondere Datenverfügbarkeit, technische Hilfsmittel und geeignete Instrumente)?

Resultat dieser Überprüfung war die Einteilung der Kennzahlen in drei mögliche Gruppen:

- Gute Anwendbarkeit der Kennzahl gegeben.
- Derzeit ungenügende Anwendbarkeit der Kennzahl gegeben, zukünftige Anwendung denkbar (ungenügend genaue Definition vorhanden (Definitionsproblem); geringe Aussagekraft über technisch-funktionale Gegebenheiten; durch hydrodynamische Modellierung ermittelbar jedoch nur mit großem Aufwand, derzeit ist die Modellierung in der Praxis jedoch noch nicht bei jedem Unternehmen vorhanden; ungenügend erfasst; etc.).
- Keine Anwendbarkeit der Kennzahl gegeben (keine Aussagekraft über technisch-funktionale Gegebenheiten; bereits durch andere Kennzahl selber oder ähnlicher Bedeutung (besser) erfasst; keine konkrete Kennzahl vordefiniert; keine (ausreichenden) Daten zur Ermittlung in der Praxis vorhanden (Datenverfügbarkeit); etc.)

Die Einschätzungen aus dieser Bewertung beziehen sich auf den aktuellen Wissensstand, bieten jedoch zukünftigen Freiraum für eine eventuelle Adaption des Kennzahlensystems. Jene Kennzahlen für welche eine gute Anwendbarkeit in der Praxis zu erwarten ist, werden in der vorgeschlagenen Kennzahlensystematik berücksichtigt.

3.3.3 Eingangsdaten für die Kennzahlenevaluierung

„Zur Ermittlung der Kennzahlen werden Eingangsdaten benötigt. Diese können Rechengrößen, Mess-, Schätz- oder Erfahrungswerte, Faktoren oder Beiwerte sein, aber auch zusätzliche nichtmathematisch handhabbare Informationen oder Beschreibungen, die zur Bestimmung einer Kennzahl notwendig sind. Im Regelfall sind sämtliche Eingangsdaten die einer Kennzahl zugeordnet sind Minimalanforderungen zur Ermittlung dieser. Optionale Eingangsdaten, die eventuell zu einer höheren Genauigkeit oder dergleichen führen, jedoch zur Ermittlung nicht zwingend notwendig sind, wurden aus dem bereits erläuterten Grund der Datenminimierung ausgespart [...]. Mittels mathematischer Operationen oder standardisierter Methoden lassen sich aus den Eingangsdaten Kennzahlen ableiten.“ (SCHWARZ, 2012)



Für alle als anwendbar erachteten Kennzahlen (siehe Kapitel 3.3.2.5) mussten jene Eingangsdaten welche zur Evaluierung erforderlich sind bestimmt werden. Wie bei SCHWARZ (2012) angeführt, wurde darauf geachtet den Datenumfang so klein wie möglich zu halten um aufwendige Erhebungsarbeiten durch die Kanalunternehmen möglichst zu vermeiden. Die Bestimmung der erforderlichen Eingangsinformationen erfolgte Großteils anhand existierender Literatur (siehe Kapitel 3.3.2.4). Daneben wurde auf Rückmeldungen der Kanalunternehmen, zu den laufend aktualisierten und ausgesendeten Kennzahlenlisten, Bedacht genommen und die Erkenntnisse daraus entsprechend verwertet.

Die Ergebnisse zu den erforderlichen Eingangsdaten inklusive der Methoden zur Evaluierung der entwickelten Kennzahlen bzw. Kontextinformationen sind in Kapitel 4.2.2 zusammengefasst.

Datenbeschaffung

Auch wenn bei der Erarbeitung der Kennzahlen versucht wurde, den potentiellen Aufwand bei der Datenbeschaffung zu minimieren, soll darauf hingewiesen werden, dass Eingangsdaten in entsprechender Qualität unumgänglich für deren Berechnung sind. Im „Leitfaden Benchmarking für Wasserversorgungs- und Abwasserbeseitigungsunternehmen“ (DVGW und DWA, 2005) heißt es:

„Die Datenbeschaffung ist die zentrale Arbeit in Benchmarking-Projekten. Die Aussagekraft der Kennzahlenergebnisse und der Erkenntnisgewinn hängen maßgeblich von der Datenqualität ab, die durch geeignete Maßnahmen deutlich gesteigert werden kann.“

und weiter:

„Die Ermittlung von Daten in den Unternehmen ist eng mit der erzielbaren Datengenauigkeit verbunden. In einfachen Fällen können Daten direkt abgelesen oder genau errechnet werden (z. B. Finanzdaten). Andere Daten sind ungenauen Quellen zu entnehmen oder abzuschätzen (z. B. Wasserverluste). Belastbare Aussagen lassen sich nur mit ausreichend genauen Daten erreichen.“

Eingangsdaten müssen, wenn nicht vorhanden, beschafft werden.

3.3.4 Kennzahlenevaluierung

Bei bekannten Eingangsdaten lassen sich *„mittels mathematischer Operationen oder standardisierter Methoden [...] Kennzahlen ableiten“*. (SCHWARZ, 2012)

Um die Kennzahlenevaluierung durch Kanalunternehmen zu ermöglichen, wurden für die vorgeschlagenen Kennzahlen Anleitungen zu deren Ermittlung zusammengefasst. In diesen werden neben Angaben zur Ermittlung (z. B. Formel für die Berechnung) alle dafür notwendigen Eingangsinformationen (wenn relevant inkl. Kürzel und Einheit) beschrieben. Ebenso werden allfällige Definitionen und Erläuterungen angeführt.

Eine nachträgliche Erweiterung des Umfangs an Kennzahlen kann ebenso individuell erfolgen, wie eine notwendige Adaptierung der vorgeschlagenen. Beispielsweise könnten Änderungen der Definition einzelner Kennzahlen erfolgen, um die zu treffenden Aussagen an unterschiedliche Gegebenheiten anzupassen (z. B. an unterschiedliche Zustandsbewertungssysteme (z. B. vier statt fünf Klassen, gestürzte Notenskala, etc.)).

Für Kennzahlen bzw. Kontextinformationen welche ursprünglich aus einer der in Kapitel 3.3.2.4 beschriebenen Quellen stammen, wurden die Methoden zur Evaluierung der jeweiligen Literatur entnommen und an die Erfordernisse der Kanalunternehmen angepasst. Anpassungen bestehender Kennzahlen bzw. Kontextinformationen sowie Neuentwicklungen erfolgten in enger Zusammenarbeit mit den Projektpartnern. In Workshops, via digitalen Aussendungen oder bei Betriebsbesuchen konnte über den Fortschritt diskutiert

werden und Änderungen, welche in Folge berücksichtigt wurden, reklamiert werden. In der im Rahmen des Projektes entstandenen Masterarbeit von SCHWARZ (2012) wurden erste Zwischenergebnisse der Kennzahlenevaluierung zusammengefasst. Diese Zwischenergebnisse wurden weiter verfeinert. Alle im Projekt entwickelten bzw. zusammengefassten Evaluierungsmethoden, für vorgeschlagene Kennzahlen bzw. Kontextinformationen, werden in Kapitel 4.2.2 detailliert beschrieben.

3.3.5 Service Levels als Gradmesser der Zielerreichung von Sanierungsmaßnahmen

Wie bereits im Verlauf der Projektbearbeitung zusammengefasst wurde, lassen sich Service Levels wie folgt definieren: *„Um die Einhaltung der einzelnen Funktionalanforderungen darzustellen, ist die Definition von messbaren Kennzahlen (Leistungsanforderungen) sowie entsprechender Service Levels, die eine funktionelle Mindestanforderung darstellen, notwendig.“* (KRETSCHMER et al., 2012)

und weiter:

„Die Ermittlung der einzelnen Kennzahlen und der Vergleich der Berechnungsergebnisse mit den entsprechenden Service Levels gibt Hinweis darauf, ob bei der Kanalisation im betrachteten Gebiet Handlungsbedarf hinsichtlich der untersuchten Funktionalanforderung besteht.“ (KRETSCHMER et al., 2012)

sowie:

„Service Levels stellen somit Mindestanforderungen für die messbaren Leistungsanforderungen (Kennzahlen) dar, die es einzuhalten gilt. Nichteinhalten bei Vergleich induziert Handlungsbedarf. Sie stellen einen Sollzustand dar, welcher im Vorhinein definiert werden muss und an dem der Grad der Zielerreichung gemessen werden kann.“ (SCHWARZ, 2012)

Service Levels fungieren als Gradmesser der Zielerreichung von Sanierungsmaßnahmen. Sind alle Service Levels für Kennzahlen einer Funktionalanforderung eingehalten, besteht hinsichtlich dieser Funktionalanforderung kein Handlungsbedarf im untersuchten (Teil-) Gebiet. Die verfügbaren Ressourcen können dann in Bereichen mit bekannten Defiziten gezielt eingesetzt werden oder der laufende Betrieb kann weiter optimiert werden. Wird einer oder mehrere Service Levels nicht eingehalten sind Maßnahmen zu treffen, um mittelfristig das Erreichen der definierten Zielwerte sicherzustellen.

Die Erarbeitung von Service Levels im Projekt erfolgte in den Workshops. Von den Universitäten vorgeschlagene Kriterien für die Zielerreichung von Sanierungsmaßnahmen wurden diskutiert und stetig angepasst.



3.4 Risikoanalyse

3.4.1 Grundlagen

In diesem Kapitel werden Risikoanalysen und ihre Anwendungsmöglichkeiten in der Sanierungsplanung vorgestellt. Dazu wird die in INFOSAN entwickelte Methode zur Beurteilung von Haltungen (für Schächte gelten die Ausführungen sinngemäß) auf Basis von Risikobewertungen vorgestellt.

Grundsätzlich gliedert sich jede Risikoanalyse in folgende drei Schritte:

- Gefahrendefinition und Beschreibung von unerwünschten Ereignissen
- Risikoabschätzung und –bewertung
- Maßnahmenplanung zur Risikoreduzierung

Der erste Schritt, die Definition von Gefahren, implementiert die Festlegung von unerwünschten Ereignissen (z. B. Sackung infolge von Kanalschäden, Kellerüberflutung infolge eines Überstauereignis, Nichteinhaltung von definierten Service Levels, etc.), die infolge von Gefahren (bauliche Mängel, Vernachlässigung von Betrieb und Instandhaltung, hydraulische Überlastung, etc.) eintreten können. Wie hoch das Risiko eines unerwünschten Ereignisses ist, bestimmt die Wahrscheinlichkeit des Ereigniseintritts (z. B. Alter bzw. Material des Kanals, Einbaubedingungen, Wiederkehrintervall Regenereignis,...) und die Schadenskonsequenz bei Ereigniseintritt (Lage des Kanals in Wiese, Nebenstraße, Hauptverkehrsader oder unter Gebäude, Auswirkung des Versagens eines Elements auf die Systemleistungsfähigkeit, etc.). Sowohl Eintrittswahrscheinlichkeit als auch Konsequenz können entweder empirisch aufgrund von Erfahrungen oder basierend auf Datenauswertungen (Niederschlagsstatistiken, Zustandsdaten, etc.) gewählt werden. Die Beurteilung der hydraulischen Konsequenz geschieht am besten modellbasiert, da so auch nicht offensichtliche Zusammenhänge (z. B. Haltungseinsturz führt zu Überflutungen an einer anderen Stelle im System) quantitativ beschrieben werden können. Das Risiko ist dann definiert als Produkt aus Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadenskonsequenz. Im zweiten Schritt einer Risikoanalyse werden somit alle maßgeblichen Objekte (hier Haltungen und Schächte), auf welche die verschiedenen Gefahren im betrachteten System wirken, einer Risikobewertung unterzogen.

Für jene Objekte, bei denen der Eintritt eines oder mehrerer unerwünschter Ereignisse ein akzeptables Risiko übersteigt, können in einem dritten Schritt Maßnahmen zur Risikoreduzierung abgeleitet werden. Diese stellen im Kontext zum gegenständlichen Projekt Maßnahmen der Systemadaptierung, der Reparatur, der Renovierung oder der Erneuerung dar. Die Auswahl der geeigneten Verfahren zur Risikoreduzierung ist nicht Gegenstand der hier entwickelten Methoden.

In INFOSAN wurden maßgebliche Gefahren und unerwünschte Ereignisse im Kontext zum baulichen, betrieblichen, hydraulischen und umweltrelevanten Zustand definiert und die Konsequenzen auf unterschiedliche Funktionalanforderungen (z. B. Aufrechterhaltung des Abflusses, Schutz vor Überflutung, Grundwasserschutz, Gefährdung angrenzender Bauten, etc.) untersucht. Die möglichen unerwünschten Ereignisse wurden in Hinblick auf die einzuhaltenden und als relevant eingestuften Funktionalanforderungen definiert.

Haltungen, welche die Einhaltung von Funktionalanforderungen aufgrund unerwünschter Ereignisse gefährden, können über eine Risikobewertung identifiziert werden. Im Rahmen des Projektes wurde definiert, dass die Risikobewertung in INFOSAN in Anlehnung an die FMEA (Failure Modes and Effects Analysis) (DIN, 2006) erfolgt. Ein Ziel der FMEA ist es, Objekte entsprechend ihrer Risiken in Abhängigkeit einer sogenannten Risikoprioritätszahl zu reihen. In Erweiterung der bereits angesprochenen kombinierten Betrachtung von Ereigniseintrittswahrscheinlichkeit und –konsequenz ist in der FMEA die Einbeziehung einer Entdeckenswahrscheinlichkeit vorgesehen.

Im Zuge einer FMEA werden z. B. für jedes Betriebsmittel (hier Haltung) je eine Kennzahl

- zur Bedeutung des Fehlers im Netz (Fehlerkonsequenz, Vulnerabilität von Systemkomponenten),
- zur Auftretenswahrscheinlichkeit der Fehlerursache und
- zur Entdeckungswahrscheinlichkeit des Fehlers

ermittelt. Das Produkt dieser drei Kennzahlen ergibt gemäß FMEA eine Risikoprioritätszahl (RPZ), auf deren Grundlage eine Rangfolge der Risiken ermittelt wird. In dem im Projekt abgeleiteten Verfahren zur Risikoanalyse wurde die Entdeckungswahrscheinlichkeit, die im starken Kontext zum Gefahrenmonitoring steht, nicht einbezogen, da die Ermittlung dieser Wahrscheinlichkeit mit zusätzlichen Unsicherheiten behaftet ist.

Dadurch ergibt sich neben der Reihung der Objekte mittels RPZ ein zweidimensionales Ergebnis der Risikoanalyse, welches in einer Risikomatrix abgebildet werden kann (Abbildung 3). Diese Art der Ergebnisinterpretation ermöglicht es, auch Maßnahmen gezielt in Richtung Risikovermeidung zu lenken, indem eine der Komponenten (Ereigniswahrscheinlichkeit oder Ereigniskonsequenz) entschärft wird. Bei einer reinen Betrachtung nur einer der beiden Komponenten ist dies nicht möglich, ebenso geht diese Information bei der reinen Reihung mittels RPZ verloren. Im Projekt wird in weiterer Folge der Begriff als Failure Risk Index (FRI) abgeleitet aus FRIEDL et al. (2012) anstelle der RPZ verwendet. Die Definition des FRI wird in Kapitel 3.4.2 näher beschrieben.

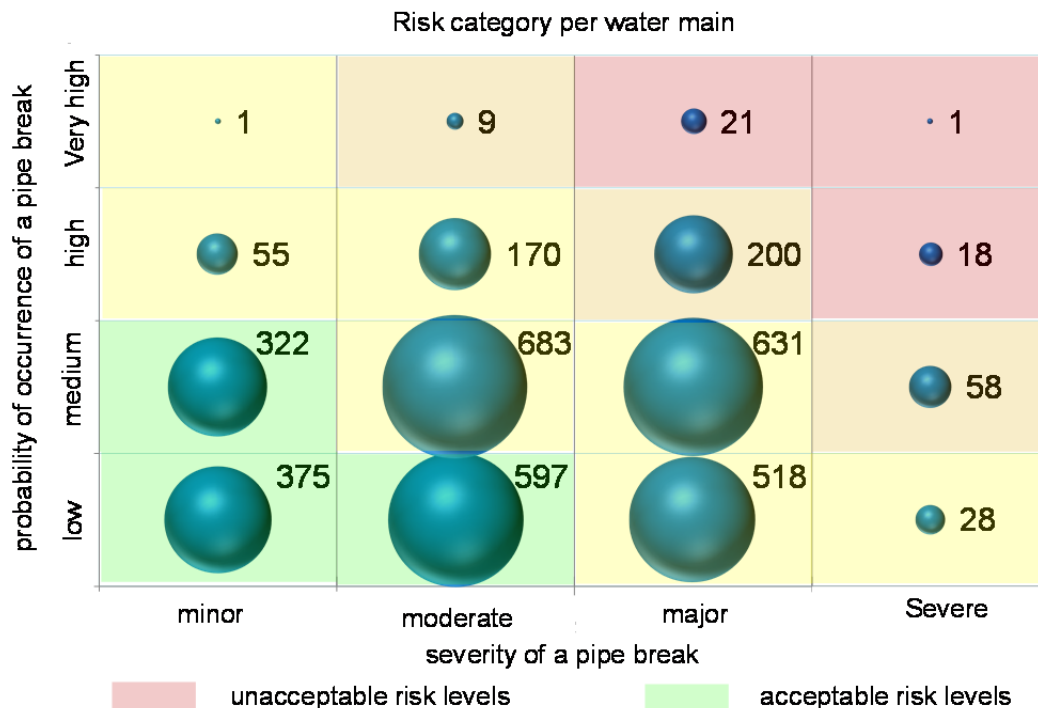


Abbildung 3: Risikomatrix mit Risikokategorien für Rohrbrüche an Transportleitungen eines österreichischen Wasserversorgungsnetzes (FRIEDL und FUCHS-HANUSCH, 2011)

Bei allen am Projekt beteiligten Kanalisationsunternehmen wurden exemplarisch bereits Risikoüberlegungen angestellt. Die Entwicklung eines österreichweiten, einheitlichen Ansatzes wurde unter den teilnehmenden Kanalisationsunternehmen als wünschenswert angesehen. Für eine risikoorientierte Priorisierung in der Sanierungs- und Inspektionsplanung wurde festgelegt, die Risikobewertung auf Haltungsebene (bzw. sinngemäß auf Schachtebene) durchzuführen, da auch die „klassische“ Zustandsbeurteilung entsprechend erfolgt.

Eine risikoorientierte Bewertung von Haltungen ermöglicht es aus einer Vielzahl von gleich prioritären Haltungen, die aus der „klassischen“ Zustandsbeurteilung abgeleitet wurden, jene zu identifizieren, die das



höchste Risiko in Hinblick auf die Einhaltung einer oder mehrerer Funktionalanforderungen darstellen. Bei der Risikobewertung spielt demnach die Leistungsfähigkeit der Entwässerungsnetze eine besondere Rolle.

Beim Ausfall von Komponenten oder anderen Systemveränderungen der Abwassernetze kann auch die Entwässerungsleistung beeinträchtigt werden. Für einen sicheren und stabilen Betrieb auch in kritischen Situationen ist die Kenntnis von Schwachstellen beziehungsweise von maßgebenden Komponenten für die Leistungsfähigkeit des Systems wichtig (FRITSCH, 2010). Zur Untersuchung der Bedeutung von Fehlern sind numerische Modelle besonders geeignet. Mit modelltechnischen Untersuchungen können die Auswirkungen von unterschiedlichen Ausfallszenarien untersucht und verglichen, sowie - darauf aufbauend - entsprechende Gegenmaßnahmen geplant werden. Darüber hinaus bieten räumliche Analysen durch Verschneidungen von Geoinformation über Gefährdungen und über gefährdete Objekte die Möglichkeit den Grad des lokalen Risikos zu quantifizieren. Das Vorhandensein eines digitalen Leitungsinformationssystems (ÖWAV, 2010) und erweiterter kommunaler Geoinformationen (Flächenwidmung, Verkehrswichtigkeit von Straßen, Grundwasserflurabstände, etc.) stellt eine wesentliche Grundlage der Risikoanalyse dar.

Weitere Anforderungen an die Risikoanalyse in INFOSAN betrafen die Einbeziehung von Zukunftsszenarien. Mit der entwickelten Methode sollten daher neben der altersbedingten „Zustandsverschlechterung“ auch Zustandsveränderungen infolge sich ändernder Rahmenbedingungen einfließen können. Änderungen, die oftmals von außen festgelegt und nicht beeinflusst werden können, sollten dabei Berücksichtigung finden können. Zu solchen Änderungen zählen z. B. Flächenwidmung, demografische Entwicklung, Klimawandel oder externe Grabungen.

3.4.2 Failure Risk Index (FRI)

Das Konzept des „Failure Risk Index“ (FRI) wurde unter anderem zur Berechnung des Überflutungsrisikos (ZONSEIN et al., 2008) sowie im Bereich der Wasserversorgung (FRIEDL et al., 2012; FRIEDL und FUCHS-HANUSCH, 2011) angewendet. Im Projekt wurde eine modifizierte Form verwendet. Das Prinzip des FRI besteht ebenfalls wie in der klassischen FMEA aus Multiplikation von Wahrscheinlichkeit (P), Ausmaß (K) und Entdeckungswahrscheinlichkeit (E). Wobei die einzelnen Komponenten qualitativ über Einflussindikatoren und eine Gewichtung dieser Indikatoren erfolgen. FRIEDL et al. (2012) reduzierten den FRI auf die Komponenten (P) und (K). Der FRI eines Ereignisses errechnet sich demnach aus dem Produkt von Konsequenz (K) und Wahrscheinlichkeit (P) wie folgt:

$$FRI = \left(\sum_{i=1}^n I_i^p * g_i^p \right)^{0,5} * \left(\sum_{j=1}^m I_j^k * g_j^k \right)^{0,5}$$

mit:

I_j^k ... Indikatoren Konsequenz (K)

I_i^p ... Indikatoren Wahrscheinlichkeit (P)

g_i^p ... Gewichtung der Indikatoren P

g_j^k ... Gewichtung Indikatoren K

Inhalt im INFOSAN Projekt war eine umfassende Klassifizierung von verschiedenen Risiken in Hinblick auf entsprechende Funktionalanforderungen. Es wurde als sinnvoll erachtet, dass beide Risikokomponenten nach Schulnotensystem (1 bis 5) klassifiziert werden. Diese Form der Klassifizierung der Kanalisation wird sowohl in ÖWAV RB 21 (1998), in ÖWAV RB 22 (2011a) im ÖWAV RB 42 (2011b) als auch in ISYBAU (OFD Niedersachsen, 2010) verfolgt, welche zu den gängigen Klassifizierungsverfahren von Kanalisationssystemen zählen.

Die für die jeweiligen Risikokomponenten maßgeblichen Indikatoren werden jeweils nach dem Schulnotensystem bewertet und untereinander in Abhängigkeit des Grades der Signifikanz gewichtet.

Die Gewichtung ist so zu verteilen, dass gilt

- 1) $0 < g_i < 1$
- 2) $\sum_{i=1}^n g_i = 1$

Regel 1 und 2 sind auch auf für g_j anzuwenden. Durch die Gewichtung der beiden Komponenten Ergebnisse zu je 50% ergibt sich ein FRI zwischen 1 und 5.

Diese Methode kommt insbesondere zur Anwendung, wenn quantitative Methoden nicht anwendbar sind. Die Wertigkeit der einzelnen Indikatoren sowie die Gewichtung (z. B. Rohrmaterial, Verlegejahr, Überdeckung) werden dabei über Expertenbefragungen definiert.

Im Projekt erfolgte eine Erweiterung des FRI Ansatzes, indem sowohl für die Berechnung der Auftrittswahrscheinlichkeiten als auch für die Berechnung der Konsequenzen quantitative Methoden entwickelt wurden. Die Beschreibung dazu ist in den Kapiteln 3.4.3, 4.3.3, 3.4.4 und 4.3.4 zu finden.

Die Einstufung der Ergebnisse der quantitativ ermittelten Risikokomponenten erfolgt ebenfalls nach dem Schulnotensystem. Die Auftrittswahrscheinlichkeiten werden dazu wie folgt klassifiziert:

Tabelle 1: Klassifizierungsschema bei berechneten Ereigniseintrittswahrscheinlichkeiten

P	p von	p bis
1	0	0,2
2	0,21	0,40
3	0,41	0,60
4	0,61	0,80
5	0,81	1

3.4.3 Statistische Analyse von Kanalzuständen

3.4.3.1 Einleitung

Das Kapitel ist an die Literaturstudie der Masterarbeit von PIXNER (2012) angelehnt.

Um Einflussfaktoren auf bestimmte Schadensbilder (Zustände) identifizieren zu können sind Aufzeichnungen von Randbedingungen, haltungsspezifischen Eigenschaften sowie qualitativ hochwertige Aufzeichnungen von Schadensbildern erforderlich. Die möglichen Einflussparameter auf Schadensbilder sind dabei vielfältig. Sie reichen beispielsweise von lokal begrenzter statischer Überlastung über mangelhafte Verlegequalität bis hin zu Materialfehlern.

DAVIES et al. (2001a) beschäftigten sich in diesem Kontext mit der Schadensbildanalyse in England. Hauptaugenmerk wurde hier auch auf den Kanaleinsturz als maßgebliches Schadensbild gerichtet. Im Gegensatz zu den Betriebsgebieten der Projektpartner traten im Untersuchungsgebiet von Davies et al. (2001a) 5000 Einstürze jährlich mit gleichbleibender Tendenz auf. Es wurden Einflussgrößen auf biegesteife Rohre (z. B. Beton, Steinzeug) untersucht, die einen Bestandteil von 90% im Untersuchungsgebiet ausmachten. Der Prozess zum Schadensbild „Haltungseinsturz“ wird in DAVIES et al. (2001a) in drei Etappen angegeben:

- Anfänglicher Mangel: Ein Einsturz tritt meist an einem bestehenden Mangel auf, der eine weitere Verschlechterung zulässt.
- Verschlechterung: Diese geht oftmals mit Bodeneinspülungen und daraus folgender Hohlraumbildung einher.
- Einsturz: Dieser wird durch ein zufälliges Ereignis ausgelöst.



zeigt die Faktoren mit Einfluss auf das Schadensbild „Einsturz“ die von DAVIES et al. (2001a) in die Untersuchungen einbezogen wurden. Die Faktoren wurden dabei in 3 Gruppen unterteilt: In bauliche, in lokale externe Faktoren und in sonstige Faktoren.

Tabelle 2: Einflussfaktoren (DAVIES et al., 2001a)

bauliche Faktoren	lokale externe Faktoren	sonstige Faktoren
Einbaumethode	Oberflächennutzung	Abwasserbeschaffenheit
Verarbeitungsqualität	Oberflächenbelastung	Unpassende Sanierungsmethode
Profilgröße	Oberflächentyp	Alter
Verlegetiefe	Verkehrsbeschaffenheit	Ablagerungen
Bettungsmaterial	Wasserleitungsschäden	
Rohrmaterial	Bodenbewegungen	
Rohrverbindungstyp	Wartung von anderen Leitungsträgern	
Rohrlänge	Grundwasserspiegel	
Anschlüsse	Infiltration/Exfiltration	
	Hinterfüllmaterial	
	Wurzeleinwuchs	

Auf dieser Basis wurden mittels binärer logistischer Regressionsanalyse (LRA) signifikante Faktoren für schlechte Kanalzustände identifiziert. DAVIES et al. (2001b) konnten für ihre Untersuchungen 12.000 Datensätze verwerten. Aus 33 Faktoren, welche die Kanalbetreiber als relevant angaben, wurden 10 Faktoren mittels LRA als statistisch signifikant identifiziert.

ARIARATNAM et al. (2001) bzw. KOO und ARIARATNAM (2006) verwendeten für ihre Untersuchungen der relevanten Einflüsse auf schlechte Kanalzustände ebenfalls die logistische Regressionsanalyse. Wie DAVIES et al. (2001b) verwendeten auch ARIARATNAM et al. (2001) nur die schwersten Schäden für die Untersuchungen. Im Ansatz von ARIARATNAM et al. (2001) wird zusätzlich die Möglichkeit der Vorhersage von Schäden mittels LRA thematisiert, die auch im Kontext zur Risikoanalyse von Interesse ist.

Hinsichtlich der signifikanten Einflussparameter ist als interessant einzustufen, dass in den Untersuchungen von ARIARATNAM et al. (2001) das Verlegejahr als signifikant identifiziert wurde, in den Modellen von DAVIES et al. (2001b) bzw. KOO und ARIARATNAM (2006) wurde das Verlegejahr in der schrittweisen Modellanpassung aufgrund der Nichtsignifikanz als Einflussparameter entfernt.

Im weitesten Sinne noch im Rahmen der Schadenbildanalyse wird das Ursache-Wirkungs-Prinzip nach BÖLKE (2009) erwähnt. Der Zusammenhang zwischen einem Schadensverursacher und seinem Schadensbild wird im Übersichtsschema beschrieben (Abbildung 4).

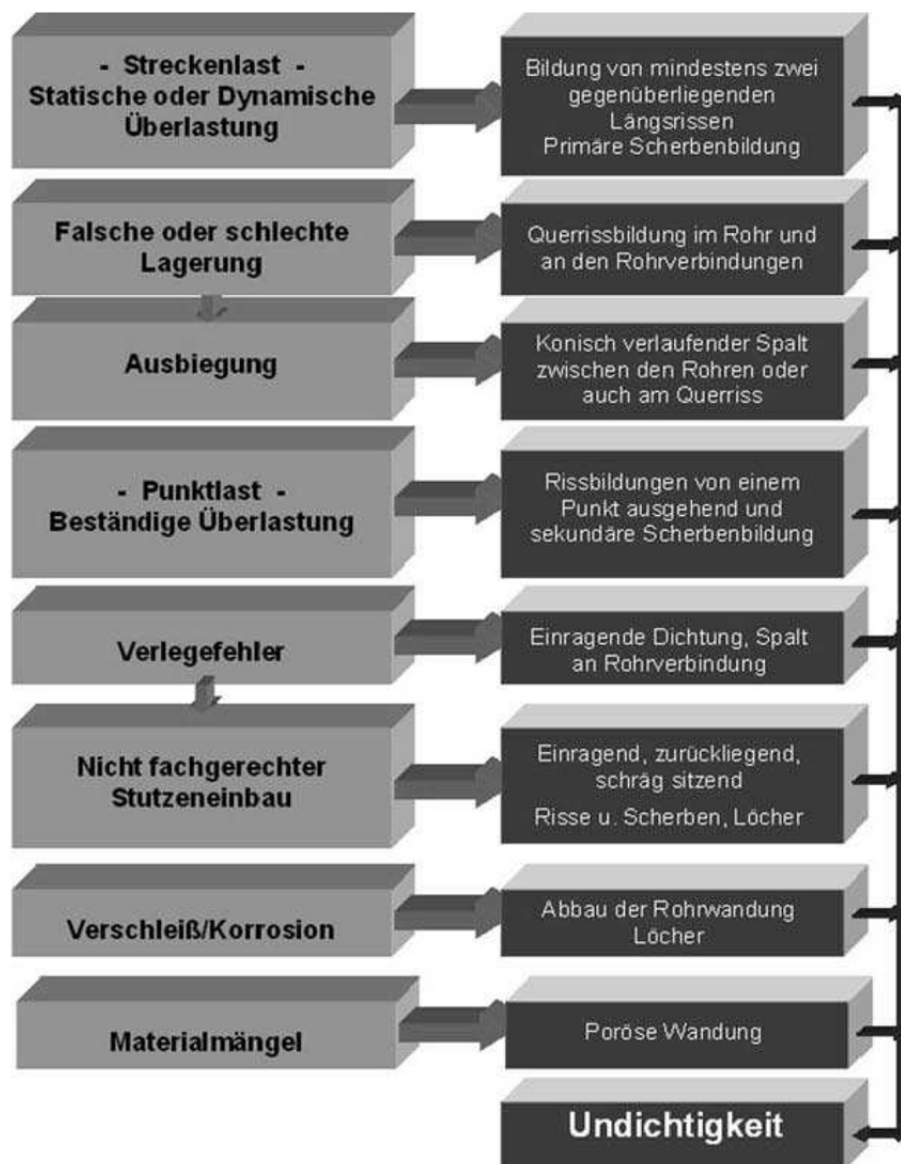


Abbildung 4: Ursache-Wirkungs-Prinzip am Beispiel Undichtigkeit (BÖLKE, 2009)

BÖLKE (2009) definiert acht globale Schadensverursacher mit typischen Schadensbildern. Alle im Kanal vorzufindenden Zustände lassen sich auf diese acht Teilgebiete zurückführen:

- Streckenlast - Statische oder dynamische Überlastung
- Falsche bzw. schlechte Lagerung
- Ausbiegung (oder Abwinklung)
- Punktlast – Beständige Überlastung
- Verlegefehler
- Nicht fachgerecht eingebaute Sattelstücke oder Stutzen
- Korrosion/Verschleiß
- Materialmängel



Nur selten wirken diese Verursacher allein, vielmehr wirken Kombinationen und daraus entstehen komplexe Schadensbilder. Alle durch die Schadensverursacher erzeugten Zustände können in weiterer Folge zu einer Undichtigkeit führen. Die Undichtigkeit ist somit immer als Folge eines vorangegangenen schadhafte Zustandes zu sehen. Deshalb kann die Undichtigkeit als ein sekundäres Schadensereignis bezeichnet werden. Diese Undichtigkeit ist zwingend verantwortlich für zwei weitere Zustände: Die Inkrustierung und der Wurzeleinwuchs. Beide Zustände sind grundsätzlich die Folge einer beliebig gearteten Undichtigkeit. Dieser Sachverhalt gilt auch in umgekehrter Reihenfolge, das heißt dass eine Inkrustierung beziehungsweise ein Wurzeleinwuchs den Indikator für eine Undichtigkeit darstellt. Deren Ursache wiederum in der einzelnen oder komplexen Wirkung der globalen Schadenverursacher liegt. Diese Überlegungen machen eine Einteilung nach primären und sekundären Zuständen notwendig (BÖLKE, 2009).

3.4.3.2 Binär Logistische Regressionsanalyse (BLRA)

Untersuchungen von KOO und ARIARATNAM (2006), DAVIES et al. (2001b), ANA und BAUWENS (2010) sowie SALMAN und SALEM (2012) zeigen, dass Regressionsmodelle eine fundierte Möglichkeit darstellen, um die Beziehung zwischen einer unabhängigen Zielvariablen (Zustand bzw. Schadensbild) und einer oder mehrerer abhängiger Einflussvariablen zu beschreiben. Insbesondere SALMAN und SALEM (2012) zeigen auf, dass bei der Bewertung von Kanalzuständen und deren Ursachen die binär logistische Regressionsanalyse (BLRA) sowohl in Hinblick auf die Datenanforderungen als auch auf die Trefferquoten die besten Ergebnisse liefern. Aus diesem Grund und da multinominale Regressionsanalysen aufgrund der unsicheren Datenlage ausgeschlossen werden müssen, wurde auch in INFOSAN die BLRA zur Zustandsprognose gewählt.

Die BLRA beschreibt die Beziehung zwischen einer binären Zielgröße ($y = 0/1$) und einer Anzahl von k Einflussvariablen ($x_1, \dots, x_k$). Im Fall der hier angewandten Analyse steht $y=0$ für „kein relevantes Schadensbild“ und $y=1$ für „relevantes Schadensbild“.

Im Folgenden wird der mathematische Hintergrund der BLRA beschrieben. Die Beschreibung leitet sich aus den Ausführungen in ANA und BAUWENS (2010), FROMM (2005) und DAYTON (1992) ab, diese geben einen detaillierteren Überblick über logistische Regressionsanalysen. Das Hauptmerkmal der logistischen Regression ist es, dass nicht die Gruppenzugehörigkeit ($y=1$) direkt modelliert wird, sondern die Wahrscheinlichkeit der Gruppenzugehörigkeit $p(y=1)$. Da die y -Werte also entweder 1 oder 0 sind, ist der Anteil der Fälle einer Stichprobe, für den $y = 1$ wird, definiert als $\pi = P(y = 1)$ und der Anteil der Fälle, für den $y = 0$ wird, gilt $1 - \pi = P(y = 0)$. Da Wahrscheinlichkeiten nur im Intervall $[0;1]$ variieren, die abhängigen Variablen aber Werte von $-\infty$ bis $+\infty$ annehmen können, werden zwei Transformationen vorgenommen:

(1) Als abhängige Variable wird anstelle der Wahrscheinlichkeit der Gruppenzugehörigkeit, das sogenannten Chancenverhältnis, die „Odds“ (ψ) betrachtet:

$$\psi = \frac{\pi}{1 - \pi}$$

Die Wahrscheinlichkeit, der Gruppe 1 anzugehören, wird dividiert durch die Gegenwahrscheinlichkeit. Mit der Verwendung der Odds kann die abhängige Variable nun Werte im Intervall $[0; +\infty]$ annehmen.

(2) Im nächsten Schritt erfolgt durch logarithmieren des Chancenverhältnisses die zweite Skalierung, dadurch wird die abhängige Variable im Wertebereich zwischen $[-\infty; +\infty]$ definiert:

$$\log\left(\frac{\pi}{1 - \pi}\right) = \log\left(\frac{P(y = 1)|x_1, \dots, x_k}{1 - P(y = 1)|x_1, \dots, x_k}\right) = \alpha + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_k x_k = \alpha + \sum_{j=1}^k \beta_j x_j$$

Wobei α eine Konstante (Offset) ist, die eine Verschiebung der Funktion entlang der y -Achse beschreibt. β_j sind die Regressionskoeffizienten für die Einflussvariablen x_j .

π für $y=1$ lässt sich nach Umformung wie folgt berechnen:

$$\pi = P(y = 1) = \frac{1}{1 + e^z}$$

$$\text{mit } z = \alpha + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_j x_j + \dots + \beta_k x_k$$

Um das Modell zu bilden, sind die signifikanten Einflussfaktoren zu bestimmen. Dafür stehen verschiedene statistische Methoden zur Auswahl. Die Anwendungsbeispiele in dieser Arbeit wurden mit der „Schrittweise vorwärts“ Methode bearbeitet. Die Einflussfaktoren beziehungsweise jene, mit denen begonnen wird, das Modell zu bilden, wurden zuvor in eine Korrelationsanalyse bestimmt. Die Bedeutung der Einflussfaktoren wurde in den gegenständlichen Untersuchungen mittels Wald-Test abgeleitet.

$$\text{WALD}_j = \left(\frac{\beta_j}{\text{S.E.}_j} \right)^2$$

β_j ist dabei der spezifische Regressionskoeffizient der Einflussvariablen und S.E._j ist die Standardabweichung der Maximum-Likelihood-Schätzung der Regressionskoeffizienten. Je größer der WALD-Wert desto signifikanter die Einflussgröße. Die Modellgüte kann über unterschiedliche statistische Tests bestimmt werden, wozu unter anderem der Chi-Quadrat-Test zählt. Je höher der Wert des Chi-Quadrat-Tests, umso besser können die Daten anhand des gewählten Modells erklärt werden. Eine weitere Möglichkeit die Modellgüte zu überprüfen erfolgt über die Ermittlung der Residuen, welche die Differenz zwischen beobachteten und berechneten Werten darstellen. Die Bewertung der Residuen erlaubt die gezielte Analyse spezifischer Fälle mit stark abweichendem Prognoseergebnis, wodurch zum Teil allfällige weitere Einflussvariablen ableitbar werden.

Um die Stärke eines Einflussparameters x_j zu beurteilen verwendet man den sogenannten „Effekt-Koeffizienten“ $\exp(\beta_j)$ der auch als „Odds-Ratio“ bezeichnet wird:

$$\exp(\beta_j) = \frac{\psi_a}{\psi_b} = \frac{\pi_a / (1 - \pi_a)}{\pi_b / (1 - \pi_b)}$$

Dieser gibt die Vervielfachung der Odds an, wenn sich die Variable x_j um eine Einheit verändert. Der Effekt-Koeffizient kann Werte zwischen größer „0“ und „ $+\infty$ “ annehmen. Werte größer „1“ vergrößern, Werte kleiner „1“ verringern die Odds. Bei kategorialen Regressoren (z. B. Material) muss eine Referenzkategorie gewählt werden. Erst aufgrund dieser Basis ist die Interpretation von $\exp(\beta)$ möglich.

3.4.4 Konsequenzenanalyse mittels lokaler Sensitivitätsanalyse

Zur systematischen modelltechnischen Untersuchung von Schwachstellen in Entwässerungs- sowie auch Wasserversorgungssystemen wurde im Rahmen des „Achilles-Ansatz“ die örtliche Sensitivitätsanalyse entwickelt (MÖDERL et al., 2010).

Bei dem „Achilles-Ansatz“ für Mischwassersysteme wird eine örtliche Sensitivitätsanalyse basierend auf Modellrechnungen mit der frei verfügbaren hydrodynamischen Modellierungssoftware SWMM5 (Storm Water Management Model (ROSSMAN, 2004)) verwendet. Bei der örtlichen Sensitivitätsanalyse wird sequentiell an jeder Komponente des Infrastrukturmodells eine Veränderung (Parametervariation) vorgenommen und das Ergebnis (Sensitivität einer Bewertungsfunktion) örtlich an der betreffenden Komponente in einem Geographischen Informationssystem (GIS) referenziert. Variablen sind dabei die Eingangsparameter, welche die Variation spezifizieren, die Variation selbst und die Systembewertungsfunktion. In Abbildung 5 ist diese Vorgehensweise zur Erstellung einer Sensitivitätskarte (je nach Interpretation auch Schwachstellenkarte) zusammengefasst. Als erster Arbeitsschritt wird eine Modifikation (d. h. Parametervariation) einer Komponente definiert (Komponentenmodifikation). Beispielsweise kann dies der Einsturz einer Haltung sein (Durchmesser wird im Modell auf null gesetzt). Im zweiten Arbeitsschritt wird die Auswirkung dieser Modifikation auf das Gesamtsystem mit Hilfe einer Modellrechnung bewertet (Bewertungsfunktion z. B. hinsichtlich Überflutung). Ein normierter Wert wird im dritten Arbeitsschritt an die Stelle der Komponentenmodifikation örtlich referenziert und mithilfe eines GIS je nach quantitativer



Auswirkung symbolisiert. Daher spiegelt die beispielhafte örtliche Referenzierung in Arbeitsschritt 3 das Ergebnis einer Modellrechnung am Gesamtsystem wider. Eine grüne Visualisierung entspricht einer geringen Auswirkung auf das Gesamtsystem.

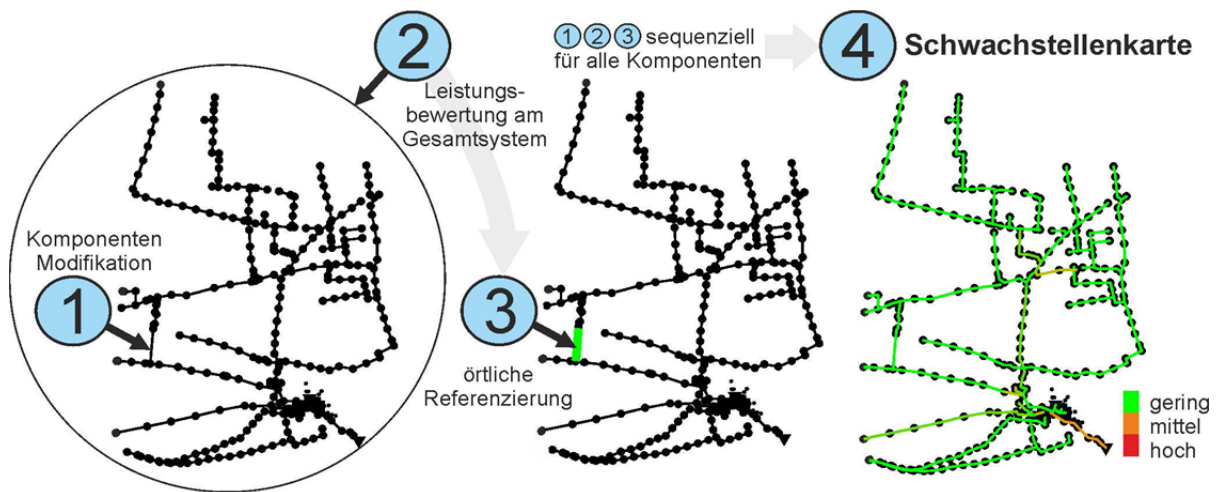


Abbildung 5: Vorgehensweise „Achilles Ansatz“

Ein sequenzielles Anwenden von den Arbeitsschritten 1 bis 3 auf alle Systemkomponenten, resultiert in einer Sensitivitäts- bzw. Schwachstellenkarte (Arbeitsschritt 4), bei dem die Visualisierung jedes einzelnen Elementes, einem Simulationslauf entspricht.

Je nach Wahl der Komponentenmodifikation, können die erstellten Sensitivitätskarten unterschiedlich interpretiert werden um die Konsequenzen auf die Leistungsfähigkeit des Systems zu bewerten.

3.5 Strategische Informationsbeschaffung für die Sanierungsplanung

Aufbauend auf die bereits vorhandenen Kanalinformationssysteme der Kanalisationsunternehmen sollte eine strategische und einheitliche Vorgehensweise bei der Informationsbeschaffung entwickelt werden, um eine Vorlage für das notwendige Datenmaterial als Grundlage für effiziente und nachvollziehbare Entscheidungen bei der Sanierungsplanung im Kanalisationsunternehmen bereitzustellen. Eine Zusammenstellung und Auflistung aller organisations- und planungsrelevanten Daten sowie des damit verbundenen Nutzen stellt ein neuartiges Werkzeug der Datenevaluierung im Kanalmanagement dar. Eine Vereinheitlichung der Datengrundlagen der einzelnen Betreiber von Kanalisationsanlagen soll dadurch ermöglicht werden.

Es gilt, ein aussagekräftiges Ergebnis mit möglichst geringem Datenumfang zu erzielen. Im Vordergrund steht das Ziel, den Aufwand für die Datenerhebung zu minimieren und die zusätzlich gewonnenen Informationen zu maximieren. Dazu ist es erforderlich nur die Daten zu erheben, die für die jeweils sinnvolle Sanierungsstrategie von Nutzen sind.

Durch die Anwendung dieser Methodik werden die vorhandenen Daten u. a. dahingehend ausgewertet, welche Leistungsanforderungen mit den jetzigen Daten abgeleitet werden können und welche Daten zusätzlich zu erheben sind, um spezifische weitere Leistungsanforderungen bestimmen zu können. Als Ausgangsdatenquelle sollen hierbei primär vorhandene Kanalinformationssysteme dienen.

Die Entwicklung einer Methode zur strategischen Informationsbeschaffung für die Unternehmen bei der Kanalsanierungsplanung war ein wesentliches Ziel im Projekt. Im Laufe des Projektes wurde eine erste Methode der Datenfilterung für die strategische Informationsbeschaffung von KRETSCHMER et al. (2011) vorgestellt:

„Die Methode der Datenfilterung soll das Kanalisationsunternehmen in zweierlei Hinsicht unterstützen (...): Einerseits soll der Datenbedarf dargestellt werden, der notwendig ist, um bestimmte Service Levels (Kennzahlen) und damit den Grad der Zielerreichung betreffend bestimmter Funktionalanforderungen ermitteln zu können (regressiver Ansatz). Andererseits soll ersichtlich gemacht werden, welche Service Levels bzw. Funktionalanforderungen mit den bereits vorhandenen Daten abgedeckt werden können (progressiver Ansatz).“

Diese von universitärer Seite erarbeitete Methodik wurde auf Grundlage von Diskussionsergebnissen in den Workshops weiter angepasst und mit den restlichen Erkenntnissen, welche im Laufe des Projektes gewonnen wurden, abgestimmt. In Abbildung 6 ist die erarbeitete Methodik des Datenfilters, welcher als grundlegendes Instrument bei der strategischen Informationsbeschaffung helfen kann, dargestellt. Funktionalanforderungen, Kennzahlen, deren Evaluierungsmethoden sowie dafür benötigte Eingangsdaten und deren (in den vorhergehenden Kapiteln beschriebene) Abhängigkeiten untereinander können mit Hilfe eines Datenfilters beschrieben werden. Die Anwendung kann regressiv (= rückschreitend) oder progressiv (= fortschreitend) erfolgen. Im Laufe des Projektes wurde von Seiten der Universitäten ein softwaregestützter (MS Excel) Datenfilter, welcher eine progressive als auch regressive Anwendung nach dieser Methodik ermöglicht, geschaffen.

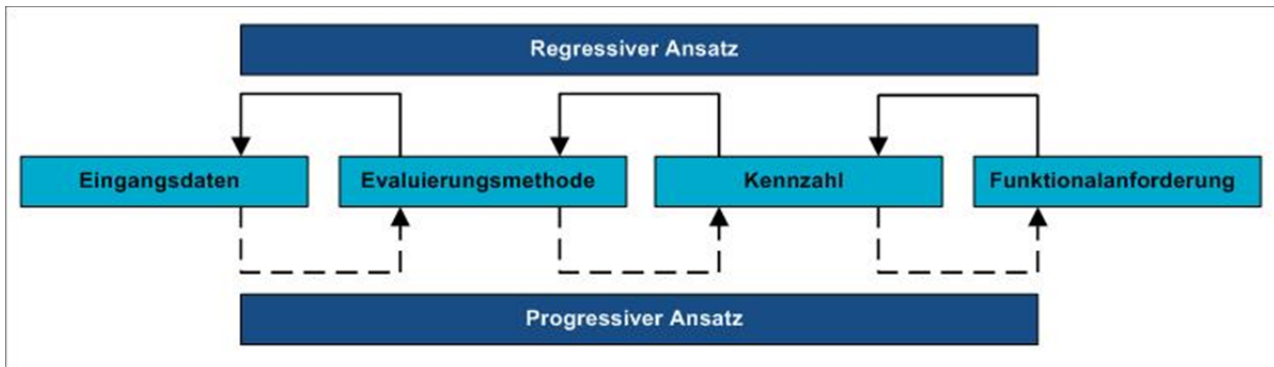


Abbildung 6: Methodik des Datenfilters

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass Kanalisationsunternehmen durch diese Methodik Informationen darüber erhalten können, welche Daten für die Bestimmung der Zielerreichung hinsichtlich bestimmter Funktionalanforderungen notwendig sind. Andererseits bekommen sie auch einen Überblick, welche Funktionalanforderungen mit den bereits vorhandenen Daten hinreichend genau untersucht werden können. Dadurch soll eine gezielte Datenbeschaffung ermöglicht werden und der Kanalbetreiber kann in weiterer Folge Kosten und Nutzen von zusätzlichen Datenerhebungen besser abschätzen.

3.5.1 Regressive Datenfilterung

Die regressive Anwendung des Datenfilters erlaubt nach Auswahl einer zu untersuchenden Funktionalanforderung, die Bestimmung der zugehörigen Kennzahlen bzw. Kontextinformationen und die Ausgabe der erforderlichen Eingangsdaten für die Evaluierung. Die Anwender können somit feststellen, welche Eingangsdaten, für aus ihrer Sicht relevante Zwecke (baulich, hydraulisch, umweltrelevant, betrieblich bzw. die zugehörigen Funktionalanforderungen), zur Ermittlung der Kennzahlen benötigt werden beziehungsweise ob die vorhandene Datenbasis zur Ermittlung ausreicht, oder ob neue Daten beschafft werden müssen.

Sind keine oder nur teilweise Eingangsdaten für die Berechnung der Kennzahlen bzw. Kontextinformationen für die zu untersuchende/n Funktionalanforderung/en bekannt, kann eine strategische Datenerhebung erfolgen. Dabei kann zielgerichtet vorgegangen werden, da bestehende Defizite (fehlende Eingangsdaten) durch die Anwendung der regressiven Datenfilterung klar erkenntlich gemacht werden können. „Wenn alle benötigten Daten vorhanden sind, können die Kennzahlen sofort ermittelt werden. Falls Datenlücken bestehen, müssen diese geschlossen werden, danach können ebenfalls alle Kennzahlen bestimmt werden.“ (KRETSCHMER et al., 2012) Generell soll dadurch eine höhere Effizienz in der Datenbeschaffung und -verwaltung ermöglicht werden.

Ein softwaregestützter Datenfilter, als ein Ergebnis des Projektes, erlaubt eine automatisierte (auf Visual Basic für MS Excel basierte) regressive Filterung und teilweise eine automatische Berechnung von Kennzahlenwerten wenn die erforderlichen Eingangsdaten bekannt sind. Die Berechnung erfolgt entsprechend der Definitionen der Kennzahlenevaluierung. Einige Kennzahlen bzw. Kontextinformationen setzen beispielsweise eine hydrodynamische Modellierung oder ähnliches voraus (z. B. Einhaltung des Weiterleitungsgrads entsprechend ÖWAV RB19 (2007)), in diesen Fällen kann keine automatisierte Berechnung im entwickelten Datenfilter erfolgen.

3.5.2 Progressive Datenfilterung

Die progressive Anwendung des Datenfilters orientiert sich in entgegengesetzter Richtung zum regressiven Ansatz. Sind Eingangsdaten vorhanden, kann durch progressive Datenfilterung geprüft werden, für welche Kennzahlen bzw. Kontextinformationen und somit für welche Funktionalanforderungen und primären Relevanzen, eine (Teil-) Evaluierung erfolgen kann.

„Es kann ersichtlich gemacht werden, welche Kennzahlen [...] beziehungsweise welche Funktionalanforderungen durch vorhandene Daten ermittelt werden können. Der Anwender kann prüfen, welche Informationen (Kennzahlen, Funktionalanforderungen bzw. darauf aufbauend die primäre Relevanz) er durch den bestehenden Datenpool generieren kann und ob diese aus den vorhandenen Daten resultierende Informationen für seine Vorhaben genügen. Reichen diese nicht, kann systematisch festgestellt werden, welche Daten erhoben werden müssen beziehungsweise ob der Mehraufwand für die Datenbeschaffung gerechtfertigt ist.“ (SCHWARZ, 2012)

Auch die progressive Anwendung des Datenfilters soll eine systematische Erhebung fehlender Daten ermöglichen und dadurch zu einer gesteigerten Effizienz in der Datenbeschaffung und –verwaltung beitragen. Der zu erarbeitende softwaregestützte Datenfilter soll neben der regressiven Filterung auch eine progressive Anwendung möglich machen.



3.6 Praktische Umsetzung der entwickelten Methoden mit Rückkopplungen

Die Umsetzung und Anwendung der entwickelten Methoden in ausgewählten Teilbereichen der Kanalisationsnetze der am Projekt teilnehmenden Betreiber war eines der Hauptziele im vorliegenden Projekt. Rückkopplungen aus diesen Ergebnissen sollten Verbesserungspotentiale und Defizite aufzeigen und entsprechend umgesetzt und verbessert werden. Eine möglichst praxisnahe Verwendung der entwickelten Methoden sollte dadurch sichergestellt werden. Zu diesen Zwecken wurden Teilnetze von einigen teilnehmenden Kanalisationsunternehmen ausgewählt und in Folge bearbeitet. Aufgrund der großen Kanalnetze der projektbeteiligten Kanalunternehmen und des knappen Zeithorizontes, war eine Gliederung in Teilbereiche unumgänglich. Die Anwendung der entwickelten Methoden in der Praxis sieht darüber hinaus ohnehin eine Unterteilung in bearbeitbare Teilbereiche vor. Wegen vorhandener Datenlücken musste bei den praktischen Umsetzungen teilweise jedoch auch auf „projektfremde“ Datensätze zurückgegriffen werden.

3.7 Sozioökonomie und Qualitätssicherung

3.7.1 Qualitätssicherung in der Kanalsanierungsplanung

Die Qualität von Sanierungsleistungen wird laut ZIT (2007) insbesondere vor Baubeginn (Zustandserfassung, -bewertung, Planung und Ausschreibung) festgelegt. Trotz einer Vielzahl an bestehenden Regelwerken besteht in Teilbereichen Unklarheit. ZIT (2007) weist darauf hin, dass ergänzende Vorgaben wie beispielsweise zusätzliche technische Vertragsbedingungen für die Bauausführung erforderlich sind und für eine optimale Qualitätssicherung eine fachkundige Bauaufsicht, Materialprüfung und saubere Dokumentation der Arbeitsschritte unerlässlich sind.

ZIT (2007) fasst folgende Faktoren als maßgebend für die Qualität von Kanalsanierungsmaßnahmen zusammen:

- Qualität der Zustandserfassung
- Qualität der Zustandsbewertung und des Sanierungskonzeptes
- Qualität der Ausführungsplanung und Ausschreibung
- Qualität der Bauausführung

Ein hohes Maß an Fachwissen aller am Prozess beteiligten Personen ist unerlässlich. Entsprechend ZIT (2007) muss ein Kanalisationsbetreiber genaue Vorstellungen von unter anderem Projektziel, Zeitplan, Finanzierung, Vergabeverfahren, Dokumentation, etc. haben. Verfügt ein Betreiber nicht über das notwendige Knowhow empfiehlt ZIT (2007) einen im Bereich der Kanalsanierung erfahrenen Fachplaner hinzuzuziehen.

Der Qualitätssicherung kommt laut HAMPEL (2007) eine wichtige sozio-ökonomische Bedeutung zu:

„Im Sinne einer (volks-) wirtschaftlichen Optimierung von Bau- und Instandhaltungsmaßnahmen in der Kanalsanierung kommt der Qualität des ausgeführten „Produktes“ im weiteren Sinn eine wesentliche Rolle zu. Unter gegebenen Rahmenbedingungen ist dabei nicht zwangsläufig die billigste Maßnahme die Beste, sondern diejenige, die die im Vorfeld definierten Anforderungen auf einem bestimmten Qualitätsniveau am wirtschaftlichsten trifft. Oft wird übersehen, dass sich Instandhaltungsmaßnahmen nicht auf die eingesetzten Produkte im engeren Sinne reduzieren lassen, sondern dass mehrere qualitätsrelevante Pfeiler die Qualität des Endproduktes maßgeblich beeinflussen.“

In Abbildung 7 sind die laut HAMPEL (2007) wesentlichen Teilbereiche der Qualitätssicherung in der Kanalsanierung dargestellt.

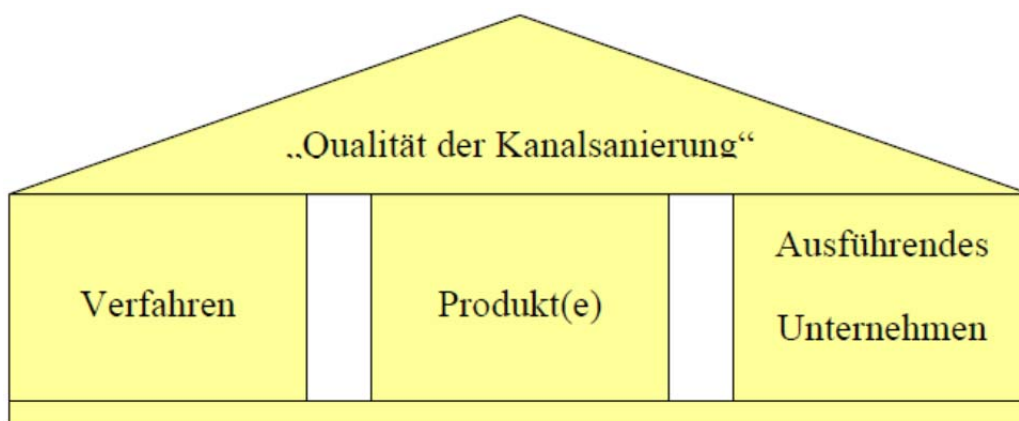


Abbildung 7: Teilbereiche der Qualitätssicherung in der Kanalsanierung (HAMPEL, 2007)



„Während bei der produkt- und verfahrensbezogenen Qualitätssicherung vorwiegend „prüfstellenlastige“ Themen (z.B. Eignungs- und Erstprüfung, Eigen- und Fremdüberwachung,...) im Vordergrund stehen, wird bei der unternehmensbezogenen Qualitätssicherung (z.B. im Rahmen einer Präqualifikation) vorwiegend die Qualifikation des Unternehmens, Referenzen,... überprüft.“ (HAMPEL, 2007)

Qualitätssicherung bei der Zustandserfassung

„Grundlage für das gesamte Sanierungsvorhaben ist die Qualität der Bestandsdaten des betroffenen Kanalabschnittes. Idealerweise liegen geprüfte Daten in Form eines digitalen Kanalkatasters vor, aus dem Art der Entwässerung, Lage, Höhe, Gefälle, Profilform und –größe, Material, Baujahr, etc. klar hervorgehen. Der bauliche Zustand der Haltungen und Schächte ist darüber hinaus durch eine aktuelle TV-Inspektion in höchster Qualität zu erfassen. Großprofile und Schächte sind zusätzlich durch Begehungen zu inspizieren. Das Sanierungsergebnis wird ganz wesentlich durch die Inspektionsdaten geprägt, da alle nachfolgenden Überlegungen von diesen Daten abhängen.“ (ZIT, 2007)

Laut ERTL et al. (2009) ist heute eine Vielzahl hochwertiger Inspektionstechnologien verfügbar, Kodierungen zur Zustandsbeschreibung (ÖNORM EN 13508-2/A1 (2010)) sind vorhanden und es werden Ausbildungskurse (z. B. durch den Österreichischen Wasser- und Abfallwirtschaftsverband ÖWAV) für das Inspektionspersonal angeboten. Trotzdem weisen ERTL et al. (2009) darauf hin, dass nationale und internationale Erfahrungen gezeigt haben, dass die Qualität der TV-Inspektion oftmals noch verbesserungswürdig ist.

PLIHAL (2013) führt unter anderem wichtige Aspekte bei der Qualitätssicherung in der Vergabe und Ausschreibung von TV-Inspektionen an (auszugsweise):

- Befahrerlaubnisschein
- Sicherheitsausrüstung (Arbeitsschutzkleidung, Dreibein, Gaswarngerät, zweite anwesende Person bei Einstieg in den Kanal, Unterweisung beider Personen)
- Verkehrsabsicherung (Straßenmeisterei verständigt?, Gelblich am Fahrzeug, Abspermaßnahmen, Triopan, Verkehrshüte, Kanalgitter (mit Umlenkrolle))
- Kameratechnik (Testbild, Überprüfung der Stationierung, Richtige Räder/Ketten für Rohrmaterial/Gefälle)
- Während der Inspektion
 - o Festlegung wo Inspektion begonnen wird
 - o Festlegung für Abbruch der Inspektion
 - o Überprüfung der Muffen
 - o Belichtung
 - o Beschriftung im Videobild
 - o Achsmittigkeit während der Befahrung
 - o Befahrgeschwindigkeit
 - o Festlegung welche Zustände aufgenommen werden sollen
 - o Festlegung der Dokumentation der Zustände
 - o etc.

Die aktuelle Praxis der Sanierungsplanung inklusive obligatorischer Zustandserfassung ist in Kapitel 3.2.1 skizziert. Derzeit befinden sich unterschiedliche Systeme der Zustandserfassung in Verwendung der Kanalunternehmen (z. B. RL-Oberösterreich (Oberösterreichische Landesregierung, 1993), ATV-M 143-2 (1999), ÖNORM EN 13508-2/A1 (2010)). Üblicherweise folgt auf die Zustandserfassung eine

Vorklassifizierung durch den Inspekteur. Auch hier ist eine inhomogene Vorgehensweise zu erkennen und unterschiedliche Klassifizierungen sind aktuell in Verwendung (z. B. Klassen 0 bis 3 oder Klassen 0 bis 5)

Für die folgenden Kapitel gelten die getroffenen Aussagen hinsichtlich der Qualitätssicherung bei der Zustandserfassung sinngemäß. Qualitätsgesicherte Daten (Z. B. Bestandsdaten in Form geprüfter Daten aus einem digitalen Kataster, qualitätsgesicherte Daten aus der TV-Inspektion, etc.) stellen eine qualitative Grundlage für Entscheidungen in der Sanierungsplanung dar. Im vorliegenden Projekt ist aus Sicht der Zustandserfassung insbesondere auf die ÖNORM EN 13508-2/A1 - Zustand von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden – Teil 2: Kodiersystem für die optische Inspektion (2010) hinzuweisen. Die qualitätsgesicherte Erfassung der Zustände entsprechend der obigen Ausführungen ist von großer Bedeutung und kann im weiteren Verlauf die Ermittlung bzw. die Qualität der Aussagekraft von z. B. Kennzahlen für die Sanierungsplanung beeinflussen.

Qualitätssicherung bei der Zustandsbewertung

„Eine qualitativ hochwertige Zustandsbewertung ist heute nur noch durch viel Erfahrung und den Einsatz moderner EDV-Systeme erzielbar. Für die Zustandsbewertung sind möglichst klare Spielregeln zu verwenden (z.B. gemäß ATV-DVWK-M 149, 1999). Insbesondere die Bewertung von Einzelschäden, Berücksichtigung von Schadensdichte und Nennweite, Verwendung weiterer

Kriterien wie Lage im Verkehrsraum, Überdeckungshöhe, Grundwasser, etc. sind eindeutig festzulegen. Die Sichtung der Videos durch einen erfahrenen Mitarbeiter ist trotz automatisierter Zustandsbewertung durch entsprechende Software unbedingt erforderlich. Als Ergebnis der Zustandsbewertung werden in der Regel die Haltungen und Schächte den entsprechenden Zustandsklassen zugeordnet.“ (ZIT, 2007)

Wie in vorherigem Absatz formuliert, sind klare „Spielregeln“ bei der Zustandsbewertung von großer Bedeutung. In gegenständigem Projekt sind insbesondere folgende „Spielregeln“ für die Zustandsbewertung (bzw. –erfassung) gesondert hervorzuheben:

- ÖNORM EN 13508-2/A1 - Zustand von Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden – Teil 2: Kodiersystem für die optische Inspektion (2010)
- ISYBAU - Arbeitshilfen Abwasser - Planung, Bau und Betrieb von abwassertechnischen Anlagen in Liegenschaften des Bundes (OFD Niedersachsen, 2010)

In den entsprechenden Kapiteln wird hierauf im Detail eingegangen.

Aktuell verfügen alle am Projekt beteiligten Kanalunternehmen über (wenn auch tlw. unterschiedliche) „Spielregeln“ bei der Zustandsbewertung. Ebenso erfolgt die Sichtung der Videos durch erfahrene Mitarbeiter oder Fremdfirmen. Die größten Unsicherheiten existieren bei zusätzlichen Kriterien bei der Zustandsbewertung wie beispielsweise Überdeckungshöhen, Grundwasserstände, etc. aber auch bei der Quantifizierung von Schäden (siehe auch SCHWARZ, 2012). Zusätzliche Kriterien sind oft nicht bekannt oder nur unter hohen Kosten feststellbar, unter anderem ist es Aufgabe des vorliegenden Projektes hier eine Lösung zu schaffen und Risiken in die Entscheidungsfindung bei der Sanierungsplanung miteinzubeziehen (Risikoanalyse).

Die aktuelle Praxis der Zustandsbewertung ist in Kapitel 3.3.1 beschrieben. Bei der Zustandsbewertung verwenden die Kanalunternehmen unterschiedliche Methoden. Der eigentlichen Zustandsbewertung (Nachklassifizierung) geht in allen Fällen eine Vorklassifizierung durch den Inspekteur voraus (siehe Absatz Qualitätssicherung bei der Zustandserfassung). Die Sichtung und Auswertung der Videos für die eigentliche Zustandsbewertung erfolgt im Allgemeinen durch erfahrene Mitarbeiter, teilweise aber auch durch bzw. gemeinsam mit Fremdfirmen.



Qualitätssicherung bei der Erstellung des Sanierungskonzepts

„Die Einschätzung des baulichen Zustandes eines Kanals und die Feststellung der Schadensursache sowie des Schadenumfanges sind wichtige Grundvoraussetzungen für die weiteren Planungsschritte. In Abhängigkeit von der richtigen Bewertung des schadhaften Kanals können mögliche Sanierungsverfahren ausgewählt werden. Diese gilt es dann in einem Kosten-Nutzen-Vergleich gegenüberzustellen und eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung durchzuführen. Erst dann gilt es, die für die Schadensbehebung optimale und auf den Netzbetreiber abgestimmte Sanierungslösung auszuwählen.

Diese fachgerechte Auswahl des richtigen Sanierungsverfahrens stellt ein wesentliches Qualitätsmerkmal für die spätere Ausführung der Sanierungsleistung dar. Denn nicht jedes Sanierungsverfahren ist gleichermaßen für die Behebung eines speziellen Schadensfalles geeignet. Zudem gilt es in Abhängigkeit von vielen Randbedingungen wie Schadensbild, Nennweite, Rohrmaterial, Lage im Verkehrsraum, Hydraulik, Grundwasserandrang, Verkehrssituation, baulicher Zustand der angrenzenden Haltungen, betriebliche Aspekte, notwendige Tiefbauarbeiten, Ersatzvorflut, etc. das technisch und wirtschaftlich beste Verfahren auszuwählen.

Beim Vergleich der Sanierungskosten von Reparatur-, Renovations- und Erneuerungsmaßnahmen ist die zu erwartende Lebensdauer zu berücksichtigen. Notwendige Re-Investitionskosten sind für die erneute Durchführung von Reparaturen oder Renovierungen anzusetzen, wenn man diese monetär mit der Erneuerung vergleichen will.“ (ZIT, 2007)

Im vorliegenden Projekt liegt das Hauptaugenmerk auf der ganzheitlichen generellen Sanierungsplanung. Die Qualitätssicherung bei der Erstellung des Sanierungskonzeptes kann als wesentlicher Punkt in der Detailsanierungsplanung gesehen werden, welche als solche an Erkenntnisse aus der ganzheitlichen generellen Sanierungsplanung anschließt. Aufgrund der im vorliegenden Projekt generierten Informationen, soll in weiterer Folge ein Sanierungskonzept abgeleitet werden können. Dementsprechend wird auf die Qualitätssicherung bei der Erstellung des Sanierungskonzeptes nicht weiter eingegangen.

Qualitätssicherung bei der Ausführungsplanung und Ausschreibung

Ist ein konkreter Sanierungsbedarf ermittelt, stellt sich die Frage wie die Zielerreichung von Sanierungsmaßnahmen optimal sichergestellt werden kann. Hierbei muss laut HAMPEL (2007) das Qualitätsniveau bereits bei der Ausschreibung ausreichend definiert werden um Angebote nicht qualifizierter Auftragnehmer vorzubeugen, da ein einmal festgelegtes Qualitätsniveau später nur mehr marginal beeinflusst werden kann.

HAMPEL (2007) weist darauf hin, dass neben den standardisierten Leistungstexten der LB-SW (Leistungsbuch Siedlungswasserbau) Normen und Richtlinien als Ausschreibungsgrundlagen sowie zusätzliche technische Vertragsbestimmungen bzw. Anforderungsprofile an Bedeutung zunehmen, wobei eine einheitliche Vorgehensweise nicht zu erkennen ist und eine Diversifizierung zur Anpassung an lokale Erfordernisse stattfindet. Für BÖLKE et al. (2006) ist die Erstellung einheitlicher Ausschreibungsunterlagen (Muster-Leistungsverzeichnis) ein bedeutender Schritt in Richtung Qualitätssicherung.

Auch entsprechend ZIT (2007) ist bei der Ausschreibung auf eine möglichst eindeutige und umfassende Beschreibung der auszuführenden Leistungen zu achten, dabei ist für den Spezialbereich der Kanalsanierung eine ausschließlich auf den Texten des Leistungsbuches Siedlungswasserbau (LB-SW) beruhende Ausschreibung unzureichend. ZIT (2007) empfiehlt dringend entsprechende Textergänzungen, denn je genauer Leistungen beschrieben werden, desto klarer kann ein Angebot durch eine Firma kalkuliert werden und Diskussionen über einen „gedachten“ Leistungsinhalte des Ausschreibenden auf der Baustelle bleiben aus. Zusätzlich rät ZIT (2007) keine unnötigen „Sicherheitspositionen“ und übertriebene Mengenpuffer in der Ausschreibung anzusetzen, da hier Raum für Spekulationen geschaffen wird.

„Mängel, die man bereits in der falschen Auswahl des Sanierungsverfahrens sowie in der Ausschreibung hat, können in der Bauausführung später fast nicht mehr ausgeglichen werden. Darum ist die Bedeutung einer qualifizierten Planung und Ausschreibung besonders hervorzuheben.“

Bei der Vielzahl an möglichen Materialien für die Sanierung von Schäden im Kanalnetz, sollte sich der Bauherr bereits in der Angebotsphase Klarheit über die vom Bieter vorgesehenen Materialien verschaffen. Neben der Deklaration der geforderten Mindestanforderungen an die Materialien durch den Ausschreibenden sollten in den Leistungspositionen Bieterlücken vorgesehen werden. Somit muss der Bieter bereits zur Angebotsabgabe die wesentlichen, zum Einsatz kommenden Materialien benennen. Dadurch werden Angebote auch in technischer Hinsicht besser miteinander vergleichbar und der Auftraggeber weiß, ob er die gewünschte Produktqualität erhält.“ (ZIT, 2007)

Die in den Ausschreibungsunterlagen geforderten Unterlagen sollten alle generell bereits zur Angebotsabgabe durch den Bieter erbracht werden. Des weiteren empfiehlt ZIT (2007), dass Bieter eindeutig angeben und nachweisen sollen, mit welchem Verfahren und mit welchen Materialien die Leistungen ausgeführt werden, hierdurch können nachträgliche Diskussionen über mögliche Wettbewerbsverzerrungen vermieden werden.

Ergänzende klare Angaben in der Ausschreibung sind erforderlich, beispielsweise hinsichtlich (ZIT, 2007):

- Verkehrsführung
- Berücksichtigung öffentlicher Verkehrsmittel
- Ersatzvorflut
- Anrainerinformation
- Anzahl und Lage der Hausanschlüsse
- Nacharbeiten
- Beeinträchtigung anderer Leitungsträger
- Lärmschutz
- Beweissicherung
- Sicherheitsmaßnahmen
- etc.

„Der Kanalisationsbetreiber sollte entsprechend seinen Möglichkeiten (öffentlicher Auftraggeber, Sektorenauftraggeber) auch bei der Wahl des Vergabeverfahrens und der Festlegung der Zuschlagskriterien alle Möglichkeiten hinsichtlich Qualitätssicherung ausschöpfen.“

z.B. Wahl eines zweistufigen Verfahrens (Nicht offenes Verfahren, Verhandlungsverfahren), bei dem aus einer unbeschränkten Zahl von Teilnahmeanträgen (1.Stufe) ausgewählte Bieter zur Abgabe von Angeboten aufgefordert werden (2.Stufe).

z.B. Verhandlungsverfahren ohne vorherigen Aufruf zum Wettbewerb (Beschränkte Anzahl von geeigneten Unternehmen wird zur Abgabe von Angeboten eingeladen).

z.B. Verlängerung der Gewährleistungsfrist als Zuschlagskriterium neben dem Angebotspreis.“ (ZIT, 2007)

„Obwohl es inzwischen eine Vielzahl von Regelwerken mit unterschiedlich hohen Anforderungen an die Verfahren und Materialien gibt, werden dennoch nur in einem begrenzten Umfang alle Anforderungen damit abgedeckt, welche an ein Sanierungsverfahren gestellt werden müssen. Je klarer die Mindestanforderungen und Randbedingungen definiert werden, desto sicherer kann das gewünschte Sanierungsziel erreicht werden.“



Aus diesem Grund haben bereits eine Vielzahl von Kommunen v.a. in Deutschland in Ergänzung zu den bestehenden Regelwerken Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen ausgearbeitet. Diese genau auf die Belange des Netzbetreibers abgestimmten Anforderungsprofile werden Vertragsbestandteil der Ausschreibung und regeln maßgeblich die folgenden Themenbereiche:

- Anforderungen an das ausführende Unternehmen
- Anforderungen an das Sanierungsverfahren
- Qualitätsanforderungen an die verwendeten Materialien
- Vorgaben für die Abwicklung von Sanierungsvorhaben
- Qualitätssicherung auf der Baustelle
- Abrechnungsmodalitäten (z. T. Abzugsregelungen bei Mängeln)“ (ZIT, 2007)

Analog zu vorangegangenen Punkt gilt, dass die Qualitätssicherung bei der Ausführungsplanung und Ausschreibung nicht im Hauptaugenmerk des vorliegenden Projektes liegt und dementsprechend auf weitere Ausführungen verzichtet wird. Nichtsdestotrotz soll auf die Dringlichkeit der Qualitätssicherung in jedem Teilschritt der Kanalsanierung hingewiesen werden.

Qualitätssicherung bei der Bauausführung

Die Qualitätssicherung während der Baumaßnahmen ist ein wesentlicher Bestandteil jedes Arbeitsschrittes. Entsprechend HAMPEL (2007) ist sie gerade bei Verwendung grabenloser Verfahren von großer Bedeutung, da hier die unterirdisch erzeugten Produkte meist erst vor Ort die vertraglich geforderten Eigenschaften erhalten.

ZIT (2007) beschreibt wie eine entsprechende Qualitätssicherung bei der Bauausführung erreicht werden kann:

Der Vorbereitung einer Sanierungsmaßnahme kommt eine wichtige Rolle zu. Durch gute Vorbereitung, welche bereits bei der Aufbereitung vorhandener Schadstellen durch den Planer beginnt, verläuft die Abwicklung im Allgemeinen unkomplizierter. Durch genaue Beschreibung an welchen Stellen welche Arbeiten auszuführen sind, steht dem Auftragnehmer ein Leitfaden zur Abarbeitung der ausgeschriebenen Leistungen zur Verfügung. Die klare Darstellung der Lage der zu bearbeitenden Schadstellen (aktuelle Lagepläne mit Kanalbestand, Kataster-/Naturbestandskaten, zu sanierende Schadstellen) durch den Planer kann Fehlerquellen auf der Baustelle vermeiden. Zusätzlich zu den Planunterlagen kann eine tabellarische Zusammenstellung aller Sanierungsstellen für die ausführende Firma praktikabel sein.

ZIT (2007) weist außerdem darauf hin, dass die ausführende Firma generell dazu verpflichtet werden sollte, alle Schadstellen mittels Kamertechnik aufzunehmen und zwar vor der Bearbeitung als auch nach der Durchführung der Fräsarbeiten. Hierdurch kann der Auftragnehmer eine saubere Sanierungsleistung nachweisen bzw. der Auftraggeber die korrekte Vorbereitung und Ausführung kontrollieren. Zusätzlich können die Aufnahmen grundsätzlich auch als Abrechnungsgrundlage verwendet werden (z.B. Dokumentation bzw. Nachweis der Erfordernis von für das Sanierungsziel des Auftraggebers erforderlichen Leistungen die über den ausgeschriebenen Umfang hinausgehen).

