



**QUALITÄTSSICHERUNG BEI DER KANALSANIERUNG DURCH FEHLERVERMEIDUNG  
BEI DER OPTISCHEN INSPEKTION DURCH OPTIMALE ANPASSUNG BZW. AUSWAHL  
DES INSPEKTIONSSYSTEMS**

**Masterarbeit**  
zur Erlangung des akademischen Grades  
**Diplomingenieur**

eingereicht von:  
**NEUMÜLLER, PHILIPP**

Betreuer: Univ. Prof. Dr. Thomas Ertl

Mitbetreuer: Dipl.-Ing. Hanns Plihal (Lugitsch und Partner Ziviltechniker GmbH, 1030 Wien)

## **Vorwort**

Diese Arbeit wurde am Institut für Siedlungswasserbau, Industrierwasserwirtschaft und Gewässerschutz unter der Leitung von Univ. Prof. Dr. Ertl verfasst. Ich bedanke mich für die Unterstützung.

Besonderer Dank gilt Dipl.-Ing. Hanns Plihal, der trotz seiner begrenzten Zeit mir immer mit Rat und Tat zur Seite stand und mir vor allem ein so interessantes Thema vorschlug.

Ein großes Dankeschön „post mortem“ geht an meine leider viel zu früh verstorbenen Großeltern, die mir nicht nur durch die Schulzeit und in schwierigen Phasen halfen, sondern mir den Weg auf die Universität ebneten. Ohne Ihre Unterstützung würde ich jetzt nicht hier sein und diese Zeilen schreiben! Danke dafür!

Zu guter Letzt ein Danke an meine Freundin Bettina. Immer wenn ich einen Rat brauchte, sowohl beim Verfassen der Diplomarbeit, als auch während des gesamten Studiums stand sie mir stets zur Seite! Danke!

## Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2. Zielsetzung und Aufgabenstellung</b>	<b>2</b>
<b>3. Allgemeine Grundlagen</b>	<b>3</b>
3.1 Rechtliche Grundlagen	3
3.1.1 EU Richtlinien	3
3.1.2 Nationale Rechtsvorschriften (WRG, 2015)	5
3.1.3 Rechtsvorschriften der Länder	10
3.2 Technische Grundlagen	12
3.2.1 Normen und Richtlinien	12
3.2.1.1 ÖNORM EN 752 (2008)	12
3.2.1.2 ÖNORM EN 13508-2	23
3.2.1.3 ÖWAV Regelblatt 22	23
3.2.1.4 ÖWAV Regelblatt 28	25
3.2.1.5 ÖWAV Regelblatt 34	26
3.2.1.6 ÖWAV Regelblatt 36	26
3.2.1.7 ÖWAV Regelblatt 43	26
3.2.1.8 DWA M-149-5 (2010)	28
3.2.2 Optische Inspektion	30
3.2.2.1 Qualitative Zustandserfassung	31
3.2.3 Zustandsbeschreibung nach ÖNORM EN 13508-2/A1 (2011)	33
3.2.4 Verwendete Kamerasysteme	38
3.2.4.1 Dreh- und Schwenkkopfkameras	38
3.2.4.2 Scan- Systeme	41
3.2.5 Rohrmaterialien	44
3.2.5.1 Biegeweiche Materialien	44
3.2.5.2 Biegesteife Materialien	45
3.2.5.3 Halbsteife Materialien	47
3.2.6 Kanalsanierung	48
3.2.6.1 Kanalsanierung allgemein	48
3.2.6.2 Reperatur	49
3.2.6.3 Renovierung	61
3.2.6.4 Erneuerung	69
3.2.7 Ursachen und Arten von Sanierungsfehlern	73
3.2.7.1 Fehler bei der Inspektion	73
3.2.8 Videoauflösungen	75
3.2.9 Kosten- Nutzen- Analyse (K-N-A)	78
3.2.10 Nutzwertanalyse (NWA)	79
<b>4. Material und Methoden</b>	<b>80</b>
4.1 Vorgehensweise	80
4.2 Literaturrecherche	80
4.3 Untersuchungen	80
4.3.1 Untersuchungen im EPC Zentrum in St. Veit an der Glan	80
4.3.2 Untersuchungen beim Reinhaltungsverband Steyr und Umgebung (RHV)	80
4.4 Rohrmaterialien	81
4.4.1 Rohrmaterialien im EPC in St. Veit an der Glan	81
4.4.2 Rohrmaterialien in Steyr	84
4.5 Auswertungen	85
4.5.1 Auswertung von Befahrungen im EPC Zentrum in St. Veit an der Glan	85
4.5.2 Auswertungen von Befahrungen beim RHV Steyr	85
4.5.3 Sanierungsplanung inklusive Kosten- Nutzen- Analyse (K-N-A)	86
4.5.4 Nutzwertanalyse (NWA)	87
4.5.5 Erweiterung Entscheidungsbaum	87
4.5.6 Verwendete Inspektionssysteme	88

<b>5. Ergebnisse</b>	<b>89</b>
5.1 Ergebnisse der Hypothese 1a	89
5.1.1 Untersuchungen der DWA- M- 149-5	89
5.2 Ergebnisse Hypothese 1b - Untersuchungen EPC Zentrum St. Veit an der Glan	99
5.2.1 Vergleich der Zustände	99
5.2.1.1 Steinzeug DN200	99
5.2.1.2 Steinzeug DN250	106
5.2.1.3 Steinzeug DN300	112
5.2.1.4 GFK DN200	116
5.2.1.5 GFK DN260	118
5.2.1.6 GFK DN300	122
5.2.1.7 PE DN200	126
5.2.1.8 PE DN250	128
5.2.1.9 PP DN225	130
5.2.1.10 Grauguss DN200	132
5.2.2 Kapitelzusammenfassung	134
5.3 Ergebnisse Hypothese 2 - Untersuchungen Steyr	139
5.3.1 Vergleich der Zustände	139
5.3.1.1 Steinzeug DN 300	139
5.3.1.2 Steinzeug DN 400	142
5.3.1.3 Beton DN 300	155
5.3.1.4 Beton DN 400	166
5.3.1.5 Beton DN 500	169
5.3.1.6 Beton DN 1000	178
5.3.1.7 Beton DN 500/800	186
5.3.1.8 Beton DN 900/1350	198
5.3.2 Kapitelzusammenfassung	201
5.4 Ergebnisse Hypothese 3 - Sanierungsplanung	204
5.4.1 Schumannstraße	204
5.4.1.1 Sanierungsplanung	204
5.4.1.2 Kosten- Nutzen- Analyse (KNA)	210
5.4.1.3 Nutzwertanalyse (NWA)	211
5.4.2 Wehrgrabengasse	215
5.4.2.1 Sanierungsplanung	215
5.4.2.2 Kosten- Nutzen- Analyse (KNA)	221
5.4.2.3 Nutzwertanalyse (NWA)	222
5.4.3 Messererstraße	226
5.4.3.1 Sanierungsplanung	226
5.4.3.2 Kosten- Nutzen- Analyse (KNA)	229
5.4.3.3 Nutzwertanalyse (NWA)	229
5.4.4 Kapitelzusammenfassung	233
5.5 Entscheidungsbaum	235
<b>6. Interpretation und Diskussion der Ergebnisse</b>	<b>238</b>
6.1 Hypothese 1a und 1b	238
6.2 Hypothese 2	240
6.3 Hypothese 3	245
<b>7. Zusammenfassung</b>	<b>248</b>
<b>8. Ausblick</b>	<b>249</b>
<b>9. Literaturverzeichnis</b>	<b>250</b>
<b>10. Tabellenverzeichnis</b>	<b>252</b>
<b>11. Abbildungsverzeichnis</b>	<b>254</b>

<b>12. Anhang</b>	<b>271</b>
12.1 Zustandserfassung EPC Zentrum St. Veit an der Glan	271
12.1.1 Beton DN 300	271
12.1.2 GFK DN 200	272
12.1.3 GFK DN 300	274
12.1.4 Grauguss DN 200	275
12.1.5 PE DN 250	276
12.1.6 Steinzeug DN 200	277
12.2 Zustandserfassung Untersuchungen Steyr	278
12.2.1 Zustände	278
12.2.1.1 Steinzeug DN 400	278
12.2.1.2 Beton DN 300	282
12.2.1.3 Beton DN 500	287
12.2.1.4 Beton DN1000	289
12.2.1.5 Beton DN 500/800	291
12.2.1.6 Beton DN 900/1350	298
12.2.2 Risse	299
12.2.2.1 Steinzeug DN 300	299
12.2.2.2 Steinzeug DN 400	301
12.2.2.3 Beton DN 300	305
12.2.2.4 Beton DN 400	307
12.2.2.5 Beton DN 500	308
12.2.2.6 Beton DN 1000	309
12.2.2.7 Beton DN 500/800	310
12.2.3 Entscheidungsbaum	313

## **Kurzfassung**

Abwasserkanäle dienen der Sammlung und Ableitung von Abwasser. Das Grundprinzip einer Kanalisation sind unterirdische Abwasserkanäle, die zu Kläranlagen führen. Die Wartung des Transportsystems erfordert aufgrund der unterirdischen Bauweise spezielle Inspektionssysteme. Es wird zwischen Schiebekamera, TV- Kamera und Scan- System unterschieden. In dieser Arbeit wird jedoch nur auf die TV- Inspektionssysteme und auf die Scan- Systeme eingegangen. Je nach örtlichen Gegebenheiten bzw. den Stammdaten des zu inspizierenden Kanals, wird die Art des Inspektionssystems ausgewählt.

Ein TV- Inspektionssystem für Abwasserkanäle, welches mit den Stammdaten und den örtlichen Gegebenheiten nicht optimal abgestimmt ist, kann nachfolgend zu Fehlern bei der folgenden Sanierungsplanung führen.

Die Frage, ob ein System mit HD- Auflösung oder eine herkömmliche Dreh- und Schwenkkopfkamera bzw. ein Scan- System bei gewissen Rohrdurchmessern bzw. Rohrmaterialien verwendet werden soll, ist für viele Auftraggeber bzw. Kanalisationsunternehmen sehr entscheidend. Wichtig ist zu definieren, unter welchen Aspekten eine HD- Kamera Vorteile bei der Inspektion bringt. Weiters wird untersucht unter welchen Voraussetzungen (Stammdaten und sonstige Gegebenheiten) ein Scan- System für einen Einsatz am besten geeignet ist.

Es wurden insgesamt acht Inspektionssysteme bei kleineren Durchmessern und drei Systeme bei größeren Rohrdurchmessern bei verschiedenen Rohrmaterialien hinsichtlich ihrer Erkennungsraten von verschiedenen Zuständen verglichen.

Aufbauend auf den Ergebnissen der Zustandserkennung wurde eine Sanierungsplanung für ausgewählte Haltungen durchgeführt und anhand einer Kosten- Nutzen- Analyse (KNA) eruiert, bei welchen Stammdaten welches Kanalinspektionssystem am besten geeignet ist.

Desweiteren wurde der Entscheidungsbaum aus der Bachelorarbeit „Entscheidungshilfe Inspektionssysteme“ (Neumüller und Schmalhofer, 2014) mit den neu gewonnenen Erkenntnissen adaptiert.

## **Abstract**

Sewers are currently used for the collection and discharge of waste water. The basic principle of any sewage system are underground sewers, which lead to treatment plants. The maintenance of the transport system requires adequate inspection systems due to underground construction. A differentiation is made between push camera, TV camera and scanning method. This diploma thesis only concerns TV inspection systems and scanning systems. Depending on local conditions and the availability of master data of the sewer to be inspected, the type of inspection system is selected.

An inspection system that is not optimal adjusted to the local conditions may subsequently lead to errors in the following rehabilitation planning.

The question whether a system with HD resolution or rather a conventional camera or a scanning system is to be used in certain pipe diameters and pipe materials is one decisive factor for many customers or sewerage companies. Under which conditions does an HD camera bring advantages over a conventional method. Furthermore, this thesis analyzes under which conditions it is advisable to use a scanning system.

Eight inspection systems for use in smaller diameters and three systems for larger diameters are compared. Their performance in detecting different damages with regard to different pipe materials is analysed.

Based on the results of the state recognition a rehabilitation plan for selected positions was developed. Furthermore a cost benefit analysis (CBA) was conducted.

Additionally, the decision tree of the bachelor thesis "Entscheidungshilfe Inspektionssysteme" (Neumüller, Schmalhofer, 2014, BOKU) is adapted to the new findings of the actual study.

# 1. Einleitung

Abwasserkanäle dienen der Sammlung sowie der Ableitung von Abwasser. Grundprinzip einer Kanalisation sind unterirdische Abwasserkanäle, die zu Abwasserbehandlungsanlagen (Kläranlagen) führen. Die Wartung dieses Transportsystems erfordert aufgrund der unterirdischen Bauweise bzw. aufgrund der Rohrdurchmesser der Kanäle spezielle Inspektionssysteme. Es kann zwischen Schiebekameras, TV- Kameras und Scan- Systemen unterschieden werden, wobei in dieser Diplomarbeit nur auf die TV- Kameras und Scan- Systeme näher eingegangen wird. Durch diese Systeme können mögliche Schäden in Abwasserkanälen festgestellt werden. Welches System nun bei welchen Stammdaten (Rohrdurchmesser, Rohrmaterial, örtliche Bedingungen) optimal wäre, ist nicht bekannt.

Ein Inspektionssystem welches mit den vorliegenden Stammdaten (Rohrmaterial, Rohrdurchmesser etc.) nicht optimal abgestimmt ist, kann zu Fehlern bei der weiterfolgenden Sanierungsplanung führen.

Die Frage, ab welchem Zeitpunkt eine hochauflösende (High-Definition – HD) Kamera einen Vorteil hat bzw. bei welchen Stammdaten und örtlichen Gegebenheiten eine HD- Kamera gegenüber den Dreh- und Schwenkkopfkameras bevorzugt eingesetzt wird, soll in dieser Diplomarbeit untersucht werden. Desweiteren wird untersucht bei welchen Stammdaten und örtlichen Gegebenheiten ein Scan- System für einen Einsatz am besten geeignet ist.

In der vorliegenden Diplomarbeit werden insgesamt acht unterschiedliche Inspektionssysteme (Dreh- und Schwenkkopfkameras mit HD- Auflösung, herkömmliche Dreh- und Schwenkkopfkameras und Scan- Systeme) bei kleineren Durchmessern (bis DN 300) hinsichtlich ihrer Erkennung von Zuständen untereinander verglichen. Zusätzlich werden größere Rohrdurchmesser (ab DN 400) von drei Inspektionssystemen in punkto Zustandserkennung untersucht.

Basierend auf den Ergebnissen der Zustandserfassung wird eine Sanierungsplanung für ausgewählte Haltungen durchgeführt und anhand einer Kosten- Nutzen- Analyse (KNA) berechnet. Durch die KNA kann eine bessere Vergleichbarkeit der einzelnen Systeme hinsichtlich der Auswirkungen auf die Sanierungsplanung bei Nichterkennung von relevanten Zuständen erfolgen.

Desweiteren wird der Entscheidungsbaum aus der Bachelorarbeit „Entscheidungshilfe Inspektionssysteme“ (Neumüller, Schmalhofer, 2014, BOKU) adaptiert bzw. erweitert.

## 2. Zielsetzung und Aufgabenstellung

Das Ziel dieser Arbeit ist die Qualitätssicherung bei der Kanalsanierung durch Fehlervermeidung bei der optischen Inspektion. Diese Qualitätssicherung soll durch optimale Anpassung und Auswahl des Inspektionssystems und des Datenmanagements gewährleistet werden. Abschließend soll eine Sanierungsplanung, eine Kosten- Nutzen- Analyse (KNA) mit anschließender Nutzwertanalyse (NWA) durchgeführt werden.

Die folgenden vier Hypothesen fassen das Themengebiet kurz zusammen.

Hypothese 1a:

In der Praxis werden bei einer TV-Inspektion nicht immer die 22 Punkte unter „3.4 Anforderungen an Inspektionssysteme“ lt. DWA-M 149-5 (2010) eingehalten. Diese Hypothese wird in Kapitel 5.1 beantwortet.

Hypothese 1b:

Die Nichteinhaltung der geforderten 22 Punkte an Inspektionssysteme können Fehler bei einer nachfolgenden Kanalsanierung verursachen.

Um diese Hypothesen zu beantworten wird Bild- und Videomaterial von verschiedenen Inspektionssystemen vergangener Kanalinspektionen des ÖWAV von 2010-2015 zur Bewertung herangezogen. Weiters wird eine Literaturrecherche durchgeführt (vgl. Kapitel 5.2).

Hypothese 2:

Die Frage, ab welchem Zeitpunkt eine Dreh- und Schwenkkopfkamera mit HD- Auflösung besser geeignet ist als eine herkömmliche Kamera bzw. ein Scan- System ist besonders im Bezug auf eine nachfolgende Sanierung sehr entscheidend.

Diese Hypothese wird mittels Bild- und Videomaterial der Untersuchungen in Steyr beantwortet. Es werden eine herkömmliche Dreh- und Schwenkkopfkamera, eine Kamera mit HD- Auflösung und ein Scan- System bezüglich der Erkennung von Schäden bei verschiedenen Rohrmaterialien bzw. Rohrdurchmessern getestet (vgl. Kapitel 5.3).

Hypothese 3:

Eine optimal abgestimmte Kameratechnik angepasst an die Stammdaten (Rohrmaterial, Profilabmessungen, etc.) und an die örtlichen Gegebenheiten liefert die Voraussetzung um Fehler bei der nachfolgenden Kanalsanierung vorzubeugen. Die Antworten auf diese Hypothese werden in Kapitel 5.3 und Kapitel 5.4 aufgezeigt.

## 3. Allgemeine Grundlagen

### 3.1 Rechtliche Grundlagen

#### 3.1.1 EU Richtlinien

*„Mit dem Beitritt Österreichs 1995 zur Europäischen Union wurden eine Reihe von Richtlinien wirksam bzw. wurden in der Zeit nach dem Beitritt beschlossen, die in direktem oder indirektem Zusammenhang mit der Abwasserableitung und -behandlung stehen. Diese Richtlinien haben Verfassungsstatus und müssen durch entsprechende Gesetze in Österreich umgesetzt werden.“ (HABERL, 2008)*

#### EU-Wasserrahmenrichtlinie – 2000/60/EG (2000)

Hauptziel ist es, alle Grundwässer, Oberflächengewässer und Küstenwässer zu schützen. (EU, 2000)

*„(19) Ziele der vorliegenden RL sind die Erhaltung und Verbesserung der aquatischen Umwelt in der Gemeinschaft, wobei der Schwerpunkt auf der Güte der betreffenden Gewässer liegt. Die mengenmäßige Überwachung spielt bei dem Versuch, eine angemessene Wassergüte zu gewährleisten, eine zusätzliche Rolle, sodass im Hinblick auf das Ziel einer angemessenen Güte auch Maßnahmen in Bezug auf die Wassermenge erlassen werden sollten.*

*(27) Das Endziel dieser RL besteht darin, die Eliminierung prioritärer gefährlicher Stoffe zu erreichen und dazu beizutragen, dass in der Meeresumwelt für natürlich vorkommende Stoffe Konzentrationen in der Nähe der Hintergrundwerte erreicht werden.“ (EU, 2000)*

#### EU-Richtlinie zum Schutz des Grundwassers vor Verschmutzung und Verschlechterung – 2006/118/EG (2006)

Diese Richtlinie dient dem Schutz des Grundwassers vor Verschmutzung und Verschlechterung. (EU, 2006)

*„(1) Das Grundwasser ist eine wertvolle natürliche Ressource, die als solche vor Verschlechterung und vor chemischer Verschmutzung geschützt werden sollte. Dies ist von besonderer Bedeutung für grundwasserabhängige Ökosysteme und für die Nutzung von Grundwasser für die Versorgung mit Wasser für den menschlichen Gebrauch.*

*(2) Grundwasser ist das empfindlichste und in der Europäischen Union größte Süßwasservorkommen und vor allem auch eine Hauptquelle für die öffentliche Trinkwasserversorgung in vielen Regionen.*

*(3) Grundwasser in Wasserkörpern, die für die Trinkwasserentnahme genutzt werden oder für eine solche zukünftige Nutzung bestimmt sind, muss so geschützt werden, dass gemäß Artikel 7 Absätze 2 und 3 der Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom*

23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik eine Verschlechterung der Qualität dieser Wasserkörper verhindert wird, und so der für die Gewinnung von Trinkwasser erforderliche Umfang der Aufbereitung verringert wird.

(4) Der Beschluss Nr. 1600/2002/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 22. Juli 2002 über das sechste Umweltaktionsprogramm der Europäischen Gemeinschaft [5] umfasst auch das Ziel, Wasserqualitäten zu erreichen, von denen keine signifikanten Auswirkungen und Risiken für die menschliche Gesundheit und die Umwelt ausgehen.

(5) Im Interesse des Schutzes der Umwelt und insbesondere der menschlichen Gesundheit müssen nachteilige Konzentrationen von Schadstoffen im Grundwasser vermieden, verhindert oder verringert werden.“ (EU, 2006)

### Kommunale Abwasserrichtlinie der EU – 91/271/EWG (1991)

Ziel ist es die Verschmutzung der Oberflächengewässer durch Substanzen aus dem Abwasserbereich zu verringern. (EU, 1991)

#### „Artikel 1

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

#### Artikel 2

Im Sinne dieser Richtlinie bedeuten:

1. "Kommunales Abwasser": häusliches Abwasser oder Gemisch aus häuslichem und industriellem Abwasser und/oder Niederschlagswasser.
2. "Häusliches Abwasser": Abwasser aus Wohngebieten und den dazugehörigen Einrichtungen, vorwiegend menschlichen Ursprungs und der Tätigkeiten in Haushaltungen.
5. "Kanalisation": Leitungssystem, in dem kommunales Abwasser gesammelt und transportiert wird.

#### 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 15000 Einwohnerwerten (EW),
- bis zum 31. Dezember 2005 in Gemeinden von 2000 bis 15000 EW.

Die Mitgliedstaaten tragen dafür Sorge, dass in Gemeinden mit mehr als 10000 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.*

#### Artikel 4

*(1) „Die Mitgliedstaaten stellen sicher, dass in Kanalisationen eingeleitetes kommunales Abwasser vor dem Einleiten in Gewässer bis zu folgenden Zeitpunkten einer Zweitbehandlung oder einer gleichwertigen Behandlung unterzogen wird:*

- bis zum 31. Dezember 2000 in Gemeinden mit mehr als 15000 EW;*
- bis zum 31. Dezember 2005 in Gemeinden von 10000 bis 15000 EW;*
- bis zum 31. Dezember 2005 in Gemeinden von 2000 bis 10000 EW, welche in Binnengewässer und Ästuare einleiten.“ (EU, 1991)*

In Anhang I - Anforderungen an kommunale Abwässer werden unter Punkt A Kanalisation folgende Anforderungen festgelegt:

*„Bei Entwurf, Bau und Unterhaltung der Kanalisation sind die optimalen technischen Kenntnisse zu Grunde 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, 1991)

### **3.1.2 Nationale Rechtsvorschriften (WRG, 2015)**

Die Grundsätze für die Bewilligung hinsichtlich öffentlicher Interessen und fremder Rechte ist im §12 zugrundegelegt.

§12 a (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 allgemeinen Schutzniveaus für die Umwelt insgesamt sind. Bei der Festlegung des Standes der Technik sind unter Beachtung der sich aus einer bestimmten Maßnahme ergebenden Kosten und ihres Nutzens und des Grundsatzes der Vorsorge und der Vorbeugung im Allgemeinen wie auch im Einzelfall die Kriterien des Anhangs G zu berücksichtigen.“ (WRG, 2006)*

*„§ 21 a (1) Ergibt sich nach Erteilung der Bewilligung insbesondere unter Beachtung der*

*Ergebnisse der Bestandsaufnahme (§ 55 d), dass öffentliche Interessen (§ 105) trotz Einhaltung der im Bewilligungsbescheid oder in sonstigen Bestimmungen enthaltenen Auflagen und Vorschriften nicht hinreichend geschützt sind, hat die Behörde vorbehaltlich §52 Abs. 2 zweiter Satz die nach dem nunmehrigen Stand der Technik (§ 12 a) zur Erreichung dieses Schutzes erforderlichen anderen oder zusätzlichen Auflagen vorzuschreiben, Anpassungsziele festzulegen und die Vorlage entsprechender Projektunterlagen über die Anpassung aufzutragen. Art und Ausmaß der Wasserbenutzung vorübergehend oder auf Dauereinzuschränken oder die Wasserbenutzung vorübergehend oder auf Dauer zu untersagen.“ (WRG, 2006)*

### *„Anhang G – Kriterien für die Festlegung des Standes der Technik*

*Bei der Festlegung des Standes der Technik ist unter Beachtung der sich aus einer bestimmten Maßnahme ergebenden Kosten und ihres Nutzens und des Grundsatzes der Vorsorge und der Vorbeugung im Allgemeinen wie auch im Einzelfall Folgendes zu berücksichtigen:*

- 1. Einsatz abfallarmer Technologie;*
- 2. Einsatz weniger gefährlicher Stoffe;*
- 3. Förderung der Rückgewinnung und Verwertung der bei den einzelnen Verfahren erzeugten und verwendeten Stoffe und gegebenenfalls der Abfälle;*
- 4. Fortschritte in der Technologie und in den wissenschaftlichen Erkenntnissen;*
- 5. Art, Auswirkungen und Menge der jeweiligen Emissionen;*
- 6. Zeitpunkte der Inbetriebnahme der neuen oder bestehenden Anlagen;*
- 7. die für die Einführung eines besseren Standes der Technik erforderliche Zeit;*
- 8. Verbrauch an Rohstoffen und Art der bei den einzelnen Verfahren verwendeten Rohstoffe (einschließlich Wasser) und Energieeffizienz;*
- 9. die Notwendigkeit, die Gesamtwirkung der Emissionen und die Gefahren für die Umwelt so weit wie möglich zu vermeiden oder zu verringern;*
- 10. die Notwendigkeit, Unfällen vorzubeugen und deren Folgen für die Umwelt zu verringern;*

*die von der Kommission gemäß Artikel 16 Absatz 2 der Richtlinie 96/61/EG über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung oder von internationalen Organisationen veröffentlichten Informationen“ (WRG, 2006)*

§30 des Wasserrechtsgesetzes (WRG) behandelt die nachhaltige Bewirtschaftung aber vor allem den Schutz und der Reinhaltung der Gewässer.

§30 Abs.1 besagt folgendes:

*„Alle Gewässer einschließlich des Grundwassers sind im Rahmen des öffentlichen Interesses und nach Maßgabe der folgenden Bestimmungen so reinzuhalten und zu schützen,*

- dass die Gesundheit von Mensch und Tier nicht gefährdet werden kann,*

- dass Beeinträchtigungen des Landschaftsbildes und sonstige fühlbare Schädigungen vermieden werden können,
- dass eine Verschlechterung vermieden sowie der Zustand der aquatischen Ökosysteme und der direkt von ihnen abhängenden Landökosystemen und Feuchtgebiete im Hinblick auf ihren Wasserhaushalt geschützt und verbessert werden,
- dass eine nachhaltige Wassernutzung auf der Grundlage eines langfristigen Schutzes der vorhandenen Ressourcen gefördert wird,
- dass eine Verbesserung der aquatischen Umwelt, u.a. durch spezifische Maßnahmen zur schrittweisen Reduzierung von Einleitungen, Emissionen und Verlusten von gefährlichen Schadstoffen gewährleistet wird.

*Inbesondere ist Grundwasser sowie Quellwasser so reinzuhalten, dass es als Trinkwasser verwendet werden kann. Grundwasser ist so zu schützen, dass eine schrittweise Reduzierung der Verschmutzung des Grundwassers und Verhinderung der weiteren Verschmutzung sichergestellt wird.“ (WRG, 2006)*

Die allgemeine Sorge für die Reinhaltung wird in §31 Abs.1 beschrieben.

*§31 (1) Jedermann, dessen Anlagen, Maßnahmen oder Unterlassung 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.*

Der §32b handelt von den Indirekteinleiter.

*§ 32b. (1) Wer Einleitungen in eine wasserrechtlich bewilligte Kanalisationsanlage eines anderen vornimmt, hat die gemäß § 33b Abs. 3 vom Bundesminister für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft erlassenen Emissionsbegrenzungen einzuhalten. Abweichungen von diesen Anforderungen können vom Kanalisationsunternehmen zugelassen werden, soweit dieses sein bewilligtes Maß der Wasserbenutzung einhält. Einleitungen bedürfen der Zustimmung des Kanalisationsunternehmens.*

*(2) Wer mit Zustimmung des Kanalisationsunternehmens Abwasser, dessen Beschaffenheit nicht nur geringfügig von der des häuslichen abweicht, in eine wasserrechtlich bewilligte Kanalisation einbringt, hat vor Beginn der Ableitung dem Kanalisationsunternehmen die einzubringenden Stoffe, die Frachten, die Abwassermenge sowie andere Einleitungs- und Überwachungsgegebenheiten mitzuteilen. Eine wasserrechtliche Bewilligung ist nicht erforderlich. Der Bundesminister für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft kann durch Verordnung jene erforderlichen Daten festlegen, die eine Mitteilung an das Kanalisationsunternehmen zu beinhalten hat.*

*(3) Der Indirekteinleiter hat dem Kanalisationsunternehmen in Abständen von längstens zwei Jahren einen Nachweis über die Beschaffenheit der Abwässer durch einen Befugten zu erbringen. Das Kanalisationsunternehmen bleibt dafür verantwortlich, dass seine wasserrechtliche Bewilligung zur Einbringung in den Vorfluter nicht überschritten wird.*

*(4) Das Kanalisationsunternehmen hat ein Verzeichnis der gemäß Abs. 2 mitgeteilten Einleiter zu führen und dieses in jährlichen Intervallen zu aktualisieren. Darüber ist der Wasserrechtsbehörde zu berichten. Den Inhalt und die Häufigkeit dieser Berichte hat der Bundesminister für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft durch Verordnung festzulegen.*

*(5) Der Bundesminister für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft hat durch Verordnung jene Herkunftsbereiche für Abwasser sowie Mengenschwellen festzulegen, für die auf Grund ihrer Gefährlichkeit, des Abwasseranfalles oder auf Grund gemeinschaftsrechtlicher Bestimmungen ein Verfahren (§ 114) erforderlich ist. In dieser Verordnung ist auch eine Mitteilungspflicht an das Kanalisationsunternehmen im Sinne des Abs. 2 festzulegen. Auf bewilligungspflichtige Indirekteinleitungen finden die für Wasserbenutzungen (Wasserbenutzungsanlagen) geltenden Bestimmungen dieses Bundesgesetzes sinngemäß Anwendung.*

*(6) Der Bundesminister für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft kann ferner durch Verordnung nähere Festlegungen über die Überwachung der Emissionsbegrenzungen für Einleitungen gemäß Abs. 1 und 5 treffen.“ (WRG, 2006)*

Jeder Kanalbetreiber trägt Sorge für den Kanal. Es dürfen keine negativen Auswirkungen auf Mensch, Tier und Umwelt (insbesondere Grundwasser) bestehen. Um dies zu gewährleisten muss der Kanal dicht ausgeführt werden. Um den Kanal so lang wie möglich dicht zu gewährleisten, muss dieser ständig gewartet werden. Diese Bestimmungen sind in §50 zugrundegelegt.

#### Instandhaltung

*§ 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.“*

In §73 Abs.1 sind die Zwecke der Wassergenossenschaften offengelegt.

*§ 73.(1) Zur Verfolgung wasserwirtschaftlich bedeutsamer Zielsetzungen können Wassergenossenschaften gebildet werden. Zweck einer Wassergenossenschaft kann insbesondere sein:*

*d) die Beseitigung und Reinigung von Abwässern sowie die Reinhaltung von Gewässern;*

*i) die Kontrolle, Betreuung und Instandhaltung wasserrechtlich bewilligter Anlagen.*

#### §91 Besondere Aufgaben der Reinhaltung

*§ 91. Reinhaltungsverbänden obliegt es insbesondere,*

- a) einen Sanierungsplan (§92) zur Verbesserung der bestehenden Gewässerbeschaffenheit aufzustellen und die erforderlichen baulichen, betrieblichen und sonstigen Maßnahmen selbst oder durch Auftrag an die in Betracht kommenden Verbandsmitglieder zu bewirken,*
- b) neue Gewässerverunreinigungen im Verbandsbereich so weit als möglich hinauzuhalten,*
- c) den Zustand und Betrieb der Abwasseranlagen sowie die Gewässerbeschaffenheit im Verbandsbereich in entsprechenden Zeitabständen zu überprüfen,*
- d) eine wirtschaftliche Verwertung der anfallenden Abwässer und Stoffe sowie technologische Studien zur Abwasserreinigung im Verbandsbereich zu fördern und die Aufklärung über die Bedeutung der Reinhaltung der Gewässer zu unterstützen.*

#### Zuständigkeiten

*§ 98. (1) Wasserrechtsbehörden sind, unbeschadet der in den einzelnen Bestimmungen dieses Bundesgesetzes festgelegten Zuständigkeit des Bürgermeisters, die*

*Bezirksverwaltungsbehörde, der Landeshauptmann und der Bundesminister für Land- und*

*Forstwirtschaft. Sofern in diesem Bundesgesetz keine anderweitigen Bestimmungen getroffen sind, ist in erster Instanz die Bezirksverwaltungsbehörde zuständig.*

#### Strafen

*§ 137. (1) Eine Verwaltungsübertretung begeht und ist, sofern die Tat nicht nach Abs. 2, 3 oder 4 einer strengeren Strafe unterliegt, mit einer Geldstrafe bis zu 3.630,-- Euro zu bestrafen, wer*

*(7.) ein Organ der wasserrechtlichen Bauaufsicht (§ 120), ... oder der Gewässeraufsicht (§ 133) ... oder einen Abwasserbeauftragten (§ 33) an der Ausübung seiner Tätigkeit hindert;*

*(8.) als Kanalisationsunternehmen nicht die Verzeichnisse der gemeldeten Einleiter führt oder aktualisiert (§ 32b Abs. 4);*

*(24.) Einleitungen in eine Kanalisationsanlage (§ 32b) vornimmt und dabei die gemäß § 33b Abs. 3 erlassenen Emissionsbegrenzungen oder die vom Kanalisationsunternehmen zugelassenen Abweichungen nicht einhält oder die Einleitungen ohne Zustimmung des Kanalisationsunternehmens vornimmt;*

*(3) Eine Verwaltungsübertretung begeht und ist mit einer Geldstrafe bis zu 36.340,-- Euro, im Falle der Uneinbringlichkeit mit Ersatzfreiheitsstrafe bis zu sechs Wochen, zu bestrafen, wer*

*3. Einleitungen in eine Kanalisationsanlage vornimmt, ohne die gemäß § 33b Abs. 3 erlassenen Emissionsbegrenzungen oder die vom Kanalisationsunternehmen zugelassenen Abweichungen einzuhalten, oder die Einleitungen ohne Zustimmung des Kanalisationsunternehmens*

vornimmt, und dadurch die Funktionsfähigkeit der Abwasserreinigungsanlage oder ein Gewässer schädigt.“ (WRG, 2006)

### 3.1.3 Rechtsvorschriften der Länder

„Gemäß den wasserrechtlichen Bewilligungsbescheiden der Länder Steiermark und Niederösterreich trifft der § 134 für Kanäle und häusliches Abwasser nicht zu. Aus diesem Grund werden in den Bewilligungsbescheiden die 5-jährlichen Überprüfungen nicht vorgeschrieben. Die Dichtheit der die Bewilligung betreffenden Kanäle gemäß § 50 wird jedoch in beiden wasserrechtlichen Bewilligungsbescheiden gefordert. Zeitliche Vorgaben betreffend der Wartungs- oder Inspektionsintervalle werden nicht gemacht, es ist jedoch eine Person zu beauftragen, die diese regelmäßigen Tätigkeiten durchzuführen hat.

Im Gegensatz zum steirischen wasserrechtlichen Bewilligungsbescheid wird im niederösterreichischen wasserrechtlichen Bewilligungsbescheid vorgeschrieben, dass die Kanalisation max. 5 Jahre nach Inbetriebnahme mittels Kanalfernsehen (ausgenommen beschließbare Kanäle, Druck- und Unterdruckleitungen) auf Bestand, Funktionsfähigkeit und Fehlanschlüsse durch eine Fachfirma zu überprüfen ist. In weiterer Folge ist in Abhängigkeit von Bauzustand und Alter der Kanalisation die Überprüfung zu wiederholen und sind allenfalls festgestellte Mängel zu beheben, wobei das Untersuchungsintervall 10 Jahre nicht überschreiten darf.“ (BMLFUW, 2006)

Allgemeine Abwasseremissionsverordnung – AAEV (1996)

„Geltungsbereich und Begriffsbestimmungen

§ 1.(1) Diese Verordnung gilt für die Einleitung von 1. Abwasser; 2. Mischwasser; in Fließgewässer oder öffentliche Kanalisationen. Die Bestimmungen dieser Verordnung betreffend Abwasser sind sinngemäß auf die in Z 2 bis 6 genannten Wässer anzuwenden.“

Kommunales (häusliches) Abwasser:

„Abwasser aus Küchen, Waschküchen, Waschräumen, Sanitär- oder ähnlich genutzten Räumen in Haushalten oder mit diesem hinsichtlich seiner Beschaffenheit vergleichbares Abwasser aus öffentlichen Gebäuden oder Gewerbe-, Industrie-, landwirtschaftlichen oder sonstigen Betrieben.“

Kanalisation:

„Gemäß § 32 WRG 1959 bewilligungspflichtige Anlage zur Sammlung und kontrollierten schadlosen Ableitung von Abwasser, Mischwasser oder Niederschlagswasser einschließlich der Sonderbauwerke (z.B. Pumpwerke, Regenüberläufe, Regenrückhaltebecken, Düker). Hausanschlüsse oder ähnliches zählen nicht zur Kanalisation.“

Öffentliche Kanalisation:

*„Für Abwassereinleiter allgemein verfügbare Kanalisation, die von einer Körperschaft öffentlichen Rechts oder von einem in ihrem Auftrag handelnden Dritten auf Grund einer Bewilligung nach § 32 WRG 1959 betrieben wird.*

*Generelle wasserwirtschaftliche 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 Stickstoffund 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, 1996)*

## 3.2 Technische Grundlagen

### 3.2.1 Normen und Richtlinien

#### 3.2.1.1 ÖNORM EN 752 (2008)

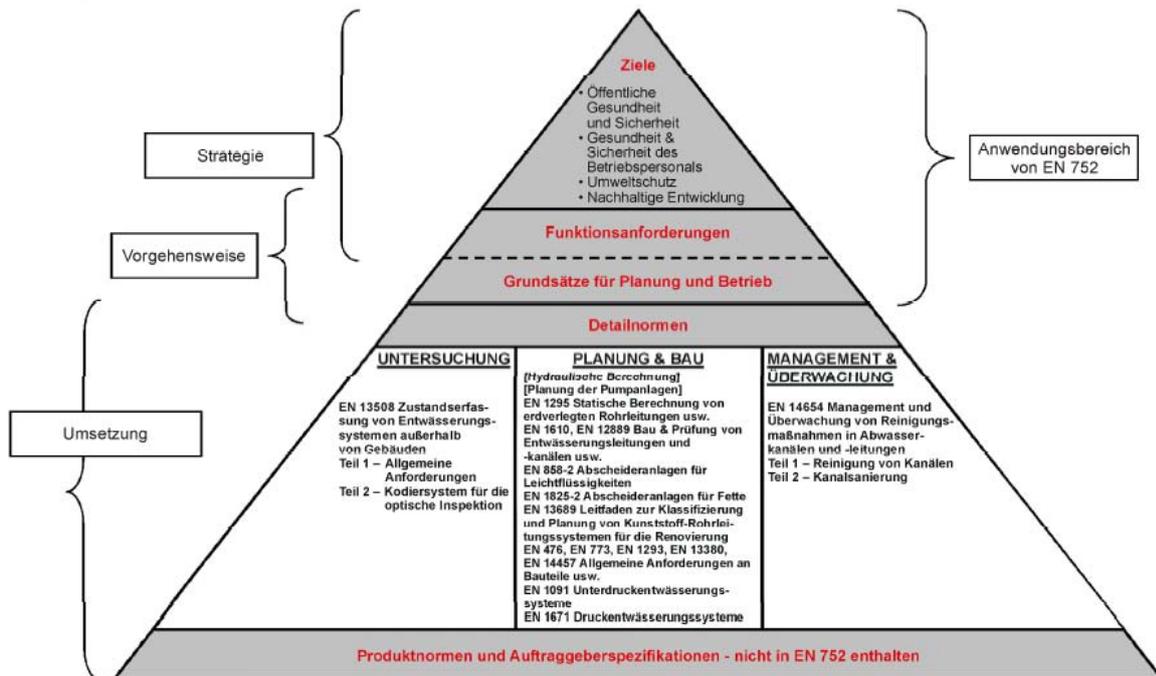


Abbildung 1: Anwendungsbereich der EN 752 (2008)

### 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.“ (EN 752, 2008)

### 4. Ziele

„Die vier Ziele von Entwässerungssystemen sind:

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

*Eine Anzahl Europäischer Richtlinien (z. B. die Richtlinie zur Behandlung von kommunalem Abwasser (91/271/EWG)) enthalten Anforderungen an Entwässerungssysteme, die diesen Zielen zugeordnet sind.*

*Weitere Informationen sind in Anhang A enthalten.*

*Systeme aus Abwasserleitungen und -kanälen sind Bestandteil des kommunalen Entwässerungssystems. Kommunale Entwässerungssysteme umfassen die gesamte Infrastruktur für das Management von Abwasser und Regenwasser in der bebauten Umwelt. Das Ausmaß und die Rolle eines Systems aus Abwasserleitungen und -kanälen innerhalb eines kommunalen Entwässerungssystems sind abhängig von den lokalen Randbedingungen für jedes System.*

*Kommunale Entwässerungssysteme sind Teil eines weiter umfassenden Wassermanagementsystems. Die Wasserrahmenrichtlinie (2000/60/EG) liefert durch den Bewirtschaftungsplan für die Einzugsgebiete die Grundlage für ein integrales Management des gesamten Wassermanagementsystems. Integrales Kanalmanagement berücksichtigt Wechselwirkungen zwischen dem System aus Abwasserleitungen und -kanälen und dem kommunalen Entwässerungssystem als Ganzes sowie der weiteren aquatischen Umwelt.“*

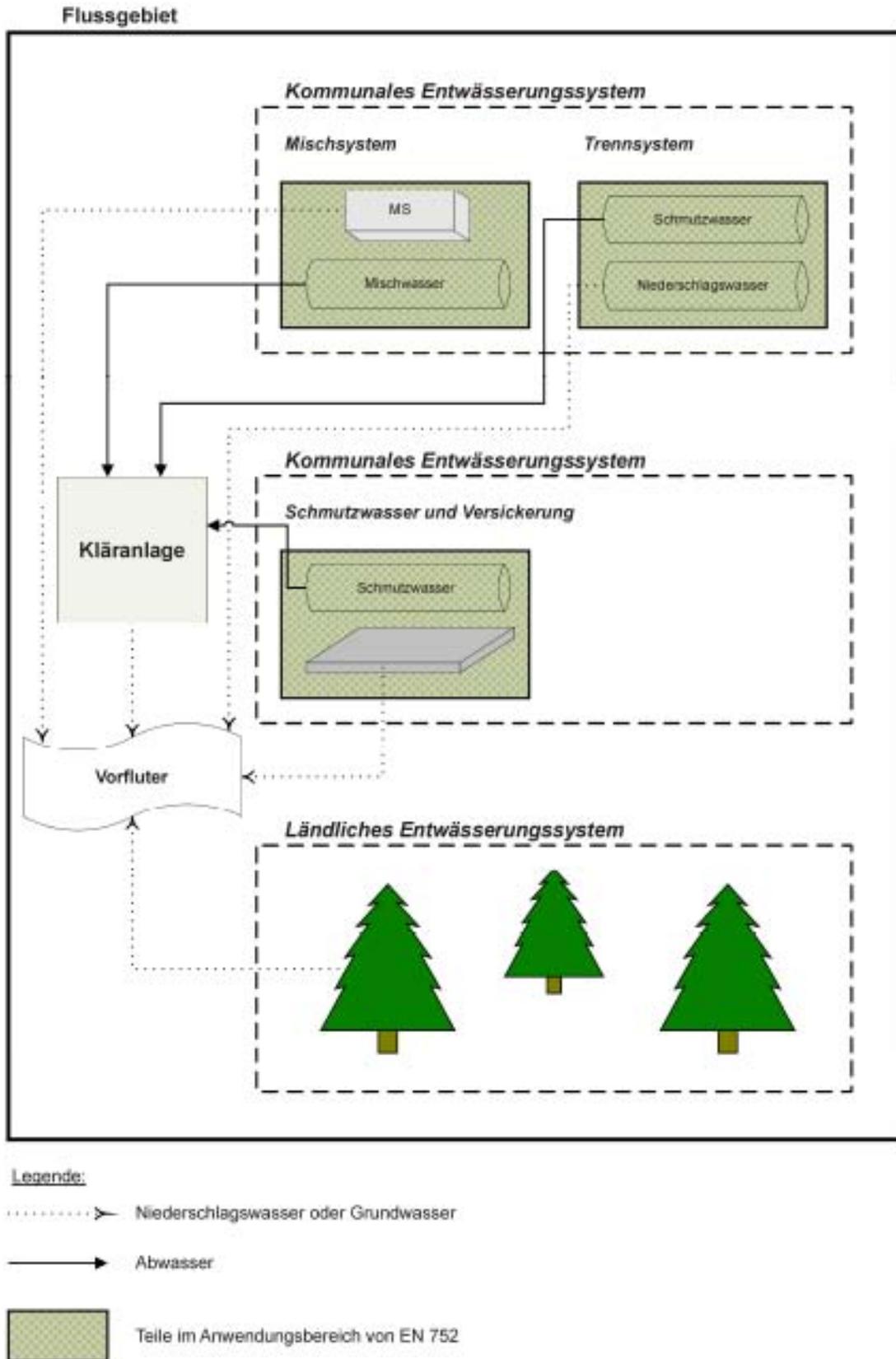


Abbildung 2: Entwässerungssysteme innerhalb von Flussgebieten (EN 752, 2008)

## 5. Anforderungen

### 5.1 Funktionalanforderungen

„Funktionalanforderungen gelten für das System von Abwasserleitungen und -kanälen, einschließlich der Regenüberläufe, Pumpanlagen und weiterer Komponenten, sowie für die Auswirkungen ihrer Einleitungen auf den Vorfluter und die Kläranlage. Die Anforderungen müssen unter Berücksichtigung des Gesamtsystems so festgelegt werden, dass bei Ergänzungen oder Änderungen des Systems die ursprünglichen Planungsziele weiterhin eingehalten werden. Die Anforderungen sind ferner unter Berücksichtigung der nachhaltigen Entwicklung und der Gesamtnutzungskosten einschließlich der indirekten Kosten (z. B. Kosten durch Störungen im öffentlichen Bereich) so festzulegen, dass Entwässerungssysteme das Abwasser ableiten und abgeben, ohne unzulässige Umweltbeeinträchtigungen, Risiken für die öffentliche Gesundheit oder für das Betriebspersonal zu verursachen.

Jede Funktionalanforderung kann mehr als einem Ziel zugeordnet werden. Ein Hinweis auf die Relevanz jeder Funktionalanforderung zur Erreichung der Ziele ist in Tabelle 1 enthalten.“

Tabelle 1: Beziehung zwischen Zielen und Funktionalanforderungen (EN 752, 2008)

Abschnitt	Öffentliche Gesundheit und Sicherheit	Gesundheit und Sicherheit des Betriebspersonals	Umweltschutz	Nachhaltige Entwicklung
5.1.2 Schutz vor Überflutung	XXX	XX	XXX	—
5.1.3 Unterhaltbarkeit	XX	XXX	XX	XX
5.1.4 Schutz des Oberflächenvorfluters	XXX	X	XXX	XX
5.1.5 Grundwasserschutz	XXX	—	XXX	XXX
5.1.6 Vermeidung von Gerüchen sowie giftigen, explosiven oder korrosiven Gasen	XXX	XXX	XXX	XXX
5.1.7 Vermeidung von Lärm und Erschütterungen	XX	XXX	X	X
5.1.8 Nachhaltige Verwendung von Produkten und Werkstoffen	—	—	XX	XXX
5.1.9 Nachhaltige Verwendung von Energie	—	—	XX	XXX
5.1.10 Baulicher Zustand und Nutzungsdauer	XXX	XXX	XXX	XXX
5.1.11 Aufrechterhaltung des Abflusses	XXX	—	XXX	X
5.1.12 Wasserdichtheit	XXX	X	XXX	XX
5.1.13 Angrenzende Bauten sowie Ver- und Entsorgungseinrichtungen nicht gefährden	XXX	XXX	X	XX
5.1.14 Beschaffenheit der Abwassereinleitungen in das System	XX	XXX	XXX	XX
ANMERKUNG	XXX X —	hoch niedrig kein Zusammenhang		

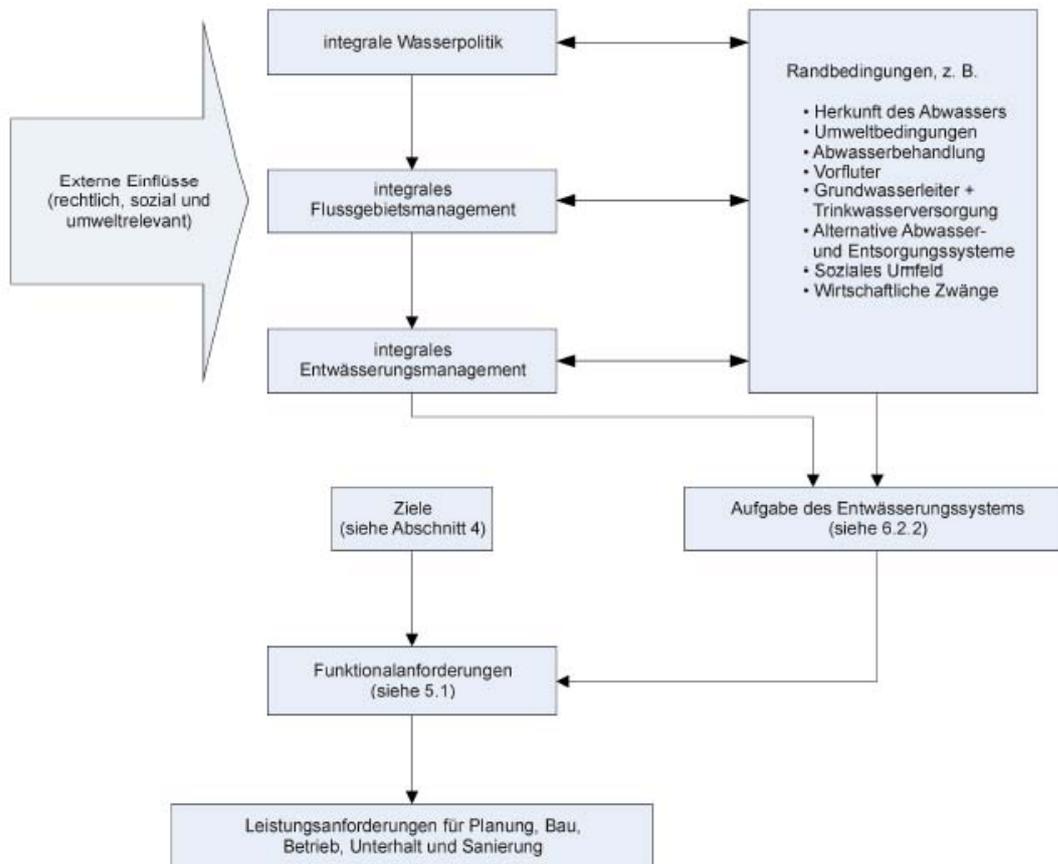


Abbildung 3: Fließschema für die Ableitung von Leistungsanforderungen (EN 752, 2008)

## 6. Integrales Kanalmanagement

### 6.1 Einleitung

„*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.*

*Der Ablauf des integralen Kanalmanagements ist folgendem Bild dargestellt.*

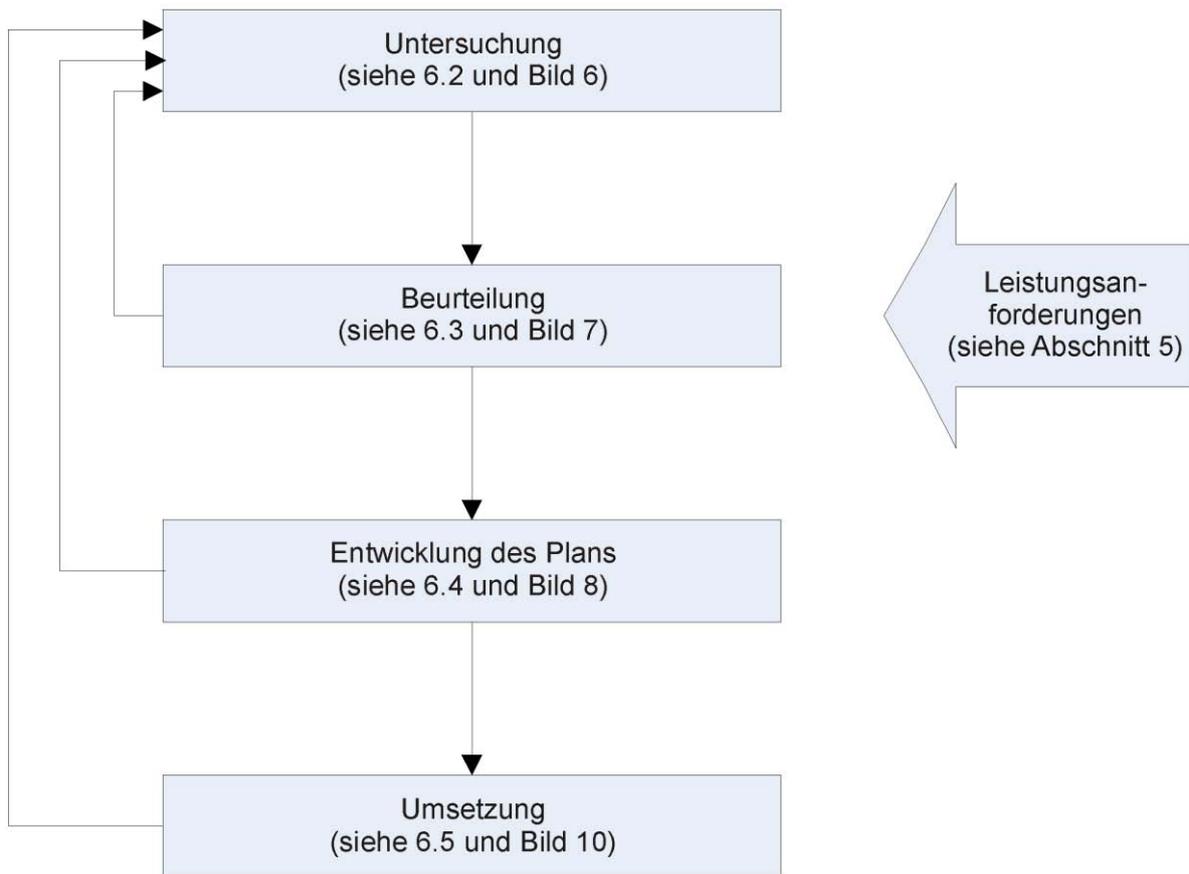


Abbildung 4: Fließschema des integralen Kanalmanagements (EN 752, 2008)

*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.*

*Der Bedarf weiterer Untersuchungen kann entweder während der Beurteilung der Leistung oder während der Entwicklung des Maßnahmenplanes erkennbar werden.*

*Integrales Kanalmanagement bildet die Grundlage für den Betrieb und die Sanierung des Entwässerungssystems. Die Information wird regelmäßig für das zukünftige Management des Entwässerungssystems aktualisiert.*

*Die Aufgabe des Entwässerungssystems sollte im Zusammenhang mit dem gesamten Flusseinzugsgebiet und den anderen Bestandteilen des kommunalen Entwässerungssystems bestimmt werden. Zur Bestimmung dieser Aufgabe sollte die integrale Wasserpolitik berücksichtigt werden, die festlegt wird durch nationale oder*

*lokale Vorschriften oder durch die zuständige Stelle sowie durch sämtliche Anforderungen an den integralen Flussgebietsmanagementplan. Die im integralen Entwässerungsmanagement festgelegten Vorgehensweisen sollten auch berücksichtigt werden.*

*Die Randbedingungen sollten ebenfalls berücksichtigt werden.“*

### 6.2 Untersuchung

#### 6.2.1 Einleitung

*„Die Untersuchung ist der erste Schritt im integralen Kanalmanagement, wie unter 6.1 beschrieben (siehe Bild 5). Der Ablauf für die Untersuchung ist in Bild 6 dargestellt.*

*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.“*



Abbildung 5: Fließschema der Untersuchung (EN 752, 2008)

### 6.2.2 Zweck der Untersuchung

„Die Untersuchung wird zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit des Systems aus Abwasserleitungen und -kanälen sowie seiner Komponenten durchgeführt. Die Zielstellung der Untersuchung kann:

- die strategische Planung
- die betriebliche Planung

beinhalten.

Der Zweck der Untersuchung beeinflusst die Art und Weise, in der sie durchgeführt wird (z.B. Wahl des Verfahrens, Detaillierungsgrad, gewünschte Genauigkeit), und wie die Ergebnisse beurteilt werden. Die Untersuchung muss jene Komponenten des Entwässerungssystems enthalten, die notwendig sind, um den Zweck der Untersuchung zu erfüllen. Beispiele sind: Abwasserleitungen, Regen- und Schmutzwasserkanäle; Mischwasserkanäle; Freispiegelkanäle; Druck- und Unterdruckkanäle, Schächte, Inspektionsöffnungen, andere Zugangseinrichtungen;

*Pumpstationen, Druckleitungen, Speicher- und Rückhaltebecken; Regenüberläufe, Überwachungseinrichtungen; Steuerungseinrichtungen, Auslaufkanäle,*

*Kies- und Sandfänge; Spülvorrichtungen, Be- und Entlüftungseinrichtung, Absetzbecken; Öl- und Fettabscheider. EN 13508-1 enthält Anleitungen zur Zustandserfassung des Entwässerungssystems.“*

### 6.2.3 Überprüfung der Informationen zur Leistungsfähigkeit

*„Durch Berichte über Störfälle wie Kanaleinstürze, Überflutungen und Gewässerverschmutzungen sowie aus vorhergehenden Untersuchungen kann auf die Art möglicher Beeinträchtigungen der Leistungsfähigkeit bestehender Entwässerungssysteme geschlossen werden. Aufzeichnungen früherer Störfälle und andere relevante Daten sollten zusammengestellt werden, und eine detaillierte Überprüfung sollte durchgeführt werden, um den Untersuchungsrahmen festzulegen. Beispiele sind Aufzeichnungen über: Überflutungen, Verstopfungen, Zusammenbruch von Abwasserkanälen, Versagen der Druckleitung, Krankheit, Verletzung oder tödliche Unfälle des Betriebspersonals sowie sonstiger*

*Personen, Kanalschäden, Einhaltung der Einleitungsbedingungen in das Entwässerungssystem und in die Vorfluter, optische Inspektion, Beschwerden über Geruchsbelästigung, hydraulische Nachrechnungen, Funktion der mechanischen und elektrischen Einrichtungen, Überwachungsergebnisse; Funktion und Zustand von Einrichtungen für die Abflusssteuerung, Überlastungen.*

*Viele der oben angeführten Aufzeichnungen sind bei den zuständigen Stellen verfügbar. Alle maßgebenden Aufzeichnungen sollten aufbewahrt werden.*

*Sind in mehreren Einzugsgebieten oder Teileinzugsgebieten Untersuchungen erforderlich, können aufgrund der gesammelten Informationen die Prioritäten für die Untersuchung der erkannten Probleme in den einzelnen Einzugsgebieten festgelegt werden (z. B. durch den Vergleich der Untersuchungskosten mit dem erzielbaren Nutzen). Diese Prioritäten können dann bei der Erstellung eines umfassenden Programms verwendet werden, damit in den Einzugsgebieten die dringendsten Problemen zuerst untersucht werden.“*

### 6.2.8 Umweltrelevante Untersuchung

*„Die Umweltauswirkungen sind von der Beschaffenheit des Abwassers und seines Potentials, aus dem System zu entweichen, abhängig. Insbesondere muss die Lage der Einleitungsstellen für gewerbliches Abwasser und verunreinigtes Niederschlagswasser erfasst werden und diese Einleitungen bezüglich ihrer Art, Beschaffenheit, Menge und ihres Gefährdungspotentials für die Umwelt überprüft werden.*

*Bei Fehlen entsprechender Unterlagen sind ergänzende Untersuchungen durchzuführen.*

*Untersuchungen können erforderlich werden, um Auswirkungen durch Undichtheiten von Abwasserleitungen und -kanälen auf die Grundwasserbeschaffenheit festzustellen. Dabei sind vorrangig Leitungen und Kanäle zu untersuchen, die in Grundwasserschutzgebieten liegen oder besonders gefährliche Stoffe ableiten. Die Beschaffenheit von Oberflächenvorflutern muss ermittelt und mit den Anforderungen verglichen werden.*

Werden diese nicht erfüllt, ist zu prüfen, ob die Entwässerungssysteme dabei einen maßgebenden Einfluss haben.

Andere umweltrelevante Aspekte wie Lärm, Geruch und optische Beeinträchtigungen sowie potentielle Bodenverunreinigungen sollten berücksichtigt werden.“

### 6.2.9 Bauliche Untersuchung

„Es ist von besonderer Bedeutung, dass die Untersuchung des Systems gezielt erfolgt, um Doppelarbeit zu vermeiden. Die bauliche Untersuchung kann entweder eine vollständige Untersuchung des Entwässerungssystems oder eine selektivere Vorgehensweise umfassen. Das Alter und die Lage der vorhandenen Infrastruktur, die geotechnischen Daten einschließlich der Bettungszone und Umgebung sowie das Potential von Schäden an bestehenden Gebäuden und anderen Ver- und Entsorgungseinrichtungen sollte in Betracht gezogen werden.

Um ein Begehen des Systems durch Personal zu vermeiden (siehe Abschnitt 7), sollte die Feststellung des baulichen Zustands des Entwässerungssystems, sofern möglich, durch indirekte Inspektionen (z. B. Kanalfernsehen) erfolgen. Sofern keine ausreichenden Informationen durch indirekte Inspektionen gewonnen werden können, darf eine direkte Inspektion (z. B. Begehung) durchgeführt werden. Beschaffenheit und Menge des Räumgutes können für die bauliche Untersuchung von Bedeutung sein. Während der

Untersuchung ist das System, soweit notwendig, von Abwasser frei zu halten. Der Zustand des Systems muss möglichst genau und umfassend beobachtet und dokumentiert werden. Um die Vergleichbarkeit der Untersuchungsergebnisse sicherzustellen, muss ein einheitliches Kodiersystem nach den Anforderungen von EN 13508-2 angewendet werden.

ANMERKUNG EN 13508-2 enthält Anforderungen an die Beschreibung von Feststellungen der Inspektionen. Sie enthält keine Anforderungen, welche Feststellungen erfasst werden sollten. Die aufgezeichneten Feststellungen müssen jene enthalten, die den baulichen Zustand des Systems beeinflussen können. Beispiele dafür sind:

- unzulässige Rissbildung;
- Verformung;
- verschobene Verbindung;
- schadhafter Anschluss;
- Wurzeln, Infiltration, Ablagerungen, anhaftende Stoffe, andere Hindernisse;
- Setzungen;
- Beschädigungen in Schächten und Inspektionsöffnungen;
- mechanische Beschädigungen oder chemische Korrosion.“

„Weitere quantitative und qualitative Untersuchungsverfahren können nach Bedarf eingesetzt werden. Dazu gehören Schallmessgeräte (für mit Wasser gefüllte Rohre) sowie Radar oder andere geophysikalische Verfahren (z. B. zur Feststellung von Hohlräumen hinter der Kanalwand) oder mechanische Verfahren (z. B. Abdrücken von Innen, um die Wandsteifigkeit zu messen). Untersuchungen zur chemischen Zusammensetzung des Grundwassers und des Bodens sollten durchgeführt werden, wo diese die bauliche

Unversehrtheit beeinträchtigen können. Die Ergebnisse der baulichen Untersuchungen können auch bei der Beurteilung der hydraulischen Leistungsfähigkeit und der Auswirkungen auf die Umwelt von Bedeutung sein.“

### 6.2.10 Betriebliche Untersuchung

„Bestehende betriebliche Abläufe, Inspektions- und Unterhaltspläne sind anzugeben und aufzuzeichnen. Die Häufigkeit und Lage von aufgezeichneten betrieblichen Störfällen (z. B. Verstopfungen, Ausfall der Pumpstation, Zusammenbruch des Kanals usw.) sind zu überprüfen. Der Einfluss von betrieblichen Problemen auf die hydraulische, umweltrelevante und bauliche Leistungsfähigkeit des Systems sollte aus den Berichten über die Störfälle ermittelt werden. Die Ursachen für wesentliche wiederkehrende betriebliche Störfälle sind zu untersuchen. Um für betriebliche Probleme die kosteneffizienteste Lösung zu finden, ist es erforderlich, die Ursachen zu untersuchen und zu verstehen. Weitere Informationen sind in 11.4 enthalten.“

## 6.3 Beurteilung

### 6.3.1 Einleitung

Die Leistungsfähigkeit eines Systems muss anhand der Leistungsanforderungen beurteilt werden.

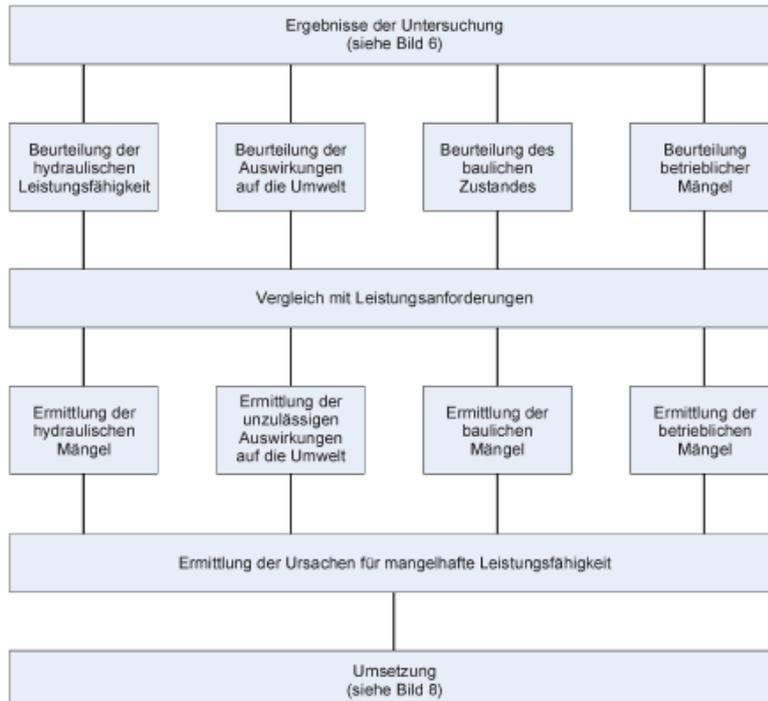


Abbildung 6: Fließschema für die Beurteilung (EN 752, 2008)

#### 6.3.4 Beurteilung des baulichen Zustandes

*„Nach der Inspektion des Systems ist aufgrund der Beurteilung der Ergebnisse festzustellen, wo ein Handlungsbedarf besteht. Dafür wurden mehrere Verfahren entwickelt. Einzelheiten dazu können von den in Anhang B aufgeführten Organisationen erhalten werden.“*

#### 6.3.5 Beurteilung der betrieblichen Leistungsfähigkeit

*Die betriebliche Leistungsfähigkeit eines Systems, die durch die Anzahl der betrieblichen Störfälle oder von Versagen gemessen wird, sollte beurteilt werden.*

#### 3.2.1.2 ÖNORM EN 13508-2

*„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.*

*Dieser Teil der Europäischen Norm enthält im Allgemeinen keine Anforderungen an die Durchführung von Inspektionen.“ (ON EN 13508-2, 2003)*

#### 3.2.1.3 ÖWAV Regelblatt 22

*„Wartung von Kanalsystemen*

*Zur Aufrechterhaltung der Entwässerungssicherheit sind Kanalsysteme regelmäßig zu reinigen und zu warten.*

*Für die Kanalreinigung gilt der Grundsatz, dass die rechtzeitige Entfernung geringerer Ablagerungen in der Regel günstiger ist als die Beseitigung stärkerer, verfestigter Ablagerungen in größeren Zeitabständen. Abgesehen von wirtschaftlichen Gesichtspunkten sprechen dafür auch Belange der Betriebssicherheit, wie Aufrechterhaltung der vollen Abflussleistung, Vermeidung des Risikos der Verstopfung sowie Hintanhalten von Geruchsbelästigungen, etc.*

*Bei der Reinigung von Kanalisationsanlagen sind die einschlägigen Sicherheitsvorschriften (siehe ÖWAV-Regelblatt 32) zu beachten.“*

### Reinigungsprogramm (Reinigungsplan)

*„Die Reinigung soll nach einem bestimmten Plan bedarfsorientiert abgewickelt werden.*

*Die Zeiträume richten sich nach den örtlichen Gegebenheiten. Das sind z.B. bei Kanälen jene Komponenten, die die Fließgeschwindigkeit und damit die Schleppspannung des Abwasserstromes bestimmen, wie Kanalgefälle, Querschnitt, Wasserführung, Abwasserart u. a. Dementsprechend wird die Bildung von Ablagerungen begünstigt z.B. vor Drosselstrecken, Rechenanlagen, stärkeren Krümmungen, vor Ausläufen von Regenwasserkanälen in Vorfluter u. ä. Im Allgemeinen sollten die Zeiträume für die Reinigung wie folgt festgelegt werden. Bei den angegebenen Intervallen handelt es sich um Angaben für jene Betreiber die bisher nach der in Kap. erwähnten Feuerwehrstrategie gearbeitet haben. Bei Anwendung und Dokumentation einer selektiven Strategie kann von den angegebenen Intervallen (s. Tab. 2 ÖWAV RB 34) abgewichen werden.*

- *Haltungen: sind nach einem im Betrieb festgelegtem Zyklus zu reinigen. Vorgaben hierfür sind allgemein schwer festzulegen. Eine Empfehlung wäre möglich (z.B. das gesamte Kanalnetz in einem zweijährigen Rhythmus zu reinigen?!?).*
- *Mischwasserbecken und Mischwasserüberläufe: nach jedem Anspringen bzw. je nach Erfordernis*
- *Straßeneinläufe: je nach Fassungsvermögen, Empfehlung einmal jährlich*
- *Sand- und Schotterfänge: je nach Bemessungsgröße, Regenstärke bzw. nach Erfordernis*
- *Düker: bei Auftreten eines spürbaren Leistungsabfalls*

*Die im Einzelfall maßgebenden Werte ergeben sich aus den über einen längeren Zeitraum zu gewinnenden Betriebserfahrungen.“*

### Reinigungsprotokoll

*„Die durchgeführten Reinigungsarbeiten sind in einem Protokoll, je nach Vorgabe des*

*Kanalbetriebes festzuhalten. Gereinigte Kanalstrecke mit Ortsangabe, Kanalquerschnitt, Datum, Ausmaß der Verschmutzung sowie sonstige Wahrnehmungen wie Kanal-, Schachtzustand usw.. Die im Zuge der Reinigung gewonnen Erkenntnisse (vor allem Ausmaß der Verschmutzung) sind im Kanalkataster (gemäß ÖWAV Regelblatt 21) zu vermerken. Sie bilden die Basis für ein angepasstes Reinigungsprogramm (selektive Strategie).*

3.2.1.4 ÖWAV Regelblatt 28

Schadenserhebung-, erfassung- und beurteilung

„Die Schadenserhebung und -erfassung ist auf Grundlage der ÖWAV-Regelblätter 21 .Kanalkataster“ und 22 .Kanalwanung und Kanalerhaltung“ nach vorheriger Hochdruckreinigung der Kanäle und TV-Inspektion durchzuführen.

Beispielhafte Aufzählung:

- Anzahl und Ausmaß der Schäden pro Haltung und im Sanierungsgebiet
- Art der Schäden (s. u. a. Matrix)
- Werkstoffe der schadhaften Anlagenteile (Materialprüfung)
- Weiters ist eine genaue Beurteilung der Schadensursachen anzustreben (Baumängel; statische Belastung; mechanische, chemische und thermische Belastung; Baugrund- und Grundwasserverhältnisse)
- Auswirkungen auf das Umfeld.“

Tabelle 2: Eine Hilfestellung zur Auswahl des Sanierungsverfahrens gibt die folgende Matrix (ÖWAV, 2007)

+ geeignet - nicht geeignet o bedarf besonderer Überlegungen in technischer Hinsicht	VERFAHREN	Reparatur			Renovierung										Erneuerung												
		9.2.1 Roboterverfahren	9.2.2 Packer-Verfahren	9.2.3 Partielle Auskleidung (Kurzliner)	9.2.4 Injektionsverfahren	9.2.12 Teilauskleidung	9.2.13 Beschichtungsverfahren	9.2.5 Schlauchlining	9.2.6 Wickelrohr-Relining	9.2.7 Verformte Rohre	9.2.8 Langrohr-Relining	9.2.9 Kurzrohr-Relining für nicht begehbare Querschnitte	9.2.10 Kurzrohr-Relining für begehbare Querschnitte	9.2.11 Vollauskleidung	9.2.12 Teilauskleidung	9.2.13 Beschichtungsverfahren	9.2.5 Schlauchlining	9.2.6 Wickelrohr-Relining	9.2.7 Verformte Rohre	9.2.8 Langrohr-Relining	9.2.9 Kurzrohr-Relining für nicht begehbare Querschnitte	9.2.10 Kurzrohr-Relining für begehbare Querschnitte	9.2.11 Vollauskleidung	9.2.14 Pipe-Eating	9.2.15 Berstlining		
	<b>Nicht begehbare Profile</b>																										
	Verformung	-	-	-	-	-	o	o	-	o	o	-	-	-	-	-	o	o	-	o	o	-	-	-	-	-	-
	Risse	+	o	o	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	• Längsrisse																										
	• Sonstige Risse																										
	Bruch	o	-	o	-	-	+	+	+	+	+	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-
	Oberflächenschäden	o	-	o	-	-	+	+	+	+	+	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-
	Versobene Verbindung	o	o	o	-	-	o	o	o	o	o	-	-	-	-	o	o	o	o	o	o	o	-	-	-	-	-
	Undichte Verbindung	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	<b>Begehbare Profile</b>																										
	Verformung	-	-	-	-	-	o	o	-	o	-	o	o	o	-	o	o	-	o	o	-	o	o	-	-	-	-
	Risse	-	-	o	+	+	+	+	-	o	-	+	+	+	-	+	+	-	o	-	+	+	+	+	+	+	+
	• Längsrisse																										
	• Sonstige Risse																										
	Bruch	-	-	o	o	+	+	+	-	o	-	+	+	+	-	+	+	-	o	-	+	+	+	+	+	+	+
	Oberflächenschäden	-	-	o	-	+	+	+	-	o	-	+	+	+	-	+	+	-	o	-	+	+	+	+	+	+	+
	Versobene Verbindung	-	-	o	-	o	o	o	-	o	-	o	o	o	-	o	o	-	o	o	-	o	o	-	-	-	-
	Undichte Verbindung	-	-	o	+	+	-	+	+	o	-	+	+	+	-	+	+	-	o	-	+	+	+	+	+	+	+

### 3.2.1.5 ÖWAV Regelblatt 34

Das Regelblatt 34 beschreibt die Hochdruckreinigung von Kanälen.

