

**MINISTERIUM
FÜR EIN
LEBENSWERTES
ÖSTERREICH**

bmlfuw.gv.at

INNOKANIS

**INNOVATIVE METHODEN
DER KANALINSPEKTION
ZUR OPTIMIERUNG
SELEKTIVER
BETRIEBSSTRATEGIEN**



Projektleitung:

Universität für Bodenkultur Wien
Department Wasser-Atmosphäre-Umwelt
Institut für Siedlungswasserbau, Industriewasserwirtschaft und Gewässerschutz
Muthgasse 18, A-1190 Wien
Tel. +43(0)1/ 47654-5800, Fax +43(0)1/ 3689949
Email: sig-office@boku.ac.at, Internet: <http://sig-www.wau.boku.ac.at/sig.html>

Projektpartner:

Universität für Bodenkultur Wien
Institut für Siedlungswasserbau, Industriewasserwirtschaft und Gewässerschutz

University of Bradford

Faculty of Engineering and Informatics

Abwasserverband Anzbach-Laabental

Abwasserverband Großsache-Nord

Reinhalteverband Hallstättersee

Reinhalteverband Mühlthal

Reinhalteverband Trumerseen

Reinhalteverband Wolfgangsee-Ischl

iPEK International GmbH

MesSen Nord Ges. f. Meß-, Sensor- und Datentechnik mbH

Barthauer Software GmbH

HST Hydro-Systemtechnik GmbH

Ingenieurkonsulenten DI Schüffl u. DI Forsthuber

Berichtsautoren:

DI Hanns Plihal

Alexander Kuratko BSc

DI Benedikt-Johannes Schmidt

DI Christian Hörandner

Univ.-Prof. DI Dr. Thomas Ertl

Universität für Bodenkultur Wien

Institut für Siedlungswasserbau, Industriewasserwirtschaft und Gewässerschutz

Weitere relevante Angaben:

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

Inhaltsverzeichnis

1.	Grundlagen zum Projekt	1
1.1	Ausgangssituation (Plihal et al., 2014b).....	1
1.2	Zielsetzungen im Projekt.....	2
2.	Begriffsdefinitionen	3
3.	Rechtliche Grundlagen	4
3.1	EU - Rechtsvorschriften	4
3.1.1	EU - Wasserrahmenrichtlinie (2000/60/EG).....	4
3.1.2	EU - Kommunale Abwasserrichtlinie (91/271/EWG) - über die Behandlung von kommunalem Abwasser..	5
3.2	Nationale Rechtsvorschriften	6
3.2.1	Wasserrechtsgesetz 1959 (WRG 2014)	6
3.2.2	Allgemeine Abwasseremissionsverordnung 1996 (AAEV 2014).....	7
3.2.3	Umweltförderungsgesetz 1993 (UFG 2014).....	9
3.2.4	Förderungsrichtlinien 1999 - Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW 2008).....	10
3.3	Rechtsvorschriften der Bundesländer.....	11
4.	Technische Grundlagen	12
4.1	Österreichische Normen und Regelwerke für den Kanalbetrieb	12
4.1.1	ÖNORM EN 752 (2008) - Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden	12
4.1.2	ÖNORM B 2503 (2004) - Kanalanlagen - Ergänzende Richtlinien für die Planung, Ausführung und Prüfung 13	
4.1.3	ÖNORM EN 13508-2 (2002) - Zustand von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden - Teil 2: Kodiersystem für die optische Inspektion.....	13
4.1.4	ÖWAV-Regelblatt 22 - Betrieb, Wartung und Überprüfung von Kanalanlagen (2012).....	13
4.1.5	ÖWAV-Regelblatt 43 - Optische Kanalinspektion (2013)	14
4.1.6	DWA-M 149-5 - Zustandserfassung und Beurteilung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden, Teil 5: Optische Inspektion (2010)	17
4.2	Zustandserfassung von Kanalhaltungen	18
4.2.1	Die indirekte optische Zustandserfassung.....	21
4.2.2	Konventionelle optische Inspektionsmethoden für Haltungen.....	22
4.2.2.1	TV Inspektion mit ortsbeweglicher Kamera	23
4.2.2.2	TV Inspektion mit Fahrwagen	23
4.2.3	Innovative optische Inspektionsmethoden	24
4.2.3.1	Der elektronische Spiegel (Plihal und Ertl, 2013b).....	24
4.2.3.2	SewerBatt® - Akustische Methode.....	27
4.2.4	Laser Profiler	28
4.3	Zustandserfassung von Schächten (Hörandner, 2014)	29
4.3.1	Computerunterstützte Schachtinspektion (CUS).....	29
4.3.2	IBAK PANORAMO SI (3D-Scanner).....	30
4.3.3	Schachtinspektionskamera RZL 90°	31
4.3.4	Inspektionssystem Ganymet	32
4.4	Kanalreinigung (Plihal et al., 2013)	32
4.4.1.1	Ursache und Auswirkungen von Ablagerungen (Plihal et al., 2014a)	33
4.4.1.2	Reinigungsstrategien (Plihal et al., 2014a).....	35
5.	Methodik	37
5.1	Ort und Untersuchungszeitraum (Plihal et al., 2014).....	37
5.1.1	Voruntersuchungen beim European Pipeline Center (Plihal et al., 2014).....	37
5.1.2	Felduntersuchungen	38
5.1.2.1	Haltungsinspektion	38
5.1.2.2	Kombinierte Inspektion (elektronischer Spiegel und SewerBatt®).....	40

5.1.2.1	Schachtinspektion	40
5.2	Inspektionsgeräte	40
5.2.1	Spiegelmodell QuickView Haloptic	40
5.2.2	Spiegelmodell MesSen Nord STV3	41
5.2.3	SewerBatt®	41
5.3	Methodik der Haltungsinspektionen	42
5.4	Methodik der Schachtinspektion (Hörandner, 2014)	45
5.5	Untersuchungsumfang	46
5.5.1	INNOKANIS Voruntersuchungen	46
5.5.2	INNOKANIS Felduntersuchungen und EPC-Voruntersuchungen	46
5.5.3	Kombinierte Haltungsinspektion (elektr. Spiegel und SewerBatt®)	49
5.5.4	Schachtinspektion	51
6.	Ergebnisse	52
6.1	Ergebnisse der Voruntersuchungen beim European Pipeline Center (Kuratko et al., 2013) 52	
6.1.1	Beleuchtungseinrichtung	52
6.1.2	Farbwiedergabe	54
6.1.3	Kameraauflösung	57
6.1.4	Deformationsmessung	64
6.2	Eignung eines elektronischen Spiegels für den täglichen Einsatz bei der Haltungsinspektion	65
6.2.1	Überprüfung der baulichen Funktionsfähigkeit einer Haltung mittels elektronischem Spiegel (Plihal et al., 2014b) 66	
6.2.1.1	Bedarf einer zusätzlichen TV-Inspektion	69
6.2.1.2	Sanierungsbedarf	70
6.2.2	Überprüfung der betrieblichen Funktionsfähigkeit einer Haltung mittels elektronischem Spiegel (Plihal und Ertl, 2013)	71
6.2.3	Überprüfung der umweltrelevanten Funktionsfähigkeit einer Haltung mittels elektronischem Spiegel (Plihal und Ertl, 2013)	72
6.2.4	Sonstige Einsatzmöglichkeiten	75
6.2.5	Ursachen der Nichterkennung von Zuständen in Haltungen im Rahmen des betrieblichen Überblicks mittels elektronischem Spiegel (Plihal und Ertl, 2013b und Plihal et al., 2014b)	75
6.2.5.1	Bauliche Hindernisse	76
6.2.5.2	Betriebliche Hindernisse	80
6.2.5.3	Kameratechnische Einschränkungen	81
6.2.5.4	Allgemeine Ursachen	83
6.3	Eignung einer Kombination von den Inspektionsgeräten elektronischer Spiegel und SewerBatt® für den täglichen Einsatz bei der Haltungsinspektion (Plihal et al., 2015)	83
6.3.1	Faktoren welche die Zustandserkennung im Feld limitieren	89
6.3.2	Vergleich: herkömmliche TV-Inspektion vs. elektronischer Spiegel vs. SewerBatt®	90
6.4	Eignung eines elektronischen Spiegels für den täglichen Einsatz bei der Schachtinspektion (Hörander, 2014)	92
6.4.1.1	Auswertung mit elektronischem Spiegel	96
6.5	Adaption der Zustandsbeschreibung für innovative Inspektionsmethoden (Kuratko, 2015a) 100	
6.5.1	Ergebnisse der Auswertung der Datenbank	103
6.5.1.1	Zustände nach EN 13508-2/A1 (2010) ohne Zustandsgruppen	103
6.5.1.2	Zustände nach EN 13508-2/A1 (2010) bei Bildung von Zustandsgruppen	104
6.5.1.3	Zustandserfassung elektronischer Spiegel ohne Zustandsgruppen	105
6.5.1.4	Zustandserfassung elektronischer Spiegel mit Zustandsgruppen	109
6.5.1.5	Änderungen der Erfassungsraten durch die Anwendung von Zustandsgruppierungen	113
6.6	Schnittstelle für die Einbindung der Haltungs- und Schachtdaten in die drei untersuchten Betriebsführungssoftwareprodukte	114

6.7	Dokumentation des Verschmutzungsgrades sowie der Kanalräumgutmenge (Plihal et al., 2014a; Plihal et al., 2014b).....	117
6.7.1	Quantifizierung von Ablagerungen.....	117
6.7.2	Auswirkungen einer geänderten Reinigungsstrategie.....	120
6.7.2.1	Betriebliche Auswirkungen.....	120
6.7.2.2	Finanzielle Auswirkungen.....	122
6.7.2.3	Umweltrelevante Auswirkungen.....	122
6.8	Endfassung zum Pflichtenheft, das als Hilfestellung für die Ausschreibung der Software für die Betriebsführung der Kanalisationsunternehmen dienen soll (Schmidt, 2012).....	122
6.8.1	Schachtbezeichnung und Identifikation.....	123
6.8.1.1	Schachtkennzeichnung.....	123
6.8.1.2	Haltungskennzeichnung.....	124
6.8.1.3	Strangbezeichnung.....	124
6.8.1.4	Schachtidentifikation.....	124
6.8.2	Schachtinspektion Variante „Light“.....	126
6.8.2.1	Workflow optimierte Schachtinspektion.....	126
6.8.2.2	Schachtinspektion „Kombinierte Version“.....	130
6.9	SWOT-Analyse.....	132
6.9.1	Ergebnisse aus dem Startworkshop.....	132
6.9.1.1	Ergebnis der SWOT-Analyse - Gruppe Behörde und Abwasser- bzw. Reinhaltverbände.....	132
6.9.1.2	Ergebnis der SWOT-Analyse - TV-Inspektionsfirmen und Universität-Bradford.....	134
6.9.1.3	Ergebnis der SWOT-Analyse - Softwarehersteller.....	136
6.10	Ergänzende Untersuchungen zum INNOKANIS-Projekt (Kuratko, 2015b).....	138
6.10.1	Vergleich verschiedener Modelle des elektronischen Spiegels.....	138
6.10.1.1	Technischer Vergleich der elektronischen Spiegelmodelle.....	138
6.10.1.2	Vergleich Spiegelmodelle: Beispiel 1.....	139
6.10.1.3	Vergleich Spiegelmodelle: Beispiel 2.....	140
6.10.1.4	Vergleich Spiegelmodelle: Beispiel 3.....	141
6.10.2	Vergleich der Spiegelmodelle während des Einsatzes im Feld.....	142
6.10.2.1	Feldeinsatz iPEK QuickView Haloptic.....	142
6.10.2.2	Feldeinsatz iPEK QuickView X (Prototyp).....	143
6.10.2.3	Feldeinsatz Ritec Schachtkamera.....	144
6.10.2.4	Feldeinsatz JT-Elektronik Fast Picture.....	144
6.10.2.5	Feldeinsatz MesSen Nord STV3.....	146
6.10.3	Vergleich der Inspektionsdisplays im Feld.....	147
6.10.3.1	Inspektionsdisplay iPEK QuickView Haloptic.....	147
6.10.3.2	Inspektionsdisplay iPEK QuickView X.....	148
6.10.3.3	Inspektionsdisplay Ritec Schachtkamera.....	149
6.10.3.4	Inspektionsdisplay JT-Elektronik Fast Picture.....	150
6.10.3.5	Inspektionsdisplay MesSen Nord STV3.....	151
6.10.4	Zusammenfassender Vergleich der Spiegelmodelle.....	152
6.10.5	Kosten-Nutzen-Analyse basierend auf den vorangegangenen Untersuchungen.....	153
6.10.5.1	Varianten der Haltungsinspektionen.....	154
6.10.5.2	Kostengleichheit TV Befahrung - Elektronischer Spiegel.....	155
6.10.6	Einbindung der Inspektionsdaten des elektronischen Spiegels in die Datenstruktur der LINZ AG.....	155
6.10.6.1	WinCan Template LINZ AG.....	156
6.10.6.2	WinCan Template elektronischer Spiegel v1.....	156
6.10.6.3	WinCan Template elektronischer Spiegel v2.....	158
7.	<i>Diskussion und Interpretation der Ergebnisse</i>	159
7.1	Eignung des elektronischen Spiegels und SewerBatt® für den täglichen Einsatz.....	159
7.2	Eignung des elektronischen Spiegels zur Schachtinspektion (Hörander, 2014).....	161
7.2.1.1	Beispiele für Zustände die nicht erkannt und aufgenommen wurden.....	162
7.2.1.2	Vor- und Nachteile des elektronischen Spiegels bei der Schachtinspektion.....	167
7.3	Adaption der Zustandsbeschreibung für innovative Inspektionsmethoden (Kuratko, 2015a).....	170
7.3.1	Zustandserfassung mittels elektronischen Spiegel ohne Zustandsgruppen.....	170

7.3.2	Zustandserfassung mittels elektronischen Spiegel bei Anwendung von Zustandsgruppen	173
7.3.3	Änderung der Erfassungsrate des elektronischen Spiegels durch die Anwendung von Zustandsgruppen..	177
7.4	Beschreibung einer Schnittstelle für die Einbindung der Haltungs- und Schachtdaten in die drei untersuchten Betriebsführungssoftwareprodukte	178
7.5	Endfassung zur Dokumentation des Verschmutzungsgrades sowie der Kanalräumgutmenge (Plihal et al., 2014a).....	179
7.6	Endfassung zum Pflichtenheft, das als Hilfestellung für die Ausschreibung der Software für die Betriebsführung der Kanalisationsunternehmen dienen soll	179
7.7	Ergänzende Untersuchungen zum INNOKANIS-Projekt (Kuratko, 2015b)	180
7.7.1	Vergleich verschiedener Modelle des elektronischen Spiegels.....	180
7.7.2	Kosten-Nutzen-Analyse basierend auf den vorangegangenen Untersuchungen	181
7.7.3	Einbindung der Inspektionsdaten des elektronischen Spiegels in die Datenstruktur der LINZ AG	182
7.7.3.1	Evaluierung des Einsatzes des WinCan Templates v1 für den elektronischen Spiegel	182
7.7.3.2	Einbinden der Inspektionsdaten in die bestehende Datenstruktur der LINZ AG	182
7.7.3.3	Evaluierung des Einsatzes von WinCan Template für elektronischen Spiegel v2	182
8.	<i>Zusammenfassung</i>	183
9.	<i>Ausblick und weitere Vorgangsweise</i>	187
10.	<i>Publikationen und Veröffentlichungen</i>	188
10.1	Publikation (peer-reviewed)	188
10.2	Publikation (peer-reviewed) in Vorbereitung.....	188
10.3	Publikationen in Fachzeitschriften und Tagungsbänden.....	188
10.4	Poster	189
10.5	Konferenzen, Workshops	189
10.6	ÖWAV Ausbildungskurse.....	189
10.7	Master- und Bachelor Arbeiten	189
10.8	Medien (TV, Radio, Zeitungen)	190
11.	<i>Literaturverzeichnis</i>	191
12.	<i>Abbildungs- und Tabellenverzeichnis</i>	196
12.1	Abbildungsverzeichnis	196
12.2	Tabellenverzeichnis	204

1. Grundlagen zum Projekt

1.1 Ausgangssituation (Plihal et al., 2014b)

In Österreich werden aktuell knapp 100.000 km öffentliche Kanalisation betrieben - dies entspricht in etwa dem Kanalnetz von Bayern. Die Instandhaltung dieser Infrastruktur erfordert regelmäßige Kontrollen, um Informationen über den Zustand des Kanalsystems zu erhalten und eventuelle Sanierungsmaßnahmen setzen zu können. Dadurch wird die langfristige Funktionsfähigkeit des Systems gewährleistet.

Die Zustandserfassung wird heute entweder direkt durch Begehung oder indirekt, z.B. mittels TV-Inspektion, durchgeführt. Neben der konventionellen TV-Inspektion mit fahrbarem Kamerawagen stehen auch andere Methoden, z. B. eine Inspektion mittels elektronischen Spiegels, zur Verfügung. Dieses Instrument bietet eine einfache, schnelle und kostengünstige Möglichkeit, um einen guten Überblick hinsichtlich des baulichen und betrieblichen Zustands des Kanalsystems zu erhalten. Im Rahmen dieses betrieblichen Überblicks zur Überprüfung der Funktionsfähigkeit wird u.a. die Notwendigkeit einer zusätzlichen Detailinspektion mittels fahrbarer Kamera, sowie ein eventueller Sanierungs- oder Reinigungsbedarf erhoben.

Aufgrund der bisherigen Erfahrungen mit diesem Instrument wurde der elektronische Spiegel mittlerweile bereits in die Tabelle 1 des ÖWAV Regelblattes 43 „Optische Inspektion“ (Plihal et al., 2013) aufgenommen. Auch im Entwurf des ÖWAV Regelblattes 22 „Betrieb, Wartung und Überprüfung von Kanalanlagen“ (2014) ist diese Tabelle enthalten. Wie in Tabelle 1 ersichtlich, wird das „elektronische Spiegeln“ in diesen beiden Regelblättern als Methode zur Erfüllung der Aufgabenstellung „Betrieblicher Überblick / Bedarfsermittlung“ angeführt.

Tabelle 1 - Methoden und Arten der optischen Inspektion, deren Aufgabenstellungen und Ergebnisse für Haltungen (ÖWAV, 2013)

Aufgabenstellung	Inspektionsart	Methoden/Technik	Zusätzliche Dokumentation
Betrieblicher Überblick, Bedarfsermittlung (Reinigung, Detail-Inspektion, Sanierung), Erfüllung Wartungsauftrag	Sichtkontrolle	• Durchschauen • Kanalspiegel	
		„elektronisches Spiegeln“ (TV-Inspektion mit im Schacht positionierter Kamera)	Eingeschränkte Bild- und Videodokumentation
		Begehung ohne Kamera	
Detaillierte bauliche und betriebliche Zustandserfassung, z. B. für • Kanalinformationssystem • Sanierungsplanung • Bau- und Gewährleistungsabnahme nach Neubau bzw. Sanierung	TV-Inspektion mit Fahrwagen	Fahrwagen mit Dreh- und Schwenkkopfkamera	Detaillierte Bild- und Videodokumentation
		Fahrwagen mit Scansystem	Detaillierte Bild- und/oder Videodokumentation + Abwicklung
	Inspektion durch Begehung	Begehung mit Kamera	Eingeschränkte Bild- und/oder Videodokumentation
Detaillierte bauliche und betriebliche Zustandserfassung von Hauskanälen	TV-Inspektion mit ortsbeweglicher Kamera	• Schiebetchnik • Spülvortrieb • Fahrwagen • Satellitenanlage	Detaillierte Bild- und Videodokumentation

1.2 Zielsetzungen im Projekt

Die Ziele des Projektes können wie folgt zusammengefasst werden:

- Untersuchung der Eignung des elektronischen Spiegels (Schacht-Zoom-Kamera) und SewerBatt® (akustische Inspektion) für den täglichen Einsatz bei der Haltungsinspektion
- Untersuchung der Eignung des elektronischen Spiegels für die Schachtinspektion
- Schnittstellenbeschreibung für die Einbindung der Haltungs- und Schachtdaten in die drei untersuchten Softwareprodukte Barthauer, Gisbert und Kanio
- Adaption der Zustandsbeschreibung für den elektronischen Spiegel
- Angaben zur Dokumentation des Verschmutzungsgrades sowie der Kanalräumgutmenge bei Inspektion mittels elektronischem Spiegel
- Erstellung eines Pflichtenheftes, als Hilfestellung zur Ausschreibung eines elektr. Spiegels mit Integration von Haltungs- und Schachtinspektionsdaten in eine Software
- Kosten-Nutzen-Analyse (Elektronischer Spiegel und TV-Inspektion) basierend auf den Untersuchungsdaten für Haltungsinspektionen

2. Begriffsdefinitionen

Abwasserkanal: *„Meist erdverlegte Rohrleitung oder andere Vorrichtung zur Ableitung von Abwasser aus mehreren Quellen.“* (EN 1085, 2006)

Elektronischer Spiegel (auch Schacht-Zoom-Kamera): *„Ist ein Kamerasystem mit integrierter Beleuchtungseinrichtung, welches auf einer Teleskopstange positioniert ist. Mit dem Kamerasystem wird in die zu untersuchende Haltung hineingezoomt, wobei die Aufnahme entweder als Foto oder als Video abgespeichert werden kann.“* (Plihal und Ertl, 2013b)

Haltung: *„Durchgehender Abschnitt einer Abwasserleitung oder eines Abwasserkanals zwischen zwei angrenzenden Knoten.“* (ON EN 13508-2, 2002)

Inspektion: *„Untersuchungen zur Erfassung des baulichen/betrieblichen Zustandes.“* (DWA 149-2, 2006)

Integrales Kanalmanagement: *„Koordiniertes Management von Planung, Bemessung, Bau, Sanierung, Betrieb und Unterhalt aller Systeme aus Abwasserleitungen und -kanälen in einem Einzugsgebiet unter Berücksichtigung ihrer sämtlichen Leistungsaspekte.“* (ON EN 752, 2008)

Kanalisation: *„Netz von Rohrleitungen und zugehörigen Bauwerken, das Abwasser von Abwasserleitungen zu Kläranlagen oder an anderen Entsorgungsstellen ableitet.“* (ON EN 1085, 2006)

Knoten: *„Schacht, Inspektionsöffnung, Auslass, Reinigungsöffnung oder anderer wichtiger, eindeutig definierter Punkt.“* (ON EN 13508-2, 2002)

Optische Inspektion: *„Erfassung des baulichen/betrieblichen Zustandes durch direkte oder indirekte Inaugenscheinnahme von innen.“* (DWA 149-2, 2006)

Schacht: *„Einstieg mit abnehmbarem Deckel, angebracht auf einer Abwasserleitung oder einem Abwasserkanal, um den Einstieg von Personen zu ermöglichen.“* (ON EN 752, 2008)

Schacht-Zoom-Kamera: siehe „Elektronischer Spiegel“.

Zustandsbeurteilung: *„Einstufung der Ergebnisse der Inspektion nach dem Handlungsbedarf aufgrund der gestellten Anforderungen sowie maßgeblicher Einflussfaktoren. Sie besteht aus den Teilschritten Zustandsklassifizierung und Zustandsbewertung.“* (DWA 149-2, 2006)

Zustandsbewertung: *„Zustandsbewertung ist die Verknüpfung der Ergebnisse der Zustandsklassifizierung mit maßgeblichen Einflussfaktoren.“* (DWA 149-2, 2006)

Zustandserfassung: *„Maßnahmen zur Feststellung und Beurteilung des baulichen/betrieblichen, hydraulischen und umweltrelevanten Ist-Zustandes von Entwässerungssystemen.“* (DWA 149-2, 2006)

Zustandsklassifizierung: *„Zustandsklassifizierung ist die Einstufung der Ergebnisse der Inspektion durch Vergleich mit den gestellten Anforderungen.“* (DWA 149-2, 2006)

3. Rechtliche Grundlagen

Die Notwendigkeit einer optischen Inspektion und die Zustandsbeschreibung lassen sich aus mehreren Rechtsmaterien ableiten. Abbildung 1 zeigt einen Überblick über Rechtsmaterien, welche für den Kanalbetrieb relevant sind.

Wasserrelevante Rechtsmaterie	Baurecht	Umweltrecht	Strafrecht	
Richtlinien 2000/60/EG 2006/118/EG 91/271/EWG				EU
Wasserrechtsgesetz (WRG) Allg. Abwasseremissionsverordnung (AAEV)		Umweltförderungsgesetz Förderungsrichtlinien	Strafgesetzbuch §180, §181 Wasserrechtsgesetz (WRG) §137	Bund
Kanalgesetze, Richtlinien	Bauordnungen			Land
Kanal-(gebühren)-ordnungen				Kommunen

Abbildung 1 - Relevante Rechtsmaterien für das Kanalwesen (POLLINGER, 2009)

3.1 EU - Rechtsvorschriften

3.1.1 EU - Wasserrahmenrichtlinie (2000/60/EG)

Ziel dieser Richtlinie ist der Schutz und die Verbesserung aller Oberflächengewässer (guter chemischer und ökologischer Zustand) und der Grundwässer (guter mengenmäßiger und chemischer Zustand).

„Ziel dieser Richtlinie ist die Schaffung eines Ordnungsrahmens für den Schutz der Binnenoberflächengewässer, der Übergangsgewässer, der Küstengewässer und des Grundwassers zwecks:

a) Vermeidung einer weiteren Verschlechterung sowie Schutz und Verbesserung des Zustands der aquatischen Ökosysteme und der direkt von ihnen abhängenden Landökosysteme und Feuchtgebiete im Hinblick auf deren Wasserhaushalt,

b) Förderung einer nachhaltigen Wassernutzung auf der Grundlage eines langfristigen Schutzes der vorhandenen Ressourcen,

c) Anstrebens eines stärkeren Schutzes und einer Verbesserung der aquatischen Umwelt, unter anderem durch spezifische Maßnahmen zur schrittweisen Reduzierung von Einleitungen, Emissionen und Verlusten von prioritären Stoffen und durch die Beendigung oder schrittweise Einstellung von Einleitungen, Emissionen und Verlusten von prioritären gefährlichen Stoffen;

d) Sicherstellung einer schrittweisen Reduzierung der Verschmutzung des Grundwassers und Verhinderung seiner weiteren Verschmutzung; und

e) Beitrag zur Minderung der Auswirkungen von Überschwemmungen und Dürren, womit beigetragen werden soll

- zu einer ausreichenden Versorgung mit Oberflächen- und Grundwasser guter Qualität, wie es für eine nachhaltige, ausgewogene und gerechte Wassernutzung erforderlich ist;

- zu einer wesentlichen Reduzierung der Grundwasserverschmutzung;“
(EU Wasserrahmenrichtlinie, 2000)

3.1.2 EU - Kommunale Abwasserrichtlinie (91/271/EWG) - über die Behandlung von kommunalem Abwasser

Ziel der kommunalen Abwasserrichtlinie ist der Schutz der Umwelt vor schädlichen Auswirkungen durch kommunales Abwasser. Hier ist ein Zeitplan zur Errichtung von Kanalisationsanlagen und Abwasserreinigungsanlagen definiert. Des Weiteren werden Anforderungen an die Kanalisation gestellt.

„Artikel 1

Diese Richtlinie betrifft das Sammeln, Behandeln und Einleiten von kommunalem Abwasser und das Behandeln und Einleiten von Abwasser bestimmter Industriebranchen. Ziel dieser Richtlinie ist es, die Umwelt vor den schädlichen Auswirkungen dieses Abwassers zu schützen.

Artikel 3

(1) Die Mitgliedstaaten tragen dafür Sorge, daß alle Gemeinden bis zu folgenden Zeitpunkten mit einer Kanalisation ausgestattet werden:

- bis zum 31. Dezember 2000 in Gemeinden mit mehr als 15 000 Einwohnerwerten (EW),

- bis zum 31. Dezember 2005 in Gemeinden von 2 000 bis 15 000 EW.

Die Mitgliedstaaten tragen dafür Sorge, daß in Gemeinden mit mehr als 10 000 EW, die Abwasser in Gewässer einleiten, die als „empfindliche Gebiete“ im Sinne von Artikel 5 zu betrachten sind, Kanalisationen bis zum 31. Dezember 1998 vorhanden sind. Ist die Einrichtung einer Kanalisation nicht gerechtfertigt, weil sie entweder keinen Nutzen für die Umwelt mit sich bringen würde oder mit übermäßigen Kosten verbunden wäre, so sind individuelle Systeme oder andere geeignete Maßnahmen erforderlich, die das gleiche Umweltschutzniveau gewährleisten.

(2) Die in Absatz 1 genannten Kanalisationen müssen den Anforderungen von Anhang I Abschnitt A entsprechen. Die Kommission kann diese Anforderungen ändern. Diese Maßnahmen zur Änderung nicht wesentlicher Bestimmungen dieser Richtlinie werden nach dem in Artikel 18

Absatz 3 genannten Regelungsverfahren mit Kontrolle erlassen.“ (EU Kommunale Abwasserrichtlinie, 1991)

Im Anhang I „Anforderungen an kommunale Abwässer“ findet man über die Anforderungen an Kanalisationen unter Punkt A:

„Kanalisationen sollen den Anforderungen an die Abwasserbehandlung Rechnung tragen. Bei Entwurf, Bau und Unterhaltung der Kanalisation sind die optimalen technischen Kenntnisse zugrunde zu legen, die keine unverhältnismäßig hohen Kosten verursachen; dies betrifft insbesondere:

- Menge und Zusammensetzung der kommunalen Abwässer,

- Verhinderung von Leckagen,

- Begrenzung einer Verschmutzung der aufnehmenden Gewässer durch Regenüberläufe.“ (EU Kommunale Abwasserrichtlinie, 1991)

3.2 Nationale Rechtsvorschriften

3.2.1 Wasserrechtsgesetz 1959 (WRG 2014)

Das Wasserrechtsgesetz in der jeweils gültigen Fassung ist ein Bundesgesetz, welches das Wasserrecht regelt. Es behandelt als Themengebiete die Benutzung, Schutz und Reinhaltung von Gewässern, als auch den Schutz vor den Gefahren von Wasser. Wichtige Paragraphen, welche die Errichtung und Erhaltung von Kanalisationsanlagen betreffen, werden nachfolgend angeführt:

Der Begriff „Stand der Technik“ nach WRG:

„§ 12a. (1) Der Stand der Technik im Sinne dieses Bundesgesetzes ist der auf den einschlägigen wissenschaftlichen Erkenntnissen beruhende Entwicklungsstand fortschrittlicher Verfahren, Einrichtungen oder Betriebsweisen, deren Funktionstüchtigkeit erprobt und erwiesen ist. Bei der Bestimmung des Standes der Technik sind insbesondere jene vergleichbaren Verfahren, Einrichtungen oder Betriebsweisen heranzuziehen, welche am wirksamsten zur Erreichung eines allgemein hohen Schutzniveaus für die Umwelt insgesamt sind.“ (WRG, 2014)

Über die Allgemeine Sorge der Reinhaltung:

„§ 31. (1) Jedermann, dessen Anlagen, Maßnahmen oder Unterlassungen eine Einwirkung auf Gewässer herbeiführen können, hat mit der im Sinne des § 1297, zutreffendenfalls mit der im Sinne des § 1299 des allgemeinen bürgerlichen Gesetzbuches gebotenen Sorgfalt seine Anlagen so herzustellen, instandzuhalten und zu betreiben oder sich so zu verhalten, daß eine Gewässerverunreinigung vermieden wird, die den Bestimmungen des § 30 zuwiderläuft und nicht durch eine wasserrechtliche Bewilligung gedeckt ist.“ (WRG, 2014)

Über die Notwendigkeit der Erhaltung von Kanalisationsanlagen sagt das WRG aus:

„§ 50. (1) Sofern keine rechtsgültigen Verpflichtungen anderer bestehen, haben die Wasserberechtigten ihre Wasserbenutzungsanlagen einschließlich der dazugehörigen Kanäle, künstlichen Gerinne, Wasseransammlungen sowie sonstigen Vorrichtungen in dem der Bewilligung entsprechenden Zustand und, wenn dieser nicht erweislich ist, derart zu erhalten und zu bedienen, daß keine Verletzung öffentlicher Interessen oder fremder Rechte stattfindet.

Ebenso obliegt den Wasserberechtigten die Instandhaltung der Gewässerstrecken im unmittelbaren Anlagenbereich.

(8) Sofern durch die Räumung oder Spülung von Kanälen, Stauräumen, Ausgleichsbecken und durch ähnliche Maßnahmen die Beschaffenheit von Gewässern beeinträchtigt wird, ist hierfür die wasserrechtliche Bewilligung nach § 32 einzuholen.“ (WRG, 2014)

Besondere Aufsichtsbestimmungen:

„§ 134. (1) Öffentliche Wasserversorgungsanlagen einschließlich der Schutzgebiete sind vom Wasserberechtigten auf seine Kosten durch Sachverständige oder geeignete Anstalten und Unternehmungen hygienisch und technisch überprüfen zu lassen.

(2) Ebenso haben die im Sinne des § 32 Wasserberechtigten das Maß ihrer Einwirkung auf ein Gewässer sowie den Betriebszustand und die Wirksamkeit der bewilligten Abwasserreinigungsanlagen auf ihre Kosten überprüfen zu lassen.

(3) Überprüfungen nach Abs. 1 und 2 haben in Zeitabständen von höchstens fünf Jahren zu erfolgen, sofern die Wasserrechtsbehörde nicht unter Bedachtnahme auf besondere Umstände kürzere Zeitabstände vorschreibt.

(4) Der Betreiber einer Anlage zur Lagerung oder zur Leitung wassergefährdender Stoffe (§ 31a) hat die Wirksamkeit der zum Schutz der Gewässer getroffenen Vorkehrungen, insbesondere die Dichtheit von Behältern und Leitungen, in Zeitabständen von höchstens fünf Jahren auf seine Kosten überprüfen zu lassen, sofern die Behörde nicht unter Bedachtnahme auf besondere Umstände kürzere Zeitabstände vorschreibt. Untersuchungen gemäß § 82b der Gewerbeordnung gelten als Überprüfung im Sinne dieses Bundesgesetzes, wenn sie in gleichen oder kürzeren Zeitabständen erfolgen.“ (WRG, 2014)

3.2.2 Allgemeine Abwasseremissionsverordnung 1996 (AAEV 2014)

Diese Verordnung regelt die Begrenzung von Abwassermissionen in Kanalisationsanlagen und Gewässern, als auch die Abwasserbehandlung. Wichtige Abschnitte welche den Betrieb, Wartung und Funktionskontrolle von Kanälen betreffen sind wie folgt:

Geltungsbereich:

„§ 1. (1) Diese Verordnung gilt für die Einleitung von

1. Abwasser;

2. Mischwasser;

3. Niederschlagswasser, mit welchem Schadstoffe von der Landoberfläche eines Einzugsgebietes in ein Gewässer abgeschwemmt werden, die überwiegend durch menschliche Tätigkeiten in diesem Einzugsgebiet entstanden sind;

4. Grundwasser oder Tiefengrundwasser gemäß Abs. 2 Z 3 und 4, wenn dessen Eigenschaften in Prozessen gemäß Abs. 3 Z 1 derart verändert wird, daß es Fließgewässer in ihrer Beschaffenheit zu beeinträchtigen oder zu schädigen vermag;

5. Sickerwasser aus AbfalldPONien;

6. wäßrigen Kondensaten ausgenommen Niederschlagswasser

in Fließgewässer oder öffentliche Kanalisationen.“ (AAEV, 2014)

Allgemeine Grundsätze:

„§ 2. Bei der Einleitung von Abwasser und Abwasserinhaltsstoffen in ein Fließgewässer oder in eine öffentliche Kanalisation soll - soweit nicht anders verordnet oder bescheidmäßig zugelassen - unter Bedachtnahme auf den Stand der Abwasserreinigungstechnik und auf die Möglichkeiten zur Verringerung des Abwasseranfalles, bei gefährlichen Abwasserinhaltsstoffen auch auf die nach dem Stand der Technik gegebenen Möglichkeiten zur Vermeidung der Einleitung, darauf geachtet werden, daß

1. Einbringungen von Abwasserinhaltsstoffen und Abfallenergie nur im unerlässlich notwendigen Ausmaß erfolgen;

2. Einsparung, Vermeidung und Wiederverwertung von Stoffen, die ins Abwasser gelangen können, sowie von Energie Vorrang haben vor Abwasserbehandlungsmaßnahmen;

3. die Schutzmaßnahmen für ein Fließgewässer nicht zu einer unvertretbaren Verlagerung von Belastungen auf andere Gewässer führen;

4. die an ein Fließgewässer abgegebene Abwassermenge durch Einsatz wassersparender Technologien und Methoden möglichst gering gehalten wird;

5. Abwasserinhaltsstoffe möglichst unmittelbar am Ort der Entstehung oder des Einsatzes zurückgehalten werden (Teilstrombehandlung).“ (AAEV, 2014)

Anforderungen an die Abwasserbehandlung:

„§ 3. (1) In einem zusammenhängenden Siedlungsgebiet sollen die Abwässer grundsätzlich in Kanalisationsanlagen gesammelt und in zentralen Reinigungsanlagen gereinigt werden. Auf zukünftige Entwicklungen soll dabei Bedacht genommen werden. Bei der Behandlung der Abwässer soll die biologische Reinigung mit Entfernung der Kohlenstoffverbindungen und Nitrifikation sowie in Abhängigkeit von der Größenordnung der Reinigungsanlage mit Stickstoff- und Phosphorentfernung angewandt werden.

(5) Kanalisationen sollen in regelmäßigen Zeitabständen kontrolliert, gewartet sowie auf Bestand und Funktionsfähigkeit überprüft werden (§§ 50 und 134 WRG 1959); die Ergebnisse der Überprüfungen sollen dokumentiert werden. In regelmäßigen Zeitabständen sollen Fehlanschlüsse und Fremdwasserzutritte aufgeklärt und beseitigt werden.

(13) Kanalisations- und Abwasserreinigungsanlagen sollen unter Einsatz von Verfahren, die dem Stand der Technik und der Qualitätssicherung entsprechen, errichtet werden. Sie sollen durch geschulte Personen unter Beachtung von Betriebs- und Wartungsanleitungen, die laufend auf dem Stand der Technik gehalten werden, derart betrieben und gewartet werden, daß

1. eine Beherrschung aller vorhersehbaren - auch außergewöhnlichen - Betriebszustände sichergestellt ist und

2. Maßnahmen zur Wartung aller Anlagenteile und Geräte so rechtzeitig erfolgen, daß ein Ausfall nicht zu befürchten ist und

3. für gefährdete Anlagenteile und Geräte, die einem besonderen Verschleiß unterworfen sind, ausreichend Ersatzteile vorrätig gehalten und organisatorische Maßnahmen zur raschen Reparatur getroffen werden und

4. durch Überwachung des Zulaufes und einzelner wesentlicher Verfahrensschritte der Abwasserreinigung sichergestellt ist, daß vorhersehbare außergewöhnliche Betriebszustände erkannt werden können und

5. eine Einhaltung behördlicher Auflagen für alle vorhersehbaren Betriebszustände sichergestellt ist.“ (AAEV, 2014)

3.2.3 Umweltförderungsgesetz 1993 (UFG 2014)

In diesem Gesetz werden die Voraussetzungen für Förderungen zum Schutz der Umwelt geregelt.

Ziele:

„§ 1. Ziele dieses Bundesgesetzes sind:

1. Schutz der Umwelt durch geordnete Abwasserentsorgung einschließlich betrieblicher Abwässer und Gewährleistung einer ausreichenden Wasserversorgung sowie durch Verbesserung des ökologischen Zustandes der Gewässer (Wasserwirtschaft);

§ 2. (1) Die Gewährung einer Förderung soll einen größtmöglichen Effekt für den Umweltschutz bewirken. Dabei ist insbesondere nach ökologischer Prioritätensetzung vorzugehen.

(2) Das öffentliche Interesse am Umweltschutz, die technische Wirksamkeit sowie die betriebswirtschaftliche und volkswirtschaftliche Zweckmäßigkeit der Maßnahme sind zu beachten. Auf die Art und das Ausmaß der voraussichtlichen Auswirkungen der Maßnahme auf die Umwelt, die Verhinderung einer Verlagerung von Umweltbelastungen sowie den Anreiz zur Entwicklung und Verbesserung umweltschonender, rohstoff- und energiesparender Technologien ist Bedacht zu nehmen.“ (UFG, 2014)

Wasserwirtschaftliche Ziele:

„§ 16. Ziele der Förderung von Maßnahmen zur Wasservorsorge, Wasserversorgung und Abwasserentsorgung sind

1. der Schutz des ober- und unterirdischen Wassers vor Verunreinigungen, die Versorgung der Bevölkerung mit hygienisch einwandfreiem Trinkwasser sowie die Bereitstellung von Nutz- und Feuerlöschwasser;

2. die Sicherstellung eines sparsamen Verbrauches von Wasser;

3. die Verringerung der Umweltbelastungen für Gewässer, Luft und Böden sowie die Erhaltung des natürlichen Wasserhaushaltes;

4. die Berücksichtigung der künftigen Bedarfsentwicklung neben dem bestehenden Ver- und Entsorgungsbedarf.“ (UFG, 2014)

Förderungsgegenstände:

„§ 17. (1) Im Rahmen der Siedlungswasserwirtschaft können gefördert werden

1. Maßnahmen zur Versorgung mit Trink- und Nutzwasser einschließlich der künftigen Wasserversorgung;

2. Maßnahmen zum Schutz des ober- und unterirdischen Wassers durch Ableitung und Behandlung von Abwässern und Behandlung der Rückstände aus Abwasserbehandlungsanlagen;

2a. Maßnahmen zur Strukturverbesserung im Bereich der Wasserver- und Abwasserentsorgung, die zu Effizienzsteigerungen führen;

3. Maßnahmen zur Verwertung oder Nutzung der in Anlagen anfallenden und dort benötigten Energie;

4. Maßnahmen zur Erneuerung und Sanierung von

a) Wasserversorgungs- und Abwasserentsorgungsanlagen, deren Baubeginn vor dem 1. April 1973 erfolgte;

b) Wasserversorgungs- und Abwasserentsorgungsanlagen, die noch nie gefördert wurden.

5. Maßnahmen zur Sanierung von Abwasserbehandlungsanlagen und Anpassung an den Stand der Technik;

6. Grundsatzkonzepte, Untersuchungen, Studien, generelle Planungen sowie Gutachten, die im Zusammenhang mit Maßnahmen gemäß Z 1 bis 5 notwendig sind.

(2) Weiters können Maßnahmen zur betrieblichen Abwasserentsorgung und sonstige innerbetriebliche abwasserbezogene Maßnahmen gefördert werden.“ (UFG, 2014)

3.2.4 Förderungsrichtlinien 1999 - Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW 2013)

Die Förderungsrichtlinie für die kommunale Siedlungswasserwirtschaft beschreibt die Voraussetzungen für eine Förderung im Detail.

Zielsetzungen:

„§ 1 Zielsetzung

(1) Ziel der Förderung von Maßnahmen zur Wasserversorge, Wasserversorgung, Abwasserentsorgung oder Schlammbehandlung ist der Schutz des ober- und unterirdischen Wassers vor Verunreinigungen, die Versorgung der Bevölkerung mit hygienisch einwandfreiem Trinkwasser und die Bereitstellung von Nutz- und Feuerlöschwasser.

(2) Die Förderung hat die Durchführung von Maßnahmen zur Wasserversorgung, Abwasserentsorgung oder Schlammbehandlung zu ermöglichen, soweit sie ohne Förderung nicht oder nicht im notwendigen Umfang durchgeführt werden können, ohne die Gebührenpflichtigen über ein zumutbares Maß hinaus zu belasten. Die Förderungsmittel sind nach den Grundsätzen der Zweckmäßigkeit, Wirtschaftlichkeit und Sparsamkeit zu vergeben.

(3) Die Förderung von Wasserversorgungsanlagen soll einen sparsamen Gebrauch des wertvollen Gutes Wasser sicherstellen und damit soll auch der Abwasseranfall auf das unvermeidbare Ausmaß beschränkt werden. Zu beachten ist weiters, dass die Eingriffe in den natürlichen Wasserhaushalt minimiert werden. Ein energiesparender Betrieb der Wasserversorgungsanlage ist sicherzustellen.“ (BMLFUW 2013)

Begriffsbestimmungen:

„§ 2 Begriffsbestimmungen

(3) Abwasserentsorgungsanlagen im Sinne dieser Richtlinien bestehen aus Abwasserableitungs- und Abwasserreinigungsanlagen.

(4) Abwasserableitungsanlagen im Sinne dieser Richtlinien sind sämtliche Anlagen (Bauwerke und zugehörige Einrichtungen) - ausgenommen Inneninstallationen - die zur

Sammlung, Weiter- und Ableitung von Schmutz- oder Niederschlagswässern und zur Vorflutbeschaffung erforderlich sind.

(5) Als Inneninstallationen bei Abwasserableitungsanlagen im Sinne dieser Richtlinien gelten Anschlusskanäle und Einrichtungen, die mindestens 3 m innerhalb der Grundstücksgrenze des betroffenen Grundstückes, von dem Abwässer in die Abwasserableitungsanlage eingeleitet werden sollen, liegen. Sollte der Anteil des Anschlusskanales außerhalb des anzuschließenden Objektes mehr als 30 m betragen, so werden 30 m der Inneninstallation zugerechnet. Der verbleibende Teil des Anschlusskanales kann in diesem Fall der zu fördernden Abwasserableitungsanlage zugerechnet werden. Bei Über- oder Unterdrucksystemen beginnen die Inneninstallationen erst nach dem funktionell dazugehörigen Übergabeschacht.

(8) Stand der Technik im Sinne dieser Richtlinien ist der auf den einschlägigen wissenschaftlichen Erkenntnissen beruhende Entwicklungsstand fortschrittlicher technologischer Verfahren, Einrichtungen, Bau- oder Betriebsweisen, deren Funktionstüchtigkeit erprobt und erwiesen ist. Bei der Bestimmung des Standes der Technik sind insbesondere vergleichbare Verfahren, Einrichtungen, Bau- oder Betriebsweisen heranzuziehen.“ (BMLFUW 2013)

Gegenstände der Förderung:

„§ 3 Gegenstand der Förderung

4. die Errichtung von Anlagen, die dem Schutz des ober- und unterirdischen Wassers vor Verunreinigungen dienen (z. B. Abwasserreinigungsanlagen, Abwasserableitungsanlagen einschließlich Hausanschlussleitungen [ohne Inneninstallationen]);

5. Die Sanierung von Abwasserentsorgungsanlagen gemäß § 2 Abs. 18;

6. die Anpassung von Abwasserreinigungsanlagen oder die Anpassung von Wasserversorgungsanlagen;

17. Maßnahmen zur Strukturverbesserung im Bereich der Wasserver- und Abwasserentsorgung, die zu Effizienzsteigerungen führen;“ (BMLFUW 2013)

3.3 Rechtsvorschriften der Bundesländer

Kanalgesetze und Richtlinien für den Betrieb sind in den meisten Bundesländern vorhanden. Diese legen auch teilweise Inspektions- und Reinigungsintervalle fest. Im Land Niederösterreich fallen darunter beispielsweise das NÖ Kanalgesetz und die NÖ Bauordnung, in Oberösterreich existiert das OÖ Abwasserentsorgungsgesetz 2001.

4. Technische Grundlagen

4.1 Österreichische Normen und Regelwerke für den Kanalbetrieb

4.1.1 ÖNORM EN 752 (2008) - Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden

Diese Norm stellt einen Rahmen für Planung, Bau, Sanierung, Unterhalt und Betrieb von Entwässerungssystemen von Gebäuden dar. Zusätzlich gibt es noch detailliertere Normen zu Untersuchung, Planung, Bau, Organisation und Überwachung (ÖNORM EN 752, 2008).

Anwendungsbereich:

„Diese Europäische Norm legt Ziele für Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden fest. Sie legt Funktionsanforderungen zum Erreichen dieser Ziele fest sowie Grundsätze für Strategie und Vorgehensweise in Bezug auf Planung, Bemessung, Bau, Betrieb, Unterhalt und Sanierung. Sie gilt für Entwässerungssysteme, welche hauptsächlich als Freispiegelsysteme betrieben werden, von dem Punkt an, wo das Abwasser das Gebäude bzw. die Dachentwässerung verlässt oder in einen Straßenablauf fließt, bis zu dem Punkt, wo das Abwasser in eine Kläranlage oder einen Vorfluter eingeleitet wird. Abwasserleitungen und -kanäle unterhalb von Gebäuden sind hierbei eingeschlossen, solange sie nicht Bestandteil der Gebäudeentwässerung sind.“ (ÖNORM EN 752, 2008)

Integrales Kanalmanagement:

„Integrales Kanalmanagement ist der Prozess der Erreichung eines Verständnisses vorhandener oder vorgesehener Entwässerungssysteme sowie der Nutzung dieser Information zur Entwicklung von Strategien, um sicherzustellen, dass die hydraulische, umweltrelevante, bauliche und betriebliche Leistungsfähigkeit den festgelegten Leistungsanforderungen entspricht, unter Berücksichtigung der zukünftigen Bedingungen und wirtschaftlichen Effizienz.“

Das integrale Kanalmanagement beinhaltet 4 grundlegende Aktivitäten:

- *Untersuchung aller Leistungsaspekte des Entwässerungssystems in angemessenem Umfang;*
- *Beurteilung der Leistung durch Vergleich mit den Leistungsanforderungen einschließlich des Erkennens von Ursachen für Leistungsversagen;*
- *Entwicklung des Plans der durchzuführenden Maßnahmen;*
- *Umsetzung des Plans.*

Integrales Kanalmanagement bildet die Grundlage für den Betrieb und die Sanierung des Entwässerungssystems.

Die Information wird regelmäßig für das zukünftige Management des Entwässerungssystems aktualisiert.“ (ÖNORM EN 752, 2008)

Näheres zu Untersuchungen zwecks der Zustandserfassung findet sich unter Punkt 4.2 Zustandserfassung.

4.1.2 ÖNORM B 2503 (2004) - Kanalanlagen - Ergänzende Richtlinien für die Planung, Ausführung und Prüfung

„Diese ÖNORM ist für die Planung und Ausführung von Kanalanlagen gemeinsam mit den ÖNORMEN EN 476, EN 752 -1 bis -7 und EN 1610 anzuwenden.

8.2 Wartung/Inspektion

Pro Jahr ist in der Regel eine Inspektion der Leitungen und Schächte notwendig. Die Wartung ist je nach Erfordernis durchzuführen. Im Übrigen wird auf die Bestimmungen in ÖNORM EN 752-7 und ÖWAV RB 34 verwiesen.“ (ÖNORM B 2503, 2004)

4.1.3 ÖNORM EN 13508-2 (2002) - Zustand von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden - Teil 2: Kodiersystem für die optische Inspektion

Diese Norm beschreibt ein europaweit einheitliches Kodiersystem zur Zustandsbeschreibung.

„Anwendungsbereich (1)

Diese Europäische Norm gilt für die Zustandserfassung von Entwässerungssystemen durch Inspektion, Grundlagenerfassung und Berücksichtigung von äußeren Bedingungen sowie weiteren Informationen.

Sie gilt für Entwässerungssysteme, welche hauptsächlich als Freispiegelsysteme betrieben werden, von dem Punkt an, wo das Abwasser das Gebäude bzw. die Dachentwässerung verlässt oder in einen Straßeneinlauf fließt, bis zu dem Punkt, wo das Wasser in eine Behandlungsanlage oder in einen Vorfluter eingeleitet wird. Abwasserleitungen und -kanäle unterhalb von Gebäuden sind hierbei eingeschlossen, solange sie nicht Bestandteil der Gebäudeentwässerung sind.

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. Gegebenfalls kann dieser Teil in Übereinstimmung mit den Anforderungen des Auftraggebers auch auf Druck- und Unterdrucksysteme angewendet werden.“ (ÖNORM EN 13508-2, 2002)

4.1.4 ÖWAV-Regelblatt 22 - Betrieb, Wartung und Überprüfung von Kanalanlagen (2012)

Regelwerk über den Stand der Technik bei Betrieb, Wartung und Überprüfung von Kanalisationsanlagen.

„Das vorliegende Regelblatt beschreibt die dem Stand der Technik entsprechenden Aktivitäten betreffend Betrieb, Wartung und Überprüfung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden.

Das Ziel für jeden Betreiber muss sein, den baulichen, hydraulischen und umweltrelevanten Zustand des Entwässerungssystems zu kennen. Bei der Nennung von

Mindestanforderungen wird die ökonomische Komponente dadurch berücksichtigt, dass alle erforderlichen Aktivitäten bezüglich ihres Einflusses auf die langfristige Funktions- und Werterhaltung betrachtet werden.

Für Wartung und Überprüfung von Kanalanlagen zur Ableitung gewerblicher, industrieller oder sonstiger Abwässer gilt dieses Regelwerk sinngemäß. Die Vielschichtigkeit der Situationen in derartigen Anlagen erfordert jedenfalls eine eingehende fachliche Beurteilung im Einzelfall.“ (ÖWAV, 2012)

Hinweis zu rechtlichen Grundlagen:

„Sowohl das Einhalten des Standes der Technik als auch die Verpflichtung zur Instandhaltung wasserbaulicher Anlagen und Anlagenteile sind im Wasserrechtsgesetz (WRG 1959) und anderen Rechtsnormen (z.B. Allgemeine Abwasseremissionsverordnung AAEV) verankert. Eine besondere Instandhaltungsverpflichtung besteht für aus öffentlichen Mitteln geförderte Anlagen (z.B. UFG). Das WRG 1959 fordert in den Zielbestimmungen (§ 30 Abs. 1) unter anderem die Reinhaltung aller Gewässer einschließlich des Grundwassers. Gewässerverunreinigungen, insbesondere durch den Betrieb von Anlagen, sind zu vermeiden (§ 31 Abs. 1).

Nach § 50 Abs. 1 haben die Wasserberechtigten ihre Wasserbenutzungsanlagen einschließlich der dazugehörigen Kanäle in einem der Bewilligung entsprechenden Zustand zu erhalten, sodass eine Verletzung öffentlicher Interessen und fremder Recht nicht stattfindet.

Fixe zeitliche Intervalle zur Prüfung des Zustands von Kanalisationsanlagen enthält das WRG 1959 selbst nicht; die in § 134 Abs. 2 WRG 1959 geforderte fünfjährige Überprüfung des Maßes der Einwirkung auf ein Gewässer sowie den Betriebszustand und die Wirksamkeit bezieht sich nur auf Abwasserreinigungsanlagen.

Auch in der Allgemeinen Abwasseremissionsverordnung (§ 3 Abs. 5) ist vorgegeben, dass Kanalisationen in regelmäßigen Zeitabständen kontrolliert, gewartet sowie auf Bestand und Funktionsfähigkeit überprüft werden und die Ergebnisse dieser Überprüfungen dokumentiert werden sollen.

Konkrete Vorgaben hinsichtlich Betrieb, Wartung und Überprüfung der Kanalisation finden sich in der Regel im individuellen Bewilligungsbescheid. Hier kann auch ein definiertes Wiederkehrintervall z. B. für die Durchführung der Zustandskontrollen festgelegt werden.

Die Nichterfüllung dieser gesetzlichen Verpflichtungen stellt nicht nur eine Verwaltungsübertretung dar, sondern kann darüber hinaus auch eine strafrechtliche oder zivilrechtliche Verantwortlichkeit zur Folge haben.“ (ÖWAV, 2012)

4.1.5 ÖWAV-Regelblatt 43 - Optische Kanalinspektion (2013)

Dieses Regelblatt legt Standards für die Erfassung und Dokumentation aller Zustände in einer Kanalhaltung fest. Die Dokumentation von Haltungen und Schächten soll in fachlich und inhaltlich korrekter Form dokumentiert werden. Der handwerklich korrekte Umgang mit TV-Inspektionssystemen wird festgelegt (ÖWAV, 2010).

„Das Kanalfernsehen ist seit vielen Jahren die wichtigste Methode zur Inneninspektion von Rohrleitungen, Kanälen und Schächten. Es ermöglicht das Erfassen sowohl des baulichen als auch des betrieblichen Zustandes ohne auf die bauliche Struktur störend einwirken zu müssen.

Es trägt dazu bei, den ungestörten Abfluss des Abwassers sicherstellen zu können und Gefahren, wie z.B. das Erfassen von Unterbrechungen der Vorflut durch Ablagerungen im Kanal oder Lokalisieren und Dokumentieren von Kanalschaden um Verkehrsgefährdungen damit auszuschließen.“ (ÖWAV, 2013)

Inspektionsarten:

„Bei der Inspektion von Kanalisationsanlagen können folgende Aufgabenstellungen mit unterschiedlichen Inspektionsarten (sh. Tabelle 1) erfüllt werden:

- a) Detaillierte Dokumentation des baulichen und betrieblichen Zustandes*
- b) Überblick verschaffen über betriebliche Erfordernisse*
- c) Bedarfsermittlung (Reinigung, Inspektion, Sanierung)“ (ÖWAV, 2013)*

Tabelle 2 - Methoden und Arten der optischen Inspektion und deren Aufgabenstellung (ÖWAV, 2013)

Aufgabenstellung	Inspektionsart	Methoden/Technik	Zusätzliche Dokumentation
Betrieblicher Überblick, Bedarfsermittlung (Reinigung, Detail-Inspektion, Sanierung), Erfüllung Wartungsauftrag	Sichtkontrolle	• Durchschauen • Kanalspiegel	
		„elektronisches Spiegeln“ (TV-Inspektion mit im Schacht positionierter Kamera)	Eingeschränkte Bild- und Videodokumentation
		Begehung ohne Kamera	
Detaillierte bauliche und betriebliche Zustandserfassung, z. B. für • Kanalinformationssystem • Sanierungsplanung • Bau- und Gewährleistungsabnahme nach Neubau bzw. Sanierung	TV-Inspektion mit Fahrwagen	Fahrwagen mit Dreh- und Schwenkkopfkamera	Detaillierte Bild- und Videodokumentation
		Fahrwagen mit Scansystem	Detaillierte Bild- und/oder Videodokumentation + Abwicklung
	Inspektion durch Begehung	Begehung mit Kamera	Eingeschränkte Bild- und/oder Videodokumentation
Detaillierte bauliche und betriebliche Zustandserfassung von Hauskanälen	TV-Inspektion mit ortsbeweglicher Kamera	• Schiebetchnik • Spülvortrieb • Fahrwagen • Satellitenanlage	Detaillierte Bild- und Videodokumentation

Inspektionsanlagen:

„Die Kanal-TV-Inspektionsanlagen sind im prinzipiellen Aufbau grundsätzlich gleich, unterscheiden sich jedoch in folgenden Punkten:

- in der Verwendung der Kanal-TV-Kameras mit ihren speziellen Fahrwagen oder sonstigen Transporteinheiten*
- in der elektronischen Verknüpfung*
- im Ausstattungsgrad*
- in der Anordnung der Bedienelemente und*
- in der Datenerfassungs-Software.*

Bei den Kanal-TV-Anlagen muss grundsätzlich zwischen transportablen Anlagen, die in jedem Fahrzeug mitgenommen werden können, und Anlagen, die fest in einem Fahrzeug installiert sind, unterschieden werden.“ (ÖWAV, 2010)

Näheres zu konventionellen TV-Inspektionsmethoden findet sich unter Punkt 4.2.2 Konventionelle optische Inspektionsmethoden für Haltungen.

Zustandserfassung:

„Folgende Fragen sind im Vorfeld abzuklären:

- *der Inspektionszweck,*
- *die Fragen der Verkehrssicherheit,*
- *die Klärung zur Reinigung vor der Inspektion,*
- *das Prozedere zur Übergabe der Unterlagen, der Einsatzablauf,*
- *die Art und Weise der Ergebnisübergabe (Videos und Protokolle)*
- *die Abklärung zu der erforderlichen Messtechnik eindeutig festgelegt wird,*
- *die Abklärung, ob eine Testinspektion zu fahren ist.*

Grundsätzlich gilt für eine detaillierte umfassende Zustandsdokumentation

- Erfassung aller baulichen, betrieblichen Zustände sowie die Bestandserfassung aller Zustände im Kanal, in Leitungen und Schächten (Hauptgruppen mit Spezifizierungen) auf der Grundlage der ON EN 13508-2 in Verbindung mit einer klaren Zuweisung der Zustände lt. Definition

- Basis sind die theoretischen Grundlagen zur Erkennung von Zuständen sowie für deren Dokumentation die im Anhang befindlichen Definitionen der Zustände

Die Zustandserfassung umfasst grundsätzlich die Bereiche:

- *Haltung (öffentlicher Bereich)*
- *nichtbegehbare Kanäle*
- *schließbare Kanäle*
- *Schacht/Bauwerke*
- *Hausanschluss/Strasenablauf.“ (ÖWAV, 2010)*

Näheres zur Zustandserfassung lässt sich unter Punkt 4.2 Zustandserfassung finden.

Zustandsbewertung:

„Die detaillierte Erfassung des baulichen Zustandes von Abwasserleitungen und die Umsetzung in eine qualifizierte Bewertung, stellt eine sehr komplexe Aufgabe dar. Da die Zustandsbewertung in keiner Norm definiert ist, wird die Zustandsbewertung gegenüber der Zustandserfassung und der Ermittlung der Prioritäten so weit wie möglich abgegrenzt und definiert. (Ertl und Kitzberger, 1999)

Die Zustandsklassifizierung hat primär die Aufgabe die Zustände innerhalb einer Haltung zusammenzufassen. Die Zustandsbewertung hat die Aufgabe die Haltungen innerhalb von größeren Kanalnetzen einfacher für eine Prioritätenreihung verfügbar bzw. verwaltbar zu machen. Dabei drücken die Zustandsklassen immer einen Handlungsbedarf in baulicher, betrieblicher bzw. umweltrelevanter Hinsicht aus.

Die für Österreich empfohlenen Klassifizierungstabellen sind im Kap. Bewertung im ÖWAV RB22 festgelegt.

Es soll keine Vorklassifizierung mehr durch den Inspekteur erfolgen, auch soll sie nicht mehr Bestandteil einer Zustandserfassungssoftware sein. Der Inspekteur soll nur eine Beschreibung und keine Bewertung abgeben. Bei der Bewertung fließen die örtlichen Randbedingungen und Präferenzen des Betreibers mit ein, die ein externer Inspekteur nicht wissen muss.

Alle nach ON EN 13508-2 erfassten Zustände werden mit den entsprechenden Zustandsbewertungsmodellen nach den drei Kriterien

- Dichtigkeit*
- Standsicherheit und*
- Betriebssicherheit*

bewertet.

Die Gesamtbewertung und Klassifizierung hat grundsätzlich durch den Ingenieur zu erfolgen.

Bei sehr übersichtlichen kleinen Kanalnetzen kann statt einer (teilweise) automatisierten Zustandsbewertung eine direkte Begutachtung der Einzelzustände durch den Ingenieur und daraus eine entsprechende Schlussfolgerung für einen Sanierungsplan erfolgen.

Für die Zustandsbewertung gibt es zwei Systeme die es ermöglichen, Zustände welche nach ON EN 13508-2 erfasst worden sind, zu klassifizieren. Diese beiden Systeme sind das Bautechnik ISYBAU 2006 und das DWA Merkblatt M 149-3.

Für Österreich wird das folgende System empfohlen, weil es durch die strikten Vorgaben die vergleichbarsten Ergebnisse bei Bewertung durch verschiedene Personen ergibt:

- Bautechnik ISYBAU 2006*

„Bei jedem Bewertungsmodell stehen Ziele im Hintergrund, nach deren Erfüllungsgrad die Bewertung durch Kriterien stattfindet. Bevor man zu bewerten beginnt, sollte man die Ziele kennen und definieren und die Prioritäten, die sie für die Verantwortlichen besitzen. Wenn man ein Bewertungsmodell übernimmt, sollte überprüft werden, welche Ziele mit welchen Prioritäten die Kriterien und deren Gewichtung festlegen.“ (Ertl und Kitzberger, 1999)

Dabei ist für die Zustandsbewertung nach Bautechnik ISYBAU 2006 insbesondere zu beachten, dass die Quantifizierung der numerischen Werte bei vielen Zuständen maßgeblich die Klassifizierungsergebnisse bestimmt. Deshalb ist eine Messung der numerischen Werte (insbesondere bei Rissbreiten etc.) einer Abschätzung durch den Inspekteur jedenfalls vorzuziehen.“ (ÖWAV, 2010)

4.1.6 DWA-M 149-5 - Zustandserfassung und Beurteilung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden, Teil 5: Optische Inspektion (2010)

Das Merkblatt befasst sich (wie das ÖWAV RB 43) mit der Erfassung des baulichen und betrieblichen Zustandes von Entwässerungssystemen außerhalb und unterhalb von Gebäuden durch optische Inspektionen. (DWA-M-149-5, 2010)

Im ÖWAV RB 43 wird im Kapitel „6.1 Inspektionsanlagen“ ergänzend auf das DWA-M 149-5 verwiesen:

„6.1 Inspektionsanlagen:

Der Aufbau einer Kanal-TV-Inspektionsanlage entspricht grundsätzlich einem Baukastensystem, bei dem sich die Kanal-TV-Anlagen durch Austausch/Hinzufügen von einzelnen Baugruppen jeder Problemstellung anpassen lassen.

Ergänzend wird hierzu auf das DWA-Merkblatt M 149-5 verwiesen.“ (ÖWAV RB 43, 2013)

Diese Ergänzungen betreffen vor allem folgende Punkte:

- Beleuchtungseinrichtung - *„Sie sollte mit der Eigenbeleuchtung der TV-Kamera etwa 3 m bis 4 m in die Tiefe gehen.“ (DWA-M 149-5, 2010)*
- Farbechtheit - *„Grundsätzlich sind nur Farbkameras zugelassen. Die Farbechtheit ist sicherzustellen.“ (DWA-M 149-5, 2010)*
- Kameraauflösung - *„Die Kameraauflösung muss der Größe des Inspektionsobjektes angepasst sein. ... Anforderungen:*
 - *DN 300 bis 600 ca. 800 x 600 Pixel*
 - *DN 1200 ca. 1600 x 1200 Pixel*
 - *Bei Nennweiten < DN 300 darf eine Mindestauflösung von ca. 400 x 300 Pixel nicht unterschritten werden.“ (DWA-M 149-5, 2010)*

Gegenüberstellungen von unterschiedlichen Kamerasystemen wurden im Rahmen von Voruntersuchungen beim European Pipeline Center (EPC) getestet und ausgewertet (siehe Kapitel 6.1 Ergebnisse der Voruntersuchungen beim European Pipeline Center (Kuratko et al., 2013)).

4.2 Zustandserfassung von Kanalhaltungen

Das folgende Kapitel beschreibt den Vorgang der Zustandserfassung in Kanalhaltungen und mit welchem technischen Equipment diese möglich ist. Um Aussagen über den baulichen, betrieblichen, hydraulischen und umweltrelevanten Zustand einer Kanalhaltung treffen zu können, ist eine Kanaluntersuchung notwendig. Daher zählen die Zustandserfassung mitsamt der Zustandsbeschreibung zu den wesentlichen Aufgaben eines Kanalbetreibers.

„Beschädigte, mangelhafte und hydraulisch überlastete Abwasserleitungen und -kanäle stellen eine potentielle Gefahrenquelle bezüglich Überflutung und Einstürzen sowie Verunreinigungen von Oberflächenvorfluter, Grundwasser und Boden dar. Die Probleme in bestehenden Entwässerungssystemen stehen häufig in Wechselbeziehung zueinander, und Verbesserungsmaßnahmen werden oft zur gleichzeitigen Lösung mehrerer Probleme geplant. Die Untersuchungen und die Planung von Sanierungsmaßnahmen sollten sich auf das gesamte Einzugsgebiet erstrecken, um somit alle Probleme und ihre Ursachen gemeinsam berücksichtigen zu können. In großen Entwässerungssystemen kann es erforderlich werden, bei der Untersuchung von geeigneten Teilsystemen auszugehen. Die in dieser Norm beschriebene Vorgehensweise lässt sich auf jedes Entwässerungssystem anwenden, jedoch sollten im Einzelfall Alter, Lage und Art des Systems, verwendete Werkstoffe sowie funktionelle und klimatische Faktoren berücksichtigt werden.“ (ÖNORM EN 752, 2008)

Abbildung 2 stellt ein Fließschema der vier Untersuchungszwecke dar:

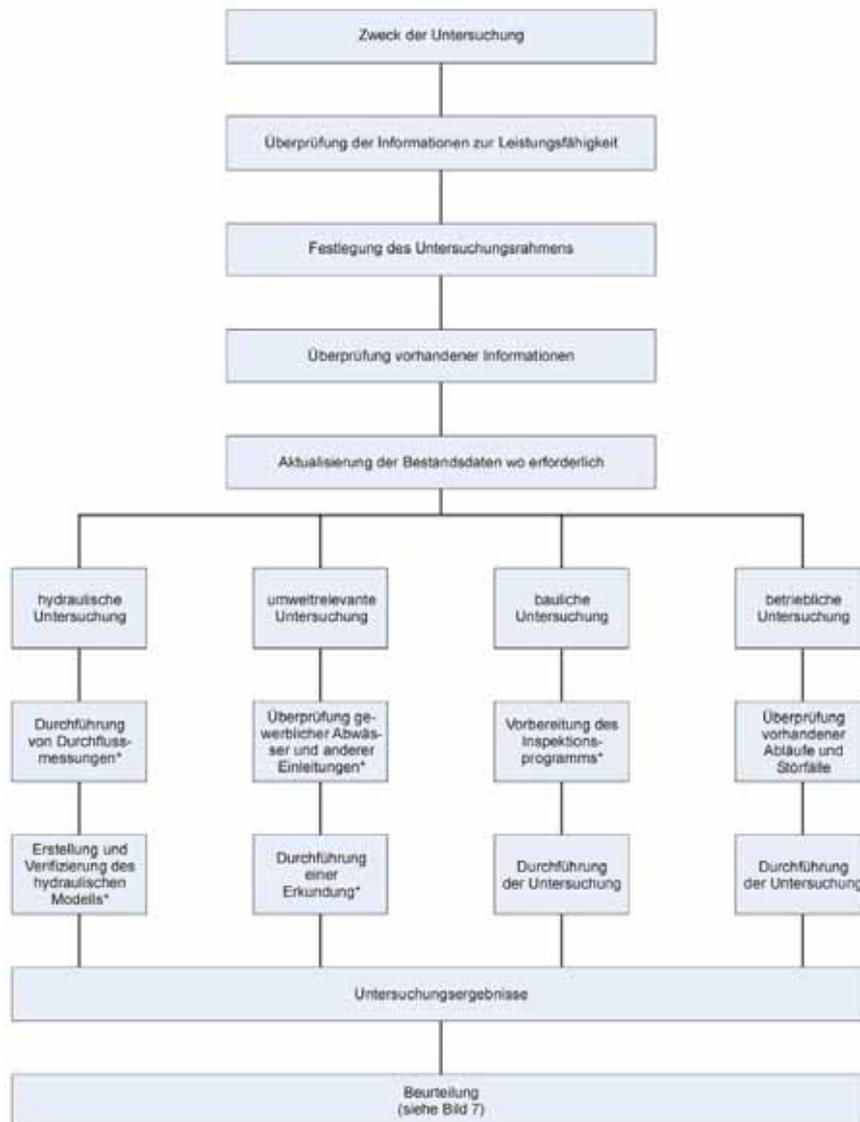


Abbildung 2 - Fließschema von Untersuchungen (ÖNORM EN 752, 2008)

Eine Untersuchung wird zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit eines Abwasserleitungssystems durchgeführt. Dabei kann die Zielstellung der Untersuchungen eine strategische oder betriebliche Planung sein. Der Zweck einer Untersuchung beeinflusst Art und Weise der Durchführung (z.B.: Wahl des Verfahrens, Detaillierungsgrad, Beurteilung der Ergebnisse). (ÖNORM EN 752, 2008)

Bei baulichen Untersuchungen kann entweder eine vollständige Untersuchung des Entwässerungssystems oder eine Selektive erfolgen. Das Alter und Lage, die Umgebung und das Potential von Schäden muss in Betracht gezogen werden. Eine Begehung des Kanals (direkte optische Inspektion) sollte vermieden werden, und durch eine indirekte optische Inspektion erfolgen. Während der Untersuchung ist das System von Abwasser frei zu halten. Der Zustand des Systems muss möglichst präzise und umfassend dokumentiert werden. Damit die Untersuchungsergebnisse vergleichbar sind, muss ein einheitliches Kodiersystem nach den

Anforderungen der ÖNORM EN 13508-2 angewendet werden. Die Dokumentation muss alle Zustände beinhalten die den baulichen Zustand des Systems beeinflussen, beispielsweise:

- unzulässige Risse
- Verformungen
- verschobene Verbindungen
- schadhafte Anschlüsse
- Wurzeln, Infiltrationen, Ablagerungen, anhaftende Stoffe an der Rohrwandung, andere Abflusshindernisse
- Setzungen
- Beschädigungen im Schacht
- mechanische Beschädigung der Rohrwandung oder chemische Oberflächenangriffe (Korrosion)
- Inventarisierung von Anschlüssen
(ÖNORM EN 752, 2008)

Anwendungsgebiete einer baulichen Untersuchung:

- bei der Bauabnahme nach Neuerrichtung oder Sanierung eines Kanalnetzes
- vor Ablauf der gesetzlichen Gewährleistung
- als Vorbereitung von Sanierungsmaßnahmen

Bei betrieblichen Untersuchungen ist der Einfluss von Betriebsproblemen auf die hydraulische, umweltrelevante und bauliche Leistungsfähigkeit des Systems zu ermitteln. Die Ursachen für wiederkehrende betriebliche Störfälle sind zu untersuchen. (ÖNORM EN 752, 2008)

Anwendung der betrieblichen Untersuchung:

- planmäßige Untersuchung für vorbeugende Instandhaltung
- Erstellung eines Kanalkatasters
- Fremdwasseruntersuchungen
- Indirekteinleiterkontrolle
- Suche von Fehlanschlüssen
- Informationen für eine bedarfsorientierte Reinigung

Bei der Zustandserfassung ist auf Qualitätssicherung zu achten. Diese besteht aus:

- Sammlung der Daten
- formale und sachliche Prüfung
- Einsatz von fachkundigen Personal

Bei der formalen Prüfung sind die Eingangsdaten vorab auf Vollständigkeit und Richtigkeit zu prüfen:

- Kanalbestandsdaten (Lage, Höhe, Profilart, Nennweite, Material, Baujahr,..)
- örtliche Randbedingungen (Boden, Grundwasser,...)