„Eine Überwachung der Arbeiten vor Ort auf der Baustelle durch eine fachkundige Bauaufsicht des AG ist wie bei jeder anderen Baustelle unabdingbar. Hierbei sind nicht nur die Hauptarbeiten wie z. B. der Einbau von Linersystemen, sondern auch die Nebenarbeiten wie Fräsarbeiten, TV-Inspektion oder die Anbindung von Anschlußleitungen zu überwachen. Nur wenn die Bauleitung des AG frühzeitig Fehler aufdeckt und gemeinsam mit dem Auftragnehmer abstellt, kann eine Sanierungsleistung mit durchgängig hohem

Qualitätsniveau erreicht werden. Hierbei gilt es nicht nur mit dem Auftragnehmer der Gesamtleistung zu sprechen, sondern vor allem auch mit dem Anlagenführer der ausführenden Firma, welcher die Vorgaben schließlich umsetzen muß.

Generell ist darauf zu achten, dass alle Arbeiten entsprechend den Vorgaben der Verfahrenshandbücher der jeweiligen Systemhersteller und den Angaben der Materialproduzenten ausgeführt werden. In diesen Handlungsanweisungen ist die Durchführung und Verwendung der Materialien und Anlagensysteme klar definiert. Neben einer Aufstellung der Verfahrensschritte sind dort ebenfalls die Mischungsverhältnisse und Einbauparameter vorgegeben. Die Verfahrenshandbücher müssen immer an den Anlagen auf der Baustelle (nicht im Aktenschrank im Firmensitz) vorhanden sein, so dass die vor Ort tätigen Arbeiter stets danach vorgehen können.

Ein wichtiger Bestandteil einer qualitätsbewußten Abwicklung einer Baumaßnahme ist die Eigen- und Fremdüberwachung der Sanierungsleistung durch den Auftragnehmer und den Auftraggeber.“ (ZIT, 2007)

Analog zu den beiden vorangegangenen Punkten gilt, dass die Qualitätssicherung bei der Bauausführung nicht im Hauptaugenmerk des vorliegenden Projektes liegt und dementsprechend auf weitere Ausführungen verzichtet wird. Nichtsdestotrotz soll auf die Dringlichkeit der Qualitätssicherung in jedem Teilschritt der Kanalsanierung hingewiesen werden.

3.7.2 Sozio-Ökonomische Aspekte der Kanalsanierungsplanung

In Kapitel 3.7.1 wurde bereits darauf hingewiesen, dass der Qualitätssicherung eine hohe sozio-ökonomische Bedeutung beizumessen ist (HAMPEL, 2007). BÖLKE et al. (2006) identifizieren ökonomische Aspekt bei der Qualitätssicherung: *„Überwiegend beruht der Verzicht auf Weiterbildung auf einer ökonomischen Basis. Bei der Vergabe wird leider zu wenig darauf geachtet, dass Firmen mit ausreichend geschultem Personal Aufträge erhalten, da sie im Angebotspreis in der Regel höher liegen als Firmen ohne entsprechendes Personal. Hier sind die Auftraggeber in der Pflicht, Änderungen herbeizuführen.“*

Dabei zeigen ERTL et al. (2009), *„...dass die bauliche Zustandsbewertung basierend auf einer qualitätsgesicherten TV-Inspektion im Vergleich zu herkömmlichen Vorgehensweisen bei der Zustandsbewertung sogar durchaus finanzielle Vorteile für den Auftraggeber bieten könnte.“*

ERTL et al. (2009) unterstreichen, dass die unterirdischen Kanalisationsanlagen einen der größten Vermögenswerte der Kommunen darstellen und dementsprechend dem Erhalt bzw. der Sanierung eine große volkswirtschaftliche Bedeutung zukommt. Wesentliche Grundlagen für die Sanierungsplanung liefert primär die bauliche Erfassung des Zustandes durch die TV-Inspektion.

Die Laufmeterkosten einer Sanierung können laut ERTL et al. (2009) oftmals mehr als das Hundertfache der Laufmeterkosten einer TV-Inspektion (inklusive vorhergehender Reinigung, Zustandsklassifizierung, etc.) ausmachen. Im Rahmen der Planung und Inspektion kann, nach den Ausführungen von JUNG (2005, zit. bei ERTL et al. 2009), auf 65 Prozent der Kosten einer (unterirdischen) Sanierungsmaßnahme Einfluss genommen werden. Dementsprechend scheinen Einsparungen bei der Inspektion mit negativen Folgen auf die Datenqualität kontraproduktiv zu sein. Vielmehr streichen ERTL et al. (2009) heraus, dass eine bauliche Zustandsbewertung, welche auf einer qualitätsgesicherten TV-Inspektion basiert, sogar finanzielle Vorteile für den Auftraggeber mit sich bringen kann.

„Preise, die oftmals weit unter den zu erwartenden Kosten für eine qualitative hochwertige TV-Inspektion liegen, steigern die Häufigkeit von fehlerhaften und unvollständigen Zustandserfassungen.

Das unmittelbare Verwenden der Inspektionsprotokolle für die eigentliche Zustandsklassifizierung ohne jegliche Überprüfung oder ein begleitendes QM kann hier fatale Folgen auf die Sanierungsplanung haben. Die Folgekosten für eine falsch gewählte oder fehlerhafte Sanierung können die Einsparungen im Zuge der Zustandserfassung und –bewertung dann jedenfalls bei weitem übersteigen.“ (ERTL et al., 2009)



Sozio-Ökonomische Aspekte der Kanalsanierungsplanung in der aktuellen Praxis

Im 5. Workshop wurden die aktuellen Unternehmenspraktiken (KU) im Umgang mit ökonomischen Aspekten bei der Kanalsanierungsplanung diskutiert. Diese können im Folgenden zusammengefasst werden:

- **KU1:** Die Planung erfolgt im Wesentlichen budgetgetrieben (was ist budgetär möglich, was ist real umsetzbar). Die Zustandsklassen (v.a. 4 und 5, teilweise 3) der Haltungen werden statistisch ausgewertet und die Kosten für die Sanierung daraus abgeschätzt. Diese Vorgehensweise wird anhand von Pilotprojekten „verifiziert“. Für sieben von 30 Teilgebieten wurde dieser Ansatz bereits umgesetzt, für zehn weitere existiert bereits ein Sanierungskonzept. Eine gewisse Datenbasis und Erfahrungswerte liegen dementsprechend bereits vor. Das Thema Werterhalt konnte bisher nicht berücksichtigt werden, da diesbezüglich noch keine Daten vorliegen. In naher Zukunft soll jedoch der Substanzwert ermittelt werden. Das Unternehmen orte in Zukunft vermehrt kaufmännische als technische Begründungen in der Sanierungsplanung. Der Substanzwert kann dabei helfen nachzuweisen, wieso Sanierungen erforderlich sind. Umfeldkosten (z. B. Wasserhaltung, Stau, etc.) werden bisher nicht berücksichtigt, monetär wird lediglich zwischen offener und grabenloser Bauweise unterschieden.
- **KU2:** KU2 verfolgt denselben Ansatz wie KU1. Sanierungsgebiete werden budgetgetrieben festgelegt (Zehnjahresplanung).
- **KU3:** Vermögensdaten sind nur als Baulossummen (Herstellungskosten) vorhanden. Das Sanierungskonzept verfolgt im Wesentlichen, dass Betriebsgebiete in einem bestimmten Zeitrahmen abgearbeitet werden. Das Sanierungsbudget wird dabei über einen durchschnittlichen Sanierungspreis ermittelt und beantragt. Andere soziale Kosten kommen im städtischen Gebiet im Grunde gar nicht zum Tragen, da hier normalerweise Inliner-Verfahren angewendet werden. Mitunter ist jedoch relevant, dass das Bodenaushubmaterial aus Städten oftmals kontaminiert ist und damit eine Deponierung mit entsprechenden Kosten verbunden ist.
- **KU4:** Es existiert eine Vermögensbewertung, diese wurde für die Sanierungsplanung jedoch bisher nicht herangezogen. Aufbauend auf einer selektiven Inspektion werden der Sanierungsbedarf sowie die damit verbundenen Kosten abgeschätzt. Dadurch kann festgestellt werden, welches Budget pro Jahr für die Sanierung erforderlich ist. Es erfolgt eine Gebietseinteilung (20 km Länge) mit anschließender Gewichtung. Danach werden die Gebiete nacheinander befahren und saniert. Hierfür ist im Grunde keine Vermögensbewertung erforderlich, in Zukunft soll diese aber auf ein geografisches Informationssystem (GIS) umgestellt werden. Derzeit bezieht sich die Vermögensbewertung nur auf das gesamte Kanalsystem.

Die Erfahrung der Kanalunternehmen hat im 5. Workshop gezeigt, dass andere Leitungsträger oft einen komplett unterschiedlichen Planungsansatz verfolgen. Die Koordination gestaltet sich in der Regel in jenen Fällen leichter, in denen mehrere Leitungsträger in einer Firma „angesiedelt“ sind.

Neben den Planungen anderer Leitungsträger werden im Folgenden weitere Kriterien angeführt, welche es unter anderem aus sozio-ökonomischer Sicht in der Praxis zu berücksichtigen gilt. Diese Kriterien können die Wahl der Vorgehensweise (Sanierungsverfahren, etc.) beeinflussen (Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz NRW, s.a.):

- Allgemeine Bedingungen
 - o Bodenverhältnisse, Wetter, Klima, Politik
- Wasserwirtschaftliche Relevanz (Themenbereiche mit wasserwirtschaftlicher Relevanz)
 - o Situation der öffentlichen Anlage (Alter, Zustand, notwendige Erneuerung bzw. Erweiterung), Situation der privaten Anlage (Alter, Zustand, notwendige Erneuerung bzw. Erweiterung), Fremdwasser, Wasserschutzgebiete, Abwasserableitung

- Straßenraum und Verkehr (Dieser Themenbereich hat eine hohe Bedeutung, da jeder Eingriff in das unterirdische System oberirdisch zu Beeinträchtigungen führt)
 - o Verkehrsarten (Welche Art der Verkehrsteilnehmer sind vorhanden und wie sensibel reagieren diese?)
 - Autoverkehr, Radfahrer, Fußgänger, Busverkehr, Straßen- bzw. U-Bahnen, etc.
 - o Straßenraum und Gestaltung (Wie ist der Verkehr gestaltet, welcher Ausbaustandard liegt vor, welcher Aufwand ist zu erwarten?)
 - Fußgängerzonen, Anwohnerstraßen, Innenstadtlage/Nebenzentren, historischer Ortskern
- Andere Leitungsträger (Sanierungsbedarf bzw. geplante Baumaßnahmen anderer Leitungsträger)
 - o Gas, Wärme, Datenleitungen, Strom, Wasser, Verkehrsregeltechnik
- Bebauungsstruktur
 - o Grünflächen, Gärten, Innenhöfe, Grenzbebauung, Einzel-, Doppel-, Reihenhausbauung, Großwohnsiedlungen, Bausubstanz (z. B. Alter, etc.)
- Bevölkerung und soziale Faktoren
 - o Einwohnerdichte, soziale Struktur, Altersstruktur, Demografische Entwicklung des Projektgebietes, Eigentümerstruktur
- Nutzungsstruktur (Folgeabschätzungen für die Maßnahmen z. B. für Lärm, Schmutz, Umsatzrückgang)
 - o Wohnen, Gewerbe, Besondere Einrichtungen (z. B. Altersheime, etc.)



4 Ergebnisse

4.1 Anforderungen an Entwässerungssysteme und Ziele der Sanierungsplanung

4.1.1 Relevanz von Funktionalanforderungen

Um geeignete Untersuchungsmethoden für die jeweiligen Funktionalanforderungen zu ermitteln, wurden die 13 Funktionalanforderungen, wie in Kapitel 3.1.3 ausgeführt, vereinfachend nur je einer primären Relevanz (baulich, hydraulisch, umweltrelevant, betrieblich) zugeordnet. Wobei bei der Zuordnung die vorrangigen (primären) Einflüsse der einzelnen Funktionalanforderungen berücksichtigt wurden, obwohl es durchaus zu Überlappungen kommen kann, wie auch bei KRETSCHMER et al. (2012) beschrieben ist: „Aus technisch-funktionaler Sicht kann [...] trotz gewisser Überschneidungen jede Funktionalanforderung als primär baulich, betrieblich, hydraulisch oder umweltrelevant „klassifiziert“ werden.“

In Tabelle 3 sind die Ergebnisse der Zuordnung der Funktionalanforderungen zu je einer primären Relevanz, wie sie in Kapitel 3.1.3 beschrieben wurde, durch die Kanalunternehmen dargestellt. (Vergleich dazu SCHWARZ, 2012)

Tabelle 3: Zuordnung der 13 Funktionalanforderungen zu primären Relevanzen

Zuordnung der 13 Funktionalanforderungen zu primären Relevanzen	
Primäre Relevanz	Funktionalanforderung gem. ÖNORM EN 752 (2008)
baulich	Baulicher Zustand und Nutzungsdauer
	Vermeidung von Lärm und Erschütterungen
	Nachhaltige Verwendung von Produkten und Werkstoffen
	Angrenzende Bauten sowie Ver- und Entsorgungseinrichtungen nicht gefährden
hydraulisch	Schutz vor Überflutung
umweltrelevant	Schutz des Oberflächenvorfluters
	Grundwasserschutz
betrieblich	Aufrechterhaltung des Abflusses
	Beschaffenheit der AW-Einleitung in das System
	Unterhaltbarkeit
	Vermeidung von Gerüchen sowie giftigen, explosiven oder korrosiven Gasen
	Nachhaltige Verwendung von Energie
	Wasserdichtheit

Ein Beispiel für teilweise unscharfe Abgrenzungen und Überschneidungen bei der Zuordnung von Funktionalanforderungen zu je einer primären Relevanz wird bei SCHWARZ (2012) angeführt:

„Beispielsweise könnte die Funktionalanforderung „Schutz vor Überflutung“ [...] der hydraulischen (z.B. hydraulische Auswirkungen im System durch ein Überflutungsereignis, etc.), der betrieblichen (z.B. Versagen des einwandfreien Betriebs durch Folgen der Überflutung, etc.) sowie durch die eventuell auftretenden indirekten Folgen, der umweltrelevanten (z.B. Austrag von Stoffen etc.) Relevanzklasse zugeordnet werden.

Es wurde sich darauf geeignet, dass hydraulische Untersuchungsmethoden bei der Untersuchung der Funktionalanforderung „Schutz vor Überflutung“ geeignet sind. Hydraulische Vorgänge und Gegebenheiten bedingen das Auftreten und die Auswirkungen einer Überflutung. Um eine Zuordnung zu zwei oder

mehreren Relevanzen zu vermeiden, wird die vorrangige, in diesem Fall die hydraulische Anforderung berücksichtigt.“

Durch diese Art der Zuordnung soll die geeignetste Untersuchungsmethode für jede Funktionalanforderung definiert werden und eindeutige Abhängigkeiten der unterschiedlichen Ebenen (primäre Relevanz, Funktionalanforderung, Leistungsanforderung (Kennzahl), etc.) beschrieben werden. In weiterer Folge stellt diese und weitere Untergliederungen eine wesentliche Rolle für die Anwendung der im Projekt entwickelten Methoden der Sanierungsplanung sowie der strategischen Informationsbeschaffung dar.

4.1.2 Definition von Sanierungszielen

Vier der am Projekt beteiligten Kanalisationsunternehmen (KU) haben in einem Workshop die aus ihrer Sicht wichtigsten Funktionalanforderungen für die praxisnahe Sanierungsplanung, entsprechend der Ausführungen in Kapitel 3.1.4, bestimmt. *„Dabei wurden alle Funktionalanforderungen mit Schulnoten durch die Kanalbetreiber bedacht. Das klassische Schulnotensystem (1 = sehr wichtig, 5 = unwichtig) wurde zur Beurteilung der Wichtigkeit verwendet und anschließend der Mittelwert der Benotung durch alle Kanalisationsunternehmen für jede Funktionalanforderung gebildet. Die Vergabe der Noten und somit der Wichtigkeit für die einzelnen Teilnehmer soll den Bezug zur Praxis sicherstellen.“* (SCHWARZ, 2012)

Die nach dem Mittelwert der Beurteilung gereihten Ergebnisse der Benotung durch die Kanalisationsunternehmen sind in Tabelle 4 zusammengefasst. Zusätzlich zu den 13 in der ÖNORM EN 725 (2008) definierten Funktionalanforderungen sind am Ende der Tabelle weitere im Verlauf des Workshops vorgeschlagene und aus Sicht der Projektpartner relevant erscheinende Anforderungen angeführt („Minimierung des Betriebsaufwandes“, „Urbane Entwicklung“, „Ablagerungen und deren Austrag“ und „Schädlinge“).

Für die Entwicklung von Entscheidungshilfen für die Sanierungsplanung in enger Koordination mit den Betreibern, wie sie von ANA und BAUWENS (2007) vorgesehen wird, ist die Definition von aus Sicht der Kanalunternehmen wesentlichen Sanierungszielen notwendig.

Tabelle 4: Bewertung der Wichtigkeit der Funktionalanforderungen für die Praxis durch die Kanalisationsunternehmen (KU)

Bewertung der Wichtigkeit der Funktionalanforderungen für die Praxis durch die Kanalisationsunternehmen (KU)					
Funktionalanforderung gem. ÖNORM EN 752 (2008)	Priorität [1-5]				
	KU 1	KU 2	KU 3	KU 4	Mittelwert
Schutz vor Überflutung	1	1	1	1	1,0
Grundwasserschutz	1	1	1	1	1,0
Baulicher Zustand und Nutzungsdauer	1	1	1	1	1,0
Aufrechterhaltung des Abflusses (= Entsorgungssicherheit)	1	1	1	1	1,0
Schutz des Oberflächenvorfluters	1	1	2	1	1,3
Beschaffenheit der Abwassereinleitungen in das System	1	2	2	1	1,5
Angrenzende Bauten sowie Ver- und Entsorgungseinrichtungen nicht gefährden (--> Standsicherheit)	1	1	3	1	1,5
Unterhaltbarkeit (Zugänglichkeit steht im Vordergrund)	1	2	4	1	2,0
Nachhaltige Verwendung von Energie	2	3	2	1	2,0
Wasserdichtheit (--> Fremdwasser)	2	3	3	1	2,3
Vermeidung von Gerüchen sowie giftigen, explosiven oder korrosiven Gasen	1	3	4	1	2,3
Nachhaltige Verwendung von Produkten und Werkstoffen	2	4	2	2	2,5
Vermeidung von Lärm und Erschütterungen	1	4	5	3	3,3
Vorgeschlagene ergänzende Funktionalanforderungen	KU 1	KU 2	KU 3	KU 4	Mittelwert
Minimierung (Optimierung) des Betriebsaufwandes (Ablagerungen)	1	2	2	1	1,5
Urbane Entwicklung (Rentabilität)	3	3	2	2	2,5
Ablagerungen und deren Austrag				1	1,0
Schädlinge	3	4	4	3	3,5

Jene Funktionalanforderungen welche von allen Unternehmen mit gleicher oder annähernd gleicher Priorität bewertet wurden (maximal ein Notengrad Unterschied zwischen allen Unternehmen) und einen Prioritätsmittelwert kleiner oder gleich 1,5 aufweisen, stellen aus Sicht der Kanalisationsunternehmen die für die Praxis relevantesten Funktionalanforderungen dar. Die Projektpartner haben sich im Verlauf des Projekts darauf geeinigt den, diesen Kriterien entsprechenden, Funktionalanforderungen den Vorzug zu geben und diese im weiteren Projektverlauf zu berücksichtigen.

Die Ausnahmen von dieser Regel können wie folgt begründet werden (SCHWARZ, 2012):

„Beschaffenheit der Abwassereinleitungen in das System“

Trotz der annähernd gleichen, hohen Wichtigkeitseinstufung der Funktionalanforderung „Beschaffenheit der AW-Einleitung in das System“ [...] wurde diese einvernehmlich nicht beibehalten.

„Angrenzende Bauten sowie Ver- und Entsorgungseinrichtungen nicht gefährden“

Hinsichtlich des Prioritätsmittelwertes (1,5) entspricht diese Funktionalanforderung den selbst bestimmten Auswahlkriterien (kleiner oder gleich 1,5), lediglich die Schwankungsbreite in der Benotung durch die einzelnen Kanalisationsunternehmen weicht davon ab. Die Projektpartner haben sich jedoch einvernehmlich darauf geeinigt, diese Anforderung genauer zu untersuchen und beizubehalten. Dem Kriterium für den Prioritätsmittelwert wurde hier der Vorzug gegeben. Auch ergänzend als zweite „bauliche“

Funktionalanforderung (neben „Baulicher Zustand und Nutzungsdauer“) scheint die Beibehaltung sinnvoll, da somit ein zweites „Standbein“ hinsichtlich der baulichen Beurteilung (bauliche Relevanz [...]) vorhanden ist.

Minimierung des Betriebsaufwandes

Vielfach wurde von den Kanalisationsunternehmen die Aufnahme der zusätzlichen Funktionalanforderung „Minimierung des Betriebsaufwandes“ in die Liste zu den 13 bestehenden Funktionalanforderungen gewünscht. Diese wurde jedoch nach weiteren Überlegungen und Diskussionen nicht eigens berücksichtigt, sondern der bestehenden Funktionalanforderung „Aufrechterhaltung des Abflusses“ [...] zugeordnet. [...] Nach eingehenden Diskussionen wurde festgehalten, dass, wenn die „Aufrechterhaltung des Abflusses“ gewährleistet ist, Betriebsaufwände wie Inspektion und insbesondere Wartung des Entwässerungssystems minimiert werden. Aufwendungen des Betriebes werden somit ausreichend in der Funktionalanforderung „Aufrechterhaltung des Abflusses“ berücksichtigt.“

Die Einbeziehung der vorgeschlagenen Funktionalanforderung „Ablagerungen und deren Austrag“ in den Untersuchungsumfang, wurde lediglich von einem Kanalunternehmen gewünscht (bzw. benotet) und dementsprechend im weiteren Projektverlauf nicht berücksichtigt.

Wesentliche Sanierungsziele für die praxisnahe Sanierungsplanung

Die Ergebnisse aus der Bewertung von Sanierungszielen durch die Betreiber in Kapitel 4.1.2 bzw. Tabelle 4 sollen den Umfang für die im Projekt zu entwickelnden Entscheidungshilfen reduzieren. Gründe hierfür sind in Kapitel 3.1.4 angeführt.

„Um die Anwendbarkeit zu verbessern, scheint eine Reduzierung des Umfanges auf das Wichtigste und Notwendigste sinnvoll, ein erster Schritt in Richtung Minimierung [...] auf das Wesentliche erfolgt mit der Selektion der Funktionalanforderungen. Die verbliebenen Funktionalanforderungen stellen das Ergebnis des beschriebenen Auswahlprozesses dar [...].“ (SCHWARZ, 2012)

In Tabelle 5 sind die wesentlichen Funktionalanforderungen für die praxisnahe Sanierungsplanung aus Sicht der Kanalisationsunternehmen inklusive ihrer Zuordnung zu je einer primären Relevanz zusammengefasst. Für diese wesentlichen Funktionalanforderungen können im weiteren Verlauf (messbare) Leistungsanforderungen (Kennzahlen) abgeleitet werden.

Bei Bedarf kann der Umfang der betrachteten Funktionalanforderungen zukünftig oder bei individueller Notwendigkeit angepasst werden. Durch die fortschreitende Technisierung und neue (gesetzliche) Rahmenbedingungen ist für die Zukunft zu erwarten, dass die Verfügbarkeit von (qualitativen) Eingangsinformationen zunimmt. Eine Erweiterung des beschriebenen Umfangs um entsprechende Funktionalanforderungen kann einfach von statten gehen.

Ein integrales Kanalmanagement gemäß ÖNORM EN 752 (2008) setzt die Untersuchung, Beurteilung, Maßnahmenentwicklung und –umsetzung aus baulicher, hydraulischer, umweltrelevanter und betrieblicher Sicht voraus. Diese ganzheitliche Art der Betrachtung soll dadurch gewährleistet werden, dass für jede primäre Relevanz zumindest eine (zugeordnete) Funktionalanforderung berücksichtigt wird.



Tabelle 5: Wesentliche Funktionalanforderungen für die praxisnahe Sanierungsplanung (inkl. Zuordnung der primären Relevanz)

Wesentliche Funktionalanforderungen für die praxisnahe Sanierungsplanung (inkl. Zuordnung der primären Relevanz)	
Primäre Relevanz	Funktionalanforderung
baulich	Baulicher Zustand und Nutzungsdauer
	Angrenzende Bauten sowie Ver- und Entsorgungseinrichtungen nicht gefährden
hydraulisch	Schutz vor Überflutung
umweltrelevant	Schutz des Oberflächenvorfluters
	Grundwasserschutz
betriebllich	Aufrechterhaltung des Abflusses (inkl. Minimierung des Betriebsaufwandes)

4.2 Bauliche, betriebliche, umweltrelevante und hydraulische Zustandsbeurteilung

Die Sanierungsplanung in Österreich berücksichtigt derzeit, wie in Kapitel 3.3.1 zusammengefasst wurde, erst ansatzweise ganzheitliche Aspekte. Zustandsbewertungen und daraus ableitbare Zustandsklassenverteilungen stellen die wesentlichste Informationsquelle für Entscheidungen bei der Prioritätenermittlung dar. Insbesondere werden dabei bauliche Gesichtspunkte berücksichtigt, aber je nach Entwicklungsstand des Unternehmens existieren auch hydraulische Untersuchungen in entsprechendem Umfang. Ergebnisse zu umweltrelevanten und betrieblichen Aspekten werden derzeit nicht gesondert ausgewiesen, sondern maximal durch eine bauliche Zustandsbewertung (z.B. ISYBAU (OFD Niedersachsen, 2010)) mitberücksichtigt. Durch Adaption bestehender Ansätze kann, aus Sicht des Projektteams, die derzeit in Österreich praktizierte Vorgehensweise im Sinne der ÖNORM EN 752 (2008) erweitert werden. Eine separate Ausweisung von baulichen, betrieblichen, umweltrelevanten und hydraulischen Zustandsbewertungen bzw. Zustandsklassenverteilungen soll Rückschlüsse aus ganzheitlicher Sicht ermöglichen. Die Entwicklung dieser getrennten Betrachtungsweise soll sich dabei eng an bisherigen Praktiken orientieren. Auch in Deutschland scheint der zukünftige Weg in diese Richtung zu gehen, wie Vorschläge der DWA (2012) zeigen.

Aus den im Projekt vorgeschlagenen Zustandsbewertungen bzw. Zustandsklassenverteilungen sollen in weiterer Folge Kennzahlen abgeleitet werden. Um die Aussagen der auf den baulichen, betrieblichen, umweltrelevanten und hydraulischen Zustandsklassenverteilungen basierenden Kennzahlen zu unterstützen sollen zusätzliche, für die praktische Anwendung geeignete, Kennzahlen eingeführt werden. Die Entwicklung und Auswahl dieser Kennzahlen orientiert sich an den Empfehlungen der ÖNORM EN 752 (2008) bzw. einschlägiger Literatur (z.B. MATOS et al., 2003; DVGW und DWA, 2005; GANGL et al., 2006; ANA und BAUWENS, 2007; etc.).

4.2.1 Entwicklung von messbaren Leistungsanforderungen (Kennzahlen)

Die Auswahl eines geeigneten Kennzahlensystems zur baulichen, betrieblichen, umweltrelevanten und hydraulischen Zustandsbewertung erfolgte in Teilschritten:

- Zusammenfassung der Kennzahlen aus der Literaturrecherche
- Gegebenenfalls Entwicklung neuer Kennzahlen auf Grundlage der Kennzahlen aus der Literatur
- Entwicklung neuer Kennzahlen entsprechend den Anforderungen der Kanalunternehmen
- Auswahl geeigneter Kennzahlen aus den vorhergehenden Teilschritten

Die Ergebnisse der schrittweisen Auswahl geeigneter Kennzahlen sind in den nachfolgenden Kapiteln zusammengefasst.

4.2.1.1 Zusammenfassung der Kennzahlen

Die Kennzahlen aus Recherchetätigkeiten der in Kapitel 3.3.2.4 angeführten Literatur wurden in einer Liste zusammengefasst. Dabei wurden nur jene Kennzahlen berücksichtigt, welche Leistungen von Entwässerungssystemen beschreiben (keine Kennzahlen bezüglich z. B. Abwasserbehandlungsanlagen, Personal, etc.) und potentielle Entscheidungshilfen bei der Kanalsanierungsplanung darstellen. Vorschläge für neue oder den Unternehmensbedürfnissen angepasste Kennzahlen ergänzten die Liste.



In Tabelle 6 bis Tabelle 9 sind die vollständigen Listen aller Kennzahlen, getrennt nach primärer Relevanz und inklusive Anmerkung zur jeweiligen Literaturquelle (IWA, etc.) zusammengefasst (siehe auch SCHWARZ, 2012). Die im Projekt selbst entwickelten oder angepassten Kennzahlen sind ebenfalls gekennzeichnet (INFOSAN).

In den regelmäßig stattfindenden Workshops wurden die Fortschritte der Literaturrecherche präsentiert und von den Projektpartnern kommentiert und auf eventuelle Verbesserungsvorschläge beziehungsweise Einwände und Wünsche hingewiesen. Kennzahlen wurden entsprechend der Diskussionen angepasst und neue entwickelt. Eine laufende Verdichtung und Präzisierung der Kennzahlen war die Folge. Die Teil- und Arbeitsschritte dieses Prozesses sind in den folgenden Kapiteln erläutert.

Tabelle 6: Zusammenfassung aller Kennzahlen zur baulichen Zustandsbeurteilung

Zusammenfassung aller Kennzahlen zur baulichen Zustandsbeurteilung		
Funktional-anforderung	(messbare) Leistungsanforderung(en)	Kennzahl(en)
Baulicher Zustand und Nutzungsdauer	IWA: Kanaleinstürze	wOp40 [Anzahl der Einstürze pro 100 km Kanal und Jahr] [No./100 km*a]
	IWA: Kanalreparaturen	wOp21 [Länge der reparierten Kanäle pro Gesamtkanalnetzlänge und Jahr] [%/a]
	IWA: Kanalrenovierungen	wOp22 [Länge der renovierten Kanäle pro Gesamtkanalnetzlänge und Jahr] [%/a]
	IWA: Kanalerneuerungen	wOp23 [Länge der erneuerten Kanäle pro Gesamtkanalnetzlänge und Jahr] [%/a]
	IWA: Anzahl der Reperaturen im Kanal und deren Verbindungen	wOp24 [Anzahl der Reparaturen an defekten Kanälen und Verbindungen pro 100 km Kanal und Jahr] [No./100 km*a]
	IWA: Anzahl der sanierten Schächte	wOp25 [Anzahl der ausgewechselten, erneuerten, renovierten oder reparierten Schächte pro Gesamtanzahl der Schächte und Jahr] [%/a]
	IWA: Investitionen für Renovierung und Erneuerung	wFi29 [Investitionskosten für Renovierung und Erneuerung pro Gesamtinvestitionskosten und Jahr] [%]
	IWA: Investment ratio	wFi33 [-]
	ÖWAV (WIM): Baulichen Zustand im System optimieren; Mind. Erreichen der geplanten Nutzungsdauer	Bauliche Zustandsklassenverteilung [%]
	ISYBAU/DWA M149-3: Bauliche Zustandsklassenverteilung	Bauliche Zustandsklassenverteilung [%]
	DACH: Sanierungsbedürftige Kanallängenrate	KLRsan [%]
	DACH: Jährliche Kanalerneuerungsrate	KER [%]
	DWA: Werterhaltungsquote (Sanierungs- und Instandhaltungsquote) Abwasserableitung	KNA55 [%]
	DWA: Leitungsrehabilitation (jährliche Kanalerneuerungsrate)	KNA65 [%]
	INFOSAN: Sanierungsbedürftige Kanallänge	[Länge der sanierungsbedürftigen Haltungen/Gesamtkanallängen] [%]
	INFOSAN: Sanierungsbedürftige Haltungen	[Anzahl der sanierungsbedürftigen Haltungen/Gesamtanzahl der Haltungen] [%]
	INFOSAN: Sanierungsbedürftige Schächte	[Anzahl der sanierungsbedürftigen Schächte/Gesamtanzahl der Schächte] [%]
	Linz AG: Funktionserhaltungswert	Investitionsbedarf [EUR]
	Linz AG: Sanierungsrate	gewichtete Länge der sanierten Kanäle/Gesamtlänge der Kanäle*100 [%]
	INFOSAN: Jährliche Sanierungsrate	[Länge der sanierten Kanäle pro Jahr/Gesamtlänge der Kanäle] [%]
	INFOSAN: Anteil der jährlich sanierten Schächte	[Anzahl sanierter Schächte pro Jahr/Gesamtanzahl der Schächte] [%]
	INFOSAN: Baulich sanierungsbedürftige Kanallänge in [%]	[Länge der baulich sanierungsbedürftigen Kanäle/Gesamtkanalnetzlänge] [%]
	INFOSAN: Baulich sanierungsbedürftige Haltungen in [%]	[Anzahl der baulich sanierungsbedürftigen Haltungen/Gesamtanzahl der Haltungen] [%]
	INFOSAN: Baulich sanierungsbedürftige Schächte in [%]	[Anzahl der baulich sanierungsbedürftigen Schächte/Gesamtanzahl der Schächte] [%]
	INFOSAN: Zustandsklassenverteilung "Standicherheit"	Zustandsklassen Standsicherheit [Anteil der Gesamtanzahl der Haltungen je Zustandsklasse in %]
	DWA: (relativer) Substanzwert	[SWrel] [%]
Vermeidung von Lärm und Erschütterungen	IWA: Other complaints	wQS26 [No./1000 inhab.*a]
	ÖWAV (WIM): Minimierung der Auswirkungen auf Personen und Objekte bei der Sanierung	keine Kennzahl formuliert
Nachhaltige Verwendung von Produkten und	IWA: Unit total cost per length of sewer	wFi6 [US\$/km*a]
	IWA: Unit running cost per length of sewer	wFi8 [US\$/km*a]



Werkstoffen	IWA: Unit capital cost per length of sewer	wFi10 [US\$/km*a]
	IWA: Consumable costs	wFi14 [%]
	ÖWAV (WIM): Verwendung von Produkten und Werkstoffen mit optimaler Ökobilanz	keine Kennzahl formuliert
Angrenzende Bauten sowie Ver- und Entsorgungseinrichtungen nicht gefährden	IWA: Schäden bei Dritten	wQS28 [Anzahl der Schäden/Unfälle an Dritten pro Gesamtanzahl an Schäden/Unfälle des Unternehmens] [%]
	INFOSAN: Schäden aufgrund von Ausspülungen	[Anzahl der Schäden an Straßen, Bauwerken, etc. aufgrund von Ausspülungen/a] [Stk/a]
	ÖWAV (WIM): Auswirkungen auf angrenzende Objekte durch Sanierung minimieren	keine Kennzahl formuliert

Tabelle 7: Zusammenfassung aller Kennzahlen zur betrieblichen Zustandsbeurteilung

Zusammenfassung aller Kennzahlen zur betrieblichen Zustandsbeurteilung		
Aufrecht- erhaltung des Abflusses (inkl. Minimierung des Betriebs- aufwandes)	IWA: Anzahl der Verstopfungen	wOp34 [Anzahl der Verstopfungen pro Gesamtkanalnetzlänge und Jahr] [No./100 km*a]
	EBC: sewer blockages	[No./100 km*a]
	IWA: Kanalinspektionen	wOp1 [Inspizierte Kanalnetzlänge pro Gesamtkanalnetzlänge und Jahr] [%/a]
	ISO: Percentage of sewer system inspected per unit of time	[%/a]
	DWA: Inspektionsrate	KSA10 [%]
	IWA: Kanalreinigungen	wOp2 [Gereinigte Kanalnetzlänge pro Gesamtkanalnetzlänge und Jahr] [%/a]
	ISO: Percentage of sewer system cleaned per unit of time	[%/a]
	IWA: Schachtinspektionen	wOp3 [Inspizierte Schächte pro Gesamtanzahl der Schächte und Jahr] [-/a]
	IWA: Serviceunterbrechungen	wQS15 [Anzahl der Grundstücke mit Serviceunterbrechung pro Gesamtanzahl der angeschlossenen Grundstücke] [%]
	IWA: Räumgutmengen	wEn12 [entwässerte Räumgutmenge pro Gesamtkanalnetzlänge und Jahr] [t/km*a]
	ISO: Weight of sediments removed per sewer length	[t/km*a]
	INFOSAN: entwässerte Räumgutmenge pro km gereinigtem Kanal	[entwässerte Räumgutmenge pro km gereinigtem Kanal und Jahr] [t/km*a] bzw. [m³/km*a]
	INFOSAN: Räumgutmenge pro km gereinigtem Kanal	[Räumgutmenge pro km gereinigtem Kanal und Jahr] [t/km*a] bzw. [m³/km*a]
	INFOSAN: Betrieblich sanierungsbedürftige Kanallänge in [%]	[Länge der betrieblich sanierungsbedürftigen Kanäle/Gesamtkanalnetzlänge] [%]
	INFOSAN: Betrieblich sanierungsbedürftige Haltungen in [%]	[Anzahl der betrieblich sanierungsbedürftigen Haltungen/Gesamtanzahl der Haltungen] [%]
	INFOSAN: Betrieblich sanierungsbedürftige Schächte in [%]	[Anzahl der betrieblich sanierungsbedürftigen Schächte/Gesamtanzahl der Schächte] [%]
	INFOSAN: Zustandsklassenverteilung "Betriebssicherheit"	Zustandsklassen Betriebssicherheit [Anteil der Gesamtanzahl der Haltungen je Zustandsklasse in %]
	ÖWAV (WIM): Rückstauschäden durch Sanierungsmaßnahmen minimieren	keine Kennzahl formuliert
Beschaffenheit der AW-Einleitung in das System	IWA: Indirekteinleiterüberwachung	wOp53 [Anzahl der durchgeführten Überprüfungen bezogen auf die Anzahl der geforderten Überprüfungen und Jahr] [-/a]
	INFOSAN: Anzahl der Konsensüberschreitungen durch IE	[Anzahl der Konsensüberschreitungen pro Gesamtanzahl der IE] [%]
	ÖWAV (WIM): IEVO IndirekteinleiterVO (Ö WRG1959), Sanierungsmaßnahme auf AW-Qualität abstimmen	keine Kennzahl formuliert
Unterhaltbarkeit	IWA: Working accidents	wPe20 [No./100 employees*a]
	IWA: Personnel working fatalities	wPe21 [No./100 employees*a]
	ÖWAV (WIM): Sicherheit und Gesundheit des Personals erhalten	[Unfälle/100 km*a]
	ÖWAV (WIM): Zugänglichkeit für erforderliches Personal und Geräte erhalten	unzugäng. Schächte [Anzahl/100 km]
Vermeidung von Gerüchen sowie giftigen, explosiven oder korrosiven Gasen	IWA: Odour complaints	wQS23 [No./1000 inhab.*a]
Nachhaltige Verwendung von Energie	IWA: Pump power utilised in SE	wPh8 [%]
	IWA: Sewer system pump headroom	wPh10 [%]
	IWA: Standardised energy consumption	wOp20 [kWh/m³*m]
	IWA: Energy costs	wFi13 [%]



	ÖWAV (WIM): Minimierung des Verbrauchs an (fossiler) Energie	[kWh/km*a]
Wasserdichtheit	IWA: Zufluss/Infiltration/Exfiltration	wOp30 [Zufluss durch Fehlschlüsse und Infiltration abzüglich Exfiltrationen bezogen auf die behandelte Abwassermenge und Jahr] [%]
	IWA: Zufluss	wOp31 [Zufluss aus Fehlschlüssen pro Gesamtkanalnetzlänge und Jahr] [m³/km*a]
	IWA: Infiltration	wOp32 Infiltrationsvolumen pro Gesamtkanalnetzlänge und Jahr] [m³/km*a]
	ÖWAV (WIM): Sanierungsmaßnahmen müssen Dichtheit gewährleisten	Sanierungslänge die Dichtheitskrit. erf. [%]

Tabelle 8: Zusammenfassung aller Kennzahlen zur umweltrelevanten Zustandsbeurteilung

Zusammenfassung aller Kennzahlen zur umweltrelevanten Zustandsbeurteilung		
Schutz des Oberflächen- vorfluters	IWA: Mischwasserentlastungskontrolle	wOp43 [Entlastungen mit Durchflussüberwachung pro Gesamtanzahl der Entlastungen] [%]
	IWA: Entlastungshäufigkeiten	wEn3 [Anzahl der Entlastungsereignisse pro Gesamtzahl der Entlastungsbauwerke und Jahr] [No./overflow device*a]
	IWA: Entlastetes Volumen	wEn4 [Entlastetes Volumen pro Gesamtzahl der Entlastungsbauwerke und Jahr] [Vo./overflow device*a]
	IWA: Entlastungsvolumen bezogen auf die Niederschlagsmenge	wEn5 [Gesamtvolume der Entlastungsmenge pro Gesamtvolume der Niederschläge und Jahr] [%/a]
	ISO: Entlastungshäufigkeiten	[No./overflow device*a]
	ISO: Entlastetes Volumen	[Vo./overflow device*a]
	IWA: Beschwerden über Verschmutzungen	wQS22 [Anzahl der Beschwerden über Verschmutzungen pro 1000 Einwohner und Jahr] [No./1000 inhab.*a]
	ISO: Anteil des gesammelten Mischwassers bezogen auf die behandelte Abwassermenge	[Mischwasservolumen pro Volumen behandelte Abwassermenge und Jahr] [%/a]
	ÖWAV (WIM): Trennsystem: Auswirkung minimieren (siehe RB 35, bzw. RB 9)	keine Kennzahl formuliert
	INFOSAN: Leistungsfähigkeit der Mischwasserentlastungen	[Entlastungsvolumen / Gesamtabflussvolumen] [%]
Grundwasser- schutz	ÖWAV: Einhaltung des Weiterleitungsgrades gemäß RB 19neu	Weiterleitungsgrad eingehalten [ja/nein]
	IWA: Exfiltration	wOp33 [Volumen des exfiltrierten Abwassers pro Gesamtkanalnetzlänge und Jahr] [m³/km*a]
	ÖWAV (WIM): Nachweis von Ex-/Infiltration - Fremdwasseranteil (FWA) bzw. Fremdwasserzuschlag (FWZ)	[Fremdwasserabflussvolumen pro Trockenwetterabflussvolumen bzw. pro Schmutzwasserabflussvolumen] [%]
	INFOSAN: Anteil der undichten Kanäle im Gebiet	[km/100km] bzw. [km/km ges]
	ÖWAV (WIM): Minimierung von Ex-/Infiltration	Ex-/Infiltration [%], [m³/km*a]
	INFOSAN: Anteil der Kanäle, die in Grundwasserfeld liegen	[Länge in km/Gesamtlänge in km] [%]
	INFOSAN: Anteil der Kanäle, die in Schutz-/Schongebieten liegen	[Länge in km/Gesamtlänge in km] [%]
	INFOSAN: Anteil der Kanäle, die in Schutzgebieten liegen [%]	[Länge Kanäle im Schutzgebiet/Gesamtkanallänge] [%]
	INFOSAN: Anteil der Schächte, die in Grundwasserfeld liegen	[Anzahl Schächte im GW-Feld/Gesamtanzahl der Schächte] [%]
	INFOSAN: Anteil der Schächte, die in Schutz-/Schongebiet liegen	[Anzahl Schächte im Schutz-/Schongebiet/Gesamtanzahl der Schächte] [%]
	INFOSAN: Anteil der Schächte, die in Schutzgebieten liegen [%]	Anteil der Schächte, die in Schutzgebieten liegen [%]
	INFOSAN: Optisch undichte Kanallänge	Länge der optisch undichten Haltungen [m]
	INFOSAN: Optisch undichte Haltungen	Anzahl der optisch undichten Haltungen/Gesamtanzahl der Haltungen*100 [%]
	INFOSAN: Anteil der optisch undichten Schächte	[Anzahl der optisch undichten Schächte/Gesamtanzahl der Schächte] [%]
	INFOSAN: Gemäß Dichtheit sanierungsbedürftige Kanallänge in [%]	[Länge der gemäß Dichtheit sanierungsbedürftigen Kanäle/Gesamtkanalnetzlänge] [%]
	INFOSAN: Gemäß optischer Dichtheit sanierungsbedürftige Kanallänge in [%]	[Länge der gemäß optischer Dichtheit sanierungsbedürftige Kanäle/Gesamtkanalnetzlänge] [%]
	INFOSAN: Gemäß Dichtheit sanierungsbedürftige Haltungen in [%]	[Anzahl der gemäß Dichtheit sanierungsbedürftigen Haltungen/Gesamtanzahl der Haltungen] [%]
	INFOSAN: Gemäß optischer Dichtheit sanierungsbedürftige Haltungen in [%]	[Anzahl der gemäß optischer Dichtheit sanierungsbedürftigen Haltungen/Gesamtanzahl der Haltungen] [%]
	INFOSAN: Gemäß Dichtheit sanierungsbedürftige Schächte in [%]	[Anzahl der gemäß Dichtheit sanierungsbedürftigen Schächte/Gesamtanzahl der Schächte] [%]



INFOSAN: Gemäß optischer Dichtheit sanierungsbedürftige Schächte in [%]	[Anzahl der gemäß optischer Dichtheit sanierungsbedürftige Schächte/Gesamtanzahl der Schächte] [%]
INFOSAN: Zustandsklassenverteilung "Dichtheit"	Zustandsklassen Dichtheit [Anteil der Gesamtanzahl der Haltungen je Zustandsklasse in %]
INFOSAN: Zustandsklassenverteilung "optische Dichtheit"	Zustandsklasse optische Dichtheit [Anteil der Gesamtanzahl der Haltungen je Zustandsklasse in %]
ÖWAV: Nachweis der optischen Dichtheit (analog RB 42)	2-stufiges System [dicht ja/nein] [-]
INFOSAN: Anteil der nach ÖWAV RB 22 bzw. 42 undichten Kanallänge [%]	[Länge der nach ÖWAV RB 22 bzw. 42 undichten Kanäle/Gesamtkanallänge] [%]
INFOSAN: Anteil der nach ÖWAV RB 22 bzw. 42 undichten Schächte [%]	[Anzahl der nach ÖWAV RB 22 bzw. 42 undichten Schächte/Gesamtanzahl der Schächte] [%]
EN/ÖNORM: Nachweis der Dichtheit gemäß EN 1610 & ÖNORM B2503	[Wasser-/Druckverlust] [-]

Tabelle 9: Zusammenfassung aller Kennzahlen zur hydraulischen Zustandsbeurteilung

Zusammenfassung aller Kennzahlen zur hydraulischen Zustandsbeurteilung

Schutz vor Überflutung	IWA: Überstau (bzw. Überflutungen) aus Schmutzwasserkanälen	wOp37 [Anzahl der Überstau (bzw. Überflutungen) aus Schmutzwasserkanälen pro 100 km Kanallänge und Jahr] [No./100 km*a]
	IWA: Überstau (bzw. Überflutungen) aus Mischwasserkanälen	wOp38 [Anzahl der Überstau (bzw. Überflutungen) aus Mischwasserkanälen pro 100 km Kanallänge und Jahr] [No./100 km*a]
	IWA: Überstau (bzw. Überflutungen) durch Tagwasser bei Regen- und Mischsystemen	wOp39 [Anzahl der Überflutungen durch Tagwasser bei Regen- und Mischsystemen pro 100 km Kanallänge und Jahr] [No./100 km*a]
	EBC: Flooding from combined sewers	[No./100 km*a]
	ISO: Überstau (bzw. Überflutungen)	[Anzahl der Überstau bzw. Überflutungen pro Jahr] [No./100 km*a]
	ISO: Überstau- bzw. Überflutungsprozentsatz	[Anzahl der überstauten bzw. überfluteten Grundstücke pro Gesamtanzahl der Grundstücke im Einzugsgebiet und Jahr] [%/a]
	IWA: Kanaleinstau in Freispiegelkanälen bei Trockenwetter	wPh5 [Kanallänge mit Einstau bei Trockenwetter pro Gesamtkanalnetzlänge] [%]
	IWA: Kanaleinstau in Freispiegelkanälen bei Regenwetter	wPh6 [Kanalnetzlänge mit Einstau bei Regenwetter pro Gesamtkanalnetzlänge] [%]
	IWA: High sewer surcharging	wPh7 [%]
	ISO: Einstau	[Anzahl der Einstau pro Gesamtkanalnetzlänge] [%]
	ISO: Überstau bzw. Überflutung von Grundstücken	[Anzahl der überstauten bzw. überfluteten Grundstücke pro 1000 Grundstücke und Jahr] [No./1000 properties*a]
	IWA: Überstau bzw. Überflutung von Grundstücken aus Schmutzwasserkanälen bei Trockenwetter	wQS10 [Anzahl der Grundstücke mit Überflutung/Überstau aus Schmutzwasserkanälen bei Trockenwetter pro 1000 Grundstücke und Jahr] [No./1000 properties*a]
	IWA: Überstau bzw. Überflutung von Grundstücken aus Schmutzwasserkanälen bei Regenwetter	wQS11 [Anzahl der Grundstücke mit Überflutung/Überstau aus Schmutzwasserkanälen bei Regenwetter pro 1000 Grundstücke und Jahr] [No./1000 properties*a]
	IWA: Überstau bzw. Überflutung von Grundstücken aus Mischwasserkanälen bei Trockenwetter	wQS12 [Anzahl der Grundstücke mit Überflutung/Überstau aus Mischwasserkanälen bei Trockenwetter pro 1000 Grundstücke und Jahr] [No./1000 properties*a]
	IWA : Überstau bzw. Überflutung von Grundstücken aus Mischwasserkanälen bei Regenwetter	wQS13 [Anzahl der Grundstücke mit Überflutung/Überstau aus Mischwasserkanälen bei Regenwetter pro 1000 Grundstücke und Jahr] [No./1000 properties*a]
	IWA: Überstau bzw. Überflutung von Grundstücken durch Tagwasser bei Regen- und Mischsystemen	wQS14 [Anzahl der Grundstücke mit Überflutung/Überstau durch Tagwasser bei Regen- und Mischsystemen pro 1000 Grundstücke und Jahr] [No./1000 properties*a]
	IWA: Beschwerden wegen Verstopfungen	wQS20 [Anzahl der Beschwerden aufgrund von Verstopfungen pro 1000 Einwohner und Jahr] [No./1000 inhab.*a]
	IWA: Beschwerden wegen Überstauen bzw. Überflutungen	wQS21 [Anzahl der Beschwerden aufgrund von Überstauen bzw. Überflutungen pro 1000 Einwohner und Jahr] [No./1000 inhab.*a]
	ÖWAV: Einhaltung der Überflutungshäufigkeiten gem. RB 11	Überflutungshäufigkeit eingehalten [ja/nein]
	ÖWAV: Hydraulische schachtbezogene Zustandsklassenverteilung (entsprechend ÖWAV RB 22)	hydraulische Zustandsklassen [Anteil der Gesamtanzahl der Schächte je Zustandsklasse in %]
	ISYBAU: hydraulischer Auslastungsgrad	[Maximalabfluss einer Haltung / Vollfüllungsleistung], [hydraulische Reserve in % des Bemessungsdurchflusses] [%]



INFOSAN: Hydraulische freispiegleitungsbezogene Zustandsklassenverteilung	[Anteil der Freispiegelkanäle je Auslastungsklasse] [%]
INFOSAN: Hydraulisch sanierungsbedürftige Kanallänge in [%]	[Länge der hydraulisch sanierungsbedürftigen Kanäle/Gesamtkanalnetzlänge] [%]
INFOSAN: Hydraulisch sanierungsbedürftige Freispiegelkanallänge in [%]	[Länge der hydraulisch sanierungsbedürftigen Freispiegelkanäle/Gesamtfreispiegelkanalnetzlänge] [%]
INFOSAN: Hydraulisch sanierungsbedürftige Haltungen in [%]	[Anzahl der hydraulisch sanierungsbedürftigen Haltungen/Gesamtanzahl der Haltungen] [%]
INFOSAN: Anteil der Schächte mit Überstau in [%]	[Anzahl der Schächte mit Überstau/Gesamtanzahl der Schächte] [%]
INFOSAN: Hydraulische Auslastung der Schächte	[Hydraulische Auslastung der Schächte] [%]
INFOSAN: Hydraulische Auslastung der Haltungen	[Maximalabfluss einer Simulation / Vollfüllungsleistung der Leitung] [%]
ÖWAV (WIM): Überflutete Grundstücke	[überfl. Gst./1000 angeschl. Gst.*a]
ÖWAV (WIM): Schäden durch Überflutungen	[Schaden in EUR pro Jahr] [€/a]

4.2.1.2 Selektion adäquater Kennzahlen für die praxisnahe Kanalsanierungsplanung

Folglich der in Kapitel 3.3.2.5 beschriebenen Gründe, müssen um die Leistung des Systems zu beurteilen und Weiterentwicklungen von Planungsgrundlagen zu fördern, von jeder Funktionalanforderung (messbare) Leistungsanforderungen (Kennzahlen) abgeleitet werden (ÖNORM EN 752, 2008).

Auf Grundlage der in Kapitel 4.2.1 durchgeführten Reduktion auf die für die ganzheitliche generelle Sanierungsplanung primär relevanten Funktionalanforderungen, finden folgende Funktionalanforderungen keine weitere Berücksichtigung bei der Bestimmung passender Kennzahlen:

- Vermeidung von Lärm und Erschütterungen
- Nachhaltige Verwendung von Produkten und Werkstoffen
- Minimierung des Betriebsaufwandes (Eigendefinition, durch Aufrechterhaltung des Abflusses berücksichtigt)
- Beschaffenheit der Abwassereinleitung in das System
- Unterhaltbarkeit
- Vermeidung von Gerüchen sowie giftigen, explosiven oder korrosiven Gasen
- Nachhaltige Verwendung von Energie
- Wasserdichtheit

Ungeachtet dessen, können die Kennzahlen aus der Literaturrecherche für diese Funktionalanforderungen jedoch als Status Quo der aktuellen Kennzahlensystematik erachtet werden und stellen eine potentielle Quelle für zukünftige umfassendere Betrachtungsweisen für den Teilbereich der Kanalsanierungsplanung dar.

Folglich kann für folgende Funktionalanforderungen:

- Baulicher Zustand und Nutzungsdauer
- Angrenzende Bauten sowie Ver- und Entsorgungseinrichtungen nicht gefährden
- Schutz vor Überflutung
- Schutz des Oberflächenvorfluters
- Grundwasserschutz

- Aufrechterhaltung des Abflusses (inkl. Minimierung des Betriebsaufwandes)

eine anschließende Verdichtung der Kennzahlen nach Kriterien hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit in der Praxis erfolgen.

Kriterien für die Anwendbarkeit von Kennzahlen

Bei der Anwendung von Kennzahlen kann es, wie unter anderem in Kapitel 3.1.4 beschrieben, zu Hindernissen kommen. Um die bestmögliche Anwendbarkeit der im Projekt definierten Kennzahlen in der Praxis sicherzustellen, wurden die Kennzahlen (der berücksichtigten Funktionalanforderungen) von den Kanalisationsunternehmen auf ihre Anwendbarkeit hin überprüft. Die genauen Gesichtspunkte dieser Überprüfung sind dem Kapitel 3.3.2.5 zu entnehmen. Das Ergebnis dieser Überprüfung stellt jedenfalls eine Einteilung der Kennzahlen in eine von drei möglichen Gruppen dar:

- Gute Anwendbarkeit der Kennzahl gegeben (bläulich dargestellt in Tabelle 10 bis Tabelle 13).
- Derzeit ungenügende Anwendbarkeit der Kennzahl gegeben (gelblich dargestellt in Tabelle 10 bis Tabelle 13).
- Keine Anwendbarkeit der Kennzahl (rötlich dargestellt in Tabelle 10 bis Tabelle 13).

Die Einschätzungen aus dieser Bewertung beziehen sich auf den aktuellen Wissensstand, bieten jedoch zukünftigen Freiraum für eine etwaige Adaption des Kennzahlensystems. Jene Kennzahlen, für welche eine gute Anwendbarkeit in der Praxis zu erwarten ist, stellen den im Projekt vorgeschlagenen Umfang der Kennzahlensystematik dar.

Eine Ausnahme bilden folgende Kennzahlen:

- Baulich sanierungsbedürftige Schächte in [%]
- Gemäß optischer Dichtheit sanierungsbedürftige Schächte in [%]
- Betrieblich sanierungsbedürftige Schächte in [%]

Derzeit werden Schachtbauwerke nur ungenügend erfasst (fehlende optische Inspektion, etc.). Während hydraulische Defizite der Kanalisation mit geringem Aufwand zu lokalisieren und den jeweiligen Schächten zuzuordnen sind (Einstau, Überstau, Überflutung, etc.), wird vor allem die bauliche, betriebliche und umweltrelevante Erfassung von Schachtzuständen derzeit oftmals nur geringe Aufmerksamkeit geschenkt (SCHWARZ, 2012). Eine Anwendung dieser Kennzahlen wäre jedenfalls sinnvoll (fortschreitende Technisierung, einfachere Methoden, etc.) und ist zu empfehlen. Aus diesen Gründen werden diese Kennzahlen im Kennzahlenset selbstverständlich berücksichtigt.

In den folgenden Tabellen (Tabelle 10 bis Tabelle 13) sind die Ergebnisse aus der Überprüfung der Kennzahlen hinsichtlich ihrer Eignung in der Praxis zu finden.

Tabelle 10: Beurteilung der Kennzahlen zur baulichen Zustandsbeurteilung hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit in der Praxis
(bläulich: gute Anwendbarkeit, gelblich: ungenügende Anwendbarkeit, rötlich: keine Anwendbarkeit)

Beurteilung der Kennzahlen zur baulichen Zustandsbeurteilung hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit in der Praxis		
Funktional-anforderung	(messbare) Leistungsanforderung(en)	verbale Beurteilung der Anwendbarkeit
Baulicher Zustand und Nutzungsdauer	IWA: Kanaleinstürze	genaue Definition von Einstürzen fehlt, in Österreich so gut wie nicht vorhanden (proaktives Kanalmanagement)
	IWA: Kanalreparaturen	geringe Aussagekraft über die technisch-funktionalen Eigenschaften des Kanals (Sanierungsbedürftigkeit/Leistungsfähigkeit des Kanals)
	IWA: Kanalrenovierungen	geringe Aussagekraft über die technisch-funktionalen Eigenschaften des Kanals (Sanierungsbedürftigkeit/Leistungsfähigkeit des Kanals)
	IWA: Kanalerneuerungen	geringe Aussagekraft über die technisch-funktionalen Eigenschaften des Kanals (Sanierungsbedürftigkeit/Leistungsfähigkeit des Kanals)
	IWA: Anzahl der Reparaturen im Kanal und deren Verbindungen	geringe Aussagekraft über die technisch-funktionalen Eigenschaften des Kanals (Sanierungsbedürftigkeit/Leistungsfähigkeit des Kanals)
	IWA: Anzahl der sanierten Schächte	geringe Aussagekraft über die technisch-funktionalen Eigenschaften des Kanals (Sanierungsbedürftigkeit/Leistungsfähigkeit des Kanals)
	IWA: Investitionen für Renovierung und Erneuerung	keine Aussagekraft über die technisch-funktionalen Eigenschaften des Kanals (Sanierungsbedürftigkeit/Leistungsfähigkeit des Kanals)
	IWA: Investment ratio	keine Aussagekraft über die technisch-funktionalen Eigenschaften des Kanals (Sanierungsbedürftigkeit/Leistungsfähigkeit des Kanals)
	ÖWAV (WIM): Baulichen Zustand im System optimieren; Mind. Erreichen der geplanten Nutzungsdauer	durch Zustandsklassenverteilung "Standicherheit", "Dichtheit" und "Betriebssicherheit" erfasst
	ISYBAU/DWA M149-3: Bauliche Zustandsklassenverteilung	durch Zustandsklassenverteilung "Standicherheit", "Dichtheit" und "Betriebssicherheit" erfasst
	DACH: Sanierungsbedürftige Kanallängenrate	durch "Sanierungsbedürftige Kanallänge" erfasst
	DACH: Jährliche Kanalerneuerungsrate	durch "Sanierungsrate" erfasst
	DWA: Werterhaltungsquote (Sanierungs- und Instandhaltungsquote) Abwasserableitung	durch "Funktionserhaltungswert" erfasst
	DWA: Leitungsrehabilitation (jährliche Kanalerneuerungsrate)	durch "Sanierungsrate" erfasst
	INFOSAN: Sanierungsbedürftige Kanallänge	durch "baulich sanierungsbedürftige Kanallänge" erfasst
	INFOSAN: Sanierungsbedürftige Haltungen	durch "baulich sanierungsbedürftige Haltungen" erfasst
	INFOSAN: Sanierungsbedürftige Schächte	durch "baulich sanierungsbedürftige Schächte" erfasst
	Linz AG: Funktionserhaltungswert	geringe Aussagekraft über die technisch-funktionalen Eigenschaften des Kanals (Sanierungsbedürftigkeit/Leistungsfähigkeit des Kanals)
	Linz AG: Sanierungsrate	durch "Jährliche Sanierungsrate" erfasst
	INFOSAN: Jährliche Sanierungsrate	gute Anwendbarkeit gegeben
	INFOSAN: Anteil der jährlich sanierten Schächte	gute Anwendbarkeit gegeben
	INFOSAN: Baulich sanierungsbedürftige Kanallänge in [%]	gute Anwendbarkeit gegeben
	INFOSAN: Baulich sanierungsbedürftige Haltungen in [%]	durch "Baulich sanierungsbedürftige Kanallänge" besser erfasst
	INFOSAN: Baulich sanierungsbedürftige Schächte in [%]	derzeit Schachbauwerke ungenügend erfasst, zukünftige Anwendung denkbar
	INFOSAN: Zustandsklassenverteilung "Standicherheit"	gute Anwendbarkeit gegeben
	DWA: (relativer) Substanzwert	nicht praktikabel (Lebensdauer problematisch, Umlegung auf Gebiet, unterschiedliche Materialien, etc.) - besser erfassbar durch "Funktionserhaltungswert"
Angrenzende Bauten sowie Ver- und Entsorgungseinrichtungen nicht gefährden	IWA: Schäden bei Dritten	Erhebung der Schäden an Dritten schwer, Zuordnung der Ursache des Schadens, in "Schäden aufgrund von Ausspülungen" tlw. erfasst
	INFOSAN: Schäden aufgrund von Ausspülungen	gute Anwendbarkeit gegeben
	ÖWAV (WIM): Auswirkungen auf angrenzende Objekte durch Sanierung minimieren	keine KZ/KI definiert

Tabelle 11: Beurteilung der Kennzahlen zur betrieblichen Zustandsbeurteilung hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit in der Praxis (bläulich: gute Anwendbarkeit, gelblich: ungenügende Anwendbarkeit, rötlich: keine Anwendbarkeit)

Beurteilung der Kennzahlen zur betrieblichen Zustandsbeurteilung hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit in der Praxis		
Aufrecht- erhaltung des Abflusses (inkl. Minimierung des Betriebs- aufwandes)	IWA: Anzahl der Verstopfungen	gute Anwendbarkeit gegeben
	EBC: sewer blockages	durch "Anzahl der Verstopfungen" erfasst
	IWA: Kanalinspektionen	geringe Aussagekraft über die technisch-funktionalen Eigenschaften des Kanals (Sanierungsbedürftigkeit/Leistungsfähigkeit des Kanals)
	ISO: Percentage of sewer system inspected per unit of time	geringe Aussagekraft über die technisch-funktionalen Eigenschaften des Kanals (Sanierungsbedürftigkeit/Leistungsfähigkeit des Kanals), Sinnhaftigkeit analog IWA wOp1 (analoge KZ vorhanden)
	DWA: Inspektionsrate	geringe Aussagekraft über die technisch-funktionalen Eigenschaften des Kanals (Sanierungsbedürftigkeit/Leistungsfähigkeit des Kanals), Sinnhaftigkeit analog IWA wOp1 (analoge KZ vorhanden)
	IWA: Kanalreinigungen	geringe Aussagekraft über die technisch-funktionalen Eigenschaften des Kanals (Sanierungsbedürftigkeit/Leistungsfähigkeit des Kanals) - Zusatzinformation für "Räumgutmenge pro km gereinigtem Kanal"
	ISO: Percentage of sewer system cleaned per unit of time	durch "Kanalreinigungen" erfasst
	IWA: Schachtinspektionen	geringe Aussagekraft über die technisch-funktionalen Eigenschaften des Kanals (Sanierungsbedürftigkeit/Leistungsfähigkeit des Kanals)
	IWA: Serviceunterbrechungen	Erfassung der Beschwerden erschwerend (Beschwerdemanagement notwendig)
	IWA: Räumgutmengen	Daten zu entwässerten Räumgutmengen nicht verfügbar
	ISO: Weight of sediments removed per sewer length	Sinnhaftigkeit analog IWA wEn12 (analoge KZ vorhanden), durch "Räumgutmenge pro km gereinigtem Kanal" erfasst
	INFOSAN: entwässerte Räumgutmenge pro km gereinigtem Kanal	Daten zu entwässerten Räumgutmengen nicht verfügbar, Sinnhaftigkeit analog IWA wEn12 (analoge KZ vorhanden), durch "Räumgutmenge pro km gereinigtem Kanal" tlw. erfasst
	INFOSAN: Räumgutmenge pro km gereinigtem Kanal	gute Anwendbarkeit gegeben
	INFOSAN: Betrieblich sanierungsbedürftige Kanallänge in [%]	gute Anwendbarkeit gegeben
	INFOSAN: Betrieblich sanierungsbedürftige Haltungen in [%]	durch "Betrieblich sanierungsbedürftige Kanallänge" besser erfasst
	INFOSAN: Betrieblich sanierungsbedürftige Schächte in [%]	derzeit Schachbauwerke ungenügend erfasst, zukünftige Anwendung denkbar
	INFOSAN: Zustandsklassenverteilung "Betriebssicherheit"	gute Anwendbarkeit gegeben
	ÖWAV (WIM): Rückstauschäden durch Sanierungsmaßnahmen minimieren	keine KZ/KI definiert

Tabelle 12: Beurteilung der Kennzahlen zur umweltrelevanten Zustandsbeurteilung hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit in der Praxis (bläulich: gute Anwendbarkeit, gelblich: ungenügende Anwendbarkeit, rötlich: keine Anwendbarkeit)

Beurteilung der Kennzahlen zur umweltrelevanten Zustandsbeurteilung hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit in der Praxis		
Schutz des Oberflächen-vorfluters	IWA: Mischwasserentlastungskontrolle	Datenverfügbarkeit, Durchflussüberwachungen in MW-Entlastungen finden i.d.R. nicht statt
	IWA: Entlastungshäufigkeiten	keine Messungen vorhanden aber modelltechnisch ermittelbar
	IWA: Entlastetes Volumen	keine Messungen vorhanden aber modelltechnisch ermittelbar
	IWA: Entlastungsvolumen bezogen auf die Niederschlagsmenge	keine Messungen vorhanden aber modelltechnisch ermittelbar
	ISO: Entlastungshäufigkeiten	keine Messungen vorhanden aber modelltechnisch ermittelbar, Sinnhaftigkeit analog IWA wEn3 (analoge KZ vorhanden)
	ISO: Entlastetes Volumen	keine Messungen vorhanden aber modelltechnisch ermittelbar, Sinnhaftigkeit analog IWA wEn4 (analoge KZ vorhanden)
	IWA: Beschwerden über Verschmutzungen	Erfassung der Beschwerden erschwerend (Beschwerdemanagement notwendig)
	ISO: Anteil des gesammelten Mischwassers bezogen auf die behandelte Abwassermenge	Datenverfügbarkeit, Durchflussüberwachungen in MW-Entlastungen finden i.d.R. nicht statt, modelltechnisch ermittelbar
	ÖWAV (WIM): Trennsystem: Auswirkung minimieren (siehe RB 35, bzw. RB 9)	keine KZ/KI definiert
	INFOSAN: Leistungsfähigkeit der Mischwasserentlastungen	keine Messungen vorhanden aber modelltechnisch ermittelbar, durch ÖWAV RB 19neu abgedeckt
	ÖWAV: Einhaltung des Weiterleitungsgrades gemäß RB 19neu	gute Anwendbarkeit gegeben
Grundwasser-schutz	IWA: Exfiltration	Frage des Nachweises (z. B. GW-Modell mit Tracermessungen); Datenverfügbarkeit
	ÖWAV (WIM): Nachweis von Ex-/Infiltration - Fremdwasseranteil (FWA) bzw. Fremdwasserzuschlag (FWZ)	Frage des Nachweises, Datenverfügbarkeit
	INFOSAN: Anteil der undichten Kanäle im Gebiet	Nachweis der Dichtheit gemäß EN 1610 & ÖNORM B2503 (für ein bestehendes Netz nicht praktikabel - nur für Neubau)
	ÖWAV (WIM): Minimierung von Ex-/Infiltration	Frage des Nachweises, Datenverfügbarkeit
	INFOSAN: Anteil der Kanäle, die in Grundwasserfeld liegen	genaue Definition von Grundwasserfeld fehlt; in Österreich vermutlich überall vorliegend
	INFOSAN: Anteil der Kanäle, die in Schutz-/Schongebieten liegen	durch "Anteil der Kanäle, die in Schutzgebiet liegen" besser erfasst
	INFOSAN: Anteil der Kanäle, die in Schutzgebieten liegen [%]	gute Anwendbarkeit gegeben
	INFOSAN: Anteil der Schächte, die in Grundwasserfeld liegen	genaue Definition von Grundwasserfeld fehlt; in Österreich vermutlich überall vorliegend
	INFOSAN: Anteil der Schächte, die in Schutz-/Schongebiet liegen	durch "Anteil der Schächte, die in Schutzgebiet liegen" besser erfasst
	INFOSAN: Anteil der Schächte, die in Schutzgebieten liegen [%]	gute Anwendbarkeit gegeben
	INFOSAN: Optisch undichte Kanallänge	durch "Gemäß optischer Dichtheit sanierungsbedürftige Kanallänge" erfasst
	INFOSAN: Optisch undichte Haltungen	durch "Gemäß optischer Dichtheit sanierungsbedürftige Kanallänge" besser erfasst
	INFOSAN: Anteil der optisch undichten Schächte	durch "Gemäß optischer Dichtheit sanierungsbedürftige Schächte" erfasst
	INFOSAN: Gemäß Dichtheit sanierungsbedürftige Kanallänge in [%]	durch "Gemäß optischer Dichtheit sanierungsbedürftige Kanallänge" besser erfasst, da eigentlich nur die optische Dichtheit beurteilt wird
	INFOSAN: Gemäß optischer Dichtheit sanierungsbedürftige Kanallänge in [%]	gute Anwendbarkeit gegeben
	INFOSAN: Gemäß Dichtheit sanierungsbedürftige Haltungen in [%]	durch "Gemäß optischer Dichtheit sanierungsbedürftige Kanallänge" besser erfasst, da eigentlich nur die optische Dichtheit beurteilt wird
	INFOSAN: Gemäß optischer Dichtheit sanierungsbedürftige Haltungen in [%]	durch "Gemäß optischer Dichtheit sanierungsbedürftige Kanallänge" besser erfasst

INFOSAN: Gemäß Dichtheit sanierungsbedürftige Schächte in [%]	durch "Gemäß optischer Dichtheit sanierungsbedürftige Schächte" besser erfasst, da eigentlich nur die optische Dichtheit beurteilt wird
INFOSAN: Gemäß optischer Dichtheit sanierungsbedürftige Schächte in [%]	derzeit Schachbauwerke ungenügend erfasst, zukünftige Anwendung denkbar
INFOSAN: Zustandsklassenverteilung "Dichtheit"	durch "Zustandsklassenverteilung "optische Dichtheit"" besser erfasst, da eigentlich nur die optische Dichtheit beurteilt wird
INFOSAN: Zustandsklassenverteilung "optische Dichtheit"	gute Anwendbarkeit gegeben
ÖWAV: Nachweis der optischen Dichtheit (analog RB 42)	durch "Zustandsklassenverteilung "optische Dichtheit"" besser erfasst
INFOSAN: Anteil der nach ÖWAV RB 22 bzw. 42 undichten Kanallänge [%]	gute Anwendbarkeit gegeben
INFOSAN: Anteil der nach ÖWAV RB 22 bzw. 42 undichten Schächte [%]	gute Anwendbarkeit gegeben
EN/ÖNORM: Nachweis der Dichtheit gemäß EN 1610 & ÖNORM B2503	durch "Anteil der nach ÖWAV RB 22 bzw. 42 undichten Kanallängen bzw. Schächte" erfasst

Tabelle 13: Beurteilung der Kennzahlen zur hydraulischen Zustandsbeurteilung hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit in der Praxis (bläulich: gute Anwendbarkeit, gelblich: ungenügende Anwendbarkeit, rötlich: keine Anwendbarkeit)

Beurteilung der Kennzahlen zur hydraulischen Zustandsbeurteilung hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit in der Praxis		
Schutz vor Überflutung	IWA: Überstau (bzw. Überflutungen) aus Schmutzwasserkanälen	keine Messungen vorhanden aber modelltechnisch ermittelbar, durch ÖWAV RB11 abgedeckt
	IWA: Überstau (bzw. Überflutungen) aus Mischwasserkanälen	keine Messungen vorhanden aber modelltechnisch ermittelbar, durch ÖWAV RB11 abgedeckt
	IWA: Überstau (bzw. Überflutungen) durch Tagwasser bei Regen- und Mischsystemen	keine Messungen vorhanden aber modelltechnisch ermittelbar, durch ÖWAV RB11 abgedeckt
	EBC: Flooding from combined sewers	keine Messungen vorhanden aber modelltechnisch ermittelbar, durch ÖWAV RB11 abgedeckt, Sinnhaftigkeit analog IWA wOp38 (analoge KZ vorhanden)
	ISO: Überstau (bzw. Überflutungen)	keine Messungen vorhanden aber modelltechnisch ermittelbar, durch ÖWAV RB11 abgedeckt, Sinnhaftigkeit analog IWA wOp37-39 (analoge KZ vorhanden)
	ISO: Überstau- bzw. Überflutungsprozentsatz	keine Messungen vorhanden aber modelltechnisch ermittelbar, durch ÖWAV RB11 abgedeckt, Sinnhaftigkeit analog IWA wOp37-39 (analoge KZ vorhanden)
	IWA: Kanaleinstau in Freispiegelkanälen bei Trockenwetter	keine Messungen vorhanden aber modelltechnisch ermittelbar
	IWA: Kanaleinstau in Freispiegelkanälen bei Regenwetter	keine Messungen vorhanden aber modelltechnisch ermittelbar
	IWA: High sewer surcharging	keine Messungen vorhanden aber modelltechnisch ermittelbar
	ISO: Einstau	keine Messungen vorhanden aber modelltechnisch ermittelbar, Sinnhaftigkeit analog IWA wPh5-7 (analoge KZ vorhanden)
	ISO: Überstau bzw. Überflutung von Grundstücken	Datenverfügbarkeit Grundstücke, modelltechnisch schwer umsetzbar, Sinnhaftigkeit analog IWA wQS10-14 (analoge KZ vorhanden)
	IWA: Überstau bzw. Überflutung von Grundstücken aus Schmutzwasserkanälen bei Trockenwetter	Datenverfügbarkeit Grundstücke, modelltechnisch schwer umsetzbar
	IWA: Überstau bzw. Überflutung von Grundstücken aus Schmutzwasserkanälen bei Regenwetter	Datenverfügbarkeit Grundstücke, modelltechnisch schwer umsetzbar
	IWA: Überstau bzw. Überflutung von Grundstücken aus Mischwasserkanälen bei Trockenwetter	Datenverfügbarkeit Grundstücke, modelltechnisch schwer umsetzbar
	IWA : Überstau bzw. Überflutung von Grundstücken aus Mischwasserkanälen bei Regenwetter	Datenverfügbarkeit Grundstücke, modelltechnisch schwer umsetzbar
	IWA: Überstau bzw. Überflutung von Grundstücken durch Tagwasser bei Regen- und Mischsystemen	Datenverfügbarkeit Grundstücke, modelltechnisch schwer umsetzbar
	IWA: Beschwerden wegen Verstopfungen	koordinierte Erfassung der Beschwerden schwierig (Beschwerdemanagement notwendig)
	IWA: Beschwerden wegen Überstauen bzw. Überflutungen	koordinierte Erfassung der Beschwerden schwierig (Beschwerdemanagement notwendig)
	ÖWAV: Einhaltung der Überflutungshäufigkeiten gem. RB 11	gute Anwendbarkeit gegeben
	ÖWAV: Hydraulische schachtbezogene Zustandsklassenverteilung (entsprechend ÖWAV RB 22)	gute Anwendbarkeit gegeben
	ISYBAU: hydraulischer Auslastungsgrad	tlw. Auslastung gewünscht (Stauraumkanäle); durch "Hydraulische Freispiegelleitungsbezogene Zustandsklassenverteilung „besser erfasst
	INFOSAN: Hydraulische freispiegelleitungsbezogene Zustandsklassenverteilung	gute Anwendbarkeit gegeben
	INFOSAN: Hydraulisch sanierungsbedürftige Kanallänge in [%]	tlw. Auslastung gewünscht (Stauraumkanäle); durch "Hydraulische freispiegelleitungsbezogene Zustandsklassenverteilung „besser erfasst
	INFOSAN: Hydraulisch sanierungsbedürftige Freispiegelkanallänge in [%]	gute Anwendbarkeit gegeben
	INFOSAN: Hydraulisch sanierungsbedürftige Haltungen in [%]	tlw. Auslastung gewünscht (Stauraumkanäle); durch "Hydraulische freispiegelleitungsbezogene Zustandsklassenverteilung „besser erfasst

INFOSAN: Anteil der Schächte mit Überstau in [%]	gute Anwendbarkeit gegeben
INFOSAN: Hydraulische Auslastung der Schächte	durch "Hydraulische schachtbezogene Zustandsklassenverteilung nach ÖWAV RB 22" erfasst
INFOSAN: Hydraulische Auslastung der Haltungen	durch "Hydraulische freispiegelleitungsbezogene Zustandsklassenverteilung" erfasst
ÖWAV (WIM): Überflutete Grundstücke	Datenverfügbarkeit Grundstücke, modelltechnisch schwer umsetzbar, Sinnhaftigkeit analog IWA wQS10-14 (analoge KZ vorhanden)
ÖWAV (WIM): Schäden durch Überflutungen	Erhebung der Schadenssumme schwer, keine Aussagekraft über die technisch-funktionalen Eigenschaften des Kanals (Sanierungsbedürftigkeit/Leistungsfähigkeit des Kanals)

4.2.1.3 Kennzahlen für die bauliche, betriebliche, umweltrelevante und hydraulische Zustandsbeurteilung

Das Ergebnis der in Kapitel 4.1.2 erfolgten Auswahl der, aus Sicht der Kanalisationsunternehmen für die Praxis der Kanalsanierungsplanung, wesentlichsten Funktionalanforderungen und der in Kapitel 4.2.1.2 erfolgten Prüfung von Kennzahlen hinsichtlich der Anwendbarkeit, stellt eine Liste mit Kennzahlen und Kontextinformationen dar, welche im Rahmen der Entscheidungsfindung für die mittelfristig ganzheitliche generelle Sanierungsplanung zur Anwendung kommen können. Entsprechend den Diktionen der ÖNORM EN 752 (2008) stellen diese Kennzahlen, den individuellen Erfordernissen angepasste (messbare) Leistungsanforderungen dar.