#### Reinigung für die TV-Inspektion:

*Im Zuge der TV-Inspektion müssen auch kleine Mängel wie Haarrisse u.ä. erkennbar sein.*

*Dazu ist es erforderlich, dass bei der Kanalreinigung auch die Sielhaut der Rohrwand entfernt wird und der gesamte Rohrquerschnitt rundum gesäubert wird! Dies erfordert in der Regel mehrere Arbeitsschritte und bedingt eine sehr aufwändige Reinigung. Zunächst werden die Sohlablagerungen entfernt und danach werden in Abhängigkeit von den jeweiligen Gegebenheiten weitere Reinigungsdurchgänge mit rundumwirkenden Düsen (z.B.*

*Rotationsdüsen) angewendet.“ (ÖWAV, 2003a)*

### 3.2.1.6 ÖWAV Regelblatt 36

*„Das Regelblatt enthält die Mindestanforderungen an die Inhalte von Dienstanweisungen für das Personal von Abwasseranlagen. Sie beziehen sich auf alle abwassertechnischen Anlagen wie Kanalnetze einschließlich Regenwasserbehandlungsanlagen, Abwasserpumpwerke und Abwasserreinigungsanlagen.“ (ÖWAV, 2003b)*

### 3.2.1.7 ÖWAV Regelblatt 43

Im ÖWAV Regelblatt 43 werden die Inspektionsarten, sowie die Aufgabenstellung, die Methoden bzw. Techniken und zusätzliche Dokumentationsmöglichkeiten bei der Inspektion von Kanälen beschrieben. Das Regelblatt 43 beruht auf dem DWA Merkblatt 149-5 (vgl. 0).

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
	Inspektion durch Begehung	Fahrwagen mit Scansystem	Detaillierte Bild- und/oder Videodokumentation + Abwicklung
Detaillierte bauliche und betriebliche Zustandserfassung von Hauskanälen	Inspektion durch Begehung	Begehung mit Kamera	Eingeschränkte Bild- und/oder Videodokumentation
		TV-Inspektion mit ortsbeweglicher Kamera	• Schiebetechnik • Spülvortrieb • Fahrwagen • Satellitenanlage

Abbildung 7: Methoden und Arten der optischen Inspektion und deren Aufgabenstellung und Ergebnisse für Haltungen (ÖWAVa, 2013)

<b>Aufgabenstellung</b>	<b>Inspektionsart</b>	<b>Methoden/Technik</b>	<b>Zusätzliche Dokumentation</b>
Betrieblicher Überblick, Bedarfsermittlung (Reinigung, Inspektion, Sanierung), Erfüllung Wartungsauftrag	Sichtkontrolle von oben	Inaugenscheinnahme von oben mit Kamera	Eingeschränkte Bilddokumentation
Detaillierte bauliche und betriebliche Zustandserfassung, z. B. für <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kanalinformationssystem</li> <li>• Sanierungsplanung</li> <li>• Bau- und Gewährleistungsabnahme nach Neubau bzw. Sanierung</li> </ul>	Schacht-TV-Inspektion	Inspektion mit Dreh- und Schwenkkopfkamera	Detaillierte Bild- und Videodokumentation
		Inspektion mit Scan-System	Detaillierte Bild- und/oder Videodokumentation + Abwicklung
	Inspektion durch Einstieg	Begehung mit Kamera	Eingeschränkte Bild- und/oder Videodokumentation (keine Verortung)

Abbildung 8: Methoden und Arten der optischen Inspektion und deren Aufgabengstellungen und Ergebnisse für Schachtbauwerke (ÖWAVa, 2013)

## 3.2.1.8 DWA M-149-5 (2010)

Die DWA 149-5 (2010) gibt folgende 22 Punkte zur optischen Inspektion an:

„Anforderungen an Inspektionssysteme

Grundsätzlich müssen Fahrzeuge und Geräte zur Inspektion geeignet sein, alle sich aus dem Inspektionszweck ergebenden Informationen vollständig und detailliert zu erfassen. Der Informationsbedarf zur Zustandsbeurteilung ergibt sich aus Merkblatt DWA-M 149-3. Hieraus können für die Selbstüberwachung folgende maßgebende Anforderungen an die Inspektion abgeleitet werden:

- Darstellung von Rissbreiten sowie sonstigen Längenmaßen größer gleich 1 mm, bei Nennweiten  $\leq DN 300 \geq 0,5$  mm,
- verzerrungsfreie Darstellung von geometrischen Formen,
- originalgetreue Darstellung von Oberflächenstrukturen,
- originalgetreue Darstellung von sonstigen Objekten wie Wurzeln, Ablagerungen, Dichtungen, Anschlüssen bis zur ersten Rohrverbindung etc.,
- Darstellung von dynamischen Zuständen wie z. B. Ex-/ Infiltration oder Zuflüssen.

Je nach Inspektionszweck kann der Auftraggeber zusätzliche Anforderungen an die Inspektion stellen. Bei der Abnahmeuntersuchung können höhere Anforderungen an die zu erkennenden Zustände erforderlich sein. Um die Einhaltung der Anforderungen zu gewährleisten, müssen Fahrzeuge und Geräte folgende Bedingungen erfüllen:

- Bei TV-Kameras muss das verwendete Kameraobjektiv eine ausreichende Tiefenschärfe im Bereich von 0,1 m bis mindestens 1,5 m, eine fernbedienbare/ automatische Fokussierung im Bereich von 1 cm bis unendlich und ab einem Einsatzbereich von DN 200 einen optischen Zoom (mindestens 10-fach) besitzen.
- Bei Scannern muss sich die Tiefenschärfe des Kameraobjektives über den gesamten abzubildenden Entfernungsbereich erstrecken.
- Die Beleuchtungseinrichtung muss in Anpassung an das Inspektionsobjekt und bei allen Rohrwerkstoffen eine gleichmäßige Ausleuchtung des Blickfeldes ohne Reflexion gewährleisten. Sie sollte mit der Eigenbeleuchtung der TV-Kamera etwa 3 m bis 4 m in die Tiefe gehen.
- Grundsätzlich sind nur Farbkameras zugelassen. Die Farbechtheit ist sicherzustellen.
- Die Kameraauflösung muss der Größe des Inspektionsobjektes angepasst sein. Hierbei muss die vertikale Auflösung mindestens der lichten Höhe des Inspektionsobjektes in Millimeter entsprechen. Hieraus ergeben sich z. B. folgende Anforderungen:
  - DN 300 bis 600 ca. 800 x 600 Pixel
  - DN 1200 ca. 1600 x 1200 Pixel

Wenn insbesondere bei größeren Nennweiten geringere Auflösungen verwendet werden, muss mit Verlusten bei der Bildqualität und damit mit einer verminderten

Zustandserkennung gerechnet werden. Um relevante Zustände dennoch erkennen zu können, ist der Einsatz eines optischen Zooms in Verbindung mit einer abgestimmten Handhabung, z. B. radiales Abschwenken, erforderlich. Bei Nennweiten  $< DN 300$  darf eine Mindestauflösung von ca. 400 x 300 Pixel nicht unterschritten werden.

- Video-Kameras mit analogem Bildsignal müssen dem PAL-Standard entsprechen.

- Grundsätzlich ist zur Aufzeichnung von Bewegungen, z. B. bei fließender Infiltration eine Bildfrequenz von mindestens 16 Bildern pro Sekunde einzuhalten.
- Stufenlose Veränderung der Blickrichtung (Drehbereich 360°/Schwenkbereich +/- 135° Minimum). Bei Einsatz gesteuert abbiegefähiger Systeme im Bereich von Nennweiten < DN 200 kann der Dreh-/Schwenkbereich geringer sein.
- Bei der Leitungsinspektion kleiner DN 100 ist der Einsatz der genannten Systeme nicht immer möglich. Hier können auch Axialsichtkamas eingesetzt werden.
- Ein seitenaufrechtes Bild ist durch eine automatische Bildstabilisierung in die Horizontale sicherzustellen.
- An Art und Größe des Inspektionsobjektes angepasster Fahrwagen.
- Die Längenmessung für die Stationierung muss mindestens eine Genauigkeit von 0,5 % (maximal 25 cm) der Länge der abgefahrenen Strecke aufweisen. Die Anlagenteile der Längenmeseinrichtung müssen regelmäßig z. B. monatlich überprüft und (nach Herstelleranweisung) eine Kalibrierungsmessung durchgeführt werden.
- Die Kabellänge bei Fahrwagenbetrieb sollte mindestens 200 m betragen.
- Bei Satellitensystemen muss die laterale Untersuchungslänge mindestens 30 m betragen.
- Die Zugbelastbarkeit des Kabels einschließlich der Verbindung am Kabelstecker muss mindestens 2000 N betragen
- Die gesamte Anlage sollte im TV-Fahrzeug ergonomisch untergebracht sein.
- Eine störungsfreie Benutzung ist bei Umgebungstemperaturen von -15 °C bis +45 °C zu gewährleisten.“

### 3.2.2 Optische Inspektion

Bei der optischen Inneninspektion kann zwischen der qualitativen und quantitativen Zustandserfassung unterschieden werden. In dieser Arbeit wird jedoch nur auf die Qualitative Zustandserfassung näher eingegangen.

Die ÖNORM EN 13508-2 gibt folgende Verfahren der optischen Inspektion an:

- *Inspektion der Rohrleitung von innen*
- *Inspektion der Rohrleitung in einem Schacht oder einer Inspektionsöffnung aus*
- *Inspektion des Schachtes oder der Inspektion von innen*
- *Inspektion des Schachtes oder der Inspektionskammer von der Oberfläche aus*

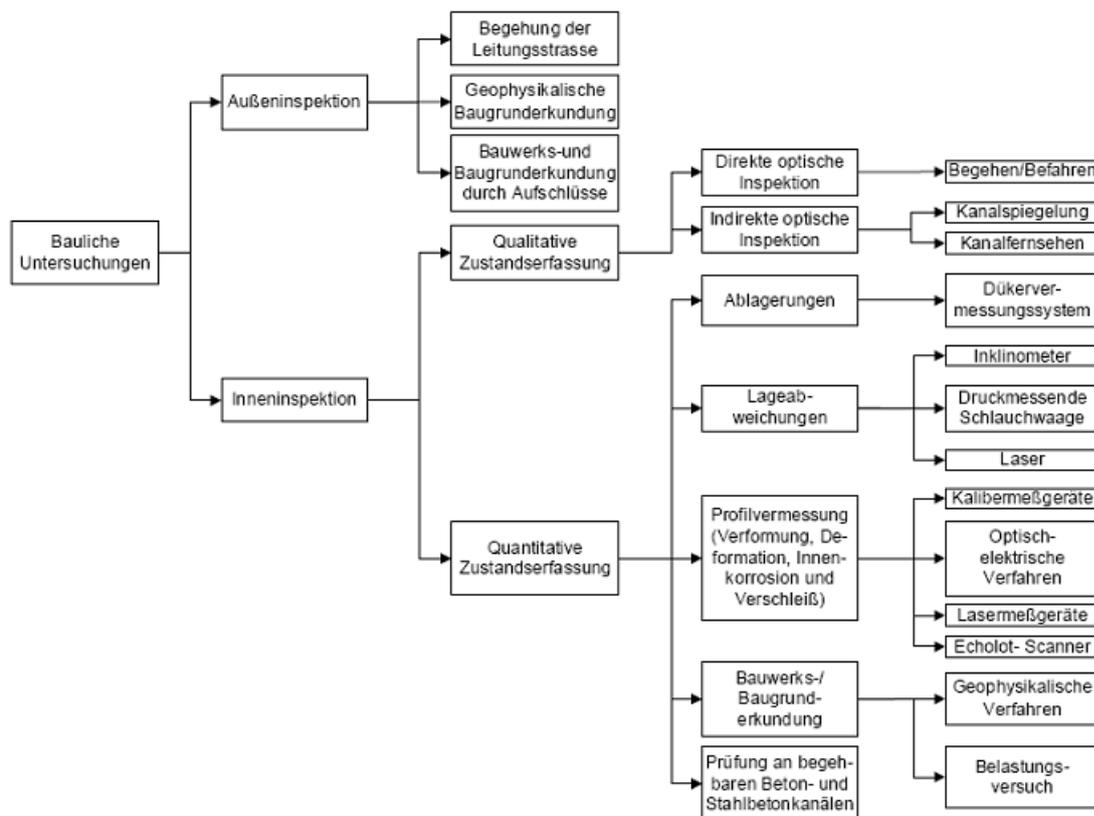


Abbildung 9: Inspektionssysteme (DWA-M-149-5, 2010)

### 3.2.2.1 Qualitative Zustandserfassung

Die qualitative Zustandserfassung gliedert sich in die direkte optische und in die indirekte optische Inspektion. Direkt inspiziert wird mittels Begehen bzw. Befahren. Eine direkte Inspektion wird ab einem Durchmesser von DN1200 durchgeführt. Die indirekte Inspektion erfolgt mittels Spiegelung und Kamerabefahrung. In den nachfolgenden Kapiteln werden die verschiedenen Inspektionssysteme beschrieben.

#### Systeme der indirekten Inspektion

- Dreh- und Schwenkkopfkamera
- Schiebekamera
- Scan- System

TV-Inspektionsanlagen bestehen im Wesentlichen aus folgenden Grundeinheiten:

- Inspektionsfahrzeug
- Kamera + Beleuchtung
- Transport- und Führungseinheiten
- Beobachtungsstand und Steuerstand
- Monitor zur Bildwiedergabe

(Arbeitshilfe Abwasser, 2008).

#### Dreh- und Schwenkkopfkamera

Dreh- und Schwenkkopfkameras werden ferngesteuert durch die Rohre gefahren. Mittels der auf dem Fahrwagen integrierten Kamera erfolgt die optische Inspektion.

#### Schiebekamera

Die Schiebekamera zählt zu den axialsichtigen Systemen. Schiebekameras werden vor allem zur Inspektion von Hausanschlüssen verwendet. Der Kamerakopf ist fix montiert und somit ist keine Verschwenkung möglich. Deshalb kann nicht bei jeder Inspektion ein aufrechtes Bild garantiert werden. (ERTL et al., 2013)

#### Scan- System

Das Scan- System durchfährt ähnlich dem TV- System den Kanal. Herstellerabhängig werden zwischen 15 – 35 Sekunden Bilder des Kanals produziert. Im Büro erfolgt die Erstellung eines 3D- Modells des Kanals mithilfe dieser Bilder. Aufgrund der Erstellung eines 3D- Modells mithilfe der Bilder erfolgt die Zustandserfassung, im Gegensatz zur TV- Kamera, im Büro. Die analogen Videoaufnahmen werden in eine zweidimensionale Rohraufnahme generiert. (IBAK, 2014)

Weitere Informationen zu den Inspektionssystemen sind in der Bachelorarbeit „Entscheidungshilfe Inspektionssysteme“ (Neumüller, Schmalhofer, 2014, BOKU Wien) enthalten.

4 Arbeitsschritte der optischen Inspektion sind vorliegend:

- Arbeitsvorbereitung
- Bildaufzeichnung
- Bildauswertung mit Zustandsbeschreibung
- Dokumentation

Die festgestellten Schäden müssen nach Ausprägung und Lage eindeutig dokumentiert werden und falls es notwendig ist zu beheben. (ÖWAVa, 2013)

Beispiele für optische Schäden:

- Wurzeln, Infiltration, Ablagerungen, anhaftende Stoffe, andere Hindernisse
- Verformung
- Risse
- Verschobene Verbindungen
- Setzungen
- Beschädigungen in Schächten (mechanischer Herkunft, chemische Korrosion)

(KAINZ, KAUCH, 2007)

Folgende Schäden müssen sofort behoben werden:

- Schäden, die die betriebliche Funktionsfähigkeit beeinflusst
- Undichtheit des Kanals
- Grundwasserbeeinträchtigung durch austretendes Abwasser
- Einsturzgefahr



unterteilt.

Die 2. Stelle dient der genaueren Einteilung der Mängel. Die globale Beschreibung der Mängel erfolgt bei der dritten Stelle.

Tabelle 3: 3. Stelle des Hauptcodes – bauliche Zustände (2. Stelle) (BÖLKE, 2013)

<b>Haltungszustände</b>		<b>Schachtzustände</b>	
<b>A</b>	Deformation	<b>A</b>	Deformation
<b>B</b>	Rissbildung	<b>B</b>	Rissbildung
<b>C</b>	Bruch/Einsturz	<b>C</b>	Bruch/Einsturz
<b>D</b>	Defektes Mauerwerk	<b>D</b>	Defektes Mauerwerk
<b>E</b>	Fehlender Mörtel	<b>E</b>	Fehlender Mörtel
<b>F</b>	Oberflächenschaden	<b>F</b>	Oberflächenschaden
<b>G</b>	Einragender Anschluß	<b>G</b>	Einragender Anschluß
<b>H</b>	Schadhafter Anschluß	<b>H</b>	Schadhafter Anschluß
<b>I</b>	Einragendes Dichtungsmaterial	<b>I</b>	Einragendes Dichtungsmaterial
<b>J</b>	Lageabweichungen <i>Verschobene Verbindung</i>	<b>J</b>	Lageabweichungen <i>Verschobene Verbindung</i>
<b>K</b>	Schadhafte Innenauskleidung	<b>K</b>	Schadhafte Innenauskleidung
<b>L</b>	Schadhafte Reparatur	<b>L</b>	Schadhafte Reparatur
<b>M</b>	Schadhafte Schweißnaht	<b>M</b>	Schadhafte Schweißnaht
<b>N</b>	Poröse Wand	<b>N</b>	Poröse Wand
<b>O</b>	Boden sichtbar	<b>O</b>	Boden sichtbar
<b>P</b>	Hohlraum sichtbar	<b>P</b>	Hohlraum sichtbar
		<b>Q</b>	Schadhafte Steigeisen
		<b>R</b>	Schäden an Abdeckung u. Rahmen

Tabelle 4: 3. Stelle des Hauptcodes – betriebliche Zustände (2.Stelle) (BÖLKE, 2013)

Haltungszustände		Schachtzustände	
<b>A</b>	Wurzeleinwuchs	<b>A</b>	Wurzeleinwuchs
<b>B</b>	Anhaftende Stoffe	<b>B</b>	Anhaftende Stoffe
<b>C</b>	Ablagerungen	<b>C</b>	Ablagerungen
<b>D</b>	Eindringen von Bodenmaterial	<b>D</b>	Eindringen von Bodenmaterial
<b>E</b>	Andere Hindernisse	<b>E</b>	Andere Hindernisse
<b>F</b>	Infiltration	<b>F</b>	Infiltration
<b>G</b>	Exfiltration	<b>G</b>	Exfiltration
<b>H</b>	Ungeziefer	<b>H</b>	Ungeziefer

Tabelle 5: Stelle des Hauptcodes – Inventarisierung (2.Stelle) (BÖLKE, 2013)

Haltungszustände		Schachtzustände	
<b>A</b>	Anschlüsse	<b>A</b>	Anschlüsse
<b>B</b>	Punktuelle Reparatur	<b>B</b>	Punktuelle Reparatur
<b>C</b>	Krümmung der Leitung		
<b>D</b>	Startpunkt (Anfangsknoten)		
<b>E</b>	Endpunkt (Endknoten)		
		<b>G</b>	Anschlußleitung
		<b>H</b>	Auftritt
		<b>I</b>	Gerinne
		<b>J</b>	Sicherheitsketten/-balken
		<b>K</b>	Abflußregulierung
		<b>L</b>	Geschlossene Rohrdurchführung
		<b>M</b>	Schmutzfänger
		<b>N</b>	Schlammfang
		<b>O</b>	Querschnitt

Tabelle 6: 3. Stelle des Hauptcodes – Zuordnung sonstiger Zustände (2.Stelle) (BÖLKE, 2013)

Haltungszustände		Schachtzustände	
<b>A</b>	Allgemeines Foto	<b>A</b>	Allgemeines Foto
<b>B</b>	Allgemeine Anmerkungen	<b>B</b>	Allgemeine Anmerkungen
<b>C</b>	Inspektionsabbruch	<b>C</b>	Inspektionsabbruch
<b>D</b>	Wasserspiegel	<b>D</b>	Wasserspiegel
<b>E</b>	Zufluss aus einem Anschluss	<b>E</b>	Zufluss aus einem Anschluss
<b>F</b>	Atmosphäre	<b>F</b>	Atmosphäre
<b>G</b>	Keine Sicht	<b>G</b>	Keine Sicht

Bei der Quantifizierung werden numerische Werte des Zustandes eingetragen. Diese Werte sollten gemessen werden, weil ein geschätzter Wert nicht verwendbar ist.

Die Lage am Umfang ist immer aufzuzeichnen. Als Referenz wird die Uhrzeit verwendet ( Zifferblattreferenz). Für den punktuellen Schaden ist ein zweistelliger Wert anzuwenden und für den Bereichsschaden ein vierstelliger. (BÖLKE, 2013).

Tabelle 7: EN Codierung Zifferblattreferenz (ÖWAVd, 2015)

Winkel (Grad)	Zifferblattreferenz	Toleranz Zifferblattreferenz (h)
0 ± 15	12	12 ± 0,5
30 ± 15	01	01 ± 0,5
60 ± 15	02	02 ± 0,5
90 ± 15	03	03 ± 0,5
120 ± 15	04	04 ± 0,5
150 ± 15	05	05 ± 0,5
180 ± 15	06	06 ± 0,5
210 ± 15	07	07 ± 0,5
240 ± 15	08	08 ± 0,5
270 ± 15	09	09 ± 0,5
300 ± 15	10	10 ± 0,5
330 ± 15	11	11 ± 0,5
360 ± 15	12	12 ± 0,5

### Grundlageninformation

Die Grundlageninformationen lt. ÖNORM EN 13508-2 sind bei der Inspektion aufzuzeichnen:

- Haltungsbezeichnungen
- Richtung der Inspektion
- Beschreibung der örtlichen Lage
- Kodiersystem
- Bezugspunkt für die Lagebestimmung in Längsrichtung
- Inspektionsverfahren
- Datum der Inspektion
- Angabe über eventuelle Vorreinigung
- Weitere Informationen die vom Auftraggeber gefordert werden

Weiter Grundlageinformationen können sein:

- Angaben zur örtlichen Lage
- Name des Auftraggebers
- Name der Gemeinde, des Bezirks
- Eigentumverhältnisse der Grundstücke
- Uhrzeit der Inspektion
- Name des Untersuchenden
- Querschnitt
- Werkstoff
- Zweck der Inspektion

Weitere Information sind in der ÖNORM EN 13508-2 zu finden.

**Codierung der Rohrmaterialien**

Tabelle 8: Codierte Rohrmaterialtexte (ÖWAVa, 2015)

<b>Werkstoff</b>	<b>Code</b>	<b>Werkstoff</b>	<b>Code</b>
Asbestzement	AA	Duktiles Gusseisen	AO
Bitumen	AB	Stahl	AP
Teerfaser	AC	nicht identifizierte Eisen- oder Stahlart	AQ
Ziegelwerk	AD	Mauerwerk (im Verband)	AR
Steinzeug	AE	Mauerwerk (nicht im Verband)	AS
Zementmörtel	AF	Epoxid	AT
Beton	AG	Polyester	AU
Stahlbeton	AH	Polyethylen	AV
Spritzbeton	AI	Polypropylen	AW
Betonsegmente	AJ	PVC-U	AX
Faserzement	AK	nicht identifizierter Kunststoff	AY
faserverstärkter Kunst- stoff	AL	nicht identifizierter Werkstoff	AZ
Gusseisen	AM	anderer Werkstoff	Z
Grauguss	AN	weitere Angaben als Anmer- kungen	

### 3.2.4 Verwendete Kamerasysteme

#### 3.2.4.1 Dreh- und Schwenkkopfkameras

##### **IBAK Pegasus HD**

Die IBAK Pegasus HD ist eine HD- Kamera mit einer Auflösung von 1920x1080 Pixel. Der Einsatzbereich liegt bei Rohrdurchmessern ab DN200. Weiters verfügt sie über einen 10-fachen optischen Zoom sowie einer integrierten Lasermessung. Zusätzlich wird ein aufrechtes Bild garantiert. Ein Ortungssender ist nicht integriert. (IBAK, 2015)



Abbildung 12: IBAK Pegasus HD (IBAK, 2015)

##### **Rico Rpp Duo**

Die RPP Duo von Rico stellt eine Besonderheit bei der indirekten Inspektion dar. Diese System zählt zu den Hybrid Modellen. Hybrid Modelle kombinieren zwei Funktionen. Bei der RPP Duo sind dies die TV- Inspektion und das Scan- System. Dieses System filmt und scannt den Kanal und zeigt den gesamten Kanal dann in 2D. Somit ist ein schneller Komplettüberblick möglich. Die Kameraauflösung beträgt 1920x1080 Pixel. Der Einsatzbereich liegt bei Rohrdurchmessern von DN 200 bis DN 2000. Zur Besonderheit zählt der integrierte 2 Punkt Laser, welcher zur Ermittlung von Rissbreiten, einragenden Gegenständen, Bestimmung der Ovalität und bei der Durchmesserbestimmung eingesetzt wird. Der Abstand der beiden Laserpunkte beträgt 38mm. (Rico, 2015)



Abbildung 13: Rico RPP Duo (Rico, 2015)

**iPEK Rovion**

Bei der Untersuchung von 2015 wurde bei kleinen Rohrdurchmessern der Fahrwagen RX95 und die Kamera RCX90 gewählt. Nachdem iPEK das Baukastensystem verfolgt, kann jede Kamera an jeden Fahrwagen beliebig angeschlossen werden. Der Fahrwagen RX95 hat einen Einsatzbereich bei Rohrdurchmessern DN100 bis DN200. Dieser Fahrwagen inkludiert einen Ortungssender der variabel ein- und ausgeschaltet werden kann, einen Verrollungs- und Neigungssensor und eine Druck- und Temperaturüberwachung. Die Kamera RCX90 findet ihren Einsatzbereich bei Rohrdurchmessern von DN150 bis DN2000. Der Rotationsbereich ist endlos und der Schwenkbereich liegt bei +/-135°. Weiters ist ein 10-facher optischer Zoom und ein 2 Punkt Laser zur Rissbreitenbestimmung, zur Messung von einragenden Gegenständen und Bestimmung der Ovalität integriert. Der Abstand der beiden Laserpunkte beträgt 50mm. Die Kamera besitzt eine vertikale Auflösung von horizontale Auflösung von 530 TVL (Television Lines) . Umgerechnet sind dies 636x636 Pixel. Die genaue Umrechnung von TVL befindet sich in der Bachelorarbeit „Entscheidungshilfe Inspektionssysteme“ (Neumüller, Schmalhofer, BOKU, 2014). Das Gesamtgewicht des Fahrwagens RX95 und der Kamera RCX90 liegt bei rund 6,0kg. (iPEK, 2015)

Bei den Untersuchungen der Rohre > DN150 wurde der Fahrwagen RX130 und die Kamera RCX90 gewählt. Die RCX90 wurde im vorherigen Absatz beschrieben. Der Fahrwagen RX130 hat einen Einsatzbereich bei Rohrdurchmessern DN150 bis DN300. Durch einen montierbaren Heber und durch Lafetten kann der Einsatzbereich bis zu DN1000 optimiert werden. Dieser Fahrwagen inkludiert einen Ortungssender der variabel ein- und ausgeschaltet werden kann, einen Verrollungs- und Neigungssensor und eine Druck- und Temperaturüberwachung. Weiters verfügt er über einen Sechsradantrieb und über eine integrierte Rückfahrkamera.

Das Gesamtgewicht des Fahrwagens RX130 und der Kamera RCX90 liegt bei rund 7,5kg. (iPEK, 2015)



Abbildung 14: iPEK Rovion EPC St. Veit an der Glan, März 2015

### Kummert F-200

2014 wurde beim ÖWAV Kurs „Inspektion und Zustandserfassung“ die Firma Kummert eingeladen. Getestet wurde der Fahrwagen F-200 mit der Dreh- und Schwenkkopfkamera K-70. Eingesetzt wird die Kamera bei einem Rohrdurchmesser von DN 200 bis DN 1000. Der Fahrwagen besitzt eine integrierte Ortungssonde und einen Neigungssensor für die Kippsicherheit. Die Dreh- und Schwenkkopfkamera wird ab einem Durchmesser von DN 100 eingesetzt. Mittels Hub kann die Kamera immer zentriert auf den vorliegenden Rohrdurchmesser eingestellt werden. Der Schwenkbereich der K-70 liegt bei  $\pm 115^\circ$ . Ein 2 Punkt Laser garantiert eine Nennweitenmessung. Die Auflösung der Kamera beläuft sich auf 420x420 Pixel. (Kummert, 2015)



Abbildung 15: Kummert F-200 Steyr, Juli 2015



Abbildung 16: Kummert F-200 Steyr, Juli 2015

### IBAK Orion

Die Orion ist eine Dreh- und Schwenkkopfkamera der Firma IBAK. Sie wird seit Jahren bei Inspektionen von Rohrleitungen ab DN 100 verwendet. Die Orion besitzt eine integrierte Ortungssonde und stellt stets ein aufrechtes Bild dar. Weiters ist eine Lasermessung möglich. (IBAK, 2014)



Abbildung 17: IBAK Orion (IBAK, 2014)

## Gegenüberstellung der technischen Daten

Tabelle 9: Gegenüberstellung der technischen Daten der verwendeten Dreh- und Schwenkkopfkameras

Kamera	Durchmesser	Auflösung	Lasermessung	aufrechtes Bild	Ortungssonde	Zoom
Pegasus HD	>200	1920x1080	2 Punkt	Ja	Nein	10-fach optisch
Rico RPP Duo	200-2000	1920x1080	2 Punkt	Ja	Ja	10-fach optisch
IBAK Orion	>100	672x672	Ja	Ja	Ja	3-fach optisch
iPEK Rovion	150-2000	636x636	2 Punkt	Ja	Ja	10-fach optisch
Kummert F-200	200-1000	420x420	Ja	Ja	Ja	3-fach optisch

### 3.2.4.2 Scan- Systeme

#### Allgemein

Abhängig vom Hersteller werden zwischen 15 – 35 Sekunden Bilder des Kanals gemacht. Die Erstellung eines 3D- Modells erfolgt dann im Büro. Weitere Informationen zu den Scan-Systemen liegen in der Bachelorarbeit „Entscheidungshilfe Inspektionssysteme“ (Neumüller, Schmalhofer, BOKU 2014) vor.

Vorteile:

- Lückenlose Aufzeichnung der Rohrwand
- Hochauflösende Bilder
- Hohe Fahrgeschwindigkeit
- Geschwindigkeit änderbar während Inspektion
- Erfassung der Neigungsdaten
- Geringere Datenmengen als digitale Videos (ÖWAVd, 2015)

Nachteile:

- Erkennung von Blindschächten sehr schwierig oder beinahe unmöglich
- Noch nicht ausgereiftes System
- Software wird oft aktualisiert
- Probleme bei der Inspektion von Sonderprofilen

#### Verwendete Systeme

##### iPEK DigiSewer

Beim iPEK DigiSewer wurde der selbe Fahrwagen RX130 verwendet. Als Kamera wurde die DSIII verwendet. Ihr Einsatzbereich liegt zwischen Durchmessern von DN200 bis DN1000. Der Blickwinkel der DSIII mit Fischaugenoptik liegt bei 190°. Die Auflösung beträgt 752x582 Pixel. Weiters kann ein Laserring für die Deformationsmessung installiert werden. Das Gesamtgewicht vom Fahrwagen RX130 und der Kamera DSIII beträgt etwa 6,9kg. (iPEK, 2015)



Abbildung 18: iPEK DigiSewer EPC St. Veit an der Glan Mai 2015

### **IBAK Panorama**

Die IBAK Panorama besteht aus zwei Kameras. Die eine Kamera sitzt am Anfang des Geräts und die andere Kamera am Ende. Der Winkel der Fischaugenkamera beträgt 185°. Die Inspektionsgeschwindigkeit beläuft sich auf etwa 35cm/Sekunde. Ungefähr alle fünf Zentimeter werden Bilder mit einer Auflösung von rund 1,4 Mega Pixel (696 x 520) aufgenommen. Einsatzbereich liegt bei einem Rohrdurchmesser ab DN200. Die Inspektionsgeschwindigkeit beläuft sich auf maximal 35cm pro Sekunde. Zusätzlich kann dazu eine elektrische Höhenverstellung, ein Umkippschutz für Eiprofile, ein Neigungsmesser, Zusatzgewichte und ein Laserprofiler angeschlossen werden.

Allgemein kann zwischen zwei verschiedenen Inspektionsmethoden unterschieden werden:

#### Scan- Modus

- = Standardbetrieb
- Alle 5cm ein Bild und unabhängig von der Zeit

#### Video- Modus

- Bildrate bis 8 Bilder pro Sekunde
- Erstellung digitaler Videoformate (mpeg- Files)

(IBAK, 2015)



Abbildung 19: IBAK Panorama (IBAK, 2015)

**Gegenüberstellung der Scan- Systeme**

Tabelle 10: Gegenüberstellung der technischen Daten der verwendeten Scan- Systeme

<b>Scan-System</b>	<b>Durchmesser</b>	<b>Auflösung</b>
IBAK Panoramo	>200	348x260*
iPEK DigiSewer	125-750	752x582*
Rico RPP Duo	200-2000	960x540*

\*die Auflösung muss bei Scan- Systemen halbiert werden, da die volle Auflösung nur bei der Abwicklung gilt, nicht aber bei der 3D- Ansicht. Um eine bessere Vergleichbarkeit zu Dreh- und Schwenkkopfcameras zu erlangen wird die Auflösung halbiert.

### 3.2.5 Rohrmaterialien

#### 3.2.5.1 Biegeweiche Materialien

##### Glasfaserverstärkter Kunststoff (GFK)

GFK- Rohre weisen ein geringes Gewicht, Beständigkeit gegen chemische Angriffe und Korrosionsbeständigkeit auf. Weitere Eigenschaften sind er homogene Aufbau, der hohe Widerstand gegen Abrieb und die glatte Oberfläche. Häufigste Form sind Kreisprofile und Eiprofile. (KAINZ, 2007)



Abbildung 20: GFK- Rohr (BÖLKE, 2013)



Abbildung 21: GFK- Rohr mit Rohrbruch

##### Kunststoffrohre

Kunststoffrohre sind vorwiegend aus den Materialein Polyethylen (PE), Polypropylen (PP) und Polyvinylchlorid (PVC). Zu den Vorteilen von Kunststoffrohren zählen das geringe Gewicht, das hydraulische Verhalten und die Unempfindlichkeit gegenüber herkömmlichen Abwasser. Beispeilweise sind sie gegen Säuren, Laugen und Salzen unempfindlich. Jedoch sind sie nicht beständig gegen Ölen und Paraffine. (KAINZ, 2007)



Abbildung 22: PE- Rohr (BÖLKE, 2013)



Abbildung 23: PP- Rohr (BÖLKE, 2013)



Abbildung 24: PVC- Rohr (BÖLKE, 2013)

### 3.2.5.2 Biegesteife Materialien

#### Steinzeug

Steinzeugrohre sind beständig gegen Abrieb und haben eine glatte Oberfläche. Hergestellt werden nur Kreisprofile mit Dimensionen zwischen DN200 und DN1200. Weiters sind sie ausgenommen gegen Flusssäure korrosionsbeständig. (KAINZ, 2007)



Abbildung 25: Steinzeug- Rohr (BÖLKE, 2013)



Abbildung 26: Steinzeug- Rohr / Rohrinnenfläche

#### Polymerbeton

Polymer dient bei Beton als Bindemittel. Verglichen werden kann es mit Zement bei herkömmlichen Betonrohren. Vorteile bietet Polymer in punkto Korrosionsbeständigkeit, Altersbeständigkeit und Umweltfreundlichkeit. Weitere Vorteile sind eine geringe Wasseraufnahme und die dadurch resultierende Frostunempfindlichkeit, Formbeständigkeit und ein geringes Gewicht. Polymerbetonrohre werden in Dimensionen von DN250 bis DN2600 hergestellt. (BÖLKE, 2013)



Abbildung 27: Polymerbeton- Rohr (BÖLKE, 2013)

### Asbest- und Faserzement

Als Bindemittel bei Faserzementrohren dient der Zement. Die Kunststofffaser können als Bewehrung angesehen werden. Wichtige Eigenschaften sind die Dichtheit, Maßgenauigkeit und die Tragfähigkeit. Hergestellt werden diese Rohre in den Dimensionen von DN150 bis DN1500. (KAINZ, 2007)



Abbildung 28: Faserzement- Rohr (BÖLKE, 2013)

### Beton

Zu den Bestandteilen von Beton zählen Zuschläge, Wasser, Zement, Zusatzstoffe und Zusatzmittel. Die Rohre können vor Ort betoniert werden oder als vorgefertigte Rohre geliefert und verlegt werden. Betonrohre können vielseitige Dimensionen haben.

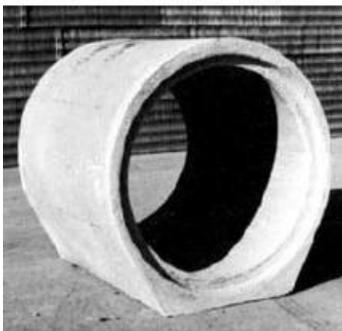


Abbildung 29: Beton- Rohr (BÖLKE, 2013)

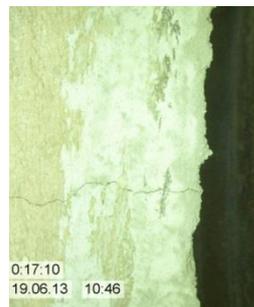


Abbildung 30: Beton- Rohr mit Haarriss

## 3.2.5.3 Halbsteife Materialien

**Duktiles Guss**

Duktile Rohre gelten als dehnbar. Das bedeutet, dass diese Rohre eine hohe Zugfestigkeit besitzen. Stehen die Rohre unter Spannung führt dies nicht zu einem Bruch sondern nur zu einer Verformung. Vor allem bei Druckleitungen und extremen Geländebedingungen finden sie ihren Einsatz. Duktile Gussrohre werden nur als Kreisprofile ausgeführt. (KAINZ, 2007)



Abbildung 31: Duktiles Gussrohr (BÖLKE, 2013)



Abbildung 32: Duktiles Gussrohr (Grauguss)

### 3.2.6 Kanalsanierung

#### 3.2.6.1 Kanalsanierung allgemein

Der Betreiber einer Abwasseranlage muss den Kanal laut Gesetz regelmäßig überwachen. Werden dabei Schäden festgestellt, die den Betrieb negativ beeinflussen, müssen diese mittels Sanierung beseitigt werden.

Allgemeine Sanierungsverfahren:

- Sanierung für nicht begehbare Kanäle bzw. Haltungen
- Sanierung für begehbare Kanäle bzw. Haltungen
- Sanierung für Leitungen (Hausanschlüsse, Grundleitungen)
- Sanierung für Schächte

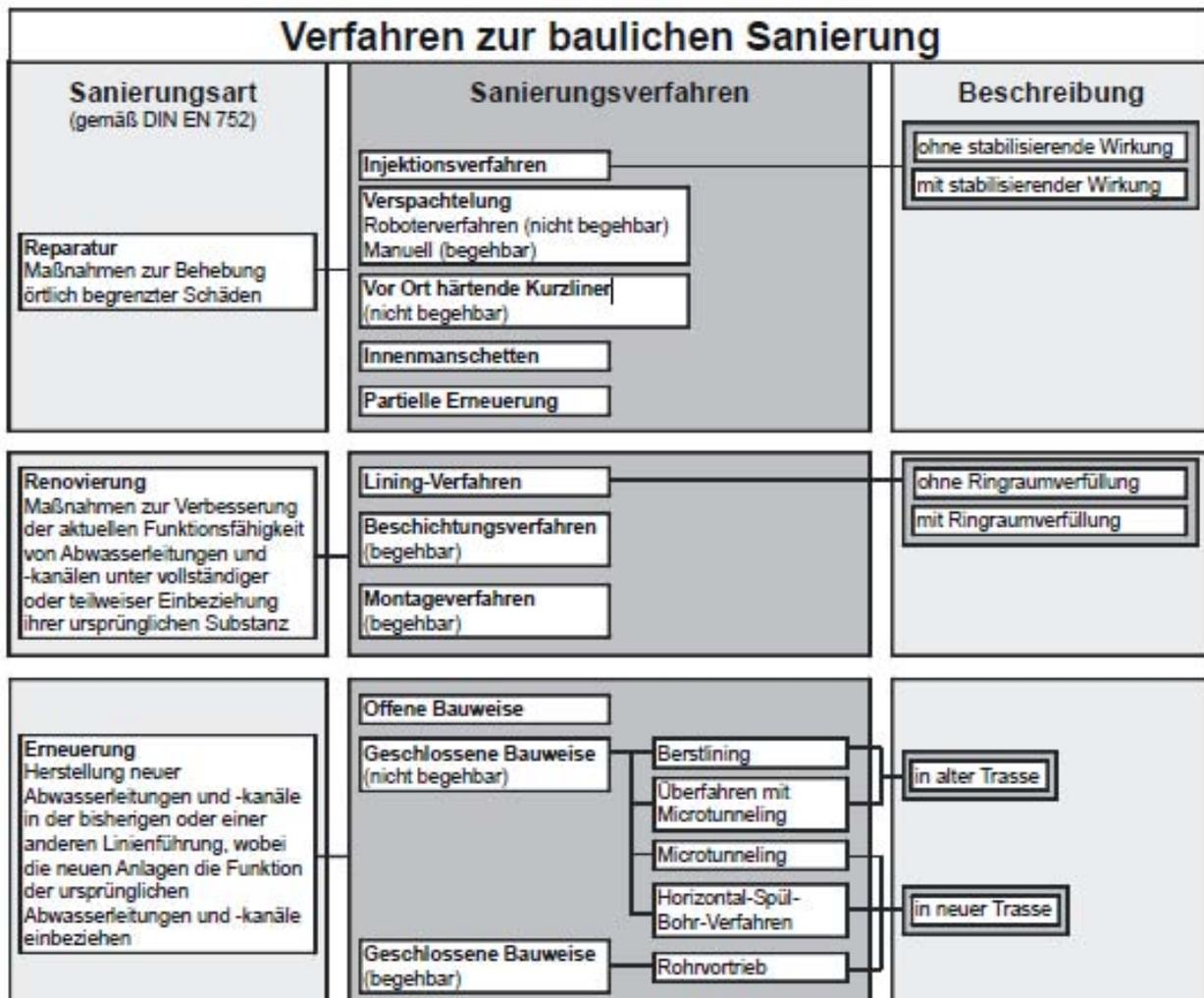


Abbildung 33: Schematische Darstellung Sanierungsarten und –verfahren (Arbeitshilfe Abwasser, 2012)

#### Verfahrensauswahl

Das zu sanierende Schadensbild trägt maßgeblich zur Wahl des Sanierungsverfahren bei. Folgende Aspekte sind sehr wichtig:

- Wirtschaftlichkeit
- Art und Ausmaß des Schadens
- Örtliche Randbedingungen

- Hydraulische Leistungsfähigkeit
- Koordination mit anderen Baumaßnahmen

Die Sanierungsverfahren werden nach der Sanierungsart unterschieden. Hier werden drei Sanierungsarten unterschieden:

- Reperatur
- Renovierung
- Erneuerung

### 3.2.6.2 Reperatur

Die Reperatur dient der Behebung von örtlich begrenzter Schäden, ohne dass Veränderungen an der Baustruktur vorgenommen werden. Es sind folgende Sanierungsverfahren vorherrschend:

- Injektionsverfahren
- Beschichtungsverfahren (Verspachtelung)
- Roboterverfahren
- Packer (Vor Ort härtende Kurzliner in nicht begehbaren Kanälen)
- Innenmanschetten
- Partielle Erneuerung (Arbeitshilfe Abwasser, 2012)

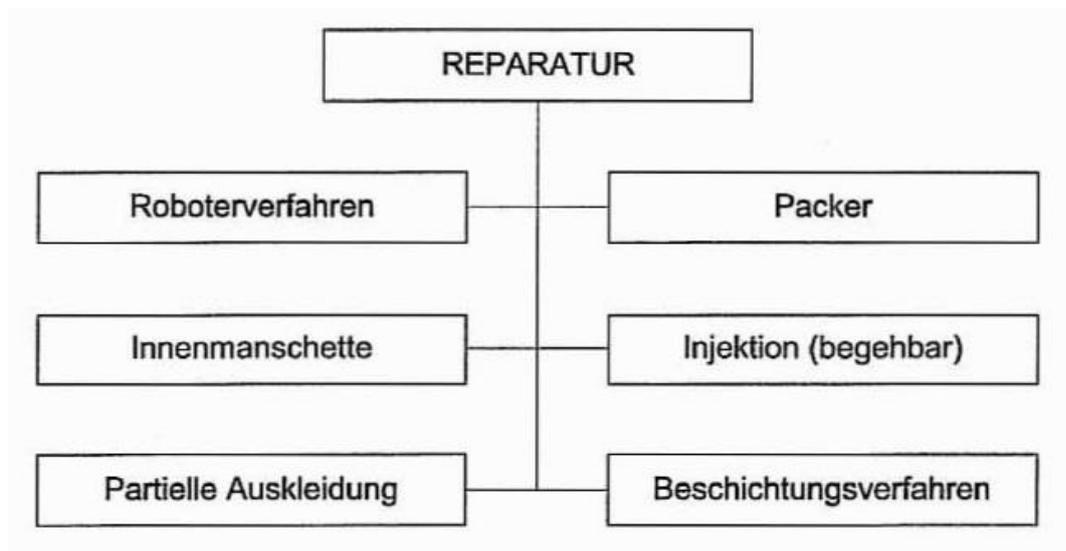


Abbildung 34: Reperaturverfahren (Arbeitshilfe Abwasser, 2012)

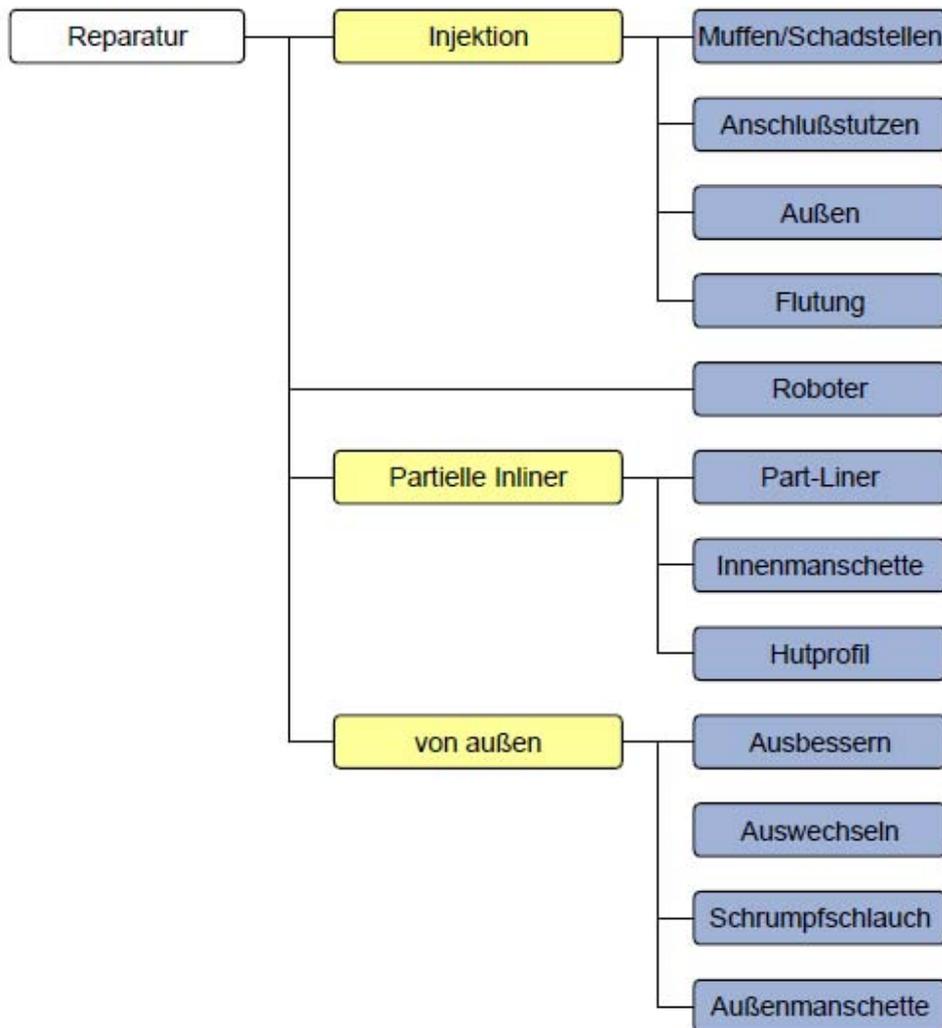


Abbildung 35: Grafische Darstellung der Reparaturverfahren (Arbeitshilfe Abwasser, 2012)

Sie dienen rein der Instandsetzung von Einzelschäden um die Haltung wieder in den Soll-Zustand zu bringen. Jedoch sinkt mit zunehmenden Einzelschäden die Wirtschaftlichkeit der Reparaturverfahren.

Hierzu bekommen die Renovierungsmaßnahmen den Vorzug. (Arbeitshilfe Abwasser, 2012)

### 3.2.6.2.1 Injektionsverfahren

#### Allgemeines

Hierbei kann zwischen Verfahren mit stabilisierender und Verfahren ohne stabilisierender Wirkung unterschieden werden. Meistens werden die Injektionsverfahren zur Vorabdichtung bei Infiltrationen von Grundwasser eingesetzt. Danach erfolgt die eigentliche Sanierung. Diese wird mittels Reperaturverfahren vollzogen. Injektionsverfahren mit stabilisierender Wirkung finden ihre Anwendung vorwiegend zur Sanierung von Wandausbrüchen, großen Einzelschäden, sichtbaren Hohlräumen und bei Grundwasserinfiltration. Als Material dient entweder Harz oder ein Gel. Beides dringt – abhängig von der Viskosität – in die Kanalwand oder in die dahinter liegenden Hohlräume ein. Mithilfe dieses Materials werden Löcher in der Wand oder Hohlräume gefüllt bzw. ersetzt. Nach der Injektion erstarrt das Harz. Somit wird ein dichter und druckfester Mantel außerhalb des Rohres erzeugt. Durch das Injektionsverfahren wird die Rohrwand stabilisiert und abgedichtet. Somit kann weiteres Einbrechen verhindert werden. Die Ergebnisse der Sanierung wirken optisch gesehen relativ rustikal. Dennoch hat das Injektionsverfahren eine hohe Beständigkeit. (ÖGL, 2014; STADLBAUER, 2014)

#### Prinzipsskizze

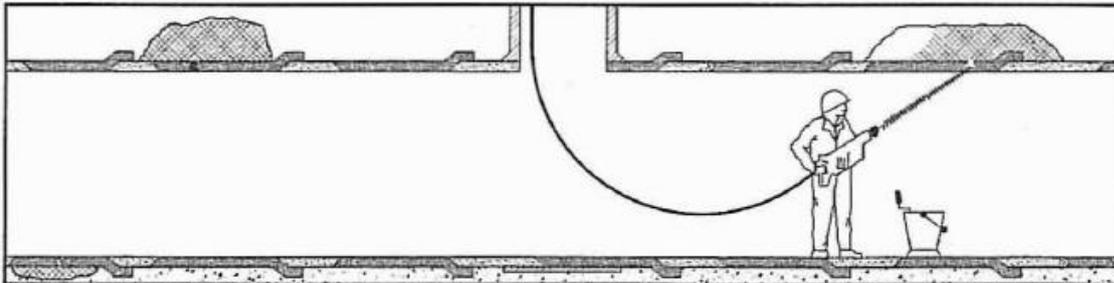


Abbildung 36: Prinzipsskizze Injektionsverfahren (ÖGL, 2014)



Abbildung 37: Injektionsverfahren (STADLBAUER, 2014)



Abbildung 38: Injektionsverfahren (STADLBAUER, 2014)

### Einsatzbereich

- Freispiegelleitung
- Kreisprofile > DN800
- Eiprofile > DN 600/900
- Sonderprofile
- Ziegelkanäle

### Vorteile Injektionsverfahren mit Gel:

- Hohe Leistung (Abdichtung von ca. 60-80 Verbindungen pro Tag)
- Geringer Personalaufwand
- Günstig
- Sofort kontrollierbarer Erfolg
- Wachstumshemmendes Abdichtmittel gegen Wurzeleinwuchs einsetzbar

### Nachteile:

- Nur in feuchten Bereichen einsetzbar
- Kein Einsatz bei 0°C
- Kein Einsatz bei starken Grundwasserströmungen
- Kein Einsatz bei Mauerwerk

### Vorteile Injektionsverfahren mit Harz:

- Jahrzehntlang in Praxis erprobt
- Bei erheblichen Schäden Vermeidung von Sanierung in offener Bauweise
- Dichtheitsprüfung sofort möglich
- Gut einsetzbar bei Wurzeleinwuchs
- Keine Vorfräsarbeiten notwendig

### Nachteile Injektionsverfahren mit Harz:

- Kein Einsatz unter 0°
- Materialeinsatz schwer abschätzbar

Pro Tag können ca. drei Schadensstellen beseitigt werden.

### Mögliche Fehlerquellen

- Druckundichter Abschluss des Packerprüfraums:
  - Aufgrund angrenzende Abzweige oder Schachtwände
  - Deformierte bzw. instabile Rohrschubstanz
  - Ablagerungen
  - Inkrustationen
  - Oberflächenschaden
  - Mechanische Beschädigung
  - Risse
  - Poröse Werkstoffe
  - Starke Unebenheiten (ÖGL, 2014)

### 3.2.6.2.2 Flutungsverfahren

#### Allgemeines

Das Flutungsverfahren ist ein weiteres Injektionsverfahren mit stabilisierender Wirkung. Jedoch kann dieses Verfahren aufgrund des hohen Materialverbrauchs nur begrenzt eingesetzt werden.

#### Verfahren

Bei diesem Verfahren werden einzelne Stränge nacheinander mit den beiden Komponenten einer Zwei-Komponentenlösung befüllt bzw. entleert. Dadurch gelangen Lösungen aufgrund der Schadstellen in den Boden. Durch den hydraulischen Druck kann die Lösung in die Hohlräume eindringen. Die Reaktion der beiden Lösungen mit dem Boden führt zu einer Verfestigung. Somit kann eine örtlich begrenzte wasserdichte Abdichtung hergestellt werden. Die im Rohr übrig gebliebene Flüssigkeit wird abgesaugt und wieder verwendet.

Beispiele für zugehörige Verfahren und Varianten (lt. Arbeitshilfe Abwasser, 2012)

- *Tubogel* (RAL-GZ: S08.02);
- *Rathosan* (RAL-GZ: S08.03);
- *Staubco* (RAL-GZ: S08.04);
- *Silago-Flutungsverfahren* (RAL-GZ: S08.06).

#### Einsatzbereich

- DN 100 – DN 500
- Meist nur bei schwer zugänglichen Bereichen
- Undichte Muffen
- Kleine fehlende Wandteile
- Defekte Zulaufanbindungen
- Fehlende Muffenabdichtungen (kleiner als 10mm)
- Radialrisse < 5 mm
- Axialrisse < 3 mm
- Rohrmaterialien Beton, Steinzeug, Faserzement, Gusseisen
- Zählt als Vorbereitungsmaßnahme für das Schlauchlining
- Statisch selbsttragende Rohre
- Durchlässiges Bettungsmaterial

#### Vorteile

- Undichte Stellen müssen nicht einzeln lokalisiert werden
- Kurze Sanierungsdauer
- Bei verzweigten Abschnitten einsetzbar
- Stabilisierung der Rohrbettung
- Schutz der ober- und unterirdischen Infrastruktur
- Keine Staub- und Lärmbelästigung für Anrainer
- Trinkwasserzulassung
- Umweltfreundlich
- Sehr gut geeignet für stark verzweigte Rohrsysteme
- Hydraulischer Querschnitt bleibt erhalten

### Nachteile

- Enge Einsatzgrenzen
- Qualität des Endprodukts durch Vermischung der Einzelkomponenten nicht definierbar
- Restmengen der Lösung können ins Grundwasser gelangen
- Teuer
- Keine gesicherte Lebensdauer
- Vermischung der Komponenten schwer kontrollierbar

### Mögliche Fehlerquellen

- Fehlende statische Tragfähigkeit der alten Rohre
- Zu starke Grundwasserinfiltration
- Fehlende oder nicht ausreichend durchgeführte Reinigung
- Grundwasserströmung > 20 cm/Std
- Abspülung
- Dynamische Belastungen ( -> Gefahr von Rissbildung)
- Eindringen der Lösung in das Grundwasser

## **3.2.6.2.3 Roboterverfahren**

### Allgemeines

Durch das Roboterverfahren wird die Sanierung von Brüchen und Undichtheiten durch Verpressung oder Verspachtelung in der Rohrwand durchgeführt. Dieses Verfahren ist ein Standardverfahren. Es lässt sich sehr flexibel und vielseitig einsetzen. Gegenüber den betrieblichen Einflüssen sind die anschließenden Ergebnisse widerstandsfähig und sehr beständig. Punktuelle Schäden werden mithilfe von ferngesteuerten Robotern behoben. Prinzip der Sanierung:

- Fräsen bzw. Bohren zur Aufarbeitung der Schadensstelle
- Reinigung der Stelle
- Verpressen, Verspachteln und Verkleben
- Schleifen

### Verfahren

In nicht begehbaren Kanälen können Schäden von innen mit ferngesteuerten Robotern repariert werden. Diese Roboter sind selbstfahrende Geräte und werden ferngesteuert mittels TV-Überwachung betrieben. Die Roboter besitzen eine Bohr-, Fräs-, Injektions- und Spachtelvorrichtung. Bohr- und Fräsarbeiten können auch bei teilweiser Vorflut ausgeführt werden. Verwendete Dichtstoffe sind Zementmörtel und Reaktionsharzmörtel. Reaktionsharzmörtel findet seinen Einsatz vorwiegend bei gering ausgedehnten Rissen und Fugen. Die verwendeten Dichtstoffe müssen auf ihre Hochdruckspülfestigkeit und auf ihre Umweltverträglichkeit geprüft werden. (Arbeitshilfe Abwasser, 2012)

### Prinzipsskizze

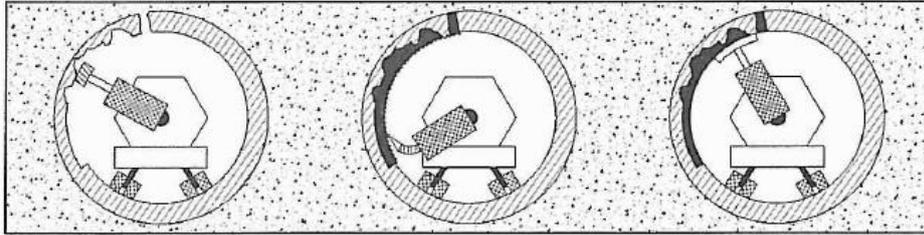


Abbildung 39: Prinzipsskizze Roboterverfahren (Arbeitshilfe Abwasser, 2012)

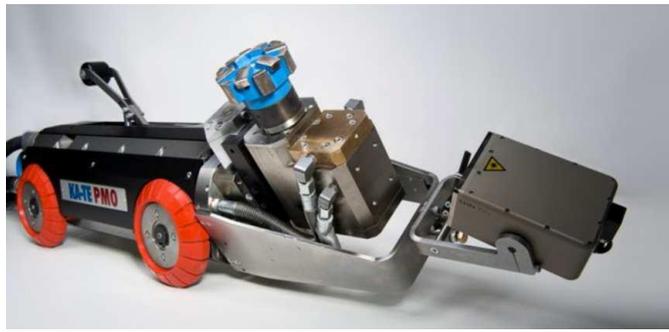


Abbildung 40: Fräsroboter (GRIEBAUM, 2014)



Abbildung 41: Fräsroboter (GRIEBAUM, 2014)

### Einsatzbereich laut Arbeitshilfe Abwasser:

- Abdichten von Rohrverbindungen, kleineren Undichtheiten und fehlerhaften Anschlüssen
- Fräsen von Wurzeleinwuchs, Ablagerungen
- Angleichen einragender Stutzen;
- Ausbessern von Fehlstellen (z.B.: Risse, usw.)
- Bei Rohrquerschnitten mit Nennweiten DN 150 bis DN 800
- Rohr muss stabil sein
- Etappenweises Sanieren

### Vorteile:

- Keine Querschnittsverengung
- Keine Baugrube bei den Arbeiten
- Einsatz auch bei eindringendem Grundwasser
- Hohe Nutzungsdauer
- Unabhängig von Baugrundverhältnissen bzw. Überdeckung

### Nachteile:

- Haltung muss außer Betrieb genommen werden
- Schwieriges Fahren des Roboters (viel Erfahrung des Gerätefahrers notwendig)

- Witterungs- und Temperaturanfällige Spachtelmasse (Epoxidharz)
- Vorabdichtung an undichten Stellen notwendig
- Keine Behebung von Schäden durch Überbelastung der Statik
- Bei Bögen und Abzweigungen eingeschränkter Einsatz
- Teuer
- Sanierungserfolg vor allem bei Scherbenbildung nicht immer garantiert
- Keine Erfahrungen zum Langzeitverhalten
- Wechseln der Arbeitswerkzeuge aufwändig

### Mögliche Fehlerquellen

- Falsche Materialzusammenstellungen (in Bezug auf Aushärtung)
- Fehlende Vorabdichtungen bei Grundwassereintritten
- Zu kurze Aushärtezeit
- Fehlerhafte Fräsarbeiten
- Hindernisse im Kanal können das eigentliche Sanieren verzögern oder beeinträchtigen



Abbildung 42: Fehlerhafte Fräsarbeiten (GRIEBAUM, 2015)

### **3.2.6.2.4 Vor Ort härtende Kurzliner**

#### Allgemeines

Die Kurzliner werden zur punktuellen Sanierung von beispielsweise Rissen, fehlenden Wandteilen und Rohrverbindungen eingesetzt. Bei diesem Verfahren werden die Schadstellen überklebt. Passieren Fehler bei der mechanischen Klebevorbereitung oder bei der Verklebung selbst kann dies zum Ablösen der Kurzliner führen. Dadurch sind schwere betriebliche Störungen nicht ausgeschlossen. Die Kurzliner sind bei allen Rohrmaterialien außer bei Materialien aus Kunststoff einsetzbar.

#### Verfahren

Die Part- oder Point-Liner bestehen aus einer Gewebemanschette aus Epoxidharz. Diese werden zusammen mit einem Packer von einem Roboter in der Haltung positioniert und durch Druckluft an die Rohrwand gepresst. Die Aushärungszeit mit Heißdampf beträgt etwa ein bis drei Stunden. Das daraus entstandene Kurzrohr hat eine geringe Wandstärke von ca. 2-5mm. Trotzdem vergrößert sie die statische Tragfähigkeit des alten Rohres. Nachdem der Packer entfernt wird ist der Kanal wieder voll funktionstüchtig.

### Prinzipsskizze

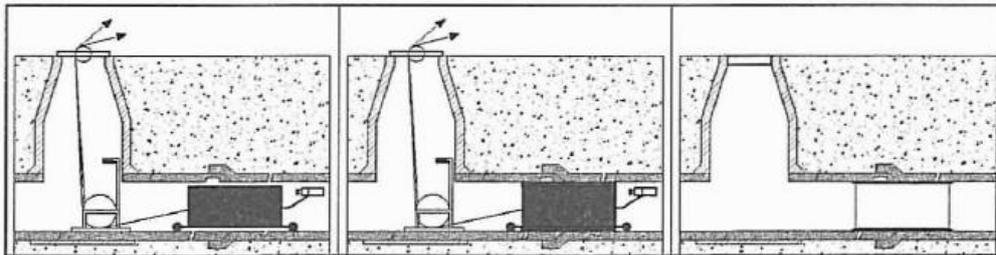


Abbildung 43: Prinzipsskizze Kurzliner (ÖWAVc, 2015)



Abbildung 44: Kurzliner (STADLBAUER, 2014)

### Einsatzbereich

- Abdichtung gegen Grundwasser
- Sanierung gegen Außen- und Innenkorrosion
- Sanierung von Sonderprofilen
- Kanäle mit Kreisprofil mit eingeschränkter Tragfähigkeit
- Behebung von Undichtheiten
- Örtlich begrenzte und kurze Längsrisse; Querrisse
- Rohrbruch
- Undichte Rohrverbindungen mit angebrochenen Muffen
- Kreisprofile bei DN 100 – DN 1000
- Nur außerhalb von Anschlüssen
- Rohren aus mineralischen Werkstoffen (Beton, Mauerwerk)

### Vorteile

- Geringer Geräteaufwand
- Kein Erdaufbruch
- Keine Stoßkanten
- Wenig Material
- Grundwasserstand nicht essentiell

### Nachteile

- Dauerhafte Abdichtung nicht möglich
- Kanal muss teilweise abwasserfrei sein wenn gearbeitet wird
- Beseitigung von Inkrustationen
- Lebensdauer schwer kalkulierbar
- Übergänge zur Rohrwandung muss gut verarbeitet werden, damit keine Nachbehandlung notwendig ist
- Ungeeignet bei starken Abwinklungen
- Lange Aushärtedauer bei Temperaturen unter 5°C

### Vorarbeiten

- Reinigung
- TV- Inspektion
- Kalibrieren
- Abflusshindernisse entfernen
- Wassererhaltung

### Mögliche Fehlerquellen

- Schlechte Vorbereitung der Klebeflächer -> schlechte Haftung
- Fehlende Vorflutsicherung
- Fehlende Vorabdichtung der Schadstellen bei Grundwassereintritt
- Schlechte Materialabstimmung
- Schlechtes Aufbringen des Klebers in Linerbereichen
- Zu geringe Aushärtezeit (ÖGL, 2014)

## **3.2.6.2.5 Innenmanschetten**

### Allgemeines

Bei Innenmanschetten kann gegenüber von den Kurzlinern auf Kunstharz verzichtet werden. Sie sind vorwiegend in Gebieten mit Trinkwasservorkommen einsetzbar. Die Innenmanschetten können auch nachträglich eingebaut werden. Das Material kann aus Edelstahl oder aus elastischem Gummi bzw. aus Kunstharz bestehen. Jedoch ist der Einsatz bei Auswinklungen und Versätzen aufgrund der eingeschränkten Flexibilität nur bedingt sinnvoll.

### Verfahren

Die Manschetten werden auf der gesamten Außenfläche mit Epoxidharz eingestrichen. Anschließend werden sie auf der Schadstelle verspannt. Das Einbringen von den Manschetten wird mittels Spezialgeräten durchgeführt. Die Verspannung erfolgt hydraulisch. (Arbeitshilfe Abwasser, 2012)



Abbildung 45: Edelstahlmanschetten (STADLBAUER, 2014)



Abbildung 46: Edelstahlmanschetten (STADLBAUER, 2014)

### Einsatzbereich

- Abdichten von Lecks in diversen Nennweitenbereichen
- Reparatur von größeren Ausbrüchen
- Deformation, Muffenversätze, Längsverschiebungen und defekte Anschlüsse
- Abdichten von Wurzeleinwüchsen, teilweises verhindern von weiterem Wachstum
- Nennweiten ab DN 150
- Rohrzustand muss stabil sein

### Vorteile:

- Einfach anzuwenden
- Gute Verbundeigenschaften bei Metall-Harz
- Gut geeignet bei Steinzeug, Klinker, Beton, Stahlbeton, Polymerbeton, Faserzement, GFK

### Nachteile:

- Minimale Querschnittsreduzierung
- Bei schlechter Fixierung der Manschetten Probleme bei Rohrreinigung
- Bestehende Deformationen können nicht behoben werden
- Eingeschränkt anwendbar bei PVC, PP, HDPE

### Mögliche Fehlerquellen

- Falsche Einschätzung der Standsicherheit
- Nichteinhaltung der Verfahrensanweisung
- Fehlbedienung der Geräte
- Anwendungsfehler
- Falsche Materialzusammenstellung
- Fehlende Vorflutsicherung
- Fehlende Vorabdichtung der Schadstellen bei Grundwassereintritt
- Schlechte Materialabstimmung
- Schlechtes Aufbringen des Klebers in Linerbereichen
- Zu geringe Aushärtezeit (ÖGL, 2014)

### **3.2.6.2.6 Partielle Erneuerung**

#### Allgemeines

Dieses Verfahren kann zur Reparatur von lokalen Schadensstellen eingesetzt werden. Um die partielle Erneuerung durchführen zu können muss der Bereich außer Betrieb genommen werden. Anschließend wird der defekte Rohrbereich abgetrennt und durch ein neues Rohrstück ersetzt. Danach wird eine intakte Rohrverbindung mittels Manschetten hergestellt.

#### Einsatzbereich

- Sofortmaßnahme bei Einstürzen und großen Undichtheiten
- Bei schadhafte Abzweigen wenn Innensanierungstechniken nicht wirtschaftlich oder technisch praktikierbar sind
- Bei allen Werkstoffen
- DN 100 – DN 800

#### Vorteile:

- Sichere Form der Behebung der Schäden
- Keine Querschnittsreduzierung
- Qualität leicht beurteilbar
- Lange Lebensdauer bei korrekter Ausführung

#### Nachteile:

- Teuer
- Unterschiedliches Setzungsverhalten
- Erschütterungen bei Verbau- und Verdichtungsarbeiten
- Baugrube erforderlich
- Verdichtungsarbeiten sind Erschütterungen verbunden

#### Mögliche Fehlerquellen

- Zu geringe Grundwasserabsenkung (ÖGL, 2014)

### 3.2.6.3 Renovierung

Die Renovierung wird zur Verbesserung der Funktionsfähigkeit von Kanälen unter vollständiger oder teilweiser Einbeziehung der ursprünglichen Substanz eingesetzt. Bei der Renovierung wird eine Innenauskleidung nachträglich eingebracht, welche statisch nicht voll tragend ist.

Darunter fallen:

- Auskleidung mit Rohren (Relining)
  - Auskleidung mit vorgefertigten Rohren
    - Langrohr
    - Kurzrohr
    - Verformtes Rohr
  - Auskleidung mit örtlich hergestellten Rohren
    - Wickelrohr
    - Schlauchinliner
- Montageverfahren in begehbaren Kanälen
  - Vollauskleidung
  - Sohlaukleidung
- Beschichtungsverfahren in begehbaren Kanälen

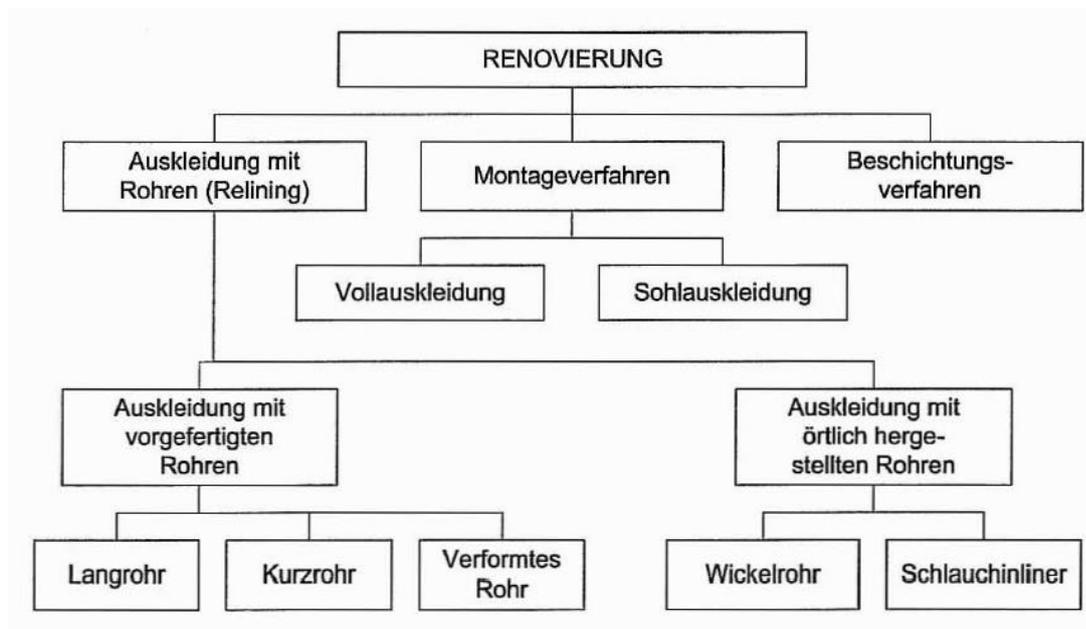


Abbildung 47: Renovierungsverfahren (Arbeitshilfe Abwasser, 2012)

#### Allgemeines

Mittels Renovierungsverfahren soll die Standsicherheit verbessert werden. Renovierungsverfahren werden angewandt, wenn die Bausubstanz den Anforderungen der Statik erfüllt. Eventuell müssen Vorarbeiten geleistet werden. Mit zunehmenden Schadstellen wird die Renovierung unwirtschaftlich. Hierzu eignen sich Erneuerungsmaßnahmen besser.

### 3.2.6.3.1 **Schlauchlining**

#### Allgemeines

Laut Arbeitshilfe Abwasser (2012) stellt das vor Ort härtende Schlauchlining heute das Standard- Renovierungsverfahren dar.

Die verschiedenen Verfahren können wie folgt verifiziert werden:

- *Inversionsverfahren (Synthesefaserfilz als Trägermaterial; Härtung mit Warmwasser oder Dampf)*
- *Einzugsverfahren (Glasfasergelege oder Synthesefaserfilz als Trägermaterial; Härtung mit UV-Licht, Dampf oder Warmwasser)*



Abbildung 48: Schlauchlining (GRIEBAUM, 2014)

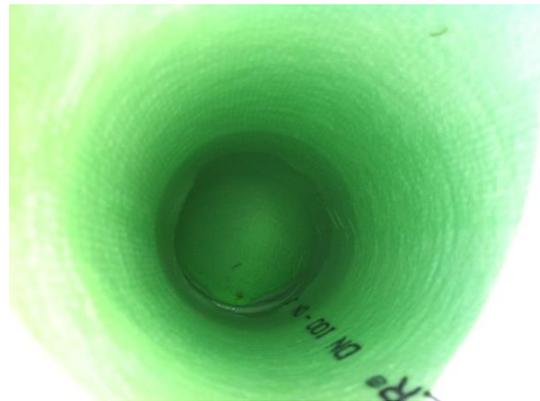


Abbildung 49: Schlauchlining (Steyr, 2015)

Je nach Verfahren werden beim Inversionsverfahren werkseitig hergestellte mit Kunstharz getränkte Gewebeschläuche in das alte Rohr eingestülpt. Beim Einzugsverfahren werden diese Gewebeschläuche eingezogen.

Mittels Luft- oder Wasserdruck werden die Liner gegen die Rohrwand gedrückt und dann ausgehärtet. Unter Wärmeeinfluss (z.B. Dampf oder Heißwasser) oder mit UV- Bestrahlung erfolgt die Aushärtung. Die Wanddicke der Liner hängt von den statischen Erfordernissen ab.

Aufbau eines Schlauchliners lt ON EN ISO 11296-4:

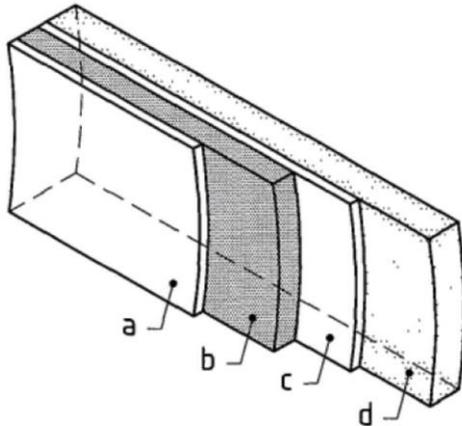


Abbildung 50: Typische Wandkonstruktion laut ON EN ISO 11296-4

- a) Innenfolie
- b) Verbund (Laminat)
- c) Außenfolie (optional)
- d) Altrohr

Vorherrschende Materialien der Träger sind Synthefaserfilz oder, falls Korrosionsbeständigkeit Vorgabe ist, aus Textilglasgelegen.