- Zustandsdaten der Inspektion (nicht untersuchte Objekte, Abbrüche, unvollständige Zustandserfassung)

Die sachliche Prüfung überprüft stichprobenartig die Plausibilität der Inspektionsaufzeichnungen:

- ausreichende optische Erkennbarkeit (Ausleuchtung, Videoqualität, Kameraposition,...)
- fachgerechte Anwendung des Kodiersystems nach ÖNORM EN 13508-2
- Vereinbarkeit mit Bestandsdaten und Daten früherer Inspektionen
(DWA 149-3, 2007)

4.2.1 Die indirekte optische Zustandserfassung

Die indirekte optische Zustandserfassung stellt die Basis bzw. das Fundament für alle weiteren Schritte der Planung am Abwasserkanal dar. Die eigentlichen Instandsetzungs- und Sanierungskonzepte können nur so gut sein, wie die Basis auf welcher sie beruhen. Werden hier Fehler gemacht, pflanzen sich diese im gesamten Kanalmanagement fort. Daher lässt sich feststellen, dass die Zustandserfassung für die Qualität der gesamten Kanalbewirtschaftung (betrieblich als auch baulich) eine zentrale Bedeutung einnimmt. (Schmuck, 2004)

Fehler in der Zustandserfassung wirken sich auf die Zustandsklassifizierung und Zustandsbeurteilung aus. Dies wiederum beeinflusst alle darauf aufbauenden Planungsmaßnahmen. *„Untersuchungen, die eine Ursachenermittlung und Quantifizierung solcher Fehler zum Ziel hatten, zeigen, dass Fehleinschätzungen i.d.R. nicht auf eine unzureichende Technik, sondern im Wesentlichen auf eine im betrieblichen Alltag oft unzureichende Qualität der Durchführung zurückzuführen sind.“* (Müller et al., 2006)

Zur Vergleichbarkeit muss die Zustandserfassung nach einem einheitlichen Kodiersystem geschehen. In Österreich ist dies derzeit das System nach ÖNORM EN 13508-2/A1 - Zustand von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden - Teil 2: Kodiersystem für die optische Inspektion.

Abbildung 3 liefert einen Überblick wo sich die die Zustandserfassung mittels indirekter optischer Inspektion innerhalb der baulichen / betrieblichen Untersuchungen einordnen lässt.

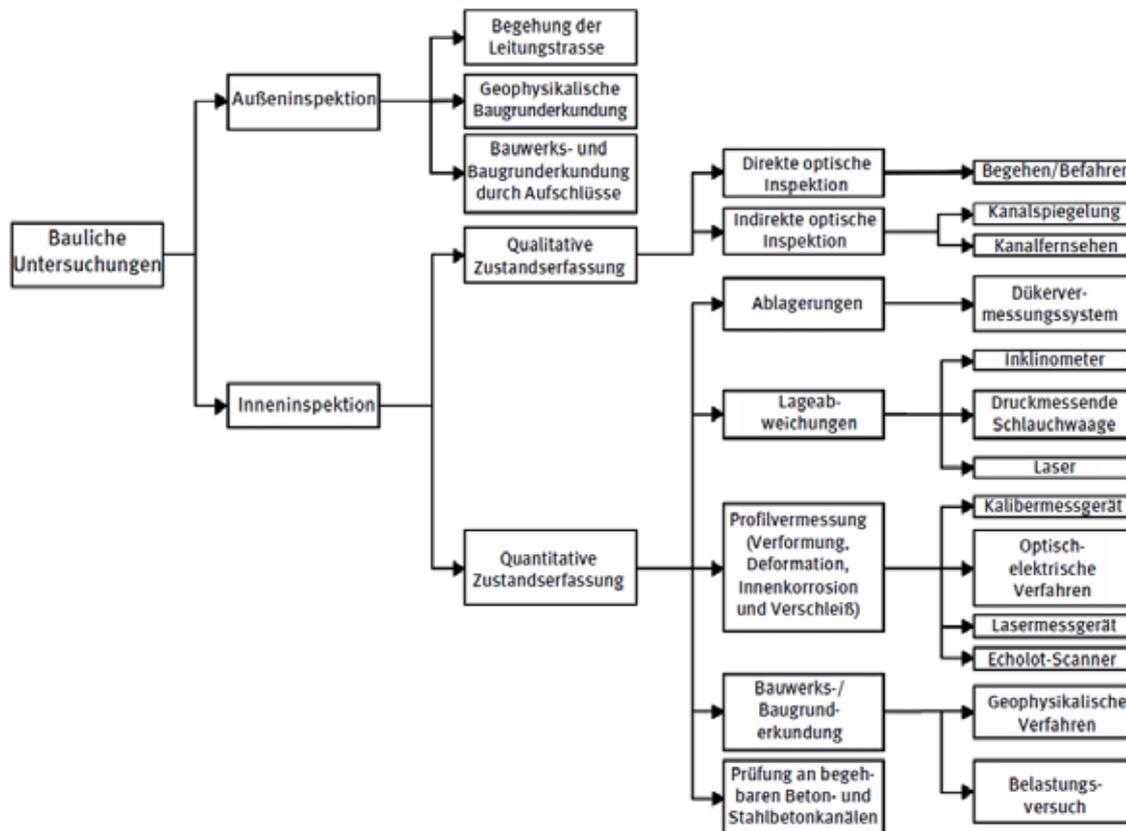


Abbildung 3 - Verfahren zur Untersuchung des baulichen und betrieblichen Zustands von Kanalhaltungen (DWA-M 149-5, 2009)

Zu den indirekten optischen Inspektionsmethoden zählen die Kanalspiegelung (mittels herkömmlichen Spiegel oder elektronischen Spiegel), und die TV-Inspektion mit Kamerafahrwagen bzw. ortsbeweglicher Kamera. Tabelle 2 - Methoden und Arten der optischen Inspektion und deren Aufgabenstellung (ÖWAV, 2013) stellt die Methoden und Techniken der optischen Inspektion in Zusammenhang mit den Aufgaben- bzw. Zielstellungen der Haltungsinspektion dar.

Die direkte optische Inspektion (Begehung) ist bei Kreisprofilen ab DN 1200, und bei Eiprofilen ab 800/1200 möglich.

4.2.2 Konventionelle optische Inspektionsmethoden für Haltungen

Zu den konventionellen optischen Inspektionsmethoden zählt als direktes Verfahren die Inspektion durch Begehung mit Kamera, oder das alleinige Durchschauen als Sichtkontrolle. Unter indirekten konventionellen Inspektionsmethoden versteht man die klassische Kanalspiegelung mit einem herkömmlichen Spiegel, die TV-Inspektion mit ortsbeweglicher Kamera und die TV-Inspektion mit Fahrwagen. Heutzutage sind hauptsächlich die TV-Inspektionen mit ortsbeweglicher Kamera oder mit Fahrwagen im Einsatz, daher wird in weiterer Folge nur auf diese beiden Methoden eingegangen.

4.2.2.1 TV Inspektion mit ortsbeweglicher Kamera

Ortsbewegliche Kamerasysteme werden unterscheiden in axialsichtige Schiebekameras und Satellitensysteme.

Schiebekameras dienen zur Inspektion der Hauptleitungen. Lassen sich in einem Arbeitsgang Hauptleitung und Hausanschlüsse inspizieren, so spricht man von einem Satellitensystem. Dabei existieren bereits Systeme die immer ein lagerichtiges Bild liefern. (BÖLKE, 2004)



Abbildung 4 - Schiebekamera (IPEK, 2014)



Abbildung 5 - Satellitensystem (RAUSCHTV, 2015)

4.2.2.2 TV Inspektion mit Fahrwagen

Hierzu zählen Fahrwägen mit Dreh-Schwenkkopf-Kameras und solche mit Scansystem.

Bei den Dreh-Schwenkkopf-Kameras gibt es grundsätzlich zwei verschiedene Systeme, die sich durch die Lage der Schwenkachse unterscheiden. Kamerasysteme mit waagrechter und jene mit senkrechter Schwenkachse. Bei den Systemen mit senkrechter Schwenkachse werden zuerst die Seitenbereiche angeschwenkt und dann wird der restliche Teil der Rohrwandung durch Drehen der gesamten Kamera erfasst. Bei einem System mit waagrechter Schwenkachse werden zuerst der Scheitel oder die Sohle angeschwenkt und dann erst weitere Teile der Rohrwandung durch Drehen der Kamera erfasst.

Es existieren auch Systeme bei denen der Aufnahmechip der Drehbewegung nachgeführt wird, wodurch ein ständig aufrechtes Bild entsteht. (Bölke, 2004)



Abbildung 6 - Drehschwenkkopfkamera (IBAK, 2014)

Bei den Scansystemen gibt es zwei verschiedene Ausführungen. Entweder wird die gesamte Haltung mittels Scanner gescannt, oder mit hochauflösenden Fotokameras (3D-Kugelbildscanner) in bestimmten Abständen aufgenommen (diese sind im fachlichen Sinne keine Scanner) und zu einem dreidimensionalen Abbild zusammengesetzt. Dadurch kann die eigentliche Inspektion vom Büro aus erfolgen. Gleichzeitig wird auch eine zweidimensionale Abwicklung der Rohrwandung erzeugt, welche das Vermessen von zweidimensionalen Zuständen erlaubt. (Bölke, 2004)



Abbildung 7 - Scansystem (IBAK, 2014)

4.2.3 Innovative Inspektionsmethoden

Als innovative Inspektionsmethoden werden Methoden abseits der klassischen TV-Inspektion bezeichnet. Diese sollen kostengünstig sein, und trotzdem ausreichend Informationen zur Instandhaltung eines Kanalisationsnetzes liefern.

Definiert durch das INNOKANIS-Projekt zählen zu diesen Inspektionsmethoden die optische Inspektion mittels elektronischen Spiegel und die akustische Inspektion (SewerBatt[®]) bzw. die Kombination beider.

4.2.3.1 Der elektronische Spiegel (Plihal und Ertl, 2013b)

Der elektronische Spiegel stellt eine Alternative zur herkömmlichen TV-Inspektion dar. Es handelt sich um ein Kamerasystem mit integrierter Beleuchtungseinrichtung, welches auf einer Teleskopstange montiert ist. Somit ist ein Einstieg in den Schacht nicht erforderlich (siehe Abbildung 8).

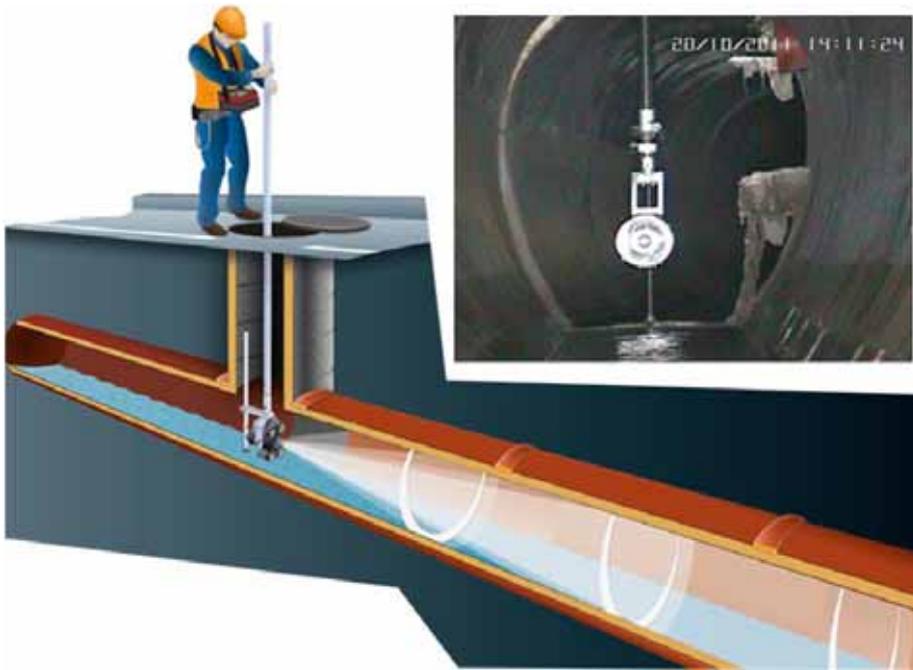


Abbildung 8 - Anwendung eines elektronischen Spiegels (MesSen Nord, 2013 und Plihal et al., 2013a)

Mit dem Kamerasystem wird in die zu untersuchende Haltung hineingezoomt, wobei die Aufnahme entweder als Foto oder als Video abgespeichert werden kann.

Abbildung 9 zeigt Beispielbilder der Aufnahmen von den elektronischen Spiegelmodellen, welche während den INNOKANIS Felduntersuchungen eingesetzt wurden.



Abbildung 9 - Aufnahmen eines elektronischen Spiegels (Plihal et al., 2013a und Plihal et al., 2013c)

Die bisher getesteten Kamerasysteme sind nicht Explosionsgeschützt, wodurch ein Freimessen mittels Gaswarngerät erforderlich ist.

Abbildung 10 zeigt einen elektronischen Spiegel an dem ein Gaswarngerät montiert wurde.



Abbildung 10 - Elektronischer Spiegel mit Gaswarngerät

Die Haltungsinspektion kann mittels herkömmlicher Kanal-TV-Inspektionskamera entweder in oder gegen Fließrichtung erfolgen. Je nach Inspektionsziel (bauliche oder betriebliche Zustandserfassung, Kontrolle der HD-Reinigung, etc.) kann mittels elektronischem Spiegel entweder nur in eine Richtung inspiziert werden (in bzw. gegen Fließrichtung) oder auch in beide Richtungen, was die Auswertung der Untersuchungsergebnisse entsprechend beeinflusst.

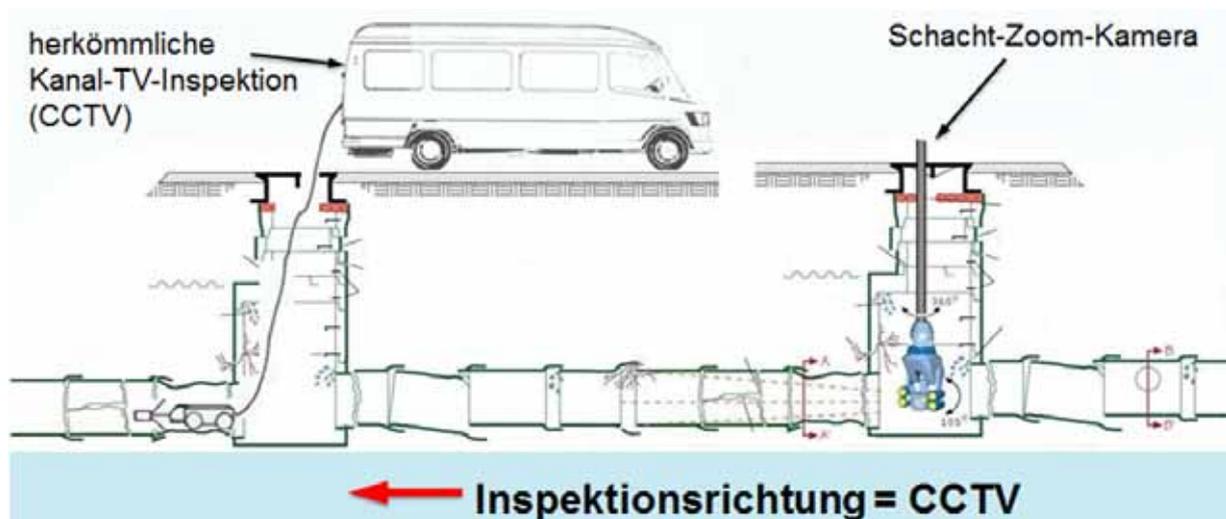


Abbildung 11 - Elektronischer Spiegel: Gleiche Inspektionsrichtung wie herkömmliche TV-Inspektion (adaptiert nach Aquadata, 2012)



Abbildung 12 - Elektronischer Spiegel: Gleiche sowie entgegengesetzte Inspektionsrichtung wie herkömmliche TV-Inspektion (adaptiert nach Aquadata, 2012)

4.2.3.2 SewerBatt® - Akustische Methode

Die akustische Methode ist zurzeit noch in der Entwicklung und somit Stand der Wissenschaft. Mittels ausgesendeter und reflektierter Schallwellen können Blockaden, Wurzeleinbrüche, Verengungen und sonstige Veränderungen im Kanal erfasst werden. Je nach Frequenzbereich erfolgt eine Schallreflexionsanalyse (im hörbaren Bereich von 100 - 10.000 Hz) oder eine Ultraschallanalyse (im nicht hörbaren Bereich 50 - 500 kHz). (Knowledge Factory GmbH, 2012) Die Methode bietet sich besonders zur Erkundung von nicht sichtbaren Schäden im Inneren des Kanals an. Man erhält so auch Auskunft über eventuell auftretende Außenwandkorrosionen, Bettungsfehler bzw. zur Lage und Tiefe von Rissen, die mithilfe der akustischen Signale gut erfasst werden können. (Knowledge Factory GmbH, 2012) Die Technik hinter der akustischen Zustandserfassung besteht aus einem Lautsprecher und einem akustischen Sensor, welche in den Schacht eingeführt werden. Der Sensor ist ein Mikrofon, welches die vom Lautsprecher abgegebenen und von den Zuständen reflektierten Schallwellen aufzeichnet und an eine Software weiterleitet. Je nach Ausmaß und Charakteristik der Schäden haben die Wellen unterschiedliche Amplituden und Formen. Um die empfangenen Signale auszuwerten gibt es eine Vergleichsbibliothek mit bereits gesammelten Frequenzen, welche dann mit den neuen Daten verglichen werden. (Pamperl, 2010)

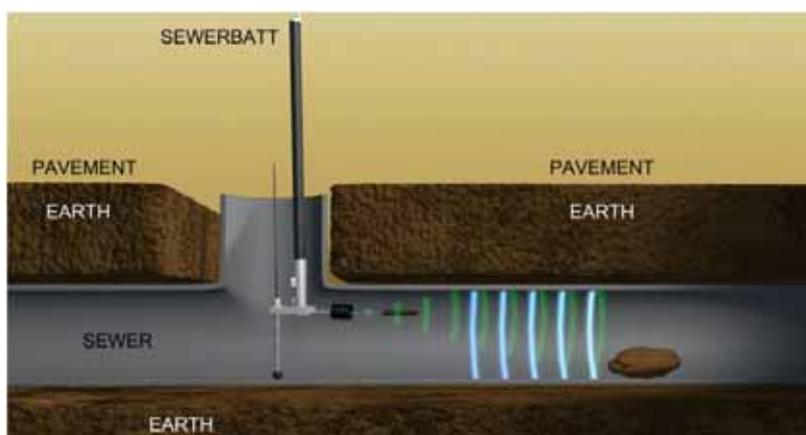


Abbildung 13 - Schematische Darstellung einer akustischen Messung (Horoshenkov, 2013)

Mit dieser Methode können Aussagen über die Stationierung (im cm Bereich) und die Größe der Zustände getroffen werden. Bei der Kamerabefahrung sind die Schäden zwar deutlich erkennbar, jedoch ist die Größe des Schadens schwer einzuschätzen bzw. zu messen. Da die Schallgeschwindigkeit temperaturabhängig ist, muss während eines Messvorgangs stets die Temperatur aufgezeichnet werden, um ein eindeutiges Ergebnis zu garantieren und etwaige temperaturbedingte Veränderungen zu vermeiden. (Pamperl, 2010)

4.2.4 Laser Profiler

Der Laser Profiler wird am Fahrwagen montiert und projiziert einen senkrecht zur Rohrachse ausgerichteten Lichtring auf die Rohrwand, und liefert so Informationen über den Rohrquerschnitt. Diese beinhalten Daten über Nennweite, Ovalität, Deformationen, oder Materialabtrag (Korrosionserscheinungen). Mit dem System wird eine sehr hohe Messgenauigkeit (Toleranz max. 0,5 %) erreicht. Gleichzeitig werden Bilder der durch den Laser „markierten“ Rohrquerschnitte mittels einer Kamera aufgezeichnet. Anschließend wertet eine Software die Daten vollautomatisch aus und erstellt ein 3-D-Modell des Rohres. Darüber hinaus können zweidimensionale Abwicklungen und Grafiken generiert werden. (Hartl, 2009)

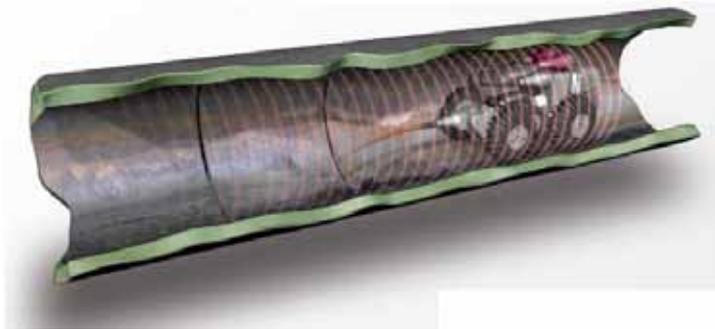


Abbildung 14 - Laser Profiler Funktionsweise (Hartl, 2009)



Abbildung 15 - Laser Profiler Laseraufsatz (IBAK, 2014)

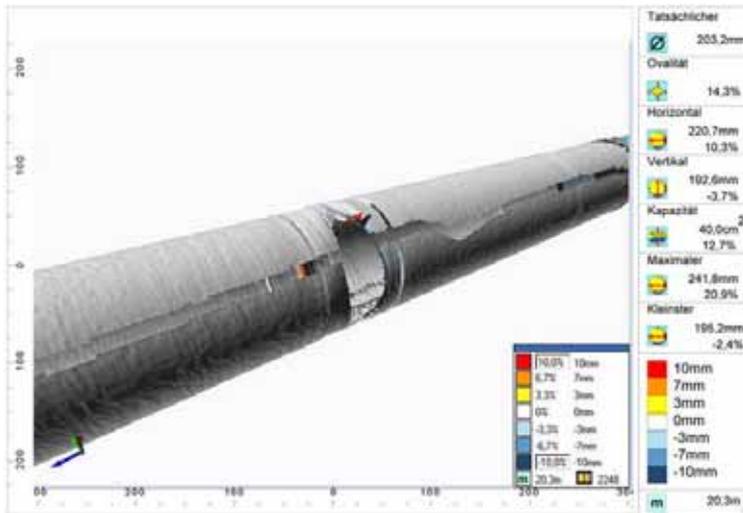


Abbildung 16 - Laser Profiler 3D-Modell (Hartl, 2009)

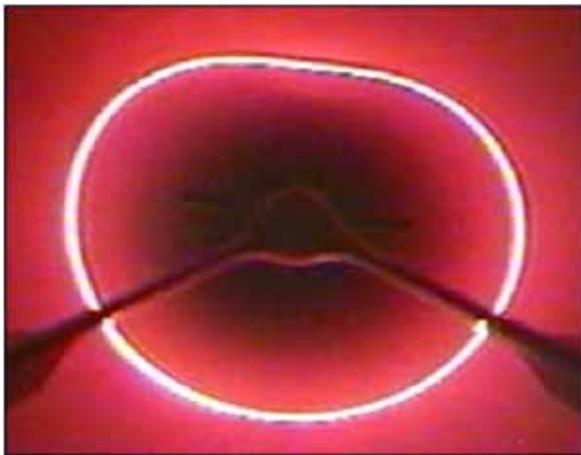


Abbildung 17 - TV-Ansicht während der Laser Profiler Vermessung (Hartl, 2009)

4.3 Zustandserfassung von Schächten (Hörandner, 2014)

Das Begehen von Schächten und Inspektionsöffnungen (direkte optische Inspektion) sollte nach Möglichkeit vermieden werden. Daher muss der Zustand von Schächten und Inspektionsöffnungen durch eine indirekte optische Inspektion festgestellt werden.

Nachfolgend werden verschiedene Systeme für die indirekte optische Schachtinspektion beschrieben.

4.3.1 Computerunterstützte Schachtinspektion (CUS)

Die Vermessungseinheit CUS besteht aus einem mobilen Inspektionsfahrzeug und einem Vermessungsroboter. Über dem geöffneten Schacht wird der Vermessungsroboter platziert und die Sensoreinheit hinabgefahren. Durch ein Lasermess-System wird eine 3D-Vermessung und

Inspektion der Schächte durchgeführt. Die Messdaten werden in einer Datenbank gespeichert. Während der Inspektion wird automatisch eine Schachtskizze generiert. Anschließend kann ein Protokoll der Inspektion mit Sachdaten und Schadensfotos ausgedruckt werden. Die CUS kann auch zur Erstellung eines digitalen Katasters eingesetzt werden. (Bodemann GmbH, 2008)



Abbildung 18 - Inspektionsfahrzeug verbunden mit der Vermessungseinheit (Bodemann GmbH, 2008)

4.3.2 IBAK PANORAMO SI (3D-Scanner)

Der 3D-Scanner der IBAK Panorama SI verwendet zwei hochauflösende Digitalkameras mit verzerrungsfreien Weitwinkelobjektiven, die das gesamte Schachttinnere in einer einzigen vertikalen Befahrung und in wenigen Sekunden optisch scannen. Der Inspekteur kann an jeder Position des Schachtes anhalten, 360° schwenken, zoomen und Inspektionsfotos speichern. Es lässt sich eine Abwicklung des Schachtes erzeugen, die einen raschen Überblick über den Bauwerkszustand, sowie das Ausmessen von Objekten auf der Schachtwand ermöglicht. Zur Auswertung steht die IBAK-Kanalanalyse-Software IKAS zur Verfügung. Die PANORAMO SI ist einsetzbar für Kanalschächte ab DN 300. (IBAK Helmut Hunger GmbH & Co. KG, 2014)



Abbildung 19 - IBAK PANORAMO SI (IBAK Helmut Hunger GmbH & Co. KG, 2014)



Abbildung 20 - IBAK PANORAMO SI im Einsatz (bi-UmweltBau, 2009)

4.3.3 Schachtinspektionskamera RZL 90°

Hier erfolgt die Schachtinspektion mittels einer hochauflösenden Inspektionskamera, welche an einem Teleskopabsenkgestänge montiert ist. Mit diesem können Schächte bis zu 12 m Tiefe untersucht werden. Der Konus kann mit nach oben geschwenkter Kamera begutachtet werden. Ein 90°-verdreht montierter Bildaufnehmer ermöglicht eine horizontale Schacht-„Scheibendarstellung“. Mit Zoomobjektiv und den zwei Laserdioden kann der Schaden genauestens betrachtet und vermessen werden. (JT-Elektronik, 2014)



Abbildung 21 - Schachtinspektionskamera RZL 90° (JT Elektronik, 2014)

4.3.4 Inspektionssystem Ganymet

Mit der Ganymet Schachtkamera können Standardschächte bis 8,5 m Tiefe und einem maximalen Durchmesser von 2 Metern inspiziert werden. Dabei erfolgt die Inspektion mit einer hochauflösenden Farb-Schwenkkopfkamera mit Endlosrotation, Autofokus und 10-fach optischem Zoom. Die Ausleuchtung erfolgt mittels LEDs. Eine Vermessung durch einen Laserpointer ist möglich. Das System wird nur von einer Person betrieben und kann entweder an einem Fahrzeugkran, oder an einem Dreibeinstativ montiert werden. Die Inspektion kann sowohl automatisch, durch spiralförmiges Abschwenken des Schachtinnenraumes, als auch manuell durch Handsteuerung erfolgen. (Gullyver, 2014)



Abbildung 22 - Ganymetsystem an einem Fahrzeugkran montiert (Gullyver, 2014)

4.4 Kanalreinigung (Plihal et al., 2013)

In Österreich werden heute rund 100.000 km (Stand 2015) öffentliche Kanalisation betrieben, wobei die Kanalreinigung zu einer der Kernaufgaben eines Kanalisationsunternehmens zählt. Aufgrund der prekären finanziellen Situation vieler Städte und Gemeinden stellt die Kanalreinigung jedoch eine erhebliche finanzielle Belastung dar. Die Folge davon ist, dass viele Städte und Gemeinden ihre Reinigungsintervalle ausdehnen bzw. notwendige Reinigungsmaßnahmen aufschieben müssen. Im ÖWAV RB 22 (Entwurf Stand 11.09.2012) wird daher eine vorausschauende Betriebsführung der Kanalisationsanlagen empfohlen: *„Durch eine vorausschauende Betriebsführung und Instandhaltungsplanung können die Verfügbarkeit der Anlagen und die Entsorgungssicherheit gesteigert sowie die anfallenden Kosten und die negativen Umweltauswirkungen minimiert werden.“* (ÖWAV RB 22, 2012) Eine vorausschauende Betriebsführung erfordert jedoch die genaue Kenntnis des Kanalisationsnetzes. Eine einfache und schnelle Methode um einen guten Überblick über das Kanalisationsnetz sowie dessen Verschmutzungsgrad und die Ablagerungshöhe, bezogen auf die Querschnittshöhe, zu erhalten, ist die Inspektion mittels elektronischem Spiegel.

4.4.1.1 Ursache und Auswirkungen von Ablagerungen (Plihal et al., 2014a)

Bei vielen österreichischen Kanalisationsunternehmen erfolgt eine Reinigung des gesamten Kanalnetzes in bestimmten regelmäßigen Intervallen. Ziel ist einerseits die Entfernung von Ablagerungen und anhaftenden Stoffen, und andererseits die Wiederherstellung des Rohrquerschnittes um Verstopfungen zu vermeiden.

Abbildung 23 zeigt Beispiele der betrieblichen Zustandserfassung mithilfe eines elektronischen Spiegels. Ein besonderer Vorteil beim Einsatz eines elektronischen Spiegels ist, dass die zu untersuchende Haltung vorher nicht gereinigt werden muss. Vor einer herkömmlichen TV-Inspektion mittels fahrbaren Kamerawagens ist jedoch eine Kanalreinigung erforderlich, wodurch sich ein Informationsverlust ergibt, da beispielsweise die am rechten Bild ersichtlichen Fettablagerungen nicht mehr erfasst werden können.



Abbildung 23 - Haltungen mit Reinigungsbedarf

Die Gründe für Ablagerungen in Kanalisationen sind zwar mannigfaltig, können jedoch generell den Kategorien „bauliche Ursachen“ bzw. „betriebliche Ursachen“ zugeordnet werden.

Bauliche Ursachen für die Bildung von Ablagerungen können folgende sein:

- zu geringe Abflüsse bei Anfangshaltungen
- geringer Anschlussgrad
- bauliche Schäden wie Unterbögen (Rohrsenken) und Muffenversätze
- Sonderbauwerken wie Drosseln oder Abstürze (z. B. bei Regenüberlaufbecken, Stauraumkanälen, Dükern)
(Ruhr-Universität Bochum, 2008)

Betriebliche Ursachen für die Bildung von Ablagerungen können sein:

- Wurzeleinwüchse
- Inkrustationen in Haltungen (verstärkt zu beobachten in Altbaugebieten und Gebieten mit hohem Baumanteil)
- fehlender Rückhalt von Feststoffen in Bereichen mit überfüllten bzw. gestürzten Schmutzfängern (Abbildung 24)
- in der Umgebung befindliche Baumaßnahmen
(Stauffer, 2010)



Abbildung 24 - Überfüllter Schmutzfänger

Die Auswirkungen durch Ablagerungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Tabelle 3 - Auswirkungen von Ablagerungen (Ruhr-Universität Bochum, 2008)

Verminderung der hydraulischen Leistungsfähigkeit

- 1) Verkleinerung des verfügbaren Abflussquerschnittes
- 2) Erhöhung der Rauheit
- 3) Veränderung der Wasserspiegellinie in der Nähe von Entlastungsbauwerken und damit häufigeres Anspringen an Überläufen

Betriebliche Erschwernisse

- 1) erhöhter Reinigungsaufwand
- 2) gesundheitliche Beeinträchtigung des Betriebspersonals infolge von Gasentwicklung unter anaeroben Bedingungen
- 3) biogene Schwefelsäure-Korrosion als Folge von Schwefelwasserstoffbildung

Umweltbeeinflussungen

- 1) Geruchsbeeinträchtigung durch Schwefelwasserstoffbildung
- 2) erhöhter Schmutzfrachtaustrag aus Mischwassersystemen bei großen Regenabflüssen

Vor allem die Punkte „Veränderung der Wasserspiegellinie in der Nähe von Entlastungsbauwerken und damit häufigeres Anspringen an Überläufen“ sowie „erhöhter Schmutzfrachtaustrag aus Mischwassersystemen bei großen Regenabflüssen“ sind eng miteinander verbunden. Sie können daher gemeinsam betrachtet werden. Diese Auswirkungen können besonders relevant sein, wenn ein Kanalisationsunternehmen (KU), dessen Abwasser gemeinsam mit anderen KU in einem Verbandskanal zur Kläranlage abgeleitet wird, seine

Reinigungsstrategie ändert. Dieser Zusammenhang wird in Kapitel 4.4.1.2 Reinigungsstrategien (Plihal et al., 2014a) näher erläutert.

4.4.1.2 Reinigungsstrategien (Plihal et al., 2014a)

Kontrolle und Wartung sind ein wesentlicher Bestandteil der Instandhaltung von Kanalisationen. Je nach Betreiberansatz wird zwischen kurativer Strategie („Feuerwehrstrategie“), präventiver Strategie (intervallmäßige Instandhaltung) und selektiver Strategie (zustandsorientierte Instandhaltung) unterschieden.

Welche Vor- bzw. Nachteile sich aus der jeweiligen Reinigungsstrategie ergeben zeigt Tabelle 4.

Tabelle 4 - Vor- und Nachteile unterschiedlicher Reinigungsstrategien (Staufer, 2010)

	Vorteile	Nachteile
kurative Strategie (Feuerwehrstrategie)	Personal, Fahrzeuge, Energie und Wasser werden gezielt eingesetzt.	Die Stadthygiene leidet erheblich bei Rückstau des Abwassers.
	Die Beanspruchung der Bauwerke durch Reinigungsmaßnahmen wird verringert.	Störungen des Abwasserabflusses haben negative Auswirkungen auf das angeschlossene Entwässerungsgebiet und seine Grundstücke.
		Die Betriebssicherheit ist nicht ständig gewährleistet.
		Personal und Fahrzeuge müssen für einen eventuellen Störfall in Bereitschaft sein.
präventive Strategie (Reinigung in festgelegten Intervallen)	Alle Kanalabschnitte werden periodisch einer Reinigung unterzogen.	Saubere Kanäle werden gespült.
	Nicht erkannte Ablagerungen und Teile der Sichelhaut werden entfernt.	Kritische Stellen werden vergleichsweise selten gespült.
	Die Arbeitsvorbereitung beschränkt sich auf ein Minimum.	Durch einen ständigen Einsatz von Fahrzeugen, Personal und Ressourcen entstehen höhere Kosten.
selektive Strategie (bedarfsorientierte Strategie)	Personal, Fahrzeuge und Betriebsstoffe werden zielgerichtet und auftragsbezogen eingesetzt.	Eine intensive Arbeitsvorbereitung ist erforderlich.
	Es werden nur Kanalabschnitte gereinigt, die einer Reinigung bedürfen.	Genauere Kenntnisse der Ablagerungen und Abflussverhältnisse im Netz sind erforderlich.
	Alle Kanalabschnitte werden in zeitlich unregelmäßigen Abständen einer Reinigung unterzogen.	
	Die mechanische Beanspruchung des Abwasserkanals wird auf ein Minimum reduziert.	
	Es wird eine hohe Wirtschaftlichkeit erzielt.	

Um einen Wechsel der Reinigungsstrategie von präventiv auf bedarfsorientiert sinnvoll durchführen zu können, ist es erforderlich, den Ablagerungszustand in der Kanalisation zu kennen. Eine Möglichkeit die Ablagerungshöhen zu erfassen bietet, wie bereits erwähnt, der elektronische Spiegel.

5. Methodik

5.1 Ort und Untersuchungszeitraum (Plihal et al., 2014)

Im INNOKANIS Projekt erfolgten die ersten Untersuchungen mit den elektronischen Spiegelmodellen im Zeitraum August 2011 bis April 2013. Diese Untersuchungen fanden bei 6 Kanalisationsunternehmen in den Bundesländern Tirol, Salzburg, Ober- und Niederösterreich sowie im European-Pipeline-Centre (EPC) in Kärnten statt.

5.1.1 Voruntersuchungen beim European Pipeline Center (Plihal et al., 2014)

Das EPC in St. Veit an der Glan umfasst eine Halle mit 21 Haltungen, die eine durchschnittliche Länge von jeweils 27 m und unterschiedliche Rohrmaterialien (PP, PE, PVC, Stz, B, GFK und GGG) bzw. Rohrdurchmesser (DN 150 bis DN 350) aufweisen. In diesen Kanalhaltungen wurden bei der Herstellung bewusst bauliche Rohrschäden verursacht.

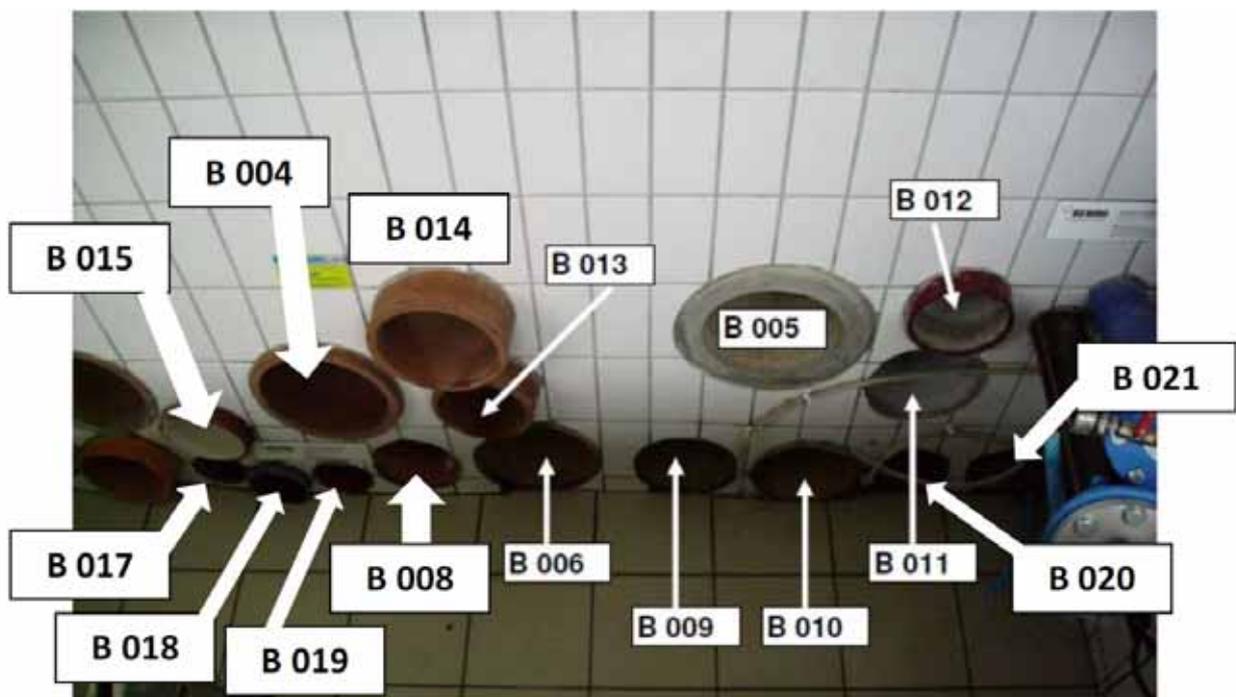


Abbildung 25 - EPC Versuchshaltungen

5.1.2 Felduntersuchungen

Um einen größeren Untersuchungsumfang zu gewährleisten, wurden zusätzlich zu den bereits erwähnten 6 KUs für manche Untersuchungen zusätzlich Inspektionsdaten von zwei KU aus Oberösterreich und einem KU aus Tirol, sowie von der Stadt Salzburg (Schachtinspektion) verwendet.



Abbildung 26 - INNOKANIS-Projekt Partner (adaptiert: Google Maps)

5.1.2.1 Haltungsinspektion

Neun österreichischen Kanalisationsunternehmen (davon 6 INNOKANIS-Partner) stellten Videos von TV-Befahrungen ihres Kanalisationsnetzes zur Verfügung. Für diese Haltungen wurden auch Inspektionen mittels zweier Modelle eines elektronischen Spiegels durchgeführt (siehe Punkt 5.2 Inspektionsgeräte). Bei 3 Kanalisationsunternehmen (KU1 - KU3) fanden die Voruntersuchungen zum INNOKANIS Projekt statt (hierbei wurde das nur das Vorgängermodell des elektronischen Spiegels iPEK QuickView Haloptic eingesetzt, siehe Punkt 5.2 Inspektionsgeräte).

Methodik

Tabelle 5 - INNOKANIS Untersuchungsgebiete, Kamerabefahrungen und Untersuchungszeiträume mit den elektronischen Spiegelmodellen

Untersuchungsgebiete	Untersuchungszeitraum Kamerabefahrung	Untersuchungszeitraum Spiegelinspektionen
Kanalisationsunternehmen 1 (KU1) (KU anonymisiert - Voruntersuchungen zum INNOKANIS Projekt)	11.2007 - 08.2009	09.11.2009 - 12.11.2009
Kanalisationsunternehmen 2 (KU2) (KU anonymisiert - Voruntersuchungen zum INNOKANIS Projekt)	11.2009	16.11.2009 - 20.11.2009
Kanalisationsunternehmen 3 (KU3) (KU anonymisiert - Voruntersuchungen zum INNOKANIS Projekt)	09.2003 - 03.2004	25.01.2010 - 28.01.2010
AWV Anzbach-Laabental	02.2007 - 09.2011	18.10.2011 - 20.10.2011 15.10.2012 - 18.10.2012
AWV Großache-Nord	11.2009 - 07.2012	13.09.2011 - 15.09.2011 10.07.2012 - 12.07.2012
RHV Hallstättersee	09.2007 - 10.2012	27.09.2011 - 29.09.2011 12.09.2012 - 13.09.2012
RHV Mühlthal	08.1994 - 10.2008	11.10.2011 - 13.10.2011 18.09.2012 - 20.09.2010
RHV Trumerseen	05.2006 - 07.2012	20.09.2011 - 22.09.2011 17.07.2012 - 19.07.2012
RHV Wolfgangsee-Ischl	12.2009 - 06.2011	04.10.2011 - 06.10.2011

Die Kamerabefahrungen der Haltungen, welche von den Kanalisationsunternehmen durchgeführt wurden, liegen teilweise etliche Jahre zurück. Die Inspektionen mit dem elektronischen Spiegel erfolgten allesamt im Zeitraum 2009 - 2012. Durch den zeitlichen Abstand fand neben dem eigentlichen Inspektionszweck der Spiegel, eine Kontrolle der Zustände innerhalb der Haltungen statt. So konnte festgestellt werden, ob sich Zustände verschlechtert haben. Die Untersuchungszeiträume der Kamerabefahrungen sind bei den einzelnen Kanalisationsunternehmen sehr unterschiedlich. Die ältesten Untersuchungen stammen aus dem Jahr 1994 (RHV Mühlthal), die aktuellsten aus dem Jahr 2012 (AWV Großache-Nord, RHV Hallstättersee, RHV Trumerseen).

5.1.2.2 Kombinierte Inspektion (elektronischer Spiegel und SewerBatt®)

Die Felduntersuchungen wurden mit zwei Modellen des elektronischen Spiegels und dem akustischen Inspektionssystem SewerBatt® (siehe Punkt 5.2 Inspektionsgeräte) in ausgesuchten Haltungen der Bundesländer Salzburg, Ober- und Niederösterreich im Jahr 2011 durchgeführt.

5.1.2.1 Schachtinspektion

Die Untersuchungen fanden bei den sechs INNOKANIS Partner (siehe Abbildung 26) und der Stadt Salzburg statt. Es wurden zwei Modelle des elektronischen Spiegels untersucht (siehe 5.2 Inspektionsgeräte) Die Untersuchungen fanden im Juli 2012 (drei Wochen), im September 2012 (zwei Wochen) und im Oktober (eine Woche) statt.

5.2 Inspektionsgeräte

5.2.1 Spiegelmodell QuickView Haloptic

Das Spiegelmodell QuickView Haloptic des Herstellers EnviroSight Ltd. (siehe Abbildung 27), vertrieben durch die Firma iPEK, verfügt über eine Beleuchtungsintensität von 1.800 Lumen und den Präzisionsfokus „Haloptic“, welcher bei der Inspektion eine Lichtsäule projiziert. Weiters ist dieser Spiegel mit einem 36-fach optischen Zoom und einem 12-fach digitalen Zoom ausgestattet. Der Fokus der Kamera kann von automatisch auf manuell umgestellt werden. Die Kamerabildauflösung beträgt 442 x 368 Pixel.



Abbildung 27 - Elektronischer Spiegel QuickView Haloptic (iPEK, 2014)

Bei den Voruntersuchungen zum INNOKANIS Projekt (KU 1 - KU 3, siehe Punkt 5.1.2.1) kam das Vorgängermodell dieses elektronischen Spiegels zum Einsatz, welches noch nicht über die „Haloptic“-Technik verfügt, jedoch auch eine Lichtsäule projiziert.

5.2.2 Spiegelmodell MesSen Nord STV3

Das Spiegelmodell MesSen Nord STV3 ist ausgestattet mit 4 Hochleistungs-LED-Strahlern, die ein Streulicht mit einem 4° Öffnungswinkel abgeben. Die maximale Ausleuchtung dieses Modells beträgt 4 x 500 Lumen. Mit 22-fach optischem Zoom (der digitale Zoom ist softwaretechnisch auf 4-fach begrenzt) und einem automatisch oder manuell einstellbaren Fokus liefert dieses Modell eine Kamerabildauflösung von 795 x 596 Pixel.



Abbildung 28 - MesSen Nord STV3 Spiegelmodell (MesSen Nord, 2012)

5.2.3 SewerBatt®

SewerBatt® ist eine neue akustische Technologie für schnelle Haltungsinspektionen, welche von der Universität Bradford (www.acousticsensing.co.uk) entwickelt wurde. SewerBatt® besteht aus einem kleinen akustischen Sensor mit Mikrofon, Lautsprecher und Elektronik. Des Weiteren beinhaltet das System ein Datenspeichermodul und einen widerstandsfähigen Laptop. Das Inspektionsgerät kann via Kabel oder Bluetooth eingesetzt werden. Ähnlich dem elektronischen Spiegel wird der SewerBatt® Sensor in den Schacht hinabgelassen. Es ist also nicht nötig, dass ein Mensch den Schacht hinabsteigt, und die Haltung wird auch nicht durchfahren. Der SewerBatt® Sensor sendet eine Schallwelle durch die Haltung und empfängt die Reflexionen von Änderungen im Haltungsquerschnitt oder von Stellen an denen die Rohrwandung nicht mehr gleichmäßig ist. Dadurch können Hindernisse, beschädigte Anschlüsse, Risse und Inkrustationen akustisch erfasst werden. Die exakte Position dieser Zustände wird durch die temperaturabhängige Messung der Reaktionszeit ermittelt. Jeder Zustand wird durch ein eindeutiges Reflexionsmuster welches in einer Datenbank gespeichert ist charakterisiert. Diese Datenbank kann dann verwendet werden, um das Gerät auf die Erkennung von Zuständen im Feld zu trainieren.

Die MEMS Mikrophone in der Mikrophoneinheit sind sehr robust und ihre Empfindlichkeit variiert nicht mit der Zeit. Die Signalverarbeitungseinheit ist exakt genug um Abweichungen im Signal, hervorgerufen durch mögliche Kontamination des Mikrophons mit Feuchte oder Ablagerungen, zu tolerieren. Jede Abweichung der Mikrofonempfindlichkeit über

Methodik

einen Grenzwert hinaus resultiert in einer Fehlernachricht, welche den Austausch der Mikrophoneinheit empfiehlt. Das Mikrophon kann manuell kalibriert werden.

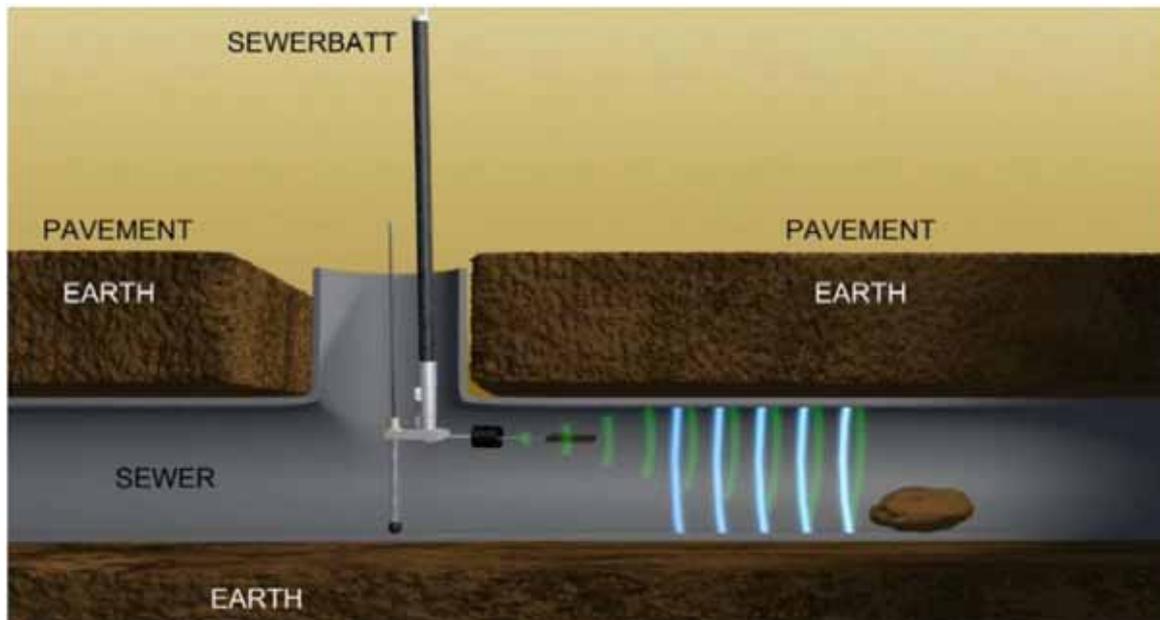


Abbildung 29 - Funktionsweise SewerBatt® (Horoshenkov, 2013)

5.3 Methodik der Haltungsinspektionen

Bei der Haltungsinspektion mittels elektronischem Spiegel kann entweder nur in eine Richtung inspiziert werden (in bzw. gegen Fließrichtung) oder in beide Richtungen. Bei den in-situ Untersuchungen wurden beide Varianten durchgeführt. Da die Auswertung der Untersuchungsergebnisse sehr davon abhängt, ob die zu untersuchende Haltung nur von einer Richtung oder von beiden Richtungen inspiziert wurde, wurde diese Unterscheidung entsprechend berücksichtigt.

Auch betriebliche Hindernisse bzw. Anwendungsfehler sind bei den in-situ Untersuchungen nicht auszuschließen. Aufgrund dieser Hindernisse bzw. durch Anwendungsfehlern mit dem elektronischen Spiegel konnte die Zustandsbeschreibung der Haltungen nur eingeschränkt durchgeführt werden. Die Auswertung der Ergebnisse der Zustandsbeschreibung berücksichtigt dies, da die Hindernisse durch den Kanalisationsunternehmer behoben werden können. Eine Nichtberücksichtigung hätte die Ergebnisse zur Qualität der Inspektion mittels elektronischem Spiegel verfälscht. Es wird daher unterschieden zwischen Inspektionen unter normalen Bedingungen (inkl. betriebliche Hindernisse und Anwendungsfehler - siehe Abbildung 30) bzw. unter optimalen Bedingungen (exkl. betriebliche Hindernisse und Anwendungsfehler). Folgende betriebliche Hindernisse bzw. Anwendungsfehler wurden bei der Datenauswertung unter normalen Bedingungen berücksichtigt:

- Spinnweben in der Haltung
- keine optimale Positionierung des elektronischen Spiegels
- Wasserdampf in der Haltung
- hoher Wasserspiegel in der Haltung

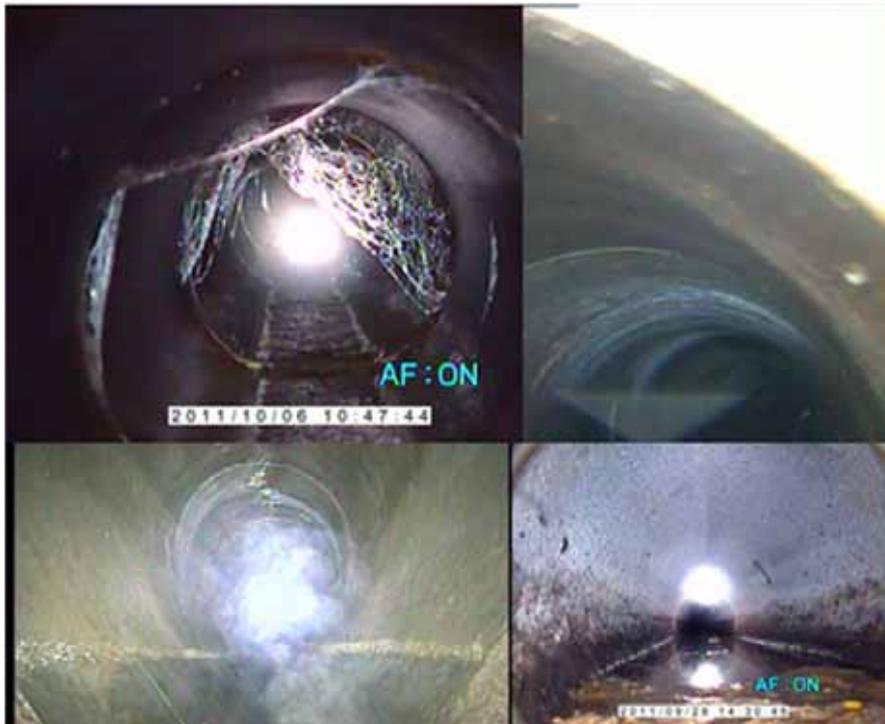


Abbildung 30 - Inspektionsbedingungen unter normalen Umständen

Auch wurde bei der Auswertung bemerkt, dass eine vollständige Inspektion bis zum Endschacht nicht immer möglich war. Grund für diese unvollständige Inspektion waren zu große Abwinkelungen in den Haltungen (siehe Abbildung 31). Diese baulichen Hindernisse für die Haltungsinspektion mittels elektronischem Spiegel wurden ebenfalls bei den Datenauswertungen berücksichtigt.

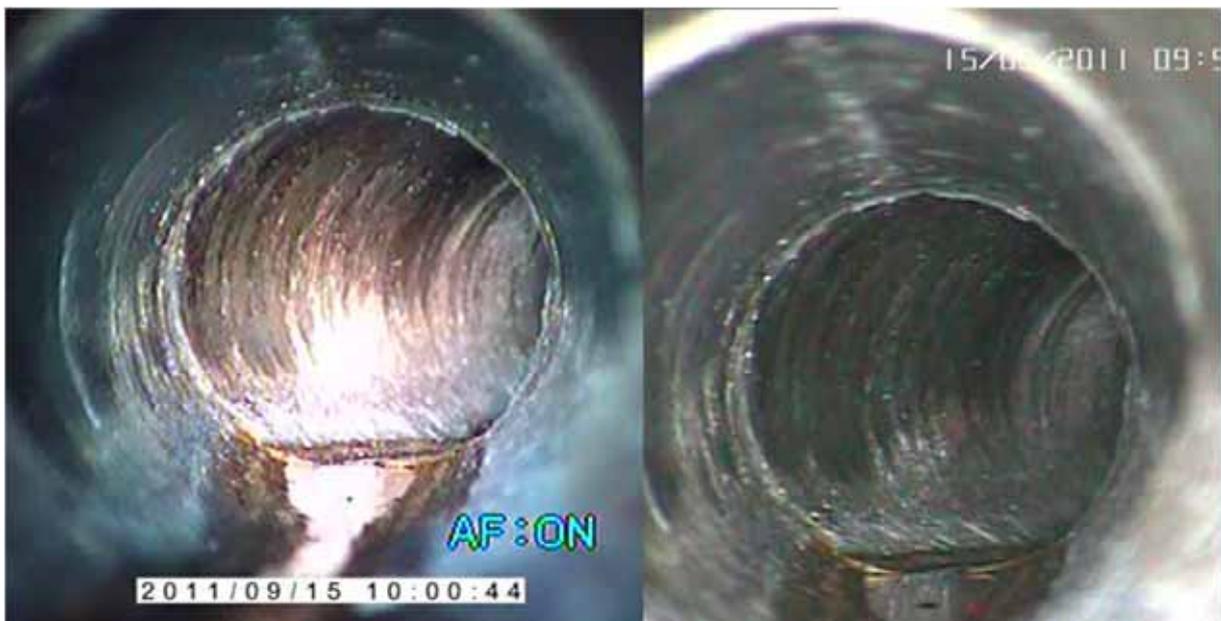


Abbildung 31 - Sicht bis zum Endschacht nicht möglich - zu große Abwinkelung in der Haltung

Methodik

Die Auswertung der Zustandserkennung erfolgte mittels ACCESS Datenbank (siehe Abbildung 32). Dabei wurden alle Haltungsvideos der herkömmlichen TV-Inspektion nachträglich nach ÖNORM EN 13508-2 erfasst, um eine einheitliche Zustandsbeschreibung zu erhalten. Zusätzlich wurde die Datenbanktabelle für die Auswertung des elektronische Spiegel-Videos mit „True/False“-Feldern erweitert.

ID	COAST	DATE	TIME	LOCATION	detection = OK	detection ≈ OK	...
1	COAST_0001_0001	14.12	09:00	BCD A			
2	COAST_0001_0001	14.12	09:00	BCD A			
3	COAST_0001_0001	14.12	09:00	BCD A			
4	COAST_0001_0001	14.12	09:00	BCD A			
5	COAST_0001_0001	14.12	09:00	BCD A			
6	COAST_0001_0001	14.12	09:00	BCD A			
7	COAST_0001_0001	14.12	09:00	BCD A			
8	COAST_0001_0001	14.12	09:00	BCD A			
9	COAST_0001_0001	14.12	09:00	BCD A			
10	COAST_0001_0001	14.12	09:00	BCD A			
11	COAST_0001_0001	14.12	09:00	BCD A			

Abbildung 32 - ACCESS Datenbank Aufbau

Bei den Auswertungen wurde spezifiziert, ob ein Zustand eindeutig zugeordnet werden konnte, d.h. der Zustand klar sichtbar und ohne Schwierigkeiten zu identifizieren war. Dann wurde dieser Zustand der Spalte „detection = OK“ zugeordnet. War ein Zustand nur schlecht erkennbar, so wurde dieser Zustand der Spalte „detection ≈ OK“ zugeordnet. In letzterem Fall wurde auch die Ursache der schlechten Erkennung angegeben. Folgende Ursachen wurden bei der Auswertung unterschieden:

- geringe Ausleuchtung
- punktuell Licht
- geringe Auflösung der Kamera
- kein Fokus der Kamera
- Schachtpositionierung nicht OK
- zu große Abwinkelung
- Ausbildung der Sohle
- zu kleiner Zustand / Schaden
- Spinnweben
- Wasserdampf
- zu hoher Wasserspiegel
- Haltung nicht inspiziert
- sanierte Haltung

Diese Unterscheidung wurde ebenfalls verwendet, wenn ein Zustand nicht erkannt wurde. Dabei wurde weder die Spalte „detection = OK“ noch die Spalte „detection ≈ OK“ gewählt.

Mit dieser Einteilung der Nichterkennung und deren Ursache dazu wurden die nachfolgenden Auswertungen durchgeführt.

Die SewerBatt® Daten mussten separat für einzelne und multiple Zustände analysiert werden, da das Gerät nicht zwischen verschiedenen Defekten unterscheiden kann, wenn diese sich in einer relativen Distanz vergleichbar mit der akustischen Wellenlänge befinden. Dies wird durch den defekten Hausanschluss in Abbildung 33 dargestellt. Nach EN 13508-2/A1 (2010) muss die Kodierung für diesen Anschluss lauten: Anschluss (BCA), einragender Anschluss

Methodik

(BAG), defekter Anschluss (BAH), Rohrbruch (BAC) und Boden sichtbar durch Defekt (BAO). SewerBatt® erfasst nur eine Reflektion für alle 5 Zustände.

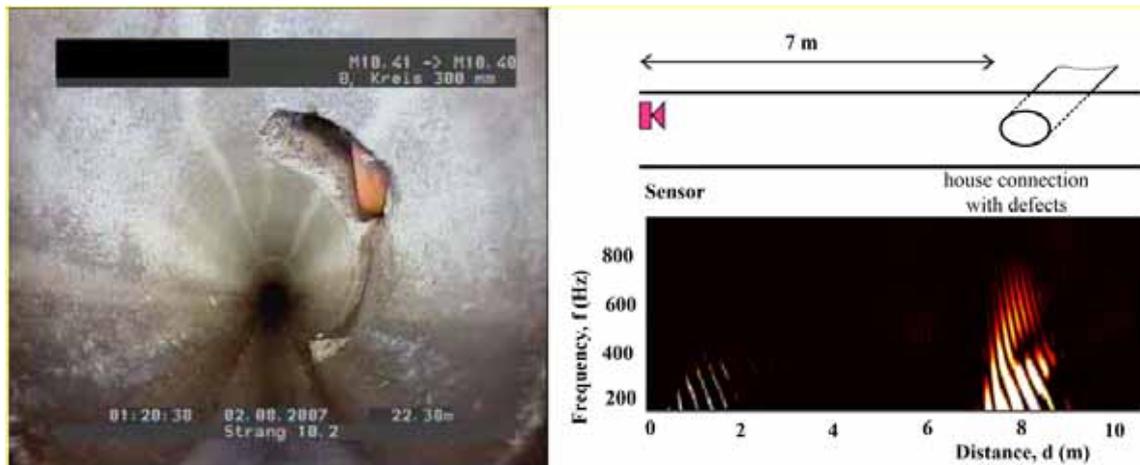


Abbildung 33 - TV-Befahrung vs. SewerBatt® Inspektionsergebnisse - Zustandsgruppen

Basierend auf den unterschiedlichen Analysen der elektronischen Spiegel- und SewerBatt® Daten wurde bei den Auswertungen der Daten der kombinierten Haltungsinspektion eine kombinierte Erkennungsrate geschätzt.

5.4 Methodik der Schachtinspektion (Hörandner, 2014)

Durch die Diplomarbeit „Analyse verschiedener Methoden der Schachtinspektion im Hinblick auf die Erfassungsrate und Genauigkeit der Beschreibung“ (Hörandner, 2014) sollen die Methoden der Zustandserfassung der Schächte verschiedenster Kanalisationsunternehmen mit dem Einsatz eines elektronischen Spiegels für die Schachtinspektion gegenübergestellt und verglichen werden.

Im Zuge des INNOKANIS-Projekts wurden Schächte von sechs Abwasserverbänden und der Stadt Salzburg mit dem elektronischen Spiegel inspiziert.

Anschließend erfolgte die Zustandsbeschreibung in einer ACCESS-Datenbank, und die Erfassungsraten der unterschiedlichen Inspektionsmethoden der KU wurden mit denen des elektronischen Spiegels verglichen.

5.5 Untersuchungsumfang

5.5.1 INNOKANIS Voruntersuchungen

Die Untersuchungen bei drei KU zu den INNOKANIS Voruntersuchungen belaufen sich auf insgesamt 114 untersuchten Haltungen, bei einer gesamten Inspektionslänge von 3,66 km. Diese Untersuchungsdaten wurden nur im Rahmen der Untersuchungen zur Adaptierung der Zustandsbeschreibung für innovative Inspektionsmethoden, und zur Überprüfung der Erfassbarkeit von Infiltrationen (siehe Punkt 6.2.3) verwendet.

Tabelle 6 - Anzahl der untersuchten Haltungen und deren Längen bei den INNOKANIS Voruntersuchungen

	Anzahl Haltungen	Haltungs- längen [km]
KU1 2009	40	1,33
KU2 2009	48	1,22
KU3 2010	31	1,26
Gesamtsumme	119	3,81

5.5.2 INNOKANIS Felduntersuchungen und EPC-Voruntersuchungen

Es wurden insgesamt 258 Haltungen inspiziert - das entspricht einer Haltungslänge von 7,57 km (siehe Tabelle 7).

Tabelle 7 - Anzahl der untersuchten Haltungen und deren Längen im INNOKANIS-Projekt

	Anzahl Haltungen	Haltungs- längen [km]
EPC - European Pipeline Centre	21	0,45
AWV Anzbach-Laabental	38	1,19
AWV Großache-Nord	69	1,86
RHV Hallstätterseen	44	1,21
RHV Mühlal	16	0,59
RHV Trumerseen	34	0,99
RHV Wolfgangsee-Ischl	36	1,28
Gesamtsumme	258	7,57

Methodik

Die vorgefundenen Rohrdimensionen sind in Abbildung 34 ersichtlich. Mehr als zwei Drittel aller untersuchten Haltungen hatten eine Rohrdimension bis DN 300. Die untersuchten Rohrmaterialien waren zu 47 % Beton (B), zu 19 % PVC und zu 18 % Steinzeug (Stz) - siehe Abbildung 35.

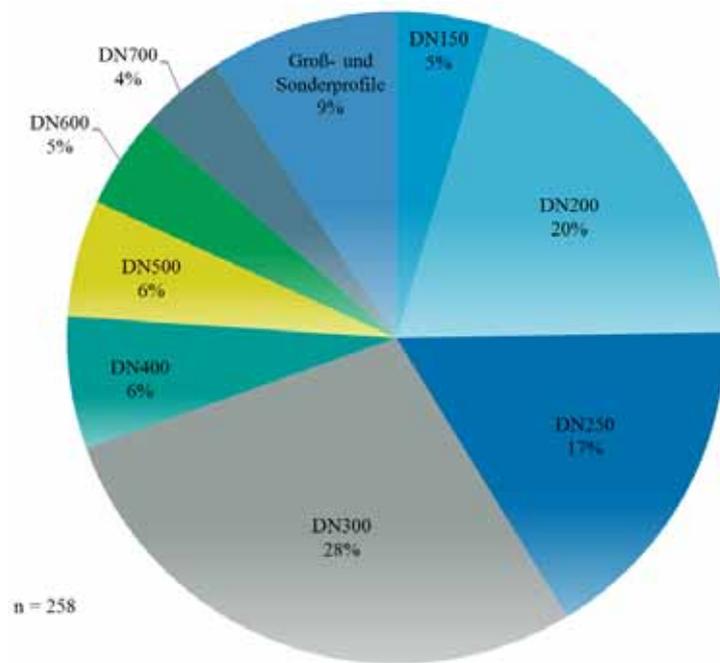


Abbildung 34 - Anteile der untersuchten Rohrdimensionen

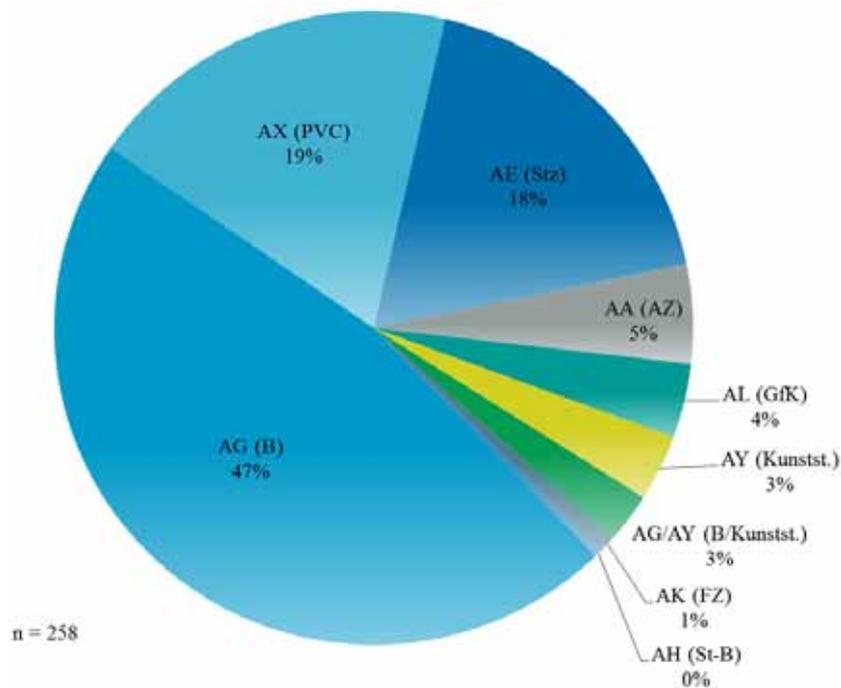


Abbildung 35 - Anteile der untersuchten Rohrmaterialien

Methodik

Als Referenz für die Daten des elektronischen Spiegels wurde die herkömmliche TV-Inspektion mittels Roboter herangezogen. Die Auswertung der herkömmlichen TV-Inspektion ergab die in Abbildung 36 gezeigte Zustandsverteilung. Dabei ist zu erkennen, dass die vorgefundenen Hauptschäden in den Haltungen die Zustände „verschobene Verbindung - BAJ“, „Verformung des Rohres - BAA“, „Anschluss - BCA“ und „Rissbildung - BAB“ darstellen.