In Tabelle 14 sind die Ergebnisse aus der Entwicklung von (messbaren) Leistungsanforderungen (Kennzahlen) während des Projektes zusammengefasst. Für jede für die ganzheitliche generelle Sanierungsplanung als besonders wesentlich erachtete Funktionalanforderung wurde zumindest eine zugehörige Kenngröße definiert, um alle Aspekte hinsichtlich Leistungsfähigkeit und Zielerreichung überprüfen zu können. In Tabelle 14 sind darüber hinaus „Abhängigkeiten“ der einzelnen Kennzahlen und Kontextinformationen untereinander ersichtlich. Eingerückte Kennzahlen oder Kontextinformationen signalisieren einen Bezug zu jener davor und sind nur bei Kenntnis der Übergeordneten (z. B. bekannte Zustandsklassenverteilung als Erfordernis für die Ermittlung des Sanierungsbedarfs; also wird z. B. die Kenntnis der „Zustandsklassenverteilung Standsicherheit“ zur Ermittlung der Kennzahl „Baulich sanierungsbedürftige Kanallänge“ etc. benötigt) oder bei Vorliegen der angegebenen Bedingungen (z. B. Nichteinhaltung der Anforderungen des ÖWAV RB 11 (2009); die „Hydraulische schachtbezogene Zustandsklassenverteilung“ muss also nur ermittelt werden, wenn die Bestimmungen aus dem ÖWAV RB 11 (2009) nicht eingehalten werden) zu ermitteln.

Die vorgeschlagenen Kennzahlen und Kontextinformationen bieten Raum für nachträgliche Erweiterungen des Umfangs, Einschränkungen oder Anpassungen. Die Auswahl geeigneter Kenngrößen für die Praxis einzelner Kanalisationsunternehmen kann und soll nach individuellen Bedürfnissen erfolgen. Dadurch können beispielsweise Unterschiede im unternehmensspezifischen Fortschritt bei der Kanalsanierungsplanung (vorhandene Ressourcen, technische Hilfsmittel, etc.) berücksichtigt werden.

Tabelle 14: Liste der Kennzahlen und Kontextinformationen

Liste der Kennzahlen und Kontextinformationen		
Funktionalanforderung (ÖNORM EN 752 2008)	Kennzahl/en - (messbare) Leistungsanforderung/en	
Baulicher Zustand und Nutzungsdauer	Zustandsklassenverteilung "Standicherheit"	
	→	Baulich sanierungsbedürftige Kanallänge [%]
	→	Baulich sanierungsbedürftige Schächte [%]
Angrenzende Bauten sowie Ver- und Entsorgungseinrichtungen nicht gefährden	Schäden aufgrund von Ausspülungen [Stk]	
Schutz vor Überflutung	Einhaltung der Überflutungshäufigkeiten gem. ÖWAV RB 11 [ja/nein]	
	RB 11 nicht eingehalten →	Hydraulische schachtbezogene Zustandsklassenverteilung
	→	Anteil der Schächte mit Überstau [%]
	RB 11 nicht eingehalten →	Hydraulische freispiegelleitungsbezogene Zustandsklassenverteilung
	→	Hydraulisch sanierungsbedürftige Freispiegelkanallänge [%]
Schutz des Oberflächenvorfluters	Einhaltung des Weiterleitungsgrades gemäß ÖWAV RB 19neu [ja/nein]	
Grundwasserschutz	Zustandsklassenverteilung "optische Dichtheit"	
	→	Gemäß optischer Dichtheit sanierungsbedürftige Kanallänge [%]
	wenn Grundwasser-gefährdung vorliegt →	Anteil der nach ÖWAV RB 22 bzw. 42 undichten Kanallänge [%]
	→	Gemäß optischer Dichtheit sanierungsbedürftige Schächte [%]
	wenn Grundwasser-gefährdung vorliegt →	Anteil der nach ÖWAV RB 22 bzw. 42 undichten Schächte [%]
	Anteil der Kanäle, die in Schutzgebieten liegen [%]	
	Anteil der Schächte, die in Schutzgebieten liegen [%]	
Aufrechterhaltung des Abflusses (inkl. Minimierung des Betriebsaufwandes)	Zustandsklassenverteilung "Betriebssicherheit"	
	→	Betrieblich sanierungsbedürftige Kanallänge [%]
	→	Betrieblich sanierungsbedürftige Schächte [%]
	Anzahl der Verstopfungen [Stk]	
	Räumgutmenge pro km gereinigtem Kanal [t bzw. m³/km]	

4.2.2 Evaluierungsmethoden

Wie in Kapitel 3.3.4 beschrieben, lassen sich bei bekannten Eingangsdaten „mittels mathematischer Operationen oder standardisierter Methoden [...] Kennzahlen ableiten“. (SCHWARZ, 2012) Bei der Evaluierung von Kennzahlen oder Kontextinformationen sind neben Eingangsdaten also vordefinierte Schritte erforderlich um einheitliche und damit vergleichbare Resultate zu erhalten. Um die Kennzahlenevaluierung durch Kanalunternehmen zu ermöglichen, wurden für die vorgeschlagenen Kennzahlen Anleitungen zu deren Ermittlung zusammengefasst. Neben Angaben zur Ermittlung (z. B. Formel für die Berechnung) sind alle dafür notwendigen Eingangsinformationen (wenn relevant inkl. Kürzel und Einheit) beschrieben. Außerdem werden allfällige Definitionen und Erläuterungen angeführt um Unklarheiten zu vermeiden.

Die wesentlichen Informationen der Kenngrößen sind hier dokumentiert, allfällige Adaptierungen haben hier zu erfolgen.

Als Beispiel kann eine mögliche Änderung der Definition des „Sanierungsbedarfs“ für die Kennzahl „Baulich sanierungsbedürftige Kanallänge“ (siehe Kapitel 4.2.2.1.1) angeführt werden. Um die Definition dieser Kennzahl an entsprechende Gegebenheiten anzupassen (z. B. ein abweichendes Zustandsbewertungssystem in Verwendung eines Kanalunternehmens mit z. B. vier statt fünf Klassen oder einer gestürzten Notenskala, etc.) hat die Adaptierung hier zu erfolgen (z. B. kann bei einer vierstufigen Notenskala die Klasse 4 einen Sanierungsbedarf anzeigen, anstatt wie vordefiniert die Klassen 4 und 5).

In den nachfolgenden Kapiteln 4.2.2.1 bis 4.2.2.4 sind die Evaluierungsmethoden für die empfohlenen Kennzahlen und Kontextinformationen aus Kapitel 4.2.1.3, inklusive erforderlicher Grundlagen, zusammengefasst.

4.2.2.1 Bauliche Zustandsbeurteilung

4.2.2.1.1 Evaluierungsmethoden für Kennzahlen der Funktionalanforderung „Baulicher Zustand und Nutzungsdauer“

Zustandsklassenverteilung „Standssicherheit“

Über die bauliche Untersuchung im Rahmen eines integralen Kanalmanagements heißt es in ÖNORM EN 752 (2008): *„Der Zustand des Systems muss möglichst genau und umfassend beobachtet und dokumentiert werden. Um die Vergleichbarkeit der Untersuchungsergebnisse sicherzustellen, muss ein einheitliches Kodiersystem nach den Anforderungen von EN 13508-2 angewendet werden.“*

In der ÖNORM EN 13508-2/A1 (2010) heißt es:

„Dieser Teil der Europäischen Norm legt ein Kodiersystem für die Beschreibung der Beobachtungen fest, die im Inneren von Abwasserleitungen und –kanälen, Schächten und Inspektionsöffnungen bei der optischen Inspektion gemacht wurden.“

Das Kodiersystem nach ÖNORM EN 13508-2/A1 (2010) ermöglicht also die Beschreibung von Zuständen in Entwässerungssystemen und ist faktisch seit 2006 verbindlich anzuwenden: *„Die Zustandsbeschreibung nach EN 13508-2 wurde 2003 veröffentlicht und ist seit 2006 verbindlich anzuwenden. Seit diesem Zeitpunkt sind formal betrachtet nur mehr Inspektionen gemäß der neuen Norm durchzuführen. Diese stellt ein Muster-Codiersystem auf Grundlage des Kompromisses der beteiligten europäischen Nationen dar.“* (PLIHAL, 2009)

„Die neue Norm (Anm.: EN 13508-2) enthält sowohl verbindliche normative als auch rein informative Abschnitte, welche konkretisiert werden müssen. Hierbei hat der Auftraggeber die Möglichkeit, auf bereits erarbeitete Präzisierungen zurück zu greifen, wobei im deutschen Sprachraum folgende am häufigsten verwendet werden:

- DWA – M 149-2 (2006)
- ISYBAU (2006)

Die Unterschiede zwischen diesen beiden Regelwerken beschränken sich sowohl auf verfahrensbedingte als auch inhaltliche Unterschiede. Des Weiteren gibt es jedoch auch Abweichungen in der Klassifizierung von Zuständen (...).“ (PLIHAL, 2009)

Mit Hilfe des Kodiersystems kann eine bautechnische Zustandsklassifizierung/-bewertung/-beurteilung erfolgen. Die Systeme nach DWA-M 149-3 (2007) und ISYBAU (OFD Niedersachsen, 2010) sind, wie erwähnt, die im deutschen Sprachraum am meisten verwendeten.



„Ziel der bautechnischen Zustandsklassifizierung/-bewertung ist es, die umfangreichen Daten aus einer optischen Inspektion dahingehend auszuwerten, dass mit wenigen Zahlen oder Angaben ein Überblick über den Zustand des Kanalnetzes gewonnen werden kann und ein Hilfsmittel zur Ermittlung von Prioritäten für erforderliche Maßnahmen vorliegt.“ (OFD Niedersachsen, 2010)

„Die Zustandsklassifizierung ist im Rahmen der strategischen Sanierungsplanung [...] deshalb von Bedeutung, weil Mindestzustände den [...] Sanierungsbedarf definieren [...].“ (DWA, 2012)

Die DWA (2012) beurteilt den Zustand von Abwasserkanälen bei der Sanierungsplanung speziell unter den Aspekten Standsicherheit, Dichtheit und Betriebssicherheit. Durch eine differenzierte Zustandsklassifizierung lassen sich Sanierungsmaßnahmen und Sanierungsstrategien angemessen identifizieren. Eine Ausweisung der separaten Ergebnisse für Standsicherheit, Dichtheit und Betriebssicherheit ist gemäß der DWA (2012) „interessant“. *„Die Ergebnisse lassen sich durch die vorhandene Systematik und die separate Klassifizierung nach Merkblatt DWA-M 149-3 ohne weiteres auswerten.“*

Separate Grenzwerte sind möglich (z.B. niedriger für Standsicherheit), aber nicht einfach zu begründen und wahrscheinlich selten relevant.“ (DWA, 2012)

Die im Projekt entwickelte Kontextinformation „Zustandsklassenverteilung Standsicherheit“ orientiert sich, wie auch die Ausführungen der DWA (2012) zeigen, an einer differenzierten Zustandsklassifizierung mit separater Ausweisung der Ergebnisse für Standsicherheit (primär baulich), Dichtheit (primär umweltrelevant) und Betriebssicherheit (primär betrieblich). In den Systemen nach DWA-M 149-3 (2007) und ISYBAU (OFD Niedersachsen, 2010) werden die Ergebnisse der (Einzel-) Zustandsklassifizierung Standsicherheit, Dichtheit und Betriebssicherheit getrennt betrachtet, jedoch abschließend zu einer pauschalen Zustandsklasse zusammengefasst (für die genaue Vorgehensweise sei auf die jeweiligen Systeme verwiesen). Die Kontextinformation „Zustandsklassenverteilung Standsicherheit“ berücksichtigt bei dieser differenzierten Betrachtungsweise den Aspekt der Standsicherheit. Eine derartige separate Klassifizierung ist durch Anwendung der vorhandenen Systeme (DWA-M 149-3 (2007) und ISYBAU (OFD Niedersachsen, 2010)) mit geringem Aufwand durchführbar, wie auch die DWA (2012) bekräftigt. Eine hydraulische Zustandsbeurteilung hat separat zu erfolgen.

Im Projekt haben sich die Projektpartner auf die Anwendung der Zustandsbewertung nach Systematik ISYBAU (OFD Niedersachsen, 2010) bei Evaluierung der „Zustandsklassenverteilung Standsicherheit“ geeinigt. Ausschlaggebend hierfür war der geringere Bedarf an Zustandsquantifizierungen (Angabe von Rissbreiten, Verformungen, etc.) bei der Zustandsbewertung mit ISYBAU (OFD Niedersachsen, 2010) im Vergleich zu jener nach DWA-M 149-3 (2007). In PLIHAL (2009) und SCHWARZ (2012) sind Ausführungen betreffend der Problematik von Quantifizierungen beschrieben. In SCHWARZ (2012) sind mögliche Ansätze einer vereinfachten Zustandsbewertung, die im Wesentlichen ohne Quantifizierungen anwendbar ist, ausgeführt, welche ebenfalls eine differenzierte Bewertung berücksichtigt.

Die im Projekt definierte „Zustandsklassenverteilung Standsicherheit“ gibt den Anteil der Kanallänge je Zustandsklasse für die Standsicherheit an der Gesamtlänge eines (Teil-) Gebiets in Prozent an. Die Klassengestaltung der Zustandsklassen:

- Zustandsklasse 1: kein unmittelbarer Handlungsbedarf (bezüglich der Standsicherheit)
- Zustandsklasse 2: langfristiger Handlungsbedarf (bezüglich der Standsicherheit)
- Zustandsklasse 3: mittelfristiger Handlungsbedarf (bezüglich der Standsicherheit)
- Zustandsklasse 4: kurzfristiger Handlungsbedarf (bezüglich der Standsicherheit)
- Zustandsklasse 5: sofortiger Handlungsbedarf (bezüglich der Standsicherheit)

orientiert sich an jener nach ISYBAU (OFD Niedersachsen, 2010), wobei die dort ebenfalls erwähnte Zustandsklasse 0 (kein Handlungsbedarf) im Projekt nicht berücksichtigt wurde, da aus Sicht des Projektteams bei Kanalisationsanlagen immer ein irgend gearteter Handlungsbedarf besteht.

Die Zustandsbeschreibung nach ÖNORM EN 13508-2/A1 (2010) wird noch nicht von allen (am Projekt beteiligten) Kanalunternehmen angewendet. In Kapitel 3.2.1 sind die Systeme der Zustandsbewertung, welche in Verwendung bei den teilnehmenden Kanalunternehmen sind, erwähnt. Es ist zu erkennen, dass jene nach Richtlinie Oberösterreich (Oberösterreichische Landesregierung, 1993) bzw. nach ATV-M 143-2 (1999) die aktuelle ÖNORM EN 13508-2/A1 (2010) nicht berücksichtigen. Hier findet heute jedoch auch schon außerhalb des Projektteams ein Umdenken statt. Es ist davon auszugehen, dass sich die eigentlich seit 2006 verpflichtende Zustandsbeschreibung nach ÖNORM EN 13508-2/A1 (2010) in Zukunft jedenfalls durchsetzen wird. Damit wäre die wichtigste Grundlage für die Evaluierung der im Projekt definierten „Zustandsklassenverteilung Standsicherheit“ gegeben. Auch wenn die Evaluierung im Projekt mit Hilfe des Systems ISYBAU (OFD Niedersachsen, 2010) vorgeschlagen wird, kann eine analoge Evaluierung mit Hilfe der Systematik nach DWA-M 149-3 (2007) einfach erfolgen.

Genaue Erläuterung sind den Anweisungen laut ISYBAU (OFD Niedersachsen, 2010) zu entnehmen. Zu berücksichtigen ist jedoch, dass diese Anweisungen eine zusammenfassende Zustandsbewertung als Resultat hat. Um eine differenzierte Zustandsklassifizierung zu erhalten, ist anhand der Tabellen zur Zustandsklassifizierung von Abwasserkanälen und Leitungen nach ISYBAU (OFD Niedersachsen, 2010) die jeweils maximale Einzelzustandsklasse (für die Einzelschäden) einer Haltung und zwar getrennt nach Schutzziel (Dichtheit, Standsicherheit, Betriebssicherheit) heranzuziehen. Die maximale Einzelzustandsklasse baulicher Zustände (die in einer Haltung erfasst wurden) beschreibt dann die „Zustandsklasse der Standsicherheit“ einer Haltung. Die Längen der Haltungen für jede „Zustandsklasse der Standsicherheit“ werden im Verhältnis zur gesamten untersuchten Kanalnetzlänge gesetzt, woraus sich die Zustandsklassenverteilung für die Standsicherheit des untersuchten Bereichs ergibt. Für Schächte ist analog zu verfahren (Einheit ist dann die Stückzahl).

Die „Zustandsklassenverteilung Standsicherheit“ dient in weiterer Folge als Eingangskriterium für die Kennzahlen „Baulich sanierungsbedürftige Kanallänge“ bzw. „Baulich sanierungsbedürftige Schächte“. Ohne Kenntnis der Zustandsklassenverteilung können diese Kennzahlen nicht evaluiert werden. Dieser Zusammenhang wird in Tabelle 14 dargestellt. Entsprechend Kapitel 3.3.2.1 und 3.3.2.2, ist die „Zustandsklassenverteilung Standsicherheit“ definitionsgemäß keine Kennzahl, sondern stellt als Eingangskriterium für die erwähnten Kennzahlen eine Kontextinformation dar. Die Evaluierung wird in Tabelle 15 zusammengefasst.

Tabelle 15: Kennzahlenevaluierung „Zustandsklassenverteilung Standsicherheit“

Kennzahl		
Zustandsklassenverteilung "Standsicherheit" in [%]		
Herkunft		
INFOSAN		
Ermittlung		
Ermittlung aus Hauptkode + Ch1 + Ch2 nach ON EN 13508-2/A1 (2010) nach dem Schema der Einzelzustandsklassifizierung ISYBAU 2006 (OFD Niedersachsen, 2010)		
Input	Kürzel	Einheit
Schadensart (Hauptkode, Charakterisierung)	-	-
Definitionen/Erläuterungen		
Bedeutung der Zustandsklassen analog ISYBAU 2006 (OFD Niedersachsen, 2010):		
Klasse 1 = geringfügige Schäden, ohne unmittelbar festzulegenden Handlungsbedarf		
Klasse 2 = langfristiger Handlungsbedarf		
Klasse 3 = mittelfristiger Handlungsbedarf		
Klasse 4 = kurzfristiger Handlungsbedarf		
Klasse 5 = umgehender Handlungsbedarf (i.d.R. Sofortmaßnahme)		

Baulich sanierungsbedürftige Kanallänge

Die DWA (2012) formuliert eine „Sanierungsbedarfsrate“ (Kanallänge Zustandsklasse 0 + 1/Gesamtlänge klassifiziertes Kanalnetz) und legt eine mögliche Zieldefinition fest, wonach „*kein relevanter Schaden schlechter als Zustandsklasse x*“ sein sollte. Diese Zieldefinition kann für die Unterziele Dichtheit, Standsicherheit und Betriebssicherheit geschehen. Die D-A-CH Arbeitsgruppe (s.a.) formuliert in ihren „Schlüsselkennzahlen für die Abwasserentsorgung“ die „Sanierungsbedürftige Kanallängenrate“. Im Projekt wurden diese Ansätze entsprechend den Erfordernissen der Kanalunternehmen angepasst.

Die Kennzahl „Baulich sanierungsbedürftige Kanallänge“ gibt den Anteil der aus baulicher Sicht sanierungsbedürftigen Kanallänge an der (untersuchten) Gesamtkanalnetzlänge an. Zur Evaluierung ist neben der Kenntnis der Gesamtkanalnetzlänge, der sanierungsbedürftige Anteil aus baulicher Sicht zu kennen. Dabei ist die Definition des baulich sanierungsbedürftigen Anteils maßgeblich. Das empfohlene Kriterium stellen Zustandsklassen (in diesem Fall die „Zustandsklassenverteilung Standsicherheit“) dar. Demnach sind Haltungen mit einer Zustandsklasse für die Standsicherheit, welche schlechter als ein definiertes Grenzkriterium sind, als „baulich sanierungsbedürftig“ zu erachten. Die Projektpartner haben sich auf die Anwendung der in ISYBAU (OFD Niedersachsen, 2010) empfohlenen Zustandsklassen geeinigt:

- Zustandsklasse 1: kein unmittelbarer Handlungsbedarf (bezüglich der Standsicherheit)
- Zustandsklasse 2: langfristiger Handlungsbedarf (bezüglich der Standsicherheit)
- Zustandsklasse 3: mittelfristiger Handlungsbedarf (bezüglich der Standsicherheit)
- Zustandsklasse 4: kurzfristiger Handlungsbedarf (bezüglich der Standsicherheit)
- Zustandsklasse 5: sofortiger Handlungsbedarf (bezüglich der Standsicherheit)

Haltungen mit kurzfristigem oder sofortigem Handlungsbedarf sind als (besonders) sanierungsbedürftig anzusehen. Das heißt alle Haltungen mit Zustandsklasse 4 oder 5 hinsichtlich der Standsicherheit, sind als baulich sanierungsbedürftig anzusehen. Die für die Evaluierung der Kennzahl erforderliche „Länge der

baulich sanierungsbedürftigen Kanäle“ ist also die Summe aller Haltungslängen (im untersuchten (Teil-) Gebiet) für welche dieses Kriterium gilt.

Die hier angeführten Definitionen (Kriterium ab welcher Zustandsklasse „Sanierungsbedarf“ gegeben ist, etc.) stellen im Projekt entwickelte Empfehlungen dar. Durch Variation der Kriterien kann auf einfache Weise eine Anpassung an individuelle Bedürfnisse erfolgen. Einige am Projekt beteiligte Kanalunternehmen verfügen über selbst entwickelte „Notensysteme“ (z. B. vier statt fünf Zustandsklassen), das DWA-M 149-3 (2007) verwendet beispielsweise eine „gekippte“ Notenskala. Eine individuelle Definition des „Sanierungsbedarfs“ kann jederzeit erfolgen.

Die Evaluierung der Kennzahl „Baulich sanierungsbedürftige Kanallänge“ wird in Tabelle 16 zusammengefasst, hierfür muss die „Zustandsklassenverteilung Standsicherheit“ bekannt sein.

Tabelle 16: Kennzahlenevaluierung „Baulich sanierungsbedürftige Kanallänge“

Kennzahl		
Baulich sanierungsbedürftige Kanallänge in [%]		
Herkunft		
INFOSAN		
Ermittlung		
$(\Sigma \text{Länge der baulich sanierungsbedürftigen Kanäle} / \text{Gesamtkanalnetzlänge}) \times 100$		
Input	Kürzel	Einheit
Länge baulich sanierungsbedürftiger Kanäle	LSZ= 4,5	[km]
Gesamtkanalnetzlänge	Lges	[km]
Definitionen/Erläuterungen		
sanierungsbedürftig = Zustandsklassen 4 und 5 für die "Standsicherheit"		

Baulich sanierungsbedürftige Schächte

Die Kennzahl „Baulich sanierungsbedürftige Schächte“ ist analog der Kennzahl „Baulich sanierungsbedürftige Kanallänge“ zu ermitteln. Sie gibt den Anteil der aus baulicher Sicht sanierungsbedürftigen Schächte an der (untersuchten) Gesamtanzahl aller Schächte an. Zur Evaluierung ist neben der Anzahl aller Schächte, die Anzahl der sanierungsbedürftigen Schächte aus baulicher Sicht zu kennen. Eine Anpassung der Kennzahl an unterschiedliche Erfordernisse (unterschiedliche Zustandsklassen, etc.) ist auch hier möglich.

Die Evaluierung der Kennzahl „Baulich sanierungsbedürftige Schächte“ wird in Tabelle 17 zusammengefasst, hierfür muss die „Zustandsklassenverteilung Standsicherheit“ für die Schächte bekannt sein.

Tabelle 17: Kennzahlenevaluierung „Baulich sanierungsbedürftige Schächte“

Kennzahl		
Baulich sanierungsbedürftige Schächte in [%]		
Herkunft		
INFOSAN		
Ermittlung		
$(\text{Anzahl der baulich sanierungsbedürftigen Schächte} / \text{Gesamtanzahl der Schächte}) \times 100$		
Input	Kürzel	Einheit
Anzahl baulich sanierungsbedürftiger Schächte	SSZ= 4,5	[Stk]
Gesamtanzahl der Schächte	Sges	[Stk]
Definitionen/Erläuterungen		
sanierungsbedürftig = Zustandsklassen 4 und 5 für die "Standicherheit"		

4.2.2.1.2 Evaluierungsmethoden für Kennzahlen der Funktionalanforderung "Angrenzende Bauten sowie Ver- und Entsorgungseinrichtungen nicht gefährden"

Schäden aufgrund von Ausspülungen

Die Kennzahl „Schäden aufgrund von Ausspülungen“ bezieht die Anzahl der Schäden an Straßen, Bauwerken, anderer Infrastruktur etc. aufgrund von Ausspülungen durch die Kanalisation (Lecks, Undichtigkeiten, etc.) pro Jahr. Eine Evaluierung kann auch für Zeiträume die kürzer als ein Jahr sind (Ermittlungszeitraum $d < 365$ Tage) erfolgen, es wird jedoch eine jährliche Anwendung (Ermittlungszeitraum $d = 365$ Tage) empfohlen.

Die IWA (MATOS et al., 2003) definiert in ihrer Kennzahlensammlung die Kennzahl „Schäden bei Dritten“ (wQS28 [Anzahl der Schäden/Unfälle an Dritten pro Gesamtanzahl an Schäden/Unfälle des Unternehmens]) welche im Wesentlichen eine ähnliche Aussage trifft und in der Kennzahl „Schäden aufgrund von Ausspülungen“ teilweise Berücksichtigung findet. In Tabelle 10 werden Gründe angeführt wieso die Anwendung der, von der IWA vorgeschlagenen, Kennzahl in der Praxis nicht problemlos möglich ist. Die Erhebung von Schäden an Dritten gestaltet sich in der Praxis schwer, da die Ursache des Schadens oftmals nicht eindeutig zuordenbar ist (Welche Schäden wurden durch den Betrieb von Entwässerungssysteme verursacht? Eventuell gibt es mehrere Ursachen für einen Schaden an Dritten, etc.). Die Kennzahl „Schäden aufgrund von Ausspülungen“ gibt Auskunft über die Art und Ursache der Entstehung eines Schadens. Dabei werden nur jene Schäden berücksichtigt, welche auf Ausspülungen durch die Kanalisation (Undichtigkeiten, etc.) zurückzuführen sind.

Die Evaluierung der Kennzahl „Schäden aufgrund von Ausspülungen“ wird in Tabelle 18 zusammengefasst.

Tabelle 18: Kennzahlenevaluierung „Schäden aufgrund von Ausspülungen“

Kennzahl		
Schäden aufgrund von Ausspülungen in [Stk. / 100 km * Jahr]		
Herkunft		
INFOSAN		
Ermittlung		
(Anzahl der Schäden an Straßen, Bauwerken, etc. aufgrund von Ausspülungen x 365 / Ermittlungszeitraum) / Gesamtkanalnetzlänge zum Ermittlungzeitpunkt x 100		
Input	Kürzel	Einheit
Anzahl der Schäden an Straßen, Bauwerken, etc. aufgrund von Ausspülungen		[Stk]
Ermittlungszeitraum		[d]
Gesamtkanalnetzlänge	Lges	[km]
Definitionen/Erläuterungen		
~ Die KZ kann für Zeiträume unter einem Jahr ermittelt werden, es wird jedoch nur eine Anwendung empfohlen, wenn Inputdaten über einen längeren Zeitraum als ein Jahr verfügbar sind.		

4.2.2.2 Betriebliche Zustandsbeurteilung

4.2.2.2.1 Evaluierungsmethoden für Kennzahlen der Funktionalanforderung „Aufrechterhaltung des Abflusses (inkl. Minimierung des Betriebsaufwandes)“

Zustandsklassenverteilung „Betriebssicherheit“

Die im Projekt definierte „Zustandsklassenverteilung Betriebssicherheit“ gibt den Anteil der Kanallänge je Zustandsklasse für die Betriebssicherheit an der Gesamtlänge eines (Teil-) Gebiets in Prozent an. Die Klassengestaltung der Zustandsklassen:

- Zustandsklasse 1: kein unmittelbarer Handlungsbedarf (bezüglich der Betriebssicherheit)
- Zustandsklasse 2: langfristiger Handlungsbedarf (bezüglich der Betriebssicherheit)
- Zustandsklasse 3: mittelfristiger Handlungsbedarf (bezüglich der Betriebssicherheit)
- Zustandsklasse 4: kurzfristiger Handlungsbedarf (bezüglich der Betriebssicherheit)
- Zustandsklasse 5: sofortiger Handlungsbedarf (bezüglich der Betriebssicherheit)

orientiert sich an jener nach ISYBAU (OFD Niedersachsen, 2010).

Die „Zustandsklassenverteilung Betriebssicherheit“ stützt sich auf dieselben Grundlagen (Zustandserfassung, Zustandsklassifizierung/-bewertung/-beurteilung) wie sie bei der Kontextinformation „Zustandsklassenverteilung Standsicherheit“ beschrieben wurden und an dieser Stelle nicht weiter ausgeführt werden. Die Kontextinformation „Zustandsklassenverteilung Betriebssicherheit“ orientiert sich, wie auch von der DWA (2012) empfohlen wird, an einer differenzierten Zustandsklassifizierung mit separater Ausweisung der Ergebnisse für Standsicherheit (primär baulich), Dichtheit (primär umweltrelevant) und Betriebssicherheit (primär betrieblich). Die Kontextinformation „Zustandsklassenverteilung Betriebssicherheit“ berücksichtigt bei dieser differenzierten Betrachtungsweise den Aspekt der Betriebssicherheit.

Bei der Bestimmung der Zustandsklassen für die Betriebssicherheit ist analog der „Zustandsklassenverteilung Standsicherheit“ zu verfahren. Die maximale Einzelzustandsklasse betrieblicher Zustände (die in einer Haltung erfasst wurden) beschreibt dann die „Zustandsklasse der Betriebssicherheit“



einer Haltung. Die Längen der Haltungen für jede „Zustandsklasse Betriebssicherheit“ werden im Verhältnis zur gesamten untersuchten Kanalnetzlänge gesetzt, woraus sich die Zustandsklassenverteilung für die Betriebssicherheit des untersuchten Bereichs ergibt. Für Schächte ist analog zu verfahren (Einheit ist dann die Stückzahl).

Die „Zustandsklassenverteilung Betriebssicherheit“ dient in weiterer Folge als Eingangskriterium für die Kennzahlen „Betrieblich sanierungsbedürftige Kanallänge“ bzw. „Betrieblich sanierungsbedürftige Schächte“. Ohne Kenntnis der Zustandsklassenverteilung können diese Kennzahlen nicht evaluiert werden. Diese Zusammenhänge werden in Tabelle 14 dargestellt. Entsprechend Kapitel 3.3.2.1 und 3.3.2.2, ist die „Zustandsklassenverteilung Betriebssicherheit“ definitionsgemäß keine Kennzahl, sondern stellt als Eingangskriterium für die erwähnten Kennzahlen eine Kontextinformation dar. Die Evaluierung wird in Tabelle 19 zusammengefasst.

Tabelle 19: Kennzahlenevaluierung „Zustandsklassenverteilung Betriebssicherheit“

Kennzahl		
Zustandsklassenverteilung "Betriebssicherheit" in [%]		
Herkunft		
INFOSAN		
Ermittlung		
Ermittlung aus Hauptkode + Ch1 + Ch2 nach ON EN 13508-2/A1 (2010) nach dem Schema der Einzelzustandsklassifizierung ISYBAU 2006 (OFD Niedersachsen, 2010)		
Input	Kürzel	Einheit
Schadensart (Hauptkode, Charakterisierung)	-	-
Definitionen/Erläuterungen		
Bedeutung der Zustandsklassen analog ISYBAU 2006 (OFD Niedersachsen, 2010):		
Klasse 1 = geringfügige Schäden, ohne unmittelbar festzulegenden Handlungsbedarf		
Klasse 2 = langfristiger Handlungsbedarf		
Klasse 3 = mittelfristiger Handlungsbedarf		
Klasse 4 = kurzfristiger Handlungsbedarf		
Klasse 5 = umgehender Handlungsbedarf (i.d.R. Sofortmaßnahme)		

Betrieblich sanierungsbedürftige Kanallänge

Wie bei der Kennzahl „Baulich sanierungsbedürftige Kanallänge“ (siehe 4.2.2.1.1) bereits beschrieben, formuliert die DWA (2012) eine „Sanierungsbedarfsrate“ (Kanallänge Zustandsklasse 0 + 1/Gesamtlänge klassifiziertes Kanalnetz) und legt eine mögliche Zieldefinition fest, wonach „*kein relevanter Schaden schlechter als Zustandsklasse x*“ sein sollte. Diese Zieldefinition kann für die Unterziele Dichtheit, Standsicherheit und Betriebssicherheit geschehen. Die D-A-CH Arbeitsgruppe (s.a.) formuliert in ihren „Schlüsselkennzahlen für die Abwasserentsorgung“ die „Sanierungsbedürftige Kanallängenrate“. Im Projekt wurden diese Ansätze entsprechend den Erfordernissen der Kanalunternehmen angepasst.

Die Kennzahl „Betrieblich sanierungsbedürftige Kanallänge“ gibt den Anteil der aus betrieblicher Sicht sanierungsbedürftigen Kanallänge an der (untersuchten) Gesamtkanalnetzlänge an. Zur Evaluierung ist neben der Kenntnis der Gesamtkanalnetzlänge, der sanierungsbedürftige Anteil aus betrieblicher Sicht zu

kennen. Dabei ist die Definition des betrieblich sanierungsbedürftigen Anteils maßgeblich. Das empfohlene Kriterium stellen Zustandsklassen (in diesem Fall die „Zustandsklassenverteilung Betriebssicherheit“) dar. Demnach sind Haltungen mit einer Zustandsklasse für die Betriebssicherheit, welche schlechter als ein definiertes Grenzkriterium sind, als „betrieblich sanierungsbedürftig“ zu erachten. Die Projektpartner haben sich auch hier auf die Anwendung der in ISYBAU (OFD Niedersachsen, 2010) empfohlenen Zustandsklassen geeinigt:

- Zustandsklasse 1: kein unmittelbarer Handlungsbedarf (bezüglich der Betriebssicherheit)
- Zustandsklasse 2: langfristiger Handlungsbedarf (bezüglich der Betriebssicherheit)
- Zustandsklasse 3: mittelfristiger Handlungsbedarf (bezüglich der Betriebssicherheit)
- Zustandsklasse 4: kurzfristiger Handlungsbedarf (bezüglich der Betriebssicherheit)
- Zustandsklasse 5: sofortiger Handlungsbedarf (bezüglich der Betriebssicherheit)

Haltungen mit kurzfristigem oder sofortigem Handlungsbedarf sind als (besonders) sanierungsbedürftig anzusehen. Das heißt alle Haltungen mit Zustandsklasse 4 oder 5 hinsichtlich der Betriebssicherheit, sind als betrieblich sanierungsbedürftig anzusehen. Die für die Evaluierung der Kennzahl erforderliche „Länge der betrieblich sanierungsbedürftigen Kanäle“ ist also die Summe aller Haltungsängen (im untersuchten (Teil-) Gebiet) für welche dieses Kriterium gilt.

Die hier angeführten Definitionen (Kriterium ab welcher Zustandsklasse „Sanierungsbedarf“ gegeben ist, etc.) stellen im Projekt entwickelte Empfehlungen dar. Durch Variation der Kriterien kann auf einfache Weise eine Anpassung an individuelle Bedürfnisse erfolgen. Einige am Projekt beteiligte Kanalunternehmen verfügen über selbst entwickelte „Notensysteme“ (z. B. vier statt fünf Zustandsklassen), das DWA-M 149-3 (2007) verwendet beispielsweise eine „gekippte“ Notenskala. Eine individuelle Definition des „Sanierungsbedarfs“ kann jederzeit erfolgen.

Die Evaluierung der Kennzahl „Betrieblich sanierungsbedürftige Kanallänge“ wird in Tabelle 20 zusammengefasst, hierfür muss die „Zustandsklassenverteilung Standsicherheit“ bekannt sein.

Tabelle 20: Kennzahlenevaluierung „Betrieblich sanierungsbedürftige Kanallänge“

Kennzahl		
Betrieblich sanierungsbedürftige Kanallänge in [%]		
Herkunft		
INFOSAN		
Ermittlung		
$(\Sigma \text{Länge der betrieblich sanierungsbedürftigen Kanäle} / \text{Gesamtkanalnetzlänge}) \times 100$		
Input	Kürzel	Einheit
Länge betrieblich sanierungsbedürftiger Kanäle	LBZ=4,5	[km]
Gesamtkanalnetzlänge	L _{ges}	[km]
Definitionen/Erläuterungen		
sanierungsbedürftig = Zustandsklassen 4 und 5 für die "Betriebssicherheit"		



Betrieblich sanierungsbedürftige Schächte

Die Kennzahl „Betrieblich sanierungsbedürftige Schächte“ ist analog der Kennzahl „Betrieblich sanierungsbedürftige Kanallänge“ zu ermitteln. Sie gibt den Anteil der aus betrieblicher Sicht sanierungsbedürftigen Schächte an der (untersuchten) Gesamtanzahl aller Schächte an. Zur Evaluierung ist neben der Anzahl aller Schächte, die Anzahl der sanierungsbedürftigen Schächte aus betrieblicher Sicht zu kennen. Eine Anpassung der Kennzahl an unterschiedliche Erfordernisse (unterschiedliche Zustandsklassen, etc.) ist auch hier möglich.

Die Evaluierung der Kennzahl „Betrieblich sanierungsbedürftige Schächte“ wird in Tabelle 21 zusammengefasst, hierfür ist die „Zustandsklassenverteilung Betriebssicherheit“ für die Schächte zu kennen.

Tabelle 21: Kennzahlenevaluierung „Betrieblich sanierungsbedürftige Schächte“

Kennzahl		
Betrieblich sanierungsbedürftige Schächte in [%]		
Herkunft		
INFOSAN - (zukünftige Anwendung denkbar)		
Ermittlung		
(Anzahl der betrieblich sanierungsbedürftigen Schächte / Gesamtanzahl der Schächte) x 100		
Input	Kürzel	Einheit
Anzahl betrieblich sanierungsbedürftiger Schächte	SBZ=4,5	[Stk]
Gesamtanzahl der Schächte	Sges	[Stk]
Definitionen/Erläuterungen		
sanierungsbedürftig = Zustandsklassen 4 und 5 für die "Betriebssicherheit"		

Anzahl der Verstopfungen

Die Kennzahl „Anzahl der Verstopfungen“ wird von der IWA (MATOS et al., 2003) als Performance Indicator (Kennzahl) wOp34 (Operational Indicator Nr. 34) „Sewer blockages“ (No./100 km sewer/year) vorgeschlagen. Als Möglichkeit der Evaluierung wird angegeben:

„(Number of blockages in sewers that occurred during the assessment period x 365 / assessment period) / total sewer length at the reference date x 100“ (MATOS et al., 2003)

Weiters wird folgendes angemerkt:

„pumping station blockages shall not be included. Include blockages in service connections only where these are the responsibility of the wastewater undertaking.

Note that “ x 365 / assessment period” is a unit conversion expression and is not intended to be considered as extrapolation.

This indicator may be assessed for periods shorter than one year, but special consideration is required when used for comparisons, either internal or external to the undertaking.“ (MATOS et al., 2003)

Die Kennzahl beschreibt die Anzahl der Verstopfungen pro Jahr und 100 Kilometer Kanal. Verstopfungen von Pumpwerken werden nicht berücksichtigt. Die Kennzahl kann auch für Zeiträume die kürzer als ein Jahr sind berechnet werden, es wird jedoch eine jährliche Anwendung empfohlen. Eine Extrapolation von Werten ist nicht zulässig.

Analog wird von der European Benchmark Cooperation (EBC, 2011) die Kennzahl „Sewer blockages“ (siehe Tabelle 7) beschrieben.

Um die Anzahl der Verstopfungen bestimmen zu können, ist eine genaue Definition des Begriffs „Verstopfung“ notwendig. Im IWA Bericht wird eine Verstopfung (=Blockage) definiert als:

„blockage: caused by an obstruction that interferes with the movement of wastewater. Blockage is most often used to describe the effect from an unwanted flow obstruction (partial or full) in a pipe, channel, combined sewer system, overflow regulator or other flow regulator, outfall, gate, orifice, storm inlet, screen or other location where flow occurs (Ellis et al., 2003). In the USA, stoppage is sometimes used to describe the results of a blockage that completely stops the flow.“ (MATOS et al., 2003)

Wie auch in SCHWARZ (2012) angeführt wird, lässt diese Begriffsdefinition viel Spielraum bei der Interpretation. Die Evaluierung der Kennzahl soll jedoch einheitlich erfolgen. Bei SCHWARZ (2012) wird eine von allen Projektpartnern als brauchbar erachtete Definition vorgeschlagen: *„...eine Verstopfung stellt ein ungewolltes Abflusshindernis dar, welches zu Rückstau, Einstau, Überstau, Überflutung oder Mischwasserentlastung im Trockenwetterfall führt.“*

Die Evaluierung der Kennzahl „Anzahl der Verstopfungen“ wird in Tabelle 22 zusammengefasst.

Tabelle 22: Kennzahlenevaluierung „Anzahl der Verstopfungen“

Kennzahl		
Anzahl der Verstopfungen in [Stk. / 100 km * Jahr]		
Herkunft		
IWA wOp34 (Matos et al., 2003)		
Ermittlung		
(Anzahl der Verstopfungen während des Ermittlungszeitraumes x 365 / Ermittlungszeitraum) / Gesamtkanalnetzlänge zum Ermittlungszeitpunkt x 100		
Input	Kürzel	Einheit
Anzahl der Verstopfungen		[Stk]
Ermittlungszeitraum		[d]
Gesamtkanalnetzlänge	L _{ges}	[km]
Definitionen/Erläuterungen		
nach IWA KZ wOp34 (Matos et al., 2003):		
~ Die KZ kann für Zeiträume unter einem Jahr ermittelt werden, es wird jedoch nur eine Anwendung empfohlen, wenn Inputdaten über einen längeren Zeitraum als ein Jahr verfügbar sind.		
~ Verstopfungen von Pumpwerken sollen nicht erfasst werden		



Räumgutmenge pro km gereinigtem Kanal

Die Kennzahl „Räumgutmenge pro km gereinigtem Kanal“ beschreibt die Räumgutmenge die pro Kilometer gereinigtem Kanal und Jahr anfällt. Im Projektverlauf hat sich gezeigt, dass Kanalunternehmen unterschiedliche Einheiten bei der Erfassung von Räumgutmengen verwenden können. Während von der IWA (MATOS et al., 2003) als Einheit der Räumgutmenge eine Masseneinheit (Tonnen) vorgeschlagen wird, kann eine Erfassung laut der teilnehmenden Kanalunternehmen auch in Volumseinheiten (Kubikmeter) erfolgen. Die Räumgutmenge bei der Evaluierung der Kennzahl „Räumgutmenge pro km gereinigtem Kanal“ kann deshalb in Kubikmeter oder Tonnen angegeben werden, je nach Vorhandensein der Information bei einem Unternehmen.

Auch die ISO 24511 (2007) schlägt eine, der IWA analoge, Kennzahl „Weight of sediments removed per sewer length“ vor.

Wie für den IWA (MATOS et al., 2003) Performance Indicator (= Kennzahl) wEn12 (= Environmental Indicator Nr. 12) „Sediments from sewers“ (ton/km sewer/year) gilt bei der Evaluierung der entwickelten Kennzahl:

“Note that “ x 365 / assessment period” is a unit conversion expression and is not intended to be considered as extrapolation. This PI may be assessed for periods shorter than one year, but it is recommended that it be used only where data for the variables have been collected for at least a year. Where it has been used for shorter time periods, special consideration is required when used for comparisons, either internal or external to the undertaking.” (MATOS et al., 2003)

Die Kennzahl „Räumgutmenge pro km gereinigtem Kanal“ kann demnach auch für Zeiträume die kürzer als ein Jahr sind berechnet werden, es wird jedoch eine jährweise Anwendung empfohlen.

Wie bei SCHWARZ (2012) beschrieben, fällt bei der Evaluierung des IWA Performance Indicator „Sediments from sewers“ (wEn12; ton/km sewer/year) (MATOS et al., 2003) auf:

„(Drained weight of sediments removed from sewers during the assessment period x 365 / assessment period) / total sewer length at the reference date“ (MATOS et al., 2003)

dass Angaben zur „entwässerten“ Räumgutmenge in Tonnen erforderlich sind. Zumindest bei den Kanalunternehmen im Projekt, werden lediglich die feuchten Räumgutmengen erfasst. Eine Anwendung des IWA Performance Indicator „Sediments from sewers“ (wEn12; ton/km sewer/year) ist deshalb nicht ohne weiteres möglich (siehe Tabelle 11). Die Räumgutmenge für die im Projekt entwickelte Kennzahl „Räumgutmenge pro km gereinigtem Kanal“ kann dagegen im feuchten Zustand angegeben werden.

Sowohl die Kennzahl der IWA (MATOS et al., 2003) als auch die der ISO 24511 (2007) berücksichtigen einen, aus Sicht der Projektpartner, wesentlichen Aspekt nicht, welcher bei SCHWARZ (2012) beschrieben wird. Die Räumgutmenge hängt von der Reinigungsleistung eines Unternehmens ab, welche durch die gereinigte Kanallänge ausgedrückt wird. Durch eine geringe Reinigungsleistung eines Unternehmens kann eine geringe Räumgutmenge resultieren (wenn nicht bedarfsorientiert vorgegangen wird und z. B. Haltungen mit wenig Räumgut gereinigt werden). Andererseits kann durch bedarfsorientierte Reinigung eine große Menge an Räumgut, bei verhältnismäßig geringer Reinigungsleistung anfallen. Um aussagekräftige Werte zu erhalten, scheint es also wesentlich zu sein, die Räumgutmenge in Verhältnis zu der tatsächlich gereinigten Kanallänge zu setzen.

Für die gereinigte Kanallänge existieren ebenfalls Vorschläge der IWA (MATOS et al., 2003) („Sewer cleaning“; wOp2; %/year) und der ISO 24511 (2007) („Percentage of sewer system cleaned per unit of time“).

Die Kennzahl „Räumgutmenge pro km gereinigtem Kanal“ kombiniert also bestehende Kennzahlen welche Aussagen zur „Räumgutmenge“ bzw. zur „gereinigten Kanallänge“ treffen. Die Evaluierung der Kennzahl „Räumgutmenge pro km gereinigtem Kanal“ wird in Tabelle 23 zusammengefasst.

Tabelle 23: Kennzahlenevaluierung „Räumgutmenge pro km gereinigtem Kanal“

Kennzahl		
Räumgutmenge pro km gereinigtem Kanal in [t bzw. m³ / km gereinigtem Kanal * Jahr]		
Herkunft		
INFOSAN		
Ermittlung		
$(\text{Räumgutmenge} \times 365 / \text{Ermittlungszeitraum}) / \Sigma \text{gereinigte Kanallängelänge im Ermittlungszeitraum}$		
Input	Kürzel	Einheit
Räumgutmenge		[m³] bzw. [t]
gereinigte Kanallängelänge		[km]
Ermittlungszeitraum		[d]
Definitionen/Erläuterungen		
analog IWA KZ wEn12 (Matos et al., 2003): ~ Die KZ kann für Zeiträume unter einem Jahr ermittelt werden, es wird jedoch nur eine Anwendung empfohlen, wenn Inputdaten über einen längeren Zeitraum als ein Jahr verfügbar sind.		

4.2.2.3 Umweltrelevante Zustandsbeurteilung

4.2.2.3.1 Evaluierungsmethoden für Kennzahlen der Funktionalanforderung „Schutz des Oberflächenvorfluters“

Einhaltung des Weiterleitungsgrades gem. ÖWAV RB 19 (2007)

In Österreich existiert als Stand der Technik das ÖWAV Regelblatt 19 (2007) mit Anforderungen an Mischwasserentlastungen. Der Nachweis der Einhaltung von Mindestwirkungsgraden der Weiterleitung für Mischwasserentlastungen entsprechend diesem Regelblatt eignet sich aus Sicht der Projektpartner zur Evaluierung der Kennzahl „Einhaltung des Weiterleitungsgrades gemäß ÖWAV Regelblatt 19“.

„Aufgabe der Mischwasserbehandlung ist es, den Mischwasserabfluss zur Kläranlage hydraulisch zu begrenzen und gleichzeitig die stoßweisen Belastungen des Gewässers aus Mischwasserentlastungen in vertretbaren Grenzen zu halten. Ziel der Mischwasserbehandlung muss die bestmögliche Reduzierung der Gesamtemissionen aus Mischwasserentlastungen und Kläranlagen im Rahmen der wasserwirtschaftlichen Erfordernisse sein.“ (ÖWAV, 2007)



„Bei der Berechnung der erforderlichen Maßnahmen der Mischwasserbehandlung ist nachzuweisen, dass die in diesem Regelblatt (Anm.: ÖWAV Regelblatt 19) festgelegten Mindestwirkungsgrade der Weiterleitung eingehalten werden. Als anerkanntes Berechnungsverfahren ist für diesen Nachweis in erster Linie die Langzeit-Simulation zu betrachten. Die Qualität dieses rechnerischen Nachweises steht und fällt mit der Verlässlichkeit der Eingabedaten. Daher kommt der sorgfältigen Erhebung der erforderlichen Eingangsdaten (Niederschlagsdaten, Größe der undurchlässigen Fläche) große Bedeutung zu.“ (ÖWAV, 2007)

Durch dieses Regelblatt wird das Ziel vorgegeben, „dass von den Inhaltstoffen des Mischwassers ein bestimmter Anteil im Jahresmittel zur biologischen Stufe der Abwasserreinigungsanlage zu leiten ist.“ (ÖWAV, 2007)

Dabei gelten die Mindestwirkungsgrade der Weiterleitung nicht für einzelne Entlastungsbauwerke, „sondern für das ganze Einzugsgebiet einer Mischkanalisation, unabhängig davon, ob die Emissionen in einen oder mehrere Vorfluter geleitet werden.“ (ÖWAV, 2007)

„...die Bemessungsgröße der Kläranlage als auch die Charakteristik des Niederschlagsverhaltens mittels der Regenspende $r_{720,1}$ (Niederschlagshöhe in mm bei einer Regendauer von 12 Stunden mit einer Wiederkehrzeit von 1 Jahr)“ (ÖWAV, 2007) werden durch die Anwendung des Regelblattes berücksichtigt.

Für Wirkungsgrade ist zu unterscheiden zwischen:

- Wirkungsgrad der Weiterleitung für gelöste Stoffe
- Wirkungsgrad der Weiterleitung für abfiltrierbare Stoffe (AFS)

Die Mindestwirkungsgrade des Regelblattes müssen eingehalten werden. Detaillierte Ausführungen sind dem ÖWAV Regelblatt 19 (2007) zu entnehmen. Der Evaluierungswert der Kennzahl kann „eingehalten“ oder „nicht eingehalten“ annehmen. Bei Einhaltung des Weiterleitungsgrades ist ein ausreichender „Schutz des Oberflächenvorfluters“ (Funktionalanforderung), entsprechend dem aktuellen Stand der Technik in Österreich (festgelegt durch das ÖWAV RB 19, 2007), zu erwarten.

Die Evaluierung der Kennzahl „Einhaltung des Weiterleitungsgrades gemäß ÖWAV RB 19“ wird in Tabelle 24 zusammengefasst. Die Bestimmung mit Hilfe dieses Regelblatts setzt eine numerische Modellierung entweder mit einem konzeptionellem oder mit einem hydrodynamischen Modell voraus. Abhängig von der Modellwahl sind unter Umständen umfangreiche Datensätze erforderlich. Die konzeptionelle Modellierung wird in ÖWAV RB 19 vorgeschlagen und benötigt bezüglich ihrer Eingangsdaten einen geringeren Umfang (besonders abflusswirksame Flächen), sollte dafür aber bei größeren Entwässerungsnetzen anhand von Abflussmessungen kalibriert werden. Hydrodynamische Modelle benötigen eine höhere Datendichte (komplette Beschreibung des Entwässerungsnetzes), sind dafür aber in der Kalibrierung weniger aufwändig.

Tabelle 24: Kennzahlenevaluierung „Einhaltung des Weiterleitungsgrades gem. ÖWAV RB19“

Kennzahl		
Einhaltung des Weiterleitungsgrades gemäß ÖWAV RB 19neu		
Herkunft		
ÖWAV Regelblatt 19 (2007)		
Ermittlung		
Modellierung notwendig		
Input	Kürzel	Einheit
Bemessungsgröße der ARA zu der Mischwasserkanalisation entwässert		[EW]
an Trennkanalisation angeschlossene EW		[EW]
an Mischkanalisation angeschlossene EW		[EW]
Teileinzugsgebiete pro Mischwasserüberlaufbecken		[ha]
Gebietsdaten		
Fläche des Einzugsgebietes	AE	[ha]
befestigte Fläche im Einzugsgebiet	AE,b	[ha]
nicht befestigte Fläche im Einzugsgebiet	AE,nb	[ha]
Anfangsverluste		
Dauerverluste		
Niederschlagsdaten		
langjährige Regenreihen (Mindestdauer der Aufzeichnung 10 Jahre)		
Abflusskonzentrationsprozess		
Fließzeit		
Abflussdaten		
Trockenwetterabfluss	QTW	[l/s]
Sonderbauwerke		
Volumen der Speicherbauwerke		
Definitionen/Erläuterungen		
nach ÖWAV Regelblatt 19 (2007) müssen:		
- Wirkungsgrade für gelöste Stoffe		
- Wirkungsgrade für abfiltrierbare Stoffe (AFS)		
erreicht oder überschritten werden		

4.2.2.3.2 Evaluierungsmethoden für Kennzahlen der Funktionalanforderung "Grundwasserschutz"

Zustandsklassenverteilung „optische Dichtheit“

Die im Projekt definierte „Zustandsklassenverteilung optische Dichtheit“ gibt den Anteil der Kanallänge je Zustandsklasse für die optische Dichtheit an der Gesamtlänge eines (Teil-) Gebiets in Prozent an. Die Klassengestaltung der Zustandsklassen:

- Zustandsklasse 1: kein unmittelbarer Handlungsbedarf (bezüglich der optischen Dichtheit)
- Zustandsklasse 2: langfristiger Handlungsbedarf (bezüglich der optischen Dichtheit)
- Zustandsklasse 3: mittelfristiger Handlungsbedarf (bezüglich der optischen Dichtheit)
- Zustandsklasse 4: kurzfristiger Handlungsbedarf (bezüglich der optischen Dichtheit)
- Zustandsklasse 5: sofortiger Handlungsbedarf (bezüglich der optischen Dichtheit)

orientiert sich wieder an jener nach ISYBAU (OFD Niedersachsen, 2010).



Die „Zustandsklassenverteilung optische Dichtheit“ stützt sich auf dieselben Grundlagen (Zustandserfassung, Zustandsklassifizierung/-bewertung/-beurteilung) wie sie bei der Kontextinformation „Zustandsklassenverteilung Standsicherheit“ beschrieben wurden und an dieser Stelle nicht weiter ausgeführt werden. Die Kontextinformation „Zustandsklassenverteilung optische Dichtheit“ orientiert sich, wie auch von der DWA (2012) empfohlen wird, an einer differenzierten Zustandsklassifizierung mit separater Ausweisung der Ergebnisse für Standsicherheit (primär baulich), Dichtheit (primär umweltrelevant) und Betriebssicherheit (primär betrieblich). Die Kontextinformation „Zustandsklassenverteilung optische Dichtheit“ berücksichtigt bei dieser differenzierten Betrachtungsweise den Aspekt der Dichtheit.

Da die Zustandsklassifizierung auf einer Erfassung des Systems durch optische Inspektion beruht, kann eine Einschätzung der Dichtheit nur durch optisch erkennbare Kriterien erfolgen. Auch wenn keine optische Undichtheit erkennbar ist, kann nicht zweifellos daraus geschlossen werden, dass das untersuchte System dicht ist. Zweifellose Dichtheit wäre nur durch eine Dichtheitsprüfung (ÖNORM EN 1610, 1998 bzw. ÖNORM B 2503, 2009) zu attestieren. Das heißt, dass auch wenn eine Dichtheit durch optische Inspektion festgestellt wurde, keine absolute Dichtheit gegeben sein muss. Entsprechend dem Ablaufschema des Dichtheitsattests von Kanälen in Abbildung 8 (ÖWAV, 2011a bzw. 2011b) kann auf eine Dichtheitsprüfung verzichtet werden, wenn diese sichtbar dicht (durch optische Inspektion) sind und keine Grundwassergefährdung vorliegt. Liegt bei optischer Dichtheit eine Grundwassergefährdung vor, ist zusätzlich eine Dichtheitsprüfung vorgesehen.

Bei der Bestimmung der Zustandsklassen für die optische Dichtheit ist analog der „Zustandsklassenverteilung Standsicherheit“ zu verfahren. Die maximale Einzelzustandsklasse von Zuständen mit Einfluss auf die optische Dichtheit (die in einer Haltung erfasst wurden) beschreibt dann die „Zustandsklasse der optischen Dichtheit“ einer Haltung. Die Längen der Haltungen für jede „Zustandsklasse der optischen Dichtheit“ werden im Verhältnis zur gesamten untersuchten Kanalnetzlänge gesetzt, woraus sich die Zustandsklassenverteilung für die optische Dichtheit des untersuchten Bereichs ergibt. Für Schächte ist analog zu verfahren (Einheit ist dann die Stückzahl).

Die „Zustandsklassenverteilung optische Dichtheit“ dient in weiterer Folge als Eingangskriterium für die Kennzahlen „Gemäß optischer Dichtheit sanierungsbedürftige Kanallänge“ bzw. „Gemäß optischer Dichtheit sanierungsbedürftige Schächte“. Ohne Kenntnis der Zustandsklassenverteilung können diese Kennzahlen nicht evaluiert werden. Für (Teil-) Bereiche in denen eine Grundwassergefährdung vorliegt sind in weiterer Folge die Kennzahlen „Anteil der nach ÖWAV RB 22 bzw. 42 undichten Kanallänge“ bzw. „Anteil der nach ÖWAV RB 22 bzw. 42 undichten Schächte“ zu bestimmen. Diese Zusammenhänge werden in Tabelle 14 dargestellt. Entsprechend Kapitel 3.3.2.1 und 3.3.2.2, ist die „Zustandsklassenverteilung optische Dichtheit“ definitionsgemäß keine Kennzahl, sondern stellt als Eingangskriterium für die erwähnten Kennzahlen eine Kontextinformation dar. Die Evaluierung wird in Tabelle 28 zusammengefasst.

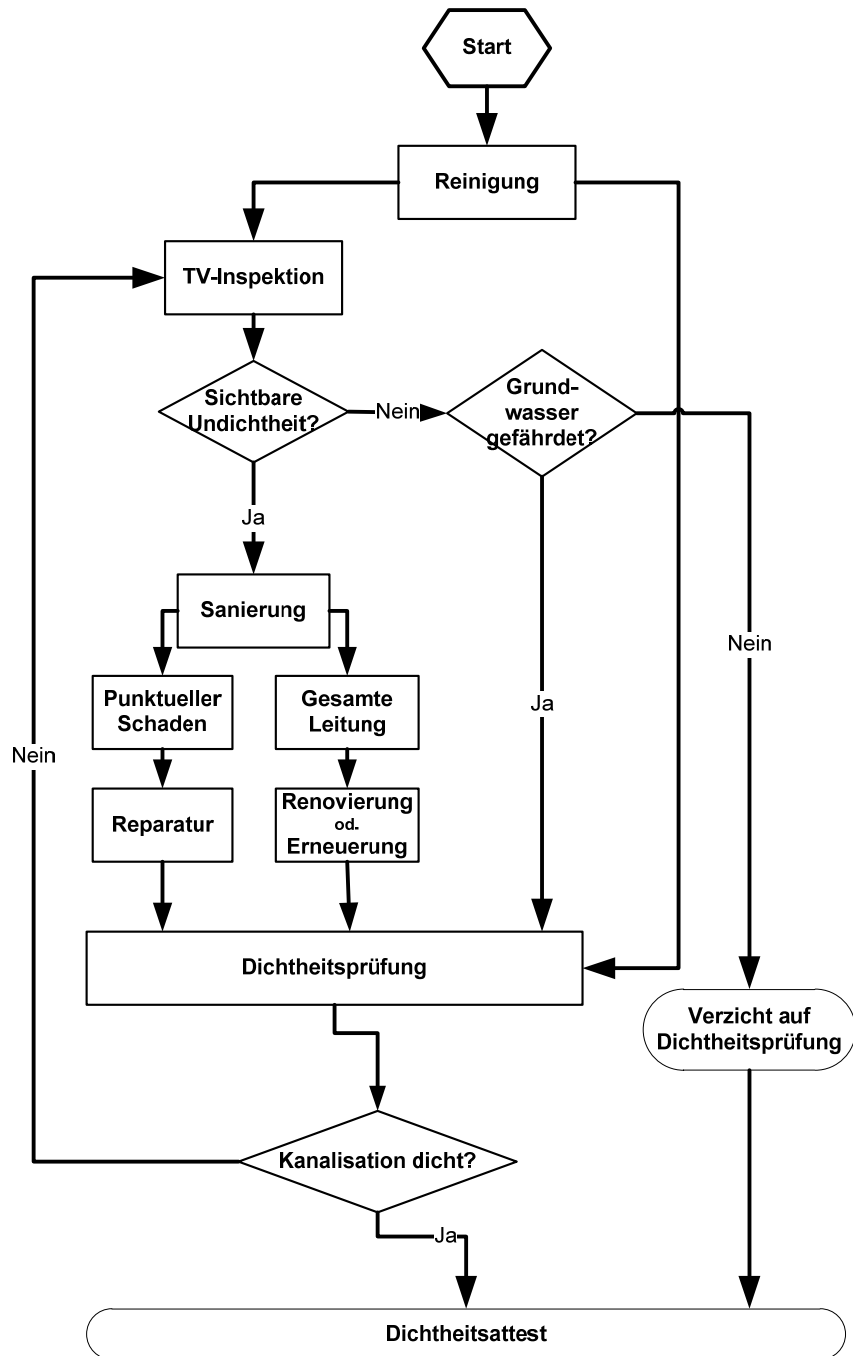


Abbildung 8: Ablaufschema Dichtheitsattest von Kanälen (analog zu ÖWAV RB42 (2011b)) aus dem Entwurf zum ÖWAV RB22 (2011a)

Tabelle 25: Kennzahlenevaluierung „Zustandsklassenverteilung optische Dichtheit“

Kennzahl		
Zustandsklassenverteilung "optische Dichtheit" in [%]		
Herkunft		
INFOSAN		
Ermittlung		
Ermittlung aus Hauptkode + Ch1 + Ch2 nach ON EN 13508-2/A1 (2010) nach dem Schema der Einzelzustandsklassifizierung ISYBAU 2006 (OFD Niedersachsen, 2010)		
Input	Kürzel	Einheit
Schadensart (Hauptkode, Charakterisierung)	-	-
Definitionen/Erläuterungen		
Bedeutung der Zustandsklassen analog ISYBAU 2006 (OFD Niedersachsen, 2010):		
Klasse 1 = geringfügige Schäden, ohne unmittelbar festzulegenden Handlungsbedarf		
Klasse 2 = langfristiger Handlungsbedarf		
Klasse 3 = mittelfristiger Handlungsbedarf		
Klasse 4 = kurzfristiger Handlungsbedarf		
Klasse 5 = umgehender Handlungsbedarf (i.d.R. Sofortmaßnahme)		

Gemäß optischer Dichtheit sanierungsbedürftige Kanallänge

Wie bei der Kennzahl „Baulich sanierungsbedürftige Kanallänge“ (siehe 4.2.2.1.1) bereits beschrieben, formuliert die DWA (2012) eine „Sanierungsbedarfsrate“ (Kanallänge Zustandsklasse 0 + 1/Gesamtlänge klassifiziertes Kanalnetz) und legt eine mögliche Zieldefinition fest, wonach „*kein relevanter Schaden schlechter als Zustandsklasse x*“ sein sollte. Diese Zieldefinition kann für die Unterziele (optische) Dichtheit, Standsicherheit und Betriebssicherheit geschehen. Die D-A-CH Arbeitsgruppe (s.a.) formuliert in ihren „Schlüsselkennzahlen für die Abwasserentsorgung“ die „Sanierungsbedürftige Kanallängenrate“. Im Projekt wurden diese Ansätze entsprechend den Erfordernissen der Kanalunternehmen angepasst.

Die Kennzahl „Gemäß optischer Dichtheit sanierungsbedürftige Kanallänge“ gibt den Anteil der, aus Sicht einer optischen Inspektion, Undichten und somit hinsichtlich der Dichtheit sanierungsbedürftigen Kanallänge an der (untersuchten) Gesamtkanalnetzlänge an. Zur Evaluierung ist neben der Kenntnis der Gesamtkanalnetzlänge, der sanierungsbedürftige Anteil aus Sicht der optischen Undichtheit zu kennen. Dabei ist die Definition des sanierungsbedürftigen Anteils maßgeblich. Das empfohlene Kriterium stellen Zustandsklassen (in diesem Fall die „Zustandsklassenverteilung optische Dichtheit“) dar. Demnach sind Halungen mit einer Zustandsklasse für die optische Dichtheit, welche schlechter als ein definiertes Grenzkriterium sind, als „gemäß optischer Dichtheit sanierungsbedürftig“ zu erachten. Die Projektpartner haben sich auf die Anwendung der in ISYBAU (OFD Niedersachsen, 2010) empfohlenen Zustandsklassen geeinigt:

- Zustandsklasse 1: kein unmittelbarer Handlungsbedarf (bezüglich der optischen Dichtheit)
- Zustandsklasse 2: langfristiger Handlungsbedarf (bezüglich der optischen Dichtheit)
- Zustandsklasse 3: mittelfristiger Handlungsbedarf (bezüglich der optischen Dichtheit)
- Zustandsklasse 4: kurzfristiger Handlungsbedarf (bezüglich der optischen Dichtheit)
- Zustandsklasse 5: sofortiger Handlungsbedarf (bezüglich der optischen Dichtheit)

Im Gegensatz zur baulichen (bzw. betrieblichen) Sanierungsbedürftigkeit für die eine Sanierungsbedürftigkeit ab Zustandsklasse 4 vorliegt, wurde im Projekt beschlossen, bei der Sanierungsbedürftigkeit aufgrund optischer Undichtheit die Zustandsklasse 5 (kurzfristiger Handlungsbedarf) bis inklusive der Zustandsklasse 2 (langfristiger Handlungsbedarf) als sanierungsbedürftig anzusehen. Grund hierfür ist, dass eine Undichtheit unabhängig ihrer Schwere Auswirkungen auf den Grundwasserschutz hat. „Für den Schutz von Grundwasser und Boden müssen alle Abwasserleitungen und -kanäle dicht sein.“ (ÖWAV, 2011b), „Undichte Kanäle stellen ein Gefahrenpotenzial für das Grundwasser, den Boden und in weiterer Folge für die ganze Umwelt dar.“ (GUNZL und ERTL, 2012)

Die für die Evaluierung der Kennzahl erforderliche „Länge der gemäß Dichtheit sanierungsbedürftigen Kanäle“ ist also die Summe aller Haltungslängen (im untersuchten (Teil-) Gebiet) für welche dieses Kriterium (Zustandsklasse für die optische Dichtheit 2,3,4 oder 5) gilt.

Die hier angeführten Definitionen (Kriterium ab welcher Zustandsklasse „Sanierungsbedarf“ gegeben ist, etc.) stellen im Projekt entwickelte Empfehlungen dar. Durch Variation der Kriterien kann auf einfache Weise eine Anpassung an individuelle Bedürfnisse erfolgen. Einige am Projekt beteiligte Kanalunternehmen verfügen über selbst entwickelte „Notensysteme“ (z. B. vier statt fünf Zustandsklassen), das DWA-M 149-3 (2007) verwendet beispielsweise eine „gekippte“ Notenskala. Eine individuelle Definition des „Sanierungsbedarfs“ kann jederzeit erfolgen.

Die Evaluierung der Kennzahl „Gemäß optischer Dichtheit sanierungsbedürftige Kanallänge“ wird in Tabelle 26 zusammengefasst, hierfür ist „Zustandsklassenverteilung optische Dichtheit“ zu kennen.

Tabelle 26: Kennzahlenevaluierung „Gemäß optischer Dichtheit sanierungsbedürftige Kanallänge“

Kennzahl		
Gemäß optischer Dichtheit sanierungsbedürftige Kanallänge in [%]		
Herkunft		
INFOSAN		
Ermittlung		
$(\Sigma \text{Länge der gemäß optischer Dichtheit sanierungsbedürftigen Kanäle} / \text{Gesamtkanalnetzlänge}) \times 100$		
Input	Kürzel	Einheit
Länge gemäß Dichtheit sanierungsbedürftiger Kanäle	LDZ=2,3,4,5	[km]
Gesamtkanalnetzlänge	Lges	[km]
Definitionen/Erläuterungen		
sanierungsbedürftig = Zustandsklassen 2 bis 5 für die "optische Dichtheit"		

Anteil der nach ÖWAV RB 22 (2011a) bzw. 42 (2011b) undichten Kanallänge

Auch wenn über die „Zustandsklassenverteilung der optischen Dichtheit“ bzw. der Kennzahl „Gemäß optischer Dichtheit sanierungsbedürftige Kanallänge“ keine optische Undichtheit in einem (Teil-) Bereich identifiziert werden konnte, ist entsprechend dem Ablaufschema des Dichtheitsattests von Kanälen in Abbildung 8 (ÖWAV, 2011a bzw. 2011b), nicht zwangsläufig davon auszugehen, dass eine Kanalisation dicht ist. Entscheidend ist ob eine Grundwassergefährdung vorliegt oder nicht. Ist bei optischer Dichtheit keine Grundwassergefährdung gegeben, kann auf eine Dichtheitsprüfung verzichtet werden. Ist das



Grundwasser jedoch gefährdet, ist trotz optischer Dichtheit eine Dichtheitsprüfung zum Nachweis der Dichtheit (Dichtheitsattest) erforderlich.

Zweifellose Dichtheit wäre nur durch eine Dichtheitsprüfung (ÖNORM EN 1610, 1998 bzw. ÖNORM B 2503, 2009) zu attestieren. Das heißt, dass auch wenn eine Dichtheit durch optische Inspektion festgestellt wurde, keine absolute Dichtheit gegeben sein muss. Entsprechend dem Ablaufschema des Dichtheitsattests von Kanälen in Abbildung 8 (ÖWAV, 2011a bzw. 2011b) kann auf eine Dichtheitsprüfung verzichtet werden, wenn diese sichtbar dicht (durch optische Inspektion) sind und keine Grundwassergefährdung vorliegt. Liegt bei optischer Dichtheit eine Grundwassergefährdung vor, ist zusätzlich eine Dichtheitsprüfung erforderlich.

„Grundsätzlich gilt, dass sämtliche Kanäle, Schächte, Behälter und Becken entsprechend dem abzuleitenden Abwasser dicht sein müssen. Im Zuge der Herstellung bzw. der Bauabnahme werden in diesem Zusammenhang daher auch Dichtheitsprüfungen entsprechend ÖNORM EN 1610 und B 2503 bzw. EN 805 durchgeführt.“

Gemäß ÖNORM EN 752 gilt für in Betrieb befindliche Abwasserkanäle und dazugehörige Schacht- und Sonderbauwerke, dass diese entsprechend den nationalen oder örtlichen Prüfanforderungen dicht sein müssen.

Um nun Undichtheiten von Abwasserleitungen und damit zusammenhängende mögliche negative Auswirkungen auf die Grundwasserbeschaffenheit erfassen zu können, erscheint in der Regel eine wiederkehrende Prüfung auf ordnungsgemäßen Zustand auf Basis einer optischen Inspektion (Kanalkamerabefahrung bzw. –begehung) als ausreichend.

In Grundwasserschutzgebieten und anderen Bereichen mit einem besonderen Gefährdungspotenzial ist aber jedenfalls zu beachten, dass aus Vorsorgegründen regelmäßig wiederkehrende Dichtheitsprüfungen nach ÖNORM EN 1610 und B 2503 bzw. EN 805 erforderlich sind. Dies gilt sinngemäß auch für Anlagen zur Lagerung oder Leitung von wassergefährdenden Stoffen (WRG § 134).“ (ÖWAV, 2011a)

Bei der Kennzahl „Anteil der nach ÖWAV RB 22 bzw. 42 undichten Kanallänge“ sind demnach die Ergebnisse der Dichtheitsprüfung für optisch dichte (Zustandsklasse 1 nach der „Zustandsklassenverteilung optische Dichtheit“) Kanäle mit vorhandener Grundwassergefährdung erforderlich. Optisch dichte Kanäle ohne Grundwassergefährdung gelten nach dem Entwurf des ÖWAV RB 22 (2011a) als dicht. Kanäle die eine optische Undichtheit aufweisen (Zustandsklasse 2,3,4 und 5 nach der „Zustandsklassenverteilung optische Dichtheit“) erfordern demnach keine zusätzliche Dichtheitsprüfung, da diese ohnehin undicht sind und Handlungsbedarf gegeben ist. Als nach ÖWAV RB 22 (2011a) bzw. RB 42 (2011b) undichte Kanäle können also folgende zusammengefasst werden (für Schächte gilt Analoges):

- Kanäle mit optischer Undichtheit (diese entsprechen denen der Kennzahl „Gemäß optischer Dichtheit sanierungsbedürftige Kanallänge“) sowie
- optisch dichte Kanäle für die eine Grundwassergefährdung vorliegt, und bei welchen anhand der erforderlichen Dichtheitsprüfung nachträglich eine Undichtheit erkannt wurde.

„Dichtheitsprüfungen werden nicht nur bei der Bauabnahme, sondern auch bei in Betrieb befindlichen Kanälen in regelmäßigen Abständen verlangt. Bei der Durchführung von Dichtheitsprüfungen bei in Betrieb befindlichen Kanälen herrschen andere Umstände als bei Dichtheitsprüfungen bei Bauabnahme. Trotzdem wird in den österreichischen Normen nicht weiter auf die Prüfung von „alten“ (in Betrieb befindlichen) Kanälen eingegangen. Sie werden mit den gleichen Verfahren geprüft, wie sie bei einer Bauabnahme üblich sind.“ (GUNZL und ERTL, 2012)

Ein Nachweis der Dichtheit gemäß EN 1610 (1998) und ÖNORM B 2503 (2009) für ein bestehendes Netz ist laut GUNZL und ERTL (2012) oftmals nicht praktikabel, da viele „alte“ Kanäle nach diesen Kriterien nicht dicht sind oder die auftretenden Drücke zu hoch sind. Für in Betrieb befindliche Abwasserkanäle und

dazugehörige Schacht- und Sonderbauwerke wird das vereinfachte Dichtheitsattest in Abbildung 8 (ÖWAV, 2011a bzw. 2011b) empfohlen.

Die Kennzahl „Anteil der nach ÖWAV RB 22 bzw. 42 undichten Kanallänge“ gibt, unter Rücksichtnahme auf die beschriebenen Zusammenhänge, den Anteil der nach ÖWAV RB 22 (Entwurf, 2011a) bzw. RB 42 (2011b) undichten Kanallänge an der (untersuchten) Gesamtkanalnetzlänge an. Zur Evaluierung ist neben der Kenntnis der Gesamtkanalnetzlänge, die Länge der nach ÖWAV RB 22 (Entwurf, 2011a) bzw. RB 42 (2011b) undichten Kanallänge zu kennen.

Die Evaluierung der Kennzahl „Anteil der nach ÖWAV RB 22 bzw. 42 undichten Kanallänge“ wird in Tabelle 27 zusammengefasst.

Tabelle 27: Kennzahlenevaluierung „Anteil der nach ÖWAV RB 22 bzw. 42 undichten Kanallänge“

Kennzahl		
Anteil der nach ÖWAV RB 22 bzw. 42 undichten Kanallänge in [%]		
Herkunft		
INFOSAN		
Ermittlung		
$(\Sigma \text{Länge der nach ÖWAV RB 22 (2011a, Entwurf) bzw. 42 (2011b) undichten Kanäle} / \text{Gesamtkanalnetzlänge}) \times 100$		
Input	Kürzel	Einheit
Länge der nach RB 22 bzw. 42 undichten Kanäle		[km]
Gesamtkanalnetzlänge	Lges	[km]
Definitionen/Erläuterungen		
-		

“

Gemäß optischer Dichtheit sanierungsbedürftige Schächte

Die Kennzahl „Gemäß optischer Dichtheit sanierungsbedürftige Schächte“ ist analog der Kennzahl „Gemäß optischer Dichtheit sanierungsbedürftige Kanallänge“ zu ermitteln.