Bei Kunstharzen werden vorwiegend ungesättigtes Polyesterharz (UP-Harz), Vinylesterharz (VE-Harz) oder Epoxidharz (EP-Harz) verwendet.

Die Folien bzw. die Beschichtungen bestehen zumeist aus PEHD, PP, PA, PVC-U, PU oder entsprechenden Kombinationen.

Beim Inversionsverfahren werden die Außenfolien erst vor Ort, vor dem Einbau den Liners, eingebaut. Im Gegensatz zu Linern mit Glasfasergelegen müssen Liner mit Synthefaserfilzen mit größeren Wandstärken ausgeführt werden um den statischen Erfordernissen zu entsprechen. Nach der Aushärtung werden die seitlichen Zuläufe des Kanals geöffnet und dicht an den Liner gebunden. (ÖGL, 2010)

#### Einsatzbereich

- Größte Anwendungsspektrum von den Sanierungstechnologien
- Sanierbare Rohrdurchmesser DN20-DN2000
- Auch bei Sonderprofilen einsetzbar
- Bis ca. 400m verlegbar
- Sanierung auch von Bögen (90°) möglich
- Ergebnis ist ein homogenes, muffenloses neues Rohr
- Freispiegelkanal
- Druckleitungen
- Alle Profilarten und Rohrmaterialien
- Trinkwasserleitungen
- Gasleitungen
- Ölleitungen
- Andere industriell nutzbare Rohrleitungen (ÖGL, 2010; Arbeitshilfe Abwasser, 2012)

### Vorteile

- Aufgrabungsfrei bei Einmündungen
- Geringe Querschnittsverringering
- Keine Rohrverbindungen
- Flexibel einsetzbar
- Kostengünstiger im Gegensatz zu den Renovierungsverfahren:
- Muffenloses System
- Hydraulisch optimal
- Hoher Durchmesserbereich
- Große Einbaulängen möglich (GRIEBAUM, 2014)

### Nachteile

- Faltenbildung bei Krümmungen
- Fehleranfällig bei der Dichtheit bzw. Materialkennwerte
- Kondenswasserbildung
- Kondenswasserableitung notwendig (ÖGL, 2010)

### Prinzipsskizze

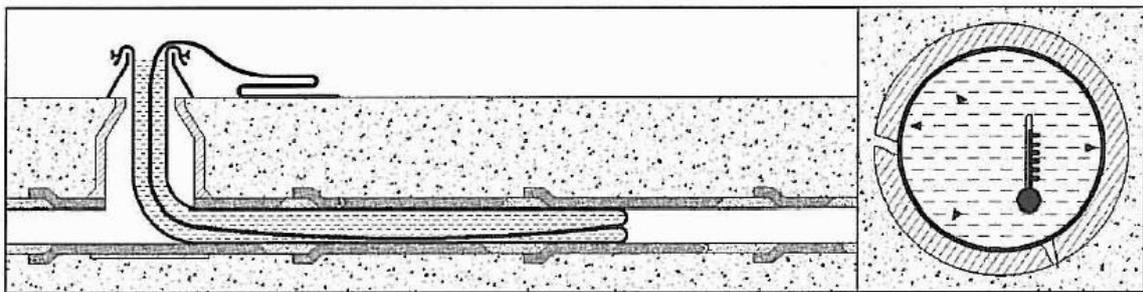


Abbildung 51: Prinzipsskizze Schlauchlining (Arbeitshilfe Abwasser, 2012)

### Notwendige Vorarbeiten laut GRIEBAUM, 2014

- Vorabdichtung
  - Bei drückendem Wassereintritt
  - Mittels Injektionen, Packer, Innenmanschetten, Kurzliner und Roboter
- Fräsarbeiten
  - Entfernen von Scherben
  - Hindernisfreiheit herstellen

### Mögliche Fehlerquellen und Mängel laut GRIEBAUM, 2014

- *Planungsfehler und Fehler in der Arbeitsvorbereitung*
  - *Unkenntnis der Örtlichkeit*
  - *TV- Inspektion zu alt*
  - *Bestandsdaten der Leitung unvollständig*
  - *Durchmesser oder Länge nicht gemessen*
  - *Liner falsch konfektioniert*
- *Vorarbeiten mangelhaft*
  - *Reinigung nicht ausreichend*

- *Hindernisfreiheit nicht hergestellt*
- *Fräsarbeiten unzureichend*
- *Vorabdichtung nicht durchgeführt*
- *Vorflutsicherung unzureichend*
- *Beispiele für Einbaufehler*
  - *Imprägnierungsfehler*
  - *Materialfehler*
  - *Beschädigung der Liner bei Inversion oder Einzug*
  - *Beschädigung der Außern- oder Innenfolie*
  - *Druckabfall bzw. Anlagenausfall während Aushärtung*
- *Mängel*
  - *Axiale oder radiale Falten*
  - *Wanddickenüber- oder –unterschreitung*
  - *Örtlich begrenzte oder durchgängige Verformungen (Beulen)*
  - *Beschichtungsablösung*
  - *Blasenbildung*
  - *Lufteinschlüsse*
  - *Infiltrationen*
  - *Materialkennwerte reichen nicht*
  - *Keine Durchhärtung*
  - *Verseifen*
  - *Axiale oder radiale Risse*
  - *Delaminierung*
  - *Fehlfräsungen*
  - *Mangelhafte Anschlüsse*

Mögliche Fehlerquellen laut Arbeitshilfe Abwasser, 2012

- Keine optimale Abstimmung der Linersysteme auf Wandaufbau, Materialien
- Fehlender Eignungsnachweis (in Bezug auf optimale Abstimmung)
- Schadhafte Außenfolie (Verwendung um Kontakt zwischen Gewebesschläuchen und Kunstharz zu erzeugen)
- Zu kurze Aushärtung mit UV- Licht

### 3.2.6.3.2 Wickelrohr- Lining

#### Allgemeines

Das Prinzip beim Wickelrohr- Lining besteht, wie der Name schon besagt, darin, einen Kunststoff- Profilstreifen in die zu sanierende Haltung einzubringen. Weiters wird der Kunststoff- Profilstreifen kontinuierlich zu einem durchgehenden Rohr spiralförmig gewickelt. Die Ränder des Profilstreifen werden dicht ausgeführt. Somit besteht ein dauerhafter, wasserdichter Verbund (Nut und Feder). Diese Nut- und Feder- Verbindung stellt einen Schnappverschluss dar. Während der Wicklung wird Klebstoff in die Profilverbindung eingebracht. Somit kann eine ergänzende Sicherheit bezüglich der Wasserdichtheit gewährleistet werden. Die Wickelmaschine wird im Schacht verankert. Diese produziert eine Drehung, womit das Rohr bis zum nächsten Schacht transportiert wird. Anschließend erfolgt die Verfüllung des entstandenen Ringraums. (ÖGL, 2010)

Eine weitere Variante des Wickelrohr- Linings stellt die Variante ohne Ringraum dar. Nach der Einbringung erfolgt hierbei die Aufweitung des Wickelrohrs gegen die Rohrwand. In offener Bauweise ist die Anbindung der Anschlussleitungen durchzuführen. Eventuell kann eine Einbindung auch von innen mit einer Zulaufanbindungstechnik erfolgen. Dies hängt jedoch von den örtlichen Begebenheiten ab.

Beispiele für zugehörige Verfahren und Varianten

- Mit Ringraum: Wickelrohrlining (RAL-GZ: S38-Verfahren);
- Ohne Ringraum: Expanda-Pipe-Verfahren.

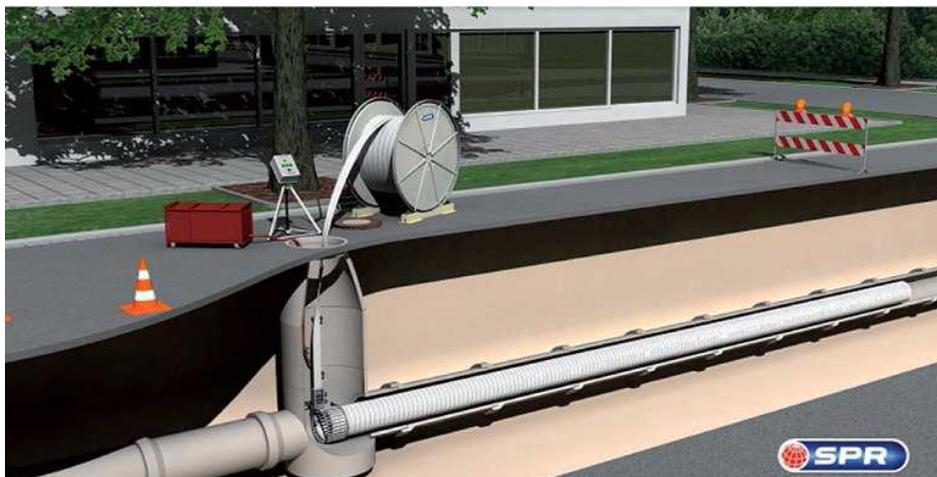


Abbildung 52: Wickelrohrlining (GRIEBAUM, 2014)



Abbildung 53: Wickelrohrlining (GRIEBAUM, 2014)

### Einsatzbereich

- Freispiegelleitungen
- Bei Standsicherheitsproblemen
- Kreisprofile DN 250 – DN 800
- In Schächten und Bogenbereichen
- Streckenlängen bis 200m

### Vorteile

- Flexibel einsetzbar
- Geringe Querschnittsverringering
- Beliebige Durchmesser
- Geringer Zeitaufwand
- Keine Baugrube erforderlich
- Geringer Platzbedarf
- Sanierung großer Längen ohne Zwischenschächte
- Umweltfreundliche und zugelassene Werkstoffe
- Lange Nutzungsdauer
- Installation über Schachtbauwerken
- Hohe chemische Beständigkeit
- Erhöhung der hydraulischen Leistungsfähigkeit (Arbeitshilfe Abwasser, 2012)

### Nachteile

- Querschnittsreduzierung
- Aufwändige Anbindung an andere Leitungen
- Bögen und Abwinklungen schwer durchfahrbar
- Lange Verbindungsstelle
- Exakte Einmessung erforderlich

Mögliche Fehlerquellen

- Nicht vorhandene Vorflut beim Verdämmen
- Schadhafte oder fehlende Vorabdichtung bei Grundwassereintritt
- Schadhafte Material (GRIEBAUM, 2014)

### 3.2.6.4 Erneuerung

Die Erneuerung von Kanälen dient der Herstellung neuer Abwasserleitungen in der bisherigen oder in einer neuen Linienführung. Die Funktion der neuen Kanäle sind die der alten ident. Die Erneuerung von Kanälen führt zur statischen Tragfähigkeit.

Folgende Möglichkeiten sind vorliegend:

- Auskleidung mit Rohren
- Montageverfahren
  - Vollauskleidung
- Ortbetonverfahren \*
- Unterirdische Auswechslung (Vortriebverfahren)
  - Rohrvorpressung \*
  - Press-Ziehverfahren \*
  - Aufweit-Ziehverfahren \*
  - Berstlining
  - Pipe-Eating

\*diese Verfahren werden nicht mehr angewandt (nur der Vollständigkeit wegen angeführt)

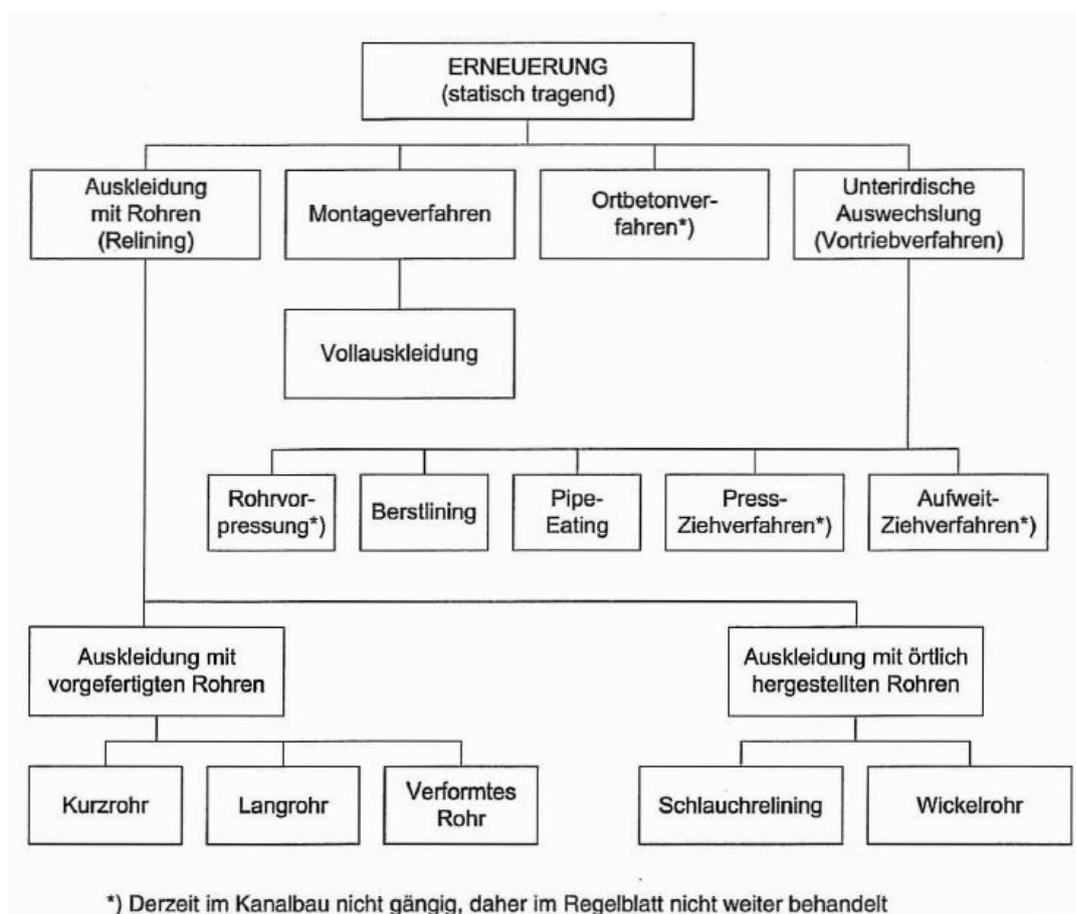


Abbildung 54: Erneuerungsverfahren (Arbeitshilfe Abwasser, 2012)

### **3.2.6.4.1 Press-Zieh-Verfahren**

#### Allgemeines

Bei diesem Verfahren wird ein Berstkörper durch das alte Rohr gezogen. Somit wird das alte Rohr zerstört und in den Baugrund verdrängt. Gleich dahinter wird ein neuer Kanal eingebaut.

#### Anforderungen

- Vollständige Entfernung des alten Rohres
- Anwendung in allen verdrängungsfähigen Böden
- Volle Übertragung der Zuglast auf das Altrohr
- Spröde Rohrmaterialien des Altrohrs
- Abtrennung der Hausanschlüsse

#### Einsatzbereich

- Kreisprofile DN100 bis DN600
- Geradelinige Haltungen
- Einsetzbar bei Grauguss, Beton, Steinzeug, Faserzement, PVC
- Durchgängigkeit muss gegeben sein

#### Vorteile

- Kurze Bauzeiten
- Wenig Vorarbeiten
- Neurohr statisch Tragfähigkeit
- Keine Querschnittsverringering

#### Nachteile

- Aufwändiges Wiederanbinden von Leitungen
- Gefahr von Schäden an Straße und anderen Leitungen
- Erschütterungen möglich
- Start- und Zielgrube erforderlich
- Gefahr von Setzungen durch unplanmäßiges Verdichten (ÖGL, 2010)

### 3.2.6.4.2 Pipe-Eating

#### Allgemeines

Durch die Technologie des Pipe-Eatings wird eine grabenlose Erneuerung von defekten Kanälen ermöglicht. Das Pipe-Eating-Verfahren ist sehr komplex und somit entstehen enorme Fixkosten durch eine umfangreiche Baustelleneinrichtung und durch einen großen Geräteaufwand. Dieses Verfahren wird nur in Ausnahmefällen eingesetzt. Die alte Trasse kann verwendet werden. Das alte Rohr wird durch einen Bohrhämmer abgebaut. Das abgebaute Material wird zerkleinert und zur Oberfläche gefördert. (HOHENAUER, 2015)

#### Einsatzbereich

- In allen Lockergesteinen
- Bis DN800 einsetzbar
- Auch größere Nennweiten möglich
- Beton-, Steinzeug-, Asbestzementrohre
- Keine Stahlbetonrohre
- Mindestüberdeckung ca. drei Meter

#### Funktionsprinzip

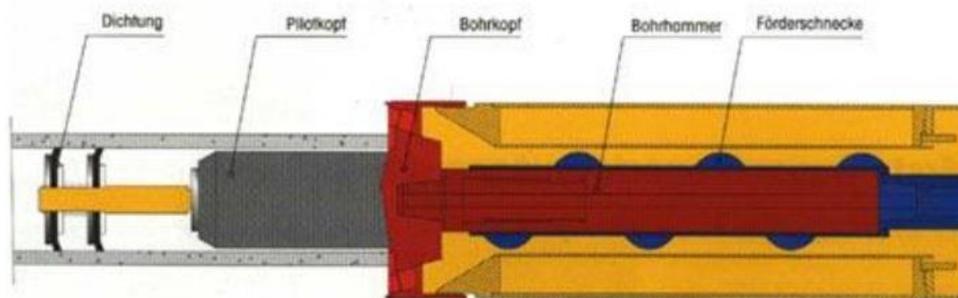


Abbildung 55: Prinzip Pipe-Eating (HOHENAUER, 2015)

#### Vorteile

- Schneller Aufbau des gesamten Systems
- Einfache Technik
- Einfaches Handling
- Direkte Deponierung des geförderten Materials
- Gleiche Trasse
- Werksmäßig hergestellte Rohre
- Querschnittsvergrößerung möglich
- Witterungsunabhängig
- Hohe Lebensdauer

#### Nachteile

- Trassenführung nicht veränderbar
- Grundwassersenkung notwendig
- Das zu erneuernde Rohr darf nicht komplett zerstört sein
- Geringe Vortriebsgeschwindigkeiten
- Kanalsenkungen (HOHENAUER, 2015)

- Hoher Verschleiß an den Abbauwerkzeugen
- kostenintensiv

### Vorarbeiten

- Bei Hausanschlüssen Herstellung von Künetten
- Hausanschlüsse von Hauptleitung trennen
- Start- und Zielgruben



Abbildung 56: Pipe-Eating (HOHENAUER, 2014)

### 3.2.7 Ursachen und Arten von Sanierungsfehlern

#### 3.2.7.1 Fehler bei der Inspektion

- Übersehen von zustandsrelevanter Schäden
- Unvollständige Erfassung der Haltungen
- Beschreibung der Zustände mit wechselnden Angaben
- Positionierung der Kanal- TV- Kamera
- Ausleuchtung des Kanals
- Geschwindigkeit

Falsche Beschreibungen und übersehene Schäden können zu schwerwiegenden Schäden und zu schlechten Auswirkungen führen. Daraus resultieren sich oft Fehlinvestitionen. Dies wirkt sich auch in der Sanierungsplanung negativ aus. (BÖLKE, 2013)

#### Positionierung der Kanal-TV-Kamera

Die Kanalkamera sollte bei der Inspektion immer im Schnittpunkt positioniert sein um ideale Inspektionsergebnisse zu erlangen. Vor allem für die Beschreibung von Abwinklungen und Spalten zwischen Rohren ist dies essentiell. Somit können auch die Schadensausdehnungen reell bestimmt werden. In den folgenden beiden Abbildung wird der Schnittpunkt im Kreis- bzw. im Eiprofil grafisch dargestellt. (BÖLKE, 2013)

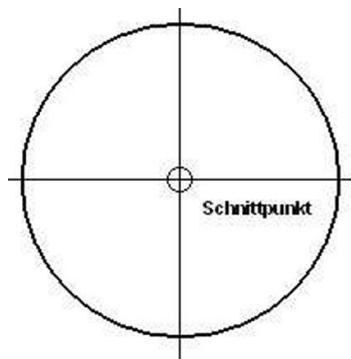


Abbildung 57: Kreisprofil (BÖLKE, 2013)

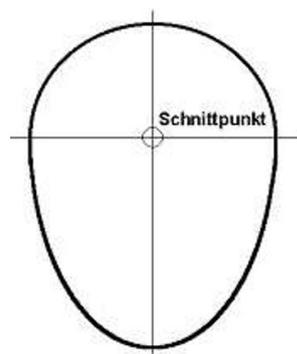


Abbildung 58: Eiprofil (BÖLKE, 2013)

Bei falschem Einsatz der Kanalkamera (nicht mittig eingesetzt) können falsche Eindrücke von Ausbiegungen, Rissbreiten, Spaltbreiten und Versätzen entstehen. Durch falsche Positionierung können Spalte und Risse ersichtlich sein, die bei richtiger Positionierung gar nicht vorhanden sind.

Durch die richtige Auswahl an Antriebsrädern bzw. die Hubmechanismen gewährleisten die richtige Position der Kanalkamera. Bei den meisten TV- Anlagen ist die Einstellung der Hubmechanismen auch während der Inspektion möglich. Folgende Grafik veranschaulicht diese Fehlbetrachtung:

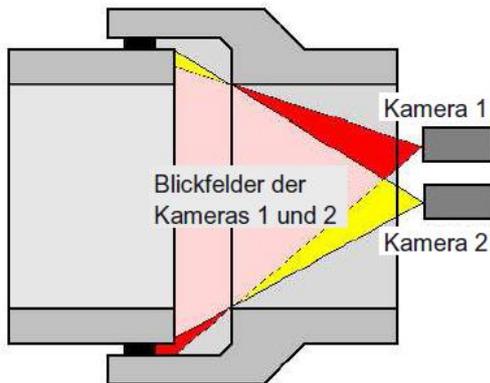


Abbildung 59: Fehlbetrachtung bei außermittiger Positionierung (BÖLKE, 2013)

### Ausleuchtung des Kanals

Um etwaige Schäden im Kanal gut erfassen zu können, muss eine ausreichende Ausleuchtung vorliegen. Die Ausleuchtung sollte etwa 3-4 Meter in den Kanal betragen. Größere Weiten sind nur mit einer Zusatzbeleuchtung zu befahren. Jedoch kann eine zu starke bzw. zu helle Ausleuchtung der Rohrwand eine blenden verursachen. Dazu ergibt sich eine automatisch geregelte Blende.

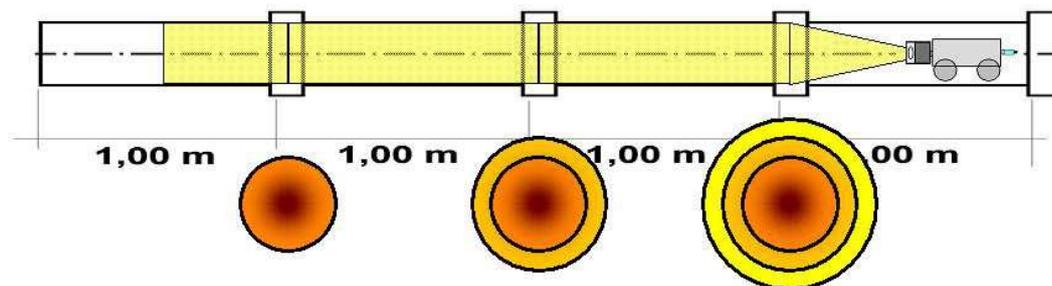


Abbildung 60: Sichtbereich durch ausreichende Ausleuchtung (BÖLKE, 2013)

### Mittlere Geschwindigkeit

Die mittlere Geschwindigkeit von Kanal-TV-Kameras sollte bei einer Inspektion ca. 10cm/sec betragen. Die Inspektionsleistung hängt vom Schadensausmaß ab. Die maximale Geschwindigkeit von 15cm/sek sollte nicht überschritten werden, da sonst etwaige Schäden nicht zweifelsfrei eruiert werden können. Laut Bölke, 2013 gilt folgender Lehrsatz:

**Qualität muss von Quantität stehen.** (BÖLKE, 2013)

### 3.2.8 Videoauflösungen

In der Tabelle 11 sind die Kamerasysteme welche im EPC Zentrum in St. Veit an der Glan sowie in Steyr getestet wurden, mit der dazugehörigen Kameraauslösung angeführt. Des weiteren wird das Format, in welchem die Videos abgespeichert werden und die Auflösung des abgespeicherten Videos aufgezeigt. Bei den beiden getesteten Scan- Systemen (IBAK Panoramo und iPEK DigiSewer) war keine Differenzierung nach Videoformat möglich, da die Videos über ein spezielles Programm angesehen werden.

Tabelle 11: Kamerasysteme mit dazugehöriger Auflösung

Kamera	Kameraauflösung	Format	abgespeicherte Auflösung
IBAK Pegasus HD	1920x1080	M-PEG2	1920x1080
IBAK Panoramo	696x520	Scan - System	
Kummert F-200	420x420	M-PEG4	720x576
IBAK Orion	672x672	M-PEG4	720x576
iPEK Rovion	636x636	M-PEG4	720x576
iPEK DigiSewer	752x582	Scan - System	
Ritec	720x720	M-PEG2	720x576
Rico RPP Duo	1920x1080	M-PEG2	1920x1080

#### MPEG-1 (Moving Pictures Experts Group)

Die Dateien mit MPEG-1 Format benötigen wenig Speicherplatz und haben sehr niedrige Anforderungen an den Computer. Die Bildqualität ist relativ gut, obwohl die Auflösung mit 352x288 Pixel niedrig ist. (Wikipediaa, 2015)

#### MPEG-2

Die Dateien in diesem Format sind wesentlich kleiner als die MPEG-4 Dateien. Die Bildqualität ist höher und es kann in einer größeren Auflösung abgespeichert werden (siehe Tabelle 12). Durch die kleineren Rechenleistungen sind die Hardwareanforderungen dementsprechend kleiner als bei MPEG-4 Dateien. (Wikipediab, 2015)

#### MPEG-4

Die Vorteile von Dateien mit MPEG-4 Auflösung sind in Tabelle 12 klar zu erkennen. Ein weiterer Vorteil ist, dass MPEG- 4 Dateien über bessere Kompressionsalgorithmen verfügen als beispielsweise MPEG- 1 und MPEG- 2 Dateien. Weiters verfügt dieses Fomat über ein standardisiertes Komprimierungsverfahren. Jedoch ist beim Encoding ein höherer Rechenaufwand notwendig. Der Qualitätsverlust kann als gering angesehen werden. Die Darstellung des Videos bei MPEG-4 ist vergleichsweise mit dem Original zu sehen. (Wikipediac, 2015)

**AVI (Audio Video Interleaved)**

AVI- Formate sind weit verbreitet in der Software und Hardware Branche. Ein großer Vorteil ist, dass dieses Format auf fast jeddem Gerät abspielbar ist. Nachteil ist der hohe Speicherbedarf. Im Vergleich zu den MPEG- Dateien kann es bis zu 20-mal so hohen Speicherbedarf erfordern. (Wikipediad, 2015)

In Tabelle 12 werden die wichtigsten Information bezüglich der verschiedenen Videoformate (MPEG-1, MPEG-2 und MPEG-4 aufgelistet.

Tabelle 12: Gegenüberstellung MPEG-1, MPEG-2, MPEG-4 (Wikipediab, 2015)

	<b>MPEG-1</b>	<b>MPEG-2</b>	<b>MPEG-4</b>
<b>Verfügbar seit</b>	1992	1995	1999
<b>Max. Auflösung Video</b>	352x288 Punkte	1920x1152 Punkte	720x576 Punkte
<b>Stand. Auflösung Video</b>	352x288 Punkte	720x576 Punkte	720x576 Punkte
<b>Frequenzgang Audio</b>	Max. 48 kHz	Max. 96 kHz	Max. 96 kHz
<b>Audiokanäle</b>	Max. 2	Max. 8	Max. 8
<b>Datenrate</b>	Max. 3Mbit/s	Max. 80Mbit/s	5 kbit/s – 10 Mbit/s
<b>Häufig verwendete Datenrate</b>	1380 kbit/s (352x288)	6500 kbit/s (720x576)	880 kbit/s (720x576)
<b>Frames</b>	25	25	25
<b>Videoqualität</b>	Befriedigend	Sehr gut	Gut – sehr gut
<b>Hardwareanforderungen für Encoding</b>	Niedrig	Hoch	Sehr hoch
<b>Hardwareanforderungen für Decoding</b>	Sehr niedrig	Mittel	hoch

Tabelle 13: MPEG-2 mögliche Abspeicherungen (Wikipediab, 2015)

<b>Profil Level</b>	<b>Auflösung [px]</b>	<b>Max. Framerate [Hz]</b>	<b>Bitrate [Mbit/s]</b>
<b>SP@LL</b>	176x144	15	0,096
<b>SP@ML</b>	352x288	15	0,384
	320x240	24	
<b>MP@LL</b>	352x288	30	4
<b>MP@ML</b>	720x480	30	15
	720x576	25	
<b>MP@H-14</b>	1140x1080	30	60
	1280x720	30	
<b>MP@HL</b>	1920x1080	30	80
	1280x720	60	
<b>422P@ML</b>	720x480	30	50
	720x576	25	
<b>422P@H-14</b>	1440x1080	30	80
	1280x720	60	
<b>422P@HL</b>	1920x1080	30	300
	1280x720	60	

Tabelle 14: Grober Vergleich unterschiedlicher MPEG-2 Dateien (Wikipedia, 2015)

Abkürzung	Name	Pixel	Pixel	Framerate [Hz]	Bitrate[Mbit/s]
LL	Low Level	352	288	30	4
ML	Main Level	720	576	30	15
H-14	High 1440	1440	1152	30	60
HL	High Level	1920	1080	30	80

### 3.2.9 Kosten- Nutzen- Analyse (K-N-A)

Mit der K-N-A wird bestimmt, ob der Nutzen einer Aktion die Kosten rechtfertigt. Der erwartete Nutzen und die Kosten werden dabei in Geldeinheiten gemessen und eine bessere Vergleichbarkeit zu erzielen. Um eine KNA durchführen zu können, müssen die spezifischen Kosten der verschiedenen Sanierungsverfahren bekannt sein. In Tabelle 15 sind die Kosten ausgewählter Sanierungsverfahren aufgelistet. Die Preise werden pro Stück oder pro Laufmeter angegeben. Die Preise wurden von der Firma SPR Sekisui bereitgestellt.

Tabelle 15: spezifische Kosten der Sanierungsverfahren

Sanierungsmethode	Preis
Roboter (Schäden)	360€/Stk
Roboter (Abzweige)	530€/Stk
Partliner	750€/3lfm
Schlauchliner bis DN400	220€/lfm
Schlauchliner DN400 bis DN600	280€/lfm
Schlauchliner Ei 500/800	410€/lfm

### 3.2.10 Nutzwertanalyse (NWA)

Die Nutzwertanalyse (NWA) wurde als Erweiterung der Kosten-Nutzen-Analyse entwickelt.

Es werden die qualitativen und quantitativen Eigenschaften der Alternativen, über Nutzwerte, in ein Punktesystem überführt. Somit sind die Alternativen auch bei Zielkonflikten vergleichbar. Entscheidungen können nach dem Maximalprinzip gewählt werden. Das Maximalprinzip besagt, dass die Alternative gewählt wird, die den höchsten Nutzwert aufweist. Ist die bessere Alternative auch die teure, wird nach dem Optimalprinzip entschieden. Die NWA liefert somit einen Beitrag für die Entscheidung nach der Wirtschaftlichkeit. Zusätzlich dazu, ist es zweckmäßig eine Sensibilitätsanalyse durchzuführen. Mit der Sensibilitätsanalyse wird die Stabilität der Entscheidung überprüft. Dadurch kann die Rangordnung verändert werden.

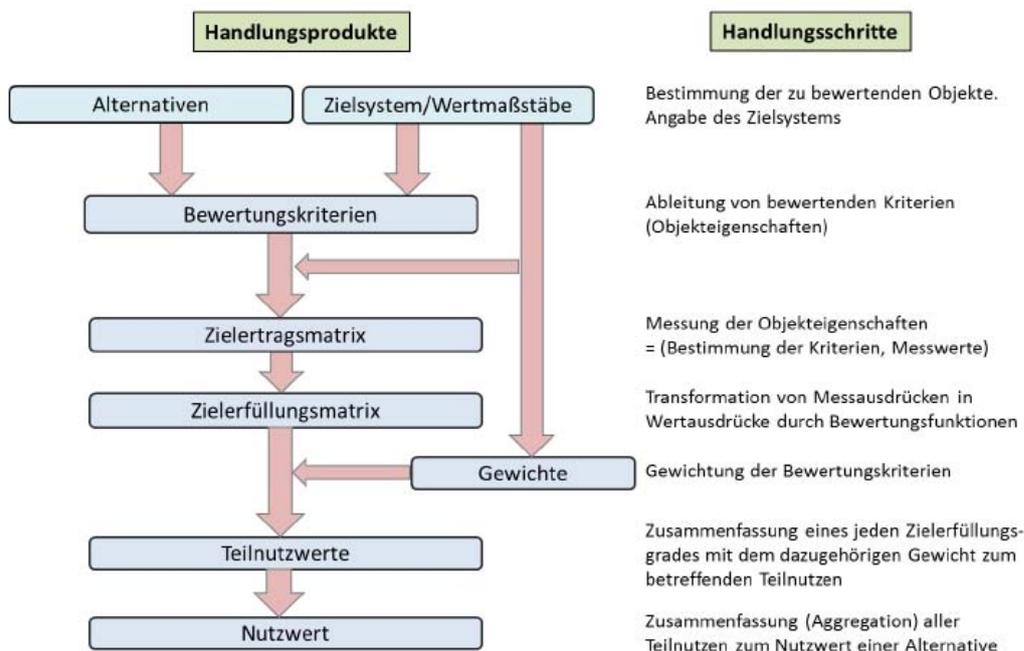


Abbildung 61: Vorgehensweise bei der Nutzwertanalyse

## 4. Material und Methoden

### 4.1 Vorgehensweise

- Literaturrecherche
- Untersuchungen
- Rohrmaterialien
- Auswertungen
- Kosten- Nutzen- Analyse (KNA) und Nutzwertanalyse (NWA)

### 4.2 Literaturrecherche

Bevor Untersuchungen zu dem Thema durchgeführt werden, ist eine Literaturrecherche notwendig. Dazu wurden die relevanten rechtlichen und technischen Grundlagen in Kapitel 1.2 und Kapitel 1.3 aufgelistet. In den technischen Grundlagen wurden vorwiegend Methoden der Kanalsanierung beschrieben um diese in Kapitel 5.4 anhand drei praktischer Beispiele anzuwenden.

### 4.3 Untersuchungen

#### 4.3.1 Untersuchungen im EPC Zentrum in St. Veit an der Glan

Im EPC Zentrum in St. Veit an der Glan gibt es 21 mit Schäden und Zuständen präparierte Haltungen mit verschiedenen Rohrdurchmessern von DN 150 bis DN 800. Es liegen acht unterschiedliche Rohrmaterialien vor, welche in aufgelistet sind. Es wurden seit dem Jahr 2011 Untersuchungen mit diversen Kamerasystemen (elektronischer Spiegel, Schiebekamera, Dreh- und Schwenkkopfkamera und Scan- System) durchgeführt.

Die Haltungen wurden bewusst mit Schäden präpariert um einen Vergleich zwischen verschiedenen Kamerasystemen zu gewährleisten. Das bedeutet, die Schadensart, die Ausprägung und die Stationierung des Schadens ist durch Voruntersuchungen bekannt. Um einen Vergleich der Inspektionssysteme möglich zu machen wurden den Inspektoren die Art, Ausprägung und Stationierung der Schäden mitgeteilt. Durch diese Information kann der menschliche Fehler der Nichterkennung von Schäden vermieden werden.

#### 4.3.2 Untersuchungen beim Reinhaltungsverband Steyr und Umgebung (RHV)

Beim RHV wurden die TV-Kamera 1 (HD) und das Scan-System 2 getestet. Diese Untersuchungen wurden im Rahmen des ÖWAV- Kurses „Sanierung und Zustandserfassung“ festgelegt und von 7.4.2015 bis 10.4.2015 durchgeführt. Weiters stellte der RHV Steyr kürzlich durchgeführte Daten von Befahrungen zur Verfügung. Dazu waren uns der RHV Steyr, der uns sowohl Inspektionsfahrzeug und Inspekteur zu Verfügung stellten, sehr behilflich. Weiters konnte das Interesse an den Untersuchungen bei der Stadt Steyr geweckt werden. Das Magistrat stellte Kanäle zu Verfügung, welche für die Untersuchungen relevant sind. In Steyr wurden Kreis- und Eiprofile mit Durchmessern ab DN 400 untersucht. Größtes Profil stellt ein Eiprofil mit den Abmessungen DN 900/1350 dar.

Für diese Untersuchungen fand eine Besprechung beim RHV in Steyr am 31.3.2015 statt. Hier wurde sowohl die Vorgehensweise als auch die zu inspizierenden Kanäle aufgrund von vorliegenden Lageplänen ausgewählt. Besonderes Augenmerk wurde darauf gelegt, dass Kanäle ab einem Durchmesser von DN 400 inspiziert werden. Das Magistrat Steyr stellte in

etwa zwei Kilometer Kanal zur Verfügung. Dieser wurde bevor die Inspektion durchgeführt werden konnte vom RHV gereinigt.

Mitte Juli bot sich die Gelegenheit, dass einige Haltungen mit der TV-Kamera 3 befahren wurden.

## 4.4 Rohrmaterialien

### 4.4.1 Rohrmaterialien im EPC in St. Veit an der Glan

Es wurden 21 Haltungen (B001 bis B021) mit sieben unterschiedlichen Rohrmaterialien am EPC in St. Veit an der Glan getestet. Die Rohre bestanden aus folgenden Materialien:

- Beton
- Duktilen Gusseisen (GG)
- Glasfaserverstärkter Kunststoff (GFK)
- Nicht identifizierbarer Kunststoff
- Polyethylen (PE)
- Polypropylen (PP)
- Polyvinylchlorid (PVC)
- Steinzeug

Die Durchmesser der Haltungen waren verschieden und variierten zwischen DN 150 bis DN 800. Insgesamt wurden 42 Schäden präpariert.

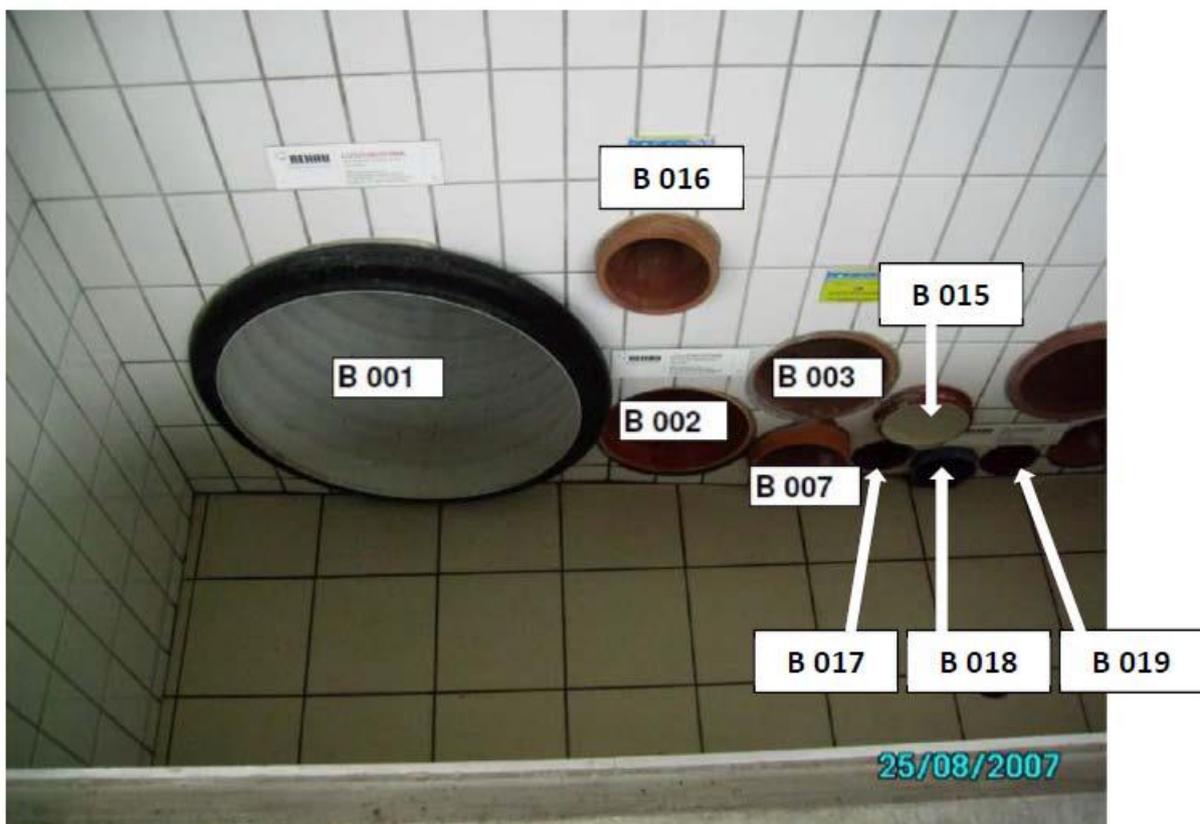


Abbildung 62: Haltungsanfänge im EPC (KURATKO, 2013)



Abbildung 63: Haltungsanfänge im EPC (KURATKO, 2013)

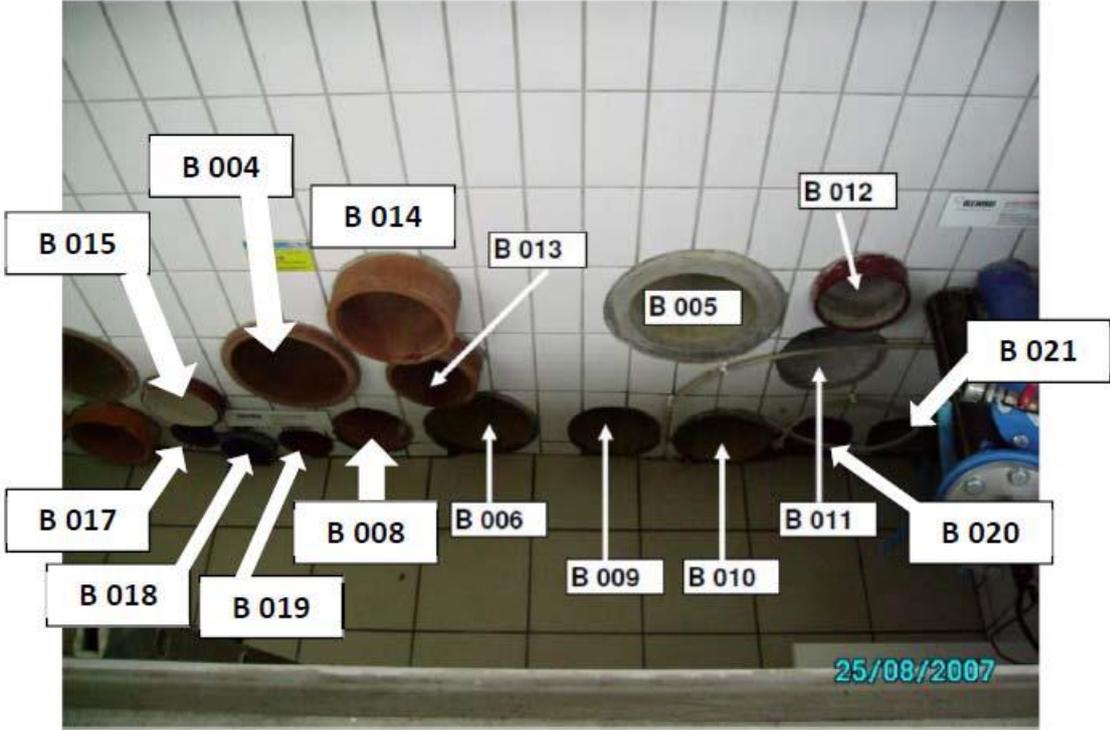


Abbildung 64: Haltungsanfänge im EPC (KURATKO, 2013)

In der Tabelle 16 sind die Haltungen mit dem Rohrmaterial und dem vorliegendem Rohrdurchmesser aufgelistet.

Tabelle 16: Auflistung der Haltungen mit Rohrmaterial und Durchmesser

<b>Haltung</b>	<b>Material</b>	<b>Durchmesser</b>
B001	PP	DN 800
B002	PP	DN 350
B003	Steinzeug	DN 300
B004	Steinzeug	DN 300
B005	Beton	DN 300
B006	GFK	DN 300
B007	PP	DN 225
B008	PP	DN 225
B009	GFK	DN 260
B010	GFK	DN 260
B011	PE	DN 250
B012	Grauguss	DN 200
B013	Steinzeug	DN 200
B014	Steinzeug	DN 250
B015	PE	DN 200
B016	Steinzeug	DN 200
B017	PP	DN 150
B018	PP	DN 150
B019	PVCU	DN 150
B020	GFK	DN 200
B021	GFK	DN 300

#### 4.4.2 Rohrmaterialien in Steyr

In der Tabelle 17 sind die verwendeten Haltungen mit ihren Stammdaten aufgezeigt.

Tabelle 17: verwendete Haltungen mit Stammdaten

Haltung	Material	Profil	Durchmesser	Länge
Messerstraße 4	Beton	Kreis	500	36.40
Messerstraße 4	Beton	Kreis	500	36.40
Messerstraße 4	Beton	Kreis	500	9.30
Messerstraße 4	Beton	Kreis	500	33.80
Messerstraße 4	Beton	Kreis	500	34.30
Schumannstraße 2-2F1	Beton	Kreis	1000	64.10
Schumannstraße 2-2F1	Beton	Kreis	1000	65.50
Schumannstraße 1	Steinzeug	Kreis	400	62.90
Schumannstraße 1	Steinzeug	Kreis	400	25.50
Schumannstraße 1	Steinzeug	Kreis	400	26.50
Schumannstraße 1	Steinzeug	Kreis	400	11.50
Schumannstraße 1	Steinzeug	Kreis	400	16.20
Schumannstraße 1	Steinzeug	Kreis	400	25.40
Schumannstraße 1	Steinzeug	Kreis	400	22.30
Wehrgrabengasse 5	Beton	Ei	500/800	61.30
Hauptsammler 1	Beton	Kreis	300	47.51
Hauptsammler 1	Beton	Kreis	300	49.97
Hauptsammler 1	Beton	Kreis	300	48.00
Hauptsammler 1	Beton	Kreis	400	50.25
Hauptsammler 1	Beton	Kreis	400	49.30
Hauptsammler 1	Beton	Kreis	400	40.83
Hauptsammler 1	Beton	Kreis	400	39.92
Hauptsammler 1	Beton	Kreis	400	41.01
Hauptsammler 1	Beton	Kreis	400	40.88
Hauptsammler 1	Beton	Kreis	400	40.70
Hauptsammler 1	Beton	Kreis	400	41.22
Hauptsammler 1	Beton	Kreis	300	60.33
Hauptsammler 3	Steinzeug	Kreis	300	45.78
Hauptsammler 3	Steinzeug	Kreis	300	47.95
Hauptsammler 3	Steinzeug	Kreis	300	5.37
Hauptsammler 3	Steinzeug	Kreis	300	1.18
Nebensammler C1	Beton	Ei	900/1350	7.21
Nebensammler C1	Beton	Ei	900/1350	5.60
Nebensammler C1	Beton	Ei	900/1350	15.63
Nebensammler C1	Beton	Ei	900/1350	19.76
Nebensammler C1	Beton	Ei	900/1350	15.06
Nebensammler C1	Beton	Ei	900/1350	19.47
Nebensammler C1	Beton	Ei	900/1350	31.74

## 4.5 Auswertungen

### 4.5.1 Auswertung von Befahrungen im EPC Zentrum in St. Veit an der Glan

In dieser vorliegenden Arbeit wurden sowohl bestehende Daten, welche in den Jahren 2012 bis 2014 im EPC Zentrum in St. Veit an der Glan, als auch Daten aus dem Jahr 2015, verwendet. Es liegen Daten von der TV-Kamera 1 (HD), der TV-Kamera 2, der TV-Kamera 3, der TV-Kamera 4, der TV-Kamera 5 und der TV-Kamera 6 sowie des Scan- Systems 1 und des Scan- Systems 2 vor.

In St. Veit an der Glan wurden 2015 die Dreh- und Schwenkkopfkamera von der Firma iPEK getestet. Diese Untersuchungen fanden im Rahmen des ÖWAV- Kurses „Inspektion und Zustandserfassung“ statt. Im EPC- Zentrum wurden Kreisprofile mit Durchmessern von DN 150 bis DN 300 inspiziert, bzw. auch ein Kreisprofil mit DN 800. Weiters wurden die Haltungen mit dem Scan- System 3 im Mai untersucht.

Alle Befahrungen wurden ausgewertet und die Schäden in Microsoft Access übertragen. Mithilfe der Datenbank ist es möglich, die verschiedenen Systeme anhand der untersuchten Schäden zu verifizieren und zu unterscheiden. Anschließend wurden die erkannten Schäden in Microsoft Excel exportiert um diese statistisch auszuwerten.

Die TV-Kamera 1 (HD) dient als Referenzmaß. Die Schadenserkenkung beläuft sich daher auf 100%. Bei den Untersuchungen im EPC Zentrum in St. Veit an der Glan konnten nicht alle Haltungen mit der HD- Kamera inspiziert werden. Daher kann die Kamera auch nicht bei allen Rohrmaterialien bzw. Rohrdurchmessern als Referenz dienen. Bei Haltungen, wo die TV-Kamera 1 (HD) nicht als Referenz dient, werden die bekannten Schäden als Referenzmaß gesehen. In Kapitel 5.2 werden die Untersuchungen vom EPC- Zentrum in St. Veit an der Glan mithilfe von Diagrammen beschrieben. Bei diesen Diagrammen wurden die Erkennungsraten der verschiedenen Kamerasysteme gegenübergestellt. Im Anhang (vgl. 10.1) sind weitere Zustandsbilder dargestellt. Die Auswertung der Zustände erfolgte durch den Autor um den menschlichen Fehler bei der Zustandsbewertung auszuschließen.

### 4.5.2 Auswertungen von Befahrungen beim RHV Steyr

Im Kapitel 0 werden die Untersuchungen von Steyr beschrieben. Im ersten Unterkapitel (vgl. 5.3.1) sind die Zustände anhand von Excelauswertungen dargelegt. Die Zustände, bei welcher die Stichprobe größer als fünf beträgt, wurden in die Untersuchungen eingebunden. Unter fünf Daten macht es statistisch gesehen wenig Sinn eine Bewertung bzw. Analyse durchzuführen. Bei den Excel Auswertungen wurden die Ergebnisse der TV-Kamera 1 (HD) als Referenzmaß herangezogen. Die TV-Kamera 1 (HD) wurde deshalb als Referenz genommen, da sie die höchste Kameraauflösung besitzt. Es kann jedoch nicht gewährleistet werden, dass mit dieser Kamera alle Schäden erkannt werden.

Neben der TV-Kamera 1 (HD) wurde das Scan- System 2 des RHV Steyrs getestet. Somit ist ein direkter Vergleich zwischen einer Dreh- und Schwenkkopfkamera mit HD- Auflösung und einem Scan- System möglich. Zusätzlich stellte der RHV Steyr alte Befahrungen aus den Jahren 2006 und 2011 von einigen Haltungen zur Verfügung. Die damaligen Befahrungen wurden mit einer Dreh- und Schwenkkopfkamera durchgeführt. Somit war ein Vergleich zwischen einer TV-Kamera 1 (HD), einer Dreh- und Schwenkkopfkamera (unbekanntes Modell) und dem Scan- System 2 möglich. Um die Aussagekraft bzw. den Vergleich zu bestärken

wurden noch Befahrungen mit der TV-Kamera 3 durchgeführt. Hierbei wurden jedoch nicht alle Haltungen, welche mit TV-Kamera 1 (HD) und dem Scan-System 2 befahren wurden, nochmals befahren sondern nur die, die für diese Untersuchungen relevant sind. An zwei halben Tagen wurden die wichtigsten Haltungen mit der Tv-Kamera 3 befahren. Jedoch sind die Ergebnisse zu relativieren, da die Schäden in den relevanten Haltungen bekannt waren. Der Grund für die Bekanntgabe der Position der Schäden liegt an der engen Zeitspanne, die für diese Untersuchungen vorhanden war.

Bei den Auswertungen wurde besonders Wert darauf gelegt, eine Unterscheidung in der Erkennung zu erzielen im Sinne von „Zustand erkannt“, „Zustand mit Einschränkungen erkannt“ und „Zustand nicht erkannt“. „Zustand erkannt“ bedeutet, dass der Zustand zweifelsfrei als dieser deklariert werden konnte. „Zustand mit Einschränkungen erkannt“ bedeutet, dass der Schaden zwar als solcher festgestellt wurde, jedoch nicht zweifelsfrei als dieser deklariert werden konnte. Die Zustände wurden zuerst vom Inspekteur erkannt und beschrieben. Danach wurden die Videos vom Nachbearbeiter nochmals angesehen und die Schäden in Microsoft Access eingetragen In Kapitel 5.3.2 wurden weiters Diagramme in Microsoft Excel erstellt, welche gezielt die Größe der Risse (BAB) differenzieren.

In Kapitel 0 werden die Erkennungsraten der getesteten Inspektionssysteme anhand der Untersuchungen in St. Veit an der Glan und Steyr zusammengeführt und in insgesamt drei Excel Diagrammen dargestellt. Unterschieden wurden Haltungen mit dem Rohrmaterial Beton (ein Diagramm) und Steinzeug (ein Diagramm mit Dreh- und Schwenkkopfkamera und ein Diagramm mit Scan- Systemen).

### **4.5.3 Sanierungsplanung inklusive Kosten- Nutzen- Analyse (K-N-A)**

Anschließend an die Auswertungen der Zustände wurden drei Haltungen herangezogen und anhand deren Beispiele eine Sanierungsplanung durchgeführt (vgl. 5.4). Verglichen werden hierbei die Schäden, die von der TV-Kamera 1 (HD), der TV-Kamera 3 und dem Scan-System 2 im 3D- Modus sowie in der Abwicklung aufgezeigt wurden. Mit den Ergebnissen der verschiedenen Kamerasysteme wurde eine Sanierungsplanung durchgeführt. Danach wurde eine Kosten- Nutzen- Analyse anhand der Ergebnisse der Sanierungsplanung durchgeführt, um etwaige Unterschiede zwischen den Inspektionssystemen aufzuzeigen (vgl. 5.3.3.6). Die spezifischen Kosten der verschiedenen Sanierungsmöglichkeiten sind tabellarisch in Kapitel 3.2.9 angeführt. Anhand der zu sanierenden Laufmeter multipliziert mit den spezifischen Kosten der Reperaturmöglichkeiten ergeben sich die Kosten. Der Nutzen der Sanierung wird in den allgemeinen Grundlagen beschrieben (vgl. 3.2.6.1). Die allgemeine Beschreibung der K-N-A wird in den allgemeinen Grundlagen zugrunde gelegt (vgl. 3.2.9).

#### 4.5.4 Nutzwertanalyse (NWA)

Die NWA wird in Kapitel 0 beschrieben.

Um eine NWA durchführen zu können ist es notwendig das Problem zu formulieren. Anhand der Abbildung 64 wird die NWA in drei Ebenen unterteilt. Das Ziel ist das optimale Sanierungsverfahren zu eruieren. Allgemein besteht die NWA aus den zu wählenden Sanierungsmethoden (Alternativen) und aus den Kriterien. Die Kriterien sind in die Schadensart, in die mittlere Nutzungsdauer, in den Einfluss der Hydraulik und in die direkte Kosten unterteilt.

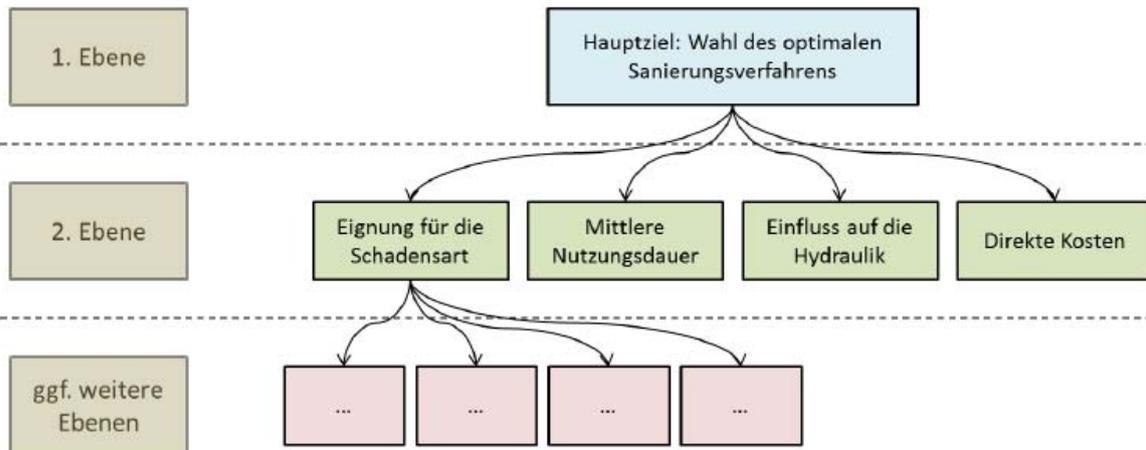


Abbildung 65: Zielhierarchie (NWA)

Nach der Aufstellung der Alternativen und der Kriterien wird daraus die Ergebnismatrix aufgestellt. Danach werden die Ergebnisse durch die Nutzenfunktion bewertet. Jedem Ergebniswert wird ein Nutzenwert, eine reelle Zahl, zugeordnet. Anschließend erfolgt die Bewertungsmatrix und die daraus entstehende Entscheidungsmatrix. Nach der Entscheidungsmatrix wird die Gewichtung der Kriterien durchgeführt. Durch die Gewichtung und in weiterer Folge durch den prozentuellen Anteil der Gewichtung kann danach der Teilnutzwert und der Gesamtnutzwert berechnet werden. Um die Stabilität der Entscheidung festzustellen ist es ratsam eine Sensibilitätsanalyse durchzuführen.

#### 4.5.5 Erweiterung Entscheidungsbaum

Der Entscheidungsbaum (vgl. 5.5), welcher in der Bachelorarbeit „Entscheidungshilfe Inspektionssysteme“ (Neumüller und Schmalhofer, 2014) begonnen wurde, kann aufgrund der gewonnenen Erkenntnisse bzw. Ergebnissen verbessert bzw. adaptiert werden. Speziell in den Bereichen rund um den Einsatz der Scan- Systeme bzw. Einsatz von HD- Kamera können die neuen Erkenntnisse eingebracht werden. In Kapitel 5.4 ist nur der Ausschnitt des Entscheidungsbaums abgebildet, wo auch Adaptierungen vorgenommen wurden. Der gesamte Entscheidungsbaum befindet sich im Anhang. Die Beschreibung des gesamten Entscheidungsbaum befindet sich in der Bachelorarbeit „Entscheidungshilfe Inspektionssysteme“ (Neumüller und Schmalhofer, 2014).

#### 4.5.6 Verwendete Inspektionssysteme

In der Tabelle 18 werden die verwendeten TV-Kamerasysteme aufgrund ihrer technischen Daten gegenübergestellt. Tabelle 19 stellt die technischen Daten der getesteten Scan- Systeme dar.

##### Gegenüberstellung der technischen Daten

Tabelle 18: Gegenüberstellung der technischen Daten der verwendeten Dreh- und Schwenkkopfkameras

Kamera	Durchmesser	Auflösung	Lasermessung	aufrechtes Bild	Ortungssonde	Zoom
TV-Kamera 1 (HD)	>200	1920x1080	2 Punkt	Ja	Nein	10-fach optisch
TV-Kamera 2	200-2000	1920x1080	2 Punkt	Ja	Ja	10-fach optisch
TV-Kamera 3	200-1000	420x420	Ja	Ja	Ja	3-fach optisch
TV-Kamera 4	150-2000	636x636	2 Punkt	Ja	Ja	10-fach optisch
TV-Kamera 5	>100	672x672	Ja	Ja	Ja	3-fach optisch
TV-Kamera 6	100-600	720x720	Ja	Ja	Optional	12-fach optisch

##### Gegenüberstellung der Scan- Systeme

Tabelle 19: Gegenüberstellung der technischen Daten der verwendeten Scan- Systeme

Scan-System	Durchmesser	Auflösung
Scan-System 1	125-750	752x582*
Scan-System 2	>200	348x260*
Scan-System 3	200-2000	960x540*

\*die Auflösung muss bei Scan- Systemen halbiert werden, da die volle Auflösung nur bei der Abwicklung gilt, nicht aber bei der 3D- Ansicht. Um eine bessere Vergleichbarkeit zu Dreh- und Schwenkkopfkameras zu erlangen wird die Auflösung halbiert (siehe Kapitel **Error! Reference source not found.**)

## 5. Ergebnisse

### 5.1 Ergebnisse der Hypothese 1a

#### 5.1.1 Untersuchungen der DWA- M- 149-5

Die DWA 149-5 (2010) gibt folgende 22 Punkte zur optischen Inspektion an:

Diese 22 Punkte wurden auf Richtigkeit überprüft. Folgende Ergebnisse liegen vor:

- *Die Darstellung von Rissbreiten sowie sonstigen Längenmaßen größer gleich 1 mm und bei Nennweiten  $\leq DN 300 \geq 0,5$  mm.*

Die Darstellung der Rissbreiten kann über einen 2 Punkt Laser erfolgen. Nachdem der Abstand zwischen den beiden Laserpunkten mittels Referenzmaß bestimmt werden kann, ist es möglich einen Riss mittels dieser Methode zu messen.



Abbildung 66: Einsatz eines 2- Punkt Lasers, TV-Kamera 2 bei einem GFK- Rohr, Kreisprofil DN300

Eine weitere Möglichkeit bei Systemen ohne 2 Punkt Laser ist die Rückrechnung über die Pixel. Diese Methode wird jedoch nur mehr selten angewandt, weil sie direkt bei der Inspektion zeitaufwendig ist.

In den meisten Fällen werden die Risslängen bzw. Rissbreiten vom Inspekteur jedoch aufgrund von Erfahrungswerten geschätzt.

- *Die verzerrungsfreie Darstellung von geometrischen Formen.*

Diese kann mittels Deformationsmessung durch die entsprechende Software erfolgen. Weiters kann ein Laserprofilier angewandt werden. Folgende Abbildung zeigt den Einsatz des Laserprofiliers:

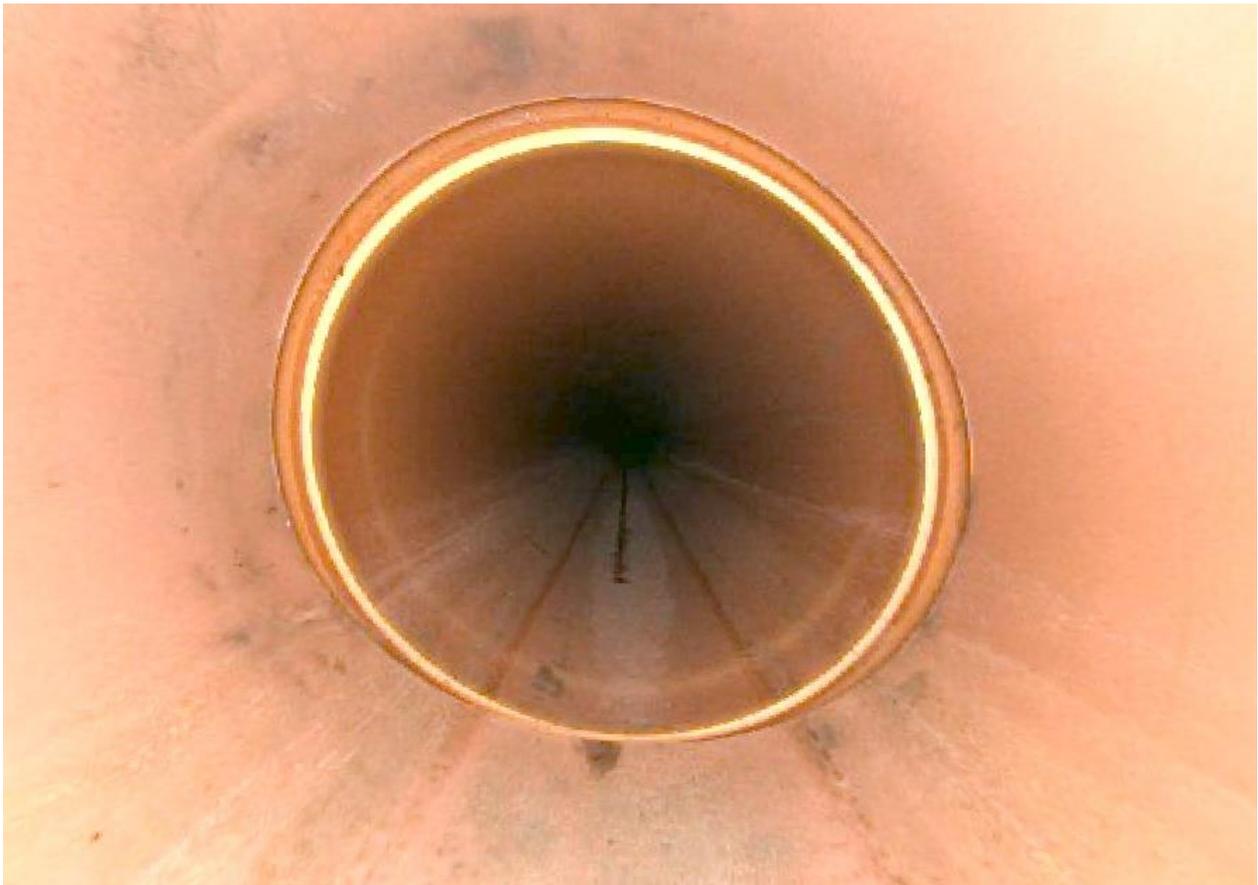


Abbildung 67: Deformationsmessung Laserprofilier (ÖWAVd, 2015)

- *Die originalgetreue Darstellung von Oberflächenstrukturen.*

Dies kann unter anderem mit einer entsprechenden Software erfolgen. Die Oberflächenstruktur bzw. die Form der Haltung kann mittels einem Laser, der entsprechenden Software und mit einem Laserprofilier ermittelt werden.

Sehr entscheidend dabei ist die richtige Beleuchtung des Kamerasystems. Je besser die Beleuchtung eingestellt ist, desto eher kann das vorliegende Material erkannt werden und die Oberflächenstruktur eruiert werden. Vor allem bei dem Einsatz von den Scan- Systemen ist die optimale Beleuchtung ein entscheidender Faktor.

Bei TV- Systemen ist im Gegensatz zu den Scan- Systemen das Rohrmaterial besser zu erkennen. Beispielsweise haben Betonrohre fast ausschließlich eine raue Oberfläche während beispielsweise GFK- Rohre eine glatte Oberfläche besitzen.



Abbildung 68: Beton DN500/800, TV-Kamera 1 (HD)



Abbildung 69: Beton DN 500/800, Scan- System 2



Abbildung 70: GFK DN300, TV-Kamera 4

- *Die originalgetreue Darstellung von sonstigen Objekten wie Wurzeln, Ablagerungen, Dichtungen, Anschlüssen bis zur ersten Rohrverbindung etc.*

Diese Anforderung ist abhängig von der Farbwiedergabe und von der Beleuchtung. Die Abschätzung der Größe dieser Objekte erfolgt entweder nach Schätzung, durch Vermessung mit einem 2 Punkt Laser oder durch die entsprechende Software.



Abbildung 71: Einragende Dichtung und Einsatz eines 2-Punkt Lasers, TV-Kamera 2 bei einem GFK-Rohr, Kreisprofil DN300

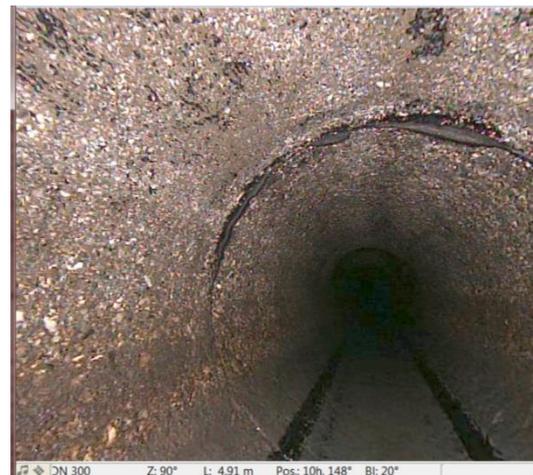


Abbildung 72: Einragende Dichtung, Scan-System 2, Beton, Kreisprofil DN 300

- *Die Darstellung von dynamischen Zuständen wie z. B. Ex-/Infiltration oder Zuflüssen.*

Bei Scan- Systemen können dynamische Zustände nicht immer festgestellt werden. Es ist äußerst schwierig und beinahe unmöglich eine fließende Bewegung (Infiltration) zu erkennen. Das „Schwitzen“ kann nur bei Betonrohren zweifelsfrei nachgewiesen werden, da Beton dunkel wird. Voraussetzung für die Erkennung von Schwitzen ist auch, dass zuvor keine Rohrreinigung durchgeführt wurde und das Rohrmaterial getrocknet ist.

Auch bei den TV- Kamerasystemen ist eine Infiltration oft nur schwer erkennbar. Beispielsweise kann eine Ex-/Infiltration bei einer Muffe vom Inspekteur leicht übersehen werden. Dies kann aufgrund schlechter Kameraauflösung erfolgen.

- *Bei TV-Kameras muss das verwendete Kameraobjektiv eine ausreichende Tiefenschärfe im Bereich von 0,1 m bis mindestens 1,5 m, eine fernbedienbare/automatische Fokussierung im Bereich von 1 cm bis unendlich und ab einem Einsatzbereich von DN 200 einen optischen Zoom (mindestens 10-fach) besitzen.*

Die Tiefenschärfe ist vom Material und vom Durchmesser abhängig. Die erforderliche Tiefenschärfe kann nicht immer mit der Standardbeleuchtung gewährleistet werden. Falls die Tiefenschärfe nicht mittels der Standardbeleuchtung sichergestellt ist, gibt es die Möglichkeit Zusatzbeleuchtungen anzubringen. Die Zusatzbeleuchtungen sind regelbar. Hierbei sind vor allem die Erfahrungswerte des Inspektors sehr entscheidend.

Der 10-fache optische Zoom ist bei den neuen TV-Systemen Standard bzw. gibt es beinahe keine Systeme mehr, die diese Funktion nicht beinhalten.

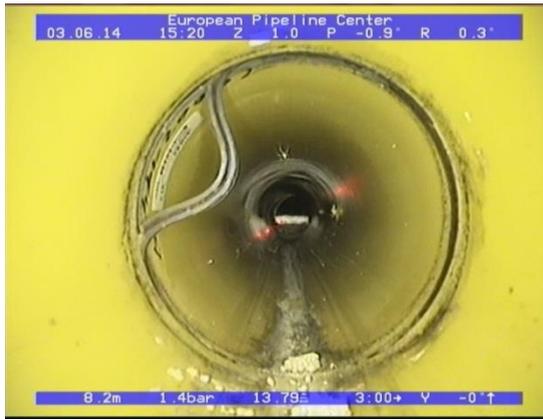


Abbildung 73: TV-Kamera 2, GFK, Kreisprofil DN 300



Abbildung 74: TV-Kamera 3, GFK, Kreisprofil DN 300

- *Bei Scannern muss sich die Tiefenschärfe des Kameraobjektives über den gesamten abzubildenden Entfernungsbereich erstrecken.*



Abbildung 75: Scan- System 2, Steinzeug, Kreisprofil DN 400



Abbildung 76: Scan- System 2, Beton, Kreisprofil DN 300

Diese Anforderung ist vor allem abhängig von der Beleuchtung. In sind Streifen im Bild erkennbar. Diese Streifen werden aufgrund nicht optimaler Beleuchtungseinstellung hervorgerufen.

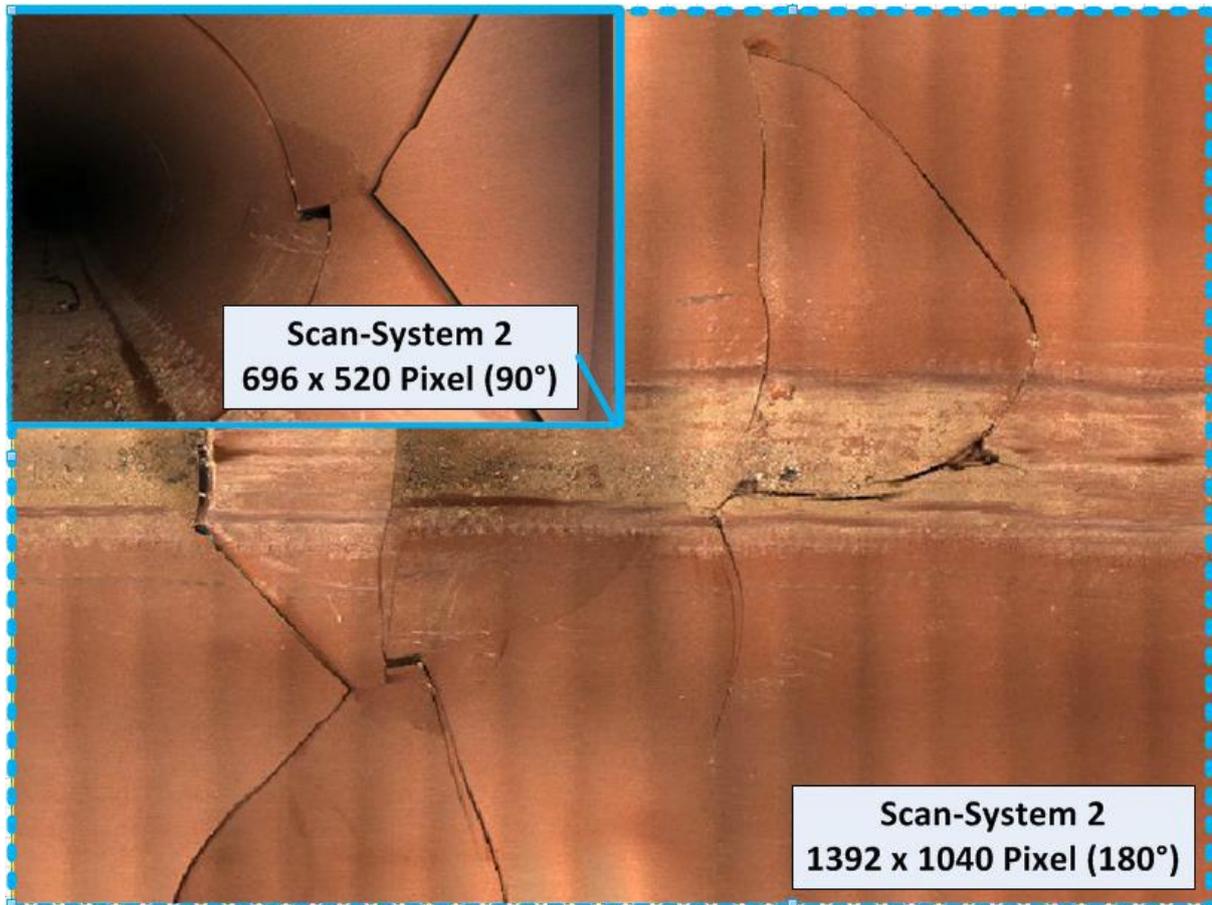


Abbildung 77: Bildauflösung Scan- Systeme (PLIHAL, 2015)

- *Die Beleuchtungseinrichtung muss in Anpassung an das Inspektionsobjekt und bei allen Rohrwerkstoffen eine gleichmäßige Ausleuchtung des Blickfeldes ohne Reflexion gewährleisten. Sie sollte mit der Eigenbeleuchtung der TV-Kamera etwa 3 m bis 4 m in die Tiefe gehen.*

Diese Anforderung führt vorwiegend bei größeren Durchmessern zu Problemen. Eventuell kann eine Zusatzbeleuchtung installiert werden, mit der diese Anforderung gewährleistet werden kann.