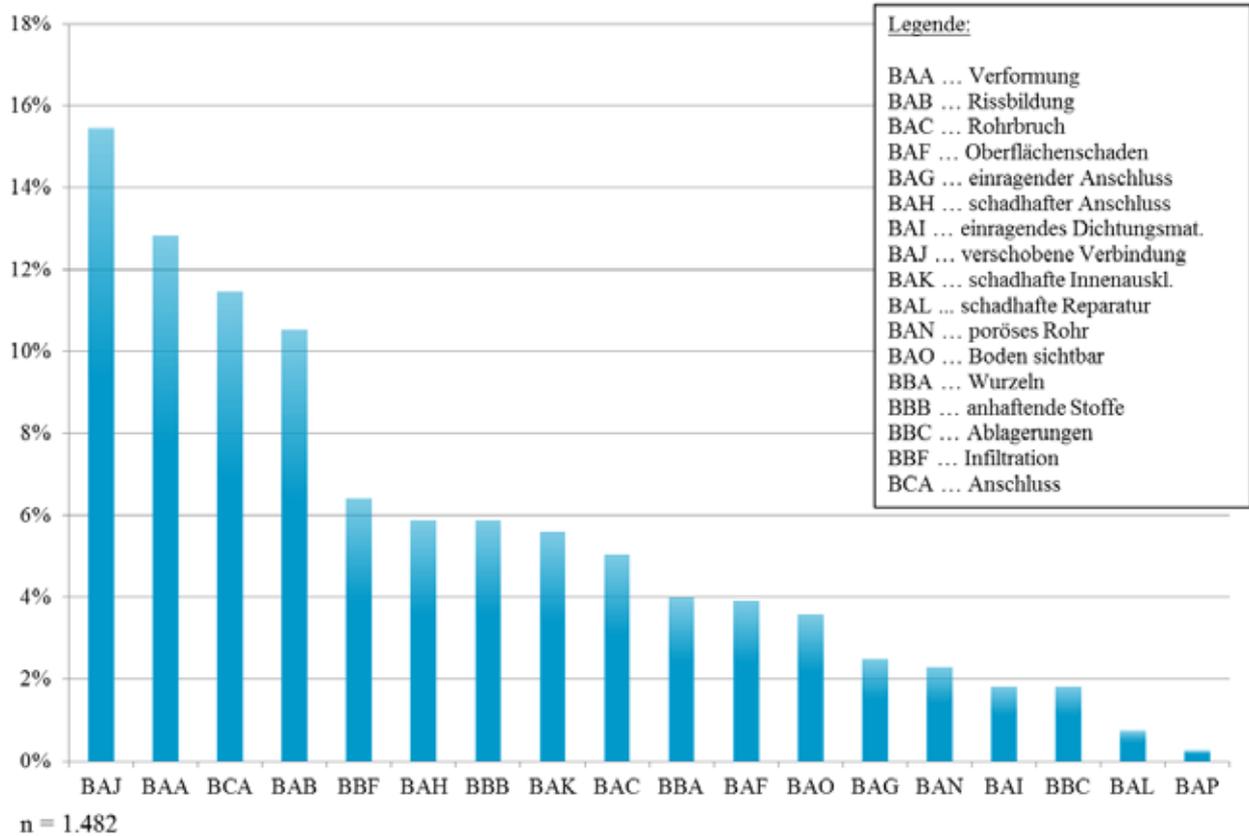


Abbildung 36 - Häufigkeitsverteilung der dokumentierten Zustände

5.5.3 Kombinierte Haltungsinspektion (elektr. Spiegel und SewerBatt®)

111 Haltungen wurden in Kombination von elektronischem Spiegel (zwei Modelle) und SewerBatt® inspiziert. Diese unterschieden sich in Länge, Durchmesser und Material wie folgt dargestellt:

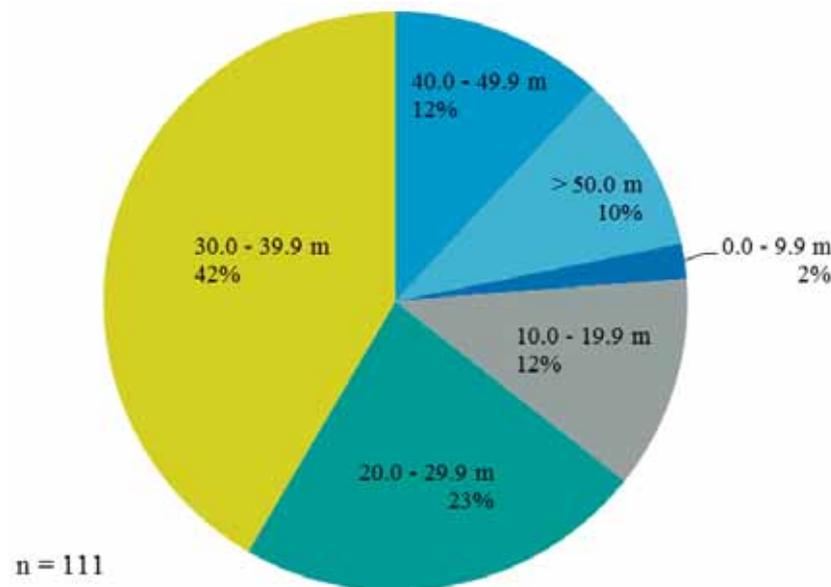


Abbildung 37 - Felduntersuchungen in Kombination Elektronischer Spiegel und SewerBatt® - Haltungslängen

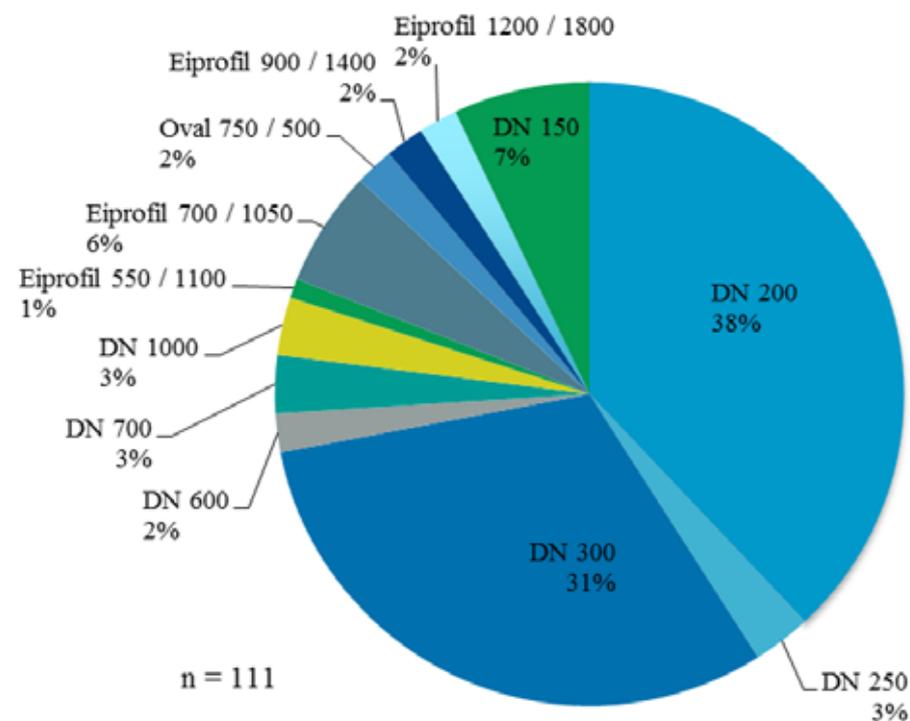


Abbildung 38 - Felduntersuchungen in Kombination Elektronischer Spiegel und SewerBatt® - Haltungsdurchmesser

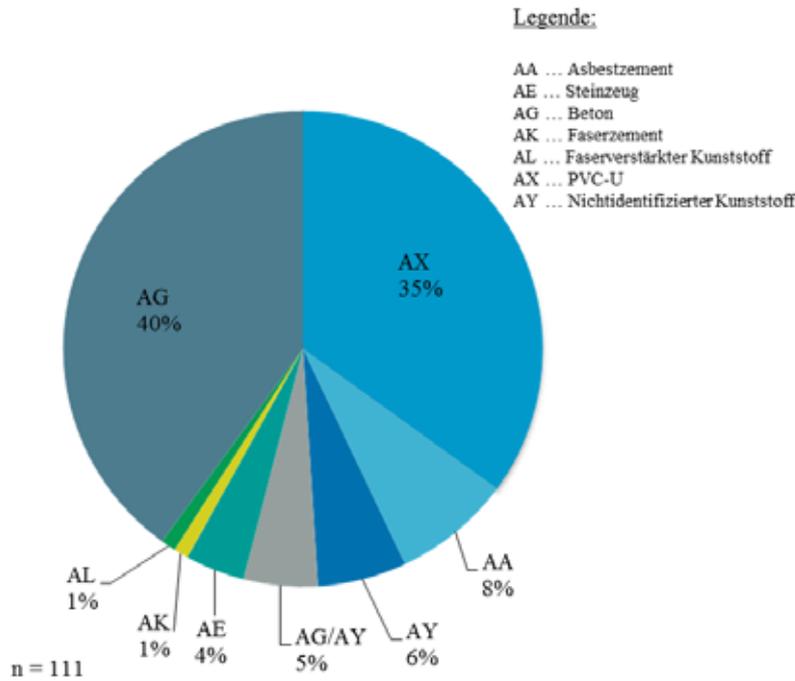


Abbildung 39 - Felduntersuchungen in Kombination Elektronischer Spiegel und SewerBatt® - Haltungsmaterialien

Als Referenz für die Inspektionen mit dem elektronischen Spiegel und SewerBatt® dienten TV-Befahrungen. Folgende Zustände konnten dadurch in den Haltungen erfasst werden:

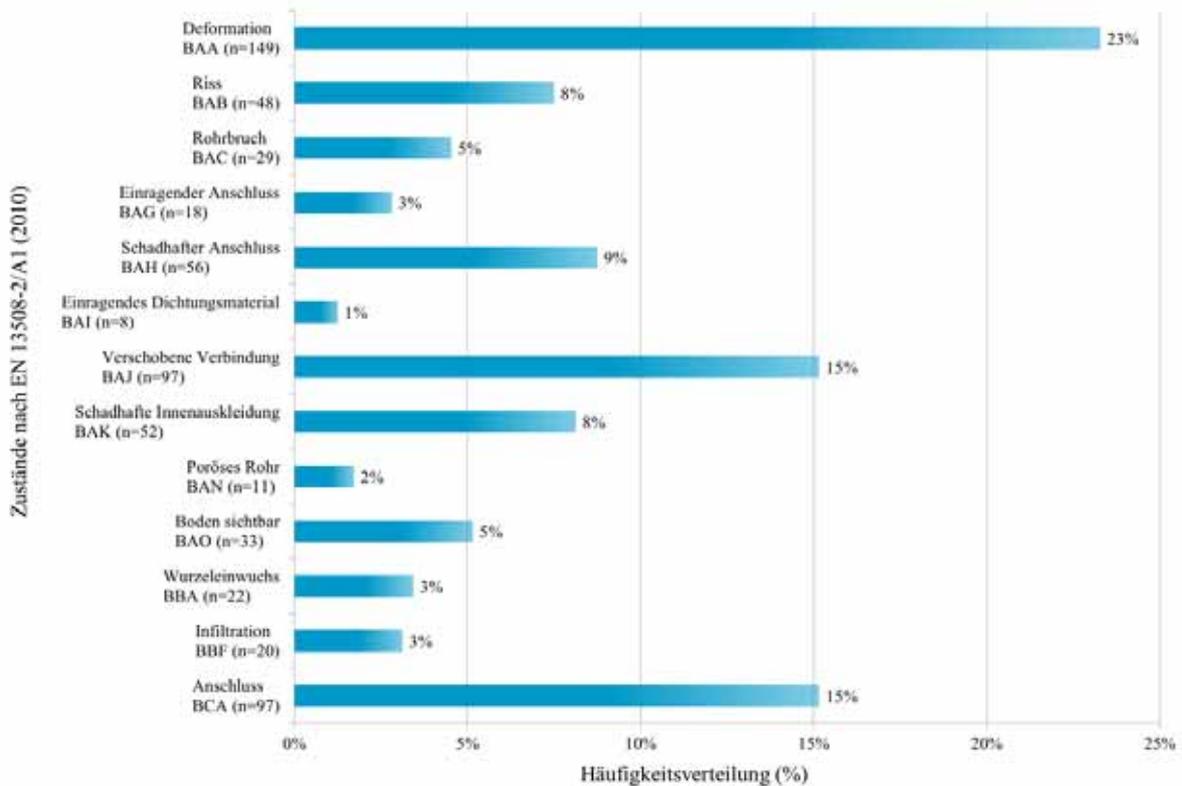


Abbildung 40 - Häufigkeitsverteilung der Zustände der untersuchten Haltungen für die Kombination Elektronischer Spiegel mit SewerBatt®

5.5.4 Schachtinspektion

Es wurden insgesamt 107 Schächte inspiziert. Die meisten Schächte waren Fertigteilerschächte (87 Stück), die restlichen 20 Stück waren Ortbetonschächte (siehe Abbildung 41)

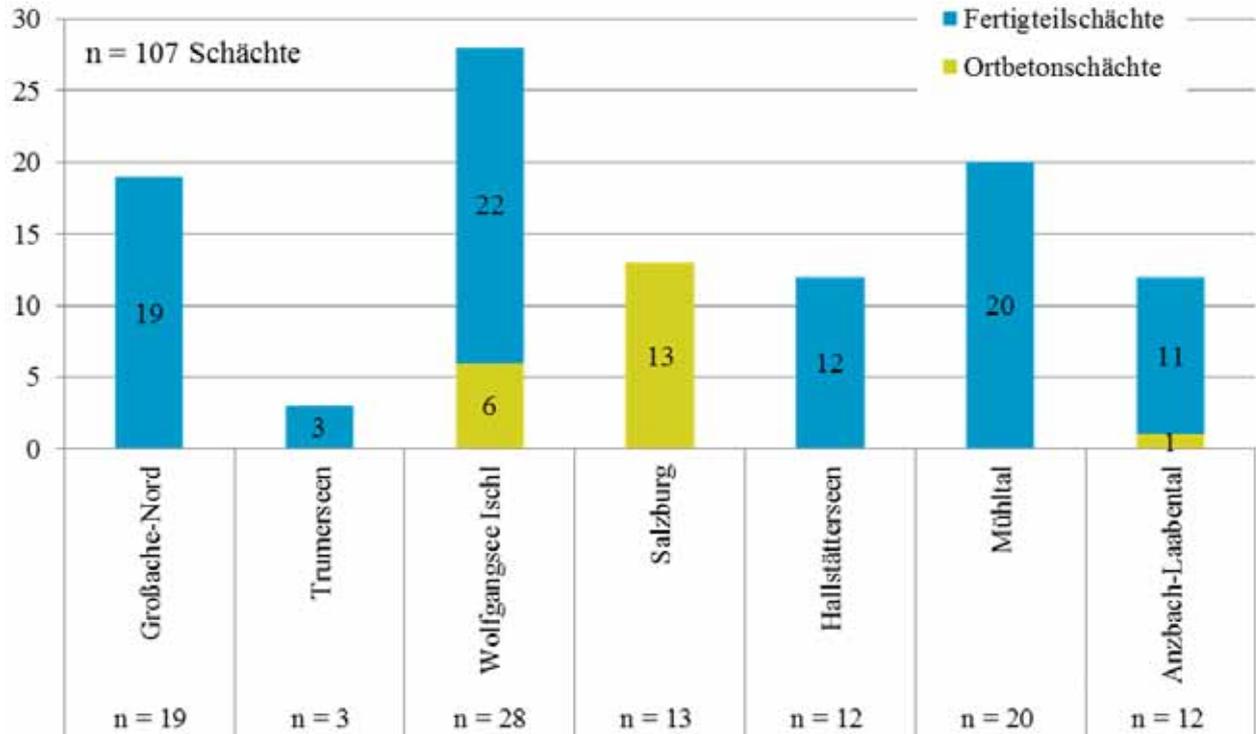


Abbildung 41 – Untersuchungsumfang Ortbetonschächte/Fertigteilschächte

6. Ergebnisse

6.1 Ergebnisse der Voruntersuchungen beim European Pipeline Center (Kuratko et al., 2013)

Im European Pipeline Center wurden unter standardisierten Bedingungen sieben Videoinspektionssysteme miteinander verglichen. Diese Systeme waren:

- TV-Inspektion mit Fahrwagen und folgenden Kameramodellen
 - IBAK Orion 2.3
 - IBAK Argus 5 für Haltungen ab DN 400
- Scan-System IBAK Panorama (Verwendung von FishEye Digitalkameratechnik: Aufnahme und Zusammensetzen von Einzelbildern, daher kein „echtes“ Scan-System)
- Scan-System iPEK DigiSewer (190° Fischaugenoptik)
- elektronischer Spiegel iPEK QuickView Haloptic
- elektronischer Spiegel MesSen Nord STV3
- Schiebekamera (Modell GEJOS)

Die Inspektionssysteme werden anschließend in Hinblick auf Ausleuchtung, Farbwiedergabe und Kameraauflösung miteinander verglichen.

6.1.1 Beleuchtungseinrichtung

Eine ausreichende Beleuchtung ist insbesondere beim elektronischen Spiegel wichtig. Die restlichen Systeme haben den Vorteil, dass ein Schaden angefahren werden kann, und somit auch gezielt beleuchtet werden kann.

Wird beim elektronischen Spiegelmodell MeSen Nord STV3 der Haltungsbereich durch vier LED-Scheinwerfer flächig ausgeleuchtet, so erfolgt beim System iPEK QuickView Haloptic nur eine punktuelle Ausleuchtung. Am Beispiel einer klaffenden Rissbildung in Abbildung 42 Abbildung 43 sieht man den Unterschied der Ausleuchtungen deutlich. Das Ausmaß der Beschädigung ist beim Modell MesSen Nord STV3 besser zu erkennen. (Kuratko et al., 2013)

Ergebnisse



Abbildung 42 - BAB-C-C Rissbildung, klaffender Riss, komplex - Scherbe; B=8mm; Kreisprofil DN 300 - Steinzeug; elektr. Spiegel 2



Abbildung 43 - BAB-C-C Rissbildung, klaffender Riss, komplex - Scherbe; B=8mm; Kreisprofil DN 300 - Steinzeug; elektr. Spiegel 1

Ein weiteres Beispiel sind Beschädigungen an der Oberfläche der Rohrwandung. Eine flächige Ausstrahlung erleichtert die Beurteilung der Oberfläche.



Abbildung 44 - BAF-A-E Oberflächenschaden, erhöhte Rauheit, nicht eindeutig feststellbar; Kreisprofil DN 200 - Duktiles Gusseisen; elektr. Spiegel 2



Abbildung 45 - BAF-A-E Oberflächenschaden, erhöhte Rauheit, nicht eindeutig feststellbar; Kreisprofil DN 200 - Duktiles Gusseisen; elektr. Spiegel 1

Ergebnisse

6.1.2 Farbwiedergabe

Nach DWA-M 149-5 (2010) sind prinzipiell nur Farbkameras zugelassen, wobei die Farbechtheit sicherzustellen ist. Als Vergleich der Bildqualität kann die Farbtreue herangezogen werden. Je nach Material der Haltung lassen sich hier mehr oder weniger große Unterschiede in der farblichen Darstellung feststellen. Als erstes Beispiel folgt eine Haltung aus Polypropylen. (Kuratko et al., 2013)



Abbildung 46 - BBE-C: Andere Hindernisse, allgemein; Nennw.-Red.=1%; Kreisprofil DN 800 - Polypropylen; Scan System 2



Abbildung 47 - BBE-C: Andere Hindernisse, allgemein; Nennw.-Red.=1%; Kreisprofil DN 800 - Polypropylen; TV-Kamera 1



Abbildung 48 - BBE-C: Andere Hindernisse, allgemein; Nennw.-Red.=1%; Kreisprofil DN 800 - Polypropylen; Schiebekamera



Abbildung 49 - BBE-C: Andere Hindernisse, allgemein; Nennw.-Red.=1%; Kreisprofil DN 800 - Polypropylen; elektr. Spiegel 2



Abbildung 50 - BBE-C: Andere Hindernisse, allgemein; Nennw.-Red.=1%; Kreisprofil DN 800 - Polypropylen; elektr. Spiegel 1



Abbildung 51 - BBE-C: Andere Hindernisse, allgemein; Nennw.-Red.=1%; Kreisprofil DN 800 - Polypropylen; Scan System 1

Am auffälligsten ist die Farbwiedergabe des Modells iPEK QuickView. Dessen punktuelle Ausleuchtung taucht die Haltung in gelbliches Licht. Eventuelle Verfärbungen der Haltung, beispielsweise durch Oberflächenschäden, lassen sich dadurch schwieriger erfassen. Ansonsten fallen bei diesem Material nur geringe farbliche Unterschiede zwischen den restlichen Systemen auf. Weitaus auffälliger sind die Unterschiede bei glasfaserverstärkten Kunststoff.



Abbildung 52 - BAG einragender Anschluss; L=17%; DN 260 - Glasfaserverstärkter Kunststoff; TV-Kamera 1



Abbildung 53 - BAG einragender Anschluss; L=17%; DN 260 - Glasfaserverstärkter Kunststoff; Scan System 2

Ergebnisse



Abbildung 54 - BAG einragender Anschluss; L=17%; Kreisprofil DN 260 - Glasfaserverstärkter Kunststoff; Schiebekamera



Abbildung 55 - BAG einragender Anschluss; L=17%; Kreisprofil DN 260 - Glasfaserverstärkter Kunststoff; elektr. Spiegel 2



Abbildung 56 - BAG einragender Anschluss; L=17%; Kreisprofil DN 260 - Glasfaserverstärkter Kunststoff; elektr. Spiegel 1



Abbildung 57 - BAG einragender Anschluss; L=17%; Kreisprofil DN 260 - Glasfaserverstärkter Kunststoff; Scan System 1

Bei der herkömmlichen TV-Inspektion und dem Panoramo-System wird glasfaserverstärkter Kunststoff in gelblichen Tönen dargestellt, wobei diese beim Panoramo-System deutlich kräftiger ausfallen. Die restlichen Inspektionssysteme stellen glasfaserverstärkten Kunststoff in Graustufen dar. (Kuratko et al., 2013)

Ergebnisse

Zur Sicherstellung der Farbechtheit, sollte vor der Inspektion ein Abgleich mit einer Farbtafel geschehen.



Abbildung 58 - Farbtafel

6.1.3 Kameraauflösung

„Die Kameraauflösung muss der Größe des Inspektionsobjektes angepasst sein. Anforderungen:

- *DN 300 bis 600 ca. 800 x 600 Pixel*
- *DN 1200 ca. 1600 x 1200 Pixel*

Bei Nennweiten < DN 300 darf eine Mindestauflösung von ca. 400 x 300 Pixel nicht unterschritten werden.“ (DWA-M 149-5, 2010)

Tabelle 8 vergleicht die Kameraauflösungen der beiden verwendeten Scan-Systeme als auch der herkömmlichen TV-Kamera und einer HD-Kamera (TV-Kamera 2).

Ergebnisse

Tabelle 8 - EPC Voruntersuchungen: Technischer Vergleich der verwendeten Inspektionssysteme

	TV-Kamera 1	TV-Kamera 2	Scan-System 1	Scan-System 2
Bildauflösung (Pixel)	746 x 520	1920 x 1080	752 x 582	1392 x 1040
optischer Zoom	---	10-fach	---	---
digitaler Zoom	3-fach	---	---	---
Kamerasysteme	Dreh- u. Schwenkkopf-Kamera	Dreh- u. Schwenkkopf-Kamera	Einzelbildkamera	Einzelbildkamera
Beleuchtung	40 regelbare weiße LEDs	*) 4 x Power-LED schwenkbar; *) 4 x Power-LED axial *) 6 x 5 LED Muffen-Spaltbeleuchtung	keine Herstellerinformationen verfügbar	keine Herstellerinformationen verfügbar
Besonderheiten	Dreh- u. Schwenkkopf-Kamera mit aufrechtem Bild	Dreh- u. Schwenkkopf-Kamera mit aufrechtem Bild	190° Fischaugenoptik	185° Fischaugenoptik

Abbildung 59 stellt den Unterschied in der Kameraauflösung der herkömmlichen TV-Kamera im Gegensatz zu einer HD-Kamera dar.

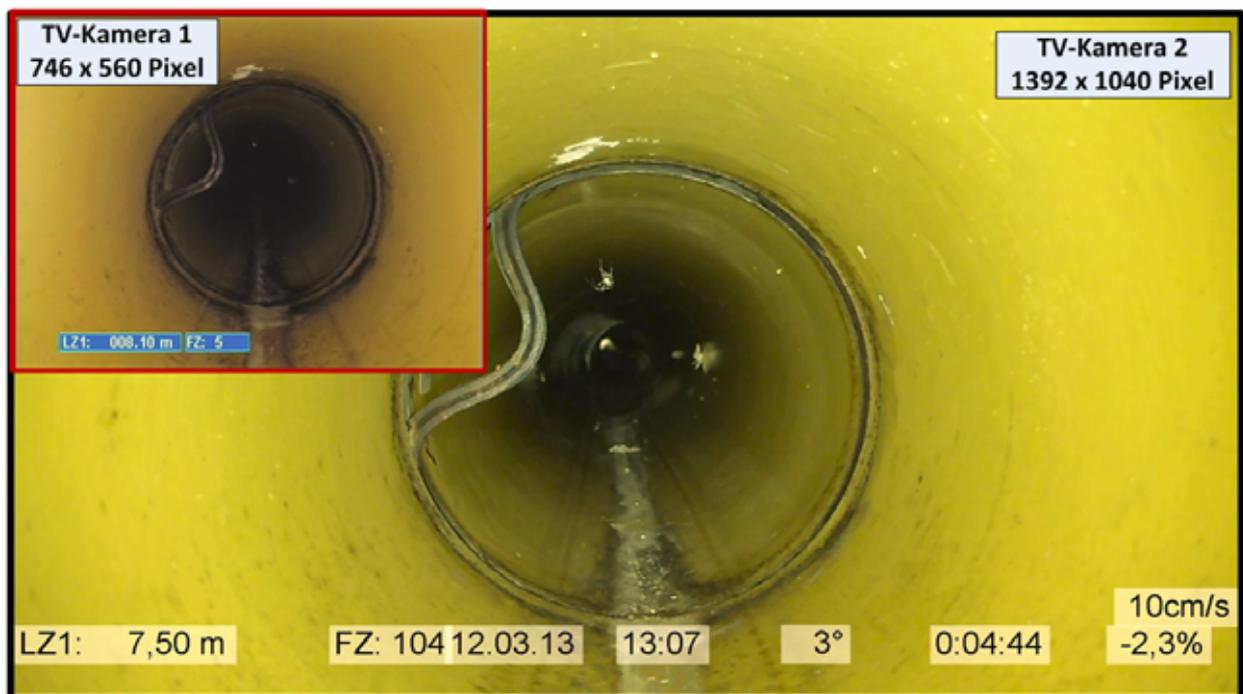


Abbildung 59 - Vergleich Bildauflösung herkömmliche TV-Kamera und HD-Kamera

Ergebnisse

Bei dem DigiSewer Scan-System besteht die Möglichkeit der Darstellung der Abwicklung (180°). Abbildung 60 stellt den Vergleich zur normalen 90° Ansicht dar.

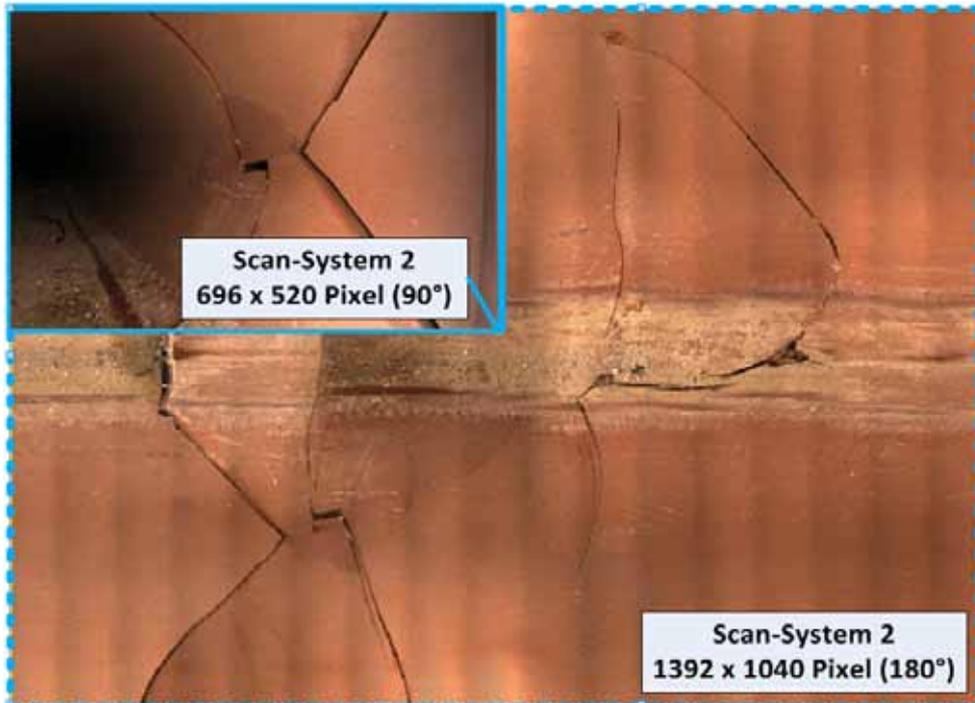


Abbildung 60 - DigiSewer: Vergleich 3D-Darstellung (90°) und Abwicklung (180°)

Abbildung 61 vergleicht die Kameraauflösungen der verschiedenen Inspektionssysteme.

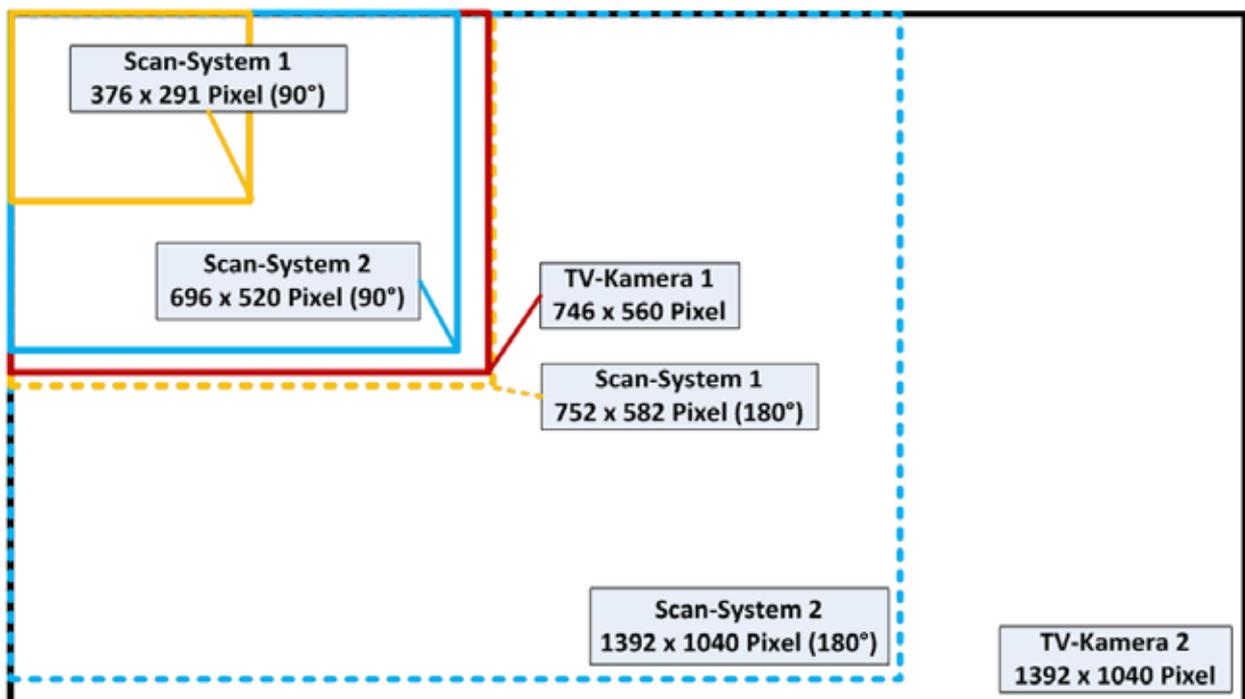


Abbildung 61 - EPC Voruntersuchungen: Vergleich der Bildauflösungen der Inspektionssysteme

Ergebnisse

Durch die Blitzbeleuchtung im Panorama-System entsteht keine Bewegungsunschärfe im Gegensatz zur Kombination herkömmlicher Beleuchtung mit Dreh-/Schwenkkopf (daher beruht auch die Begrenzung der maximalen Fahrgeschwindigkeit auf 15 cm/sec bei konventioneller TV-Inspektion laut ATV M-143). Daher muss das Panorama-System auch nicht während der Fahrt gestoppt werden (bei Einsatz einer Dreh-/Schwenkkopfkamera muss das Fahrzeug gestoppt und der Schaden abgeschwenkt werden). (KURATKO et al., 2013)

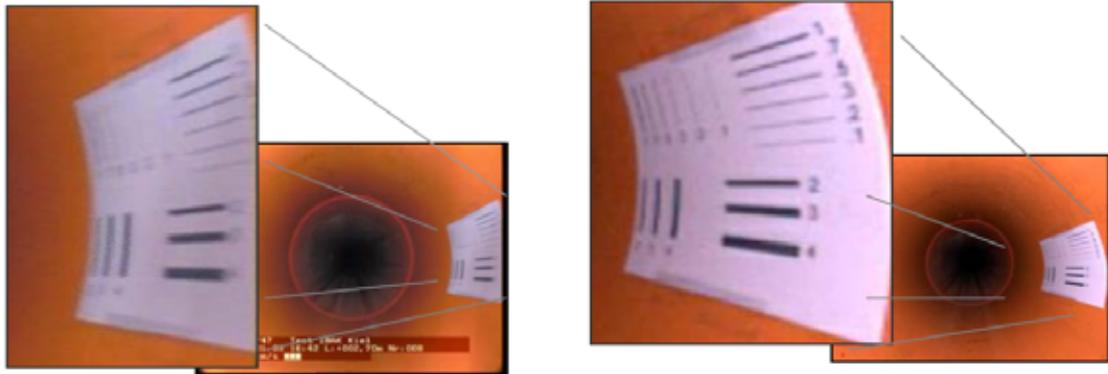


Abbildung 62 - Vergleich der Bewegungsunschärfe (IBAK Helmut Hunger GmbH & Co. KG, 2009)

Zum Vergleich der Bildauflösung aller Systeme wird folgend ein einragender Dichtring verglichen. (Kuratko et al., 2013)



Abbildung 63 - BAI-A-B einragendes Dichtungsmaterial, Dichtring, hängend, nicht gebrochen oberh. Mitte; Kreisprofil DN 200 - Glasfaserverstärkter Kunststoff; TV-Kamera 1

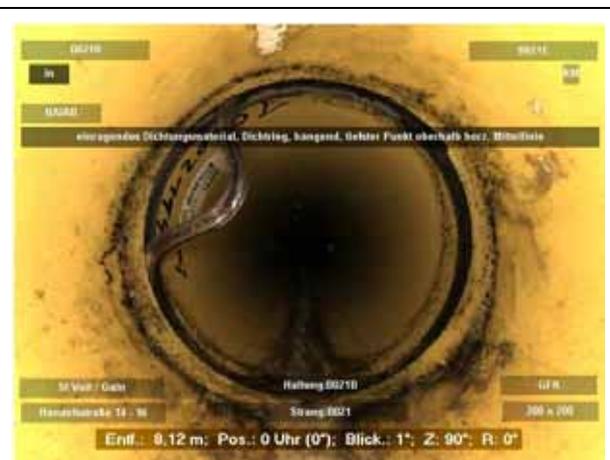


Abbildung 64 - BAI-A-B einragendes Dichtungsmaterial, Dichtring, hängend, nicht gebrochen oberh. Mitte; Kreisprofil DN 200 - Glasfaserverstärkter Kunststoff; Scan System 2

Ergebnisse

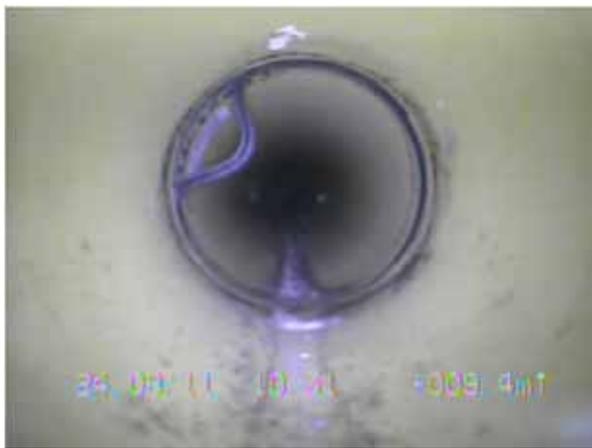


Abbildung 65 - BAI-A-B einragendes Dichtungsmaterial, Dichtring, hängend, nicht gebrochen oberh. Mitte; Kreisprofil DN 200 - Glasfaserverstärkter Kunststoff; Schiebekamera



Abbildung 66 - BAI-A-B einragendes Dichtungsmaterial, Dichtring, hängend, nicht gebrochen oberh. Mitte; Kreisprofil DN 200 - Glasfaserverstärkter Kunststoff; elektr. Spiegel 2



Abbildung 67 - BAI-A-B einragendes Dichtungsmaterial, Dichtring, hängend, nicht gebrochen oberh. Mitte; Kreisprofil DN 200 - Glasfaserverstärkter Kunststoff; elektr. Spiegel 1

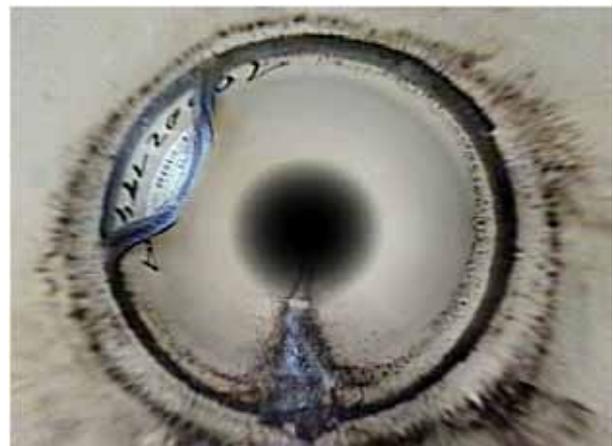


Abbildung 68 - BAI-A-B einragendes Dichtungsmaterial, Dichtring, hängend, nicht gebrochen oberh. Mitte; Kreisprofil DN 200 - Glasfaserverstärkter Kunststoff; Scan System 1

Ergebnisse

Als weiterer Vergleich dient ein einragender Anschluss.



Abbildung 69 - BAG einragender Anschluss; L=17%; Kreisprofil DN 260 - Glasfaserverstärkter Kunststoff; TV-Kamera 1



Abbildung 70 - BAG einragender Anschluss; L=17%; Kreisprofil DN 260 - Glasfaserverstärkter Kunststoff; Scan System 2



Abbildung 71 - BAG einragender Anschluss; L=17%; Kreisprofil DN 260 - Glasfaserverstärkter Kunststoff; Schiebekamera



Abbildung 72 - BAG einragender Anschluss; L=17%; Kreisprofil DN 260 - Glasfaserverstärkter Kunststoff; elektr. Spiegel 2

Ergebnisse



Abbildung 73 - BAG einragender Anschluss; L=17%; Kreisprofil DN 260 - Glasfaserverstärkter Kunststoff; elektr. Spiegel 1



Abbildung 74 - BAG einragender Anschluss; L=17%; Kreisprofil DN 260 - Glasfaserverstärkter Kunststoff; Scan System 1

Abbildung 75 vergleicht nochmals Zustände im Detail, wobei hier auch eine HD-Kamera verglichen wird („TV-Kamera 2“). Auffälligkeiten sind in den Inspektionsbildern markiert.

	TV-Kamera 1	TV-Kamera 2	Scan-System 1	Scan-System 2
GGG DN 200				
GFK DN 280				
Beton DN 300				

Abbildung 75 - Vergleich von Zuständen im Detail mit herkömmlicher TV-Befahrung, HD-Kamera(TV-Kamera 2) und Scan-Systemen

6.1.4 Deformationsmessung

Zu Testzwecken wurden in den Haltungen des EPC Deformationsmessungen mittels Laser Profiler® durchgeführt. Die Messungen erfolgen durch ein Stecksystem welches auf einem Kamerafahrwagen angebracht wird, welches sodann einen „Laserring“ entlang der Rohrwandung projiziert (siehe Abbildung 76 und Abbildung 77). Entsprechend der Verformung des Rohres ist der Laserring ebenso verformt. Daraus leitet sich ein Prozentwert für die Deformation ab.

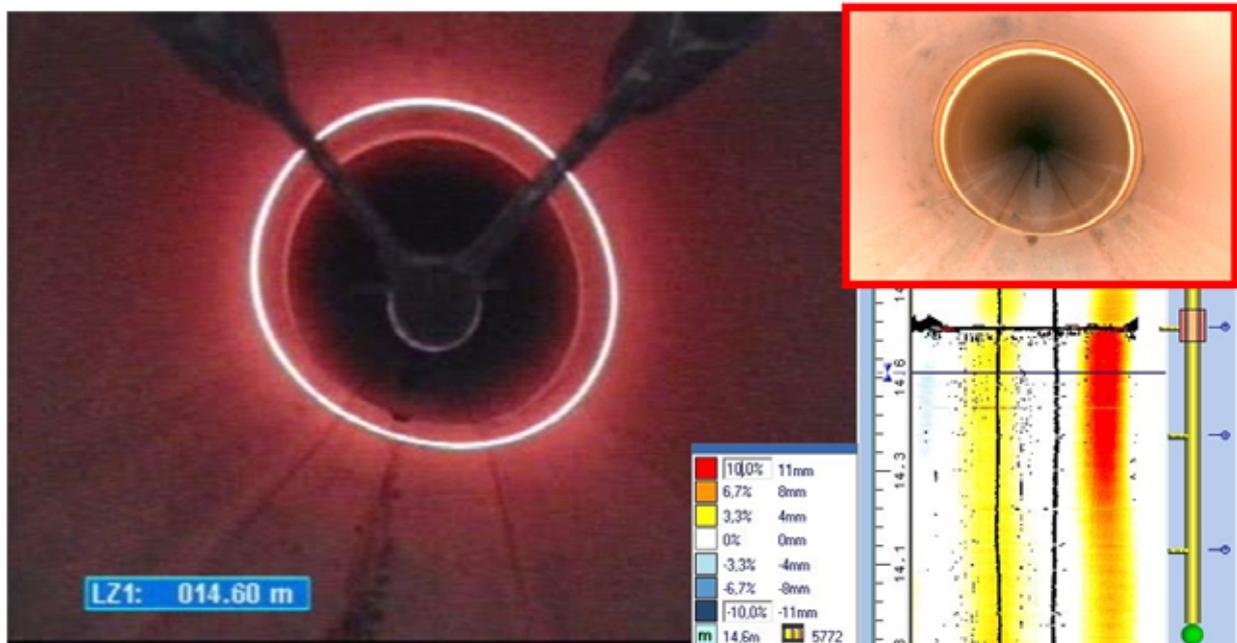


Abbildung 76 - Laser Profiler - Beispiel einer Aufnahme mit 10%iger Deformation (PVC DN 230)

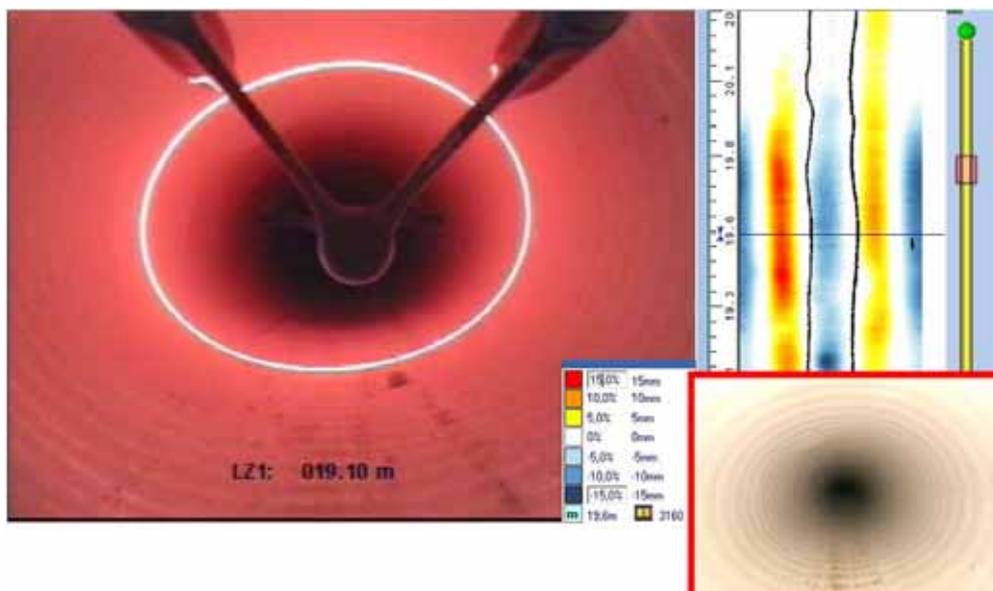


Abbildung 77 - Laser Profiler - Beispiel einer Aufnahme mit 15%iger Deformation (PE DN 200)

Ergebnisse

Es wurden insgesamt 71 Deformationen in den Testhaltungen des EPC mit dem Laser Profiler vermessen. Da die Erkennungsrate von Deformationen mit dem Laser Profiler bei 100% liegt, dienen diese Messungen als Referenz für die optische Inspektion. Nachfolgend eine Auswertung wie hoch die Erkennungsraten der Deformationen mit optischen Inspektionsmitteln im Vergleich zum Laser Profiler sind.

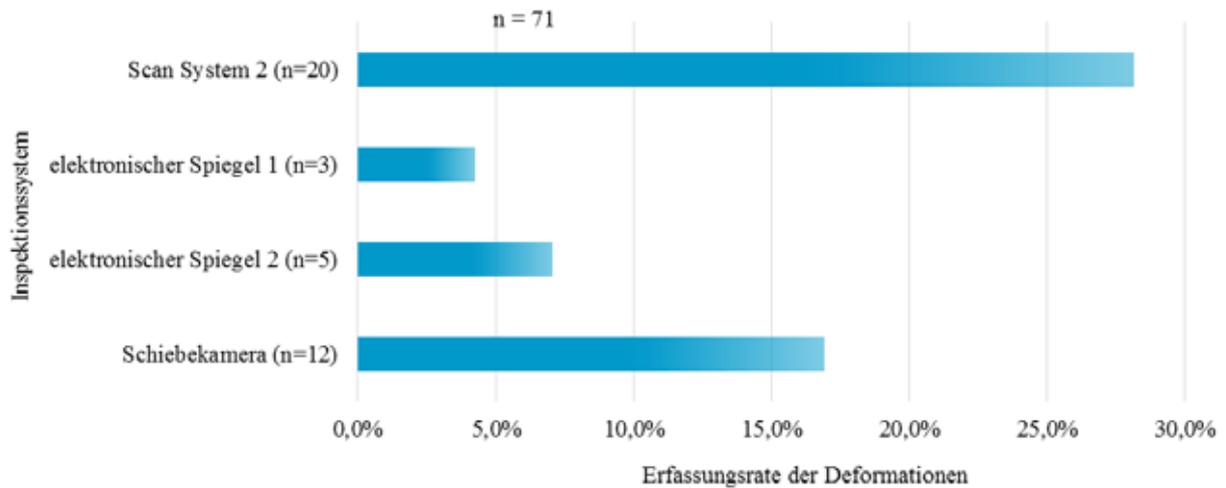


Abbildung 78 - Optische Inspektion: Erfassungsraten von Deformationen (EPC Voruntersuchungen)

6.2 Eignung eines elektronischen Spiegels für den täglichen Einsatz bei der Haltungsinspektion

Mittels elektronischen Spiegels ist es möglich, sich im Kanalisationsnetz einen guten betrieblichen Überblick zu verschaffen. Die folgenden Hauptaspekte können hier unterschieden werden: Überprüfung der baulichen Funktionsfähigkeit (zusätzlicher Inspektionsbedarf, Sanierungsbedarf), Überprüfung der betrieblichen Funktionsfähigkeit (Reinigungsbedarf), intakte Funktionsfähigkeit und somit kein unmittelbarer Handlungsbedarf.

„Weiters wurde im Rahmen der Untersuchungen festgestellt, dass die Ausleuchtung der Haltung und somit die Inspektion in den ersten 15 - 20 m problemlos durchgeführt werden konnte. Die Sichtweite variierte bei den beiden verwendeten Spiegelmodellen je nach Kamerabeleuchtung und Rohrdimension.“

Laut Referenzdaten aus der herkömmlichen TV-Inspektion befinden sich jeweils in den ersten 15 m einer Haltung (gemessen vom Schacht) 84 % aller Zustände. Wenn man davon ausgeht, dass eine Haltung üblicherweise 50 m lang ist und von beiden Seiten mittels elektronischem Spiegel inspiziert wird, so lässt sich dadurch ein Großteil der vorhandenen Schäden erfassen (siehe Abbildung 79).“ (Plihal und Ertl, 2013b)

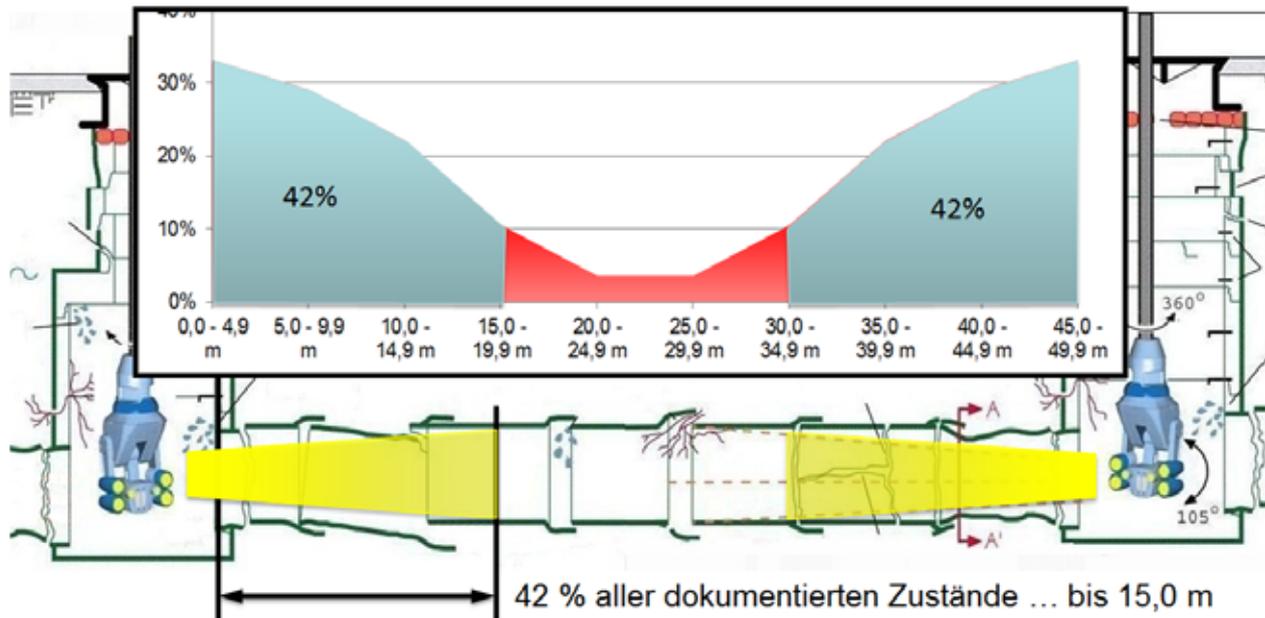


Abbildung 79 - Haltungsinspektion mit dem elektronischem Spiegel (adaptiert nach Aquadata, 2012)

6.2.1 Überprüfung der baulichen Funktionsfähigkeit einer Haltung mittels elektronischem Spiegel (Plihal et al., 2014b)

Die Qualität der baulichen Zustandserfassung mithilfe eines elektronischen Spiegels ist abhängig von folgenden Faktoren:

- Größe des Zustandes
- Entfernung des Zustandes vom Schacht
- Lage des Zustandes (Rohrsohle, Rohrscheitel bzw. Rohrwandung)
- Rohrdurchmesser
- Rohrmaterial

Abbildung 80 vergleicht die Ergebnisse aus der baulichen Zustandserkennung für die beiden im Projekt verwendeten Spiegelmodelle für Zustände in den ersten 15 m der Haltung beginnend vom Schacht.

Hier zeigt sich, dass mit Spiegel 1 (Modell iPEK QuickView Haloptic mit punktuellen Licht) die Zustände BAG (einragender Anschluss), BAF (Oberflächenschaden), BAJ (verschobene Verbindung) und BAK (schadhafte Innenauskleidung) zu mindestens 80 % erkannt wurden. Beim Zustand BAK betrug die Erkennungsrate 100 %. Von den Zuständen BAA (Verformung) und BAN (poröses Rohr) wurden mindestens 50 % erkannt. Die Erkennungsrate der Zustände BAC (Rohrbruch), BAH (schadhafter Anschluss), BAB (Rissbildung) und BAO (Boden sichtbar) betrug weniger als 40 %.

Mit Spiegel 2 (Modell MesSen Nord STV3 mit Streulicht) wurden die Zustände BAG (einragender Anschluss), BAF (Oberflächenschaden), BAJ (verschobene Verbindung), BAK (schadhafte Innenauskleidung), BAC (Rohrbruch) und BAA (Verformung) zu mindestens 75 %

Ergebnisse

erkannt. Eine Zustandserkennungsrate von über 50 % wurde bei den Schäden BAH (schadhafter Anschluss) und BAB (Rissbildung) erreicht. Von den Zuständen BAO (Boden sichtbar) und BAN (poröses Rohr) wurden weniger als 50 % erkannt.

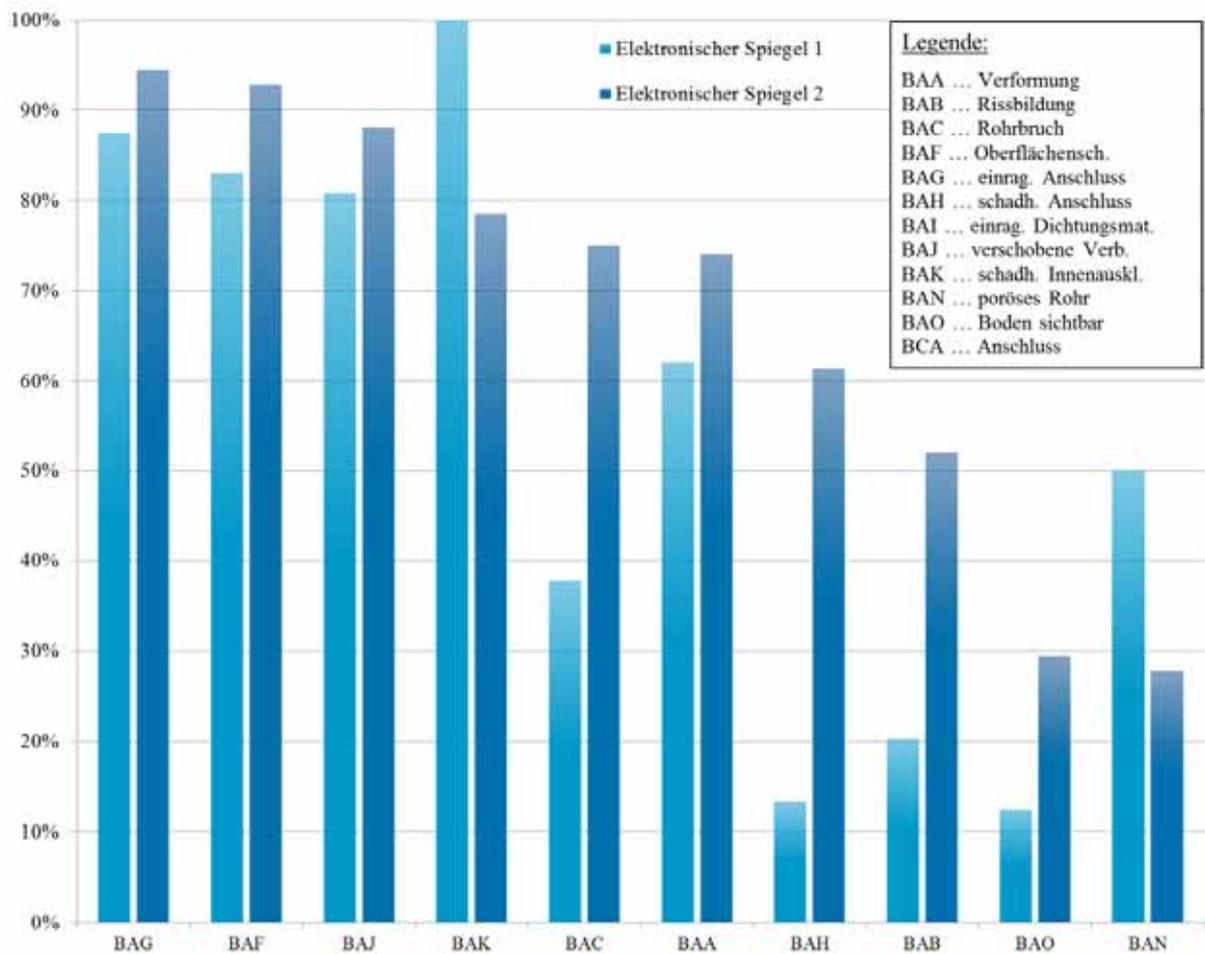


Abbildung 80 - Bauliche Zustandserkennung in den ersten 15 m beginnend vom Schacht

Abbildung 81 zeigt Beispiele für die bauliche Zustandserfassung mithilfe eines elektronischen Spiegels. Am linken Bild ist ein Längsriss mit tropfender Infiltration zu erkennen, während das rechte Bild einen einragenden Hausanschluss mit fehlenden Wandteilen veranschaulicht.

Ergebnisse



Abbildung 81 - Beispiele zur baulichen Zustandserfassung (Plihal et al., 2014b)

In Abbildung 82 werden die Zustandserkennungsraten der beiden Spiegelmodelle in verschiedenen Haltungsdimensionen (von DN 200 bis Ei 1200/1800) verglichen. Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass die Gesamterkennungsrate wesentlich von der Beleuchtung des Spiegelmodells abhängig ist. Während bei Spiegel 1 eine punktuelle Beleuchtung installiert ist, verwendet Spiegel 2 ein Streulicht mit einem 4° Öffnungswinkel. Mit Spiegel 2 wurden vor allem in größeren Rohrdimensionen (DN 500, DN 600, Ei 700/1050 bzw. Ei 1200/1800) wesentlich bessere Erkennungsraten erzielt als mit Spiegel 1.

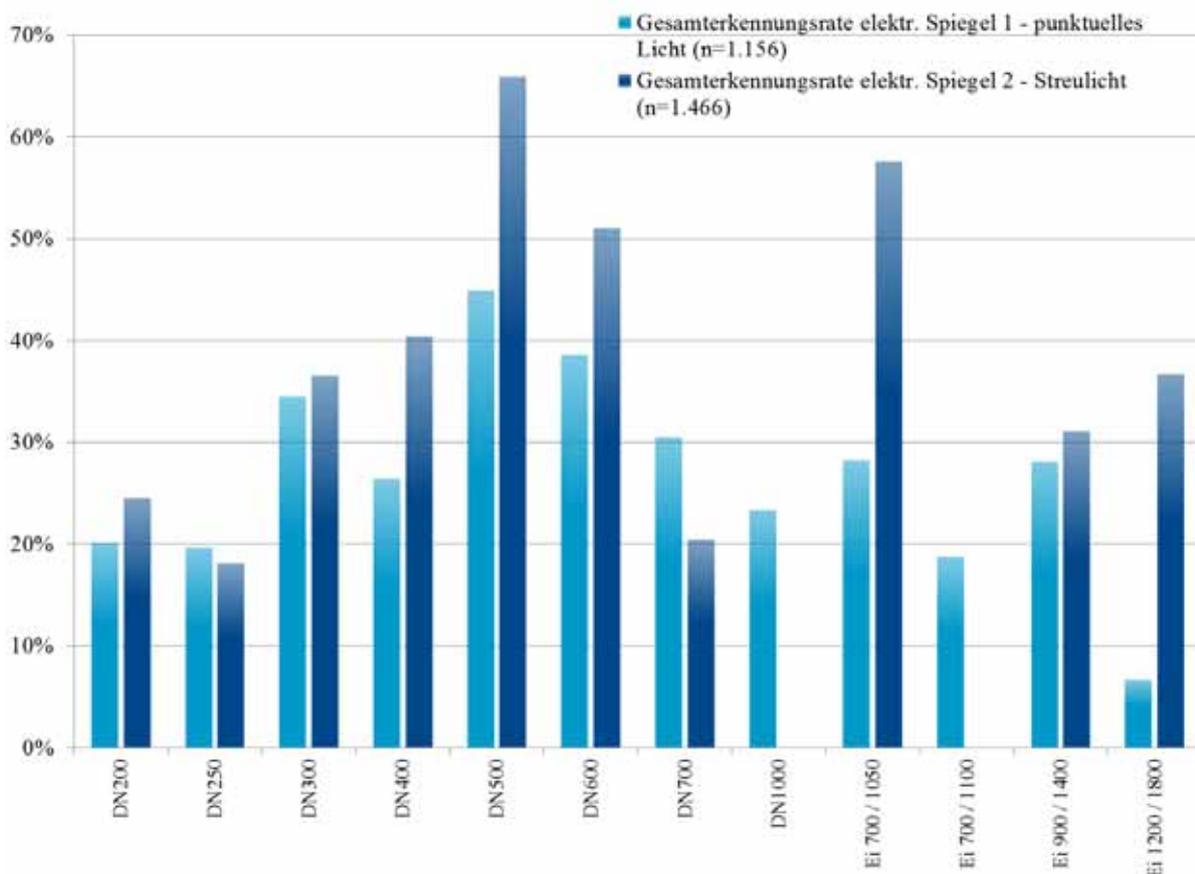


Abbildung 82 - Zustandserkennungsraten in verschiedenen Haltungsdimensionen

Ergebnisse

Abbildung 83 zeigt Aufnahmen aus der Haltungsinspektion eines Eiprofils, die mithilfe der zwei unterschiedlichen Modelle des elektronischen Spiegels gemacht wurden. Das punktuelle Licht von Spiegel 1 verursacht meist einen sogenannten „Tunneleffekt“, wodurch eine Inspektion nur im Bereich des punktuellen Lichts gut möglich ist. Im Gegensatz dazu ist dies bei Spiegel 2 nicht der Fall. Der Vergleich zeigt, dass der Hausanschluss auf der rechten Seite der Rohrwandung mit Spiegel 1 (punktuelles Licht) gerade noch erkannt wird. Im Vergleich dazu lässt sich der Hausanschluss mit Spiegel 2 (Streulicht) problemlos erkennen.



Abbildung 83 - unterschiedliche Ausleuchtung einer Haltung (Plihal, 2013b)

6.2.1.1 Bedarf einer zusätzlichen TV-Inspektion

Mit Hilfe eines elektronischen Spiegels können bauliche Zustandsveränderungen erfasst werden, die eine zusätzliche TV-Inspektion mittels fahrbarer Kamera erfordern (siehe Abbildung 84). Diese Veränderungen werden beispielsweise durch Setzungserscheinungen im Bereich der Kanaltrasse, Baustellen von fremden Leitungsträgern, nachträglich erstellte Hausanschlüsse etc. verursacht. Auch saisonal bedingt in die Kanalisation eindringendes Fremdwasser kann mithilfe eines elektronischen Spiegels identifiziert werden und hat zusätzlichen Inspektionsbedarf zur Folge. Generell hängt die Qualität der baulichen Zustandserfassung mittels elektronischen Spiegels von folgenden Faktoren ab:

- Größe des Zustandes
- Entfernung des Zustandes vom Schacht
- Lage des Zustandes (Rohrsohle, Rohrscheitel bzw. Rohrwandung)
- Rohrdurchmesser
- Rohrmaterial

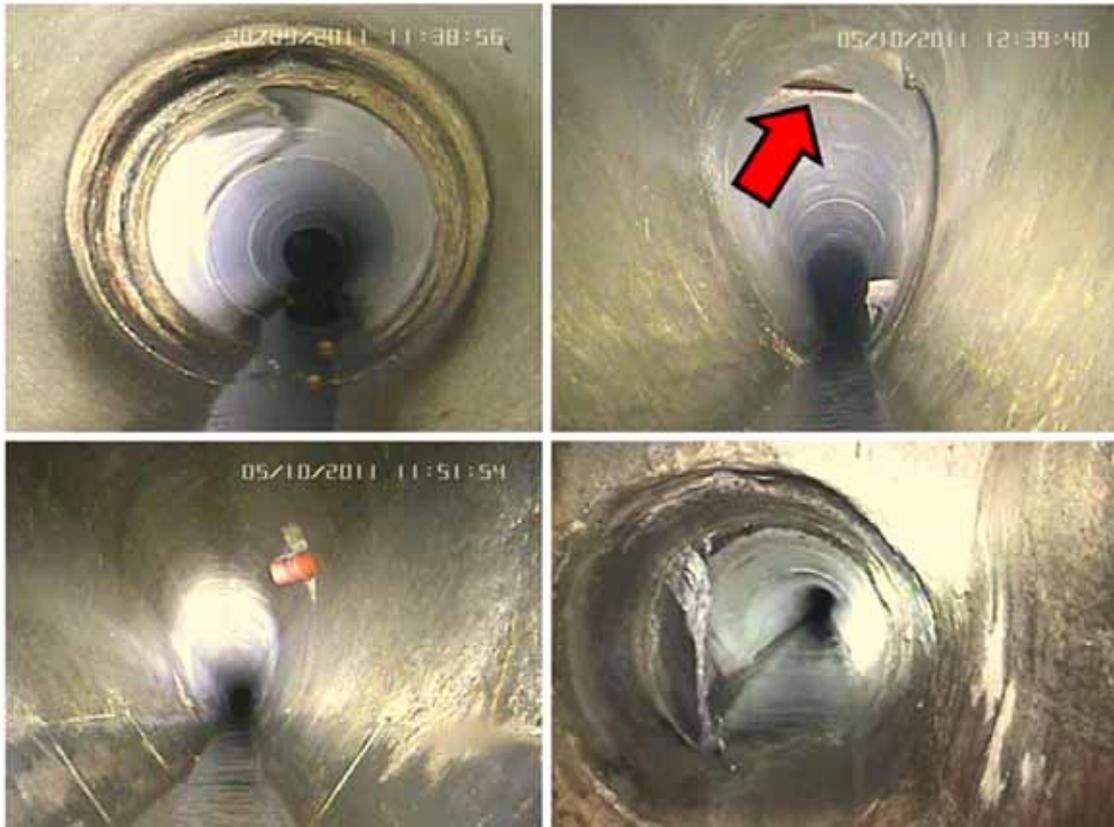


Abbildung 84 - Haltungen mit zusätzlichem Inspektionsbedarf

6.2.1.2 Sanierungsbedarf

Im Rahmen der Untersuchungen wurden auch Haltungen vorgefunden, deren bauliche Struktur soweit zerstört ist, dass eine zusätzliche TV-Inspektion mit fahrbarer Kamera nicht erforderlich ist. Abbildung 85 zeigt Beispiele von Haltungen, die einer sofortigen Sanierung bzw. Erneuerung bedürfen.



Abbildung 85 - Haltungen mit sofortigem Sanierungsbedarf

Ergebnisse

6.2.2 Überprüfung der betrieblichen Funktionsfähigkeit einer Haltung mittels elektronischem Spiegel (Plihal und Ertl, 2013)

Ziel der betrieblichen Zustandserfassung ist die Gewährleistung eines ordnungsgemäßen Kanalisationsbetriebs sowie die Sicherstellung, dass das anfallende Abwasser zur Kläranlage weitergeleitet wird.

Ablagerungen, anhaftende Stoffe, Wurzeln etc. vermindern den zur Verfügung stehenden Querschnitt und führen in weiterer Folge zu Verstopfungen, die mittels Hochdruckreinigung entfernt werden müssen, um die Entsorgungssicherheit wieder herzustellen.

Abbildung 86 vergleicht die Ergebnisse aus der betrieblichen Zustandserkennung für die beiden im Projekt verwendeten Spiegelmodelle anhand der Beispiele BBA (Wurzeln), BBB (anhaftende Stoffe), BBC (Ablagerungen) und BBF (Infiltration). Bei Spiegel 1 (mit punktuelltem Licht) bewegte sich die Zustandserkennungsrate in einem Bereich von ca. 50 % bis 85 %, während die Erkennungsrate von Spiegel 2 (mit Streulicht) zwischen 50 % und 100 % schwankt.

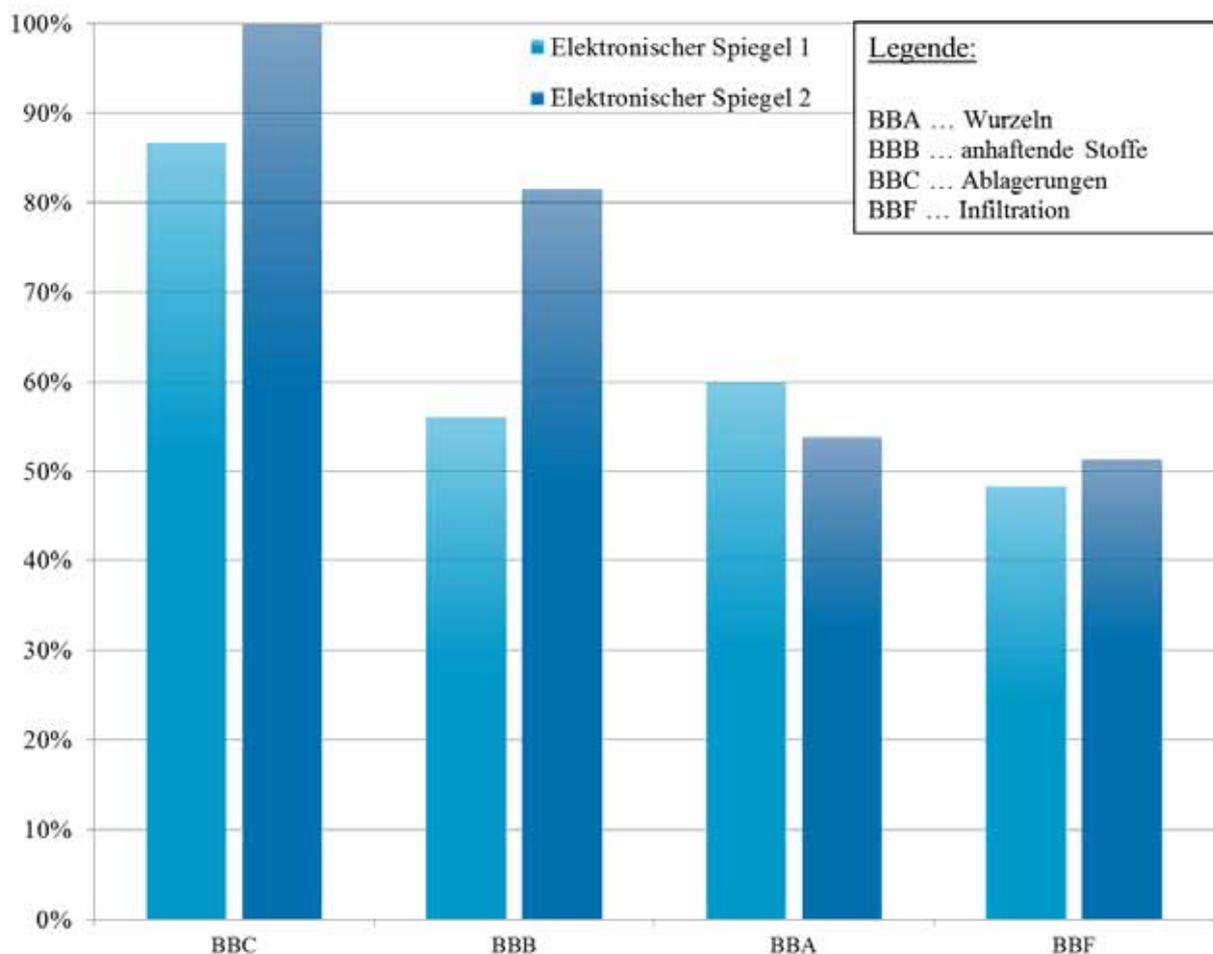


Abbildung 86 - Betriebliche Zustandserkennung in den ersten 15 m beginnend vom Schacht

Abbildung 87 zeigt Beispiele für die betriebliche Zustandserfassung mithilfe eines elektronischen Spiegels. Am linken Bild ist eine Verstopfung zu sehen, während das rechte Bild

Ergebnisse

Fettablagerungen am Rohrscheitel zeigt. Hier erweist sich der Einsatz eines elektronischen Spiegels bei der betrieblichen Zustandserfassung als besonders vorteilhaft, da keine vorherige Reinigung der Haltungen erforderlich ist. Im Gegensatz dazu muss die Kanalisation vor einer herkömmlichen TV-Inspektion mittels Roboter gereinigt werden, wodurch die am rechten Bild ersichtlichen Fettablagerungen nicht mehr erfasst werden können, was einen Informationsverlust darstellt.



Abbildung 87 - Beispiele zur betrieblichen Zustandserfassung

In Abbildung 88 ist eine beginnende Verwurzelung zu erkennen. Obwohl dieser Zustand noch keine betriebliche Einschränkung darstellt, handelt es sich um eine wichtige Information für das Kanalisationsunternehmen. Der erfasste Zustand kann in Folge mit geringem Aufwand beobachtet und rechtzeitig behoben werden, bevor ein betriebliches Problem (z.B. eine Verstopfung) entsteht.



Abbildung 88 - beginnende Verwurzelung

6.2.3 Überprüfung der umweltrelevanten Funktionsfähigkeit einer Haltung mittels elektronischem Spiegel (Plihal und Ertl, 2013)

In diese Kategorie fallen alle Zustände, die eine Undichtigkeit des Kanalsystems zur Folge haben, wie z.B. Rohrbruch, einragender Dichtring, poröses Rohr, Wurzeleinwuchs. All diese Schadenszustände führen entweder zu einer Infiltration in das Kanalsystem, was im Extremfall eine Überlastung der Kläranlage verursachen kann, oder zu einer Exfiltration aus dem Kanalsystem, wodurch das Grundwasser verunreinigt wird. Bei der Kanalinspektion werden die Infiltrationsarten schwitzend, tropfend, fließend und spritzend unterschieden. Dabei treten diese Infiltrationen oft in Kombination mit Inkrustation auf.

Ergebnisse

In Abbildung 89 sind Aufnahmen eines elektronischen Spiegels zu sehen, die verschiedene Infiltrationsarten veranschaulichen. Während die oberen beiden Abbildungen jeweils eine spritzende Infiltration zeigen, ist auf den unteren beiden Bildern eine schwitzende (links) bzw. eine tropfende (rechts) Infiltration inklusive Inkrustationen zu sehen.



Abbildung 89 - Infiltrationsarten

Im Rahmen der Voruntersuchungen zum INNOKANIS-Projekt wurde ein Kanalisationsteilgebiet von ca. 1,2 km Länge mit erhöhtem Fremdwasseranteil auf Infiltrationen überprüft. Bei den mithilfe eines elektronischen Spiegels untersuchten Haltungen handelte es sich um Betonkanäle mit einem Durchmesser von DN 250 bis DN 300.

Abbildung 90 zeigt die Auswertung dieser Untersuchung. In 16 von insgesamt 30 Haltungen wurden schwitzende (BBF-A) bzw. tropfende (BBF-B) Infiltrationen festgestellt. In 6 Haltungen wurden fließende (BBF-C) bzw. spritzende (BBF-D) Infiltrationen festgestellt. In 8 Haltungen des Untersuchungsgebiets wurden keine Infiltrationen festgestellt. Anhand dieser Untersuchungsergebnisse konnten jene Haltungen schnell und einfach bestimmt werden, die maßgeblich zum Fremdwasseraufkommen beitragen. Nachdem schwitzende und tropfende Infiltrationen keine nennenswerte Auswirkung auf den Fremdwasseranteil im Kanal haben, waren die ermittelten 6 Haltungen, in denen fließende und spritzende Infiltrationen nachgewiesen wurden, maßgeblich für das erhöhte Fremdwasseraufkommen verantwortlich.