Sie gibt den Anteil der aus Sicht einer optischen Inspektion, Undichten und somit hinsichtlich der Dichtheit sanierungsbedürftigen Schächte an der (untersuchten) Gesamtanzahl aller Schächte an. Zur Evaluierung ist neben der Anzahl aller Schächte, die Anzahl der sanierungsbedürftigen Schächte aus Sicht der optischen Dichtheit zu kennen. Eine Anpassung der Kennzahl an unterschiedliche Erfordernisse (unterschiedliche Zustandsklassen, etc.) ist auch hier möglich.

Die Evaluierung der Kennzahl „Gemäß optischer Dichtheit sanierungsbedürftige Schächte“ wird in Tabelle 28 zusammengefasst, hierfür ist die „Zustandsklassenverteilung optische Dichtheit“ für die Schächte zu kennen.

Tabelle 28: Kennzahlenevaluierung „Gemäß optischer Dichtheit sanierungsbedürftige Schächte“

Kennzahl		
Gemäß optischer Dichtheit sanierungsbedürftige Schächte in [%]		
Herkunft		
INFOSAN - (zukünftige Anwendung denkbar)		
Ermittlung		
(Anzahl der gemäß optischer Dichtheit sanierungsbedürftigen Schächte / Gesamtanzahl der Schächte) x 100		
Input	Kürzel	Einheit
Anzahl gemäß Dichtheit sanierungsbedürftiger Schächte	SDZ= 2,3,4,5	[Stk]
Gesamtanzahl der Schächte	Sges	[Stk]
Definitionen/Erläuterungen		
sanierungsbedürftig = Zustandsklassen 2 bis 5 für die "Dichtheit"		

Anteil der nach ÖWAV RB 22 (2011a) bzw. 42 (2011b) undichten Schächte

Die Kennzahl „Anteil der nach ÖWAV RB 22 bzw. 42 undichten Schächte“ ist analog der Kennzahl „Anteil der nach ÖWAV RB 22 bzw. 42 undichten Kanallänge“ zu ermitteln. Sie gibt, unter Rücksichtnahme auf die beschriebenen Zusammenhänge, den Anteil der nach ÖWAV RB 22 (Entwurf, 2011a) bzw. RB 42 (2011b) undichten Schächte an der (untersuchten) Gesamtanzahl an Schächten an. Zur Evaluierung ist neben der Kenntnis der Gesamtanzahl der Schächte, die Anzahl der nach ÖWAV RB 22 (Entwurf, 2011a) bzw. RB 42 (2011b) undichten Schächte zu kennen.

Die Evaluierung der Kennzahl „Anteil der nach ÖWAV RB 22 bzw. 42 undichten Schächte“ wird in Tabelle 29 zusammengefasst.

Tabelle 29: Kennzahlenevaluierung „Anteil der nach ÖWAV RB 22 bzw. 42 undichten Schächte“

Kennzahl		
Anteil der nach ÖWAV RB 22 bzw. 42 undichten Schächte in [%]		
Herkunft		
INFOSAN		
Ermittlung		
(Anzahl der nach ÖWAV RB 22 (2011a, Entwurf) bzw. 42 (2011b) undichten Schächte / Gesamtanzahl der Schächte) x 100		
Input	Kürzel	Einheit
Anzahl der nach RB 22 bzw. 42 undichten Schächte		[Stk]
Gesamtanzahl der Schächte		[Stk]
Definitionen/Erläuterungen		
-		

Anteil der Kanäle, die in Schutzgebieten liegen

Der „Anteil der Kanäle, die in Schutzgebieten liegen“ gibt den Anteil der Kanallänge welche in einem Schutzgebiet liegt, an der Gesamtkanallänge in einem untersuchten (Teil-) Gebiet in Prozent an. Schutzgebiete umfassen dabei die nach ÖVGW-Richtlinie W72 „Schutz- und Schongebiete“ (ÖVGW, 2004) gegliederten Betrachtungsweisen:

- **Schutzzone I:** Fassungsbereich zum Schutz der unmittelbaren Umgebung der Wasserfassung und der Fassung selbst gegen schädigende Einwirkungen aller Art;
- **Schutzzone II:** bakteriologische Zone (60-Tagegrenze) zum Schutz gegen pathogene Keime und Viren; der Schutz gegen chemische Kontaminationen ist integriert;
- **Schutzzone III:** chemische Zone (große, über die Schutzzone II reichende Teile des Einzugsgebietes) zum Schutz vor chemischen Verunreinigungen, insbesondere solchen, die im Untergrund keinem biochemischen Abbau unterliegen;

Schutzzonen sind für den Schutz der Wasserressourcen von besonderer Bedeutung, dementsprechend ist der Grundwasserschutz in diesen Zonen von oberster Priorität. Kanäle in Schutzgebieten bedeuten eine erhöhte Gefährdung des Grundwasserschutzes (Undichtheiten, Leckagen, etc.). Der Anteil der Kanäle, im Schutzgebiet kann einen Überblick über ein (Teil-) Netz geben und Gebiete ausweisen für welche eine erhöhte potentielle Gefährdung des Grundwassers vorliegt. Eine Risikoanalyse kann im Anschluss das tatsächliche Gefährdungspotential unter Berücksichtigung wesentlicher Randbedingungen (Bodenart, Abstand zum Grundwasser, etc.) erkennen lassen.

Die ursprünglich vorgeschlagenen Kennzahlen welche, neben den Schutzgebieten, die Lage von Entwässerungssystemen in Schongebieten und Grundwasserfeldern berücksichtigen, wurden einvernehmlich als für die Praxis nicht geeignet erachtet (siehe Tabelle 12). Bei einigen Kanalunternehmen existieren beispielsweise keine zusätzlichen Auflagen für Kanäle in Schongebieten seitens der Behörden. Eine ausreichend genaue Definition für Grundwasserfelder konnte nicht erarbeitet werden, es ist davon auszugehen das ohnehin große Teile der Netze in potentiellen Grundwasserfeldern liegen und die Kennzahl dementsprechend wenig Aussagekraft besitzen würde.

Die Evaluierung der Kennzahl „Anteil der Kanäle, die in Schutzgebieten liegen“ wird in Tabelle 30 zusammengefasst.

Tabelle 30: Kennzahlenevaluierung „Anteil der Kanäle, die in Schutzgebieten liegen“

Kennzahl		
Anteil der Kanäle, die in Schutzgebieten liegen in [%]		
Herkunft		
INFOSAN		
Ermittlung		
$(\Sigma \text{Länge der Kanäle im Schutzgebiet} / \text{Gesamtkanalnetzlänge}) \times 100$		
Input	Kürzel	Einheit
Länge der Kanäle im Schutzgebiet		[km]
Gesamtkanalnetzlänge	Lges	[km]
Definitionen/Erläuterungen		
-		



Anteil der Schächte, die in Schutzgebieten liegen

Der „Anteil der Schächte, die in Schutzgebieten liegen“ gibt den Anteil der Schächte welche in einem Schutzgebiet liegen, an der Gesamtanzahl aller Schächte in einem untersuchten (Teil-) Gebiet in Prozent an. Schutzgebiete umfassen dabei die in der ÖVGW-Richtlinie W72 „Schutz- und Schongebiete“ (ÖVGW, 2004) angeführten Betrachtungen (Schutzzone I, Schutzzone II, Schutzzone III). Der „Anteil der Schächte, die in Schutzgebieten liegen“ stellt das analoge Pendant zum „Anteil der Kanäle, die in Schutzgebieten liegen“ dar. Anstelle der Kanallängen wird jedoch die Anzahl der Schächte beschrieben. Mögliche Gefährdungen des Grundwassers bei Schächten sind neben Undichtheiten, Leckagen, etc. Überstau bzw. Überflutungsereignisse.

Die Evaluierung der Kennzahl „Anteil der Schächte, die in Schutzgebieten liegen“ wird in Tabelle 31 zusammengefasst.

Tabelle 31: Kennzahlenevaluierung „Anteil der Schächte, die in Schutzgebieten liegen“

Kennzahl		
Anteil der Schächte, die in Schutzgebieten liegen in [%]		
Herkunft		
INFOSAN		
Ermittlung		
$(\text{Anzahl der Schächte im Schutzgebiet} / \text{Gesamtanzahl der Schächte}) \times 100$		
Input	Kürzel	Einheit
Anzahl der Schächte im Schutzgebiet		[Stk]
Gesamtanzahl der Schächte		[Stk]
Definitionen/Erläuterungen		
-		

4.2.2.4 Hydraulische Zustandsbeurteilung

4.2.2.4.1 Evaluierungsmethoden für Kennzahlen der Funktionalanforderung „Schutz vor Überflutung“

Einhaltung der Überflutungshäufigkeiten gem. ÖWAV RB11 (2009)

Das ÖWAV Regelblatt 11 (2009) stellt ein Instrumentarium zum Nachweis der erforderlichen Überstau- und Überflutungssicherheit mittels hydrodynamischer Verfahren zur Verfügung. Die Ausführungen dieses Regelblattes eignen sich zur Evaluierung der Kennzahl „Einhaltung der Überflutungshäufigkeit gemäß ÖWAV Regelblatt 11“.

„Die ÖNORM EN 752 geht von der Überflutungshäufigkeit als Nachweiskriterium für Überlastungszustände aus. Sie definiert die Überflutung als ein Ereignis, bei dem Schmutzwasser und/oder Niederschlagswasser aus der Kanalisation entweichen oder nicht in diese eintreten können. Der Vorgang der Überflutung ist jedoch in hohem Maße von den lokalen Verhältnissen an der Oberfläche abhängig und ist nach gegenwärtigem Stand modelltechnisch nur sehr schwer nachbildbar.“

Aus diesem Grund wird für den rechnerischen Nachweis in Anlehnung an das DWA Arbeitsblatt A 118 in diesem Regelblatt auch die Überstauhäufigkeit als Zielgröße eingeführt. Dabei bezeichnet Überstau das Überschreiten eines bestimmten Bezugsniveaus (Rückstauenebene) durch den rechnerischen Maximalwasserstand (DWA-A 118).

Wesentlich ist also die Unterscheidung zwischen Überstau und Überflutung. Der Überflutungsvorgang auf der Oberfläche und der Überflutungsschutz bedürfen immer einer Beurteilung der örtlichen Gegebenheiten. Eine Überflutung wird nach DWA-A 118 stets mit einer auftretenden Schädigung bzw. einer Funktionsstörung (z.B. bei Unterführungen) in Verbindung gebracht. Der Austritt von Wasser aus dem Kanalsystem (durch Überstau) ist ohne nachfolgende Beeinträchtigung nach DWA-A 118 noch keine Überflutung.

Überflutungshäufigkeiten für die einzelnen Bereiche eines Kanalnetzes werden von den zuständigen Stellen festgelegt oder können aus den Empfehlungen der ÖNORM EN 752 abgeleitet werden.“ (ÖWAV, 2009)

Vorbehaltlich der Festlegung anderer Werte durch die zuständige Stelle werden für den Nachweis der Überstauhäufigkeit bei Neuplanungen bzw. nach Sanierung die Wiederkehrzeiten nach Tabelle 32 empfohlen.

Tabelle 32: Empfohlene Überstauhäufigkeiten für den rechnerischen Nachweis bei Neuplanungen bzw. nach Sanierung nach Regelblatt 11 (ÖWAV RB 11, 2009)

Ort	Überstauhäufigkeiten bei Neuplanungen bzw. nach Sanierungen	
	Wiederkehrzeit (1mal in „n“ Jahren)	Wahrscheinlichkeit für eine Überschreitung in 1 Jahr
Ländliche Gebiete	1 in 2	50 %
Wohngebiete	1 in 3	33 %
Stadtzentren, Industrie- und Gewerbegebiete	1 in 5	20 %
Unterirdische Ver- kehrsanlagen, Unter- führungen	1 in 10 ¹⁾	10 %
¹⁾ Bei Unterführungen ist zu beachten, dass bei Überstau über Gelände i. d. R. unmittelbar eine Überflutung einhergeht, sofern nicht besondere örtliche Sicherungsmaßnahmen bestehen. Hier entsprechen sich Überstau- und Überflutungshäufigkeit mit dem in Tabelle 7-3 genannten Wert „1 in 50“!		

„Ist die durch Simulation ermittelte vorhandene Überstauhäufigkeit n_{vorh} [1/a] kleiner als die erforderliche Überflutungshäufigkeit n_{erf} [1/a] (in Abhängigkeit des Ortes) entsprechend der Werte laut Tabelle 32, ist für ein (Teil-) Gebiet die Einhaltung der Überflutungshäufigkeit gegeben. Andernfalls wird das Kriterium nicht eingehalten.“ (SCHWARZ, 2012)

Das ÖWAV Regelblatt 11 (2009) stellt ein dem Stand der Technik entsprechendes Mittel zur Überprüfung der Einhaltung der Überflutungs- bzw. Überstauhäufigkeit für ein (Teil-) Gebiet dar. Als wesentliche Aussage kann damit bestimmt werden, ob die Kriterien der Tabelle 32 eingehalten werden oder nicht. Werden die Kriterien der Überstauhäufigkeiten eingehalten, kann der „Schutz vor Überflutung“ (Funktionalanforderung), dem aktuellen Stand der Technik entsprechend, als ausreichend erachtet werden und die Evaluierung der weiteren Kennzahlen für diese Funktionalanforderung (siehe Tabelle 14) entfällt. Die „Einhaltung der Überstauhäufigkeit gemäß ÖWAV RB 11“ ist, wie in Tabelle 14 kenntlich gemacht, der Kennzahl „Hydraulische schachtbezogene Zustandsklassenverteilung“ sowie „Hydraulische freispiegelleitungsbezogene Zustandsklassenverteilung“ übergeordnet. Die Evaluierung dieser Kennzahlen



(und eventuell der weiter untergliederten Kennzahlen „Anteil der Schächte mit Überstau“ und „Hydraulisch sanierungsbedürftige Freispiegelkanallänge“) ist nur von Bedeutung, wenn die „Einhaltung der Überflutungshäufigkeit gemäß ÖWAV RB 11“ nicht gegeben ist und dementsprechend Defizite im „Schutz vor Überflutung“ erkannt wurden. Bei bestehenden Defiziten soll dadurch eine Lokalisierung ermöglicht werden.

Die Evaluierung der Kennzahl „Einhaltung der Überflutungshäufigkeiten gemäß ÖWAV BR 11“ wird in Tabelle 33 zusammengefasst. Die Bestimmung mit Hilfe dieses Regelblatts setzt eine datenintensive hydrodynamische Modellierung voraus, dementsprechend umfangreich sind die angeführten Eingangsdaten.

Tabelle 33: Kennzahlenevaluierung „Einhaltung der Überflutungshäufigkeiten gem. ÖWAV RB11“

Kennzahl		
Einhaltung der Überflutungshäufigkeiten gem. RB 11		
Herkunft		
ÖWAV Regelblatt 11 (2009)		
Ermittlung		
Modellierung notwendig (hydrodynamisch)		
Input	Kürzel	Einheit
Gebietsdaten		
Fläche des Einzugsgebietes	AE	[ha]
befestigte Fläche im Einzugsgebiet	AE,b	[ha]
nicht befestigte Fläche im Einzugsgebiet	AE,nb	[ha]
Gelände-/Flächenneigung	JG	[°] oder [%] oder [%0]
Breite des Einzugsgebietes		[m]
Art/Beschaffenheit der Fläche		
Anfangsverluste		
Dauerverluste		
Niederschlagsdaten		
Ganglinie der Regenintensität (Regenkontinuum, Starkregenereignisse, Modellregen, historische Regenereignisse)		
Abflusskonzentrationsprozess		
ungleichmäßige Einzugsgebietsform		
Kanalnetzdaten		
Kanaldurchmesser		[mm]
Kanalgeometrie (Profil)		
Haltungslänge (ggf. unterteilt in Mischwasser-, Schmutzwasser- und Regenwasserkanal)		[m]
Schachtdurchmesser bzw. -geometrie inkl. Zulauf- und Ablaufgeometrie		
Geländehöhen an den Schächten		[m H.ü.A.]
Sohlhöhen der Knoten und Haltungen		[m H. ü. A.]
Rauigkeitsbeiwert bzw. Wandungsmaterialien		
Abflussdaten		
Trockenwetterabfluss	QTW	[l/s]
Sonderbauwerke		
Geometrie der Speicherbauwerke inkl. Zulauf-, Ablauf- und Überlaufgeometrie		
Geometrie von Wehren (insbesondere Ausbildung der Wehrkrone)		
Geometrie des Pumpensumpfes bei Pumpwerken		
Pumpenkennlinien		
Ein- und Ausschaltzeiten bzw. Ein- und Ausschaltpunkte von Pumpen		
Schieberausgangs- und Schieberendstellung		
Durchflussquerschnitt (Regelorgane und Schieber)		
Durchflussbeiwert (Regelorgane und Schieber)		
zum Nachweis der Einhaltung der Überflutungshäufigkeit		
erforderliche Überflutungshäufigkeit (abhängig von Ort)	nerf	[1/a]
Definitionen/Erläuterungen		
Überflutungshäufigkeit eingehalten? Ja/nein?		
Ist die ermittelte vorhandene Überflutungshäufigkeit $n_{vorh} [1/a] < \text{erforderliche Überflutungshäufigkeit } n_{erf} [1/a]$ in Abhängigkeit des Ortes (siehe ÖWAV Regelblatt 11, 2009, Tab. 7-2)		



Hydraulische schachtbezogene Zustandsklassenverteilung

Wie in Kapitel 4.2.2.1.1 beschrieben, schlägt die DWA (2012) vor, den Zustand von Abwasserkanälen bei der Sanierungsplanung speziell unter den Aspekten Standsicherheit, Dichtheit und Betriebssicherheit zu betrachten. Durch eine differenzierte Zustandsklassifizierung lassen sich Sanierungsmaßnahmen und Sanierungsstrategien angemessen identifizieren. Im Sinne des (ganzheitlichen) integralen Kanalmanagements (ÖNORM EN 752, 2008) ist neben der baulichen, umweltrelevanten und betrieblichen auch eine hydraulische Betrachtung notwendig.

Im Entwurf zum ÖWAV Regelblatt 22 (2011a) wird eine „Hydraulische Zustandsklassenverteilung“ beschrieben:

„Die hydraulische Funktionsfähigkeit bzw. die Auslastung des Kanalsystems wird über die Beurteilungskriterien aus Tabelle ... (Anm.: Tabelle 34) in fünf Klassen unterteilt. Die Kriterien sind aus den Ergebnissen der hydrodynamischen Simulation ableitbar.

Die daraus resultierende hydraulische Zustandsklasse definiert den Handlungsbedarf für weitere Maßnahmen, wobei die Zustandsklassen 2 und 3 als Hinweis bzw. als Warnung zu verstehen sind. Bei Änderungen im Abfluss auf Grund einer Kanalerweiterung oder aus dem Kanalbetrieb (z.B. Einstau durch Kanalbewirtschaftung) sind mittels hydraulischen Nachweises die Auswirkungen auf die Kanalabschnitte der Klasse 2 zu ermitteln und der Handlungsbedarf abzuleiten. Die hydraulische Zustandsklasse 3 erfordert jedenfalls einen Handlungsbedarf wenn eine Kanalsanierung oder eine Änderung des Kanalbetriebes geplant ist. Weiters ist bei der Sanierung von Kanalabschnitten die eventuell eingeschränkte hydraulische Funktionsfähigkeit zu berücksichtigen.“

Tabelle 34: hydraulische Zustandsklassen nach ÖWAV Regelblatt 22 Entwurf (2011a)

Hydraulische Zustandsklassen nach ÖWAV Regelblatt 22 Entwurf (2011a)			
Zustands- klasse	Beurteilungskriterium	Hydraulische Funktionsfähigkeit	Handlungsbedarf
1	Druckfreier Abfluss (Teilfüllung)	Die hydraulische Funktionsfähigkeit ist voll gegeben	Kein Handlungsbedarf
2	Abfluss unter Druck, der Wasserspiegel liegt nur unwesentlich über Rohrscheitel (Vollfüllung)	Die hydraulische Funktionsfähigkeit ist gegeben	grundsätzlich kein Handlungsbedarf; bei Erweiterungen ist ein hydr. Nachweis erforderlich
3	Abfluss unter Druck, Wasserspiegel liegt noch unter der Deckeloberkante	Die hydraulische Funktionsfähigkeit ist zwar eingeschränkt, aber noch tolerierbar	grundsätzlich kein Handlungsbedarf; bei Sanierungen, Änderungen im Abfluss oder Erweiterungen ist ein Handlungsbedarf gegeben
4	Überstau, Wasser kann schadlos gespeichert oder abgeführt werden	Die hydraulische Funktionsfähigkeit ist stark eingeschränkt, aber noch vorhanden	kurzfristiger Handlungsbedarf ist gegeben
5	Überflutung, Wasser kann nicht mehr schadlos gespeichert oder abgeführt werden	Die hydraulische Funktionsfähigkeit ist nicht mehr gegeben	Sofortiger Handlungsbedarf ist gegeben

Weiter wird angeführt:

„Eine Alternative zur vorgeschlagenen Klassifizierung bietet die hydraulische Zustandsbewertung nach ISYBAU. Grundlage dieser Methode ist der Vergleich von vorhandenen mit erforderlichen Leistungsfähigkeiten eines Kanalnetzes. Dabei erfolgt die Berechnung über eine statistische Betrachtung des Unterschiedes zwischen erforderlicher und vorhandener Häufigkeit eines maßgebenden hydraulischen Zustandes (Überstau, Überflutung) und dessen Auswirkungen auf die Sanierungsdringlichkeit (siehe ÖWAV-Regelblatt 11).“ (ÖWAV, 2011a)

Neben der hydraulischen Zustandsbewertung nach ISYBAU (OFD Niedersachsen, 2010) gibt auch die von MÖDERL et al. (2012) formulierte „Hydraulische Auslastung der Schächte“ Auskunft über den hydraulischen Zustand des Systems. Die Klasseneinteilung für die Bewertung von Schächten nach MÖDERL et al. (2012) gestaltet sich wie folgt:

- Klasse 1: Füllstand unter dem höchstgelegenen Scheitel einer Haltung
- Klasse 2: Füllstand zwischen dem höchstgelegenen Scheitel und der mittleren Schachthöhe
- Klasse 3: Füllstand zwischen der mittleren Schachthöhe und der Geländeoberkante
- Klasse 4: Überstauvolumen bis 50 m³
- Klasse 5: Überstauvolumen bis 1000 m³
- Klasse 6: Überstauvolumen über 1000 m³

Klasse 1 bis 3 entsprechen dem Entwurf im ÖWAV Regelblatt 22 (2011a) in Tabelle 34. Statt den Klassen 4 und 5 nach ÖWAV Regelblatt 22 definieren MÖDERL et al. (2012) drei Klassen mit unterschiedlichen Überstauvolumina. Bei der hydraulischen Zustandsbewertung nach ISYBAU (OFD Niedersachsen, 2010) erfolgt wie beschrieben ein Vergleich zwischen erforderlicher und vorhandener Häufigkeit eines maßgebenden hydraulischen Zustandes.

Aus Sicht der am Projekt beteiligten Partner macht hinsichtlich einer nationalen Vereinheitlichung eine hydraulische Zustandsbewertung entsprechend dem Entwurf des ÖWAV Regelblatt 22 (2011a) am meisten Sinn, da hier bereits ein nationales Regelwerk entworfen wird. Für die Ermittlung hydraulischer Zustandsklassen ist eine hydrodynamische Simulation unumgänglich. Über die aus einer Simulation ermittelten maximalen Füllstände in den Schächten, kann jedem Schacht die entsprechende Zustandsklasse (siehe Tabelle 34) zugeordnet werden. Zur Unterscheidung zwischen den Zustandsklassen 4 und 5 ist jedoch eine aufwändige Oberflächenüberflutungsmodellierung notwendig, welche neben weiteren Daten (z. B. hochauflösendes digitales Geländemodell) und rechenaufwändige Simulationen erfordert.

Die Anzahl der Schächte jeder Zustandsklasse werden im Verhältnis zur gesamten untersuchten Anzahl an Schächten gesetzt, woraus sich die „schachtbezogene hydraulische Zustandsklassenverteilung“ des untersuchten Bereichs ergibt.

Die „Hydraulische schachtbezogene Zustandsklassenverteilung“ dient in weiterer Folge als Eingangskriterium für die Kennzahl „Anteil der Schächte mit Überstau“. Ohne Kenntnis der hydraulischen schachtbezogenen Zustandsklassenverteilung kann diese Kennzahl nicht evaluiert werden. Dieser Zusammenhang wird in Tabelle 14 dargestellt. Entsprechend Kapitel 3.3.2.1 und 3.3.2.2, ist die „Hydraulische schachtbezogene Zustandsklassenverteilung“ definitionsgemäß keine Kennzahl, sondern stellt als Eingangskriterium für die erwähnte Kennzahl eine Kontextinformation dar. Die Evaluierung wird in Tabelle 35 zusammengefasst.

Tabelle 35: Kennzahlenevaluierung „Hydraulische schachtbezogene Zustandsklassenverteilung“

Kennzahl		
Hydraulische schachtbezogene Zustandsklassenverteilung in [%]		
Herkunft		
analog ÖWAV Regelblatt 22 (2011a, Entwurf)		
Ermittlung		
Modellierung notwendig (hydrodynamisch)		
Input	Kürzel	Einheit
Gebietsdaten		
Fläche des Einzugsgebietes	AE	[ha]
befestigte Fläche im Einzugsgebiet	AE,b	[ha]
nicht befestigte Fläche im Einzugsgebiet	AE,nb	[ha]
Gelände-/Flächenneigung	JG	[°] od. [%] od. [%0]
Breite des Einzugsgebietes		[m]
Art/Beschaffenheit der Fläche		
Anfangsverluste		
Dauerverluste		
Niederschlagsdaten		
Ganglinie der Regenintensität (Regenkontinuum, Starkregenereignisse, Modellregen, historische Regenereignisse)		
Abflusskonzentrationsprozess		
ungleichmäßige Einzugsgebietsform		
Kanalnetzdaten		
Kanaldurchmesser		[mm]
Kanalgeometrie (Profil)		
Haltungslänge (ggf. unterteilt in Mischwasser-, Schmutzwasser- und Regenwasserkanal)		[m]
Schachtdurchmesser bzw. -geometrie inkl. Zulauf- und Ablaufgeometrie		
Geländehöhen an den Schächten		[m H.ü.A.]
Sohlhöhen der Knoten und Haltungen		[m H. ü. A.]
Rauigkeitsbeiwert bzw. Wandungsmaterialien		
Abflussdaten		
Trockenwetterabfluss	Q _{TW}	[l/s]
Sonderbauwerke		
Geometrie der Speicherbauwerke inkl. Zulauf-, Ablauf- und Überlaufgeometrie		
Geometrie von Wehren (insbesondere Ausbildung der Wehrkrone)		
Geometrie des Pumpensumpfes bei Pumpwerken		
Pumpenkennlinien		
Ein- und Ausschaltzeiten bzw. Ein- und Ausschaltpunkte von Pumpen		
Schieberausgangs- und Schieberendstellung		
Durchflussquerschnitt (Regelorgane und Schieber)		
Durchflussbeiwert (Regelorgane und Schieber)		
Definitionen/Erläuterungen		
in Anlehnung an ÖWAV Regeblatt 22 (2011a, Entwurf):		
Klasse 1 = Druckfreier Abfluss (Teilfüllung)		
Klasse 2 = Abfluss unter Druck, der WSP liegt nur unwesentlich über Rohrscheitel (Vollfüllung)		
Klasse 3 = Abfluss unter Druck, WSP liegt noch unter der Deckeloberkante		
Klasse 4 = Überstau, Wasser kann schadlos gespeichert oder abgeführt werden		
Klasse 5 = Überflutung, Wasser kann nicht mehr schadlos gespeichert oder abgeführt werden		

Anteil der Schächte mit Überstau

Die Kennzahl „Anteil der Schächte mit Überstau“ gibt den Anteil der Schächte mit Überstau- bzw. Überflutungsereignissen (aus einer hydrodynamischen Simulation) an der (untersuchten) Gesamtanzahl an Schächten an. Im ÖWAV Regelblatt 11 (2009) heißt es:

„Der Überflutungsvorgang auf der Oberfläche und der Überflutungsschutz bedürfen immer einer Beurteilung der örtlichen Gegebenheiten. Eine Überflutung wird nach DWA-A 118 stets mit einer auftretenden Schädigung bzw. einer Funktionsstörung (z.B. bei Unterführungen) in Verbindung gebracht. Der Austritt von Wasser aus dem Kanalsystem (durch Überstau) ist ohne nachfolgende Beeinträchtigung nach DWA-A 118 noch keine Überflutung.“

Zur Evaluierung des „Anteils der Schächte mit Überstau“ ist neben der Kenntnis der Gesamtanzahl der Schächte, die Anzahl der Schächte mit Überstau- bzw. Überflutungsereignissen (aus einer hydrodynamischen Simulation) zu kennen. Dabei ist die Definition, ab wann ein Überstau- bzw. Überflutungsereignis vorliegt, maßgeblich. Als Kriterium hierfür werden die in Entwurf befindlichen Kriterien der hydraulischen Zustandsklassen des ÖWAV Regelblatts 22 (2011a) (siehe Tabelle 34) empfohlen. Demnach sind Schächte mit hydraulischer Zustandsklasse 4 (Überstau) bzw. 5 (Überflutung) für die Evaluierung wesentlich, wobei für die praktische Anwendbarkeit nicht weiter zwischen Zustandsklassen 4 und 5 differenziert wird. Somit kann auf die aufwändige Überflutungsberechnung verzichtet werden.

Die Evaluierung der Kennzahl „Anteil der Schächte mit Überstau“ wird in Tabelle 36 zusammengefasst, hierfür ist „Hydraulische schachtbezogene Zustandsklassenverteilung“ zu kennen.

Tabelle 36: Kennzahlenevaluierung „Anteil der Schächte mit Überstau“

Kennzahl		
Anteil der Schächte mit Überstau in [%]		
Herkunft		
INFOSAN		
Ermittlung		
(Anzahl der Schächte mit Überstau / Gesamtanzahl der Schächte) x 100		
Input	Kürzel	Einheit
Anzahl Schächte mit Überstau	SHZ=4,5	[Stk]
Gesamtanzahl der Schächte	Sges	[Stk]
Definitionen/Erläuterungen		
Überstau = Zustandsklassen 4 und 5 (nach ÖWAV RB22 (2011a, Entwurf) "Hydraulische Zustandsklassenverteilung")		

Hydraulische freispiegelleitungsbezogene Zustandsklassenverteilung

Wie bereits in Kapitel 4.2.2.1.1 beschrieben, schlägt die DWA (2012) vor, den Zustand von Abwasserkanälen bei der Sanierungsplanung speziell unter den Aspekten Standsicherheit, Dichtheit und Betriebssicherheit zu betrachten. Durch eine differenzierte Zustandsklassifizierung lassen sich Sanierungsmaßnahmen und Sanierungsstrategien angemessen identifizieren. Im Sinne des (ganzheitlichen) integralen Kanalmanagements (ÖNORM EN 752, 2008) ist neben der baulichen, umweltrelevanten und



betrieblichen auch eine hydraulische Betrachtung notwendig. Neben der Betrachtung von Schächten, können auch Leitungen hinsichtlich ihrer Hydraulik im Detail betrachtet werden.

ISYBAU (OFD Niedersachsen, 2010) empfiehlt zum Nachweis der hydraulischen Leistungsfähigkeit von Leitungen einen „hydraulischen Auslastungsgrad“ (siehe auch Tabelle 9):

„Mit der hydraulischen Auslastung können Aussagen über die hydraulische Leistungsfähigkeit von Kanalnetzen getroffen werden. Die Berechnungen werden auf Grundlage

- *der hydrodynamischen Einzelsimulation oder*
- *des Zeitbeiwertverfahrens*

unter Verwendung von Modellregen durchgeführt. Aus dem Verhältnis von berechnetem Maximalabfluss zur stationären Vollfüllleistung wird für jede Haltung der hydraulische Auslastungsgrad wie folgt berechnet:

$$Q_{\max} / Q_{\text{voll}} * 100 = \text{Auslastungsgrad [\%]}$$

Entsprechend der hydraulischen Auslastung erfolgt - unabhängig vom Berechnungsverfahren - eine haltungsbezogene Zuordnung in festgelegte Auslastungsgradbereiche.“

Darin heißt es weiter:

„Ist der berechnete Maximalabfluss kleiner als der Vollfüllungsabfluss, wird das Abwasser i. d. R. im Freispiegelabfluss abgeleitet (Auslastungsgrad < 100 %). Ist der berechnete Maximalabfluss größer als der Vollfüllungsabfluss, fließt das Wasser i.d.R. im Druckabfluss ab.

Druckabfluss in einer Haltung kann zu Einstau oder Überstau in den oberhalb liegenden Schächten führen. Allein daraus ist nicht zwangsläufig eine Überlastung des Kanalnetzes abzuleiten. Das Kanalnetz gilt als hydraulisch funktionsfähig, wenn als Folge von Druckabfluss keine unzulässigen Überstauungen an den Schächten auftreten.“ (OFD Niedersachsen, 2010)

Auch MÖDERL et al. (2012) beschreiben den hydraulischen Zustand von Leitungen mit der „Hydraulischen Auslastung von Haltungen“ (siehe auch Tabelle 9). Die von MÖDERL et al. (2012) empfohlene Klasseneinteilung für die „Hydraulische Auslastung der Haltungen“:

- Klasse 1: Durchfluss bis zu 20 % von Vollfüllung
- Klasse 2: Durchfluss bis zu 40 % von Vollfüllung
- Klasse 3: Durchfluss bis zu 60 % von Vollfüllung
- Klasse 4: Durchfluss bis zu 80 % von Vollfüllung
- Klasse 5: Durchfluss bis zu 100 % von Vollfüllung
- Klasse 6: Durchfluss über 100 % von Vollfüllung

unterscheidet sich jedoch zu jener nach ISYBAU (OFD Niedersachsen, 2010). Als maßgebendes Kriterium kann der Übergang zwischen Freispiegel- (<100% Auslastung) und Druckabfluss (>100% Auslastung) erkannt werden. Wie auch in ISYBAU (OFD Niedersachsen, 2010) beschrieben, kann Druckabfluss zu Einstau oder Überstau in Schächten die oberhalb liegen führen. Druckabfluss bedingt jedoch nicht zwangsläufig eine Überlastung. *„Teilweise sind Abflüsse unter Druck gewünscht (Düker, [Anm.: oder Stauraumkanäle], etc.). Im Allgemeinen kann die hydraulische Auslastung [...] einen Überblick über potenzielle Schwachstellen des Systems geben.“ (SCHWARZ, 2012)*

Da wie beschrieben Druckabflüsse durchaus Teil eines angepassten Kanalmanagements sein können (Stauraumkanäle, Düker, etc.), wurde von den am Projekt teilnehmenden Kanalunternehmen vorgeschlagen, lediglich Leitungen, welche im Freispiegel entwässern, einer Beurteilung hinsichtlich der hydraulischen Auslastung zu unterziehen. Ansonsten könnten sich beispielsweise für Stauraumkanäle kritische Klassen ergeben, auch wenn diese voll funktionsfähig sind. Zur Klassifizierung haben sich die Projektpartner

einvernehmlich auf ähnliche Grenzkriterien, wie sie von MÖDERL et al. (2012) beschrieben werden, entschieden. Im Gegensatz zu den sechs Klassen wie sie von MÖDERL et al. (2012) vorgeschlagen werden, wurde jedoch eine fünfklassige Notenskala als am geeignetsten empfunden, unter anderem da sich diese am in Österreich üblichen Schulnotensystem orientiert. Zusätzlich verwenden die restlichen in diesem Projekt verwendeten Kennzahlen ebenfalls eine fünfstufige Einschätzung.

Für die Ermittlung der hydraulischen Auslastung von Freispiegelkanälen ist eine hydrodynamische Simulation erforderlich. Über die definierten Bewertungskriterien kann jeder Haltung eine Zustandsklasse zugeordnet werden.

Die Längen aller Haltungen für jede Auslastungsklasse werden im Verhältnis zur gesamten untersuchten Kanallänge gesetzt, woraus sich die „Hydraulische freispiegelleitungsbezogene Zustandsklassenverteilung“ im untersuchten Bereich ermitteln lässt.

Die „Hydraulische freispiegelleitungsbezogene Zustandsklassenverteilung“ dient in weiterer Folge als Eingangskriterium für die Kennzahl „Hydraulisch sanierungsbedürftige Freispiegelkanallänge“. Ohne Kenntnis der hydraulischen freispiegelleitungsbezogenen Zustandsklassenverteilung kann diese Kennzahl nicht evaluiert werden. Dieser Zusammenhang wird in Tabelle 14 dargestellt. Entsprechend Kapitel 3.3.2.1 und 3.3.2.2, ist die „Hydraulische freispiegelleitungsbezogene Zustandsklassenverteilung“ definitionsgemäß keine Kennzahl, sondern stellt als Eingangskriterium für die erwähnte Kennzahl eine Kontextinformation dar. Die Evaluierung wird in Tabelle 37 zusammengefasst.

Tabelle 37: Kennzahlenevaluierung „Hydraulische freispiegelleitungsbezogene Zustandsklassenverteilung“

Kennzahl			
Hydraulische freispiegelleitungsbezogene Zustandsklassenverteilung in [%]			
Herkunft			
Arbeitshilfen Abwasser (OFD Niedersachsen, 2010) bzw. Möderl et al. (2012)			
Ermittlung			
Anteil der Freispiegelkanäle je Auslastungsklasse			
Auslastung = (berechneter Maximalabfluss einer Haltung / Vollfüllungsleistung) x 100			
Modellierung notwendig (hydrodynamisch)			
Input	Kürzel	Einheit	
Gebietsdaten			
Fläche des Einzugsgebietes	AE	[ha]	
befestigte Fläche im Einzugsgebiet	AE,b	[ha]	
nicht befestigte Fläche im Einzugsgebiet	AE,nb	[ha]	
Gelände-/Flächenneigung	JG	[-] od. [%] od. [%0]	
Breite des Einzugsgebiets		[m]	
Art/Beschaffenheit der Fläche			
Anfangsverluste			
Dauerverluste			
Niederschlagsdaten			
Ganglinie der Regenintensität (Regenkontinuum, Starkregenereignisse, Modellregen, historische Regenereignisse)			
Abflusskonzentrationsprozess			
ungleichmäßige Einzugsgebietsform			
Kanalnetzdaten			
Kanaldurchmesser		[mm]	
Kanalgeometrie (Profil)			
Haltungslänge (ggf. unterteilt in Mischwasser-, Schmutzwasser- und Regenwasserkanal)		[m]	
Schachtdurchmesser bzw. -geometrie inkl. Zulauf- und Ablaufgeometrie			
Geländehöhen an den Schächten		[m H.ü.A.]	
Sohlhöhen der Knoten und Haltungen		[m H. ü. A.]	
Rauigkeitsbeiwert bzw. Wandungsmaterialien			
Abflussdaten			
Trockenwetterabfluss	QTW	[l/s]	
Sonderbauwerke			
Geometrie der Speicherbauwerke inkl. Zulauf-, Ablauf- und Überlaufgeometrie			
Geometrie von Wehren (insbesondere Ausbildung der Wehrkrone)			
Geometrie des Pumpensumpfes bei Pumpwerken			
Pumpenkennlinien			
Ein- und Ausschaltzeiten bzw. Ein- und Ausschaltpunkte von Pumpen			
Schieberausgangs- und Schieberendstellung			
Durchflussquerschnitt (Regelorgane und Schieber)			
Durchflussbeiwert (Regelorgane und Schieber)			
Definitionen/Erläuterungen			
Klasse 1 = 0 - 25% Auslastung			
Klasse 2 = 25 - 50% Auslastung			
Klasse 3 = 50 - 75% Auslastung			
Klasse 4 = 75 - 100% Auslastung			
Klasse 5 = >100% Auslastung			

Hydraulisch sanierungsbedürftige Freispiegelkanallänge

Da wie bereits beschrieben Druckabflüsse durchaus Teil eines angepassten Kanalmanagements sein können (Stauraumkanäle, Düker, etc.), wurde von den am Projekt teilnehmenden Kanalunternehmen vorgeschlagen, lediglich Leitungen, welche im Freispiegel entwässern, einer Beurteilung hinsichtlich der hydraulischen Auslastung zu unterziehen. Ansonsten könnten sich beispielsweise für Stauraumkanäle kritische Klassen ergeben, auch wenn diese voll funktionsfähig sind.

Die Kennzahl „Hydraulisch sanierungsbedürftige Freispiegelkanallänge“ gibt den Anteil der aus hydraulischer Sicht sanierungsbedürftigen Freispiegelkanallänge an der (untersuchten) Gesamtfreispiegelkanalnetzlänge an. Zur Evaluierung ist neben der Kenntnis der Gesamtlänge der Freispiegelkanäle, der sanierungsbedürftige Anteil aus hydraulischer Sicht zu kennen. Dabei ist die Definition des hydraulisch sanierungsbedürftigen Anteils von Freispiegelleitungen maßgeblich. Das empfohlene Kriterium stellen Zustandsklassen (in diesem Fall die „Hydraulische freispiegelleitungsbezogene Zustandsklassenverteilung“) dar. Demnach sind Haltungen mit einer hydraulischen Zustandsklasse für Freispiegelleitungen, welche schlechter als ein definiertes Grenzkriterium sind, als „hydraulisch sanierungsbedürftig“ zu erachten. Die Projektpartner haben in Anlehnung an MÖDERL et al. (2012) eine fünfstufige Klassifizierung definiert:

- Klasse 1: Durchfluss bis zu 25 % von Vollfüllung
- Klasse 2: Durchfluss bis zu 50 % von Vollfüllung
- Klasse 3: Durchfluss bis zu 75 % von Vollfüllung
- Klasse 4: Durchfluss bis zu 100 % von Vollfüllung
- Klasse 5: Durchfluss über 100 % von Vollfüllung

Freispiegelleitungen mit einer Auslastung größer 100 Prozent (= Überlastung) können in weiterer Folge zu Überstau- oder Überflutungsereignissen führen und geben Rückschluss auf einen potentiellen Sanierungsbedarf. Das sind alle Freispiegelhaltungen mit der Zustandsklasse 5 hinsichtlich der hydraulischen Auslastung. Die für die Evaluierung der Kennzahl erforderliche „Länge der hydraulisch sanierungsbedürftigen Freispiegelkanäle“ ist die Summe aller Haltungsängen (im untersuchten (Teil-) Gebiet) für welche dieses Kriterium gilt.

Die hier angeführten Definitionen (Kriterium ab welcher Zustandsklasse „Sanierungsbedarf“ gegeben ist, etc.) stellen im Projekt entwickelte Empfehlungen dar. Durch Variation der Kriterien kann auf einfache Weise eine Anpassung an individuelle Bedürfnisse erfolgen. Eine individuelle Definition des „Sanierungsbedarfs“ kann jederzeit erfolgen.

In SCHWARZ (2012) wird eine kombinierte Anwendung der Kennzahlen „Anteil der Schächte mit Überstau“ und „Hydraulisch sanierungsbedürftige Freispiegelkanallänge“ empfohlen. Hydraulische Überlastungen von Schächten (Überstau, Überflutung) und hydraulische Überlastungen von Leitungen (Vollfüllung bzw. Druckabfluss) stehen in unmittelbarem Zusammenhang zueinander

Die Evaluierung der Kennzahl „Hydraulisch sanierungsbedürftige Freispiegelkanallänge“ wird in Tabelle 38 zusammengefasst, hierfür ist „Hydraulische freispiegelleitungsbezogene Zustandsklassenverteilung“ zu kennen.

Tabelle 38: Kennzahlenevaluierung „Hydraulische sanierungsbedürftige Freispiegelkanallänge“

Kennzahl		
Hydraulisch sanierungsbedürftige Freispiegelkanallänge in [%]		
Herkunft		
INFOSAN		
Ermittlung		
$(\Sigma \text{Länge der hydraulisch sanierungsbedürftigen Freispiegelkanäle} / \text{Gesamtfreispiegelkanalnetzlänge}) \times 100$		
Input	Kürzel	Einheit
Länge hydraulisch sanierungsbedürftiger Freispiegelkanäle	LHZ=5	[km]
Gesamtfreispiegelkanalnetzlänge		[km]
Definitionen/Erläuterungen		
sanierungsbedürftig = Hydraulische Auslastung >100% (Klasse 5 "Hydraulischer Auslastungsgrad der Freispiegelkanäle")		

4.3 Risikoanalysen

4.3.1 Gefährdungen und unerwünschte Ereignisse in Hinblick auf Funktionalanforderungen - Gefahrenkatalog

In Kapitel 3.1.1 bzw. 4.1.2 werden die im INFOSAN als maßgeblich definierten Funktionalanforderungen beschrieben. Darauf aufbauend wurden Gefahren definiert, die negativ auf die Einhaltung von Funktionalanforderungen gemäß ÖNORM EN 752 (2008) wirken. Es wurden die wesentlichen baulichen, hydraulischen, umweltrelevanten und betrieblichen (Schadens-) Zustände in die Definition der Gefahren einbezogen.

Tabelle 39 fasst in einem Gefahrenkatalog ausgewählte Gefahren sowie daraus resultierende unerwünschte Ereignisse, welche für die beschriebenen Ereignisse bzw. Fehler zu einer Leistungsreduzierung in Bezug auf Funktionalanforderungen führen können, zusammen. Die Bezeichnung FRI steht, wie bereits erwähnt, für Failure Risk Index, welcher gleichbedeutend mit dem Begriff Risikoprioritätszahl ist. Ebenso sind hier zusätzlich Hinweise zur Berücksichtigung der Entdeckenswahrscheinlichkeit gegeben. Damit kann gezeigt werden, dass bei Einbeziehung der Inspektionsqualität und -quantität für die den jeweiligen Zustand betreffenden Gefährdungen eine Beurteilung der Entdeckenswahrscheinlichkeit möglich ist.

Tabelle 39:

Gefahrenkatalog - Ausgewählte Gefahren / unerwünschte Ereignisse als Basis für risikoorientierte Inspektions- und Sanierungsplanungen

Gefährdung resultierend aus Mangel baulicher, betrieblicher, umweltrelevanter und hydraulischer Leistungsfähigkeit	unerwünschtes Ereignis (Fehler)	Funktionalanforderung	Eingangsdaten FRI (Wahrscheinlichkeit)	Eingangsdaten FRI (Ausmaß)	Eingangsdaten FRI (Entdecken)
NS Ereignis (Richtwerte gemäß RB 11)	Überflutung	Überflutung	Überstau Berechnung gemäß RB 11 bzw. Überstauhaufigkeiten	Schadenspotentialanalyse (Geländemodell, Gebäudenutzung, Bauart); Verschmutzungsgrad,...	Qualität Simulation (Eingangsdaten Regen, Gelände, Modellw anl...)
baulicher Schaden (z.B. Riss)	Exfiltration	Grundwassererschütz	Rissführung, Rissbreite, Risslage (z.B. 16:00-20:00) GW Stand, Bodenart	Bodenart, GW Modell, GW Abstand, Verschmutzung (MW, SW, RW)	letzte Inspektion
bauliche Schäden Hauskanal	Exfiltration	Grundwassererschütz	Schadensart,	Bodenart, GW Modell, GW Abstand	Inspektion Hauskanal ja/Nein
Überflutung	Versickerung Mischwasser, Schmutzwasser	Grundwassererschütz	Ergebnis 1,1; 1,3; 1,4	Bodenart, GW Modell, GW Abstand	
Vernachlässigung Unterhalt	baulicher Schaden	Baulicher Zustand und Nutzungsdauer	Lage des Schadens, Kanalprofil, Rohrmaterial (Alter) bzw. Vor (Klassifizierung) Zustand, angrenzender unliegender Boden, Straßenaufbau	Schadensbehebungs-kosten	Inspektion ja/nein - Zeitpunkt letzte Inspektion
Bildung von Gasen und aggressiven Stoffe durch Planungsfehler (Gefälle)	Materialalterung	Baulicher Zustand und Nutzungsdauer	Schleppspannungsnachweis, Räumungsintervall, Beschwerden	Materialart, Spülaufw and	Inspektion ja/nein; Zeitpunkt letzte Inspektion, Räumungsintervall
baulicher Mangel - Verwurzelung	Hindernis	Aufrechterhaltung des Abflusses	Verbindungsart, Bepflanzung, vorangegangene Verwurzelung bekannt	Vulnerabilität, Schadenspotentialanalyse (Geländemodell, Gebäudenutzung, Bauart); Verschmutzung (SW, MW, RW)	Inspektion ja/nein; Zeitpunkt letzte Inspektion
Einsturz	Hindernis	Aufrechterhaltung des Abflusses	Mangel aus Inspektion bekannt (Schadensbild), Materialart (gemauert, Beton...)	Vulnerabilität, Schadenspotentialanalyse (Geländemodell, Gebäudenutzung, Bauart); Verschmutzung (SW, MW, RW)	Inspektion ja/nein; Zeitpunkt letzte Inspektion ja/nein; Zeitpunkt letzte Inspektion ja/nein; Zeitpunkt letzte Inspektion
Vernachlässigung Unterhalt	Verstopfung	Aufrechterhaltung des Abflusses	Betriebshandbücher	Vulnerabilität, Schadenspotentialanalyse (Geländemodell, Gebäudenutzung, Bauart); Verschmutzung (SW, MW, RW)	interne Qualitätskontrolle
baulicher Mangel	Einsturz	Gefährdung von Angrenzenden Bauten sowie Ver- und Entsorgungseinrichtungen	Lage des Schadens, Kanalprofil, Rohrmaterial (Alter) bzw. Vor (Klassifizierung) Zustand, angrenzender unliegender Boden, Straßenaufbau	Verkehrsaufkommen, betroffener Fahstreifen, Lage Versorgungsnetze, Überbauung, Zugänglichkeit	Inspektion ja/nein - Zeitpunkt letzte Inspektion ja/nein - Zeitpunkt letzte Inspektion
Planungsfehler	erhöhter Betriebsaufw and	Minimierung Betriebsaufw and	Messungen Kanalaräumung, Intervall Kanalaräumung, Gefälle - Profil-Abfluss,....	erhöhter Turnus Räumung, Kosten,	Inspektion ja/nein - Zeitpunkt letzte Inspektion; Zeitpunkt letzte Reinigung, Kundenbeschwerden
Planungsfehler	erhöhter Betriebsaufw and	Ablagerungen und deren Austrag	Messungen Kanalaräumung, Intervall Kanalaräumung, Gefälle - Profil-Abfluss,....	erhöhter Turnus Räumung, Kosten	Inspektion ja/nein - Zeitpunkt letzte Inspektion; Zeitpunkt letzte Reinigung, Kundenbeschwerden

Gefahren und daraus resultierende unerwünschten Ereignisse wurden in weiterer Folge graphisch strukturiert, um die Interaktion der Ereignisse bzw. die Fehlerfolge einbeziehen zu können (Abbildung 9). Die Funktionalanforderungen bilden in dieser graphischen Struktur die erste Ebene. Über die Funktionalanforderung gelangt man zur zweiten Ebene den sogenannten „unerwünschten Ereignissen“. Davon ausgehend werden in 2 weiteren Verzweigungen die Randbedingungen, die die Wahrscheinlichkeit des Ereignisauftrittes beeinflussen sowie jene, die die Ereigniskonsequenz beschreibbar machen, dargestellt. Abbildung 9 beschränkt sich auf die ersten beiden Ebenen, die Funktionalanforderung (blau hinterlegt) und das „unerwünschte Ereignis“ (hellblau hinterlegt).

Abbildung 10 bis Abbildung 15 zeigen die sechs Funktionalanforderungen und die auf sie negativ wirkenden „unerwünschten Ereignisse“, im Detail.

Die dargestellten Pfade erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit sondern sollen einen Überblick über Zusammenhänge der im Projekt entwickelten Risikoanalyse geben.

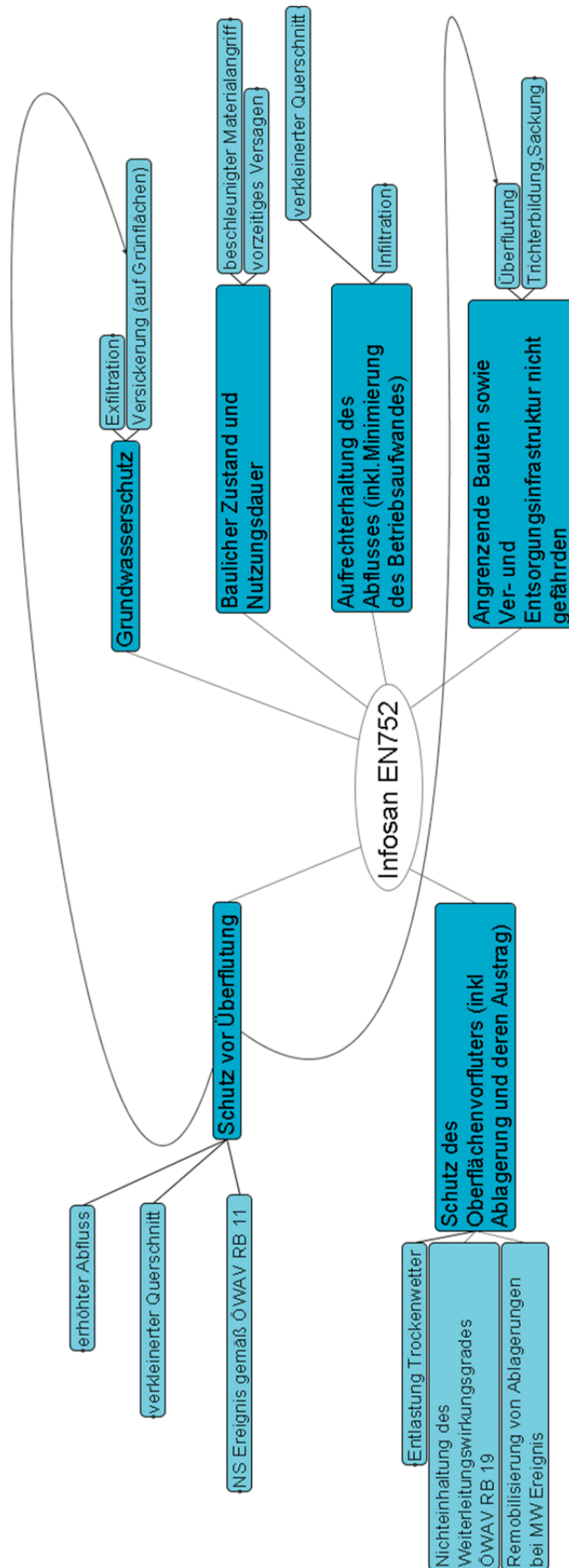


Abbildung 9: Fehlerfolgekarte unerwünschte Ereignisse betreffend der Leistungsfähigkeit/Funktionalanforderungen von Kanalisationen.

Schutz vor Überflutung

Abbildung 10 zeigt die Funktionalanforderung „Schutz vor Überflutung“. Überflutung kann durch Niederschlagsereignisse hervorgerufen werden, die die Bemessungsereignisse übersteigen. Dabei sind die nach ÖWAV RB 11 festgelegten Wiederkehrhäufigkeiten für Überstau einzuhalten. Ein zusätzliches Überflutungsrisiko kann jedoch durch Schäden in den Haltungen auftreten, wenn beispielsweise durch eine Verkleinerung des Querschnitts einer Haltung oder im Extremfall durch einen Haltungseinsturz die Abflussleistungsfähigkeit gemindert wird.

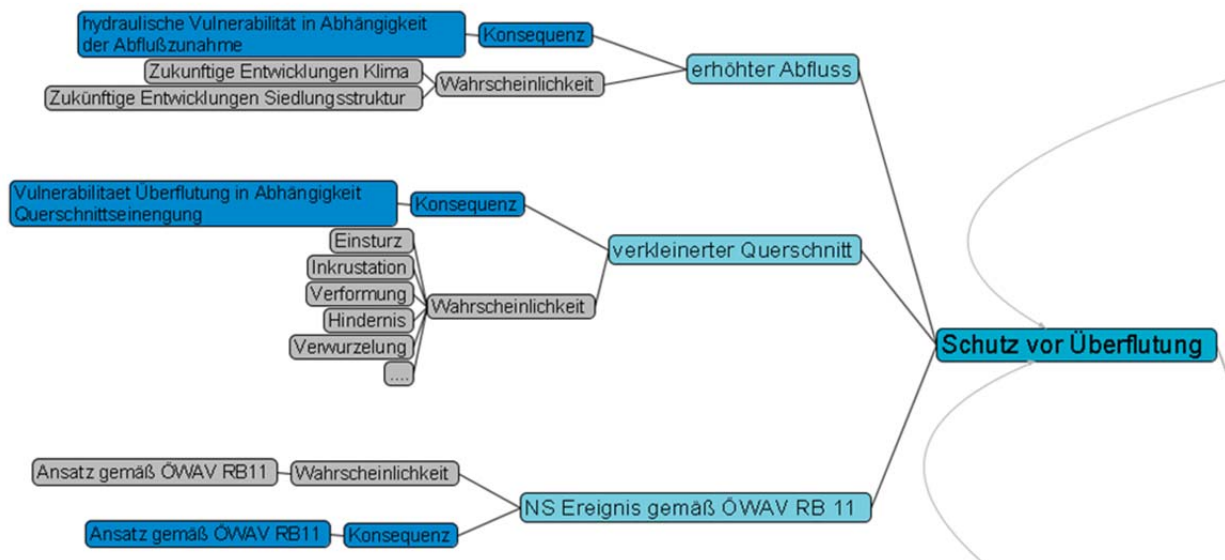


Abbildung 10: FA „Schutz vor Überflutung“

Grundwasserschutz

Abbildung 11 zeigt die unerwünschten Ereignisse, die ein Risiko für die Nichteinhaltung der Funktionalanforderung „Grundwasserschutz“ darstellen. Dazu zählt die Exfiltration, die Versickerung von Mischwasser auf Grünflächen sowie die Mischwasserentlastung.

Das unerwünschte Ereignis „Versickerung“ auf Grünflächen“ stellte eine Fehlerfolge resultierend aus der Überflutung dar.



Abbildung 11: FA „Grundwasserschutz“

Schutz des Oberflächenvorfluters

Abbildung 12 zeigt die negativen Wirkungen auf die FA „Schutz des Oberflächenvorfluters“.

Gemäß geltenden Regelwerken ist für Mischwassersysteme ein Mindestwirkungsgrad der Weiterleitung für gelöste und abfiltrierbare Stoffe einzuhalten. Dieser Wirkungsgrad bezieht sich auf jenen Anteil des Niederschlagsabflusses, der an der Kläranlage behandelt wird.

Zusätzliche Belastungen für den Vorfluter können auftreten, wenn nach einer längeren Trockenwetterperiode im Kanal abgelagerte Schmutzstoffe remobilisiert und entlastet werden. Als Gefährdungen sind vor allem betriebliche Probleme angeführt, aber auch Planungsfehler können zu vermehrten Ablagerungen und der daraus resultierenden Gefahr der Remobilisierung und des Austrags der Ablagerungen in Oberflächengewässer führen. Die Nachweisführung (Schmutzfrachtmodellierung) der Konsequenzen dieser betrieblichen Probleme ist nach wie vor Gegenstand der wissenschaftlichen Bearbeitung.

Eine weitere Gefährdung besteht im Extremfall in der Entlastung von reinem Trockenwetterabfluss (beispielsweise im Falle einer Verstopfung oder eines Haltungseinsturzes).

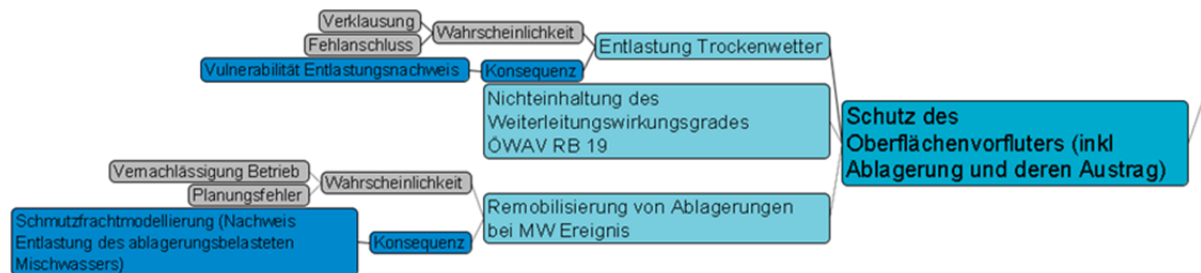


Abbildung 12: FA „Schutz des Oberflächenvorfluters“

Baulicher Zustand und Nutzungsdauer

Die wesentlichen Gefährdungen für die Verschlechterung des baulichen Zustandes z. B. infolge eines beschleunigten Materialangriffes und die daraus resultierende Verminderung der Nutzungsdauer sind in Abbildung 13 angeführt. Hervorzuheben ist unter anderem die Abwasserzusammensetzung (beispielsweise erhöhte Schwefelwasserstoffbildung) in Kombination mit ungeeigneten Rohrwerkstoffen. Darüber hinaus können steigende oder vermehrte mechanische Belastungen, z. B. durch steigendes Schwerverkehrsaufkommen, Grabungstätigkeiten anderer Infrastrukturbetreiber ein vorzeitiges Versagen (auftreten standsicherheitsgefährdender Zustände) bewirken. Konsequenzseitig ist vor allem die wirtschaftliche Konsequenz zu bewerten, die verkürzte Nutzungsdauer führt zu erhöhten Lebenszykluskosten des betroffenen Abschnittes.

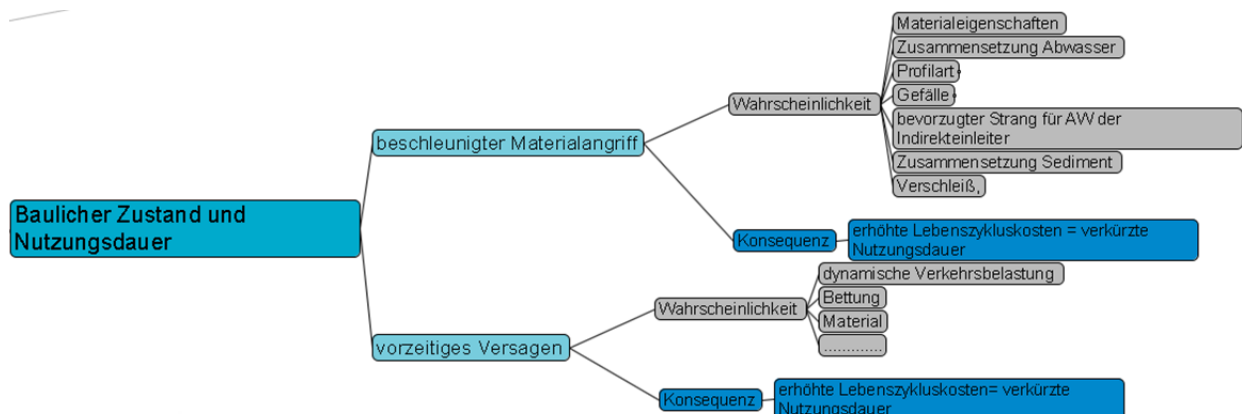


Abbildung 13: FA „Baulicher Zustand und Nutzungsdauer“

Aufrechterhaltung des Abflusses

Die Aufrechterhaltung des Abflusses ist, wie bereits bei der Überflutungsgefährdung beschrieben, durch Querschnittsverengung infolge von Hindernissen, Einstürzen, Verformungen, etc. gegeben. Infiltrationen wurden hier ebenfalls zugeordnet. Die Wahrscheinlichkeit von Infiltrationen wird durch Zustände wie Risse, Versatz, Scherben, etc. beeinflusst. Die Konsequenz bzw. das Ausmaß der Infiltration hängt zum einen von der Lage zum Grundwasser bzw., zum Grundwasserschwankungsbereich ab, darüber hinaus kann auch eine niederschlagsbedingte Infiltration eine maßgebliche Ursache für Schmutzwasserüberflutungen darstellen.

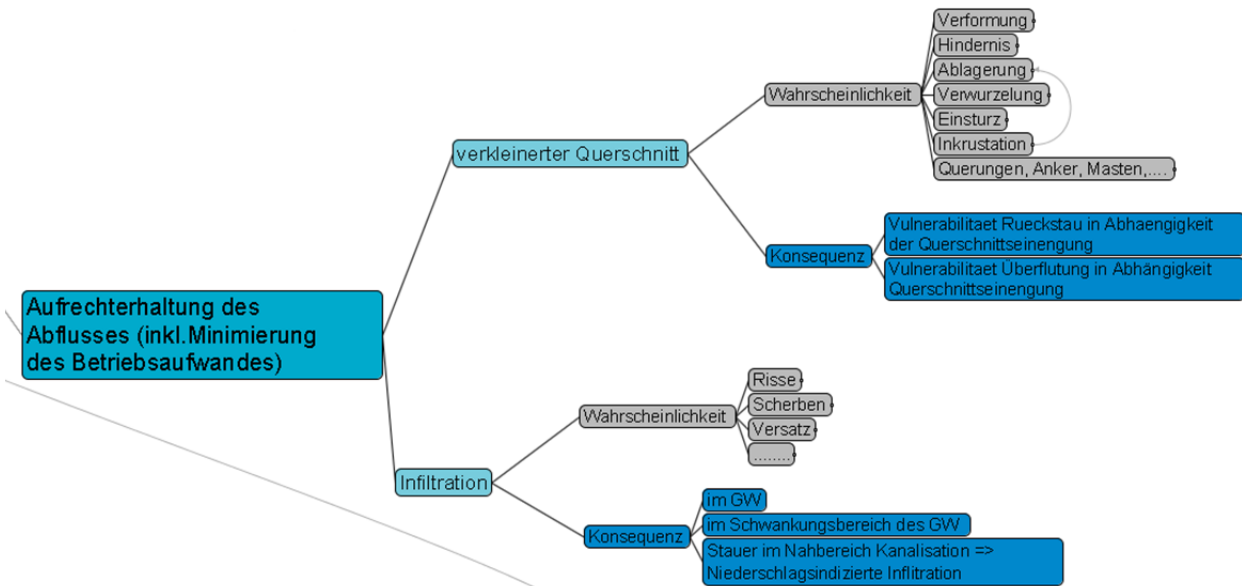


Abbildung 14: FA „Aufrechterhaltung des Abflusses“

Angrenzende Bauten sowie Ver- und Entsorgungseinrichtungen nicht gefährden

Abbildung 15 zeigt negative Auswirkungen auf die FA „Schutz von angrenzenden Bauten und von Ver- und Entsorgungseinrichtungen“. Eine derartige Gefährdung besteht im Zusammenhang mit Sackungen und Trichterbildungen (z. B. infolge eines Haltungseinsturzes), kann aber auch durch Überflutungen hervorgerufen werden (vgl. Abbildung 10), welche ein Fehlerfolgeereignis darstellt. Direkt gefährdend sind vor allem bauliche Mängel die zu Einstürzen und daraus resultierenden Sackungen führen können. Für Sackungen sind vielfach Wechselwirkungen zwischen schadhafte Trinkwasserleitungen und dem Abtransport von dabei ausgespültem Bodenmaterial in undichten Kanälen verantwortlich. Eine integrierte Bewertung des Zustandes der unterirdischen Infrastrukturen erscheint in diesem Kontext als sinnvoll. Die Konsequenzen der Einstürze sind stark abhängig von der Lage des Kanals zu gefährdeten Bauten und der Wichtigkeit dieser Bauten.

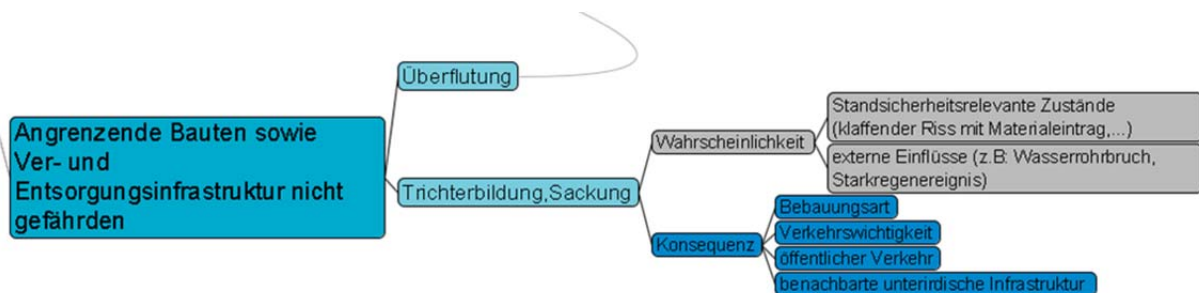


Abbildung 15: FA „Angrenzende Bauten sowie Ver- und Entsorgungseinrichtungen nicht gefährden“



Um die Risikobewertung auf die wesentlichen Risiken einzugrenzen, wurde in weiterer Folge abgeklärt, welche unerwünschten Ereignisse aus Sicht der Praxis die höchste Priorität haben.

Bei der Besprechung der Fehlerfolgekarte (Abbildung 9) im Zuge der Projektarbeit wurden durch die Vertreter der Kanalunternehmen (unter Verwendung des Schulnotensystems) aus 13 unerwünschten Ereignissen folgende fünf als die aus ihrer Sicht wichtigsten eingestuft:

- verkleinerter Querschnitt
- Exfiltration
- beschleunigter Materialangriff
- Trichterbildung, Sackung
- Überstau bei NS Ereignis gem. ÖWAV RB 11

4.3.2 Beispiel Risikokomponenten bei verkleinertem Querschnitt

Im Folgenden wird exemplarisch auf das unerwünschte Ereignis verkleinerte Querschnitt und die für eine Risikoanalyse erforderlichen Informationen und Modellansätze eingegangen. Der verkleinerte Querschnitt ist sowohl für die Funktionalanforderung „Aufrechterhaltung des Abflusses“ als auch für die Funktionalanforderung „Schutz vor Überflutung“ von Relevanz. Die Eingangsdaten für die Berechnung unterscheiden sich nur im Bereich des Ansatzes bei der hydraulischen Vulnerabilitätsanalyse. Hier wird zwischen Trockenwetter und Regenwetterereignissen unterschieden.

Abbildung 16 zeigt, welche Schadensbilder zu einem verkleinerten Querschnitt führen können sowie der zur Ableitung dieser Schadensbilder erforderlichen Informationsgrundlage. Die Wahrscheinlichkeit des Auftretens dieser Schadensbilder kann bei kürzlich durchgeführter Inspektion direkt aus den Inspektionsdaten abgeleitet werden. Liegt die Inspektion länger zurück bzw. wurde das Kanalnetz noch nicht vollständig inspiziert sind statistische Analysen erforderlich, um die Auftrittswahrscheinlichkeit bestimmter Schadensbilder zu berechnen. Eine Teilinspektion im Kanalsystem an einer repräsentativen Stichprobe ist hierfür in jedem Fall erforderlich. Die Abkürzung LRA in Abbildung 16 steht für die Ermittlung der Auftrittswahrscheinlichkeit mittels logistischer Regressionsanalyse. Diese wird in Kapitel 4.3.3.2 im Detail beschrieben.

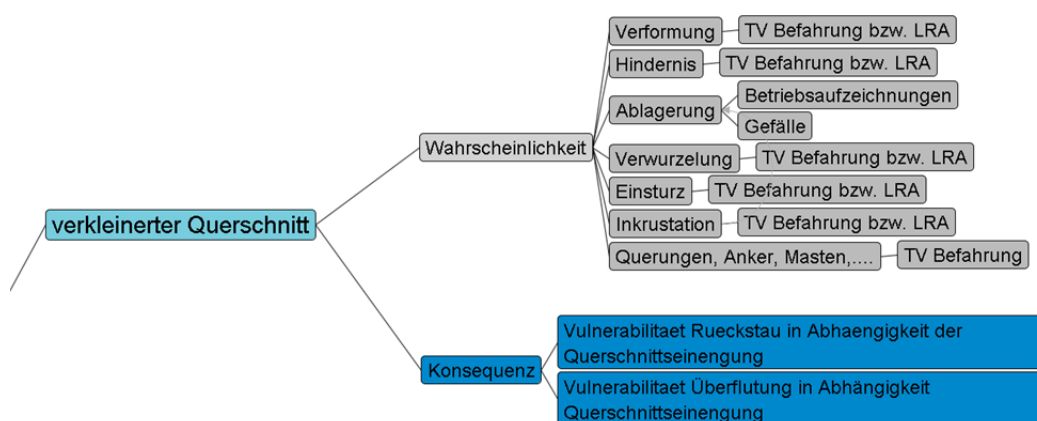


Abbildung 16: Datenanforderung und Modellansätze zur Beurteilung des Risikos ausgehend von einem verkleinerten Querschnitt. Betroffene Funktionalanforderungen gemäß Abbildung 9 sind FA „Aufrechterhaltung des Abflusses“ sowie „Schutz vor Überflutung“

Die Konsequenzenanalyse infolge verkleinertem Querschnitt mittels lokaler Sensitivitätsanalysen wird in Kapitel 4.3.4 beschrieben.

Kapitel 4.6.1 beschreibt ergänzend eine Fallstudie zur Risikoanalyse betreffend der Gefährdung „Versagen der Standsicherheit“ und der daraus ableitbaren Fehlerfolge „verkleinerter Querschnitt“ sowie „Trichterbildung, Sackung“.

4.3.3 Ermittlung der Wahrscheinlichkeit von unerwünschten Ereignissen

Um Risikoanalysen für die in Kapitel **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** beschriebenen unerwünschten Ereignisse durchführen zu können, sind, wie erwähnt, die Auftrittswahrscheinlichkeit und die Ereigniskonsequenzen zu beurteilen.

Im Folgenden wird auf die Bewertung der Ereigniseintrittswahrscheinlichkeit unerwünschter Ereignisse bei bereits inspizierten Kanälen eingegangen. Diese kann bei einer Klassifizierung bzw. Beurteilung nach ISYBAU (OFD Niedersachsen, 2010) basierend auf der Schutzzielbewertung erfolgen (siehe Kapitel 4.3.3.1). Für die Beurteilung der Auftrittswahrscheinlichkeit sind vorwiegend Mängel, die im Zuge von TV-Inspektionen erfasst werden, von Interesse. Zusätzlich werden Analysemethoden beschrieben, die es erlauben, Ursachen für bestimmte Mängel (in der Folge als Schadensbilder bezeichnet) abzuleiten, wodurch Prognosen für das Eintreten solcher Schadensbilder ermöglicht werden.

4.3.3.1 Bewertung der Ereigniseintrittswahrscheinlichkeit bei vorhandener Zustandserfassung

Gemäß dem Stand der Technik orientiert sich die Klassifizierung bzw. Beurteilung von Kanalzuständen sowohl in der DWA M 149-3 (2007) als auch in den ISYBAU - Arbeitshilfen Abwasser (OFD Niedersachsen, 2010) an Schutzzielen, die von einer funktionsfähigen Kanalisation zu erfüllen sind (siehe auch Kapitel 3.3.1). Die Klassifizierung der erfassten Zustände erfolgt daher in Abhängigkeit von der Schadensart und dem Ausmaß jeweils für die 3 Schutzziele

- Standsicherheit,
- Dichtigkeit und
- Betriebssicherheit.

Tabelle 40 zeigt am Beispiel der Rissbildung wie diese Klassifizierung bzw. Beurteilung erfolgt. Folgt man z. B. der ISYBAU (OFD Niedersachsen, 2010) so ergeben sich als Zwischenergebnis der Zustandsklassifizierung für alle Einzelzustände Einzelschadensklassen für die Betriebssicherheit (B), die Standsicherheit (S) und die Dichtheit (D).

Tabelle 40: Auszug Haltungszustand Rissbildung aus Anhang A-3.1 der Arbeitshilfen Abwasser (ISYBAU) (OFD Niedersachsen, 2010)

Tab. A-3 - 13 BAB – Rissbildung

Hauptkode	Charakterisierungen		Schutzziele			Einheit	Einzelschadensklassen				
	Ch1	Ch2	D	S	B		Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3	Klasse 4	Klasse 5
BAB	A	A,B, C,D	+			mm ⁽¹⁾	pauschal				
BAB	A	A,B, C,D		+		mm ⁽¹⁾	pauschal				
BAB	B	A,B, C,D	+			mm ⁽¹⁾			pauschal		
BAB	B,C	A,C, D		+		mm ⁽¹⁾	$x < 0,5$	$0,5 \leq x < 2$	$2 \leq x < 5$	$5 \leq x < 10$	$x \geq 10$
BAB	B,C	B		+		mm ⁽¹⁾	pauschal				
BAB	C	A,B, C,D	+			mm ⁽¹⁾				pauschal	

⁽¹⁾ Breite des Risses in mm



Auf Basis dieser Einzelschadensklassen können daher für die Risikobewertung gezielt Zustände nach Relevanz in Hinblick auf die zu untersuchenden Gefährdungen gefiltert werden. Für die im Fokus der INFOSAN Risikoanalyse stehenden Ereignisse „verminderter Querschnitt“ und „Trichterbildung/Sackung“, hervorgerufen durch Einstürze, sind daher vor allem standsicherheitsgefährdende Zustände von Interesse. Für bereits inspizierte Haltungen kann die Einzelschadensklassifizierung nach ISYBAU (OFD Niedersachsen, 2010) (siehe Bsp. Tabelle 40) dabei direkt für eine Risikoanalyse gemäß FRI Ansatz verwendet werden. Dazu werden die Risikokomponentenklassen der Eintrittswahrscheinlichkeit entsprechend der Einzelschadensklassen der Schutzziele (z.B. Standsicherheit) zugeordnet.

Tabelle 41 zeigt exemplarisch die Klassifizierung nach Schutzzielen basierend auf Befahrungsdaten eines INFOSAN Betreibers, die zwar nach ATV M 143-2 (1999) erfasst jedoch anschließend gemäß DWA-M 152 (2009) auf ÖNORM EN 13508-2/A1 (2010) Kürzel umcodiert wurden (siehe auch Kapitel 4.6.2.1.3). Eine Zuordnung entsprechend ISYBAU (OFD Niedersachsen, 2010) erfolgte im Zuge des INFOSAN Projektes.