- *Grundsätzlich sind nur Farbkameras zugelassen. Die Farbechtheit ist sicherzustellen.*

Heutzutage gibt es fast ausschließlich nur mehr Farbkameras. Die Farbechtheit kann nicht sichergestellt werden. Die Kamerasysteme werden über die Software automatisch gesteuert und lassen allgemein relativ wenig Einstellungen vom Inspekteur zu.



Abbildung 78: TV-Kamera 2, Grauguss, Kreisprofil DN 200

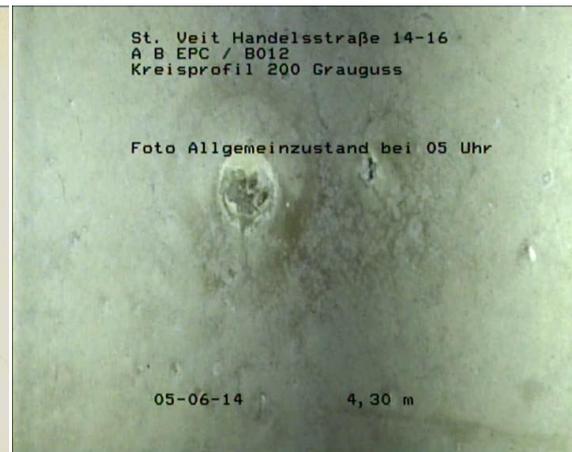


Abbildung 79: TV-Kamera 6, Grauguss, Kreisprofil DN 200



Abbildung 80: TV-Kamera 5, Grauguss, Kreisprofil DN 200



Abbildung 81: TV-Kamera 1 (HD), Grauguss, Kreisprofil DN 200

- Die Kameraauflösung muss der Größe des Inspektionsobjektes angepasst sein. Hierbei muss die vertikale Auflösung mindestens der lichten Höhe des Inspektionsobjektes in Millimeter entsprechen. Hieraus ergeben sich z. B. folgende Anforderungen:
  - DN 300 bis 600 ca. 800 x 600 Pixel
  - DN 1200 ca. 1600 x 1200 Pixel
- Wenn insbesondere bei größeren Nennweiten geringere Auflösungen verwendet werden, muss mit Verlusten bei der Bildqualität und damit mit einer verminderten Zustandserkennung gerechnet werden. Um relevante Zustände dennoch erkennen zu können, ist der Einsatz eines optischen Zooms in Verbindung mit einer abgestimmten Handhabung, z. B. radiales Abschwenken, erforderlich. Bei Nennweiten < DN 300 darf eine Mindestauflösung von ca. 400 x 300 Pixel nicht unterschritten werden.

Diese Anforderung ist hauptsächlich vom Videoformat abhängig. Der Inspekteur kann zwischen den verschiedenen Videoformaten wählen. Diese Formate (mpeg1, mpeg2, mpeg4, avi) haben fix voreingestellte Auflösungen.

- *Video-Kameras mit analogem Bildsignal müssen dem PAL-Standard entsprechen.*

Das PAL- System ist ein europäisches Bildsignal.

- *Grundsätzlich ist zur Aufzeichnung von Bewegungen, z. B. bei fließender Infiltration eine Bildfrequenz von mindestens 16 Bildern pro Sekunde einzuhalten.*

Diese Anforderung ist nicht einhaltbar. Die Leistung des Scan- Systems ist nur von der Länge pro Zeiteinheit abhängig. Beispielsweise wird bei einem Scan- System alle 5cm ein Bild geschossen. Das bedeutet, die Leistung ist nicht von den geschossenen Bildern pro Sekunde abhängig. Sehr entscheidend ist auch die Geschwindigkeit mit dem das Scan- System durch den Kanal fährt. Die Intervalle in der Bilder gemacht werden sind abhängig der Herstellerfirma. Laut der Firma SPR Sekisui gilt es als ideale Leistung 11-15cm pro Sekunde zurückzulegen.

- *Stufenlose Veränderung der Blickrichtung (Drehbereich 360°/Schwenkbereich +/- 135° Minimum). Bei Einsatz gesteuert abbiegefähiger Systeme im Bereich von Nennweiten < DN 200 kann der Dreh-/Schwenkbereich geringer sein.*

Dieser Punkt ist vom vorliegenden Kamerasystem abhängig. Manche Systeme haben eine endlose Drehung (360°). Andere Systeme haben beispielsweise eine Drehung von 340° bis zum Anschlag. Ähnliches gilt für den horizontalen Schwenkbereich.

- *Bei der Leitungsinspektion kleiner DN 100 ist der Einsatz der genannten Systeme nicht immer möglich. Hier können auch Axialsichtkameras eingesetzt werden.*

Bei diesem Rohrdurchmesser gibt es zwar auch schon Dreh- und Schwenkkopfkameras, jedoch werden aufgrund des Preises fast immer Axialkameras angewandt. Für weitere Informationen bezüglich Axialkamera kann die Bachelorarbeit „Entscheidungshilfe Inspektionssysteme“ (Neumüller und Schmalhofer, 2014) herangezogen werden.

- *Ein seitenaufrechtes Bild ist durch eine automatische Bildstabilisierung in die Horizontale sicherzustellen.*

Heutzutage gibt es nur mehr sehr wenige Systeme mit einem starren Kamerakopf. Dies ist jedoch herstellerabhängig. Kamerasysteme, die einen beweglichen Kamerakopf haben, sind in der Bachelorarbeit „Entscheidungshilfe Inspektionssysteme (Neumüller, Schmalhofer, 2014) ersichtlich.

- *An Art und Größe des Inspektionsobjektes angepasster Fahrwagen.*

Der Fahrwagen kann je nach Durchmesser mittels größerer oder kleinerer Fahrräder angepasst werden. Mit Hubsystemen können gegebenenfalls größere Durchmesser befahren werden.



Abbildung 82: TV-Kamera 4, EPC- Zentrum St. Veit an der Glan; ausgefahrener Hub und größere Räder (blau)



Abbildung 83: Fahrräder- Satz TV-Kamera 3

- *Die Längenmessung für die Stationierung muss mindestens eine Genauigkeit von 0,5 % (maximal 25 cm) der Länge der abgefahrenen Strecke aufweisen. Die Anlagenteile der Längenmesseinrichtung müssen regelmäßig z. B. monatlich überprüft und (nach Herstelleranweisung) eine Kalibrierungsmessung durchgeführt werden.*

Die Gefahr von Abweichungen bei der Längenmessung nimmt mit Länge der Haltungen zu. die Kabeltrommel enthält ein Meterrad welches sehr genau ist. Problematisch ist das Meterrad nur im Winter, da es zu Eisbildung kommen kann und somit eine verfälschte Längenmessung entstehen kann. Schwierig wird die Gewährleistung der korrekten Längenmessung bei Haltung wo viele Abwinklungen oder Ecken vorhanden sind. Eine inkorrekte Messung der Länge aufgrund technischer Mängel ist beim heutigen Stand der Technik nicht mehr möglich.

Die Überprüfung des Meterzählers sollte in regelmäßigen Abständen erfolgen, da es zu Abnützungen des Materials kommen kann.



Abbildung 84: Inspektionssfahrzeug der Firma Kummert, Kabeltrommel

- *Die Kabellänge bei Fahrzeugbetrieb sollte mindestens 200 m betragen.*

Bei öffentlichen Kanälen ist diese Anforderung sinnvoll. Die Kabellänge bei TV- Systemen kann bis zu 500m betragen. Bei Hausanschlüssen ist diese Anforderung aber nicht empfehlenswert. Die Länge des Kabels sollte immer an die Gegebenheiten bzw. an die Anforderungen angepasst werden.

- *Bei Satellitensystemen muss die laterale Untersuchungslänge mindestens 30 m betragen.*

Hierbei kommt es auf die vorliegende Haltung an. Bis zu 60m sind mit einem Satellitensystem möglich.

- *Die Zugbelastbarkeit des Kabels einschließlich der Verbindung am Kabelstecker muss mindestens 2000 N betragen.*

Die Zugbelastbarkeit hängt von dem Hersteller ab. Manche Hersteller verwenden dünne Kabel – manche andere verwenden mehrere Zentimeter dicke Kabel.

- *Die gesamte Anlage sollte im TV-Fahrzeug ergonomisch untergebracht sein.*

Dieser Punkt weist auf das Arbeitsumfeld bzw. auf den Arbeitsschutz des Inspektors und der gesamten Inspektion hin. Das System muss im Fahrzeug ordnungsgemäß verstaut sein.

- *Eine störungsfreie Benutzung ist bei Umgebungstemperaturen von  $-15\text{ °C}$  bis  $+45\text{ °C}$  zu gewährleisten.*

Bei  $-15\text{ °C}$  ist es nicht mehr sinnvoll zu inspizieren, da es zu Eisbildung beim Kamerasystem und bei den diversen Kabeln bzw. beim Meterzähler kommen kann. Laut Firma SPR Sekisui sollte eine Inspektion bei  $45\text{ °C}$  keine Schwierigkeiten verursachen.

## 5.2 Ergebnisse Hypothese 1b - Untersuchungen EPC Zentrum St. Veit an der Glan

### 5.2.1 Vergleich der Zustände

In den nachfolgenden Kapiteln werden die erfassten Zustände bei diversen Rohrdurchmessern und Rohrmaterialien grafisch abgebildet.

#### 5.2.1.1 Steinzeug DN200

In Abbildung 85 liegt der Vergleich zwischen der TV-Kamera 2, TV-Kamera 3, TV-Kamera 4, Scan-System 1, TV-Kamera 1 (HD) und der TV-Kamera 5 bei einem Steinzeugrohr mit DN200 beim Zustand Riss auf.

Die TV-Kamera 1 (HD) und die TV-Kamera 2 weisen eine 100%-ige Erkennungsrate auf. Die Stichproben sind bei diesen beiden Systemen jedoch kleiner.

Mit dem TV-System 3 und der TV-Kamera 5 wurden jeweils 87% der Risse erkenntlich gemacht.

Das TV-System 4 erkannte 83% der Risse und das Scan-System 1 78%.

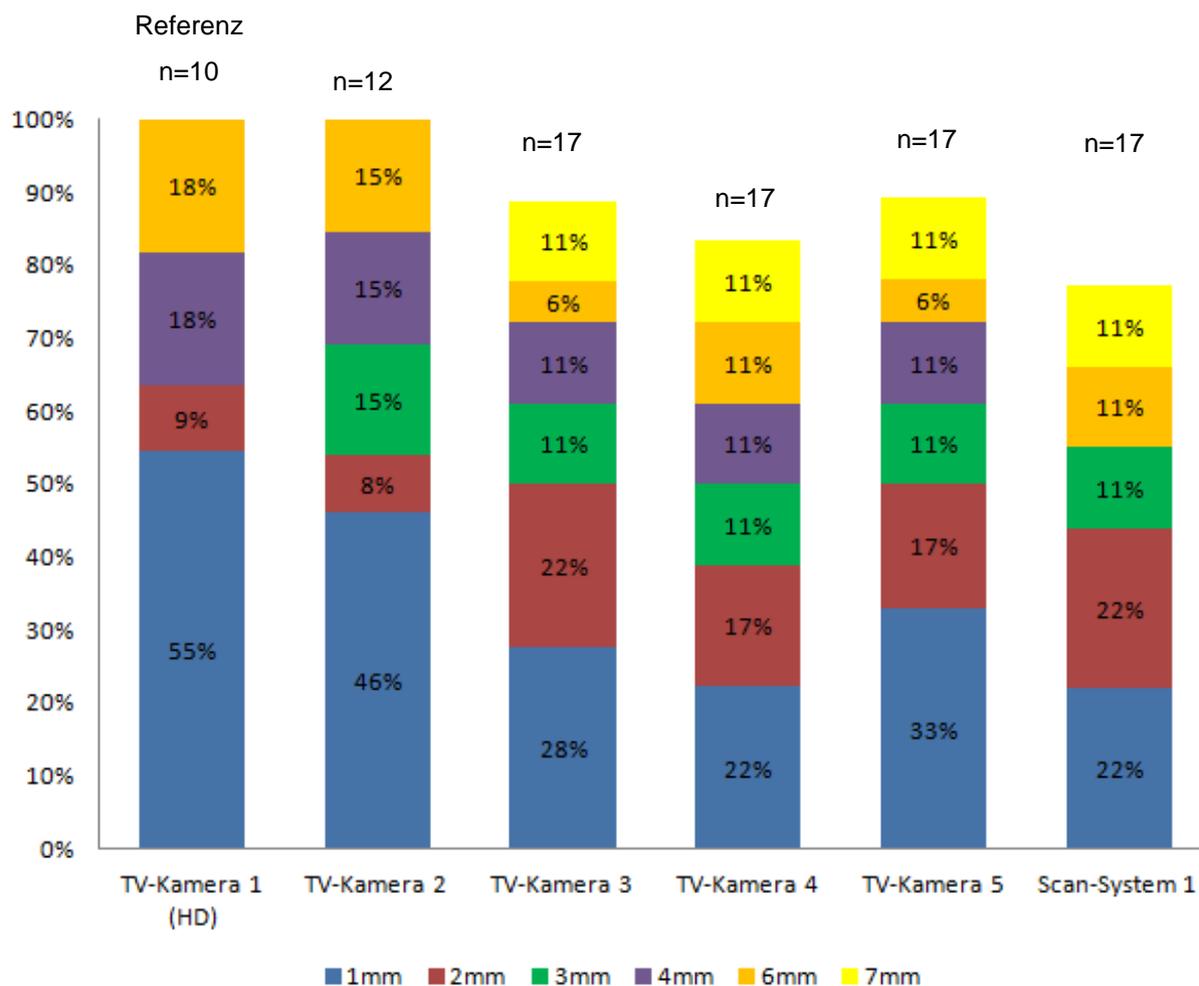


Abbildung 85: Riss-Zustandserkennung (Rissbreite von 1mm bis 7mm) beim Steinzeugrohr DN 200, Kameravergleich

In der , , und Abbildung 99 und Abbildung 90 wird die Erkennung von einem 1 mm breiten Riss in einem Steinzeugrohr mit DN 200 mit verschiedenen Kamerasystemen mithilfe von Bildmaterial des vorliegenden Zustands dargestellt.

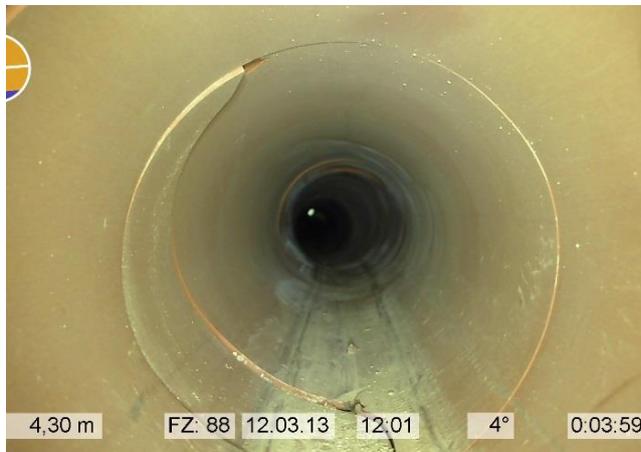


Abbildung 86: BAB-B Riss, komplex; B=1,0mm; Kreisprofil DN 200 – Steinzeug, TV-Kamera 1 (HD)



Abbildung 87: BAB-B Riss, komplex; B=1,0mm; Kreisprofil DN 200 – Steinzeug, TV-Kamera 2



Abbildung 88: BAB-B Riss, komplex; B=1,0mm; Kreisprofil DN 200 – Steinzeug, TV-Kamera 3



Abbildung 89: BAB-B Riss, komplex; B=1,0mm; Kreisprofil DN 200 – Steinzeug, TV-Kamera 4



Abbildung 90: BAB-B Riss, komplex; B=1,0mm; Kreisprofil DN 200 – Steinzeug, TV-Kamera 5

In der Abbildung 91 wird der Zustand „verschobene Verbindung“ in Steinzeughaltungen mit dem Durchmesser von DN200 anhand verschiedener Kamerasysteme hinsichtlich der Erkennung untersucht. Die TV-Kamera 1 (HD) verfügt über eine Erkennungsrate von 100% und dient daher als Referenzmaß.

Die TV-Kamera 5 und das Scan-System 1 verfügen über eine Erkennungsrate von 80%. Diese 80% sind unterteilt in 20% längs verschobene Verbindungen und in 60% radial verschobene Verbindungen.

60% des vorliegenden Zustands stellen die TV-Kamera 2 und die TV-Kamera 4 fest. Die TV-Kamera 2 kann alle längs verschobenen Verbindungen aufzeigen. Weitere 40% von 80% radial verschobenen Verbindungen konnten nachgewiesen werden. Die TV-Kamera 4 erkennt insgesamt 60% des vorliegenden Zustands. Darunter fallen 60% radial verschobene Verbindungen.

Die TV-Kamera 3 kann 40% der Schäden aufzeigen. Diese 40% sind jeweils radial verschobene Verbindungen.

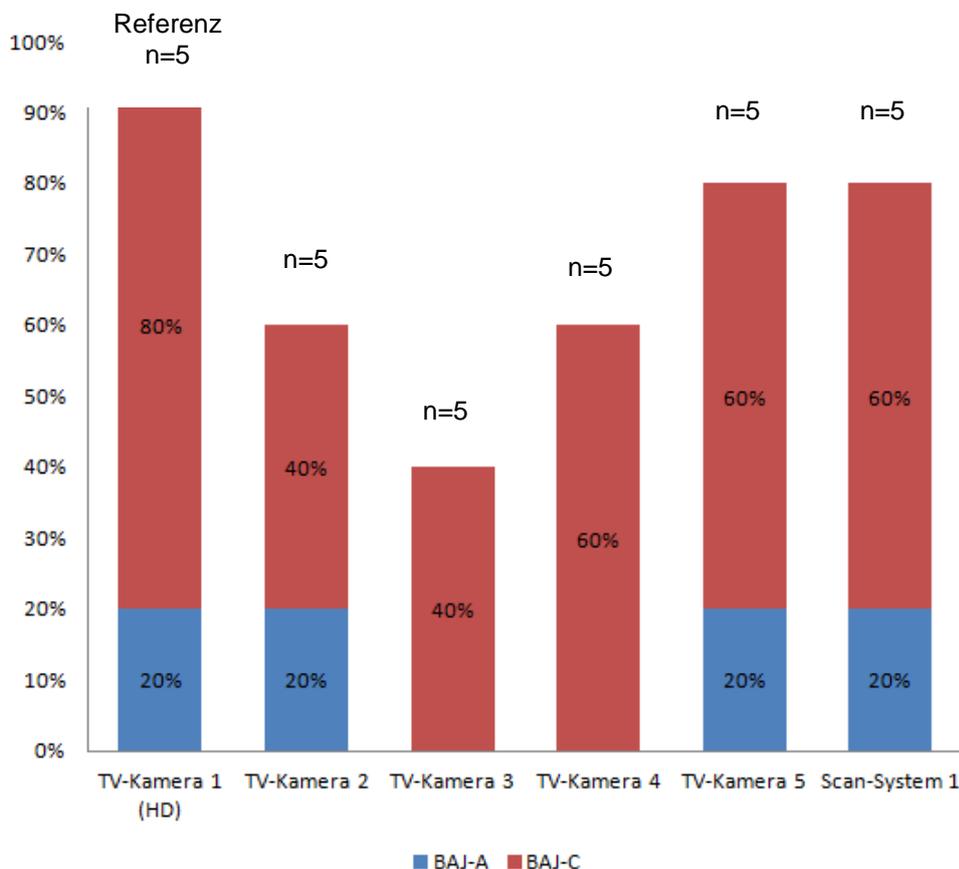


Abbildung 91: Zustandserkennung verschobene Verbindung beim Steinzeugrohr DN 200, Kameravergleich

Die , , und zeigen die Zustandserkennung von dem Zustand „verschobener Verbindung“ bei vier Inspektionssystemen in Steinzeugrohren mit Durchmesser von DN200.

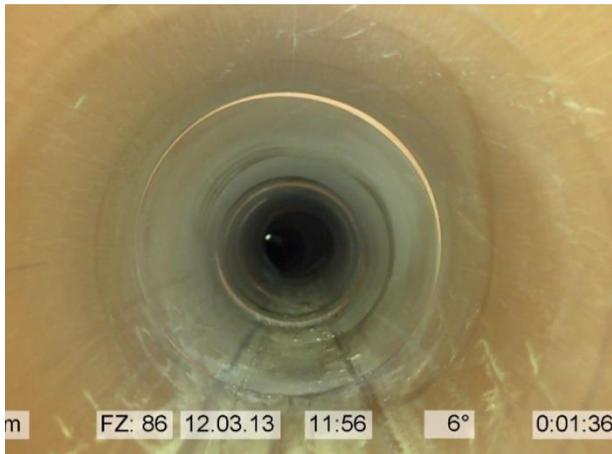


Abbildung 92: BAJ-A, BAJ-C; Kreisprofil DN 200 – Steinzeug, TV-Kamera 1 (HD)



Abbildung 93: BAJ-A, BAJ-C; Kreisprofil DN 200 – Steinzeug, TV-Kamera 3



Abbildung 94: BAJ-A, BAJ-C; Kreisprofil DN 200 – Steinzeug, TV-Kamera 4



Abbildung 95: BAJ-A, BAJ-C; Kreisprofil DN 200 – Steinzeug, TV-Kamera 5

In Abbildung 96 wurden vier Kamerasysteme in Bezug auf die Erkennung des Zustands „Sichtbarer Boden“ verglichen. Eine 100%-ige Erkennungsrate wurde mit der TV-Kamera 5 und der TV-Kamera 2 erreicht. Die TV-Kamera 4 und das Scan-System 1 können eine Erkennungsrate von 57% vorweisen.

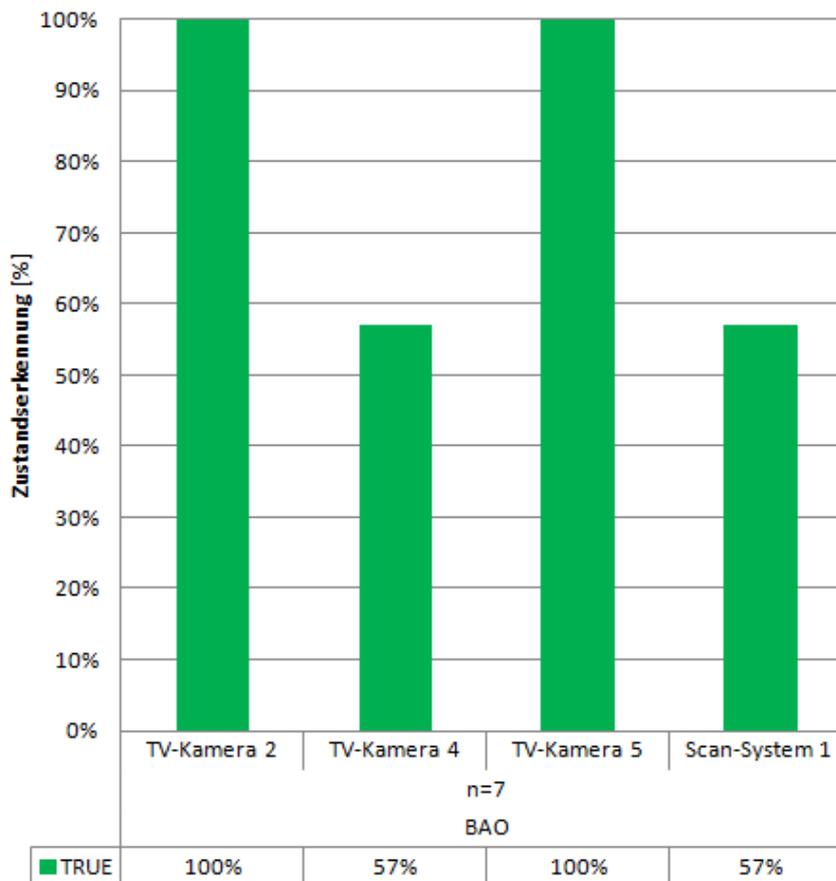


Abbildung 96: Zustandserkennung sichtbarer Boden beim Steinzeugrohr DN 200, Kameravergleich

Abbildung 97 und Abbildung 98 zeigen die Zustandserkennung des Schadens „sichtbarer Boden“ anhand von der iPEK Rovion und der IBAK Orion.



Abbildung 97: BAO- Boden sichtbar; Kreisprofil DN 200 – Steinzeug, TV-Kamera 4



Abbildung 98: BAO- Boden sichtbar; Kreisprofil DN 200 – Steinzeug, TV-Kamera 5

In der Abbildung 99 sind die Erkennungen von Ablagerungen bei Steinzeugrohren mit DN 200 im Vergleich von vier Kamerasystemen dargestellt. Mit allen Systemen (TV-Kamera 2, TV-Kamera 4, der TV-Kamera 5 und des Scan-Systems 1) konnten die Ablagerungen mit einer Erkennungsrate von 100% aufgezeigt werden.

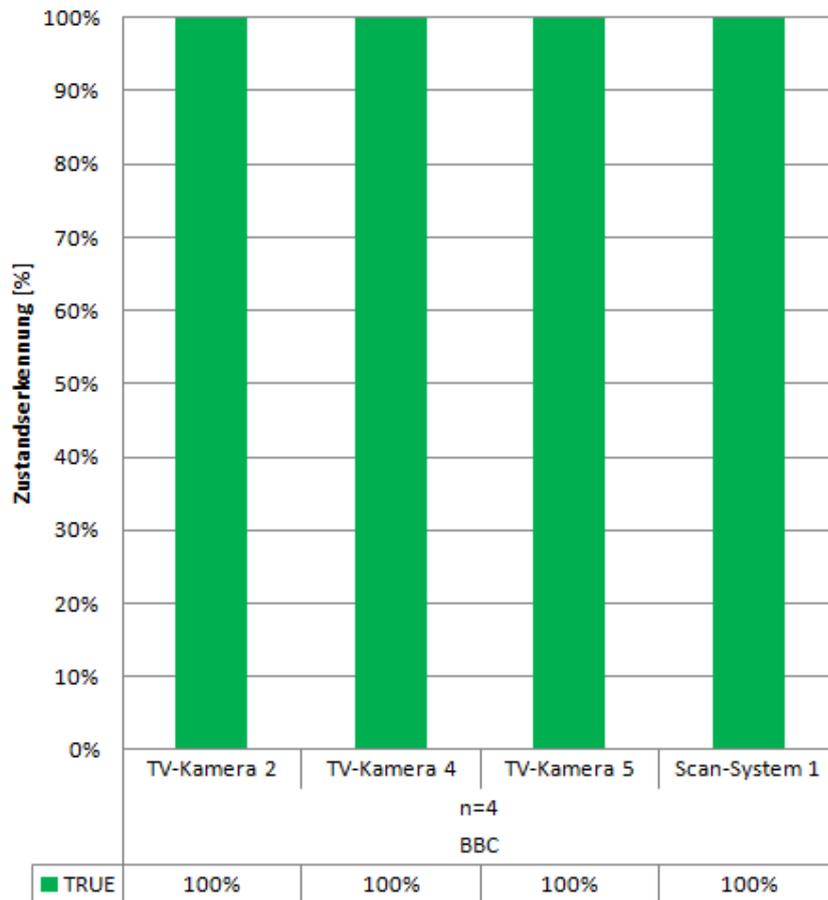


Abbildung 99: Zustandserkennung Ablagerungen beim Steinzeugrohr DN 200, Kameravergleich

Zustandserfassung von Ablagerungen wird in der Abbildung 100, der und in der dargestellt. Drei Inspektionssysteme werden anhand von Bildern beim zuvor genannten Zustand gegenübergestellt.



Abbildung 100: BBC- Ablagerungen; Kreisprofil DN 200 – Steinzeug, TV-Kamera 2



Abbildung 101: BBC- Ablagerungen; Kreisprofil DN 200 – Steinzeug, TV-Kamera 4



Abbildung 102: BBC- Ablagerungen; Kreisprofil DN 200 – Steinzeug, TV-Kamera 5

5.2.1.2 Steinzeug DN250

Abbildung 103 stellt den Vergleich der verschiedenen Kamerasysteme beim Zustand Riss in einem Steinzeugrohr mit dem Durchmesser DN250 dar. Bei dieser Befahrung liefert die TV-Kamera 1 (HD) und die TV-Kamera 2 mit einer Erkennungsrate von 100% die besten Ergebnisse. Mit der TV-Kamera 5 wurden ebenfalls 100% der Risse aufgezeigt. Diese 100% unterteilen sich in 50% 1mm- Risse, in 25% 2mm- Risse und in weitere 25% 3mm- Risse.

Der Scan-System 1 konnte alle 1mm und 2mm- Risse nachweisen. Jedoch liegen bei den 3mm- Rissen keine Erkennungen vor.

Die TV-Kamera 3 kann alle 2mm und 3mm breiten Risse n aufzeigen, jedoch keine 1mm- Risse. Mit der TV-Kamera 5 wurden nur die 1mm- Risse nachgewiesen.

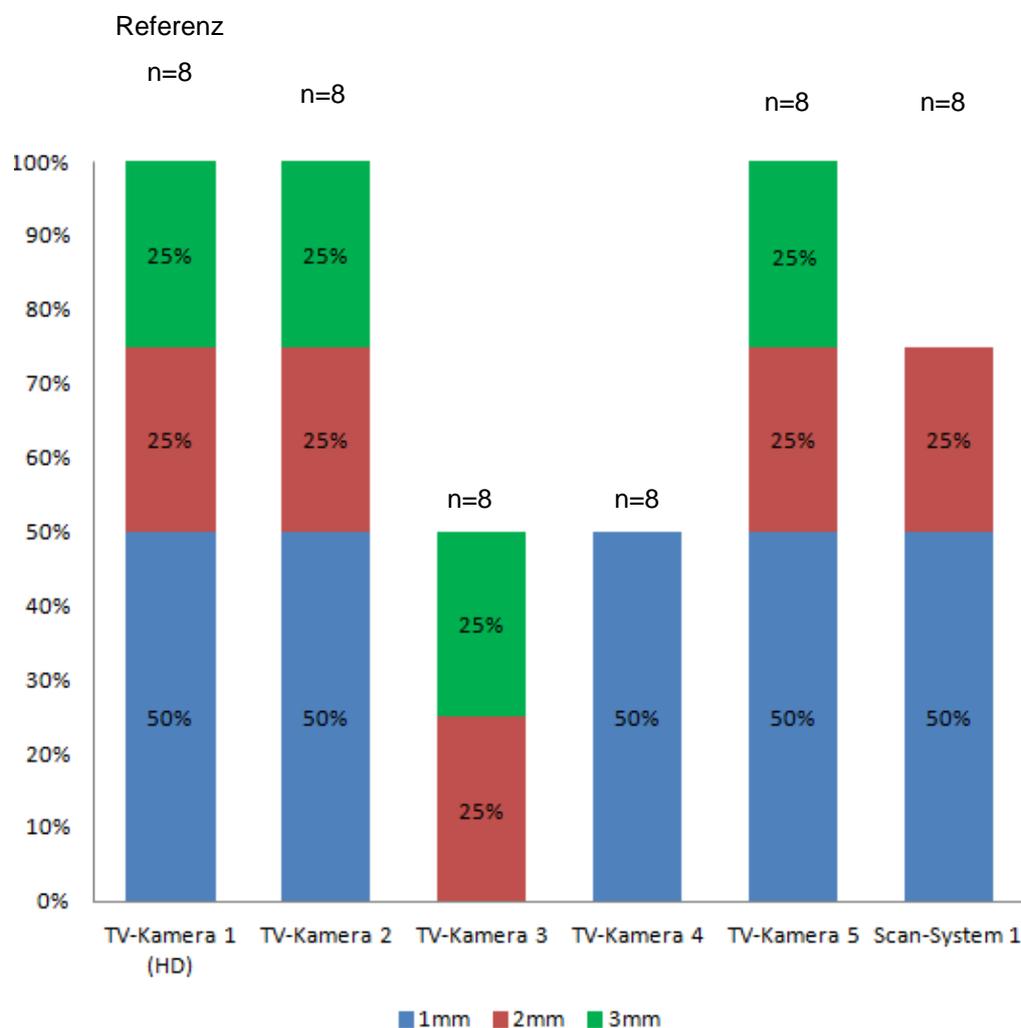


Abbildung 103: Riss-Zustandserkennung (Rissbreite von 1mm bis 3mm) beim Steinzeugrohr DN 250, Kameravergleich

Die TV-Kamera 2 (Abbildung 104), TV-Kamera 3 (Abbildung 105), TV-Kamera 5 (Abbildung 106), Scan-System 1 (Abbildung 107) und die TV-Kamera 1 (HD) (Abbildung 108) stellen 2mm-Rissen anhand von Bildmaterial dar.



Abbildung 104: BAB-C Riss, klaffend; B=1,4mm; Kreisprofil DN 250 – Steinzeug, TV-Kamera 2

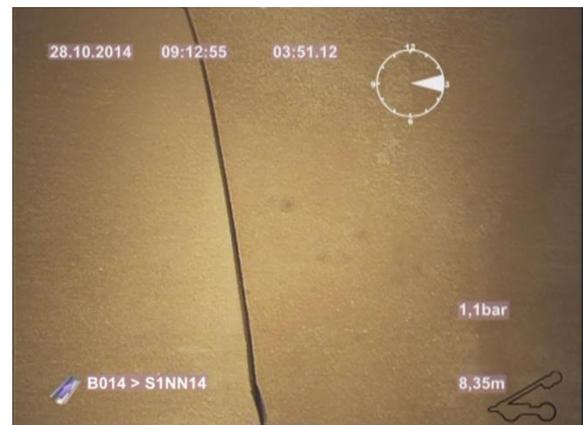


Abbildung 105: BAB-C Riss, klaffend; B=2mm; Kreisprofil DN 250 – Steinzeug, TV-Kamera 3

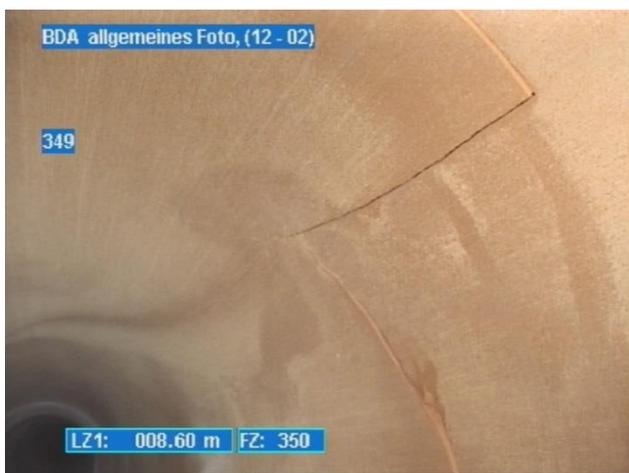


Abbildung 106: BAB-C Riss, klaffend; B=2mm; Kreisprofil DN 250 – Steinzeug, TV-Kamera 5

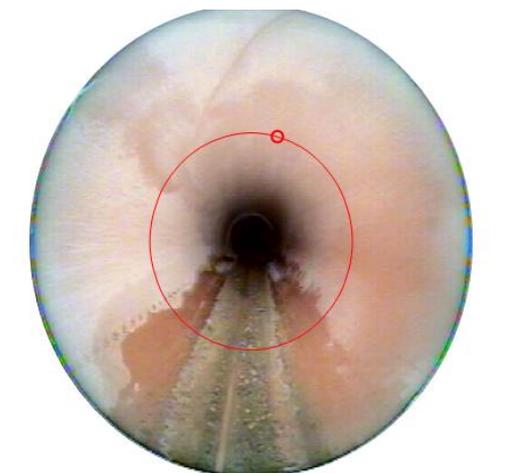


Abbildung 107: BAB-C Riss, klaffend; B=2mm; Kreisprofil DN 250 – Steinzeug, Scan-System 1



Abbildung 108: BAB-C Riss, klaffend; B=2mm; Kreisprofil DN 250 – Steinzeug, TV-Kamera 1 (HD)

In der Abbildung 109 ist die Zustandserkennung bei Steinzeugrohren mit DN250 beim Zustand „verschobene Verbindung“ ersichtlich.

Die höchste Erkennungsrate mit 100% erreicht die TV-Kamera 1 (HD). Unterteilt werden diese 100% in 17% längs verschobene Verbindungen (BAJ-A) und in 83% radial verschobene Verbindungen (BAJ-C).

TV-Kamera 2 und Scan-System 1 können 83% der Zustände erkenntlich machen. Diese 83% unterteilen sich bei der TV-Kamera 2 und beim Scan-System 1 in 17% BAJ-A und in 67% BAJ-C.

TV-Kamera 3, TV-Kamera 4 und TV-Kamera 5 stellen 67% der Schäden fest. Diese 67% gliedern sich bei der TV-Kamera 3 in BAJ-C und bei der TV-Kamera 5 bzw. der TV-Kamera 5 in 17% BAJ-A und in 50% BAJ-C.

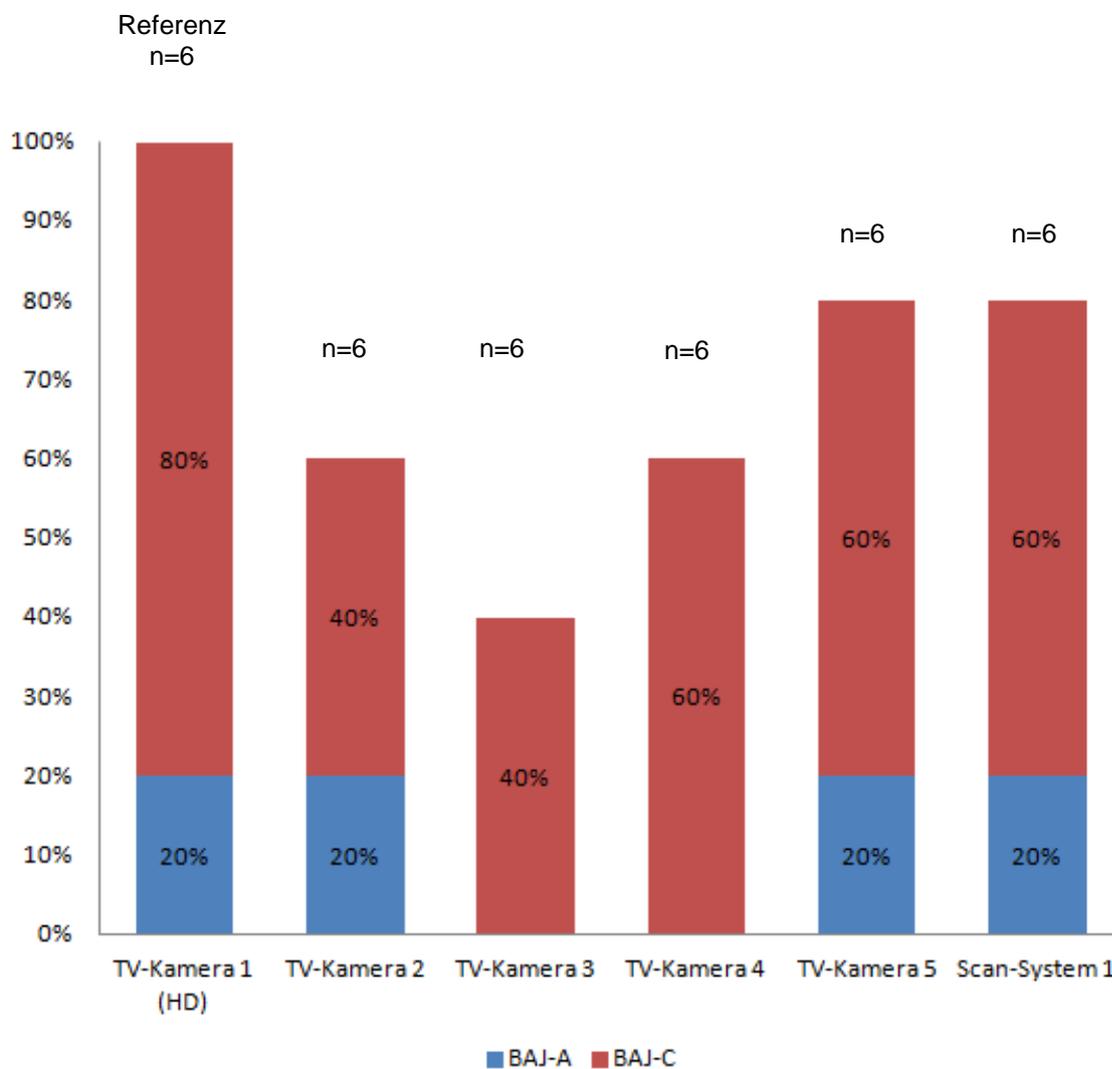


Abbildung 109: Zustandserkennung verschobene Verbindung beim Steinzeugrohr DN 250, Kameravergleich

Mit fünf verschiedenen Kamerasystemen wurde der Zustand „verschobene Verbindung“ bei Steinzeughaltungen mit DN250 anhand von der Abbildung 110, Abbildung 111, Abbildung 112, Abbildung 113 und Abbildung 114 bildlich dargestellt.

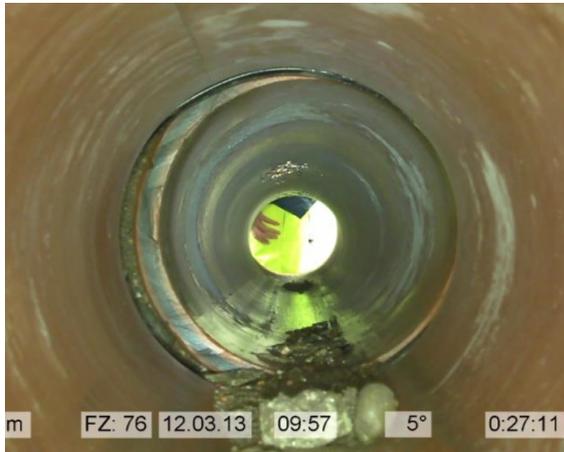


Abbildung 110: BAJ-A, BAJ-C; Kreisprofil DN 250 – Steinzeug, TV-Kamera 1 (HD)



Abbildung 111: BAJ-A, BAJ-C; Kreisprofil DN 250 – Steinzeug, TV-Kamera 2



Abbildung 112: BAJ-A, BAJ-C; Kreisprofil DN 250 – Steinzeug, TV-Kamera 3



Abbildung 113: BAJ-A, BAJ-C; Kreisprofil DN 250 – Steinzeug, TV-Kamera 4



Abbildung 114: BAJ-A, BAJ-C; Kreisprofil DN 250 – Steinzeug, TV-Kamera 5

Ablagerungen bei Steinzeughaltungen mit DN 250 werden in Abbildung 115 zugrunde gelegt. Mit der TV-Kamera 2, der TV-Kamera 4, der TV-Kamera 5 und mit dem Scan-System 1 wurden alle Schäden erkannt.

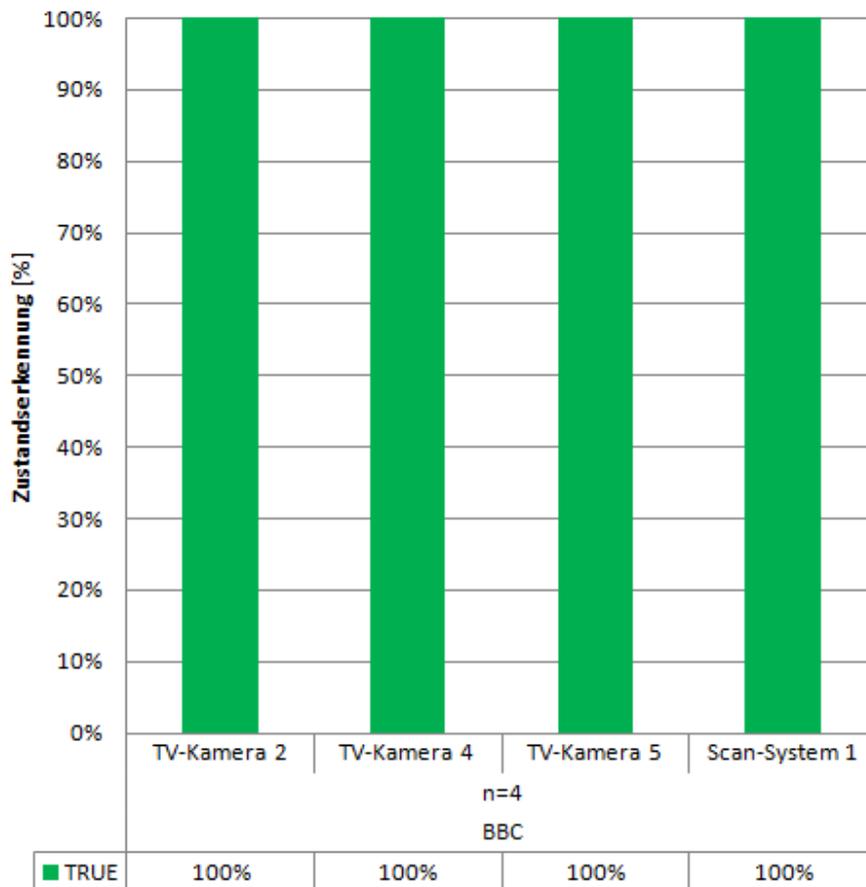


Abbildung 115: Zustandserkennung Ablagerungen beim Steinzeugrohr DN 250, Kameravergleich

Die Zustandserfassung von Ablagerungen von drei Inspektionssystemen werden in Abbildung 116 (TV-Kamera 5), Abbildung 117 (TV-Kamera 4) und in Abbildung 118 (TV-Kamera 1 (HD) dargestellt.



Abbildung 116: BBC- Ablagerungen; Kreisprofil DN 250 – Steinzeug, TV-Kamera 5



Abbildung 117: BBC- Ablagerungen; Kreisprofil DN 250 – Steinzeug, TV-Kamera 54



Abbildung 118: BBC- Ablagerungen; Kreisprofil DN 250 – Steinzeug, TV-Kamera 1 (HD)

### 5.2.1.3 Steinzeug DN300

In der Abbildung 119 liegen die Ergebnisse der Befahrungen einer Steinzeugsrohrs mit DN300 vor. Die Risse sind aufgeteilt in Risse mit einer Breite von 2mm (blaue Balken), 4mm (rote Balken) und 5mm (grüne Balken).

Bei dieser Untersuchungen erreichen die TV-Kamera 2, die TV-Kamera 1 (HD) und die TV-Kamera 5 die besten Ergebnisse mit einer Erkennungsrate von jeweils 100%. Die Risse sind zu jeweils 33,3% zwischen 2mm, 4mm und 5mm aufgeteilt.

Die TV-Kamera 3, die TV-Kamera 4 und das Scan-System 1 stellten 67% der Risse fest. Die TV-Kamera 5 und das Scan-System 1 können alle 2mm und 4mm breiten Risse aufzeigen. Hingegen wurden keine 5mm- Risse erkannt.

Die Erkennungsrate mit der TV-Kamera 6 beträgt 50%. Diese 50% gliedern sich in 33,3% 2mm- Risse und 17% 5mm- Risse

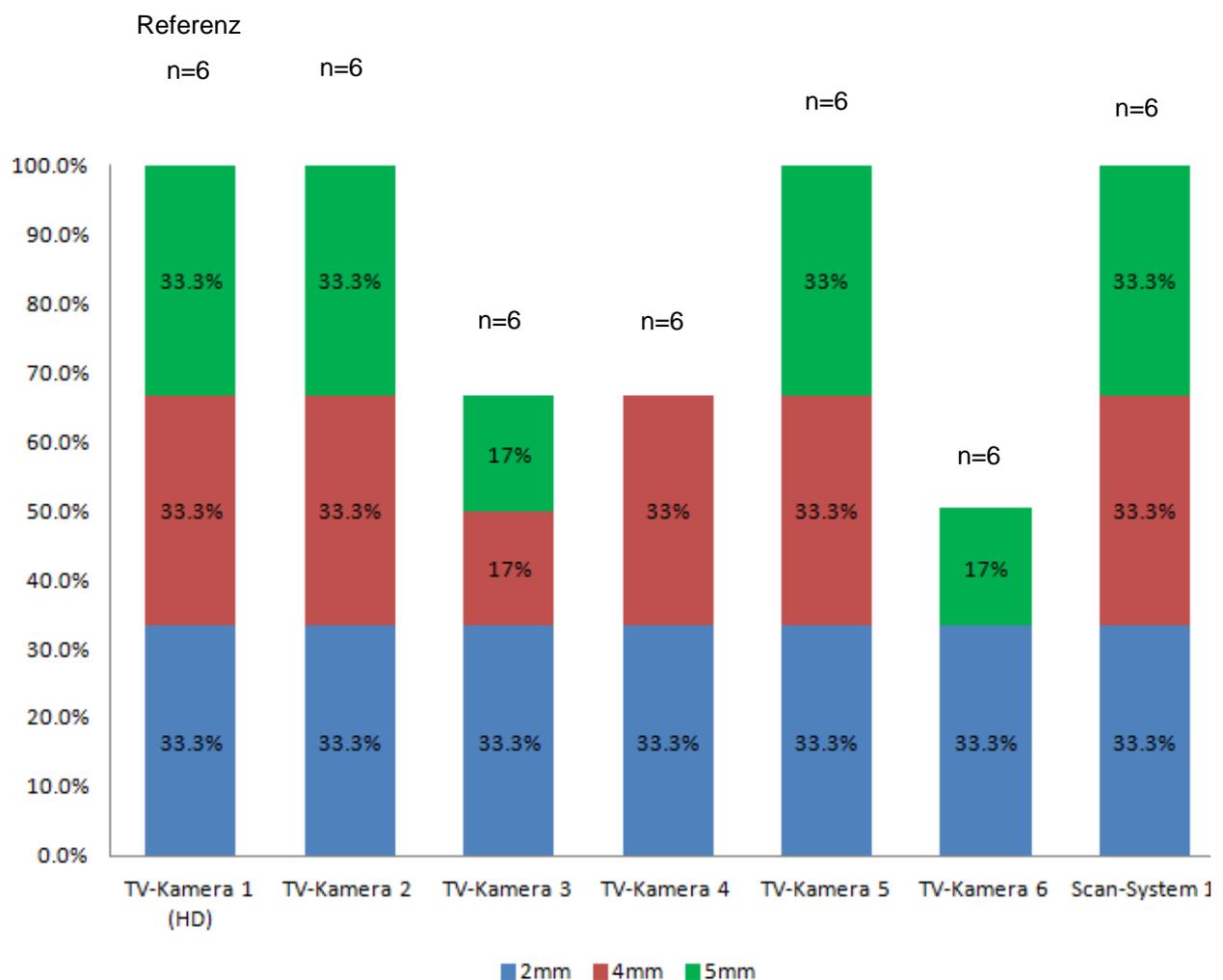


Abbildung 119: Riss-Zustandserkennung (Rissbreite von 2mm bis 5mm) beim Steinzeugrohr DN 300, Kameravergleich

Abbildung 120, Abbildung 121, Abbildung 122, Abbildung 123 und Abbildung 124 zeigen die Zustandserfassung eines 2mm breiten Riss von sieben Kamerasystemen in einem Steinzeugrohr mit DN300.



Abbildung 120: BAB-B Riss, komplex; B=1,9mm; Kreisprofil DN 300 – Steinzeug, TV-Kamera 2



Abbildung 121: BAB-B Riss, komplex; B=2mm; Kreisprofil DN 300 – Steinzeug, TV-Kamera 3



Abbildung 122: BAB-B Riss, komplex; B=2mm; Kreisprofil DN 300 – Steinzeug, TV-Kamera 5

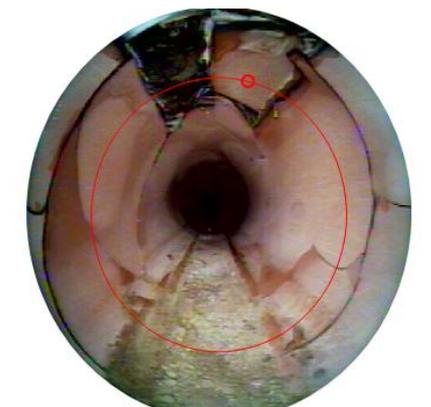


Abbildung 123: BAB-B Riss, komplex, B=2mm; Kreisprofil DN300 – Steinzeug, Scan-System 1



Abbildung 124: BAB-B Riss, komplex; B=2mm; Kreisprofil DN 300 – Steinzeug, TV-Kamera 1 (HD)

Abbildung 125 stellt die Zustandserkennung des Zustands „verschobene Verbindung“ bei Haltungen aus dem Material Steinzeug mit Durchmesser DN300 dar. Verglichen werden sieben verschiedene Kamerasysteme hinsichtlich ihrer Schadenserkennung.

Die beste Erkennungsrate kann die TV-Kamera 1 (HD) und die TV-Kamera 5 mit 100% vorweisen. Diese 100% werden in 47% BAJ-A und in 53% BAJ-C gegliedert.

Die TV-Kamera 2 kann 87% der Zustände ersichtlich machen. Diese 87% werden in 40% BAJ-A und in 47% BAJ-C unterteilt.

Die TV-Kamera 3 von Kummert, die TV-Kamera 4 und die TV-Kamera 6 zeigen 67% der verschobenen Verbindungen auf. Diese gliedern sich jeweils in 27% BAJ-A und in 40% BAJ-C.

Das Scan-System 1 konnte gesamt 47% der verschobenen Verbindungen nachweisen. Diese werden in 20% BAJ-A und in 27% BAJ-C unterteilt.

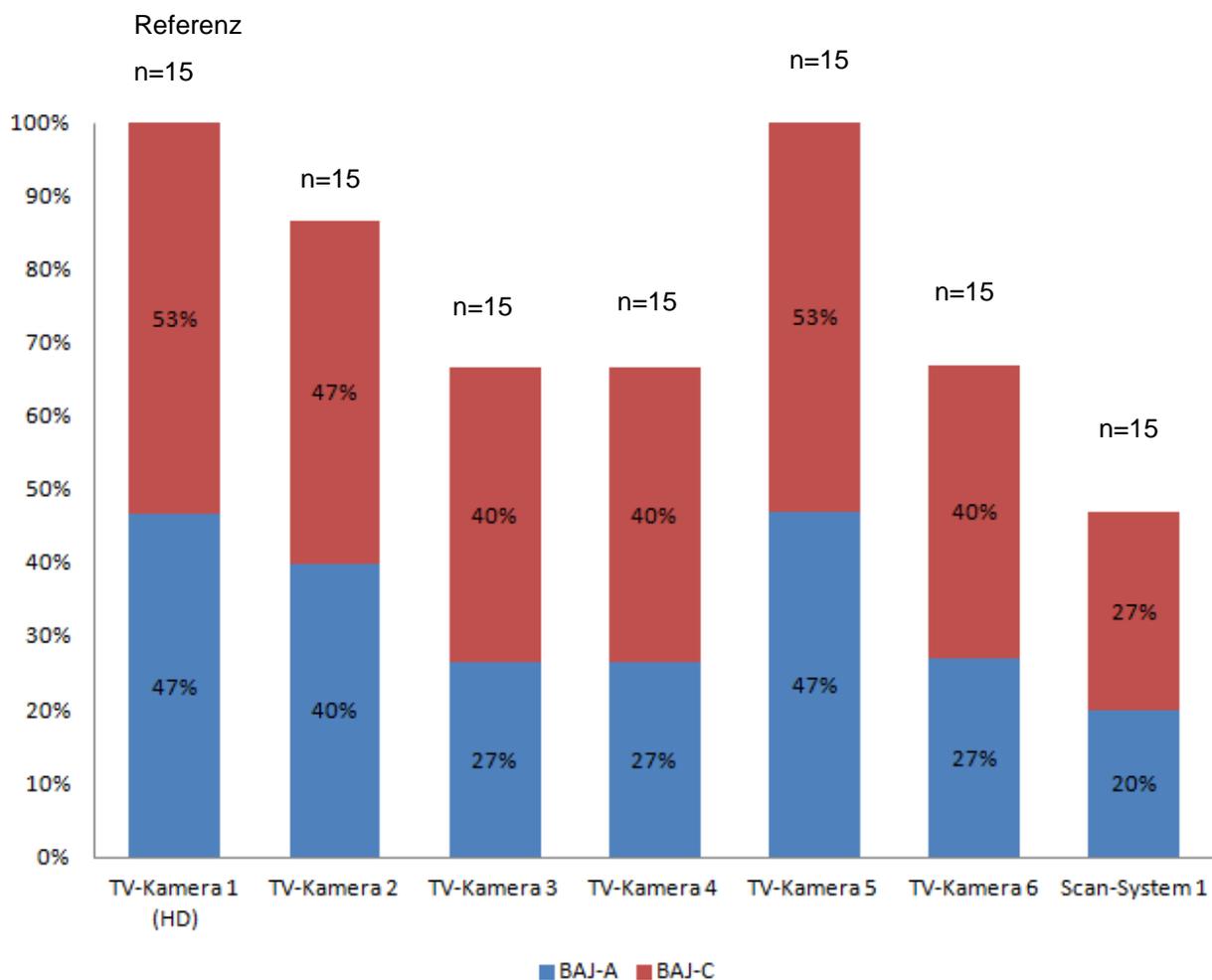


Abbildung 125: Zustandserkennung verschobene Verbindung beim Steinzeugrohr DN 300, Kameravergleich

In Abbildung 126, Abbildung 127, Abbildung 128 und Abbildung 129 wird der Zustand verschobene Verbindung anhand von vier Inspektionssystemen in einem Steinzeugrohr mit Durchmesser von DN 300 abgebildet.



Abbildung 126: BAJ-A, BAJ-C; Kreisprofil DN 300 – Steinzeug, TV-Kamera 1 (HD)



Abbildung 127: BAJ-A, BAJ-C; Kreisprofil DN 300 – Steinzeug, TV-Kamera 6

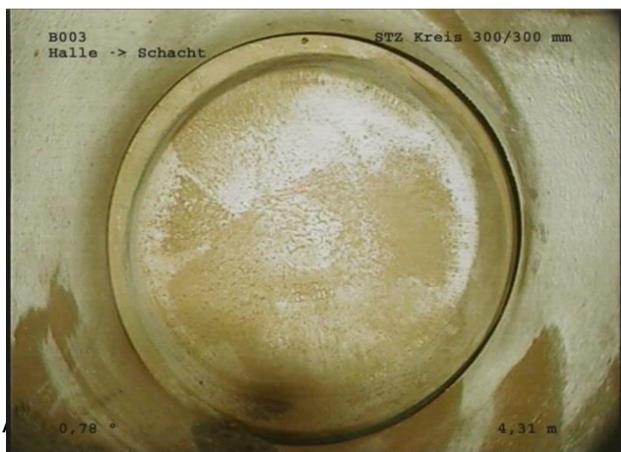


Abbildung 128: BAJ-A, BAJ-C; Kreisprofil DN 300 – Steinzeug, TV-Kamera 4



Abbildung 129: BAJ-A, BAJ-C; Kreisprofil DN 300 – Steinzeug, TV-Kamera 5

### 5.2.1.4 GFK DN200

Sechs Kamerasysteme wurden hinsichtlich ihrer Erkennung des vorliegenden Zustands (verschobene Verbindung) in GFK- Haltungen mit DN200 getestet. Die Ergebnisse dieser Untersuchung sind in Abbildung 130 dargestellt.

Die TV-Kamera 2, die TV-Kamera 3 von Kummert und die TV-Kamera 1 (HD) weisen eine Erkennungsrate von 67% auf. 50% der auftretenden Schäden konnte die TV-Kamera 6 nachweisen. Die TV-Kamera 4, die TV-Kamera 5 und das Scan-System 1 machen 33% der Zustände ersichtlch.

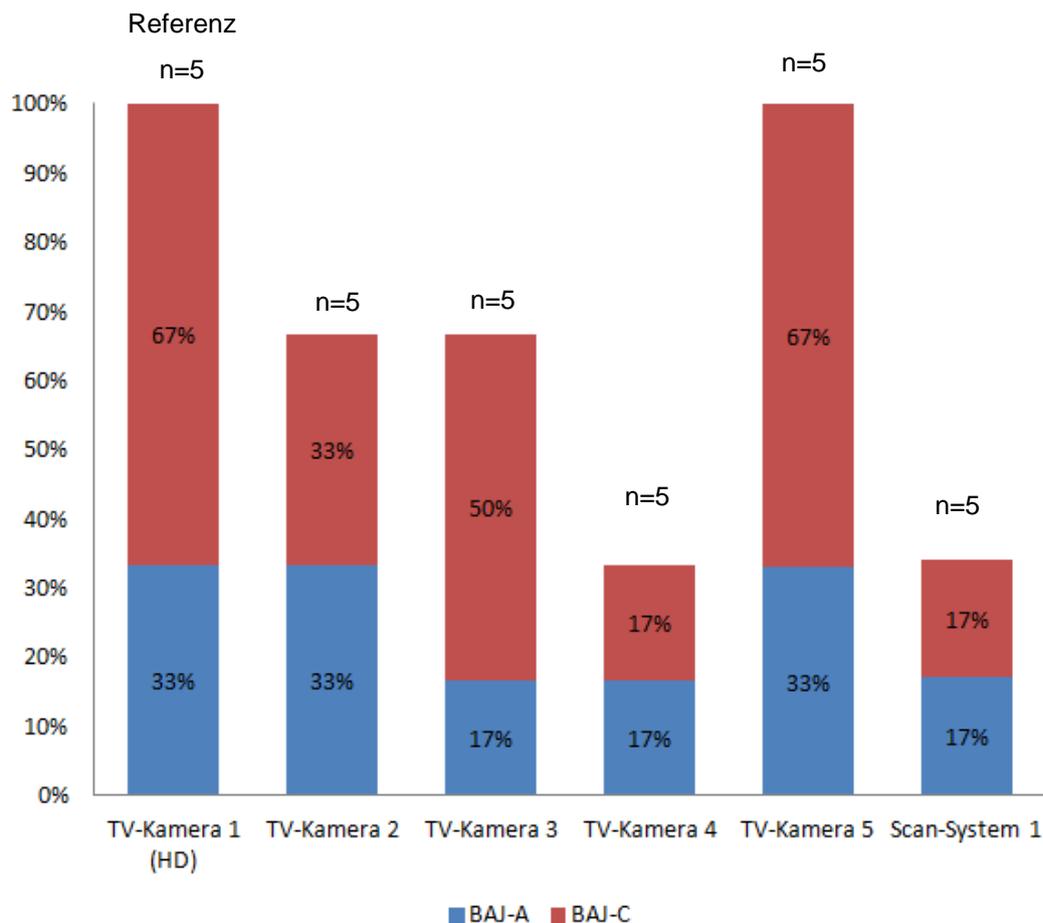


Abbildung 130: Zustandserkennung verschobene Verbindung beim GFK- Rohr DN 200, Kameravergleich

Mithilfe von vier Kamerasystemen wird der Zustand „verschobene Verbindung“ bei einem GFK-Rohr mit DN200 in Abbildung 131, Abbildung 132, Abbildung 133 und Abbildung 134 bildlich dargestellt.

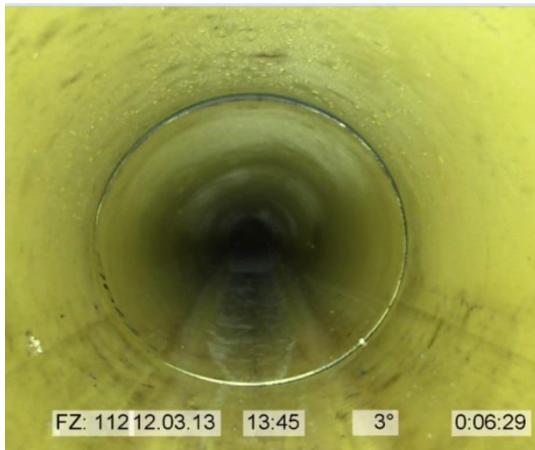


Abbildung 131: BAJ-A, BAJ-C; Kreisprofil DN 200 – GFK, TV-Kamera 1 (HD)



Abbildung 132: BAJ-A, BAJ-C; Kreisprofil DN 200 – GFK, TV-Kamera 2



Abbildung 133: BAJ-A, BAJ-C; Kreisprofil DN 200 – GFK, TV-Kamera 3

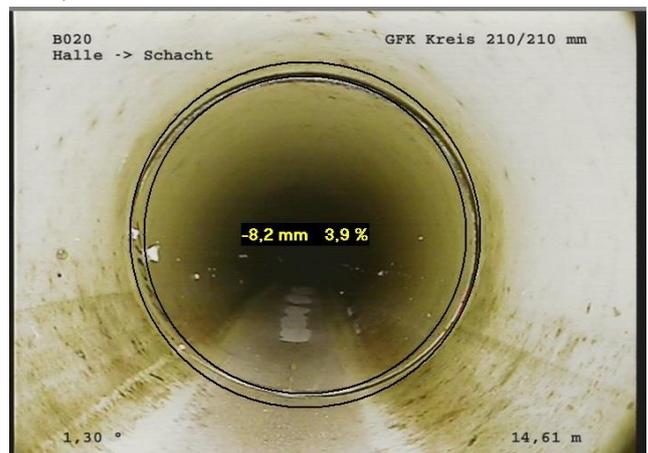


Abbildung 134: BAJ-A, BAJ-C; Kreisprofil DN 200 – GFK, TV-Kamera 4

### 5.2.1.5 GFK DN260

Abbildung 135 vergleicht die Erkennung von Rissen mit verschiedenen Kamerasystemen in einem GFK- Rohr mit DN260. Es liegen 1mm- Risse vor.

Die besten Erkennungsraten liefern die TV-Kamera 1 (HD) und die TV-Kamera 5 mit jeweils 100%.

Die TV-Kamera 3 von Kummert erkennt genauso wie die TV-Kamera 2 von Rico 60% und die Erkennungsrate mit der TV-Kamera 6 beträgt 40%.

Die TV-Kamera 5 und das Scan-System 1 können eine Erkennungsrate von jeweils 20% vorweisen.

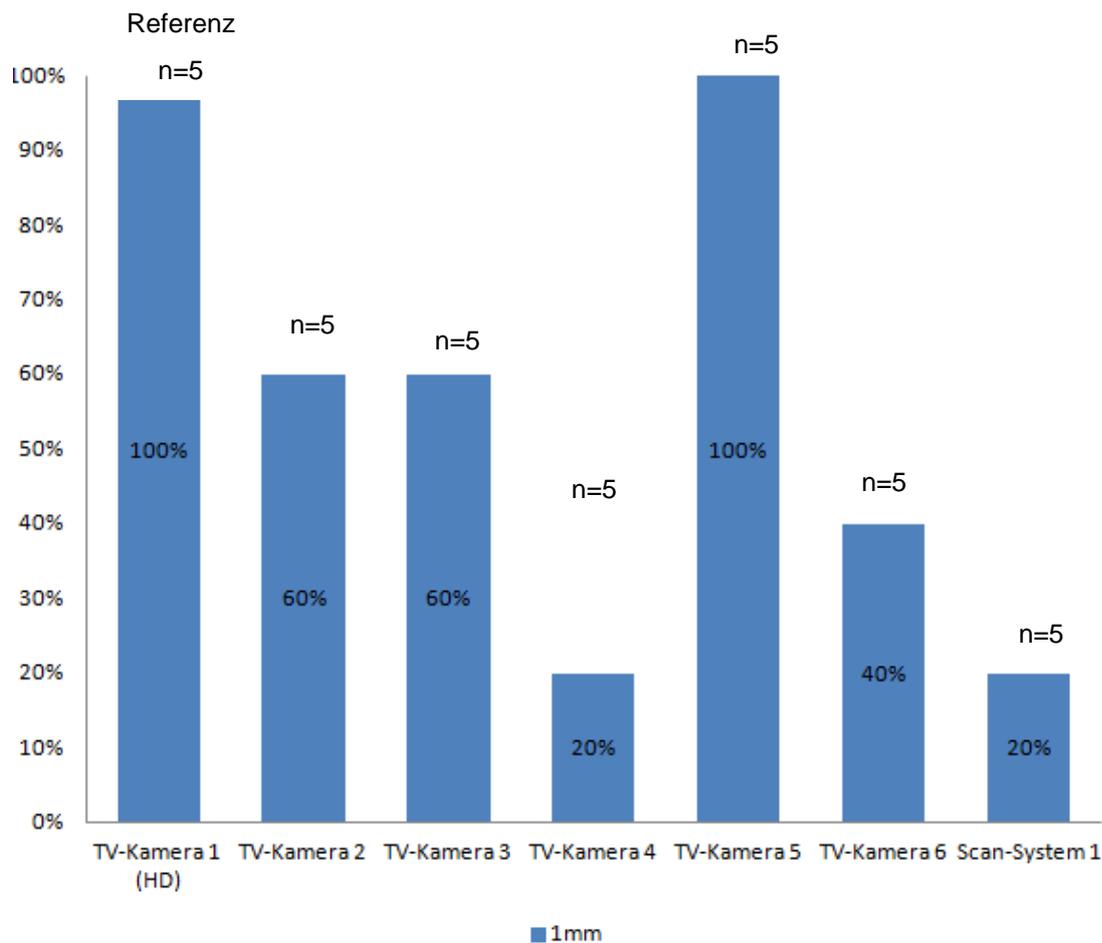


Abbildung 135: Riss-Zustandserkennung (Rissbreite von 1mm) beim GFK- Rohr DN 260, Kameravergleich

Die Zustandserkennung eines 1mm breiten Risses von vier verschiedenen Inspektionssystemen sind in Abbildung 136, Abbildung 137, Abbildung 138 und Abbildung 139 aufgezeigt.



Abbildung 136: BAB-B Riss, komplex; B=1,0mm; Kreisprofil DN 260 – GFK, TV-Kamera 1 (HD)



Abbildung 137: BAB-B Riss, komplex; B=1,0mm; Kreisprofil DN 260 – GFK, TV-Kamera 3



Abbildung 138: BAB-B Riss, komplex; B=1,0mm; Kreisprofil DN 260 – GFK, TV-Kamera 4



Abbildung 139: BAB-B Riss, komplex; B=1,0mm; Kreisprofil DN 260 – GFK, TV-Kamera 5

In Abbildung 140 sind die Untersuchungsergebnisse von sieben Kamerasysteme hinsichtlich ihrer Erkennungsrate des Zustands „verschobene Verbindung“ in GFK- Haltungen mit DN260 ersichtlich.

100% der auftretenden Schäden erkennt die TV-Kamera 5. Diese 100%-ige Erkennungsrate gliedert sich in 30% BAJ-A und in 70% BAJ-C.

Eine 70%ige- Erkennung des Zustands BAJ weist die TV-Kamera 3 von Kummert vor. Diese unterteilen sich in 30% BAJ-A und in 40% BAJ-C.

Die TV-Kamera 2 stellt 10% BAJ-A und 50% BAJ-C fest. Das ergibt eine gesamte Erkennungsrate von 60%.

Mit der TV-Kamera 6 wurden 50% der verschobenen Verbindungen dargestellt. Diese teilen sich in 20% BAJ-A und in 30% BAJ-C.

Mit der TV-Kamera 5 wurden 40% radial verschobene Verbindungen eruiert.

Das Scan-System 1 zeigt 20% BAJ-A und 10% BAJ-C auf.

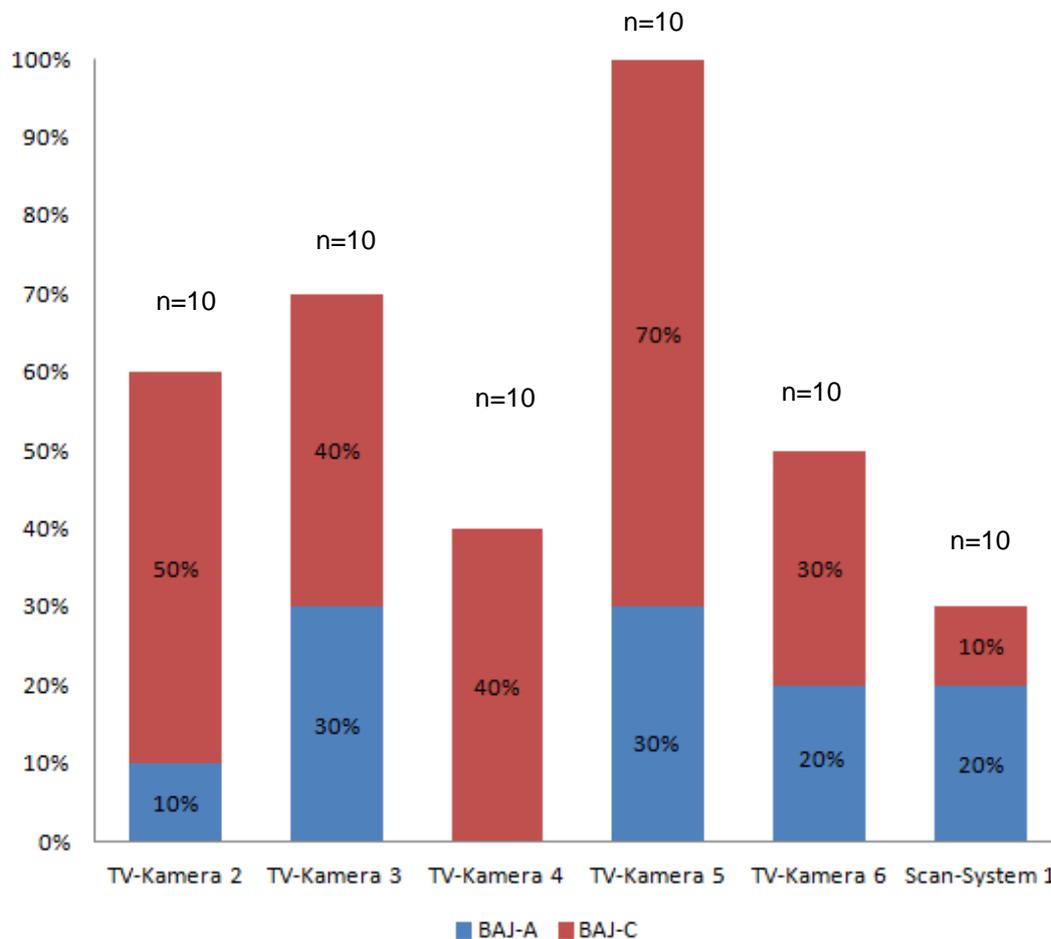


Abbildung 140: Zustandserkennung verschobene Verbindung beim GFK- Rohr DN 260, Kameravergleich

Die Zustandserfassung von dem Schaden „verschobene Verbindung“ ist in Abbildung 141, Abbildung 142, Abbildung 143 und Abbildung 144 anhand von Bildvergleichen ersichtlich.



Abbildung 141: BAJ-A, BAJ-C; Kreisprofil DN260 – GFK, TV-Kamera 2



Abbildung 142: BAJ-A, BAJ-C; Kreisprofil DN260 – GFK, TV-Kamera 3



Abbildung 143: BAJ-A, BAJ-C; Kreisprofil DN260 – GFK, TV-Kamera 4



Abbildung 144: BAJ-A, BAJ-C; Kreisprofil DN260 – GFK, TV-Kamera 5

5.2.1.6 GFK DN300

In Abbildung 145 sind die Erkennungsraten von sieben getesteten Kamerasystemen beim Zustand „verschobene Verbindung“ bei Haltungen mit dem Material GFK und einem Durchmesser von DN300 ersichtlich.

Die TV-Kamera 1 (HD) und die TV-Kamera 5 können 100% des vorliegenden Zustands erkennen. Dies wird unterteilt in 40% längs verschobenen Verbindungen und in 60% radial verschobenen Verbindungen.