Ergebnisse

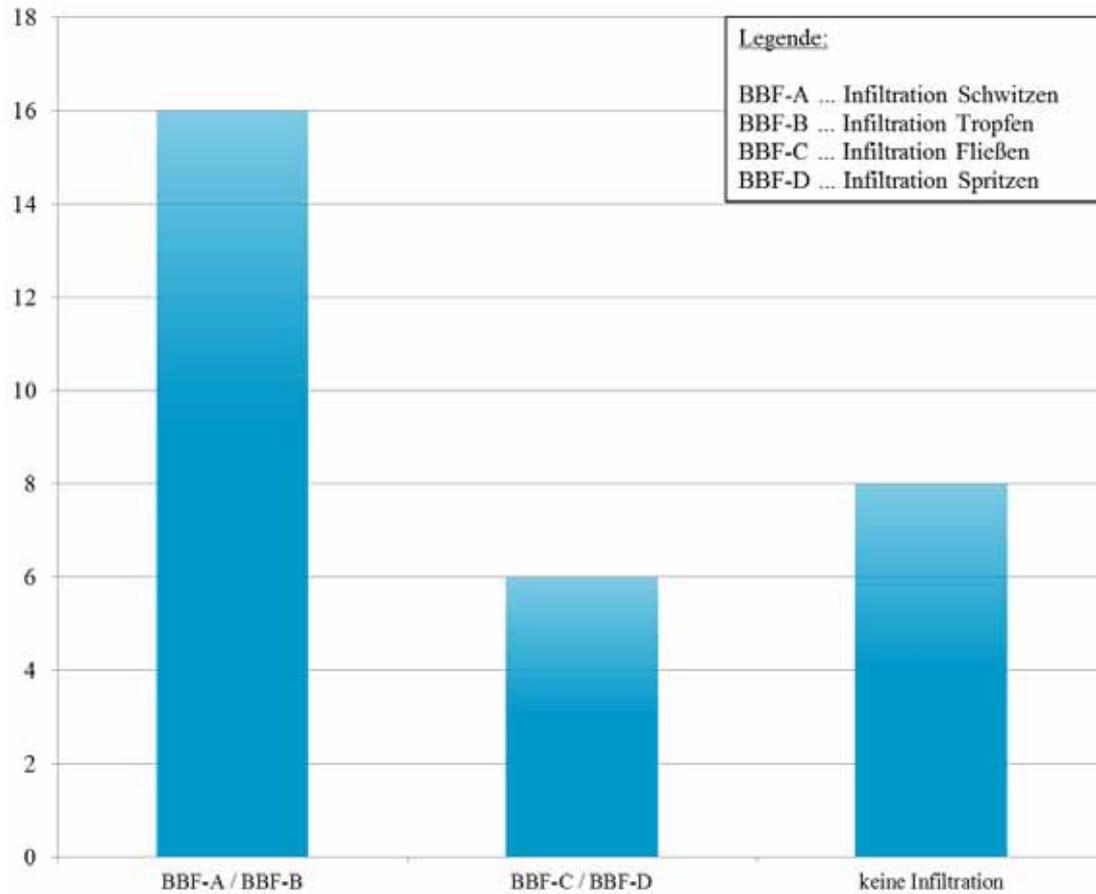


Abbildung 90 - Auswertung zur Infiltration (n = 30)

Weitere umweltrelevante Aspekte neben Infiltration bzw. Exfiltration sind z.B. die Zustände einragender Dichtringe sowie defekter und unsachgemäß ausgeführter Hausanschlüsse mit Beschädigung der Rohrwandung, die mithilfe des elektronischen Spiegels gut erfasst werden können (siehe Abbildung 91).



Abbildung 91 - einragender Dichtring (links) / einragender Hausanschluss mit defekter Rohrwandung (rechts)

6.2.4 Sonstige Einsatzmöglichkeiten

Neben der baulichen, betrieblichen und umweltrelevanten Zustandserfassung bietet der elektronische Spiegel weitere wertvolle Einsatzmöglichkeiten:

- Lokalisierung von Rattennestern (siehe Abbildung 92 - links)
- Erfassung von Beschädigungen des Kanalsystems aufgrund von fremden Leitungsträgern (siehe Abbildung 92 - rechts)
- Kontrolle bei Sanierungsarbeiten
- Erfassung von unerwünschten Verschmutzungen des Kanalsystems durch fremde Baustellen
- Klärung des unsicheren Verlaufs von Kanalleitungen
- Schachtsinspektion



Abbildung 92 - Weitere Einsatzmöglichkeiten des elektronischen Spiegels

6.2.5 Ursachen der Nichterkennung von Zuständen in Haltungen im Rahmen des betrieblichen Überblicks mittels elektronischem Spiegel (Plihal und Ertl, 2013b und Plihal et al., 2014b)

Obwohl der Einsatz eines elektronischen Spiegels einen raschen und kostengünstigen betrieblichen Überblick ermöglicht und weitere Vorteile im Vergleich zur herkömmlichen TV-Inspektion mittels fahrbarer Kamera aufweist, gibt es für dieses Instrument jedoch auch bauliche, betriebliche und technische Grenzen, welche die Haltungsinspektion beeinträchtigen können und nachfolgend beschrieben werden.

6.2.5.1 Bauliche Hindernisse

Abbildung 93 zeigt zwei Beispiele von Haltungen, deren Abwinkelungen so groß sind, dass eine Inspektion bis zum Endschacht mittels elektronischen Spiegels nicht möglich ist. In einem solchen Fall müssen die Haltungen für eine vollständige Zustandserfassung von beiden Seiten (d. h. vom Anfangs- und vom Endschacht) inspiziert werden. Trotzdem ist es möglich, dass die zu untersuchende Haltung mit dem elektronischen Spiegel nicht vollständig erfasst werden kann und sich ein gewisser „blinder Haltungsbereich“ ergibt.

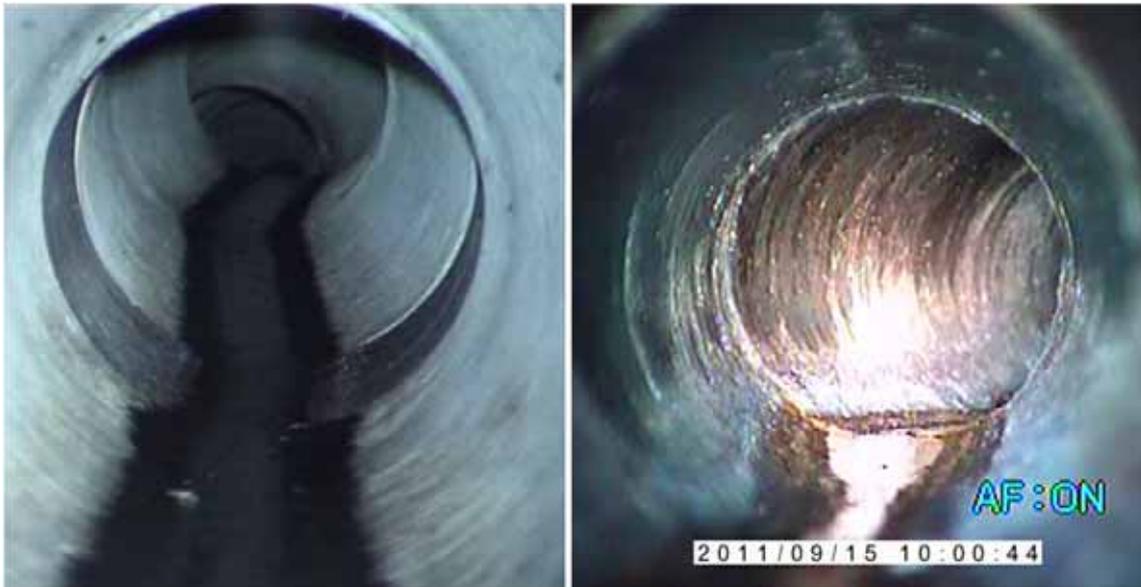


Abbildung 93 - Sicht bis zum Endschacht durch zu große Abwinkelung nicht möglich

Eine weitere bauliche Einschränkung der Inspektion mittels elektronischen Spiegels liegt vor, wenn das Gerinne im Schacht, in dem der Spiegel positioniert wird, nicht der Achsrichtung der Haltung entspricht. Abbildung 94 zeigt 3 Beispiele, in denen der elektronische Spiegel nicht wie gewünscht im Schacht positioniert werden konnte. In manchen Fällen musste der Spiegel vom Haltungsanfang Richtung Schachtmitte versetzt werden, um zumindest eine teilweise Inspektion durchführen zu können. Das Ergebnis einer solchen nicht vollständig untersuchten Haltung ist in Abbildung 95 zu sehen.



Abbildung 94 - Ausbildung der Sohle im Schacht

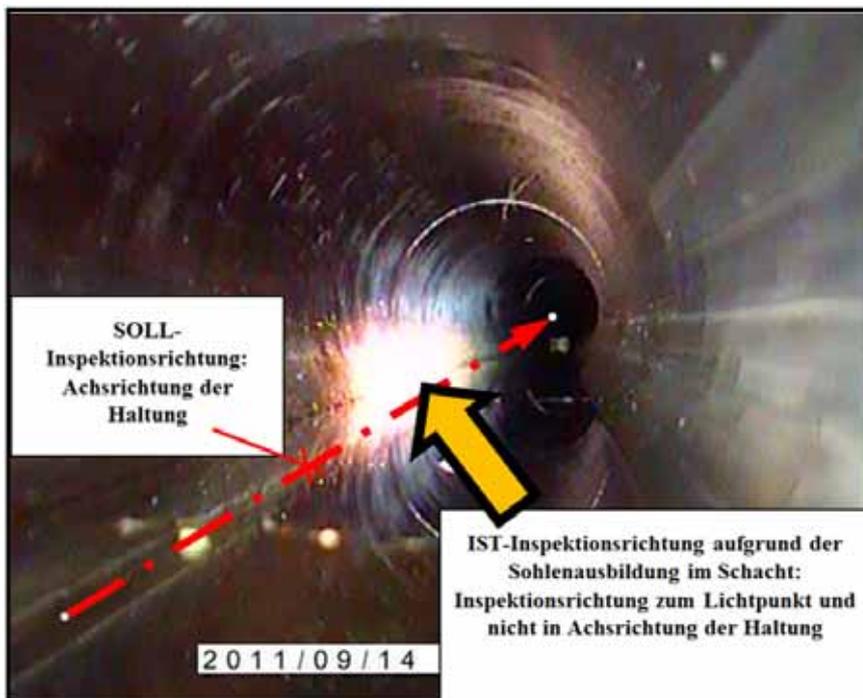


Abbildung 95 - Abweichung der Inspektionsrichtung aufgrund der Sohlensausbildung im Schacht

Ergebnisse

Auch Haltungen mit einem Durchmesser von DN 150 führen mit den untersuchten Modellen¹ zu unzureichenden Inspektionsergebnissen: Wie Abbildung 96 veranschaulicht, sitzt der Kamerakopf des elektronischen Spiegels bei dieser Rohrdimension am Gerinnerand auf, sodass eine Ausrichtung und Positionierung nicht möglich ist.



Abbildung 96 - zu geringer Sohlen-Rohrdurchmesser im Schacht

Ebenso nachträglich gesetzte Schächte, die z. B. aufgrund von zusätzlichen Hausanschlüssen errichtet, jedoch nicht vollständig ausgebaut wurden (siehe Abbildung 97), können die Inspektion mit dem elektronischen Spiegel erschweren bzw. unmöglich machen.



Abbildung 97 - nachträglich gesetzter Schacht für Hausanschluss

Abbildung 98 zeigt eine Auswertung der wesentlichen baulichen Hindernisse von 9 Kanalisationsunternehmen (KU) im Rahmen der Untersuchungen des INNOKANIS Projekts. Hier ist deutlich zu erkennen, dass die Anteile dieser beiden baulichen Einschränkungen je nach KU stark variieren. Während der Einsatz eines elektronischen Spiegels für KU 3 und KU 6

¹ Anmerkung: ein Kamerahersteller bietet inzwischen schon ein weiteres Spiegelmodell an speziell für Haltungen mit einem Durchmesser von DN 150

Ergebnisse

durchaus sinnvoll erscheint, ist die Sinnhaftigkeit bei KU 5 und KU 9 aufgrund des hohen Anteils an baulichen Hindernissen zu hinterfragen. Es empfiehlt sich daher, vor Anschaffung eines elektronischen Spiegels eventuell vorhandene bauliche Einschränkungen zu erheben bzw. den Einsatz dieses Instruments unter den jeweiligen örtlichen Gegebenheiten vorab zu testen.

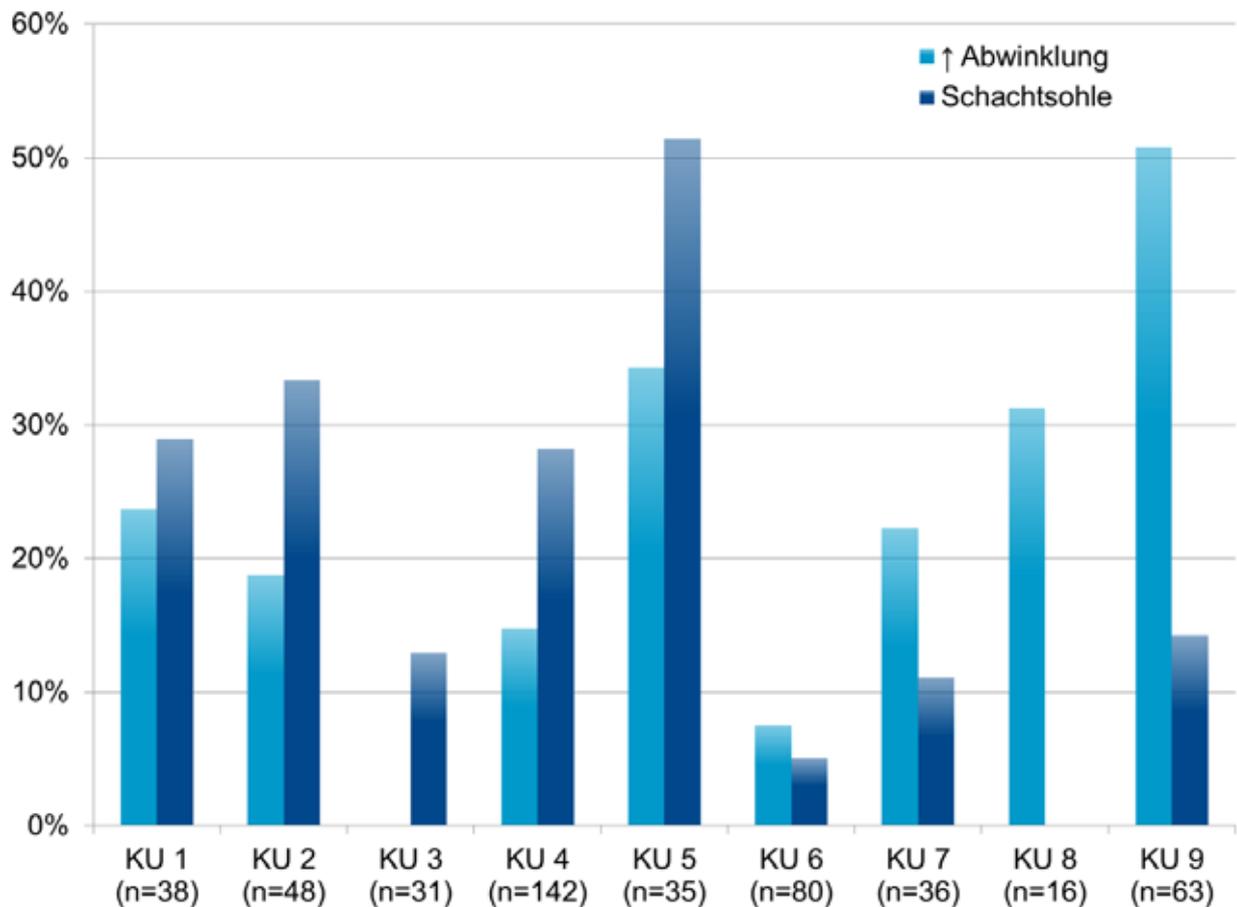


Abbildung 98 - Bauliche Hindernisse je nach Kanalisationsunternehmen (KU)

6.2.5.2 Betriebliche Hindernisse

Neben den baulichen Hindernissen, die eine Haltungsinspektion mittels elektronischen Spiegels einschränken können, gibt es auch betriebliche Hindernisse. Dazu zählen Spinnweben, Wasserdampf und ein zu hoher Wasserstand. Abbildung 99 und Abbildung 100 zeigen typische Beispiele hierfür. Während einzelne Spinnfäden im Normalfall kein Problem bei der Haltungsinspektion darstellen (ausgenommen bei elektronischen Spiegeln ohne manuellen Fokus), können Spinnwebenschleier die Durchsicht verhindern.



Abbildung 99 - Spinnweben als betriebliche Hindernisse bei der Zustandserfassung

Weiters kann die Durchsicht auch durch das Vorhandensein von Wasserdampf in der Haltung behindert werden, was vor allem in der kalten Jahreszeit vorkommt. Auch ein zu hoher Wasserstand kann zum einen die gewünschte Durchsicht der Haltung verhindern und ist zum anderen ein Hinweis, dass eventuell zu hohe Ablagerungen vorhanden sind oder eine Verstopfung vorliegt, was eine sofortige Gegenmaßnahme erfordert.



Abbildung 100 - Wasserdampf (linkes Bild) bzw. zu hoher Wasserstand (rechtes Bild) als betriebliche Hindernisse bei der Zustandserfassung

6.2.5.3 Kameratechnische Einschränkungen

Neben den baulichen und betrieblichen Einschränkungen bei der Haltungsinspektion sind auch kameratechnische Einschränkungen zu berücksichtigen. Die Beleuchtungsart der untersuchten elektronischen Spiegelmodelle ist z. B. völlig unterschiedlich. Wie in Abbildung 101 zu erkennen ist, verwendet das linke Spiegelmodell ein punktuell Licht. Dies hat den Vorteil, die komplette Haltung einsehen zu können - im Gegensatz zu dem Spiegelmodell welches rechts abgebildet ist, bei dem die Haltung mit einem Streulicht ausgeleuchtet wird. Der Endschaft ist mit dem punktuellen Licht zu erkennen, mit dem Streulicht hingegen nicht.



Abbildung 101 - punktuell Licht Spiegelmodell 1 (links) vs. Streulicht Spiegelmodell 2 (rechts)

Zumeist bedingt jedoch das punktuell Licht, dass sich ein sogenannter „Tunneleffekt“ einstellt, d. h. dass in jenem Bereich, wo sich der Lichtpunkt befindet, die Inspektion möglich ist, außerhalb jedoch nicht (siehe Abbildung 102). Mit dem Streulicht tritt dieser Effekt nicht auf. Es ist deutlich zu sehen, dass der Hausanschluss auf der rechten Seite mit dem punktuellen Licht gerade noch erkannt werden kann, während die Erkennung mittels Streulicht kein Problem darstellt.



Abbildung 102 - punktuell Licht (links) vs. Streulicht (rechts)

Ergebnisse

Auch die Auflösung der Kamera, d.h. die Pixelgenauigkeit der Bildwiedergabe, spielt beim elektronischen Spiegel eine wesentliche Rolle. Abbildung 103 zeigt einen einragenden Hausanschluss. Bei der Errichtung sind Teile des Kanalrohres ausgebrochen, die jedoch nur mit dem Spiegelmodell auf der rechten Seite zu erkennen sind. Bei dem auf der linken Seite der Abbildungen eingesetzten Spiegelmodell ist dieses Detail aufgrund der geringeren Bildauflösung nicht erkennbar.



Abbildung 103 - Vergleich unterschiedlicher Kameraauflösungen beim elektronischen Spiegel

Die Verwendung eines automatischen Fokus ermöglicht die Schärfeneinstellung des zu betrachtenden Bildes. Bei der Haltungsinspektion ist der automatische Fokus jedoch nur bedingt hilfreich. Gerade bei Haltungen mit Spinnweben (siehe Abbildung 99) bzw. bei anderen baulichen oder betrieblichen Hindernissen (siehe Abbildung 104), die die Axialsicht beeinträchtigen, empfiehlt sich ein elektronischer Spiegel mit manuellem Fokus.

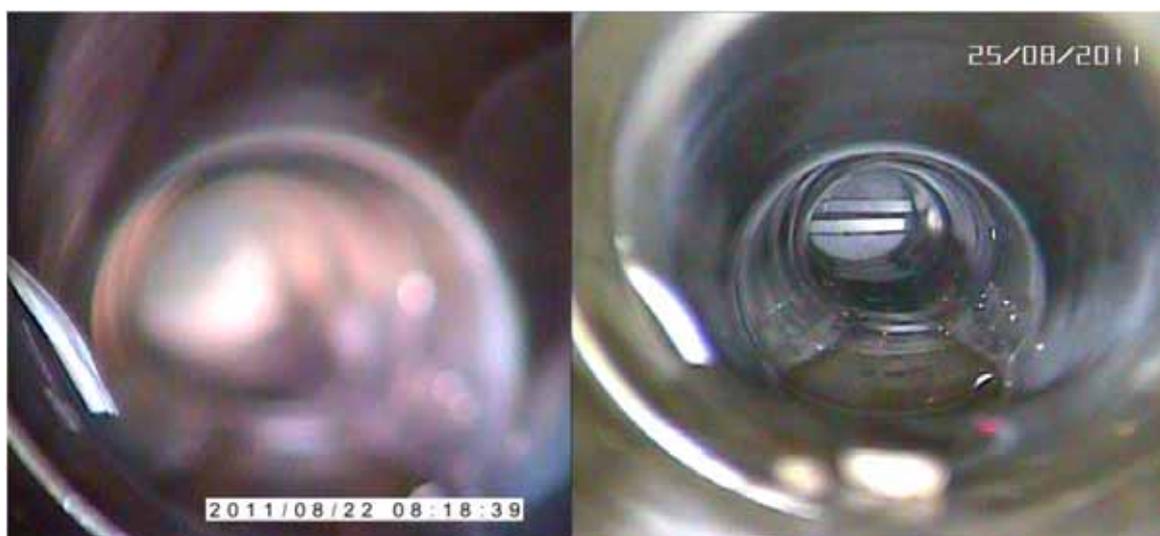


Abbildung 104 - automatischer vs. manueller Fokus

6.2.5.4 Allgemeine Ursachen

Zur Kategorie der allgemeinen Ursachen der Nichterkennung von Zuständen zählen einerseits Bedienungsfehler durch das Personal (z. B. falsche Kamerapositionierung im Schacht) und andererseits auch Zustände, die aufgrund ihrer zu geringen Größe nicht mit einem elektronischen Spiegel erfasst werden können.

6.3 Eignung einer Kombination von den Inspektionsgeräten elektronischer Spiegel und SewerBatt® für den täglichen Einsatz bei der Haltungsinspektion (Plihal et al., 2015)

Abbildung 105 und Abbildung 106 fassen die Erkennungsraten der Zustände der drei verwendeten Inspektionssysteme (zwei elektronische Spiegelmodelle und SewerBatt®) zusammen.

Abbildung 105 vergleicht die individuellen und kombinierten Erkennungsraten von dem elektronischen Spiegelmodell 1 und SewerBatt® für die folgenden Zustände nach EN 13508-2/A1 (2010):

- Deformation (BAA)
- Riss (BAB)
- Rohrbruch (BAC)
- einragendes Dichtungsmaterial (BAI)
- verschobene Verbindung (BAJ)
- Anschluss (BCA)

Die Erkennungsrate für den Zustand „Deformation“ mit dem elektronischen Spiegel beträgt 38 %, verglichen zu einer Erkennungsrate von 27 % mit SewerBatt®. Wenn beide miteinander kombiniert werden, ergibt sich eine kombinierte Erkennungsrate von 55 %. Für den Zustand „verschobene Verbindung“ ergibt sich mit dem elektronischen Spiegel eine Erkennungsrate von 61 %, und 43 % mit SewerBatt®. Die kombinierte Erkennungsrate liegt hierbei bei 79 %. Für den Zustand „Anschluss“ ergibt sich mit dem elektronischen Spiegel eine Erkennungsrate von 35 %, wohingegen mit SewerBatt® 60 % erfasst werden können. Bei Kombination der individuellen Erkennungsraten ergibt sich eine kombinierte Gesamterkennungsrate von 70 %. Die Stichprobengrößen von den Zuständen „Riss“, „Rohrbruch“ und „einragendes Dichtungsmaterial“ sind zu gering, als dass die Erkennungsraten aussagekräftig wären.

Ergebnisse

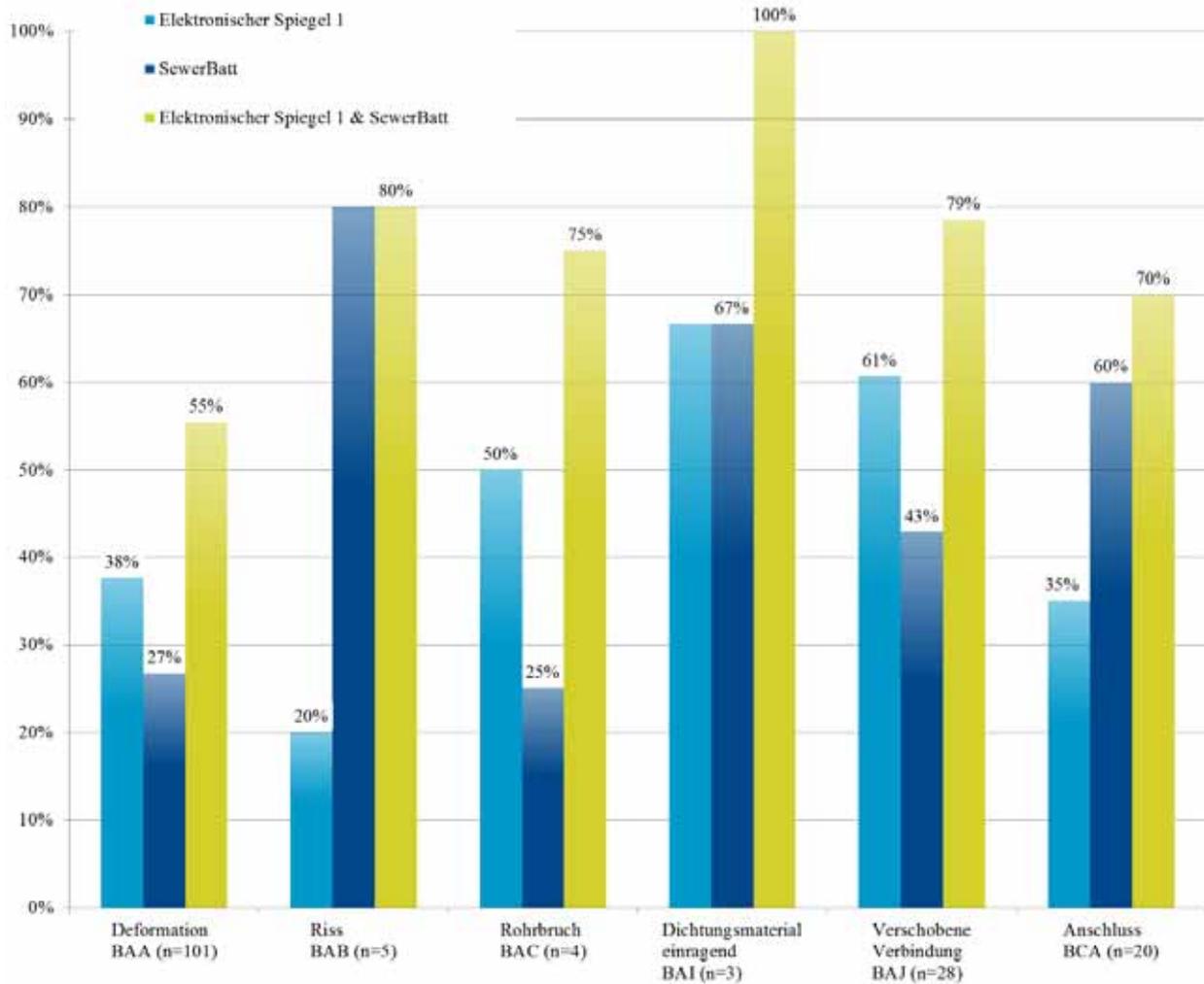


Abbildung 105 - Felduntersuchungen - Individuelle und kombinierte Erkennungsraten für elektronisches Spiegelmodell 1 und SewerBatt® (Plihal et al., 2015)

Abbildung 106 vergleicht die individuellen und kombinierten Erkennungsraten vom elektronischen Spiegelmodell 2 und SewerBatt® für die folgenden Zustände nach EN 135082-/A1 (2010):

- Deformation (BAA)
- Riss (BAB)
- Rohrbruch (BAC)
- einragendes Dichtungsmaterial (BAI)
- verschobene Verbindung (BAJ)
- schadhafte Innenauskleidung (BAK)
- Wurzeleinwuchs (BBA)
- Anschluss (BCA)

Für den Zustand “Deformation” ergibt sich mit dem elektronischen Spiegel eine Erkennungsrate von 44 %, jedoch nur 20 % mit SewerBatt®. Bei Kombination beider ergibt sich eine Erkennungsrate von 56 %. Bei dem Zustand “verschobene Verbindung” ergeben sich Erkennungsraten von 70 % für den elektronischen Spiegel und 57 % für SewerBatt®. Werden

Ergebnisse

die individuellen Erkennungsraten kombiniert resultiert dies in einer Gesamterkennungsrate von 85 %. Der Zustand „schadhafte Innenauskleidung“ kann zu 37 % mit dem elektronischen Spiegel und zu 13 % mit SewerBatt® erkannt werden. Die kombinierte Erkennungsrate beträgt 48 %. Bei dem Zustand „Anschluss“ kann mit dem elektronischen Spiegel nur eine Erkennungsrate von 29 % erreicht werden, 84 % jedoch mit SewerBatt®. In Kombination beträgt die Erkennungsrate 90 %. Die Stichprobengrößen von den Zuständen „Riss“, „Rohrbruch“, „einragendes Dichtungsmaterial“ und „Wurzeleinwuchs“ sind zu klein für aussagekräftige Erkennungsraten.

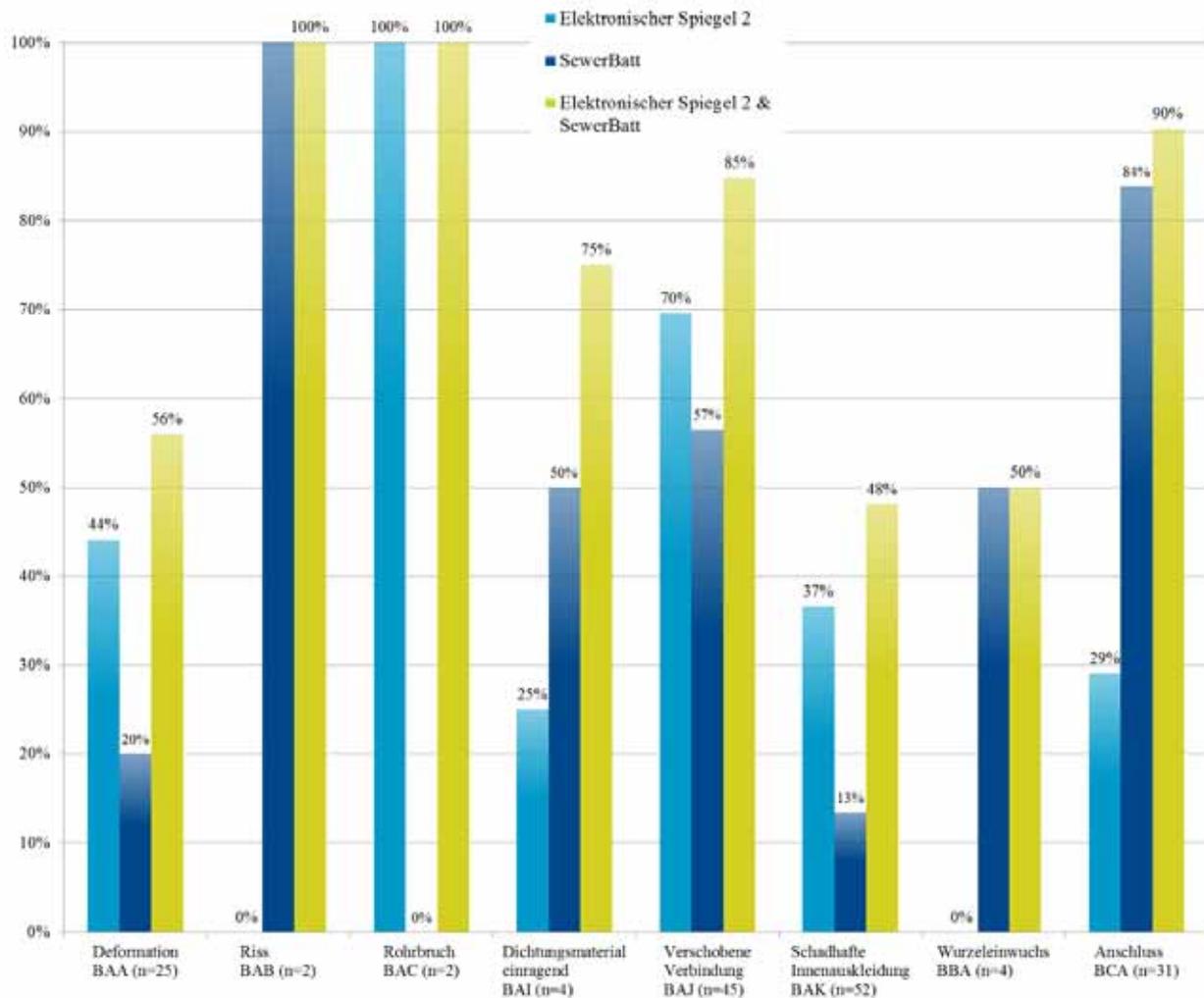


Abbildung 106 - Felduntersuchungen - Individuelle und kombinierte Erkennungsraten für elektronisches Spiegelmodell 2 und SewerBatt® (Plihal et al., 2015)

Abbildung 107 stellt die kombinierten Erkennungsraten für jedes der Spiegelmodelle und SewerBatt® dar. Die Erkennungsraten können signifikant erhöht werden, wenn beide Technologien kombiniert werden. Abhängig vom verwendeten elektronischen Spiegelmodell werden Erkennungsraten der Zustände „verschobene Verbindung“ und „Anschluss“ von 70 % - 90 % erreicht. Indes ist der Stichprobenumfang der Zustände „Riss“, „Rohrbruch“, „einragendes Dichtungsmaterial“ und „Wurzeleinwuchs“ zu klein für repräsentative Erkennungsraten.

Die mitgesendete Version ist ein PDF mit geringer Bildauflösung zur Übermittlung per email.

Eine bessere Version und die Word-Datei wird auf eine bokubox zur Verfügung gestellt (link folgt).

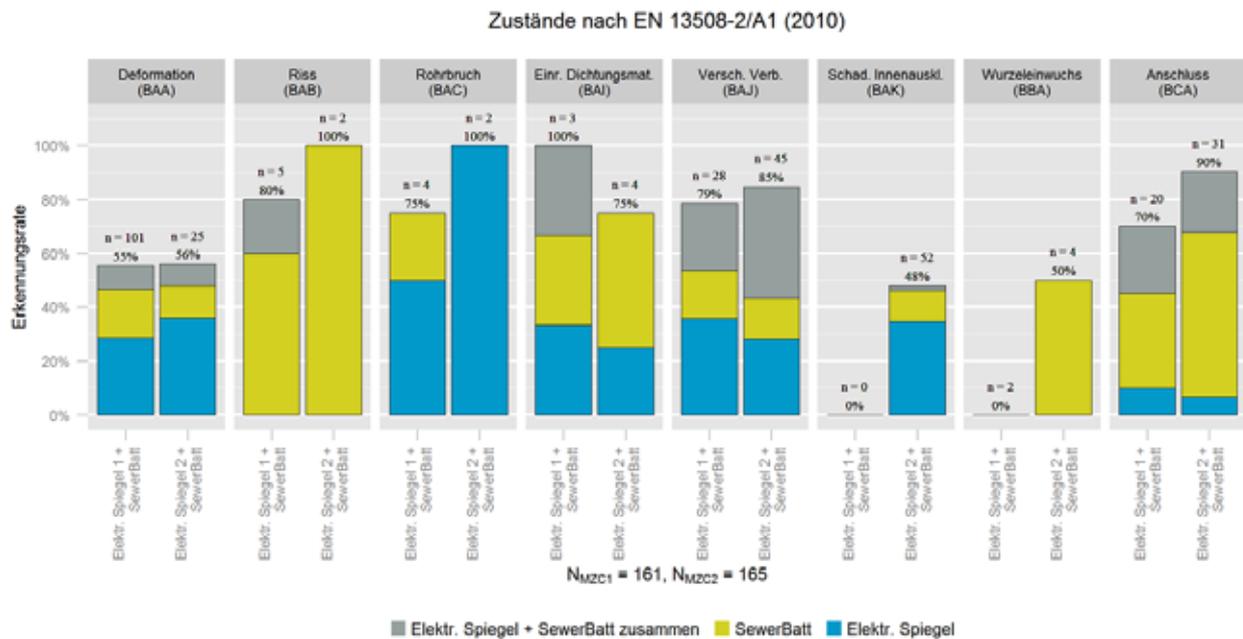


Abbildung 107 - Felduntersuchungen - Kombinierte Erkennungsraten für Spiegelmodell 1 + SewerBatt® und Spiegelmodell 2 + SewerBatt® (Plihal et al, 2015)

Es wurde während der Untersuchungen festgestellt, dass einige Zustände in Gruppen auftreten. Die folgenden multiplen Zustandsgruppen wurden untersucht:

- schadhafter Anschluss: Anschluss u/o Riss u/o Rohrbruch u/o Oberflächenschaden u/o einragender Anschluss u/o schadhafter Anschluss u/o Boden sichtbar u/o Wurzeleinwuchs (BCA u/o BAB u/o BAC u/o BAF u/o BAG u/o BAH u/o BAO u/o BBA)
- poröses Rohr und Infiltration (BAN + BBF)
- multiple (vertikale und horizontale) Verformungen (BAA-A + BAA-B)
- Verformung mit Riss u/o Rohrbruch (BAA + BAB u/o BAC)
- Verformung mit Riss u/o Rohrbruch mit verschobener Verbindung (BAA + BAB u/o BAC + BAJ)
- Deformation und Boden sichtbar u/o Ablagerungen (BAA + BAO u/o BCC)
- mehrfache Risse oder Rohrbrüche (BAB oder BAC)
- mehrere verschobene Verbindungen (BAJ)
- andere spezielle Schächte ("Blindschacht" in einem Rohrabschnitt ohne direkten Zugang von der Oberfläche aus) und Anschluss (BCD-Z + BCA)

Abbildung 108 stellt die Erkennungsraten für diese Zustandsgruppen bei der Kombination von SewerBatt® mit den elektronischen Spiegelmodellen dar. Abhängig vom verwendeten Spiegelmodell werden Erkennungsraten von bis zu 100 % in manchen Kategorien erreicht.

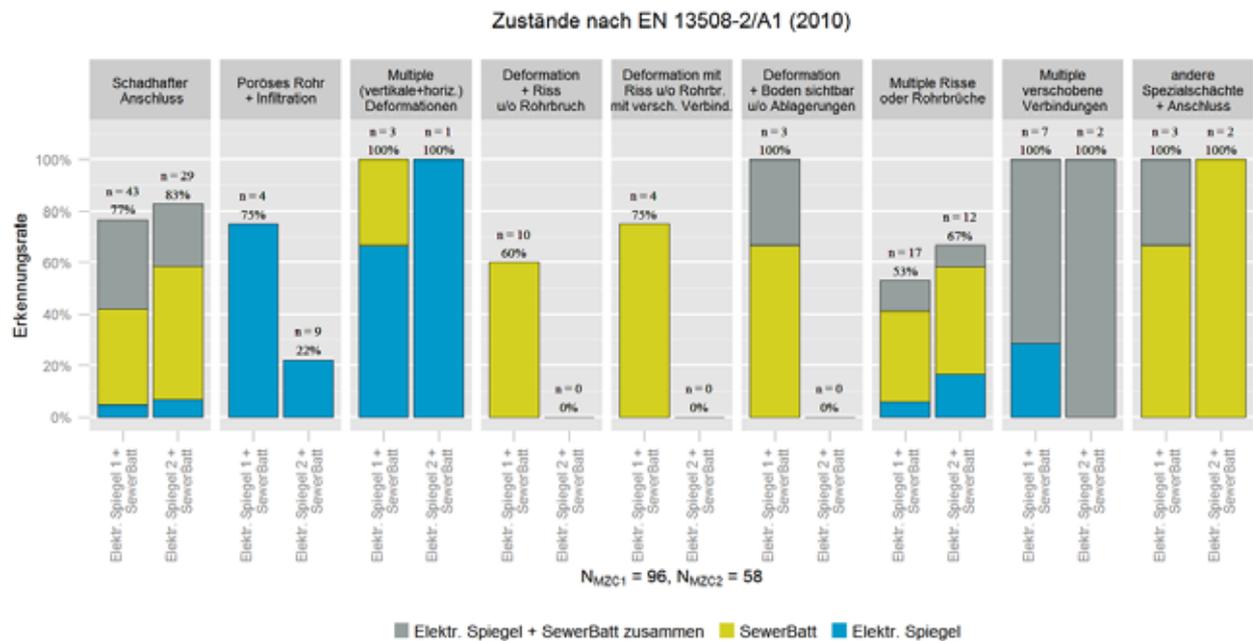


Abbildung 108 - Felduntersuchungen - Erkennungsraten für gruppierte Zustände und kombinierte Inspektionsgeräte (Plihal et al., 2015)

Die erhöhten Erkennungsraten für kombinierte Inspektionsmethoden werden in Tabelle 9 dargestellt. Für den Zustand „Deformation“ kann die Erkennungsraten im Durchschnitt um 32 % erhöht werden. Die durchschnittliche Erhöhung für den Zustand „verschobene Verbindung“ ist ebenso 32 %. Für den Zustand „schadhafte Innenauskleidung“ kann die Erkennungsrate bei der Kombination des elektronischen Spiegelmodells 2 mit SewerBatt® um 35 % erhöht werden. Für „Anschlüsse“ kann im Durchschnitt eine Erhöhung von 8 % erzielt werden. Aufgrund des geringen Stichprobenumfangs von den Zuständen „Riss“, „Rohrbruch“, „einragendes Dichtungsmaterial“ und „Wurzeleinwuchs“ sind die Verbesserungen der Erkennungsraten nicht repräsentativ.

Ergebnisse

Tabelle 9 - Felduntersuchungen - verbesserte Erkennungsraten bei Kombination von elektronischem Spiegel und SewerBatt® Technologie im Vergleich zu alleiniger Verwendung eines elektronischen Spiegels (Plihal et al., 2015)

	SewerBatt® + Elektr. Spiegel 1 Verbesserung	SewerBatt® + Elektr. Spiegel 2 Verbesserung	Durchschn. Verbesserung
Deformation BAA (n=101 / n=25)	29%	36%	32%
Riss BAB (n=5 / n=2)	0%	0%	0%
Rohrbruch BAC (n=4 / n=2)	50%	100%	75%
einrag. Dichtungsmat. BAI (n=3 / n=4)	33%	25%	29%
Versch. Verbindung BAJ (n=28 / n=45)	36%	28%	32%
Schadh. Innenauskleid. BAK (n=0 / n=52)	n.V. *)	35%	35%
Wurzeleinwuchs BBA (n=2 / n=4)	0%	0%	0%
Anschluss BCA (n=20 / n=31)	10%	6%	8%

*) Es wurden keine schadhafte Innenauskleidung mit dem elektronischen Spiegel 1 erfasst.

6.3.1 Faktoren welche die Zustandserkennung im Feld limitieren

Konnte ein Zustand nicht erfasst werden, wurde der Grund dafür dokumentiert. Tabelle 10 stellt die Häufigkeit dieser einzelnen Gründe für die elektronischen Spiegelmodelle dar.

Tabelle 10 - Felduntersuchungen - Limitierende Faktoren der Zustandserfassung für beide Spiegelmodelle (Plihal et al., 2015)

	Deformation (BAA)		Riss (BAB)		Rohrbruch (BAC)		Dichtung einragend (BAI)		Versch. Verb. (BAJ)		Wurzel-einwuchs (BBA)		Anschluss (BCA)	
	M1 (n=90)	M2 (n=13)	M1 (n=42)	M2 (n=14)	M1 (n=25)	M2 (n=7)	M1 (n=3)	M2 (n=4)	M1 (n=26)	M2 (n=21)	M1 (n=16)	M2 (n=20)	M1 (n=40)	M2 (n=44)
Ausleuchtung zu gering	0%	0%	0%	7%	0%	0%	0%	0%	0%	19%	0%	50%	0%	23%
Punktueller Ausleuchtung	0%	0%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Kameraauflösung zu gering	1%	0%	7%	0%	0%	0%	0%	0%	4%	0%	0%	0%	0%	0%
keine Fokussierung	42%	0%	52%	0%	28%	0%	67%	0%	27%	0%	19%	0%	38%	0%
Positionierung im Schacht nicht OK	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3%
Abwinkelung zu groß	21%	7%	48%	19%	12%	8%	33%	100%	23%	58%	56%	25%	35%	45%
Ausbildung im Schacht	54%	7%	17%	2%	32%	4%	0%	0%	42%	0%	19%	0%	13%	8%
Zustand zu klein	6%	1%	0%	5%	20%	0%	0%	0%	4%	0%	0%	6%	15%	8%
Spinnweben	0%	0%	2%	0%	4%	4%	0%	0%	0%	0%	6%	6%	0%	0%
Dampf	0%	0%	0%	5%	0%	12%	0%	33%	0%	4%	0%	38%	0%	25%
Wasserstand zu hoch	0%	0%	2%	0%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Abwinkelungen stellen ein signifikantes Problem für den elektronischen Spiegel dar. Für Kameramodell 1 spielen auch die falsche Positionierung im Schacht und der nicht vorhandene manuelle Fokus eine wichtige Rolle. Hingegen sind Dampf und zu geringe Beleuchtung limitierende Faktoren für die Zustandserkennung vom elektronischen Spiegelmodell 2.

Für SewerBatt® sind die wesentlichen limitierenden Faktoren der Zustandserkennung:

- eine zu geringe akustische Reflektion eines Schadens in der Haltung
- Zustandsgruppen welche es dem akustischen System nicht ermöglichen individuelle Zustände zu erkennen
- Abhängigkeit der SewerBatt® Technologie von einer externen Datenbank mit Schäden
- blinder Fleck innerhalb der ersten 2 - 4 m gemessen vom Sensor

6.3.2 Vergleich: herkömmliche TV-Inspektion vs. elektronischer Spiegel vs. SewerBatt®

Tabelle 11 vergleicht die Hauptparameter von SewerBatt® und dem elektronischen Spiegel.

Die Inspektionsrichtung beider Technologien kann in oder gegen Fließrichtung erfolgen. Abhängig von der Anzahl an Zuständen und ihrer Größe benötigt SewerBatt® meist nur eine Inspektionsrichtung. Für den elektronischen Spiegel wird jedoch eine Inspektion in beide Richtungen empfohlen. Die Erkennungsraten werden dadurch deutlich erhöht, jedoch können trotzdem blinde Flecken innerhalb der Haltung nicht vollkommen vermieden werden.

Akkustische Messungen des SewerBatt® Systems liefern eine bestimmte Wahrscheinlichkeit für das Vorhandensein eines Zustandes, wohingegen der elektronische Spiegel Fotos und Videos der untersuchten Zustände liefert.

Die Inspektionsgeschwindigkeit von SewerBatt® und dem elektronischen Spiegel sind gleichermaßen hoch im Vergleich zur herkömmlichen TV-Befahrung. Nach Rinner et al. (2008) können 2 bis 3 km Kanal pro Tag mit dem elektronischen Spiegel inspiziert werden. Mit der herkömmlichen TV-Inspektion sind pro Tag nur rund 700 m möglich (EPA, 2010).

Durch die wesentlich höheren Inspektionsgeschwindigkeiten ist der elektronische Spiegel und SewerBatt® kosteneffizienter als eine herkömmliche TV-Inspektion. Die Inspektionskosten für die herkömmliche TV-Inspektion belaufen sich auf rund 1,30 € pro m, wohingegen sie beim elektronischen Spiegel nur 0,30 € pro m betragen (siehe hierfür: Pamperl et al. (2010)). Dies deckt sich mit ähnlichen Ergebnissen publiziert von EPA (2010). Die Kosten von SewerBatt® sind ähnlich dem des elektronischen Spiegels in Bezug auf Anschaffungskosten (10 - 15,000 €) und Inspektionskosten (0,30 € pro m). Jedoch liefern beide Systeme nur einen generellen Überblick über den Zustand des Kanalisationsnetzes. Daher können sie eine detaillierte TV-Inspektion nicht ersetzen, jedoch Haltungen identifizieren die einen Reinigungsbedarf haben oder eine detaillierte Inspektion benötigen (EPA, 2010).

Der elektronische Spiegel und SewerBatt® unterscheiden sich in der Möglichkeit der Erfassung der Position eines Zustandes. SewerBatt® liefert eine Positionierung im Zentimeterbereich (Romanova, 2009), wohingegen sich die Genauigkeit des elektronischen Spiegels im Meterbereich befindet (INNOKANIS, 2014). Basierend auf den verwendeten Zoom-Faktor schätzt der elektronische Spiegel die Entfernung zu einem Zustand und fügt diese Information dem Foto oder Video hinzu. Diese Funktion besitzen jedoch nicht alle Spiegelmodelle.

Ein elektronischer Spiegel muss in der Rohrachse positioniert werden, wohingegen SewerBatt® in der Rohrachse oder am Rohrscheitel positioniert werden kann.

Nach Romanova et al. (2013) kann die Inspektionsreichweite von SewerBatt® bis zu 2000 m, abhängig von den limitierenden Faktoren wie Schächten, Anzahl und Größe von Zuständen und verhärteten Ablagerungen, betragen. Im Vergleich beträgt die Inspektionsreichweite eines elektronischen Spiegels 20 bis 30 m (Busnello, 2011).

Die folgenden Einschränkungen müssen beim Einsatz von SewerBatt® bedacht werden: In den ersten 2 m vom Schacht aus und 1,5 m nach einer signifikanten Querschnittsänderung durch einragende Hausanschlüsse oder größeren Blockaden existiert ein blinder Fleck, welcher die Erfassung anderer Zustände beeinträchtigt. Des Weiteren kann SewerBatt® nicht unter Wasser eingesetzt werden. Nach Plihal et al. (2014) müssen beim Einsatz eines elektronischen Spiegels bauliche Einschränkungen (wie verschobene Verbindungen oder Ausbildungen in der

Ergebnisse

Schachtsohle), als auch betriebliche Einschränkungen (z.B. Spinnweben, Dampf oder hoher Wasserstand) bedacht werden.

Tabelle 11 - Vergleich: SewerBatt® - Elektronischer Spiegel (Plihal et al., 2015)

	SewerBatt®	Elektronischer Spiegel
Inspektionsrichtung	in und / oder gegen Fließrichtung (abhängig von den Zuständen)	in und gegen Fließrichtung
Inspektionsergebnisse	Eintrittswahrscheinlichkeit eines Zustandes (Zustandskatalog)	Fotos oder Videos
Inspektionsgeschwindigkeit	2000 - 3000 m / Tag	2000 - 3000 m / Tag
Inspektionskosten / m	EUR 0,30	EUR 0,30
Genauigkeit der Zustandspositionierung	cm Genauigkeit	m Genauigkeit
Positionierung im Rohr	Mitte oder Scheitel des Rohrs	Mitte des Rohrs
Inspektionsreichweite	bis zu 2000 m (abhängig von den Zuständen in der Haltung)	ungefähr 20 m bis 30 m
Allgemeine Einschränkungen	im Bereich der ersten zwei Meter vom Schacht aus und nach jeder signifikanten Querschnittsänderung	keine
Bauliche Einschränkungen	keine	Verschobene Verbindungen, Ausbildungen im Schacht
Betriebliche Einschränkungen	zu hoher Wasserstand	Spinnweben, Dampf, zu hoher Wasserstand

Ergebnisse

Tabelle 12 - Vergleich: herkömmliche TV-Inspektion mit fahrbarer Kamera - elektronischer Spiegel (INNOKANIS 2014)

	TV-Inspektion mit fahrbarer Kamera	Elektronischer Spiegel
Kanalreinigung	erforderlich	nicht erforderlich
Optimierung der Kanalreinigungsstrategie	bedingt geeignet	sehr gut geeignet
Kontrolle der Kanalreinigungsleistung	bedingt geeignet	sehr gut geeignet
Zustandserfassung (baulich, betrieblich)	detaillierte Zustandserfassung	grobe Zustandserfassung
Inspektionslänge pro Tag	ca. 800 m	2.000 - 3.000 m
rasches Auffinden von betrieblichen Hindernissen	bedingt geeignet	sehr gut geeignet
rasche Lokalisierung von Haltungen mit Fremdwassereintritt	bedingt geeignet	sehr gut geeignet
Positionsangabe [m] von Zuständen beginnend vom Schacht	sehr gut geeignet	nicht geeignet
Einschränkungen bei der Inspektion	keine	möglich

6.4 Eignung eines elektronischen Spiegels für den täglichen Einsatz bei der Schachtinspektion (Hörander, 2014)

Von den insgesamt 107 untersuchten Schächten waren 10 Schächte schadfrei, die Restlichen hatten zumindest einen Schaden.

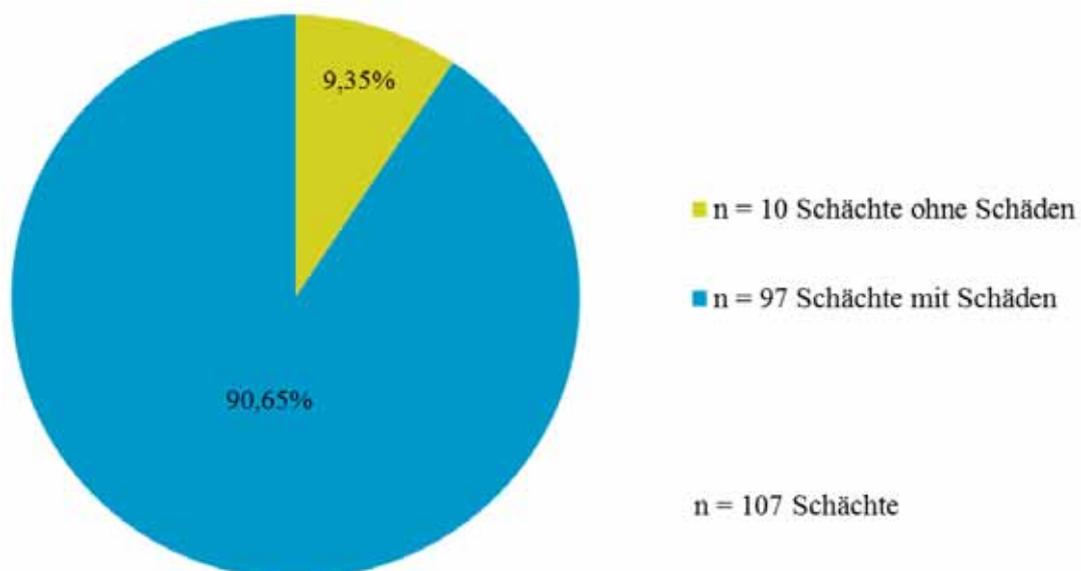


Abbildung 109 - Zustände der untersuchten Schächte

Ergebnisse

Wie Abbildung 110 und Abbildung 111 zeigen, wurden insgesamt 646 Zustände erfasst. Die Zustände welche von den Kanalisationsunternehmen nicht aufgenommen wurden, setzten sich folgendermaßen zusammen: 135 Oberflächenschäden (DAE), 68 Rissbildungen (DAB), 37 Ablagerungen (DBC), 16 verschobene Verbindungen (DAJ), 15 anhaftende Stoffe (DBB), 12 Anschlussleitungen (DCG) und Anschlüsse (DCA), 11 Brüche/Einstürze (DAC), sieben schadhafte Steigeisen (DAQ) und Infiltrationen (DBF), je sechs einragende Anschlüsse (DAG) und Schäden an Abdeckung und Rahmen (DAR), je vier schadhafte Anschlüsse (DAH), einragendes Dichtungsmaterial (DAI) und je zwei schadhafte Innenauskleidungen (DAK), Wurzeln (DBA) und Eindringen von Bodenmaterial (DBD), sowie eine Verformung (DAA) und ein defektes Mauerwerk (DAD). Des Weiteren existieren Zustände welche nicht hundertprozentig erfasst werden konnten, und daher in die Kategorie „mögliche Zustände“ fallen. Diese wurden ebenso nicht von den Kanalisationsunternehmen aufgenommen. Diese Zustände sind: 19 Oberflächenschäden (DAE), acht Rissbildungen (DAB), zwei Wurzeleinwüchse (DBA), zwei Infiltrationen (DBF), ein Bruch/Einsturz (DAC), einmal fehlender Mörtel (DAE) und einmal anhaftende Stoffe (DBB).

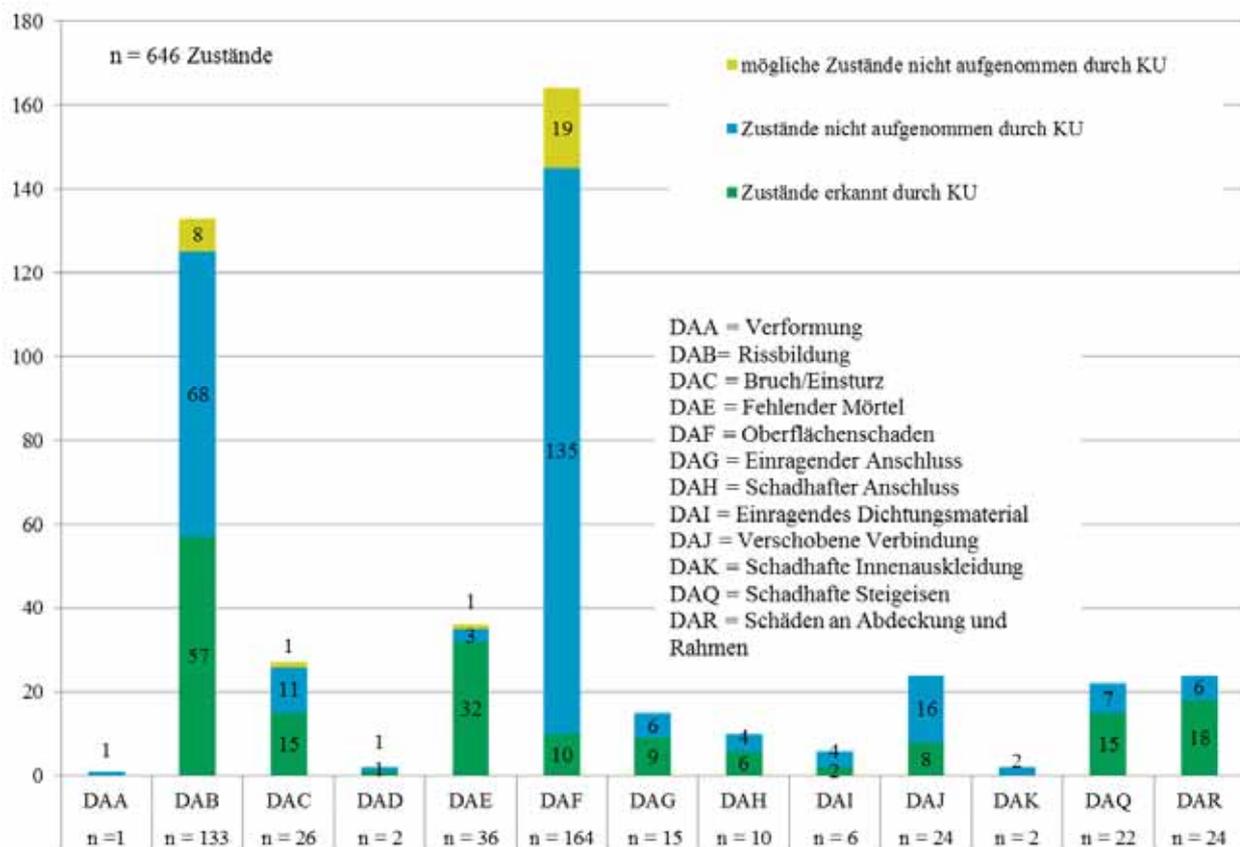


Abbildung 110 - Gesamtauswertung der Zustände bei der Schachtinspektion - 1

Ergebnisse

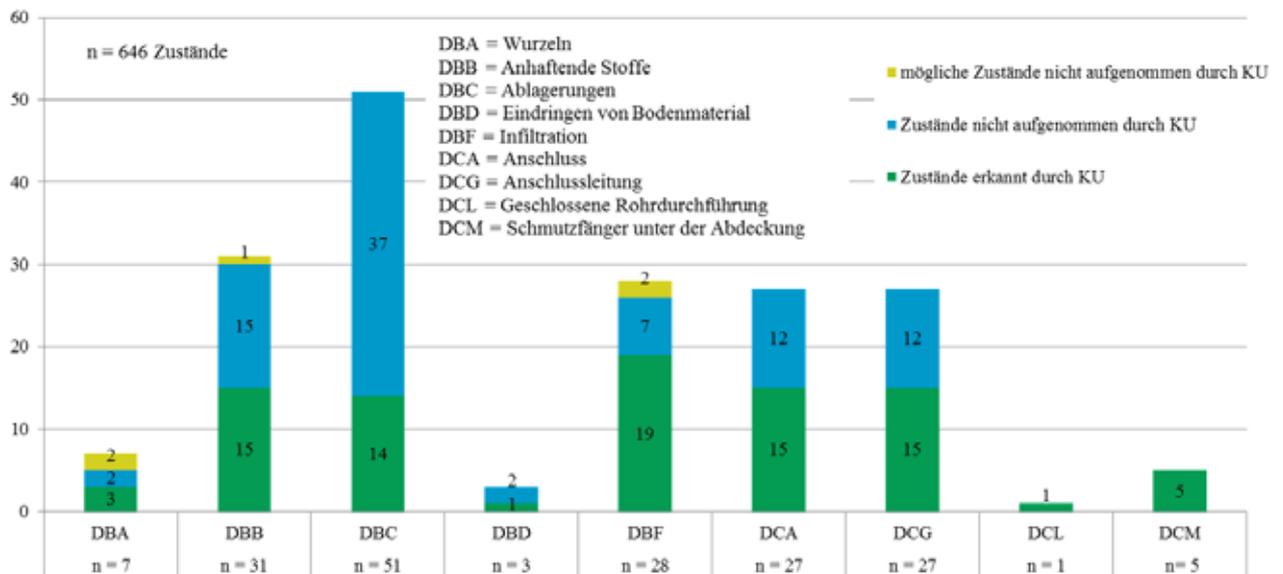


Abbildung 111 - Gesamtauswertung der Zustände bei der Schachtinspektion - 2

Über 40 % der Zustände wurden im Schachtaufbau (C) und über 30 % der Zustände bei den Auflagerungen (B) festgestellt. Dabei wurden inklusive der Kategorie „mögliche Zustände“ ca. 27 % der Zustände im Schachtaufbau und ca. 22 % bei den Auflagerungen nicht aufgenommen. Ca. 6% der Zustände wurden im Schachtbereich Auftritt (H), ca. 2% der Zustände in der unteren Schachtzone (F) und ca. 1% der Zustände im Schachtbereich Abdeckung und Rahmen (A) und Gerinne (I) nicht aufgenommen (siehe Abbildung 112).

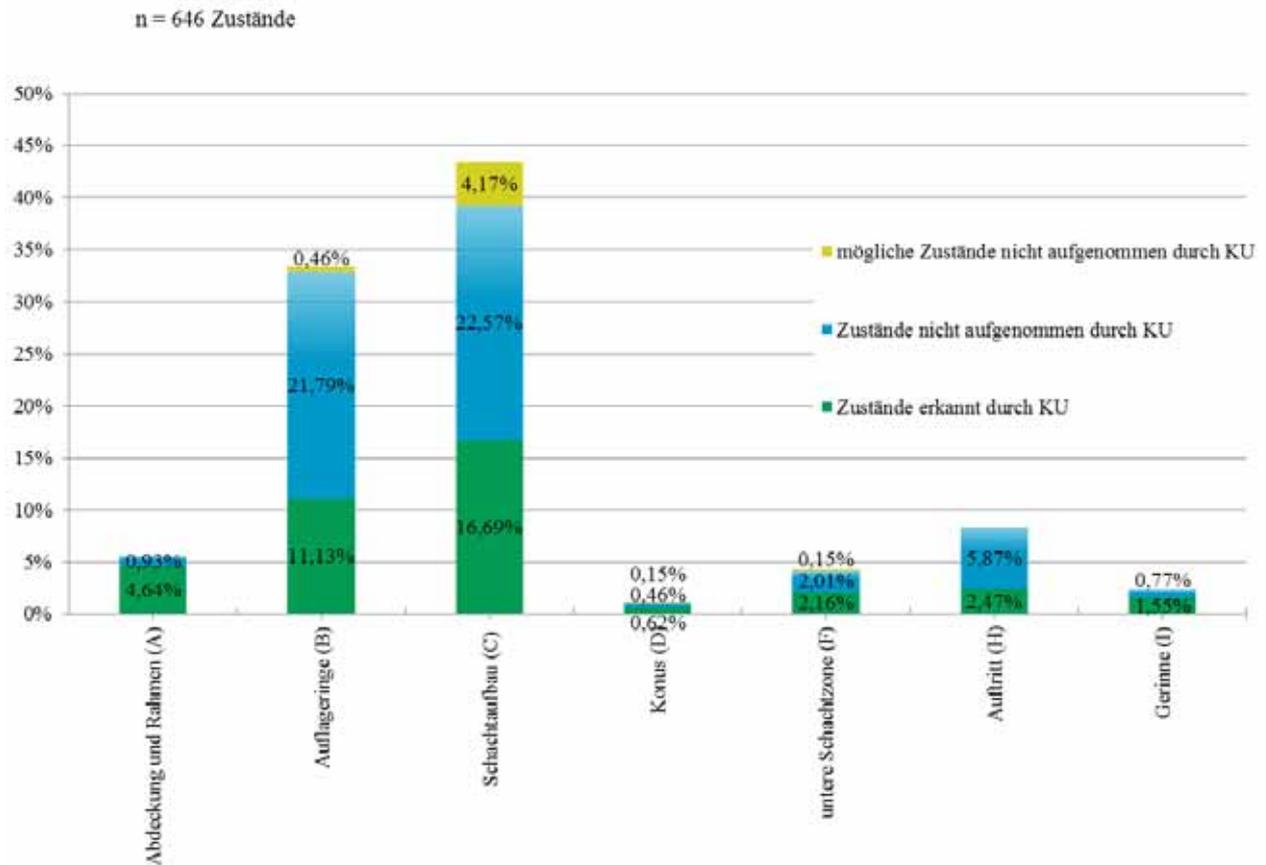


Abbildung 112 - Zustände nach Schachtbereichen unterteilt

Bei der Betrachtung aller KU (insgesamt 107 Schächte), wurden 41 % der Zustände erkannt; 59 % wurden nicht aufgenommen. Diese 59% setzen sich zusammen aus: 154 Oberflächenschäden (DAE) (davon 19 mögliche), 76 Rissbildungen (DAB) (davon acht mögliche), 37 Ablagerungen (DBC), 16 verschobene Verbindungen (DAJ), 16 anhaftende Stoffe (DBB) (davon ein möglicher), 12 Anschlussleitungen (DCG) und Anschlüsse (DCA), 12 Brüche/Einstürze (DAC) (davon ein möglicher), 9 Infiltrationen (DBF) (davon zwei mögliche), sieben schadhafte Steigeisen (DAQ), je sechs einragende Anschlüsse (DAG) und Schäden an Abdeckung und Rahmen (DAR), je vier schadhafte Anschlüsse (DAH), einragendes Dichtungsmaterial (DAI) und Wurzeln (DBA) (davon zwei mögliche), je zwei schadhafte Innenauskleidungen (DAK), einmal Eindringen von Bodenmaterial (DBD) und eine Verformung (DAA), sowie ein defektes Mauerwerk (DAD).

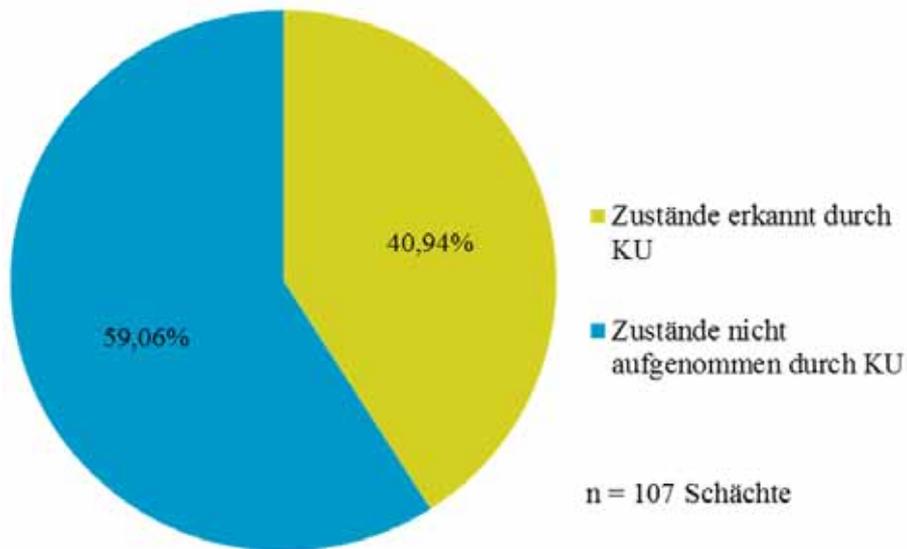


Abbildung 113 - Zustandserkennung durch KU

6.4.1.1 Auswertung mit elektronischem Spiegel

78 % aller Schächte wurden mit dem elektronischen Spiegelmodell MesSen Nord STV3, 22 % der Schächte mit dem Modell iPEK QuickView Haloptic inspiziert. Dabei wurden insgesamt 139 Videos erstellt (32 Schächte wurden doppelt mit unterschiedlichen Kameraneigungen aufgenommen).

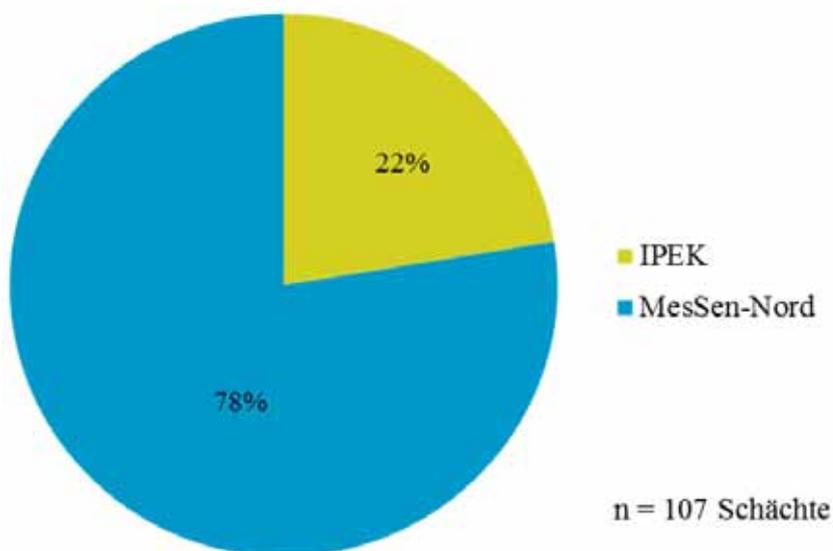


Abbildung 114 - verwendete Kameramodelle bei der Schachtinspektion

Ca. 65 % der 107 Schächte wurden ohne Stativ aufgenommen; ca. 35 % mit Stativ. Der Vorteil des Einsatzes eines Stativs ist die Qualität der Videos. Das Bild das am Monitor während

Ergebnisse

der Inspektion angezeigt wird ist ruhiger und nicht verwackelt. Dadurch können Zustände besser erkannt werden.

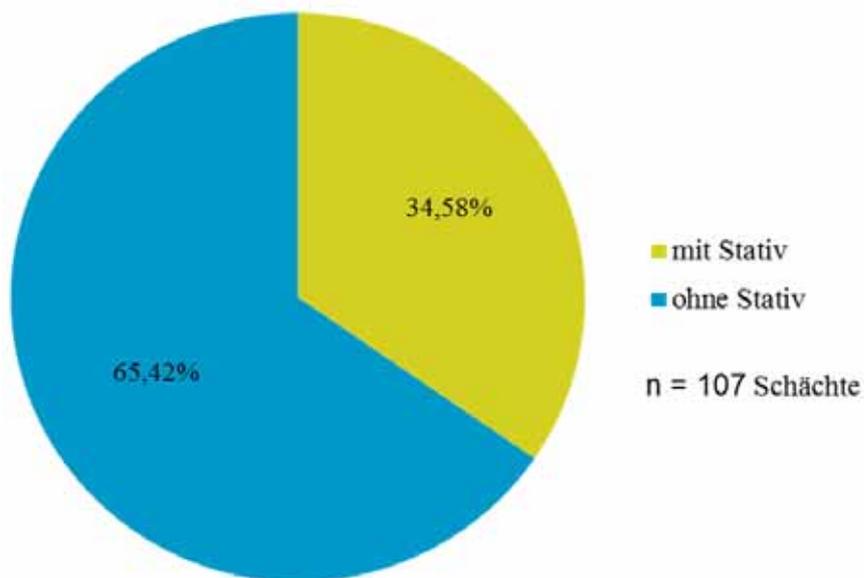


Abbildung 115 - Schachtinspektion mit / ohne Stativ

Rund 24 % aller Aufnahmen wurden mit einer Kameraneigung von 0° und rund 47 % wurden mit einer Kameraneigung von 45° aufgenommen. Die restlichen Aufnahmen erfolgten mit einer Kameraneigung von 90°.