Tabelle 41: Auszug Klassifizierung von Einzelzuständen (Codiert nach EN 13508 -2/A1 (2010)) nach Schutzzielen (D...Dichtheit, S...Standsicherheit, B...Betriebssicherheit) gefiltert nach $S \geq 3$

HaltungNr	ATV Schadenskürzel	EN Kode 1	EN Kode 2	D	S	B
43330028	SNBR	BAH	BAO	2-3,4	4	
43330027	UCEL	BBFA	BBFC	4	3	2
43330027	SNBL	BAH	BAO	2-3,4	4	
43330055	BWBR	BACB	BAO	4	4	
34330024	SNBR	BAH	BAO	2-3,4	4	
34330023	SUBR	BAO		4	4	
34330023	SNBL	BAH	BAO	2-3,4	4	
34330022	BW-R	BACB		4	3	
43310039	UCEU	BBFA	BBFC	4	3	2
43310039	UCEU	BBFA	BBFC	4	3	2
43310062	BWBU	BACB	BAO	4	4	
43310062	SNBR	BAH	BAO	2-3,4	4	
43310061	BW-U	BACB		4	3	
43310061	SNBL	BAH	BAO	2-3,4	4	
43310061	SNBR	BAH	BAO	2-3,4	4	
43310061	BW-U	BACB		4	3	
43310061	SNBR	BAH	BAO	2-3,4	4	
43310060	SNBR	BAH	BAO	2-3,4	4	
43310060	BW-U	BACB		4	3	
43310060	BWBU	BACB	BAO	4	4	

Eine Zuordnung der Zustände auf die Haltungen erfolgt gemäß ISYBAU (OFD Niedersachsen, 2010) über die höchste Einzelzustandsklasse einer Haltung. Die Vorgangsweise wird auch in Kapitel 4.6.2.1.1 beschrieben.

Abbildung 17 zeigt eine Zustandskarte bezogen auf Standsicherheitsgefährdende Zustände eines in den Jahren 2008/2009 inspizierten Teilnetzes eines INFOSAN Betreibers.

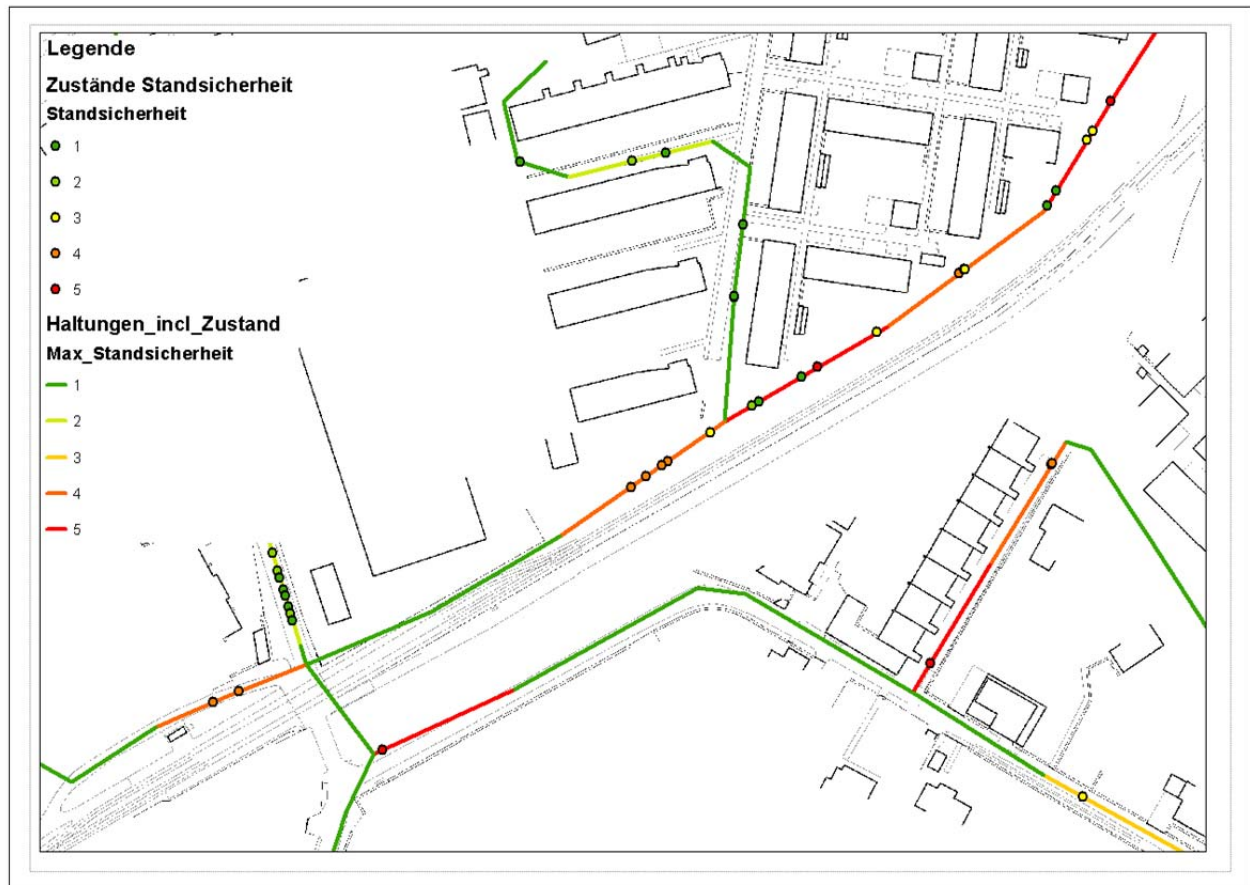


Abbildung 17: Zuordnung der höchsten Einzelzustandsklasse hinsichtlich Standsicherheit auf die Haltungen im Teilnetz eines INFOSAN Betreibers als Basis für die Risikoanalyse in TV inspizierten Gebieten.

4.3.3.2 Quantifizierung der Ereigniseintrittswahrscheinlichkeit von schutzzielgefährdenden Zuständen für nicht inspizierte Haltungen

In FUCHS-HANUSCH et al. (2012a) wird die Anwendung einer binär logistischen Regressionsanalyse (BLRA) zur Ableitung der Einflussvariablen auf standsicherheitsrelevante Zustände vorgestellt, wobei die Regressionsanalyse zur Quantifizierung der Ereigniseintrittswahrscheinlichkeit in eine Risikoanalyse eingebunden wurde. Dieser Ansatz wurde im Zuge des INFOSAN Projektes entwickelt und wird im Folgenden beschrieben.

Für die Quantifizierung der Ereigniseintrittswahrscheinlichkeit in der Risikoanalyse ist die Berechnung der Wahrscheinlichkeit, dass sich eine Haltung in einem bestimmten Zustand befindet sowie welche Rahmenbedingungen dafür verantwortlich sind, von Interesse. Wie in Kapitel 3.4.3.2 beschrieben, kommt in INFOSAN die binär logistische Regressionsanalyse zur Anwendung, da die Datenlage eine multinominale Schätzungen, d. h. die Schätzung der Wahrscheinlichkeit, dass sich eine Haltung in einer bestimmten Zustandsklasse befindet, nicht erlaubt. Für die binäre Auswertung sind die einzubeziehenden Zustandsinformationen in die Kategorien $Y=0$ (Haltung weist keinen relevanten Zustand auf) oder $Y = 1$ (Haltung weist einen relevanten Zustand auf) einzuteilen.

Aus der Tatsache, dass die mittels TV Inspektion erfassten Zustände numerisch klassifiziert sind (z.B. 1 bis 5 bei Klassifizierung nach ISYBAU (OFD Niedersachsen, 2010)) leitet sich zur Anwendung der binär logistischen Regressionsanalyse die Forderung ab diese Klassifizierung in die binären Variablen (0/1) zu überführen.



Bei einer nach ISYBAU (OFD Niedersachsen, 2010) klassifizierten Datenbasis wurde die Entscheidung getroffen, Zustände der Klassifikationsstufe 3 noch der Variablen $y = 1$ zuzuordnen. Die Zustände der Klassen 1 und 2 werden als nicht standsicherheitsrelevante Zustände definiert und somit der Variablen $y = 0$ zugeordnet.

Tabelle 42: Aufbereitung in Hinblick auf eine binär logistische Regressionsanalyse durch Zuordnung der Standsicherheitsklassifizierung in die binären Variablen (0/1).

UDatum	HaltungNr	OriginalKu	Standsicherheit	Relevanz
13.02.2008	5450127	RSBO3	5	1
10.03.2008	5360315	RS--3R	4	1
21.02.2008	5440248	RS-R3	4	1
12.03.2008	5360321	RS-O3R	4	1
12.03.2008	5360321	RSBR3	5	1
12.03.2008	5360321	RSBR2R	5	1
12.03.2008	5350390	RSBU4R	4	1
12.03.2008	5350390	RS--3R	4	1
12.03.2008	5350391	RSBU3	4	1

Tabelle 42 zeigt einen Auszug aus Daten, die zur Nutzung in der BLRA aufbereitet wurden. Mehrfachlistung von Haltungen sind möglich, da je Haltung mehrere Zustände mit Standsicherheitsbewertung vorkommen können. Zustände mit Standsicherheitsrelevanz ($y=1$) gehen in die statistische Analyse mehrfach ein, da von besonderem Interesse ist, welche Faktoren/Randbedingungen diese Zustände maßgeblich beeinflussen. Zustände, die gemäß ISYBAU Arbeitshilfen Abwasser (OFD Niedersachsen, 2010) nicht auf Standsicherheit beurteilt werden oder jene die Klassen 1 und 2 zugeordnet sind, werden zunächst aus dem Zustandsdatensatz entfernt (Abbildung 18). Durch diesen Aufbereitungsschritt, wird vermieden, dass Haltungen sowohl mit Variable $y = 0$ als auch mit Variable $y=1$ im Datensatz gelistet sind, bzw. Mehrfachnennung von Haltungen ohne standsicherheitsrelevante Zustände erfolgen. Den verbleibenden Datensätzen werden über die Haltungsnummer die zugehörigen Haltungseigenschaften zugeordnet.

In die statistische Analyse sind aber auch die Haltungen einzubeziehen, die keine Zustände mit Standsicherheitsrelevanz aufweisen also Datensätze die der Variablen $y=0$ zugehören. Dazu ist ein weiterer Datenaufbereitungsschritt erforderlich. Über die Verschneidung aller Haltungen mit den Zustandsdatensätzen mit Standsicherheit $y=1$. in einem GIS können jene Haltungen ohne Standsicherheitsrelevanz ($y = 0$) eindeutig identifiziert werden, da diesen Haltungen bei der Verschneidung keine Zustandsinformationen zuordenbar sind.

Die Datensätze werden abschließend für die statistische Analyse zusammengeführt

Durch diese Aufbereitung liegt die Schätzung der Ereigniseintrittswahrscheinlichkeit auf der sicheren Seite (eher $y=1$ als $y=0$).

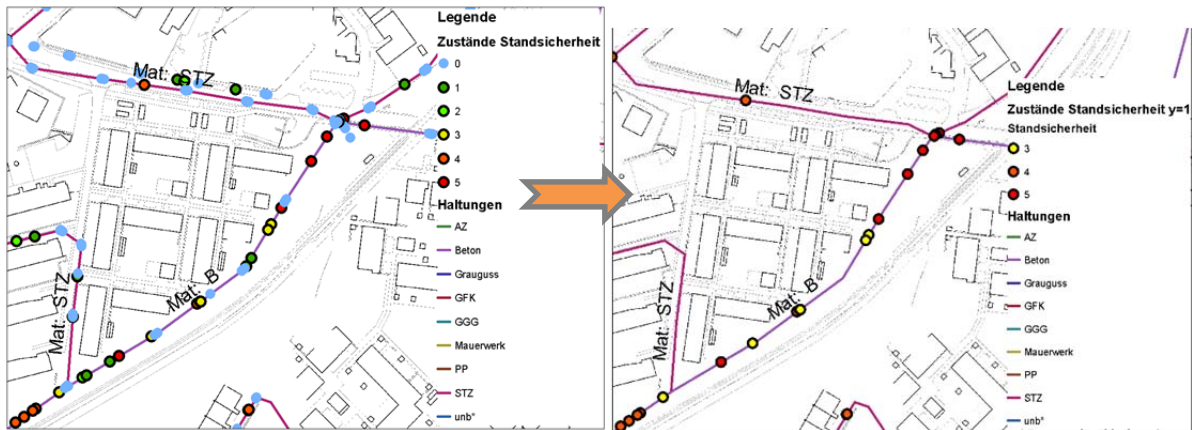


Abbildung 18: Filtern von standsicherheitsrelevanten Zuständen

Die Relation zwischen Haltungen der Variablen $Y = 1$ und Haltungen der Variablen $Y = 0$ ist meist sehr unausgewogen, wobei Haltungen der Variablen $Y = 0$ überwiegen. Dadurch bedingt ergibt sich in der Kalibrierung der BLRA eine hohe Trefferquote der Haltungen mit $Y = 0$ jedoch eine geringe Trefferquote der Haltungen mit $Y = 1$. Abbildung 19 zeigt beispielsweise den sehr hohen Anteil von standardisierten Residuen über dem Referenzwert 2 bei Modellbildung mit dem Gesamtdatensatz (Model standard BLRA) im Vergleich zu den erzielten geringen Anteilen erhöhter Residuen bei dem im Folgenden beschriebenen Modellansatz.

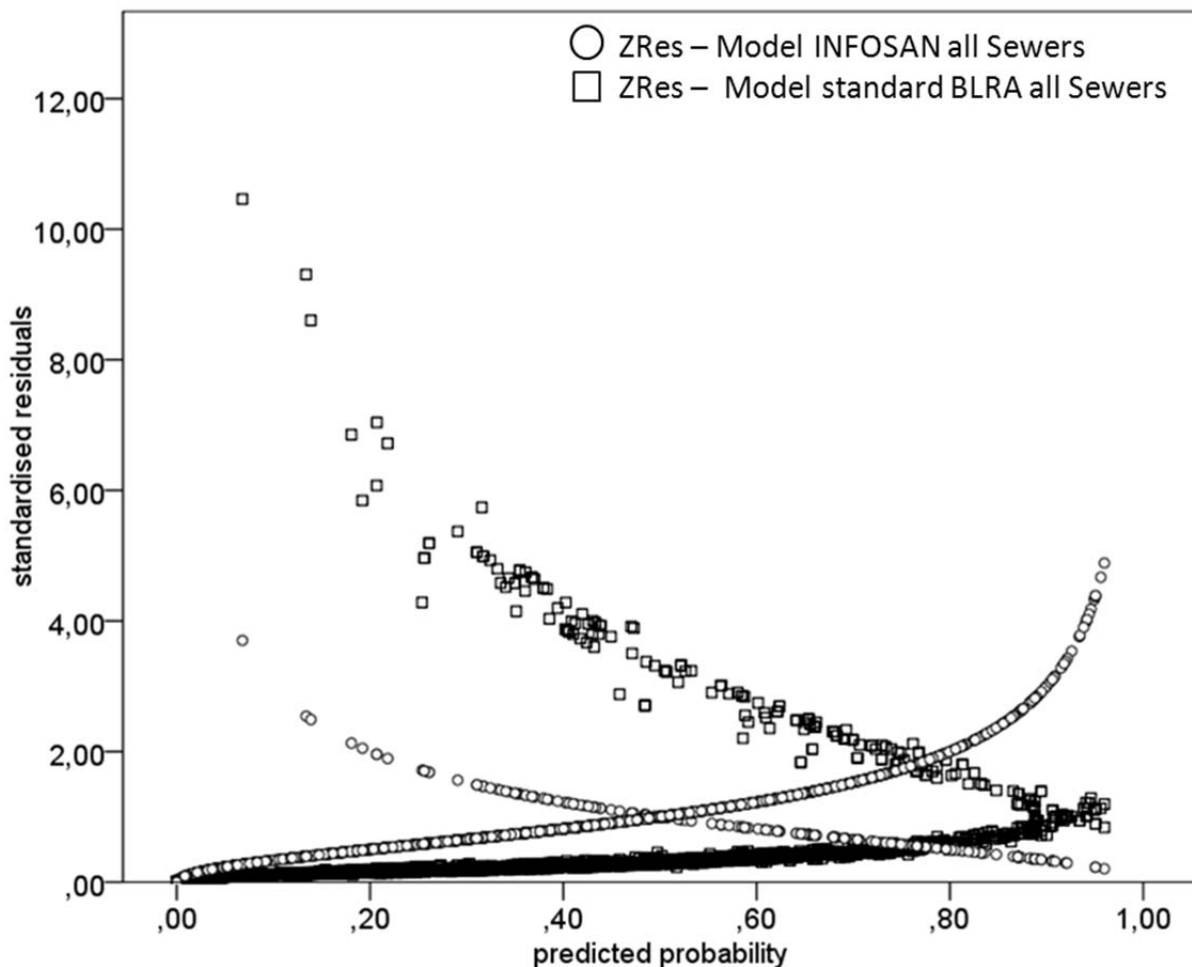


Abbildung 19: Vergleich der standardisierten Residuen bei (a) Modellbildung auf Basis der Datengrundgesamtheit und (b) mit Schrittweise optimierter Modellbildung gemäß der Schritte 1 bis 7 (siehe unten)



Um die Trefferquote bei den Haltungen mit Zustandsvariable $y=1$ zu erhöhen, wurde ein Ansatz zur optimierten schrittweisen Modellbildung für die Kanalzustandsprognose entwickelt:

- (1) Ermittlung der Anzahl von Haltungen mit Zustandsvariable $y=1$ aus der Grundgesamtheit der Daten
- (2) Zufallsauswahl von Haltungen aus der Gesamtheit der Daten mit Zustandsvariable $y = 0$ aliquot zur in (1) ermittelten Anzahl von Haltungen der Variable $y=1$
- (3) Zusammenführung der Datensätze (1) und (2) => Stichprobe mittels Zufallsauswahl
- (4) Ermittlung der signifikanten Einflussvariablen (x_i) sowie die zugehörigen Regressionskoeffizienten (β_i) mittels BLRA gemäß dem in Kapitel 3.4.3.2 beschriebenen Schätzverfahren und Modellgüte-Tests.
- (5) Wiederholung von Schritt (2) bis (4) bis zum Erreichen einer gemäß dem Grenzwertsatz definierten Anzahl an Stichproben
- (6) Überprüfung der Vergleichbarkeit der gemäß (4) gebildeten Modelle nach folgenden Kriterien:
 - a) Überprüfung der Gleichartigkeit der signifikanten Einflussvariablen je Stichprobe.
 - b) Bestimmung der Vergleichbarkeit der Modelle mittels Grenzwertoptimierungskurve (Receiver Operation Characteristics ROC – Kurve). Dabei wird die Rate der richtig-positiven Treffer den falsch-positiven Treffern gegenübergestellt. Dieses Maß kann auch als Qualitätsmaß eingesetzt werden, wird hier allerdings verwendet, um die Vergleichbarkeit der einzelnen Modelle zu beurteilen. Abbildung 20 zeigt exemplarisch Ergebnisse von ROC – Analysen mit guter Modellvergleichbarkeit.
- (7) Ist die Vergleichbarkeit gemäß (6) gegeben wird das finale Modell durch Mittelwertbildung der Regressionskoeffizienten aller signifikanten Einflussvariablen abgeleitet.

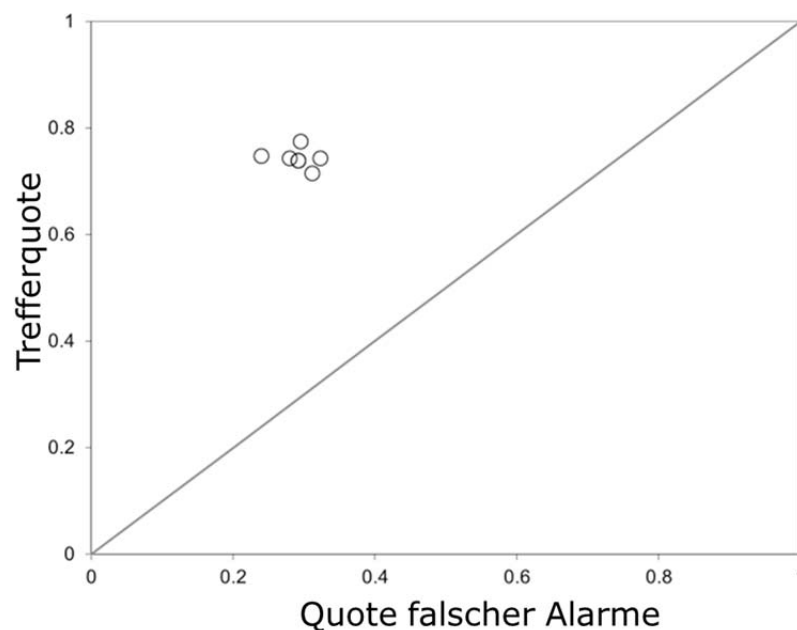


Abbildung 20: ROC Diagramm zum Vergleich der Treffer vs. Falschalarmquote, der aus den Zufallsstichproben gebildeten Regressionsmodelle

Das gemäß Schritt (7) und Kapitel 3.4.3.2 abgeleitete Zustandsprognosemodell erlaubt die Berechnung der Zustandsauftrittswahrscheinlichkeit aller Haltungen in einem Kanalnetz in Abhängigkeit der Einflussvariablen. Die Berechnung der Residuen über $e = y - p(y)$ erlaubt es die Vorhersagegenauigkeit des schrittweise abgeleiteten Regressionsmodells zu bestimmen. Abbildung 19 zeigt an einem Fallbeispiel standardisierten Residuen der prognostizierten Wahrscheinlichkeiten mit dem beschriebenen Ansatz, die gegenüber dem ebenfalls dargestellten herkömmlichen BLRA Ansatz auf eine deutliche Verbesserung des Modellergebnisses schließen lassen.

4.3.3.3 Eintrittswahrscheinlichkeitskarten

Aus den Berechnungen der Wahrscheinlichkeit des Eintritts bestimmter Ereignisse sowie aus den Klassifizierungen hinsichtlich der Schutzzielgefährdung gemäß ISYBAU (OFD Niedersachsen, 2010) können für die in Kapitel **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** beschriebenen Gefährdungen und unerwünschten Ereignisse Eintrittswahrscheinlichkeitskarten generiert werden. Abbildung 21 zeigt einen Kartenausschnitt eines Betreiberbeiternetzes auf welches eine Berechnung der Einsturzwahrscheinlichkeit basierend auf einer Regressionsanalyse erfolgte. Weiters sind in der Karte benachbarte Objekte sowie die Verkehrsrahmenbedingungen erkennbar. Diese werden in eine qualitative Konsequenzenbewertung gemäß FRI Ansatz (Kapitel 3.4.2) einbezogen, die als Ergebnis eine Konsequenzenkarte liefert.

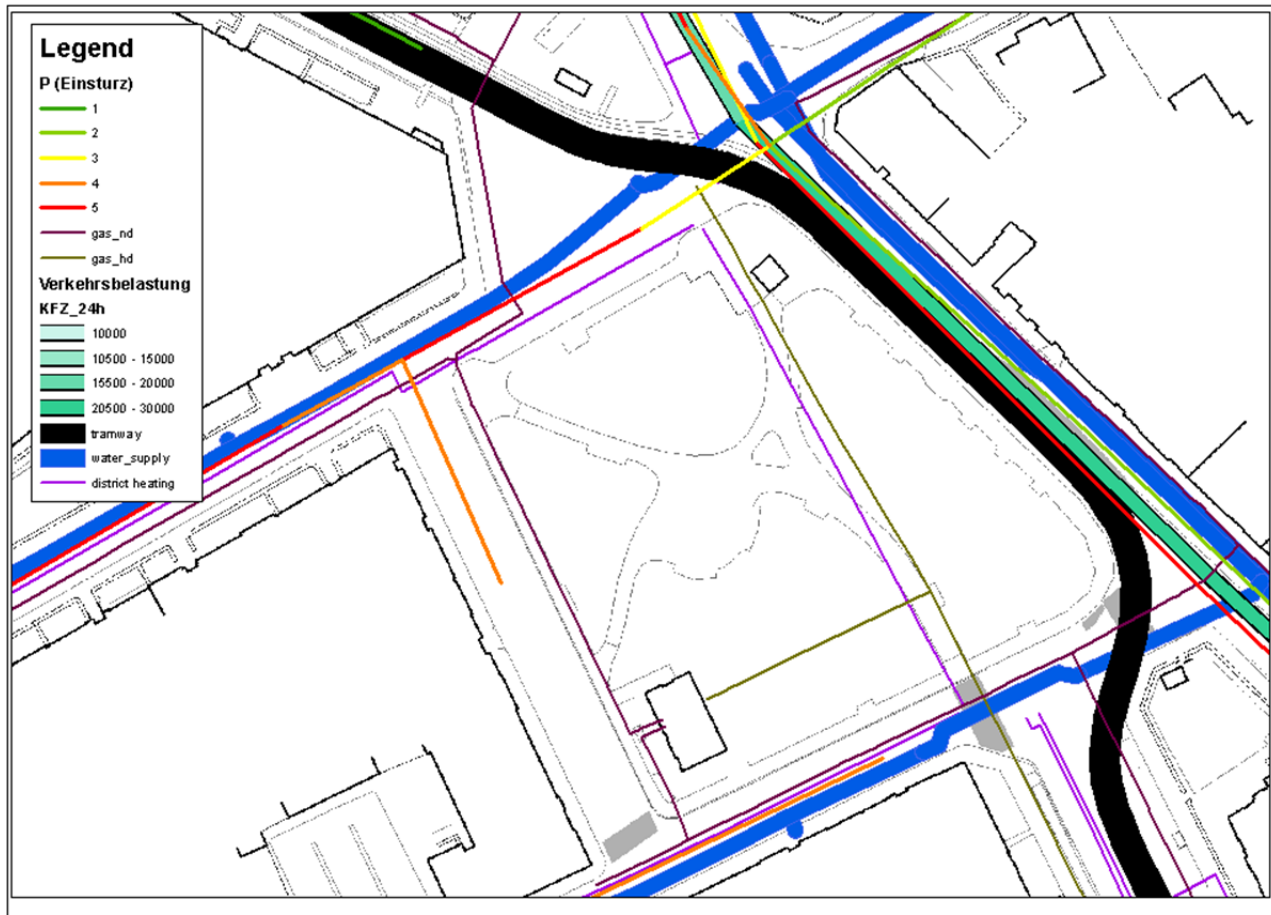


Abbildung 21: Karte mit berechneter Einsturzeintrittswahrscheinlichkeit mittels LRA in einem nicht inspizierten Kanalteilnetz

4.3.4 Systematische Schwachstellenanalyse zur Ermittlung von Ereigniskonsequenzen

Wie bereits beschrieben, wird zur systematischen modelltechnischen Untersuchung von Schwachstellen (Ermittlung der Konsequenzen eines Elementausfalls) der „eine örtliche Sensitivitätsanalyse verwendet. („Achilles-Ansatz nach (MÖDERL et al., 2010)). Hier wird eine Auswahl von Themenkarten mit Bezug auf Einflüsse auf die Sanierungsplanung für Mischsysteme (Haltungseinsturz, Entlastungsausfall, Pumpwerksausfall, Kapazitäten) vorgestellt. In Kapitel 4.6.1 wird mit einer Fallstudie aufgezeigt, wie diese Auswertungen und Themenkarten für die Risikoanalyse in INFOSAN genutzt werden können.

Die Darstellung der Risikokomponenten in Form von Themenkarten hat neben der in Kapitel 3.4.1 angeführten Darstellung der Risikomatrizen den zusätzlich Vorteil, die Risikokomponente im Netz lokalisieren zu können.



4.3.4.1 Konsequenzenkarten (Sensitivitäts/ Vulnerabilitätskarten)

Die örtliche Sensitivitätsanalyse wird, wie bereits erwähnt, für Entwässerungssysteme (MAIR et al., 2012) und Wasserversorgungssysteme (MÖDERL et al., 2011) verwendet, kann aber grundsätzlich auf alle Netzwerkstrukturen (Gas, Fernwärme, Elektrizität, etc.) angewandt werden. In diesem Kapitel wird eine Auswahl von implementierten Themenkarten für Mischwassersysteme im „Achilles-Ansatz“ vorgestellt und deren Anwendung aufgezeigt. Es werden Themenkarten für die Aspekte Haltungseinsturz, Entlastungs- und Pumpwerksausfall und Kapazitäten vorgestellt.

Haltungen können z. B. durch unzulässige Baumaßnahmen Dritter einstürzen oder alterungsbedingt strukturell versagen. Eine vollständige Verlegung des Querschnitts durch Stoffanreicherungen im Kanal ist einem Haltungseinsturz gleichzusetzen. Die Auswirkungen durch eine solche Abflussunterbrechung auf Überstau und Weiterleitung werden mit der Haltungseinsturzkarte bewertet. Modelliert wird diese Themenkarte, indem der Querschnitt einer Haltung auf null gesetzt wird. Das heißt es wird angenommen, dass das Deckmaterial die offenen Bereiche der eingestürzten Haltung vollkommen verschließt. Symbolisiert wird diese Themenkarte mit der Bewertung des resultierenden Überstaus.

Bei den nachfolgend dargestellten Themenkarten spiegelt die farbliche Darstellung die Sensitivität der unterschiedlichen Komponenten auf die Leistungsfähigkeit des Gesamtsystems wieder. Dabei bedeutet eine rote Symbolisierung einer Komponente, dass diese im Vergleich zu anderen z. B. grün symbolisierten Komponenten im System eine wichtigere (systemrelevantere) Rolle einnimmt und daher mehr zur Gesamtsystemleitung beiträgt. Hervorzuheben ist dabei, dass es sich nicht um Schwachstellen per se handelt, sondern dass die Symbolisierung den Vergleich zu anderen Komponenten ausdrückt. Quasi ergibt das eine Priorisierung der Komponenten entsprechend ihrer Relevanz hinsichtlich der Parametervariation im Zusammenhang mit der Systemleistung. In den folgenden Abbildungen wurden die Auswirkungen einer 100% Querschnittsverringerung (Einsturz) und einer 50%-igen Höhenreduktion (0.5H) auf Überstauvolumen (Funktionalanforderung Schutz vor Überflutung) und Entlastungsvolumen (Funktionalanforderung Schutz des Oberflächenvorfluters) im Trockenwetter- (TWA) und Regenwetterfall (RWA) dargestellt.

Abbildung 22 zeigt die Auswirkung einer 50 % Höhenreduktion auf den Überstau im Trockenwetterfall. Es ist zu sehen, dass, wie zu erwarten, das gesamte dargestellte Netz nicht sensitiv auf diese Einwirkung reagiert. Bei der Bemessung eines Mischwassersystems ist der Regenwetterfall ausschlaggebend für die Dimensionierung der Durchmesser. Damit liegt der Wasserstand im Trockenwetterfall üblicherweise nur bei einem Bruchteil der verfügbaren Höhe und eine Durchmesserverringerung von 50% hat keinen Einfluss auf die Leistungsfähigkeit des Systems. An dieser Stelle sei erwähnt, dass in diesem einfachen Fall eine derartige Überlegung prinzipiell auch ohne Vorhandensein eines hydraulischen Modells durchgeführt werden könnte. Dann müsste aber für jeden Haltungsabschnitt der Trockenwetterabfluss durch Aufsummieren aller oberhalb liegenden Durchflüsse bestimmt werden und der Wasserstand mit dem Haltungsquerschnitt verglichen werden. Sollte es durch die Querschnittsverringerung zu einer Umlagerung der Abflussverhältnisse kommen (was in einem vermaschten Netz passiert, sobald die Querschnittsverringerung größer ist als die Wasserstandshöhe), ist die Abschätzung der Auswirkungen jedoch nicht mehr so einfach möglich und erfordert eine numerische Modellierung.

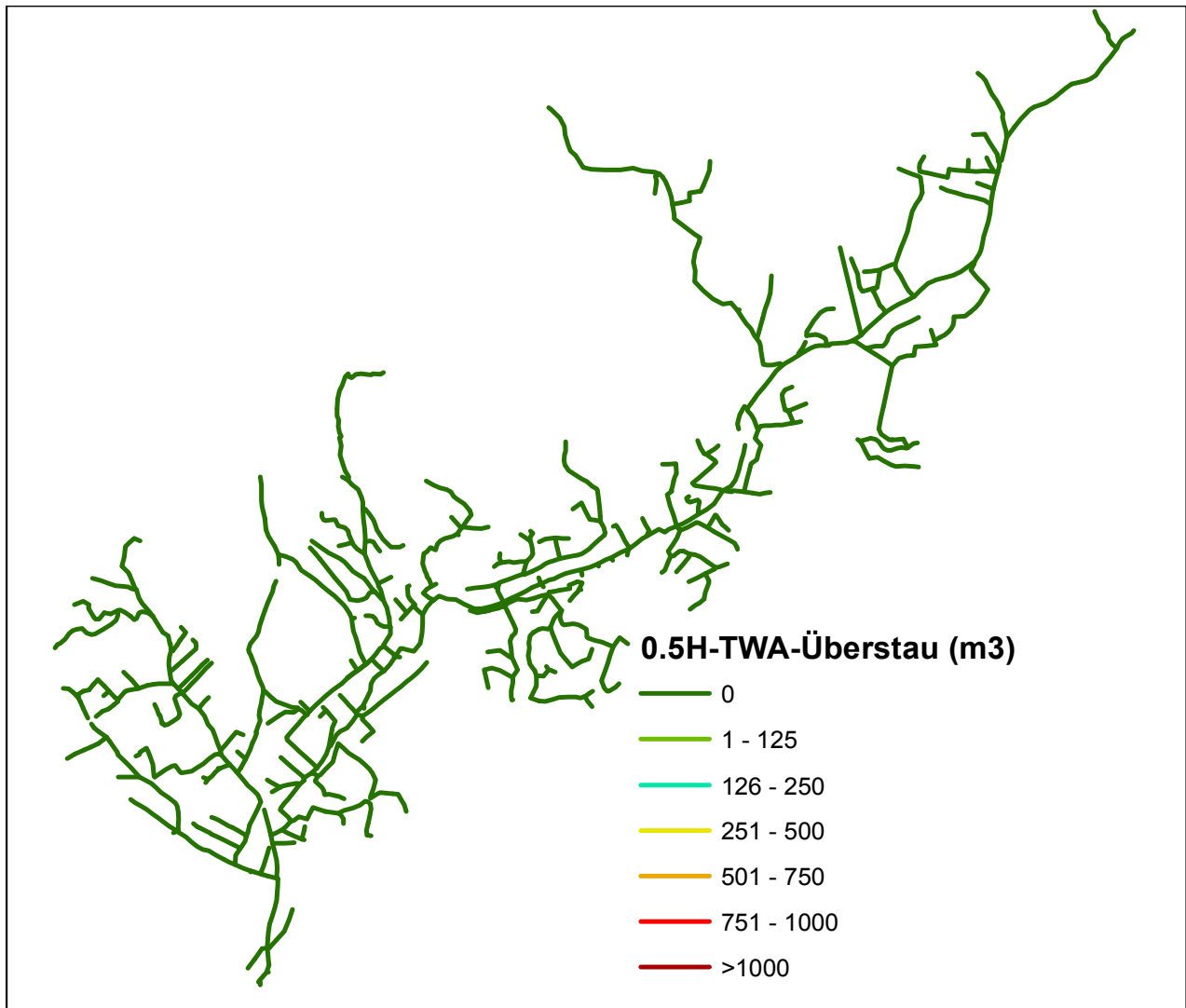


Abbildung 22: Vulnerabilitätskarte 0.5H-TWA-Überstau

Abbildung 23 zeigt die Auswirkung einer 50 % Höhenreduktion auf den Überstau im Regenwetterfall. Im Gegensatz zum Trockenwetterfall ist hier eine deutliche Auswirkung auf das Systemverhalten sichtbar. Dies bedeutet, dass der Wasserstand im Kanal im Gesamtsystem höher als bei 50 % des Durchmessers liegt. Querschnittsverringerungen führen zu einer Vergrößerung des Überstauvolumens (Mischwasser tritt aus den Schächten aus) und damit so einer Vergrößerung des Überflutungs- und Schadensrisiko. In den Hauptsammlern, in denen die größten Abflüsse herrschen ist die Auswirkung am größten. Dabei sind die hier dargestellten Sensitivitäten bezogen auf den Systemzustand ohne Höhenreduktion, es handelt sich daher um zusätzliches Überstauvolumen aufgrund der Höhenreduktion.

Eine derartige Untersuchung kann nur bei Vorhandensein eines hydraulischen Modells durchgeführt werden. Einerseits ist für den Regenwetterfall eine Niederschlag/Abflusssimulation notwendig, andererseits sind die Abflussverhältnisse im System durch Rückstau, Einstau und Verlagerung der Fließwege bei Höhenreduktion nicht mehr manuell zu erfassen.

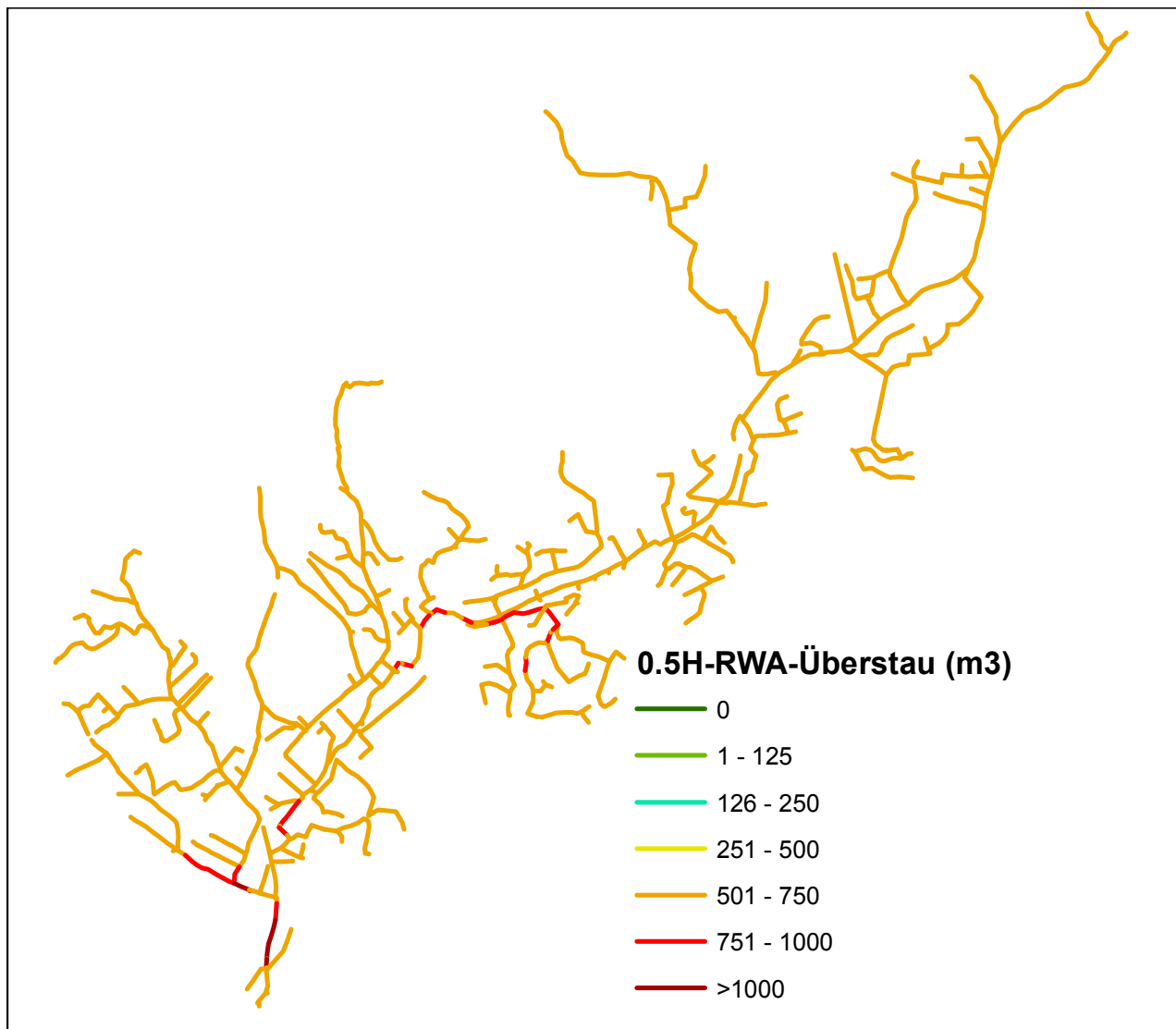


Abbildung 23: Vulnerabilitätskarte 0.5H-RWA-Überstau

Abbildung 24 zeigt die Auswirkung eines Einsturzes (100 % Querschnittsverringerung) auf den Überstau im Trockenwetterfall. Damit werden die Haltungen vollständig geschlossen. Im Gegensatz zur Höhenreduktion bei Trockenwetterfall (Abbildung 22) zeigt sich nun eine Auswirkung auf das Überstauvolumen d. h. es kann rein aufgrund von Haltungseinsturz zu geringer lokaler Überflutung (mit Abwasser) kommen. Die Auswirkungen sind allerdings auch im dargestellten Verästelungsnetz gering. Dies erklärt sich damit, dass im System Mischwasserentlastungen angeordnet sind und im Falle eines Haltungseinsturzes Abwasser abgeworfen werden kann.

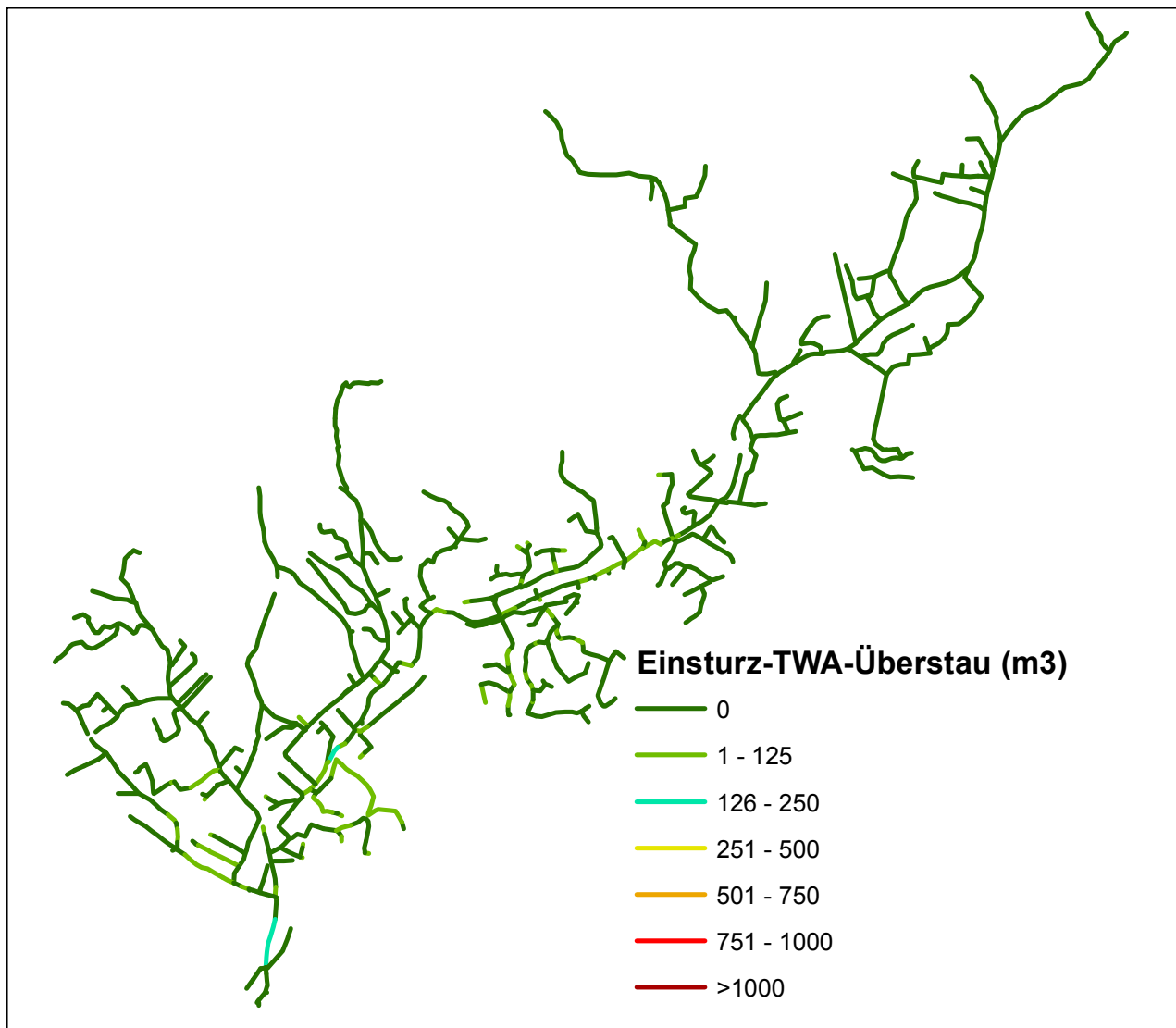


Abbildung 24: Vulnerabilitätskarte Einsturz-TWA-Überstau

Abbildung 25 zeigt die Auswirkung eines Haltungseinsturzes auf das Überstauvolumen im Regenwetterfall. Trotz mehrerer Entlastungsbauwerke, über die Mischwasser abgeworfen werden kann, sind deutliche Gefährdungen, besonders am Hauptsammler, zu erkennen. Somit steigt das Überstau- und Überflutungsrisiko im Falle eines Einsturzes des Hauptsammlers deutlich an, das Mischwasser kann nicht mehr über die Mischwasserentlastungen abgeworfen werden. Haltungseinstürze in Nebensammlern erhöhen ebenfalls das Überstaurisiko, allerdings in geringerem Maße.

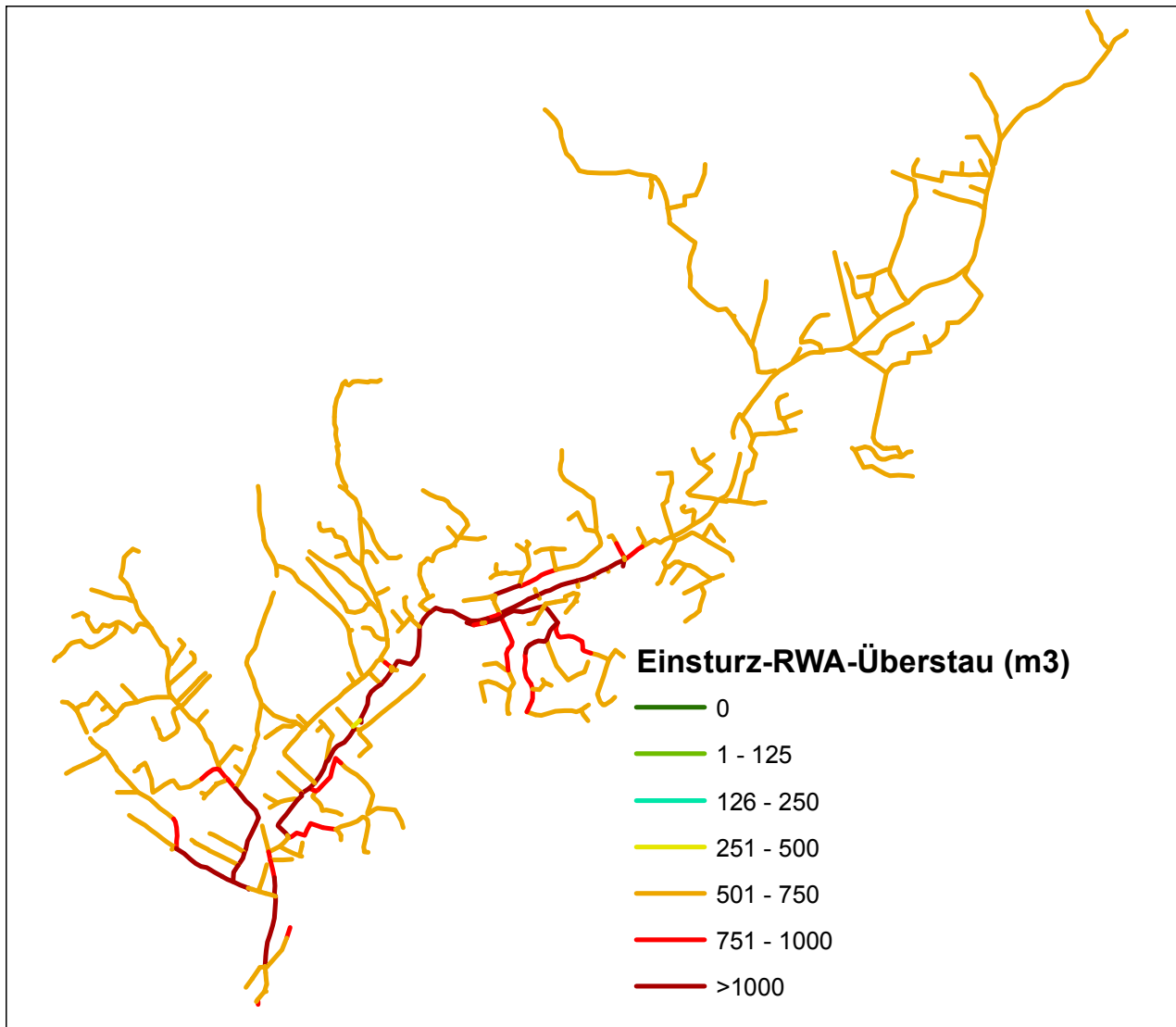


Abbildung 25: Vulnerabilitätskarte Einsturz-RWA-Überstau

In den folgenden Auswertungen wird ebenfalls, wie oben beschrieben, der Einfluss einer 50 %-igen Höhenreduktion (0.5H), und eines Haltungseinsturzes analysiert. Diesmal wird die Auswirkung auf die Entlastungsfrachten (Abwurf über Mischwasserüberläufe und Mischwasserüberlaufbecken) untersucht. Die Analyse wird wieder für den Trockenwetter- (TWA) und den Regenwetterfall (RWA) dargestellt.

Abbildung 26 zeigt die Auswirkungen einer 50 %-igen Höhenreduktion auf Entlastungsfrachten im Trockenwetterfall. Wie zu sehen ist, führt dies nur zu sehr geringfügigen Änderungen in den Entlastungsfrachten. Wie schon bei der Analyse der Auswirkung auf das Überstauvolumen (Abbildung 22) beschrieben, kann der Abfluss im Trockenwetterfall auch bei einer Querschnittsverengung sehr gut aufrechterhalten werden.

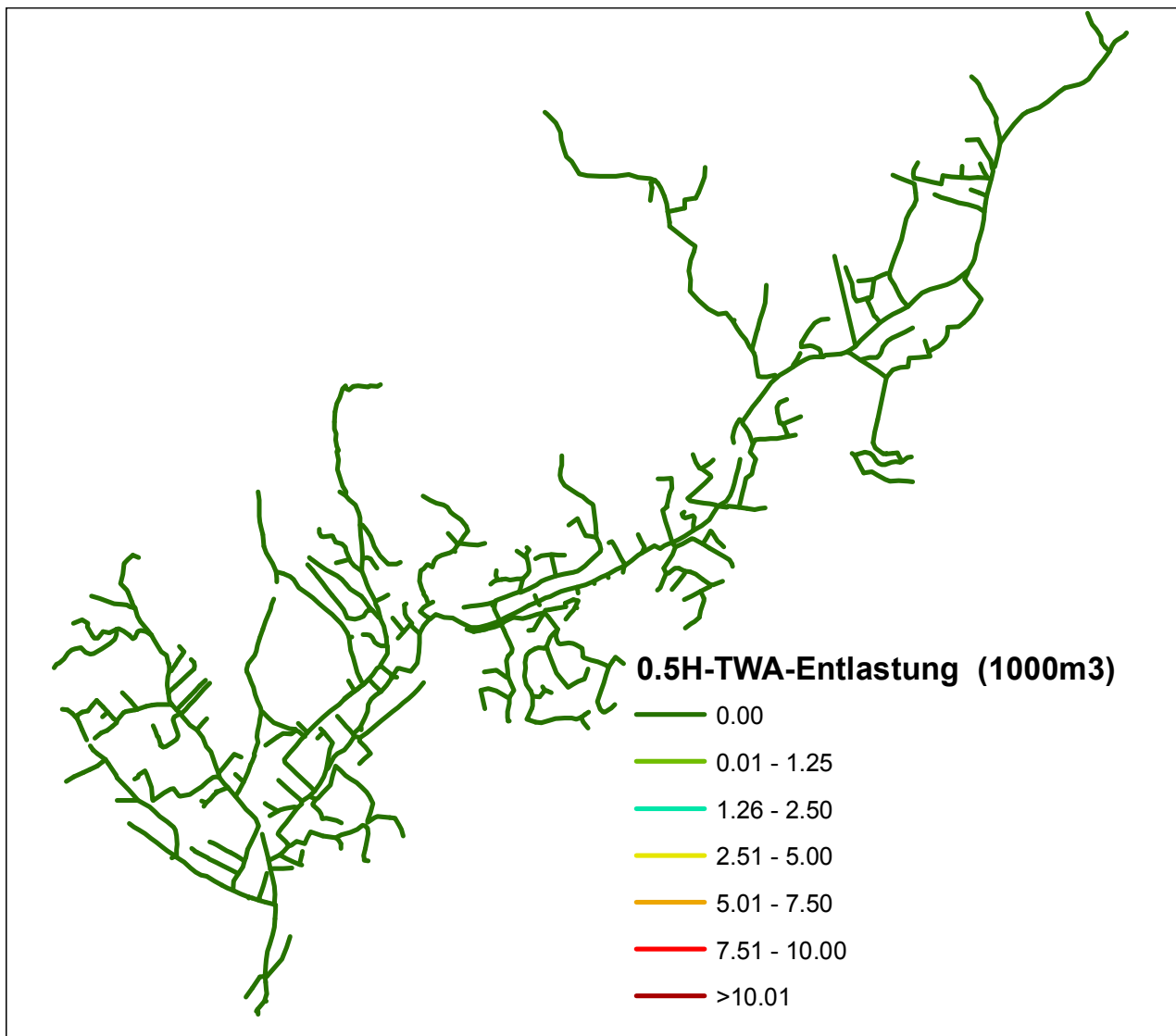


Abbildung 26: Vulnerabilitätskarte 0.5H-TWA-Entlastung

Abbildung 27 zeigt die Auswirkungen einer 50%-igen Höhenreduktion im Regenwetterfall. Wie schon bei der Auswirkung auf das Überstauvolumen (Abbildung 23) ist dieser Einfluss deutlich sichtbar und wirkt sich am stärksten bei Problemen am Hauptsammler aus.

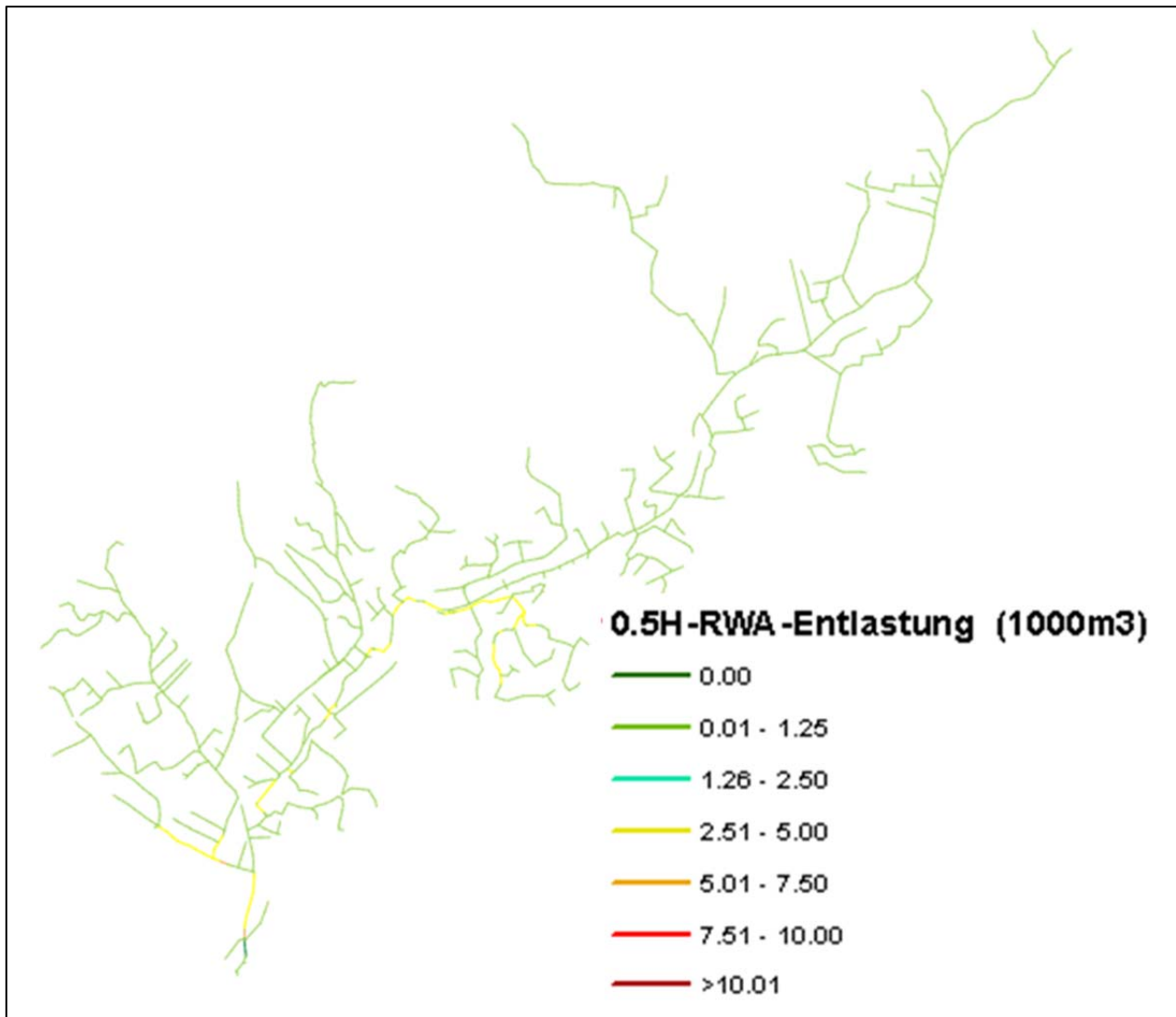


Abbildung 27: Vulnerabilitätskarte 0.5H-RWA-Entlastung

Abbildung 28 zeigt den Einfluss vollständiger Querschnittsreduktion bezogen auf Trockenwetter und Entlastungsvolumen. Nur wenige Stellen im Hauptsammler sind leicht vulnerabel, was allerdings in der Konsequenz bedeutet, dass im Trockenwetterfall unverdünntes Abwasser in den Vorfluter abgeworfen wird.

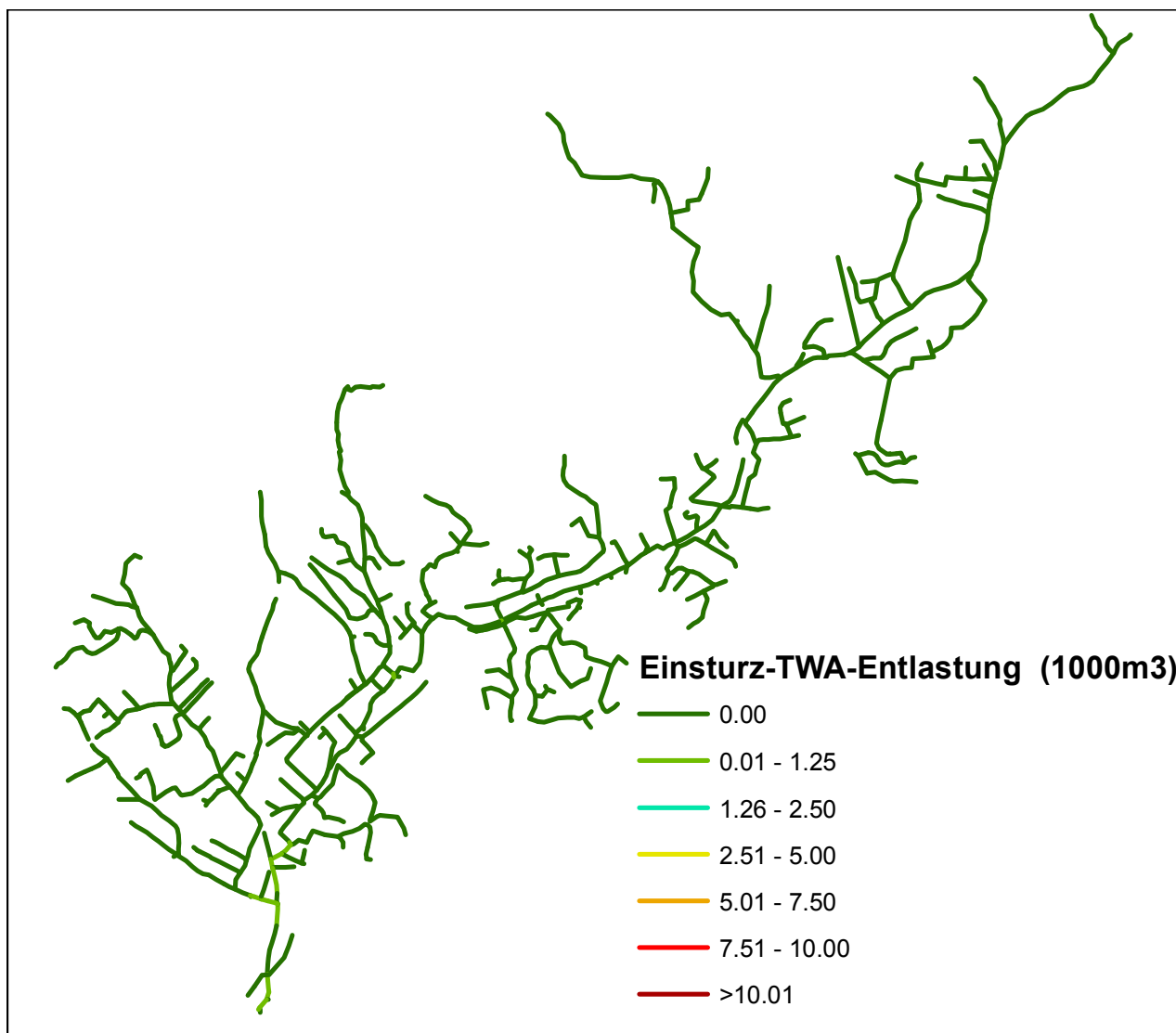


Abbildung 28: Vulnerabilitätskarte Einsturz-TWA-Entlastung

Im Falle eines Haltungseinsturzes im Regenwetterfall (Abbildung 29) sind wiederum deutliche Auswirkungen auf die Entlastungsfrachten, besonders am Hauptsammler, erkennbar. Dieser ist also stark vulnerabel bezogen auf Haltungseinsturz.

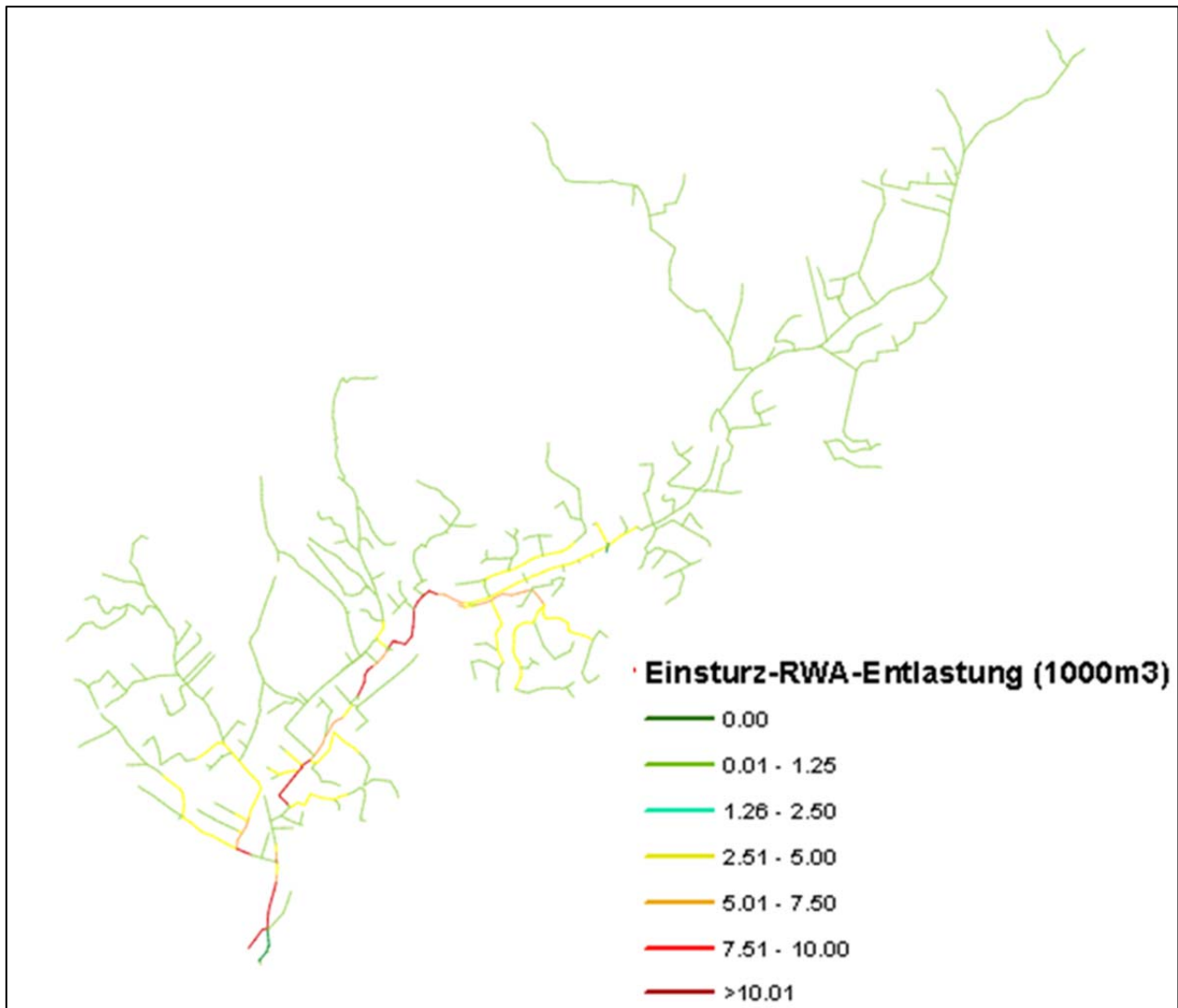


Abbildung 29: Vulnerabilitätskarte Einsturz-RWA-Entlastung

Die oben dargestellten Analysen zeigen, dass sich die untersuchten Einwirkungen (Querschnittsreduktion und Haltungseinsturz) in einem Mischsystem vor allem im Regenwetterfall auf Überstauvolumen und Entlastungsfrachten auswirken (Abbildung 23, Abbildung 25, Abbildung 27 und Abbildung 29). Es konnten aber auch Haltungen ausgewiesen werden, die im Trockenwetterfall infolge Kanaleinsturz zu einer Entlastung von Abwasser führen. Einstürze und Querschnittsveringerungen im Hauptsammler wirken sich dabei am stärksten aus. Anhand dieses einfachen, plakativen Beispiels kann das Potential von Vulnerabilitätskarten in der Sanierungsplanung gezeigt werden. Voraussetzung für die Erstellung ist die Verfügbarkeit eines hydraulischen, numerischen Modells. Damit können auch weniger offensichtliche Schwachstellen identifiziert werden. Durch die Verwendung eines numerischen Modells können nichtlineare Effekte im Abflussgeschehen (beispielsweise bei Einstau und Rückstau) berücksichtigt werden. Eine derartige Vorgangsweise zeigt ihr Potential vor allem bei komplizierten Netzen mit mehrfachen Vermaschungen, bei denen sich die Fließwege im Falle von Systemstörungen umlagern können. Ebenso ist es möglich, in der numerischen Simulation eventuelle Gegenmaßnahmen zur Risikoreduzierung wie beispielsweise Echtzeitsteuerungen zu berücksichtigen.

4.3.5 Risikokarten und Risikomatrizen

Durch eine GIS-basierte Bewertung sowohl der Eintrittswahrscheinlichkeit als auch der lokalen Sensitivität der Haltungen wird auch die lagemäßige Bewertung des Risikos möglich. Risikokarten ermöglichen die lokale Eingrenzung bestimmter Risiken in Hinblick auf Funktionalanforderungen. Zusätzlich bieten Risikokarten die Möglichkeit, Haltungen mit gleichzeitig mehreren Risiken zu lokalisieren. Beispiele für Risikokarten sind in Kapitel 4.6.1 zu finden.

Risikomatrizen hingegen ermöglichen es zu erkennen, welche Risikokomponente auf die jeweiligen Haltungen wirkt.

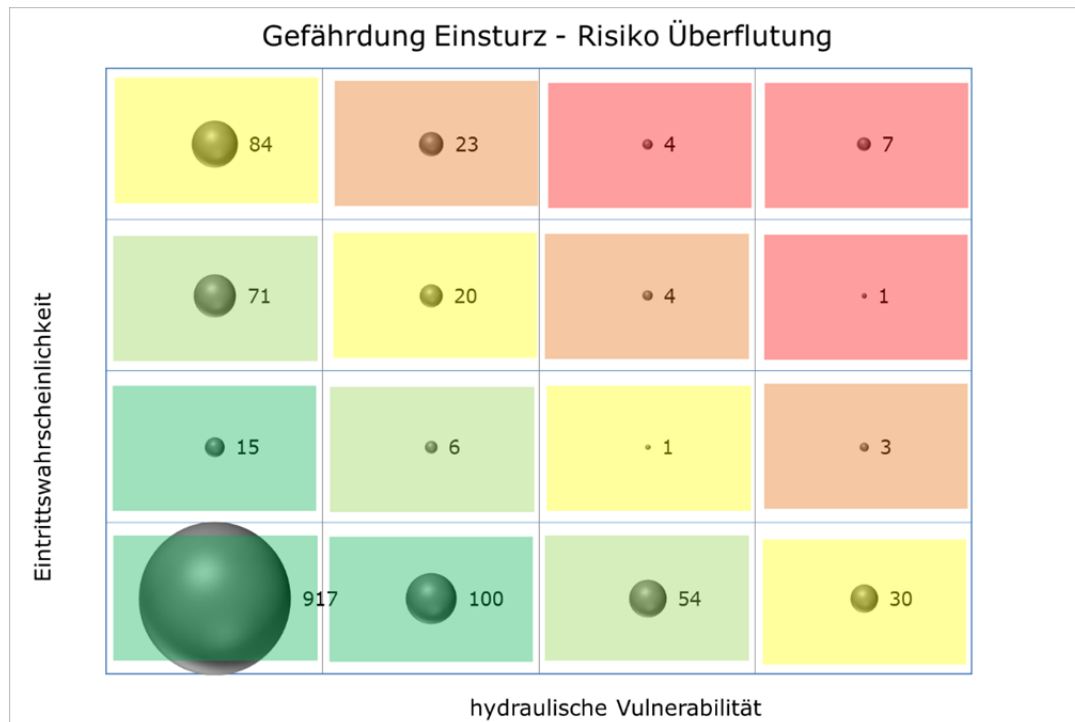


Abbildung 30: Risikomatrix „Überflutung infolge Einsturz“

In Abbildung 30 können nicht nur die höchst risikoreichen Abschnitte identifiziert werden sondern auch jene Haltungen, die durch Maßnahmen in einer der beiden Risikokomponenten aus den Risikobereichen wegfallen. Dadurch wird eine problemspezifische Maßnahmenplanung unterstützt. Unter anderem können vertiefende Inspektionen allfällige Unsicherheiten bei den Schadenswahrscheinlichkeitsklassen beheben oder aber Inspektionsintensitäten auf Vulnerabilitäten abgestimmt werden. Auf der anderen Seite ermöglicht die Entschärfung der hydraulischen Rahmenbedingungen (z.B. Abkoppelung von befestigten Flächen) ebenfalls Verschiebungen der Risikoklasse. Aus diesem Grund ist bei zweidimensionalen Risikoanalysen die Darstellung als Risikomatrix zusätzlich zur Kartendarstellung von Interesse.



4.4 Konkretisierte Strategische Informationsbeschaffung

Wie in Kapitel 3.5 beschrieben, sollte aufbauend auf die bereits vorhandenen Kanalinformationssysteme der Kanalisationsunternehmen eine strategische und einheitliche Vorgehensweise bei der Informationsbeschaffung entwickelt werden, um eine Vorlage für das notwendige Datenmaterial als Grundlage für effiziente und nachvollziehbare Entscheidungen bei der Sanierungsplanung im Kanalisationsunternehmen bereitzustellen. Dabei soll ein aussagekräftiges Ergebnis mit möglichst geringem Datenumfang zu erzielen sein. Im Vordergrund steht das Ziel, den Aufwand für die Datenerhebung zu minimieren und die zusätzlich gewonnenen Informationen zu maximieren. Dazu ist es erforderlich nur die Daten zu erheben, die für die jeweils sinnvolle Sanierungsstrategie von Nutzen sind. Durch die Anwendung dieser Methodik werden die vorhandenen Daten u. a. dahingehend ausgewertet, welche Leistungsanforderungen mit den vorhandenen Daten abgeleitet werden können und welche Daten zusätzlich zu erheben sind, um spezifische weitere Leistungsanforderungen bestimmen zu können. Als Ausgangsdatenquelle soll hierbei primär der vorhandene Kanalkataster dienen.

Die Entwicklung einer Methode zur strategischen Informationsbeschaffung für die Unternehmen bei der Kanalsanierungsplanung war also eines der wesentlichen Ziele im Projekt. Ein weiteres Ziel war die Erstellung eines Leitfadens für die Datenfilterung zur strategischen Informationsbeschaffung bei der ganzheitlichen generellen Sanierungsplanung. Das Kapitel 4.4 in Verbindung mit dem Ablaufschema zur mittelfristigen ganzheitlich generellen Sanierungsplanung unter Einbeziehung von Risikomanagement, welches in Kapitel 4.5 beschrieben ist, beschreibt die Vorgehensweise der entwickelten strategischen Informationsbeschaffung im Detail. Im Laufe des Projekts hat sich gezeigt, dass die strategische Informationsbeschaffung stark an den Ablauf und die Zielsetzung bei der Sanierungsplanung geknüpft ist (unterschiedliche Eingangsdaten für unterschiedliche Ziele, Funktionalanforderungen und Kennzahlen, etc.). Die strategische Informationsbeschaffung ist also wesentlicher Bestandteil des Ablaufs einer ganzheitlich generellen Sanierungsplanung, demnach scheint es nur sinnvoll, einen möglichen Leitfaden für die strategische Informationsbeschaffung im gesamten Kontext abzubilden. Aus diesem Grund ist Kapitel 4.4 in Kombination mit Kapitel 4.5 als Leitfaden für die strategische Informationsbeschaffung zu verstehen.

Eine erste Methode der Datenfilterung für die strategische Informationsbeschaffung wurde im Laufe des Projektes von KRETSCHMER et al. (2011) vorgestellt:

„Die Methode der Datenfilterung soll das Kanalisationsunternehmen in zweierlei Hinsicht unterstützen (...): Einerseits soll der Datenbedarf dargestellt werden, der notwendig ist, um bestimmte Service Levels (Kennzahlen) und damit den Grad der Zielerreichung betreffend bestimmter Funktionalanforderungen ermitteln zu können (regressiver Ansatz). Andererseits soll ersichtlich gemacht werden, welche Service Levels bzw. Funktionalanforderungen mit den bereits vorhandenen Daten abgedeckt werden können (progressiver Ansatz).“

Diese, von universitärer Seite erarbeitete, Methodik wurde auf Grundlage von Diskussionsergebnissen in den Workshops weiter angepasst und mit den restlichen Erkenntnissen, welche im Laufe des Projektes gewonnen wurden, abgestimmt. In Abbildung 6 ist der erarbeitete Datenfilter, welcher als grundlegendes Instrument bei der strategischen Informationsbeschaffung helfen kann, dargestellt. Funktionalanforderungen, Kennzahlen, deren Evaluierungsmethoden sowie dafür benötigte Eingangsdaten und deren (in den vorhergehenden Kapiteln beschriebene) Abhängigkeiten untereinander können mit Hilfe eines Datenfilters beschrieben werden. Die Anwendung kann regressiv (= rückschreitend) oder progressiv (= fortschreitend) erfolgen. Im Laufe des Projektes wurde von Seiten der Universitäten ein softwaregestützter (MS Excel) Datenfilter, welcher eine progressive als auch regressiv Anwendung nach dieser Methodik ermöglicht, geschaffen.

4.4.1 Aufbau des Datenfilters

Als Teilschritt bei der Konkretisierung des Datenfilters wurde die Methode aus Abbildung 6 durch eine praktisch anwendbare Struktur ersetzt. Diese Struktur stellt die ursprüngliche Methodik in tabellarischer Form dar, die Bezüge untereinander bleiben unverändert.

In Tabelle 43 ist in einem Beispiel die Struktur der Abhängigkeit (entsprechend der Methodik des Datenfilters aus Kapitel 3.5) zwischen primärer Relevanz, den Funktionalanforderungen und Kennzahlen (= messbare Leistungsanforderungen) dargestellt. Jeder primären Relevanz sind ein oder mehrere Funktionalanforderungen zugeordnet, diesen wiederum ein oder mehrere Kennzahlen. Sowohl nach dem Top-Down-, als auch nach dem Down-Top-Prinzip besteht somit ein eindeutiger Zusammenhang zwischen den einzelnen Ebenen.

Tabelle 43: Struktur des Datenfilters

Struktur des Datenfilters		
Primäre Relevanz		
baulich		hydraulisch
Funktionalanforderung gemäß ÖNORM EN 752 (2008)		
Baulicher Zustand und Nutzungsdauer	Angrenzende Bauten sowie Ver- und Entsorgungseinrichtungen nicht gefährden	Schutz vor Überflutung
(messbare) Leistungsanforderung(en)		
Zustandsklassenverteilung "Standicherheit" in [%]	Schäden aufgrund von Ausspülungen in [Stk./100km*a]	Einhaltung der Überflutungshäufigkeiten gem. ÖWAV RB 11

Die zur Evaluierung einer Kennzahl (KZ) (bzw. Kontextinformation (KI)) erforderlichen Eingangsdaten sind, ebenso wie die nach beschriebener Struktur zuordenbaren Funktionalanforderungen und primären Relevanzen, in Tabelle 44 an einem Beispiel ersichtlich. In diesem Fall müssen die Eingangsdaten „Gesamtkanalnetzlänge“ (L_{ges}) und „Länge baulich sanierungsbedürftiger Kanäle“ (L_{Sz=4,5}) zur Berechnung der Kennzahl „Baulich sanierungsbedürftige Kanallänge in [%]“ bekannt sein (Bezug wird dargestellt durch ein „x“). Die allgemeinen Erläuterungen zur Evaluierung dieser Kennzahl (Formel, Definitionen, etc.) sind in Kapitel 4.2.2.1.1 beschrieben. Umfassende Definitionen sind in Kapitel 4.2.2 für alle Kennzahlen und Kontextinformationen angeführt.