Die TV-Kamera 2 konnte 70% (20% BAJ-A und 50% BAJ-C) der Schäden nachweisen.

Die Erkennungsrate der TV-Kamera 3 von Kummert beträgt 50%. Diese 50% gliedern sich in 30% BAJ-A und in 20% BAJ-C..

Eine 30%- ige Erkennungsrate (30% BAJ-C) können die TV-Kamera 4 und das Scan-System 1 vorweisen.

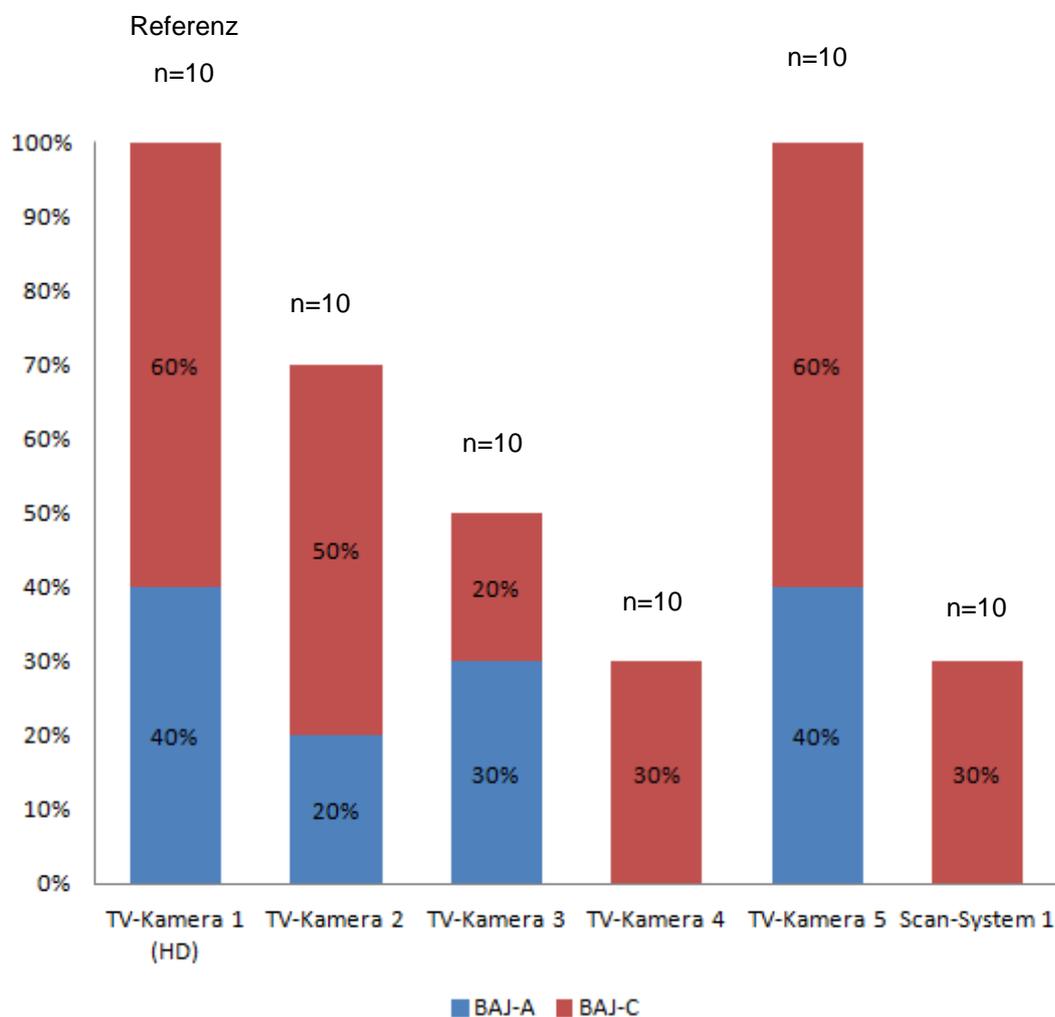


Abbildung 145: Zustandserkennung verschobene Verbindung beim GFK- Rohr DN 300, Kameravergleich

Der Zustand „verschobene Verbindung“ wird anhand von vier Kameras in Abbildung 146, Abbildung 147, Abbildung 148 und Abbildung 149 bei GFK- Rohren mit einem Durchmesser von DN300 grafisch dargestellt.

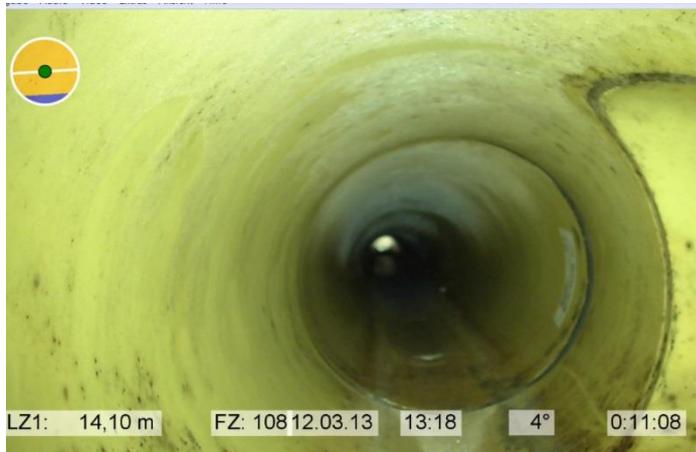


Abbildung 146: BAJ-A, BAJ-C; Kreisprofil DN300 – GFK, TV-Kamera 1 (HD)



Abbildung 147: BAJ-A, BAJ-C; Kreisprofil DN300 – GFK, TV-Kamera 2

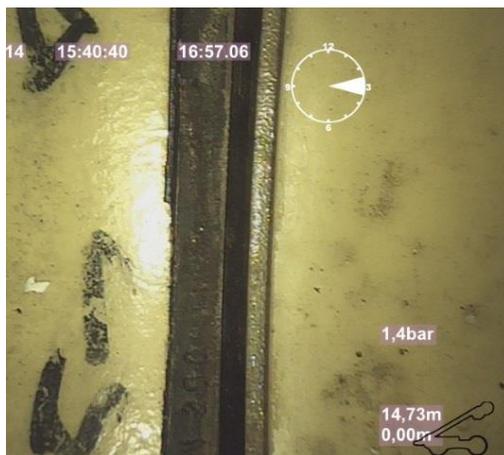


Abbildung 148: BAJ-A, BAJ-C; Kreisprofil DN300 – GFK, TV-Kamera 3



Abbildung 149: BAJ-A, BAJ-C; Kreisprofil DN300 – GFK, TV-Kamera 5

In Abbildung 150 sind die Erkennungsraten von vier getesteten Kamerasystemen bei Haltungen mit dem Rohrmaterial GFK mit dem Durchmesser DN300 vorliegend. Die TV-Kamera 2 konnte bei 100% der auftretenden Zustände feststellen. Mit der TV-Kamera 5 wurden 60% und mit der TV-Kamera 4 sowie mit dem Scan-System 1 jeweils 40% der Schäden erkannt werden.

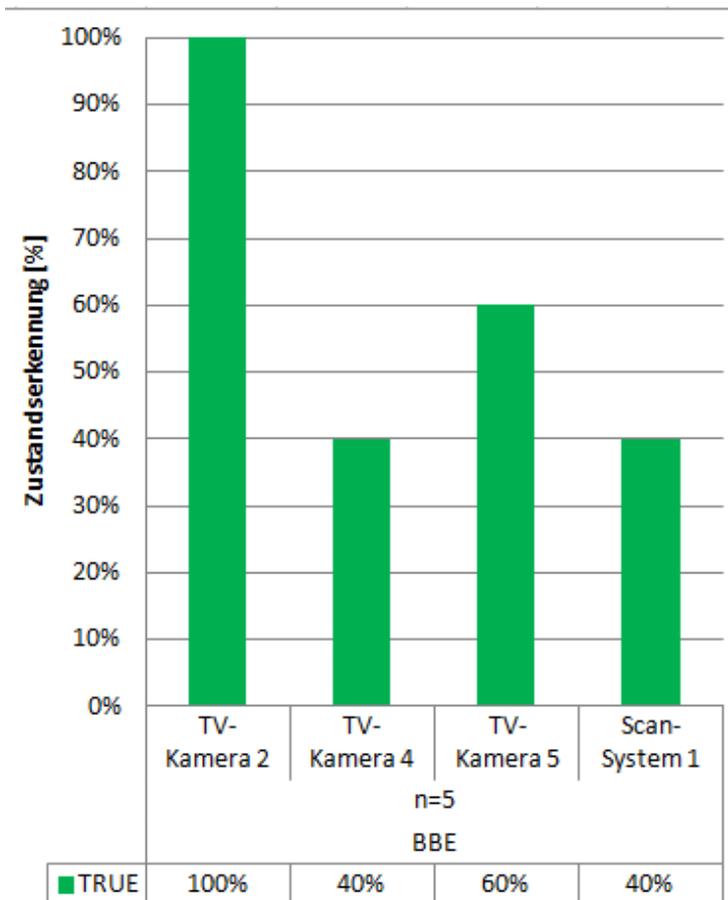


Abbildung 150: Zustandserkennung Hinderniss beim GFK- Rohr DN 300, Kameravergleich

Abbildung 151, Abbildung 152 und Abbildung 153 zeigen die Zustandserkennung von dem Schaden „Hindernisse“ in einer GFK- Haltung mit DN300 anhand von drei verschiedenen Kameras.



Abbildung 151: BBE, Hindernisse; Kreisprofil DN300 – GFK, TV-Kamera 2



Abbildung 152: BBE, Hindernisse; Kreisprofil DN300 – GFK, TV-Kamera 4



Abbildung 153: BBE, Hindernisse; Kreisprofil DN300 – GFK, TV-Kamera 5

### 5.2.1.7 PE DN200

Fünf Kamerasysteme wurden hinsichtlich ihrer Schadenserkenkung beim Zustand „verschobene Verbindung“ in PE- Röhren mit DN200 untersucht. Die Ergebnisse sind in Abbildung 154 abgebildet. Von der TV-Kamera 1 (HD) liegen keine Ergebnisse vor, da diese Haltung nicht befahren wurden.

Die TV-Kamera 2 weist eine 100%-ige Erkennung auf. Diese 100% gliedern sich in 33% BAJ-A und in 67% BAJ-C.

Die TV-Kamera 5 kann eine Schadenserkenkung von 83% aufweisen. Diese 83% ergeben sich aus 33% BAJ-A und aus 50% BAJ-C.

Das Scan-System 1 konnte genauso wie die TV-Kamera 5 50% der Schäden feststellen. Bei der TV-Kamera 5 und dem Scan-System 1 liegen nur radial verschobene Verbindungen vor. Mit der TV-Kamera 3 von können alle verschobenen Verindungen (50% BAJ-A) erkannt werden.

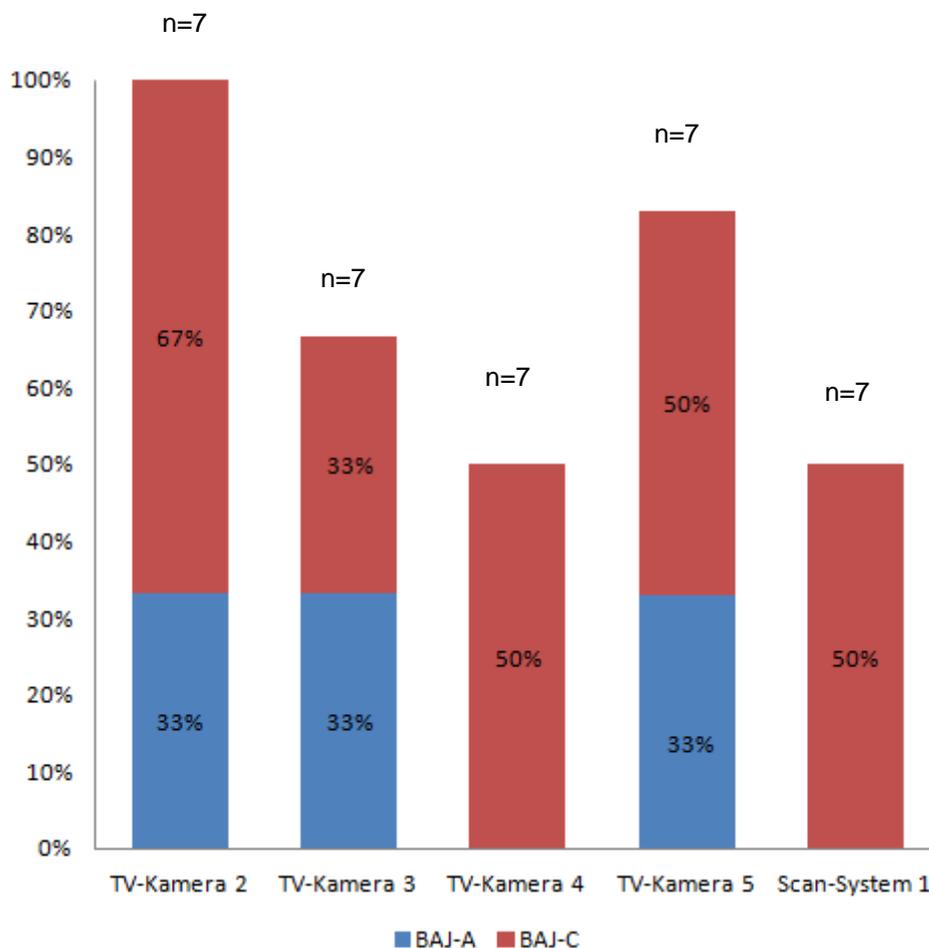


Abbildung 154: Zustandserkenkung verschobene Verbindung beim PE- Rohr DN 200, Kameravergleich

Anhand von vier Kamerasystemen, die in Abbildung 155, Abbildung 156, Abbildung 157 und Abbildung 158 abgebildet sind, ist der Zustand „verschobene Verbindung“ ersichtlich.



Abbildung 155: BAJ-A; Kreisprofil DN200 – PE, TV-Kamera 2



Abbildung 156: BAJ-A; Kreisprofil DN200 – PE, TV-Kamera 3



Abbildung 157: BAJ-A, BAJ-C; Kreisprofil DN200 – PE, TV-Kamera 4



Abbildung 158: BAJ-A, BAJ-C; Kreisprofil DN200 – PE, TV-Kamera 5

5.2.1.8 PE DN250

In Abbildung 159 sind die Erkennungsraten von fünf Kamerasystemen beim Zustand „verschobene Verbindung“ beim Rohrmaterial PE und einem Durchmesser von DN250 angeführt. Die TV-Kamera 1 (HD) liefert keine Ergebnisse, da diese Haltung nicht befahren wurde.

Die besten Erkennungsraten weisen die TV-Kamera 2 und die TV-Kamera 5 mit jeweils 88% auf. Die 88% gliedern sich jeweils in 50% längs verschobene Verbindung und in 38% radial verschobene Verbindung.

Das Scan-System 1 zeigt 25% BAJ-A und 50% BAJ-C auf. Dies ergibt eine gesamte Erkennungsrate von 75%.

Mit der TV-Kamera 5 wurden 63% der verschobenen Verbindungen aufgezeigt. Diese unterteilen sich bei der TV-Kamera 5 in 13% BAJ-A und in 50% BAJ-C.

Die TV-Kamera 3 erkennt 50% BAJ-A.

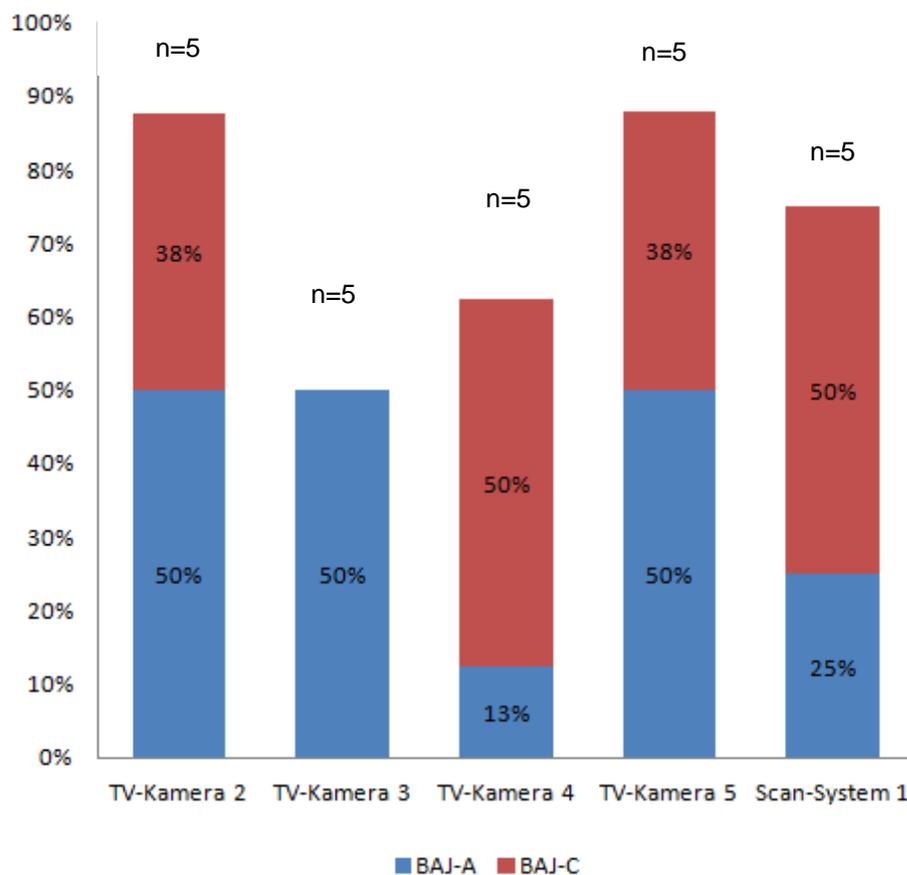


Abbildung 159: Zustandserkennung verschobene Verbindung beim PE- Rohr DN 250, Kameravergleich

Die Zustandserfassung der verschobenen Verbindung in einem PE- Rohr mit DN250 wird anhand von drei Inspektionssystemen gegenübergestellt. Dieser Vergleich ist in Abbildung 160, Abbildung 161 und Abbildung 162 ersichtlich.



Abbildung 160: BAJ-A; Kreisprofil DN250 – PE, TV-Kamera 2



Abbildung 161: BAJ-C; Kreisprofil DN250 – PE, TV-Kamera 4



Abbildung 162: BAJ-C; Kreisprofil DN250 – PE, TV-Kamera 5

### 5.2.1.9 PP DN225

Die Untersuchungen von vier Inspektionssystemen hinsichtlich der Schadenserkennung bei PP-Haltungen mit DN225 beim Zustand „verschobene Verbindung“ sind in Abbildung 163 dargestellt. Von der TV-Kamera 1 (HD) liegen keine Befahrungen vor.

Die TV-Kamera 4 und das Scan- System 1 konnten 80% der Schäden aufzeigen.

Die TV-Kamera 3 von Kummert und die TV-Kamera 6 stellen 60% der auftretenden Zustände fest.

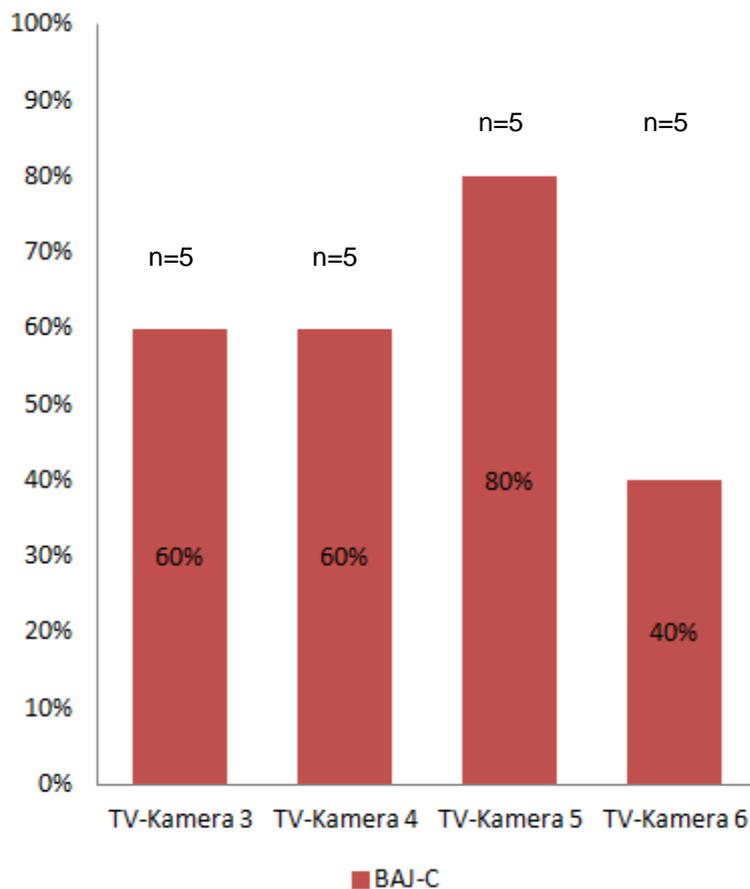


Abbildung 163: Zustandserkennung verschobene Verbindung beim PP- Rohr DN 225, Kameravergleich

Der Zustand „verschobene Verbindung“ wird in Form von Bildern von drei verschiedenen Systemen in Abbildung 164, Abbildung 165 und Abbildung 166 dargestellt.

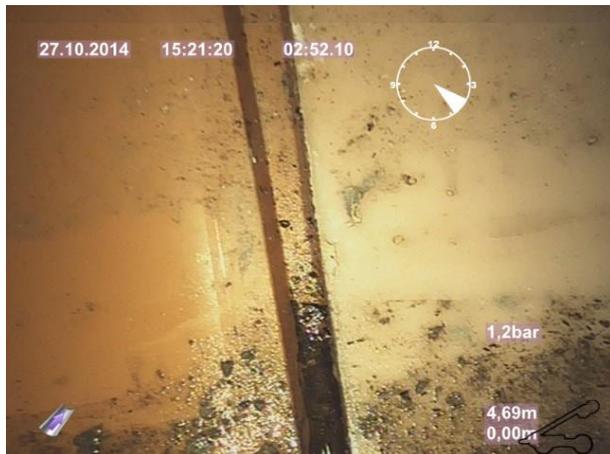


Abbildung 164: BAJ-C, Verformung längs, Kreisprofil DN225 – PP, TV-Kamera 3



Abbildung 165: BAJ-C, Verformung längs, Kreisprofil DN225 – PP, TV-Kamera 4



Abbildung 166: BAJ-C, Verformung längs, Kreisprofil DN225 – PP, TV-Kamera 6

### 5.2.1.10 Grauguss DN200

Beim Material Grauguss mit einem Rohrdurchmesser von DN200 wurden sieben Inspektionssysteme in Bezug auf die Schadenserkennung beim Zustand „verschobene Verbindung“ untersucht. Die Ergebnisse sind in Abbildung 167 abgebildet.

Die TV-Kamera 1 (HD), die TV-Kamera 3 von Kummert, die TV-Kamera 6 und die TV-Kamera 5 weisen eine Erkennungsrate von 100% auf. Diese 100% sind unterteilt in 80% BAJ-A und in 20% BAJ-C.

Mit der TV-Kamera 2, der TV-Kamera 4 und dem Scan-System 1 wurden 80% der auftretenden Schäden (80% BAJ-A) festgestellt.

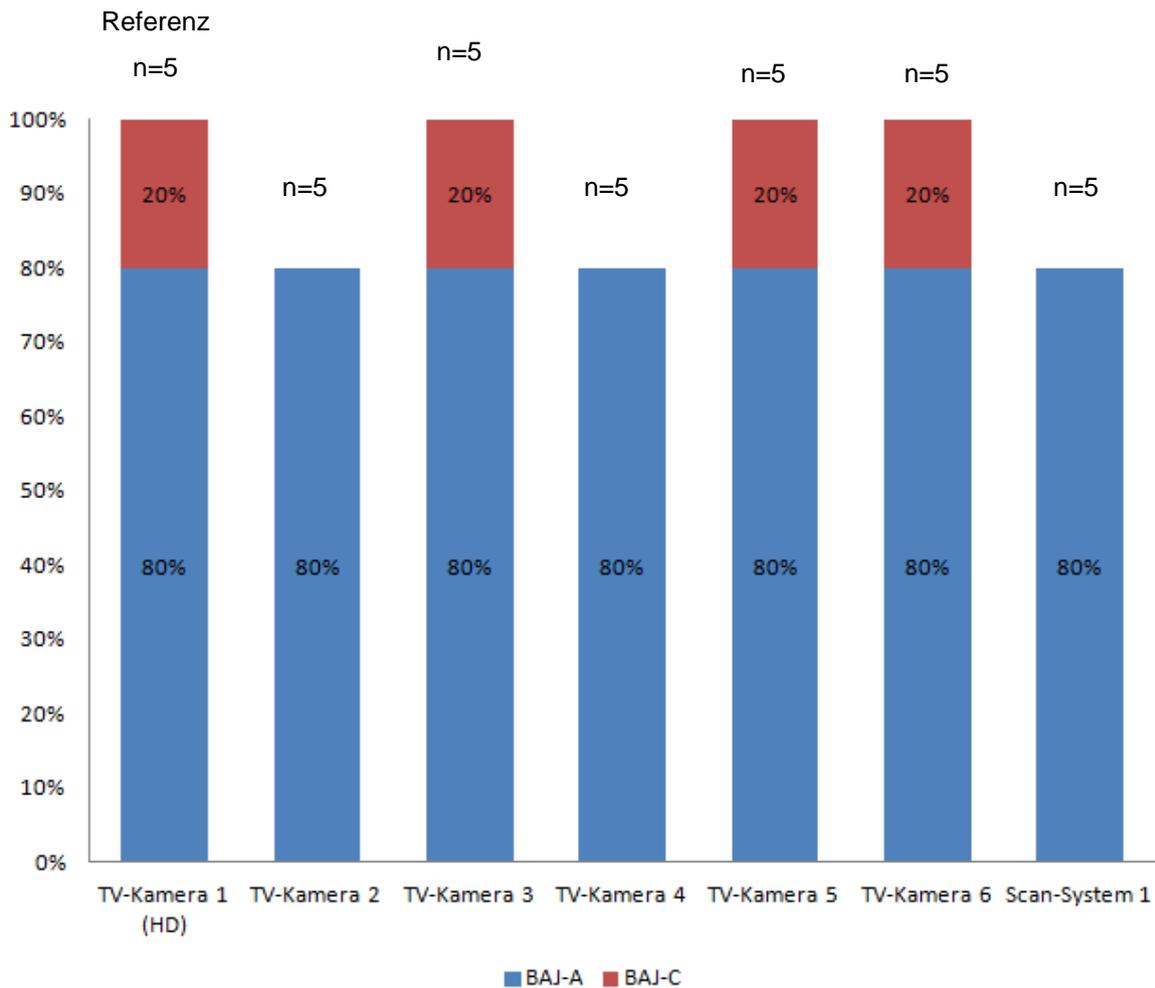


Abbildung 167: Zustandserkennung verschobene Verbindung beim Graugussrohr DN 200, Kameravergleich

Die Zustandserfassung des Schadens „verschobene Verbindung“ ist in Abbildung 168, Abbildung 169, Abbildung 170, Abbildung 171, Abbildung 172 und Abbildung 173 anhand von sechs Kamerasystemen abgebildet.



Abbildung 168: BAJ-A, BAJ-C; Kreisprofil DN200 – Grauguss, TV-Kamera 1 (HD)



Abbildung 169: BAJ-A, BAJ-C; Kreisprofil DN200 – Grauguss, TV-Kamera 2



Abbildung 170: BAJ-A, BAJ-C; Kreisprofil DN200 – Grauguss, TV-Kamera 3



Abbildung 171: BAJ-A, BAJ-C; Kreisprofil DN200 – Grauguss, TV-Kamera 4



Abbildung 172: BAJ-A, BAJ-C; Kreisprofil DN200 – Grauguss, TV-Kamera 5



Abbildung 173: BAJ-A, BAJ-C; Kreisprofil DN200 – Grauguss, TV-Kamera 6

## 5.2.2 Kapitelzusammenfassung

Aufgrund der Auswertungen des Videomaterial kann eine Nichteinhaltungen folgender Punkte negative Auswirkungen auf die Kanalsanierung haben:

- *Darstellung von Rissbreiten sowie sonstigen Längenmaßen größer gleich 1 mm, bei Nennweiten  $\leq DN\ 300 \geq 0,5\ mm$ ,*

Diese Anforderung hat nur Auswirkungen auf die Sanierung, wenn es gewünscht ist alle auftretenden Schäden zu sanieren. Die relativ schmale Rissbreite von 0,5 mm bzw. bei 1 mm ist nur essentiell, wenn es sich hierbei zusätzlich um eine Infiltration handelt.

In Abbildung 180 ist ersichtlich, dass die Erkennung eines 1 mm- Risses sehr schwierig ist. Hierbei wird mit der TV-Kamera 1 (HD) inspiziert, die die derzeit maximal mögliche Auflösung garantiert.



Abbildung 180: Beton DN500/800, TV-Kamera 1 (HD), Riss, 1mm

- *Darstellung von dynamischen Zuständen wie z. B. Ex-/ Infiltration oder Zuflüssen.*

Bei Scan- Systemen kann die Infiltration nicht dargestellt werden. Dies führt zu einer Nichterkennung eines sehr wichtigen Zustands. Die Sanierung verläuft bei Infiltrationen anders als beispielsweise bei Rissen. Sehr oft gelingt Wasser durch Risse oder undichte Muffen in die Haltung. Bei einer Sanierung muss der Grund für das Auftreten der Infiltration eruiert werden.

Mit Dreh- und Schwenkkopfkameras können Infiltrationen nachgewiesen werden.

In der Abbildung 181 (TV-Kamera 1 (HD)), Abbildung 182 (Scan-System 2 3D) und Abbildung 183 (Scan-System 2 Abwicklung) ist eine Infiltration mit drei verschiedenen Inspektionssystemen dargestellt.

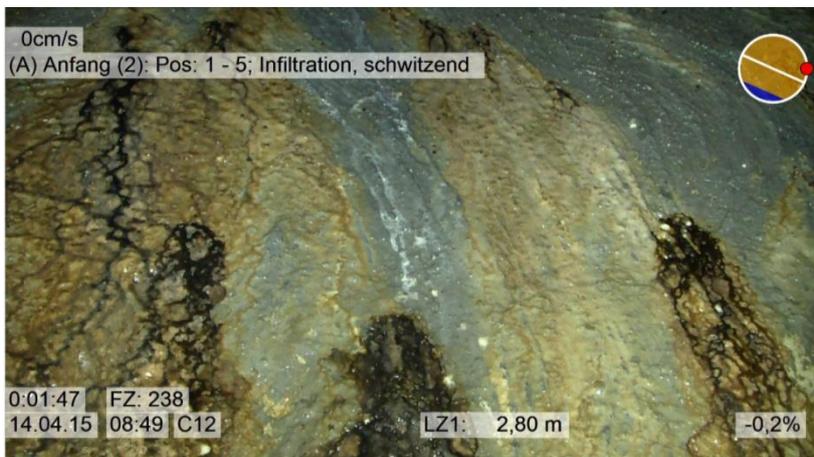


Abbildung 181: Zustandserkennung, Beton, DN 900/1350, TV-Kamera 1 (HD), Infiltration  
Mit der TV-Kamera 1 (HD) konnte die Infiltration, schwitzend zweifelsfrei eruiert werden.



Abbildung 182: Zustandserkennung, Beton, DN 900/1350, Scan-System 2, 3D, Infiltration

Es ist nicht ersichtlich, dass es sich hier zweifelsfrei um eine Infiltration handelt.

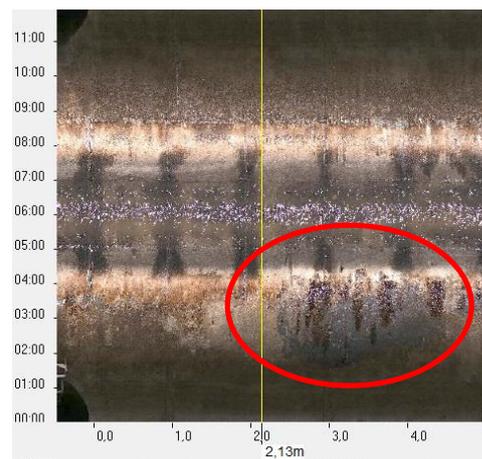


Abbildung 183: Zustandserkennung, Beton, DN 900/1350, Scan-System 2, Abwicklung, Infiltration

Bei der Abwicklung war eine Erkennung von Infiltration nicht möglich bzw. konnte nicht festgestellt werden, dass es sich zweifelsfrei um eine Infiltration handelt.

- Die Beleuchtungseinrichtung muss in Anpassung an das Inspektionsobjekt und bei allen Rohrwerkstoffen eine gleichmäßige Ausleuchtung des Blickfeldes ohne Reflexion gewährleisten. Sie sollte mit der Eigenbeleuchtung der TV-Kamera etwa 3 m bis 4 m in die Tiefe gehen.

Anhand der Abbildung 184 ist die Tiefenschärfe in der Haltung erkennbar. Die erforderliche Tiefenschärfe von mindestens drei Meter ist gegeben. Es ist jedoch deutlich ersichtlich, dass die Beleuchtung nicht gut eingestellt ist. Im vorderen Bereich, welcher auch mit einem roten Kreis markiert ist, ist die Beleuchtung sehr hell. Dies führt zu einer Nichterkennung eines möglichen Schadens an dieser Stelle. Abbildung 185 zeigt eine weitere Überbeleuchtung in dieser Haltung.



Abbildung 184: TV-Kamera 2, Beleuchtung und Tiefenschärfe      Abbildung 185: TV-Kamera 2, Beleuchtung

- Die Kameraauflösung muss der Größe des Inspektionsobjektes angepasst sein. Hierbei muss die vertikale Auflösung mindestens der lichten Höhe des Inspektionsobjektes in Millimeter entsprechen. Hieraus ergeben sich z. B. folgende 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.

In Abbildung 186 werden die verschiedenen Kamerasysteme hinsichtlich der Erkennung von Rissen in Steinzeugrohren verglichen. Bei den untersuchten Kameras handelt es sich um die TV-Kamera 2, TV-Kamera 3, TV-Kamera 4 und TV-Kamera 5. Untersucht wurden Haltungen mit Durchmesser von DN200, DN250, DN300 und teilweise DN400. Die Daten von Durchmessern DN200 bis DN300 sind Daten aus dem EPC- Zentrum in St. Veit. Ab DN300 bis DN400 werden die Untersuchungsergebnisse von den Befahrungen aus Steyr verwendet.

Die Erkennungs- Kurve der TV-Kamera 5 beginnt bei DN200 auf 88% und sinkt bei DN250 auf 82%. Danach steigt die Erkennungsrate auf 100% bei DN300. Die 100%-ige Erkennungsrate bei DN300 wird als Ausreißer deklariert.

Die TV-Kamera 2 hat bei allen untersuchten Durchmessern (DN200, DN250 und DN300) eine Erkennungsrate von 100%.

Die Erkennung der Kamera 3 liegt bei DN200 bei 88% und fällt dann rapide auf 67% bei DN250 ab. Bei DN300 werden abermals 67% der Risse erkannt. Danach fällt die Erkennungsrate kontinuierlich auf 42% bei DN400.

Die TV-Kamera 4 zeigt einen typischen Verlauf der Erkennung von Rissen bei herkömmlichen Dreh- und Schwenkkopfkameras. Bei DN200 liegt eine Erkennungsrate von 83% vor. Danach fällt diese kontinuierlich ab. Bei DN250 wurden genauso wie bei DN300 67% der Schäden festgestellt.

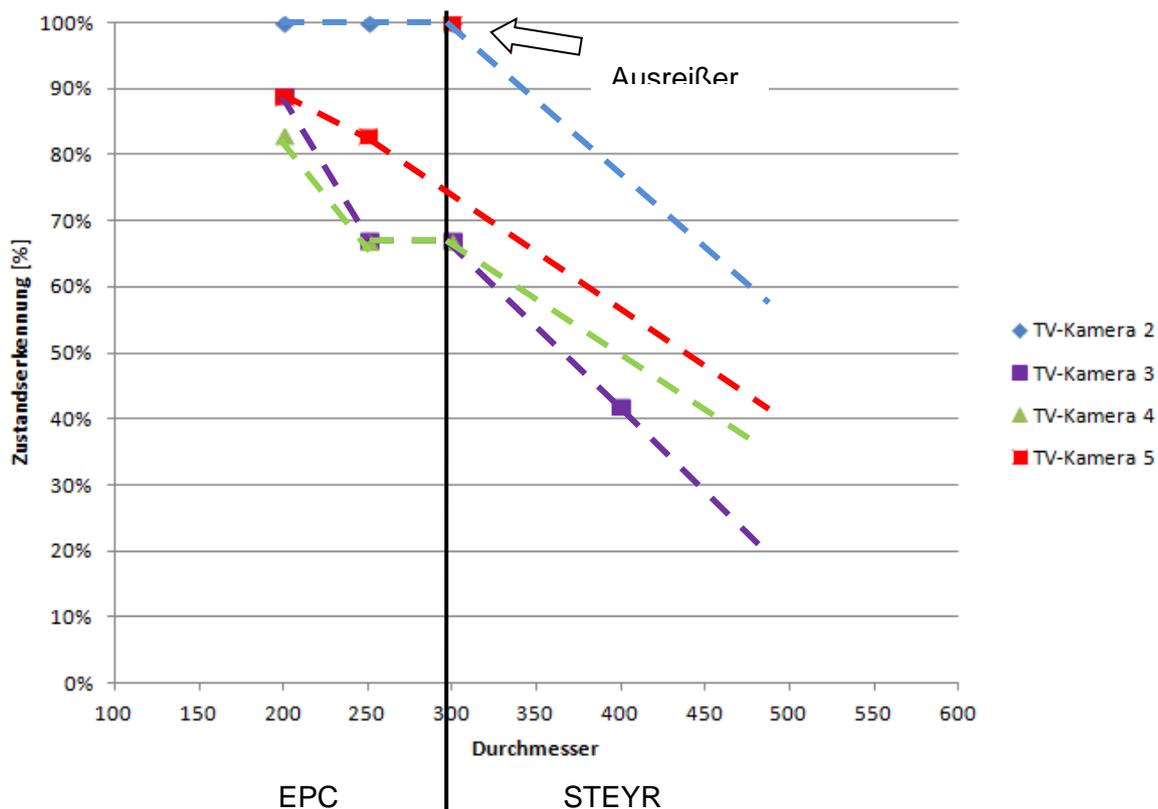


Abbildung 186: Zustandserfassung Riss, Steinzeug, TV-Kamera 2, TV-Kamera 3, TV-Kamera 4, TV-Kamera 5

In Abbildung 187 werden das Scan-System 1 und das Scan-System 2 in 3D- Modus und in der Abwicklung bezüglich ihrer Erkennung von Rissen bei Steinzeugrohren gegenübergestellt.

Mit dem Scan-System 1 wurden 78% der Schäden bei DN200 eruiert. Die Risserkennung von 50% bei DN250 kann als Ausreißer beschrieben werden. Die Erkennungsrate bei DN300 beträgt 67%.

Das Scan-System 2 im 3D- Modus kann bei DN200, DN250 und DN300 eine 100%-ige Erkennungsrate vorweisen. Bei DN400 können 63% der Risse erkannt werden.

Bei dem Scan-System 2 in der Abwicklung liegt die Erkennungsrate bei DN200 bei 72%. Bei DN250 konnten genauso wie bei DN300 67% der Risse festgestellt werden. Bei DN400 beträgt die Erkennungsrate 23%.

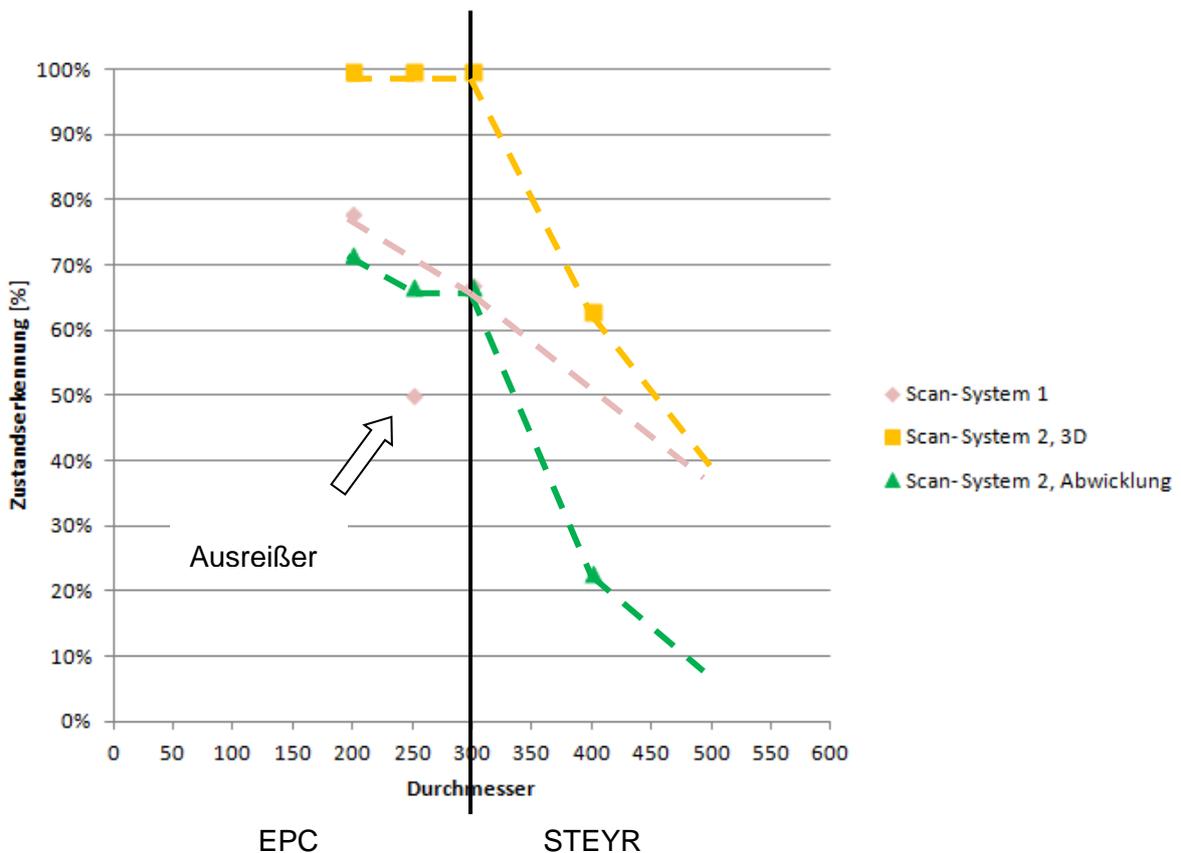


Abbildung 187: Zustandserfassung Riss, Scan-System 2, 3D und Abwicklung und Scan-System 1

### 5.3 Ergebnisse Hypothese 2 - Untersuchungen Steyr

#### 5.3.1 Vergleich der Zustände

##### 5.3.1.1 Steinzeug DN 300

Die Abbildung 188 zeigt die Zustandserkennung von Rissen bei Steinzeugrohren mit DN300 zwischen der TV-Kamera 1 (HD), dem Scan-System 2 im 3D sowie im Abwicklungsmodus. Mit der TV-Kamera 1 (HD) konnten alle Risse – also 100% eruiert werden. Deshalb gilt die HD-Kamera auch als Referenzmaß und wird in den folgenden Diagrammen nicht dargestellt. Mit der 3D- Ansicht wurden 20% mit Einschränkungen erkannt und 80% der Risse erkannt. Mit der Abwicklung konnte kein Riss erkannt werden.

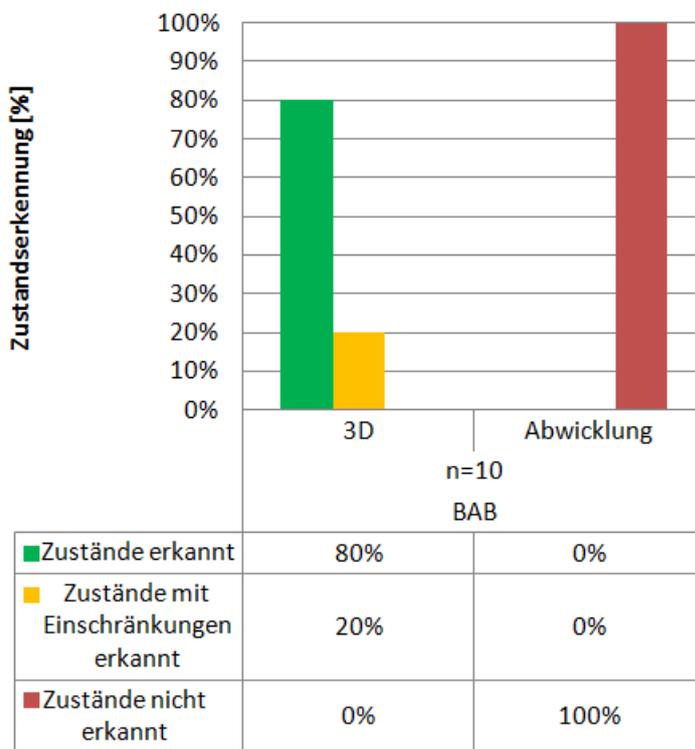


Abbildung 188: Erkennungsrate bei Steinzeug, DN 300, Riss

Die Gründe für die Nichterkennung der Schäden bei der Panorama in der Abwicklung sind zu 100% einem Anwendungsfehler zur Last zu legen.

### Vergleich der Risse

In Abbildung 189 wird die Zustandserkennung bei Rissen in Steinzeugrohren bei einem Durchmesser von DN300 im Vergleich zwischen der TV-Kamera 1 (HD) und dem Scan-System 2 in 3D sowie im Abwicklungsmodus dargestellt. Zusätzlich wurden die Risse nach ihrer Rissbreite unterteilt. Mit der HD- Kamera wurden 50% 2mm breite Risse und weitere 50% 1mm- Risse festgestellt. Nachdem die HD- Kamera als Referenzmaß gilt, liegt die Erkennungsrate bei 100%. In der 3D- Ansicht des Scan-System 2 konnten 50% 2mm- Risse und weitere 50% 1mm breite Risse erkannt werden. Das ergibt eine gesamte Erkennungsrate von 100%. In der Abwicklung konnte aufgrund der Bildqualität und eines Anwendungsfehlers bzw. computertechnischen Problemen keine Schäden festgestellt werden, da das Bild vorwiegend schwarz ist.

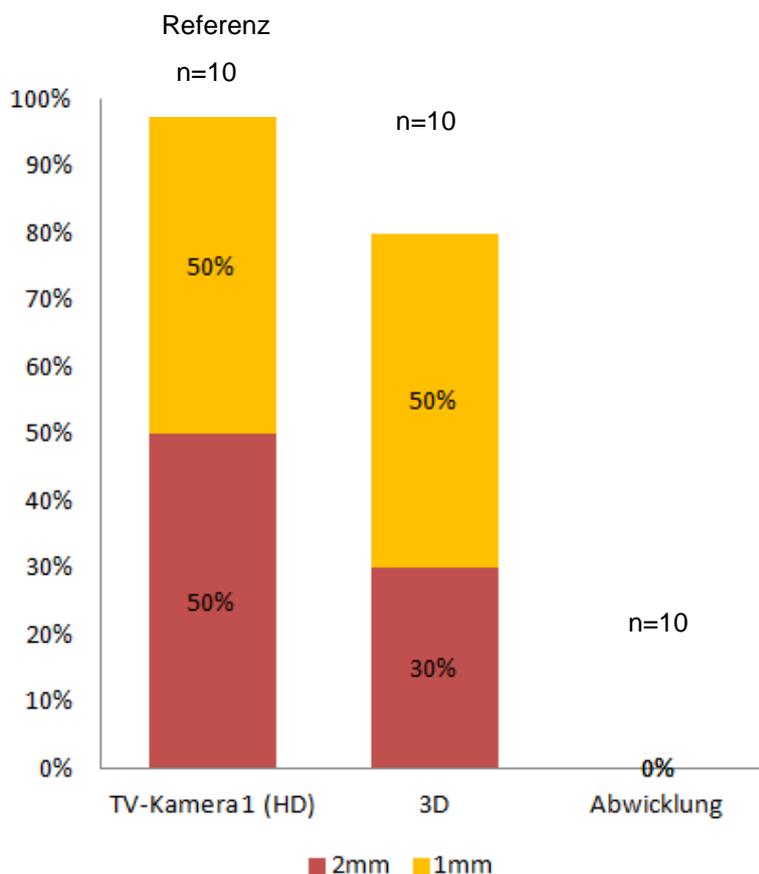


Abbildung 189: Zustandserkennung Riss, Steinzeug DN300, TV-Kamera 1 (HD), Scan-System 2 3D und Abwicklung

Abbildung 190 zeigt die Erkennung eines 2mm- Risses mit der TV-Kamera 1 (HD). Abbildung 195 und Abbildung 196 zeigen die Zustandserkennung des Scan-System 2 in 3D- Ansicht und im Abwicklungsmodus. In der Abwicklung konnte kein Schaden erkannt werden, da hier ein Anwendungsfehler bzw. eine computertechnischer Fehler vorliegt.

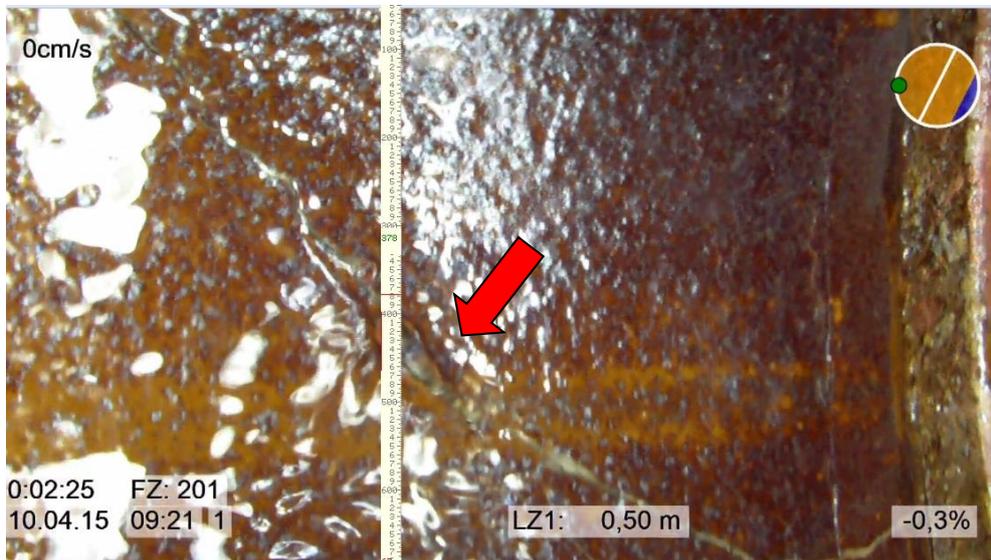


Abbildung 190: Zustandserkennung, Steinzeug, DN 300, TV-Kamera 1 (HD)  
Rissbreite = 2mm



Abbildung 191: Zustandserkennung, Steinzeug, DN 300, Scan-System 2, 3D

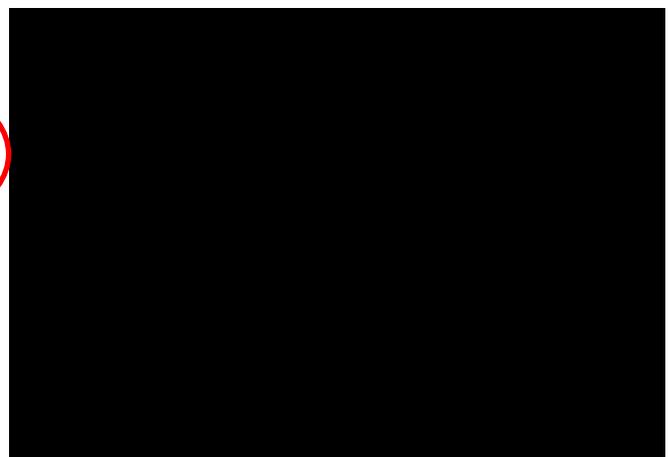


Abbildung 192: Zustandserkennung, Steinzeug, DN 300, Scan-System 2, Abwicklung

### 5.3.1.2 Steinzeug DN 400

zeigt die Zustandserkennung von Rissen, Brüchen und einfachen Anschlüssen in Steinzeughaltungen mit Durchmesser DN400 mit der TV-Kamera 3. Die Risse beim Steinzeugrohr mit DN400 wurden mit der TV-Kamera 3 zu 25% erkannt, zu 16% mit Einschränkungen und zu 59% nicht erkannt. Die Brüche sowie die einfachen Anschlüsse wurden zu jeweils 100% erkannt.

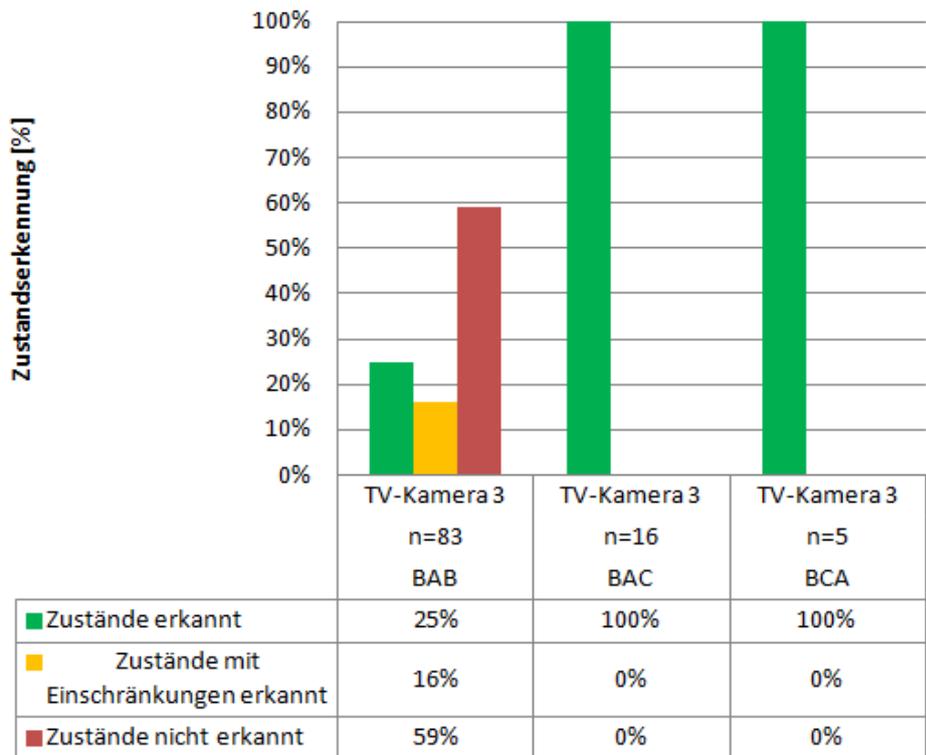


Abbildung 193: Erkennungsrate bei Steinzeug, DN 400, Riss, Bruch und einfacher Anschluss, TV-Kamera 3

Abbildung 194 zeigt die Gründe für die Nichterkennung von Rissen bei der TV-Kamera 3. Diese sind zu 58% die Bildqualität, zu 20% das vorliegenden Rohrmaterial und zu 22% die Beleuchtung der Kamera.

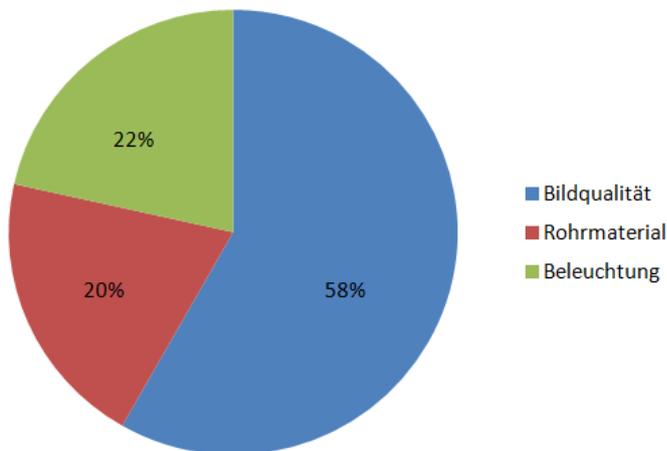


Abbildung 194: Gründe für Nichterkennung der Zustände bei Steinzeug, DN 400, Riss, TV-Kamera 3

In Abbildung 195 werden die Erkennungsraten der Befahrungen von 2006 mit einer unbekanntem Dreh- und Schwenkkopfkamera dargestellt. Es wurden 34% der Risse erkannt. Davon zählen 21% zu erkannt und 13% mit Einschränkungen erkannt. Die Brüche wurden zu 25% festgestellt und zu 75% blieben sie nicht erkannt.

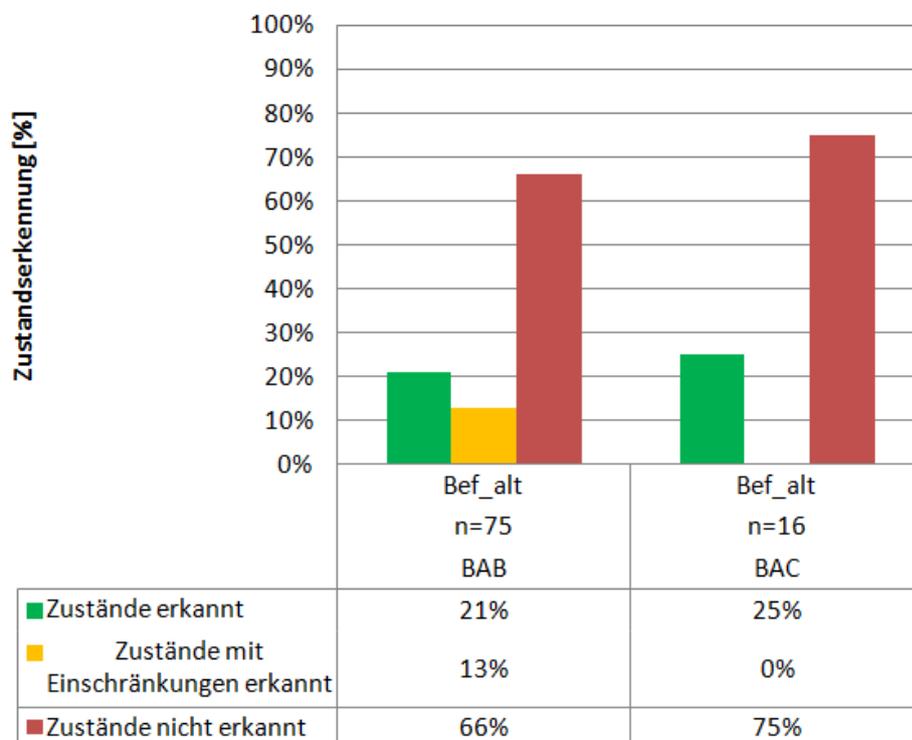


Abbildung 195: Erkennungsrate bei Steinzeug, DN 400, Riss und Bruch, alte Befahrungen

In Abbildung 196 werden die Ursachen für die Nichterkennung der Zustände abgebildet. Bei den alten Befahrungen aus dem Jahr 2006 sind die Ursachen zu jeweils 41% die Bildqualität

und die Beleuchtung. Weitere 18% werden als „unklar“ definiert, da nicht klar ist ob die Schäden im Jahr 2006 schon vorliegend waren.

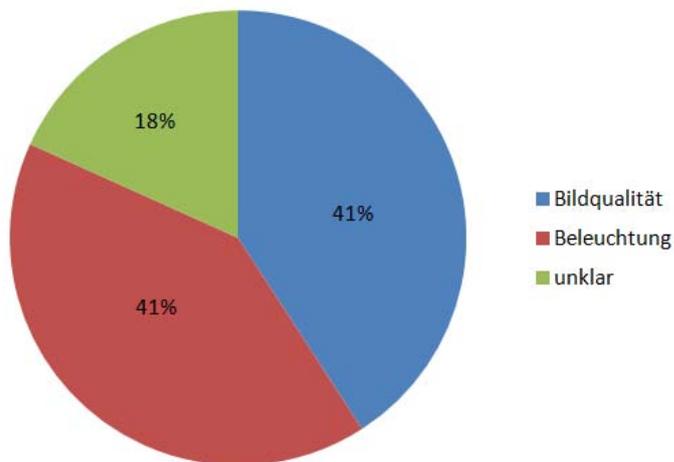


Abbildung 196: Gründe für Nichterkennung der Zustände bei Steinzeug, DN 400, Riss, alte Befahrungen

Die Ursachen für die Nichterkennung der Brüche sind in Abbildung 197 aufgezeigt. Diese liegen zu 50% an der Bildqualität und zu jeweils 25% an der Beleuchtung und Gründe ohne klarem Hintergrund.

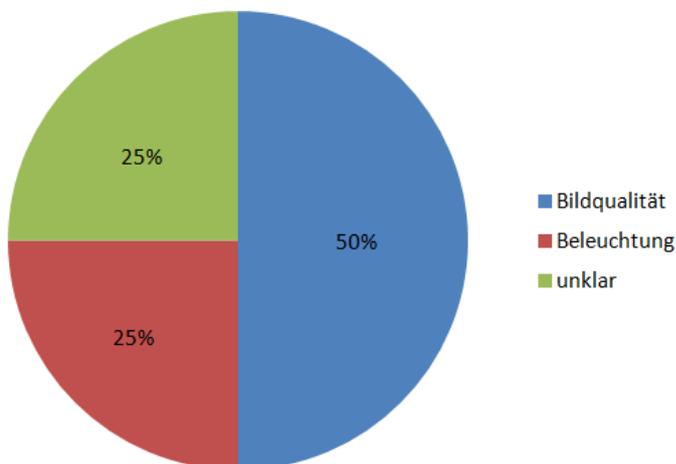


Abbildung 197: Gründe für Nichterkennung der Zustände bei Steinzeug, DN 400, Bruch, alte Befahrungen

In Abbildung 198 sind die Erkennungsraten des Scan-System 2 aufgezeigt. Diese Grafik bietet einen guten Überblick über die allgemeine Erkennungsrate des Scan-System 2 bei dem Material Steinzeug DN 400. Bei der Erkennung der Risse gibt es einen Unterschied zur Abbildung 199 gegenüber der 3D- Ansicht des Scan-System 2. Bei der Gesamtbetrachtung konnten 34% der Risse erkannt, 29% mit Einschränkungen erkannt und 37% nicht erkannt werden. Bei den Brüchen und den einfachen Anschlüssen liegen die gleichen Erkennungsraten vor.

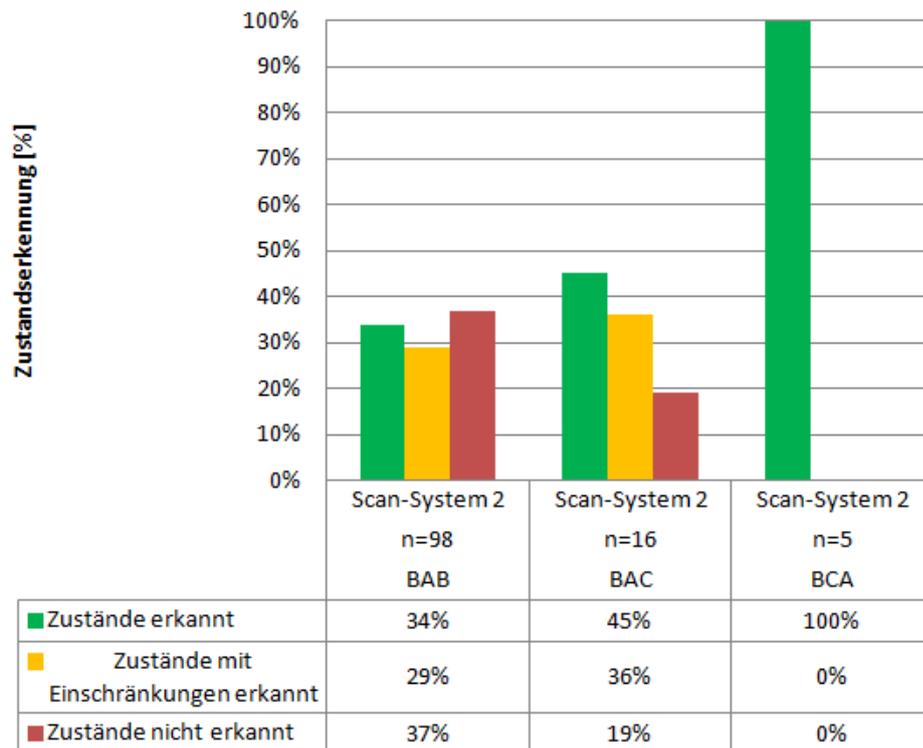


Abbildung 198: Erkennungsrate bei Steinzeug, DN 400, Riss, Bruch und einfacher Anschluss, Scan-System 2

In Abbildung 199 liegt die Zustandserkennung des Scan-System 2 im 3D- Modus bei Steinzeughaltungen mit DN400 vor. Mit dem Scan-System 2 wurden 34% der Risse erkannt und 28% mit Einschränkungen festgestellt. Die restlichen 38% konnten nicht aufgezeigt werden. Die Brüche konnten zu 19% erkannt, zu 25% mit Einschränkungen erkannt und zu 56% nicht erkannt werden. 60% der einfachen Anschlüsse wurden erkannt. Die restlichen 40% konnten nicht aufgezeigt werden.

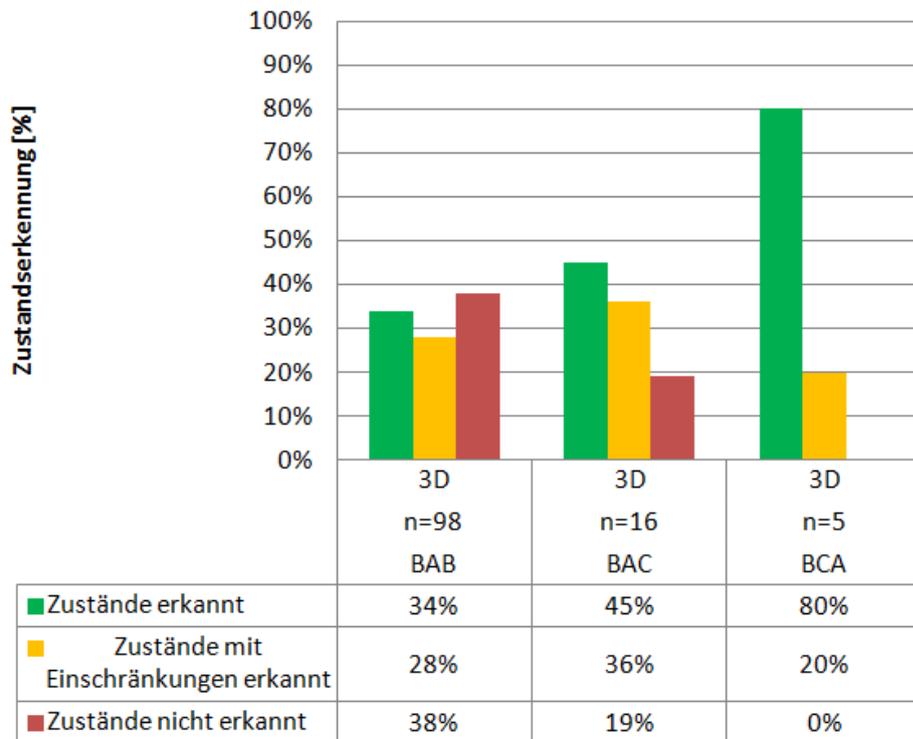


Abbildung 199: Erkennungsrate bei Steinzeug, DN 400, Riss, Bruch und einfacher Anschluss, Scan-System 2 3D

Beim 3D- Modus des Scan-System 2 sind die Bildqualität mit 61% und die Beleuchtung mit 39% ausschlaggebend für eine Nichterkennung der Risse. Diese sind in Abbildung 200 dargestellt. Die Gründe für die Nichterkennung von Brüchen wird in Abbildung 201 aufgezeigt. Aufgrund der Bildqualität (69%) und der Beleuchtung (31%) wurden Brüche in der 3D- Ansicht nicht festgestellt.

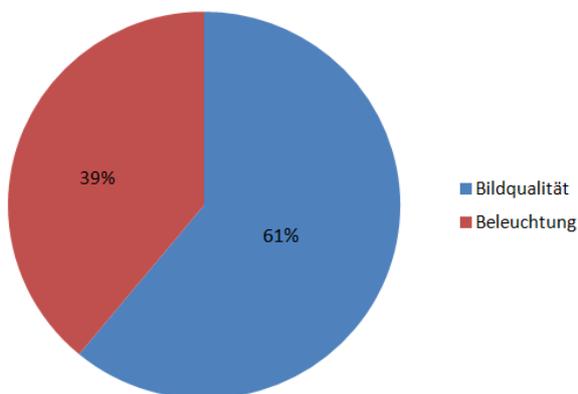


Abbildung 200: Gründe für Nichterkennung der Zustände bei Steinzeug, DN 400, Riss

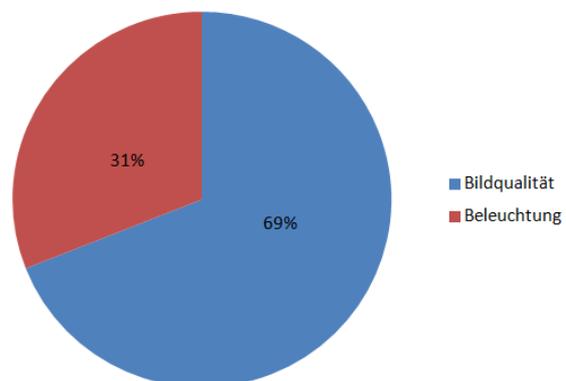


Abbildung 201: Gründe für Nichterkennung der Zustände bei Steinzeug, DN 400, Bruch

In Abbildung 202 wird die Zustandserkennung des Scan-System 2 im Abwicklungsmodus abgebildet. In der Abwicklung bleiben 77% der Risse unerkannt. Die restlichen 23% gliedern sich in 13% erkannt und 10% mit Einschränkungen erkannt auf. Bei den Brüchen konnten 19% erkannt werden und 6% mit Einschränkungen festgestellt werden. Die übrigen 75% der Brüche wurden nicht aufgezeigt. Einfache Anschlüsse wurden zu 80% erkannt und zu 20% mit Einschränkungen erkannt.

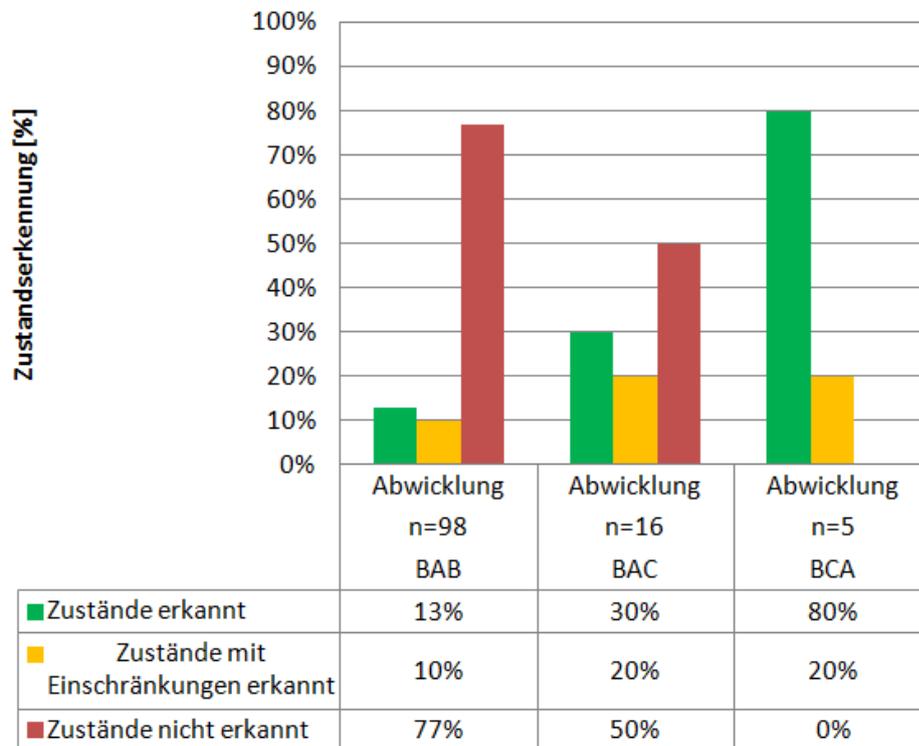


Abbildung 202: Erkennungsrate bei Steinzeug, DN 400, Riss, Bruch und einfacher Anschluss, Scan-System 2 Abwicklung

In Abbildung 203 sind die Gründe für die Nichterkennung von Rissen bei der Abwicklung abgebildet. Diese belaufen sich zu 78% aufgrund der Bildqualität und zu 22% auf die Beleuchtung. Aufgrund der Bildqualität mit 65% und der Beleuchtung mit 35% konnten Brüche in der Abwicklung nicht dargestellt werden. Diese Gründe sind in Abbildung 204 dargestellt.

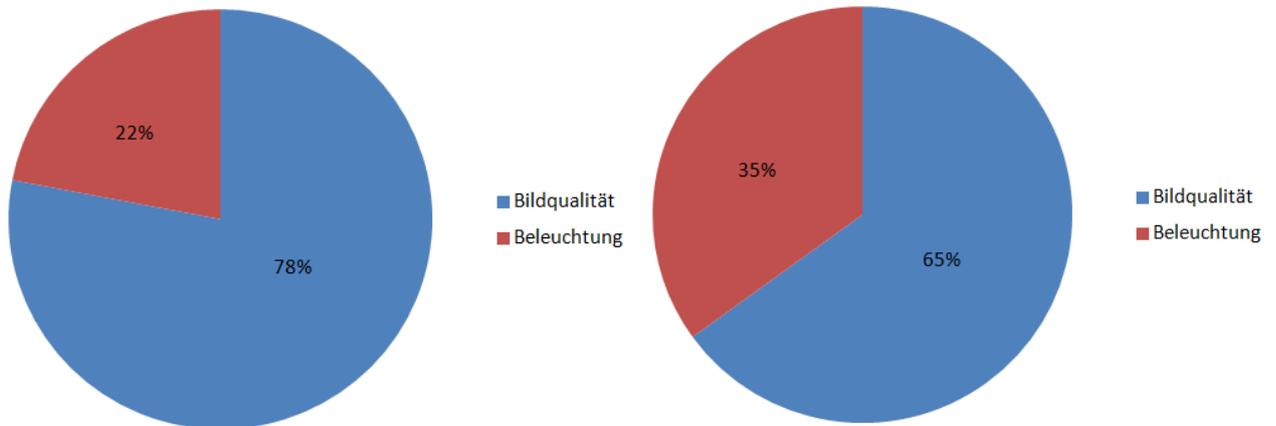


Abbildung 203: Gründe für Nichterkennung der Zustände bei Steinzeug, DN 400, Riss, Abwicklung

Abbildung 204: Gründe für Nichterkennung der Zustände bei Steinzeug, DN 400, Bruch, Abwicklung

Die Gründe für die Nichterkennung der einfachen Anschlüsse in der Abwicklung liegt zu 100% am vorliegenden Rohrmaterial.

**Vergleich der Risse BAB**

Die Abbildung 205 vergleicht die Risserkennung in einem Steinzeugrohr mit DN400 zwischen der TV-Kamera 1 (HD), der TV-Kamera 3, der TV-Kamera 4 und der Scan-System 2 in 3D-Ansicht sowie im Abwicklungsmodus. Die HD- Kamera gilt als Referenz. Desweiteren erfolgt eine Differenzierung zwischen den Rissbreiten. Mit der TV-Kamera 1 (HD) konnten 100% der Risse erkannt werden. Die weitere Unterteilung erfolgt in 2% 3mm-Risse, in 34% 2mm breite Risse, in 40% 1mm-Risse und in 24% Oberflächenrisse.