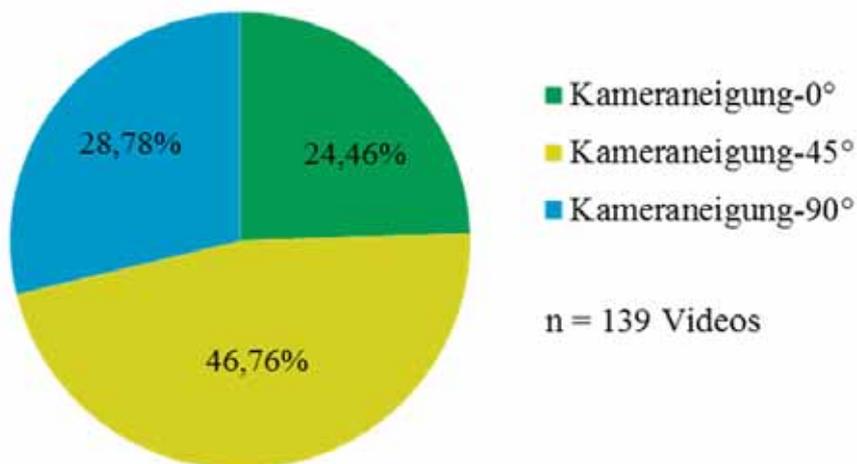


Abbildung 116 - verwendete Kameraneigungen Schachtinspektion

Durchschnittlich wurde für die Inspektion eines Schachts mit einer Tiefe zwischen 0 - 2 m 7 min. benötigt. Schächte zwischen 2 - 5 m nahmen 9 min., Schächte zwischen 5 - 8 m 13 min. in Anspruch.

Ergebnisse

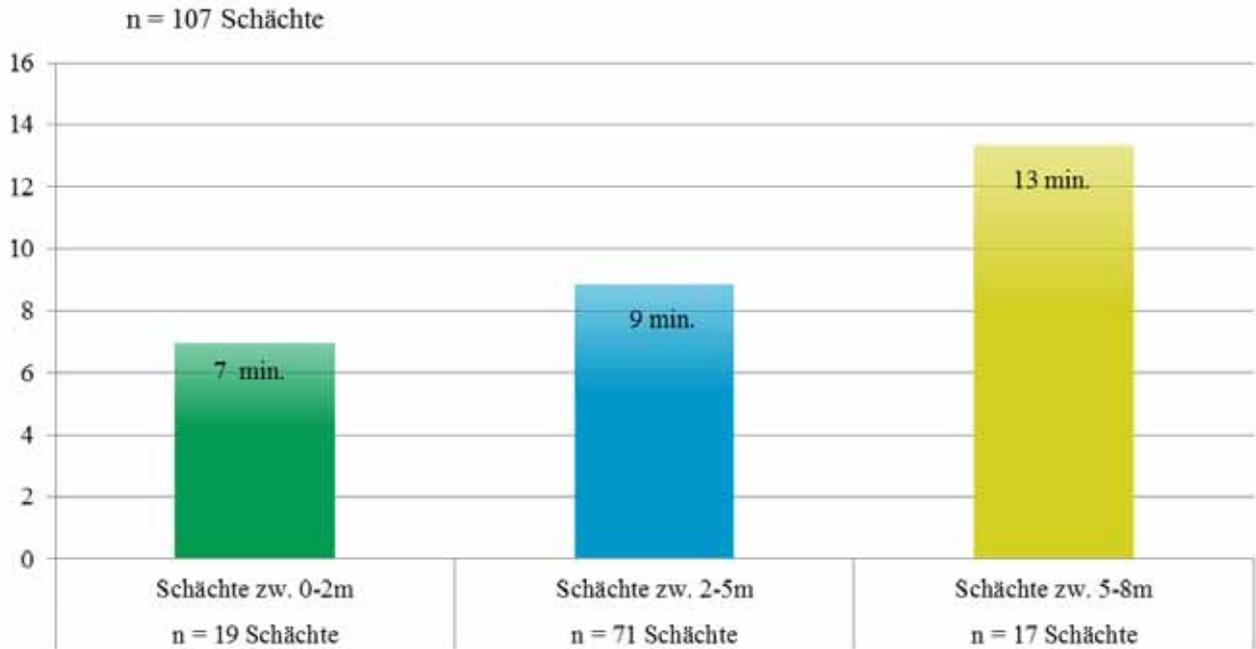


Abbildung 117 - Durchschnittliche Inspektionszeit pro Schacht (mit als auch ohne Stativ)

Insgesamt wurden 70 Schächte ohne Stativ aufgenommen. Die durchschnittliche Zeit für Schächte zwischen 0 - 2 m (15 Schächte) betrug 6 min. Für 45 Schächte zwischen 2 - 5 m wurden durchschnittlich 8 min. benötigt. Schächte zwischen 5 - 8 m nahmen 12 min. in Anspruch (10 Schächte).

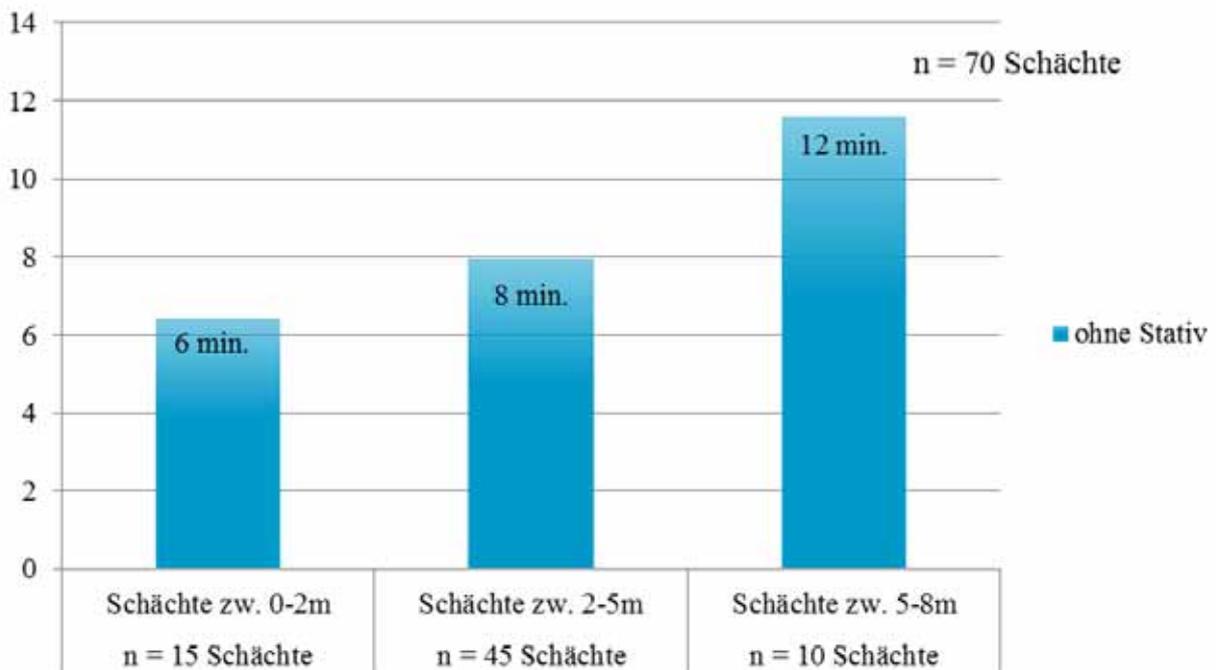


Abbildung 118 - Durchschnittliche Inspektionszeit pro Schacht ohne Stativ

Ergebnisse

Die restlichen 37 Schächte wurden mit Stativ inspiziert. Die benötigte durchschnittliche Zeit war größer als jene ohne Stativ. Vor allem bei den tiefen Schächten zwischen 5 - 8 m wurden durchschnittlich 16 min. pro Schacht benötigt.

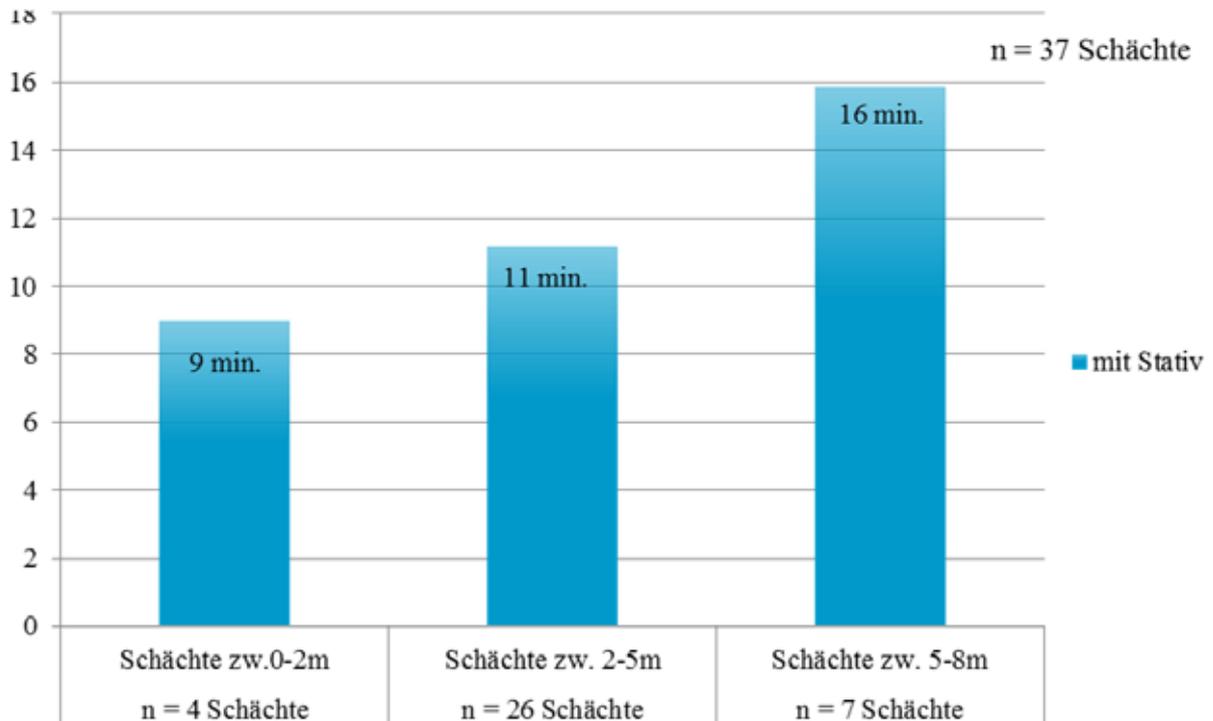


Abbildung 119 - Durchschnittliche Inspektionszeit pro Schacht mit Stativ

Von den 107 inspizierten Schächten waren 19 Schächte zwischen 0 - 2 m, 71 Schächte zwischen 2 - 5 m und 17 Schächte zwischen 5 - 8 m tief. Dabei wurden bei den Schächten zwischen 0 - 2 m 54 %, bei den Schächten zwischen 2 - 5 m ca. 57 % und bei den Schächten zwischen 5 - 8 m ca. 68 % der Zustände nicht aufgenommen.



Abbildung 120 - Zustandserfassung in Abhängigkeit der Schachttiefe

Ergebnisse

Ca. 74 % aller Schäden konnten vor Ort erkannt werden, ca. 26 % wurden erst im Büro erkannt. Die 26 % der Zustände die erst im Büro erkannt wurden setzen sich aus 47 Rissbildungen (DAB), 36 Oberflächenschäden (DAF), 28 fehlende Mörtel (DAE), 12 anhaftende Stoffe (DBB), 11 Infiltrationen (DBF), sechs Brüche/ Einstürze (DAC), fünf Anschlüsse (DCA), fünf Anschlussleitungen (DCG), vier schadhafte Anschlüsse (DAH), vier schadhafte Steigeisen (DAQ), drei Wurzeleinwüchse (DBA), drei Ablagerungen (DBC), zwei einragende Anschlüsse (DAG), einmal einragendes Dichtungsmaterial (DAI), eine verschobene Verbindung (DAJ), ein Schaden an Abdeckung und Rahmen und einer geschlossenen Rohrdurchführung zusammen.

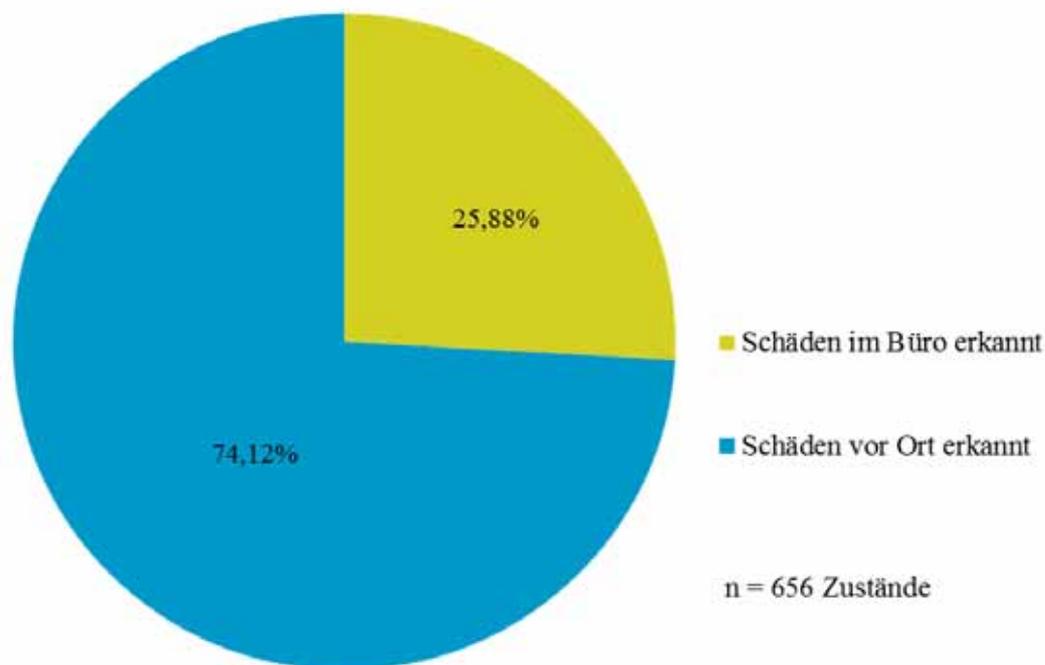


Abbildung 121 - Zustandserkennung vor Ort/im Büro

6.5 Adaption der Zustandsbeschreibung für innovative Inspektionsmethoden (Kuratko, 2015a)

Es wird untersucht, ob für innovative Inspektionsmethoden wie dem elektronischen Spiegel, ein angepasstes Kodiersystem zur Zustandsbeschreibung entwickelbar, als auch sinnvoll einsetzbar ist. Da diese noch nicht lange bzw. regelmäßig im Einsatz sind, gibt es noch keine adaptierte Zustandsbeschreibung. Das derzeit verwendete System nach der ÖNORM EN 13508-2 ist in seiner Ausführung zu detailliert und komplex, als dass es sinnvoll für Inspektionsmaterial eines elektronischen Spiegels anwendbar ist. Dieser kann nur einen betrieblichen Überblick liefern, und grobe bauliche Mängel aufzeigen. Jedoch ist es nicht zwingend nötig alle Zustände innerhalb der Haltung detailliert aufzunehmen, um bereits Aussagen treffen zu können, ob ein Sanierungsbedarf oder eine Kanalreinigung für denjenigen Abschnitt nötig sind. So lassen sich dynamische und effizientere Inspektions- und Sanierungsstrategien entwickeln. Da durch die INNOKANIS Voruntersuchungen bereits bekannt ist, dass Zustände auch in Gruppen auftreten, wird untersucht, ob sich die

Ergebnisse

Zustandserfassungsraten des elektronischen Spiegels bei Bildung von Zustandsgruppen (im Gegensatz zur Erfassung eines jeden einzelnen Zustandes) ändern.

Daraus ergeben sich folgende Fragestellungen:

- Wie verändert sich die Zustandserfassungsrate des elektronischen Spiegels bei Anwendung von Zustandsgruppen?
- Welche Art der Zustandsbeschreibung sollte für den elektronischen Spiegel eingesetzt werden?

Tabelle 13 liefert einen Überblick wie viele Haltungen pro Kanalisationsunternehmen mit einem elektronischen Spiegelmodell (als auch mit einer Kamerabefahrung) untersucht wurden, und wie groß der gesamte Inspektionsumfang speziell für diesen Untersuchungszweck ist.

Bei den Haltungen aus den Untersuchungsjahren 2009/10/12 erfolgte die Inspektion nicht immer von beiden Schächten aus (gegen und in Fließrichtung), da dies im Feld nicht immer möglich ist (Schacht nicht auffindbar, Schacht überdeckt, ...). Die statistischen Auswertungen beziehen hier jedoch auch diese Haltungsinspektionen mit ein.

Bei den Daten aus dem Jahr 2011 wurden nur Haltungen berücksichtigt die in beide Richtungen und von beiden Spiegelmodellen inspiziert wurden, um die beiden Modelle des elektronischen Spiegels MesSen Nord STV3 und iPEK QuickView Haloptic) direkt miteinander vergleichen zu können.

Tabelle 13 - Anzahl untersuchte Haltungen zwecks der Adaptierung der Zustandsbeschreibung für den elektronischen Spiegel - Inspektionsjahre 2009/10/12

Untersuchungsgebiet und Untersuchungszeitraum	Haltungen insgesamt	davon in beide Richtungen inspiziert	Modell des elektronischen Spiegels
KU1 2009	40	12	iPEK QuickView
KU2 2009	48	37	iPEK QuickView
KU3 2010	31	23	iPEK QuickView
AWV Großache-Nord 2012	46	35	iPEK QuickView Haloptic
RHV Hallstättersee 2012	21	14	iPEK QuickView Haloptic
RHV Mühltal 2012	18	13	iPEK QuickView Haloptic
AWV Anzbach-Laabental 2012	25	18	MesSen Nord STV3
RHV Trumerseen 2012	35	29	MesSen Nord STV3

Gesamtanzahl untersuchte Haltungen 2009/10/12: 264 Haltungen

Davon in beide Richtungen inspiziert: 180 Haltungen

Die Untersuchungen im Jahr 2011 fanden bei sechs der neun Kanalisationsunternehmen statt. Hier wurden in dem jeweiligen Untersuchungsgebiet immer beide Modelle des elektronischen Spiegels (QuickView Haloptic und MesSen Nord STV3) eingesetzt. Jedoch wurden nicht alle Haltungen immer mit beiden Modellen inspiziert, sondern es ergeben sich hier Abweichungen. Um die beiden Spiegelmodelle auch direkt miteinander vergleichen zu können, wurden für die folgenden Auswertungen nur Haltungen herangezogen, an denen beide Modelle zum Einsatz kamen, und die in beide Richtungen inspiziert wurden.

Ergebnisse

Tabelle 14 liefert eine Aufschlüsselung bei wie vielen Haltungen beide Systeme zum Einsatz kamen.

Tabelle 14 - Anzahl untersuchte Haltungen zwecks der Adaptierung der Zustandsbeschreibung für den elektronischen Spiegel - Inspektionsjahre 2011

Untersuchungsgebiet	Anzahl [Haltungen]
AWV Anzbach Laabental	27
RHV Mühlthal	12
RHV Trumersseen	6
RHV Wolfgangsee-Ischl	11
RHV Hallstättersee	21
AWV Großbache-Nord	25

Gesamtanzahl untersuchte Haltungen 2011: 102 Haltungen

Der gesamte Untersuchungsumfang der für die Auswertungen herangezogen wird beträgt 366 Haltungen.

Folgend wird der Vorgang beschrieben, wie die Inspektionsdaten aus TV-Befahrungen bzw. Inspektion mittels elektronischem Spiegel für eine statistische Auswertung aufbereitet wurden. Dieser bestand aus zwei grundlegenden Zyklen:

- Betrachtung der Inspektionsvideos der TV-Befahrungen und Inventarisierung des detaillierten Bestandes an Haltungszuständen in einer Access-Datenbank.
- Erneute Inspektion der Haltungen mittels der Inspektionsvideos der elektronischen Spiegelmodelle. Damit es zu keinen Beeinflussungen der Inspektionsergebnisse bei nochmaliger Inspektion der Haltungen mittels der Videos des elektronischen Spiegels kommt, fand zuerst die Inventarisierung aller Haltungen statt, und erst nach mehreren Monaten die erneute Zustandserfassung mit den Spiegelvideos.

Die statistische Auswertung erfolgt in zwei Phasen:

- Alle inventarisierten Zustände werden als Einzelzustände betrachtet und die Erfassungsraten des elektronischen Spiegels beziehen sich auf die Erkennung dieser Einzelzustände.
- Die inventarisierten Zustände die in Gruppen auftreten (z.B. ein schadhafter und einragender Anschluss entspricht drei Zuständen, und damit auch drei Zustandskodes) werden separat aufgeschlüsselt und die Erfassungsraten des elektronischen Spiegels werden einerseits auf diese Gruppen angewandt, und andererseits auf die verbliebenen Einzelzustände.

Danach folgt ein Vergleich, ob sich bei Bildung von Zustandsgruppierungen insgesamt etwas an den Zustandserfassungsraten des elektronischen Spiegels ändert.

6.5.1 Ergebnisse der Auswertung der Datenbank

Die Auswertungen finden auf zwei Arten statt:

- Auswertung der Auftrittshäufigkeiten eines jeden einzelnen Zustandes welche mit der TV-Befahrung erfasst wurde. Anschließend Auswertungen der Erkennungsraten der elektronischen Spiegelmodelle und Analyse der Gründe für eine Nichterkennung (nur 2009/10/12 Daten).
- Einteilung der mittels TV-Befahrung inventarisierten Zustände in Einzelzustände, und in die aufgetretenen Zustandsgruppen. Darauf aufbauend eine separate Auswertung der Erkennungsraten mittels elektronischen Spiegel der Einzelzustände und der Zustandsgruppen, sowie Gründe für eine Nichterkennung (nur 2009/10/12 Daten).

Zusätzlich erfolgt immer eine Aufteilung auf die Inspektionen des Jahres 2009/10/12 und des Jahres 2011, da mit den 2011er Daten ein direkter Vergleich der beiden eingesetzten Spiegelmodelle erfolgen kann.

6.5.1.1 Zustände nach EN 13508-2/A1 (2010) ohne Zustandsgruppen

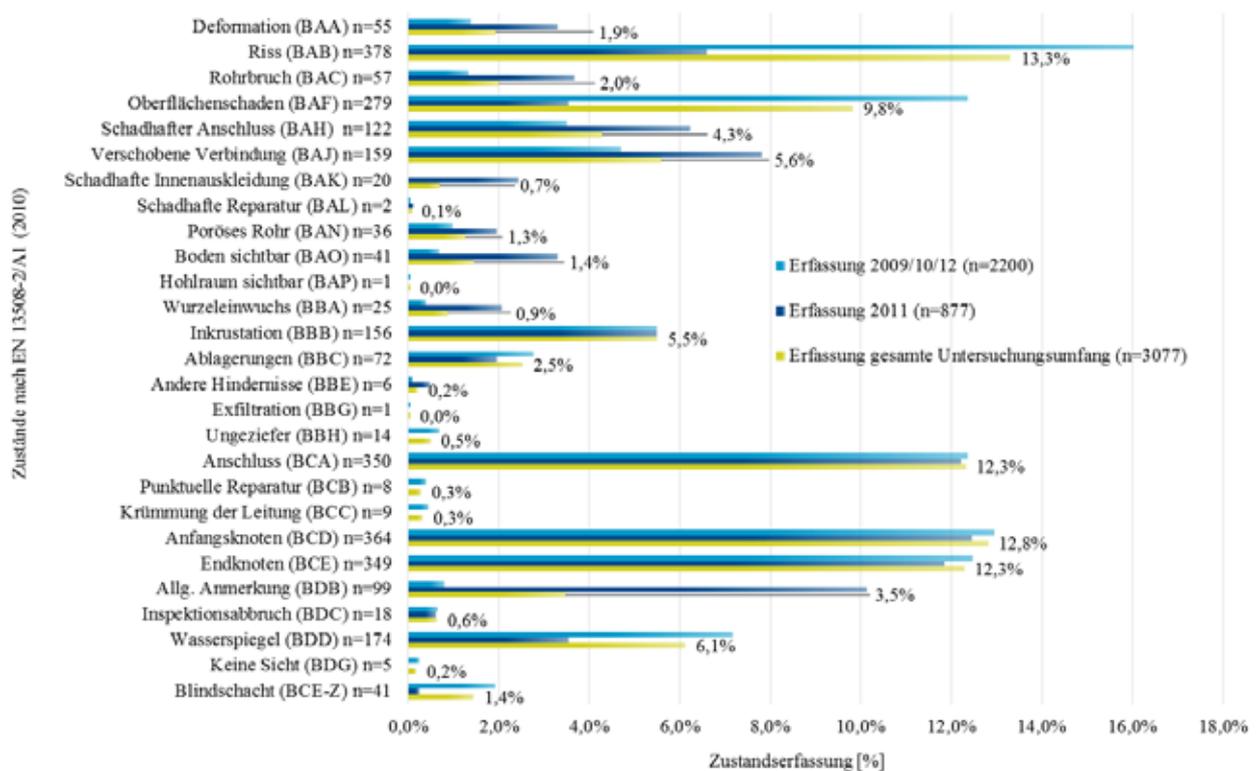


Abbildung 122 - Inventarisierung INNOKANIS Datenbank ohne Zustandsgruppen

Ergebnisse

6.5.1.2 Zustände nach EN 13508-2/A1 (2010) bei Bildung von Zustandsgruppen

Die Inventarisierung wird aufgeteilt auf Zustände die nur einzeln in Erscheinung treten, und in Gruppen von Zuständen.

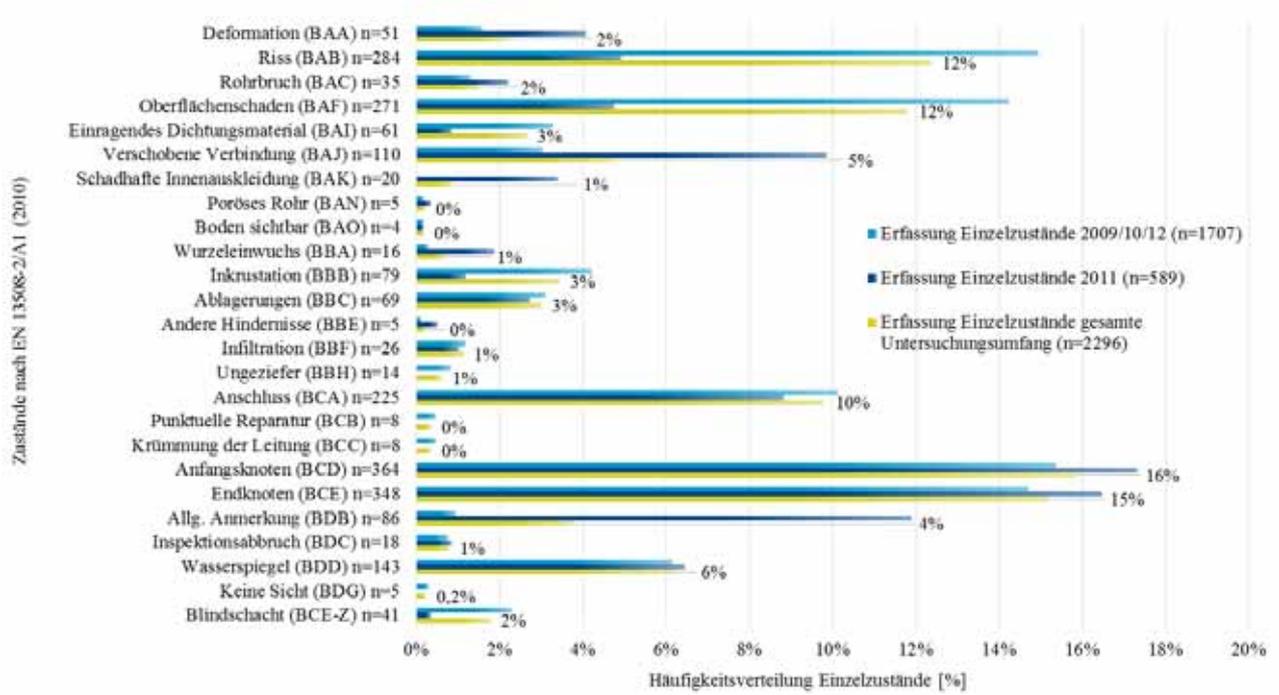


Abbildung 123 - Inventarisierung INNOKANIS Datenbank Einzelzustände bei Bildung von Zustandsgruppen

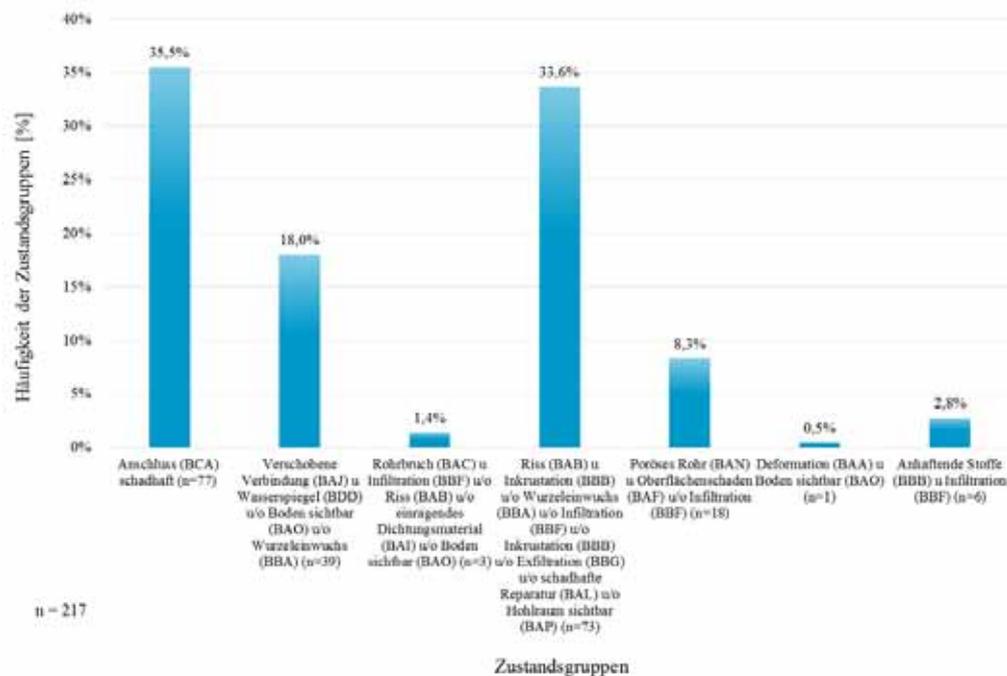


Abbildung 124 - Inventarisierung INNOKANIS Datenbank Zustandsgruppen 2009/10/12

Ergebnisse

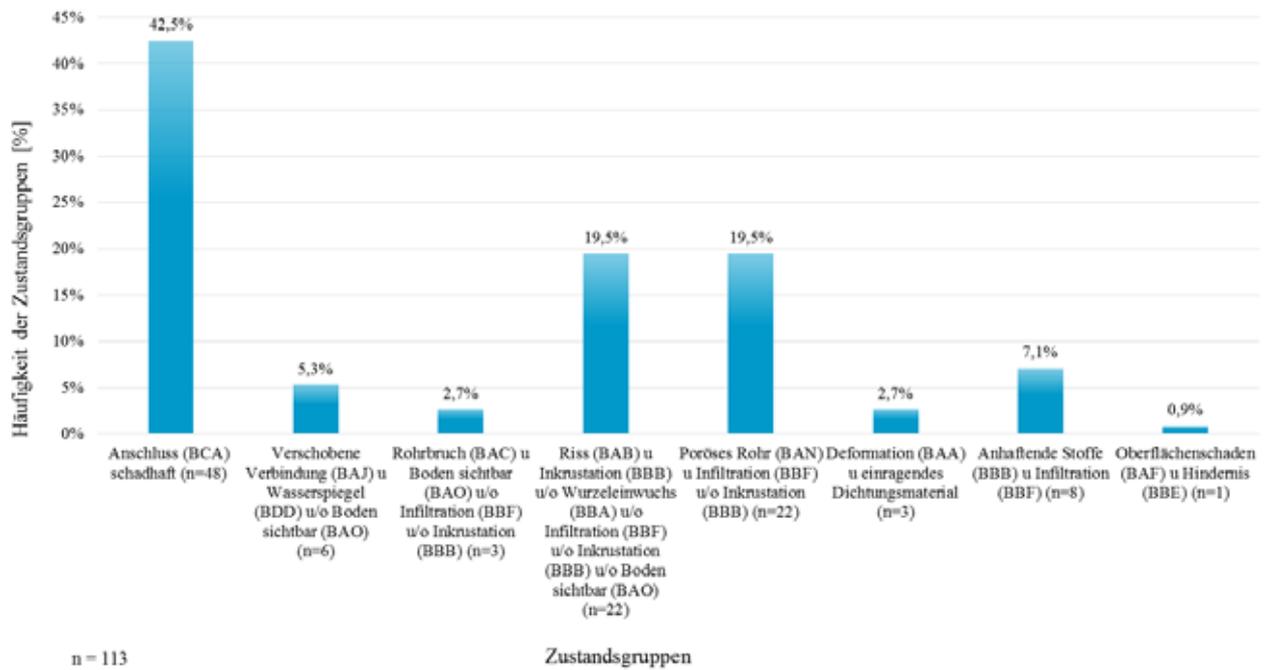


Abbildung 125 - Inventarisierung INNOKANIS Datenbank Zustandsgruppen 2011

6.5.1.3 Zustandserfassung elektronischer Spiegel ohne Zustandsgruppen

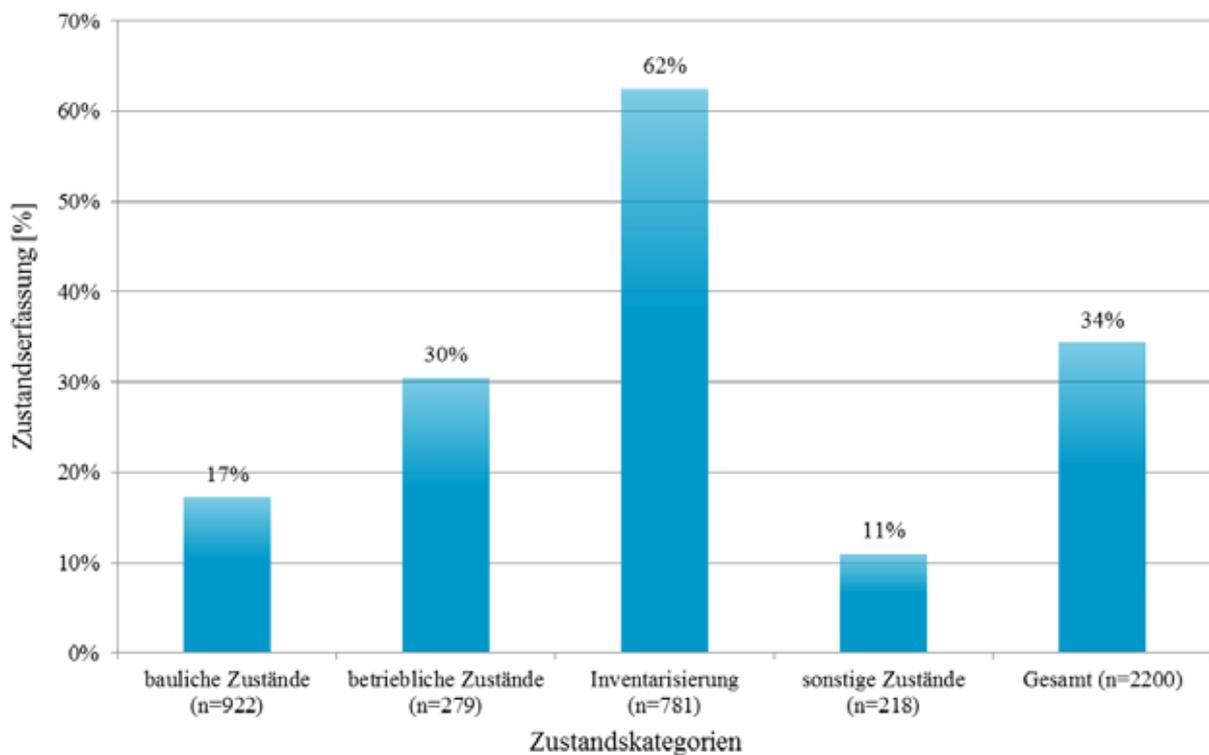


Abbildung 126 - Zustandserfassung elektronischer Spiegel ohne Zustandsgruppen 2009/10/12

Ergebnisse

Aufgeschlüsselt auf die einzelnen Zustände ergeben sich über die gesamte Stichprobe aus den Untersuchungen der Jahre 2009/10/12 folgende Erkennungsraten:

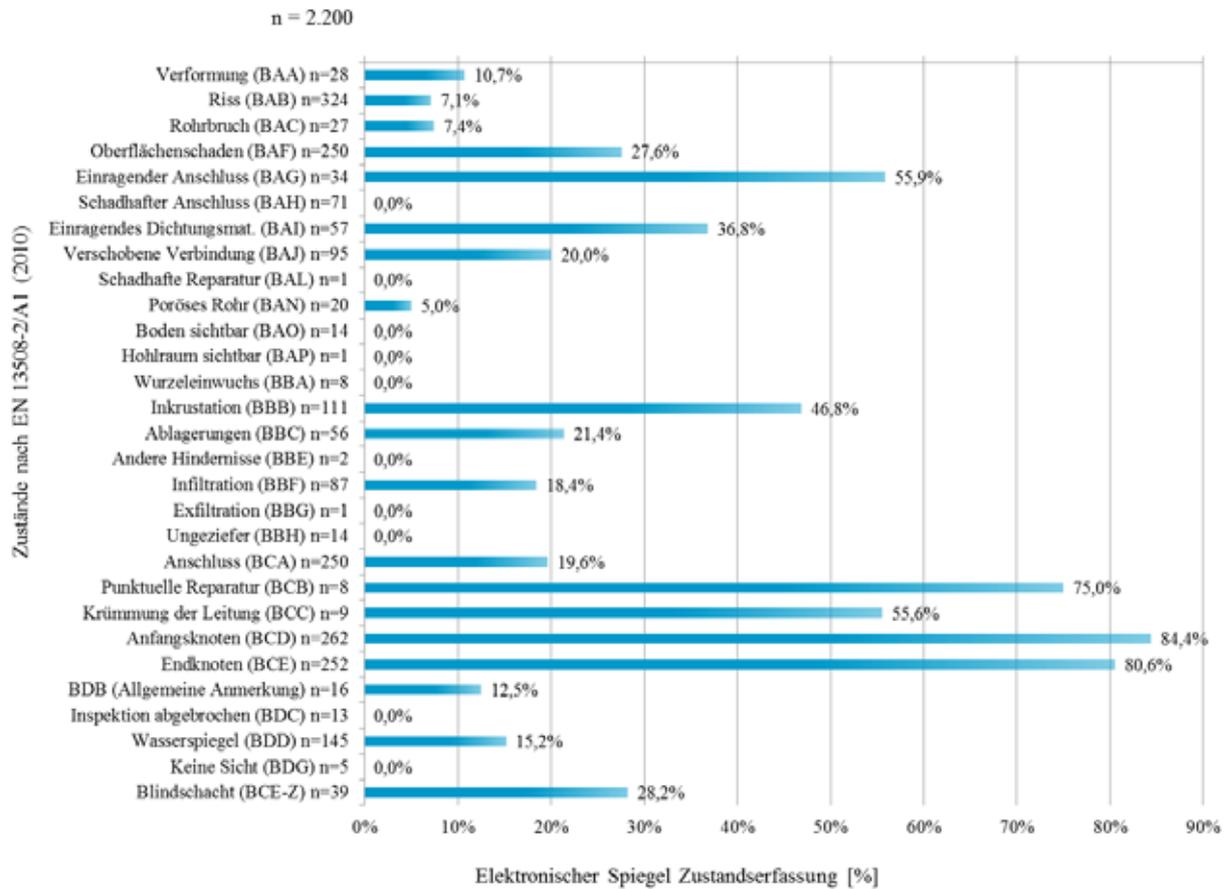


Abbildung 127 - Zustandserfassung nach Zustandskodierungen Inspektionen 2009/10/12 ohne Zustandsgruppen

Ergebnisse

Bei den Inspektionen im Jahr 2011 wurden alle Haltungen mit jeweils beiden Spiegelmodellen inspiziert. Daher erfolgt hier die Auswertung für beide Modelle getrennt.

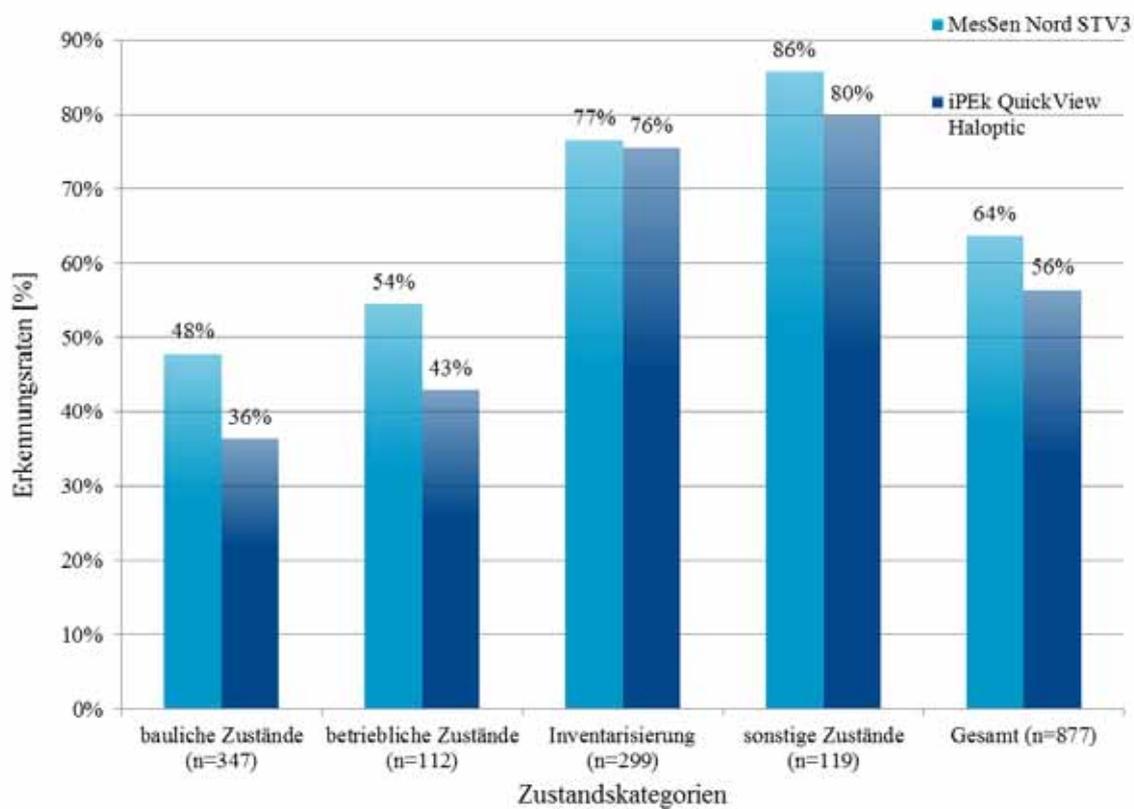


Abbildung 128 - Erfassungsraten elektronischer Spiegel 2011 ohne Zustandsgruppen

Aufgeschlüsselt auf die einzelnen Zustände ergeben sich über die gesamte Stichprobe aus den Untersuchungen der Jahre 2011 für die einzelnen Spiegelmodelle folgende Erkennungsraten:

Ergebnisse

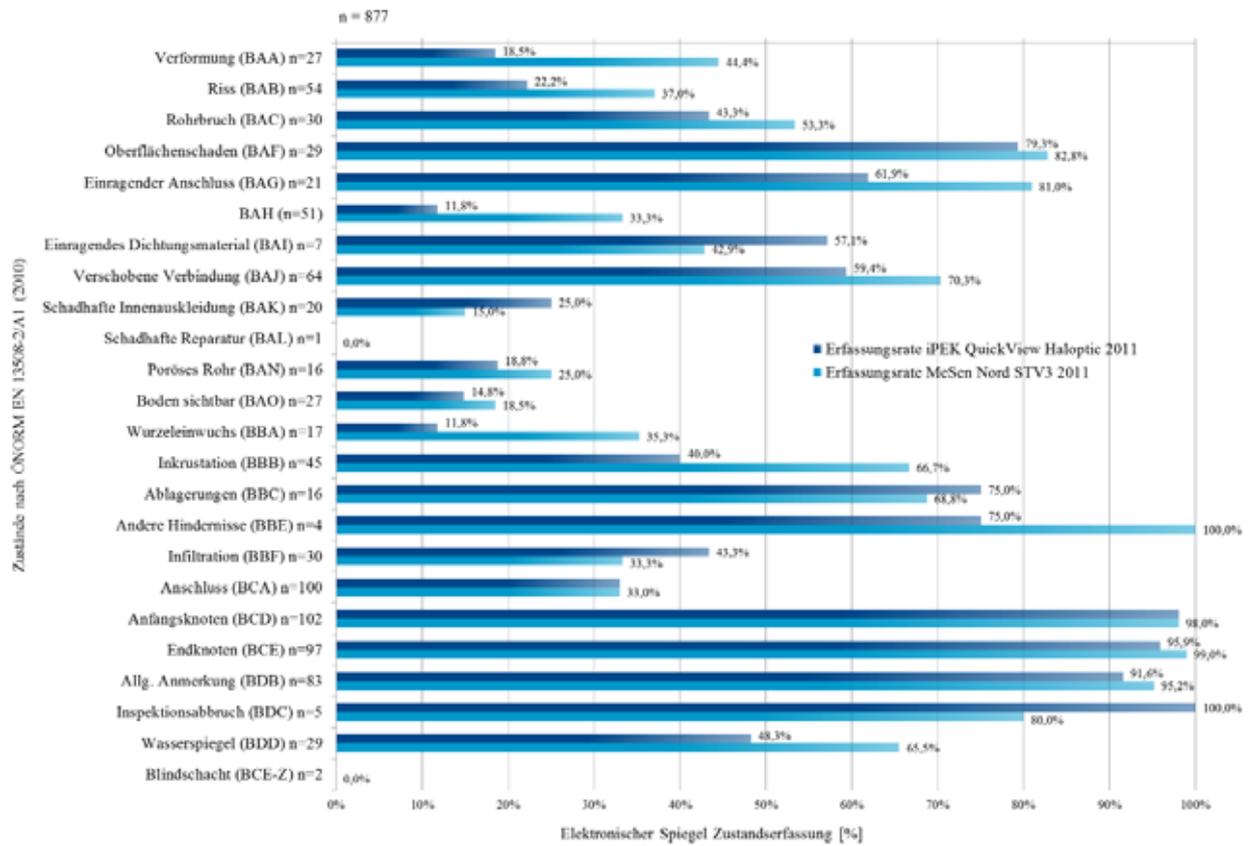


Abbildung 129 - Zustandserfassung nach Zustandskodierungen Inspektionen 2011 ohne Zustandsgruppen

6.5.1.4 Zustandserfassung elektronischer Spiegel mit Zustandsgruppen

Für die verbliebenen Einzelzustände ergaben sich folgende Erfassungsraten für die Inspektionsjahre 2009/10/12:

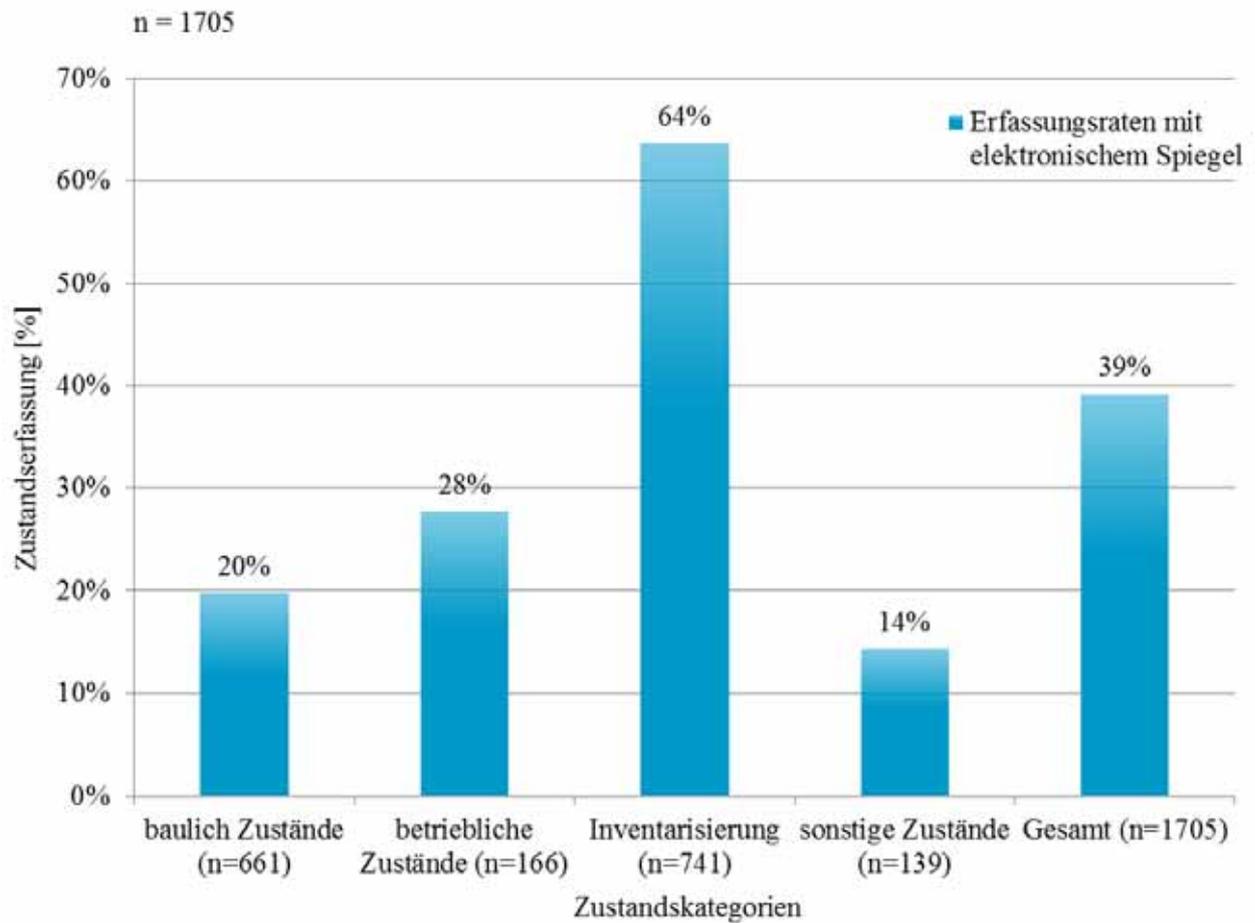


Abbildung 130 - Zustandserfassung der Einzelzustände mit elektronischem Spiegel bei Verwendung von Zustandsgruppen 2009/10/12

Ergebnisse

Aufgeschlüsselt auf die einzelnen Zustandskodierungen:

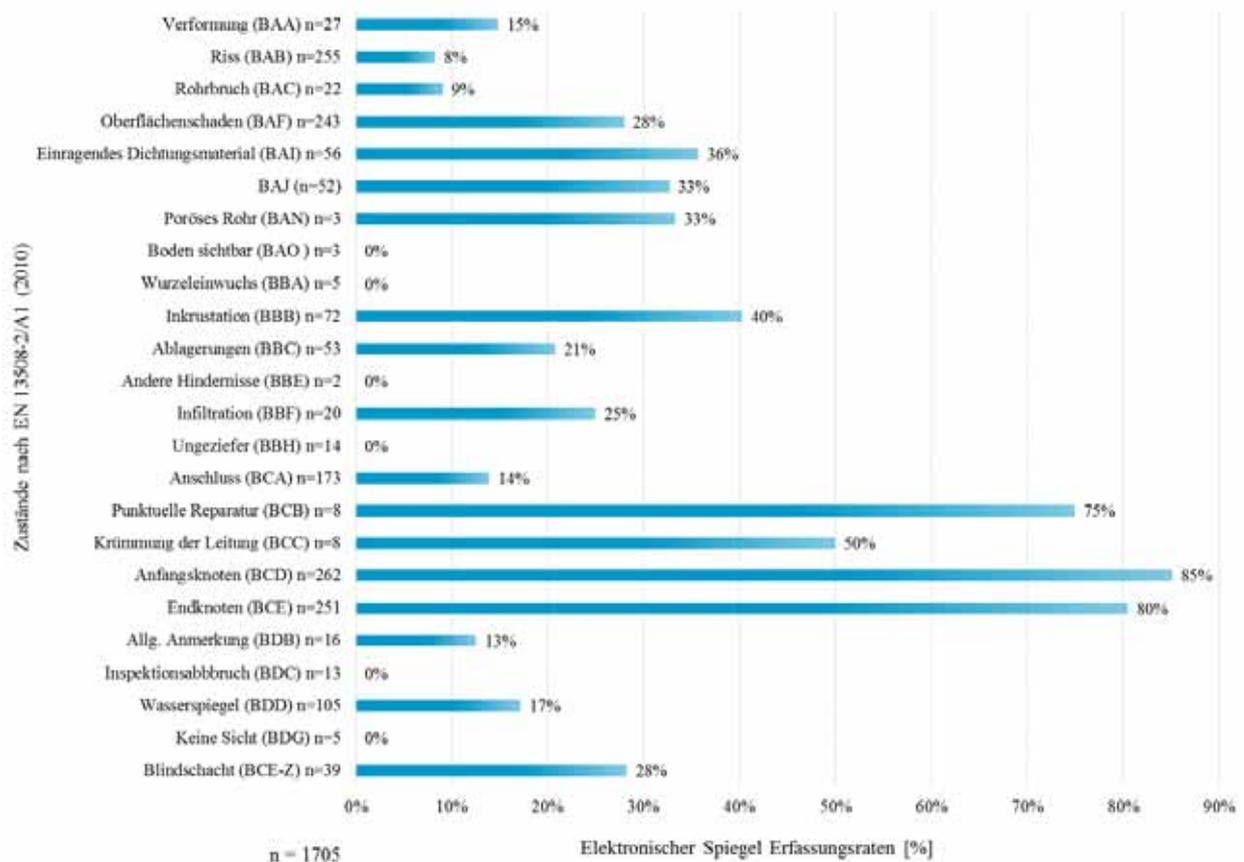


Abbildung 131 - Zustandserfassung der Einzelzustände nach Zustandskodierungen mit elektronischen Spiegel bei Verwendung von Zustandsgruppen 2009/10/12

Erfassungsraten der Zustandsgruppierungen für die Inspektionsjahre 2009/10/12:

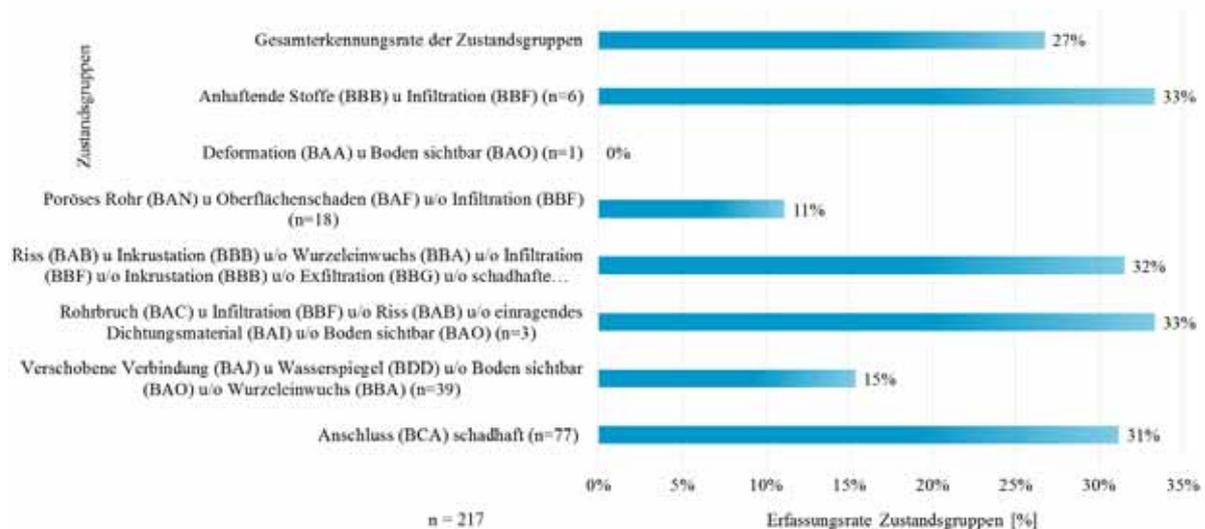


Abbildung 132 - Zustandserfassung der Zustandsgruppen mit elektronischen Spiegel 2009/10/12

Ergebnisse

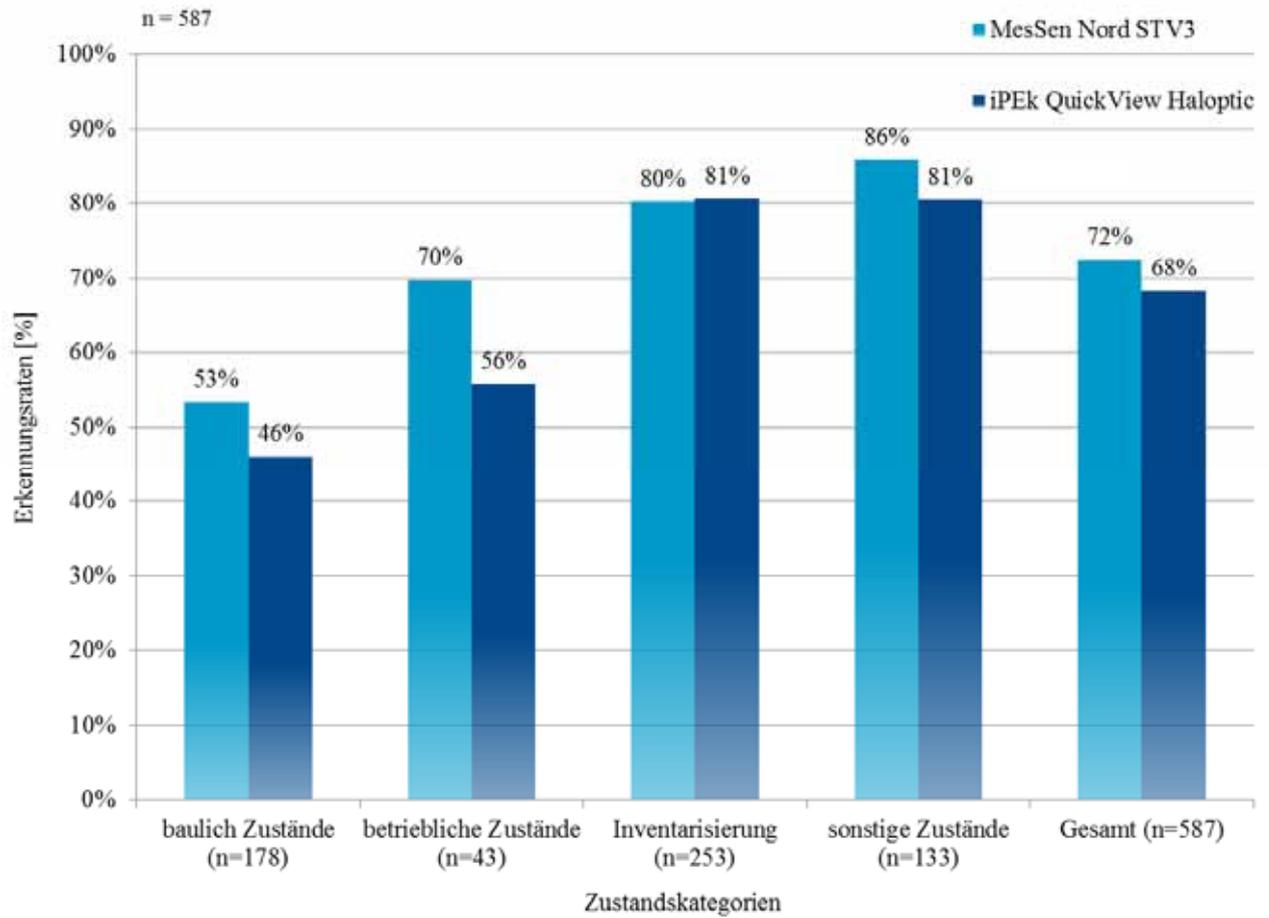


Abbildung 133 - Vergleich der Zustandserfassung der Einzelzustände mit beiden Spiegelmodellen bei Verwendung von Zustandsgruppen 2011

Ergebnisse

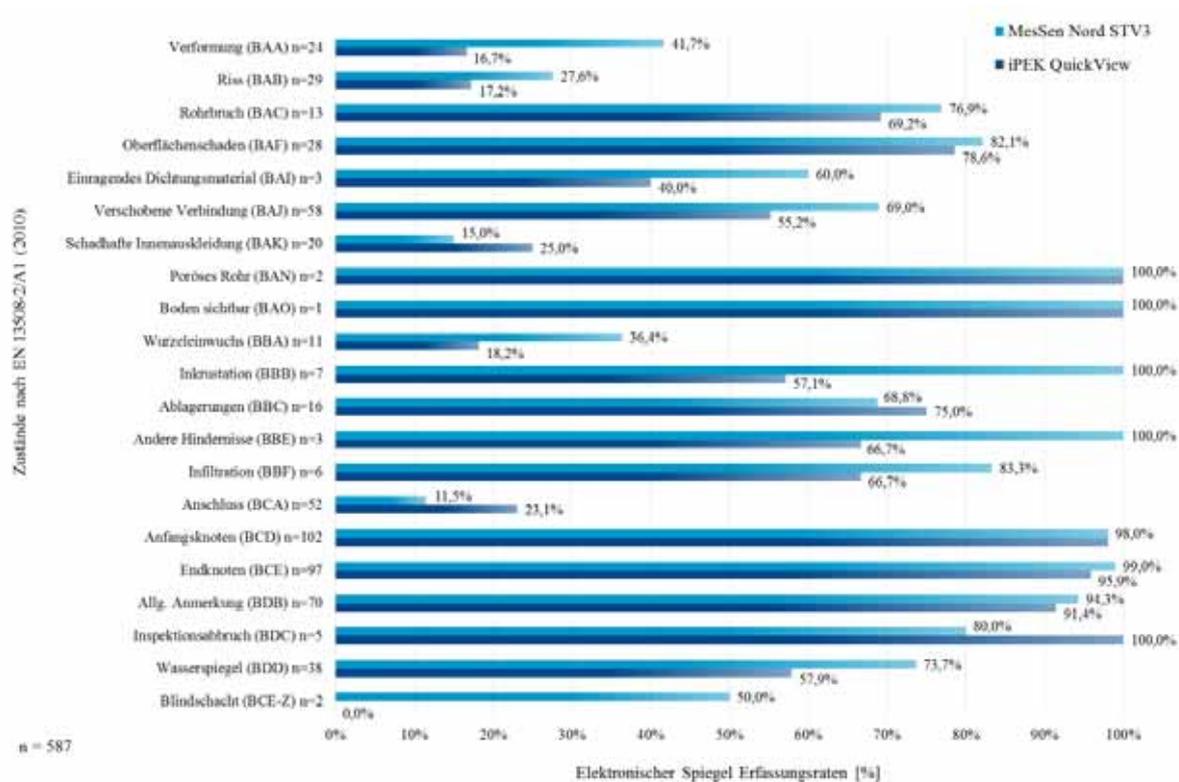


Abbildung 134 - Zustandserfassung der Einzelzustände nach Zustandskodierungen mit beiden Spiegelmodellen Verwendung von Zustandsgruppen 2011

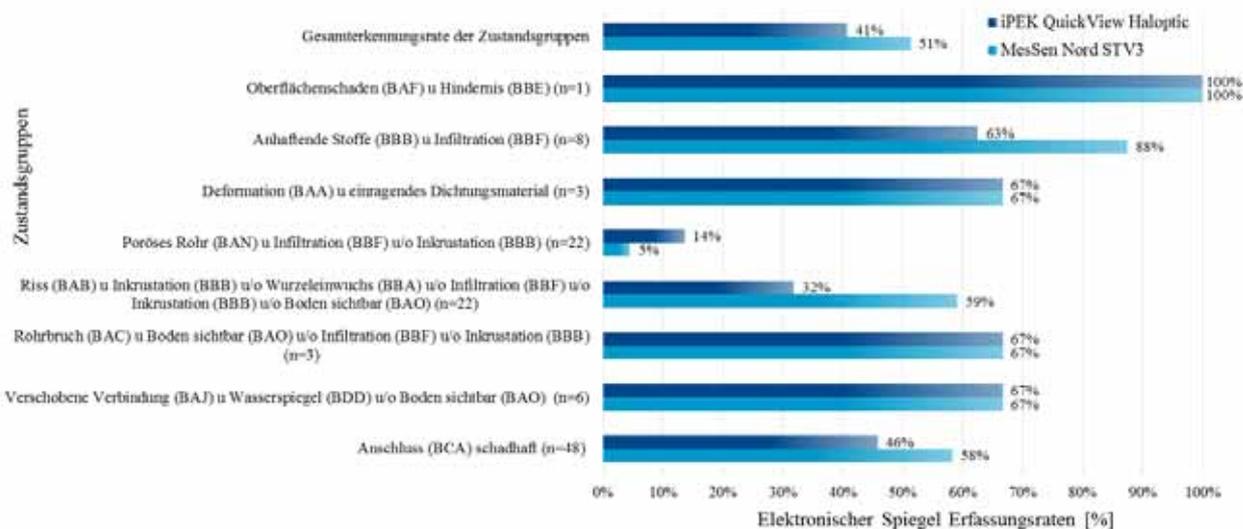


Abbildung 135 - Zustandserfassung der Zustandsgruppen mit den elektronischen Spiegelmodellen 2011

6.5.1.5 Änderungen der Erfassungsraten durch die Anwendung von Zustandsgruppierungen

Für den Inspektionsumfang der Inspektionsjahre 2009/10/12 ändert sich die Erfassungsraten des elektronischen Spiegels aller Zustände bei Anwendung von Zustandsgruppierungen wie folgt:

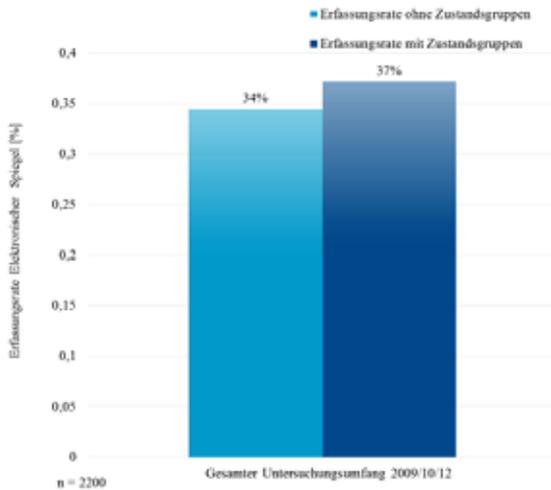


Abbildung 136 - Änderung der Erfassungsraten des elektronischen Spiegels bei Anwendung von Zustandsgruppen Untersuchungsumfang 2009/10/12

Für den Inspektionsumfang des Jahres 2011 ergaben sich, aufgeschlüsselt auf beide verwendete Spiegelmodelle, folgende Änderungen der Erfassungsraten bei Anwendung von Zustandsgruppierungen:

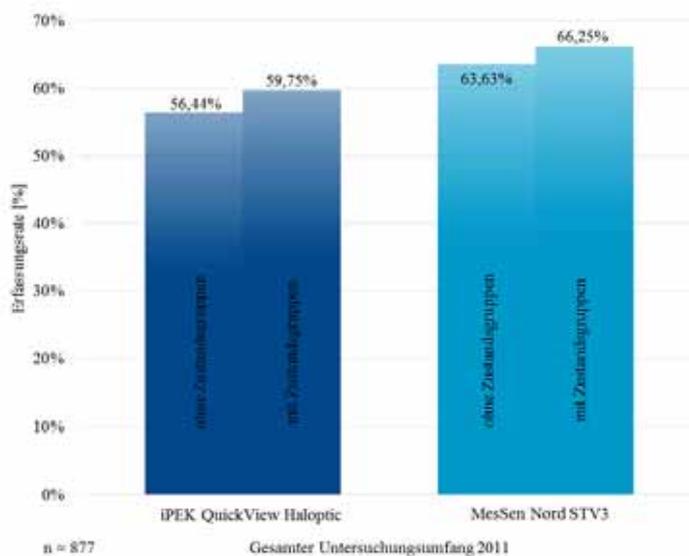


Abbildung 137 - Änderung der Erfassungsraten der elektronischen Spiegelmodelle bei Anwendung von Zustandsgruppen Untersuchungsumfang 2011

6.6 Schnittstelle für die Einbindung der Haltungs- und Schachtdaten in die drei untersuchten Betriebsführungssoftwareprodukte

Zu Beginn der INNOKANIS-Untersuchungen wurden für die Zuordnung der erstellten elektronischen Spiegelvideos Planausdrucke verwendet. Auf diesen Planausdrucken wurde händisch vermerkt, welches Video zu welcher Haltung gehört (siehe Abbildung 138). Die Videodateien werden bei beiden elektronischen Spiegelmodellen mit Datum- und Zeitstempel (siehe Abbildung 139) versehen. Die Videodateibezeichnung wurde nach den Untersuchungen manuell umbenannt, um eine eindeutige Zuordnung der Videos zu den Haltungen zu ermöglichen (siehe Abbildung 140).



Abbildung 138 - Zuordnung der Schacht-Zoom-Kamera Videos zu den untersuchten Haltungen

Ergebnisse

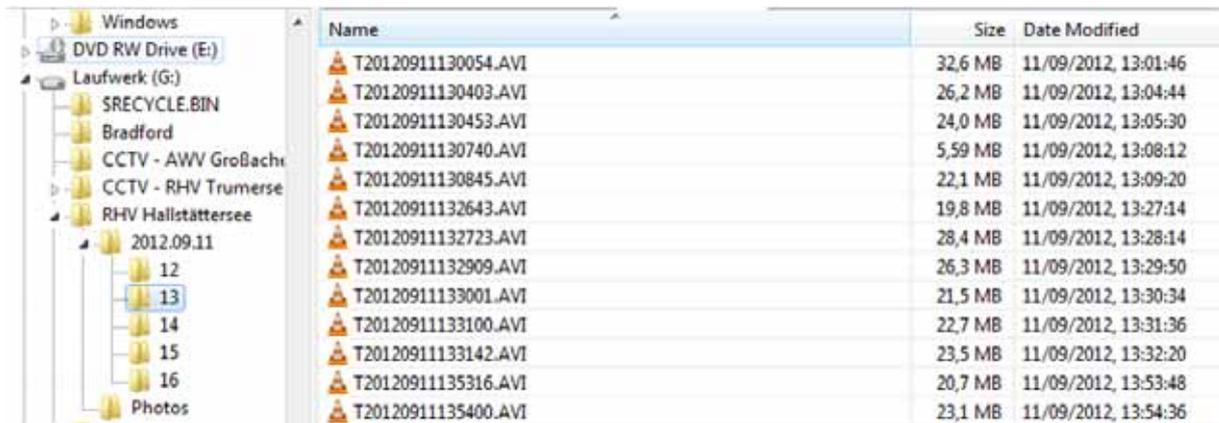


Abbildung 139 - Beispiel der Videodateibezeichnung eines Kameraherstellers

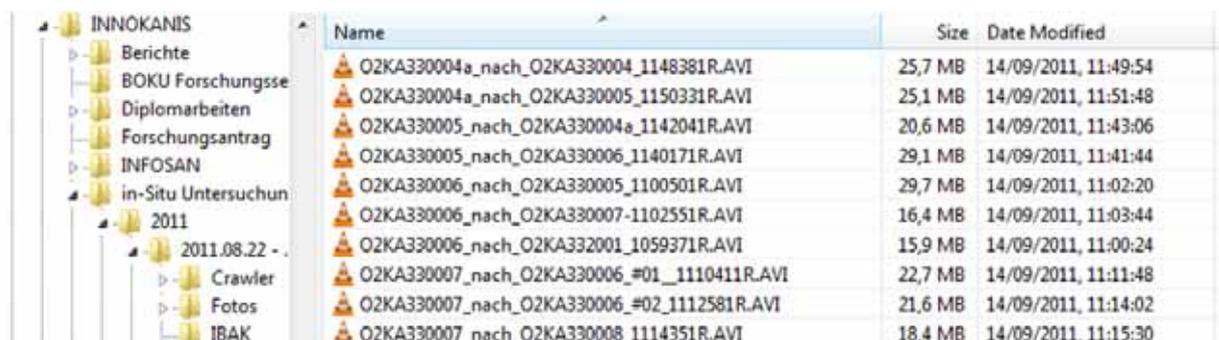


Abbildung 140 - händische Umbenennung der Videodateinamen nach den Untersuchungen

Da diese Vorgehensweise sehr unpraktikabel und fehleranfällig ist, wurde als Abhilfe ein Programm entwickelt, welches die entsprechenden Stammdaten aus der jeweiligen Betriebsführungssoftware (derzeit erfolgreich getestet bei GISBERT und Barthauer) exportiert und in das Video des elektronischen Spiegels einblendet, wie es derzeit bei der herkömmlichen TV-Inspektion standardmäßig durchgeführt wird (siehe Abbildung 141). Zusätzlich wird automatisch die entsprechende Videodatei umbenannt - dies erfolgt nach dem Muster „Inspektion von Schacht bis Schacht“ (siehe Abbildung 142).