Tabelle 44: Zuordnung der Eingangsdaten zu den Kennzahlen bzw. Kontextinformationen

Zuordnung der Eingangsdaten zu den Kennzahlen bzw. Kontextinformationen				
			primäre Relevanz	
			baulich	
			Funktionalanforderung gemäß ÖNORM EN 752 (2008)	
			Baulicher Zustand und Nutzungsdauer	
			(messbare) Leistungsanforderung(en)	
Eingangsdaten			KZ/KI Beschreibung	
Beschreibung des Inputs	Kürzel	Einheit	Baulich sanierungsbedürftige Kanallänge in [%]	
Länge baulich sanierungsbedürftiger Kanäle	LSZ= 4,5	[km]	x	
Länge hydraulisch sanierungsbedürftiger Freispiegelkanäle	LHZ=5	[km]		
Länge gemäß optischer Dichtheit sanierungsbedürftiger Kanäle	LDZ=4,5	[km]		
Länge betrieblich sanierungsbedürftiger Kanäle	LBZ=4,5	[km]		
Gesamtkanalnetzlänge	Lges	[km]	x	
Anzahl baulich sanierungsbedürftiger Schächte	SSZ= 4,5	[Stk]		

Auf diese Weise werden alle Zusammenhänge (primäre Relevanz, Funktionalanforderungen, Kennzahlen, Eingangsdaten, etc.) inventarisiert. Ergänzungen oder Adaptierungen (beispielsweise durch individuelle Erfordernisse eines Kanalunternehmens) des Kennzahlensystems können bei Bedarf jederzeit vorgenommen werden. Zur Identifikation des Zusammenhangs zwischen einer zu untersuchenden Funktionalanforderung, der relevanten Kennzahlen bzw. Kontextinformationen und den erforderlichen Eingangsdaten, kann der entwickelte Datenfilter angewendet werden. Die unterschiedlichen Anwendungsmöglichkeiten (progressiv bzw. regressiv) wurden bereits in den Kapiteln 3.5.1 und 3.5.2 dargestellt.

4.4.2 Regressive Datenfilterung

Wie in Kapitel 3.5.1 beschrieben, kann die Anwendung des entwickelten Datenfilters in zweierlei Hinsicht erfolgen.

Die regressive Anwendung des Datenfilters erlaubt nach Auswahl einer zu untersuchenden Funktionalanforderung, die Bestimmung der zugehörigen Kennzahlen bzw. Kontextinformationen und die Ausgabe der erforderlichen Eingangsdaten für die Evaluierung. Die Anwender können somit feststellen welche Eingangsdaten, für aus ihrer Sicht relevante Zwecke (baulich, hydraulisch, umweltrelevant, betrieblich bzw. die zugehörigen Funktionalanforderungen), zur Ermittlung der Kennzahlen benötigt werden beziehungsweise ob die vorhandene Datenbasis zur Ermittlung ausreicht, oder ob neue Daten beschafft werden müssen.

Sind keine oder nur teilweise Eingangsdaten für die Berechnung der Kennzahlen bzw. Kontextinformationen für die zu untersuchende/n Funktionalanforderung/en bekannt, kann eine strategische Datenerhebung erfolgen. Dabei kann zielgerichtet vorgegangen werden, da bestehende Defizite (fehlende Eingangsdaten) durch die Anwendung der regressiven Datenfilterung klar erkenntlich gemacht werden können. „Wenn alle

benötigten Daten vorhanden sind, können die Kennzahlen sofort ermittelt werden. Falls Datenlücken bestehen, müssen diese geschlossen werden, danach können ebenfalls alle Kennzahlen bestimmt werden.“ (KRETSCHMER et al., 2012) Generell soll dadurch eine höhere Effizienz in der Datenbeschaffung und -verwaltung ermöglicht werden.

Im Projekt wurde, wie bereits erwähnt, ein softwaregestützter Datenfilter geschaffen, welcher eine automatisierte (auf Visual Basic für MS Excel basierte) regressive Filterung und teilweise eine automatische Berechnung von Kennzahlenwerten (wenn die erforderlichen Eingangsdaten bekannt sind) erlaubt. Die Berechnung erfolgt entsprechend der Definitionen der Kennzahlenevaluierung. Einige Kennzahlen bzw. Kontextinformationen setzen beispielsweise eine numerische Modellierung (hydrodynamisch oder konzeptionell) voraus (z. B. Einhaltung des Weiterleitungsgrads entsprechend ÖWAV RB19 (2007)). In diesen Fällen kann keine automatisierte Berechnung im entwickelten Datenfilter erfolgen. Für die numerische Modellierung von Entwässerungssystemen existieren unterschiedliche kommerzielle und wissenschaftlich entwickelte Softwareprodukte. Die Anwendung dieser erfordert bestimmte Fachkenntnisse und wird vor allem bei kleineren Betreibern extern vergeben. Da die so entwickelten Modelle dann aber ebenso gewartet werden müssen (z.B. Aktualisierung im Falle von Baumaßnahmen) wäre längerfristig eine direkte Anbindung der Modelle an die Leitungsinformationssysteme der Betreiber wünschenswert.

Als Auszug aus dem entwickelten (automatisierten) Datenfilter ist als Beispiel in Tabelle 45 die ausgewählte Funktionalanforderung „Baulicher Zustand und Nutzungsdauer“ als primär baulich zu erkennen. Durch regressive Filterung kann unter anderem die Kennzahl „Baulich sanierungsbedürftige Kanallänge“, als zu dieser Funktionalanforderung zugehörige, identifiziert werden. Durch weitere regressive Filterung (in diesem Fall automatisiert über die Schaltfläche „Filtern“) sind alle Eingangsdaten, welche für die Evaluierung dieser Kennzahl erforderlich sind, bekannt (hier: Länge baulich sanierungsbedürftiger Kanäle, Gesamtkanalnetzlänge). In diesem Beispiel erfolgt die Berechnung des Kennzahlenwertes automatisch über die zugrunde liegende Anleitung (Formel entsprechend Kapitel 4.2.2.1.1) dieser Kennzahl (8,33 % Anteil baulich sanierungsbedürftiger Haltungen am untersuchten Gesamtkanalnetz) nach Eingabe der Werte für die erforderlichen Eingangsdaten. Es ist anzumerken, dass einige Kennzahlen bzw. Kontextinformationen wie oben erwähnt hydrodynamische Modellierungen o.ä. voraussetzen und die Berechnung nicht, wie in diesem Fall, ohne weiteres tabellenkalkulatorisch erfolgen kann.

Tabelle 45: Regressive Datenfilterung

Regressive Datenfilterung					
				primäre Relevanz	
				baulich	
				Funktionalanforderung gemäß ÖNORM EN 752 (2008)	
				Baulicher Zustand und Nutzungsdauer	
				(messbare) Leistungsanforderung(en)	
				Filtern	
Eingangsdaten				KZ/KI Beschreibung	
Beschreibung des Inputs	Kürzel	Einheit	Eingabewerte	Baulich sanierungsbedürftige Kanallänge in [%]	
Länge baulich sanierungsbedürftiger Kanäle	LSZ= 4,5	[km]	25	x	
Gesamtkanalnetzlänge	Lges	[km]	300	x	
Wert der Kennzahl				8,33%	



Sind keine oder nur teilweise Eingangsdaten für die Berechnung der Kennzahlen bzw. Kontextinformationen für die zu untersuchende Funktionalanforderung bekannt, kann eine strategische Datenerhebung erfolgen. Dabei kann zielgerichtet vorgegangen werden, da bestehende Defizite (fehlende Eingangsdaten) durch die Anwendung der regressiven Datenfilterung klar erkenntlich gemacht werden können.

4.4.3 Progressive Datenfilterung

Entsprechend Kapitel 3.5.1 ist auch eine progressive Anwendung des entwickelten Datenfilters möglich.

Die progressive Anwendung des Datenfilters orientiert sich in entgegengesetzter Richtung zum regressiven Ansatz. Sind Eingangsdaten vorhanden, kann durch progressive Datenfilterung geprüft werden, für welche Kennzahlen bzw. Kontextinformationen und somit für welche Funktionalanforderungen und primären Relevanzen, eine (Teil-) Evaluierung erfolgen kann.

„Es kann ersichtlich gemacht werden, welche Kennzahlen [...] beziehungsweise welche Funktionalanforderungen durch vorhandene Daten ermittelt werden können. Der Anwender kann prüfen, welche Informationen (Kennzahlen, Funktionalanforderungen bzw. darauf aufbauend die primäre Relevanz) er durch den bestehenden Datenpool generieren kann und ob diese aus den vorhandenen Daten resultierende Informationen für seine Vorhaben genügen. Reichen diese nicht, kann systematisch festgestellt werden, welche Daten erhoben werden müssen beziehungsweise ob der Mehraufwand für die Datenbeschaffung gerechtfertigt ist.“ (SCHWARZ, 2012)

Auch die progressive Anwendung des Datenfilters soll eine systematische Erhebung fehlender Daten ermöglichen und dadurch zu einer gesteigerten Effizienz in der Datenbeschaffung und –verwaltung beitragen. Der zu erarbeitende softwaregestützte Datenfilter soll neben der regressiven Filterung auch eine progressive Anwendung möglich machen.

Sind bei der Sanierungsplanung bereits Eingangsdaten vorhanden, kann durch progressive Datenfilterung geprüft werden, für welche Kennzahlen bzw. Kontextinformationen und somit für welche Funktionalanforderungen und primären Relevanzen, eine (Teil-) Evaluierung erfolgen kann.

Unter Annahme, dass die „Gesamtkanalnetzlänge“ (Lges) bekannt ist, wird in Tabelle 46 (Auszug aus dem entwickelten automatisierten Datenfilter) ersichtlich, dass die Evaluierung mehrerer Kennzahlen bzw. Kontextinformationen („Baulich sanierungsbedürftige Kanallänge“, „Schäden aufgrund von Ausspülungen“ und „Anteil der Kanäle, die in Schutzgebieten liegen“) die Kenntnis der „Gesamtkanalnetzlänge“ (Lges) voraussetzt. Durch die bekannte „Gesamtkanalnetzlänge“ (Lges) sind somit zumindest Teilinformationen zur Evaluierung mehrerer Kennzahlen bzw. Kontextinformationen und somit zu mehreren Funktionalanforderungen („Baulicher Zustand und Nutzungsdauer“, „Angrenzende Bauten sowie Ver- und Entsorgungseinrichtungen nicht gefährden“ und „Grundwasserschutz“) und primären Relevanzen („baulich“ und „umweltrelevant“) bekannt.

Tabelle 46: Progressive Datenfilterung

Progressive Datenfilterung					
			primäre Relevanz		
			baulich		umweltrelevant
			Funktionalanforderung gemäß ÖNORM EN 752 (2008)		
			Baulicher Zustand und Nutzungsdauer	Angrenzende Bauten sowie Ver- und Entsorgungseinrichtungen nicht gefährden	Grundwasserschutz
			(messbare) Leistungsanforderung(en)		
Eingangsdaten			KZ/KI Beschreibung	KZ/KI Beschreibung	KZ/KI Beschreibung
Beschreibung des Inputs	Kürzel	Einheit	Baulich sanierungsbedürftige Kanallänge in [%]	Schäden aufgrund von Ausspülungen in [Stk./100km*a]	Anteil der Kanäle, die in Schutzgebieten liegen in [%]
Länge baulich sanierungsbedürftiger Kanäle	LSZ= 4,5	[km]	x		
Länge hydraulisch sanierungsbedürftiger Kanäle	LHZ= 5	[km]			
Länge gemäß optischer Dichtheit sanierungsbedürftiger Kanäle	LDZ= 2,3,4,5	[km]			
Länge betrieblich sanierungsbedürftiger Kanäle	LBZ= 4,5	[km]			
Gesamtkanalnetzlänge	Lges	[km]	x	x	x

4.4.4 Progressiv-regressive Datenfilterung

Nach erfolgter progressiver Datenfilterung kann durch regressive Anwendung geprüft werden, welche weiteren Eingangsdaten zur Berechnung der, zuvor durch die progressive Filterung bestimmten, Kennzahlen bzw. Kontextinformationen benötigt werden und ob diese bereits bekannt sind.

In Tabelle 47 ist eine, im Anschluss an die in Tabelle 46 durchgeführte progressive Datenfilterung für die Eingangsdaten „Gesamtkanalnetzlänge“ (Lges), progressiv-regressiv kombinierte Anwendung zu sehen. Dabei werden alle zur Evaluierung der Kennzahl „Schäden aufgrund von Ausspülungen“ erforderlichen Eingangsdaten (neben der bereits progressiv gefilterten „Gesamtkanalnetzlänge“ (Lges)) ausgegeben.

Sind alle benötigten Daten vorhanden, kann die Kennzahl sofort bestimmt werden, bei vorhandenen Datenlücken, müssen diese geschlossen werden um eine Bestimmung durchführen zu können. Dabei kann die Datenerhebung zielgerichtet und strategisch erfolgen, da bestehende Defizite in Form fehlender Eingangsdaten identifiziert werden können.

Tabelle 47: Progressiv-regressive Datenfilterung

Progressiv-regressive Datenfilterung			
			primäre Relevanz
			baulich
			Funktionalanforderung gemäß ÖNORM EN 752 (2008)
			Angrenzende Bauten sowie Ver- und Entsorgungseinrichtungen nicht gefährden
			(messbare) Leistungsanforderung(en)
			Filtern
Eingangsdaten		KZ/KI Beschreibung	
Beschreibung des Inputs	Kürzel	Einheit	Schäden aufgrund von Ausspülungen in [Stk./100km*a]
Gesamtkanalnetzlänge	Lges	[km]	x
Anzahl der Schäden an Straßen, Bauwerken, etc. aufgrund von Ausspülungen		[Stk]	x
Ermittlungszeitraum (standardmäßig 365 Tage)		[d]	x

4.5 Ablaufschema zur mittelfristigen ganzheitlich generellen Sanierungsplanung unter Einbeziehung von Risikobewertungen

4.5.1 Ablaufschema der ganzheitlich generellen Sanierungsplanung

Als ein wesentliches Projektziel sollte eine Methode zur mittelfristigen ganzheitlichen generellen Sanierungsplanung unter Einbeziehung von Risikobeurteilungen entwickelt und in einem Ablaufschema zusammengefasst werden. Die Anwendungen der im Projekt entwickelten Teilmethoden (Datenfilter, Kennzahlen, Risikoanalyse, Service Levels, etc.) können dadurch schlüssig und nachvollziehbar dargestellt werden (Reihenfolge der Teilschritte, etc.).

Bei der Entwicklung des Ablaufschemas wurde versucht, die aktuelle Vorgehensweise der Kanalunternehmen so weit wie möglich zu berücksichtigen. Vereinfacht kann die aktuelle Praxis wie folgt zusammengefasst werden: Derzeit erfolgt bei größeren Einzugsgebieten in der Regel eine Gebietsunterteilung nach unterschiedlichen Gesichtspunkten (Einzugsgebiete, Alter, Hydraulik, etc.). Auf Grundlage der optischen Inspektion (unterschiedliche Intervalle, tlw. selektive Inspektion und Hochrechnung) erfolgt eine bauliche Zustandsbewertung und fallweise werden dabei Randbedingungen (Grundwasser, Boden, Material, Alter, etc. wenn Daten vorhanden) berücksichtigt. Zusätzlich werden hydraulische Gesichtspunkte betrachtet (hydraulische Zustandsbewertung, Modellierung, etc.). Aus den Erkenntnissen der baulichen und hydraulischen Zustandsbewertung werden Sanierungsprioritäten (Haltungs- bzw. Strangweise) sowie Sanierungszeiträume (oder unter Umständen kürzere Inspektionsintervalle) festgelegt. Nach organisatorisch-wirtschaftlicher Adaptierung (z. B. verfügbares Sanierungsbudget und andere Rahmenbedingungen) kann die detaillierte Sanierungsplanung (Wahl des Sanierungsverfahrens, etc.) erfolgen.

Seitens der Universitäten wurden darauf aufbauend Vorschläge für eine mögliche standardisierte Vorgehensweise entwickelt und den Kanalunternehmen in den Workshops bzw. bei Betriebsbesuchen präsentiert. Auf Grundlage des Betreiberfeedbacks und dem Fortschritt der auszuarbeitenden Teilschritte (welche im Ablaufschema Berücksichtigung finden sollten) wurde das Ablaufschema laufend adaptiert. Erste Ergebnisse des entwickelten Ablaufschemas wurden in den Wiener Mitteilungen Band 225 von KRETSCHMER et al. (2012) publiziert und im Verlauf der Arbeiten weiter angepasst. Die Ergebnisse der Adaptierung des Ablaufschemas wurden in den Wiener Mitteilungen Band 229 (SCHWARZ et al., 2013b) veröffentlicht.

Im Ablaufschema sind alle Schritte der derzeitigen Praxis in der einen oder anderen Form zu finden. Im Wesentlichen wurde die Vorgehensweise den Erfordernissen der ÖNORM EN 752 (2008) angepasst und neben der baulichen und hydraulischen Betrachtungsweise die betriebliche und umweltrelevante ergänzt. Darüber hinaus wurden die entwickelte Risikobetrachtung und Kennzahlenmethodik inklusive strategischer Informationsbeschaffung (Datenfilter) und Service Levels als Kriterium der Zielerreichung einer Sanierungsplanung mitberücksichtigt.

Das Ablaufschema der ganzheitlich generellen Sanierungsplanung, als Vorschlag einer standardisierten Sanierungsplanung, ist in Abbildung 31 dargestellt. Die Gebietspriorisierung und Haltungspriorisierung (bzw. sinngemäß auch die Schachtpriorisierung) stellen Teilschritte dar, welche in sich weitere Teilschritte (Kennzahlenermittlung bzw. Risikobetrachtung, etc.) erfordern, diese werden in Kapitel 4.5.2.1 und 4.5.2.2 bzw. anhand der Abbildung 32, ausführlich beschrieben. Die genaue Vorgehensweise bei der Anwendung des Ablaufschemas wird in den folgenden Kapiteln erläutert.

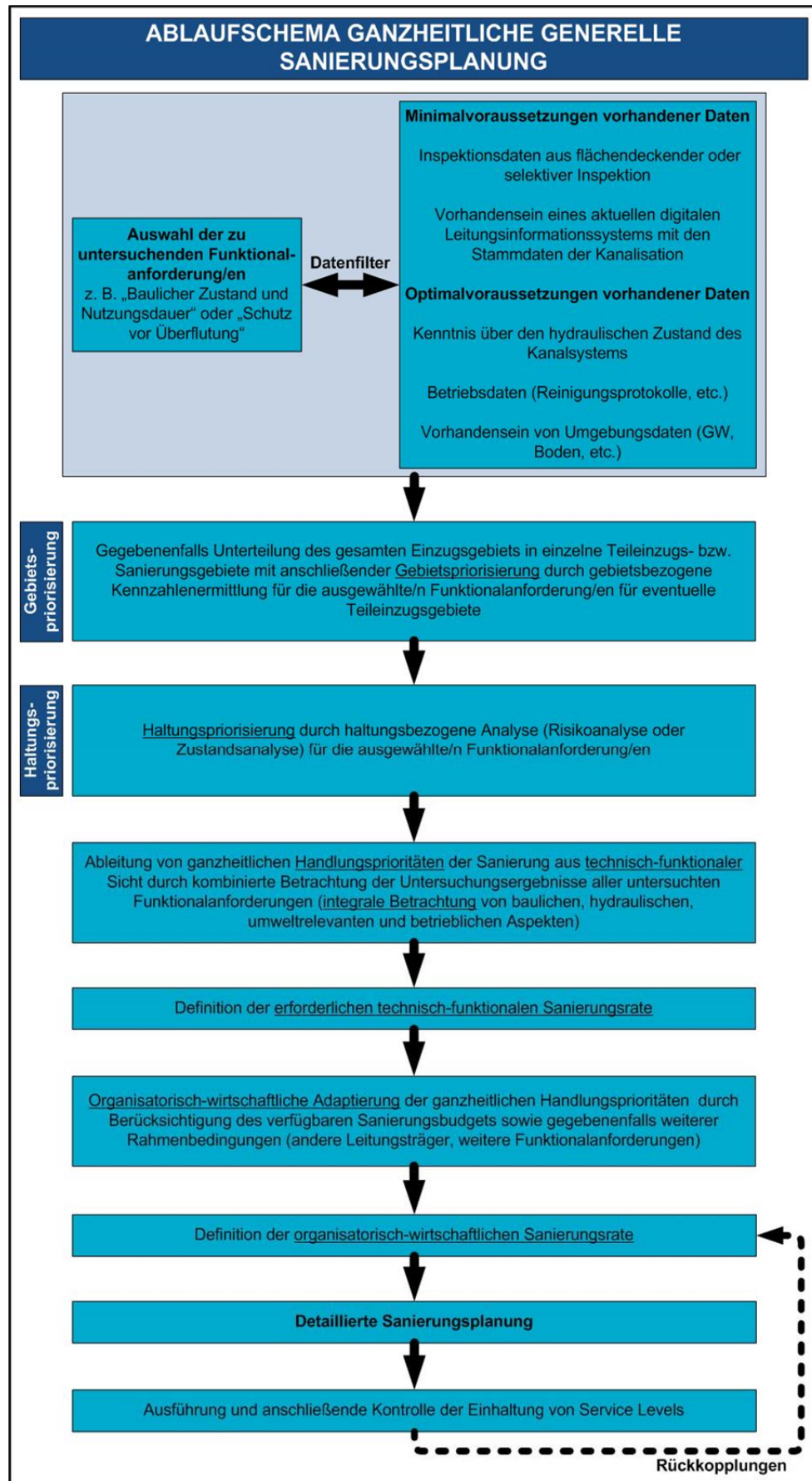


Abbildung 31: Ablaufschema der ganzheitlich generellen Sanierungsplanung (gilt sinngemäß auch für Schächte)

4.5.1.1 Auswahl der zu untersuchenden Funktionalanforderung

Im ersten Schritt der Sanierungsplanung muss laut SCHWARZ et al. (2013b) geklärt werden, welches Sanierungsziel verfolgt werden soll. Der Erhalt der Funktionsfähigkeit aus baulicher, betrieblicher, hydraulischer und umweltrelevanter Sicht und damit die Einhaltung aller gesetzlichen Anforderungen ist das grundlegende Ziel einer jeden Sanierungsplanung.

„Trotz gewisser Überschneidungen kann jede Funktionalanforderung nach ÖNORM EN 752 (2008) als primär baulich, betrieblich, hydraulisch oder umweltrelevant eingestuft werden. Durch Auswahl der entsprechenden Funktionalanforderung kann der gewünschte Untersuchungsrahmen festgelegt werden. Eine ganzheitliche Betrachtung kann durch Kombination aller Funktionalanforderungen erfolgen (integrale Betrachtung von baulichen, betrieblichen, hydraulischen und umweltrelevanten Aspekten gemäß ÖNORM EN 752 (2008)).“ (SCHWARZ et al., 2013b)

„In Abhängigkeit vom Zustand der Kanalisation kann aber auf gewisse Aspekte ein Hauptaugenmerk gelegt werden. Hierbei ist eine ganzheitliche Herangehensweise gegebenenfalls nicht notwendig. So ist es beispielsweise bei erhöhtem Fremdwasseraufkommen durch Grundwassereintritt z. B. nicht notwendig, hydraulische Aspekte im Sinne der Überflutungssicherheit zu berücksichtigen, wenn diese mit dem Fremdwasser in keinem ursächlichen Zusammenhang stehen.“ (KRETSCHMER et al., 2012)

Grob können die für viele Zwecke wesentlichen und in der Projektarbeit berücksichtigten Funktionalanforderungen je einer primären Relevanz (baulich, hydraulisch, umweltrelevant, betrieblich) zugeordnet werden. In Kapitel 4.1.2 ist die Auswahl der im Projekt berücksichtigten Funktionalanforderungen zu finden:

Baulich:

Baulicher Zustand und Nutzungsdauer

Angrenzende Bauten sowie Ver- und Entsorgungseinrichtungen nicht gefährden

Hydraulisch:

Schutz vor Überflutung

Umweltrelevant:

Schutz des Oberflächenvorfluters

Grundwasserschutz

Betrieblich:

Aufrechterhaltung des Abflusses bzw. Minimierung des Betriebsaufwandes

Eine nachträgliche Erweiterung des Umfangs an berücksichtigten Funktionalanforderungen (z. B. zusätzliche der insgesamt 13 definierten Funktionalanforderungen gemäß ÖNORM EN 752 (2008)) kann individuell erfolgen.



4.5.1.2 Grundlegende und optionale Datenerfordernisse

„Alle Stammdaten (Lage der Schächte, Rohrdurchmesser, etc.) der Kanalisation müssen in einem digitalen Leitungsinformationssystem (Kanalkataster) aktuell und in hinreichender Qualität und Quantität vorgehalten werden. In diesem Zusammenhang kann auf das ÖWAV Regelblatt 40 (2010) sowie den Endbericht des Forschungsprojektes KANFUNK (GANGL et al., 2006) verwiesen werden.

[...]

Ein umfassendes Leitungsinformationssystem (LIS) stellt [...] eine gute Basis für die Erstellung eines hydrodynamischen Modells dar, welches dann genutzt werden kann, um Systemzusammenhänge und Problembereiche eines Kanalnetzes darzustellen. Betriebsdaten wie Räumgutmenngen, Verstopfungen, Bürgerbeschwerden, etc. sollen ebenfalls im LIS verwaltet und für etwaige Bearbeitung betreffend den betrieblichen Zustand zugänglich gemacht werden.“ (KRETSCHMER et al., 2012)

„Genaue Kenntnisse über den Zustand der Kanalisation stellen eine wesentliche Grundlage für den modernen und effizienten Kanalbetrieb, ebenso wie für eine zielgerichtete Sanierungsplanung dar. Inspektionsdaten und Kenntnisse über den Zustand der Kanalisation (Haltungen, Schächte, Sonderbauwerke) aus einer flächendeckenden Gesamtbefahrung des Systems oder zumindest einer selektiven Inspektion mit anschließender Hochrechnung...“ (SCHWARZ et al., 2013b) sind Grundvoraussetzungen für die Sanierungsplanung. Im KANFUNK Endbericht (2006) bzw. bei PLIHAL (2009) wird auf die Qualitätssicherung bei der optischen Inspektion genauer eingegangen.

Inspektionsdaten aus flächendeckender oder selektiver Inspektion sowie ein vorhandenes, auf dem aktuellen Stand befindliches, Leitungsinformationssystem mit den Stammdaten der Kanalisation sind Grundvoraussetzungen für jede Sanierungsplanung. Laut DWA (2012) gehören zu den wesentlichen Voraussetzungen der Sanierungsplanung flächendeckende Daten des gesamten betrachteten Entwässerungsnetzes in konsistenter Form.

Neben den beschriebenen grundlegenden Anforderungen für die Sanierungsplanung können SCHWARZ et al. (2013b) folgend weitere Kenntnisse erforderlich sein oder die Aussagekraft erhöhen. Unterschiedliche Untersuchungsrahmen setzen unterschiedliche Informationen voraus oder werden durch optionale Kenntnisse in ihrer Aussagekraft gestärkt. Beispielsweise ist die Kenntnis über den hydraulischen Zustand des Kanalsystems für einige Bereiche der Sanierungsplanung unumgänglich (Einhaltung von Überstauhäufigkeiten, etc.). Betriebsdaten (Reinigungsprotokolle, Spülpläne, etc.) unterstützen Aussagen in betrieblicher Hinsicht, während beispielsweise Umgebungsdaten wie Lage von Wasserschutzgebieten, Grundwasserabstände oder Bodenart für umweltrelevante Aspekte (Grundwasserschutz) einen maßgebenden Einfluss haben können.

„Je mehr Daten in Summe zur Verfügung stehen, desto größer sind die strategischen Planungsmöglichkeiten (Betriebsoptimierung, Sanierungsplanung, etc.). Es ist allerdings von großer Bedeutung, dass die verwalteten Daten immer aktuell gehalten werden. Auch auf die Qualität der Daten ist zu achten, denn diese beeinflusst direkt die Qualität und damit die Aussagekraft der entsprechenden Analyseergebnisse.“ (KRETSCHMER et al., 2012)

Zusammenhänge zwischen Datenbasis und Untersuchungsrahmen (Umfang der untersuchten Funktionalanforderungen) können mittels einem, in Kapitel 3.5 beschriebenen, Datenfilter dargestellt werden. Die Anwendung eines Datenfilters ermöglicht im Wesentlichen die Ermittlung aller für eine Untersuchung notwendigen Eingangsinformationen (regressive Datenfilterung) bzw. beschreibt den möglichen Umfang einer Untersuchung bei vorhandener Datenbasis (progressive Datenfilterung) und wird in Kapitel 4.5.2.1.1 im Detail beschrieben.

4.5.1.3 Gebietspriorisierung

„In Abhängigkeit von der Größe eines Kanalsystems kann es sinnvoll sein, das Gesamtnetz in „bearbeitbare“ Teilnetze zu gliedern. Die Unterteilung orientiert sich dabei in der Regel an geografischen (Teileinzugsgebiete, etc.) oder strukturellen (Bereiche mit gleichem Verlegejahr, etc.) Rahmenbedingungen. In weiterer Folge können dann die Teilnetze nacheinander abgearbeitet werden.

[...]

Mit Hilfe einer gebietsbezogenen Kennzahlenermittlung [...] in Hinblick auf bestimmte Funktionalanforderungen kann der Zustand der Kanalisation in einem betrachteten Gebiet dargestellt [...] werden.“ (KRETSCHMER et al., 2012)

Durch Vergleich der Ergebnisse einer Kennzahlenermittlung und damit der Dringlichkeit des notwendigen Sanierungsbedarfs der einzelnen Teilnetze, können wie in SCHWARZ et al. (2013b) beschrieben Gebiete identifiziert werden, welche den akutesten Handlungsbedarf aufweisen.

In den Teilgebieten können, entsprechend ihrer Sanierungsdringlichkeit, weitere Schritte der Sanierungsplanung (siehe Haltungspriorisierung Kapitel 4.5.1.4) abgeleitet werden. Bestehende Gebietseinteilungen können durch eine Gebietspriorisierung validiert oder bei Bedarf entsprechend adaptiert werden.

Wie eine Gebietspriorisierung mit Hilfe von Kennzahlen erfolgen kann, wird in Kapitel 4.5.2.1 erläutert.

4.5.1.4 Haltungspriorisierung

„Nach Lokalisation des Teilgebiets mit der größten Priorität müssen im nächsten Schritt die prioritären Haltungen für dieses Gebiet durch eine haltungsbezogene Analyse bestimmt werden. Je nach Umfang der vorhandenen (optionalen) Daten bzw. nach Möglichkeit des Kanalbetreibers (Ressourcen, etc.) kann diese durch eine Risikoanalyse oder einfache Zustandsanalyse erfolgen.

Die Risikoanalyse unter Anwendung einer Risikobewertung und Berücksichtigung von Rahmenbedingungen (Grundwasser, Boden, etc.) ermöglicht es Haltungen zu identifizieren, welche nicht nur eine hohe Schadenswahrscheinlichkeit sondern auch eine erhöhte Schadenskonsequenz aufweisen.

Bei der einfachen Zustandsanalyse werden aus den zuvor ermittelten Gebietsdaten und -zuständen die jeweiligen Zustände der Haltungen abgeleitet und verglichen. Haltungsbezogene Daten und Zustände liegen vor, da diese die Eingangsdaten für die kumulierte Bewertung zur Gebietspriorisierung bilden.

Auf die Haltungspriorisierung wird in Kapitel 4.5.2.2 genauer eingegangen.



4.5.1.5 Integrale Betrachtung (Ableitung ganzheitlicher Handlungsprioritäten)

Durch eine kombinierte Betrachtung der Ergebnisse aus der Kennzahlenermittlung (Gebietspriorisierung) und der haltungsbezogenen Analyse (Haltungspriorisierung) können laut SCHWARZ et al. (2013b) für alle untersuchten Funktionalanforderungen gegebenenfalls ganzheitliche Handlungsprioritäten aus technisch-funktionaler Sicht abgeleitet werden (integrale Betrachtung von baulichen, betrieblichen, hydraulischen und umweltrelevanten Aspekten gemäß ÖNORM EN 752 (2008)).

Derzeit werden bei der Sanierungsplanung üblicherweise primär baulich (bauliche Zustandsbewertung; welche je nach verwendetem Verfahren neben der Standsicherheit auch Aspekte der Dichtheit und Betriebssicherheit berücksichtigen kann) und teilweise hydraulische Aspekte bei der Sanierungsplanung berücksichtigt.

Wie die Ableitung ganzheitlicher Handlungsprioritäten durch eine integrale Betrachtungsweise erfolgen kann, wird in Kapitel 4.5.3 beschrieben.

4.5.1.6 Erforderliche technisch-funktionale Sanierungsrate

Nach Identifikation jener Haltungen, welche Handlungsprioritäten aufweisen, kann die erforderliche technisch-funktionale Sanierungsrate festgelegt werden. Diese wird in SCHWARZ et al. (2013b) beschrieben. Die technisch-funktionale Sanierungsrate gibt den zu sanierenden Anteil der Kanalisation an, welcher für die Wiederherstellung der ganzheitlichen Funktionsfähigkeit erforderlich ist, ohne dabei limitierende organisatorisch-wirtschaftliche Faktoren wie etwa ein beschränktes Sanierungsbudget zu berücksichtigen.

Die Vorgehensweise für die Ermittlung der erforderlichen technisch-funktionalen Sanierungsrate wird in Kapitel 4.5.4.1.1 beschrieben.

4.5.1.7 Organisatorisch-wirtschaftliche Adaptierung der ganzheitlichen Handlungsprioritäten

„Nach der Ermittlung der Sanierungsprioritäten aus technisch-funktionaler Sicht können in einem nächsten Schritt Überlegungen zu den möglichen Sanierungsarten und den damit verbundenen Kosten angestellt werden. Unter Berücksichtigung der Dringlichkeit der Sanierungsmaßnahmen sowie den vorhandenen finanziellen und personellen Ressourcen kann dann eine zeitliche Ablaufplanung der Sanierung erfolgen. Dabei handelt es sich in der Regel um einen iterativen Prozess, in den auch noch zusätzliche Rahmenbedingungen (Planungen anderer Leitungsträger, etc.) integriert werden können. Die Berücksichtigung aller relevanten organisatorisch-wirtschaftlichen Aspekte führt zu einer finalen Prioritätenreihung der Sanierungsmaßnahmen, in der für alle sanierungsbedürftigen Bereiche die geplanten Sanierungsarten sowie eine damit verbundene Grobkostenabschätzung enthalten ist.“ (KRETSCHMER et al., 2012)

4.5.1.8 Organisatorisch-wirtschaftliche Sanierungsrate

Die in Kapitel 4.5.1.7 beschriebenen organisatorisch-wirtschaftlichen Adaptierungen limitieren bzw. beeinflussen die erforderliche technisch-funktionale Sanierungsrate. Die organisatorisch-wirtschaftliche Sanierungsrate ist jene Sanierungsrate, welche mittelfristig unter Berücksichtigung aller organisatorisch-wirtschaftlichen Rahmenbedingungen (verfügbares Sanierungsbudget, personelle Ressourcen, Koordination mit Planungen anderer Leitungsträgern, etc.) erreicht werden kann.

„Wenn die organisatorisch-wirtschaftliche Sanierungsrate gleich der erforderlichen technisch-funktionalen Sanierungsrate ist (oder darüber hinausgeht), ist davon auszugehen, dass die ganzheitliche Funktionsfähigkeit wiederhergestellt werden kann bzw. zukünftig gegeben ist.“ (SCHWARZ et al., 2013b)

Die Vorgehensweise für die Ermittlung der organisatorisch-wirtschaftlichen Sanierungsrate wird in Kapitel 4.5.4.1.3 beschrieben.

4.5.1.9 Detaillierte Sanierungsplanung, Ausführung der Maßnahmen und Rückkopplungen

„Nach der Festlegung einer finalen Prioritätenreihung erfolgt die detaillierte Sanierungsplanung. Diese umfasst alle wesentlichen Aufgaben von der Ausschreibung der Sanierungsmaßnahmen bis zur Bauausführung und Abnahme sowie der begleitenden Qualitätssicherung. Die detaillierte Sanierungsplanung ist nicht Teil der ganzheitlichen generellen Sanierungsplanung und wird deswegen [...] nicht mehr weiter behandelt.“ (KRETSCHMER et al., 2012)

„Nach Bauausführung und Abnahme hat eine laufende Überwachung und Aktualisierung aller Daten der Kanalisation ebenso zu erfolgen, wie eine laufende Kontrolle der Einhaltung von Zielkriterien (Service Levels). Hieraus ergeben sich Rückkopplungen auf die organisatorisch-wirtschaftliche Sanierungsrate. Werden alle Service Levels eines definierten Untersuchungsrahmens eingehalten, können Optimierungspotentiale ausgelotet werden. Können die Zielwerte nicht oder nur teilweise eingehalten werden, können entsprechend weitere Maßnahmen getroffen werden oder eine Adaptierung der organisatorisch-wirtschaftlichen Sanierungsrate erfolgen.“ (SCHWARZ et al., 2013b)

Die Kontrolle der Einhaltung von Service Levels und daraus ableitbare Rückkopplungsprozesse auf die Sanierungsplanung werden in Kapitel 4.5.4.2 erläutert.

4.5.2 Ablaufschema der Kennzahlenermittlung und Haltungsanalyse

Für eine ganzheitliche generelle Sanierungsplanung entsprechend der Ausführungen in Kapitel 4.5.1 sind die Teilschritte der Gebiets- bzw. Haltungspriorisierung zur Lokalisation der Sanierungsprioritäten im Kanalsystem unumgänglich. Erst die Kenntnis tatsächlicher Schwachstellen in einem System erlaubt eine bedarfsorientierte Planung von Maßnahmen. Diese beiden Teilschritte, welche im Ablaufschema der ganzheitlichen generellen Sanierungsplanung in Abbildung 31 explizit gekennzeichnet sind, können aufgrund ihrer Komplexität in einem separaten Ablaufschema (Ablaufschema der Kennzahlenermittlung und Haltungsanalyse) zusammengefasst werden (Abbildung 32). Die Erarbeitung der vorgeschlagenen Vorgehensweise bei der Gebiets- bzw. Haltungspriorisierung erfolgte, auf Grund des Bezugs zueinander, eng mit jener des Ablaufschemas der ganzheitlichen generellen Sanierungsplanung zusammen. Seitens der Universitäten wurden Vorschläge für ein potentes Vorgehen entwickelt und entsprechend dem Feedback der Kanalunternehmen aus Workshops bzw. Betriebsbesuchen angepasst. Erste Ergebnisse des Arbeitsfortschrittes wurden in den Wiener Mitteilungen Band 225 von KRETSCHMER et al. (2012) publiziert. Der gegenwärtige Erkenntnisstand stützt sich auf weiteren Adaptierungen entsprechend dem Konsens aller Projektpartner.



Bei Anwendung der im Projekt entwickelten Methodik ist bei Erreichen der entsprechenden Stellen (Gebiets- bzw. Haltungspriorisierung) im Ablaufschema der generellen ganzheitlichen Sanierungsplanung (Abbildung 31) das Ablaufschema der Kennzahlenermittlung und Haltungsanalyse (Abbildung 32) anzuwenden. Nach vollständigem Durchlaufen der Vorgehensweise bei der Gebiets- und Haltungspriorisierung ist an entsprechender Stelle (integrale Betrachtung) im Ablaufschema der generellen ganzheitliche Sanierungsplanung fortzufahren.

Das Ablaufschema der Kennzahlenermittlung und Haltungsanalyse umfasst die beiden Hauptteile „Gebietspriorisierung“ und „Haltungspriorisierung“ (welche sich im Kontext des Ablaufschemas der ganzheitlich generellen Sanierungsplanung in Kapitel Kapitel 4.5.1 bzw. Abbildung 31 wieder finden), welche nacheinander durchlaufen werden. Im ersten Teil erfolgt eine Gebietspriorisierung basierend auf dem Vergleich von Kennzahlenwerten. Aufbauend auf den Ergebnissen aus der Gebietspriorisierung, kann im zweiten Teil eine Haltungspriorisierung mit Hilfe einer Haltungsanalyse (gilt sinngemäß auch für Schächte) durchgeführt werden.

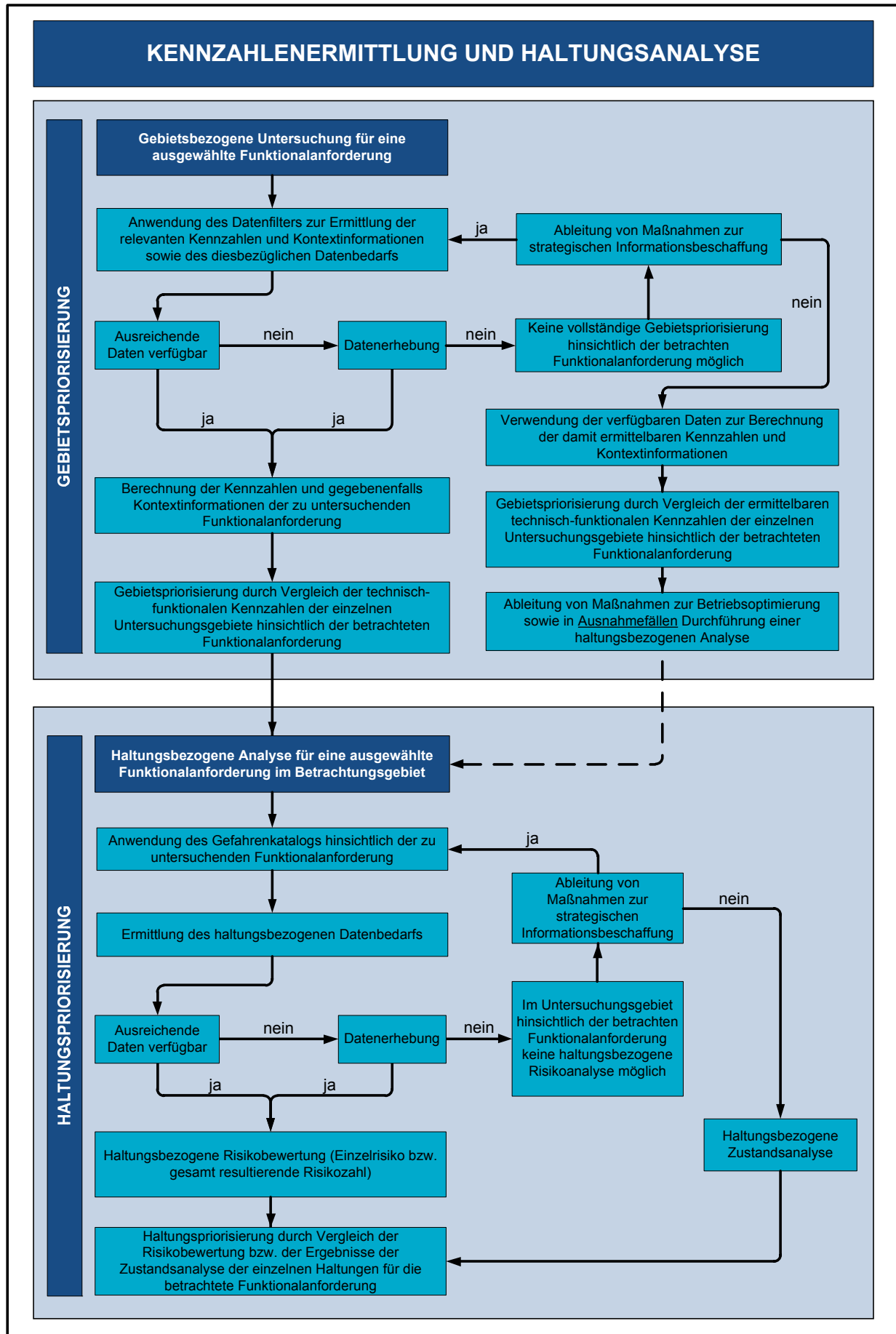


Abbildung 32: Ablaufschema der Kennzahlenermittlung und Haltungsanalyse (gilt sinngemäß auch für Schächte)



4.5.2.1 Gebietspriorisierung mittels Kennzahlen

Nach der in Kapitel 4.5.1.1 beschriebenen Auswahl der zu untersuchenden Funktionalanforderung müssen im nächsten Schritt die dafür relevanten Kennzahlen bzw. Kontextinformationen sowie der diesbezügliche Datenbedarf erhoben werden. Hierfür eignet sich der in Kapitel 3.5 beschriebene Datenfilter. Aufbauend auf den aus dem Datenfilter generierten Informationen erfolgt dann die weitere Gebietspriorisierung wie in Abbildung 32 dargestellt.

4.5.2.1.1 Anwendung des Datenfilters zur Kennzahlenermittlung und strategischen Informationsbeschaffung

Zur Identifikation des Zusammenhangs zwischen einer zu untersuchenden Funktionalanforderung, der relevanten Kennzahlen bzw. Kontextinformationen und den erforderlichen Eingangsdaten, ist der im Projekt entwickelte Datenfilter anzuwenden. Die unterschiedlichen Anwendungsmöglichkeiten (progressiv bzw. regressiv) wurden im Detail in den Kapiteln 4.4.2, 4.4.3 und 4.4.4 behandelt.

Regressive Datenfilterung

Die regressive Anwendung des Datenfilters erlaubt nach Auswahl einer zu untersuchenden Funktionalanforderung, die Bestimmung der zugehörigen Kennzahlen bzw. Kontextinformationen und die Ausgabe der erforderlichen Eingangsdaten für die Evaluierung.

Sind keine oder nur teilweise Eingangsdaten für die Berechnung der Kennzahlen bzw. Kontextinformationen für die zu untersuchende Funktionalanforderung bekannt, kann eine strategische Datenerhebung erfolgen. Dabei kann zielgerichtet vorgegangen werden, da bestehende Defizite (fehlende Eingangsdaten) durch die Anwendung der regressiven Datenfilterung klar erkenntlich gemacht werden können.

„Wenn alle benötigten Daten vorhanden sind, können die Kennzahlen sofort ermittelt werden. Falls Datenlücken bestehen, müssen diese geschlossen werden, danach können ebenfalls alle Kennzahlen bestimmt werden.“ (KRETSCHMER et al., 2012)

Progressive Datenfilterung

Sind bereits Eingangsdaten vorhanden, kann durch progressive Datenfilterung geprüft werden, für welche Kennzahlen bzw. Kontextinformationen und somit für welche Funktionalanforderungen und primären Relevanzen, eine (Teil-) Evaluierung erfolgen kann. Durch die kombinierte Anwendung einer progressiv-regressiven Datenfilterung ergeben sich weitere Möglichkeiten.

Progressiv-regressive Datenfilterung

Nach erfolgter progressiver Datenfilterung kann durch regressive Anwendung geprüft werden, welche weiteren Eingangsdaten zur Berechnung der, zuvor durch die progressive Filterung bestimmten, Kennzahlen bzw. Kontextinformationen benötigt werden und ob diese bereits bekannt sind.

Sind alle benötigten Daten vorhanden, kann die Kennzahl sofort bestimmt werden, bei vorhandenen Datenlücken, müssen diese geschlossen werden um eine Bestimmung durchführen zu können. Dabei kann die Datenerhebung zielgerichtet und strategisch erfolgen, da bestehende Defizite in Form fehlender Eingangsdaten identifiziert werden können.

4.5.2.1.2 Evaluierung der Kennzahlen und Kontextinformationen

Sind ausreichend Daten, entweder von vornherein oder nach erfolgter Erhebung basierend auf den Ergebnissen aus der Anwendung des Datenfilters, verfügbar können die Kennzahlen und gegebenenfalls Kontextinformationen der zu untersuchenden Funktionalanforderung bestimmt werden. Die Kennzahlenevaluierung erfolgt entsprechend der Definitionen der Kennzahlen bzw. Kontextinformationen, welche in Kapitel 4.2.2 beschrieben sind.

4.5.2.1.3 Datenlücken bei der Evaluierung von Kennzahlen und Kontextinformationen

Bei bestehenden Datenlücken und nicht erfolgter Datenerhebung können nicht alle (oder gar keine) Kennzahlen bzw. Kontextinformationen ermittelt werden und in weiterer Folge kann keine vollständige (bzw. keine) Gebietspriorisierung hinsichtlich der betrachteten Funktionalanforderung durchgeführt werden.

Die Ableitung von Maßnahmen zur strategischen Informationsbeschaffung, aus den Erkenntnissen der Anwendung des Datenfilters, kann die Aussagekraft der nachfolgenden Gebietspriorisierung verbessern. Bei der Beschaffung bisher unbekannter Daten kann durch Anwendung des Datenfilters gezielt vorgegangen werden. Durch Mehrfachzuweisungen einzelner Eingangsdaten zu mehreren Kennzahlen bzw. Kontextinformationen können Prioritäten einzelner zu beschaffender Informationen erkannt werden (unter Umständen können nach erfolgter Erhebung einer Eingangsinformation zwei oder mehr Kennzahlen bzw. Kontextinformationen berechnet werden). Funktionalanforderungen welche eine hohe Priorität auf den laufenden Betrieb oder betreffend dem Zustand des Entwässerungssystems haben, zeigen Dringlichkeiten noch zu erhebender Eingangsdaten auf. Werden Informationen nachträglich erhoben, können die Eingangsdaten auf Vollständigkeit hinsichtlich der zu untersuchenden Funktionalanforderung überprüft werden. Sind diese vollständig kann eine Evaluierung der Kennzahlen und Kontextinformationen, wie in Kapitel 4.5.2.1.2 beschrieben, erfolgen.

Können die Datenlücken aus gewissen Gründen (z.B. hoher finanzieller Aufwand) nicht behoben werden, kann mittels Datenfilter geprüft werden, ob sich zumindest die eine oder andere Kennzahl bzw. Kontextinformation mit den vorhandenen Daten errechnen lässt und in weiterer Folge eine (teilweise) Gebietspriorisierung durchgeführt werden kann.

4.5.2.1.4 Gebietspriorisierung bei vollständiger Kennzahlenevaluierung

Durch Vergleich der Ergebnisse aus der Evaluierung der Kennzahlen und damit der Dringlichkeit des notwendigen Sanierungsbedarfs für die einzelnen Teilnetze, können jene Gebiete identifiziert werden, welche den akutesten Handlungsbedarf hinsichtlich der untersuchten Funktionalanforderung aufweisen. Das (Teil-) Gebiet mit den kritischsten Kennzahlenwerten, ist jenes mit dem akutesten Handlungsbedarf aus Sicht der zugehörigen Funktionalanforderung.

Im Anschluss an die Gebietspriorisierung kann eine Haltungspriorisierung (siehe Kapitel 4.5.2.2) folgen, um die Lokalisation von Handlungsprioritäten weiter zu verdichten.



4.5.2.1.5 *Gebietspriorisierung bei unvollständiger Kennzahlenevaluierung*

Ist es möglich, trotz Datenlücken einen Teil der Kennzahlen und Kontextinformationen für die untersuchte Funktionalanforderung zu ermitteln, kann durch Vergleich dieser (Teil-) Ergebnisse eine (teilweise) Gebietspriorisierung durchgeführt werden. Das (Teil-) Gebiet mit den kritischsten Werten für die ermittelbaren Kennzahlen, weist dann den akutesten Handlungsbedarf für die zugehörige untersuchte Funktionalanforderung auf.

Für die (noch) nicht ermittelbaren Kennzahlen und Kontextinformationen sind durch Anwendung des Datenfilters jedenfalls die fehlenden Eingangsdaten bekannt. Maßnahmen zur strategischen Informationsbeschaffung (gezielte Erhebung fehlender Daten) können hieraus abgeleitet werden. Gegebenenfalls können auch Maßnahmen der Betriebsoptimierung abgeleitet werden.

Wie in KRETSCHMER et al. (2012) beschrieben, sollten in der Regel alle Kennzahlen einer Funktionalanforderung ermittelt werden, bevor eine Haltungspriorisierung (siehe Kapitel 4.5.2.2) durchgeführt wird (für welche der Datenbedarf normalerweise ohnehin höher ist als jener für die Gebietspriorisierung). In Ausnahmefällen ist es aber durchaus möglich, eine haltungsbezogene Analyse (Haltungspriorisierung) durchzuführen, wenn nicht alle Kennzahlen einer untersuchten Funktionalanforderung bekannt sind. Sind beispielsweise keine auf Schächte bezogenen Kennzahlen einer Funktionalanforderung ermittelbar, jene für Leitungen jedoch uneingeschränkt, kann eine verdichtete Lokalisation von Handlungsprioritäten durch die Haltungspriorisierung für die Leitungen erfolgen (die Schächte werden bis zur erfolgten Erhebung aller Daten ausgespart). Liegen laut KRETSCHMER et al. (2012) zum Beispiel keine Informationen betreffend der (optischen) Dichtheit von Schächten vor, kann über eine Risikoanalyse (siehe Kapitel 4.5.2.2.1) als Teilschritt der Haltungspriorisierung jedenfalls festgestellt werden, welche Schächte z. B. aus umweltrelevanter Sicht als am kritischsten zu betrachten sind. Daraus gezogene Informationen unterstützen jedenfalls eine strategische Informationsbeschaffung (die kritischsten Schächte werden dann als erste inspiziert).

4.5.2.2 **Haltungspriorisierung mittels Handlungsanalyse**

Nach der in Kapitel 4.5.2.1 beschriebenen Lokalisation des (Teil-) Gebietes mit der größten Priorität (Gebietspriorisierung), müssen für ausgewählte Funktionalanforderung im nächsten Schritt die kritischen Haltungen bzw. Schächte in diesem Gebiet bestimmt werden. Dies kann durch eine haltungsbezogene Analyse geschehen. Im Wesentlichen beruht diese Haltungsidentifikation auf dem Vergleich der Zustände bzw. des Risikos einzelner Haltungen in den zuvor bei der Gebietspriorisierung bestimmten (Teil-) Gebieten. Eine ähnliche Priorisierung erfolgt teilweise in der gängigen Praxis, indem prioritäre Haltungen in ausgewählten Sanierungsgebieten durch eine Abstimmung von baulichen und hydraulischen Zustandsbewertungen lokalisiert werden. Diese Methodik wurde in INFOSAN adaptiert und ergänzt. Neben betrieblichen und umweltrelevanten Aspekten wird der Nutzen von Risikobetrachtung in die Priorisierung einbezogen.

4.5.2.2.1 *Haltungsbezogene Risikobewertung*

Sind ausreichend Daten vorhanden oder wurden diese (im Zuge der strategischen Informationsbeschaffung) nachträglich erhoben, kann eine haltungsbezogene Risikobewertung durchgeführt werden.

Die Risikobewertung unter Anwendung des Gefahrenkatalogs und Berücksichtigung von Rahmenbedingungen (Grundwasser, Boden, etc.) ermöglicht es Haltungen zu identifizieren welche nicht nur eine hohe Schadenswahrscheinlichkeit sondern auch hohe Schadenskonsequenzen aufweisen.

Durch Verschneiden der Risikoklassen einzelner Haltungen für die jeweils untersuchten Funktionalanforderungen, können auch jene Haltungen identifiziert werden die auf mehrere Funktionalanforderungen kritisch wirken (siehe Kapitel 4.6.1.3).

4.5.2.2.2 *Haltungsbezogene Zustandsanalyse*

Sind keine ausreichenden Daten für eine Risikobewertung vorhanden bzw. wurden diese auch nachträglich (im Zuge der strategischen Informationsbeschaffung) nicht erhoben, können über eine haltungsbezogene Zustandsanalyse auch Aussagen über Haltungsprioritäten gemacht werden. In gewisser Weise entspricht die derzeit gängige Methode zur Ermittlung von haltungsweisen Sanierungsprioritäten jener einer haltungsbezogenen Zustandsanalyse. In der Praxis werden prioritäre Haltungen in (Teil-) Gebieten im Grunde durch Vergleich von baulichen oder hydraulischen Zustandsbewertungen lokalisiert. Eine haltungsbezogene Risikobewertung ist im Normalfall gegenüber der (einfacheren) Zustandsanalyse aussagekräftiger (genauere Aussagen durch Berücksichtigung von Wahrscheinlichkeiten, und Konsequenzen sowie eine Erfassung von Randbedingungen.). Die in INFOSAN entwickelte haltungsbezogene Zustandsanalyse sollte angewendet werden, wenn für die erhobenen relevanten Funktionalanforderungen gemäß Gebietspriorisierung die Risikoanalyse lediglich unter hohem Datenerfassungsaufwand möglich ist. Insbesondere im Bereich der Konsequenzenanalyse ist dies vielfach der Fall. Als Beispiel sind hier Konsequenzenanalysen im Bereich der Dichtheit (Exfiltration sowie Infiltration) sowie der Überflutung zu nennen.

Bei der haltungsbezogenen Zustandsanalyse werden, wie bereits erwähnt, aus den Gebietsdaten der Ermittlung der Kennzahlen bzw. Kontextinformationen die Haltungszustände abgeleitet und verglichen. Haltungsbezogene Daten und Zustände liegen in gewissem Maße ohnehin vor, da diese bei der vorhergehenden Gebietspriorisierung, anhand von Kennzahlen bzw. Kontextinformationen, kumuliert und zur Hochrechnung auf die (Teil-) Gebiete verwendet wurden. Das heißt, dass die ursprünglichen Eingangsinformationen welche zur Ermittlung der Kennzahlen bzw. Kontextinformationen erforderlich waren, haltungsspezifisch verglichen werden. Zum Beispiel werden anstelle von Zustandsklassenverteilungen (baulich, hydraulisch, etc. je nach untersuchter Funktionalanforderung), welche sich auf (Teil-) Gebiete beziehen, die Zustandsklassen (baulich, hydraulisch, etc. je nach untersuchter Funktionalanforderung) einzelner Haltungen herangezogen und miteinander verglichen, wie es bereits in der Praxis üblich ist. Im Vergleich zu bestehenden Praktiken der Haltungspriorisierung, hebt sich eine haltungsbezogene Zustandsanalyse durch den erweiterten Umfang ab (betriebliche und umweltrelevante Aspekte nebst baulichen und hydraulischen; Erweiterung der Vergleichsmöglichkeiten von Ergebnissen von baulichen oder hydraulischen Zustandsbewertungen auf den gesamten Umfang an Kennzahlen bzw. Kontextinformation wie sie im Projekt definiert wurden).

Jene Haltungen mit dem im Vergleich, zu den anderen Haltungen im (Teil-) Gebiet, kritischsten Werten erhalten die höchste Priorität.



4.5.3 Kombinierte Betrachtung aller untersuchten Funktionalanforderungen

Durch eine kombinierte Betrachtung aller untersuchten Funktionalanforderungen (integrale Betrachtung von baulichen, betrieblichen, hydraulischen und umweltrelevanten Aspekten entsprechend der ÖNORM EN 752 (2008)) können ganzheitliche Handlungsprioritäten aus technisch-funktionaler Sicht (also lediglich mit Hauptaugenmerk auf Wiederherstellung und Erhalt der Funktionsfähigkeit des Systems, ohne Berücksichtigung von organisatorisch-wirtschaftlichen Rahmenbedingungen wie etwa vorhandene Sanierungsbudgets etc.) abgeleitet werden.

Daraus resultieren jene Haltungen, welche ganzheitlich betrachtet, die höchsten Handlungsprioritäten aufweisen. Vereinfacht gesagt, hat eine Haltung welche die höchsten Handlungsprioritäten in den meisten dieser Aspekte aufweist die ganzheitlich gesehen höchste Priorität. Es können aber auch, je nach spezifischer Anforderung eines Kanalbetreibers, die einzelnen Funktionalanforderungen (je nach individueller Zielsetzung) unterschiedlich stark gewichtet werden. Soll zum Beispiel der Betrieb sichergestellt bzw. optimiert werden, um den einwandfreien Abfluss zu gewährleisten und betriebliche Einsparungspotentiale zu verbessern, kann dies über höhere Gewichtung (oder alleinige Berücksichtigung) der Funktionalanforderung „Aufrechterhaltung des Abflusses (inkl. Minimierung des Betriebsaufwandes)“ erfolgen.

Nachdem alle untersuchten Funktionalanforderungen kombiniert betrachtet wurden, können unter Berücksichtigung des Ablaufschemas der ganzheitlich generellen Sanierungsplanung (Abbildung 31) bzw. der in Kapitel 4.5.1.6 bis 4.5.1.9 beschriebenen Punkte, Maßnahmen zur Sanierung im Untersuchungsgebiet abgeleitet werden.

4.5.4 Standards für Service Levels als Gradmesser der Zielerreichung

Neben der Entwicklung von Kennzahlen, war die Empfehlung von Service Levels als Grenzwerte in Hinblick auf die generelle ganzheitliche Sanierungsplanung ein weiteres wichtiges Ziel im Projekt. Service Levels fungieren, wie in Kapitel 3.3.5 beschrieben, als Gradmesser der Zielerreichung für die Kennzahlen. Sind alle Service Levels für Kennzahlen einer Funktionalanforderung eingehalten, besteht hinsichtlich dieser, kein Handlungsbedarf im untersuchten (Teil-) Gebiet. Die verfügbaren Ressourcen können dann in Bereichen mit bekannten Defiziten gezielt eingesetzt werden oder der laufende Betrieb kann weiter optimiert werden. Wird ein oder mehrere Service Levels nicht eingehalten sind Maßnahmen zu treffen, um mittelfristig das Erreichen der Zielwerte sicherzustellen.

Die Entwicklung der empfohlenen Service Levels erfolgte partnerschaftlich in den Workshops. Der Fortschritt war eng an jenen der entwickelten Kennzahlen geknüpft, da lediglich für anwendbare Kennzahlen Service Levels definiert wurden. Vorgeschlagene Kriterien und Werte wurden zusammengefasst und an die Kanalunternehmen mit der Möglichkeit Stellung dazu zu nehmen ausgeschickt. Weiteren Input lieferten die Workshops und Betriebsbesuche.

Im Laufe des Projektes stellte sich heraus, dass im Wesentlichen zwei unterschiedliche Arten von Service Levels zu berücksichtigen sind. Neben Service Levels, deren Zielerreichung abhängig von der Anzahl auftretender Ereignisse (Überflutungen, Einhaltung des Weiterleitungsgrades, Verstopfungen, etc.) während eines bestimmten Zeitraumes (üblicherweise ein Jahr) ist, existieren Service Levels welche eine Zielerreichung für gewisse Zustände (bauliche, betriebliche, hydraulische, etc. Zustände) in einem definierten (Sanierungs-) Zeitraum (variabler Zeitraum; empfohlen wird ein mittelfristiger Horizont von 10 Jahren bzw. 2 Jahre als kurzfristiger) vorgeben.

In Tabelle 48 werden Service Levels, deren Zielerreichung vom Eintreten gewisser Ereignisse abhängt, empfohlen. Die Service Levels gelten als eingehalten, wenn die Werte der jeweiligen Kennzahlenermittlung mindestens den empfohlenen Werten entsprechen. Das heißt, dass für die Kennzahlen „Schäden aufgrund von Ausspülungen“ und „Anzahl der Verstopfungen“ kein entsprechendes Ereignis im Laufe des definierten Zeitraumes eintreten darf, damit der Wert für die Zielerreichung als eingehalten gilt. Die diesen Kennzahlen zugrunde liegenden Definitionen (Betrachtungszeitraum, etc.) werden in Kapitel 4.2.2 beschrieben. Für die restlichen Kennzahlen in Tabelle 48 bzw. deren Einhaltung von Service Levels liegen Empfehlungen bestehender ÖWAV Regelblätter zu Grunde. Für deren Einhaltung sind die Kriterien der jeweiligen Regelblätter zu beachten.

Tabelle 48: Empfehlungen für ereignisabhängige Service Levels

Empfehlungen für ereignisabhängige Service Levels		
Funktionalanforderung (ÖNORM EN 752 2008)	Kennzahl	Service Level
Angrenzende Bauten sowie Ver- und Entsorgungseinrichtungen nicht gefährden	Schäden aufgrund von Ausspülungen [Stk]	0 Stück
Schutz vor Überflutung	Einhaltung der Überflutungshäufigkeit gem. ÖWAV RB 11	Ja (Überflutungshäufigkeit eingehalten)
	Anteil der Schächte mit Überstau [%]	Entsprechend den Anforderungen aus ÖWAV RB 11
Schutz des Oberflächenvorfluters	Einhaltung des Weiterleitungsgrades gem. ÖWAV RB 19	Ja (Weiterleitungsgrad eingehalten)
Aufrechterhaltung des Abflusses (inkl. Minimierung des Betriebsaufwandes)	Anzahl der Verstopfungen [Stk]	0 Stück

Für Kennzahlen deren zugehörige Service Levels die Zielerreichung gewisser Zustände in einem definierten (Sanierungs-) Zeitraum vorgeben, wird empfohlen die in folgendem Kapitel beschriebene Vorgehensweise (Vergleich von Soll- und Ist-Werten jährlicher Sanierungsraten) anzuwenden.

4.5.4.1 Sanierungsraten als Service Levels

Im Laufe des Projektes stellte sich, wie oben bereits erwähnt heraus, dass im Wesentlichen zwei unterschiedliche Arten von Service Levels zu berücksichtigen sind. Neben den in Kapitel 4.5.4 erläuterten Service Levels, deren Zielerreichung abhängig von der Anzahl auftretender Ereignisse (Überflutungen, Einhaltung des Weiterleitungsgrades, Verstopfungen, etc.) während eines bestimmten Zeitraumes (üblicherweise ein Jahr) ist, existieren Service Levels welche eine Zielerreichung für gewisse Zustände (bauliche, betriebliche, hydraulische, etc.) in einem definierten (Sanierungs-) Zeitraum (variabler Zeitraum; empfohlen wird ein mittelfristiger Horizont von 10 Jahren bzw. 2 Jahre als kurzfristiger) vorgeben.

In vielen bereits existierenden Kennzahlensammlungen werden Sanierungsraten oder äquivalente Kennzahlen vorgeschlagen (siehe Kapitel 3.3.2.4). Im „Leitfaden zur strategischen Sanierungsplanung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden“ der DWA (2012) finden sich beispielsweise folgende Kennzahlen:

- Jährliche Kanalerneuerungsrate (Länge erneuerte + renovierte Kanalstrecken/Gesamtlänge Kanalnetz)
- Sanierungsbedarfsrate (Kanallänge Zustandsklasse 0 + 1/Gesamtlänge klassifiziertes Kanalnetz)

Auf Grundlage dieser bestehenden Kennzahlen wurden in gemeinschaftlichen Workshops Überlegungen getroffen, um Service Levels für die Zielerreichung unterschiedlicher Zustände (baulich, betrieblich, hydraulisch, umweltrelevant) zu finden. Dabei wurde der Ansatz verfolgt, Service Levels durch Vergleich des vorhandenen Sanierungsbedarfs und der tatsächlich sanierten Kanalanteile zu definieren. Es ist theoretisch



davon auszugehen, dass wenn der tatsächlich sanierte Anteil an einem Entwässerungssystem mindestens dem Sanierungsbedarf entspricht, die ausgewiesenen Defizite beseitigt werden können und die volle Funktionsfähigkeit wieder erreicht wird. In der Realität müssen jedoch, wie von SCHWARZ et al. (2013b) beschrieben, weitere Faktoren wie Zeiträume der Sanierungsplanung bzw. -ausführung, fehlende Ressourcen, etc. berücksichtigt werden. Deshalb ist es sehr unwahrscheinlich, dass alle bestehenden Defizite in kürzester Zeit beseitigt werden können. Dementsprechend wurden von den Projektpartnern Zeiträume vorgeschlagen, innerhalb welcher die Zielerreichung zu erfolgen hat. Vorgeschlagen werden ein mittelfristiger Sanierungshorizont von 10 Jahren bzw. 2 Jahre für einen kurzfristigen Sanierungshorizont, wobei eine individuelle Anpassung jederzeit erfolgen kann. Die genauen Arbeitsschritte zur Überprüfung der Zielerreichung sind in den folgenden Kapiteln beschrieben.

4.5.4.1.1 Definition des erforderlichen technisch-funktionalen Sanierungsbedarfs

Nachdem mit Hilfe einer Haltungspriorisierung (4.5.2.2) die kritischsten Haltungen mit der höchsten Handlungspriorität identifiziert wurden, kann der erforderliche technisch-funktionale Sanierungsbedarf festgelegt werden, welcher in SCHWARZ et al. (2013b) beschrieben ist. Dieser gibt den Anteil der Kanalisation an, welcher (sofort) saniert werden müsste, um die Funktionsfähigkeit aus ganzheitlicher (baulicher, betrieblicher, hydraulischer und umweltrelevanter) Sicht (sofort) zu erreichen.

Der erforderliche technisch-funktionale Sanierungsbedarf als Prozentanteil des untersuchten (Teil-) Systems entspricht dem aufsummierten Anteil der sanierungsbedürftigen Kanäle (bzw. Schächte) aus baulicher, hydraulischer und betrieblicher Sicht, sowie gemäß der Dichtheit in Prozent. Zu beachten ist, dass keine (sanierungsbedürftigen) Längen (bzw. Schächte) doppelt oder mehrfach berücksichtigt werden. Beispielsweise kann eine Haltung baulich, hydraulisch, gemäß Dichtheit und betrieblich sanierungsbedürftig sein, für die Ermittlung des erforderlichen technisch-funktionalen Sanierungsbedarfs darf die Länge der Haltung jedoch nur einfach gezählt werden, Tabelle 50 zeigt dies an einem Beispiel.

In Tabelle 49 werden die Definitionen zur Ermittlung des erforderlichen technisch-funktionalen Sanierungsbedarfs angeführt. Dabei ist zu beachten, dass hydraulische Aspekte für Schächte bereits in Tabelle 48 Berücksichtigung finden (Anteil der Schächte mit Überstau).

Tabelle 49: Definitionen zur Ermittlung des technisch-funktionalen Sanierungsbedarfs

Definitionen zur Ermittlung des technisch-funktionalen Sanierungsbedarfs			
Kennzahl		Erforderlicher technisch-funktionaler Sanierungsbedarf [%]	Definition
Baulich sanierungsbedürftige Kanallänge [%]		$\sum$ (Anteil sanierungsbedürftiger Kanallänge)	$\sum$ (Anteil sanierungsbedürftiger Kanallänge) = baulich + hydraulisch + gem. betrieblich sanierungsbedürftige Kanallänge [%]
Hydraulisch sanierungsbedürftige Freispiegelkanallänge [%]			
Gemäß optischer Dichtheit sanierungsbedürftige Kanallänge [%]			
Betrieblich Sanierungsbedürftige Kanallänge [%]			
Baulich sanierungsbedürftige Schächte [%]		$\sum$ (Anteil sanierungsbedürftiger Schächte)	$\sum$ (Anteil sanierungsbedürftiger Schächte) = baulich + gem. Dichtheit + betrieblich sanierungsbedürftige Schächte [%]
Gemäß optischer Dichtheit sanierungsbedürftige Schächte [%]			
Betrieblich sanierungsbedürftige Schächte [%]			
Anteil der nach ÖWAV RB 22 bzw. 42 undichten Kanallänge [%]		Anteil der nach ÖWAV RB 22 bzw. 42 undichten Kanallänge	-
Anteil der nach ÖWAV RB 22 bzw. 42 undichten Schächte [%]		Anteil der nach ÖWAV RB 22 bzw. 42 undichten Schächte	-

Am Beispiel in Tabelle 50 ist zu sehen, dass für die Ermittlung der gesamt sanierungsbedürftigen Kanallänge keine Längen mehrfach gezählt werden, auch wenn eine Haltung in mehrfacher Hinsicht einen Sanierungsbedarf aufweist. Der erforderliche technisch-funktionale Sanierungsbedarf ist der Anteil in Prozent an der Gesamtlänge, welcher einen Sanierungsbedarf aufweist. In diesem Fall wäre ein Anteil von 48,2 Prozent der Kanallänge bzw. 230 Meter (sofort) zu sanieren um diese in einen funktionsfähigen Zustand (sowohl baulich, hydraulisch, gemäß Dichtheit als auch betrieblich) zu bringen.

Tabelle 50: Bestimmung des erforderlichen technisch-funktionalen Sanierungsbedarfs an einem Beispiel

Bestimmung des erforderlichen technisch-funktionalen Sanierungsbedarfs							
Haltung	Länge [m]	San.bed. baulich	San.bed. Hydraulisch	San.bed. opt. Dichtheit	San.bed. Betrieblich	San.bed. Haltung [m]	Anteil an ges. Länge [%]
Nr. 1	40	ja				40	8,4
Nr. 2	45		ja	ja		45	9,4
Nr. 3	50					0	0
Nr. 4	48					0	0
Nr. 5	46				ja	46	9,6
Nr. 6	44					0	0
Nr. 7	52		ja		ja	52	10,9
Nr. 8	55					0	0
Nr. 9	47	ja	ja	ja	ja	47	9,9
Nr. 10	50					0	0
Länge ges. [m]	477						
Sanierungsbedarf [m]						230	
Erforderlicher technisch-funktionaler Sanierungsbedarf [%]							48,2

4.5.4.1.2 Definition der erforderlichen technisch-funktionalen Sanierungsrate (= Soll-Wert der jährlichen Sanierungsrate)

Von SCHWARZ et al. (2013b) wird ein Zusammenhang zwischen erforderlichem technisch-funktionalem Sanierungsbedarf und erforderlicher technisch-funktionaler Sanierungsrate (= Soll-Wert der Sanierungsrate) beschrieben:

„Ist der technisch-funktionale Sanierungsbedarf bekannt, ist davon auszugehen, dass aufgrund unterschiedlicher Limitierungen (limitierte Ressourcen, Zeitaufwand der Planung und Ausführung, etc.), (außer bei akuter Erfordernis) keine sofortige Sanierung stattfinden kann bzw. wird und die Sanierung innerhalb eines angestrebten Sanierungszeitraums erfolgt (dieser Zeithorizont kann beispielsweise einem mittelfristigen Sanierungszeitraum von 10 Jahren entsprechen). Unter Berücksichtigung des Sanierungsbedarfs und des Sanierungszeitraumes ergibt sich der Soll-Wert der jährlichen Sanierungsrate (= erforderliche technisch-funktionale Sanierungsrate) wie folgt:

$$\text{Soll-Wert der jährlichen Sanierungsrate [\%]} = \text{Sanierungsbedarf [\%]} / x \text{ Jahre Sanierungszeitraum [a]}$$

Der Soll-Wert der jährlichen Sanierungsrate entspricht jenem Anteil am Netz welcher pro Jahr zu sanieren ist um innerhalb des festgelegten Zeitraumes (z. B. 10 Jahre) die Funktionsfähigkeit des sanierungsbedürftigen Kanalanteils zu erreichen.“



Hierbei ist jedoch zu beachten, dass bei dieser Abschätzung der während des Sanierungszeitraums neu hinzukommende Sanierungsbedarf vernachlässigt wird, die erforderliche Sanierungsrate eher unterschätzt wird. Sollte sich ein großer Teil des Netzes in einem gerade noch nicht sanierungsbedürftigen Zustand befinden sollte der Sanierungszeitraum nicht zu lange gewählt werden bzw. sollte der Soll-Wert der jährlichen Sanierungsrate in kürzeren Abständen neu bestimmt werden. Im langjährigen Durchschnitt (mehrere Jahrzehnte) sollte die Sanierungsrate der erwarteten Lebensdauer des Netzes entsprechen (z. B. ca. 1,4 % Sanierungsrate bei einer angenommenen Lebensdauer von 70 Jahren). Da die Abschätzung der Lebensdauer von vielen Faktoren abhängt (Material, Ausführung, Belastung) wird die erforderliche Sanierungsrate abhängig von der Lebensdauerverteilung einzelner Rohrtypen und der Längenanteile dieser Rohrtypen im betrachteten Netz schwanken. Möglichst genaue Kenntnis über die aktuelle Alters- und Zustandsverteilung des Netzes sind hierbei von besonderer Bedeutung.

Der Sanierungsbedarf entspricht in diesem Fall dem erforderlichen technisch-funktionalen Sanierungsbedarf wie in Kapitel 4.5.4.1.1 beschrieben.

4.5.4.1.3 Definition der organisatorisch-wirtschaftlichen Sanierungsrate (= Ist-Wert der jährlichen Sanierungsrate)

Die in Kapitel 4.5.1.7 beschriebenen organisatorisch-wirtschaftlichen Adaptierungen limitieren und beeinflussen die erforderliche technisch-funktionale Sanierungsrate. Die organisatorisch-wirtschaftliche Sanierungsrate, welche ebenfalls von SCHWARZ et al. (2013b) beschrieben wurde, ist jene Sanierungsrate welche mittelfristig unter Berücksichtigung aller Rahmenbedingungen (verfügbares Sanierungsbudget, personelle Ressourcen, etc.) ausgeführt werden kann.

Wenn die organisatorisch-wirtschaftliche Sanierungsrate der erforderlichen technisch-funktionalen Sanierungsrate entspricht (oder darüber hinausgeht), ist davon auszugehen, dass der Erhalt der ganzheitlichen Funktionsfähigkeit gegeben ist.

In Tabelle 51 sind Definitionen zur Ermittlung der organisatorisch-wirtschaftlichen Sanierungsraten (für Leitungen sowie Schächte) angeführt. Die hierbei berücksichtigten tatsächlich sanierten Kanallängen bzw. Schächte in einem Jahr, werden dabei wie beschrieben durch unterschiedliche Rahmenbedingungen limitiert.