Die gesamte Erkennungsrate liegt bei der TV-Kamera 3 bei 42%. Davon sind 2% Risse mit einer Rissbreite von 3mm und 34% mit 2mm. Die übrigen sechs Prozent werden mit jeweils 3% unter den 1mm breiten Rissen und den Oberflächenrisse aufgeteilt.

Mit der TV-Kamera 4 konnten gesamt 35% der Risse festgestellt werden. Aufgeteilt werden diese in 2% 3mm- Risse, 21% 2mm-Risse, in 8% 1mm- Risse und in 4% Oberflächenrisse.

In der 3D- Ansicht des Scan-System 2 konnten 2% 3mm breite Risse, 31% der 2mm breiten Risse eruiert werden. Des weiteren werden 20% der 1mm-Risse sowie 13% Oberflächenrisse aufgezeigt. Dies ergibt gesamt eine Erkennungsrate von 64%.

Im Abwicklungsmodus des Scan-System 2 konnten 2% 3mm- Risse, 20% der 2mm- Risse, 4% 1mm- Risse und 3% der Oberflächenrisse erkannt werden. Gesamt gesehen bedeutet das eine Erkennungsrate von 29%.

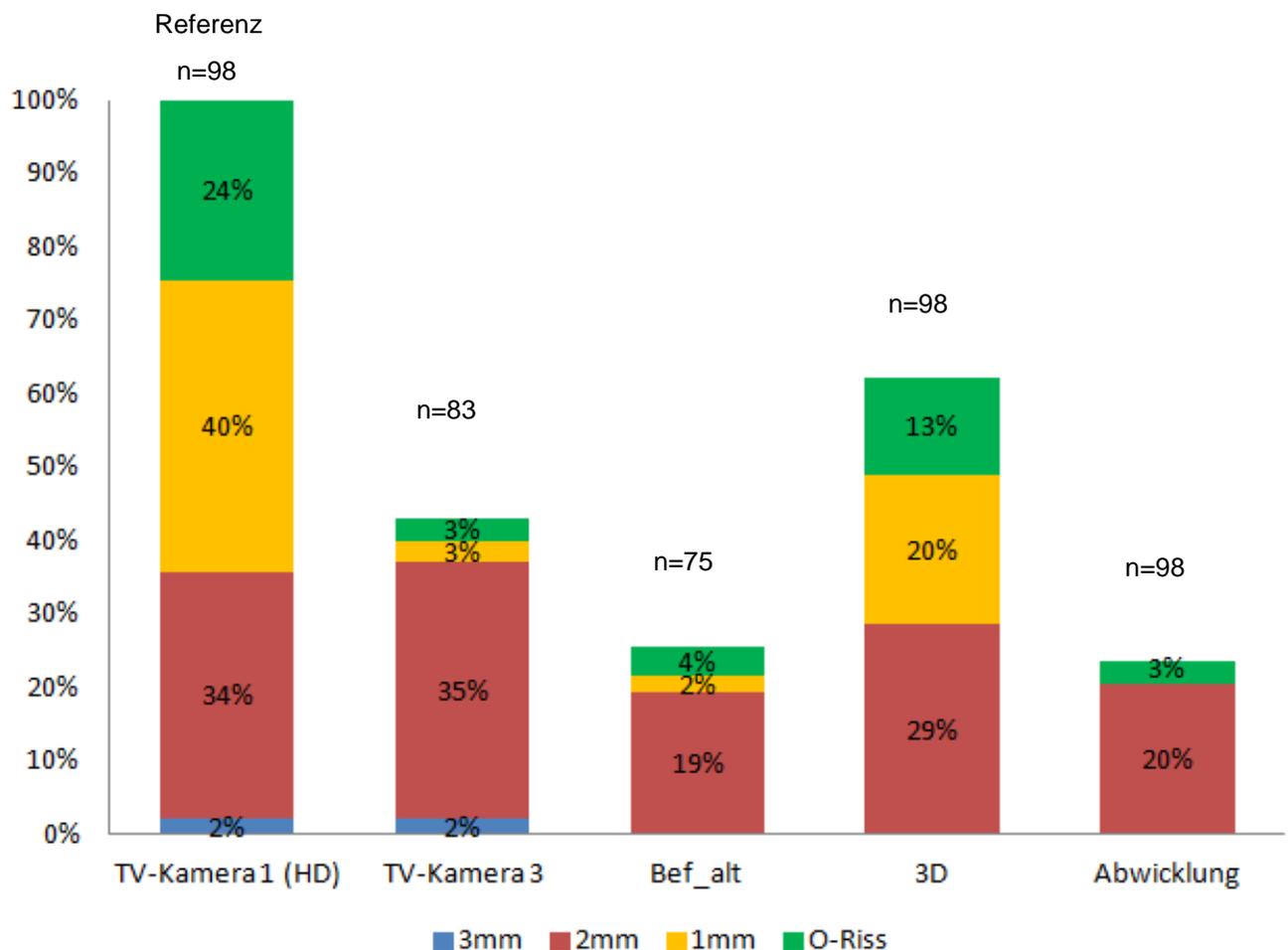


Abbildung 205: Zustandserkennung Riss, Steinzeug DN400, TV-Kamera 1 (HD), TV-Kamera 3, unbekannte Kamera, Scan-System 2 3D und Abwicklung

### Vergleich der Brüche BAC-A

Die Aufteilung der Brüche erfolgte in fünf Gruppen und wird in Abbildung 206 abgebildet. Die blauen Balken stellen die Brüche zwischen 0-99mm, die roten Balken Brüche von 150mm, die grünen Brüche von 200mm, die gelben Brüche von 500mm und die orangen Balken stellen Brüche von 700-1000mm dar.

Die TV-Kamera 1 (HD) fungiert als Referenzmaß und erkennt daher 100%. Die TV-Kamera 3 weist eine gleiche Erkennungsrate bei allen Brüchen auf, außer bei 500mm und 700-1000mm. Bei den alten Befahrungen konnten Brüche im Bereich von 0-99mm nicht eruiert werden. 200mm- Brüche wurden zu 10% erkannt. Die höhere Erkennungsrate bei Brüchen von 150mm bzw. 500mm ergibt sich aus der kleineren Stichprobe. Bei Brüchen im Bereich von 700-1000mm liegt die Erkennungsrate genauso wie bei der HD- Kamera bei 15%. Im 3D- Modus des Scan-System 2 wurden alle Brüche von 0-99mm festgestellt. Jedoch konnten keine 150mm- Brüche aufgezeigt werden. 29% von möglichen 32% Brüchen wurden bei den 200mm-Brüchen dargelegt. Die Erkennungsrate bei den 500mm- Brüchen liegt bei 14%. Brüche im Bereich zwischen 700-1000mm wurden zu 100% festgestellt. Die Erkennungsrate in der Abwicklung von Brüchen im Bereich von 0-99mm sowie von 150mm liegt bei 8%. 200mm-Brüche konnten um 10% werniger erkannt werden als mit dem Referenzmaß. Die Erkennung von 500mm- Brüchen liegt bei 14%. Die Hälfte der 700-1000mm- Brüche konnte mit der Abwicklung aufgezeigt werden.

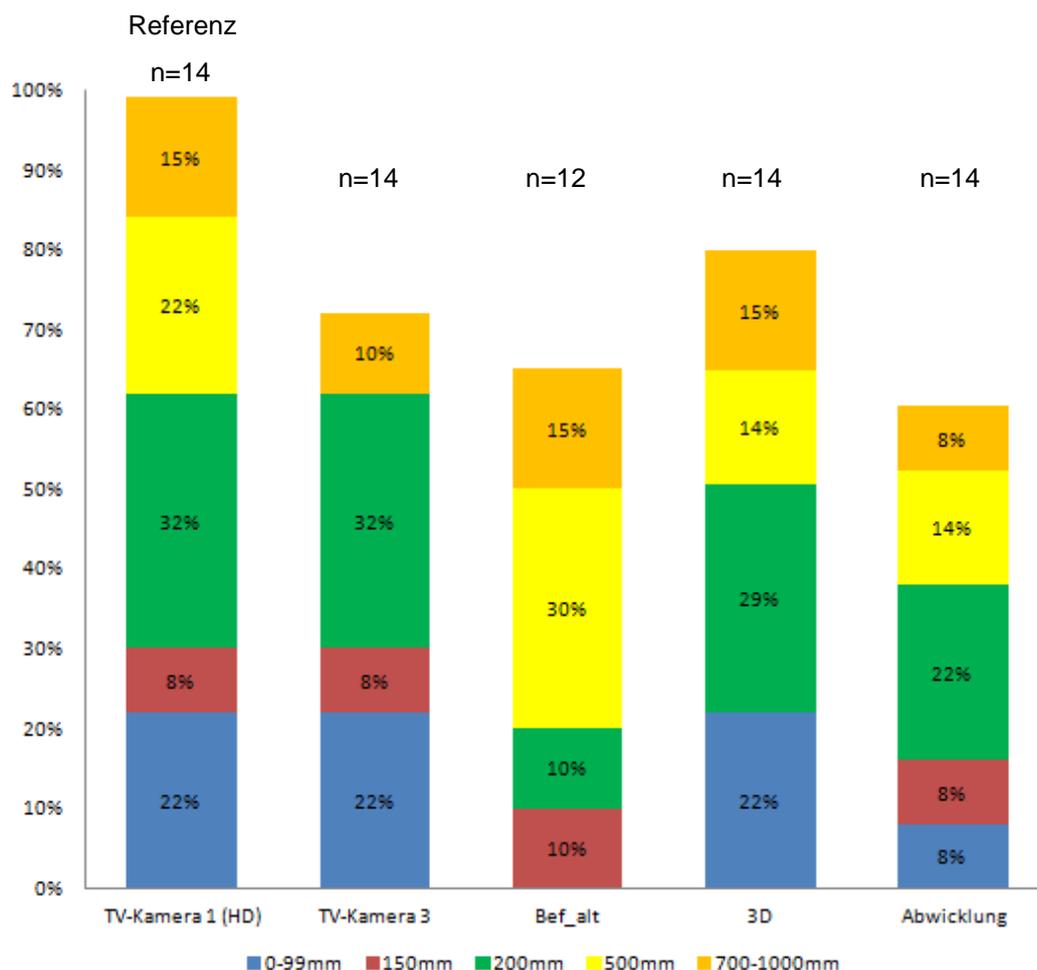


Abbildung 206: Zustandserkennung Bruch, Steinzeug DN400, TV-Kamera 1 (HD), TV-Kamera 3, unbekannte Kamera, Scan-System 2 3D und Abwicklung

Anhand der Abbildung 207 (TV-Kamera 1 (HD)), Abbildung 208 (TV-Kamera 3), Abbildung 209 (unbekannte Kamera), Abbildung 210 (Scan-System 2 3D) und Abbildung 211 (Scan-System 2 Abwicklung) ist ersichtlich, welche der fünf getesteten Kamerasysteme einen 2mm- Riss feststellen konnte.



Abbildung 207: TV-Kamera 1 (HD), Riss, 2mm



Abbildung 208: TV-Kamera 3, Riss, 2mm



Abbildung 209: alte Befahrungen, Riss, 2mm



Abbildung 210: Scan-System 2 3D, Riss, 2mm

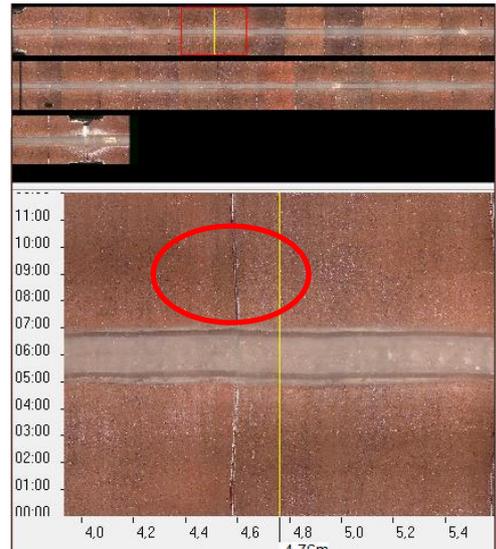


Abbildung 211: Scan-System 2 Abwicklung, Riss, 2mm

Die Gegenüberstellung der Erkennung von 1mm breiten Rissen der getesteten Inspektionssystemen ist in Abbildung 212 (TV-Kamera 1 (HD)), in Abbildung 213 (TV-Kamera 3), in Abbildung 214 (unbekannte Kamera), in Abbildung 215 (Scan-System 2 3D) und in Abbildung 216 (Scan-System 2 Abwicklung) ersichtlich.

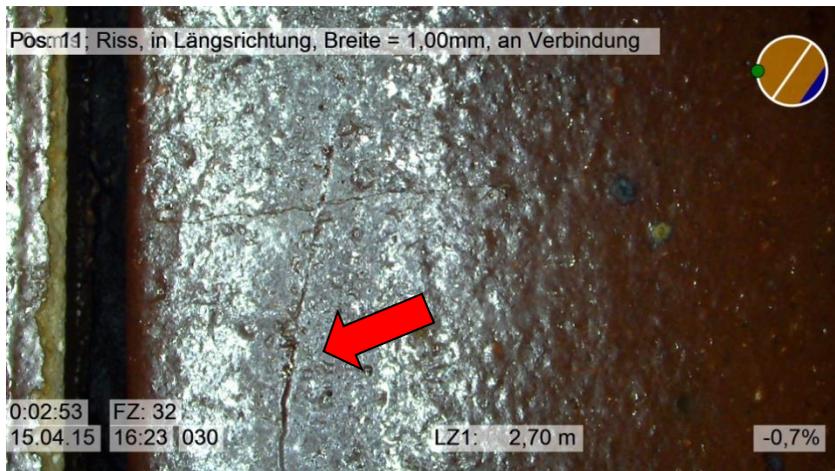


Abbildung 212: TV-Kamera 1 (HD), Riss, 1mm



Abbildung 213: TV-Kamera 3, Riss, 1mm



Abbildung 214: unbekannte Kamera, Riss, 1mm



Abbildung 215: Scan-System 2 3D, Riss, 1mm

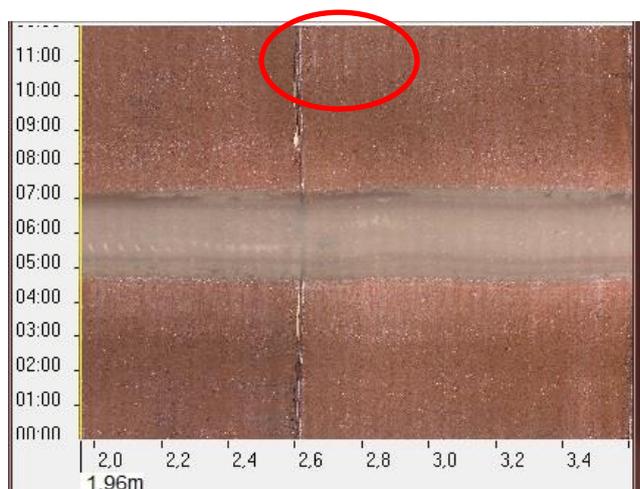


Abbildung 216: Scan-System 2 Abwicklung, Riss, 1mm

In Abbildung 217, Abbildung 218, Abbildung 219, Abbildung 220 und Abbildung 221 ist die Risserkennung von Oberflächenrissen bei der Inspektion mit fünf Kameras aufgezeigt.

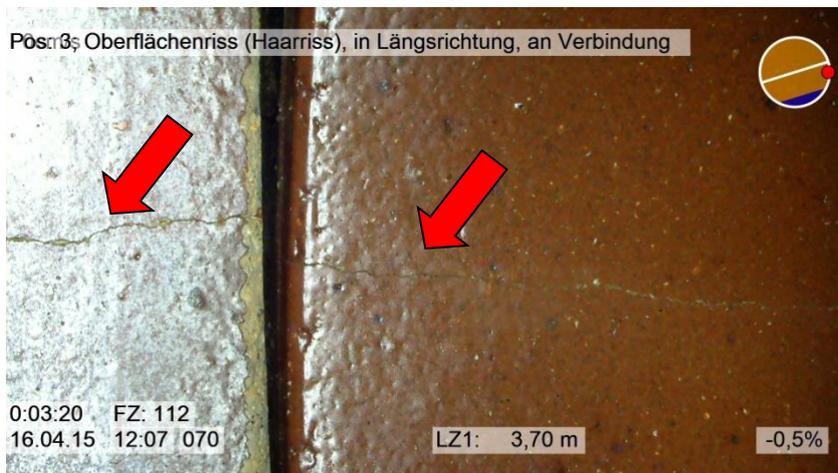


Abbildung 217: TV-Kamera 1 (HD), Riss, Oberflächenriss



Abbildung 218: TV-Kamera 3, Riss, Oberflächenriss



Abbildung 219: alte Befahrungen, Riss, Oberflächenriss



Abbildung 220: Scan-System 2 3D, Riss, Oberflächenriss

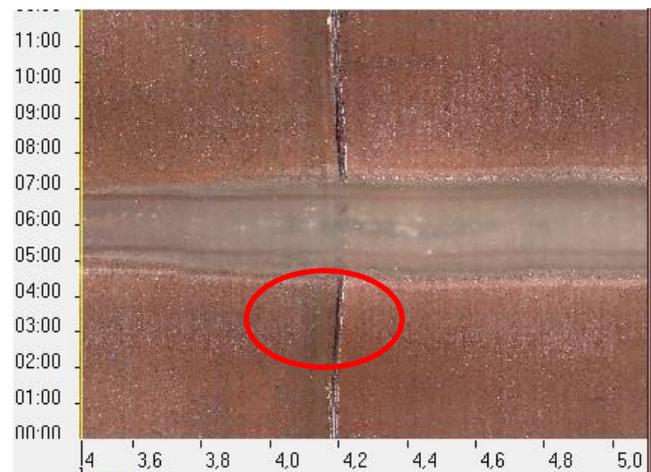


Abbildung 221: Scan-System 2 Abwicklung, Riss, Oberflächenriss

5.3.1.3 Beton DN 300

Abbildung 226 zeigt wie viele Schäden im 3D- Modus des Scan-System 2 bei Betonhaltungen mit DN300 erkannt wurden. Im 3D- Modus werden 7% der Risse erkannt, 21% mit Einschränkungen erkannt und 72% nicht erkannt. Brüche konnten zu 10% zweifelsfrei aufgezeigt werden und 30% mit Einschränkungen erkannt werden. 22% der Oberflächenschäden wurden erkannt und 20% mit Einschränkungen festgestellt, während 58% der Zustände nicht eruiert werden konnten. Einragende Dichtungsmaterialien konnten zu 100% erkannt werden. 80% Erkennungsrate liegt bei den einfachen Anschlüssen vor. 20% wurden nicht festgestellt.

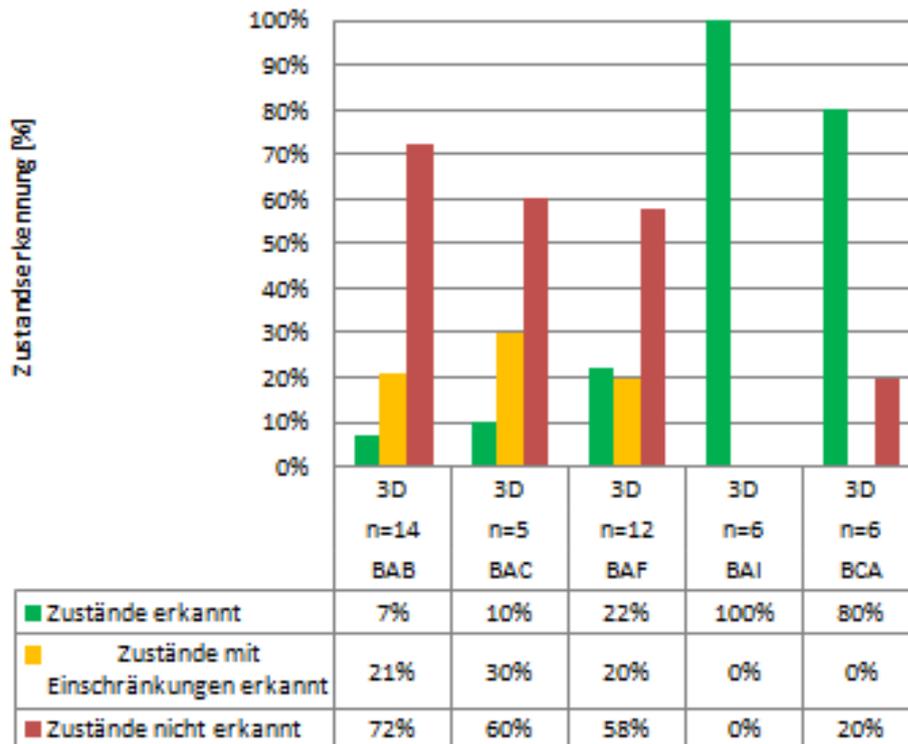


Abbildung 222: Erkennungsrate bei Beton DN300, Riss, Bruch, Oberflächenschaden, einragendes Dichtungsmaterial und einfacher Anschluss, Scan-System 2 3D

In der Abbildung 223 werden die Gründe für die Nichterkennung der Schäden aufgezeigt. Bei der 3D- Ansicht werden bei den Rissen die Bildqualität mit 34%, und die Beleuchtung mit 66% als Gründe angegeben.

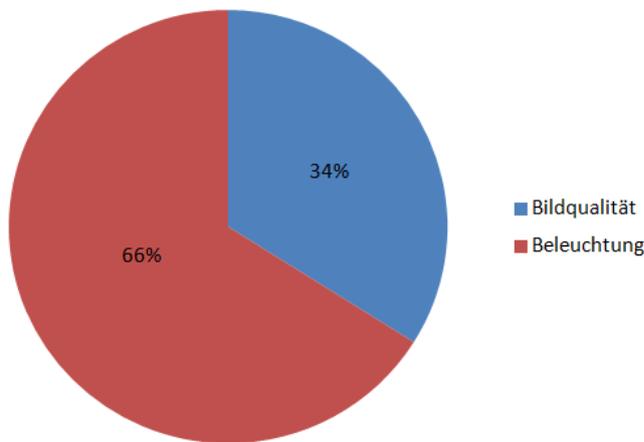


Abbildung 223: Gründe für Nichterkennung bei Beton DN300, Riss, 3D

Die Gründe für die Nichterkennung der Brüche sind liegen sowohl in der 3D- Ansicht und bei der Abwicklung zu 100% am vorliegenden Rohrmaterial.

Die Gründe für die Nichterkennung der Oberflächenschäden bei der 3D- Ansicht werden in der Abbildung 224 dargestellt. Diese liegen zu 40% an der Bildqualität und zu 60% an dem Rohrmaterial.

Die Abbildung 225 zeigt die Ursachen für die Nichterkennung des Zustands BAI im 3D- Modus. Es werden 63% der Schäden aufgrund der Bildqualität und 37% aufgrund der Beleuchtung nicht erkannt. Abbildung 228 zeigt dass der Schaden BCA in der 3D- Ansicht aufgrund des Rohrmaterials (75%) und aufgrund der Beleuchtung (25%) nicht aufgezeigt werden konnte.

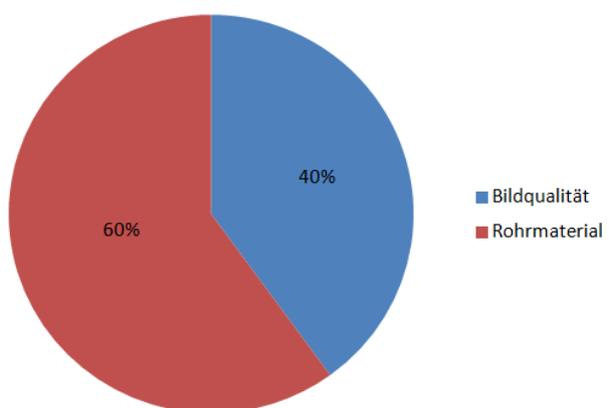


Abbildung 224: Gründe für Nichterkennung bei Beton DN300, Oberflächenschaden, 3D

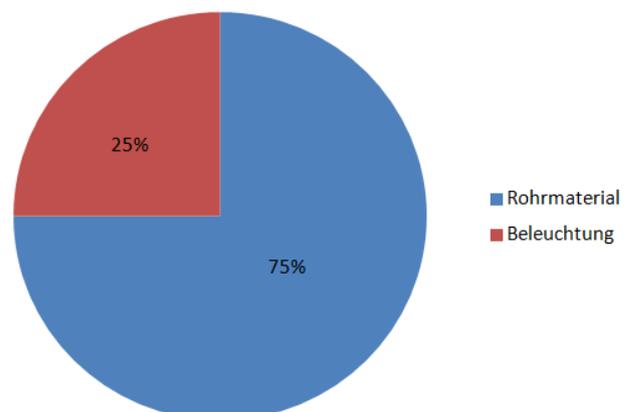


Abbildung 225: Gründe für Nichterkennung bei Beton DN300, einfacher Anschluss, 3D

Abbildung 226 zeigt die Erkennungsraten der Abwicklung bei Betonhaltungen mit DN300. Mit dem Abwicklungsmodus des Scan-System 2 war eine Erkennung von Rissen, Brüchen, Oberflächenschäden und einragenden Dichtungsmaterialien nicht möglich. 80% der einfachen Anschlüsse konnten festgestellt werden.

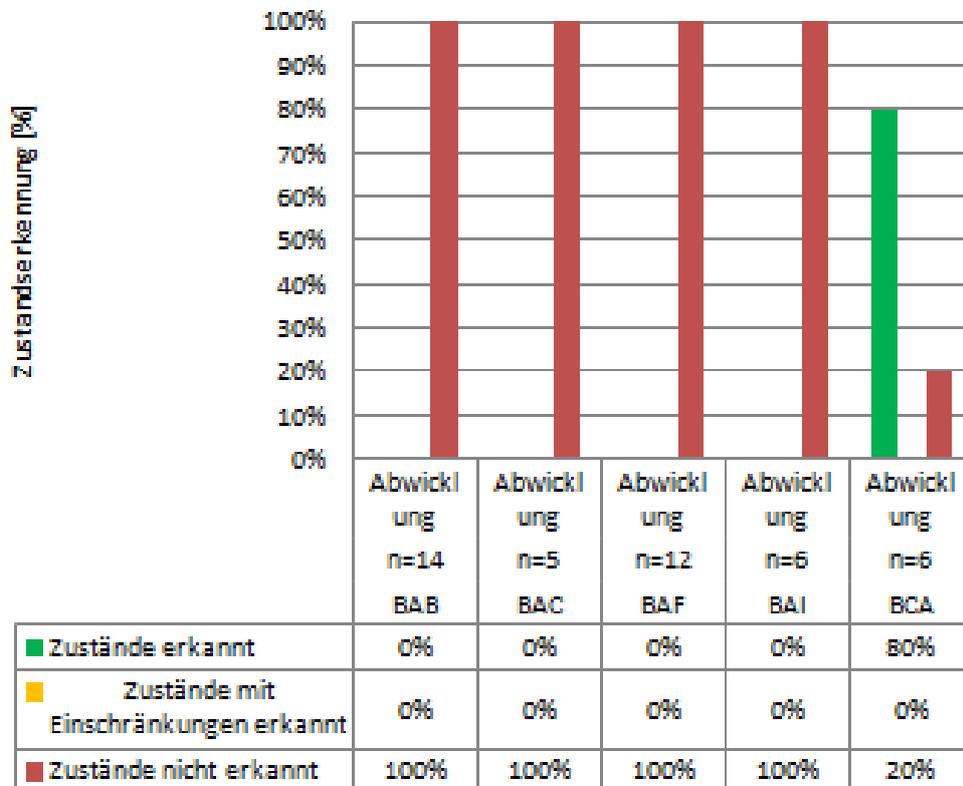


Abbildung 226: Erkennungsrate bei Beton DN300, Riss, Bruch, Oberflächenschaden, einragendes Dichtungsmaterial und einfacher Anschluss, Scan-System 2 Abwicklung

Abbildung 227 zeigt dass, aufgrund der Bildqualität (29%) und der schlechten Beleuchtung (71%) einige Schäden in der Abwicklung nicht aufgezeigt werden konnten.

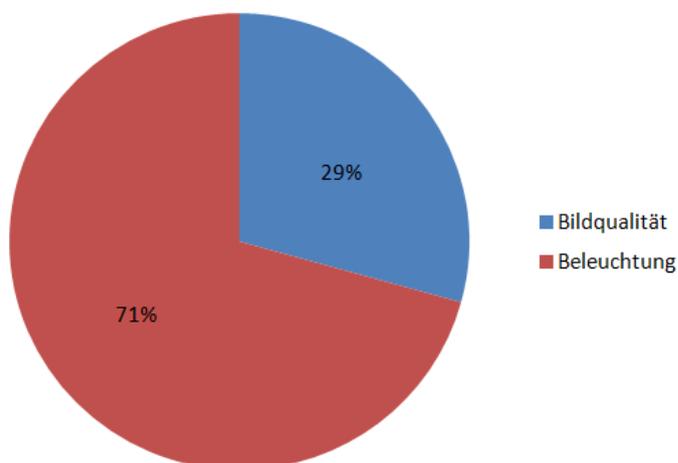


Abbildung 227: Gründe für Nichterkennung bei Beton DN300, Riss, Abwicklung

Der Grund für die Nichterkennung der Brüche und der Oberflächenschäden liegen bei der Abwicklung zu 100% an dem Rohrmaterial.

In der Abbildung 228 wird aufgezeigt, dass in der Abwicklung 22% der Schäden aufgrund der schlechten Beleuchtung und 78% aufgrund der Bildqualität zu der Nichterkennung des vorliegenden Schadens führten.

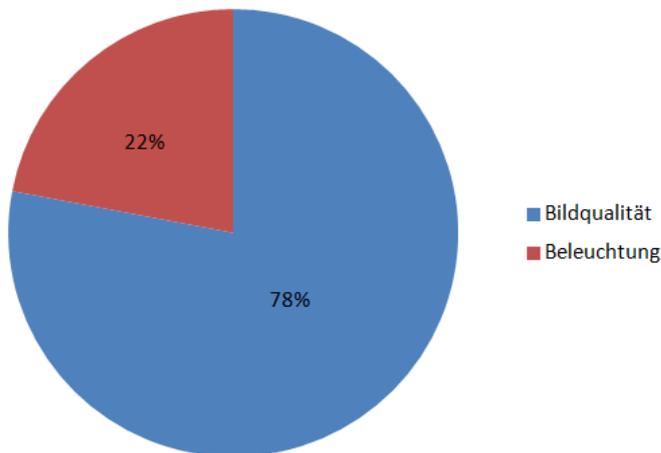


Abbildung 228: Gründe für Nichterkennung bei Beton DN300, einragendes Dichtungsmaterial, Abwicklung

In Abbildung 229 werden die Ursachen für die Nichterkennung von einfachen Anschlüssen in der Abwicklung dargestellt. In der Abwicklung führt das Rohrmaterial mit 40% und die Beleuchtung mit 60% zu einer Nichterkennung der Schäden.

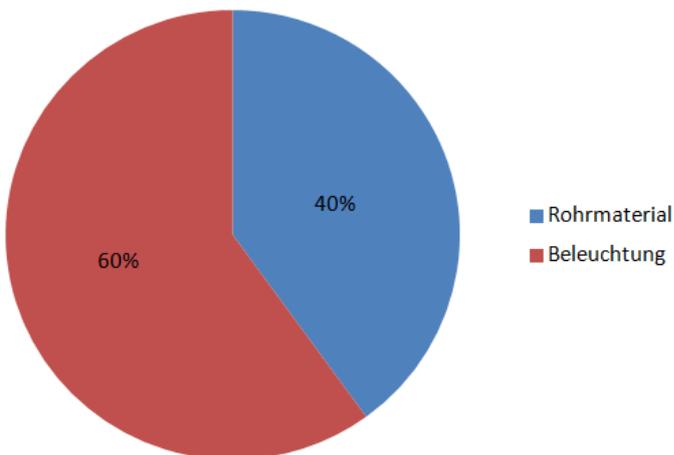


Abbildung 229: Gründe für Nichterkennung bei Beton DN300, einfacher Anschluss

### Vergleich der Risse BAB

In der Abbildung 230 wird die Risserkennung in einem Betonrohr mit DN300 zwischen der TV-Kamera 1 (HD) und des Scan-System 2 in 3D sowie in der Abwicklung verglichen. Die HD-Kamera gilt als Referenzmaß und hat daher auch eine Erkennungsrate von 100% vorzuweisen. Aufgeteilt sind diese 100% in 7% 10mm- Risse und in 29% 4mm breiten Rissen. Desweiteren werden 21% der Risse mit einer Breite von 3mm und 43% mit einer Rissbreite von 2mm deklariert.

In der 3D- Ansicht des Scan-System 2 wurden 7% der 10mm- Risse und 21% der 3mm breiten Risse aufgezeigt. Dies ergibt eine gesamte Erkennungsrate von 28%.

In der Abwicklung wurden keine Risse festgestellt.

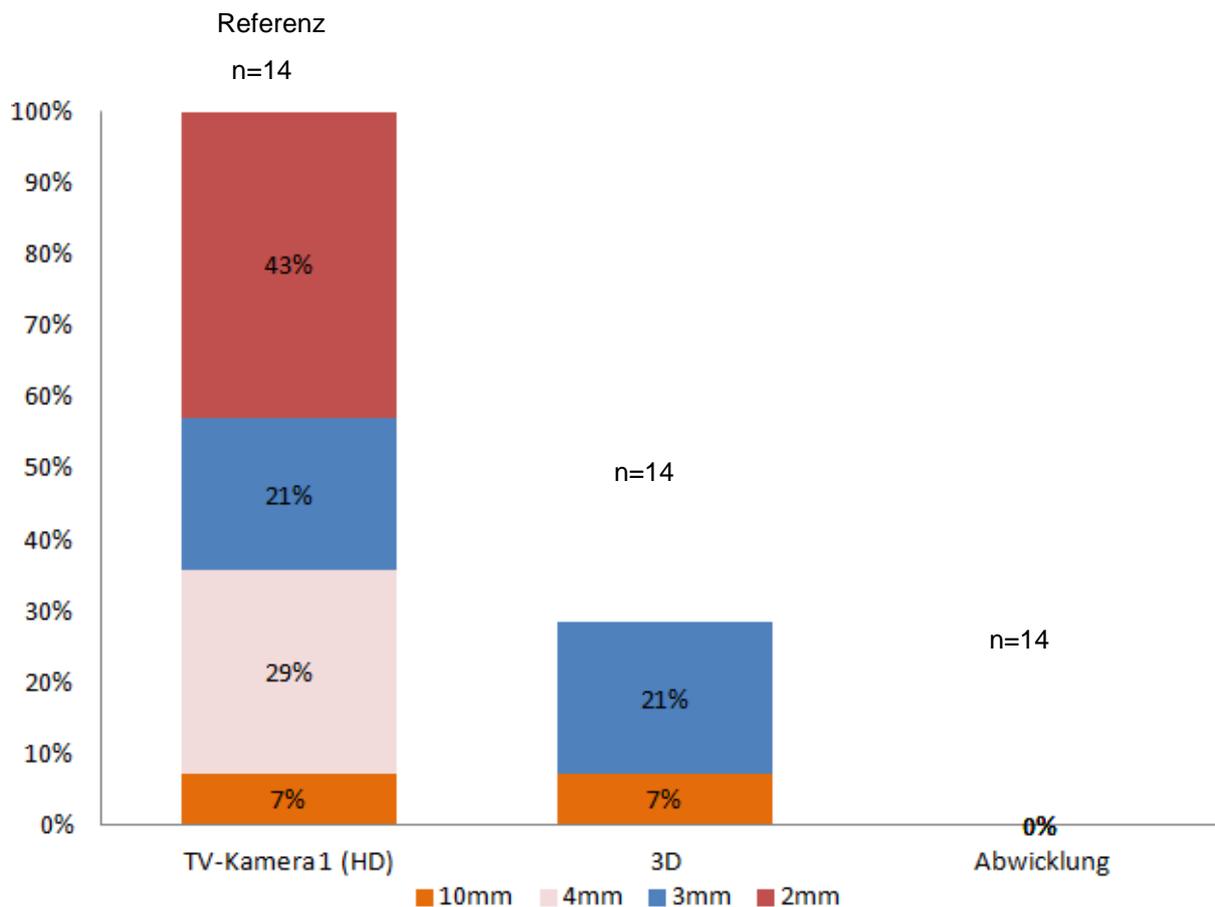


Abbildung 230: Zustandserfassung Riss, Beton DN300, TV-Kamera 1 (HD), Scan-System 2 3D und Abwicklung

In Abbildung 231, Abbildung 232 und Abbildung 233 ist die Risserkennung eines 4mm breiten Risses bei der Inspektion mit drei Inspektionssystemen aufgezeigt.

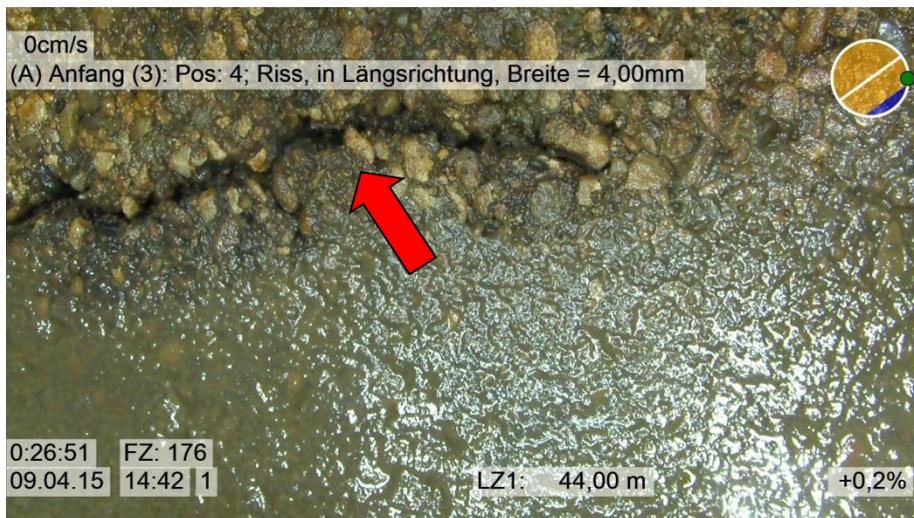


Abbildung 231: Beton DN300, TV-Kamera 1 (HD), Riss, 4mm



Abbildung 232: Beton DN300, Scan-System 2 3D, Riss, 4mm

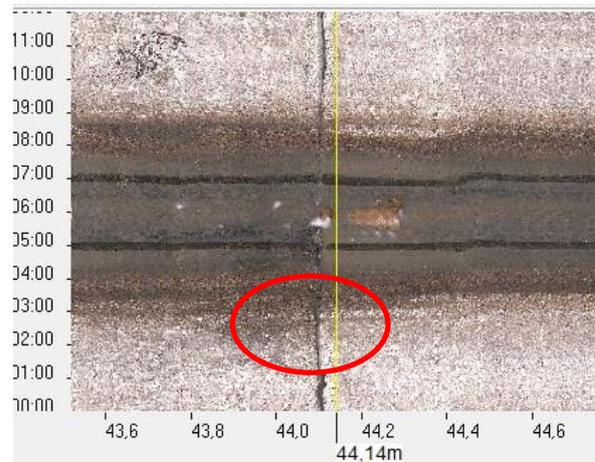


Abbildung 233: Beton DN300, Scan-System 2 Abwicklung, Riss, 4mm

Die Zustandserkennung eines 2mm- Risses von der TV-Kamera 1 (HD) (Abbildung 234), des Scan-System 2 im 3D-Modus (Abbildung 235) und des Scan-System 2 in der Abwicklung (Abbildung 236) wird in den nachfolgenden drei Abbildungen dargestellt.

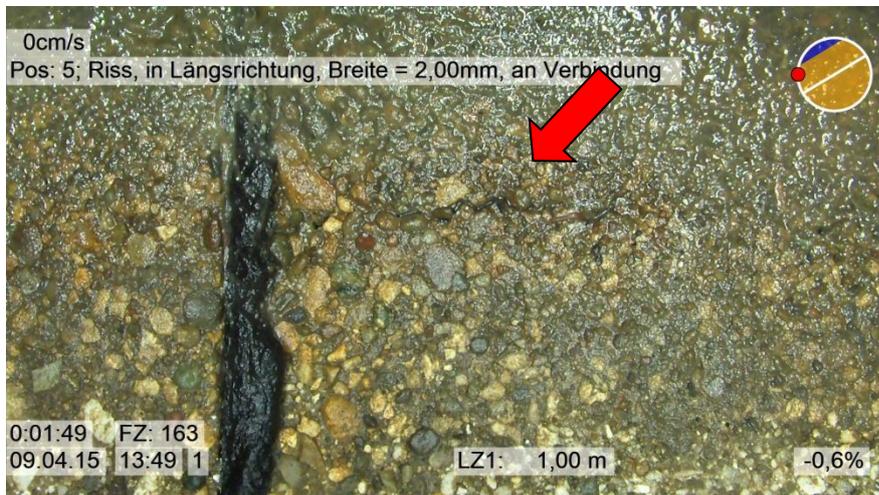


Abbildung 234: Beton DN300, TV-Kamera 1 (HD), Riss, 2mm



Abbildung 235: Beton DN300, Scan-System 2 3D, Riss, 2mm

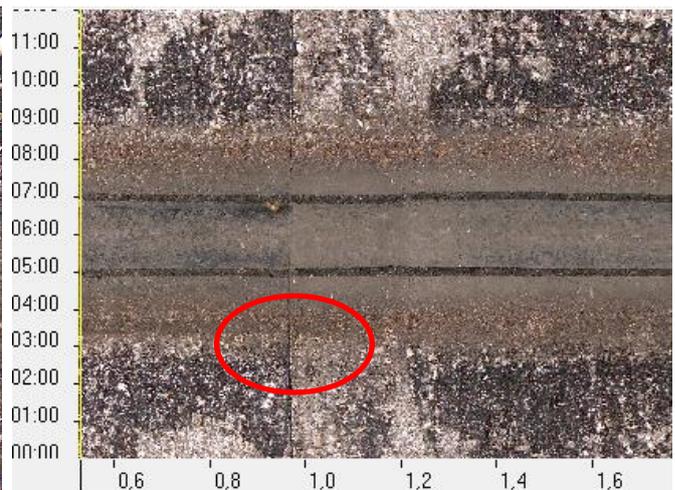


Abbildung 236: Beton DN300, Scan-System 2 Abwicklung, Riss, 2mm

### Vergleich der Brüchen BAC-A

Die Brüche wurden in der Abbildung 237 in drei Gruppen unterteilt. Die Blauen Balken stellen den Bereich von Brüchen mit einer Länge von 20-50mm, der rote Balken Brüche mit 100mm und der grüne Balken einen Bruch mit 400mm dar.

Die HD- Kamera gilt als Referenz und konnte alle Brüche aufweisen. Mit dem Scan-System 2 im 3D- Modus wurden 40% von 60% der 20 - 500 mm- Brüche nachgewiesen. Die anderen beiden Gruppierungen konnten nicht eruiert werden. Mit der Abwicklung liegen keine Erkennungen von Brüchen vor.

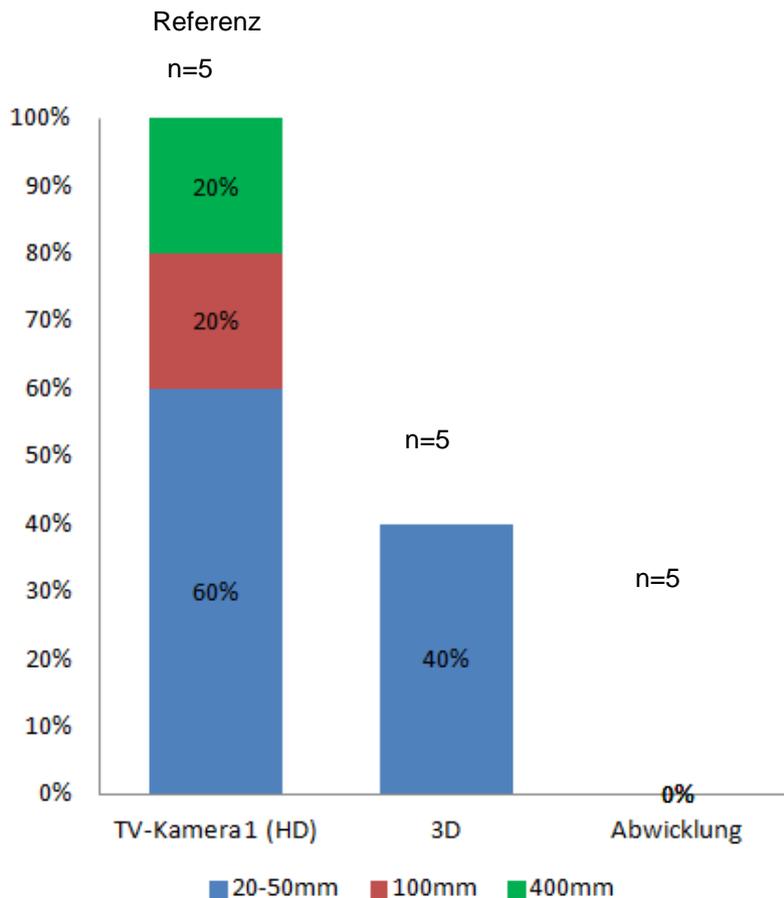


Abbildung 237: Zustandserfassung Bruch, Beton DN300, TV-Kamera 1 (HD), Scan-System 2 3D und Abwicklung

In Abbildung 238, Abbildung 239 und Abbildung 240 wird ein Bruch in einer Betonhaltungen mit DN300 anhand von drei untersuchten Inspektionssysteme dargestellt.

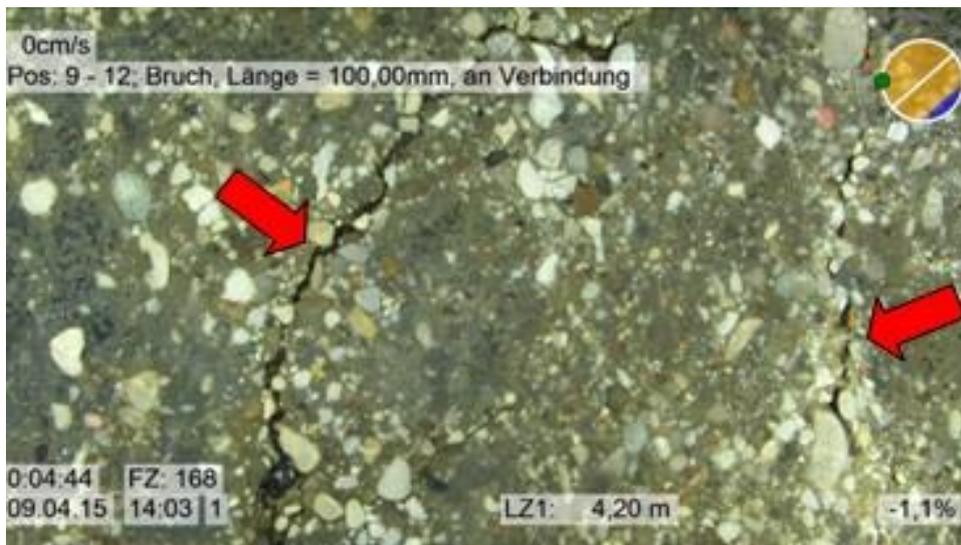


Abbildung 238: Beton DN300, TV-Kamera 1 (HD), Bruch



Abbildung 239: Beton DN300, Scan-System 2 3D, Bruch

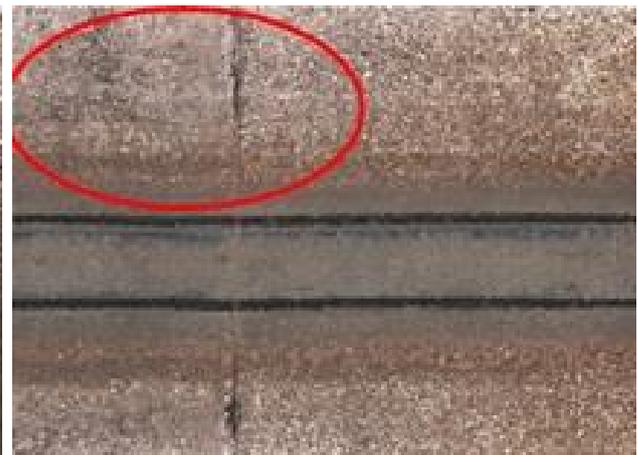


Abbildung 240: Beton DN300, Scan-System 2 Abwicklung, Bruch

### Vergleich der Oberflächenschäden BAF

In Abbildung 272 ist die Aufgliederung der Oberflächenschäden anhand der Ursachen Korrosion (Blaue Balken) und in fehlende Zuschlagsstoffe (rote Balken) abgebildet.

Die HD- Kamera weist bei beiden eine 100%-ige Erkennungsrate auf. Das Scan-System 2 im 3D- Modus kann 8% von möglichen 50% der Oberflächenschäden bedingt durch Korrosion nachweisen. Bei Fehlende Zuschlagsstoffen können 33% von 50% aufgezeigt werden. Mit der Abwicklung liegen keine Erkennungsraten auf.

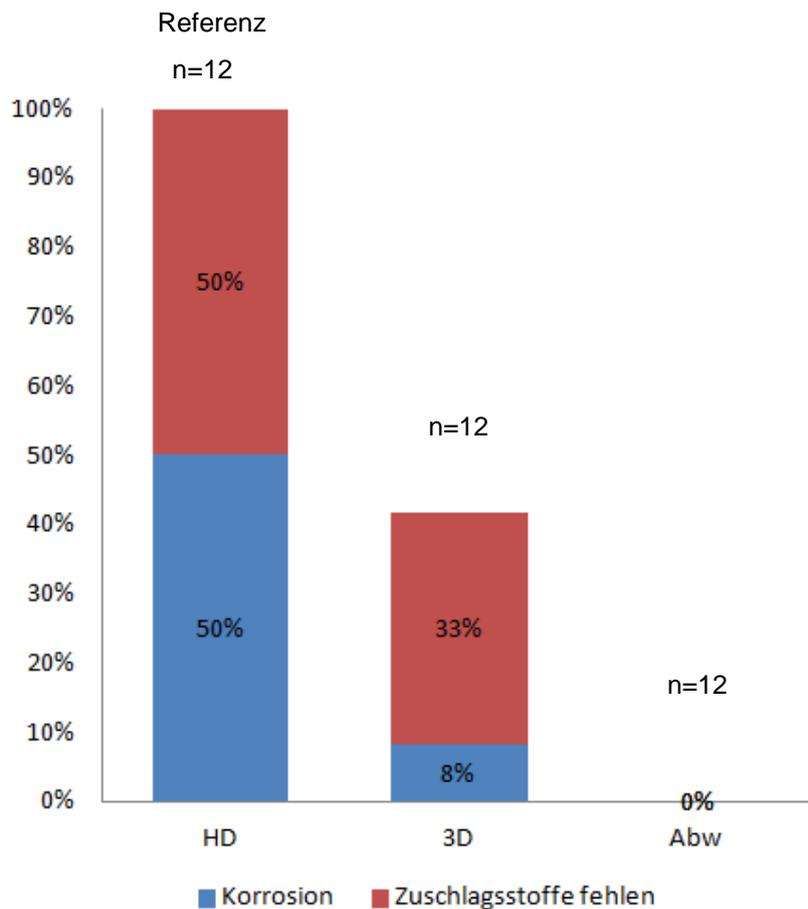


Abbildung 241: Zustandserfassung Oberflächenschaden, Beton DN300, TV-Kamera 1 (HD), Scan-System 2 3D und Abwicklung

In Abbildung 242, Abbildung 243 und Abbildung 244 wird der Zustand Oberflächenschaden (fehlende Zuschlagsstoffe) anhand der TV-Kamera 1 (HD), dem Scan-System 2 in 3D- Ansicht und in der Abwicklung bei einem Betonrohr mit Durchmesser von DN300 abgebildet.



Abbildung 242: Beton DN300, TV-Kamera 1 (HD), Oberflächenschaden (fehlende Zuschlagstoffe)



Abbildung 243: Beton DN300, Scan-System 2 3D, Oberflächenschaden (fehlende Zuschlagstoffe)

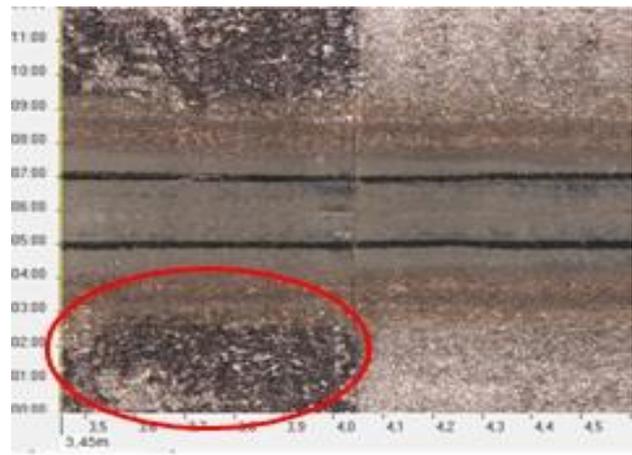


Abbildung 244: Beton DN300, Scan-System 2 Abwicklung, Oberflächenschaden (fehlende Zuschlagstoffe)

5.3.1.4 Beton DN 400

Abbildung 245 und Abbildung 246 zeigen die Erkennungsraten bei Betonhaltungen mit DN400 einerseits im 3D- Modus und andererseits im Abwicklungsmodus des Scan-System 2. Der Zustand „einragendes Dichtungsmaterial“ (BAI) konnte bei dem Scan-System 2 im 3D- Modus zu 100% festgestellt werden. Jedoch konnte dieser Zustand in der Abwicklung nicht erkannt werden. Die Erkennung der einfachen Anschlüsse erfolgte zu jeweils 100%.

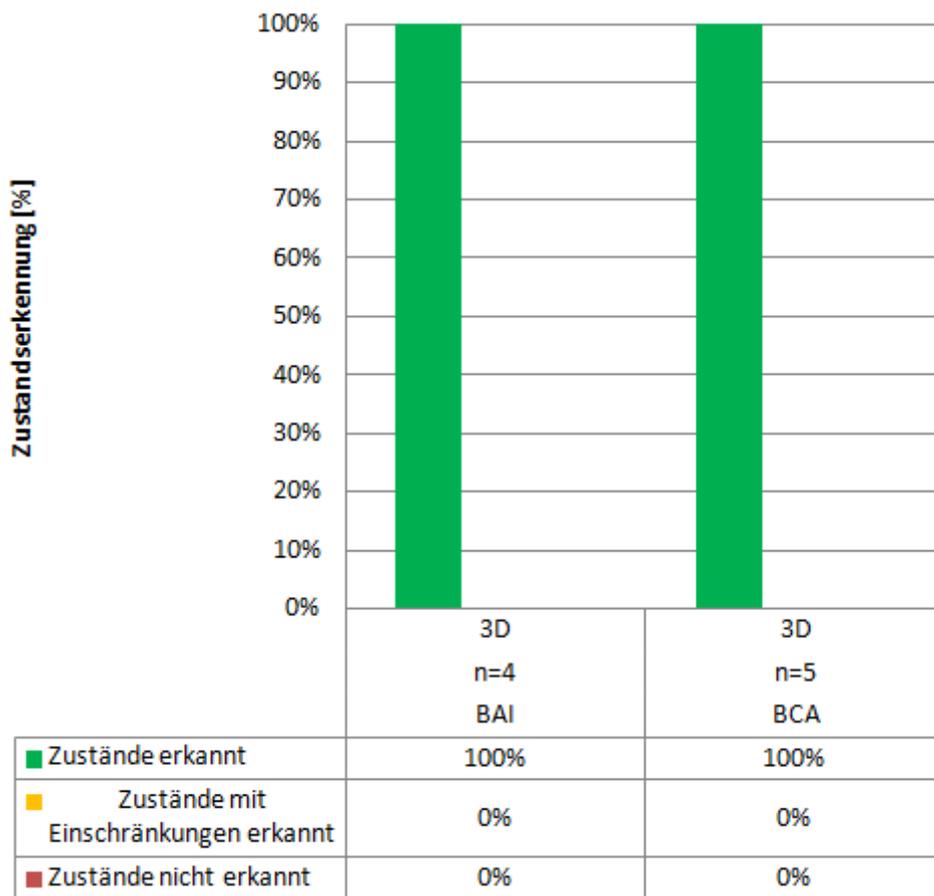


Abbildung 245: Erkennungsrate bei Beton, DN 400, Einragendes Dichtungsmaterial und einfacher Anschluss, Scan-System 2 3D

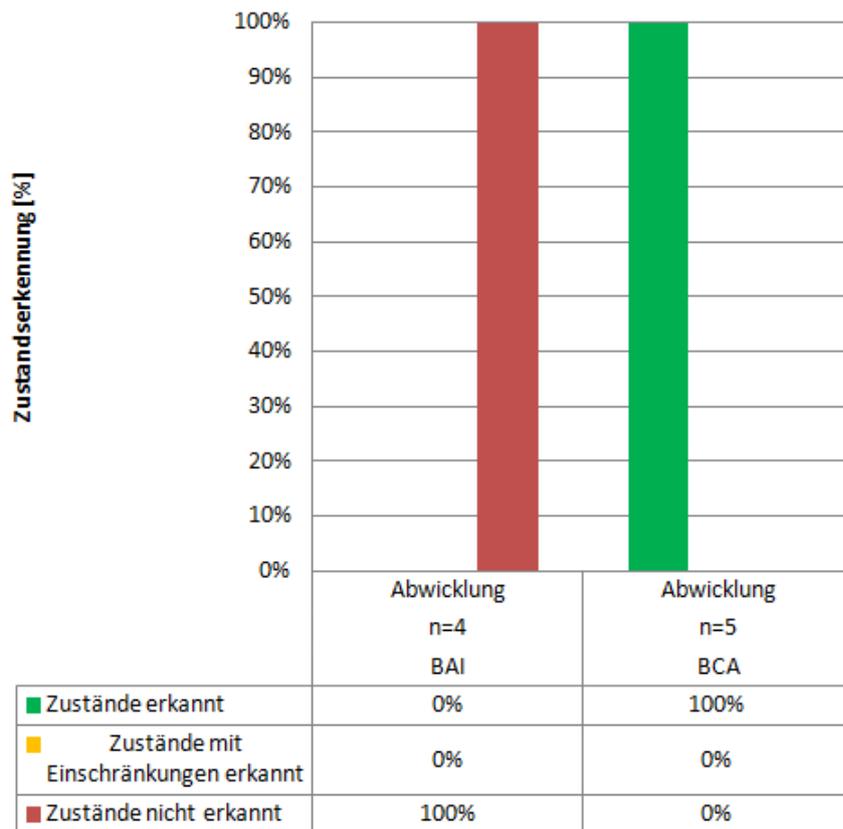


Abbildung 246: Erkennungsrate bei Beton, DN 400, Einragendes Dichtungsmaterial und einfacher Anschluss, Scan-System 2 Abwicklung

Bei der Abwicklung waren die Gründe für die Nichterkennung des einragenden Dichtungsmaterials zu 55% die Bildqualität und zu 45% das Rohrmaterial. Diese sind in Abbildung 247 abgebildet.

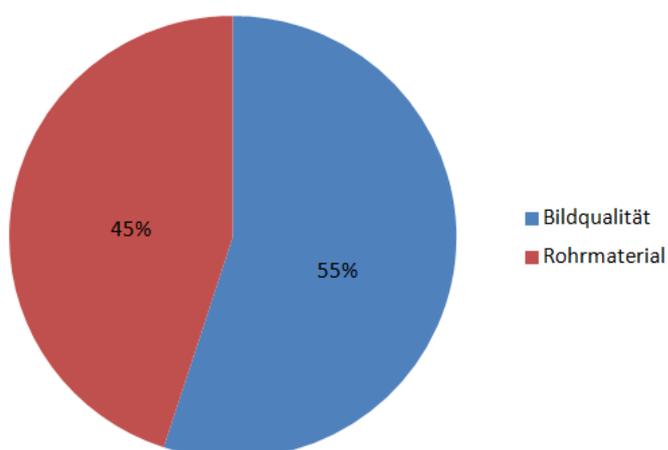


Abbildung 247: Gründe für Nichterkennung bei Beton, DN 400, Einragendes Dichtungsmaterial, Abwicklung

In Abbildung 248, Abbildung 249 und Abbildung 250 wird der Zustand „einragendes Dichtungsmaterial“ anhand der TV-Kamera 1 (HD), des Scan-System 2 im 3D- Modus und in der Abwicklung hinsichtlich der Erkennung des vorliegenden Zustands gegenübergestellt.



Abbildung 248: Beton DN400, TV-Kamera 1 (HD), einragendes Dichtungsmaterial

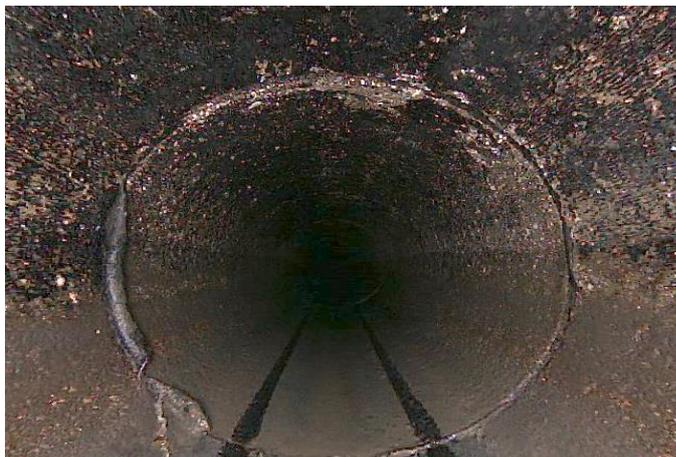


Abbildung 249: Beton DN400, Scan-System 2 3D, einragendes Dichtungsmaterial

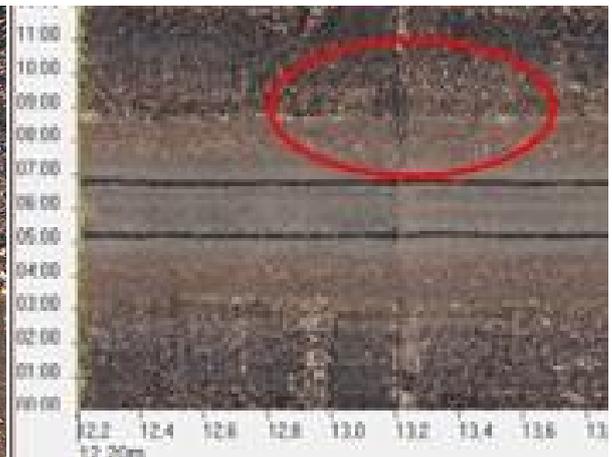


Abbildung 250: Beton DN400, Scan-System 2 Abwicklung, einragendes Dichtungsmaterial

5.3.1.5 Beton DN 500

In Abbildung 282 sind die Erkennungsraten von Rissen und Brüchen der TV-Kamera 3 bei Betonrohren mit DN500 dargestellt. Die Risse wurden von der TV-Kamera 3 zu 36% erkannt, zu 36% mit Einschränkungen erkannt und zu 28% nicht erkannt. Die schadhafte Reparaturen konnten zu 100% festgestellt werden.

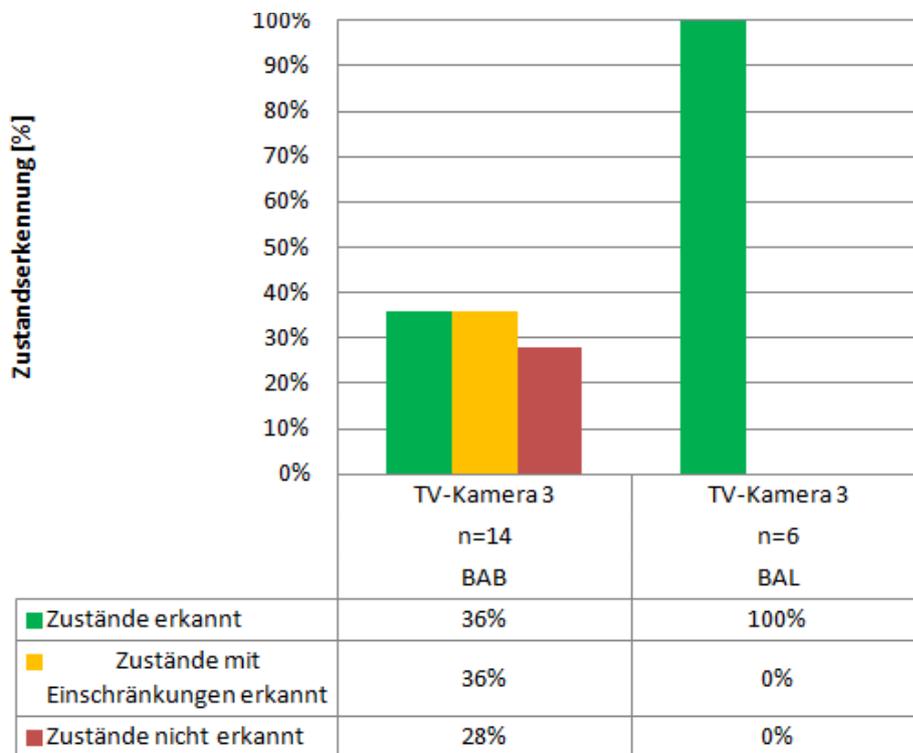


Abbildung 251: Erkennungsrate bei Beton, DN 500, Riss und schadhafte Reparatur, TV-Kamera 3

Abbildung 283 zeigt, welche Schäden von dem Scan-System 2 im 3D- Modus in Betonhaltungen mit DN500 festgestellt wurden. 25% der Risse wurden in der 3D- Ansicht erkannt, 17% mit Einschränkung erkannt und die restlichen 58% der Risse wurden nicht festgestellt. Bei der schadhaften Reparatur konnten 50% erkannt, 34% mit Einschränkungen erkannt und 16% nicht erkannt werden.

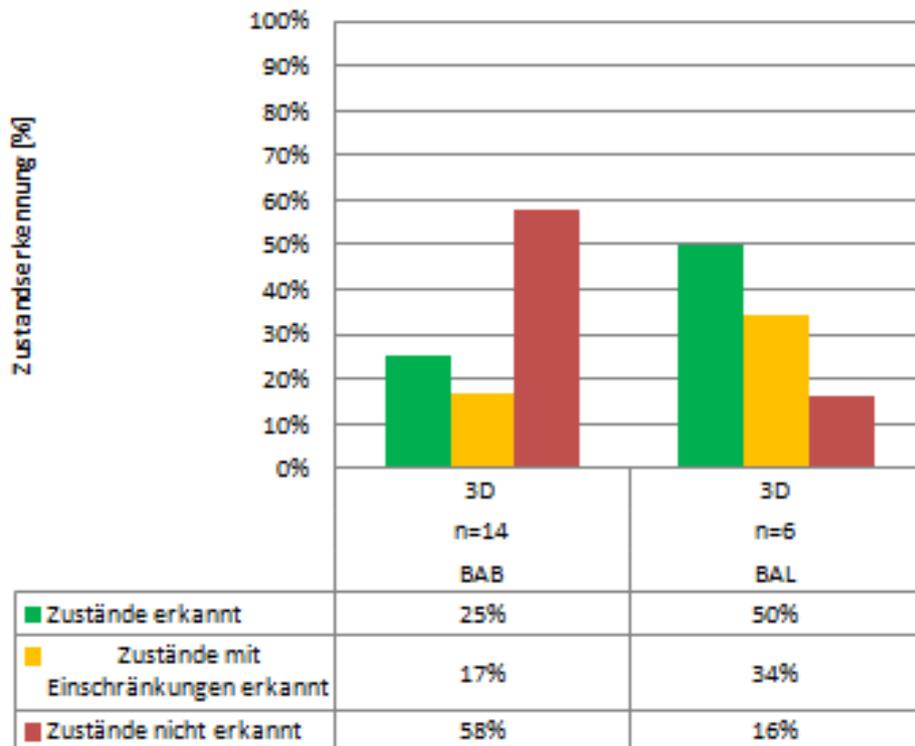


Abbildung 252: Erkennungsrate bei Beton, DN 500, Riss und schadhafte Reparatur, Scan-System 2 3D

Die Ursachen für die Nichterkennung von Rissen in der 3D- Ansicht sind in Abbildung 253 abgebildet. Diese liegen bei der 3D- Ansicht des Scan-System 2 zu 40% an der Bildqualität, zu 30% am Rohrmaterial und zu 20% an der schlechten Beleuchtung bzw. Ausleuchtung der Haltungen.

Abbildung 254 stellt die Ursachen für die Nichterkennung beim Zustand „schadhafte Reperatur“ dar. Es wurden die Schäden im 3D- Modus aufgrund der Bildqualität (80%), des Rohrmaterials (10%) und der schlechten Beleuchtung (10%) nicht erkannt.

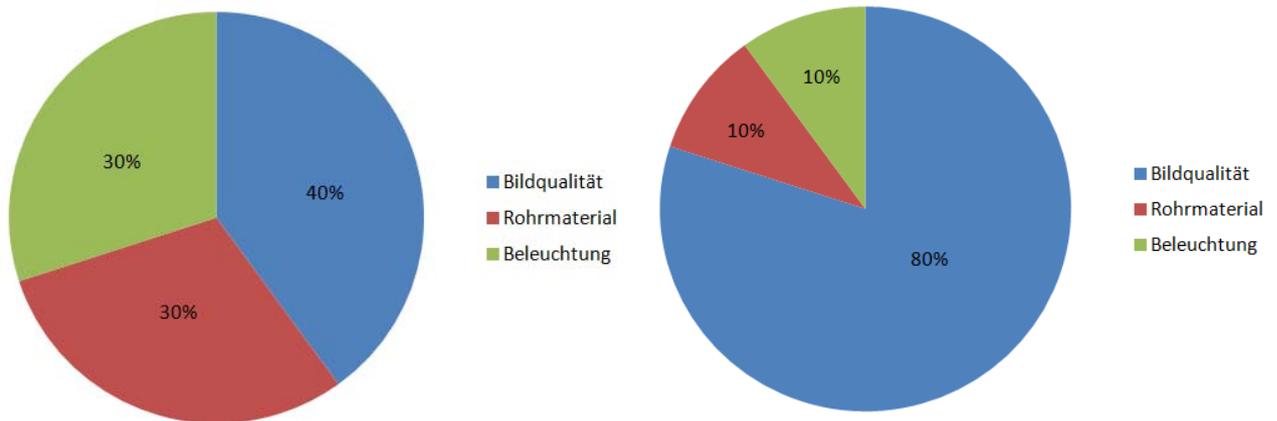


Abbildung 253: Gründe für Nichterkennung bei Beton, DN 500, Riss, 3D

Abbildung 254: Gründe für Nichterkennung bei Beton, DN 500, schadhafte Reparatur, 3D

Die Erkennungsraten von Rissen und der schadhafte Reparatur mit der Abwicklung des Scan-System 2 werden in Abbildung 286 dargestellt. Im Abwicklungsmodus des Scan-System 2 konnten 15% der Risse erkannt, weitere 20% mit Einschränkungen erkannt und 65% nicht erkannt werden. Bei der schadhafte Reperatur liegt die Erkennungsrate bei 67% erkannt, 17% mit Einschränkungen erkannt und 16% wurden nicht festgestellt.

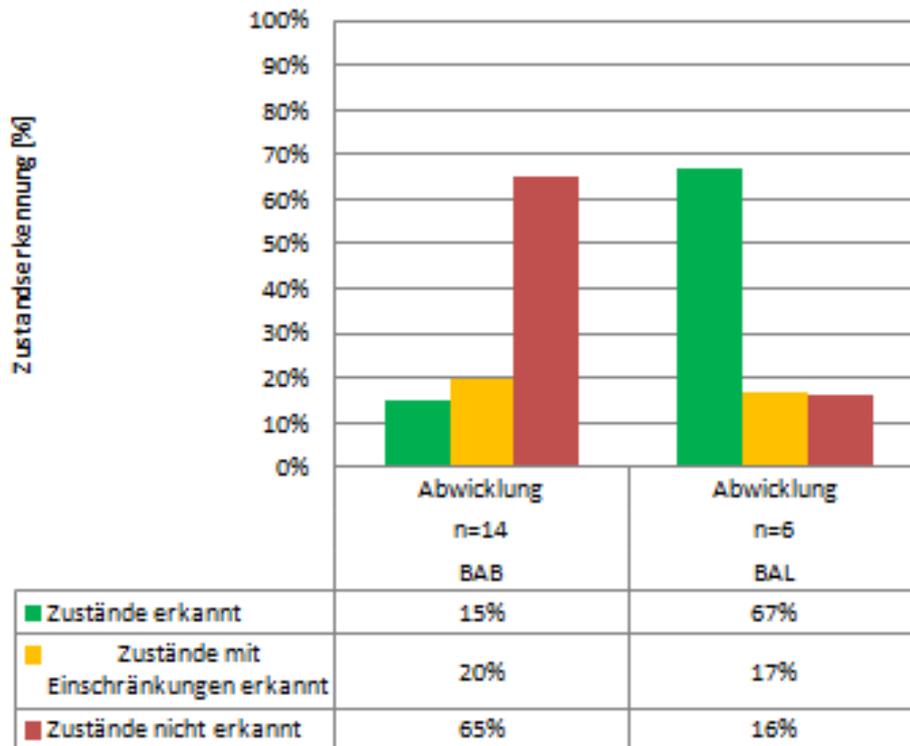


Abbildung 255: Erkennungsrate bei Beton, DN 500, Riss und schadhafte Reparatur, Scan-System 2 Abwicklung

In Abbildung 256 ist ersichtlich, dass bei der Abwicklung die Risse aufgrund der Bildqualität (30%), des Rohrmaterials (47%) und der mangelnden Ausleuchtung (23%) nicht festgestellt wurden. Abbildung 257 stellt die Nichterkennung BAL im Abwicklungsmodus der Panoramo dar. Diese liegt bei der Abwicklung zu 83% an der Bildqualität, zu 100% am Rohrmaterial und zu 17% an der schlechten Beleuchtung in der Haltung.

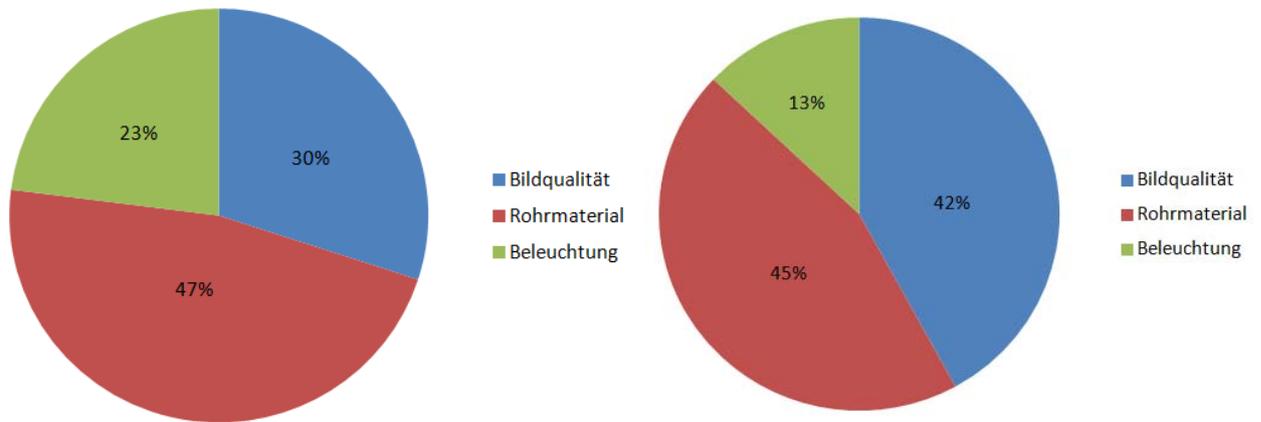


Abbildung 256: Gründe für Nichterkennung bei Beton, DN 500, Riss, Abwicklung

Abbildung 257: Gründe für Nichterkennung bei Beton, DN 500, schadhafte Reparatur, Abwicklung

### Vergleich der Risse

Die Zustandserkennung bei Rissen in Betonrohren mit DN 500 der TV-Kamera 1 (HD), TV-Kamera 3 und des Scan-System 2 in 3D- Modus sowie im Abwicklungsmodus sind in Abbildung 258 zugrunde gelegt.