Abbildung 141 - Einblendung der Stammdaten in das Videobild

Ergebnisse

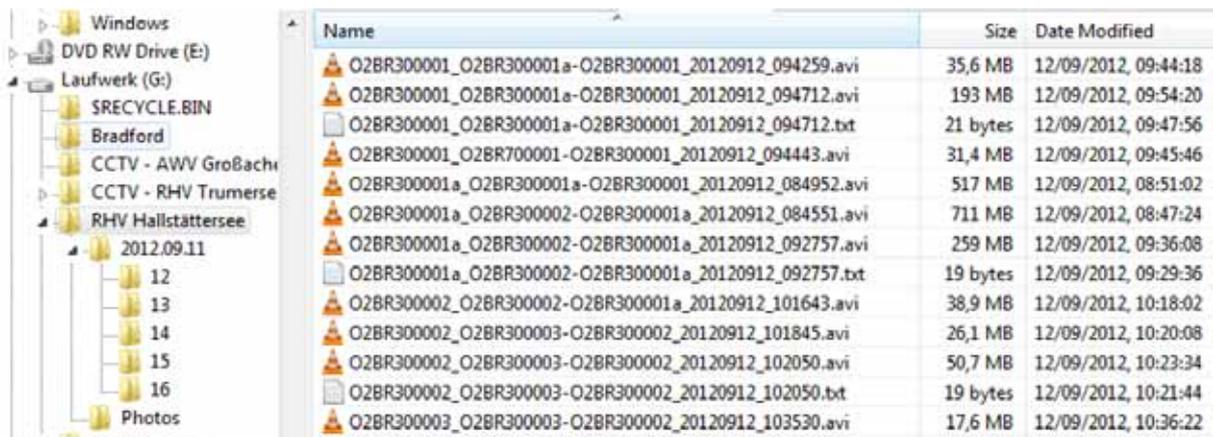


Abbildung 142 - Automatisierte Umbenennung der Videodateien

Die zeitaufwändige manuelle Umbenennung der Videodateien entfällt somit. Voraussetzung dafür ist, dass ein Tablet-PC bzw. Laptop mit der entsprechenden Betriebsführungssoftware zu den Untersuchungen mitgenommen wird, welcher mit dem elektronischen Spiegel verbunden ist. Durch diese Neuentwicklung wird es nun möglich, die erstellten Videos in die entsprechende Betriebsführungssoftware zu importieren.



Abbildung 143 - Untersuchungsdurchführung mit adaptiertem Golf-Caddy: Detail Halterung des Laptops

Ergebnisse

Bei der Verwendung eines elektronischen Spiegels können zur Dokumentation des Verschmutzungsgrades Fotos oder Videos (mit einer maximalen Länge von 1 Minute) erstellt werden. Abbildung 146 und Abbildung 147 zeigen dazu Beispiele. Die weißen Stellen in Abbildung 144 sind Spinnweben. Mit Hilfe dieser Art der Inspektion kann einfach und schnell überprüft werden, ob der Selbstreinigungseffekt der Kanalisation ausreichend ist oder eine Haltung gereinigt werden muss.



Abbildung 144 - ausreichender Selbstreinigungseffekt eines Kanalabschnittes



Abbildung 145 - erhöhtes Ablagerungsaufkommen aufgrund eines baulichen und/oder betrieblichen Mangels

Ergebnisse

Im Rahmen des INNOKANIS Projekts wurde im Jahr 2012 der Reinigungsbedarf von 342 Haltungen (entspricht 9,4 km) mit Hilfe eines elektronischen Spiegels ermittelt. Die Auswertung ergab, dass mehr als 2/3 der untersuchten Haltungen keiner Reinigung bedürfen (siehe Abbildung 146 und Abbildung 147). Lediglich 1 % der Misch- bzw. 11 % der Trennkanalisationen wiesen eine Ablagerungshöhe von ≥ 15 % und somit einen Reinigungsbedarf auf. Für die Mehrheit der untersuchten Haltungen war der Selbstreinigungseffekt der Kanalisation jedoch ausreichend.

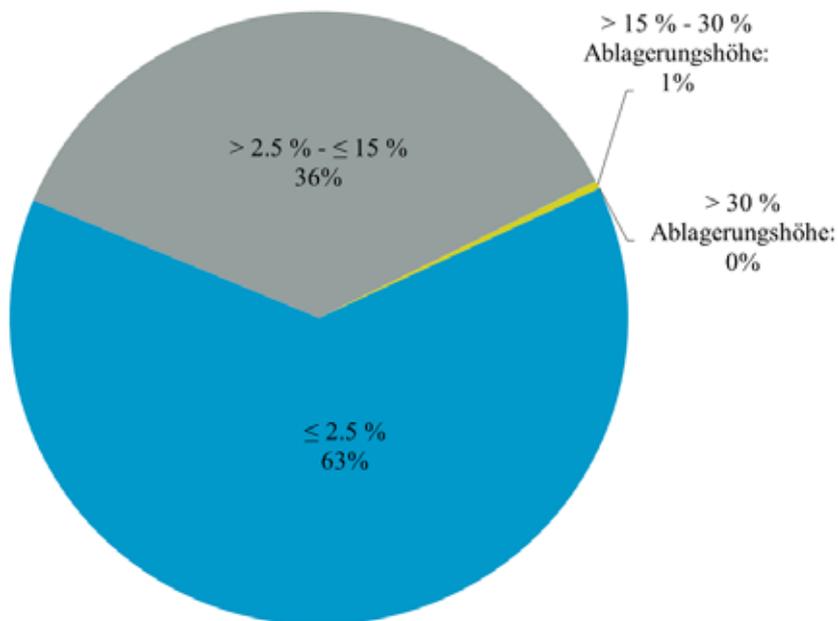


Abbildung 146 - Anteile Ablagerungshöhe in Haltungen der Mischwasserkanalisation

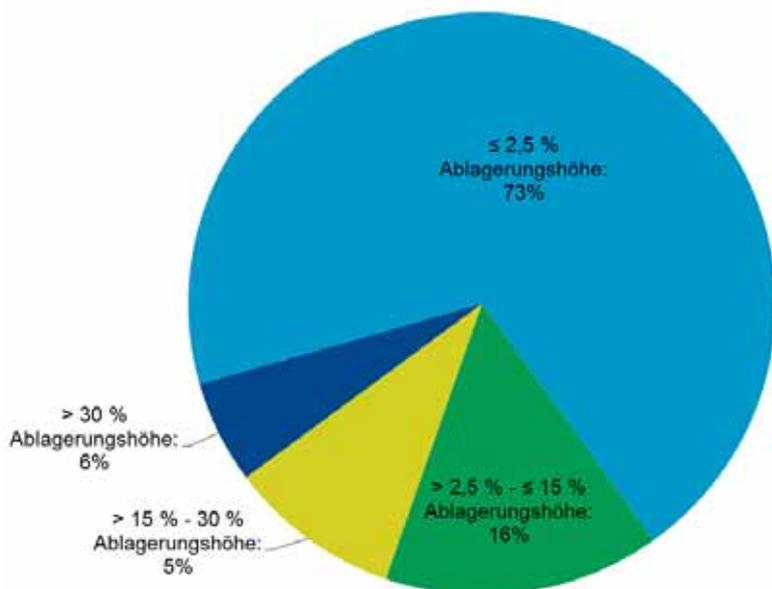


Abbildung 147 - Anteile Ablagerungshöhe in Haltungen der Trennkanalisation

Ergebnisse

Eine Inspektion mittels elektronischen Spiegels hat weiters auch den Vorteil, dass betriebliche Hindernisse bzw. deren Veränderung beobachtet werden können, z. B. eine beginnende Verwurzelung (Abbildung 148). Dies stellt eine wichtige Information für das Kanalisationsunternehmen dar, obwohl es sich im Trockenwetterfall noch um keine betriebliche Einschränkung handelt. In weiterer Folge sind mit geringem Aufwand eine Beobachtung des erfassten Zustands sowie eine rechtzeitige Behebung möglich, bevor ein betriebliches Problem (z.B. eine Verstopfung) entsteht.



Abbildung 148 - beginnende Verwurzelung

6.7.2 Auswirkungen einer geänderten Reinigungsstrategie

Wird die Reinigungsstrategie von präventiv auf bedarfsorientiert geändert, können gegebenenfalls folgende Auswirkungen beobachtet werden:

6.7.2.1 Betriebliche Auswirkungen

Abbildung 149 zeigt anhand eines anonymisierten Beispiels die Kanalräumgutmengen eines Gemeindekanals sowie des dazugehörigen Verbandskanals nach Änderung der Reinigungsstrategie der Gemeinde von präventiv auf bedarfsorientiert im Jahr 2010. Die Reinigung des Gemeinde- und des Verbandskanals wird getrennt durchgeführt, wobei die Reinigungsstrategie auf Verbandsebene (präventiv) nicht geändert wurde. In der Abbildung ist deutlich zu erkennen, dass sich die Kanalräumgutmenge im Gemeindekanal 2010 von 116 t/a auf

Ergebnisse

89 t/a und 2011 weiter auf 64 t/a verringert hat. Im Gegensatz dazu hat sich die Kanalräumgutmenge im Verbandskanal 2010 von 85 t/a auf 137 t/a und in weiterer Folge 2011 auf 150 t/a erhöht.

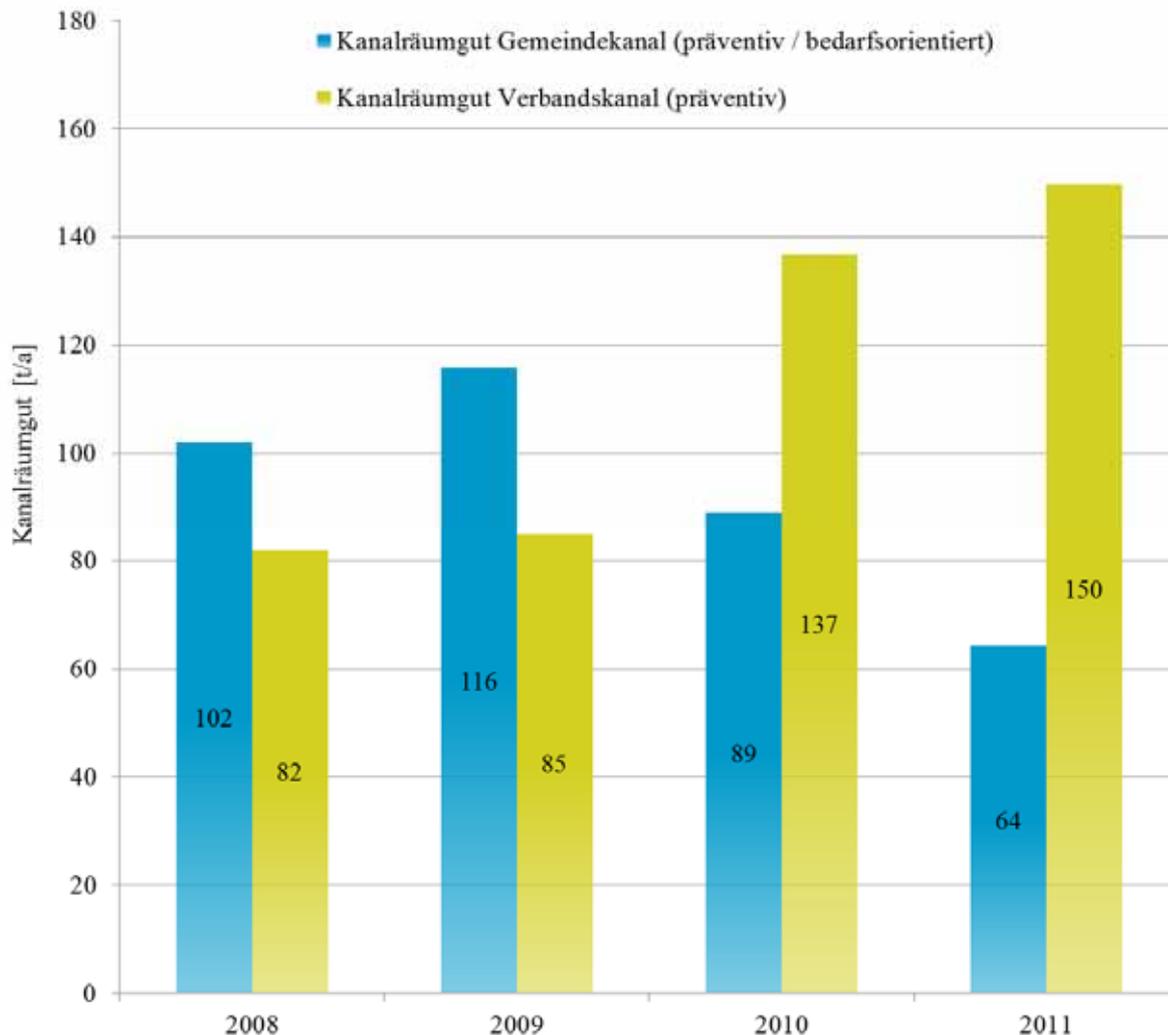


Abbildung 149 - Auswirkungen der geänderten Reinigungsstrategie

Das nun durch die bedarfsorientierte Reinigungsstrategie bewusst im Gemeindegkanal zurückgelassene Sediment gelangte in weiterer Folge in den Verbandskanal, der nach wie vor präventiv gereinigt wird. Dadurch erhöhten sich dort ab dem Jahr 2010 die zu entfernenden Kanalräumgutmengen. Inwieweit der Selbstreinigungseffekt im Verbandskanal ebenfalls ausreichend wäre, lässt sich nicht überprüfen, solange der Betreiber des Verbandskanals nicht auch seine Reinigungsstrategie von präventiv auf bedarfsorientiert umstellt.

Während die Summe der in beiden Netzen angefallenen Räumgutmengen beim Umstieg auf eine bedarfsorientierte Reinigung des Gemeindegkanals annähernd gleich geblieben ist (siehe Abbildung 149), wurden insgesamt weniger Haltungen, jedoch mit intensiveren Ablagerungen gereinigt.

Gesundheitliche Gefährdungen für das Betriebspersonals durch den Verbleib der Ablagerungen im Kanal, z. B. infolge von Gasbildung unter anaeroben Bedingungen wurden im Gemeindegkanal nicht festgestellt. Auswirkungen im Verbandskanal wurden nicht untersucht.

6.7.2.2 Finanzielle Auswirkungen

Die Verringerung der Räumgutmenge im Gemeindekanal lässt sich auf die Umstellung der Reinigungsstrategie von präventiv auf bedarfsorientiert zurückführen. Im Jahr 2010 wurde begonnen, mit Hilfe eines elektronischen Spiegels jene Haltungen zu identifizieren, die eine erhöhte Ablagerungsanfälligkeit aufweisen. Haltungen, bei denen eine bestimmte Querschnittsreduzierung nicht überschritten wurde, wurden auch nicht gereinigt. Da die meisten Haltungen der Gemeindekanalisation aufgrund des Selbstreinigungseffekts keinen erhöhten Verschmutzungsgrad aufwiesen, konnte die Gemeinde ihre Kanalreinigungskosten um ca. zwei Drittel senken.

Beim Verbandskanal erhöhten sich die Räumgutmengen ab dem Jahr 2010 und es kam zu einem Anstieg der Kanalreinigungskosten. Zur Feststellung des Selbstreinigungseffekts im Verbandskanal müsste auch hier die bestehende Reinigungsstrategie von präventiv auf bedarfsorientiert umgestellt werden, um die Auswirkungen auf das Ablagerungsverhalten im Kanal untersuchen zu können.

6.7.2.3 Umweltrelevante Auswirkungen

Durch die Änderung der Reinigungsstrategie im Gemeindekanal und das dadurch erhöhte Ablagerungsaufkommen im Verbandskanal können sich negative Umweltbelastungen ergeben. Diese potenziellen Auswirkungen, wie z. B. erhöhter Schmutzfrachtaustrag aus Mischwassersystemen bei großen Regenabflüssen aufgrund des erhöhten Ablagerungsaufkommens im Verbandskanal, müssen im Betrieb entsprechend berücksichtigt werden. Daher ist eine Änderung der Reinigungsstrategie durch die Gemeinde nur in Absprache mit dem Verband durchzuführen. Beim angeführten anonymisierten Beispiel einer Gemeinde wurden bis heute keine umweltrelevanten Auswirkungen beobachtet.

6.8 Endfassung zum Pflichtenheft, das als Hilfestellung für die Ausschreibung der Software für die Betriebsführung der Kanalisationsunternehmen dienen soll (Schmidt, 2012)

Im Rahmen des INNOKANIS-Projekts sollte ein Pflichtenheft „light“ für die Schachtinspektion entwickelt werden, das einerseits einen Leitfaden für eine Inspektion nach „Stand der Technik“ für die Kanalisationsunternehmen bereitstellt, und andererseits die einzelnen Arbeitsschritte als Use Cases für die Softwareentwickler aufbereitet. Weiters sollen die neuen Erkenntnisse der „Kombinierten Inspektion“ („Stand der Forschung“) berücksichtigt werden und in Form eines weiteren Pflichtenhefts in die Use Case Entwicklung integriert werden. Die Basis für die Erstellung beruht auf Erhebungen bei den sechs Kanalisationsbetreibern im INNOKANIS-Projekt.

Ein weiterer Punkt soll die Erstellung eines Vorschlags für die Schachtkennzeichnung sein, um ein sinnvolles System für Kanalisationsunternehmer zu bieten, die sich noch im Anfangsstadium der Katastererstellung befinden. Diesbezüglich sollen auch Möglichkeiten für eine automatische Schachtidentifikation aufgezeigt werden, da einerseits mit längeren

Schachtbezeichnungen die Fehleranfälligkeit bei der Eingabe steigt und andererseits eine sichere Zuordnung von Schäden oder Wartungsarbeiten erfolgen soll.

6.8.1 Schachtbezeichnung und Identifikation

6.8.1.1 Schachtkennzeichnung

Eine eindeutige Schachtkennzeichnung im LIS (Leitungsinformationssystem) ist erforderlich, damit durchzuführende Arbeiten an den richtigen Schächten erfolgen. Außerdem wird Ortskundigen eine Kontrolle über die Richtigkeit ihres Standortes ermöglicht. Wenn mehrere Schächte nebeneinander angeordnet sind, ist es hilfreich Schachtbezeichnungen anzubringen (siehe Abbildung 150).



Abbildung 150 - Anhäufung von Schachtdeckeln (BOKU Wien, 2011)

Für die Schachtbezeichnung wird folgendes Schema vorgeschlagen:

1. Anfangsbuchstabe, damit alle Leitungsträger diese Bezeichnung als kanalzugehörig identifizieren können (z.B. K...Kanal, dementsprechend z.B. T...Trinkwasser, G...Gas,... - sinnvoll wenn alle Leitungsträger in einem Plan abgebildet werden)
2. Kennzeichnung der Zugehörigkeit (O...Ortskanal, V...Verband, H... Hausanschluss)
3. Kanalart (1...Regenwasserkanal, 2...Schmutzwasserkanal, 3...Mischwasserkanal, 4...Druckleitung)
4. Bauabschnitt (eventuelle 2-stellig, A-Z, A...Älteste Teile)
5. Gemeindebezeichnung (Anfangskürzel)
6. Ortsteilbezeichnung (Anfangskürzel)
7. Strangbezeichnung (Dreistellig)
8. Schachtbezeichnung (Vierstellig, letzte Stelle 0 um Zwischenschächte einzufügen)

6.8.1.2 Haltungskennzeichnung

Aufgrund der leichteren Verständlichkeit wird eine Haltungsbezeichnung nach dem Schema Anfangsschacht-Endschacht, in Fließrichtung gesehen, vorgeschlagen.

6.8.1.3 Strangbezeichnung

Als Strangbezeichnung wird die gleiche Bezeichnung wie für den Schacht vorgeschlagen, mit der Ausnahme, dass die fortlaufende Schachtnummer entfällt.

6.8.1.4 Schachtidentifikation

Bei der Schachtidentifikation werden drei Varianten untersucht. Erstens die Kennzeichnung mittels Tafel, zweitens die Kennzeichnung mit Barcodes und drittens die Kennzeichnung mit Transponderchips (siehe Tabelle 16).

Tabelle 16 - Möglichkeiten der Schachtidentifikation beim Schacht

	Tafel	Barcode	Transponder
			
Vorteile	Gut lesbar, da es nicht auf eine für den Computer lesbare Anordnung ausgerichtet ist; Gegebenenfalls auch von unten bei der Kamerabefahrung zu identifizieren	Günstig, zeigt neben dem Barcode auch eine für Menschen lesbare Information an; Schacht wird eindeutig erkannt; Kontrollmöglichkeit ob zumindest der Deckel geöffnet wurde	Günstig; unempfindlich gegen Schmutz; Übertragung des Schachtcodes per Bluetooth auf das mobile Endgerät; Schacht wird eindeutig erkannt; Kontrollmöglichkeit ob zumindest der Deckel geöffnet wurde
Nachteile	Keine automatisierte Übernahme des Schachts in die Inspektionssoftware; eine Falschwahl ist daher nicht auszuschließen	Direkte Übernahme der Schachtbezeichnung in die Inspektionssoftware und Inspektion des richtigen Schachtes; bei leichter Verschmutzung ist eine Reinigung erforderlich (Handschuh); fallweise verschwinden Barcodes (laut AWW werden diese vermutlich bei Arbeiten heruntergetreten) bzw. sind sie fallweise in sehr verschmutzten Schächten nicht sofort auffindbar	Direkte Übernahme der Schachtbezeichnung in die Inspektionssoftware und Inspektion des richtigen Schachtes; keine für den Menschen lesbare Informationen vorhanden; maximale mögliche Distanz zwischen Chip und Lesegerät ca. 2 cm

Ergebnisse

Einen Größenvergleich zwischen der Identifikation mittels Barcodes und Transponder zeigen die Abbildung 151 und Abbildung 152.



Abbildung 151 - Größenvergleich Barcode - Zollstock



Abbildung 152 - links: RFID Chip zur Schachtidentifikation; rechts: RFID Lesegerät zum Auslesen der Schachtbezeichnung (BOKU Wien, 2012)

6.8.2 Schachtinspektion Variante „Light“

6.8.2.1 Workflow optimierte Schachtinspektion

Als Basis für das Pflichtenheft sowie die Use Case Beschreibung des Arbeitsablaufes, wird hier in textlicher Form eine Auflistung der Arbeitsabläufe vorgenommen. Nach dem Anlegen eines Wartungsplans, kann der weitere wiederkehrende Arbeitsprozess in drei Prozesse unterteilt werden.

1. Vorbereitungen auf der Kläranlage (Export der Datenbank auf ein mobiles Gerät)
2. Die einzelnen Schachtinspektionen (dieser Schritt wird mehrmals durchgeführt)
3. Import der aufgenommenen Daten vom mobilen Gerät auf den zentralen Server

Ad 1:

1. Auftrag an den zuständigen Inspekteur
2. Auswahl der Zone für die Inspektion
3. Ausdruck der Pläne des zu inspizierenden Gebietes, falls kein digitaler Plan im Gelände verwendet wird.

Ad 2:

4. Auffinden des richtigen Schachts im Gebiet
5. Verkehrsabsicherung
6. Öffnen des Deckels
7. Kontrolle ob der richtige Schacht ausgewählt wurde (Scan des Barcodes oder des RFID-Transponders)
8. Tafel mit Schachtbezeichnung bzw. Barcode fotografieren
9. Bestimmung der Lage des Konus
10. Kodierung aller Zuläufe (Uhrzeitreferenz mit Hauptabfluss auf 12 Uhr)
11. Höhenmessung der Zuläufe
12. Messung des Abstichmaßes
13. Erfassung der Deckelart
14. Abschätzung des Inhalts der Schmutztasse
15. Erfassung aller Zustände von oben nach unten und von 0 nach 12 Uhr
16. Erfassung der Ablagerungen in der Gerinnesohle (mit der Messlatte)
17. Fotodokumentation des Schachtes, Schmutztasse, Umgebungsaufnahme
18. Abbau Verkehrsabsicherung
19. Auswahl des nächsten zu inspizierenden Schachtes

Ad 3:

Ergebnisse

20. Am Ende des Tages übertragen der Daten in die Betriebsführungssoftware
21. Kontrolle der Daten und Ausgabe von Schadensprotokollen für die Sanierung

6.8.2.1.1 Use Case Diagramme optimierte Schachtinspektion

Abbildung 153 zeigt den Use-Case Ablauf der Tätigkeiten vor Beginn der Datenerfassung beim Schacht.

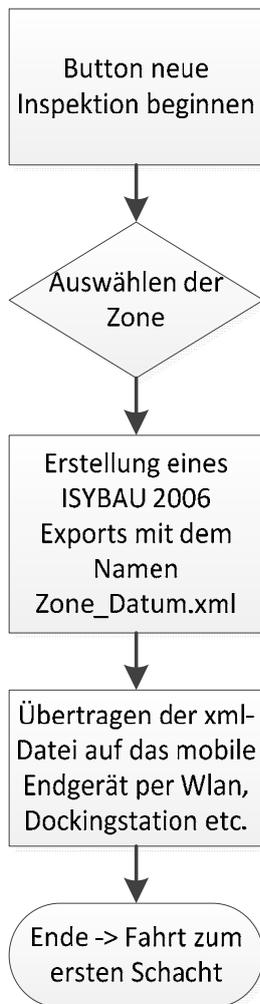


Abbildung 153 - Use-Case Inspektionsbeginn

Ergebnisse

Den Use-Case Ablauf bei Beginn der Schachtinspektion zeigt Abbildung 154. Es wird davon ausgegangen, dass zwei Personen bei der Schachtinspektion anwesend sind. Die unterschiedlichen Tätigkeiten der beiden Personen wurden farblich hervorgehoben.

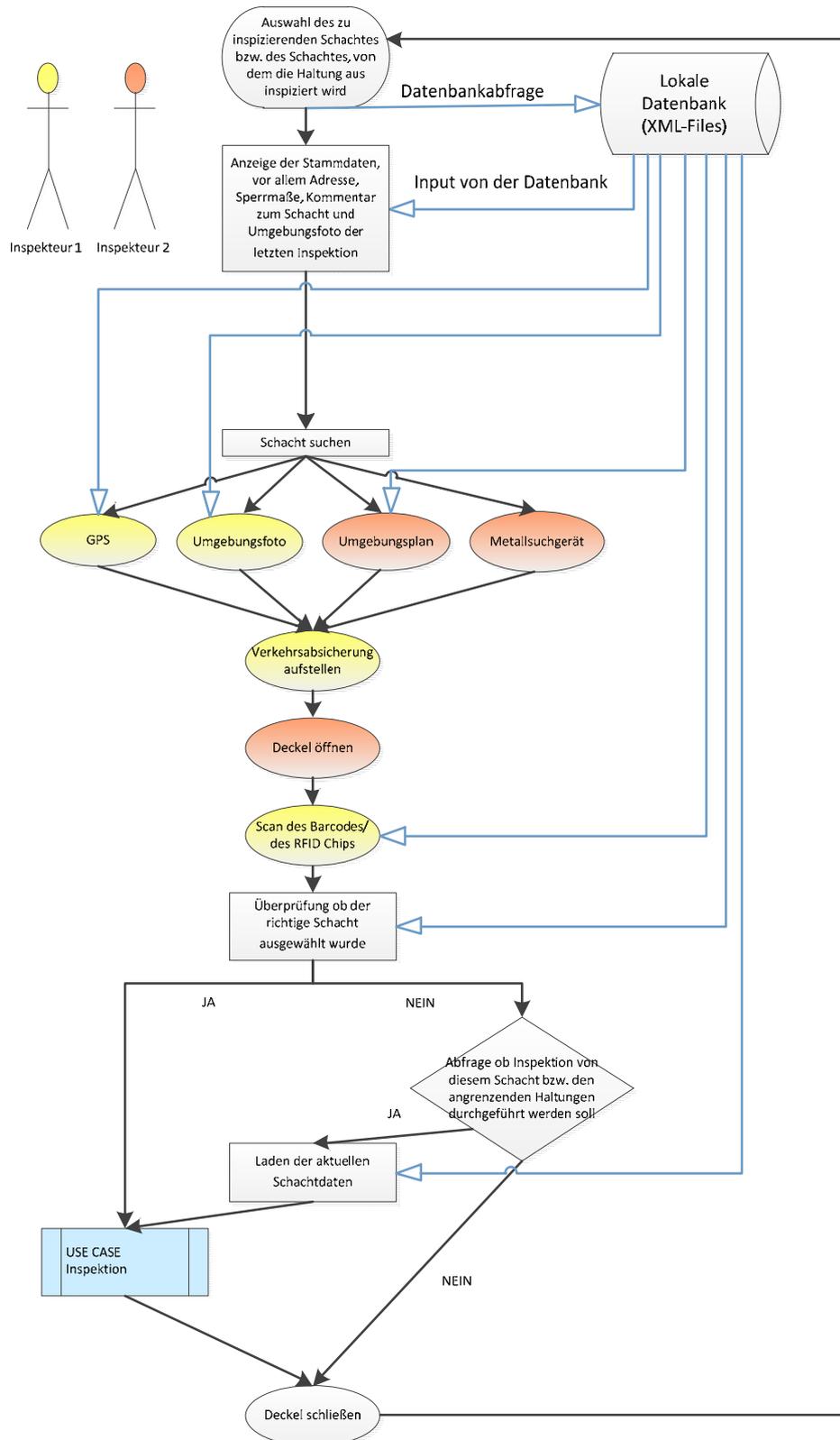


Abbildung 154 - Use-Case Schachtinspektion, Beginn

Ergebnisse

Die eigentliche Schachtinspektion ist in Abbildung 155 und Abbildung 156 dargestellt. Dabei wurde als Beispiel der Darstellung die Betriebsführungssoftware GISBERT herangezogen.

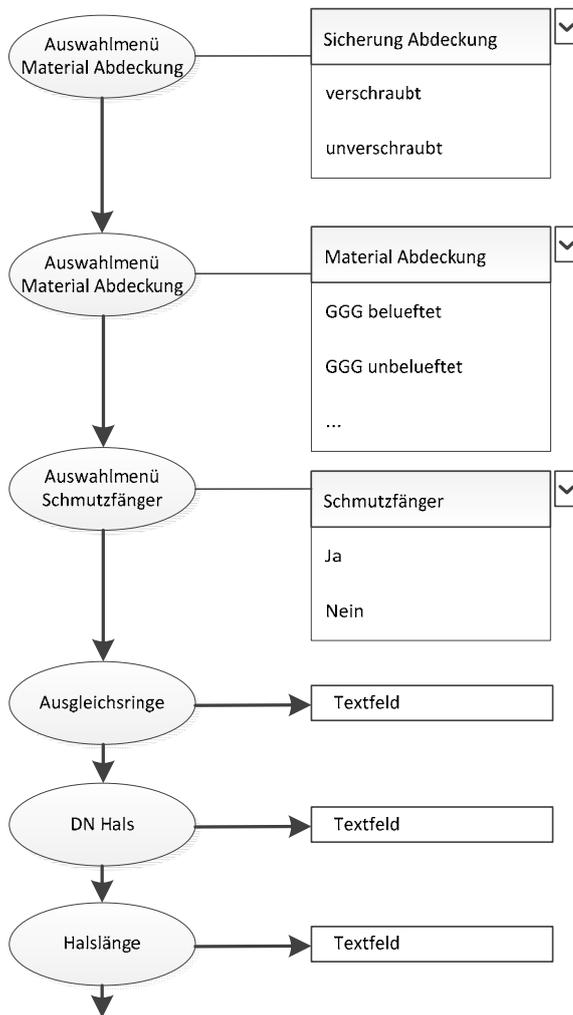


Abbildung 155 - Use Case Schachtinspektion (angelehnt an Gisbert) - Teil 1 (linke Abbildung), Teil 2 (rechte Abbildung)

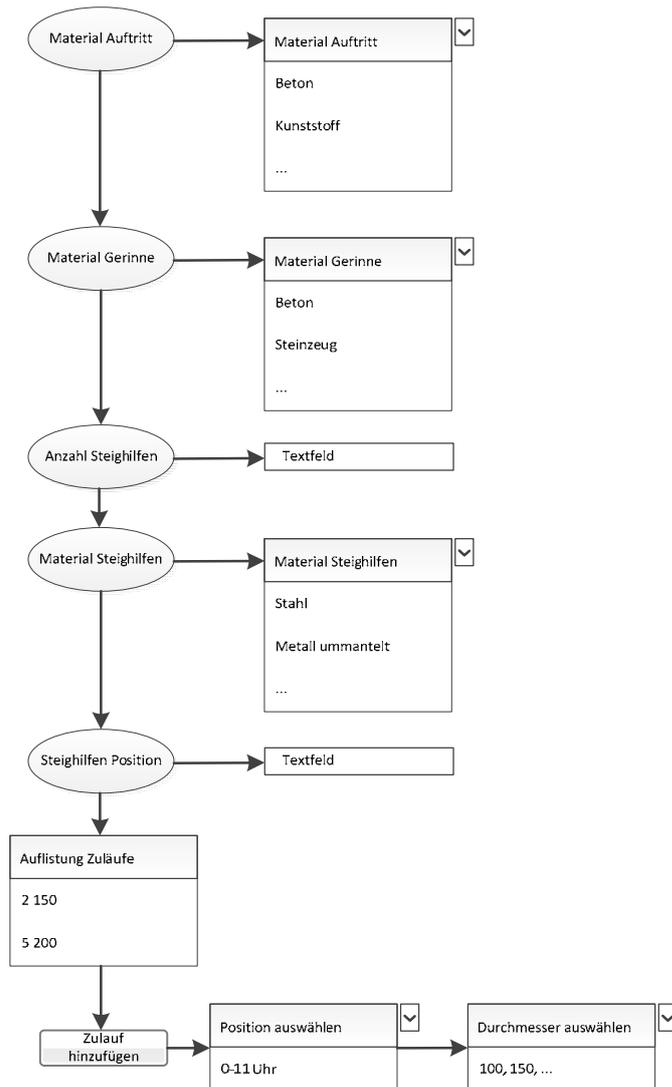


Abbildung 156 - Use Case Schachtinspektion (angelehnt an Gisbert) - Teil 3 (linke Abbildung), Teil 4 (rechte Abbildung)

6.8.2.2 Schachtinspektion „Kombinierte Version“

Bei der kombinierten Version müssen vor allem folgende Punkte beachtet werden:

1. Bei jedem Schacht sind auch die angeschlossenen Haltungen und ihre Bezeichnung von Interesse
2. Es wird eine Darstellungsfläche für das Videobild benötigt
3. Es werden Buttons für die Ansteuerung des kombinierten Tools benötigt
4. Es muss eine Schnittstelle zwischen der Akustik, dem Videobild dem elektronischen Spiegel sowie der Kataster-Software entwickelt werden

Als erster Vorschlag wurde der folgende Programmaufbau entwickelt (siehe Abbildung 157 und Abbildung 158).

Ergebnisse

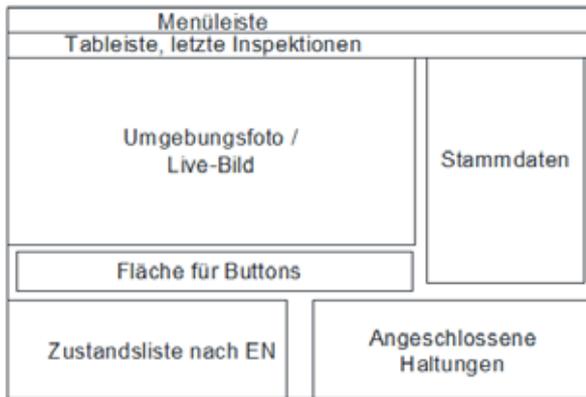


Abbildung 157 - Programmaufbau Schachtinspektion

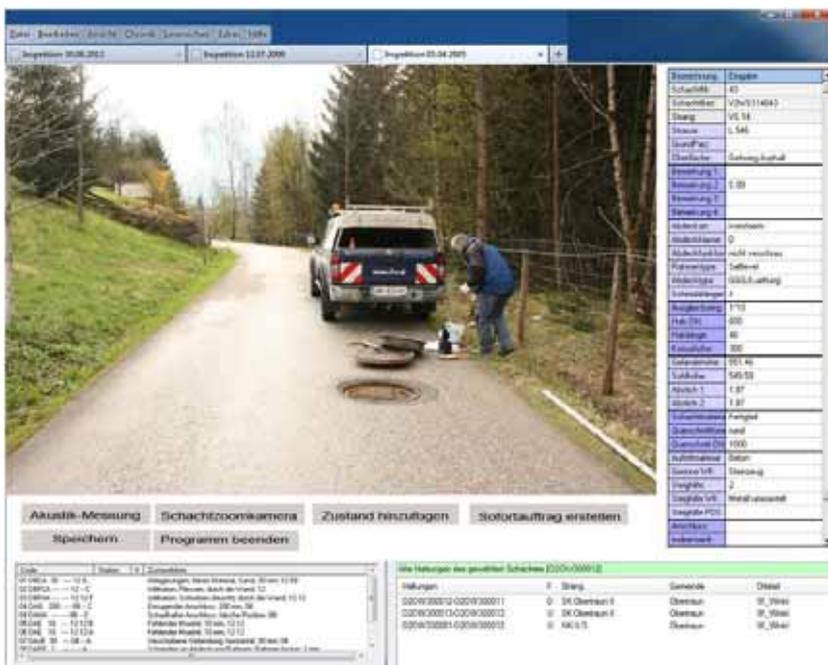


Abbildung 158 - Tool zur kombinierten Schachtinspektion, angelehnt an Gisbert

6.9 SWOT-Analyse

6.9.1 Ergebnisse aus dem Startworkshop

6.9.1.1 Ergebnis der SWOT-Analyse - Gruppe Behörde und Abwasser- bzw. Reinhalteverbände

Stärken - Strengths: Wenn ein kombiniertes Inspektionsgerät entwickelt wird, dann sollte dieses von der Behörde (Österreichisches Lebensministerium, Behörden der jeweiligen Bundesländer) auch wasserrechtlich anerkannt werden. Die Anwendung des kombinierten Gerätes soll durch das eigene Personal der Abwasser- bzw. Reinhalteverbände erfolgen, was zur Folge hätte, dass das Image des Personals aufgewertet würde. Des Weiteren könnten die Verbände mit diesem Gerät Fremdfirmen (Kanalreinigungsfirmen, Sanierungsfirmen, ...) zusätzlich kontrollieren sowie deren Leistung beurteilen. Die Folge davon wäre, dass sich dadurch Effizienzsteigerungen und Einsparungen bei den Gesamtkosten ergeben könnten. Auch sollten die Ergebnisse der Inspektion automatisiert in die jeweilige Betriebsführungssoftware eingebunden werden, was eine weitere Unabhängigkeit gegenüber externen Technikern ermöglicht.

Schwächen - Weaknesses: Mit der Kombination ergibt sich für das Personal ein zusätzliches Tätigkeitsfeld, der Verdienst des Mitarbeiters bleibt jedoch gleich.

Chancen - Opportunities: Mit dem Kärtchen „Ersetzt fahrbare Systeme“ (siehe dazu Abbildung 159) ist gemeint, dass damit dem Mitarbeiter ein zusätzliches Gerät zur Verfügung steht, um eigenständige Überprüfungen des Kanalsystems durchführen zu können. Erweitert werden könnte das kombinierte Gerät mit einem zusätzlichen Infrarot-Sensor, damit Wassereintritte bei Rissen schneller und leichter erkannt werden könnten aufgrund des Temperaturunterschiedes zwischen eindringendem kaltem Wasser und „trockener warmer“ Kanalwand. Das Kärtchen „automatische Fotos“, welches zuerst im Feld „Chance“ positioniert wurde, wanderte nach Diskussion zwischen den Feldern „Stärken - Strengths“ und „Chancen - Opportunities“. Angedacht wurde dabei, dass sich der elektronische Spiegel aufgrund des Ergebnisses der akustischen Zustandserfassung zum jeweiligen Zustand hinzoomt und automatisch ein Foto macht.

Gefahren - Threats: Als Gefahr des kombinierten Gerätes sah die Gruppe, dass aufgrund der neuen Inspektionstechnologie zusätzliches Personal erforderlich sein wird. Beim Kärtchen „Daten overkill“, welches zuerst im Feld „Schwächen“ angebracht wurde, erfolgte nach Diskussion eine Neupositionierung in das Feld „Gefahren“, weil durch die zusätzliche Inspektion ein Vielfaches an zu verwaltenden Daten von den Betreibern befürchtet wird.

Ergebnisse der SWOT Analyse – Behörde und Abwasser- bzw. Reinhaltverbände	
Stärken - Strengths	Schwächen - Weaknesses
<div style="display: flex; flex-wrap: wrap;"> <div style="width: 50%; border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Wasserrechtliche Anerkennung (Sbg. §134)</div> <div style="width: 50%; border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Eigenes Personal macht Inspektion</div> <div style="width: 50%; border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Aufwertung Personal und „Image“</div> <div style="width: 50%; border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Kontrolle HD-Reinigung</div> <div style="width: 50%; border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Effizienzsteigerung</div> <div style="width: 50%; border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Einsparung Gesamtkosten</div> <div style="width: 50%; border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Datenfluss automatisiert</div> </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Höhere Anforderung → gleiches Gehalt</div>
Chancen - Opportunities	Gefahren - Threats
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Automatische Fotos</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Ersetzt fahrbare Systeme</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Infrarot-Überlagerung</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Zusätzliches Personal</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Daten overkill</div>

Abbildung 159 - Ergebnis der SWOT-Analyse - Behörde und Abwasser- bzw. Reinhaltverbände

6.9.1.2 Ergebnis der SWOT-Analyse - TV-Inspektionsfirmen und Universität-Bradford

Stärken - Strengths: Der elektronische Spiegel ist ein günstiges System, das einfach zu handhaben ist und einen schnellen ersten Eindruck vom Kanalsystem liefert. Die Stärken beim kombinierten Gerät wären, dass Hindernisse gesehen werden können, die derzeit mittels reiner optischer Inspektion nicht möglich sind, wie z.B. die Untersuchungen von Haltungen mit vorhandenen Krümmungen. Dabei könnten die Vorteile beider Systeme kombiniert werden. Auch wird damit die präzise Zuordnung der erfassten Zustände durch die SewerBatt® möglich.

Schwächen - Weaknesses: Für die Kombination ist eine eigene Software zu entwickeln, die höhere Kosten bei der Herstellung des elektronischen Spiegels verursacht. Die Anwender müssen für die Inspektion mittels kombinierten Gerätes extra eingeschult und trainiert werden, da die Software nicht die Interpretation beider Systeme abdecken kann. Auch gibt es derzeit bei der SewerBatt® nicht für alle Rohrprofile ein Erfassungsgerät, sodass ein Wechsel bei unterschiedlichen Rohrdimensionen und Rohrprofilen erforderlich sein wird.

Chancen - Opportunities: Eine Chance besteht durch Kombination darin, dass die Ausnutzung der Vorteile beider Messgeräte (z.B. kann die SewerBatt in den ersten 5 m keine Zustandserkennung durchführen; beim elektronischen Spiegel ist ab ca. 25 m mit Einschränkungen der Zustandserkennung zu rechnen, usw.) ein schnelleres und genaueres Zustandsbild der Haltung ermöglicht als nur bei Verwendung eines dieser Erfassungsgeräte. Der Datenbankaufbau der SewerBatt® wird mit der Kombination beschleunigt, sodass eine Steigerung der akustischen Erkennungsrate schneller erreicht werden kann. Mit diesem kombinierten Gerät könnte sich ein neues Gerät auf dem Markt etablieren. Auch kann damit die historische Entwicklung von Zuständen leichter beobachtet und dokumentiert werden, was ebenfalls eine Chance für den jeweiligen Betreiber darstellt, da dieser ein besseres und umfassendes Bild von seinem Kanalsystem erhält.

Gefahren - Threats: Eine Gefahr der Kombination besteht darin, dass obwohl nicht alle vorhandenen Zustände in einer Haltung erkannt werden können, das Personal das Ergebnis als vollständig betrachtet. Eine weitere Gefahr besteht auch darin, dass durch die Kombination beider Systeme die Handhabung des Gerätes für das Personal komplizierter und dadurch unpraktischer wird. Auch wird mit der Kombination das Gerät teurer. Es stellt sich auch die Frage, ob die Entwicklung beider Systeme überhaupt eine Bedeutung am internationalen Markt hat bzw. ob dieses System auch von den Firmen und von den öffentlichen Stellen (Förderstelle, Bund, Land, ...) akzeptiert wird.

Ergebnisse der SWOT Analyse – TV-Inspektionsfirmen und Uni Bradford			
Stärken - Strengths		Schwächen - Weaknesses	
Einfache Handhabung	Schneller 1. Eindruck	Need to design single software	SewerBatt comes in 2 sizes (opportunity → redesign)
Günstiges System	SewerBatt results will be less ambiguous → supported by Zoomcamera images	Höhere Kosten als „nur“ Zoomkamera	Operators have to be trained to use both technologies
Rapid preliminary inspection → quick decision	Zoomcamera will allow to position SewerBatt in precise way	Zoomcamera will affect SewerBatt and cause reflections and we don't know what those will be	
Zoomcamera scans all at close distances where SewerBatt is blinded	SewerBatt can inspect bend pipes, pipes with steam, long blocks		
Where SewerBatt has a broad reflection (i.e. from 2 defect closely ..) Zoom-camera will help to clarify that			
Chancen - Opportunities		Gefahren - Threats	
Kombination Optik / Sensorik → besseres und schnelleres Fehlerbild	cheap	CCTV companies	Hat das System Bedeutung im intern. Markt?
Extend the rage SewerBatt – 0 – 5m Zoom-Camera – 25 – 50m	Easy operation and speed	Software complexity ?!	Nicht alle Defekte werden erkannt
Build signature database (with Zoomcamera pictures)	commercialise	Get recognition (Government and operational companies)	Komplizierte Handhabung
Record one pipe once, come back and record it again → automatic reflection comparision (will show if anything has changed) in %	For unrecognised signatures it can be re??? to Zoomcamera	Zu viele Features in einem System → höhere Kosten	

Abbildung 160 - Ergebnis der SWOT-Analyse - TV-Inspektionsfirmen und Universität Bradford

6.9.1.3 Ergebnis der SWOT-Analyse - Softwarehersteller

Stärken - Strengths: Mit der Entwicklung eines Pflichtenheftes kann eine einfachere Handhabung der Betriebsführungssoftware erreicht werden - dies ist somit Grundlage für alle weiteren Softwarehersteller. Bei der herkömmlichen TV-Inspektion werden Bilder und Videos erzeugt, die in eine entsprechende Software importiert werden. Beim zukünftig kombinierten Gerät (elektronischer Spiegel und SewerBatt) werden zusätzliche Daten generiert, die ebenfalls in die jeweilige Software importiert werden sollen. Auch soll eine einheitliche Schnittstelle wie ISYBau XML erstellt werden, sodass damit auch die Akzeptanz für den Datenimport in ein Kanalinformationssystem erleichtert wird.

Schwächen - Weaknesses: Es werden aufgrund des kombinierten Gerätes höhere Entwicklungskosten anfallen → hier stellt sich die Frage der Rentabilität.

Chancen - Opportunities: Durch die zukünftig unterschiedlichen Inspektionsmethoden beim Abwasser- bzw. Reinhaltverband (kombinierte Inspektion und Inspektion mittels mobilen Fahrwagens) wird die Datenqualität beim Leistungsinformationssystem (LIS) verbessert. Damit lässt sich eine bedarfsorientierte TV-Inspektion aufbauen. Reicht die kombinierte Inspektion für eine wasserrechtliche Genehmigung? Diese Frage wird als Chance für das kombinierte Gerät gesehen.

Gefahren - Threats: Die Gefahr beim kombinierten Gerät besteht darin, dass trotz Kombination die erhaltenen Daten keine gute Grundlage für eine bevorstehende Sanierungsplanung darstellen. Die Fragen „Wer macht die Erfassung und wer ist zuständig für die Datenqualität - wird es dazu eine eigene Ausbildung geben?“ bzw. „Welche Methoden können/sollen aufgrund der unterschiedlichen Daten verwendet werden?“ blieben im Raum stehen.

Ergebnisse der SWOT Analyse von den Softwareherstellern	
Stärken - Strengths	Schwächen - Weaknesses
<p>Grundlage für Softwarehersteller</p> <p>Vereinheitlichung durch Pflichtenheft – einfachere Handhabung</p> <p>Akzeptanz für Leitungskataster</p>	<p>Entwicklungskosten - Rentabilität</p>
Chancen - Opportunities	Gefahren - Threats
<p>Kombination Inspektion stationär und mobil</p> <p>Bedarfsorientierte TV-Inspektion, mobil</p>	<p>Keine gute Grundlage für Sanierung</p> <p>Wer macht die Erfassung - Datenqualität</p> <p>Datenaustausch → Schnittstelle</p> <p>Unterschiedliche Daten durch unterschiedliche Methoden</p>

Abbildung 161 - Ergebnis der SWOT-Analyse - Softwarehersteller

6.10 Ergänzende Untersuchungen zum INNOKANIS-Projekt (Kuratko, 2015b)

Aufgrund der ersten Untersuchungen mit den elektronischen Spiegelmodellen, kam es von Seiten weiterer Kanalisationsunternehmen (nicht INNOKANIS Projektpartner) und der Hersteller der elektronischen Spiegelmodelle, zu Anfragen zwecks weiterer Untersuchungen zum elektronischen Spiegel. Daher wurde im Rahmen eines konstruktiven Projekts ein Untersuchungskonzept und Anbot zur Integration eines elektronischen Spiegelmodells in der LINZ AG Abwasser entwickelt (Kuratko A. (2015b): Untersuchungskonzept und Anbot zur Integration eines elektronischen Spiegelmodells in der LINZ AG Abwasser; Konstruktives Projekt. BOKU Wien). Im Rahmen dessen wurden fünf elektronische Spiegelmodelle im Detail miteinander verglichen, die Möglichkeiten der Einbindung der Inspektionsdaten in die Datenstruktur der LINZ AG Abwasser geprüft, sowie eine Kosten-Nutzen-Analyse des elektronischen Spiegels im Vergleich zur herkömmlichen TV-Befahrung durchgeführt.

6.10.1 Vergleich verschiedener Modelle des elektronischen Spiegels

Mit fünf verschiedenen Modellen wurden dieselben Haltungen inspiziert, und mehrere Zustände im Detail miteinander verglichen. Die eingesetzten Spiegelmodelle sind:

- iPEK QuickView Haloptic
- iPEK QuickView X (Prototyp)
- MesSen Nord STV3
- Ritec Schachtkamera
- JT-Elektronik Fast Picture

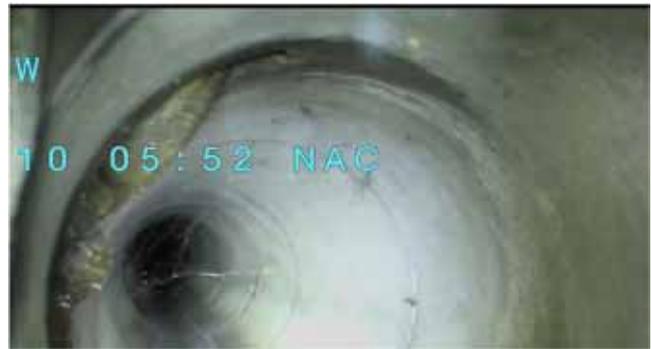
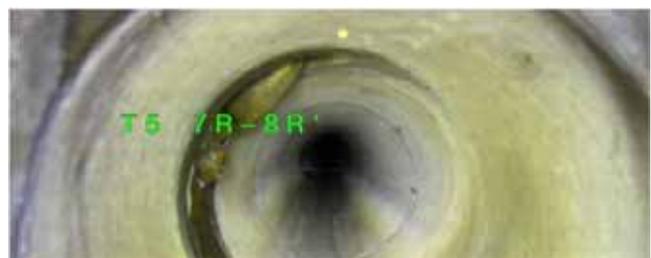
Die technischen Daten der Spiegelmodelle werden verglichen, und folgend werden einzelne Zustände der Testinspektionen im Detail mit allen Kamerasystemen dargestellt und es wird auf Besonderheiten bzw. Unterschiede bei der Darstellung in den Inspektionsbildern eingegangen.

6.10.1.1 Technischer Vergleich der elektronischen Spiegelmodelle

Tabelle 17 - Technischer Vergleich elektronischer Spiedelmodelle (Kuratko, 2015)

	Beleuchtung	Zoom	Fokus	Auflösung	Zusatzfunktionen
iPEK Quick View Haloptic	Punktuelle Lichtsäule	36x optisch; 12x digital	manuell + auto.	442x368	keine
iPEK QuickView X	4xLED; Fern- und Nahbereich	30x optisch; 10x digital	manuell + auto.	1920x1080	keine Kabelverbindungen; Steuerung über Tablet
Ritec Schachtkamera	12xLED; Nah- (4x46°) und Fernbereich (8x6°)	36x optisch; 12x digital	manuell + auto.	800x600	keine
JT-Elektronik Fast Picture	LED-Beleuchtung	30x optisch; 12x digital	manuell + auto.	1920x1080	elektrisches Kippen des Kamerakopfes möglich
MesSen Nord STV3	4xLED Streulicht	22x optisch; 4x digital (begrenzt)	manuell + auto.	795x596	keine

6.10.1.2 Vergleich Spiegelmodelle: Beispiel 1

 <p>Abbildung 162 - Zustand 1: iPEK QuickView Haloptic</p>	 <p>Abbildung 163 - Zustand 1: iPEK QuickView X</p>
 <p>Abbildung 164 - Zustand 1: Ritec Schachtkamera</p>	 <p>Abbildung 165 - Zustand 1: JT-Elektronik Fast Picture</p>
 <p>Abbildung 166 - Zustand 1: MesSen Nord STV3</p>	<p>Länge der Haltung: 38m Entfernung des Zustands: ~2m</p>

Bei dem System iPEK QuickView fällt die punktuelle Ausleuchtung auf. Der Zustand muss direkt angestrahlt werden um diesen erkennen zu können. Die anderen Systeme strahlen die Haltung flächig aus. Bei den Modellen iPEK QuickView X und JT-Elektronik Fast Picture wird der Zustand durch die verwendeten HD-Kameras detaillierter dargestellt, als wie bei den Modellen iPEK QuickView und MesSen Nord STV3. Das Modell Ritec Schachtkamera liefert ebenso ein detailliertes Bild, bei einer besseren Ausleuchtung als bei dem Modell iPEK QuickView X.

6.10.1.3 Vergleich Spiegelmodelle: Beispiel 2

	
<p>Abbildung 167 - Zustand 2: iPEK QuickView Haloptic</p>	<p>Abbildung 168 - Zustand 2: iPEK QuickView X</p>
	
<p>Abbildung 169 - Zustand 2: Ritec Schachtkamera</p>	<p>Abbildung 170 - Zustand2: JT-Elektronik Fast Picture</p>
	<p>Länge der Haltung: 50 m Entfernung kreuzende Leitung: ~ 5 m Entfernung Anschluss (li.): ~ 4 m Entfernung Anschluss (re.): ~ 1 m</p>
<p>Abbildung 171 - Zustand 2: MesSen Nord STV3</p>	

Bei dem Modell iPEK QuickView Haloptic zeigt sich, dass durch die punktuelle Lichtsäule entfernte Zustände zu erkennen sind, jedoch die restliche Rohrwandung sehr dunkel dargestellt wird. Das weiterentwickelte Modell iPEK QuickView X verfügt über eine

Ergebnisse

Beleuchtung im Nah- und Fernbereich, daher ist hier der Blindanschluss auf 03 Uhr detaillierter zu erkennen. Diese Ausleuchtung erfolgt jedoch nicht gleichmäßig über die gesamte Haltung. Der mittlere Bereich des Bildes wird dunkler dargestellt, als der obere bzw. untere Bereich, welcher einen gelblichen Farbton aufweist.

Die Modelle JT-Elektronik Fast Picture und Ritec Schachtkamera leuchten die Haltung gleichmäßiger aus. Dies ist auch beim Modell MesSen Nord STV3 der Fall, jedoch ist durch die niedrigere Kameraauflösung der Detaillierungsgrad geringer.

6.10.1.4 Vergleich Spiegelmodelle: Beispiel 3

	
<p>Abbildung 172 - Zustand 3: iPEK QuickView Haloptic</p>	<p>Abbildung 173 - Zustand 3: iPEK QuickView X</p>
	
<p>Abbildung 174 - Zustand 3: Ritec Schachtkamera</p>	<p>Abbildung 175 - Zustand 3: JT-Elektronik Fast Picture</p>
	<p>Länge der Haltung: 50m Entfernung kreuzende Leitung: ~45m</p>
<p>Abbildung 176 - Zustand 3: MesSen Nord</p>	

Ergebnisse

Bei einem weit entfernten Zustand stellt sich die punktuelle Lichtsäule des Modells iPEK QuickView als Vorteil heraus. Durch den Tunneleffekt lassen sich grobe Zustände auch noch in 50 Metern Entfernung erkennen. Bei der rein flächigen Ausleuchtung des Modells MesSen Nord STV3 lässt sich die kreuzende Leitung nicht mehr erkennen. Die Inspektionsweite ist hier deutlich begrenzt. Bei den drei restlichen Modellen ist die Erkennbarkeit eines groben Zustandes auch bei Entfernungen über 50 Meter noch gegeben. Einzig fällt hier der Unterschied zwischen den HD-Modellen und der Ritec Schachtkamera auf. Die geringere Auflösung macht sich beim Ritec-Modell im Detaillierungsgrad bemerkbar.

6.10.2 Vergleich der Spiegelmodelle während des Einsatzes im Feld

In diesem Kapitel werden die Besonderheiten der Handhabbarkeit und Bedienbarkeit der Systeme im Feld behandelt. Speziell auf die Besonderheiten der einzelnen elektronischen Spiegel, welche während den Testinspektionen auffallend waren, wird eingegangen.

6.10.2.1 Feldeinsatz iPEK QuickView Haloptic

Akkupack und Steuereinheit sind bei diesem Modell in einer Inspektionsweste integriert, was den Transport des Systems von Schacht zu Schacht sehr komfortabel macht.

Als Mängel können angemerkt werden, dass sich die Kabelsteckverbindung zwischen Kamera und Steuereinheit innerhalb der Teleskopstange leicht löst, und der Autofokus nach jedem Neustart des Systems manuell immer wieder deaktiviert werden muss.

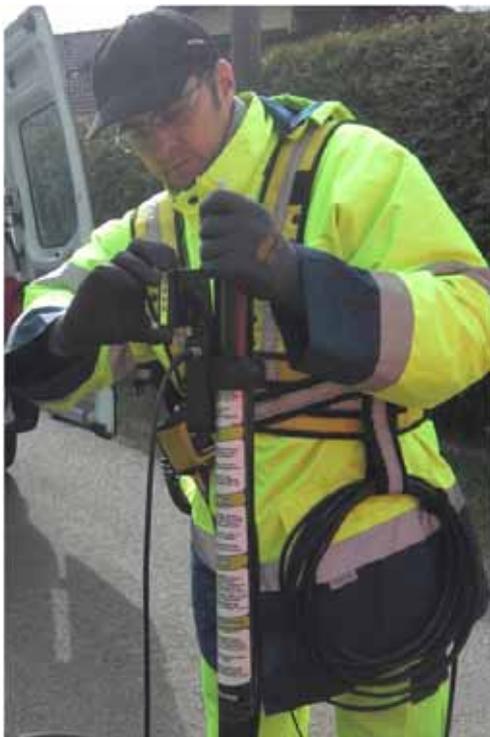


Abbildung 177 - iPEK QuickView Haloptic Feldeinsatz

6.10.2.2 Feldeinsatz iPEK QuickView X (Prototyp)

Im Gegensatz zum Vorgängermodell iPEK QuickView Haloptic verwendet der neue elektronische Spiegel iPEK QuickView X (getestet wurde der Prototyp) keine Kabelverbindungen mehr, sondern nutzt WLAN. Dies führt einerseits zu sehr kurzen Rüstzeiten und andererseits zu einer Erhöhung des Inspektionskomforts. Da es sich bei den Testinspektionen jedoch noch um einen Prototyp dieses Modells handelt, brach die WLAN-Verbindung zwischen Kamera und Tablet häufig ab. In Zukunft soll hier ein WLAN-Repeater, welcher am oberen Ende der Inspektionsstange angebracht ist, Abhilfe schaffen.

Die Steuerung kann über ein beliebiges Tablet erfolgen, welches die Inspektionsapplikation installiert hat. Zusätzlich kann über weitere Tablets die Inspektion im Zuschauermodus von weiteren Personen mitverfolgt werden. Eine integrierte Tablet-Halterung fehlte in der Prototypversion noch, diese soll jedoch beim fertigen Produkt optional zur Verfügung stehen. Alternativ könnte das Tablet auch in einer Tragetasche mitgeführt werden.

Die Tablet-Bedienung erwies sich während der Testinspektionen als gleich einfach wie eine Bedienung mit klassischer Steuereinheit, jedoch stürzte die Applikation noch häufig ab. Eine Prozentanzeige des aktuellen manuellen Fokus fehlt, und die Reaktionsgeschwindigkeit des Zoomens reagiert zu langsam (dadurch wird ruckartig zu schnell in die Haltung gezoomt). Auch hier sind im Endprodukt Verbesserungen zu erwarten.

Stammdaten lassen sich direkt in das Videobild über Tablet-Eingabe einblenden.

Zusatzfunktionen der Software sind eine Shutter- sowie Fog-Option bei Sichtbehinderungen (Spinnennetze o.Ä.) und ein allgemeines Bildverbesserungstool. Diese lieferten jedoch während den Testinspektionen im Feld kein besseres Inspektionsbild. Möglicherweise machen sich diese Features erst bei einer Betrachtung am Computerbildschirm bemerkbar.

Die Intensivität der Beleuchtung ist frei regulierbar und als Feature ist ein Lichtbooster für extreme Entfernungen (>70m) integriert. Dieser konnte jedoch im Testgebiet aufgrund zu kurzer Haltungen nicht getestet werden. Eine Lichtintensivität von 25% war zumeist ausreichend.

Für das Endprodukt ist ein Motor zum Neigen des Kamerakopfes geplant.



Abbildung 178 - iPEK QuickView X (Prototyp) Feldeinsatz

6.10.2.3 Feldeinsatz Ritec Schachtkamera

Bei diesem Modell wurden Akkupack, Netzteil und Steuereinheit auf einem Transportkarren montiert. Die Verbindungselemente der Teleskopstange und die Kamerafixierung erwiesen sich als instabil (neigten zum Verklemmen und fixierten nicht immer sachgemäß). Eine Einblendung wann der automatische Fokus aktiviert bzw. deaktiviert ist fehlt.



Abbildung 179 - Ritec Schachtkamera Feldeinsatz

6.10.2.4 Feldeinsatz JT-Elektronik Fast Picture

Der elektronische Spiegel Fast Picture der Firma JT-Elektronik verfügt über die stabilste Inspektionsstange mit einem guten Verschlussystem, jedoch ist sie schwerer als die Stangen der anderen Systeme. Des Weiteren ist sie schwer verstellbar, da das Verschlussystem klemmt. Fixierschellen für das Inspektionskabel entlang der Teleskopstange fehlen.

Die Steuereinheit befindet sich bei diesem System in einem separaten Koffer. Dies erwies sich als nicht ideal, da dieser neben dem Schacht auf den Boden platziert werden musste. Die angedachte Fixierung des Koffers an der Inspektionsstange erschwert den Einsatz des Spiegels.

Der Spiegel verfügt über einen Motor zum Kippen des Kamerakopfes. Dieser kann mittels der Steuereinheit bedient werden. Dies erwies sich beispielsweise bei der Inspektion von Abstürzen als praktisch.

Eine Stammdateneingabe direkt in das Inspektionsvideo ist möglich, diese Daten werden jedoch nach einem Neustart des Systems automatisch gelöscht. Ändert sich nun nur ein Teil der Haltungsbezeichnung, so müssen trotzdem alle Daten neu eingegeben werden. Die in die Steuereinheit integrierte Tastatur reagiert verzögert auf die Tasteneingabe, was zu Schreibfehlern führt.

Ergebnisse

Die Inspektionsvideos können nur auf eine SD-Karte gespeichert werden. Ein BNC bzw. USB-Anschluss ist nicht vorhanden. Nach telefonischer Anfrage beim Hersteller versicherte dieser, dass solch ein Anschluss nachrüstbar sei.



Abbildung 180 - JT-Elektronik Fast Picture Feldeinsatz

6.10.2.5 Feldeinsatz MesSen Nord STV3

Für dieses Modell wurde von der BOKU Wien eine Trolleykonstruktion entwickelt, welche eine Befestigung für den Inspektionslaptop und die Steuereinheit besitzt. Die Steuereinheit könnte auch wahlweise mittels Gurt um den Nacken gehängt werden, dies wird aber auf Dauer belastend für die Halswirbelsäule. Innerhalb des Trolleys sind Netzteil und Akku des elektronischen Spiegels aufbewahrt.

Die Inspektionsstange ist ein Alu-Stecksystem. Fixierschellen für das Kamerakabel fehlen auf diesem. Jedoch gibt es auch weitere Inspektionsstangen aus anderen Materialien, wie zum Beispiel eine Carbon-Stange.

Es gibt keine Option den Autofokus dauerhaft zu deaktivieren, daher bei der Anwendung des manuellen Fokus stellt sich der automatische Fokus immer wieder von selbst ein.

Stammdaten könnten mittels USB-Tastur direkt in das Inspektionsvideo eingeblendet werden. Diese sind aber wie bei dem System von JT-Elektronik nach einem Neustart verschwunden. Eine passende Vorrichtung zum Anbringen der Tastatur, beispielsweise an der Steuereinheit, ist nicht vorhanden.



Abbildung 183 - MesSen Nord STV3 Feldeinsatz

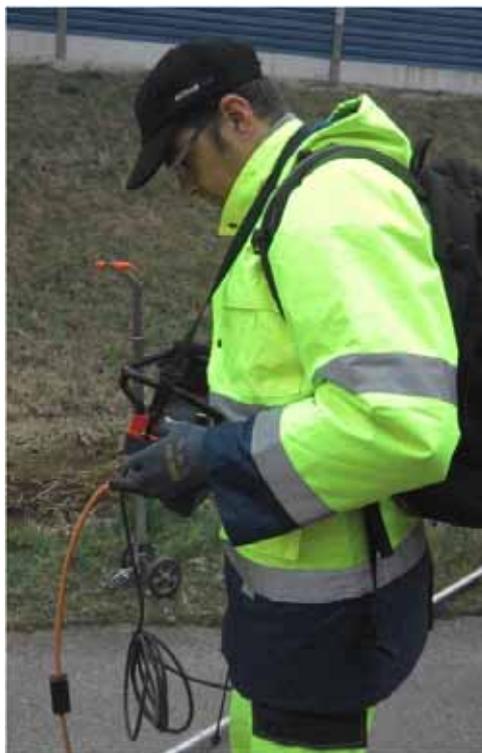


Abbildung 181 - MesSen Nord STV3 Steuereinheit mittels Gurt um Nacken



Abbildung 182 - MesSen Nord STV3 Carbon-Teleskopstange

6.10.3 Vergleich der Inspektionsdisplays im Feld

Die Systeme Ritec Schachtkamera, JT-Elektronik und MesSen Nord STV3 verfügen über in die Steuereinheit integrierte Inspektionsdisplays. Beim Modell STV3 wurde jedoch aufgrund der Verwendung der Inspektionssoftware WinCan v8 ein Laptop zur Inspektion eingesetzt. Auch die Inspektionen mit dem elektronischen Spiegel QuickView erfolgten am Laptop mittels WinCan v8. Bei der Weiterentwicklung QuickView X erfolgte die Inspektion mittels (beliebigen) Tablet.

Starke Sonneneinstrahlung auf ein Display macht in manchen Fällen eine Inspektion unmöglich. Folgend ein Vergleich der verwendeten Inspektionsdisplays an einem sonnigen Inspektionstag.

6.10.3.1 Inspektionsdisplay iPEK QuickView Haloptic

Starke Spiegelungen bei der Inspektion mit Laptop. Dies ist jedoch abhängig vom verwendeten Laptopdisplay.

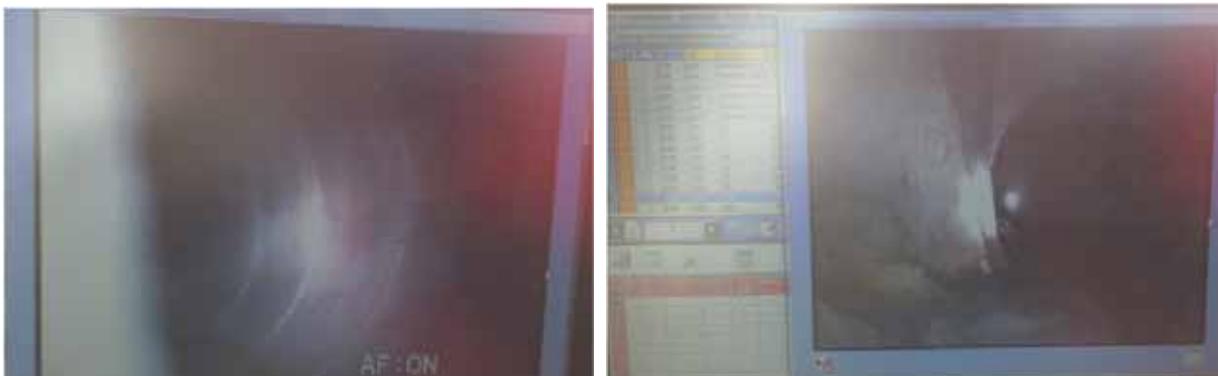


Abbildung 184 - iPEK QuickView Inspektion am Laptop

Das integrierte Inspektionsdisplay wurde während diesen Inspektionen nicht verwendet.



Abbildung 185 - iPEK QuickView integriertes Inspektionsdisplay

6.10.3.2 Inspektionsdisplay iPEK QuickView X

Starke Spiegelungen gab es bei Inspektion mittels Tablet. Dies ist jedoch abhängig vom verwendeten Tablet und ob ein Sonnenschutz mitgeliefert bzw. verwendet wird.



Abbildung 186 - iPEK QuickView X Inspektionsdisplay 1



Abbildung 187 - iPEK QuickView X Inspektionsdisplay 2

6.10.3.3 Inspektionsdisplay Ritec Schachtkamera

Geringe Spiegelungen sind beim, in die Steuereinheit integrierten, Inspektionsdisplay während direkter Sonneneinstrahlung vorhanden. Ein Sonnenschutz gegen Spiegelungen wird bei diesem elektronischen Spiegel mitgeliefert, dieser wurde jedoch während den Inspektionen nicht verwendet.

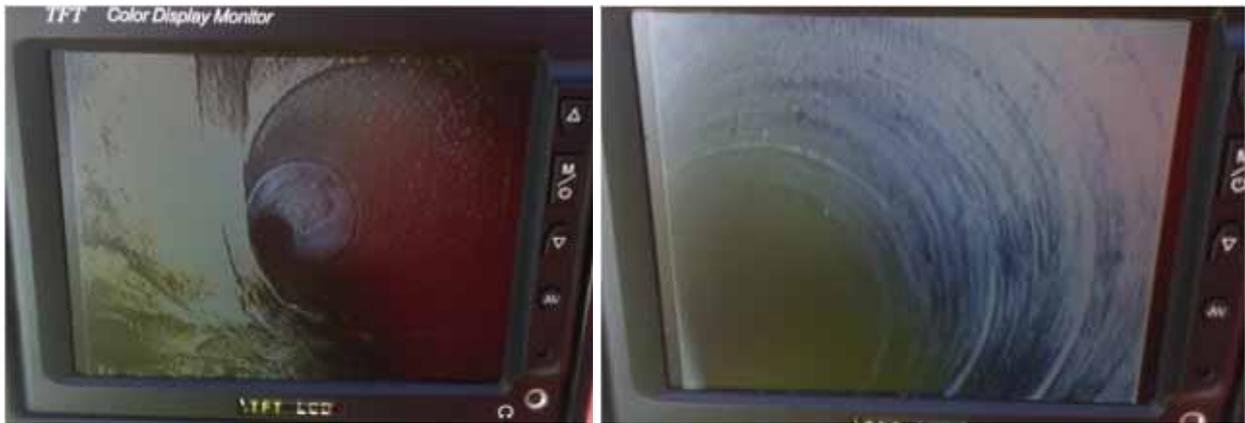


Abbildung 188 - Ritec Schachtkamera Inspektionsdisplay 1



Abbildung 189 - Ritec Schachtkamera Inspektionsdisplay 2

6.10.3.4 Inspektionsdisplay JT-Elektronik Fast Picture

Mittlere Spiegelungen bei dem in der Steuereinheit integrierten Display des Modells JT-Elektronik Fast Picture.



Abbildung 190 - JT-Elektronik Fast Picture Inspektionsdisplay 1



Abbildung 191 - JT-Elektronik Fast Picture Inspektionsdisplay 2



Abbildung 192 - JT-Elektronik Fast Picture Inspektionsdisplay 3

6.10.3.5 Inspektionsdisplay MesSen Nord STV3

Beim Model MesSen Nord STV3 wurde während der Testinspektionen ein Laptop zur Inspektion verwendet. Es gibt jedoch auch ein integriertes Inspektionsdisplay in der Steuereinheit. Dieses weist sehr starke Spiegelungen bei Sonneneinstrahlung auf.