Tabelle 51: Definitionen der organisatorisch-wirtschaftlichen Sanierungsraten

Definitionen der organisatorisch-wirtschaftlichen Sanierungsraten	
Kennzahl/en - (messbare) Leistungsanforderung(en)	Ermittlung
Ist-Wert der jährlichen Sanierungsrate	Länge der sanierten Kanäle pro Jahr / Gesamtlänge der Kanäle [%]
Anteil der jährlich sanierten Schächte (= Ist-Wert für Schächte)	Anzahl sanierter Schächte pro Jahr / Gesamtanzahl der Schächte [%]

4.5.4.2 Kontrolle der Einhaltung von Service Levels und Rückkopplungen auf die Sanierungsplanung

Auf Grundlage der in Kapitel 4.5.2.2 beschriebenen Haltungspriorisierung erfolgt eine finale Prioritätenreihung mit anschließender detaillierter Sanierungsplanung (Ausschreibung, Ausführung, etc.), wie in Kapitel 4.5.1.9 zusammengefasst. Auf eine genaue Ausführung der Detailplanung wird an dieser Stelle verzichtet. Nach Bauausführung und Abnahme hat eine laufende Überwachung und Aktualisierung aller Daten der Kanalisation zu erfolgen. Durch laufende Kontrollen kann die Einhaltung der Zielkriterien (Service Levels) überprüft werden. Nichteinhaltung dieser Kriterien zeigt erforderliche Adaptierungen in der Sanierungsplanung auf und Rückschlüsse (Anpassung von Maßnahmen, Ressourcen- oder Budgetintensivierung, etc.) können gemacht werden.

Für die in Tabelle 48 angeführten Kennzahlen kann die Kontrolle der Einhaltung von Service Levels durch Vergleich der nach Bauausführung vorhandenen Werte der Kennzahlen mit den vorgeschlagenen Zielwerten erfolgen. Wird beispielsweise nach Maßnahmenausführung der Weiterleitungsgrad gemäß ÖWAV Regelblatt 19 (2007) eingehalten, gilt der entsprechende Service Level als erreicht und es sind diesbezüglich keine weiteren Maßnahmen erforderlich. Das Hauptaugenmerk kann auf vorhandene Defizite (z. B. weitere Funktionalanforderungen) gelenkt werden oder der bestehende Betrieb optimiert werden. Wird beispielsweise der erforderliche Service Level für die Überflutungshäufigkeit gemäß ÖWAV Regelblatt 11 (2009) trotz Verbesserungsmaßnahmen nicht eingehalten, müssen weitere Überlegungen zur Erreichung des Zielwertes veranlasst werden. Grundlagen für die weitere Vorgehensweise sowie eine Argumentationsbasis zur Beschaffung fehlender Ressourcen (Sanierungsbudget, etc.) sind geschaffen.

Vergleich von Soll- und Ist-Werten der jährlichen Sanierungsrate

Für die in

Tabelle 49 angeführten Kennzahlen wird empfohlen, die Einhaltung von Service Levels durch Vergleich der tatsächlichen Sanierungsrate (Ist-Wert = organisatorisch-wirtschaftliche Sanierungsrate) mit der erforderlichen technisch-funktionalen Sanierungsrate (Soll-Wert) unter Berücksichtigung eines definierten Sanierungszeitraumes zu überprüfen.

Ist der erforderliche technisch-funktionale Sanierungsbedarf bekannt ist davon auszugehen, dass aufgrund unterschiedlicher Rahmenbedingungen (limitierte finanzielle, personelle, etc. Ressourcen, Dauer der Planung und Umsetzung von Maßnahmen, unterschiedliche Sanierungsgebiete, etc.), (außer bei akuter Erfordernis) keine sofortige Sanierung stattfinden kann bzw. wird. An dieser Stelle wird beispielsweise angenommen, dass ein mittelfristiger Sanierungszeitraum von 10 Jahren für die Erreichung dieser Service Levels angestrebt wird. Für nach ÖWAV RB 22 (2011a) bzw. RB 42 (2011b) undichte Kanäle bzw. Schächte, wird aufgrund der vorhandenen Gefährdung des Grundwassers ein wesentlich kürzerer Sanierungszeitraum von maximal 2 Jahren vorgeschlagen.

Empfehlungen für die zustandsabhängigen Sanierungsraten bzw. deren Service Levels, wie in Kapitel 4.5.4 beschrieben, sind in Tabelle 52 dargestellt.

Tabelle 52: Empfehlungen für zustandsabhängige Service Levels (Sanierungsraten)

Empfehlungen für Service Levels der Sanierungsraten		
Kennzahl	Sanierungsrate Ist/Soll [%]	Service Level (Zielwert) [%]
Baulich sanierungsbedürftige Kanallänge [%]	Jährliche Sanierungsrate / [$\sum$ (Anteil sanierungsbedürftiger Kanallänge) / 10 Jahre] - 1	≥ 0 %
Hydraulisch sanierungsbedürftige Freispiegelkanallänge [%]		
Gemäß optischer Dichttheit sanierungsbedürftige Kanallänge [%]		
Betrieblich Sanierungsbedürftige Kanallänge [%]		
Baulich sanierungsbedürftige Schächte [%]	Anteil der jährlich sanierten Schächte / [$\sum$ (Anteil sanierungsbedürftiger Schächte) / 10 Jahre] - 1	≥ 0 %
Gemäß optischer Dichttheit sanierungsbedürftige Schächte [%]		
Betrieblich sanierungsbedürftige Schächte [%]		
Anteil der nach ÖWAV RB 22 bzw. 42 undichten Kanallänge [%]	Jährliche Sanierungsrate / [$\sum$ (Anteil der nach ÖWAV RB 22 bzw. 42 undichten Kanallänge) / 2 Jahre] - 1	≥ 0 %
Anteil der nach ÖWAV RB 22 bzw. 42 undichten Schächte [%]	Anteil der jährlich sanierten Schächte / [$\sum$ (Anteil der nach ÖWAV RB 22 bzw. 42 undichten Schächte) / 2 Jahre] - 1	≥ 0 %

Für das Beispiel aus Tabelle 50 wäre (bei einem mittelfristigen Sanierungszeitraum von 10 Jahren) demnach jährlich mindestens ein Anteil von 4,82 Prozent des Kanalnetzes bzw. 23 Meter Kanallänge zu sanieren, um die ganzheitliche Funktionsfähigkeit des untersuchten Kanalisationsabschnittes mittelfristig zu erreichen. Ist die tatsächliche jährliche Sanierungsrate (organisatorisch-wirtschaftliche Sanierungsrate) geringer (beispielsweise durch fehlendes Budget für Sanierungsmaßnahmen), kann der entsprechende Service Level nicht eingehalten werden. Dieser Zusammenhang wird auch von SCHWARZ et al. (2013b) beschrieben. In diesem Fall ist eine Adaptierung der organisatorisch-wirtschaftlichen Sanierungsrate, beispielsweise durch Maßnahmenoptimierung oder Budget- und Ressourcenintensivierung, erforderlich (Rückkopplungsprozess). Die aufgezeigten Defizite können beispielsweise als Argumentationsgrundlage bei Behörden oder Fördergebern dienen. Werden die entsprechenden Service Levels eingehalten, kann das Hauptaugenmerk auf vorhandene Defizite gelenkt werden oder der bestehende Betrieb optimiert werden.

4.6 Praktische Anwendung der Methodik

4.6.1 Risikoanalyse eines Beispielnetzes in Hinblick auf standsicherheitsgefährdende Zustände

Das Kapitel ist ein Auszug aus dem Fachartikel von FUCHS-HANUSCH et al. (2012b).

Das hier im Detail analysierte Teilsystem hat eine Länge von 85 km und umfasst 2.833 Haltungen. Es wurde zwischen 2008 und 2010 mittels TV-Befahrung inspiziert. Eine beim Betreiber durchgeführte Vorklassifizierung weist 7 km (8%) an Abwasserleitungen, mit einer baulichen Zustandsklasse von 4-5 nach ÖWAV RB 21 (1998), aus. Im betrachteten System kann eine jährliche Sanierungsrate von 1% realisiert werden. Es ist zu erwähnen, dass im betrachteten Netz selektive Inspektionskampagnen durchgeführt werden und mit jenen Gebieten begonnen wurde, die den höchsten Anteil an schlechten Zuständen erwarten ließen. Nichtsdestotrotz ist eine weitere Priorisierung unumgänglich und sei es nur, um die selektive Inspektion zu präzisieren. Die Anwendung einer Risikobewertung und die Ableitung signifikanter Einflussfaktoren auf das Auftreten risikoreicher Zustände bietet die Möglichkeit einer solchen Präzisierung.

Für das Beispielnetz wurden die Funktionalanforderungen „Schutz vor Überflutung“ und „Angrenzende Bauten sowie Ver- und Entsorgungseinrichtungen nicht gefährdet“ infolge des unerwünschten Ereignisses „Einsturz“ untersucht. Diese wurden vom Betreiber als höchstrelevant eingestuft. Dem INFOSAN – Konzept entsprechend kann sich die Auswahl relevanter Funktionalanforderungen an den aus der Kennzahlenbewertung je Gebiet abgeleiteten Defiziten orientieren (siehe Kapitel 4.5.1.3 bzw. 4.5.2.1 bzw. in KRETSCHMER et al. (2012)).

Im Beispielnetz lagen TV Inspektionsdaten nach ATV - M 143-2 (1999) vor. Allen Schadensbildern wurde in Anlehnung an die in Kapitel 4.3.3.1 beschriebene Vorgangsweise gemäß eines für die Kürzel nach ATV - M 143-2 (1999) definierten Klassifizierungsschemas die Wahrscheinlichkeit hinsichtlich Einsturz von $p=1$ bis $p=5$ zugeordnet. Tabelle 53 zeigt einen Auszug dieses Klassifizierungsschemas hinsichtlich hoch relevanter Schadensbilder. Für das unerwünschte Ereignis „Einsturz“ sind z. B. Zustände wie Risse, offene Fugen, Versatz oder Scherben mit schwerem Ausmaß ($> 5\text{mm}$) mit $p=5$ eingestuft. Es wurde bei dieser Klassifizierung auch nach Lage des Schadens unterschieden, wobei Scheitel, unten bei gleichem Schadensbild eine Notenstufe geringer eingestuft wurde.

Tabelle 53: Beispiele für Zustände $p=4,5$ betreffend „Einsturz“ (Kürzel nach ATV - M 143-2, 1999)

Gesamt	1. Stelle	2. Stelle	3. Stelle	4. Stelle	Trichterbildung, Sackung
Riß im Abzweig	Abzweig	Riss	Boden sichtbar	Scheitel, oben	4
Fehlendes Rohrstück am Schacht/Bauwerksanschluß	Rohrbruch, Rohrausbruch	Anschluss an Rohr	Eindringendes Wasser sichtbar	Scheitel, oben	5
Fehlendes Rohrstück am Schacht/Bauwerksanschluß	Rohrbruch, Rohrausbruch	Anschluss an Rohr	Eindringendes Wasser sichtbar mit Bodeneintrag	Scheitel, oben	5
Risse von einem Punkt ausgehend, größte Rißbreite	Riss	Risse, von einem Punkt ausgehend	Eindringendes Wasser sichtbar mit Bodeneintrag	Scheitel, oben	5
Risse von einem Punkt ausgehend, größte Rißbreite	Riss	Risse, von einem Punkt ausgehend	Eindringendes Wasser sichtbar mit Bodeneintrag	Sohle, unten	4
Risse von einem Punkt ausgehend, größte Rißbreite	Riss	Risse, von einem Punkt ausgehend	Eindringendes Wasser sichtbar mit Bodeneintrag	Gesamter Rohrumfang	5
Riß im Stutzen	Stutzen	Riss	Boden sichtbar	Scheitel, oben	5
Riß im Stutzen	Stutzen	Riss	Boden sichtbar	Sohle, unten	4
Riß im Stutzen	Stutzen	Riss	Eindringendes Wasser sichtbar mit Bodeneintrag	Sohle, unten	4



Betreffend „Einsturz“ kann in weiterer Folge, sofern die Zustände nach EN 13508-2/A1 (2010) beschrieben werden, die Klassifizierung nach DWA M 149-3 (2007) bzw. ISYBAU (OFD Niedersachsen, 2010) angewendet werden. Hier besteht die Möglichkeit Zustände in Hinblick auf Standsicherheit zu klassifizieren. Daraus lassen sich standsicherheitssignifikante Zustände filtern (siehe Kapitel 4.3.3.1.)

Weiters wurde ein hydraulisches Modell für den Einsatz in VulNetUD (MÖDERL et al., 2009) zur Analyse der Funktionalanforderung „Schutz vor Überflutung“ aufbereitet. Zur Analyse des FRI für die Funktionalanforderung „Angrenzende Bauten sowie Ver- und Entsorgungseinrichtungen nicht gefährden“ wurden GIS-Daten mit Informationen zur Lage der Wasserversorgung, der Straßenbahn sowie von stark frequentierten Straßen in die Bewertung einbezogen.

4.6.1.1 FRI Funktionalanforderung „Schutz vor Überflutung“ (FRI-Ü)

Zur Berechnung eines FRI für eine bestimmte Funktionalanforderung sind die Wahrscheinlichkeit eines Ereignisses und die Konsequenz dieses Ereignisses zu quantifizieren. Wie oben beschrieben, wurden die Schadensarten der TV-Inspektion hinsichtlich ihrer Relevanz für das unerwünschte Ereignis Trichterbildung infolge standsicherheitsgefährdender Zustände gemäß Tabelle 54 klassifiziert. Weiters wurde eine Schwachstellenkarte hinsichtlich Überflutung mit VulNetUD für den Komponentenausfall infolge Trichterbildung durch Einsturz und einem Regen mit einer Jährlichkeit $n=5$ erstellt. 4 km Haltungen wurden dabei als anfällig hinsichtlich Überflutung bei Komponentenausfall identifiziert. Die Haltungen betreffen Großteils den Hauptsammler des Teilsystems. Obwohl es insgesamt 9 Mischwasserüberläufe im System gibt, die den Hauptsammler vor Überlastung schützen sollen, erfolgt ein relativ hoher Anstieg des Überstauvolumens bei einem Einsturz dieses Hauptsammlers.

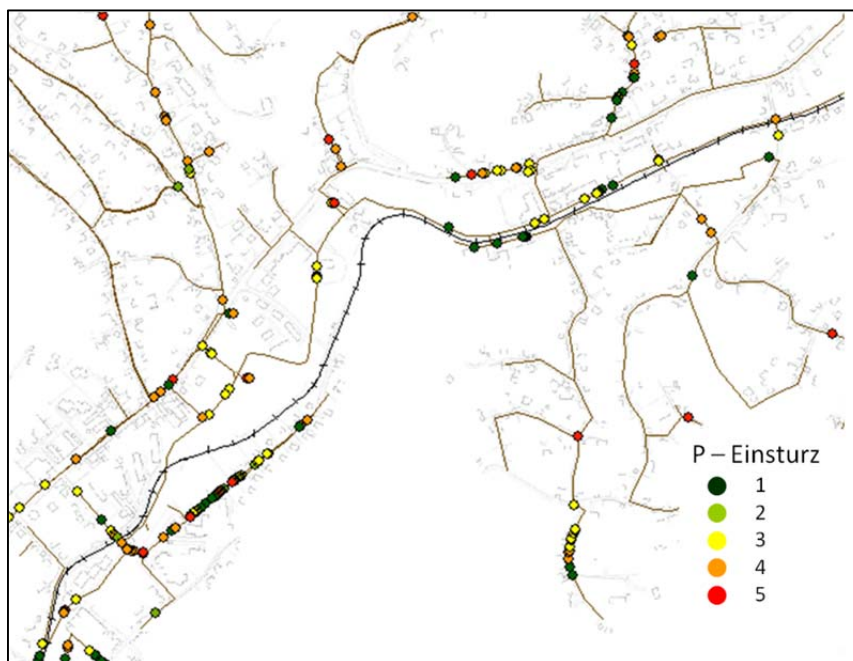


Abbildung 33: Klassifizierung von Zuständen bezüglich Einsturzgefährdung

Die Berechnungen des FRI-Ü haben gezeigt, dass 0,5 km der vulnerablen Haltungen (Abbildung 34) eine hohe Einsturzwahrscheinlichkeit aufweisen (Abbildung 35). Diese Kanäle sollten mit höchster Priorität behandelt werden. Zusätzlich wurde mittels LRA-Modell für alle 2.833 Haltungen die rechnerische Wahrscheinlichkeit eines Einsturzes ermittelt. Werden Haltungen gefiltert, die aufgrund ihrer spezifischen Eigenschaften hohe „Odds-Ratios“ aufweisen, ergeben sich 3 km, die eine hohe Versagenswahrscheinlichkeit aufweisen. Vergleicht man diese mit den TV-Befahrungsergebnissen, wurden

bei 50 % dieser Haltungen bereits schwere Versagensarten dokumentiert. Die restlichen 50 % gelten als erhöht gefährdet und sollten bei zukünftiger TV-Inspektion bevorzugt behandelt werden. Insbesondere wenn es sich dabei um vulnerable Haltungen handelt.

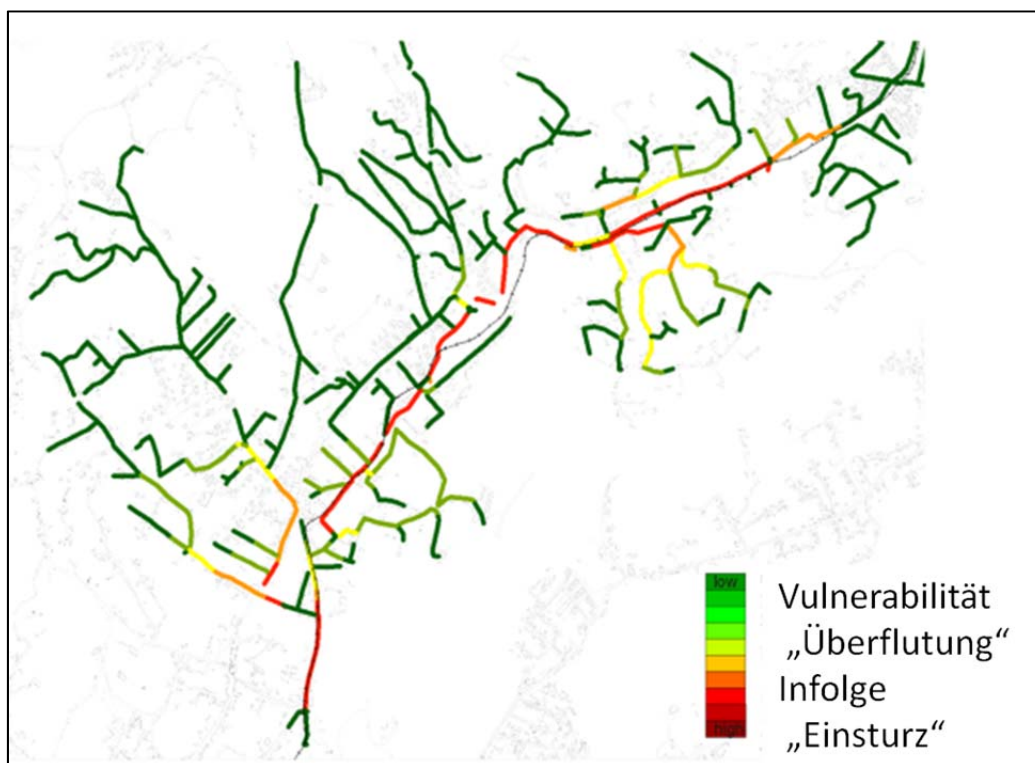


Abbildung 34: Vulnerabilitätskarte „Überflutung“ infolge „Einsturz“

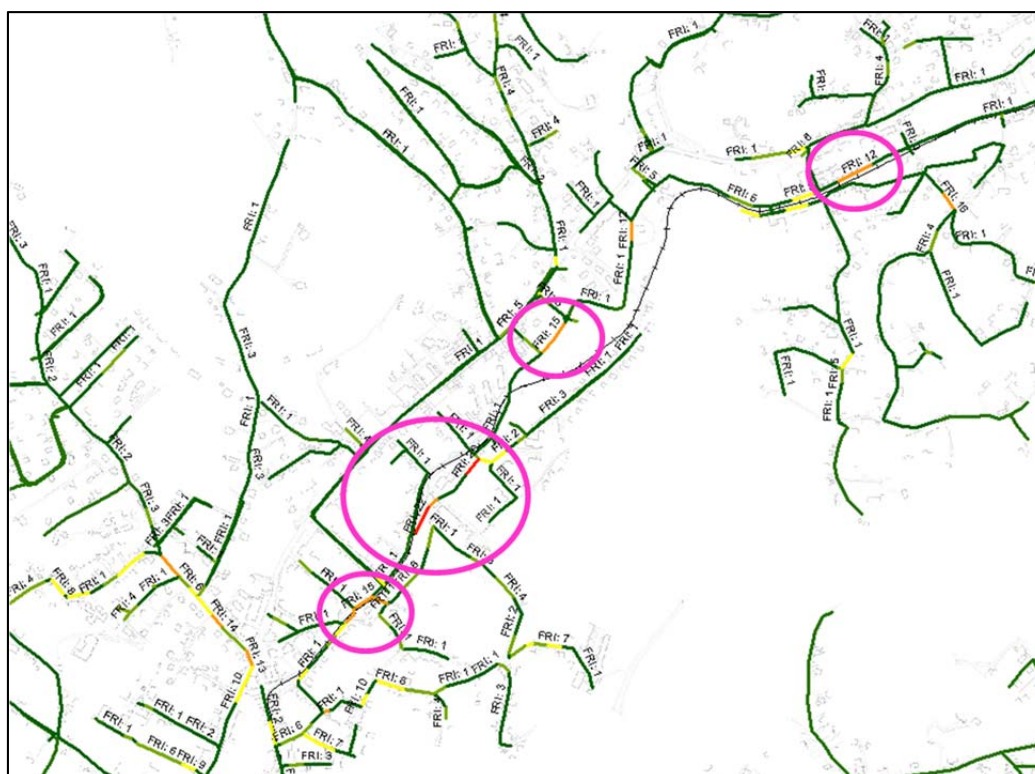


Abbildung 35: FRI-Ü im untersuchten Teilnetz



4.6.1.2 FRI Funktionalanforderung „Angrenzende Bauten sowie Ver- und Entsorgungseinrichtungen nicht gefährden“ (FRI - I)

zeigt die Parameter für die Konsequenzbewertung der Funktionalanforderung „Angrenzende Bauten sowie Ver- und Entsorgungseinrichtungen nicht gefährden“ infolge eines Haltungseinsturzes. Die Bedeutung der einzelnen Infrastrukturen wurde gleichberechtigt gewichtet. Gewichtungen können jedoch bei verfügbaren Kosteninformationen für die Sanierung der Infrastruktur bzw. einer monetärer Bewertung der sozialen Kosten infolge eines Ausfalls der entsprechenden Infrastrukturen abgeleitet werden.

Die Ergebnisse des FRI-I haben gezeigt, dass 0,5 km des Teilnetzes einen $FRI-I \geq 4$ in Bezug auf die Gefährdung von Straßenbahn, verkehrsreicher Straße und Wasserversorgung aufweisen. Wird nur eine bestimmte Infrastruktur in Betracht gezogen, z. B. das Versorgungsnetz, dann steigt diese Länge bis zu 4,9 km. Eine klare Definition und Gewichtung der Konsequenzen von Haltungsschäden für unterschiedliche Infrastrukturen erscheint daher als besonders wichtig.

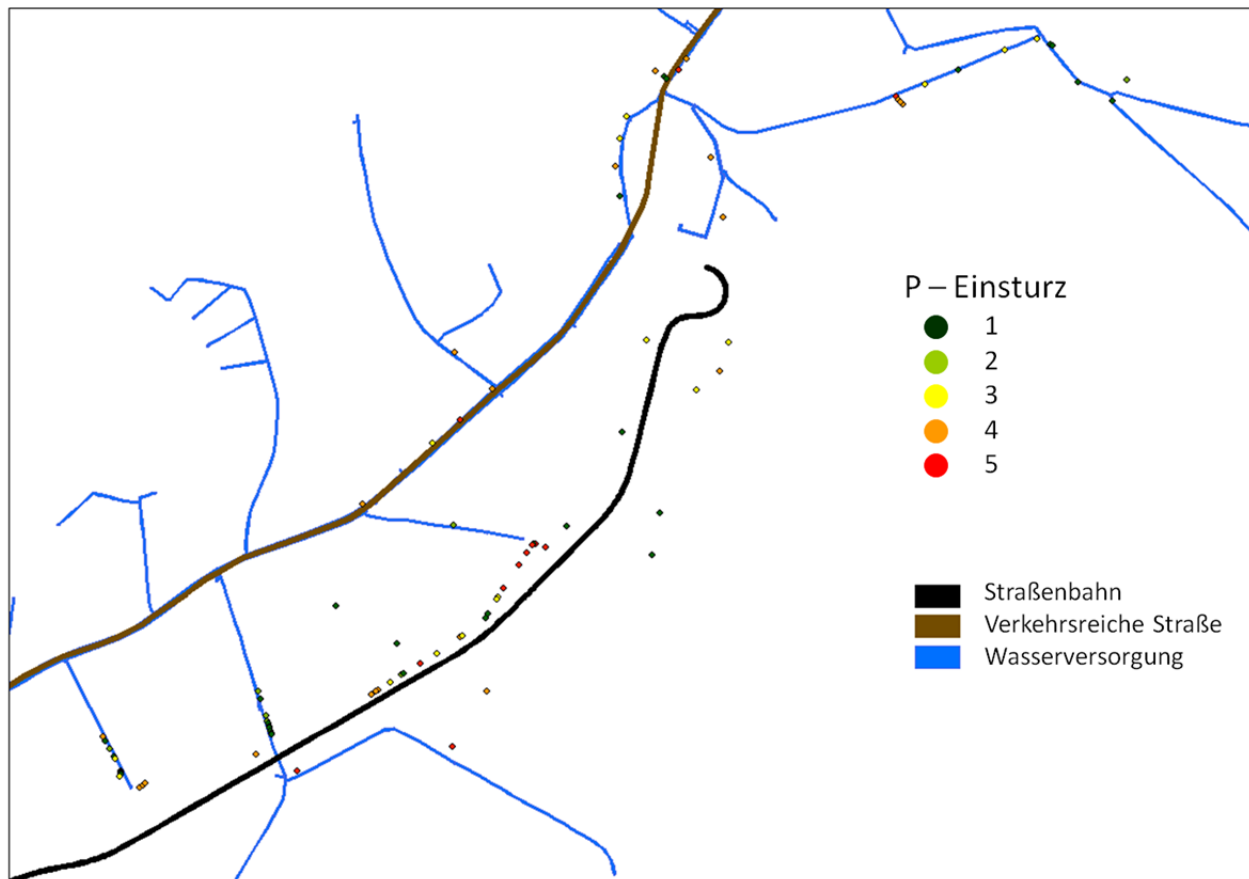


Abbildung 36: „Gefährdung angrenzende Infrastruktur“ infolge „Einsturz“

4.6.1.3 Haltungen mit interagierenden FRI (FRI-Ü x FRI-I)

Da sowohl Haltungen mit hohem FRI-Ü als auch Haltungen mit hohem FRI-I für eine Reduktion von Funktionalanforderungen verantwortlich sein können, sind beide Ergebnisse bei weiteren Planungen gesondert voneinander in Betracht zu ziehen. Dennoch war in den gegenständlichen Untersuchungen eine kombinierte Betrachtung der FRI von Interesse. Durch die Kombination von FRI-Ü und FRI-I im Beispielnetz wurde jedoch nur ein Kanalabschnitt als gefährdend für beide Leistungsziele identifiziert. Bei Kombination der FRI-I hinsichtlich Gefährdung der Trinkwasserinfrastruktur mit dem FRI-Ü konnten jedoch 0,5 km risikoreiche Haltungen identifiziert werden.

4.6.1.4 Berechnung der Eintrittswahrscheinlichkeit standsicherheitsgefährdender Zustände in nicht inspizierten Gebieten des Beispielkanalnetzes mittels Logistischer Regressionsanalyse (LRA)

Über die Klassifizierung gemäß Tabelle 53 konnte abgeleitet werden, dass im bereits inspizierten Teilnetz des Betreibers 252 Haltungen (5,3 km), einsturzsrelevante Zustände aufweisen. Diese 252 Haltungen wurden mit der Variable $y = 1$ in eine binäre logistische Regressionsanalyse gemäß Kapitel 3.4.3.2 einbezogen und 2500 Haltungen mit der Variablen $y = 0$ gegenübergestellt, um die für standsicherheitsgefährdende Zustände relevanten Randbedingungen ableiten zu können. Dieser Ansatz ermöglicht es die Zustandswahrscheinlichkeit auch in nicht inspizierten Gebieten zu berechnen. Tabelle 54 zeigt die in die LRA einbezogenen Einflussfaktoren und die zugehörigen Variablen.

Zur Voranalyse wurde eine Korrelationsanalyse durchgeführt. In Abhängigkeit der Höhe der Korrelation der Einflussfaktoren mit dem Ereignis $y = 1$ erfolgte die Reihung der schrittweise ins Modell einbezogenen Faktoren.

Tabelle 54: Einflussfaktoren und Variablen für LRA

Einflussfaktoren	Variablentyp	Variablen(kurz)	Variablen(Namen)	Datenquelle	Häufigkeit
Länge	metrisch			Kataster	
Abwasserart	nominal	SW	Schmutzwasser	Kataster	1818
		RW	Regenwasser		792
		MW	Mischwasser		222
Material	nominal	FZ	Faserzement	Kataster	96
		MA	Mauerwerk		28
		GG	Grauguss		14
		BS	Beton		1006
		GGG	Duktilguss		516
		GFK	Glasfaserverstärkter Kunststoff		58
		K	Kunststoff		103
		STZ	Steinzeug		1011
Profiltyp	nominal	A	Ei	Kataster	175
		B	Maul		400
		C	Kreis		2257
Breite	metrisch				
Überdeckung	metrisch			TV Befahrung	
Verlegejahr	metrisch				
Bodenart	metrisch	T	Ton	Bodenkarte	1240
		L	Lehm		98
		S	Sand		1300
		U	unbekannt		194
Verkehrsbelastung	metrisch			Verkehrsdaten	

Als signifikante Einflussfaktoren auf die für eine Einsturzgefährdung relevanten Schadensbilder ließen sich das Rohrmaterial, das Verlegjahr, der Durchmesser (Breite), die Profilart, die Haltungsgröße, Abwasserart sowie die Überdeckung ableiten. Die geringste Signifikanz wiesen dabei Abwasserart und Überdeckung auf. ($\text{Sig.} > 0,05$) (Tabelle 53). Dennoch wurden diese in das Modell integriert, da die Chi-Quadrat-Werte als ein Maß für die Modellqualität bei Einbeziehung dieser Faktoren weiter erhöht werden konnten. Bodenart und Verkehrsbelastung, mit Signifikanzniveaus über 0,2 wurden nicht einbezogen.

Durch die Analyse der Odds Ratios ($\exp(\beta)$) von Variablen verschiedener Einflussfaktoren im untersuchten System, kann abgeleitet werden, welche Haltungstypen am ehesten zu problematischen Schadensbildern neigen. z. B. ist die Wahrscheinlichkeit, dass Mischwasserkanäle die definierten Schadensbilder aufweisen, dreimal höher als die von Regenwasserkanälen. Im Vergleich zum Referenzmaterial Steinzeug haben Betonrohre die 3,5- fache Neigung, hochrelevante Schadensbilder aufzuweisen. Alle anderen Materialien haben geringe oder ähnliche „Odds“ wie Steinzeug. In Abhängigkeit des Verlegejahres steigt die Wahrscheinlichkeit nur geringfügig.

Tabelle 55: Signifikante Einflussfaktoren für die Modellbildung

		β	σ	Wald	df	Sig.	$\exp(\beta)$
Abwasserart				5.444	2	.066	
Abwasserart (1)	MW	1068	.474	5.080	1	.024	2.910
Abwasserart (2)	SW	.831	.504	2.724	1	.099	2.297
Referenzkategorie	RW						1.000
Material				58.460	7	.000	
Material (1)	FZ	.102	.540	.036	1	.850	1.107
Material (2)	MA	-.730	.800	.832	1	.362	.482
Material (3)	GG	-18.371	10584.489	.000	1	.999	.000
Material (4)	BS	1.214	.213	32.577	1	.000	3.367
Material (5)	GGG	-2.129	.605	12.380	1	.000	.119
Material (6)	GFK	-.889	1.033	.740	1	.390	.411
Material (7)	K	-.050	.829	.004	1	.952	.951
Referenzkategorie	STZ						1.000
Verlegejahr	VJ	-.017	.003	28.225	1	.000	.983
Überdeckung	Ü	-.135	.080	2.874	1	.090	.874
Breite	BS	-.007	.002	19.236	1	.000	.993
Länge	I	.020	.005	19.095	1	.000	1.020
Profiltyp				6.271	2	.043	
Profiltyp (1)	A (Ei)	-.952	.577	2.723	1	.099	.386
Profiltyp (2)	B (Maul)	-.009	.510	.000	1	.985	.991
Referenzkategorie	C (Kreis)						
Konstante		31.099	6.429	23.400	1	.000	

Zur Berechnung der Eintrittswahrscheinlichkeiten von einsturzgefährdenden Schadensbildern im noch nicht inspizierten Kanalnetz kann das Regressionsmodell wie folgt beschrieben werden:

$$\pi = \frac{e^z}{1 + e^z} \quad \text{wobei}$$

$$z = 31,099 + 1,068 * x_{MW} + 0,831 * x_{SW} + 0,102 * x_{FZ} - 0,730 * x_{MA} - 18,371 * x_{GG} + 1,214 x_B - \\ 2,129 * x_{GGG} - 0,889 * x_{GFK} - 0,5 * x_K - 0,17 * x_{VJ} - 1,35 * x_{\bar{U}} - \\ 0,007 * x_b + 0,02 * x_l - 0,952 x_A - 0,009 * x_B$$

Für nicht inspizierte Haltungen mit ähnlichen Rahmenbedingungen erlaubt das Modell somit die Berechnung von Wahrscheinlichkeiten, dass ähnliche Schadensbilder wie im beobachteten Netz auftreten. Auf Basis dieser rechnerischen Ausfallwahrscheinlichkeiten können Risikobewertungen in nicht inspizierten Gebieten durchgeführt werden, sofern Aussagen über die Konsequenzen getroffen werden können.

4.6.1.5 Zusammenfassung der praktischen Anwendung der Risikoanalyse

Risikobewertungen ermöglichen, neben der Wahrscheinlichkeit des Eintretens unerwünschter Zustände auch die Schadenskonsequenzen oder die Vulnerabilitäten verschiedener Abschnitte in Hinblick auf spezifische Funktionalanforderungen zu quantifizieren. Eine integrierte Betrachtung mehrerer Leistungsziele wie im hier angeführten Beispiel lässt auf Abschnitte schließen, die multiple negative Auswirkungen bei einem Versagen hervorrufen und unterstützt so die Priorisierung für die Sanierung..

Eine Einbeziehung von statistischen Schadensprognosemodellen (DAVIES et al., 2001, ARIARATNAM et al., 2001, ANA et al., 2009, FUCHS-HANUSCH et al., 2011) in die im INFOSAN Projekt entwickelte zustandsorientierte Risikobewertung ermöglicht die Identifizierung von Haltungen, die nicht nur eine hohe Schadenswahrscheinlichkeit aufweisen, sondern auch eine Reduzierung von Leistungsanforderungen zur Folge haben können. Insbesondere für die gezielte selektive Inspektionsplanung bietet dieser Ansatz eine Alternative bzw. eine Erweiterung zu bisherigen Verfahren.

Die Methode konnte im beschriebenen Beispiel auf ein Teilnetz eines österreichischen Kanalbetreibers erfolgreich angewendet werden. In einer Vorbewertung durch den Kanalbetreiber wurden auf Basis einer TV-Befahrung 7 km von 85 km den baulichen Zustandsklasse 4 und 5 zugeordnet. Bei Anwendung einer Risikobewertung der Haltungen dieses Teilnetzes mit Fokus auf die mittelfristige Einhaltung von zuvor festgelegten relevanten Funktionalanforderungen gemäß ÖNORM EN 752 (2008) wurde eine Länge von 1 km risikoreiche Haltungen identifiziert. Diese weisen insbesondere ein Risiko auf Überflutung und eine Gefährdung der angrenzenden Infrastrukturen infolge „Einsturz“ auf. Diese beiden im Detail untersuchten Funktionalanforderungen wurden vom Betreiber als höchstrelevant eingestuft.

Die Anwendung eines Regressionsmodells auf das Beispielnetz konnten 7 maßgebliche Einflussfaktoren identifiziert werden, die eine Berechnung der Auftrittswahrscheinlichkeit von einsturzsrelevanten Schadensbildern ermöglichen.

4.6.2 Kennzahlenevaluierung und Kontrolle der Zielerreichung bei projektbeteiligten Kanalunternehmen

Wie in Kapitel 3.6 angeführt, war die Anwendung der im Projekt entwickelten Methoden auf Teilbereiche der Kanalisationsnetze (einiger) der am Projekt teilnehmenden Kanalunternehmen ein Hauptziel des Projektes. Die Ermittlung der vorgeschlagenen Kennzahlen sollte an einem praktischen Beispiel gezeigt werden und anschließend auf Einhaltung der empfohlenen Service Levels geprüft werden, dabei wurde ein eingeschränkter Umfang an Kennzahlen betrachtet. Trotz des eingeschränkten Umfangs sollte, im Sinne eines integralen Kanalmanagement, eine möglichst ganzheitliche Anwendung erfolgen. Aus diesem Grund sollten folgende Kennzahlen bzw. Kontextinformationen (siehe Kapitel 4.2.1.3) genauer untersucht werden:

- Zustandsklassenverteilung "Standssicherheit"
- Baulich sanierungsbedürftige Kanallänge [%]
- Hydraulische freispiegelleitungsbezogene Zustandsklassenverteilung
- Hydraulisch sanierungsbedürftige Freispiegelkanallänge [%]
- Zustandsklassenverteilung "optische Dichtheit"
- Gemäß optischer Dichtheit sanierungsbedürftige Kanallänge [%]
- Zustandsklassenverteilung "Betriebssicherheit"
- Betrieblich sanierungsbedürftige Kanallänge [%]



Die Auswahl wird dadurch begründet, dass diese Kennzahlen bzw. Kontextinformationen aus Sicht der Kanalunternehmen einen abstrakten Charakter aufweisen. Die Ermittlung der sonstigen Kennzahlen bzw. Kontextinformationen beruht im Grunde auf einfachen Methoden zur Evaluierung (einfache Verhältniswerte) oder werden durch entsprechende Regelwerke gestützt und beschrieben (z. B. ÖWAV RB 11, 19, 22 bzw. 42).

Es ist anzumerken, dass zum Zeitpunkt der Auswertung keine Daten zur Hydraulik in entsprechender Aufbereitung für die untersuchten Teilnetze verfügbar waren und dementsprechend die:

- Hydraulische freispiegelleitungsbezogene Zustandsklassenverteilung sowie die
- Hydraulisch sanierungsbedürftige Freispiegelkanallänge [%]

keine Berücksichtigung finden konnten. Die restlichen Werte sollten für je ein Teilgebiet (wie es auch die entwickelte Methodik vorsieht) am Beispiel von zwei Kanalunternehmen bestimmt werden.

4.6.2.1 Beispiel zur Ermittlung sanierungsbedürftiger Kanallängen

Für die Ermittlung der Kontextinformationen:

- Zustandsklassenverteilung "Standssicherheit"
- Zustandsklassenverteilung "optische Dichtheit"
- Zustandsklassenverteilung "Betriebssicherheit"

wie laut Kapitel 4.6.2 für ausgewählte Kanalunternehmen vorgesehen, sind Daten aus der optischen TV-Befahrung und eine Erfassung der Zustände nach ÖNORM EN 13508-2/A1 (2010) erforderlich. Für die Kanalnetze der am Projekt beteiligten Kanalunternehmen standen zum Zeitpunkt der praktischen Anwendung der Methodik jedoch keine geeigneten Daten in der Kodierung nach ÖNORM EN 13508-2/A1 (2010) zur Verfügung.

Für ältere Schadensbeschreibungen nach Merkblatt ATV-M 143-2 (1999) kann aber eine Übersetzung in die Kodierung nach ÖNORM EN 13508-2/A1 (2010) mittels Umsteigekatalog DWA-M 152 (2009) erfolgen (siehe auch Kapitel 4.3.3.1). Für Zustandskürzel nach ATV-M 143-2 (1999) werden hierbei ein oder mehrere entsprechende Codes nach ÖNORM EN 13508-2/A1 (2010) vergeben. Am Beispiel zweier Kanalunternehmen, mit existierenden Befahrungsdaten nach ATV-M 143-2 (1999), wurde versucht mittels Übersetzung auswertbare Daten zu generieren. Software zur automatischen Übersetzung von ATV-M 143-2 (1999) nach ÖNORM EN 13508-2/A1 (2010) mittels Umsteigekatalog DWA-M 152 (2009) stand keine zur Verfügung. Aus diesem Grund wurde das Ziel verfolgt eine manuelle Übersetzung auf Grundlage des Umsteigekataloges durchzuführen. Da eine solche Übersetzung nicht Bestandteil des gegenständlichen Projektes war, sollte die Übersetzung mangels Ressourcen so einfach und rasch wie möglich erfolgen. Fehlende Schadensquantifizierungen der erfassten Daten nach ATV-M 143-2 (1999) erschwerten eine Auswertung zusätzlich. Für eine Zustandsbewertung nach ISYBAU (OFD Niedersachsen, 2010) bzw. DWA-M 149-3 (2007), welche auf der Kodierung nach ÖNORM EN 13508-2/A1 (2010) basieren, sind Quantifizierungen für Zustände zu kennen. Um die beschriebenen aufgetretenen Probleme bei der Auswertung zu umgehen, wurde beschlossen nach erfolgter manueller Übersetzung des Kodiersystems eine vereinfachte Zustandsklassifizierung, wie sie bei SCHWARZ (2012) beschrieben ist, anzuwenden. Die wesentlichen Merkmale dieser Methode, die mittlerweile von SCHWARZ et al. (2013a) auch publiziert wurde, sollen kurz beschrieben werden.

4.6.2.1.1 Vereinfachte Zustandsklassifizierung

SCHWARZ (2012) und SCHWARZ et al. (2013a) beschreiben eine vereinfachte, ganzheitliche Zustandsklassifizierung mittels der Tabellen zur Zustandsklassifizierung nach ISYBAU (OFD Niedersachsen 2010) (siehe z. B. Tabelle 40) welche auf der Kodierung nach ÖNORM EN 13508-2/A1 (2010) basieren. Demnach wird für jeden, nach ÖNORM EN 13508-2/A1 (2010), denkbaren Einzelschaden (also jede zulässige Kombination aus Hauptkode und Charakterisierung 1 und gegebenenfalls Charakterisierung 2) die Bandbreite der möglichen Einzelschadensklassen separat für die drei Anforderungen Dichtheit, Standsicherheit und Betriebssicherheit auf Grundlage der Tabellen zur Zustandsklassifizierung von Abwasserkanälen und Leitungen nach ISYBAU (OFD Niedersachsen 2010) dargestellt. *„Für viele Schadensarten können nach diesem Schema genaue Einzelzustandsklassen für diese drei Anforderungen vergeben werden, ohne eine Quantifizierung zu Grunde legen zu müssen. Einige Schadensarten erfordern allerdings zwingend eine numerische Angabe (Quantifizierung), um eine Einzelzustandsklassifizierung durchführen zu können. Ohne Kenntnis der Quantifizierung ist in einigen Fällen jedoch auch eine Bandbreite der möglichen Klassen feststellbar. Dabei handelt es sich insbesondere um Schäden, welche eine Querschnittsreduzierung als Auswirkung erkennen lassen, sowie Rissbreiten oder Angaben bezüglich Versätzen. Bei fehlender Quantifizierung und entsprechender Bandbreite der Einzelzustandsklassifizierung kann jedoch zumindest eine Aussage über die vom Schaden beeinflusste Anforderung gemacht werden.“* (SCHWARZ et al., 2013a)

Prinzipiell ist eine entsprechende Darstellung auch für die Einzelzustandsklassifizierung nach dem Merkblatt DWA-M 149-3 (2007) möglich. Wie jedoch von SCHWARZ (2012) beschrieben, erfordern *„bei der Zustandsklassifizierung nach DWA-M 149-3 deutlich mehr Einzelschäden eine Quantifizierung als nach ISYBAU. Auch ist die Bandbreite an möglichen Einzelschadensklassen für einzelne Schäden nach dem Schema der DWA umfangreicher.“*

In ISYBAU kann eine größere Anzahl an Einzelschäden pauschal einer Einzelschadensklasse zugeordnet werden, ohne dass eine Quantifizierung zugrunde gelegt werden muss.“ (SCHWARZ 2012)

Für eine vereinfachte Betrachtung mit weitestgehender Reduktion des Umfangs an notwendigen Schadensquantifizierungen zur Einzelzustandsklassifizierung bietet sich entsprechend SCHWARZ et al. (2013a) die Einzelzustandsklassifizierung nach ISYBAU (OFD Niedersachsen, 2010) an. Bekannte Probleme von Schadensquantifizierungen sind unter anderem in PLIHAL (2009) und SCHWARZ (2012) beschrieben.

„Für eine vereinfachte Zustandsklassifizierung von Haltungen kann wie bei SCHWARZ (2012) beschrieben die maximale Einzelzustandsklasse einer Haltung herangezogen werden.“ (SCHWARZ et al., 2013a) Diese Zustandsklassifizierung kann für die drei Anforderungen Standsicherheit (=primär baulich), Dichtheit (=primär umweltrelevant) und Betriebssicherheit (= primär betrieblich) getrennt erfolgen, indem jeweils die maximale Einzelzustandsklasse für die entsprechende Anforderung betrachtet wird. Sich ergebende Vorteile einer getrennten Betrachtung dieser drei Anforderungen sind bei SCHWARZ (2012) beschrieben, von SCHWARZ et al. (2013a) wurden erste Ergebnisse einer vereinfachten Zustandsklassifizierung, insbesondere hinsichtlich ihrer Aussagekraft, publiziert.



4.6.2.1.2 Vereinfachte Zustandsklassifizierung von nach ATV-M 143-2 inspizierten (Teil-) Systemen mittels Übersetzung in ÖNORM EN 13508-2/A1 Kodes anhand Umsteigekatalog DWA-M 152

Für ältere Schadensbeschreibungen nach Merkblatt ATV-M 143-2 (1999) kann eine Übersetzung in die Kodierung nach ÖNORM EN 13508-2/A1 (2010) mittels Umsteigekatalog DWA-M 152 (2009) erfolgen (siehe auch Kapitel 4.3.3.1). Für Zustandskürzel nach ATV-M 143-2 (1999) werden hierbei ein oder mehrere entsprechende Kodes nach ÖNORM EN 13508-2/A1 (2010) vergeben.

Durch Anwendung des Umsteigekatalogs von ATV-M143-2 (1999) zu ÖNORM EN 13508-2/A1 (2010), kann für nach ATV-M 143-2 (1999) inspizierte (Teil-) Systeme eine vereinfachte Zustandsklassifizierung, im Nachhinein, erfolgen. Die aus einem Zustandskürzel nach ATV-M 143-2 (1999) übersetzten Kodes nach EN 13508-2/A1 (2010) und das Maximum der daraus ableitbaren Einzelzustandsklassen nach den Tabellen ISYBAU (OFD Niedersachsen, 2010) für jede Anforderung ergibt die maßgebende Einzelzustandsklasse für die Dichtheit, Standsicherheit und Betriebssicherheit des ursprünglichen Kürzels nach ATV-M143-2 (1999). Der maximale Wert einer Haltung für Dichtheit, Standsicherheit und Betriebssicherheit ist wiederum für die Zustandsklassifizierung einer Haltung maßgebend.

Die Anwendung des Umsteigekatalogs macht, zumindest auf manuelle Weise, eine nicht zu unterschätzende Anzahl an Einzelfallbetrachtungen zur korrekten Kodierung nach ÖNORM EN 13508-2/A1 (2010) notwendig (da ohne Quantifizierungen oft keine eindeutigen Klassifizierungen möglich sind und nur eine nachträgliche Betrachtung des Einzelschadens Aufschluss über die Schwere geben kann). Ohne genauere Betrachtung vieler Kürzel nach ATV-M 143-2 (1999) ergeben sich Bandbreiten bei der Einzelzustandsklassifizierung nach ÖNORM EN 13508-2/A1 (2010) welche die weiterführenden Zustandsklassifizierungen von Haltungen beeinflussen. Eine Anwendung der vereinfachten Zustandsklassifizierung von Haltungen von nach ATV-M 143-2 (1999) inspizierten (Teil-) Systemen ist also prinzipiell machbar jedoch mit einem Mehraufwand bzw. in vielen Fällen mit einer reduzierten Aussagekraft verbunden, wie auch in den Wiener Mitteilungen Band 229 (SCHWARZ et al., 2013b) angemerkt wird.

4.6.2.1.3 Manuelle Übersetzung von ATV-M 143-2 in ÖNORM EN 13508-2/A1 und Anwendung einer vereinfachten Zustandsklassifizierung für zwei Kanalunternehmen

Für je ein Teilgebiet der beiden untersuchten Kanalisationsanlagen erfolgte eine Übersetzung von Schadenscodes nach ATV-M143-2 (1999) in ÖNORM EN 13508-2/A1 (2010). Im Anschluss daran wurde eine vereinfachte Zustandsklassifizierung durchgeführt.

Für die Übersetzung wurden alle möglichen Kombinationen von ATV-M 143-2 (1999) Schadenskürzeln in einer Liste zusammengefasst und die entsprechenden ÖNORM EN 13508-2/A1 (2010) Kodes folglich dem Umsteigekatalog zugeordnet.

In Tabelle 56 sind die Übersetzungen der möglichen Kürzelkombinationen des Zustandstextes AP (Wurzeleinwuchs durch den Abzweig) nach ATV-M 143-2 (1999) dargestellt. Die dritte Stelle der Kürzel beinhaltet Angaben zur Undichtigkeit, die vierte Stelle beschreibt die Lage im Profil. Je nach Kürzelkombination sind ein oder mehrere ÖNORM EN 13508-2/A1 (2010) Kodes zur Übersetzung erforderlich.

Tabelle 56: Auszug aus der nach DWA-M 152 erstellten Übersetzungsliste für ATV-M 143-2 Kürzel

Übersetzung der Kodierung ATV-M 143-2 in ÖNORM EN 13508-2/A1 mittels Umsteigekatalog DWA-M 152										
Kuerzel	Einheit	Kode 1 nach ÖNORM EN 13508-2/A1			Kode 2 nach ÖNORM EN 13508-2/A1			Kode 3 nach ÖNORM EN 13508-2/A1		
		Hauptkode	1. Ch	2. Ch	Hauptkode	1. Ch	2. Ch	Hauptkode	1. Ch	2. Ch
APBL	[%]	BBA			BAO					
APBO	[%]	BBA			BAO					
APBR	[%]	BBA			BAO					
APBU	[%]	BBA			BAO					
APEL	[%]	BBA			BBF	C				
APEO	[%]	BBA			BBF	C				
APER	[%]	BBA			BBF	C				
APEU	[%]	BBA			BBF	C				
APFL	[%]	BBA			BBF	A				
APFO	[%]	BBA			BBF	A				
APFR	[%]	BBA			BBF	A				
APFU	[%]	BBA			BBF	A				
APML	[%]	BBA			BBF	C		BBD		
APMO	[%]	BBA			BBF	C		BBD		
APMR	[%]	BBA			BBF	C		BBD		
APMU	[%]	BBA			BBF	C		BBD		
AP-L	[%]	BBA								
AP-O	[%]	BBA								
AP-R	[%]	BBA								
AP-U	[%]	BBA								

Nicht alle Zustandskürzel können zufrieden stellend übersetzt werden. „Für jede geforderte, aber aus den Zustandskürzeln nicht abzuleitende Charakterisierung wurde der Kode (Y) eingetragen.“ (DWA-M 152, 2009) In der erstellten Übersetzungsliste wurden nicht ableitbare Charakterisierungen oder Schadensarten ausgespart.

Für die übersetzten Codes kann eine vereinfachte Einzelzustandsklassifizierung für die Anforderungen Dichtheit, Standsicherheit und Betriebssicherheit durchgeführt werden. Dazu wird jeder Einzelschaden nach ÖNORM EN 13508-2/A1 (2010) auf Grundlage der Tabellen zur Zustandsklassifizierung nach ISYBAU (OFD Niedersachsen, 2010) (siehe z. B. Tabelle 40) klassifiziert (siehe Tabelle 57). Ist eine Übersetzung nur durch Angabe mehrerer ÖNORM EN 13508-2/A1 (2010) Codes möglich, müssen alle entsprechenden Einzelzustandsklassen, getrennt für die drei Anforderungen, verglichen werden und jene welche den negativsten Zustand beschreibt als maßgebend betrachtet werden. Sofern nicht eine gewichtigere und dementsprechend maßgebende, eindeutige Einzelzustandsklasse vorliegt, ist bei auftretender Klassenbandbreite eine Unsicherheit gegeben. In diesem Fall könnte eine genauere Betrachtung (nachträgliche Betrachtung des Einzelschadens) weitere Aufschlüsse ermöglichen. Eingeschränkte zeitliche Ressourcen erlaubten jedoch keine nachträgliche Betrachtung von Einzelschäden.



Tabelle 57: Auszug aus der nach ISYBAU erstellten Liste zur Einzelzustandsklassifizierung von EN 13508-2/A1 Kodes

Auszug aus der nach ISYBAU erstellten Liste zur Einzelzustandsklassifizierung von EN 13508-2/A1 Kodes				
Einzelzustandsklasse				
	Schadensbeschreibung	Dichtheit	Standssicherheit	Betriebssicherheit
Boden sichtbar	BAO	4	4	
Wurzeln	BBAA	3		2-5
	BBAB	3		2-5
	BBAC	3		2-5
	BBA	3		2-5
Eindringen von Bodenmaterial	BBDA	4	5	2-5
	BBDB	4	5	2-5
	BBDC	4	5	2-5
	BBDD	4	5	2-5
	BBDZ	4	5	2-5
	BBD	4	5	2-5
Infiltration	BBFA	3	2	1
	BBFB	3	2	1
	BBFC	4	3	2
	BBFD	4	4	2

Nach dem Einlesen der Befahrungsdaten der Teilgebiete in Microsoft Excel (Originalkürzel nach ATV-M143-2 (1999) bzw. Haltungsnummern) wurde eine vereinfachte Haltungsklassifizierung auf Grundlage der beschriebenen Methodik durchgeführt. Dazu wurden die ersten vier Stellen der Schadenskürzel einer Haltung herangezogen und übersetzt, im Anschluss daran klassifiziert und die Maxima der Einzelzustandsklassen für jede Haltung getrennt nach den Aspekten Dichtheit, Standssicherheit und Betriebssicherheit gesucht. Steuerkürzel oder ähnliches wurden nicht übersetzt und nicht weiter berücksichtigt.

In Tabelle 58 werden zwei Haltungsklassifizierungen (Haltung 43310055 bzw. Haltung 43310054) anhand eines Beispiels dargestellt. Die Haltungsnummer und die Originalkürzel (Spalte 1 bzw. 2) wurden aus den Aufzeichnungen der Befahrung eingelesen. Im Anschluss wurden die Schadenskürzel auf die relevanten vier Stellen gekürzt bzw. Steuerkürzel aussortiert (Spalte 3). Die auf vier Stellen gekürzten Schadenskürzel wurden anhand der in Tabelle 56 dargestellten Übersetzungsliste verglichen und die entsprechenden ÖNORM EN 13508-2/A1 (2010) Kodes ausgelesen (Spalte 4 bzw. 5). Die Einzelzustandsklassen für alle übersetzten Kodes nach EN 13508-2/A1 (2010) wurden aus der in Tabelle 57 dargestellten Liste der Einzelzustandsklassifizierung ausgelesen. Dies geschah getrennt für die Anforderungen Dichtheit, Standssicherheit und Betriebssicherheit (Spalte 6 bis 11). Für jede Anforderung (Dichtheit, Standssicherheit, Betriebssicherheit) wurde die maximale Einzelzustandsklasse in einer Haltung ermittelt, diese ergeben die Haltungsclassen (Spalte 16 bis 18):

- Haltungsclassen Dichtheit
- Haltungsclassen Standssicherheit
- Haltungsclassen Betriebssicherheit

Nach Auswertung der Haltung Nummer 43310055 im Beispiel in Tabelle 58 ergibt sich für die Dichtheit die Haltungsclassen 4 und für die Standssicherheit die Haltungsclassen 4. Die Einzelschäden in dieser Haltung haben keine Auswirkungen auf die Betriebssicherheit (entsprechend der Tabellen zur Zustandsklassifizierung nach ISYBAU (OFD Niedersachsen, 2010)).

Bei der Auswertung der Haltung Nummer 43310054 zeigt sich ein häufiges aufgetretenes Problem bei der vereinfachten Zustandsklassifizierung mit vorhergehender Übersetzung der Kodierung. Für alle drei

Haltungsklassen können keine eindeutigen Aussagen getroffen werden. Einige Einzelzustände brauchen Schadensquantifizierungen um eine exakte Klassifizierung entsprechend der Tabellen zur Einzelzustandsklassifizierung nach ISYBAU (OFD Niedersachsen, 2010) zu ermöglichen. Ohne die Kenntnis der Quantifizierungen ergeben sich Bandbreiten in der Klassifizierung. Verschärft wird dieses Problem durch die nicht einwandfreie Übersetzung von Codes nach ATV-M143-2 (1999) in ÖNORM EN 13508-2/A1 (2010). Durch die manuelle Übersetzung mussten einige Zustände bzw. deren Einzelzustandsklassifizierung pauschaliert werden, woraus sich zusätzliche Bandbreiten für die Einzelzustandsklassifizierung ergeben haben.

Die Verwendung einer softwaregestützten Übersetzung, wie sie das DWA-M 152 (2009) vorsieht, lässt aller Voraussicht nach genauere Aussagen zu. Auch die Kenntnis der Quantifizierung für die nicht eindeutig klassifizierbaren Einzelzustände würde die Aussagekraft der Ergebnisse erhöhen. Die besten Ergebnisse würden jedoch für nach ÖNORM EN 13508-2/A1 (2010) inspizierte Systeme erzielt werden, da die zugrunde liegende Systematik der Zustandsbewertung die Verwendung der Kodierung nach ÖNORM EN 13508-2/A1 (2010) vorsieht. Es ist davon auszugehen, dass die Anwendung dieses Kodiersystems sich in Österreich in den nächsten Jahren durchsetzen wird, da die Anwendung faktisch seit 2006 verbindlich ist (PLIHAL, 2009). Dadurch wäre die beschriebene Anwendung problemlos möglich. Auf die Anpassung an ältere Systeme (z.B. Kodierung nach ATV-M143-2 (1999)) wird aus diesem Grund verzichtet.

Tabelle 58: Beispiel zweier vereinfachter Haltungsklassifizierungen

Beispiel zweier vereinfachter Haltungsklassifizierungen - inkl. Übersetzung der Kodierung ATV-M 143-2 in ÖNORM EN 13508-2/A1 mittels Umsteigekatalog DWA-M 152												
Haltung Nr.	Original-kürzel (ATV-M 143-2)	Schadens-kürzel	Kode 1 (ÖNORM EN 13508-2/A1)	Kode 2 (ÖNORM EN 13508-2/A1)	1 Einzelzustandsklasse				2 Einzelzustandsklasse			
					Dicht-heit	Stand-sicher-heit	Betriebs-sicher-heit	Dicht-heit	Dicht-heit	Stand-sicher-heit	Betriebs-sicher-heit	Haltung Nr.
43310055	HA	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
43310055	PA	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
43310055	BWBU4	BWBU	BACB	BAO	4	3		4	4	4	4	
43310055	S-O	S-O										
43310055	BWBU4	BWBU	BACB	BAO	4	3		4	4	4	4	
43310055	BWBU4	BWBU	BACB	BAO	4	3		4	4	4	4	
43310055	K	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
43310055	PE	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
43310055	EH	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
43310055	HL	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
43310054	HA	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	43310055
43310054	PA	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
43310054	RL-O4A1	RL-O	BAB A		1,3,4	1-5		1,3,4	1,3,4	1,5		
43310054	H-U	H-U	BBE		x,3		1-5	x,3	x,3		1-5	
43310054	II	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
43310054	RL-O	RL-O	BAB A		1,3,4	1-5		1,3,4	1,3,4	1,5		
43310054	V---	V---	BAF A		x,1,5	1-4	1	x,1,5	x,1,5	1-4	1	
43310054	II	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
43310054	PE	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
43310054	EH	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
43310054	HL	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
43310054	HL	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	43310054
												Band-breite
												Band-breite

Schächte

Der Algorithmus für die Bestimmung der vereinfachten Zustandsklassifizierung von nach ATV-M 143-2 inspizierten (Teil-) Systemen mittels Übersetzung in ÖNORM EN 13508-2/A1 (2010) Codes anhand des Umsteigekatalogs DWA-M 152 (2009) ist auch auf Schächte übertragbar. Eine sinnvolle Beurteilung ist jedoch, wie auch im DWA „Leitfaden zur strategischen Sanierungsplanung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden“ (2012) beschrieben, nur für Zustandserfassungen nach ÖNORM EN 13508-2/A1 (2010) möglich, *„da ältere Schächterfassungen in der Regel nicht in dieser Form und Zuordnung vorliegen und lückenhaft sind.“* (DWA 2012)

4.6.2.2 Schlussfolgerungen für das Anwendungsbeispiel

Bei der Ermittlung differenzierter ganzheitlicher Zustandsklassenverteilungen (Standssicherheit, optische Dichtheit und Betriebssicherheit) für Teilbereiche zweier am Projekt beteiligten Kanalunternehmen sind lediglich Zustandserfassungen in der Kodierung nach ATV-M143-2 (1999) zur Verfügung gestanden. Zur Bestimmung dieser im Projekt definierten Zustandsklassenverteilungen sind jedoch Daten in Form der ÖNORM EN 13508-2/A1 (2010) erforderlich. Da die differenzierten Zustandsklassenverteilungen Kontextinformationen und Eingangswerte zur Bestimmung des jeweiligen Sanierungsbedarf (baulich, umweltrelevant, betrieblich) darstellen, konnte keine Evaluierung dieser Kennzahlen durchgeführt werden und folglich auch kein Gesamtsanierungsbedarf kumuliert werden. Daraus ergibt sich, dass keine Kontrolle auf Einhaltung der diesbezüglichen Service Levels stattfinden konnte.

Es wurde versucht die nach ATV-M143-2 (1999) erfassten Zustände durch Anwendung einer Übersetzungsanleitung (DWA-M 152, 2009) in die Kodierung nach ÖNORM EN 13508-2/A1 (2010) zu überführen und anhand dieser Ergebnisse die weiteren Auswertungen durchzuführen. Aufgrund fehlender Software musste eine manuelle Übersetzung erfolgen. Wegen der Komplexität konnte jedoch lediglich eine vereinfachte Übersetzung gemacht werden. Das Hauptproblem bei der Bestimmung der differenzierten Zustandsklassen und darauf basierend dem Sanierungsbedarf, waren jedoch fehlende Schadensquantifizierungen, welche maßgebend für eine Klassifizierung sind. Auch die Anwendung einer vereinfachten Zustandsklassifizierung, wie sie von SCHWARZ (2012) beschrieben wurde und welche ohne Angaben von Schadensquantifizierungen auskommt, brachte keine ausreichend genauen Ergebnisse um aussagekräftige Zustandsklassen zu bestimmen. Als wesentlicher Grund dafür kann der Informationsverlust, welcher durch die Übersetzung entstanden ist, genannt werden. Manche ATV-M143-2 (1999) Zustände lassen sich nur durch Kombination mehrerer ÖNORM EN 13508-2/A1 (2010) Codes charakterisieren, wobei jedoch in vielen Fällen Unschärfen auftreten können. Die Anwendung einer vereinfachten Zustandsklassifizierung ergab zwar für viele Haltungen eindeutige Haltungsclassen für die Standssicherheit, optische Dichtheit oder Betriebssicherheit, vielfach waren jedoch mögliche Bandbreiten für die Haltungsclassifizierung das Ergebnis. Da die Ausmaße (Quantifizierungen) der maßgebenden (schwersten) Zustände in den jeweiligen Haltungen nicht bekannt waren konnten für die Haltungen mit einer Bandbreite in der Haltungsclassifizierung keine weiteren Aussagen gemacht werden. Eine Kumulation der sanierungsbedürftigen Kanallängen (baulich, umweltrelevant, betrieblich) hätte somit nur einen Teil der untersuchten Teilnetze berücksichtigt und wäre nicht ausreichend aussagekräftig gewesen.

Um die im Projekt vorgeschlagene Herangehensweise bei der Ermittlung von differenzierten Zustandsklassen der Evaluierung zugehöriger Kennzahlen und der abschließenden Kontrolle auf Einhaltung der Service Levels zu überprüfen, sollte seitens der Universitäten eine praktische Anwendung am Beispiel von nicht am Projekt beteiligten Kanalunternehmen durchgeführt werden. Der Universität für Bodenkultur Wien sind Daten aus der TV-Inspektion von sechs externen Kanalunternehmen zur Verfügung gestanden, welche in der Kodierung nach ÖNORM EN 13508-2/A1 (2010) erfasst wurden. Ergebnisse hierfür sind in Kapitel 4.6.3 zu finden.



Es soll an dieser Stelle nochmals darauf hingewiesen werden, dass die Anwendung der ÖNORM EN 13508-2/A1 (2010) faktisch seit 2006 verpflichtend ist (PLIHAL, 2009) und in Zukunft mit einer deutlichen Zunahme bei der Anwendung zu rechnen ist. Auch aus Sicht der am Projekt beteiligten Kanalunternehmen ist der Fokus auf die Anwendung dieser Norm zu lenken. Einige beteiligte Kanalunternehmen haben bereits mit der Verwendung der ÖNORM EN 13508-2/A1 (2010) begonnen (für die praktische Anwendung standen jedoch noch keine verwertbaren Daten zur Verfügung), bei einigen anderen ist der Umstieg bereits eingeleitet worden, für die Restlichen ist der Umstieg in naher Zukunft zu erwarten.

4.6.3 Beispiel zur Ermittlung sanierungsbedürftiger Kanallängen

Die Anwendung einiger im Projekt entwickelten Kennzahlen bzw. Kontextinformationen (siehe Kapitel 4.2.1.3) erfordert Daten aus der optischen TV-Befahrung und eine Erfassung der Zustände nach ÖNORM EN 13508-2/A1 (2010). Für die Kanalnetze der am Projekt beteiligten Kanalunternehmen standen zum Zeitpunkt der praktischen Anwendung der Methodik keine geeigneten Daten in ausreichendem Umfang zur Verfügung. Für eine Auswertung konnten jedoch Daten externer Kanalunternehmen, welche der Universität für Bodenkultur Wien vorlagen, ausgewertet werden. Die Ergebnisse der folgenden Auswertung wurden in den Wiener Mitteilungen Band 229 (SCHWARZ et al., 2013b) publiziert, worauf an dieser Stelle verwiesen wird. Bei diesen Kanalunternehmen handelte es sich um sechs nicht am Projekt beteiligte Betreiber, für welche Befahrungsdaten nach ÖNORM EN 13508-2/A1 (2010) in für die Sanierung vorgesehenen Gebieten vorlagen. Die Untersuchung erfolgte für alle Kanalunternehmen getrennt und beruht auf den im Projekt entwickelten und beschriebenen Methoden.

In Tabelle 59 sind die untersuchten Kanalnetztlängen der Kanalunternehmen (KUs) zusammengefasst.

Tabelle 59: Untersuchte Kanalnetztlängen der KUs

Untersuchte Kanalnetztlängen [m] der KUs	
Kanalunternehmen	Untersuchte Kanalnetztlänge [m]
KU 1	1.240,6
KU 2	1.049,8
KU 3	921,4
KU 4	593,2
KU 5	1.740,1
KU 6	1.154,9

Die Untersuchungen beschränkten sich auf folgende Kennzahlen bzw. Kontextinformationen:

Baulich:

- Zustandsklassenverteilung "Standssicherheit"
 - o Baulich sanierungsbedürftige Kanallänge

Umweltrelevant:

- Zustandsklassenverteilung "optische Dichtheit"
 - o Gemäß optischer Dichtheit sanierungsbedürftige Kanallänge

Betrieblich:

- Zustandsklassenverteilung "Betriebssicherheit"
 - o Betrieblich sanierungsbedürftige Kanallänge

Daten zur Hydraulik der untersuchten Kanalnetze waren zum Zeitpunkt der Auswertung noch nicht verfügbar. Auf eine Beurteilung der hydraulischen Leistungsfähigkeit bzw. dem hydraulischen Sanierungsbedarf musste verzichtet werden.

Entsprechend der Ausführungen in Kapitel 4.2.2 werden für die Kennzahlen

- o baulich sanierungsbedürftige Kanallänge,
- o gemäß optischer Dichtheit sanierungsbedürftige Kanallänge
- o betrieblich sanierungsbedürftige Kanallänge

Kriterien zur Definition des „Sanierungsbedarfs“ benötigt. Es wurden die im Projekt empfohlenen Kriterien für die Zustandsklassen, wie sie in Tabelle 60 zusammengefasst sind, verwendet. Die Kriterien für den hydraulischen Sanierungsbedarf sind der Vollständigkeit wegen angeführt.

Tabelle 60: Festlegung von Definitionen für den Sanierungsbedarf

Definition der Kriterien (Zustandsklassen) für den Sanierungsbedarf	
umweltrelevanter Sanierungsbedarf gegeben ab Zustandsklasse	2
baulicher Sanierungsbedarf gegeben ab Zustandsklasse	4
betrieblicher Sanierungsbedarf gegeben ab Zustandsklasse	4
hydraulischer Sanierungsbedarf gegeben ab Zustandsklasse	4

Für die, im Kodiersystem nach ÖNORM EN 13508-2/A1 (2010), vorliegenden Daten aus der optischen Inspektion wurde eine Zustandsklassifizierung durchgeführt. Dabei wurde, wie in Kapitel 4.2.2.1.1 für die Kontextinformation „Zustandsklassenverteilung Standsicherheit“ beschrieben, differenziert vorgegangen. Die Klassifizierung erfolgte also getrennt nach den Aspekten Standsicherheit (baulich), Dichtheit (umweltrelevant) und Betriebssicherheit (betrieblich). Hierfür wurde das System ISYBAU (OFD Niedersachsen, 2010) verwendet und über die (nach der ÖNORM EN 13509-2/A1 (2010)) erfassten Schadensarten (Hauptkode und Schadenscharakterisierungen 1 bzw. 2) und Schadensquantifizierungen (Rissbreiten, etc.) die Klassifizierungen durchgeführt.

„Wie Recherchen ergeben haben, existieren bereits einige Softwarelösungen, welche eine differenzierte Zustandsklassifizierung unterstützen.“ (SCHWARZ et al., 2013b) Da die Inspektionsdaten der Universität für Bodenkultur Wien nicht im entsprechenden Dateiformat zur Verfügung standen, musste die differenzierte Zustandsklassifizierung manuell erfolgen. Auf Grundlage der Tabellen zur Zustandsklassifizierung von Abwasserableitungen aus ISYBAU (OFD Niedersachsen, 2010) wurde in Microsoft Excel eine entsprechende Lösung entwickelt. Hierbei wurden alle Einzelzustände ausgewertet und Einzelzustandsklassen für die Dichtheit, Standsicherheit und Betriebssicherheit berücksichtigt. Die maximalen Einzelzustandsklassen für jeden dieser Aspekte in einer Haltung stellten, wie es in Kapitel 4.2.2.1.1 beschrieben wurde, die jeweiligen Zustandsklassen einer Haltung dar. Um die Zustandsklassenverteilungen zu erhalten wurden die Längen entsprechend ihrer Zustandsklasse aufsummiert um im Verhältnis zur untersuchten Kanallänge gesetzt.

Die Ergebnisse der differenzierten Zustandsklassenverteilung für die sechs Kanalunternehmen sind in Tabelle 61 bis Tabelle 66 im Detail dargestellt. Eine Zusammenfassung der Ergebnisse ist auch bei SCHWARZ et al. (2013b) angeführt. Unter Berücksichtigung der Kriterien des Sanierungsbedarfs in Tabelle 60 wurden die (gemäß optischer Dichtheit, baulich bzw. betrieblich) sanierungsbedürftigen Längen bzw. Anteile zusammengefasst. In Tabelle 67 sind die Ergebnisse kurz und prägnant dargestellt, zusätzlich wurde die gesamte sanierungsbedürftige Kanallänge (als Länge und Prozentanteil am Gesamtnetz) bestimmt. Dieser (gesamte) Anteil der sanierungsbedürftigen Kanallänge stellt den in Kapitel 4.5.4.1.1 definierten erforderlichen technisch-funktionalen Sanierungsbedarf dar, der wie folgt ermittelt werden kann:



Sanierungsbedarf [%] = $\sum$ (Anteil sanierungsbedürftiger Kanallänge) = baulich + hydraulisch + gem. Dichtheit + betrieblich sanierungsbedürftige Kanallänge [%]

Zu beachten ist, dass keine (sanierungsbedürftigen) Längen doppelt oder mehrfach berücksichtigt wurden. Beispielsweise kann eine Haltung baulich, hydraulisch, gemäß Dichtheit und betrieblich sanierungsbedürftig sein, für die Ermittlung der erforderlichen technisch-funktionalen Sanierungsrate darf die Länge der Haltung jedoch nur einfach gezählt werden. Ein Beispiel wie dies geschehen kann, ist in Tabelle 50 dargestellt.

Der somit ermittelte erforderliche technisch-funktionale Sanierungsbedarf stellt den Anteil der Kanalisation dar, welcher (sofort) saniert werden müsste um die Funktionsfähigkeit aus ganzheitlicher (baulicher, betrieblicher, hydraulischer und umweltrelevanter) Sicht (sofort) zu erreichen. Zu beachten ist, dass in der praktischen Anwendung, wie erwähnt, keine Daten betreffend die Hydraulik verfügbar waren.

Tabelle 61: Zustandsklassenverteilung opt. Dichtheit, baulich, betrieblich - KU 1

Zustandsklassenverteilung für KU 1					
Dichtheit					
	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3	Klasse 4	Klasse 5
Länge [m]	145,4	26,4	158,1	466,5	-
Anteil am Gesamtnetz [%]	11,7	2,1	12,7	37,6	-
Sanierungsbedarf opt. Dichtheit [m]	651,0				
Anteil am Gesamtnetz [%]	52,5				
Standsicherheit					
	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3	Klasse 4	Klasse 5
Länge [m]	115,2	280,0	114,4	399,6	123,4
Anteil am Gesamtnetz [%]	9,3	22,6	9,2	32,2	9,9
Sanierungsbedarf baulich [m]	523,0				
Anteil am Gesamtnetz [%]	42,2				
Betriebssicherheit					
	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3	Klasse 4	Klasse 5
Länge [m]	501,7	274,1	142,2	-	57,5
Anteil am Gesamtnetz [%]	40,4	22,1	11,5	-	4,6
Sanierungsbedarf betrieblich [m]	57,5				
Anteil am Gesamtnetz [%]	4,6				

Tabelle 62: Zustandsklassenverteilung opt. Dichtheit, baulich, betrieblich - KU 2

Zustandsklassenverteilung für KU 2					
Dichtheit					
	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3	Klasse 4	Klasse 5
Länge [m]	102,0	-	443,4	424,6	-
Anteil am Gesamtnetz [%]	9,7	-	42,2	40,4	-
Sanierungsbedarf opt. Dichtheit [m]	868,0				
Anteil am Gesamtnetz [%]	82,7				
Standssicherheit					
	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3	Klasse 4	Klasse 5
Länge [m]	338,0	61,0	105,4	424,1	-
Anteil am Gesamtnetz [%]	32,2	5,8	10,0	40,4	-
Sanierungsbedarf baulich [m]	424,1				
Anteil am Gesamtnetz [%]	40,4				
Betriebssicherheit					
	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3	Klasse 4	Klasse 5
Länge [m]	364,5	425,3	65,8	-	8,7
Anteil am Gesamtnetz [%]	34,7	40,5	6,3	-	0,8
Sanierungsbedarf betrieblich [m]	8,7				
Anteil am Gesamtnetz [%]	0,8				

Tabelle 63: Zustandsklassenverteilung opt. Dichtheit, baulich, betrieblich - KU 3

Zustandsklassenverteilung für KU 3					
Dichtheit					
	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3	Klasse 4	Klasse 5
Länge [m]	85,8	22,3	98,7	560,8	-
Anteil am Gesamtnetz [%]	9,3	2,4	10,7	60,9	-
Sanierungsbedarf opt. Dichtheit [m]	681,7				
Anteil am Gesamtnetz [%]	74,0				
Standssicherheit					
	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3	Klasse 4	Klasse 5
Länge [m]	-	12,2	100,1	264,1	466,6
Anteil am Gesamtnetz [%]	-	1,3	10,9	28,7	50,6
Sanierungsbedarf baulich [m]	730,7				
Anteil am Gesamtnetz [%]	79,3				
Betriebssicherheit					
	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3	Klasse 4	Klasse 5
Länge [m]	48,3	446,8	381,0	-	-
Anteil am Gesamtnetz [%]	5,2	48,5	41,3	-	-
Sanierungsbedarf betrieblich [m]	0,0				
Anteil am Gesamtnetz [%]	0,0				

Tabelle 64: Zustandsklassenverteilung opt. Dichtheit, baulich, betrieblich - KU 4

Zustandsklassenverteilung für KU 4					
Dichtheit					
	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3	Klasse 4	Klasse 5
Länge [m]	-	-	471,0	70,7	-
Anteil am Gesamtnetz [%]	-	-	79,4	11,9	-
Sanierungsbedarf opt. Dichtheit [m]	541,7				
Anteil am Gesamtnetz [%]	91,3				
Standssicherheit					
	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3	Klasse 4	Klasse 5
Länge [m]	-	137,2	327,5	-	41,2
Anteil am Gesamtnetz [%]	-	23,1	55,2	-	6,9
Sanierungsbedarf baulich [m]	41,2				
Anteil am Gesamtnetz [%]	6,9				
Betriebssicherheit					
	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3	Klasse 4	Klasse 5
Länge [m]	26,6	407,0	56,7	-	41,2
Anteil am Gesamtnetz [%]	4,5	68,6	9,6	-	6,9
Sanierungsbedarf betrieblich [m]	41,2				
Anteil am Gesamtnetz [%]	6,9				

Tabelle 65: Zustandsklassenverteilung opt. Dichtheit, baulich, betrieblich - KU 5

Zustandsklassenverteilung für KU 5					
Dichtheit					
	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3	Klasse 4	Klasse 5
Länge [m]	150,9	64,2	364,9	477,8	80,5
Anteil am Gesamtnetz [%]	8,7	3,7	21,0	27,5	4,6
Sanierungsbedarf opt. Dichtheit [m]	987,4				
Anteil am Gesamtnetz [%]	56,7				
Standssicherheit					
	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3	Klasse 4	Klasse 5
Länge [m]	194,6	460,4	399,2	178,2	134,1
Anteil am Gesamtnetz [%]	11,2	26,5	22,9	10,2	7,7
Sanierungsbedarf baulich [m]	312,3				
Anteil am Gesamtnetz [%]	17,9				
Betriebssicherheit					
	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3	Klasse 4	Klasse 5
Länge [m]	457,1	501,8	47,0	-	49,7
Anteil am Gesamtnetz [%]	26,3	28,8	2,7	-	2,9
Sanierungsbedarf betrieblich [m]	49,7				
Anteil am Gesamtnetz [%]	2,9				

Tabelle 66: Zustandsklassenverteilung opt. Dichtheit, baulich, betrieblich - KU 6

Zustandsklassenverteilung für KU 6					
Dichtheit					
	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3	Klasse 4	Klasse 5
Länge [m]	92,8	-	332,9	326,3	-
Anteil am Gesamtnetz [%]	8,0	-	28,8	28,3	-
Sanierungsbedarf opt. Dichtheit [m]	659,2				
Anteil am Gesamtnetz [%]	57,1				
Standssicherheit					
	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3	Klasse 4	Klasse 5
Länge [m]	102,6	142,9	227,9	203,5	-
Anteil am Gesamtnetz [%]	8,9	12,4	19,7	17,6	-
Sanierungsbedarf baulich [m]	203,5				
Anteil am Gesamtnetz [%]	17,6				
Betriebssicherheit					
	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3	Klasse 4	Klasse 5
Länge [m]	262,7	514,3	10,3	-	37,3
Anteil am Gesamtnetz [%]	22,7	44,5	0,9	-	3,2
Sanierungsbedarf betrieblich [m]	37,3				
Anteil am Gesamtnetz [%]	3,2				

Tabelle 67: Zusammenfassung der Zustandsklassenverteilung gem. opt. Dichtheit, baulich und betrieblich der sechs KUs

Gem. optischer Dichtheit, baulich und betrieblich sanierungsbedürftige Kanallängen am Beispiel von sechs KUs [m]					
Sanierungsbedarf		opt. Dichtheit	Baulich	Betrieblich	ges.
KU 1	Länge [m]	651,0	523,0	57,5	734,7
	Prozentanteil an Ges.Länge [%]	52,5	42,2	4,6	59,2
KU 2	Länge [m]	868,0	424,1	8,7	868,0
	Prozentanteil an Ges.Länge [%]	82,7	40,4	0,8	82,7
KU 3	Länge [m]	681,7	730,7	-	827,8
	Prozentanteil an Ges.Länge [%]	74,0	79,3	-	89,8
KU 4	Länge [m]	541,7	41,2	41,2	541,7
	Prozentanteil an Ges.Länge [%]	91,3	6,9	6,9	91,3
KU 5	Länge [m]	987,4	312,3	49,7	1.014,6
	Prozentanteil an Ges.Länge [%]	56,7	17,9	2,9	58,3
KU 6	Länge [m]	659,2	203,5	37,3	659,2
	Prozentanteil an Ges.Länge [%]	57,1	17,6	3,2	57,1



4.6.3.1 Kontrolle der Einhaltung von Service Levels

Für die in Kapitel 4.6.3 bestimmten Werte der Kennzahlen:

Baulich:

- o Baulich sanierungsbedürftige Kanallänge

Umweltrelevant:

- o Gemäß optischer Dichtheit sanierungsbedürftige Kanallänge

Betrieblich:

- o Betrieblich sanierungsbedürftige Kanallänge

kann überprüft werden, ob die in Kapitel 4.5.4.2 beschriebenen Kriterien der Zielerreichung (Service-Levels) von den Kanalunternehmen eingehalten werden.