Die HD- Kamera gilt als Referenzmaß wonach die Erkennungsrate 100% beträgt. Diese 100% sind aufgeteilt in 7% 3mm- Risse, in 14% 2mm- Rissen, in 36% 1mm- Risse und in 43% Oberflächenrisse.

Die TV-Kamera 3 konnte 7% der 3mm breiten Risse und 14% der 2mm- Risse feststellen. Weiters wurden 36% der 1mm- Risse und 15% Oberflächenrisse aufgezeigt. Das ergibt eine gesamt Erkennungsrate von 72%.

Die Erkennungsrate in der 3D- Ansicht des Scan-System 2 beträgt 42%. Aufgeteilt ist dies in 7% 3mm- Riss, 14% 2mmmm sowie 21% 1mm- Risse.

In der Abwicklung wurden 7% 3mm- Risse und jeweils 14% 2mm sowie 14% 1mm- Risse festgestellt. Zusammen ergibt das eine Erkennungsrate von 35%.

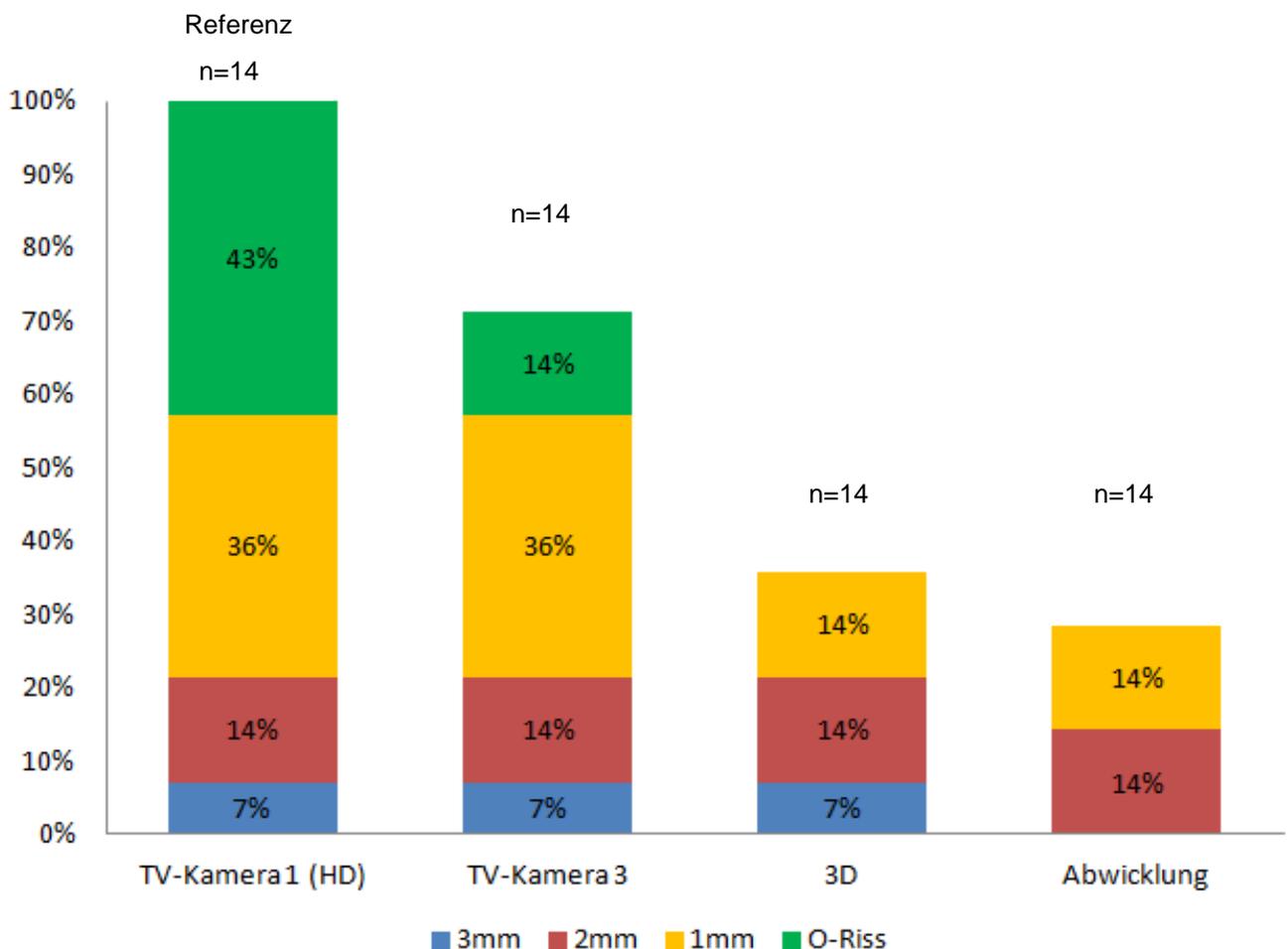


Abbildung 258: Zustandserkennung Riss, Beton DN500, TV-Kamera 1 (HD), TV-Kamera 3 und Scan-System 2 3D und Abwicklung

Anhand der Abbildung 259, Abbildung 260, Abbildung 261 und Abbildung 262 wird ein 1mm-Riss in einer Betonhaltung mit einem Durchmesser von DN500 bei der TV-Kamera 1 (HD), der TV-Kamera 3, dem Scan-System 2 in 3D- Ansicht sowie in der Abwicklung dargestellt.

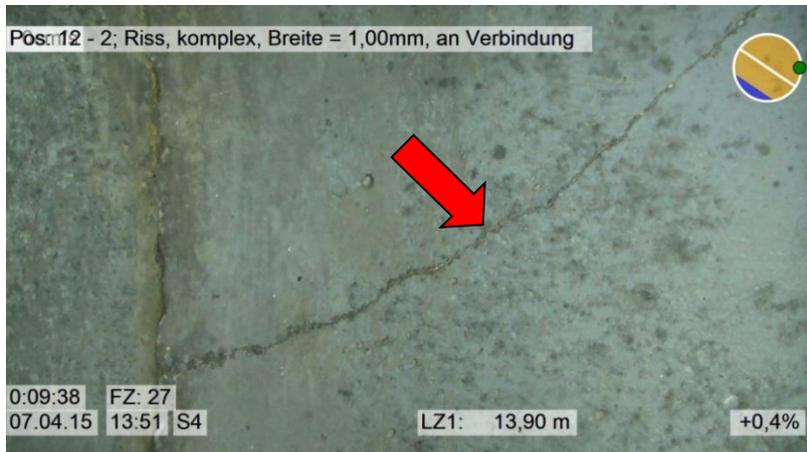


Abbildung 259: Beton DN500, TV-Kamera 1 (HD), Riss, 1mm



Abbildung 260: Beton DN500, TV-Kamera 3, Riss, 1mm



Abbildung 261: Beton DN500, Scan-System 2 3D, Riss, 1mm

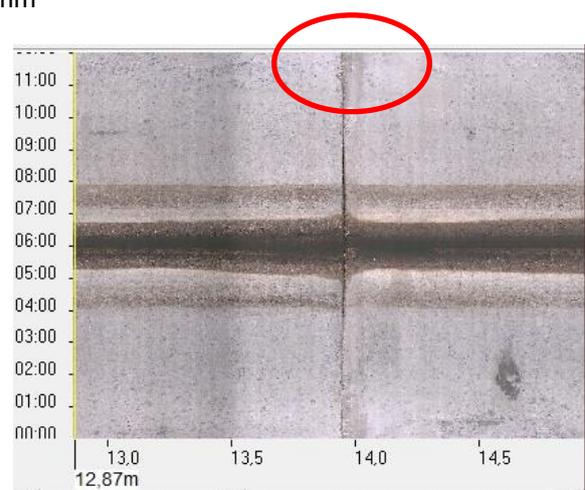


Abbildung 262: Beton DN500, Scan-System 2 Abwicklung, Riss, 1mm

Abbildung 263 (TV-Kamera 1 (HD)), Abbildung 264 (TV-Kamera 3), Abbildung 265 (Scan-System 2 3D) und Abbildung 266 (Scan-System 2 Abwicklung) zeigen die Erkennung eines Oberflächenrisses in einer Betonhaltung mit einem Durchmesser von DN500.



Abbildung 263: Beton DN500, TV-Kamera 1 (HD), Riss, Oberflächenriss



Abbildung 264: Beton DN500, TV-Kamera 3, Riss, Oberflächenriss



Abbildung 265: Beton DN500, Scan-System 2 3D, Riss, Oberflächenriss

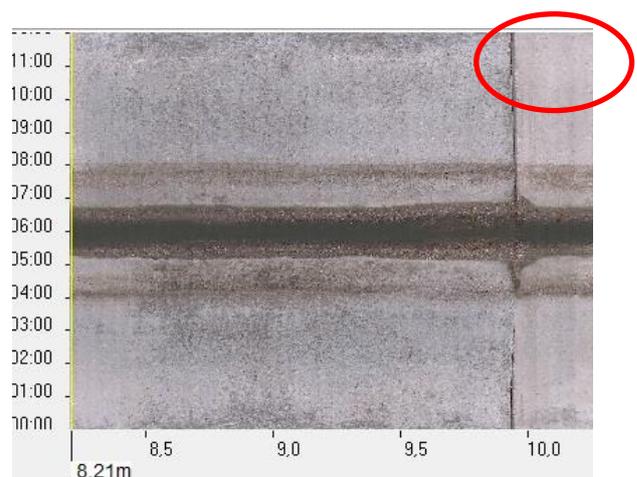


Abbildung 266: Beton DN500, Scan-System 2 Abwicklung, Riss, Oberflächenriss

In Abbildung 267, Abbildung 268, Abbildung 269 und Abbildung 270 liegen die Zustandserkennung des Schadens „schadhafte Reparatur“ in Betonrohren mit DN500 vor. Es werden die TV-Kamera 1 (HD), die TV-Kamera 3 und das Scan-System 2 im 3D- Modus sowie in der Abwicklung miteinander verglichen.



Abbildung 267: Beton DN500, TV-Kamera 1 (HD), schadhafte Reparatur



Abbildung 268: Beton DN500, TV-Kamera 3, schadhafte Reparatur



Abbildung 269: Beton DN500, Scan-System 2 3D, schadhafte Reparatur

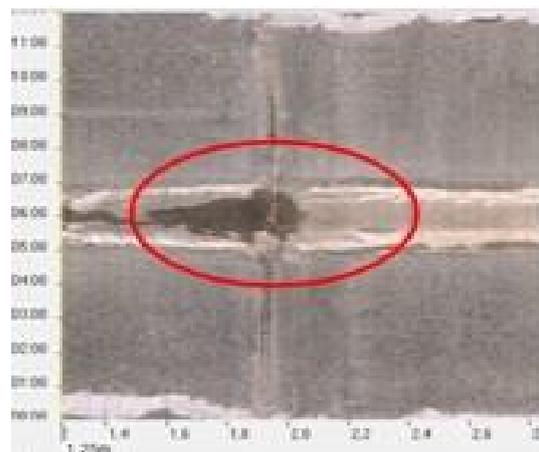


Abbildung 270: Beton DN500, Scan-System 2 Abwicklung, schadhafte Reparatur

5.3.1.6 Beton DN 1000

Aus der Abbildung 275 ist ersichtlich, dass mit der TV-Kamera 3 zu 100% alle Risse mit Einschränkungen erkannt werden konnten. Die Oberflächenschäden sowie die anhaftenden Stoffe wurden zu 100% festgestellt.

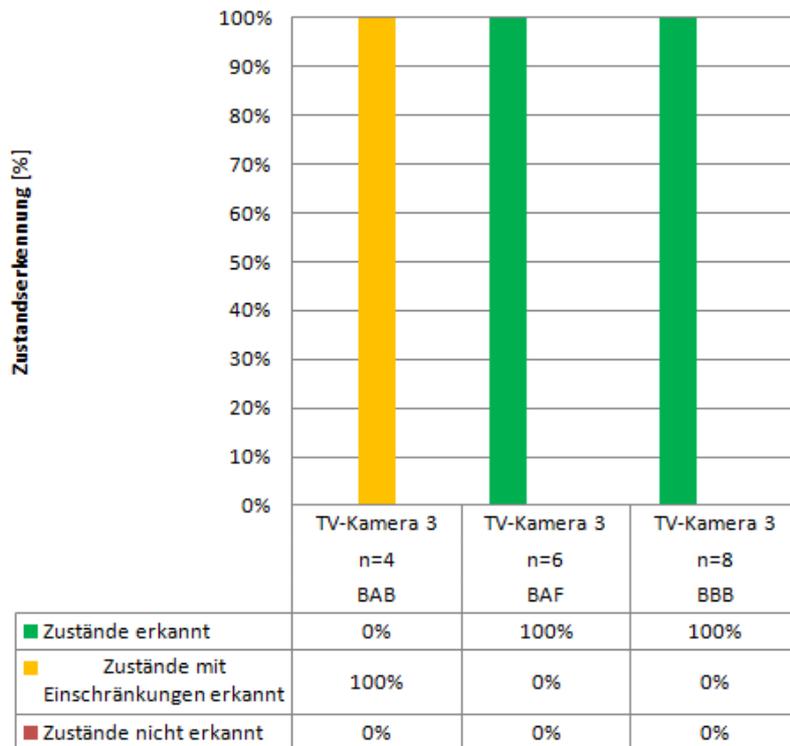


Abbildung 271: Erkennungsrate bei Beton, DN 1000, Riss, Oberflächenschaden (fehlende Zuschlagsstoffe) und Anhaftende Stoffe, TV-Kamera 3

Abbildung 272 zeigt die Erkennungsraten von Risse sowie von Oberflächenschäden mit dem Scan-System 2 im 3D- Modus. Risse konnten zu 25% eruiert werden. Die gesamte Erkennungsrate bei Oberflächenschäden beläuft sich auf 100%. Darunter fallen 80% gut erkannte Zustände und 20% mit Einschränkungen erkannte Schäden. Anhaftende Stoffe wurden zu 80% erkannt und zu 20% mit Einschränkungen erkannt.

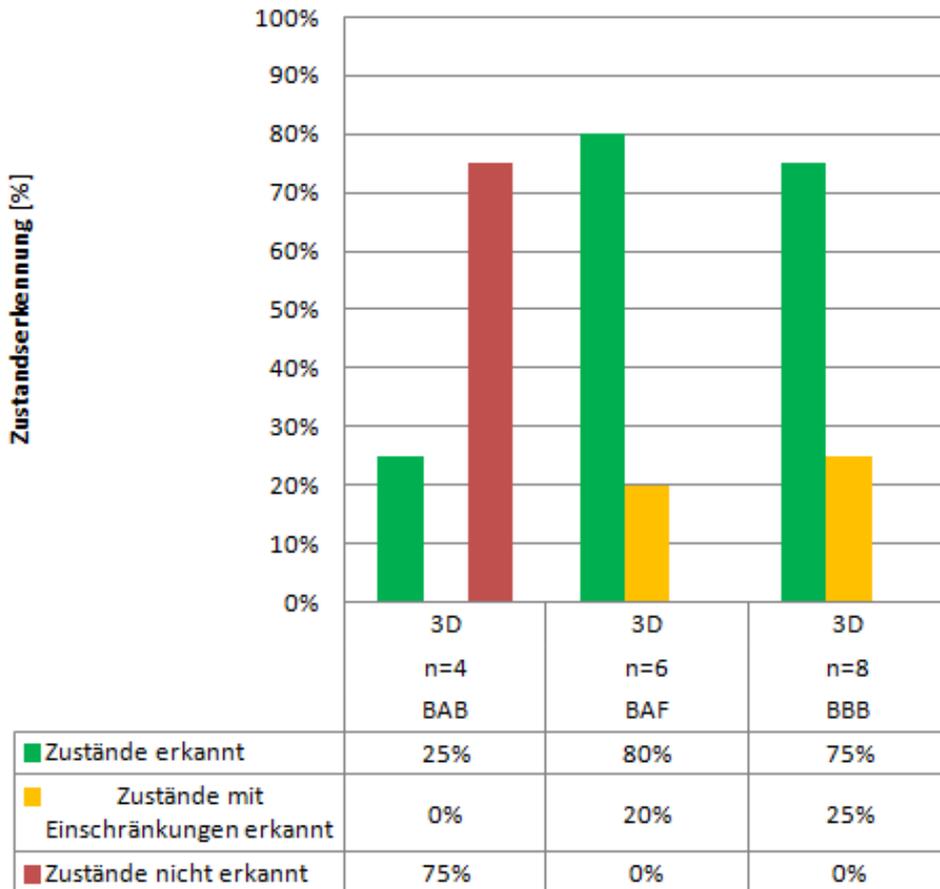


Abbildung 272: Erkennungsrate bei Beton, DN 1000, Riss, Oberflächenschaden (fehlende Zuschlagsstoffe) und Anhaftende Stoffe, Scan-System 2 3D

Die Nichterkennung der Risse in einem Betonrohr DN 1000 wird in Abbildung 273 abgebildet. Diese liegt jeweils zu 50% an dem vorherrschenden Rohrmaterial und an der Bildqualität.

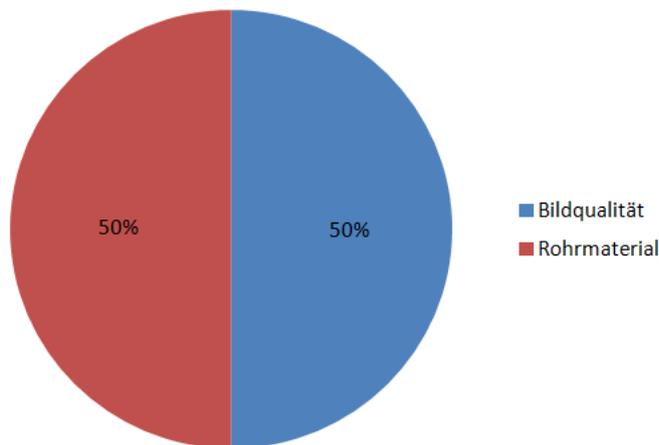


Abbildung 273: Gründe für Nichterkennung bei Beton, DN 1000, Riss, 3D

Abbildung 274 stellt die Erkennungsraten des Scan-System 2 in der Abwicklung bei Betonhaltungen mit DN 1000 dar. Es wurden weder Risse noch Oberflächenschäden festgestellt. Infiltrationen konnten zu 50% mit Einschränkungen erkannt werden und 50% nicht erkannt werden.

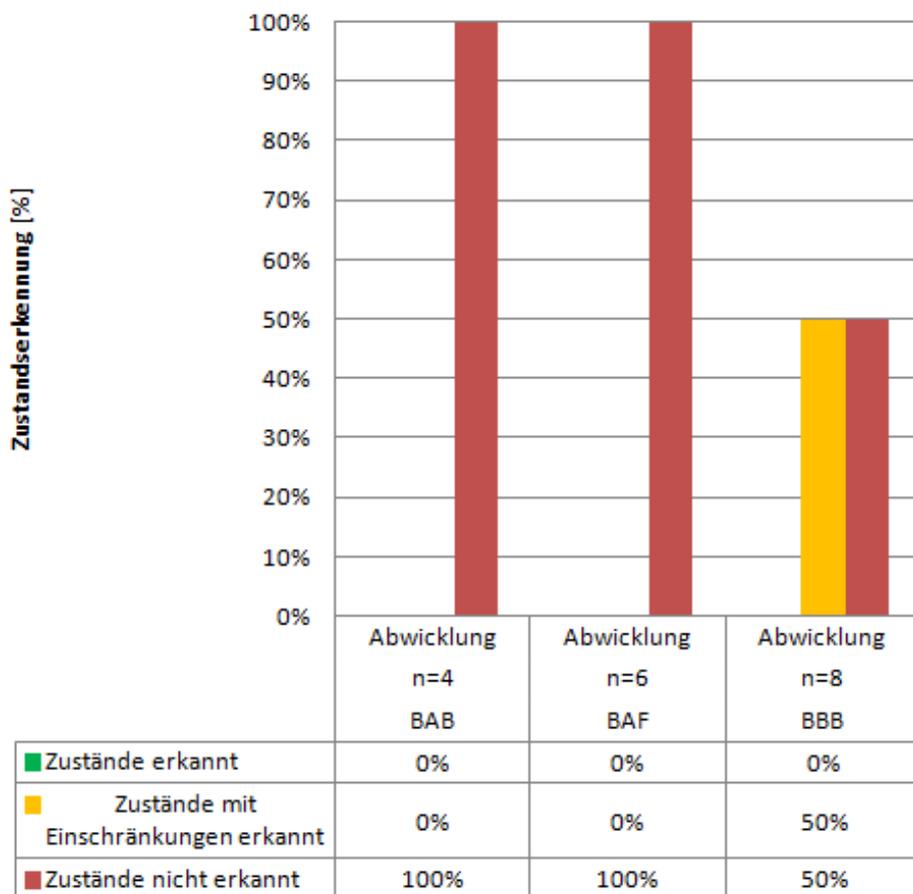


Abbildung 274: Erkennungsrate bei Beton, DN 1000, Riss, Oberflächenschaden (fehlende Zuschlagsstoffe) und Anhaftende Stoffe, Scan-System 2 Abwicklung

Die Gründe für die Nichterkennung von Rissen werden in Abbildung 275 dargestellt. Diese setzen sich zu jeweils 50% aus der Bildqualität und aus dem Rohrmaterial zusammen. In der Abbildung 276 ist aufgezeigt, dass aufgrund der Bildqualität (50%) und aufgrund des Rohrmaterials (50%) Oberflächenschäden nicht festgestellt werden konnten.

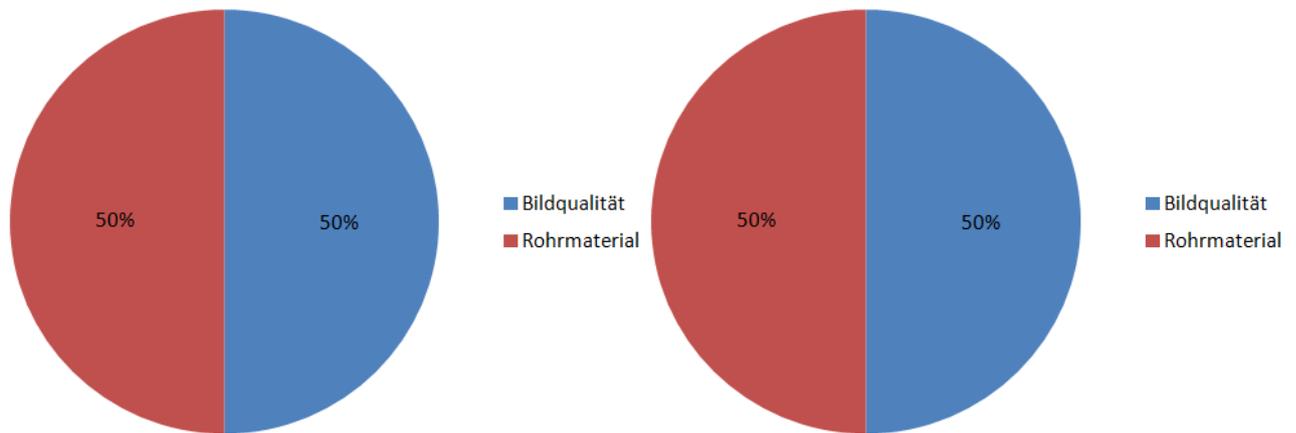


Abbildung 275: Gründe für Nichterkennung bei Beton, DN 1000, Riss, Abwicklung

Abbildung 276: Gründe für Nichterkennung bei Beton, DN 1000, Oberflächenschaden, Abwicklung

Die Ursachen für die Nichterkennung des Zustands „ anhaftende Stoffe“ wird in Abbildung 277 dargestellt. Die Gründe sind zu 65% die Bildqualität und zu 35% das Rohrmaterial.

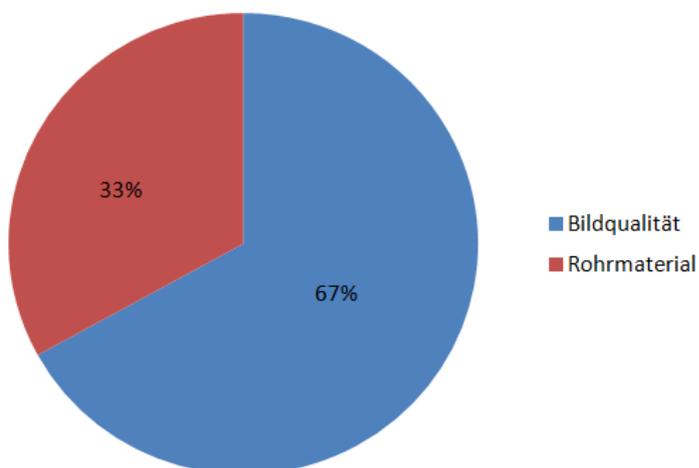


Abbildung 277: Gründe für Nichterkennung bei Beton, DN 1000, Anhaftende Stoffe, Abwicklung

### Vergleich der Risse

In der Abbildung 278 werden die Risse in Betonrohren mit DN1000 im Vergleich zwischen der TV-Kamera 1 (HD), der TV-Kamera 3 und des Scan-System 2 im 3D- Modus sowie in der Abwicklung dargestellt. Aufgrund der geringen Stichprobe mit nur vier Werten hat diese Grafik nur wenig Aussagekraft. Alle Risse verfügen über eine Rissbreite von 2mm. Die HD- Kamera gilt als Referenzmaß mit einer Erkennungsrate von 100%. Mit der TV-Kamera 3 werden auch alle Risse erkannt. Die 3D- Ansicht zeigt 25% der Risse auf, während das Scan-System 2 im Abwicklungsmodus keine Risse feststellt.

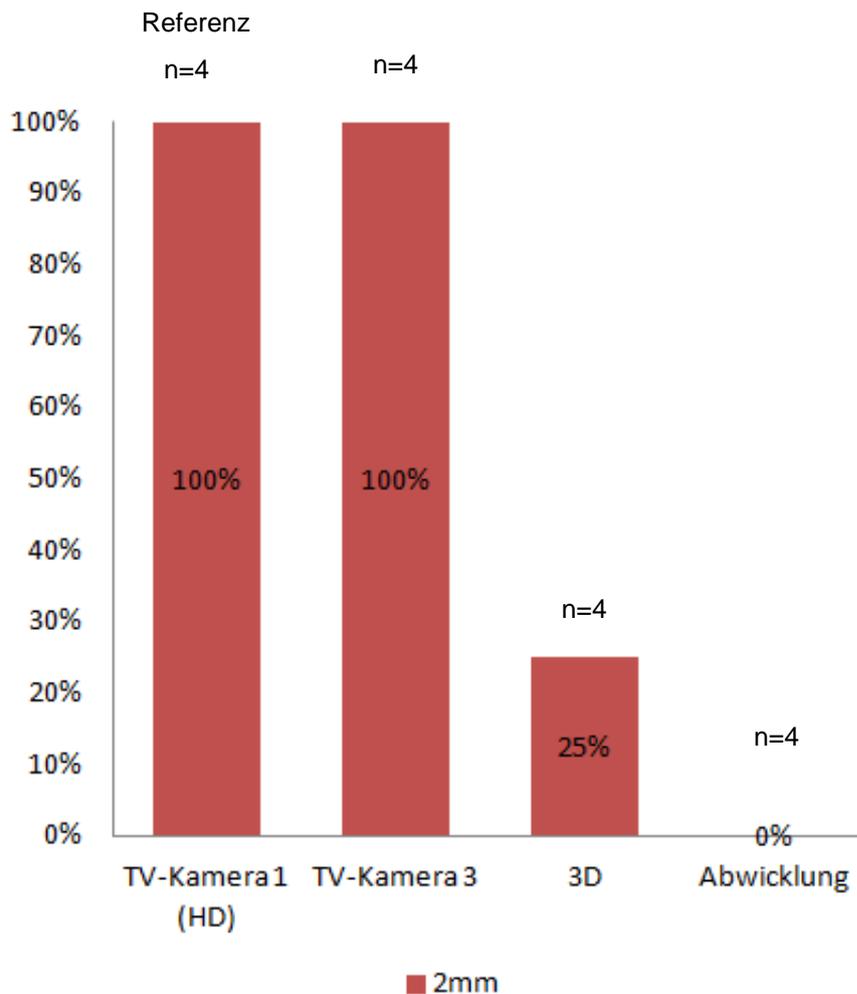


Abbildung 278: Zustandserkennung Riss, Beton DN1000, TV-Kamera 1 (HD), TV-Kamera 3 und Scan-System 2 3D und Abwicklung

In Abbildung 279, Abbildung 280, Abbildung 281 und Abbildung 282 liegen die Zustandserkennung eines 2mm- Risses bei Betonrohren mit DN1000 vor. Gegenübergestellt werden die TV-Kamera 1 (HD), die TV-Kamera 3 sowie die Scan-System 2 im 3D- Modus und in der Abwicklung.

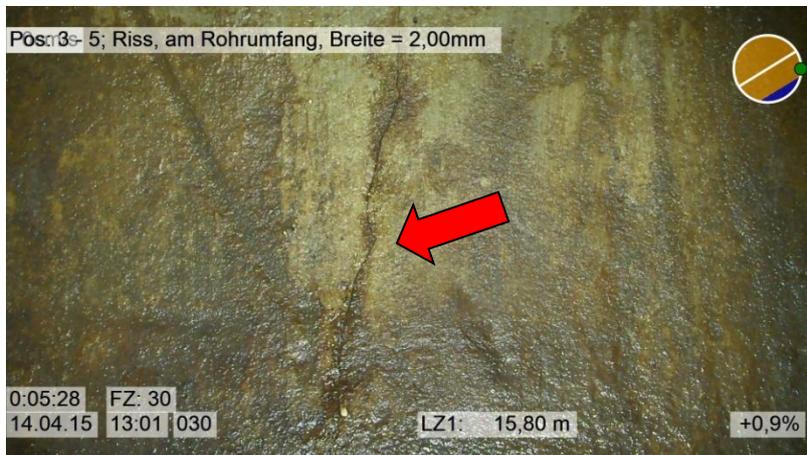


Abbildung 279: Beton DN1000, TV-Kamera 1 (HD), Riss, 2mm



Abbildung 280: Beton DN1000, TV-Kamera 3, Riss, 2mm



Abbildung 281: Beton DN 1000, Scan-System 2 3D, Riss, 2mm

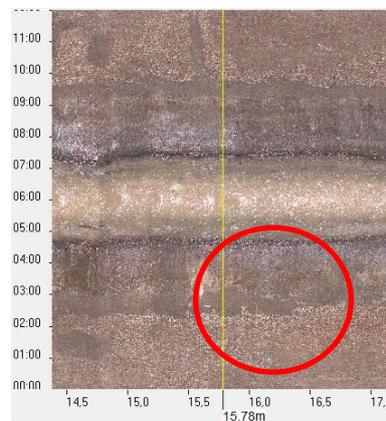


Abbildung 282: Beton DN 1000, Scan-System 2 Abwicklung, Riss, 2mm

Anhand der Abbildung 283 (TV-Kamera 1 (HD)), Abbildung 284 (TV-Kamera 3), (Scan-System 2 3D) und Abbildung 286 (Scan-System 2 Abwicklung) ist die Zustandserkennung eines Oberflächenschadens in einem Betonrohr mit dem Durchmesser von DN 1000 zu sehen.



Abbildung 283: Beton, DN 1000, TV-Kamera 1 (HD), Oberflächenschaden



Abbildung 284: Beton, DN 1000, TV-Kamera 3, Oberflächenschaden

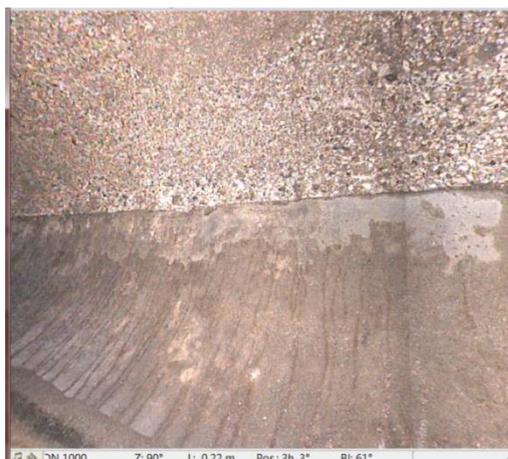


Abbildung 285: Beton, DN 1000, Scan-System 2, 3D, Oberflächenschaden



Abbildung 286: Beton, DN 1000, Scan-System 2, Abwicklung, Oberflächenschaden

Abbildung 287 mit der TV-Kamera 1 (HD), Abbildung 288 mit der TV-Kamera 3, Abbildung 289 mit dem Scan-System 2 im 3D- Modus und Abbildung 290 mit dem Scan-System 2 in der Abwicklung stellen den Zustand anhaftende Stoffe (Inkrustation) dar.



Abbildung 287: Beton, DN 1000, TV-Kamera 1 (HD), anhaftende Stoffe.



Abbildung 288: Beton, DN 1000, TV-Kamera 3, anhaftende Stoffe.



Abbildung 289: Beton, DN 1000, Scan-System 2, 3D, anhaftende Stoffe.

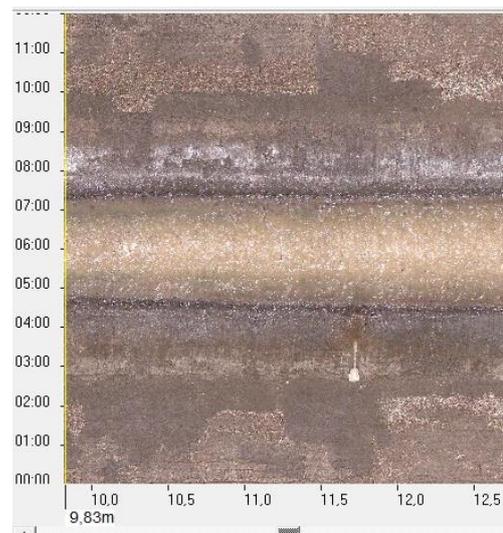


Abbildung 290: Beton, DN 1000, Scan-System 2, Abwicklung, anhaftende Stoffe.

5.3.1.7 Beton DN 500/800

In Abbildung 295 wird die Schadenserkennung der TV-Kamera 3 bei einem Eiprofil aus dem Material Beton mit DN500/800 dargestellt. Die Kamera von Kummert erkannte 50% der Risse, 10% davon mit Einschränkungen. Die übrigen 40% konnten nicht festgestellt werden. Die Zustände einragender Anschluss, schadhafter Anschluss und einfacher Anschluss wurden zu jeweils 100% erkannt.

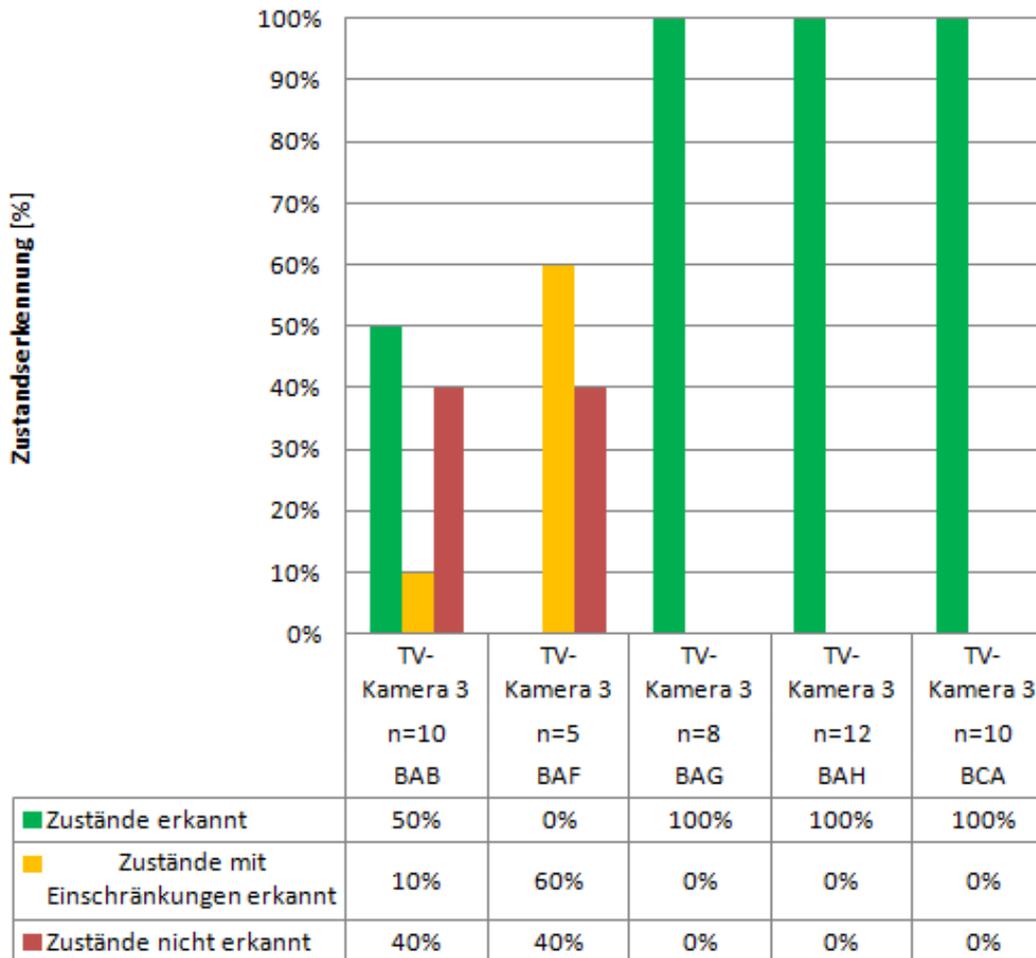


Abbildung 291: Zustandserkennung bei Beton, DN 500/800, Riss, Oberflächenschäden, einragender Anschluss, schadhafter Anschluss und einfacher Anschluss, TV-Kamera 3

Die Gründe für die Nichterkennung von Rissen liegt bei der TV-Kamera 3 zu 100% an der Beleuchtung.

Abbildung 292 bildet die Gründe für die Nichterkennung von Oberflächenschäden der TV-Kamera 3 ab. Aufgrund der Bildqualität (60%) und des vorherrschenden Rohrmaterials (40%) konnten bei der Kamera 3 nicht alle Schäden erkannt werden.

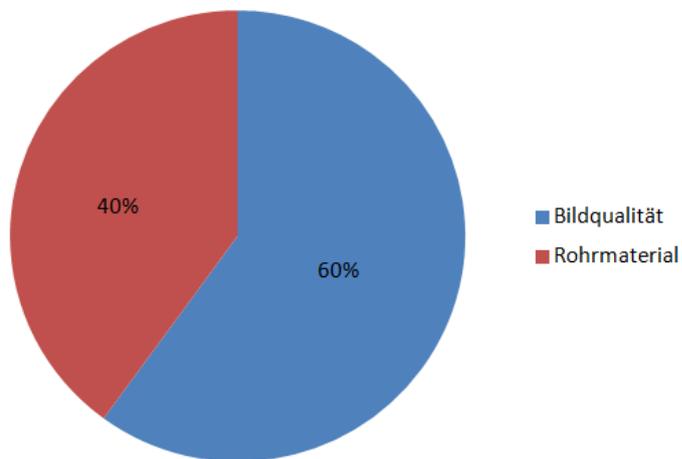


Abbildung 292: Gründe für Nichterkennung bei Beton DN 500/800, Oberflächenschaden, TV-Kamera 3

Abbildung 293 zeigt die Zustandserkennung einer unbekanntem Dreh- und Schwenkkopfkamera bei Betonhaltungen mit DN500/800. Bei den alten Befahrungen aus 2011 wurden 60% der Risse eruiert, davon 40% mit Einschränkungen. Die restlichen 40% der Risse konnten nicht erkannt werden. Weitere 40% der Oberflächenschäden konnten dargelegt werden. 60% der Schäden wurden nicht erkannt. Die Erkennung der einragenden Anschlüsse, der schadhaften Anschlüsse un der einfachen Anschlüsse liegt bei jeweils 100%.

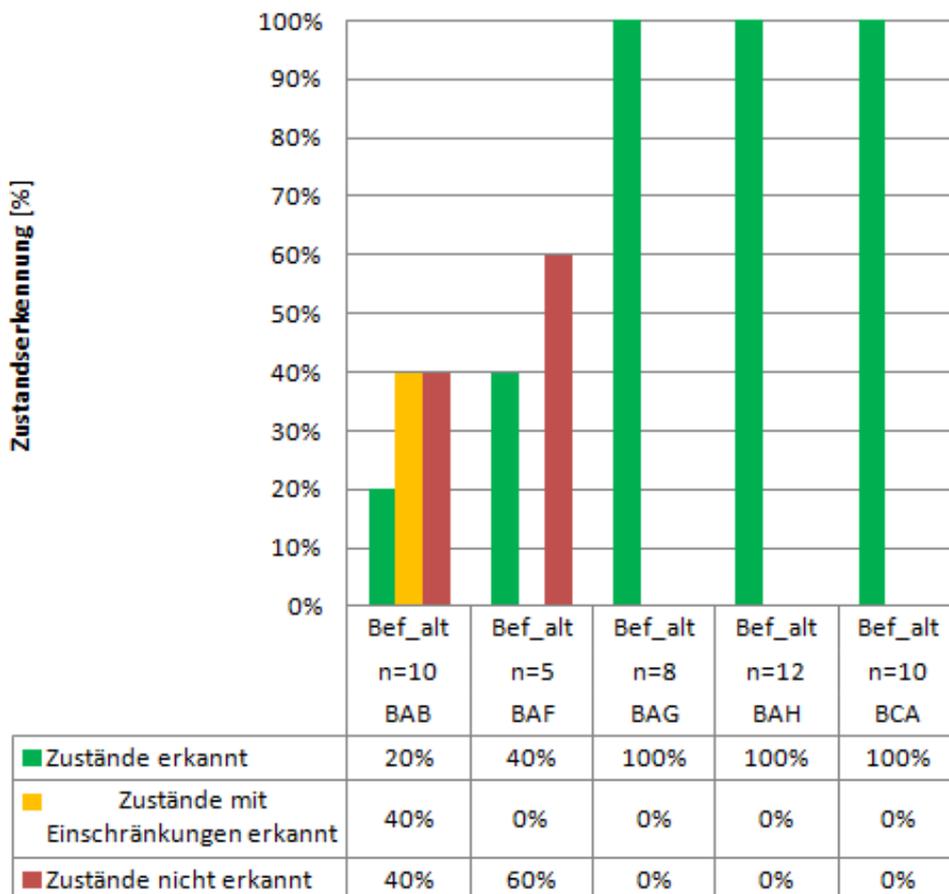


Abbildung 293: Zustandserkennung bei Beton, DN 500/800, Riss, Oberflächenschäden, einragender Anschluss, schadhafter Anschluss und einfacher Anschluss, alte Befahrungen

In der Abbildung 294 sind die Gründe für die Nichterkennung von Rissen dargestellt. Die Ursachen werden mit 65% der Bildqualität und mit 35% dem Rohrmaterial zugeschrieben.

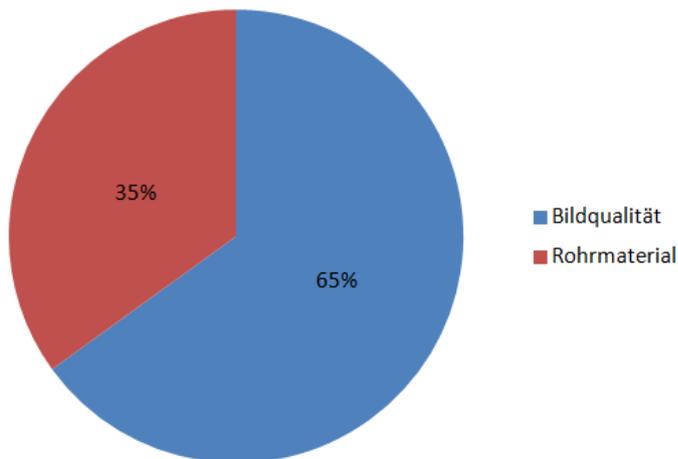


Abbildung 294: Gründe für Nichterkennung bei Beton DN 500/800, Riss, alte Befahrungen

Die Ursachen für die Nichterkennung von Oberflächenschäden werden in Abbildung 295 abgebildet. Bei den Befahrungen von 2011 wird als Grund für die Nichterkennung auch das Rohrmaterial mit 70% beziffert. 30% der nicht erkannten Schäden sind jedoch nicht defnierbar, da sich seit dieser Befahrung auch die Schäden vermehrt haben könnten.

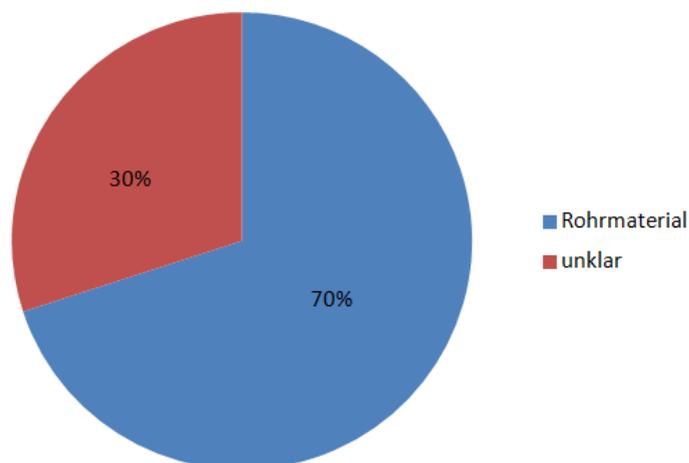


Abbildung 295: Gründe für Nichterkennung bei Beton DN 500/800, Oberflächenschaden, alte Befahrungen

In Abbildung 296 wird die Zustandserkennung des Scan-System 2 in der 3D- Ansicht beim Rohrmaterial Beton mit einer Dimension von DN500/800 abgebildet. Mit dem Scan-System 2 im 3D- Modus konnten 20% der Risse aufgezeigt werden, während 80% der Risse nicht erkannt werden. Bei den Oberflächenschäden liegt keine Erkennung vor. Im Gegensatz dazu wurden 75% der einragenden Anschlüsse erkannt und 25% nicht erkannt. Die Erkennungsrate bei den schadhafte Anschlüssen liegt bei 67% Erkennung und bei 33% Nichterkennung. Weiters konnten alle einfachen Anschlüsse aufgezeigt werden.

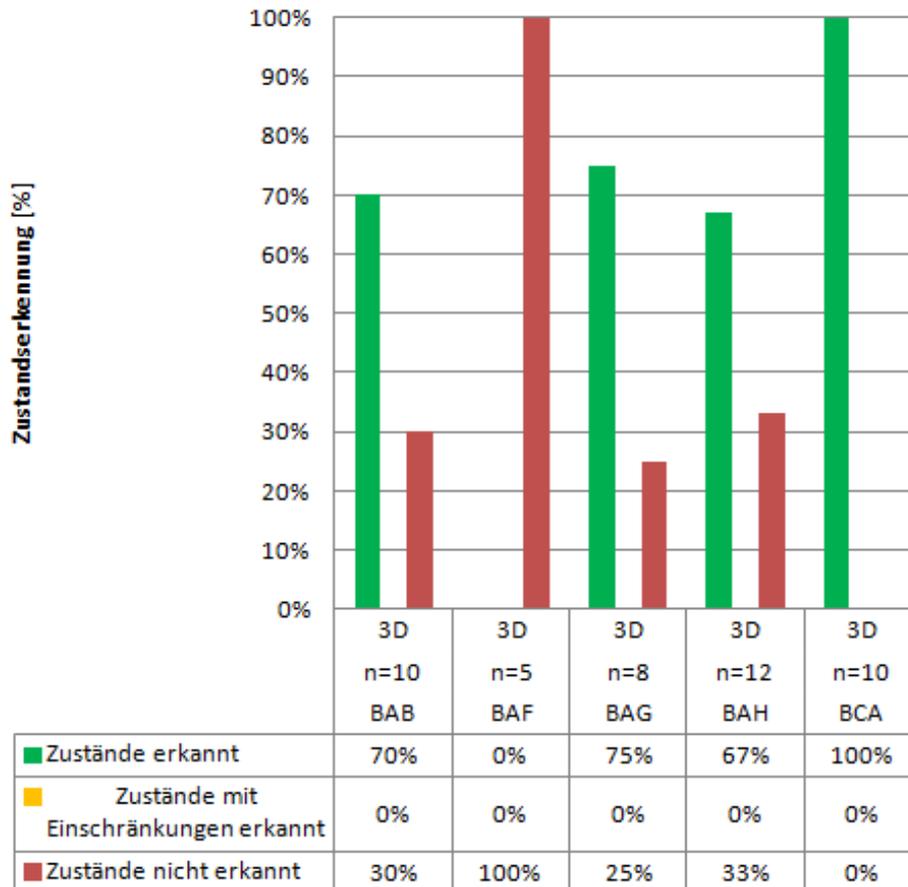


Abbildung 296: Zustandserkennung bei Beton, DN 500/800, Riss, Oberflächenschäden, einragender Anschluss, schadhafte Anschluss und einfacher Anschluss, Scan-System 2 3D

Die Gründe für die Nichterkennung von Rissen wird in Abbildung 297 gezeigt. Im 3D- Modus des Scan-System 2 wurden die Zustände aufgrund der Bildqualität (50%) und der schlechten Beleuchtung (50%) nicht erfasst.

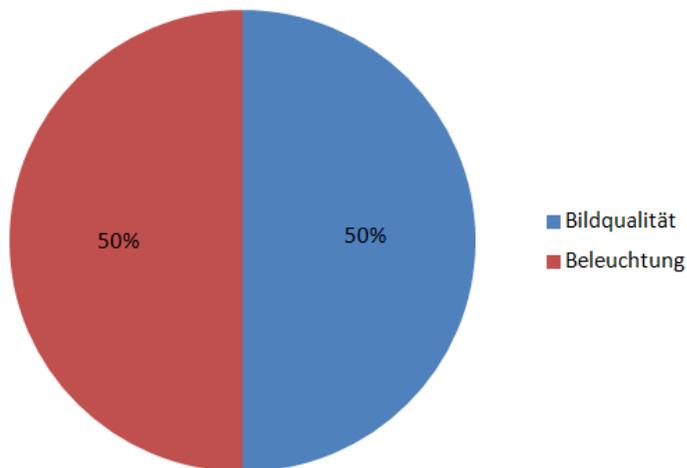


Abbildung 297: Gründe für Nichterkennung bei Beton DN 500/800, Riss, 3D

Im 3D- sowie im Abwicklungsmodus konnten aufgrund des Rohrmaterials (100%) Oberflächenschäden nicht aufgezeigt werden.

Für die Nichterkennung vom Zustand BAG im 3D- Modus und in der Abwicklung werden die Bildqualität und die Beleuchtung mit jeweils 50% als Gründe angegeben. Diese werden in Abbildung 298 grafisch dargestellt.

Die Ursachen für die Nichterkennung von schadhafte Anschlüssen sind in Abbildung 299 abgebildet. In der 3D- Ansicht konnten die Zustände BAH aufgrund der Bildqualität (55%) und aufgrund des Rohrmaterials (45%) nicht eruiert werden.

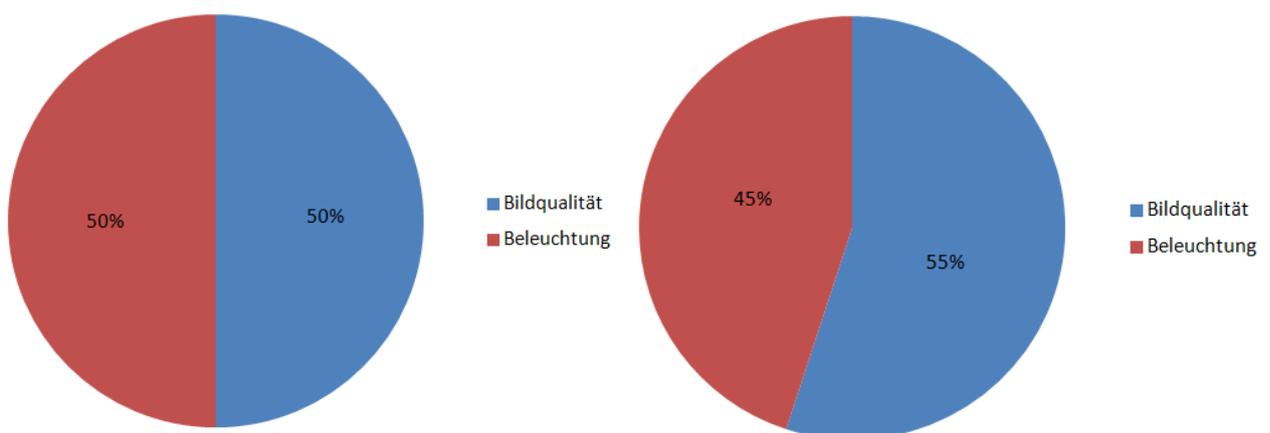


Abbildung 298: Gründe für Nichterkennung bei Beton DN 500/800, einragender Anschluss, 3D und Abwicklung

Abbildung 299: Gründe für Nichterkennung bei Beton DN 500/800, schadhafte Anschluss, 3D

Abbildung 300 zeigt die Zustandserkennung des Scan-System 2 in der Abwicklung bei Beton DN 500/800. In der Abwicklung konnten 30% der Risse erkannt werden, 30% mit Einschränkungen erkannt und 40% nicht erkannt wurden. Bei den Oberflächenschäden, einragenden Anschlüssen und schadhafte Anschlüsse liegt keine Erkennung vor. 90% der einfachen Anschlüsse konnten festgestellt werden. Die übrigen 10% wurden nicht aufgezeigt.

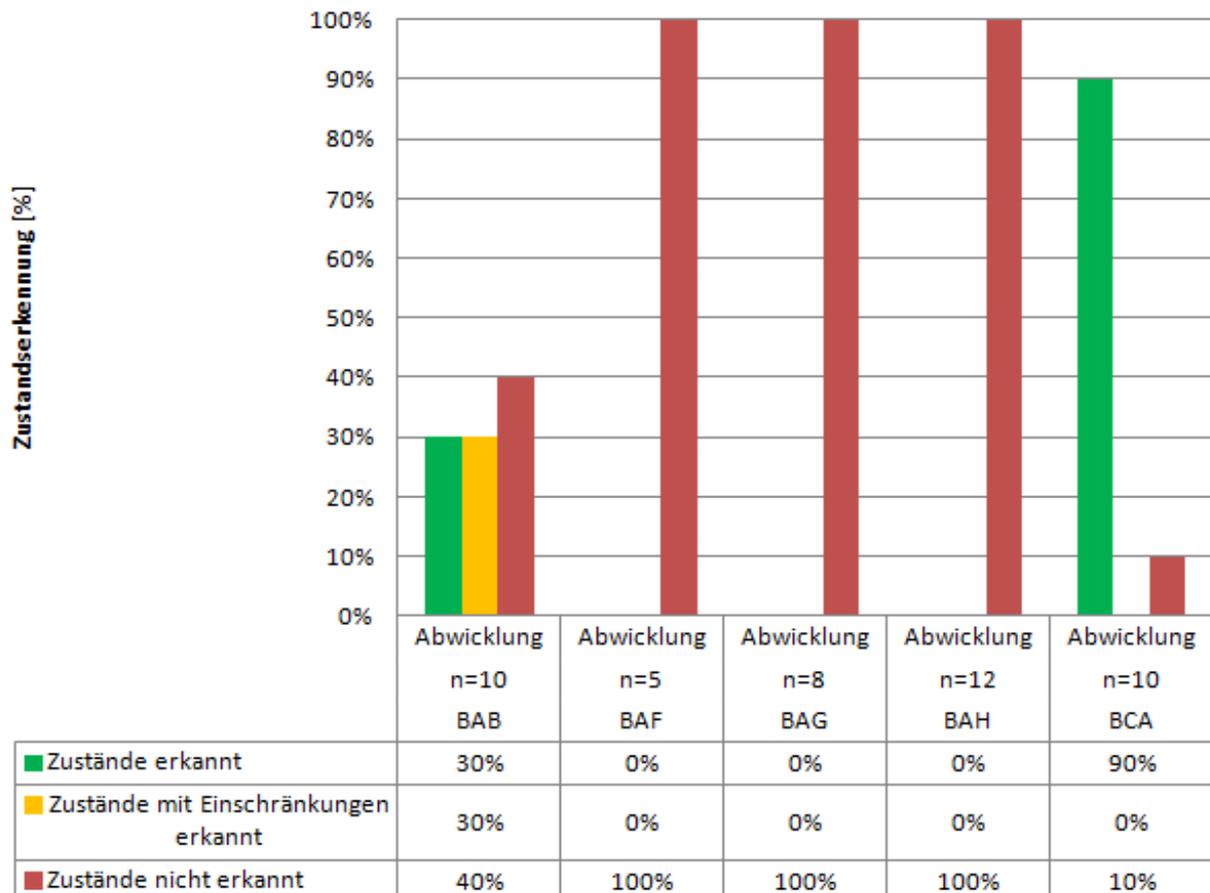


Abbildung 300: Zustandserkennung bei Beton, DN 500/800, Riss, Oberflächenschäden, einragender Anschluss, schadhafte Anschluss und einfacher Anschluss, Scan-System 2 Abwicklung

Die Bildqualität mit 34%, ein Anwendungsfehler (sehr dunkler Hintergrund) mit 33% und die schlechte Ausleuchtung der Haltung mit 33% führten bei der Abwicklung zu schlechten Erkennungsraten. Die grafische Darstellung der Ursachen für die Nichterkennung sind in Abbildung 301 dargestellt.

In Abbildung 302 sind die Gründe für die Nichterkennung von schadhafte Anschlüssen aufgezeigt. In der Abwicklung wurden zu 50% die Bildqualität und zu 50% abermals das Rohrmaterial als Gründe für die Nichterkennung angegeben.



Abbildung 301: Gründe für Nichterkennung bei Beton DN 500/800, Riss, Abwicklung

Abbildung 302: Gründe für Nichterkennung bei Beton DN 500/800, schadhafte Anschluss, Abwicklung

Der Zustand BCA wurde in der Abwicklung aufgrund der Beleuchtung (100%) nicht erkannt.

### Vergleich der Risse

Die Abbildung 303 stellt die Risserkennung in Betonrohren DN500/800 dar. Verglichen werden die TV-Kamera 1 (HD), die TV-Kamera 3, die TV-Kamera 4 und das Scan-System 2 im 3D-Modus sowie in der Abwicklung. Die Risse wurden nach ihren Rissbreiten differenziert.

Die HD- Kamera gilt als Referenzmaß und hat somit eine Erkennungsrate von 100%. Aufgeteilt werden diese 100% in 40% 5mm- Risse und 10% 4mm breite Risse. Jeweils 20% der Risse haben eine Breite von 3mm bzw. 2mm. 10% der auftretenden Risse werden mit einer Breite von 1mm tituliert.

Mit der TV-Kamera 3 wurden 30% der Risse mit einer Breite von 5mm angegeben. 10% der Risse weisen eine Rissbreite von 3mm auf. Weitere 20% werden als 2mm- Risse eingestuft. Das ergibt eine Gesamterkennungsrate von 60%.

Die TV-Kamera 5 weist eine gesamte erkennungsrate von 70% auf. Aufgeteilt sind diese in 30% 5mm- Risse und in jeweils 20% 3mm- Risse und in 2mm- Risse.

Mit der 3D- Ansicht wurden 60% der Risse erkannt. Diese gliedern sich in 30% 5mm- Risse, 10% 4mm- Risse und 20% 3mm- Risse.

Im Abwicklungsmodus des Scan-System 2 konnten insgesamt 40% der auftretenden Risse festgestellt werden. 20% entfallen auf Risse mit einer Breite von 5mm und jeweils 10% auf 3mm und 2mm breite Risse.

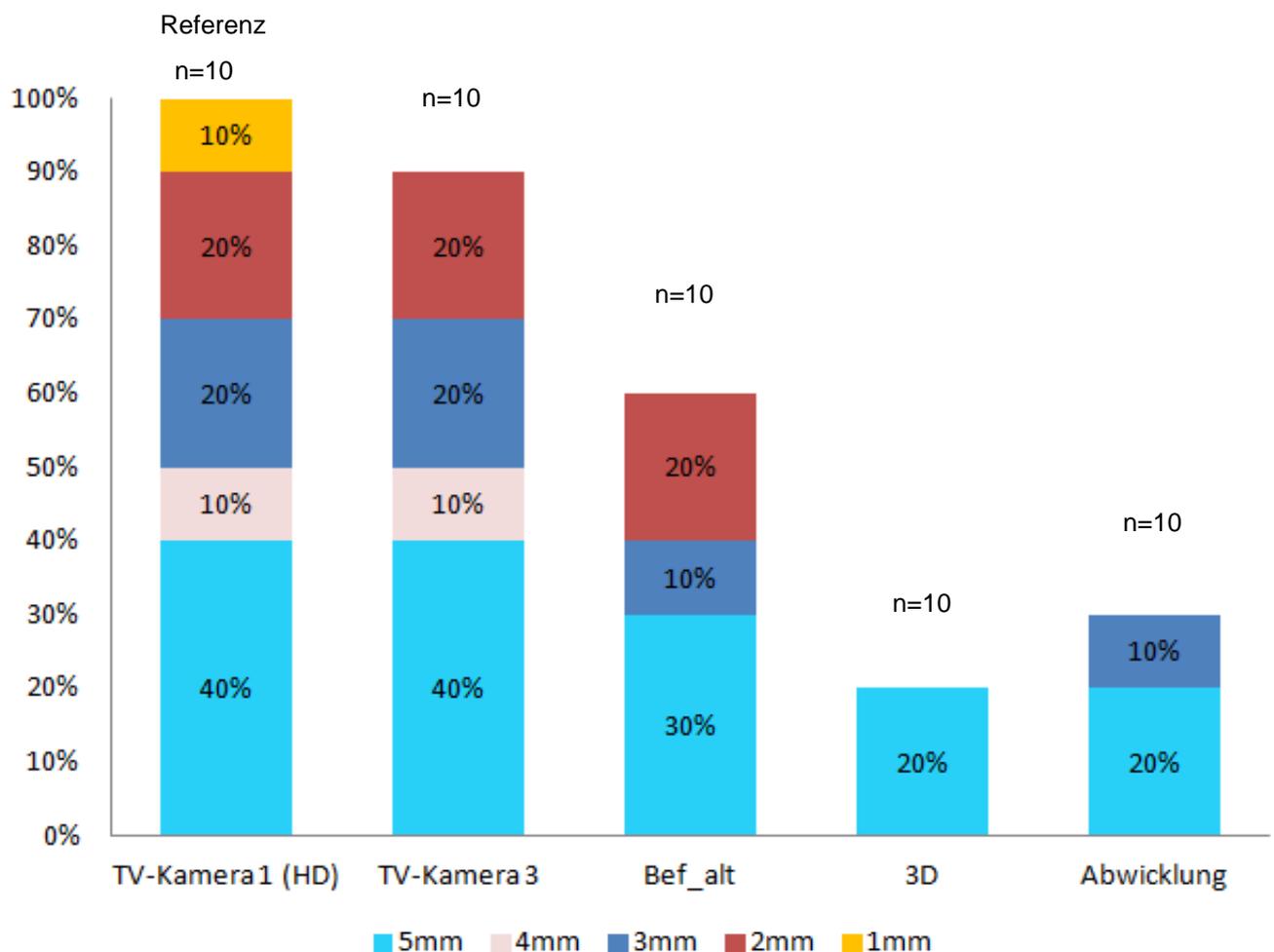


Abbildung 303: Zustandserkennung Riss, Beton DN500/800, TV-Kamera 1 (HD), TV-Kamera 3, alte Befahrungen und Scan-System 2 in 3D und Abwicklung

Die Abbildung 304, Abbildung 305, Abbildung 306 und Abbildung 307 zeigt die Erkennung von 5mm breiten Rissen anhand von Beispielen mit den vier untersuchten Kamerasystemen.

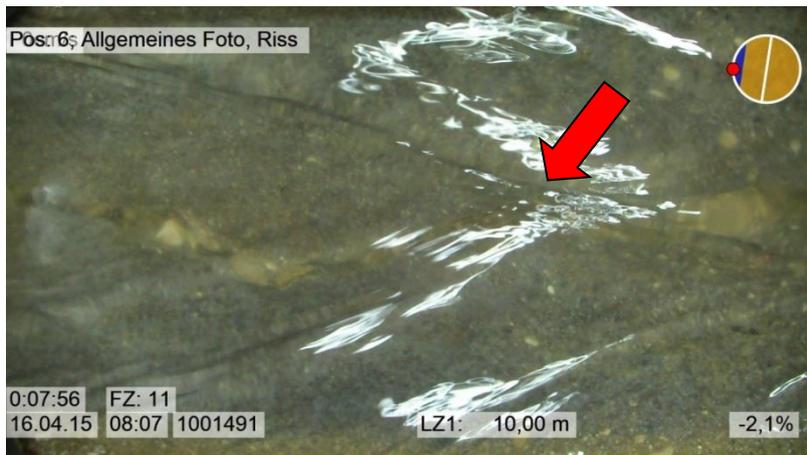


Abbildung 304: Beton DN500/800, TV-Kamera 1 (HD), Riss, 5mm



Abbildung 305: Beton DN500/800, alte Befahrungen, Riss, 5mm



Abbildung 306: Beton DN500/800, Scan-System 2 3D, Riss, 5mm

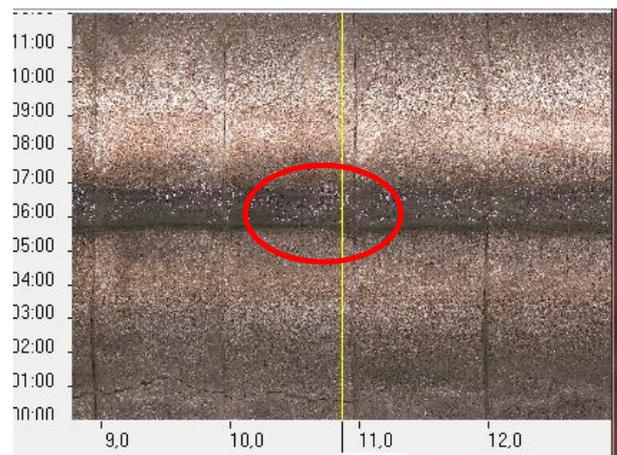


Abbildung 307: Beton DN500/800, Scan-System 2 Abwicklung, Riss, 5mm

### Vergleich der einragenden Anschlüsse

In Abbildung 308 ist die Aufgliederung der einragenden Anschlüsse nach ihrer Quantifizierung ersichtlich. Die blauen Balken stellen die prozentuelle Erkennung von einragenden Anschlüssen von 1-5% dar. Die TV-Kamera 1 (HD) gilt wiederum als Referenzmaß. Mit der TV-Kamera 3 von Kummert, einer unbekanntenen Kamera aus alten Befahrungen wurden alle einragenden Anschlüsse von 1-5% festgestellt. Mit dem Scan-System 2 3D wurden 63% von möglichen 80% nachgewiesen.

Bei einragenden Anschlüssen von 6-10% (rote Balken) konnte die TV-Kamera 3 und die Kamera der alten Befahrungen alle Anschlüsse ersichtlich machen. Das Scan-System 2 im 3D-Modus erkannte 12% von möglichen 20%. In der Abwicklung konnte kein einragender Anschluss quantifiziert werden. Somit beläuft sich die Erkennungsrate auf jeweils 0%.

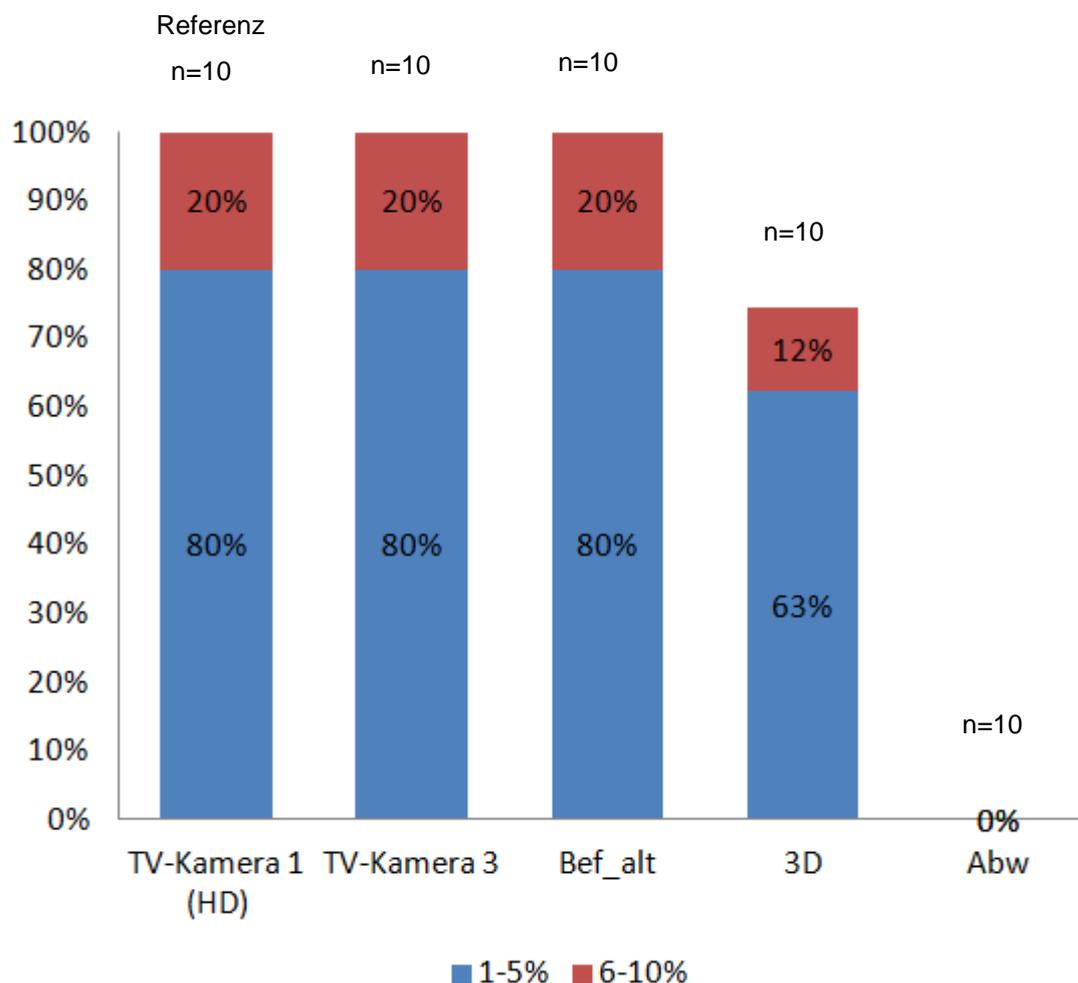


Abbildung 308: Zustandserkennung einragender Anschluss, Beton DN500/800, TV-Kamera 1 (HD), TV-Kamera 3, alte Befahrungen und Scan-System 2 in 3D und Abwicklung

Abbildung 309, Abbildung 310, Abbildung 311 und Abbildung 312 zeigen die Zustandserkennung eines einragenden Anschlusses in einem Eiprofil aus dem Material Beton mit Abmessungen von DN500/800. Untersucht wurde diese Haltung mit der TV-Kamera 1 (HD), der TV-Kamera 3 und mit dem Scan-System 2 im 3D- Modus und in der Abwicklung.



Abbildung 309: Beton, DN 500/800, TV-Kamera 1 (HD), einragender Anschluss.



Abbildung 310: Beton, DN 500/800, TV-Kamera 3, einragender Anschluss

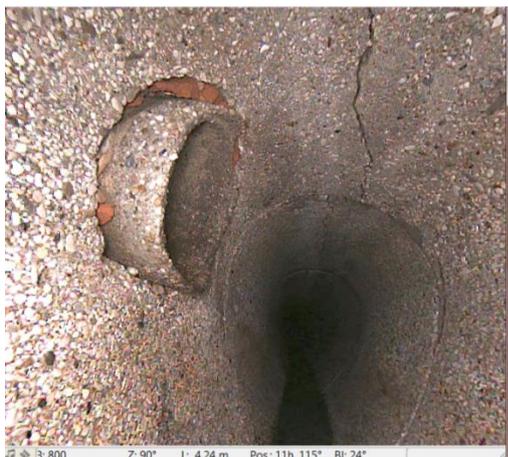


Abbildung 311: Beton, DN 500/800, Scan-System 2, 3D, einragender Anschluss

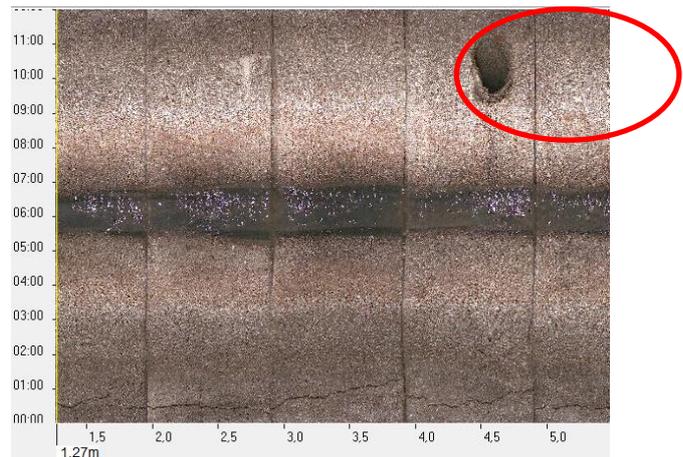


Abbildung 312: Beton, DN 500/800, Scan-System 2, Abwicklung, einragender Anschluss.

5.3.1.8 Beton DN 900/1350

In Abbildung 313 ist ersichtlich, dass mit dem Scan-System 2 im 3D- Modus 57% der anhaftenden Stoffe erkannt wurden und 14% mit Einschränkungen erkannt wurden. 29% konnten nicht festgestellt werden. Bei der Infiltration wurden 30% der Zustände nachgewiesen. Weitere 30% wurden mit Einschränkungen erkannt und bei 40% liegen keine Erkennungen vor.