Abbildung 193 - MesSen Nord STV3 Inspektionsdisplay 1



Abbildung 194 - MesSen Nord STV3 Inspektionsdisplay 2

6.10.4 Zusammenfassender Vergleich der Spiegelmodelle

Es werden alle Informationen der Testinspektionen in einer Bewertungsmatrix zusammengefasst.

Tabelle 18 - Zusammenfassung: Vergleich der Spiegelmodelle

	iPEK QuickView Haloptic	iPEK QuickView X	MesSen Nord STV3	Ritec Schachtkamera	JT-Elektronik Fast Picture
Beleuchtung	o [1]	+ [2]	++ / +	++	++
Kameraauflösung	o	++	+	+	++
Sichtweite	++	++	+ / o	++ / +	+
Zustandserkennung	o	++	++ / +	++ / +	++
Spiegelungen Inspektionsdisplay	+	+ [3]	o	++	+
Steuerung	++ / +	++	++ / +	++ / +	++ / +
Inspektionsstange	+ [4]	++	++ / + [5]	++	++ / + [6]
Inspektionskomfort	+	++	o [7]	+ [8]	++ / +
Zusatzfunktionen	keine vorh.	++	keine vorh.	keine vorh.	++
Legende: ++ ... sehr gut; + ... gut; o ... befriedigend; - ... genügend; -- ... nicht genügend					

[1]: Da nur eine punktuelle Lichtsäule vorhanden ist (schwierige Inspektion der Rohrwandung) und Eigenblendungen möglich sind. Jedoch sind Inspektionen von (groben) Zuständen in weiter Entfernung (> 40m) bzw. bis zum nächsten Schacht möglich (siehe Abbildung 167)

[2]: Aufgrund ungleichmäßiger Farbgebung und Eigenblendung (siehe Abbildung 168)

[3]: Abhängig vom verwendeten Tablet

[4]: Aufgrund sich lösender Kabelsteckverbindung

[5]: Alternativen vorhanden (siehe Punkt 6.10.2.5)

[6]: schwere Inspektionsstange

[7]: Entwicklung einer Trolley-Konstruktion zum Transport während der Testinspektionen nötig gewesen

[8]: Verwendung von Transportkarren notwendig

6.10.5 Kosten-Nutzen-Analyse basierend auf den vorangegangenen Untersuchungen

Basierend auf den Testinspektionen für die Integration eines elektronischen Spiegelmodells in die LINZ AG Abwasser, erfolgt ein Kosten-Nutzen-Vergleich zwischen dem elektronischen Spiegel und der Kamera TV-Befahrung. Dazu werden an einem 20 km langen Kanalnetz verschiedene Untersuchungsvarianten betrachtet.

Die durchschnittlichen Inspektionskosten für eine Kamerabefahrung liegen in einem Bereich zwischen 1,33 €/lfm (Pamperl, 2010) und 2,50 €/lfm (Tagespreis eines Kamerafahrzeuges mit Personal von ca. 1.000 €). Die Laufmeterleistung beträgt 400 m/Tag (Plihal, 2009). Die Kanalreinigungsleistung wird mit 700 m pro Tag (Pamperl, 2010) und die dazugehörigen Kosten in einem Bereich zwischen 1.500 € pro Tag (vgl. Müller (2007); Fahrzeug + 2 Personen 150 €/h bei einer Arbeitszeit von 8h pro Tag) und 1.000 € pro Tag (Orth et al., 2008) geschätzt.

Die Inspektionskosten für den elektronischen Spiegel ergeben sich aus: Anschaffungskosten von 15.000 € und einer Abschreibung auf 3 Jahre → 5.000 €/Jahr. Bei 200 Arbeitstagen ergeben sich 25 €/Tag an Anschaffungskosten + Personalkosten für 2 Personen von ca. 1.000 € pro Tag (10h Arbeitszeit). Die Laufmeterleistung pro Tag wird mit 2.000 m angenommen (basierend auf den Testinspektionen und Pamperl, 2010). Daher ergeben sich für den elektronischen Spiegel Inspektionskosten von 0,51 €/lfm. Beim Ansatz geringerer Personalkosten von nur ca. 600 € pro Tag (nach Pamperl, 2010) ergeben sich für den elektronischen Spiegel ca. 0,29 €/lfm.

Tabelle 19 - Zusammenfassung der Annahmen für die KNA

Zusammenfassung	
Länge Kanalisationsnetz	20 km
TV-Kamerabefahrung	
Laufmeterleistung	400 m/Tag
Inspektionskosten zwischen	2,50 €/lfm 1,33 €/lfm
Inspektion mittels elektronischem Spiegel	
Laufmeterleistung	2000 m/Tag
Inspektionskosten zwischen	0,51 €/lfm 0,29 €/lfm
Kanalreinigung	
Laufmeterleistung	700 m/Tag
Reinigungskosten zwischen	1500 €/Tag 1000 €/Tag

6.10.5.1 Varianten der Haltungsinspektionen

Für die Ermittlung der Gesamtkosten wurden die niedrigsten geschätzten Preise bei den Einzelkosten (linke Spalte der Kosten), sowie die höchsten geschätzten Preise (rechte Spalte der Kosten) angesetzt.

Tabelle 20 - Varianten Kosten-Nutzen-Analyse Haltungsinspektionen (Kuratko, 2015)

	Inspektionstage TV-Befahrung	Inspektionstage Spiegel	Reinigungs- tage	Kostenbereiche TV-Befahrung		Kostenbereiche Spiegel		Kostenbereiche Kanalreinigung		Gesamt- kostenbereiche	
				untere	obere	untere	obere	untere	obere	untere	obere
Variante 1 TV-Befahrung + Reinigung vom gesamten Kanalnetz	50 Tage	0 Tage	29 Tage	26 600 €	50 000 €	0 €	0 €	29 000 €	43 500 €	55 600 €	93 500 €
Variante 2 TV-Befahrung + Reinigung von 20% des Kanalnetzes	50 Tage	0 Tage	6 Tage	26 600 €	50 000 €	0 €	0 €	6 000 €	9 000 €	32 600 €	59 000 €
Variante 3 TV-Befahrung ohne Reinigung	50 Tage	0 Tage	0 Tage	26 600 €	50 000 €	0 €	0 €	0 €	0 €	26 600 €	50 000 €
Variante 4 Inspektion nur mit elektronischem Spiegel	0 Tage	10 Tage	0 Tage	0 €	0 €	5 800 €	10 200 €	0 €	0 €	5 800 €	10 200 €
Variante 5 Inspektion mit elektronischem Spiegel + 20% nochmals mit TV-Befahrung	10 Tage	10 Tage	0 Tage	5 320 €	10 000 €	5 800 €	10 200 €	0 €	0 €	11 120 €	20 200 €
Variante 6 Inspektion mit elektronischem Spiegel + 20% nochmals mit TV-Befahrung + Reinigung	10 Tage	10 Tage	6 Tage	5 320 €	10 000 €	5 800 €	10 200 €	6 000 €	9 000 €	17 120 €	29 200 €

- ad. Variante 2: Aufgrund des Selbstreinigungseffekts muss nicht das gesamte Kanalnetz gereinigt werden.
- ad Variante 5: Wird bei der Inspektion mittels des elektronischen Spiegels ein baulicher Handlungsbedarf festgestellt, so muss die betroffene Haltung auch nochmal mittels TV-Befahrung detailliert inspiziert werden. In dieser Variante sind 20% des Kanalnetzes davon betroffen.
- ad Variante 6: Die 20% des Haltungsnetzes welche nach einer Inspektion einen baulichen Zustand aufweisen und nochmals detailliert mit der TV-Befahrung inspiziert werden müssen, werden in dieser Variante auch gereinigt.

6.10.5.2 Kostengleichheit TV Befahrung - Elektronischer Spiegel

Die Kostengleichheit drückt aus wieviel % des angenommenen Kanalnetzes einen baulichen Zustand aufweisen können, welcher eine detaillierte TV-Befahrung nötig macht, sodass die Kosten des kombinierten Einsatzes von elektronischem Spiegel + TV Befahrung gleich denen einer vollständigen TV Befahrung des gesamten Kanalnetzes sind. Folgend für die oberen Preisbereiche der Einzelkosten ermittelt (ungünstigere Fall):

Kosten TV-Befahrung des gesamten Kanalnetzes + Reinigung: **€93.500**

Kosten Inspektion mittels elektronischen Spiegels des gesamten Kanalnetzes: **€10.200**

85% (17 km) des Kanalisationsnetzes werden nochmals mittels TV-Befahrung inspiziert:

Geschätzte Kosten TV-Befahrung (2,50 € / m): € 42.500

Geschätzte Kosten Kanalreinigung: € 37.500

Gesamtkosten mitsamt Inspektion des Kanalisationsnetzes mit elektronischem Spiegel:

$$€ 42.500 + € 37.500 + € 10.200 = \mathbf{€90.200}$$

→ 85% des Kanalisationsnetzes kann einen baulichen Zustand aufweisen, der eine detaillierte TV-Inspektion erfordert.

6.10.6 Einbindung der Inspektionsdaten des elektronischen Spiegels in die Datenstruktur der LINZ AG

Als Inspektionssoftware wurde bei den Spiegelmodellen iPEK QuickView und MesSen Nord STV3 das Programm WinCan v8 verwendet. Dieses Programm wird von der LINZ AG auch für deren TV-Befahrungen eingesetzt. Für den elektronischen Spiegel sollte ein passendes Template zur Inspektion mit dem Spiegel erstellt, und die Möglichkeiten der Einbindung der Spiegeldaten in die bestehende Datenstruktur der LINZ AG überprüft werden.

Während den ersten Testinspektionen im Juli 2014 wurden von Seiten der LINZ AG WinCan-Files der TV-Inspektionen übermittelt. Auf Basis derer wurde das WinCan Template der LINZ AG für den elektronischen Spiegel adaptiert. Es sollte die Möglichkeit bieten die Zustandserfassung der TV-Inspektion mit dem elektronischen Spiegel zu überprüfen, um Vergleiche ziehen zu können, ob sich Zustände verändert haben oder neue entstanden sind.

Für die zweiten Testinspektionen wurde ein stark vereinfachtes WinCan Template für den elektronischen Spiegel entworfen, da kein Vergleich mehr mit TV-Inspektionen erfolgte.

6.10.6.1 WinCan Template LINZ AG

Das originale LINZ AG Template für WinCan v8 ist an die Inspektion mittels Kamerafahrzeugen angepasst.

Nr.	m+	OP Kürzel	Zustand	Foto 1	Foto 2	Video	Scan	MPEG	Bemerkung	S-Bestandteil	Z-Name	Z-Abstich
1	0,00	-S-00	Rohranfang	📷	📷	📹	📷	00:00:00				
2	0,00	0SE06	Zulauf im Schacht NW 200 mm, Betonfalzrohr, ein	📷	📷	📹	📷	00:00:47	HA LH 30	Unterbau	HA	2,84
3	0,00	2SW9	Fehlender Wandungsteil bei 06 Uhr 50 cm²	📷	📷	📹	📷	00:00:47		Unterbau		
4	0,00	-SE06	Zulauf im Schacht NW 200 mm, Betonfalzrohr, ein	📷	📷	📹	📷	00:00:47	STR LH 60	Schächtinge	STR	1,59
5	0,00	15-18	Sonstiges von 12 bis 12 Uhr	📷	📷	📹	📷	00:00:47	Deckel klappert!!!	Deckel inkl R		
6	0,94	2SW9	Fehlender Wandungsteil von 07 bis 09 Uhr 60 cm²	📷	📷	📹	📷	00:01:57	Schächtinge de	Unterbau		
7	1,00	R-A0	Rohranfang	📷	📷	📹	📷	00:01:58				
8	1,02	1RW2	verfestigte Ablagerungen von 05 bis 07 Uhr, Quers	📷	📷	📹	📷	00:02:33				
9	1,02	2RW6	Längsriß bei 12 Uhr, Breite des Risses 3 mm, Schi	📷	📷	📹	📷	00:02:48				
10	1,59	2RW6	Scherbenbildung von 04 bis 08 Uhr, Breite des Ri	📷	📷	📹	📷	00:03:38				

Abbildung 195 - WinCan v8 Template LINZ AG Original

Von links nach rechts eine Erläuterung der Spalten:

- Nr.: Nummerierung der Zustände
- m+: Position der Zustände. Zustände an der Stelle 0,00 beschreiben hierbei den Schacht
- OP Kürzel: Zustandskürzel
- Zustand: Beschreibung des Zustandes in Worten
- Foto 1 / 2: Bilder des Zustandes, welche während der Inspektion gemacht wurden
- Video: Inspektionsvideo
- Scan: Scanaufnahmen
- MPEG: Zeitstempel des Videos
- Bemerkung: Zusätzliche Beschreibung des Zustandes
- S-Bestandteil: Beschreibung, welcher Bestandteil des Schachtes betroffen ist
- Z-Name: Name eines Zulaufs
- Z-Abstich: Abstich eines Zulaufes in den Schacht

6.10.6.2 WinCan Template elektronischer Spiegel v1

Während der ersten Testinspektionen für die LINZ AG Abwasser im Juli 2014 wurde ein für den elektronischen Spiegel adaptiertes Template in WinCan v8 verwendet. Grundidee war es, die Daten von der TV-Inspektion zu übernehmen, und mit dem elektronischen Spiegel zu kontrollieren, ob diese noch vorhanden sind, oder sich verändert haben. Zusätzlich kann auch ein seit der letzten Inspektion neu entstandener Zustand erfasst werden. Als vereinfachte Erfassung wurden hierfür Zustände in Gruppen zusammengefasst, da mit einem elektronischen Spiegel keine so detaillierte Zustandserfassung wie mit einer TV-Befahrung erfolgen kann. Das adaptierte Template wird in Abbildung 196 näher beschrieben.

Ergebnisse

Nr.	Lage	in +	OP Kürzel	Zustand	Neu?	Foto 1	Foto 2	Clp	Erk-ann?	Q1	Q2	Uhrzeit1	Uhrzeit	Gruppe1	Gruppe2	Anmerkung	Ablagerung	
1		0,00	-S-00	Halbungsanfang					Ja									<=2,5%
2		0,00	-SE06	Zulauf im Schacht NW 200 mm.								07					HA LH 30 Pfeife	
3		0,00	-SE06	Zulauf im Schacht NW 150 mm.								07					HA LH 30 Pfeife	
4		0,00	-SE06	Zulauf im Schacht NW 300 mm.								05					Strang HSU 5/10,1	
5		0,00	-S-72	Schmutzfänger defekt oder fehlt														
6		0,54	-R-A0	Rohranfang					Ja									
7		2,53	1RW/25	sonstiges Abflusshindernis bei DE					Nein	5,00		06					Zangell	
8		12,69	2RW/61	Längsriss bei 12 Uhr, Breite des I					Nein	1,00		12						
9		16,72	1RW/12	Abplatzung bei 11 Uhr					Nein			11						
10		16,72	2RW/61	Längsriss bei 12 Uhr, Breite des I					Nein	1,00		12						
11		20,24	-R-A1	Rohrende					Nein									
12		21,22	-S-01	Halbungsende					Nein									

Zusätzliche Anmerkung ob es sich um einen neuen Zustand handelt

Quantifizierungen und Uhrzeitreferenz

Vereinfachte Zustandserfassung mittels Zustandsgruppen

Abbildung 196 - WinCan v8 Template elektronischer Spiegel v1

Folgend eine Auflistung der Zustände, welche zu Gruppen (Zustand 1 + Zustand 2) kombiniert werden können.

Tabelle 21 - Zustandsgruppierungen WinCan v8 Template elektronischer Spiegel v1

Zustand 1	Zustand 2
Rissbildung	Infiltration
Verformung	Exfiltration
Rohrbruch	Wurzeln
Oberflächenschaden	Inkrustation
Anschluss	Boden sichtbar
Verschobene Verbindung	Anschluss einragend
Schadhafte Reparatur	Anschluss schadhaf
Poröses Rohr	einragendes Dichtungsmaterial
Anhaftende Stoffe	Hohlraum sichtbar
Ablagerung	Eindringen von Bodenmaterial
Anderes Hindernis	-
Ungeziefer	-
Punktuelle Reparatur	-
Krümmende Leitung	-
Anfangsknoten	-
Endknoten	-
Wasserspiegel	-
Allg. Foto	-
Allg. Anmerkung	-

6.10.6.3 WinCan Template elektronischer Spiegel v2

Während der zweiten Testinspektionen für die LINZ AG Abwasser im Oktober 2014 wurde ein zweites, stark vereinfachtes Template für den elektronischen Spiegel entworfen.

Es werden keine Vergleiche mehr mit einer bereits durchgeführten TV-Inspektion durchgeführt, sondern nur festgestellt, ob ein baulicher bzw. betrieblicher Handlungsbedarf, oder ein Sanierungsbedarf besteht. Ist dies nicht der Fall, wird auf das nächste Inspektionsintervall verwiesen.

Die Funktionen des adaptierten Templates v2 siehe in Abbildung 197.

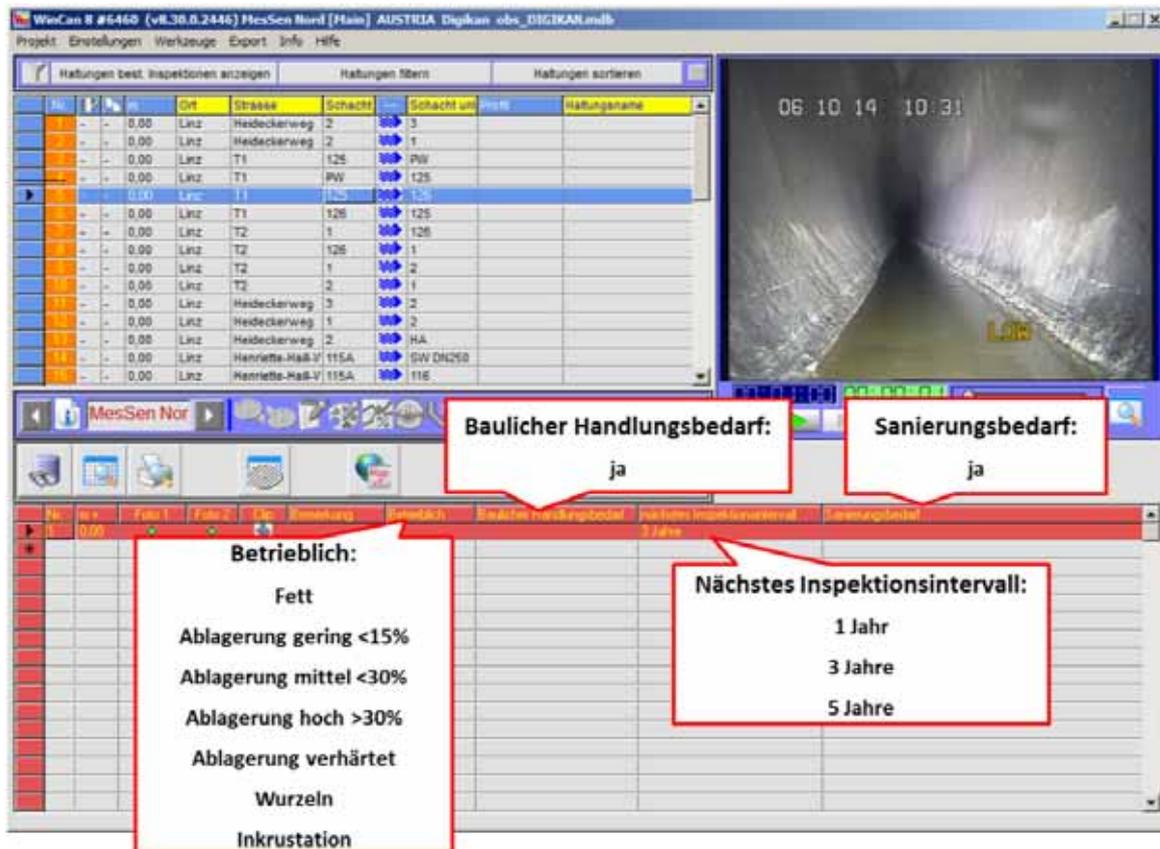


Abbildung 197 - WinCan v8 Template elektronischer Spiegel v2

7. Diskussion und Interpretation der Ergebnisse

7.1 Eignung des elektronischen Spiegels und SewerBatt® für den täglichen Einsatz

Die Untersuchungen zur baulichen Zustandserfassung im Rahmen des INNOKANIS-Projekts haben ergeben, dass die Erkennung einzelner Zustände sehr stark vom Spiegelmodell abhängig ist. Bei den Zuständen BAG (einragender Anschluss), BAF (Oberflächenschaden), BAJ (verschobene Verbindung) und BAK (schadhafte Innenauskleidung) betragen die Zustandserkennungsraten von beiden Modellen mindestens 80 %, was ein gutes Ergebnis darstellt.

Der deutliche Unterschied zwischen dem Modell iPEK QuickView Haloptic und MesSen Nord STV3 bei den Zuständen BAC (Rohrbruch), BAA (Verformung), BAH (schadhafter Anschluss) und BAB (Rissbildung) kann im Hinblick auf die unterschiedliche Kameraauflösung interpretiert werden (siehe auch Plihal et al., 2013b). Generell ist die Erkennung von Rissen schwierig, wenn diese nicht in Kombination mit Infiltration bzw. Inkrustation auftreten.

Für die Erfassung des Zustandes BAO (Boden sichtbar) ist zumeist eine Inspektion in radialer Richtung erforderlich, die mit einem elektronischen Spiegel nicht durchgeführt werden kann. Die Erkennung des Zustandes BAN (poröses Rohr) ist meistens vom Grundwasserstand abhängig. Weder bei der herkömmlichen TV-Inspektion mittels Roboter (Referenzdaten) noch bei den Untersuchungen im Rahmen des INNOKANIS-Projekts wurde der Grundwasserstand erfasst. Somit kann nicht ausgeschlossen werden, dass zum Untersuchungszeitpunkt der Grundwasserstand niedriger war als bei der herkömmlichen TV-Inspektion, wodurch der Zustand BAN für die beiden elektronischen Spiegelmodelle kaum zu erkennen war. Weiters spielt der Rohrdurchmesser eine wichtige Rolle bei der baulichen Zustandserkennung. Auch hier zeigte sich, dass die Qualität der Zustandserfassung wesentlich vom Spiegelmodell bzw. von der Beleuchtung des Spiegels abhängig ist. Die bisherigen Untersuchungen weisen darauf hin, dass ein sogenanntes „Streulicht“ im Vergleich zum punktuellen Licht Vorteile bei der Zustandserkennung aufweist. Zusammengefasst eignet sich der elektronische Spiegel sehr gut für den betrieblichen Überblick im Kanalsystem. Um den baulichen Zustand genau beurteilen zu können, ist weiterhin eine herkömmliche TV-Inspektion mittels Fahrwagen erforderlich (siehe ÖWAV RB 43 (2013) und ÖWAV RB 22 (2012)).

Bei der betrieblichen Zustandserfassung variieren die Zustandserkennungsraten in Abhängigkeit von der Art der Kamerabeleuchtung sowie der Bildauflösung des jeweiligen Spiegelmodells. Dabei ist zur Erkennung des Zustandes BBA (Wurzeln) anzumerken, dass nach Erstellung der Referenzvideos mittels herkömmlicher TV-Inspektion die meisten Wurzeln weggefräst wurden, wodurch bei der Untersuchung mittels Spiegel kaum oder gar keine Verwurzelungen nachgewiesen werden konnten. Somit sind die Erkennungsraten für diesen Zustand als nicht repräsentativ anzusehen. Durch die wurzelbedingte Querschnittsreduktion der Haltung ist davon auszugehen, dass der Zustand BBA mithilfe eines elektronischen Spiegels sehr gut erfassbar ist. Zur Erkennung des Zustandes BBF (Infiltration) lässt sich anmerken, dass zumeist „nur“ schwitzende bzw. vereinzelt tropfende Infiltrationen in den untersuchten

Diskussion und Interpretation der Ergebnisse

Haltungen vorhanden waren. Die Erkennung dieses Zustandes ist ebenfalls vom Grundwasserstand abhängig. Zusammengefasst eignet sich der elektronische Spiegel für die betriebliche Zustandserfassung sehr gut und stellt eine kostengünstige Alternative zur herkömmlichen TV-Inspektion dar.

Bei der umweltrelevanten Zustandserfassung eignet sich der elektronische Spiegel, um z.B. die Zustände Infiltration, einragender Dichtring sowie unsachgemäß ausgeführter Hausanschluss zu erfassen. Der erfolgreiche Einsatz eines Spiegels zur Lokalisierung von Fremdwassereintritt durch fließende und spritzende Infiltrationen wurde im Rahmen der Voruntersuchungen zum INNOKANIS-Projekt dokumentiert. Zusätzlich zur baulichen, betrieblichen und umweltrelevanten Zustandserfassung gibt es zahlreiche weitere Einsatzgebiete, für die sich der elektronische Spiegel eignet, z.B. zur Lokalisierung von Rattennestern oder zur Beweissicherung bei Beschädigungen des Kanalsystems durch fremde Baustellen. Dazu sind jedoch weitere Untersuchungen erforderlich.

Die Daten des SewerBatt® wurden auf Basis der Resultate der optischen Inspektion analysiert. Wie sich herausgestellt hat, mussten die Daten separat für Einzel- bzw. Gruppenzustände analysiert werden, da die SewerBatt® nicht zwischen Einzel- und Gruppenzustände differenzieren kann, wenn sich diese in einer Entfernung im Bereich der akustischen Wellenlänge befinden. Dies ist in Abbildung 198 dargestellt, welche einen defekten Hausanschluss abbildet. Nach EN 13508-2/A1 (2010) muss dieser Zustand folgendermaßen beschrieben werden:

- Anschluss (BCA)
- einragender Anschluss (BAG)
- fehlerhafter Anschluss (BAH)
- Rohrbruch (BAC)
- Boden sichtbar (BAO).

Abbildung 198 zeigt auch das von der SewerBatt® aufgezeichnete Inspektionssignal des defekten Hausanschlusses. Wie ersichtlich wurde nur ein Inspektionssignal für alle 5 Zustände aufgezeichnet, was bei der Datenanalyse berücksichtigt werden muss. SewerBatt® kann eine Gruppe von Zuständen entsprechend der hinterlegten Muster in einer Datenbank erfassen.

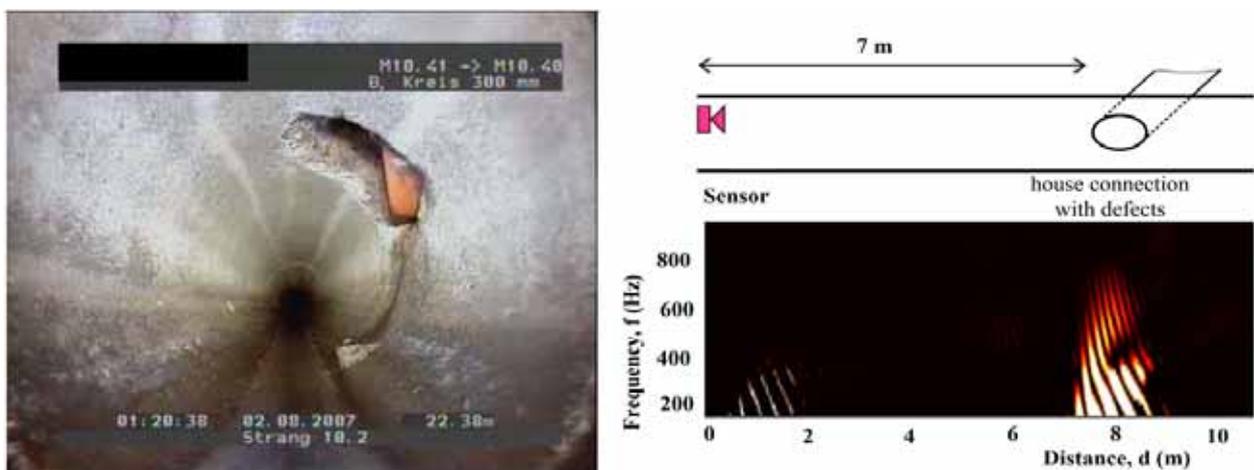


Abbildung 198 - TV-Befahrung vs. SewerBatt® Inspektionsergebnisse - Zustandsgruppen (Plihal et al., 2015)

Soweit Zustandsgruppen berücksichtigt wurden, stellt dieses Projekt einen ersten Versuch zur Analyse solcher Gruppen dar. Mit einer Kombination von elektronischem Spiegel und SewerBatt® konnten Erkennungsraten bis zu 100 % (abhängig vom verwendeten Spiegelmodell) für manche Zustandsgruppen erreicht werden. Da sich die Inspektionsbedingungen, als auch die Resultate in Bezug auf Detaillierungsgrad und Genauigkeit sehr von denen einer TV-Befahrung unterscheiden, ist eine vereinfachte Version des Kodiersystem nach EN 13508-2/A1 (2010) notwendig (wie mit dem Beispiel des defekten Hausanschlusses gezeigt).

7.2 Eignung des elektronischen Spiegels zur Schachtinspektion (Hörander, 2014)

Wie in Kapitel 6.4 gezeigt, wurden fast 60 % der Zustände nicht dokumentiert. Dies liegt jedoch auch daran, dass im Rahmen der Diplomarbeit jeder einzelne Zustand in die Datenbank aufgenommen wurde, während die KU, obwohl sie den Zustand in den meisten Fällen ebenfalls gesehen haben, diesen nicht, oder nur einmal aufgenommen haben, da es für sie keinen ernsthaften Schaden darstellt.

Wie Abbildung 199 zeigt, wurde von den Mitarbeitern der KU, der Zustand DAF (Oberflächenschaden) bei den Auflageringen nicht aufgenommen, da es für sie nicht von Bedeutung ist. Dadurch wurde das Ergebnis zu Gunsten des elektronischen Spiegels verfälscht, obwohl hierfür keine Kamera für die Aufnahme der Zustände nötig gewesen wäre. Daraus ergibt sich, dass über 20 % der Zustände bei den Auflageringen nicht in ihrer Datenbank aufgenommen wurden.



Abbildung 199 - Oberflächenschäden bei den Auflageringen

Fast 80 % der festgestellten Zustände befinden sich im oberen Bereich eines Schachtes. Zum oberen Schachtbereich zählen Abdeckung und Rahmen (A), Auflageringe (B) und Schachtaufbau (C). Der elektronische Spiegel wird für die Zustandserkennung bei Abdeckung und Rahmen, sowie bei den Auflageringen nicht zwingend benötigt, da diese Bereiche von oben sehr gut einsehbar sind. Beim Schachtaufbau ist dies nicht der Fall. Besonders in diesem Bereich

wurden die meisten Zustände von den KUs nicht erfasst. Vor allem in diesem Bereich ist der Einsatz eines elektronische Spiegels vorteilhaft.

Abbildung 200 zeigt die Schachtinspektion eines Ortbetonschachtes. Es wurden insgesamt 87 Fertigteilerschächte und 20 Ortbetonschächte inspiziert. Dabei wurden 13 Ortbetonschächte in Salzburg aufgenommen, sechs beim RHV Wolfgangsee-Ischl und einer beim AWW Anzbach-Laabental. Wie die Abbildung 200 zeigt, ist es nicht möglich nur beim Blick von oben, Zustände die sich unterhalb der Decke oder in den hinteren oberen Ecken befinden festzustellen. Daher ist es ratsam Ortbetonschächte z.B. mit dem elektronischen Spiegel oder einer umgebauten Schiebekamera zu inspizieren. Beim RHV Wolfgangsee-Ischl und beim AWW Anzbach-Laabental befanden sich keine Schäden in diesen Bereichen. In Salzburg wurden diese Zustände sehr wohl erkannt, da diese eine direkte Inaugenscheinnahme durch Befahrung des Schachtes vornehmen.



Abbildung 200 - Schwierigkeit der Zustandserkennung bei Ortbetonschächten

7.2.1.1 Beispiele für Zustände die nicht erkannt und aufgenommen wurden

Die meisten Zustände die nicht dokumentiert wurden, waren Oberflächenschäden. Dabei befanden sich diese zumeist im oberen Bereich des Schachtes, also bei den Auflagerungen oder im Schachtaufbau (siehe Abbildung 199). Es handelt sich hierbei jedoch um keine groben Schäden, daher wurden diese auch von den KUs meistens ignoriert.

Abbildung 110 und Abbildung 111 zeigen die Gesamtauswertungen aller KU. Dabei haben Zustände die maximal drei Mal in der Datenbank dokumentiert wurden, und von den KUs nicht aufgenommen wurden, keine signifikante Aussagekraft. Diese Zustände sind:

Verformung (DAA), Defektes Mauerwerk (DAD), Schadhafte Innenauskleidung (DAK), Wurzeln (DBA), Eindringen von Bodenmaterial (DBD),

Eine relativ geringe Aussagekraft haben Zustände die maximal zehn Mal in der Datenbank dokumentiert wurden. Diese sind:

Diskussion und Interpretation der Ergebnisse

Einragender Anschluss (DAG), Schadhafter Anschluss (DAH), Einragendes Dichtungsmaterial (DAI), Schadhafte Steigeisen (DAQ), Schäden an Abdeckung und Rahmen (DAR), Infiltration (DBF)

Vor allem ein schadhafter Anschluss und Infiltration im Schachtaufbau sind Zustände, die unbedingt erkannt werden sollten. Diese Schäden müssen dann saniert werden.

Eine signifikante Aussagekraft haben die restlichen Zustände, die über zehn Mal in der Datenbank dokumentiert wurden. Diese Zustände sind: Risse (DAB), Bruch/Einsturz (DAC), Oberflächenschäden (DBF), Verschobene Verbindung (DAJ), Anhaftende Stoffe (DBB), Ablagerungen (DBC), Anschluss (DCA), Anschlussleitung (DCB).

Hier sind vor allem größere Risse, Brüche und die verschobenen Verbindungen zu nennen die erkannt werden sollten, um Fremdmaterial und Fremdwasser im Schacht zu vermeiden. Die restlichen Zustände sind vernachlässigbar.

Die folgenden Beispiele wurden durch die KU nicht aufgenommen.

Abbildung 201 zeigt Dichtungsmaterial, das in den Schacht hineinragt.



Abbildung 201 - DAI - Einragendes Dichtungsmaterial

In Abbildung 202 sind anhaftende Stoffe an der Schachtwand ersichtlich.



Abbildung 202 - DBB - Anhaftende Stoffe

Abbildung 203 zeigt Wurzeleinwuchs in die Schachtwand. Ein Indiz, dass die Schachtwand undicht ist.



Abbildung 203 - DBA - Wurzeln

In Abbildung 204 ist ein vertikaler Riss zu erkennen.



Abbildung 204 - DAB - Riss

Abbildung 205 zeigt einen einragenden Anschluss. Wenn ein einragender Anschluss vorhanden ist, sind die Codes für DCA - Anschluss und DCG - Anschlussleitung ebenfalls in die Erhebung aufzunehmen.



Abbildung 205 - Einragender Anschluss, DCA - Anschluss, DCG - Anschlussleitung

Die Abbildung 206 zeigt einen Ausbruch der Schachtwand und eine damit verbundene Infiltration.

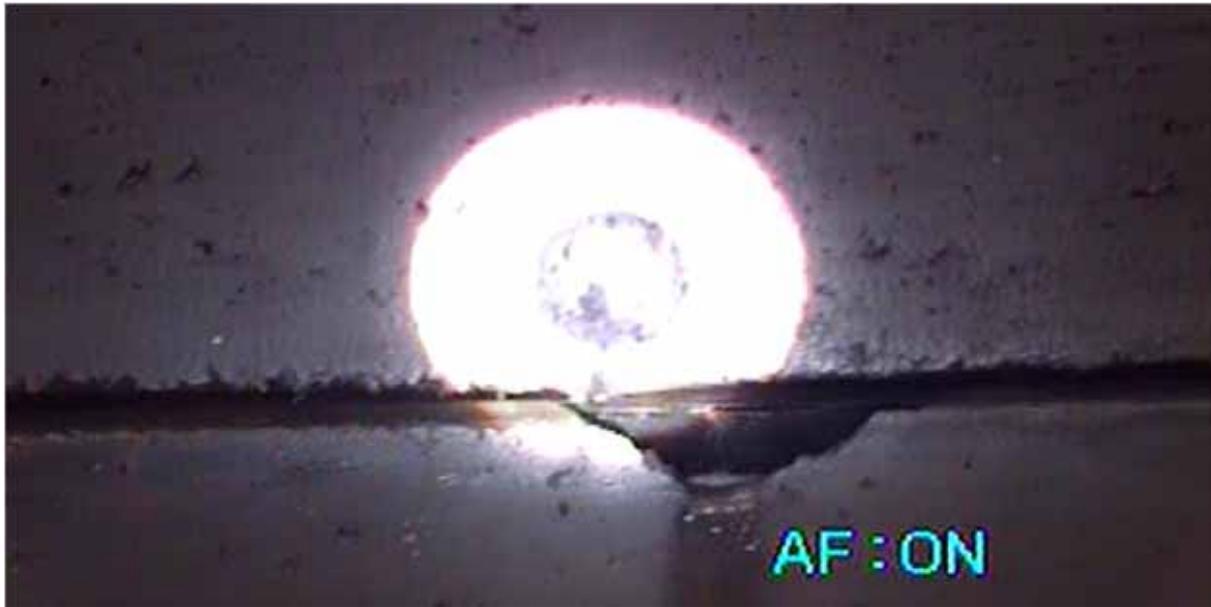


Abbildung 206 - DAC - Bruch, DBF - Infiltration

Die meisten Schäden mit knapp 27% wurden im Schachtaufbau nicht erkannt, gefolgt von den Auflagerungen mit 22%. Die Schäden von den Auflagerungen sind zum Großteil Oberflächenschäden, die wiederum von den KU vernachlässigt wurden. Diese Zustände sind auch ohne elektronischen Spiegel zu erkennen gewesen.

Als beste Methode für die Schachtinspektion mit der MesSen Nord-Kamera hat sich die Kameraneigung von 45°, mit 2 Lichtern und Lichtfiltern erwiesen. Außerdem sollte das Stativ verwendet werden. Die Schachtinspektion mit Stativ benötigt nur durchschnittlich 3 min. länger als die Schachtinspektion ohne Stativ. Es stellt eine Erleichterung für die Person dar, welche die Drehbewegungen im Schacht durchführt, da die Stange nicht die ganze Zeit gehalten werden muss. Dadurch kann sich der Inspekteur auf gleichmäßig langsame Drehbewegungen konzentrieren, was bei der Videoausarbeitung im Büro ein großer Vorteil ist, um die Zustände zu erkennen.

Wie Abbildung 120 zeigt, erhöht sich die Fehlerrate durch die Inspektion von oben, je tiefer der zu inspizierende Schacht ist. Daher sollte vor allem bei tieferen Schächten der elektronische Spiegel verwendet werden, um den betrieblichen/baulichen Zustand des Schachtes zu gewährleisten. Eine Alternative stellt auch die umgebaute Schiebekamera vom RHV Mühlthal dar. Der einfache Spiegel (wie beim RHV Trumerseen) oder auch der Spiegel der als Lichtquelle verwendet wird (wie beim RHV Hallstättersee), können ebenfalls zur Schachtinspektion für tiefe Schächte eingesetzt werden.

7.2.1.2 Vor- und Nachteile des elektronischen Spiegels bei der Schachtinspektion

Wie bereits in der DWA-M 149-5 beschrieben, ist die einfache Sichtprüfung, also die Betrachtung von oben, bestenfalls zur Funktionsprüfung geeignet.

Die Schachtinspektion mit den beiden Spiegelmodellen von den Firmen MesSen Nord und QuickView stellt ebenfalls keine Schachtinspektion im klassischen Sinne dar, sondern schafft nur einen Überblick zum Zustand des Schachtes. Die Kameras müssten in der Lage sein durch ein Bewegungssystem das gesamte Bauwerk zu inspizieren, dabei müssen zu jeder Zeit die vertikale Position und die Blickrichtung erkennbar sein.

Die Vorteile einer Kanalinspektion ohne elektronischen Spiegel liegen ganz klar im zeitlichen und finanziellen Bereich: Die Erhebungen vor Ort können schneller abgeschlossen werden. Darüber hinaus erspart sich das KU die lange Nachbearbeitungszeit im Büro. Außerdem ist die Kamera mit einem großen finanziellen Aufwand verbunden. Der Anschaffungspreis liegt bei ca. 8.000 - 15.000 €. Zusätzlich sind Reparatur- und Wartungsarbeiten notwendig, welche wiederum Kosten verursachen. Nicht zu vergessen ist der notwendige zweite Mitarbeiter, der bei der optischen Schachtinspektion von oben nicht benötigt wird.

Nicht zu unterschätzen ist das Gewicht des Kameraequipments, welches den ganzen Tag transportiert werden muss. Bei Schächten mit großen Tiefen sind die Inspektionsstangen ohne Stativ eine körperliche Belastung.



Abbildung 207 - Rucksack mit Equipment der MesSen Nord-Kamera

Diskussion und Interpretation der Ergebnisse

Bei dem Modell iPEK QuickView ist die Akkueinheit in einer Inspektionsweste integriert, was einen höheren Inspektionskomfort schafft (siehe Abbildung 208).



Abbildung 208 - QuickView Inspektionsweste mit integriertem Akku

Für das Modell MesSen Nord STV3 wurde ein Golf-Caddy extra für die Schacht- und Haltungsinspektion gebaut. Dieser kann auch bei schlechtem Wetter und im schwierigen Gelände eingesetzt werden, wie die Abbildung 209 und Abbildung 210 zeigen.



Abbildung 209 - Golf-Caddy mit Inspektionslaptop und Steuereinheit des Kameramodells MesSen Nord STV3



Abbildung 210 - Schachtinspektion mit Golf-Caddy bei schlechtem Wetter

Der Vorteil des elektronischen Spiegels liegt in der Erfassungsrate der Zustände. Auch wenn das Ergebnis zu Gunsten des elektronischen Spiegels verzerrt wurde (z.B. der Zustand DAF (Oberflächenschaden) wurde von den Mitarbeitern der KU bei den Auflagerungen nicht aufgenommen), befindet sich vor allem im Schachtaufbau (C) noch viel Potenzial, die Genauigkeit der Zustandserkennung zu erhöhen. Genau dies kann mit dem elektronischen Spiegel erreicht werden. Ein großer Vorteil des Spiegels ist die gleichzeitige Inspektion der Haltung. Dadurch erhält das KU einen betrieblichen Überblick über die Haltung. Dabei kann festgestellt werden, ob Schäden in der Haltung ersichtlich sind und ob eine Reinigung der Haltung notwendig ist. Dadurch könnten sich die Reinhalteverbände Geld einsparen.

Je nach Tiefe der Schächte, Witterung, Zustände der Schächte und Gehweg zwischen den einzelnen Schächten, können ca. 15-25 Schächte pro Tag, sowie ca. 2000-3000 m/Tag an Haltung inspiziert werden. Damit erhält das KU einen schnellen Überblick über den Zustand des Kanalnetzes.

Bei schlechter Witterung sollte generell keine Schachtinspektion durchgeführt werden, weil die Zustände im Schacht nicht klar ersichtlich sind.

Tabelle 22 zeigt einen Überblick über die Vor- und Nachteile des elektronischen Spiegels bei der Schachtinspektion.

Tabelle 22 - Vor- und Nachteile des elektronischen Spiegels bei der Schachtinspektion

Vorteile	Nachteile
Höhere Erfassungsraten von Zuständen, als wie bei alleiniger Sichtinspektion von oben	Höherer zeitlicher Aufwand vor Ort und im Büro
Vor allem bei tiefen Schächten und solchen mit Sonderformen gut einsetzbar	Höherer finanzieller Aufwand durch die Anschaffung des Spiegels und durch Wartungs- und Reparaturkosten
KU erhält zusätzlich einen betrieblichen Überblick über die Haltung	Für die Inspektion vor Ort wird ein zweiter Mitarbeiter benötigt
	In tieferen Schächten ist das Gewicht der Stange mitsamt des Spiegels belastend für den Inspekteur
	Aufgrund der fehlenden Einblendung der Schachttiefe und Position des Zustandes, nicht für eine detaillierte Schachtinspektion geeignet

7.3 Adaption der Zustandsbeschreibung für innovative Inspektionsmethoden (Kuratko, 2015a)

7.3.1 Zustandserfassung mittels elektronischen Spiegel ohne Zustandsgruppen

Bei den Untersuchungen aus den Jahren 2009/10/12 wurden mit den unterschiedlichen Spiegelmodellen nicht dieselben Haltungen inspiziert, daher lassen sich die elektronischen Spiegelmodelle hier nicht direkt vergleichen. Es können jedoch allgemeine Aussagen über die Zustandserfassungsraten mit elektronischen Spiegeln getroffen werden. Insgesamt konnten unabhängig vom Spiegelmodell 34% der 2200 Zustände innerhalb der Untersuchungsstichprobe erkannt werden. Dabei konnten Inventarisierungen mit 62% am häufigsten erkannt werden. Betriebliche Zustände konnten zu 30% erfasst werden. Die Erkennungsrate bei baulichen Zuständen beträgt 17%. Sonstige Zustände (Materialwechsel - BDB, Grund für Inspektionsabbruch - BDC, Wasserspiegel - BDD und Wasserspiegel wegen dem keine Sicht bei der TV-Befahrung möglich war - BDG) konnten zu 11% erkannt werden.

Betrachtet man die baulichen Zustände, so fällt auf, dass einragendes Dichtungsmaterial (BAI) zu mehr als 35%, und einragende Anschlüsse zu mehr als 55% erkannt werden konnten. Dies bestätigt die Annahme, dass querschnittsreduzierende Zustände relativ einfach mit dem elektronischen Spiegel erkannt werden können. Hingegen sind die Erkennungsraten von Rissen (BAB), Rohrbrüchen (BAC) und schadhafte Anschlüsse (BAH) geringer als 10%. Dies liegt zumeist daran, dass diese Zustände zu klein sind, um mit dem elektronischen Spiegel erkannt werden zu können. Verschobene Verbindungen (BAJ) konnten zu 20% erkannt werden. Bei den

restlichen baulichen Zuständen ist die Stichprobe zu gering (<30 Zustände) um exakte Aussagen über deren Erfassung treffen zu können.

Bei Betrachtung der betrieblichen Zustände lässt sich erkennen, dass Inkrustationen (BBB) zu mehr als 45% identifiziert werden konnten. Ist die Inkrustation querschnittsreduzierend lässt sie sich einfach mit dem elektronischen Spiegel erfassen. Ablagerungen wurden zu mehr als 20% erfasst. Da jedoch teilweise erhebliche Zeiträume zwischen den TV-Befahrungen und der Inspektion mit dem elektronischen Spiegel liegen, kann nicht sichergestellt sein, dass diese Ablagerungen zum Zeitpunkt der Spiegelinspektionen immer noch existierten. Durch zwischenzeitliche (Selbst-)Reinigung könnten diese schon entfernt worden sein. Daher ist die Auswertung dieses Zustandes nicht repräsentativ für die Zustandserfassung des elektronischen Spiegels. Das gleiche gilt für den Zustand Infiltration (BBF) von welchem ca. 15% erfasst werden konnten. Durch schwankende Grundwasserstände könnten einige dieser Infiltrationen zum Zeitpunkt der Spiegelinspektionen nicht mehr vorhanden gewesen sein.

Die inventarisierten Anschlüsse (BCA) konnten zu rund 20% mit dem Spiegel erfasst werden. Ist ein Anschluss nicht einragend, so ist eine Erfassung mit dem Spiegel schwierig. Blindschächte (BCE-Z) wurden zu mehr als 25% erfasst. Hier wurde eine Erfassung zumeist durch zu große Abwinkelungen bzw. einer zu großen Entfernung bei längeren (>30m) Haltungen unmöglich gemacht.

In der Kategorie der sonstigen Zustände konnten abschnittsweise Wasserstände innerhalb der Haltung (BDD) zu 15% erfasst werden. Hier besteht jedoch das gleiche Problem wie bei Ablagerungen und Infiltrationen. Durch den teilweise langen Zeitraum zwischen TV-Befahrung und Spiegelinspektion könnten sich diese Zustände schon verändert haben, bzw. verschwunden sein. Der Kode Allgemeine Anmerkungen (BDB) bezieht sich bei diesen Untersuchungen auf einen Materialwechsel innerhalb der Haltung. 12,5% der insgesamt 16 Zustände konnten mit dem elektronischen Spiegel erfasst werden.

Betrachtet man die Erkennungsraten bei den Inspektionen aus dem Jahr 2011, so liegt hier die allgemeine Erkennungsrate eines elektronischen Spiegels bei ca. 60%. Sonstige Zustände konnten hier zu ca. 80% erkannt werden (wobei sich hier der Zustand Allgemeine Anmerkung (BDB) auf den Anschluss zwischen Schacht und Haltung bezieht) und Inventarisierungen zu ca. 75%. Mit dem Modell MesSen Nord STV3 konnten betriebliche Zustände zu ca. 55% und bauliche Zustände zu ca. 50% erkannt werden. Bei dem Modell iPEK QuickView liegt die Erkennungsrate bei betrieblichen Zuständen bei 40% und bei baulichen Zuständen bei 35%. Diese Werte lassen sich nicht direkt mit den Zustandserfassungswerten aus den Inspektionsjahren 2009/10/12 vergleichen, da einerseits die Stichprobe bei den Inspektionen aus dem Jahr 2011 um mehr als die Hälfte geringer ist, und andererseits bei den Untersuchungen aus den Jahren 2009/10/12 die Inspektion nicht immer von beiden Haltungsschächten aus erfolgte, sondern (realitätsgetreuer) nur bei 2/3 der Haltungen. Des Weiteren traten bei der Untersuchungsstichprobe aus den Jahren 2009/10/12 deutlich mehr Risse auf als wie in der Untersuchungsstichprobe aus dem Jahr 2011. Dadurch, dass die Zustandserfassung von Rissen mittels elektronischem Spiegel meist nicht möglich ist, da diese oft zu klein sind, fällt die Gesamterfassungsrate aus der Untersuchungsstichprobe 2009/10/12 (34%) deutlich geringer aus, als jene aus der Stichprobe 2011 (60%). In der Stichprobe 2009/10/12 traten bei insgesamt 2200 Zuständen 324 Risse auf, wovon ca. 7% mit dem elektronischen Spiegel erkannt werden konnten. Hingegen traten bei den Untersuchungen aus dem Jahr 2011 bei insgesamt 877 Zuständen nur 54 Risse auf, welche zu ca. 22% (iPEK QuickView Haloptik) bzw. zu ca. 37% (MesSen Nord STV3) erfasst werden konnten.

Die Zustandserfassung mittels elektronischem Spiegel hängt sehr stark von dem verwendeten Spiegelmodell und dessen technischen Spezifikationen ab. So sind die Art der Ausleuchtung, die Kameraauflösung und die Stärke des Zooms bei verschiedenen Modellen stark unterschiedlich. Da bei den Untersuchungen aus dem Jahr 2011 dieselben Haltungen mit zwei unterschiedlichen Modellen untersucht wurden, die über verschiedene Arten der Ausleuchtung verfügen, lässt sich der Einfluss des verwendeten elektronischen Spiegels deutlich sehen. Das Modell iPEK QuickView Haloptic nutzt eine punktuelle Beleuchtung mittels Lichtsäule, wobei hingegen das Modell MesSen Nord STV3 eine flächig ausleuchtet. Dadurch ist bei dem Modell der Firma iPEK eine weitere Sicht in die Haltung möglich, das Modell der Firma MesSen Nord leuchtet hingegen die Rohrwandung besser aus, bei jedoch insgesamt geringerer Sichtweite.

Beim direkten Vergleich der Zustandserfassungsraten der beiden unterschiedlichen Spiegelmodelle fallen folgende Punkte auf:

- Verformungen (BAA) und verschobene Verbindungen (BAJ) lassen sich mit der flächigen Ausleuchtung des Modells MesSen Nord STV3 signifikant häufiger erkennen.
- Dies gilt auch für Risse (BAB) an der Rohrwandung, Rohrbrüche (BAC) und schadhafte Anschlüsse (BAH).
- Die Erfassungsrate von Inkrustationen liegt beim Modell MesSen Nord STV3 um ca. 25% höher als beim Modell iPEK QuickView. Inkrustationen die nicht einragend sind, sondern nur an der Rohrwandung, beispielsweise in einem Riss, lassen sich mit der flächigen Ausleuchtung häufiger erfassen.
- Bei den restlichen Zuständen zeichnen sich keine signifikanten Unterschiede ab, oder die Stichprobe ist zu gering (<30 Zustände) für exakte Aussagen. Schwankungen in den Erkennungsraten liegen hier auch bei den allgemeinen Einsatzbedingungen (axialsichtige Inspektion, richtiges Positionieren der Inspektionsstange,...) einer Inspektion mit dem elektronischen Spiegel und müssten individuell für jede Haltungsinspektion betrachtet werden.

Da am Markt derzeit auch schon elektronische Spiegel mit HD-Auflösung und einer Kombination von punktueller und flächiger Beleuchtung verfügbar sind, würde die Zustandserfassung bei Verwendung solcher Modelle wahrscheinlich höhere Erkennungsraten liefern.

Bei den Gründen für eine Nichterkennung eines Zustandes herrscht vor, dass ein Zustand zu weit innerhalb der Haltung liegt, als dass eine einwandfreie Erkennung mit einem elektronischen Spiegel möglich wäre. Rund 45% der Nichterkennungen sind dadurch begründet. Die Ursachen hierfür liegen in einer Kombination einer zu schwachen Ausleuchtung, zu geringer Kamera-Auflösung und einem zu kleinen Zustand. Während den Untersuchungen trat dieses Problem in der Regel ab einer Entfernung vom Schacht von ca. 25 m auf. Bei dem Modell iPEK QuickView (Haloptic) wurde diese Begründung um rund 10% weniger häufig angegeben, was an der punktuellen Lichtsäule dieses Modells liegt. Dadurch wurde generell ein weiterer Blick innerhalb der Haltung möglich.

Bei dem Modell iPEK QuickView (Haloptic) ist bei ca. 25% der nicht erkannten Zustände die Begründung, dass der jeweilige Zustand zu klein war. Dies ist bei dem Modell MesSen Nord STV3 bei ca. 10% der nicht erkannten Zustände der Fall. Dies lässt sich wiederum durch die unterschiedliche Art der Ausleuchtung begründen. Durch die flächige Ausleuchtung des MesSen Nord Modells lassen sich feine Strukturen an der Rohrwandung leichter erkennen.

Weitere ca. 10% der nicht erkannten Zustände lassen sich bei beiden Modellen dadurch begründen, dass innerhalb der Haltung eine zu große Abwinkelung auftritt, welche eine weitere Sicht versperrt.

Eine zu geringe Kameraauflösung als Hauptgrund ist bei beiden Modellen nur zu rund 3% für eine Nichterkennung verantwortlich.

7.3.2 Zustandserfassung mittels elektronischen Spiegel bei Anwendung von Zustandsgruppen

Hierbei wurden die Zustände des Untersuchungsumfangs in Einzelzustände und in Zustände die als Gruppe auftraten unterteilt. Bei den Untersuchungen ohne Bildung von Zustandsgruppen wurden alle Zustände als Einzelzustände aufgefasst. Es ändert sich daher der Stichprobenumfang an Einzelzuständen für die Inspektionsjahre 2009/10/12 von 2200 Einzelzustände auf 1705, und im Inspektionsjahr 2011 von 877 auf 587 Zustände.

Die Erfassungsraten des elektronischen Spiegels für die Einzelzustände bleiben im Grunde gleich, die Änderungen in den numerischen Werten ergeben sich nur aufgrund einer Verkleinerung des Stichprobenumfangs. Auch bleiben hier die Gründe für eine Nichterkennung die selben.

Zustände die nicht zu den Einzelzuständen gezählt werden, wurden zu Gruppen zusammengefasst und deren Erfassungsrate mit dem elektronischen Spiegel untersucht. Dabei musste nur ein Teil der Zustandsgruppe erkannt werden um als erfasst zu gelten.

Für die Inspektionsjahre 2009/10/12 wurden insgesamt 217 Gruppen gebildet was 495 Zuständen entspricht. Diese zeigt Tabelle 23.

Tabelle 23 - Zustandsgruppen Inspektionsjahre 2009/10/12

Anschluss (BCA) schadhaft (n=77)	
schadhaft (BCA + BAH)	32
einragend (BCA + BAG)	9
schadhaft und einragend (BCA + BAH + BAG)	24
schadhaft und Infiltration (BCA + BAH + BBF)	4
schadhaft und Riss (BCA + BAH + BAB)	2
schadhaft und Inkrustation (BCA + BAH + BBB)	1
schadhaft und Boden sichtbar (BCA + BAH + BAO)	2
schadhaft, einragend und Boden sichtbar (BCA + BAH + BAG + BAO)	1
schadhaft, Riss, Inkrustation und Infiltration (BCA + BAH + BAB + BBB + BBF)	1
schadhaft, Rohrbruch, Boden sichtbar und Infiltration (BCA + BAH + BAC + BAO + BBF)	1
Verschobene Verbindung (BAJ) (n=39)	
Wasserspiegel (BAJ + BDD)	37
Boden sichtbar (BAJ + BAO)	1
Boden sichtbar und Wurzeleinwuchs (BAJ + BAO + BBA)	1
Rohrbruch (BAC) (n=3)	
Infiltration (BAC + BBF)	1
Riss (BAC + BAB)	1
einragendes Dichtungsmaterial und Boden sichtbar (BAC + BAI + BAO)	1
Riss (BAB) (n=73)	
Inkrustation (BAB + BBB)	15
Wurzeleinwuchs (BAB + BBA)	1
Infiltration (BAB + BBF)	39
Infiltration und Inkrustation (BAB + BBF + BBB)	16
Infiltration, Inkrustation und Exfiltration (BAB + BBB + BBG)	1
schadhafte Reparatur und Hohlraum sichtbar (BAB + BAL + BAP)	1
Poröses Rohr (BAN) (n=18)	
Oberflächenschaden (BAN + BAF)	6
Infiltration (BAN + BBF)	12
Deformation (BAA) (n=1)	
Boden sichtbar (BAA + BAO)	1
Anhaftende Stoffe (BBB) (n=6)	
Infiltration (BBB + BBF)	6
GESAMT	217

Die Gesamterfassungsrate dieser Gruppen liegt bei 27%. Die Gruppen der schadhaften Anschlüsse konnten zu 31% erfasst werden, die der Risse zu 32%. Verschobene Verbindungen, zumeist in Kombination mit einem abschnittswisen Wasserspiegel, wurden zu 15% erfasst. Rohrbrüche in Kombination mit anderen Schäden wurden zu 33% erfasst, wobei hier nur dreimal

diese Gruppe auftrat. Die Gruppe eines porösen Rohres in Kombination mit einem Oberflächenschaden oder Infiltration wurde zu 11% erfasst. Anhaftende Stoffe in Kombination mit Infiltration konnten zu 33% erfasst werden, wobei hier nur sechsmal diese Gruppe gebildet werden konnte. Die Gruppe „Deformation + Boden sichtbar“ wurde nur einmal gebildet, und konnte nicht mit dem elektronischen Spiegel erfasst werden. Diese kann daher vernachlässigt werden.

Hauptursache warum eine Zustandsgruppe nicht mit dem elektronischen Spiegel erfasst werden konnte ist, dass sich diese Zustände zu weit vom Schacht entfernt befinden. Dies resultiert, wie bei der Betrachtung der Einzelzustände, in einer Kombination von zu geringer Ausleuchtung, zu kleinen Zuständen und einer ungenügenden Kameraauflösung. Die technischen Möglichkeiten der beiden Spiegelmodelle waren bei diesen Zustandserfassungen erschöpft. Weitere signifikante Gründe sind, dass Zustände bzw. Zustandsgruppen zu klein sind für eine Spiegelerfassung. Dies betrifft insbesondere die schadhafte Anschlüsse und Risse in Kombination mit weiteren Zuständen. In ca. 15% der Fälle waren bei der Erfassung von schadhafte Anschlüsse und verschobene Verbindungen in Kombination mit weiteren Zuständen zu große Abwinkelungen innerhalb der Haltungen der Grund für eine Nichterkennung.

Für die Inspektionsjahre 2011 wurden insgesamt 113 Gruppen gebildet, dies entspricht 290 Zuständen. Sie sind in Tabelle 24 ersichtlich.

Tabelle 24 - Zustandsgruppen Inspektionsjahre 2011

Anschluss (BCA) schadhaft (n=48)	
einragend (BCA + BAG)	6
schadhaft (BCA + BAH)	9
schadhaft und einragend (BCA + BAH + BAG)	3
schadhaft und Rohrbruch (BCA + BAH + BAC)	1
schadhaft und Wurzeleinwuchs (BCA + BAH + BBA)	3
schadhaft und Boden sichtbar (BCA + BAH + BAO)	5
schadhaft und Infiltration (BCA + BAH + BBF)	1
Rohrbruch und Boden sichtbar (BCA + BAC + BAO)	1
schadhaft und schadhafte Reparatur (BCA + BAH + BAL)	1
schadhaft, Rohrbruch und Boden sichtbar (BCA + BAH + BAC + BAO)	6
schadhaft, einragend und Boden sichtbar (BCA + BAH + BAG + BAO)	4
schadhaft, einragend und Wurzeleinwuchs (BCA + BAH + BAG + BBA)	1
schadhaft, einragend und Rohrbruch (BCA + BAG + BAC + BAH)	1
schadhaft, einragend, Rohrbruch und Boden sichtbar (BCA + BAH + BAG + BAC + BAO)	5
schadhaft, einragend, Boden sichtbar und Wurzeleinwuchs (BCA + BAG + BAO + BAH + BBA)	1
Verschobene Verbindung (BAJ) (n=6)	
einragendes Dichtungsmaterial (BAJ + BAI)	1
Wasserspiegel (BAJ + BDD)	4
Boden sichtbar (BAJ + BAO)	1
Rohrbruch (BAC) (n=3)	
Boden sichtbar (BAC + BAO)	2
Inkrustation und Infiltration (BAC + BBB + BBF)	1
Riss (BAB) (n=22)	
Inkrustation (BAB + BBB)	15
Infiltration (BAB + BBF)	3
Inkrustation und Infiltration (BAB + BBB + BBF)	3
Wurzeleinwuchs und Boden sichtbar (BAB + BBA + BAO)	1
Poröses Rohr (BAN) (n=22)	
Infiltration (BAN + BBF)	8
Inkrustation (BAN + BBB)	12
Inkrustation und Infiltration (BAN + BBB + BBF)	2
Deformation (BAA) (n=3)	
einragendes Dichtungsmaterial (BAA + BAI)	3
Anhaftende Stoffe (BBB) (n=8)	
Infiltration (BBB + BBF)	8
Oberflächenschaden (BAF) (n=1)	
Hindernis (BAF + BBE)	1
GESAMT	113

Die Erfassungsraten der beiden Spiegelmodelle können hier direkt verglichen werden. Die Gesamterfassungsraten der Gruppen beträgt beim Modell iPEK QuickView Haloptic 41% und beim Modell MesSen Nord STV3 51%. Bei Betrachtung der Zustandsgruppen mit einem Stichprobenumfang >20 Gruppen lassen sich folgende Unterschiede bei den Erfassungsraten der beiden Spiegelmodelle feststellen:

- Die Gruppe der schadhafte Anschlüsse konnte mit dem Modell MesSen Nord STV3 um ca. 10% häufiger erfasst werden. Dies ist auf die flächige Ausleuchtung der Haltungen zurückzuführen.
- Die Erfassungsrate der Gruppe der Risse in Kombination mit weiteren Zuständen wie Inkrustationen und Infiltrationen liegt mit dem Modell MesSen Nord bei 59%, im Gegensatz zum Modell iPEK QuickView Haloptic mit einer Erfassungsrate von 32%. Dies lässt sich wiederum auf die flächige Ausleuchtung des Modells MesSen Nord zurückführen.
- Die Gruppe der porösen Rohre in Kombination mit Infiltration und Inkrustation weist generell eine geringe Erfassungsrate von 14% mit dem Modell iPEK QuickView, und 5% mit dem Modell MesSen Nord STV3 auf. Die höhere Erfassungsrate mit dem iPEK Modell lässt sich darauf zurückführen, dass sich diese Zustände in Entfernungen >20m vom Schacht befanden, und mit der punktuellen Beleuchtung des iPEK Modells eine weitere Sicht in eine Haltung möglich ist.

7.3.3 Änderung der Erfassungsrate des elektronischen Spiegels durch die Anwendung von Zustandsgruppen

Abbildung 136 stellt für den gesamten Untersuchungsumfang der Inspektionsjahre 2009/10/12 dar, wie sich die Gesamterfassungsraten aller Zustände bei Anwendung von Zustandsgruppen im Gegensatz zur Erfassung von nur Einzelzuständen mit dem elektronischen Spiegel ändert. Aus der Abbildung wird ersichtlich, dass sich die Erfassungsrate von den 2200 inventarisierten Zuständen von 34% auf insgesamt 37% erhöht.

Abbildung 137 stellt dies für den Inspektionsumfang des Jahres 2011 dar. Bei dem Modell iPEK QuickView Haloptic erhöht sich die Gesamterfassungsraten der 877 inventarisierten Zustände von 56% auf insgesamt 60%. Bei dem Modell MesSen Nord STV3 erhöht sich die Gesamterfassungsraten von 64% auf 66%.

Die Gesamterfassungsraten von allen Zuständen ändert sich durch die Gruppenbildung nur in einem Bereich von 2-4%.

Daher muss festgestellt werden, dass eine Gruppenbildung von EN-Kodierungen insgesamt keine signifikant höheren Erfassungsraten mit dem elektronischen Spiegel liefert. Jedoch können die hier verwendeten Zustandsgruppen als Basis für eine adaptierte Zustandserfassung in Hinblick auf ein Ampelsystem dienen.

Ein Vorschlag zur Adaptierung der Zustandserfassung, welche sich in der Praxis bei ersten Untersuchungen im Rahmen des konstruktiven Projekts „Untersuchungskonzept und Anbot zur Integration eines elektronischen Spiegelmodells in der LINZ AG Abwasser, Kuratko (2015)“ als gute Variante herausgestellt hat, ist die Anwendung eines reinen Ampelsystems gänzlich ohne die Verwendung von Zustandskodierungen. Die bloße Auswahl während der Inspektion ob ein „Sanierungs- / Erneuerungsbedarf“, ein „zusätzlicher Inspektionsbedarf“, ein „Reinigungsbedarf“ oder nur das „nächste Inspektionsintervall“ nötig ist, geschieht sehr rasch. So ist es bei einem Riss der mit dem elektronischen Spiegel erkannt werden kann gleichgültig,

ob bei diesem noch eine Infiltration oder ein Wurzeleinwuchs auftritt, da dieser Zustand automatisch einen „zusätzlichen Inspektionsbedarf“ mit einer TV-Befahrung bedingt. So muss keine EN-Zustandsgruppe in einem Auswahlménú gesucht werden, sondern lediglich ein Vermerk oder ein gelbes Ampellicht ausgewählt werden. Dies würde auch einhergehen mit der Verwendung des elektronischen Spiegels als Instrument der „bedarfsorientierten Reinigung“. So muss nur der Punkt oder die Farbe für „Reinigungsbedarf“ ausgewählt werden, und keine umständliche EN-Kodierung oder EN-Kodierungsgruppe in einem Auswahlménú gesucht und ausgewählt werden.

Der Punkt „zusätzlicher Inspektionsbedarf“ kann auf den hier untersuchten Zustandsgruppierungen basieren. So wären mögliche Auswahlpunkte:

- Schadhafter Anschluss.
- Rohrbruch.
- Riss.
- Oberflächenschaden.
-

Dies kann dem Bearbeiter als zusätzliche Information dienen, wie dringend der weitere Bedarf nach einer detaillierten TV-Befahrung ist.

Da eine Inspektion mit dem elektronischen Spiegel nie den Detaillierungsgrad des EN-Kodiersystems nutzen könnte, und dies auch nicht bei Gruppenbildungen von Codes der Fall ist, ist eine Hinwendung zu solch einem „Ampelsystem“ als sinnvoll zu betrachten.

7.4 Beschreibung einer Schnittstelle für die Einbindung der Haltungs- und Schachtdaten in die drei untersuchten Betriebsführungssoftwareprodukte

Aufbauend auf den weitergehenden Untersuchungen wurde die Software adaptiert (Version 0.2), damit einerseits auch eine Inspektion ohne Anbindung an ein LIS erfolgen kann, und andererseits auch eine Datenbank im csv Format eingelesen werden kann. Bei den anschließenden Untersuchungen stellte sich heraus, dass auch die Möglichkeit bestehen soll weitergehende Stammdaten ohne LIS einzublenden. Darauf aufbauend wurde Version 0.25 entwickelt. (Siehe Abbildung 211)



Abbildung 211: Schacht-Zoom-Kamera Tool V0.25

7.5 Endfassung zur Dokumentation des Verschmutzungsgrades sowie der Kanalräumgutmenge (Plihal et al., 2014a)

Ablagerungen in Kanalisationen sind in der Regel auf bauliche oder betriebliche Ursachen zurückzuführen. Für eine bedarfsorientierte Reinigung sind genaue Kenntnisse über den Zustand des Kanalisationsnetzes erforderlich. Der elektronische Spiegel bietet hier eine einfache und schnelle Möglichkeit, einen Überblick über den Verschmutzungsgrad des Kanals zu erhalten. Dadurch lassen sich jene Haltungen identifizieren, die zu vermehrten Ablagerungen neigen. Bei der Inspektion ablagerungsintensiver Kanalabschnitte im Rahmen des INNOKANIS-Projekts wurde festgestellt, dass der Selbstreinigungseffekt der Kanalisation für mindestens zwei Drittel der untersuchten Haltungen ausreichend ist und diese somit nicht gereinigt werden müssen.

Bei einer Änderung der Reinigungsstrategie ist darauf zu achten, dass es zu keinen negativen Umweltauswirkungen im Gesamtsystem kommt (z. B. erhöhter Schmutzfrachtaustrag aus Mischwassersystemen bei großen Regenabflüssen). Dies könnte vor allem dann von Bedeutung sein, wenn die Änderung der Reinigungsstrategie nur in Teilbereichen des Netzes umgesetzt wird (z. B. bei einem „Verbund“ aus Gemeinde- und Verbandskanalisationen).

Können potenzielle negative Umweltauswirkungen vermieden werden, ist zu empfehlen, die Kanalreinigungsstrategie von präventiv auf bedarfsorientiert umzustellen. Die Reinigungskosten lassen sich auf diese Weise in der Regel optimieren.

7.6 Endfassung zum Pflichtenheft, das als Hilfestellung für die Ausschreibung der Software für die Betriebsführung der Kanalisationsunternehmen dienen soll

Die optimierte Vorgangsweise der Inspektion stellt die Erkenntnisse aus den in-situ Erhebungen dar, verknüpft mit den aktuellen Anforderungen nach Stand der Technik, und repräsentiert das Lastenheft zur Schachtinspektion.

Das Lastenheft ist in vier Punkte gegliedert:

1. Unterscheidung und Festlegung der beiden Arten „light“ - und „professional“ - Inspektion
2. Hilfsmittel für die Inspektion
3. Workflows für die einzelnen Schachtinspektionsvarianten
4. Use Cases zur Darstellung der Abläufe

Die „light“ - Variante beschreibt dabei eine einfach gehaltene Inspektion für den betrieblichen Überblick nach Regelblatt 22 (siehe ÖWAV 2013a). Im Gegensatz dazu stellt die „professional“ - Variante eine vollständige Erfassung aller Zustände konform zur ÖNORM EN 13508-2/A1 (2011) dar.

In den Hilfsmitteln zur Inspektion wird unter anderem auf GPS-gestützte Schachtsuche und Kontrolle des Standorts mittels AUTO-ID Systemen eingegangen.

Die anschließenden Workflows zu den Inspektionen gehen sowohl auf die Unterscheidung „light“ und „professional“ ein, als auch auf die Unterscheidung Erstinspektion - Folgeinspektion.

Den Abschluss bilden die Use Case Diagramme, die die Arbeitsabläufe darlegen. Hier wurde von einem allgemein gehaltenen Use Case ausgehend, der die Punkte Arbeitsschritte vor-, während und nach der Inspektion enthält, der Detaillierungsgrad immer weiter erhöht. Besondere Aufmerksamkeit wurde dabei auf die Implementierung des elektronischen Spiegels und die Akustikmessung (SewerBatt®) gelegt, damit der entsprechend notwendige Datenfluss aufgezeigt werden kann.

7.7 Ergänzende Untersuchungen zum INNOKANIS-Projekt (Kuratko, 2015b)

7.7.1 Vergleich verschiedener Modelle des elektronischen Spiegels

Mit dem Modell iPEK QuickView Haloptic lassen sich durch den Tunneleffekt der punktuellen Lichtsäule grobe Zustände auch noch in Entfernungen >40m erkennen. Jedoch muss aufgrund der fehlenden flächigen Ausleuchtung jeder Bereich der Haltung explizit angestrahlt werden, um etwaige Schäden erkennen zu können.

Bei der Weiterentwicklung iPEK QuickView X wurde zusätzlich eine flächige Ausleuchtung integriert. Jedoch wird der mittlere Inspektionsbereich anders ausgeleuchtet als der obere bzw. untere Bereich. Dies spiegelt sich auch in einer unterschiedlichen Farbgebung in diesen Bereichen wieder (siehe 6.10.1.3 Vergleich Spiegelmodelle: Beispiel 2). Allerdings ist dieses Modell noch ein Prototyp, und Änderungen sind zu erwarten. Die HD-Auflösung der Kamera ist positiv hervorzuheben.