Die Kontrolle der Einhaltung von Service Levels ist auch in den Wiener Mitteilungen Band 229 (SCHWARZ et al., 2013b) beschrieben.

Den empfohlenen Service Level den es einzuhalten gilt, ist in Tabelle 52 zu finden und in Kapitel 4.5.4.1.1 beschrieben:

- Jährliche Sanierungsrate / $\left[\sum (\text{Anteil sanierungsbedürftiger Kanallänge}) / 10 \text{ Jahre} \right] - 1$

Die Jährliche Sanierungsrate wird in Tabelle 51 angeführt und in Kapitel 4.5.4.1.3 beschrieben:

- Länge der sanierten Kanäle pro Jahr / Gesamtlänge der Kanäle [%]

Unter Berücksichtigung des in Kapitel 4.5.4.2 empfohlenen mittelfristigen Sanierungszeitraums von 10 Jahren wurde für alle Kanalunternehmen der Soll-Wert für die jährliche Sanierungsrate ermittelt (Soll-Wert der jährlichen Sanierungsrate = erforderlicher technisch-funktionaler Sanierungsbedarf/10 Jahre (=Sanierungszeitraum)).

Für die Länge der sanierten Kanäle pro Jahr mussten Werte angenommen werden, da die realen Werte der Kanalunternehmen nicht verfügbar waren. Somit konnte die jährliche Sanierungsrate für jedes Unternehmen bestimmt werden. Durch Vergleich der Soll-Werte der jährlichen Sanierungsrate und der jährlichen Sanierungsrate konnte festgestellt werden, ob die Unternehmen die empfohlenen Service Levels einhalten oder nicht. Wenn die jährliche Sanierungsrate dem Soll-Wert entspricht oder darüber hinausgeht, kann davon ausgegangen werden, dass die ganzheitliche Funktionsfähigkeit mittelfristig erreicht werden kann.

Aufgrund fehlender Daten zu den jährlichen Sanierungsraten der Unternehmen stellen die Ergebnisse keine wirklichkeitsgetreuen Aussagen über die Einhaltung der Service Levels dar, können die empfohlene Handhabung und Anwendung der Service Levels jedoch ausreichend erkennen lassen.

Die Ergebnisse der beschriebenen Arbeitsschritte sind in Tabelle 68 bis Tabelle 73, für die einzelnen Kanalunternehmen, aufbereitet und wurden auch in den Wiener Mitteilungen Band 229 (SCHWARZ et al., 2013b) veröffentlicht

Für die Kanalunternehmen, bei denen bei der mittelfristigen Betrachtung (Sanierungszeitraum 10 Jahre), die (tatsächlich ausgeführte) jährliche Sanierungsrate (organisatorisch-wirtschaftliche Sanierungsrate) geringer ist als der Soll-Wert der jährlichen Sanierungsrate (erforderliche technisch-funktionale Sanierungsrate), kann der entsprechende Service Level im angenommenen Sanierungszeitraum nicht erreicht werden. Fehlendes

Sanierungsbudget oder fehlende Ressourcen können beispielhafte Gründe für eine Limitierung der jährlichen Sanierungsrate aus organisatorisch-wirtschaftlicher Sicht darstellen. In diesem Fall wäre eine Adaptierung der organisatorisch-wirtschaftlichen Sanierungsrate, beispielsweise durch Maßnahmenoptimierung oder Budget- und Ressourcenintensivierung, erforderlich um die Einhaltung der Service Levels zu ermöglichen (Rückkopplungsprozess). Die aufgezeigten Defizite können beispielsweise als Argumentationsgrundlage bei Behörden oder Fördergebern dienen. Werden die entsprechenden Service Levels eingehalten, kann das Hauptaugenmerk auf vorhandene Defizite gelenkt werden oder der bestehende Betrieb optimiert werden.

Tabelle 68: Kontrolle der Einhaltung des Service Levels der Sanierungsrate bei KU 1

Kontrolle auf Einhaltung des Service Levels (Soll-Ist Sanierungsrate) - KU 1			
Gesamt Sanierungsbedürftigkeit:	734,7	m Kanallänge	
Umweltrelevante Sanierungsbedürftigkeit:	651,0	m Kanallänge	
Bauliche Sanierungsbedürftigkeit:	523,0	m Kanallänge	
Betriebliche Sanierungsbedürftigkeit:	57,5	m Kanallänge	
Hydraulische Sanierungsbedürftigkeit:	keine Daten	m Kanallänge	
Kanalnetzlänge des betrachteten Bereichs [m]	1.240,6	m	
davon sanierungsbedürftige Kanalnetzlänge [m]	734,7	m	
Bezugszeitraum der Sanierungsdurchführung [a]	10 Jahre		
Soll-Wert der jährlichen Sanierungsrate [%], [m]	5,92 %		73,5 m
Länge der sanierten Kanäle pro Jahr [m]	50,0	m	(Annahme)
Ist-Wert der jährlichen Sanierungsrate [%]	4,03 %		
Differenz Soll-Ist Sanierungsrate [%]	-1,89 %		
Service Level (jährlich erforderliche Sanierungsrate)	ist nicht	eingehalten	

Tabelle 69: Kontrolle der Einhaltung des Service Levels der Sanierungsrate bei KU 2

Kontrolle auf Einhaltung des Service Levels (Soll-Ist Sanierungsrate) - KU 2			
Gesamt Sanierungsbedürftigkeit:	868,0	m Kanallänge	
Umweltrelevante Sanierungsbedürftigkeit:	868,0	m Kanallänge	
Bauliche Sanierungsbedürftigkeit:	424,1	m Kanallänge	
Betriebliche Sanierungsbedürftigkeit:	8,7	m Kanallänge	
Hydraulische Sanierungsbedürftigkeit:	keine Daten	m Kanallänge	
Kanalnetzlänge des betrachteten Bereichs [m]	1.049,8	m	
davon sanierungsbedürftige Kanalnetzlänge [m]	868,0	m	
Bezugszeitraum der Sanierungsdurchführung [a]	10 Jahre		
Soll-Wert der jährlichen Sanierungsrate [%], [m]	8,27 %		86,8 m
Länge der sanierten Kanäle pro Jahr [m]	50,0	m	(Annahme)
Ist-Wert der jährlichen Sanierungsrate [%]	4,76 %		
Differenz Soll-Ist Sanierungsrate [%]	-3,51 %		
Service Level (jährlich erforderliche Sanierungsrate)	ist nicht	eingehalten	

Tabelle 70: Kontrolle der Einhaltung des Service Levels der Sanierungsrate bei KU 3

Kontrolle auf Einhaltung des Service Levels (Soll-Ist Sanierungsrate) - KU 3			
Gesamt Sanierungsbedürftigkeit:	827,8	m Kanallänge	
Umweltrelevante Sanierungsbedürftigkeit:	681,7	m Kanallänge	
Bauliche Sanierungsbedürftigkeit:	730,7	m Kanallänge	
Betriebliche Sanierungsbedürftigkeit:	-	m Kanallänge	
Hydraulische Sanierungsbedürftigkeit:	keine Daten	m Kanallänge	
Kanalnetzlänge des betrachteten Bereichs [m]	921,4	m	
davon sanierungsbedürftige Kanalnetzlänge [m]	827,8	m	
Bezugszeitraum der Sanierungsdurchführung [a]	10	Jahre	
Soll-Wert der jährlichen Sanierungsrate [%], [m]	8,98	%	82,8 m
Länge der sanierten Kanäle pro Jahr [m]	50,0	m	(Annahme)
Ist-Wert der jährlichen Sanierungsrate [%]	5,43	%	
Differenz Soll-Ist Sanierungsrate [%]	-3,56	%	
Service Level (jährlich erforderliche Sanierungsrate)	ist nicht	eingehalten	

Tabelle 71: Kontrolle der Einhaltung des Service Levels der Sanierungsrate bei KU 4

Kontrolle auf Einhaltung des Service Levels (Soll-Ist Sanierungsrate) - KU 4			
Gesamt Sanierungsbedürftigkeit:	541,7	m Kanallänge	
Umweltrelevante Sanierungsbedürftigkeit:	541,7	m Kanallänge	
Bauliche Sanierungsbedürftigkeit:	41,2	m Kanallänge	
Betriebliche Sanierungsbedürftigkeit:	4,0	m Kanallänge	
Hydraulische Sanierungsbedürftigkeit:	keine Daten	m Kanallänge	
Kanalnetzlänge des betrachteten Bereichs [m]	593,2	m	
davon sanierungsbedürftige Kanalnetzlänge [m]	541,7	m	
Bezugszeitraum der Sanierungsdurchführung [a]	10	Jahre	
Soll-Wert der jährlichen Sanierungsrate [%], [m]	9,13	%	54,2 m
Länge der sanierten Kanäle pro Jahr [m]	60,0	m	(Annahme)
Ist-Wert der jährlichen Sanierungsrate [%]	10,12	%	
Differenz Soll-Ist Sanierungsrate [%]	0,98	%	
Service Level (jährlich erforderliche Sanierungsrate)	ist	eingehalten	

Tabelle 72: Kontrolle der Einhaltung des Service Levels der Sanierungsrate bei KU 5

Kontrolle auf Einhaltung des Service Levels (Soll-Ist Sanierungsrate) - KU 5			
Gesamt Sanierungsbedürftigkeit:	1.014,6	m Kanallänge	
Umweltrelevante Sanierungsbedürftigkeit:	987,4	m Kanallänge	
Bauliche Sanierungsbedürftigkeit:	312,3	m Kanallänge	
Betriebliche Sanierungsbedürftigkeit:	49,7	m Kanallänge	
Hydraulische Sanierungsbedürftigkeit:	keine Daten	m Kanallänge	
Kanalnetzlänge des betrachteten Bereichs [m]	1.740,1	m	
davon sanierungsbedürftige Kanalnetzlänge [m]	1.014,6	m	
Bezugszeitraum der Sanierungsdurchführung [a]	10	Jahre	
Soll-Wert der jährlichen Sanierungsrate [%], [m]	5,83	%	101,5 m
Länge der sanierten Kanäle pro Jahr [m]	50,0	m	(Annahme)
Ist-Wert der jährlichen Sanierungsrate [%]	2,87	%	
Differenz Soll-Ist Sanierungsrate [%]	-2,96	%	
Service Level (jährlich erforderliche Sanierungsrate)	ist nicht	eingehalten	

Tabelle 73: Kontrolle der Einhaltung des Service Levels der Sanierungsrate bei KU 6

Kontrolle auf Einhaltung des Service Levels (Soll-Ist Sanierungsrate) - KU 6			
Gesamt Sanierungsbedürftigkeit:	659,2	m Kanallänge	
Umweltrelevante Sanierungsbedürftigkeit:	659,2	m Kanallänge	
Bauliche Sanierungsbedürftigkeit:	203,5	m Kanallänge	
Betriebliche Sanierungsbedürftigkeit:	37,3	m Kanallänge	
Hydraulische Sanierungsbedürftigkeit:	keine Daten	m Kanallänge	
Kanalnetzlänge des betrachteten Bereichs [m]	1.154,9	m	
davon sanierungsbedürftige Kanalnetzlänge [m]	659,2	m	
Bezugszeitraum der Sanierungsdurchführung [a]	10	Jahre	
Soll-Wert der jährlichen Sanierungsrate [%], [m]	5,71	%	65,9 m
Länge der sanierten Kanäle pro Jahr [m]	66,0	m	(Annahme)
Ist-Wert der jährlichen Sanierungsrate [%]	5,71	%	
Differenz Soll-Ist Sanierungsrate [%]	0,01	%	
Service Level (jährlich erforderliche Sanierungsrate)	ist	eingehalten	

4.6.3.2 Ermittlung sanierungsbedürftiger Schächte am Beispiel der sechs externen Kanalunternehmen

Die Ermittlung sanierungsbedürftiger Schächte (siehe entsprechende Kennzahlen in Kapitel 4.2.1.3) erfolgt im Wesentlichen analog der in Kapitel 4.6.3 praktizierten Ermittlung von sanierungsbedürftigen Kanallängen. Die hierfür erforderlichen Befahrungsdaten, also die Zustandserfassung der Schächte nach ÖNORM EN 13508-2/A1 (2010), sind den Universitäten zum Zeitpunkt der Auswertung nicht zur Verfügung gestanden. Generell wird von SCHWARZ (2012) darauf hingewiesen, dass Schächte derzeit „stiefmütterlich“ behandelt werden und bezüglich der Untersuchung und Beurteilung von Schächten in Österreich Nachholbedarf besteht.



4.6.3.3 Schlussfolgerungen für das Anwendungsbeispiel

Für nach ÖNORM EN 13508-2/A1 (2010) inspizierte Kanalnetze kann die Ermittlung der Zustandsklassenverteilungen „Standssicherheit“, „optische Dichtheit“ und „Betriebssicherheit“ entsprechend der im Projekt vorgeschlagenen Methode der ganzheitlichen Zustandsbewertung (in Anlehnung an die Zustandsbewertung nach ISYBAU (OFD Niedersachsen, 2010)) erfolgen. Unter Kenntnis der Gesamtkanalnetzlänge, konnten daraus die im Projekt definierten Kennzahlen:

- Baulich sanierungsbedürftige Kanallänge
- Gemäß optischer Dichtheit sanierungsbedürftige Kanallänge
- Betrieblich sanierungsbedürftige Kanallänge

für sechs Kanalunternehmen ermittelt werden.

Aussagen über hydraulische Zustände erfordern darüber hinaus Kenntnisse aus hydrodynamischen Modellierungen und konnten deshalb im Zuge der praktischen Anwendung nicht gemacht werden.

Die Ergebnisse der ermittelten Kennzahlen konnten zusammengefasst werden und somit der Gesamtsanierungsbedarf (ohne Berücksichtigung hydraulischer Aspekte) für jedes untersuchte System bestimmt werden. Für die jährlichen Sanierungsraten mussten Werte angenommen werden. Für einen mittelfristigen Sanierungszeitraum von zehn Jahren konnte durch Vergleich des Gesamtsanierungsbedarfs und der Sanierungsrate für jedes Kanalunternehmen aufgezeigt werden, ob die gesetzten Ziele (Service Level) erreicht werden oder nicht und in welcher Größenordnung dies geschieht.

5 Zusammenfassung

In den letzten 40 Jahren wurden in Österreich etwa 22 Mrd. Euro in die Errichtung von Kanalisationsnetzen investiert. Der Anschlussgrad der Bevölkerung an eine öffentliche Kanalisation liegt derzeit bei etwa 94 % (FENZL, 2011 bzw. KPC, 2012). Der Ausbau der öffentlichen Kanalisation in Österreich ist damit weitestgehend abgeschlossen. Folglich einer Studie von NEUNTEUFEL et al. (2012) sowie der Investkostenerhebung durch die KPC (2012) ist davon auszugehen, dass die Bedeutung und die Höhe von Investitionen in Erneuerungen der Abwasserableitungsinfrastruktur in den kommenden Jahren stetig zunehmen wird. Die Tatsache, dass viele Kommunen in Österreich über relativ junge siedlungswasserwirtschaftliche Strukturen verfügen, bedeutet aber nicht, dass nicht auch hier schon laufend in den Funktionserhalt der Anlagen investiert werden muss. Für die Zukunft ist zu erwarten, dass die Funktions- und Werterhaltung der bestehenden Entwässerungssysteme jedenfalls verstärkt zu einer technischen und finanziellen Kernaufgabe der Abwasserwirtschaft werden wird.

Auch wenn sich die internationale Forschung bereits seit einiger Zeit mit dem Thema Sanierungsplanung beschäftigt (MILOJEVIC et al.; 2005; LE GAUFFRE et al. 2005, 2007; CARE-S, 2005; DIRKSEN und CLEMENS, 2008; etc.) und bereits unterschiedliche Decision-Support-Tools bzw. Softwareanwendungen zur Sanierungsplanung, Werterhaltung oder Bestimmung des Alterungsverhaltens von Kanalisationen existieren, sind nicht viele Anwendungsbeispiele aus der Praxis bekannt. Ein umfassender Datenbedarf (Eingangsdaten, Modellkalibrierung, etc.) welcher in der Praxis oft nicht verfügbar ist, sowie zu komplexe oder theoretische Praktiken bei der Anwendung können als größte Kritikpunkte des diesbezüglichen Status Quo gesehen werden (ANA und BAUWENS, 2007).

In Kooperation der Universität für Bodenkultur Wien (Projektkoordinator), der Technischen Universität Graz sowie der Universität Innsbruck gemeinsam mit einigen der großen Kanalisationsbetreiber Österreichs (Linz AG, Innsbrucker Kommunalbetriebe AG, Graz Holding, Elektrizitätswerke Wels AG, Stadt Salzburg Kanal- und Gewässeramt) wurde in diesem Projekt eine einheitliche für die Praxis geeignete Vorgehensweise der Kanalsanierungsplanung, sowie eine Methode zur strategischen Informationsbeschaffung für diese Zwecke entwickelt, um zukünftig effiziente und nachvollziehbare Entscheidungen bei der Sanierungsplanung durch die Kanalunternehmen zu ermöglichen. Um einen der oben genannten Hauptkritikpunkte auszuschneiden, wurde versucht, mit den üblicherweise (z. B. gemäß der Fördervoraussetzung für Leitungskataster) verfügbaren Daten aus Kanalinformationssystemen auszukommen bzw. möglichst wenig Aufwand für zusätzliche Erhebungsarbeiten zu verursachen. Im Wesentlichen erlaubt die entwickelte Vorgehensweise bei der Sanierungsplanung individuelle Entscheidungen, wodurch auf eventuelle zusätzliche Erhebungsarbeiten verzichtet werden kann. Mögliche sich daraus ergebende Einbußen bei der weiteren Vorgehensweise liegen im Ermessen des Kanalunternehmens und sind gut zu überlegen (optimales Verhältnis zwischen Erhebungsaufwand und –nutzen). Bei der Erarbeitung der Methoden wurde außerdem darauf geachtet, bestehende Praktiken der Kanalisationsunternehmen bei der Sanierungsplanung zu berücksichtigen. Die beteiligten Kanalisationsunternehmen verfügen bereits über umfangreiche Erfahrungen bei der Planung und Umsetzung von kurzfristigen Sanierungsmaßnahmen. Die Erkenntnisse dieser großen Kanalisationsunternehmen flossen in die Ergebnisse mit ein. Größere Unsicherheiten, als in der Planung kurzfristiger Sanierungsmaßnahmen, bestehen aus Sicht der Kanalisationsunternehmen in Bezug auf die mittel- bzw. längerfristige Sanierungsplanung.

Die Ziele von Entwässerungssystemen, im Sinne eines integralen Kanalmanagements, sind in der ÖNORM EN 752 (2008) definiert, diese werden durch 13 Funktionalanforderungen an Entwässerungssysteme beschrieben. Eine langfristige strategische Betriebsführung (inkl. Sanierungsplanung) kann nur evaluiert werden, wenn die Zielsetzungen anhand der Erfüllung von Leistungsanforderungen überprüft werden



können. Zur Überprüfung der ganzheitlichen Leistungsfähigkeit aus baulicher, umweltrelevanter, betrieblicher und hydraulischer Sicht, wurden daher beziehungsweise auf diese Funktionalanforderung Kennzahlen abgeleitet (ÖNORM EN 752, 2008). Bestehende Kennzahlensysteme (MATOS et al., 2003; EBC, 2011; DWA, 2008; etc.) wurden auf ihre Anwendbarkeit in der Praxis der Kanalisationsunternehmen überprüft. Darüber hinaus wurden in gemeinschaftlicher Arbeit neue Kennzahlen definiert oder bestehende Kennzahlen den Bedürfnissen der Kanalisationsunternehmen angepasst. Als Ergebnis der Literaturrecherche, der Neuentwicklung und der Adaptierung von Kennzahlen konnte der Umfang auf rund 25 aussagekräftige Kennzahlen eingeschränkt werden. Die vorgeschlagenen Kennzahlen beschreiben sowohl den baulichen, betrieblichen, umweltrelevanten als auch den hydraulischen Zustand von Entwässerungssystemen. Für jede Kennzahl wurden Definitionen zur Evaluierung und korrekten Anwendung inklusive erforderlicher Eingangsdaten zur Ermittlung zusammengefasst.

Um einen klaren Zusammenhang zwischen Zielen, Funktionalanforderungen, Kennzahlen und Eingangsdaten zu schaffen, wurde eine Methode zur strategischen Datenfilterung erarbeitet. Diese Methode soll neben der Vereinheitlichung der Datengrundlagen von Kanalisationsunternehmen in erster Linie eine strategische Informationsbeschaffung in der Kanalsanierungsplanung ermöglichen. Durch die Anwendung dieser Methodik werden die vorhandenen Daten u. a. dahingehend ausgewertet, welche Leistungsanforderungen und daraus Sanierungsziele mit den jetzigen Daten abgeleitet werden können und welche Daten zusätzlich zu erheben sind, um spezifische weitere Leistungsanforderungen bzw. Sanierungsziele bestimmen zu können. Datenerfordernisse oder -lücken können identifiziert werden und erlauben eine entsprechend zielgerichtete Datenbeschaffung.

Eine Besonderheit in der Datenfilterung liegt dabei bei Kennzahlen, welche mit Hilfe von hydraulischen Modellen ermittelt werden müssen. Die hydraulische Modellierung von Entwässerungssystemen entweder mit konzeptionellen oder mit hydrodynamischen Modellen erfolgt in externen Softwareprodukten und ist zum Teil (für die hydrodynamische Modellierung) mit umfangreichen Datenerhebungen verbunden. Obwohl für unterschiedlichste Planungsaufgaben entsprechend den Österreichischen Regelblättern ÖWAV RB 11 (2009) und ÖWAV RB 19 (2007) Modelle verwendet werden sollen, sind diese noch nicht bei allen Betreibern vorhanden. Wenn die Modelle allerdings verfügbar sind, ermöglichen sie eine umfassende Beschreibung des hydraulischen Zustandes an jedem beliebigen Punkt im Netz unter Annahme unterschiedlichster Randbedingungen (z. B. unterschiedliche Niederschlagshäufigkeiten). Zum einen gehen die Modellergebnisse dann direkt in den Datenfilter ein und ermöglichen die Berechnung der damit verbundenen Kennzahlen zum Nachweis verschiedener Funktionalanforderungen (z. B. Schutz vor Überflutung, Schutz des Oberflächenvorfluters), zum anderen ermöglichen sie aber auch vertiefte Untersuchungen im Zuge einer Risikoanalyse.

Um die Ergebnisse einer Sanierungsplanung bzw. der Maßnahmen auf Ihre Wirksamkeit hin zu überprüfen sind Vergleichskriterien erforderlich. Hierfür eignen sich Service Levels, welche als Gradmesser der Zielerreichung von Sanierungsmaßnahmen fungieren. In vorliegendem Projekt wurden entsprechende Empfehlungen ausgearbeitet.

Das Ablaufschema der ganzheitlichen generellen Sanierungsplanung dient als Anhaltspunkt, wie und in welcher Reihenfolge die einzelnen ausgearbeiteten Teilschritte anzuwenden sind und kann beispielsweise als Leitfaden unterstützend zur Seite stehen. Im Ablaufschema wurden alle Erkenntnisse, die im Projektverlauf gesammelt wurden, berücksichtigt, die Erfahrungen aus der beispielhaften praktischen Anwendung wurden ebenfalls eingearbeitet. Zu Beginn einer Sanierungsplanung sind Ziele festzulegen, dies kann durch Auswahl entsprechender Funktionalanforderungen geschehen. Gegebenenfalls ist eine Unterteilung in Teilgebiete (Teileinzugsgebiete, Sanierungsgebiete, etc.) zu empfehlen. Die Erfahrungen haben gezeigt, dass auch derzeit in der Praxis eine Unterteilung in bearbeitbare Teilgebiete erfolgt. Grundvoraussetzung für jede Sanierungsplanung ist das Vorhandensein einer entsprechend umfassenden Datengrundlage (Stammdaten der Kanalisation, Naturbestand der umliegenden Bereiche, weitere

umgebungsrelevante Daten, Zustandsdaten, etc.) (KRETSCHMER et al., 2012). Auch wenn die Verfügbarkeit von Eingangsdaten eines der Hauptprobleme in der Anwendung von Entscheidungshilfen bei der Kanalsanierungsplanung darstellt (ANA und BAUWENS, 2007; CARDOSO et al., 2005; HUBMANN und SCHAFFER, 2005 zit. bei ERTL, 2007), stellen einige Daten Grundvoraussetzungen für Entscheidungen in der Sanierungsplanung dar (Daten aus selektiver oder flächendeckender Inspektion, aktuelles Leitungsinformationssystem mit Stammdaten der Kanalisation). Darüber hinaus können optionale Daten zusätzliche Aussagen ermöglichen oder die Genauigkeit erhöhen. Als wesentlicher Schritt bei der Planung von bedarfsorientierten Maßnahmen ist die Lokalisation von Schwachstellen im System zu sehen. Im Projekt wurde eine schrittweise Ortung dieser Schwachstellen realisiert. In einem ersten Schritt sollen gegebenenfalls jene Teilgebiete lokalisiert werden, welche den größten Handlungsbedarf aus Sicht der Sanierungsziele aufweisen. Für die Teilbereiche können Kennzahlen ermittelt werden. Für die Kennzahlenermittlung erforderliche Eingangsdaten können durch Anwendung des Datenfilters zur strategischen Informationsbeschaffung bestimmt werden. Je nach Sanierungsziel können unterschiedliche Kennzahlen berechnet werden und unterschiedliche Daten erforderlich sein (regressive Anwendung des Datenfilters). Andererseits kann mithilfe des Datenfilters geprüft werden, welche Kennzahlen und Sanierungsziele mit einer vorhandenen Datenbasis abgeleitet werden können und welche zusätzliche Daten zu erheben sind, um weitere Kennzahlen bestimmen und somit weitere Sanierungsziele erreichen zu können (progressive Anwendung des Datenfilters). Die Informationsbeschaffung kann in beiden Fällen strategisch und zielgerichtet erfolgen.

Ist nach Anwendung des Datenbedarfs eine ausreichende Datenverfügbarkeit festgestellt worden, können Kennzahlen bzw. Kontextinformationen für die definierte Zielsetzung bestimmt werden. Bei Datenlücken kann über eine allfällige Datenerhebung entschieden werden. Erfolgt keine vollständige Erhebung können unter Umständen einige Kennzahlen ermittelt werden und eine (unvollständige) Gebietspriorisierung stattfinden, ansonsten können Maßnahmen zur strategischen Informationsbeschaffung abgeleitet werden. Sind vollständige Eingangsdaten für Kennzahlen bzw. Kontextinformationen für die definierten Sanierungsziele bekannt, können die Kennzahlen ermittelt werden und durch Vergleich der Werte für die einzelnen Teilgebiete jene identifiziert werden, welche den größten Handlungsbedarf aus Sicht der untersuchten Sanierungsziele aufweisen (Gebietspriorisierung). Bestehende Gebietseinteilungen können durch diese Erkenntnisse entsprechend angepasst werden.

Erst wenn die Gebiete mit der höchsten Priorität gefunden sind, kann eine Verdichtung stattfinden und die Haltungen mit dem höchsten Sanierungsbedarf in diesem Gebiet bestimmt werden (Haltungspriorisierung).

Als eine Möglichkeit der Haltungspriorisierung wurde eine Risikoanalyse mittels adaptierter FMEA entwickelt. Die Bewertung der Wahrscheinlichkeit von Gefährdungen sowie die Beurteilung von Konsequenzen solcher Gefährdungen stehen dabei im Zentrum der Methode.

Für die Bewertung der Wahrscheinlichkeit, dass Haltungen Zustände aufweisen, die zu einer Reduktion von Funktionalanforderung führen und somit dafür verantwortlich sind, dass die definierten Sanierungsziele nicht erreicht werden, wird die Beurteilung der Kanalzustände gemäß ISYBAU Arbeitshilfen Abwasser (OFD Niedersachsen (2010)) herangezogen. Diese ermöglicht die Klassifizierung von Einzelzuständen in Hinblick auf Standsicherheit, Dichtheit und Betrieb. So sind z. B. schlechte Zustände betreffend Dichtheit in der Risikobewertung von Exfiltrationen oder Infiltrationen die zu Grundwassergefährdung bzw. Schmutzwasserkanalüberflutung führen können von Interesse. Diese Zustände müssen daher gesondert von standsicherheits- oder betrieblich relevanten Zuständen einer Auswertung zugeführt werden können. Betreffend der Gefährdung angrenzender Infrastruktur durch Sackung sind wiederum standsicherheitsrelevante Zustände von Interesse. Auch für das Überflutungsrisiko bzw. die Aufrechterhaltung des Abflusses sind Einstürze und sonstige Ursachen für Querschnittseinengungen von Relevanz und sollten somit gefiltert werden können.



In INFOSAN wurde weiters eine Methode vorgestellt, die es ermöglicht aus vorhandenen TV-Inspektionsdaten eines Teilgebietes, Wahrscheinlichkeiten des Auftretens ähnlicher Zustände für Haltungen mit vergleichbaren Eigenschaften und Rahmenbedingungen zu berechnen (Kapitel 4.3.3.2).

Aber nicht nur die Informationen aus der TV Inspektion sind für die Risikobewertung von Relevanz, sondern auch hydraulische Modelle, Verkehrsbelastungen, Bodenkarten, Lage anderer Leitungsinfrastrukturen, Lage des Grundwasserkörpers, etc. (Kapitel 4.6.1.2)). Im letzten Jahrzehnt wurde im Zuge der Erstellung kommunaler Geografischer Informationssysteme (GIS) aber auch von übergeordneten Landesinformationssystemen viele dieser Daten erhoben und stehen für integrierte städtische Planungen zur Verfügung.

Für die Beurteilung von hydraulischen Konsequenzen, beispielsweise infolge Querschnittseinengungen ist ein hydraulisches Modell Voraussetzung. Es wurde gezeigt, dass mittels VulNetUD (Möderl, et al. 2009) die Vulnerabilität jeder Haltung auf Überflutung bei Regenwetter wie auch bei Trockenwetter sowohl für Volleinengung als auch für Teileinengung ermittelt werden kann (Kapitel 4.3.4).

Die Methodik der Konsequenzenbewertung variiert je nach Funktionalanforderung bzw. Gefährdung. Beispielsweise ist die Bewertung der Gefährdung angrenzender Bauten und Infrastrukturen infolge Haltungseinsturz/Sackung über GIS Verschneidungen durch Definition einer maßgeblichen Distanz zwischen Haltungen und anderen Objekten insbesondere anderen Leitungsinfrastrukturen möglich.

Die Risikobewertung je Haltung und Funktionalanforderung erfolgt gemäß INFOSAN abschließend über Risikokarten (Darstellung des Failure Risk Index je Haltung) oder über Risikomatrizen (Kapitel 4.3.5). Die entwickelte Risikoanalyse ermöglicht eine auf ein zu betrachtendes Gebiet abgestimmte ganzheitliche Festlegung von Sanierungsprioritäten, die sich an den für das Gebiet relevanten Funktionalanforderungen, abgeleitet aus der Gebietspriorisierung orientiert. Kapitel 4.6.1 zeigt ein Beispiel für ein Teilnetz in welchem die Funktionalanforderung „Schutz vor Überflutung“ und „Gefährdung angrenzender Bauten und Infrastruktur“ bewertet wurden.

Ist keine haltungsbezogene Risikoanalyse möglich, kann alternativ eine haltungsbezogene Zustandsanalyse Aufschluss über einzelne Haltungen im Untersuchungsgebiet geben. Dazu werden die Werte, welche bei der vorangegangenen Kennzahlenermittlung für einzelne Teilgebiete kumuliert wurden, auf die Haltungen rückgerechnet. Durch den Vergleich dieser Haltungswerte können Prioritäten erkannt werden. Sowohl bei der haltungsbezogenen Risikoanalyse, als auch bei der haltungsbezogenen Zustandsanalyse werden die Ergebnisse der einzelnen Haltungen miteinander verglichen um die prioritären Haltungen aus Sicht der definierten Sanierungsziele zu identifizieren. Um ganzheitliche Sanierungsprioritäten entsprechend der ÖNORM EN 752 (2008) ableiten zu können, müssen die Ergebnisse aus der Haltungspriorisierung für die einzelnen Funktionalanforderungen und somit der unterschiedlichen Zielsetzungen kombiniert werden. Dadurch werden Haltungen bestimmt, welche die höchsten Handlungsprioritäten aus Sicht aller untersuchten Gesichtspunkte aufweisen. Je nach spezifischer Anforderung kann aber nach wie vor auf unterschiedliche Funktionalanforderungen (je nach Zielsetzung) ein Schwerpunkt gelegt werden.

Aus den somit bekannten Sanierungsprioritäten kann die erforderliche technisch-funktionale Sanierungsrate (Soll-Wert der Sanierungsrate) abgeleitet werden. Diese gibt jene Sanierungsrate an, welche erforderlich wäre um die einwandfreie Funktionsfähigkeit aus ganzheitlicher Sicht, ohne Berücksichtigung von organisatorischen oder wirtschaftlichen Rahmenbedingungen (wie begrenzte Ressourcen oder Budgets, Sanierungszeiträume, etc.), wiederherzustellen. Da jedoch unterschiedliche Faktoren die Ausführung von Sanierungsmaßnahmen beeinflussen, muss eine organisatorisch-wirtschaftliche Adaptierung Berücksichtigung finden. Sanierungsbudgets oder die Berücksichtigung anderer Leitungsträger limitieren die tatsächlich zur Ausführung kommende Sanierungsrate (Ist-Wert der Sanierungsrate). Unter Kenntnis der Sanierungsprioritäten und Berücksichtigung der organisatorisch-wirtschaftlichen Möglichkeit kann die detaillierte Sanierungsplanung (Wahl des Sanierungsverfahrens, etc.) sowie die Umsetzung der Maßnahmen erfolgen. Anschließend muss (laufend) die Zielerreichung, über die Einhaltung der im Projekt empfohlenen Service Levels, kontrolliert werden. Dabei müssen unter Berücksichtigung eines

(vorgeschlagenen) mittelfristigen Sanierungszeitraums von 10 Jahren (bzw. 2 Jahre für Ziele des Grundwasserschutzes) die Ist-Werte der Sanierungsrate jenen der Soll-Werte zumindest entsprechen. Ist dies der Fall, kann davon ausgegangen werden, dass die ganzheitliche Funktionsfähigkeit auf mittelfristige Sicht erreicht oder gewährleistet werden kann.

Für Teilbereiche der entwickelten Methoden wurden Fallbeispiele anhand verfügbarer Daten von unterschiedlichen Kanalisationsunternehmen erarbeitet. Am Beispiel zweier projektbeteiligter Kanalisationsunternehmen sollten einige Kennzahlen ermittelt werden und daraus der Sanierungsbedarf für die untersuchten Teilnetze bestimmt werden. Fehlende Daten der Hydraulik, sowie Daten aus der Zustandserfassung, welche in einer wenig kompatiblen Form vorlagen erschwerten die Auswertung. Eine Übersetzung in die Kodierung nach ÖNORM EN 13508-2/A1 (2010) sowie der Versuch die Auswertung anhand einer vereinfachten Zustandsklassifizierung (SCHWARZ, 2012) durchzuführen, ergaben dennoch wenig aussagekräftige Ergebnisse. Aus diesem Grund wurde eine praktische Anwendung am Beispiel sechs externer Kanalunternehmen gezeigt, für welche Daten in verwertbarer Form vorlagen. Aus baulicher, betrieblicher und umweltrelevanter Sicht konnte auf Basis einiger Kennzahlen der Sanierungsbedarf bestimmt werden und in weiterer Folge nachgewiesen werden, ob die (angenommenen) vorhandenen Sanierungsraten ausreichen um die empfohlenen Kriterien der Zielerreichung (Service Levels) einhalten zu können oder nicht.

Im vorliegenden Endbericht sind alle Erfahrungen und Ergebnisse des Projektes zusammengefasst. Im Ablaufschema zur generellen ganzheitlichen Sanierungsplanung sind die Schritte bei der Anwendung der im Projekt entwickelten Methoden (strategische Informationsbeschaffung, Kennzahlenermittlung, Risikoanalyse, Einhaltung und Standards von Service Levels, etc.) zusammengefasst und entsprechend den gewonnenen Erkenntnissen schlüssig dargestellt. Das Ablaufschema ist als Leitfaden für die generelle ganzheitliche Sanierungsplanung (insbesondere auch für die strategische Informationsbeschaffung) zu sehen. Für Teilbereiche wurden praktische Anwendungen am Beispiel von Teilnetzen unterschiedlicher Kanalunternehmen (Projektintern bzw. –extern) ausgearbeitet. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse flossen direkt in die Entwicklung der Methoden mit ein (Rückkopplungsprozess).



6 Ausblick

Einige der im Projekt entwickelten Kennzahlen beruhen auf Zustandserfassungsdaten aus der TV-Inspektion bzw. auf darauf aufbauenden Zustandsklassifizierungen bzw. –beurteilungen. Dies betrifft neben dem baulichen auch den umweltrelevanten sowie den betrieblichen Zustand von Entwässerungssystemen. Auch wenn in der derzeitigen Praxis üblicherweise bereits eine Zustandsklassifizierung bzw. –beurteilung durchgeführt wird und mit der Zustandserfassung nach ÖNORM EN 13508-2/A1 (2010) eine europaweit verbindliche Norm vorhanden ist, hat das Projekt gezeigt, dass noch keine flächendeckend einheitliche Herangehensweise an diese Thematik in Österreich existiert. Neben unterschiedlichen Kodierungen bei den Zustandserfassungen, existieren parallel mehrere unterschiedliche Systeme zur Zustandsklassifizierung bzw. -beurteilung. Einerseits ist die ÖNORM EN 13508-2/A1 (2010) faktisch seit 2006 verbindlich anzuwenden (PLIHAL, 2006) und bietet auch durchwegs detailliertere Möglichkeiten bei der Erfassung als „veraltete“ Systeme, andererseits bietet sie die Möglichkeit, sowohl für Leitungen als auch Schachtbauwerke eine Beurteilung hinsichtlich der Standsicherheit (baulich), als auch der Dichtheit (umweltrelevant) und der Betriebssicherheit (betrieblich) durchzuführen. Eine detaillierte Zustandserfassung nach ÖNORM EN 13508-2/A1 (2010) bringt demnach auch ungeachtet des obligatorischen Charakters Vorteile mit sich. Im Verlauf des Projekts hat sich eine starke Tendenz abgezeichnet, dass zukünftig mit einer vermehrt einheitlichen Herangehensweise an diese Thematik zu rechnen ist (Umstieg einiger Kanalunternehmen, etc.). Wie auch von SCHWARZ (2012) beschrieben, besteht bei der Inspektion und Zustandsklassifizierung bzw. –beurteilung von Schachtbauwerken Nachholbedarf in Österreich. Diese werden derzeit oftmals nicht flächendeckend erfasst, stellen jedoch einen wesentlichen Bestandteil der Kanalisation dar, und müssen im Zuge einer ganzheitlichen generellen Sanierungsplanung unbedingt Berücksichtigung finden. Auch wenn zu jetzigem Zeitpunkt oftmals noch keine entsprechenden Datengrundlagen in der Praxis vorhanden sind, finden in der entwickelten Methodik Schächte Berücksichtigung.

Für die umweltrelevante und hydraulische Beurteilung von Kanalisationen sind datenintensive hydrodynamische Simulationen unumgänglich (z. B. Ermittlung der Einhaltung des Weiterleitungsgrades oder der Einhaltung der Überstauhäufigkeit, etc.). Neben lückenhaften Daten sind insbesondere fehlende Ressourcen und mangelndes Knowhow Hauptgründe dafür, dass oftmals keine Simulation durchgeführt wird. In puncto lückenhafte Daten kann die strategische Informationsbeschaffung, wie sie im Projekt entwickelt wurde, helfen. Fortschreitende Technisierung, Anpassung an den Stand der Technik und (Weiter-) Entwicklung von in der Handhabung vereinfachter Software lassen darüber hinaus vermuten, dass zukünftig vermehrt hydraulische Modelle zum Einsatz kommen werden (SCHWARZ et al., 2013b). Um diesen Problemen zu begegnen und die Verwendung von hydraulischen Modellen zu fördern, wurde im April 2013 unter Förderung des Lebensministeriums das Projekt „DatMod - Auf effizientem Wege von den Daten zum Modell“ bestehend aus dem Projektkonsortium Technische Universität Graz (Projektkoordinator), Universität Innsbruck und Universität für Bodenkultur Wien begonnen. Darin soll unter effizienter und wirtschaftlicher Nutzung der vorhandenen Daten in den wachsenden Leitungsinformationssystemen, eine kombinierte modellbasierte Nachweisführung von hydraulischen und umweltrelevanten Zuständen ermöglicht werden.

Die entwickelte Methodik bietet Raum für zukünftige Anpassungen an sich ändernde Gegebenheiten oder individuelle Ansprüche unterschiedlicher Benutzer. Beispielsweise können zusätzliche Ziele, Funktionalanforderungen, Leistungsanforderungen oder Kennzahlen in die bestehende Methodik eingearbeitet werden. Bei sich ändernder Datenverfügbarkeit können in Zukunft aber auch Kennzahlen, die aufgrund unterschiedlicher Gründe derzeit noch keine Anwendung finden, reaktiviert werden (z. B. könnten bei Entwicklung eines entsprechenden Beschwerdemanagementsystems in Zukunft Serviceunterbrechungen bei der betrieblichen Zustandsbeurteilung berücksichtigt werden).

Die Methodik wurde zwar am Beispiel einiger Fallbeispiele hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit überprüft und anhand der Ergebnisse entsprechend adaptiert, Rückkopplungen und Anpassungen aus der Anwendung in der Praxis sind jedoch ein wesentlicher und unverzichtbarer Input zur (Weiter-) Entwicklung eines geeigneten Verfahrens für die ganzheitliche generelle Sanierungsplanung. Für die Fallbeispiele bei sechs externen Kanalunternehmen lagen zwar Daten in verwertbarer Form vor (Zustandserfassung nach ÖNORM EN 13508-2/A1 (2010)), die Auswertung musste sich jedoch auf eine manuelle Auswertung (MS Excel) beschränken, da die Daten in einer nicht automatisch (Software zur Zustandsbeurteilung) auswertbaren Form vorlagen. Dadurch konnte bislang noch keine systematische Filterung von für spezifische Funktionalanforderungen relevanten Zuständen, wie sie in der Risikoanalyse benötigt werden, erfolgen.

Des Weiteren handelte es sich bei den bisher verwendeten Zustandserfassungsdaten um kleine ausgewählte Teilbereiche größerer Kanalisationsunternehmen mit bekanntermaßen schlechtem Zustand. Zur fundierten Überprüfung der Anwendbarkeit der entwickelten Methoden für unterschiedlich strukturierte, österreichische Kanalisationsunternehmen ist eine Anwendung auf verschiedene Verhältnisse (mehrere Teilbereiche bzw. Gesamtnetz, gesamtes Spektrum an Schwere von Zuständen, etc.) erforderlich.



7 Literatur

- Ana, E., Bauwens, W. (2007). *Sewer Network Asset Management Decision-Support Tools: A Review*. International Symposium on New Directions in Urban Water Management. 12-14 September 2007. UNESCO Paris
- Ana, E., Bauwens, W. (2010). *Modeling the structural deterioration of urban drainage pipes: the state-of-the-art in statistical methods*. Urban Water Journal 7 (1). 47-59
- Ariaratnam, S. T., El-Assaly, A., Yang, Y. (2001). *ASSESSMENT OF INFRASTRUCTURE INSPECTION NEEDS USING LOGISTIC MODELS*. JOURNAL OF INFRASTRUCTURE SYSTEMS (December 2001). 160-165
- ATV-M 143-2 (1999). *Inspektion, Instandsetzung, Sanierung und Erneuerung von Abwasserkanälen und -leitungen – Teil 2: Optische Inspektion*
- Bölke, K.-P., Ertl, T., Gangl, G., Kretschmer, F. (2006). *Auf dem Weg zur qualitätsgesicherten Kanalinspektion in Österreich / QS-TV und Muster LV*. Kanalmanagement 2006 – Praxisberichte und Projektergebnisse. D1-D16. ISBN 3-85234-087-X. Wien: Wiener Mitteilungen Band 196
- Bölke, K. P. (2009). *Kanalinspektion - Zustände erkennen und dokumentieren*. Springer Verlag. ISBN 978-3-540-85384-8
- Breindl, D. (2013). *Kanalsanierung eine Herausforderung für die Zukunft*, ÖWAV Seminar „Sanierung und Anpassung von Entwässerungssystemen“, 29. Januar 2013, Innsbruck, Österreich,
- Cardoso, M. A., Matos, R., Pinheiro, I., Almeida, M.C. (2005). *Performance Indicators for Rehabilitation End-users field testing results*. Hydraulics and Environment Department, Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) Lisbon. Kopenhagen: 10th International Conference on Urban Drainage. 21-26.08.2005
- CARE-S (2005). <http://care-s.unife.it> (abgefragt am 09.10.2008)
- D-A-CH Arbeitsgruppe (s.a.). *Schlüsselkennzahlen für die Abwasserentsorgung*. http://www.vsa.ch/fileadmin/user_upload/Redaktion/Verbandsberichte/2011_604-/611_06_Hug.pdf (abgefragt am 18.04.2012)
- Davies, J. P., Clarke, B. A., Whiter, J. T., Cunningham, R. J. (2001a). *Factors influencing the structural deterioration and collapse of rigid sewer pipes*. Urban Water 3 (2001). 73-89
- Davies, J. P., Clarke, B. A., Whiter, J. T., Cunningham, R. J., Leidi, A. (2001b). *The structural condition of rigid sewer pipes: a statistical investigation*. Urban Water 3 (4). 277-286
- Dayton, C. M. (1992). *Logistic Regression Analysis*. <http://bus.utk.edu/stat/datamining/articles.htm> (abgefragt am 25.06.2011)
- DIN EN 60812 (2006). *Analysis techniques for system reliability - Procedure for failure mode and effects analysis (FMEA)*
- Dirksen, J., Clemens, F. H. (2008). *Probabilistic modeling of sewer deterioration using inspection data*. Water Science and Technology. 57(10):1635-41. London: IWA Publishing
- DVGW, DWA (2005). *Leitfaden Benchmarking für Wasserversorgungs- und Abwasserbeseitigungsunternehmen*. Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e.V., Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.
- DWA-M 143-14 (2005). *Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden - Teil 14: Sanierungsstrategien*. Hennef
- DWA-M 149-2 (2006). *Zustandserfassung und -beurteilung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden - Teil 2: Kodiersystem für die optische Inspektion*. Hennef

- DWA-M 149-3 (2007). *Zustandserfassung und -beurteilung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden - Teil 3: Zustandsklassifizierung und -bewertung*. Hennef
- DWA (2008). *Unternehmensbenchmarking als Bestandteil der Modernisierungsstrategie - Kennzahlen und Auswertungsgrundsätze*. Hennef
- DWA-M 152 (2009). *Umsteigekatalog von ATV-M 143-2 zu DIN EN 13508-2 in Verbindung mit DWA-M 149-2*. Hennef
- DWA (2012). *Leitfaden zur strategischen Sanierungsplanung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden*. DWA-Themen T4/2012. Hennef
- Ertl, T. (2007). *Entwicklung einer Methode für den technisch-wirtschaftlichen Vergleich von Kanalisationsunternehmen als Grundlage zur Optimierung ihrer Betriebsführung*. Dissertation. Wien: Universität für Bodenkultur
- Ertl, T., Plihal, H., Kretschmer, F. (2009). *Beitrag zur Optimierung der Datengrundlagen für die Sanierungsplanung anhand einer Prozessanalyse bei der baulichen Zustandserfassung durch Kanal-TV-Inspektionen*. Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft, 61/11-12. 155-162. ISSN 0945-358X
- EBC (2011). *Learning from International Best Practices. 2010 Water & Wastewater Benchmark*. Rijswijk: European Benchmarking Co-operation
- Ertl, T., Kretschmer, F. (2008). *Zieldefinitionen bei der strategischen Sanierungsplanung und Betriebsoptimierung von Kanalisationsunternehmen*. Kanalmanagement 2008 – Betrieb und Mischwasser. E1-E18. ISBN 978-3-85234-101-9. Wien: Wiener Mitteilungen Band 209
- Ertl, T. (2011). *Kanalmanagement (Infrastrukturmanagement in der Siedlungsentwässerung)*. Vorlesungsskriptum. Wien: Universität für Bodenkultur
- Fenzl, R. (2011). *Im Spiegel der Statistik: Die öffentliche Kanalisation in Österreich*. Masterarbeit. Graz: Technische Universität
- Friedl, F., Möderl, M., Rauch, W., Liu, Q., Schrotter, S., Fuchs-Hanusch, D. (2012). *Failure propagation for large-diameter transmission water mains using dynamic failure risk index*. World Environmental and Water Resources Congress 2012: ISBN 978-0-7844-1231-2. Reston: ASCE, American Society of Civil Engineering. 3082-3095
- Friedl, F., Fuchs-Hanusch, D. (2011). *Risk Assessment of Transmission Water Mains to Support Efficient Rehabilitation Decisions*. Bukarest: First IWA Danube - Black Sea Regional Young Water Professional Conference. IWA. 14.-15. June
- Fritsch, E. (2010). *Kritische Infrastruktur in der Siedlungswasserwirtschaft - Planung, Risikomanagement und Vorsorge für kritische Wasserinfrastrukturen*. Innsbruck: ÖWAV. 27. Jänner 2010
- Fromm, S. (2005). *Binäre logistische Regressionsanalyse*. http://www.uni-bamberg.de/fileadmin/uni/fakultaeten/sowi_lehrstuehle/empirische_sozialforschung/pdf/bambergerbeitraege/Log-Reg-BBES.pdf (abgefragt am 18.1.2012)
- Fuchs-Hanusch, D. (2009). *Effiziente Instandhaltung von Wasserverteilungsanlagen*. Energie Wasser-Praxis 60 (1). 12-17. DVGW. Bonn
- Fuchs-Hanusch, D., Friedl, F., Möderl, M., Sprung, W., Plihal, H., Kretschmer, F., Ertl, T. (2012a). *Risk and performance oriented sewer inspection prioritization*. World Environmental and Water Resources Congress 2012. ISBN 978-0-7844-1231-2. Reston: ASCE, American Society of Civil Engineering. 3711 – 3723
- Fuchs-Hanusch, D., Friedl, F., Pixner, P., Möderl, M., Kretschmer, F., Plihal, H., Ertl, T. (2012b). *Schadensbildorientierte Risikobewertung von Kanalisationen*. Kanalmanagement 2012 - Inspektion und generelle Sanierungsplanung von Kanalisationen. D1-D18. ISBN 978-3-85234-118-7. Wien: Wiener Mitteilungen Band 225
- Gangl, G., Ertl, T., Kretschmer, F. (2006). *KANFUNK - Überprüfung, Bewertung und Sicherstellung der Funktionsfähigkeit von Kanalisationsanlagen in Österreich - Endbericht*. Wien: Lebensministerium



- Gunzl, S., Ertl, T. (2012). *Vorschlag zur Dichtheitsprüfung "alter" Freispiegelkanäle*. Kanalmanagement 2012 - Inspektion und generelle Sanierungsplanung von Kanalisationen. E1-E27. ISBN 978-3-85234-118-7. Wien: Wiener Mitteilungen Band 225
- Hampel, R. (2007). *Regelwerke und Qualitätssicherung in der Kanalsanierung*. Kanalmanagement 2007 – Unterirdische Sanierung. D1-D10. ISBN 978-3-85234-095-1. Wien: Wiener Mitteilungen Band 203
- Heindl, M. (2010). 3. INFOSAN-Workshop. Wien: Mündliche Mitteilung. 21.06.2010
- Heindl, M. (2011). Linz: Elektronische Mitteilung. 02.11.2011
- ISO 24511 (2007) *Guidelines for the management of wastewater utilities and for the assessment of wastewater services*
- Kainz, H., Gangl, G., Ertl, T. (2006). *Funktionsfähigkeit von Kanalisationsanlagen in Österreich*. Schriftenreihe zur Wasserwirtschaft. Band 47. S. A1-A10. ISBN 3-902465-52-2. Graz: Technische Universität
- Koo, D. H., Ariaratnam, S. T. (2006). *Innovative method for assessment of underground sewer pipe condition*. Automation in Construction 15 (4). 479-488
- KPC (2012). *Ergebnisse der Investitionskostenerhebung Siedlungswasserwirtschaft 2012*. Wien: Kommunalkredit Public Consulting GmbH
http://www.publicconsulting.at/uploads/20121128_ik_erhebung_homepage.pdf (abgefragt am 22.01.2013)
- Kretschmer, F., Möderl, M., Fuchs-Hanusch, D., Friedl, F., Plihal, H., Ertl, T. (2012). *Der Einsatz von Kennzahlen bei der standardisierten Sanierungsplanung von Kanalisationen*. Kanalmanagement 2012 - Inspektion und generelle Sanierungsplanung von Kanalisationen. C1-C17. ISBN 978-3-85234-118-7. Wien: Wiener Mitteilungen Band 225
- Le Gauffre, P., Joannis, C., Breyse, D., Gibello, C., Desmulliez, J.J. (2004). *Gestion patrimoniale des réseaux d'assainissement urbains: Guide méthodologique*. 416 p. ISBN 2-7430-0748-6. Paris: Lavoisier Tec&Doc
- Le Gauffre, P., Joannis, C., Vasconcelos, E., Breyse, D., Gibello, C., Desmulliez, J.J. (2007). *Performance Indicators and Multicriteria Decision Support for Sewer Asset Management*. Journal of Infrastructure Systems. ASCE
- Mair, M., Sitzenfrie, R., Kleidorfer, M., Moderl, M., Rauch, W. (2012). *GIS-based applications of sensitivity analysis for sewer models*. Water science and technology. 65(7):1215. DOI: 10.2166/wst.2012.954
- Matos, R., Cardoso, A., Ashley, R., Duarte, P., Molinari, A., Schulz, A. (2003). *Performance Indicators for Wastewater Services*. London: IWA Publishing
- Milojevic, N., Wolf, M., Braunschmidt, S., Rabe, T., Sympher, K.-J. (2005). *KANSAS - Entwicklung einer ganzheitlichen Kanalsanierungsstrategie für Stadtentwässerungsnetze*. München: Dr.-Ing. Pecher und Partner Ingenieurgesellschaft mbH für Siedlungswasserwirtschaft
- Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz NRW (s.a.). *Untersuchungs- und Entwicklungsvorhaben im Bereich Abwasser zum Themenschwerpunkt Kanalsanierung: Entwicklung innovativer Konzeptionen und Verfahren zur Sanierung von öffentlichen und privaten Kanälen mit dem Schwerpunkt Grundstücksentwässerung - Vergabe-Nr. 08/058.4*.
http://www.lanuv.nrw.de/wasser/abwasser/forschung/pdf/Abschlussbericht_private_Grundstuecksentwässerung.pdf (abgefragt am 09.07.2013)
- Möderl, M., M. Kleidorfer, R. Sitzenfrie and W. Rauch (2009). "Identifying weak points of urban drainage systems by means of VulNetUD." Water Science and Technology 60(10): 2507-2513.
- Sitzenfrie, R., Rauch, W. (2010). *Achilles Approach to Identify Vulnerabilities in Urban Water Infrastructure for Operation and Emergency Management*. Montreal: IWA World Water Congress and Exhibition. IWA. 19 - 24 Sept. 2010

- Möderl, M., Hellbach, C., Sitzenfrei, R., Mair, M., Lukas, A., Mayr, E., Perfler, R., Rauch, W. (2011). *GIS Based Applications of Sensitivity Analysis for Water Distribution Models*. ASCE
- Möderl, M., Sitzenfrei, R., Friedl, F., Fuch-Hanusch, D., Kretschmer, F., Ertl, T., Rauch, W. (2012). *Analysis of Hydraulic and Combined Sewer Overflow Performance Indicators*. Albuquerque: World Environmental & Water Resources Congress. 3484-3493
- Neunteufel, R., Ertl, T., Spindler, A., Lukas, A., Perfler, R., Schwarz, D., Zessner, M., Haberl, R. (2012). *Technische Herausforderungen in der Siedlungswasserwirtschaft*. Wien: Bundesministerium für Land- undForstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft
- Oberösterreichische Landesregierung (1993). *Richtlinien des Amtes der Oberösterreichischen Landesregierung über die Kanalzustandserhebung*
- OFD Niedersachsen (Hrsg., 2010). *ISYBAU - Arbeitshilfen Abwasser - Planung, Bau und Betrieb von abwassertechnischen Anlagen in Liegenschaften des Bundes*. <http://www.arbeitshilfen-abwasser.de>
- ÖNORM B 2503 (2009). *Kanalanlagen - Ergänzende Richtlinien für die Planung, Ausführung und Prüfung*.
- ÖNORM EN 1610 (1998). *Verlegung und Prüfung von Abwasserleitungen und –kanälen*.
- ÖNORM EN 752 (2008). *Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden*. Brüssel: Europäisches Komitee für Normung
- ÖNORM EN 13508-2/A1 (2010). *Zustand von Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden – Teil 2: Kodiersystem für die optische Inspektion*
- ÖVGW (2004). *Richtlinie W 72 - Schutz- und Schongebiete*. Wien: Österreichische Vereinigung für das Gas- und Wasserfach
- ÖWAV (1998). *ÖWAV RB 21 – Kanalkataster*. Wien: Österreichischer Wasser und- Abfallwirtschaftsverband
- ÖWAV (2003). *ÖWAV RB 35 - Behandlung von Niederschlagswässern*. Wien: Österreichischer Wasser und- Abfallwirtschaftsverband
- ÖWAV (2007). *ÖWAV RB 19 - Richtlinien für die Bemessung von Mischwasserentlastungen*. Wien: Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband
- ÖWAV (2008). *ÖWAV RB 9 - Richtlinien für die Anwendung der Entwässerungsverfahren*. Wien: Österreichischer Wasser und- Abfallwirtschaftsverband
- ÖWAV (2009). *ÖWAV RB 11 - Richtlinien für die abwassertechnische Berechnung und Dimensionierung von Abwasserkanälen*. Wien: Österreichischer Wasser und- Abfallwirtschaftsverband
- ÖWAV (2010). *ÖWAV RB 40 - Leitungsinformationssystem - Wasser und Abwasser*. Wien: Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband
- ÖWAV (2011a). *ÖWAV RB 22 - Betrieb, Wartung und Überprüfung von Kanalanlagen*. Entwurf vom 28.03.2011. Wien: Österreichischer Wasser und- Abfallwirtschaftsverband
- ÖWAV (2011b). *ÖWAV RB 42 - Unterirdische Kanalsanierung - Hauskanäle*. Wien: Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband
- Pixner, P., (2011). *Risikobewertung in der strategischen Sanierungsplanung von Kanalisationen*, Masterarbeit am Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Landschaftswasserbau, TU Graz
- Plihal, H. (2009). *Evaluierung von Maßnahmen zur Qualitätssicherung bei der kamerabasierten Kanalinspektion*. Diplomarbeit am Institut für Siedlungswasserbau, Industriewasserwirtschaft und Gewässerschutz. Wien: Universität für Bodenkultur
- Plihal, H. (2013). *Kursunterlagen - Inspektion und Zustandsbewertung von Kanalisationsanlagen*. ÖWAV-Ausbildungskurs. 17.-21. Juni 2013. St. Veit an der Glan
- ROSSMAN, L.A. (2004). *Storm water management model - User's manual Version 5.0*. Ohio: National Risk Management Research Laboratory - U.S. Environmental Protection Agency
- Salman, B., Salem, O. (2012). *Modeling Failure of Wastewater Collection Lines Using Various Section-Level Regression Models*. Journal of Infrastructure Systems 18 (2). 146-154



- Schwarz, D. (2012). *Strategische Informationsbeschaffung als Grundlage der Kanalsanierungsplanung*. Masterarbeit am Institut für Siedlungswasserbau, Industriewasserwirtschaft und Gewässerschutz. Wien: Universität für Bodenkultur
- Schwarz, D., Kretschmer, F., Plihal, H., Ertl, T. (2013a) *Kanalinspektion nach ÖNORM EN 13508-2/A1 – Vereinfachte Klassifizierung von Zuständen*. Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft, 65/3-4. 94-104. ISSN 0945-358X
- Schwarz, D., Kretschmer, F., Plihal, H., Fuchs-Hanusch, D., Friedl, F., Ertl, T. (2013b). *Der Einsatz von Kennzahlen bei der standardisierten Sanierungsplanung von Kanalisationen – Fallstudie*. Kanalmanagement 2013 – Betrieb von Kanalisationen Präsentation des ÖWAV-Regelblattes 22. B1-B26. ISBN 978-3-85234-122-4. Wien: Wiener Mitteilungen Band 229
- Stein, R., Alvarez, R.T. (2005). *Vorausschauende Sanierungsplanung von Entwässerungssystemen auf der Basis konsistenter und stabiler Prognosemodelle*. KA - Abwasser, Abfall (52) Nr.6. S: 709-718
- Stone, S., Dzuray, E.J., Meisegeier, D., Dahlborg, A.S., Erickson, M. (2002). *Decision-Support Tools for Predicting the Performance of Water Distribution and Wastewater Collection Systems*. US EPA
- Zit, B. (2007). *Regelwerke und Qualitätssicherung für die Kanalsanierung – Erfahrungsbericht Innsbruck*. Kanalmanagement 2007 – Unterirdische Sanierung. D1-D10. ISBN 978-3-85234-095-1. Wien: Wiener Mitteilungen Band 203
- Zonensein, J., Miguez, M. G., de Magalhães, L. P. C., Valentin, M. G. and Mascarenhas, F. C. B. (2008). *Flood Risk Index as an Urban Management Tool*. Edinburgh: 11th International Conference on Urban Drainage. IWA 2008

8 Anhang

8.1 Datenfilter zur strategischen Informationsbeschaffung

8.1.1 Datenfilter der baulichen Zustandsbewertung

Input			primäre Relevanz			
			baulich			
			Funktionalanforderung gemäß EN 752 (2008)			
			Baulicher Zustand und Nutzungsdauer			Angrenzende Bauten sowie Ver- und Entsorgungseinrichtungen nicht gefährden
			(messbare) Leistungsanforderung(en)			
Beschreibung des Inputs			KZ/KI Beschreibung			
	Kürzel	Einheit	Baulich sanierungsbedürftige Kanallänge in [%]	Baulich sanierungsbedürftige Schächte in [%]	Zustandsklassenverteilung "Standssicherheit" in [%]	Schäden aufgrund von Ausspülungen in [Stk./100km²a]
Länge baulich sanierungsbedürftiger Kanäle	LSZ= 4,5	[km]	x			
Gesamtkanalnetzlänge	Lges	[km]	x			x
Anzahl baulich sanierungsbedürftiger Schächte	SSZ= 4,5	[Stk]		x		
Gesamtanzahl der Schächte	Sges	[Stk]		x		
Schadensart (Hauptkode, Charakterisierung)					x	
Anzahl der Schäden an Straßen, Bauwerken, etc. aufgrund von Ausspülungen		[Stk]				x
Ermittlungszeitraum (standardmäßig 365 Tage)		[d]				x

8.1.2 Datenfilter der betrieblichen Zustandsbewertung

Input			primäre Relevanz				
			betrieblich				
			Funktionalanforderung gemäß EN 752 (2008)				
			Aufrechterhaltung des Abflusses (inkl. Minimierung des Betriebsaufwandes)				
			(messbare) Leistungsanforderung(en)				
			KZ/KI Beschreibung				
Beschreibung des Inputs	Kürzel	Einheit	Anzahl der Verstopfungen in [Stk./100km²a]	Räumgutmenge pro km gereinigtem Kanal in [t bzw. m³/gereinigten km²a]	Betrieblich sanierungsbedürftige Kanallänge in [%]	Betrieblich sanierungsbedürftige Schächte in [%]	Zustandsklassen- verteilung "Betriebssicherheit"
Länge betrieblich sanierungsbedürftiger Kanäle	LBZ=4,5	[km]			x		
Gesamtkanalnetzlänge	Lges	[km]	x		x		
Anzahl betrieblich sanierungsbedürftiger Schächte	SBZ= 4,5	[Stk]				x	
Gesamtanzahl der Schächte	Sges	[Stk]				x	
Schadensart (Hauptkode, Charakterisierung)							x
Ermittlungszeitraum (standardmäßig 365 Tage)		[d]	x	x			
Anzahl der Verstopfungen		[Stk]	x				
Räumgutmenge		[m³],[t]		x			
gereinigte Kanalnetzlänge		[km]		x			

8.1.3 Datenfilter der umweltrelevanten Zustandsbewertung

Input			primäre Relevanz							
			umweltrelevant							
			Funktionalanforderung gemäß EN 752 (2008)							
			Schutz des Oberflächen- vorfluters		Grundwasserschutz					
					(messbare) Leistungsanforderung(en)					
Beschreibung des Inputs	Kürzel	Einheit	Einhaltung des Weiterleitungs- grades gemäß OWAV RB 19	Anteil der Kanäle, die in Schutz- gebieten liegen in [%]	Anteil der Schächte, die in Schutz- gebieten liegen in [%]	Anteil der nach OWAV RB 22 bzw. 42 undichten Kanallänge in [%]	Anteil der nach OWAV RB 22 bzw. 42 undichten Schächte in [%]	Gemäß optischer Dichtheit sanierungs- bedürftige Kanallänge in [%]	Gemäß optischer Dichtheit sanierungs- bedürftige Schächte in [%]	Zustands- klassen- verteilung "optische Dichtheit"
Länge gemäß optischer Dichtheit sanierungsbedürftiger Kanäle	LDZ=2,3,4,5	[km]						x		
Gesamtkanalnetzlänge	Lges	[km]		x		x		x		
Anzahl gemäß optischer Dichtheit sanierungsbedürftiger Schächte	SDZ=2,3,4,5	[Stk]							x	
Gesamtanzahl der Schächte	Sges	[Stk]			x		x		x	
Schadensart (Hauptkode, Charakterisierung)										x
Länge der Kanäle im Schutzgebiet		[km]		x						
Anzahl der Schächte im Schutzgebiet		[Stk]			x					
Länge der nach OWAV RB 22 bzw. 42 undichten Kanäle		[km]				x				
Anzahl der nach OWAV RB 22 bzw. 42 undichten Schächte		[Stk]					x			
Fläche des Einzugsgebietes	AE	[ha]	x							
befestigte Fläche im Einzugsgebiet	AE,b	[ha]	x							
nicht befestigte Fläche im Einzugsgebiet	AE,nb	[ha]	x							
langjährige Regenreihen (Mindestdauer der Aufzeichnung 10 Jahre)			x							
Anfangsverluste			x							
Dauerverluste			x							
Fließzeit			x							
Trockenwetterabfluss	QTW	[l/s]	x							
Volumen der Speicherbauwerke			x							
Bemessungsgröße der ARA zu der Mischwasserkanalisation entwässert		[EW]	x							
an Trennkanalisation angeschlossene EW		[EW]	x							
an Mischkanalisation angeschlossene EW		[EW]	x							
Teileinzugsgebiete pro Mischwasserüberlaufbecken		[ha]	x							

8.1.4 Datenfilter der hydraulischen Zustandsbewertung

Input			primäre Relevanz				
			hydraulisch				
			Funktionalanforderung gemäß EN 752 (2008)				
			Schutz vor Überflutung				
			(messbare) Leistungsanforderung(en)				
Beschreibung des Inputs	Kürzel	Einheit	KZ/KI Beschreibung				
			Einhaltung der Überflutungshäufigkeiten gem. OWAV RB 11	Hydraulische schachtbezogene Zustandsklassenverteilung in [%]	Hydraulische Freispiegelleitungsbezogene Zustandsklassenverteilung in [%]	Hydraulische sanierungsbedürftige Freispiegelkanallänge in [%]	Anteil der Schächte mit Überstau in [%]
Länge hydraulisch sanierungsbedürftiger Freispiegelkanäle	LHZ=5	[km]				x	
Gesamtanzahl der Schächte	Sges	[Stk]					x
Anzahl Schächte mit Überstau	SHZ=4,5	[Stk]					x
Gesamtfreispiegelkanalnetzlänge		[km]				x	
Fläche des Einzugsgebietes	AE	[ha]	x	x	x		
befestigte Fläche im Einzugsgebiet	AE,b	[ha]	x	x	x		
nicht befestigte Fläche im Einzugsgebiet	AE,nb	[ha]	x	x	x		
Gelände-/Flächenneigung	JG	[°],[‰]	x	x	x		
Breite des Einzugsgebiets		[m]	x	x	x		
Art/Beschaffenheit der Fläche			x	x	x		
Anfangsverluste			x	x	x		
Dauerverluste			x	x	x		
Ganglinie der Regenintensität (Regenkontinuum, Starkregenereignisse, Modellregen, historische Regenereignisse)			x	x	x		
ungleichmäßige Einzugsgebietsform			x	x	x		
Kanaldurchmesser		[mm]	x	x	x		
Kanalgeometrie (Profil)			x	x	x		
Haltungslänge (ggf. unterteilt in Mischwasser-, Schmutzwasser- und Regenwasserkanal)		[m]	x	x	x		
Schachtdurchmesser bzw. -geometrie inkl. Zulauf- und Ablaufgeometrie			x	x	x		
Geländehöhen an den Schächten		[m H. ü. A.]	x	x	x		
Sohlhöhen der Knoten und Haltungen		[m H. ü. A.]	x	x	x		
Rauigkeitsbeiwert bzw. Wandungsmaterialien			x	x	x		
Trockenwetterabfluss	QTW	[l/s]	x	x	x		
Geometrie der Speicherbauwerke inkl. Zulauf-, Ablauf- und Überlaufgeometrie			x	x	x		
Geometrie von Wehren (insbesondere Ausbildung der Wehrkrone)			x	x	x		
Geometrie des Pumpensumpfes bei Pumpwerken			x	x	x		
Pumpenkennlinien			x	x	x		
Ein- und Ausschaltzeiten bzw. Ein- und Ausschaltpunkte von Pumpen			x	x	x		
Schieberausgangs- und Schieberendstellung			x	x	x		
Durchflussquerschnitt (Regelorgane und Schieber)			x	x	x		
Durchflussbeiwert (Regelorgane und Schieber)			x	x	x		
erforderliche Überflutungshäufigkeit (abhängig von Ort)	nerf	[1/a]	x				

8.1.5 Datenfilter der organisatorisch-wirtschaftlichen Sanierungsrate

Input			Sanierungsraten (organisatorisch-wirtschaftlich)	
			KZ/KI Beschreibung	
Beschreibung des Inputs	Kürzel	Einheit	Anteil der jährlich sanierten Schächte in [%]	jährliche Sanierungsrate in [%]
Gesamtkanalnetzlänge	Lges	[km]		x
Gesamtanzahl der Schächte	Sges	[Stk]	x	
Länge der sanierten Kanäle pro Jahr	Lsana	[km]		x
Anzahl der sanierten Schächte pro Jahr	Ssana	[Stk]	x	



8.2 Liste der Publikationen

- Fuchs-Hanusch, D., Friedl, F., Pixner, P., Möderl, M., Kretschmer, F., Plihal, H., Ertl, T. (2012). *Schadensbildorientierte Risikobewertung von Kanalisationen*. Kanalmanagement 2012 - Inspektion und generelle Sanierungsplanung von Kanalisationen. D1-D18. ISBN 978-3-85234-118-7. Wien: Wiener Mitteilungen Band 225
- Fuchs-Hanusch, D., Friedl, F., Möderl, M., Sprung, W., Plihal, H., Kretschmer, F. and Ertl, T. (2012). *Risk and Performance Oriented Sewer Inspection Planning*. EWRI 2012, Albuquerque: World Environmental & Water Resources Congress pp. 3711-3723,
- Kretschmer, F., Fuchs-Hanusch, D., Möderl, M., Friedl, F., Ertl, T. (2011). *Strategische Informationsbeschaffung als Grundlage der ganzheitlichen generellen Sanierungsplanung von Kanalisationsanlagen in Österreich*. S. 123-125. Schriftreihe Siedlungswasserwirtschaft Bochum Nr. 62 - Werterhalt und Erneuerung von Abwasseranlagen. Bochum: Gesellschaft zur Förderung des Lehrstuhls für Siedlungswasserwirtschaft und Umwelttechnik an der Ruhr-Universität Bochum
- Kretschmer, F., Plihal, H., Fuchs-Hanusch, D., Möderl, M., Ertl, T. (2011). *Development of a Data Filtration Method for Strategic Data Acquisition in Sewer Rehabilitation Planning*. Valencia: PConference
- Kretschmer, F., Möderl, M., Fuchs-Hanusch, D., Friedl, F., Plihal, H., Ertl, T. (2012). *Der Einsatz von Kennzahlen bei der standardisierten Sanierungsplanung von Kanalisationen*. Kanalmanagement 2012 - Inspektion und generelle Sanierungsplanung von Kanalisationen. C1-C17. ISBN 978-3-85234-118-7. Wien: Wiener Mitteilungen Band 225
- Möderl, M., Sitzenfrei, R., Friedl, F., Fuch-Hanusch, D., Kretschmer, F., Ertl, T., Rauch, W. (2012). *Analysis of Hydraulic and Combined Sewer Overflow Performance Indicators*. Albuquerque: World Environmental & Water Resources Congress. 3484-3493
- Pixner, P., (2011). *Risikobewertung in der strategischen Sanierungsplanung von Kanalisationen*, Masterarbeit am Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Landschaftswasserbau, TU Graz
- Schwarz, D. (2012). *Strategische Informationsbeschaffung als Grundlage der Kanalsanierungsplanung*. Masterarbeit am Institut für Siedlungswasserbau, Industriewasserwirtschaft und Gewässerschutz. Wien: Universität für Bodenkultur
- Schwarz, D., Kretschmer, F., Plihal, H., Ertl, T. (2013) *Kanalinspektion nach ÖNORM EN 13508-2/A1 – Vereinfachte Klassifizierung von Zuständen*. Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft, 65/3-4. 94-104. ISSN 0945-358X
- Schwarz, D., Kretschmer, F., Plihal, H., Fuchs-Hanusch, D., Friedl, F., Ertl, T. (2013). *Der Einsatz von Kennzahlen bei der standardisierten Sanierungsplanung von Kanalisationen – Fallstudie*. Kanalmanagement 2013 – Betrieb von Kanalisationen Präsentation des ÖWAV-Regelblattes 22. B1-B26. ISBN 978-3-85234-122-4. Wien: Wiener Mitteilungen Band 229
- M. Möderl, R. Sitzenfrei, F. Friedl, D. Fuchs-Hanusch, F. Kretschmer, T. Ertl und W. Rauch: *Analyse einer hydraulischen Zustandsbewertung von Mischwassersystemen*. eingereicht bei Korrespondenz Abwasser