Die Modelle Ritec Schachtkamera und JT-Elektronik Fast Picture liefern ähnliche Ergebnisse in punkto Ausleuchtung der Haltung. Es fällt jedoch die bessere Auflösung des Bildes (insbesondere mit immer größeren Zoom) bei dem Modell JT-Elektronik Fast Picture auf, da diese eine HD-Kamera verbaut hat.

Das Modell MesSen Nord STV3 eignet sich durch seine rein flächige Ausleuchtung nur für die ersten ~20m einer Haltung.

7.7.2 Kosten-Nutzen-Analyse basierend auf den vorangegangenen Untersuchungen

Durch die Testinspektionen mit dem elektronischen Spiegel bei der LINZ AG Abwasser konnte eine Kosten-Nutzen-Analyse für Haltungsinspektionen mit einem elektronischen Spiegel als auch mit herkömmlicher TV-Befahrung erstellt werden. Für ein Beispielskanalisationsnetz von 20 km wurden unterschiedliche Varianten der Inspektion untersucht. Diese sind in Abbildung 212 ersichtlich.

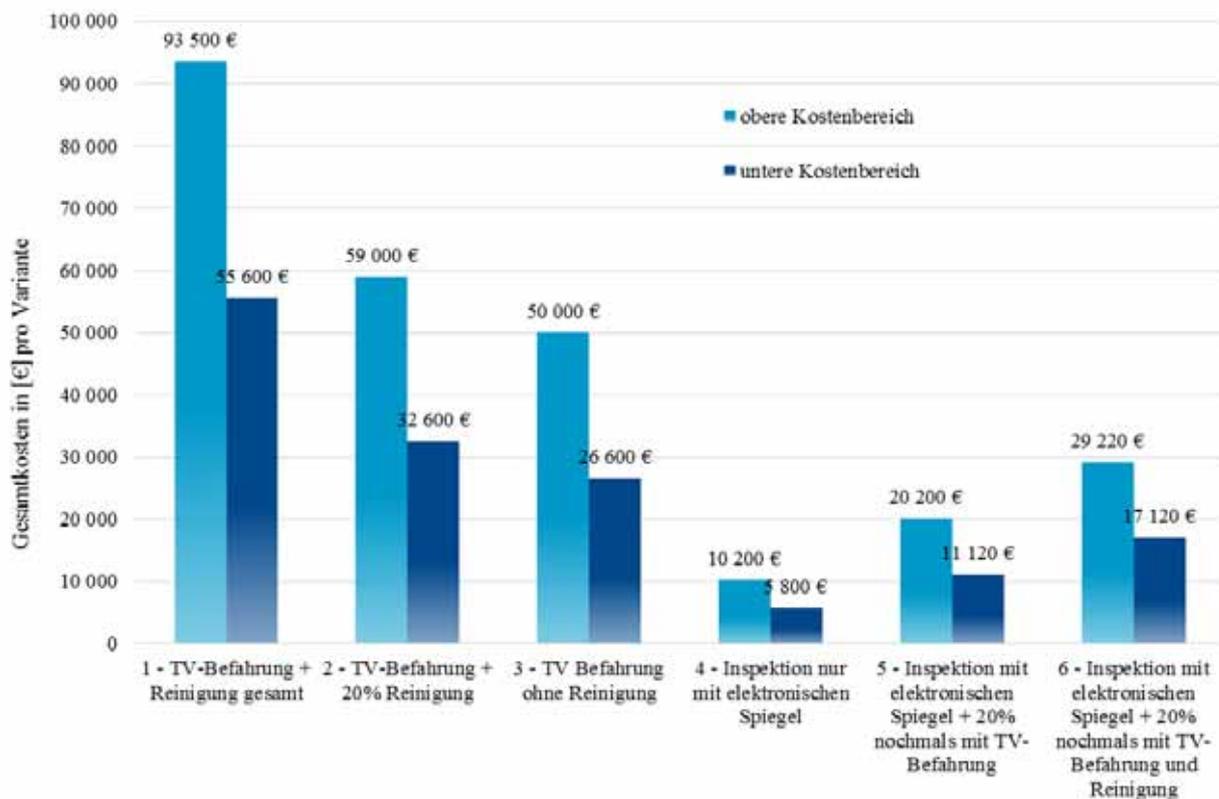


Abbildung 212 - Kosten für Varianten der Inspektion (und Reinigung) eines 20km langen Kanalisationsnetzes (Kuratko, 2015)

Dabei lässt sich feststellen, dass eine alleinige Inspektion des Kanalisationsnetzes nur mit elektronischem Spiegel (daher keine Vor-Reinigung notwendig) um ca. 90 % günstiger ist als die Inspektion mittels herkömmlicher TV-Befahrung + Reinigung der Haltungen. Bei der Annahme, dass 20 % des Kanalisationsnetzes nach der Inspektion mittels elektronischem Spiegel einen baulichen Zustand erkennen lässt, und daher eine zusätzliche TV-Befahrung + Reinigung notwendig ist, ist diese Kombination ca. 75 % günstiger, als eine gesamte Inspektion des Kanalisationsnetzes mit TV-Befahrung + Reinigung.

Wie in Kapitel 0 beschrieben, kann 85 % des Beispielkanalisationsnetzes von 20 km einen baulichen Zustand nach der Inspektion mittels elektronischen Spiegels aufweisen (und so eine zusätzliche TV-Befahrung + Reinigung erfordern), damit Kostengleichheit zu einer alleinigen TV-Befahrung + Reinigung des gesamten Kanalisationsnetzes herrscht.

7.7.3 Einbindung der Inspektionsdaten des elektronischen Spiegels in die Datenstruktur der LINZ AG

7.7.3.1 Evaluierung des Einsatzes des WinCan Templates v1 für den elektronischen Spiegel

Aufgrund des Mangels an neuen Zuständen in den Haltungen während der ersten Testinspektionen im Juli 2014, konnten die Zustandsgruppierungen bzw. die vereinfachte Zustandserfassung mit dem elektronischen Spiegel nicht getestet werden. Lediglich ob sich Zustände seit der TV-Inspektion verändert haben oder verschwunden sind, konnte erfasst werden.

Während des ersten Workshops bei der LINZ AG, wurde eine noch einfachere Zustandserfassung für den elektronischen Spiegel gefordert. Dies wurde in v2 des Templates realisiert.

7.7.3.2 Einbinden der Inspektionsdaten in die bestehende Datenstruktur der LINZ AG

Während einer Web-Session mit einem Mitarbeiter der LINZ AG, wurde eine Einbindung der in WinCan v8 mit dem adaptierten Template generierten Daten getestet. Hierbei ging es um die Frage, ob die in WinCan hinterlegten Daten in die bestehende Datenbank des Netzinformationssystems integrierbar sind.

Die Bezeichnungen der neu erstellten Spalten im adaptierten WinCan Template sind nicht in der Datenbank hinterlegt, und müssten dort neu angelegt werden. Sonst würden die Daten nicht zuordnungsbar an falscher Stelle in der Datenbank hinterlegt werden, bzw. möglicherweise bestehende Daten überschreiben. Hier müssen intern von Seiten der LINZ AG Lösungen bzw. konkrete Vorstellungen über die Datenintegration erarbeitet werden.

Für die zweiten Testinspektionen zu Modul 3 im Oktober 2014 wurde für das vereinfachtere Template für den elektronischen Spiegel die Vorgabe geäußert, dass die generierten Daten in WinCan verbleiben sollen. Dadurch ist die Integration in die Datenbank hinfällig, und die Spalten von WinCan können frei manipuliert werden. Auch soll die Haltung nicht über konkrete Zustände oder Zustandsgruppen beurteilt werden, sondern nur noch festgestellt werden, ob ein baulicher bzw. betrieblicher Handlungsbedarf oder ein Sanierungsbedarf besteht. Ansonsten erfolgt im folgenden Intervall erst wieder eine Inspektion.

7.7.3.3 Evaluierung des Einsatzes von WinCan Template für elektronischen Spiegel v2

Diese Version des Templates erwies sich während den Testinspektionen als praktischer, da zumeist ein Klick reicht, um den Zustand der Haltung (vereinfacht) zu beschreiben. Ausgehend von dieser vereinfachten Haltungsbeschreibung kann entschieden werden, ob eine Reinigung, Sanierung, weitere Inspektion mit Kamerafahrzeugen oder erst wieder eine Inspektion im nächsten Intervall nötig ist. Diese Form der Haltungserfassung wird dem Einsatz des elektronischen Spiegels als Werkzeug für den betrieblichen Überblick gerechter, als wie die Erfassung mittels Zustandsgruppierungen.

8. Zusammenfassung

„Trotz gewisser baulicher, betrieblicher und technischer Grenzen für die Inspektion mittels elektronischem Spiegel bietet dieses Instrument eine Reihe an praktischen Einsatzmöglichkeiten, die einem Kanalisationsunternehmen helfen können, die langfristige Funktionsfähigkeit seines Kanalsystems zu gewährleisten.“ (Plihal und Ertl 2013b)

Bei der Analyse der Daten aus den INNOKANIS Felduntersuchungen zur Haltungsinspektion mittels elektronischem Spiegel, konnten bei einem Untersuchungsumfang von 2200 Zuständen folgende Erkenntnisse gewonnen werden:

Betrachtet man die baulichen Zustände, so fällt auf, dass einragendes Dichtungsmaterial (BAI) zu mehr als 35%, und einragende Anschlüsse zu mehr als 55% erkannt werden konnten. Dies bestätigt die Annahme, dass querschnittsreduzierende Zustände relativ einfach mit dem elektronischen Spiegel erkannt werden können. Hingegen sind die Erkennungsraten von Rissen (BAB), Rohrbrüchen (BAC) und schadhafte Anschlüsse (BAH) geringer als 10%. Dies liegt zumeist daran, dass diese Zustände zu klein sind, um mit dem elektronischen Spiegel erkannt werden zu können. Verschobene Verbindungen (BAJ) konnten zu 20% erkannt werden. Bei den restlichen baulichen Zuständen ist die Stichprobe zu gering (< 30 Zustände) um exakte Aussagen über deren Erfassung treffen zu können.

Bei Betrachtung der betrieblichen Zustände lässt sich erkennen, dass Inkrustationen (BBB) zu mehr als 45% identifiziert werden konnten. Ist die Inkrustation querschnittsreduzierend, lässt sie sich einfach mit dem elektronischen Spiegel erfassen. Ablagerungen wurden zu mehr als 20% erfasst. Da jedoch teilweise erhebliche Zeiträume zwischen den TV-Befahrungen und der Inspektion mit dem elektronischen Spiegel liegen, kann nicht sichergestellt sein, dass diese Ablagerungen zum Zeitpunkt der Spiegelinspektionen generell noch existierten. Durch zwischenzeitliche (Selbst-)Reinigung könnten diese schon eliminiert worden sein. Daher ist die Auswertung dieses Zustandes nicht repräsentativ. Das gleiche gilt für den Zustand Infiltration (BBF) von dem mehr als 15% erfasst werden konnten. Durch schwankende Grundwasserstände könnten einige dieser Infiltrationen zum Zeitpunkt der Spiegelinspektionen nicht vorhanden gewesen sein.

Die inventarisierten Anschlüsse (BCA) konnten zu rund 20% mit dem Spiegel erfasst werden. Ist ein Anschluss nicht einragend, so ist eine Erfassung mit dem Spiegel schwierig. Blindschächte (BCE-Z) wurden zu mehr als 25% erfasst. Hier wurde eine Erfassung zumeist durch zu große Abwinkelungen bzw. einer zu großen Entfernung bei längeren (>30m) Haltungen unmöglich gemacht.

Die Zustandserfassung mittels elektronischem Spiegel hängt sehr stark von dem verwendeten Spiegelmodell und dessen technischen Spezifikationen ab. So sind die Art der Ausleuchtung, die Kameraauflösung und die Stärke des Zooms bei verschiedenen Modellen stark unterschiedlich. Da bei den Untersuchungen aus dem Jahr 2011 dieselben Haltungen mit zwei unterschiedlichen Modellen untersucht wurden, die jedoch über verschiedene Arten der Ausleuchtung verfügen, lässt sich der Einfluss des verwendeten elektronischen Spiegels deutlich sehen. Das Modell iPEK QuickView verwendet eine punktuelle Beleuchtung mittels Lichtsäule, wobei hingegen das Modell MesSen Nord STV3 eine Haltungsfläche flächig ausstrahlt. Dadurch ist bei dem Modell der Firma iPEK eine weitere Sicht in die Haltung möglich, das Modell der Firma MesSen Nord leuchtet hingegen die Rohrwandung besser aus, bei jedoch geringerer Sichtweite.

Zusammenfassung

Es fallen bei der Zustandserfassung folgende Punkte auf:

- Verformungen (BAA) und verschobene Verbindungen (BAJ) lassen sich mit der flächigen Ausleuchtung des Modells MesSen Nord STV3 signifikant häufiger erkennen.
- Dies gilt auch für Risse (BAB) an der Rohrwandung, Rohrbrüche (BAC) und schadhafte Anschlüsse (BAH).
- Die Erfassungsrate von Inkrustationen liegt beim Modell MesSen Nord STV3 um rund 25% höher als beim Modell iPEK QuickView. Inkrustationen die nicht einragend sind, sondern nur an der Rohrwandung, beispielsweise in einem Riss, lassen sich mit der flächigen Ausleuchtung häufiger erfassen.
- Bei den restlichen Zuständen zeichnen sich keine signifikanten Unterschiede ab, oder die Stichprobe ist zu gering (<30) für exakte Aussagen. Schwankungen in den Erkennungsraten liegen hier auch bei den allgemeinen Randbedingungen einer Inspektion mit dem elektronischen Spiegel und müssten individuell für jede Haltungsinspektion betrachtet werden.

Bei den Gründen für eine Nichterkennung eines Zustandes herrscht vor, dass ein Zustand zu weit innerhalb der Haltung liegt, als dass eine einwandfreie Erkennung mit einem elektronischen Spiegel möglich wäre. Rund 45% der Nichterkennungen wurden dadurch begründet. Die Ursachen hierfür liegen in einer Kombination einer zu schwachen Ausleuchtung, zu geringer Kamera-Auflösung und einem zu kleinen Zustand. Während den Untersuchungen trat dieses Problem in der Regel ab einer Entfernung vom Schacht von rund 25 m auf. Bei dem Modell iPEK QuickView wurde diese Begründung um rund 10% weniger häufig angewendet, was an der punktuellen Lichtsäule dieses Modells liegt. Dadurch wurde generell ein weiterer Blick innerhalb der Haltung gewährt.

Bei dem Modell iPEK QuickView war bei rund 25% der nicht erkannten Zustände die Begründung, dass der Zustand zu klein war. Dies war bei dem Modell MesSen Nord STV3 bei nur ca. 10% der Fall. Dies lässt sich wiederum durch die unterschiedliche Art der Ausleuchtung begründen. Durch die flächige Ausleuchtung des MesSen Nord Modells lassen sich feine Strukturen an der Rohrwandung leichter erkennen.

Weitere 10% der nicht erkannten Zustände lassen sich bei beiden Modellen dadurch begründen, dass innerhalb der Haltung eine zu große Abwinkelung auftritt, welche die weitere Sicht versperrt.

Eine zu geringe Kameraauflösung als Hauptgrund ist bei beiden Modellen nur zu ca. 3% für eine Nichterkennung verantwortlich.

Da der elektronische Spiegel noch eine relativ neue Methode der optischen Kanalinspektion darstellt, gibt es in keinem Regelwerk eine speziell für dessen Anwendung adaptierte Zustandserfassung. Durch den technisch bedingten geringeren Detaillierungsgrad der Erfassung kann die derzeitige Zustandskodierung nach ÖNORM EN 13508-2/A1 (2010) nicht sinnvoll für den elektronischen Spiegel eingesetzt werden. Außerdem kann mit dem elektronischen Spiegel keine hundertprozentige Erfassung aller Zustände innerhalb einer Haltung erfolgen.

Die technologischen Nachteile eines elektronischen Spiegels zeigen sich auch in dem Hauptgrund für die Nichterkennung eines Zustandes wieder, nämlich dass Zustände zu weit entfernt vom Schacht sind, und daher eine Kombination von zu geringer Ausleuchtung, zu niedriger Auflösung und zu geringem Zoom Ursache dafür sind, dass ein Zustand nicht erkannt werden kann. Da das Kodiersystem nach ÖNORM EN 13508-2/A1 (2010) auf eine detaillierte

Zusammenfassung

TV-Befahrung ausgelegt ist, kann es in seinem vollen Umfang nicht für den elektronischen Spiegel eingesetzt werden. Des Weiteren lassen sich Zustände mittels des elektronischen Spiegels nicht stationieren oder vermessen, sodass ein weiterer Teil dieses Kodiersystems niemals zur Anwendung kommt.

Daher besteht der Bedarf der Adaptierung der Zustandsbeschreibung für den elektronischen Spiegel.

Bei Bildung von Zustandsgruppen erhöhen sich die Erfassungsraten des elektronischen Spiegels um 2-4%, im Gegensatz zur Erfassung eines jeden einzelnen Zustandes wie bei der TV-Befahrung. Dies stellt keine signifikante Erhöhung der Erfassungsraten dar. Jedoch können die untersuchten Zustandsgruppen als Basis für eine noch vereinfachtere Zustandsbeschreibung einer Haltung abseits von EN-Kodierungen dienen.

Ein Lösungsansatz wäre die Verwendung eines Ampelsystems mit folgenden Punkten:

- Sanierungs- / Erneuerungsbedarf (bei Haltungseinbrüchen o.Ä.)
- zusätzlicher Inspektionsbedarf (hier wäre eine Anwendung der in der Arbeit untersuchten Zustandsgruppen sinnvoll)
 - schadhafter Anschluss
 - Rohrbruch (in Kombination mit Boden sichtbar, Wurzeleinwuchs,...)
 - Riss (in Kombinationen mit Infiltration, Inkrustation,...)
 - Oberflächenschaden (in Kombination mit Infiltration, Inkrustation,...)
 - ...
- Reinigungsbedarf (bei Ablagerungen o.Ä.)
- nächstes Inspektionsintervall (wenn der Zustand der Haltung in Ordnung erscheint)

So müssen keine langwierigen Kombinationen aus EN-Kodes bei der Zustandserfassung ausgewählt werden, und die Erfassung wird auch der Anwendung des elektronischen Spiegels gerecht (selektive Inspektionsstrategien bzw. „betrieblicher Überblick“).

Dieses Ampelsystem hat sich bei ersten Versuchen mit der Inspektionssoftware WinCan bewährt.

Wie die Kosten-Nutzen-Analyse in Punkt 6.10.5 zeigt, hat der elektronische Spiegel bzw. die Inspektionsstrategie des „betrieblichen Überblicks“ ohne vorherige Reinigung einen klaren Kostenvorteil gegenüber einer TV-Befahrung + Reinigung. Bei einem Kanalisationsnetz von 20km Länge, kann ca. 85% des Kanalisationsnetzes einen baulichen Zustand aufweisen, und damit eine TV-Befahrung + Reinigung erforderlich machen, sodass noch Kostengleichheit mit einer alleinigen Inspektion mittels elektronischen Spiegels herrscht.

Mittlerweile existieren am Markt auch elektronische Spiegelmodelle mit HD-Auflösung und zusätzlichen Features wie einem beweglichen Kamerakopf. Nach ersten Testinspektionen im Rahmen eines konstruktiven Projekts (siehe Kapitel 6.10.1) erwiesen sich diese technologischen Weiterentwicklungen hilfreich zur besseren Zustandserkennung. Wie weit sich diese jedoch auf eine Erhöhung der Zustandserfassung konkret auswirken, muss erst in einem größeren Umfang untersucht werden.

Zusammenfassung

Beim Einsatz des elektronischen Spiegels zur Schachtinspektion zeigt sich, dass sich ca. 80% der Zustände im oberen Bereich des Schachtes befinden (Abdeckung und Rahmen, Auflageringe und Schachtaufbau). Bei der Zustandserkennung im Bereich Abdeckung und Rahmen sowie bei den Auflageringen wird der elektronische Spiegel nicht unbedingt benötigt, da diese Bereiche von der Geländeoberkante gut einsehbar sind. Die Inspektion mittels elektronischem Spiegel macht vor allem im Bereich Schachtaufbau einen Sinn, da in diesem bei den Testinspektionen die meisten Zustände festgestellt worden sind.

Die SewerBatt®-Technologie erreichte bei den Testuntersuchungen hohe Erkennungsraten für den Zustand "Anschluss" und ist auch nicht durch bauliche Strukturen wie Abwinkelungen beschränkt. Ein weiterer Vorteil ist die hohe Genauigkeit bei Bestimmung der Position eines Zustandes innerhalb der Haltung. Jedoch können Zustandsgruppen nicht als Einzelzustände erkannt werden, außer in der Datenbank existiert ein Muster der betreffenden Zustandsgruppe. Des Weiteren hat die SewerBatt® einen „blinden Fleck“ im Bereich unmittelbar nach dem Schacht und nach querschnittsreduzierenden Zuständen.

Die Nachteile des elektronischen Spiegels und der SewerBatt® können bei einer kombinierten Anwendung beider deutlich abgeschwächt werden, was in einer höheren Zustandserfassungsrate resultiert (beispielsweise bei schadhafte Anschlüssen).

9. Ausblick und weitere Vorgangsweise

Mit dem für die Handlungsbeschreibung vorgeschlagenen Ampelsystem bei der Inspektion mit dem elektronische Spiegel, können langfristig gesehen neue Instandhaltungsstrategien, wie die bedarfsorientierte Reinigung, realisiert werden. Dadurch können bei einzelnen Haltungen auch die Inspektionsintervalle mit der TV-Befahrung verlängert werden. Es bedarf hierfür jedoch weiterer praktischer Untersuchungen im Feld, ob dieses Ampelsystem in einer Inspektionssoftware sinnvoll integrierbar ist. Da die Zustandserfassung im Feld mit dem elektronischen Spiegel durchwegs schwieriger ist als die Auswertung der Inspektionsvideos im Büro oder in einem Inspektionsraum eines Fahrzeuges wie bei der TV-Befahrung, kann davon ausgegangen werden, dass ein Ampelsystem einfacher und rascher in der Anwendung ist, als ein kodebasiertes Beschreibungssystem.

Da am Markt mittlerweile auch elektronische Spiegelmodelle mit HD-Auflösung und einer Kombination von punktueller und flächiger Ausleuchtung existieren, müssten diese Weiterentwicklungen in einem ähnlich großen Umfang wie die Modelle iPEK QuickView / iPEK QuickView Haloptic und MesSen Nord STV3 untersucht werden. Mit diesen weiterentwickelten Spiegelmodellen können sich durchaus höhere Erfassungsraten ergeben.

Als kameragestützte Alternative eines elektronischen Spiegels bei der Schachtinspektion, hat sich beim RHV Mühlthal die Verwendung einer umgebauten Schiebekamera als sinnvolle Variante herausgestellt. Der Einsatz solch einer Schiebekamera zur Schachtinspektion sollte in einem größeren Umfang weiter untersucht werden.

Im Hinblick auf das entwickelte Lastenheft zur Schachtinspektion und die prinzipielle Vorgangsweise für eine mögliche kombinierte Schacht-/Handlungsinspektion, ist die Frage offen, wie ein Lastenheft für die Handlungsinspektion aussehen könnte. Hierbei ist aufgrund der geringeren Erfassungsrates mittels elektronischem Spiegel im Vergleich zur TV-Befahrung (bei zunehmender Haltungslänge) die Frage zu stellen, welcher Umfang sinnvoll ist.

Im Rahmen des Projekts wurden auch Tests für die Ankoppelung der Kamerasysteme an die Betriebsführungssoftwareprodukte durchgeführt, welche in weiterer Folge durch die Softwarehersteller entsprechend umgesetzt werden sollen.

Offen ist auch die Frage, wie die Einbindung der Akustikmessung (SewerBatt®) in einen Use-Case bei der Inspektion im Detail funktionieren sollte.

10. Publikationen und Veröffentlichungen

10.1 Publikation (peer-reviewed)

- Plihal H., Kretschmer F., Schwarz D. and Ertl Th. (2014): Innovative sewer inspection as a basis for an optimised condition-based maintenance strategy. *Water Practice & Technology*, Vol 9 No 1, 88-94; ISSN 1751-231X

10.2 Publikation (peer-reviewed) in Vorbereitung

- Plihal H., Kretschmer F., Ertl Th., Bin Ali M. T., Horoshenkov K. V., See C.H. and Romanova A. (2014): A novel method for rapid inspection of sewer networks: combining acoustic and optical means. *Urban Water Journal Special Issue on "Sewer Asset Management"* (submitted)

10.3 Publikationen in Fachzeitschriften und Tagungsbänden

- Kuratko A., Plihal H., Ertl Th. (2013): Vergleich verschiedener Kamerasysteme bei der Haltungsinspektion. [Kanalmanagement 2013, Wien, 09.04.2013], *Wiener Mitteilungen*, 229, F1-F39; ISBN: 978-3-85234-122-4
- Plihal H., Kuratko A., Ertl Th. (2014): Einsatz des elektronischen Spiegels für den betrieblichen Überblick im Kanalsystem (Teil 1). *KA-Betriebs-Info*, Nr. 2, 2354-2357
- Plihal H., Kuratko A., Ertl Th. (2014): Einsatz des elektronischen Spiegels für den betrieblichen Überblick im Kanalsystem (Teil 2). *KA-Betriebs-Info*, Nr. 3.
- Plihal H., Kuratko A., Ertl Th. (2014): Einsatz des elektronischen Spiegels für den betrieblichen Überblick im Kanalsystem. *Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft*, 3-4/2014, 103-111; ISSN 0945-358X
- Plihal H., Kretschmer F., Ertl Th. (2014): Strategie einer wirtschaftlichen Kanalreinigung. *KA-Betriebs-Info*, Nr. 2, 2207-2213
- Plihal H., Münch Ph., Kretschmer F., Ertl Th. (2013): Innovative Kanalinspektion als Grundlage für die bedarfsorientierte Kanalreinigung. *Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft*, 65, 89-93; ISSN 0945-358X
- Plihal H., Ertl Th. (2013): Zustandsdatenanalyse nach Schadensursache, Entstehungsphase und Schutzziel zur Optimierung der Kanalstandhaltung. [Kanalmanagement 2013, Wien, 09.04.2013], *Wiener Mitteilungen*, 229, D1-D23; ISBN: 978-3-85234-122-4
- Plihal H., Kuratko A., Ertl Th. (2013): Einsatz des elektronischen Spiegels für den betrieblichen Überblick im Kanalsystem (neue Erfahrungen bei der Inspektion mit elektronischem Spiegel). [Inspektions- und Sanierungstage, Dortmund, 11.12. - 12.12.2013] In: *DWA, Inspektions- und Sanierungstage 2013*

Publikationen und Veröffentlichungen

- Plihal H., Ertl Th. (2013): Einsatzmöglichkeiten des elektronischen Spiegels bei der Haltungsinspektion (Ergebnisse aus dem Projekt INNOKANIS). [Kanalmanagement 2013, Wien, 09.04.2013], Wiener Mitteilungen, 229, E1-E25; ISBN: 978-3-85234-122-4
- Schmidt B.-J., Plihal H., Ertl Th. (2013): Lasten-/Pflichtenheft für Betriebsführungssoftware nach ÖWAV-Regelblatt 22. [Kanalmanagement 2013, Wien, 09.04.2013], Wiener Mitteilungen, 229, A1-A24; ISBN: 978-3-85234-122-4

10.4 Poster

- Plihal H. (2012): INNOKANIS - Innovative Methoden der Kanalinspektion zur Optimierung selektiver Betriebsstrategien; science2business award 20.03.2012

10.5 Konferenzen, Workshops

- Plihal H. (2014): Comparison of CCTV Inspection Techniques. 2nd Sewer Asset Management Workshop, 19.06.-20.06.2014, Berlin
- Plihal H. (2013): INNOKANIS - Innovative Inspection Methods for Optimisation of Selective Sewer Operation Strategies. 21st European Junior Scientist Workshop, 20.11. - 22.11.2013, Delft

10.6 ÖWAV Ausbildungskurse

- Plihal H. (2014): Inspektion von Ablagerungen. (inkl. Übungen); ÖWAV-/VÖEB Kanalreinigungskurs, 07.04.-09.04.2014, Innsbruck
- Plihal H. (2014): Fortbildung Kanalreinigung: Prüfmaßnahmen, Spülpläne, Reinigungserfolg. ÖWAV Ausbildungskurs „Betriebsführung und Wartung von Kanalisationen“, 12.05.-16.05.2014, Feldkirchen in Kärnten
- Plihal H. (2014): Einbindung innovativer Inspektionsmethoden in den Kanalbetrieb. (inkl. Übungen) ÖWAV Ausbildungskurs „Betriebsführung und Wartung von Kanalisationen“, 12.05.-16.05.2014, Feldkirchen in Kärnten
- Plihal H. (2013): Praktische Übung detaillierte Schachtinspektion; ÖWAV Ausbildungskurs "Zustandserfassung und Sanierung von Kanalisationen", 21.10. - 25.10.2013, Steyr

10.7 Master- und Bachelor Arbeiten

- Hörandner C. (2014): Analyse verschiedener Methoden der Schachtinspektion im Hinblick auf die Erfassungsrate und Genauigkeit der Beschreibung; Masterarbeit. BOKU Wien
- Kuratko A. (2015): Adaption der Zustandsbeschreibung für innovative Inspektionsmethoden; Masterarbeit. BOKU Wien

Publikationen und Veröffentlichungen

- Kuratko A. (2013): Bild- bzw. Videoreferenzkatalog für die ÖNORM EN 13508-2 - Gegenüberstellung verschiedener optischer Kanalinspektionsmethoden; Bachelorarbeit. BOKU Wien
- Kuratko A. (2015): Untersuchungskonzept und Anbot zur Integration eines elektronischen Spiegelmodells in der LINZ AG Abwasser; Konstruktives Projekt. BOKU Wien
- Neumüller P. und Schmalhofer S. (in Bearbeitung): Entscheidungshilfe Inspektionssysteme; Bachelorarbeit. BOKU Wien
- Peyrer-Heimstät G. (in Bearbeitung): Marktübersicht und Analyse - Betriebsführungs-Softwareprodukte; Bachelorarbeit. BOKU Wien
- Schmidt B.-J. (2013): Prozess- und Funktionsanalyse der Schachtinspektion zur Erarbeitung eines standardisierten Lastenheftes für Betriebsführungssoftware; Masterarbeit. BOKU Wien
- Warter M. M. und Scherer C. (2012): Anforderungen an die kombinierte INNOKANIS Inspektionsmethode für die Förderfähigkeit von Leitungsinformationssystemen; Bachelorarbeit. BOKU Wien

10.8 Medien (TV, Radio, Zeitungen)

- Plihal H. (2014): Interview und Demonstration des elektronischen Spiegels. ORF Sendung Newton (Ausstrahlung am 13. September 2014)

11. Literaturverzeichnis

- Abwasserverband-Fulda (2012): Download unter <http://www.abwasserverband-fulda.de/>
- Aquadata (2012): Download unter <http://www.aquadata.com/>
- Amt der Steiermärkischen Landesregierung (2010): Leitfaden zur Erstellung eines Leitungskatasters für Trinkwasser und Abwasser. Graz: Mediendruck Graz
- Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Amt der Kärntner Landesregierung, Amt der OÖ Landesregierung (2010): Richtlinie zur Übergabe von Daten des Kanalkatasters. Schnittstelle der Bundesländer Steiermark, Kärnten und Oberösterreich: [http://www.wasserwirtschaft.steiermark.at/cms/dokumente/10000299_4581173/e77d591a/Schnittstelle Kanalkataster%20v310_konsolidierte%20Fassung.pdf](http://www.wasserwirtschaft.steiermark.at/cms/dokumente/10000299_4581173/e77d591a/Schnittstelle_Kanalkataster%20v310_konsolidierte%20Fassung.pdf)
- Arbeitsblatt DWA-A 147 (2005): Betriebsaufwand für die Kanalisation - Betriebsaufgaben und Häufigkeiten; ISBN: 3-937758-13-5
- Arbeitshilfen Abwasser (2014): Planung, Bau und Betrieb von abwassertechnischen Anlagen in Liegenschaften des Bundes. 2. Aufl., Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung Hrsg.
- Barenthien, L. (2005): Betrieb der Kanalisation, Reinigung, Inspektion, Bauliche Unterhaltung. Hennef: Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.
- Baum, L.E., 1972. An inequality and associated maximization technique in statistical estimation for probabilistic functions of Markov processes. *Inequalities*, 3, pp. 1-8.
- BMLFUW (2013): Kommunale Siedlungswasserwirtschaft, Förderungsrichtlinien 1999 in der Fassung 2013, Ministerium für ein lebenswertes Österreich
- Bölke, K.-P. (2004): Kanalinspektion, Zustände erkennen und dokumentieren. Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag
- Busnello, L., 2011. Utilization of zoom camera technology in municipal sewer system maintenance. Basement flood symposium, Toronto Board of Trade (May 26, 2011).
- Dichtheitsprüfung.net (2012): Online: <http://www.xn--dichtheitsprfung-uzb.net> [Zugriff 17.08.2012]
- Die Deutsche Bibliothek - Industriepraxis (1995); Kanalsanierung, Gesetze und Normen, Kanalinspektion, Instandhaltung, Ausführungsmethoden, Materialanforderungen, Güteüberwachung und Dokumentation. Hannover: Curt R Vincentz
- Dirksen, J., Clemens, F.H.L.R., Korving, H., Cherqui, F., Le Gauffre, P., Ertl, T., Plihal, H., Müller, K. and Snaterse, C.T.M., 2013. The consistency of visual sewer inspection data. *Structure and Infrastructure Engineering, Maintenance, Management, Life-Cycle Design and Performance*, 9(3), pp. 214-228.
- DWA-M 149-2 (2006): Zustandserfassung und -beurteilung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden: Teil 2: Kodiersysteme für die optische Inspektion. Ausgabe November 2006
- DWA-M 149-3 (2007): Zustandserfassung und -beurteilung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden: Teil 3: Zustandsklassifizierung und -bewertung. Ausgabe November 2007

Literaturverzeichnis

- DWA-M 149-5 (2009): Zustandserfassung und -beurteilung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden: Teil 5: Optische Inspektion. Ausgabe September 2009
- EN 752 (2008): Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden. Deutsche Fassung Januar 2008
- EN 1085 (2006): Abwasserbehandlung - Wörterbuch. Deutscher Schluss-Entwurf September 2006
- EN 13508-2/A1 (2010): Condition of Drain and Sewer Systems Outside Buildings — Part 2 Visual Inspection Coding System. CEN, Brussels
- EPA, 2010. Innovative Internal Camera Inspection and Data Management for Effective Condition Assessment of Collection Systems, U.S. Environmental Protection Agency, EPA/600/R-10-082
- Ertl, Th.; Romanova, A.; Plihal, H.; Kretschmer, F.; Horoshenkov, K. (2010): A novel method of sewer inspection by combining acoustic and optical means, Urban Water Journal (Feb. 2010)
- Ertl, Th.; Plihal, H.; Kretschmer, F. (2009): Beitrag zur Optimierung der Datengrundlagen für die Sanierungsplanung anhand einer Prozessanalyse bei der baulichen Zustandserfassung durch TV-Inspektionen. In: Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft, Volume 61. Wien: Springer Verlag
- Gunzl, S. (2012): Bewertung von Methoden zur Dichtheitsprüfung von in Betrieb befindlichen Kanälen. Diplomarbeit am Institut für Siedlungswasserbau, Industrierewasserwirtschaft und Gewässerschutz, Universität für Bodenkultur Wien
- Hartl, Chr. (2009): Erfolgreiche Durchführung von NO-DIG Projekten durch den Einsatz innovativer Inspektionstechniken; Präsentation im Rahmen des ÖGL Symposiums am 20.-21.10.2009 in Loipersdorf
- Hörandner, Ch. (2014): Analyse verschiedener Methoden der Schachtinspektion im Hinblick auf die Erfassungsrate und Genauigkeit der Beschreibung; Diplomarbeit am Institut für Siedlungswasserbau, Industrierewasserwirtschaft und Gewässerschutz, Universität für Bodenkultur Wien
- Horoshenkov, K.V., Long, R.J., Tait, S.J. (2010): Improvements in and relating to apparatus for the airborne acoustic inspection of pipes. Patent Application WO2010020817, 25/02/2010.
- Horoshenkov, K. (2013): Promotion video for SewerBatt®, University of Bradford.
- IBAK Helmut Hunger GmbH & Co. KG (2012): Online: <http://www.ibak.de>; http://www.ibak.de/fileadmin/Hunger/IBAK/Downloads/Prospekte/deutsch/01_IBAK_AR_GUS_03_de_01.2009.pdf [Zugriff: 14.3.2013]
- IPEK (2014): Online: Abbildung QuickView Haloptic. Url: <http://www.ipek.at/typo3temp/pics/d367eb6f26.jpg> [Abruf: 29.09.2014]
- Kaufmann, O. (1999): Dichtheitsprüfungen an Abwasserkanälen und -Leitungen, Herausgeber: Prof. Dipl.-Ing. Joachim Lenz. Essen: Vulkan-Verlag
- Knowledge Factory GmbH (2012): Online: <http://www.unitracc.de/know-how/fachinformationssysteme/instandhaltung-von-kanalisationen/inspektion/bauliche-untersuchungen/inneninspektion/multisensorische-kanalinspektion/akustische-verfahren> [Zugriff 17.08.2012]

Literaturverzeichnis

- Kommunalkredit Public Consulting (2010): Kommunale Siedlungswasserwirtschaft. Förderrichtlinien 1999 in der Fassung 2010: http://www.publicconsulting.at/uploads/fri_sww_1999_idf_2010.pdf
- Kommunalkredit Public Consulting (2012): Spezialthemen der Förderung in der kommunalen Siedlungswasserwirtschaft: http://www.publicconsulting.at/uploads/speziathemen_extern_wasser.pdf
- Kuratko, A. (2013): Bild- bzw. Videoreferenzkatalog für die ÖNORM EN 13508-2 - Gegenüberstellung verschiedener optischer Kanalinspektionsmethoden; Bachelorarbeit. BOKU Wien
- Kuratko, A. (2015a): Adaption der Zustandsbeschreibung für innovative Inspektionsmethoden; Masterarbeit. BOKU Wien
- Kuratko, A. (2015b): Untersuchungskonzept und Anbot zur Integration eines elektronischen Spiegelmodells in der LINZ AG Abwasser; Konstruktives Projekt. BOKU Wien).
- Land Niederösterreich (2009): NÖ Wasserwirtschaftsfonds Förderrichtlinien 2009. Download unter http://www.noee.gv.at/bilder/d9/WA4_Foederungsrichtlinien_NÖWWF_09_Siedlungswasserwirtschaft.pdf
- Land Oberösterreich (2012): Digitales Leitungsinformationssystem. Online: http://www.land-oberoesterreich.gv.at/cps/rde/xchg/SID-01895341-0E892575/ooe/hs.xsl/93546_DEU_HTML.htm [Zugriff: 25.05.2012]
- Land Vorarlberg (2011): Förderungsrichtlinien Siedlungswasserbau. Download unter <http://www.vorarlberg.at/pdf/foederungsrichtliniensie.pdf>
- MesSen Nord (2013): Anwendungsflyer - Schacht-Zoom-Kamera STV-3 - der »Elektronische Kanalspiegel«. Download unter <http://www.messen-nord.de/fileadmin/Media/PDF/STV3-Anwendungsflyer.pdf>
- Müller, W. (2007): Leistungen und Kosten bei der Kanalreinigung mit dem Hochdruckspülverfahren. Download unter <http://mueller-umwelt.de/uploads/media/KostenKanal.pdf> [Zugriff: 02.04.2015]
- Orth, H., Lange, R.-L., Pahl, A., Messmann, S. (2008): Zustands-, Prozess- und Wirkungsanalyse zur Entwicklung einer bedarfsorientierten Reinigungsstrategie für Kanalnetze. Bochum: Ruhr-Universität
- ÖWAV RB 22 (2012): Kanalwartung - Entwurf. Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband, Wien (Entwurfsstand 11.09.2012)
- ÖWAV (2010): Regelblatt 40. Leitungsinformationssystem - Wasser und Abwasser. Wien: Austrian Standards plus Publishing
- ÖWAV-Regelblatt 43 (2013): Optische Kanalinspektion
- ÖWAV; Mechtler, R.; Gobl, B. (1999); Zustandserhebung und Bewertung von begehbaren und nicht begehbaren Kanälen, Methode Fritsch, Chiari & Partner. Wien: Schriftenreihe des Österreichischen Wasser- und Abfallwirtschaftsverbandes
- Pamperl, E. (2010): Anwendung einer Schacht-Zoom-Kamera als innovative Methode für die bauliche und betriebliche Inspektion von Kanälen. Diplomarbeit am Institut für Siedlungswasserbau, Industriewasserwirtschaft und Gewässerschutz, Universität für Bodenkultur Wien

Literaturverzeichnis

- Plihal, H. (2009): Evaluierung von Maßnahmen zur Qualitätssicherung bei der kamerabasierten Kanalinspektion. Diplomarbeit am Institut für Siedlungswasserbau, Industrierwasserwirtschaft und Gewässerschutz, Universität für Bodenkultur Wien
- Plihal, H., Ertl, Th., (2013a): Zustandsdatenanalyse nach Schadensursache, Entstehungsphase und Schutzziel zur Optimierung der Kanalstandhaltung (Analysing conditions in terms of cause, development phase and protection target for optimised sewer maintenance). Wiener Mitteilungen, Issue 229, pp. D1-23, ISBN: 978-3-85234-122-4.
- Plihal, H., Ertl, Th. (2013b): Einsatzmöglichkeiten des elektronischen Spiegels bei der Haltungsinspektion (Ergebnisse aus dem Projekt INNOKANIS); Wiener Mitteilungen (2013) Band 229, S. D1-23; ISBN: 978-3-85234-122-4
- Plihal, H., Münch Ph., Kretschmer F., Ertl, Th. (2013): Innovative Kanalinspektion als Grundlage für die bedarfsorientierte Kanalreinigung, ÖWAW Heft 3/4, Springer Verlag, Wien.
- Plihal, H., Kretschmer F., Ertl, Th. (2014a): Strategie einer wirtschaftlichen Kanalreinigung - Auswirkungen einer verbesserten Kanalreinigungsstrategie; KA-BetriebsInfo - Heft 1/2014
- Plihal H., Kuratko, A., Ertl, Th. (2014b): Einsatz des elektronischen Spiegels für den betrieblichen Überblick, ÖWAW Heft 1/2, Springer Verlag, Wien.
- Plihal H., Kretschmer F., Bin Ali M.T., See C.H., Romanova A., Horoshenkov K.V., Ertl Th. (2015): A novel method for rapid inspection of sewer networks: combining acoustic and optical means; Urban Water Journal / Special Issue: Sewer Asset Management (submitted 2015)
- Reusch-Limburg (o.J.): Satellitenkamera Typ „LISY“. Download unter <http://www.reusch-limburg.de/PDF-Download/Kamera-Roboter/Lisy.pdf>
- Rinner, J., Pryputniewicz, S., Mitchell, J.C. (2008): To Zoom or not to Zoom. Journal of New England Water Environment Association, Volume 42, Issue 4, pp. 20-23+44-45.
- Romanova, A. (2009): Hydraulic Flows in Pipes and Acoustic Response Analysis. Eng. thesis, University of Bradford, Bradford, UK.
- Romanova, A., Horoshenkov, K.V., Tait, S., Ertl, Th. (2013): Sewer inspection and comparison of acoustic and CCTV methods. Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Water Management, Volume 166, Issue 2, pp. 70-80.
- Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Siedlungswasserwirtschaft und Umwelttechnik (2008): Zustands-, Prozess- und Wirkungsanalyse zur Entwicklung einer bedarfsorientierten Reinigungsstrategie für Kanalnetze
- Schmidt B.J. (2012): Prozess- und Funktionsanalyse der Schachtinspektion zur Erarbeitung eines standardisierten Lastenheftes für Betriebsführungssoftware; Diplomarbeit am Institut für Siedlungswasserbau, Industrierwasserwirtschaft und Gewässerschutz, Universität für Bodenkultur Wien
- SewerBatt® (2012): Online: <http://sewerbatt.com> [Zugriff: 21.10.2012]
- Sousa, V., Ferreira F. M., Meireles, I., Almeida, N. and Saldanha Matos, J. (2014): Comparison of the inspector and rating protocol uncertainty influence in the condition rating of sewers. Water Science & Technology, 69.4, pp. 862-867.

Literaturverzeichnis

- Staufer, Ph. (2010): Ein probabilistisches Verfahren für die Bestimmung ablagerungskritischer Teilbereiche einer Mischkanalisation; Dissertation an der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen
- Stein, D. (1999): Instandhaltung von Kanalisationen. Berlin: Verlag Ernst & Sohn
- Störner, S. (2006): Kanalreinigung. Plaidt: CARDAMINA Verlag Susanne Breuel
- Wang, Y. J., Zuo, J. E., Inial, G., Gan, L. L., Vince, F. and Bao, G. D. (2013): Study and Practice in China of A New Sewer Inspection and Assessment Method Combining Hand-held Camera and Closed Circuit Television. Proceedings of the 7th International Conference on Sewer Processes and Networks Sheffield. August 2013.
- Wiener Mitteilungen (1999): Erfassung, Bewertung und Sanierung von Kanalisation Band 154, Herausgeber: Univ.Prof.DI Dr. R. Haberl, Abteilung Siedlungswasserbau, Institut für Wasservorsorge, Universität für Bodenkultur, Wien
- Wiener Mitteilungen (2004): Inspektion von Kanalisationen Band 186, Herausgeber: Univ.Prof.DI Dr. R. Haberl, Abteilung Siedlungswasserbau, Institut für Wasservorsorge, Universität für Bodenkultur, Wien

12. Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

12.1 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 - Relevante Rechtsmaterien für das Kanalwesen (POLLINGER, 2009)	4
Abbildung 2 - Fließschema von Untersuchungen (ÖNORM EN 752, 2008)	19
Abbildung 3 - Verfahren zur Untersuchung des baulichen und betrieblichen Zustands von Kanalhaltungen (DWA-M 149-5, 2009)	22
Abbildung 4 - Schiebekamera (IPEK, 2014)	23
Abbildung 5 - Satellitensystem (RAUSCHTV, 2015)	23
Abbildung 6 - Drehschwenkkopfkamera (IBAK, 2014)	24
Abbildung 7 - Scansystem (IBAK, 2014)	24
Abbildung 8 - Anwendung eines elektronischen Spiegels (MesSen Nord, 2013 und Plihal et al., 2013a)	25
Abbildung 9 - Aufnahmen eines elektronischen Spiegels (Plihal et al., 2013a und Plihal et al., 2013c)	25
Abbildung 10 - Elektronischer Spiegel mit Gaswarngerät	26
Abbildung 11 - Elektronischer Spiegel: Gleiche Inspektionsrichtung wie herkömmliche TV-Inspektion (adaptiert nach Aquadata, 2012)	26
Abbildung 12 - Elektronischer Spiegel: Gleiche sowie entgegengesetzte Inspektionsrichtung wie herkömmliche TV-Inspektion (adaptiert nach Aquadata, 2012)	27
Abbildung 13 - Schematische Darstellung einer akustischen Messung (Horoshenkov, 2013)	27
Abbildung 14 - Laser Profiler Funktionsweise (Hartl, 2009)	28
Abbildung 15 - Laser Profiler Laseraufsatz (IBAK, 2014)	28
Abbildung 16 - Laser Profiler 3D-Modell (Hartl, 2009)	29
Abbildung 17 - TV-Ansicht während der Laser Profiler Vermessung (Hartl, 2009)	29
Abbildung 18 - Inspektionsfahrzeug verbunden mit der Vermessungseinheit (Bodemann GmbH, 2008)	30
Abbildung 19 - IBAK PANORAMO SI (IBAK Helmut Hunger GmbH & Co. KG, 2014)	31
Abbildung 20 - IBAK PANORAMO SI im Einsatz (bi-UmweltBau, 2009)	31
Abbildung 21 - Schachtinspektionskamera RZL 90° (JT Elektronik, 2014)	31
Abbildung 22 - Ganymetsystem an einem Fahrzeugkran montiert (Gullyver, 2014)	32
Abbildung 23 - Haltungen mit Reinigungsbedarf	33
Abbildung 24 - Überfüllter Schmutzfänger	34
Abbildung 25 - EPC Versuchshaltungen	37

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildung 26 - INNOKANIS-Projekt Partner (adaptiert: Google Maps)	38
Abbildung 27 - Elektronischer Spiegel QuickView Haloptic (iPEK, 2014).....	40
Abbildung 28 - MesSen Nord STV3 Spiegelmodell (MesSen Nord, 2012).....	41
Abbildung 29 - Funktionsweise SewerBatt® (Horoshenkov, 2013)	42
Abbildung 30 - Inspektionsbedingungen unter normalen Umständen.....	43
Abbildung 31 - Sicht bis zum Endschacht nicht möglich - zu große Abwinkelung in der Haltung	43
Abbildung 32 - ACCESS Datenbank Aufbau	44
Abbildung 33 - TV-Befahrung vs. SewerBatt® Inspektionsergebnisse - Zustandsgruppen	45
Abbildung 34 - Anteile der untersuchten Rohrdimensionen.....	47
Abbildung 35 - Anteile der untersuchten Rohrmaterialien	47
Abbildung 36 - Häufigkeitsverteilung der dokumentierten Zustände.....	48
Abbildung 37 - Felduntersuchungen in Kombination Elektronischer Spiegel und SewerBatt® - Haltungslängen.....	49
Abbildung 38 - Felduntersuchungen in Kombination Elektronischer Spiegel und SewerBatt® - Haltungsdurchmesser	49
Abbildung 39 - Felduntersuchungen in Kombination Elektronischer Spiegel und SewerBatt® - Haltungsmaterialien	50
Abbildung 40 - Häufigkeitsverteilung der Zustände der untersuchten Haltungen für die Kombination Elektronischer Spiegel mit SewerBatt®	50
Abbildung 41 – Untersuchungsumfang Ortbetonschächte/Fertigteilschächte.....	51
Abbildung 42 - BAB-C-C Rissbildung, klaffender Riss, komplex - Scherbe; B=8mm; Kreisprofil DN 300 - Steinzeug; elektr. Spiegel 2.....	53
Abbildung 43 - BAB-C-C Rissbildung, klaffender Riss, komplex - Scherbe; B=8mm; Kreisprofil DN 300 - Steinzeug; elektr. Spiegel 1	53
Abbildung 44 - BAF-A-E Oberflächenschaden, erhöhte Rauheit, nicht eindeutig feststellbar; Kreisprofil DN 200 - Duktiles Gusseisen; elektr. Spiegel 2	53
Abbildung 45 - BAF-A-E Oberflächenschaden, erhöhte Rauheit, nicht eindeutig feststellbar; Kreisprofil DN 200 - Duktiles Gusseisen; elektr. Spiegel 1	53
Abbildung 46 - BBE-C: Andere Hindernisse, allgemein; Nennw.-Red.=1%; Kreisprofil DN 800 - Polypropylen; Scan System 2.....	54
Abbildung 47 - BBE-C: Andere Hindernisse, allgemein; Nennw.-Red.=1%; Kreisprofil DN 800 - Polypropylen; TV-Kamera 1	54
Abbildung 48 - BBE-C: Andere Hindernisse, allgemein; Nennw.-Red.=1%; Kreisprofil DN 800 - Polypropylen; Schiebekamera.....	54
Abbildung 49 - BBE-C: Andere Hindernisse, allgemein; Nennw.-Red.=1%; Kreisprofil DN 800 - Polypropylen; elektr. Spiegel 2	54
Abbildung 50 - BBE-C: Andere Hindernisse, allgemein; Nennw.-Red.=1%; Kreisprofil DN 800 - Polypropylen; elektr. Spiegel 1	55

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildung 51 - BBE-C: Andere Hindernisse, allgemein; Nennw.-Red.=1%; Kreisprofil DN 800 - Polypropylen; Scan System 1	55
Abbildung 52 - BAG einragender Anschluss; L=17%; DN 260 - Glasfaserverstärkter Kunststoff; TV-Kamera 1.....	55
Abbildung 53 - BAG einragender Anschluss; L=17%; DN 260 - Glasfaserverstärkter Kunststoff; Scan System 2	55
Abbildung 54 - BAG einragender Anschluss; L=17%; Kreisprofil DN 260 - Glasfaserverstärkter Kunststoff; Schiebekamera	56
Abbildung 55 - BAG einragender Anschluss; L=17%; Kreisprofil DN 260 - Glasfaserverstärkter Kunststoff; elektr. Spiegel 2.....	56
Abbildung 56 - BAG einragender Anschluss; L=17%; Kreisprofil DN 260 - Glasfaserverstärkter Kunststoff; elektr. Spiegel 1	56
Abbildung 57 - BAG einragender Anschluss; L=17%; Kreisprofil DN 260 - Glasfaserverstärkter Kunststoff; Scan System 1	56
Abbildung 58 - Farbtafel.....	57
Abbildung 59 - Vergleich Bildauflösung herkömmliche TV-Kamera und HD-Kamera.....	58
Abbildung 60 - DigiSewer: Vergleich 3D-Darstellung (90°) und Abwicklung (180°)	59
Abbildung 61 - EPC Voruntersuchungen: Vergleich der Bildauflösungen der Inspektionssysteme	59
Abbildung 62 - Vergleich der Bewegungsunschärfe (IBAK Helmut Hunger GmbH & Co. KG, 2009).....	60
Abbildung 63 - BAI-A-B einragendes Dichtungsmaterial, Dichtring, hängend, nicht gebrochen oberh. Mitte; Kreisprofil DN 200 - Glasfaserverstärkter Kunststoff; TV-Kamera 1.....	60
Abbildung 64 - BAI-A-B einragendes Dichtungsmaterial, Dichtring, hängend, nicht gebrochen oberh. Mitte; Kreisprofil DN 200 - Glasfaserverstärkter Kunststoff; Scan System 2.....	60
Abbildung 65 - BAI-A-B einragendes Dichtungsmaterial, Dichtring, hängend, nicht gebrochen oberh. Mitte; Kreisprofil DN 200 - Glasfaserverstärkter Kunststoff; Schiebekamera.....	61
Abbildung 66 - BAI-A-B einragendes Dichtungsmaterial, Dichtring, hängend, nicht gebrochen oberh. Mitte; Kreisprofil DN 200 - Glasfaserverstärkter Kunststoff; elektr. Spiegel 2.....	61
Abbildung 67 - BAI-A-B einragendes Dichtungsmaterial, Dichtring, hängend, nicht gebrochen oberh. Mitte; Kreisprofil DN 200 - Glasfaserverstärkter Kunststoff; elektr. Spiegel 1	61
Abbildung 68 - BAI-A-B einragendes Dichtungsmaterial, Dichtring, hängend, nicht gebrochen oberh. Mitte; Kreisprofil DN 200 - Glasfaserverstärkter Kunststoff; Scan System 1.....	61
Abbildung 69 - BAG einragender Anschluss; L=17%; Kreisprofil DN 260 - Glasfaserverstärkter Kunststoff; TV-Kamera 1.....	62
Abbildung 70 - BAG einragender Anschluss; L=17%; Kreisprofil DN 260 - Glasfaserverstärkter Kunststoff; Scan System 2	62
Abbildung 71 - BAG einragender Anschluss; L=17%; Kreisprofil DN 260 - Glasfaserverstärkter Kunststoff; Schiebekamera	62

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildung 72 - BAG einragender Anschluss; L=17%; Kreisprofil DN 260 - Glasfaserverstärkter Kunststoff; elektr. Spiegel 2.....	62
Abbildung 73 - BAG einragender Anschluss; L=17%; Kreisprofil DN 260 - Glasfaserverstärkter Kunststoff; elektr. Spiegel 1.....	63
Abbildung 74 - BAG einragender Anschluss; L=17%; Kreisprofil DN 260 - Glasfaserverstärkter Kunststoff; Scan System 1.....	63
Abbildung 75 - Vergleich von Zuständen im Detail mit herkömmlicher TV-Befahrung, HD-Kamera(TV-Kamera 2) und Scan-Systemen.....	63
Abbildung 76 - Laser Profiler - Beispiel einer Aufnahme mit 10%iger Deformation (PVC DN 230).....	64
Abbildung 77 - Laser Profiler - Beispiel einer Aufnahme mit 15%iger Deformation (PE DN 200).....	64
Abbildung 78 - Optische Inspektion: Erfassungsraten von Deformationen (EPC Voruntersuchungen).....	65
Abbildung 79 - Haltungsinspektion mit dem elektronischem Spiegel (adaptiert nach Aquadata, 2012).....	66
Abbildung 80 - Bauliche Zustandserkennung in den ersten 15 m beginnend vom Schacht.....	67
Abbildung 81 - Beispiele zur baulichen Zustandserfassung (Plihal et al., 2014b).....	68
Abbildung 82 - Zustandserkennungsraten in verschiedenen Haltungsdimensionen.....	68
Abbildung 83 - unterschiedliche Ausleuchtung einer Haltung (Plihal, 2013b).....	69
Abbildung 84 - Haltungen mit zusätzlichem Inspektionsbedarf.....	70
Abbildung 85 - Haltungen mit sofortigem Sanierungsbedarf.....	70
Abbildung 86 - Betriebliche Zustandserkennung in den ersten 15 m beginnend vom Schacht....	71
Abbildung 87 - Beispiele zur betrieblichen Zustandserfassung.....	72
Abbildung 88 - beginnende Verwurzelung.....	72
Abbildung 89 - Infiltrationsarten.....	73
Abbildung 90 - Auswertung zur Infiltration (n = 30).....	74
Abbildung 91 - einragender Dichtring (links) / einragender Hausanschluss mit defekter Rohrwandung (rechts).....	74
Abbildung 92 - Weitere Einsatzmöglichkeiten des elektronischen Spiegels.....	75
Abbildung 93 - Sicht bis zum Endschacht durch zu große Abwinkelung nicht möglich.....	76
Abbildung 94 - Ausbildung der Sohle im Schacht.....	77
Abbildung 95 - Abweichung der Inspektionsrichtung aufgrund der Sohlenausbildung im Schacht.....	77
Abbildung 96 - zu geringer Sohlen-Rohrdurchmesser im Schacht.....	78
Abbildung 97 - nachträglich gesetzter Schacht für Hausanschluss.....	78
Abbildung 98 - Bauliche Hindernisse je nach Kanalisationsunternehmen (KU).....	79
Abbildung 99 - Spinnweben als betriebliche Hindernisse bei der Zustandserfassung.....	80

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildung 100 - Wasserdampf (linkes Bild) bzw. zu hoher Wasserstand (rechtes Bild) als betriebliche Hindernisse bei der Zustandserfassung	80
Abbildung 101 - punktuell Licht Spiegelmodell 1 (links) vs. Streulicht Spiegelmodell 2 (rechts).....	81
Abbildung 102 - punktuell Licht (links) vs. Streulicht (rechts).....	81
Abbildung 103 - Vergleich unterschiedlicher Kameraauflösungen beim elektronischen Spiegel	82
Abbildung 104 - automatischer vs. manueller Fokus.....	82
Abbildung 105 - Felduntersuchungen - Individuelle und kombinierte Erkennungsraten für elektronisches Spiegelmodell 1 und SewerBatt® (Plihal et al., 2015)	84
Abbildung 106 - Felduntersuchungen - Individuelle und kombinierte Erkennungsraten für elektronisches Spiegelmodell 2 und SewerBatt® (Plihal et al., 2015)	85
Abbildung 107 - Felduntersuchungen - Kombinierte Erkennungsraten für Spiegelmodell 1 + SewerBatt® und Spiegelmodell 2 + SewerBatt® (Plihal et al., 2015)	86
Abbildung 108 - Felduntersuchungen - Erkennungsraten für gruppierte Zustände und kombinierte Inspektionsgeräte (Plihal et al., 2015).....	87
Abbildung 109 - Zustände der untersuchten Schächte.....	92
Abbildung 110 - Gesamtauswertung der Zustände bei der Schachtinspektion - 1	93
Abbildung 111 - Gesamtauswertung der Zustände bei der Schachtinspektion - 2	94
Abbildung 112 - Zustände nach Schachtbereichen unterteilt.....	95
Abbildung 113 - Zustandserkennung durch KU	96
Abbildung 114 - verwendete Kameramodelle bei der Schachtinspektion	96
Abbildung 115 - Schachtinspektion mit / ohne Stativ.....	97
Abbildung 116 - verwendete Kameraneigungen Schachtinspektion	97
Abbildung 117 - Durchschnittliche Inspektionszeit pro Schacht (mit als auch ohne Stativ).....	98
Abbildung 118 - Durchschnittliche Inspektionszeit pro Schacht ohne Stativ.....	98
Abbildung 119 - Durchschnittliche Inspektionszeit pro Schacht mit Stativ	99
Abbildung 120 - Zustandserfassung in Abhängigkeit der Schachttiefe.....	99
Abbildung 121 - Zustandserkennung vor Ort/im Büro	100
Abbildung 122 - Inventarisierung INNOKANIS Datenbank ohne Zustandsgruppen	103
Abbildung 123 - Inventarisierung INNOKANIS Datenbank Einzelzustände bei Bildung von Zustandsgruppen	104
Abbildung 124 - Inventarisierung INNOKANIS Datenbank Zustandsgruppen 2009/10/12.....	104
Abbildung 125 - Inventarisierung INNOKANIS Datenbank Zustandsgruppen 2011	105
Abbildung 126 - Zustandserfassung elektronischer Spiegel ohne Zustandsgruppen 2009/10/12	105
Abbildung 127 - Zustandserfassung nach Zustandskodierungen Inspektionen 2009/10/12 ohne Zustandsgruppen	106

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildung 128 - Erfassungsraten elektronischer Spiegel 2011 ohne Zustandsgruppen.....	107
Abbildung 129 - Zustandserfassung nach Zustandskodierungen Inspektionen 2011 ohne Zustandsgruppen	108
Abbildung 130 - Zustandserfassung der Einzelzustände mit elektronischem Spiegel bei Verwendung von Zustandsgruppen 2009/10/12	109
Abbildung 131 - Zustandserfassung der Einzelzustände nach Zustandskodierungen mit elektronischen Spiegel bei Verwendung von Zustandsgruppen 2009/10/12	110
Abbildung 132 - Zustandserfassung der Zustandsgruppen mit elektronischen Spiegel 2009/10/12	110
Abbildung 133 - Vergleich der Zustandserfassung der Einzelzustände mit beiden Spiegelmodellen bei Verwendung von Zustandsgruppen 2011	111
Abbildung 134 - Zustandserfassung der Einzelzustände nach Zustandskodierungen mit beiden Spiegelmodellen Verwendung von Zustandsgruppen 2011	112
Abbildung 135 - Zustandserfassung der Zustandsgruppen mit den elektronischen Spiegelmodellen 2011	112
Abbildung 136 - Änderung der Erfassungsraten des elektronischen Spiegels bei Anwendung von Zustandsgruppen Untersuchungsumfang 2009/10/12	113
Abbildung 137 - Änderung der Erfassungsraten der elektronischen Spiegelmodelle bei Anwendung von Zustandsgruppen Untersuchungsumfang 2011.....	113
Abbildung 138 - Zuordnung der Schacht-Zoom-Kamera Videos zu den untersuchten Haltungen	114
Abbildung 139 - Beispiel der Videodateibezeichnung eines Kameraherstellers	115
Abbildung 140 - händische Umbenennung der Videodateinamen nach den Untersuchungen ...	115
Abbildung 141 - Einblendung der Stammdaten in das Videobild	115
Abbildung 142 - Automatisierte Umbenennung der Videodateien.....	116
Abbildung 143 - Untersuchungsdurchführung mit adaptiertem Golf-Caddy: Detail Halterung des Laptops	116
Abbildung 144 - ausreichender Selbstreinigungseffekt eines Kanalabschnittes.....	118
Abbildung 145 - erhöhtes Ablagerungsaufkommen aufgrund eines baulichen und/oder betrieblichen Mangels	118
Abbildung 146 - Anteile Ablagerungshöhe in Haltungen der Mischwasserkanalisation	119
Abbildung 147 - Anteile Ablagerungshöhe in Haltungen der Trennkanalisation.....	119
Abbildung 148 - beginnende Verwurzelung	120
Abbildung 149 - Auswirkungen der geänderten Reinigungsstrategie	121
Abbildung 150 - Anhäufung von Schachtdeckeln (BOKU Wien, 2011).....	123
Abbildung 151 - Größenvergleich Barcode - Zollstock.....	125
Abbildung 152 - links: RFID Chip zur Schachtidentifikation; rechts: RFID Lesegerät zum Auslesen der Schachtbezeichnung (BOKU Wien, 2012).....	125

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildung 153 - Use-Case Inspektionsbeginn.....	127
Abbildung 154 - Use-Case Schachtinspektion, Beginn	128
Abbildung 155 - Use Case Schachtinspektion (angelehnt an Gisbert) - Teil 1 (linke Abbildung), Teil 2 (rechte Abbildung).....	129
Abbildung 156 - Use Case Schachtinspektion (angelehnt an Gisbert) - Teil 3 (linke Abbildung), Teil 4 (rechte Abbildung).....	130
Abbildung 157 - Programmaufbau Schachtinspektion	131
Abbildung 158 - Tool zur kombinierten Schachtinspektion, angelehnt an Gisbert.....	131
Abbildung 159 - Ergebnis der SWOT-Analyse - Behörde und Abwasser- bzw. Reinhalteverbände.....	133
Abbildung 160 - Ergebnis der SWOT-Analyse - TV-Inspektionsfirmen und Universität Bradford	135
Abbildung 161 - Ergebnis der SWOT-Analyse - Softwarehersteller.....	137
Abbildung 162 - Zustand 1: iPEK QuickView Haloptic.....	139
Abbildung 163 - Zustand 1: iPEK QuickView X	139
Abbildung 164 - Zustand 1: Ritec Schachtkamera.....	139
Abbildung 165 - Zustand 1: JT-Elektronik Fast Picture	139
Abbildung 166 - Zustand 1: MesSen Nord STV3.....	139
Abbildung 167 - Zustand 2: iPEK QuickView Haloptic.....	140
Abbildung 168 - Zustand 2: iPEK QuickView X	140
Abbildung 169 - Zustand 2: Ritec Schachtkamera.....	140
Abbildung 170 - Zustand2: JT-Elektronik Fast Picture	140
Abbildung 171 - Zustand 2: MesSen Nord STV3.....	140
Abbildung 172 - Zustand 3: iPEK QuickView Haloptic.....	141
Abbildung 173 - Zustand 3: iPEK QuickView X	141
Abbildung 174 - Zustand 3: Ritec Schachtkamera.....	141
Abbildung 175 - Zustand 3: JT-Elektronik Fast Picture	141
Abbildung 176 - Zustand 3: MesSen Nord	141
Abbildung 177 - iPEK QuickView Haloptic Feldeinsatz	142
Abbildung 178 - iPEK QuickView X (Prototyp) Feldeinsatz.....	143
Abbildung 179 - Ritec Schachtkamera Feldeinsatz	144
Abbildung 180 - JT-Elektronik Fast Picture Feldeinsatz.....	145
Abbildung 181 - MesSen Nord STV3 Steuereinheit mittels Gurt um Nacken	146
Abbildung 182 - MesSen Nord STV3 Carbon-Teleskopstange.....	146
Abbildung 183 - MesSen Nord STV3 Feldeinsatz.....	146
Abbildung 184 - iPEK QuickView Inspektion am Laptop	147

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildung 185 - iPEK QuickView integriertes Inspektionsdisplay	147
Abbildung 186 - iPEK QuickView X Inspektionsdisplay 1	148
Abbildung 187 - iPEK QuickView X Inspektionsdisplay 2	148
Abbildung 188 - Ritec Schachtkamera Inspektionsdisplay 1.....	149
Abbildung 189 - Ritec Schachtkamera Inspektionsdisplay 2.....	149
Abbildung 190 - JT-Elektronik Fast Picture Inspektionsdisplay 1	150
Abbildung 191 - JT-Elektronik Fast Picture Inspektionsdisplay 2	150
Abbildung 192 - JT-Elektronik Fast Picture Inspektionsdisplay 3	150
Abbildung 193 - MesSen Nord STV3 Inspektionsdisplay 1.....	151
Abbildung 194 - MesSen Nord STV3 Inspektionsdisplay 2.....	151
Abbildung 195 - WinCan v8 Template LINZ AG Original.....	156
Abbildung 196 - WinCan v8 Template elektronischer Spiegel v1	157
Abbildung 197 - WinCan v8 Template elektronischer Spiegel v2	158
Abbildung 198 - TV-Befahrung vs. SewerBatt® Inspektionsergebnisse - Zustandsgruppen (Plihal et al., 2015).....	160
Abbildung 199 - Oberflächenschäden bei den Auflagerringen.....	161
Abbildung 200 - Schwierigkeit der Zustandserkennung bei Ortbetonschächten.....	162
Abbildung 201 - DAI - Einragendes Dichtungsmaterial.....	163
Abbildung 202 - DBB - Anhaftende Stoffe	164
Abbildung 203 - DBA - Wurzeln.....	164
Abbildung 204 - DAB - Riss.....	165
Abbildung 205 - Einragender Anschluss, DCA - Anschluss, DCG - Anschlussleitung.....	165
Abbildung 206 - DAC - Bruch, DBF - Infiltration	166
Abbildung 207 - Rucksack mit Equipment der MesSen Nord-Kamera.....	167
Abbildung 208 - QuickView Inspektionsweste mit integriertem Akku.....	168
Abbildung 209 - Golf-Caddy mit Inspektionslaptop und Steuereinheit des Kameramodells MesSen Nord STV3	168
Abbildung 210 - Schachtinspektion mit Golf-Caddy bei schlechtem Wetter.....	169
Abbildung 211: Schacht-Zoom-Kamera Tool V0.25.....	178
Abbildung 212 - Kosten für Varianten der Inspektion (und Reinigung) eines 20km langen Kanalisationsnetzes (Kuratko, 2015)	181

12.2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 - Methoden und Arten der optischen Inspektion, deren Aufgabenstellungen und Ergebnisse für Haltungen (ÖWAV, 2013)	2
Tabelle 2 - Methoden und Arten der optischen Inspektion und deren Aufgabenstellung (ÖWAV, 2013).....	15
Tabelle 3 - Auswirkungen von Ablagerungen (Ruhr-Universität Bochum, 2008)	34
Tabelle 4 - Vor- und Nachteile unterschiedlicher Reinigungsstrategien (Staufer, 2010)	36
Tabelle 5 - INNOKANIS Untersuchungsgebiete, Kamerabefahrungen und Untersuchungszeiträume mit den elektronischen Spiegelmodellen	39
Tabelle 6 - Anzahl der untersuchten Haltungen und deren Längen bei den INNOKANIS Voruntersuchungen	46
Tabelle 7 - Anzahl der untersuchten Haltungen und deren Längen im INNOKANIS-Projekt.....	46
Tabelle 8 - EPC Voruntersuchungen: Technischer Vergleich der verwendeten Inspektionssysteme.....	58
Tabelle 9 - Felduntersuchungen - verbesserte Erkennungsraten bei Kombination von elektronischem Spiegel und SewerBatt® Technologie im Vergleich zu alleiniger Verwendung eines elektronischen Spiegels (Plihal et al., 2015)	88
Tabelle 10 - Felduntersuchungen - Limitierende Faktoren der Zustandserfassung für beide Spiegelmodelle (Plihal et al., 2015)	89
Tabelle 11 - Vergleich: SewerBatt® - Elektronischer Spiegel (Plihal et al., 2015).....	91
Tabelle 12 - Vergleich: herkömmliche TV-Inspektion mit fahrbarer Kamera - elektronischer Spiegel (INNOKANIS 2014)	92
Tabelle 13 - Anzahl untersuchte Haltungen zwecks der Adaptierung der Zustandsbeschreibung für den elektronischen Spiegel - Inspektionsjahre 2009/10/12	101
Tabelle 14 - Anzahl untersuchte Haltungen zwecks der Adaptierung der Zustandsbeschreibung für den elektronischen Spiegel - Inspektionsjahre 2011	102
Tabelle 15 - Protokoll zur Erfassung der Ablagerungshöhe mit elektronischem Spiegel	117
Tabelle 16 - Möglichkeiten der Schachtidentifikation beim Schacht	124
Tabelle 17 - Technischer Vergleich elektronischer Spiedelmodelle (Kuratko, 2015).....	138
Tabelle 18 - Zusammenfassung: Vergleich der Spiegelmodelle.....	152
Tabelle 19 - Zusammenfassung der Annahmen für die KNA.....	153
Tabelle 20 - Varianten Kosten-Nutzen-Analyse Haltungsinspektionen (Kuratko, 2015)	154
Tabelle 21 - Zustandsgruppierungen WinCan v8 Template elektronischer Spiegel v1.....	157
Tabelle 22 - Vor- und Nachteile des elektronischen Spiegels bei der Schachtinspektion	170
Tabelle 23 - Zustandsgruppen Inspektionsjahre 2009/10/12	174
Tabelle 24 - Zustandsgruppen Inspektionsjahre 2011.....	176



**MINISTERIUM
FÜR EIN
LEBENSWERTES
ÖSTERREICH**

bmlfuw.gv.at

FÜR EIN LEBENSWERTES ÖSTERREICH.

UNSER ZIEL ist ein lebenswertes Österreich in einem starken Europa: mit reiner Luft, sauberem Wasser, einer vielfältigen Natur sowie sicheren, qualitativ hochwertigen und leistbaren Lebensmitteln.

Dafür schaffen wir die bestmöglichen Voraussetzungen.

WIR ARBEITEN für sichere Lebensgrundlagen, eine nachhaltige Lebensart und verlässlichen Lebensschutz.



**MINISTERIUM
FÜR EIN
LEBENSWEERTES
ÖSTERREICH**