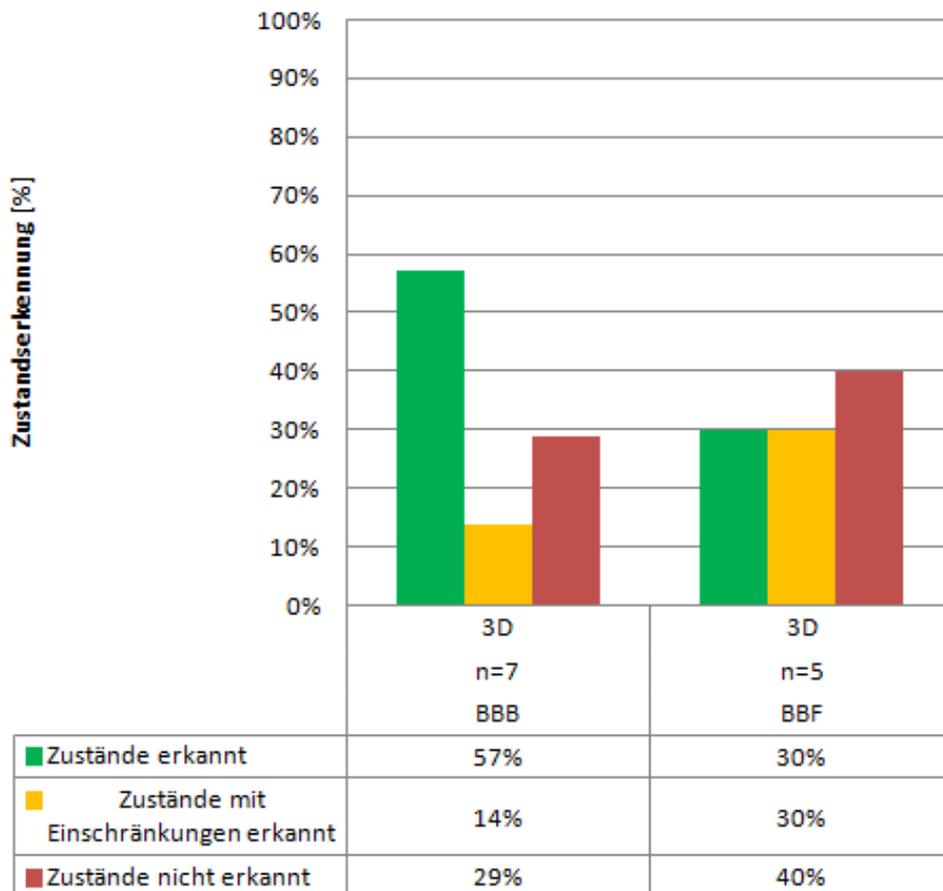


Abbildung 313: Erkennungsrate bei Beton, DN 900/1350, Anhaftende Stoffe und Infiltration, Scan-System 2 3D

Die Gründe für die Nichterkennung der anhaftenden Stoffe ist in Abbildung 314 zugrunde gelegt. Die Ursachen liegen bei der 3D- Ansicht und bei der Abwicklung zu 14% an der Bildqualität und zu 86% am Rohrmaterial, da die Oberflächenrauheit von Beton ein entscheidender Faktor bei der Erkennung ist.

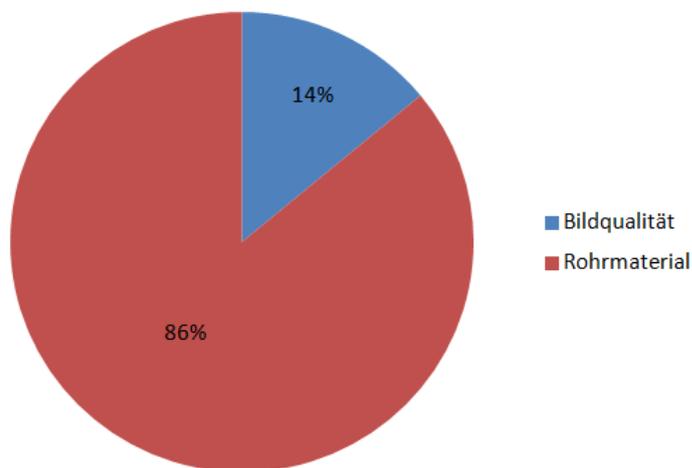


Abbildung 314: Gründe für Nichterkennung der Zustände bei Beton, DN 900/1350, Anhaftende Stoffe, 3D und Abwicklung

Die Abbildung 315 zeigt die Erkennungsraten bei der Scan-System 2 in der Abwicklung. Es liegen weder Erkennungen der anhaftenden Stoffe noch der Infiltration vor.

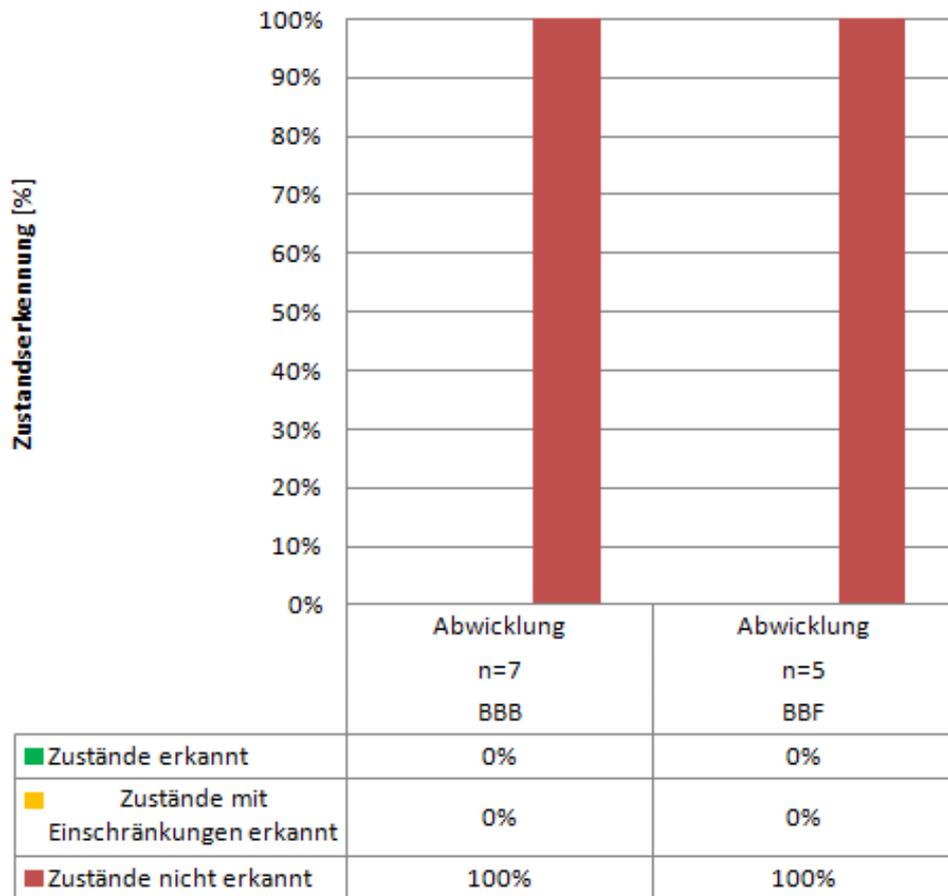


Abbildung 315: Erkennungsrate bei Beton, DN 900/1350, Anhaftende Stoffe und Infiltration, Scan-System 2 Abwicklung

Bei der Infiltration sind die Gründe für die Nichterkennung bei dem 3D- Modus und bei der Abwicklung zu 100% die Bildqualität.

### 5.3.2 Kapitelzusammenfassung

Die TV-Kamera 1 (HD) wird in diesen Untersuchungen als Referenz angesehen. Daher beträgt die Erkennungsrate 100%.

In Abbildung 316 werden alle Zustände der Haltungen Beton DN500 und Beton DN1000, die mit dem Scan-System 2 im 3D- Modus sowie im Abwicklungsmodus getestet wurden, abgebildet.

Die Erkennungsrate bei Rissen bei Beton DN500 beträgt bei der 3D- Ansicht 42% und in der Abwicklung 35%. Das ergibt eine Differenz von 7%. Bei der schadhafte Reparatur konnten sowohl in der 3D- Ansicht als auch in der Abwicklung 84% der Zustände erfasst werden.

Bei der Risserkennung bei Beton DN1000 konnte das Scan-System 2 im 3D- Modus 25% erkennen, während in der Abwicklung kein Schaden aufgezeigt werden konnte. Oberflächenschäden wurden nur im 3D- Modus aufgezeigt. Die Erkennungsrate beträgt 100% während in der Abwicklung kein Schaden festgestellt wird. Anhaftende Stoffe konnte in der 3D- Ansicht zu 100% erkannt werden und in der Abwicklung zu 50% eruiert werden.

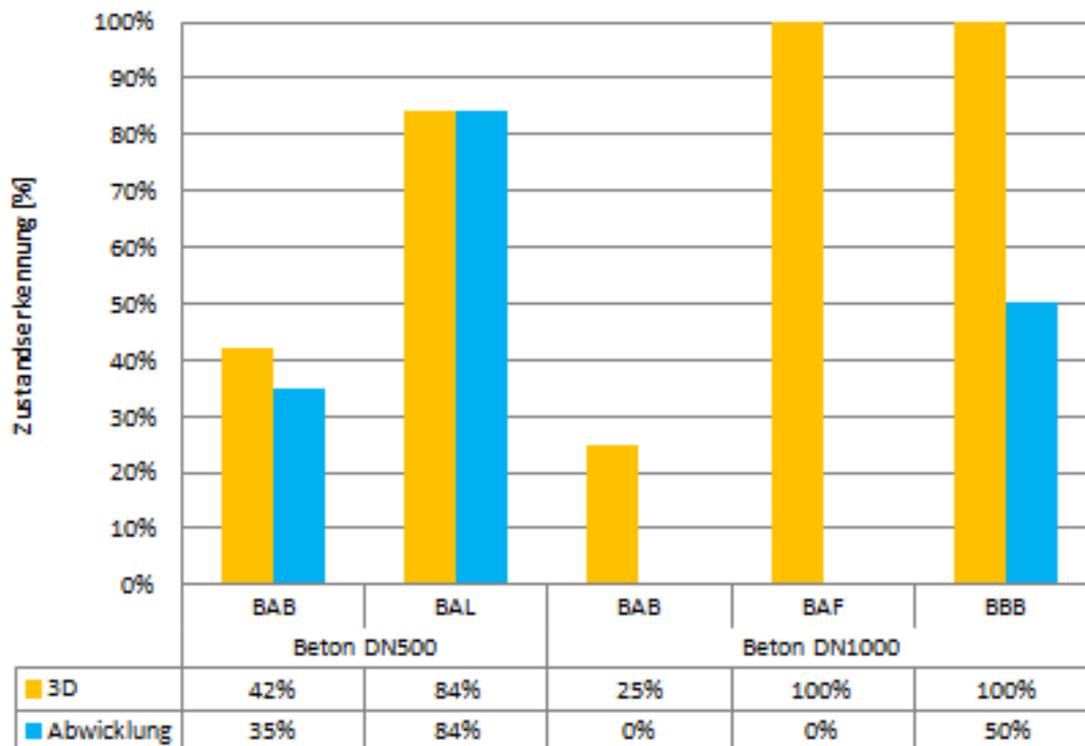


Abbildung 316: Vergleich aller Zustände, Scan-System 2, 3D und Abwicklung

Die Abbildung 317 stellt alle Zustände der Haltungen Beton DN500/800, DN900/1350, Steinzeug DN300 und Steinzeug DN400, welche mit dem Scan-System 2 erfasst wurden, dar. Bei Beton DN500/800 wurden die Zustände Riss, Oberflächenschaden, einragender sowie schadhafter und einfacher Anschluss festgestellt. Die Erkennungsrate bei Rissen liegt bei der 3D- Ansicht bei 50% und somit um 20% höher als bei der Abwicklung. Oberflächenschäden konnten weder im 3D- Modus noch in der Abwicklung erkannt werden. Einragende und schadhafter Anschlüsse wurden mit dem Scan-System 2 im 3D- Modus zu 75% bzw. zu 67% aufgezeigt. Mit der Abwicklung liegen keine Erkennungen vor. Einfache Anschlüsse wurden in der 3D- Ansicht zu 100% und in der Abwicklung zu 90% aufgezeigt. Bei dem Eiprofil mit Abmessungen 900/1350 konnten in der 3D- Ansicht 71% der Anhaftenden Stoffe und 60% der Infiltrationen aufgezeigt werden. Bei der Abwicklung liegen bei beiden Zuständen keine Erkennungen vor. Bei Steinzeughaltungen mit DN300 konnten 100% aller Risse mit dem 3D-Modus festgestellt werden. Im Gegensatz dazu wurde in der Abwicklung kein Riss nachgewiesen. Bei Steinzeug DN400 konnten bei der 3D- Ansicht 64% der Risse aufgezeigt werden. Somit wurden mit der 3D- Ansicht um 35% mehr Risse erkannt als in der Abwicklung. Brüche wurden im 3D- Modus zu 44% eruiert während die Erkennungsrate in der Abwicklung nur 25% erträgt. Einfache Anschlüsse konnten mit der 3D- Ansicht sowie der Abwicklung zu 100% festgestellt werden.

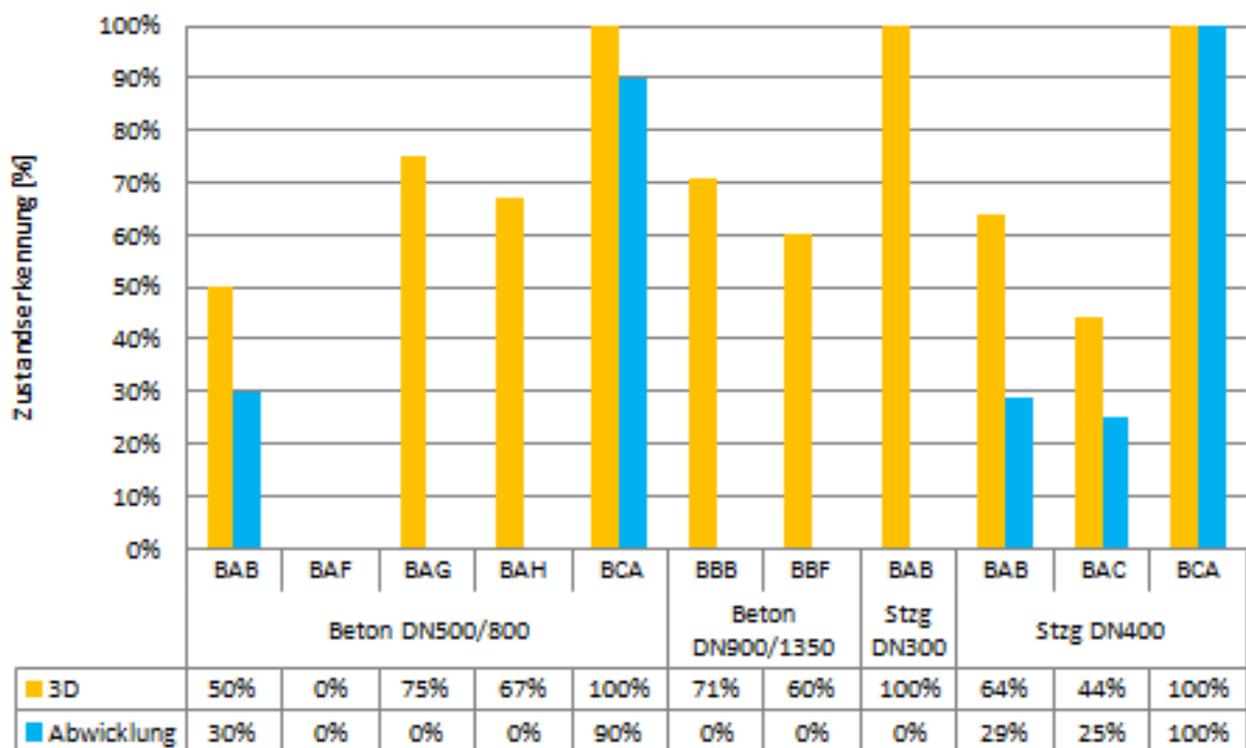


Abbildung 317: Vergleich aller Zustände, Scan-System 2, 3D und Abwicklung

Die Abbildung 318 stellt die verschiedenen Kamerasysteme (TV-Kamera 3, Scan-System 2, 3D und Abwicklung) bezüglich der Erkennungsrate in Betonrohren bei verschiedenen Durchmessern dar. Die Daten von den Durchmessern DN300, DN400, DN500, DN600 und DN 1000 sind vorhanden. Die HD- Kamera erkennt bei allen Durchmessern 100%, wird deshalb als Referenz gesehen und daher nicht dargestellt.

Die Erkennungsrate mit dem Scan-System 2 im 3D- Modus bei DN300 liegt bei 28% und wird als Ausreißer deklariert, da er nicht zu den folgenden Erkennungen passt. Bei DN400 können 57% der Risse bei DN500 und 55% festgestellt werden. Die Erkennungsrate bei DN600 liegt bei 50% und bei DN1000 bei 25%.

Bei DN300 liegt die Erkennungsrate der Abwicklung des Scan-System 2 bei 0%. Dieser Wert wird in als Ausreißer tituliert. Bei DN400 können 43% und bei DN500 35% der Risse festgestellt werden. Bei DN1000 liegen keine Aufzeichnungen über eine Erkennung vor.

Mit der TV-Kamera 3 liegen bei DN400 und DN500 Erkennungsraten von 70% vor. Bei DN600 können 50% der Risse deklariert werden. Die 100%-ige Erkennungsrate bei DN1000 wird als Ausreißer gesehen, da die Stichprobe zu klein war. Die strichlierte Linie zeigt einen anzunehmenden Verlauf der Erkennungsrate.

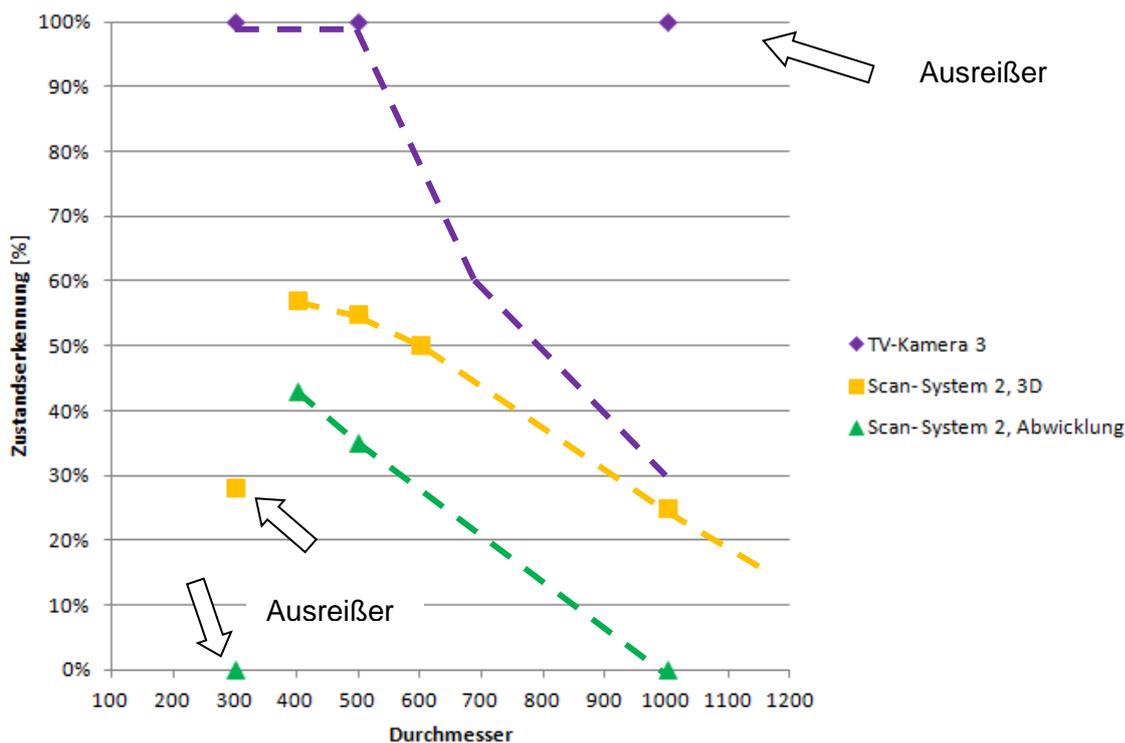


Abbildung 318: Zustandserkennung Riss, Beton, TV-Kamera 1 (HD), TV-Kamera 3, Scan-System 2, 3D und Abwicklung

## 5.4 Ergebnisse Hypothese 3 - Sanierungsplanung

In Kapitel 5.4 wird an drei ausgewählten Haltungen, die bei den Untersuchungen in Steyr inspiziert wurden, eine Sanierungsplanung durchgeführt.

Alle Zustände, welche mit den verschiedenen Inspektionssystemen erkannt wurden, werden tabellarisch und anhand von Beispielbildern abgebildet. Anhand der Art des Schadens und dessen weiterfolgenden Einfluss auf die Haltung in Bezug auf die Hydraulik und Statik der Haltung wird entschieden, ob dieser Schaden sanierungswürdig ist. Eine Kosten- Nutzen-Analyse und eine Nutzwertanalyse unterstreichen die ausgewählte Sanierungsmöglichkeit.

### 5.4.1 Schumannstraße

#### 5.4.1.1 Sanierungsplanung

In der Tabelle 20 sind die Schäden in einem Steinzeugrohr mit DN 400 dargestellt. Verglichen werden die TV-Kamera 1 (HD), das Scan-System 2 im 3D- Modus und in der Abwicklung und die TV-Kamera 3 hinsichtlich der Schadenserkenkung. Die Spalte „Pos“ gibt Aufschluss über die Position des Zustands. Der „Main Code“ beschreibt die Art des Schadens und in der dritten Spalte wird vermerkt, ob es sich um einen Streckenschaden handelt. Die grünen „Kästchen“ kennzeichnen die Erkennung des Zustands, während die roten die Nichterkennung aufzeigen.

Tabelle 20: Schäden Haltung Schumannstraße, Schacht S20 bis Schacht S30, TV-Kamera 1 (HD), Scan-System 2, 3D und Abwicklung und TV-Kamera 3

Pos	Main-Code	Start/End of Defect	Remarks	TV-Kamera 1 (HD)	TV-Kamera 3	3D	Abwicklung
0.00	BCD		Starting point of Inspection	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE
0.80	BAC		Bruch; Länge=2mm	TRUE	TRUE	TRUE	FALSE
0.80	BAB	A1	Riss längs; 2mm	TRUE	TRUE	TRUE	FALSE
0.90	BAB	A2	Riss längs; 2mm	TRUE	TRUE	TRUE	FALSE
2.60	BAB	E1	Riss längs; 2mm	TRUE	TRUE	TRUE	FALSE
2.60	BAB	E2	riss längs; 2mm	TRUE	TRUE	TRUE	FALSE
3.70	BAB	A3	Riss längs; 2mm	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE
3.70	BAB	A4	Riss längs; 2mm	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE
11.90	BAC		Bruch;0.5mm;an Verb.	TRUE	TRUE	FALSE	TRUE
17.30	BCA		Abzweig offen, 150mm	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE
17.60	BAB	E4	Riss längs, 2mm	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE
17.60	BAB	E3	Riss längs, 2mm	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE
21.70	BAB		Riss längs; 1mm; an Verb.	TRUE	FALSE	FALSE	FALSE
28.80	BAC		Fehlen von Teilen; 200mm	TRUE	TRUE	TRUE	FALSE
29.30	BAC		Bruch; 700mm	TRUE	TRUE	FALSE	FALSE
35.10	BAB	A5	Riss längs; 1mm	TRUE	FALSE	FALSE	FALSE
35.60	BAB	E5	Riss längs; 1mm	TRUE	FALSE	FALSE	FALSE
38.40	BCA		Abzweig offen; 150mm	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE
44.90	BAB	A6	Riss längs; 1mm	TRUE	FALSE	TRUE	FALSE
45.70	BAB	E6	Riss längs; 1mm	TRUE	FALSE	TRUE	FALSE
46.90	BAB		Riss komplex; 2mm; an Verb.	TRUE	TRUE	FALSE	FALSE
52.40	BAB	A7	Riss längs; 1mm	TRUE	FALSE	TRUE	FALSE
52.50	BAB	A8	Riss längs; 1mm	TRUE	FALSE	FALSE	FALSE
57.10	BAB	E8	Riss längs; 1mm	TRUE	FALSE	FALSE	FALSE
57.10	BAB	E7	Riss längs; 1mm	TRUE	FALSE	TRUE	FALSE
60.10	BAB		Riss längs; 2mm an Verb.	TRUE	TRUE	FALSE	FALSE
60.10	BAB		Riss längs; 1mm an Verb.	TRUE	TRUE	TRUE	FALSE
61.00	BAB		Riss längs; 1mm	TRUE	FALSE	TRUE	FALSE
62.10	BAB		Riss längs; 1mm an Verb.	TRUE	FALSE	FALSE	FALSE
62.10	BAB		Riss längs; 1mm an Verb.	TRUE	FALSE	FALSE	FALSE
62.90	BCE		Ende	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE

Tabelle 21: Ausschnitt Tabelle 20, Schäden Bruch und Riss

Pos	Main-Code	Start/End of Defect	Remarks	TV-Kamera 1 (HD)	TV-Kamera 3	3D	Abwicklung
0.80	BAC		Bruch; Länge=2mm	TRUE	TRUE	TRUE	FALSE
0.80	BAB	A1	Riss längs; 2mm	TRUE	TRUE	TRUE	FALSE

In den Abbildung 319, Abbildung 320, Abbildung 321, Abbildung 322 und Abbildung 323 werden die beiden Schäden welche in „gelben Kästchen“ in Tabelle 21: Ausschnitt Tabelle 20, Schäden Bruch und Riss

Pos	Main-Code	Start/End of Defect	Remarks	TV-Kamera 1 (HD)	TV-Kamera 3	3D	Abwicklung
0.80	BAC		Bruch; Länge=2mm	TRUE	TRUE	TRUE	FALSE
0.80	BAB	A1	Riss längs; 2mm	TRUE	TRUE	TRUE	FALSE

aufgezeigt sind, dargestellt. Es werden vier Inspektionssysteme hinsichtlich ihrer Erkennung der Zustände „BAB“ und „BAC“ verglichen.

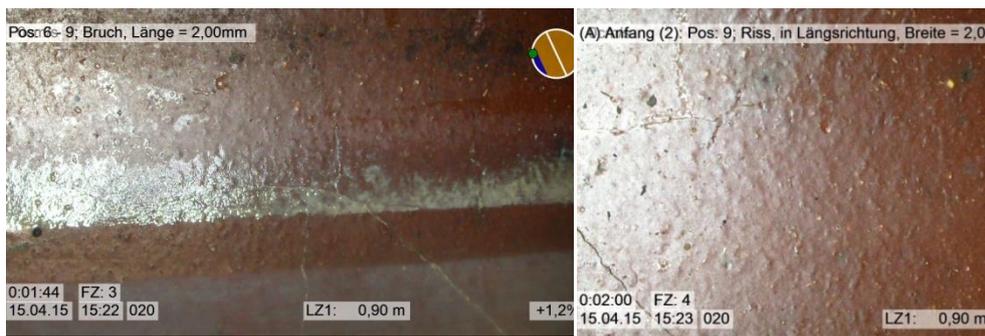


Abbildung 319: Zustandserkennung TV-Kamera 1 (HD) (Bruch)

Abbildung 320: Zustandserkennung TV-Kamera 1 (HD) (Riss)

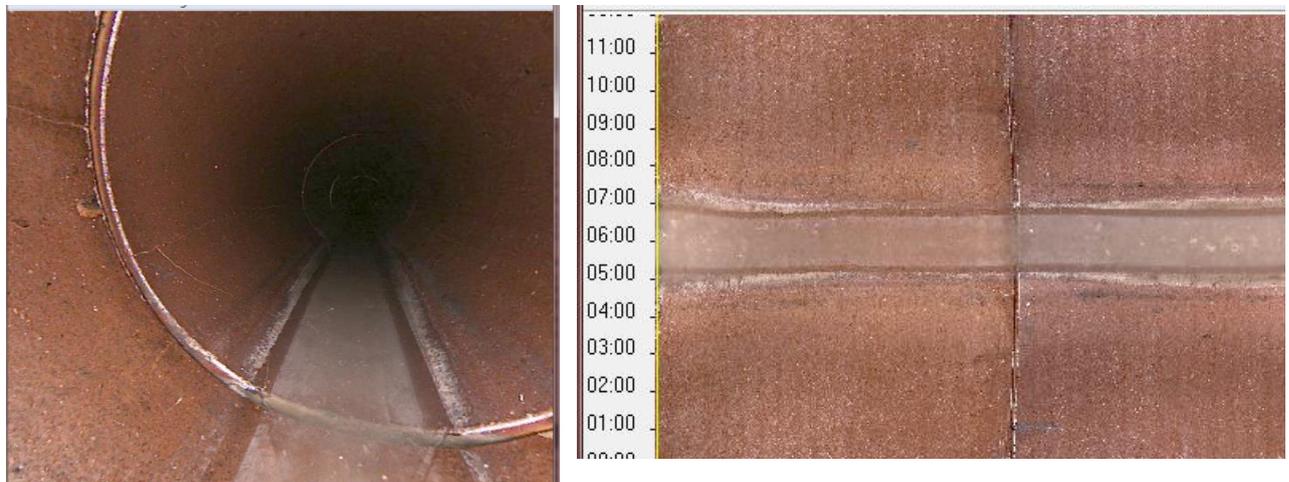


Abbildung 321: Zustandserkennung Scan-System 2 3D, Schäden erkannt (Bruch, Riss)

Abbildung 322: Zustandserkennung Scan-System 2 Abwicklung, Schäden nicht erkannt (Bruch, Riss)



Abbildung 323: Zustandserkennung TV-Kamera 3, Zustände erkannt (Bruch und Riss)

Tabelle 22: Ausschnitt Tabelle 20, Schaden Riss

Pos	Main-Code	Start/End of Defect	Remarks	TV-Kamera 1 (HD)	TV-Kamera 3	3D	Abwicklung
21.70	BAB		Riss längs; 1mm; an Verb.	TRUE	FALSE	FALSE	FALSE

Der Schaden „BAB“ wird in den Abbildung 324, Abbildung 325, Abbildung 326 und Abbildung 327 mit den verschiedenen Kamerasystemen dargestellt.

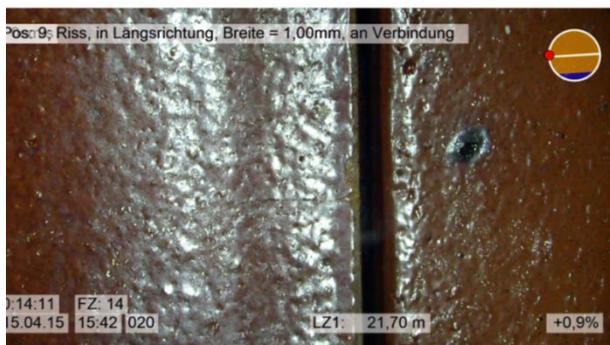


Abbildung 324: Zustandserkennung TV-Kamera 1 (HD) (Riss)



Abbildung 325: Zustandserkennung TV-Kamera 3, Schaden nicht erkannt (Riss)

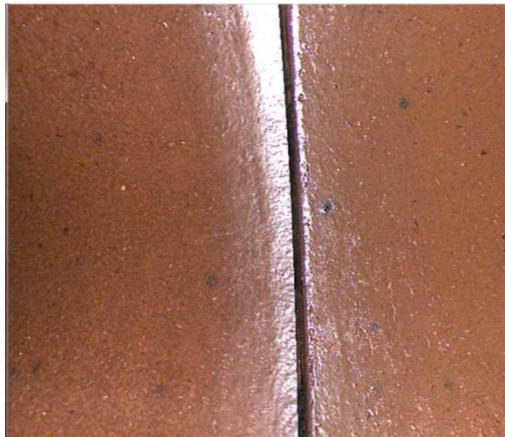


Abbildung 326: Zustandserkennung Scan-System 2 3D, Schaden nicht erkannt (Riss)

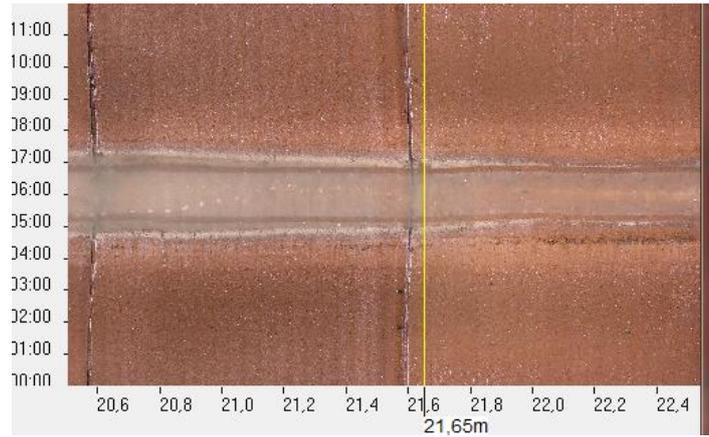


Abbildung 327: Zustandserkennung Scan-System 2 Abwicklung, Schaden nicht erkannt (Riss)

Tabelle 23: Ausschnitt Tabelle 20, Schaden Riss

Pos	Main-Code	Start/End of Defect	Remarks	TV-Kamera 1 (HD)	TV-Kamera 3	3D	Abwicklung
62.10	BAB		Riss längs; 1mm an Verb.	TRUE	FALSE	FALSE	FALSE

Der Zustand „BAB“, welcher im „gelben Kästchen“ in Tabelle 23 abgebildet ist, wird in Abbildung 328, Abbildung 329, Abbildung 330 und Abbildung 331 aufgezeigt. Es wird die Erkennung des vorliegenden Zustands zwischen vier Kamerasystemen abgebildet.

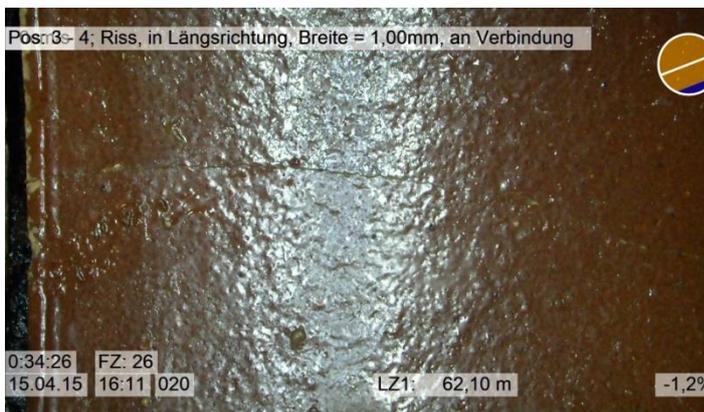


Abbildung 328: Zustandserkennung TV-Kamera 1 (HD), Riss



Abbildung 329: Zustandserkennung TV-Kamera 3, Zustand nicht erkannt (Riss)

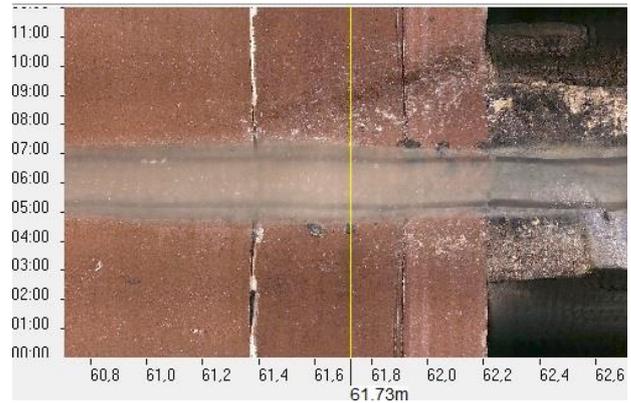


Abbildung 330: Zustandserkennung Scan-System 2 3D, Zustand nicht erkannt (Riss)

Abbildung 331: Zustandserkennung Scan-System 2 Abwicklung, Zustand nicht erkannt (Riss)

**Sanierungsplanung aufgrund der Ergebnisse der TV-Kamera 1 (HD), TV-Kamera 3 und Scan-System 2 3D:**

Diese Haltung weist ein große Anzahl an Rissen mit einer Rissbreite von 1 mm auf. Es gilt nun zu entscheiden ob eine Sanierung dieser kleine Risse notwendig ist. Dazu können zwei Sanierungskonzepte erfolgen. Eine Sanierungsplanung erfolgt mit einem Schlauchliner. Das bedeutet, alle Schäden, die in dieser Haltung auftreten, werden saniert. Die zweite Sanierungsmöglichkeit beinhaltet die Sanierung von allen Schäden, mit Ausnahme von den 1mm- breiten Rissen. Diese Sanierung wird mit Robotern und Partlinern durchgeführt.

**Sanierungsplanung aufgrund der Ergebnisse des Scan-System 2 Abwicklung:**

Durch die schlechte Kameraauflösung (vgl. Beispielbilder und Diagramme in Kapitel 5.3.1) können deutlich weniger Zustände erfasst werden als bei der Inspektion mit der TV-Kamera 1 (HD), der TV-Kamera 3 und dem Scan-System 2 in 3D- Modus (vgl. Tabelle 20: Schäden Haltung Schumannstraße, Schacht S20 bis Schacht S30, TV-Kamera 1 (HD), Scan-System 2, 3D und Abwicklung und TV-Kamera 3

Pos	Main-Code	Start/End of Defect	Remarks	TV-Kamera 1 (HD)	TV-Kamera 3	3D	Abwicklung
0.00	BCD		Starting point of Inspection	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE
0.80	BAC		Bruch; Länge=2mm	TRUE	TRUE	TRUE	FALSE
0.80	BAB	A1	Riss längs; 2mm	TRUE	TRUE	TRUE	FALSE
0.90	BAB	A2	Riss längs; 2mm	TRUE	TRUE	TRUE	FALSE
2.60	BAB	E1	Riss längs; 2mm	TRUE	TRUE	TRUE	FALSE
2.60	BAB	E2	riss längs; 2mm	TRUE	TRUE	TRUE	FALSE
3.70	BAB	A3	Riss längs; 2mm	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE
3.70	BAB	A4	Riss längs; 2mm	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE
11.90	BAC		Bruch;0.5mm;an Verb.	TRUE	TRUE	FALSE	TRUE
17.30	BCA		Abzweig offen, 150mm	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE
17.60	BAB	E4	Riss längs, 2mm	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE
17.60	BAB	E3	Riss längs, 2mm	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE
21.70	BAB		Riss längs; 1mm; an Verb.	TRUE	FALSE	FALSE	FALSE
28.80	BAC		Fehlen von Teilen; 200mm	TRUE	TRUE	TRUE	FALSE
29.30	BAC		Bruch; 700mm	TRUE	TRUE	FALSE	FALSE
35.10	BAB	A5	Riss längs; 1mm	TRUE	FALSE	FALSE	FALSE
35.60	BAB	E5	Riss längs; 1mm	TRUE	FALSE	FALSE	FALSE

38.40	BCA		Abzweig offen; 150mm	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE
44.90	BAB	A6	Riss längs; 1mm	TRUE	FALSE	TRUE	FALSE
45.70	BAB	E6	Riss längs; 1mm	TRUE	FALSE	TRUE	FALSE
46.90	BAB		Riss komplex; 2mm; an Verb.	TRUE	TRUE	FALSE	FALSE
52.40	BAB	A7	Riss längs; 1mm	TRUE	FALSE	TRUE	FALSE
52.50	BAB	A8	Riss längs; 1mm	TRUE	FALSE	FALSE	FALSE
57.10	BAB	E8	Riss längs; 1mm	TRUE	FALSE	FALSE	FALSE
57.10	BAB	E7	Riss längs; 1mm	TRUE	FALSE	TRUE	FALSE
60.10	BAB		Riss längs; 2mm an Verb.	TRUE	TRUE	FALSE	FALSE
60.10	BAB		Riss längs; 1mm an Verb.	TRUE	TRUE	TRUE	FALSE
61.00	BAB		Riss längs; 1mm	TRUE	FALSE	TRUE	FALSE
62.10	BAB		Riss längs; 1mm an Verb.	TRUE	FALSE	FALSE	FALSE
62.10	BAB		Riss längs; 1mm an Verb.	TRUE	FALSE	FALSE	FALSE
62.90	BCE		Ende	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE

). Aufgrund der relativ kurzen Risse bzw. aufgrund der Risse an Verbindungen eignen sich Kurzliner sehr gut für die Sanierung dieser Haltung. Die schadhafte Stellen sollten jedoch vor der Sanierung mittels Partliner mit einem Roboter abgefräst werden um eine ebene Fläche zu schaffen.

#### 5.4.1.2 Kosten- Nutzen- Analyse (KNA)

Die folgende Rechnung zeigt die Sanierung mittels Schlauchliner.

TV-Kamera 1 (HD), TV-Kamera 3 und Scan-System 2 in 3D- Modus:

62,90 m x 220 € + 2 x 530 € = 14.920 € (Schlauchliner und Roboter)

Mit dem Scan-System 2 in der Abwicklung konnten nur wenige Schäden im Vergleich zu den anderen Kamerasystemen erkannt werden. Somit ist eine Sanierung mittels Partliner und Roboter zweckmäßig.

Scan-System 2 Abwicklung:

5 x 750 € = 3.750 € (Partliner)

Tabelle 24: Ausschnitt Tabelle 20

Pos	Main-Code	Start/End of Defect	Remarks	TV-Kamera 1 (HD)	TV-Kamera 3	3D	Abwicklung
29.30	BAC		Bruch; 700mm	TRUE	TRUE	FALSE	FALSE

Eine weitere Möglichkeit bietet eine Sanierung der massiven Schäden. Darunter fallen die Risse mit einer Breite ab 2 mm und die Brüche. Die Streckenschäden werden mit einem Partliner saniert und die punktuellen Schäden und die Abzweige werden mit einem Roboter repariert.

TV-Kamera 1 (HD) und TV-Kamera 3:

6 x 750 € + 5 x 360 € = 6.300 € (Partliner und Roboter)

Die spezifischen Kosten sind in Kapitel 3.2.9 aufgelistet.

### 5.4.1.3 Nutzwertanalyse (NWA)

Die Nutzwertanalyse wird in sieben Schritte unterteilt.

#### Schritt 1

Zuerst erfolgt die Formulierung des Problems. Das bedeutet, dass die Aufstellung des Zielsystems gemacht wird. Das Zielsystem wird hierarchisch dargestellt (vgl.

Abbildung 332: Zielhierarchie

).

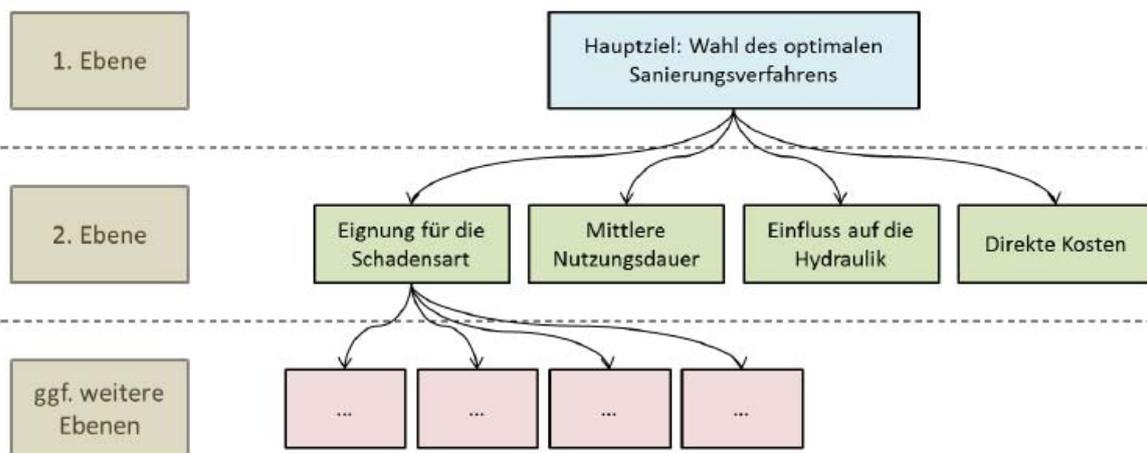


Abbildung 332: Zielhierarchie

#### Schritt 2

In der Tabelle 25 wird die Ergebnismatrix erstellt. Es erfolgt eine Aufstellung der Alternativen und der Kriterien.

Tabelle 25: Ergebnismatrix der NWA

Alternativen		A1	A2	A3
Kriterien		Kurzliner	Schlauchliner	Roboter
K1	Eignung Schadensart	xxx	xxx	xxx
K2	mittl. Nutzungsdauer	15-20 Jahre	50 Jahre	25-35 Jahre
K3	Einfluss auf Hydraulik	groß	groß	kein
K4	direkte Kosten	180-240€	160-280€	320-390€

**Schritt 3**

Im nächsten Schritt werden die Ergebnisse durch die Nutzenfunktion bewertet. Jedem Ergebniswert wird ein Nutzenwert, eine reelle Zahl, zugeordnet (vgl. Tabelle 26). Das Bewertungsschema wird in Tabelle 26 gezeigt. Tabelle 26 wird zur Entscheidungsmatrix transformiert (vgl. Tabelle 27).

Tabelle 26: Bewertung der Ergebnisse (NWA)

Zielwert		9	7	5	3	1
Kriterien		sehr gut	gut	befriedigend	genügend	nicht genügend
K1	Eignung Schadensart	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
K2	mittl. Nutzungsdauer	> 90 Jahre	~ 70 Jahre	~ 50 Jahre	~ 30 Jahre	< 10 Jahre
K3	Einfluss auf Hydraulik	kein	gering	mittel	groß	sehr groß
K4	direkte Kosten	~ 100€	~ 300€	~ 500€	~ 700€	> 900€

Tabelle 27: Entscheidungsmatrix bei der NWA

Alternativen		A1	A2	A3
Kriterien		Kurzliner	Schlauchliner	Roboter
K1	Eignung Schadensart	9	9	9
K2	mittl. Nutzungsdauer	2	5	3
K3	Einfluss auf Hydraulik	3	3	9
K4	direkte Kosten	5	8	6

Dier Ergebnisse werden nach dem Rang geordnet (ordinal) oder über Verhältnisse zwischen zwei Merkmalen (kardinal). Mit kardinalen Zielwerten kann eine eindeutige Präferenz festgelegt werden.

**Schritt 4**

Bei diesem Schritt erfolgt die Gewichtung der Kriterien. Entweder erfolgt diese Gewichtung nach der subjektiven Einschätzung des Entscheiders oder ein paarweiser Vergleich der Kriterien. Hierbei wird ein dreistufiges Bewertungsschema verwendet (vgl. Tabelle 28).

Tabelle 28: Bewertungsschema zur Gewichtung der Kriterien bei der NWA

Nutzenwert	Kriterium der Zeile ist ... als das Kriterium der Spalte
0	weniger wichtig
1	genauso wichtig
2	viel wichtiger

Tabelle 29: Gewichtung der Kriterien (Prioritätenmatrix)

	K1	K2	K3	K4
K1		0	2	2
K2	2		1	1
K3	0	1		0
K4	0	1	2	

**Schritt 5**

Die Aufsummierung der Zeilen führt zum Gewicht. Und durch den prozentuellen Anteil des Gewichts entsteht der Faktor (vgl. Tabelle 30). Festzustellen ist, dass die Nutzungsdauer und die Schadensart die höchste Gewichtung haben (K1 und K2). Im Gegensatz dazu ist die Wichtigkeit der Querschnittsreduzierung (K3) am geringsten.

Tabelle 30: Gewichtung der Kriterien (Prioritätenmatrix – Faktor)

	K1	K2	K3	K4	Gewicht	Faktor
K1		0	2	2	4	0.333
K2	2		1	1	4	0.333
K3	0	1		0	1	0.083
K4	0	1	2		3	0.250
					12	1

**Schritt 6**

Die Teilnutzen werden mit der Gewichtung der entsprechenden Kriterien zu gewichteten Teilnutzenwerten multipliziert (vgl. Tabelle 31).

Tabelle 31: Ermittlung des Gesamtnutzenwerts (Bsp. NWA)

Alternativen		A1		A2		A3	
Kriterien	Faktor p		A1*p		A2*p		A3*p
K1	0.333	9	3.00	9	3.00	9	3.00
K2	0.333	2	0.67	5	1.67	2.5	0.83
K3	0.083	3	0.25	3	0.25	9	0.75
K4	0.250	8	2.00	8	2.00	6.5	1.63
			5.91		6.91		6.20

**Schritt 7**

Die Stabilität der Entscheidung kann über die Sensibilitätsanalyse (vgl. Tabelle 32) untersucht werden. Hierbei wird die Gewichtung der Kriterien auf einen einheitlichen Wert gesetzt (vier Kriterien entsprechen  $4 \times 0,25$ ). Durch die Sensibilitätsanalyse änderte sich der Platz 1.

Tabelle 32: Sensibilitätsanalyse (Bsp. NWA)

Alternativen		A1		A2		A3	
Kriterien	Faktor p		A1*p		A2*p		A3*p
K1	0.250	9	2.25	9	2.25	9	2.25
K2	0.250	2	0.50	5	1.25	2.5	0.63
K3	0.250	3	0.75	3	0.75	9	2.25
K4	0.250	8	2.00	8	2.00	6.5	1.63
			5.50		6.25		6.75

**Fazit**

Obwohl diese Haltung sehr viele Schäden aufweist, haben einige davon keinen Einfluss auf die Hydraulik bzw. auf die Statik der Haltung. Aus diesem Grund können beispielsweise Risse mit einer Rissbreite von 1mm vernachlässigt werden. Anhand der KNA ist ersichtlich, dass die Differenz zwischen einer Sanierung aller Schäden (Schlauchliner) und der massiven Schäden sehr groß ist. Der Kostenunterschied beläuft sich auf 8.620 €. Aufgrund dieser Differenz und der vielen kleinen Schäden welche keine Verschlechterung der Funktionsfähigkeit des Kanals haben, ist es empfehlenswert eine Sanierung mittels Partliner vorzunehmen.

## 5.4.2 Wehrgrabengasse

### 5.4.2.1 Sanierungsplanung

Anhand der Tabelle 33 werden die Zustände bzw. Schäden welche von der TV-Kamera 1 (HD), dem Scan-System 2 in 3D- Modus und Abwicklung und von der TV-Kamera 3 erkannt wurden aufgelistet. Die erste Spalte zeigt die Position des Schadens an. In der zweiten Spalte werden die auftretende Schaden vermerkt und in der dritten Spalte wird aufgelistet ob es sich um einen Streckenschaden handelt. Die grünen „Kästchen“ stellen die Erkennung des Schadens dar, während die roten „Kästchen“ die Nichterkennung aufzeigen.

Tabelle 33: Schäden Haltung Wehrgrabengasse, Schacht 490 bis Schacht 491, TV-Kamera 1 (HD), TV-Kamera 3 und Scan-System 2, 3D und Abwicklung

Pos	Main-Code	Start/End of Defect	TV-Kamera 1	3D	Abwicklung	TV-Kamera 3
0.00	BCD		TRUE	TRUE	TRUE	TRUE
0.00	BAB	A1	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE
1.70	BAF	A2	TRUE	FALSE	FALSE	FALSE
4.70	BCA		TRUE	TRUE	TRUE	TRUE
4.70	BAH		TRUE	TRUE	FALSE	TRUE
4.70	BAG		TRUE	TRUE	FALSE	TRUE
8.10	BAB		TRUE	TRUE	TRUE	TRUE
10.80	BAB	A3	TRUE	TRUE	FALSE	TRUE
12.90	BAG		TRUE	FALSE	FALSE	TRUE
13.00	BAB	E3	TRUE	TRUE	FALSE	TRUE
13.40	BAH		TRUE	TRUE	FALSE	TRUE
13.60	BCA		TRUE	TRUE	FALSE	TRUE
14.40	BAB	E1	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE
14.40	BAJ		TRUE	FALSE	FALSE	TRUE
14.40	BBF		TRUE	FALSE	FALSE	FALSE
16.50	BCA		TRUE	TRUE	TRUE	TRUE
16.50	BAH		TRUE	TRUE	FALSE	TRUE
16.50	BAG		TRUE	TRUE	FALSE	TRUE
26.70	BAJ		TRUE	FALSE	FALSE	TRUE
27.20	BCA		TRUE	TRUE	TRUE	TRUE
27.20	BAH		TRUE	TRUE	FALSE	TRUE
29.40	BCA		TRUE	TRUE	TRUE	TRUE
29.60	BAG		TRUE	TRUE	FALSE	TRUE
30.00	BAH		TRUE	TRUE	FALSE	TRUE
31.50	BCA		TRUE	TRUE	TRUE	TRUE
31.50	BAH		TRUE	TRUE	FALSE	TRUE
31.70	BAH		TRUE	TRUE	FALSE	TRUE
31.80	BCA		TRUE	TRUE	TRUE	TRUE
31.80	BAG		TRUE	TRUE	FALSE	TRUE
32.00	BAH		TRUE	TRUE	FALSE	TRUE
32.00	BAH		TRUE	TRUE	FALSE	TRUE
37.30	BAB	A4	TRUE	FALSE	FALSE	FALSE
41.00	BAG		TRUE	TRUE	FALSE	TRUE

Tabelle 34: Schäden Haltung Wehrgrabengasse, Schacht 490 bis Schacht 491, TV-Kamera 1 (HD), TV-Kamera 3 und Scan-System 2, 3D und Abwicklung

Pos	Main-Code	Start/End of Defect	TV-Kamera 1	3D	Abwicklung	TV-Kamera 3
41.00	BCA		TRUE	TRUE	TRUE	TRUE
41.00	BAH		TRUE	TRUE	FALSE	TRUE
41.40	BAB		TRUE	FALSE	FALSE	FALSE
46.40	BAB	E4	TRUE	FALSE	FALSE	FALSE
49.20	BCA		TRUE	TRUE	FALSE	TRUE
49.20	BAH		TRUE	TRUE	FALSE	TRUE
49.20	BAG		TRUE	TRUE	FALSE	TRUE
52.70	BAB	A5	TRUE	TRUE	TRUE	FALSE
53.70	BAF		TRUE	FALSE	FALSE	FALSE
55.10	BCA		TRUE	TRUE	TRUE	TRUE
55.10	BAG		TRUE	TRUE	FALSE	TRUE
55.40	BAH		TRUE	TRUE	FALSE	TRUE
55.70	BAB	E5	TRUE	TRUE	TRUE	FALSE
57.70	BAF	A6	TRUE	FALSE	FALSE	TRUE
61.30	BAF	E6	TRUE	FALSE	FALSE	TRUE
61.30	BAF	E2	TRUE	FALSE	FALSE	FALSE
61.30	BCE		TRUE	TRUE	TRUE	TRUE

Tabelle 35: Ausschnitt 33

Pos	Main-Code	Start/End of Defect	TV-Kamera 1	3D	Abwicklung	TV-Kamera 3
4.70	BCA		TRUE	TRUE	TRUE	TRUE
4.70	BAH		TRUE	TRUE	FALSE	TRUE
4.70	BAG		TRUE	TRUE	FALSE	TRUE

In Abbildung 333 werden die drei vorliegenden Zustände mit der TV-Kamera 1 (HD) dargestellt. Abbildung 334 und Abbildung 335 zeigt die Zustandserkennung mit der TV-Kamera 3. In Abbildung 336 und Abbildung 337 werden die Zustände bei der Inspektion mit dem Scan-System 2 im 3D-Modus und in der Abwicklung aufgezeigt.

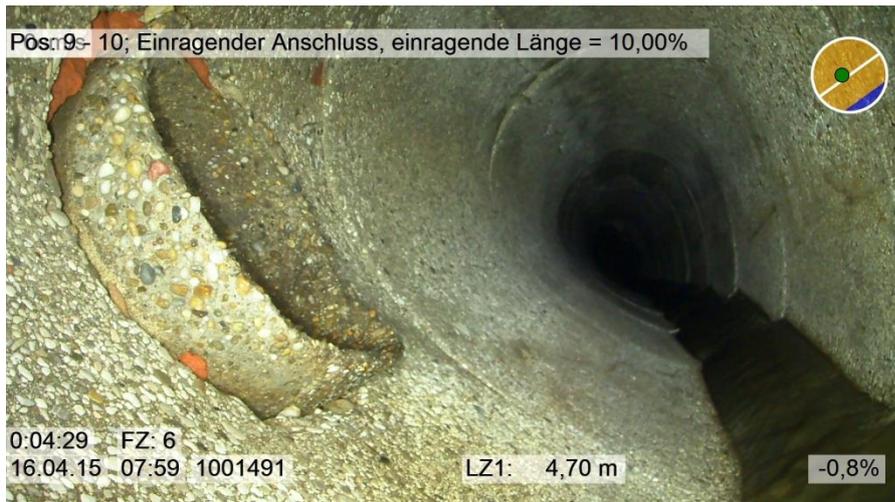


Abbildung 333: Zustandserkennung TV-Kamera 1 (HD), einfacher, einragender und schadhafter Anschluss (Zustände erkannt)



Abbildung 334: Zustandserkennung TV-Kamera 3, einfacher und einragender Anschluss (Zustände erkannt)

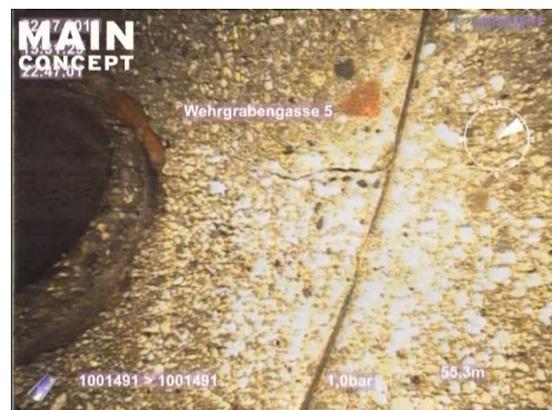


Abbildung 335: Zustandserkennung TV-Kamera 3, schadhafter Anschluss (Zustand erkannt)



Abbildung 336: Zustandserkennung Scan-System 2 3D, einfacher, einragender und schadhafter Anschluss (Zustände erkannt)

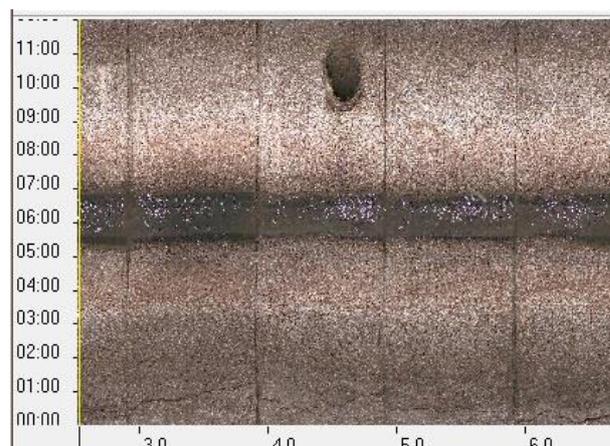


Abbildung 337: Zustandserkennung Scan-System 2 Abwicklung, einfacher, einragender und schadhafter Anschluss (Zustand einfacher Anschluss erkannt, einragender und schadhafter Anschluss erkannt)

Anschluss nicht erkannt)

Tabelle 36: Ausschnitt Tabelle 33

Pos	Main-Code	Start/End of Defect	TV-Kamera 1	3D	Abwicklung	TV-Kamera 3
14.40	BAB	E1	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE
14.40	BAJ		TRUE	FALSE	FALSE	TRUE
14.40	BBF		TRUE	FALSE	FALSE	FALSE

Der Schaden „BAB“, „BAJ“ und „BBF“ wird in den Abbildung 338, Abbildung 339, Abbildung 340 und Abbildung 341 mit den vier untersuchten Inspektionssystemen abgebildet.



Abbildung 338: Zustandserkennung TV-Kamera 1 (HD), Infiltration fließend und verschobene Verbindung (Zustände erkannt)



Abbildung 339: Zustandserkennung TV-Kamera 3, Infiltration fließend und verschobene Verbindung (Zustände nicht erkannt)



Abbildung 340: Zustandserkennung Scan-System 2 3D, Infiltration fließend und verschobene Verbindung (Zustände nicht erkannt)

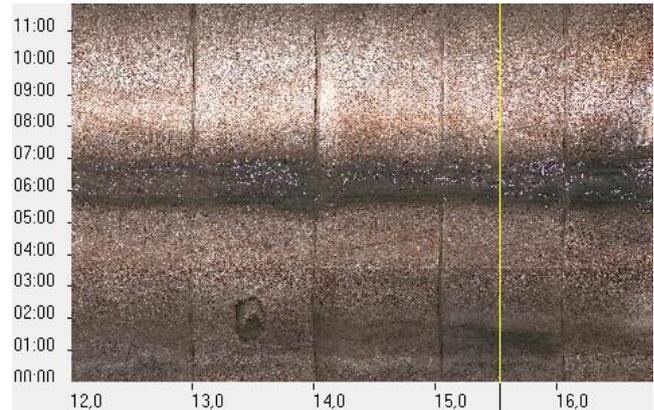


Abbildung 341: Zustandserkennung Scan-System 2 Abwicklung, Infiltration fließend und verschobene Verbindung (Zustände nicht erkannt)

Tabelle 37: Ausschnitt Tabelle 33

Pos	Main-Code	Start/End of Defect	TV-Kamera 1	3D	Abwicklung	TV-Kamera 3
41.40	BAB		TRUE	FALSE	FALSE	FALSE

Anhand der Abbildung 342, Abbildung 343, Abbildung 344 und Abbildung 345 ist die Zustandserkennung des Schadens „BAB“ ersichtlich.

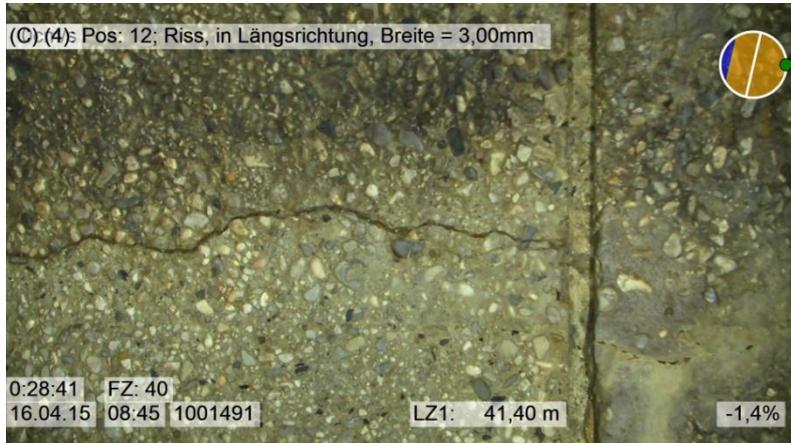


Abbildung 342: Zustandserkennung TV-Kamera 1 (HD), Riss (Zustand erkannt)



Abbildung 343: Zustandserkennung TV-Kamera 3, Riss (Zustand nicht erkannt)

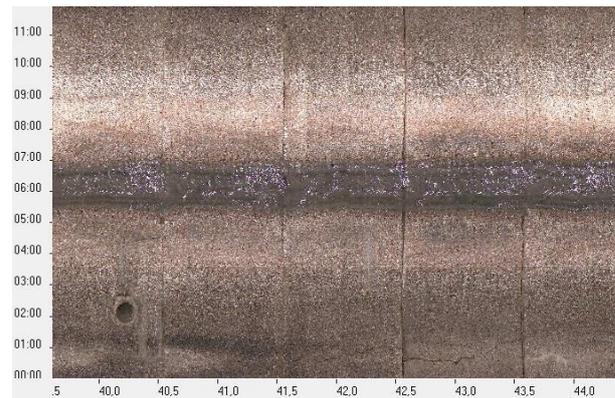


Abbildung 344: Zustandserkennung Scan-System 2 3D, Riss (Zustand erkannt)

Abbildung 345: Zustandserkennung Scan-System 2 Abwicklung, Riss (Zustand erkannt)

### Sanierungsplanung anhand der Ergebnisse der TV-Kamera 1 (HD) und TV-Kamera 3

In dieser Haltung liegen massive Schäden bezüglich Risse, schadhafter und einragender Anschlüsse sowie Oberflächenschäden vor. Bei diesem Schadensbild ist es die vernünftigste Variante, einen Schlauchliner zu verwenden. Zuvor müssen jedoch die schadhafte Anschlüsse bzw. einragenden Anschlüsse mittels Roboter abgefräst werden, um den Einsatz des Schlauchliners zu ermöglichen.

### Sanierungsplanung anhand der Ergebnisse der Scan-System 2 3D und Abwicklung:

Die zahlreichen schadhafte bzw. einragende Anschlüsse müssen mit einem Roboter abgefräst werden. Somit kann überlegt werden, welche Sanierungsmöglichkeit folgt. Da nur am Beginn der Haltung ein langer Streckenschaden und danach kürzere Risse vorhanden sind, ist ein Einsatz von einem Schlauchliner nicht von Nöten. Hier zu wäre eine Reparatur mit einem Roboter, Injektion, Packer oder mit Kurzliner eine gute Variante.

#### 5.4.2.2 Kosten- Nutzen- Analyse (KNA)

Die KNA ist in zwei Teile aufzugliedern, denn die Pegasus HD und die Kummert F-200 können zusammen betrachtet werden, da sie in punkto Menge eine ähnliche Anzahl an Schäden vorweisen. Hierbei ist die Variante mit einem Schlauchliner die effektivste. Zuvor müssen jedoch noch die einragenden Anschlüsse mittels Roboter gefräst werden.

TV-Kamera 1 (HD) und TV-Kamera 3:

$61,30 \text{ m} \times 410 \text{ €} + 26 \times 360 \text{ €} = 34.493 \text{ €}$  (Schlauchliner und Roboter)

Mit dem Scan-System 2 im 3D- Modus und in der Abwicklung werden vorwiegend kürzere Risse festgestellt. Daher eignet sich eine Sanierung mittels Partliner und Roboter am besten.

Scan-System 2 3D:

$5 \times 750 \text{ €} + 14 \times 360 \text{ €} = 8.790 \text{ €}$  (Partliner und Roboter)

Scan-System 2 Abwicklung:

$6 \times 750 \text{ €} + 11 \times 360 \text{ €} = 8.460 \text{ €}$  (Partliner und Roboter)

Die spezifischen Kosten der Sanierungsverfahren sind in Kapitel 3.2.9 aufgelistet.

Die nichterkannten Schäden wurden anhand der Diagramme dargestellt. Durch das Nichterkennen der Schäden können sich nachfolgend einige Probleme ergeben (vgl.5.3.1).

### 5.4.2.3 Nutzwertanalyse (NWA)

Die Nutzwertanalyse kann in sieben Teilschritte unterteilt werden.

#### Schritt 1

Es erfolgt die Formulierung des Problems. Das Zielsystem wird hierarchisch dargestellt (vgl. Abbildung 346).

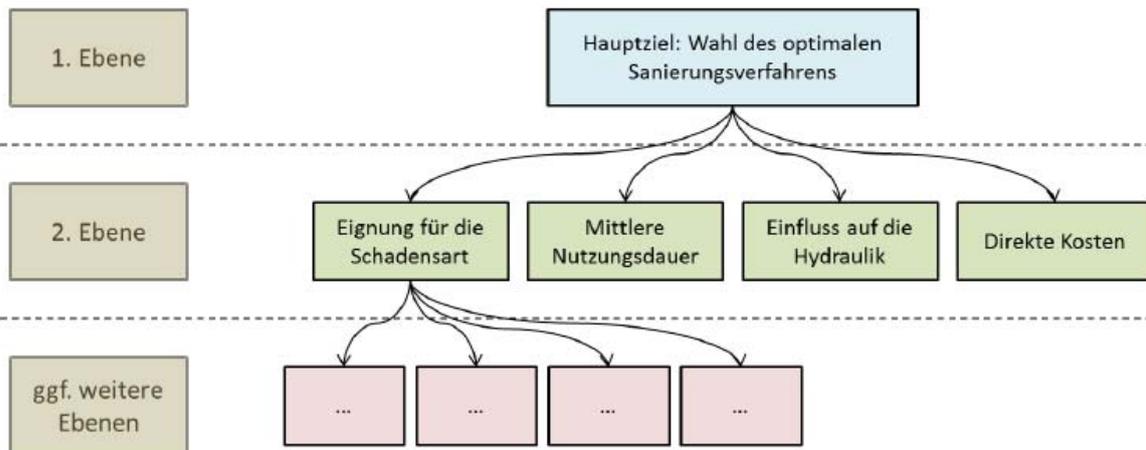


Abbildung 346: Zielhierarchie (NWA)

#### Schritt 2

In Tabelle 38 erfolgt die Erstellung der Ergebnismatrix.

Tabelle 38: Ergebnismatrix der NWA

Alternativen		A1	A2	A3
Kriterien		Kurzliner	Schlauchliner	Roboter
K1	Eignung Schadensart	xxx	xxx	xxx
K2	mittl. Nutzungsdauer	15-20 Jahre	50 Jahre	20 Jahre
K3	Einfluss auf Hydraulik	groß	groß	kein
K4	direkte Kosten	180-240€	360-470€	320-390€

**Schritt 3**

Die Ergebnisse werden durch die Nutzenfunktion bewertet. Jedem Ergebniswert wird ein Nutzenwert zugeordnet (vgl. Tabelle 38). Das Bewertungsschema wird in Tabelle 37 gezeigt. Nach der Bewertung der Ergebnisse wird die Entscheidungsmatrix erstellt (vgl. Tabelle 39).

Tabelle 39: Bewertung der Ergebnisse (NWA)

Zielwert		9	7	5	3	1
Kriterien		sehr gut	gut	befriedigend	genügend	nicht genügend
K1	Eignung Schadensart	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
K2	mittl. Nutzungsdauer	> 90 Jahre	~ 70 Jahre	~ 50 Jahre	~ 30 Jahre	< 10 Jahre
K3	Einfluss auf Hydraulik	kein	gering	mittel	groß	sehr groß
K4	direkte Kosten	~ 100€	~ 300€	~ 500€	~ 700€	> 900€

Tabelle 40: Entscheidungsmatrix bei der NWA

Alternativen		A1	A2	A3
Kriterien		Kurzliner	Schlauchliner	Roboter
K1	Eignung Schadensart	9	9	9
K2	mittl. Nutzungsdauer	2	5	2.5
K3	Einfluss auf Hydraulik	3	3	9
K4	direkte Kosten	8	5.5	6.5

Dier Ergebnisse werden nach dem Rang geordnet (ordinal) oder über Verhältnisse zwischen zwei Merkmalen (kardinal). Mit kardinalen Zielwerten kann eine eindeutige Präferenz festgelegt werden.

**Schritt 4**

Die Gewichtung der Kriterien erfolgt in Schritt 4. Diese Gewichtung kann nach subjektiver Einschätzung des Entscheiders oder durch einen paarweisen Vergleich der Kriterien erfolgen. Hierbei wird ein dreistufiges Bewertungsschema verwendet (vgl. Tabelle 41).

Tabelle 41: Bewertungsschema zur Gewichtung der Kriterien bei der NWA

Nutzenwert	Kriterium der Zeile ist ... als das Kriterium der Spalte
0	weniger wichtig
1	genauso wichtig
2	viel wichtiger

Tabelle 42: Gewichtung der Kriterien (Prioritätenmatrix)

	K1	K2	K3	K4
K1		0	2	2
K2	2		1	1
K3	0	1		0
K4	0	1	2	

**Schritt 5**

Durch die Aufsummierung der Zeilen entsteht das Gewicht. Durch den prozentuellen Anteil des Gewichts entsteht der Faktor (vgl. Tabelle 43). Festzustellen ist, dass die Nutzungsdauer und die Schadensart die höchste Gewichtung haben (K1 und K2). Im Gegensatz dazu ist die Wichtigkeit der Querschnittsreduzierung (K3) am geringsten.

Tabelle 43: Gewichtung der Kriterien (Prioritätenmatrix – Faktor)

	K1	K2	K3	K4	Gewicht	Faktor
K1		0	2	2	4	0.333
K2	2		1	1	4	0.333
K3	0	1		0	1	0.083
K4	0	1	2		3	0.250
					12	1

**Schritt 6**

Die Teilnutzen werden mit der Gewichtung der entsprechenden Kriterien zu gewichteten Teilnutzwerten multipliziert (vgl. Tabelle 44)

Tabelle 44: Ermittlung des Gesamtnutzenwerts (Bsp. NWA)

Alternativen		A1		A2		A3	
Kriterien	Faktor p		A1*p		A2*p		A3*p
K1	0.333	9	3.00	9	3.00	9	3.00
K2	0.333	2	0.67	5	1.67	2.5	0.83
K3	0.083	3	0.25	3	0.25	9	0.75
K4	0.250	8	2.00	5.5	1.38	6.5	1.63
			5.91		6.29		6.20

**Schritt 7**

Die Stabilität der Entscheidung kann über die Sensibilitätsanalyse untersucht werden. Es erfolgt eine Vereinheitlichung des Faktors (vier Kriterien entsprechen  $4 \times 0,25$ ). Durch die Sensibilitätsanalyse änderte sich der Platz 1 und die Alternative A3 überholt die Alternative A2.

Tabelle 45: Sensibilitätsanalyse (Bsp. NWA)

Alternativen		A1		A2		A3	
Kriterien	Faktor p		A1*p		A2*p		A3*p
K1	0.250	9	2.25	9	2.25	9	2.25
K2	0.250	2	0.50	5	1.25	2.5	0.63
K3	0.250	3	0.75	3	0.75	9	2.25
K4	0.250	8	2.00	5.5	1.38	6.5	1.63
			5.50		5.63		6.75

**Fazit**

Obwohl die Sensitivitätsanalyse besagt, dass die Sanierung mittels Roboter am Besten wäre, ist aufgrund der massiven Schäden auf der gesamten Länge dieser Haltung eine Instandsetzung mit einem Schlauchliner unabdingbar. Die zahlreichen einragenden bzw. schadhafte Anschlüsse müssen vor der Sanierung mit einem Roboter abgefräst werden. Somit werden die zwei Sanierungsmethoden, welche in der Sensitivitätsanalyse die ersten beide Plätze einnehmen, kombiniert. Aufgrund der zahlreichen Risse, welche bis zu 5mm breit sind, ist ein Schlauchliner die wirtschaftlichste Methode den Kanal zu sanieren. Dies wird in der Nutzwertanalyse zugrunde gelegt. Weitere Zustandsbilder befinden sich im Anhang (vgl. 10.2)

### 5.4.3 Messererstraße

#### 5.4.3.1 Sanierungsplanung

In Tabelle 46 sind die Schäden, welche in der vorliegenden Haltung aufgezeigt wurden und die etwaige Erkennung mit der TV-Kamera 1 (HD), dem Scan-System 2 im 3D- Modus sowie in der Abwicklung und mit der TV-Kamera 3, dargestellt. Die erste Spalte stellt die Position dar. Dies bedeutet an welcher Stelle der Schaden vorliegt. Die zweite Spalte gibt Aussagekraft über den Art des Zustands. In der dritten Spalte wird gezeigt, ob ein Streckenschaden vorliegt. Die grünen „Kästchen“ in welchen „TRUE“ steht bedeuten, dass der Zustand erkannt wurde. Die roten „Kästchen“ mit „FALSE“ bedeuten hingegen, dass der Zustand nicht festgestellt werden konnte.

Tabelle 46: Schäden Haltung Messererstraße, Schacht S7 bis S8, TV-Kamera 1 (HD)- Kamera, Scan-System 2 3D und Abwicklung und TV-Kamera 3

Pos	Main-Code	Start/End of Defect	TV-Kamera 1 (HD)	TV-Kamera 3	3D	Abwicklung
0.00	BCD		TRUE	TRUE	TRUE	TRUE
0.70	BAB	A2	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE
0.80	BAB		TRUE	TRUE	FALSE	FALSE
0.80	BAL		TRUE	TRUE	TRUE	FALSE
0.80	BAL	A1	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE
0.90	BAL		TRUE	TRUE	TRUE	TRUE
1.50	BBF		TRUE	TRUE	FALSE	FALSE
2.00	BAL		TRUE	TRUE	TRUE	TRUE
4.80	BAB	E2	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE
4.80	BAL	E1	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE
8.00	BAB	A3	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE
8.00	BBF	A4	TRUE	*TRUE	FALSE	FALSE
34.30	BAB	E3	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE
34.30	BBF	E4	TRUE	*TRUE	FALSE	FALSE
34.30	BCE		TRUE	TRUE	TRUE	TRUE

\*aufgrund der Einflüsse der Witterung war Erkennung mit TV-KAMERA 3 von Kummert nicht möglich. Wurde dennoch als erkannt deklariert, weil es unter andern Witterungseinflüssen möglich gewesen wäre.

Tabelle 47: Ausschnitt Tabelle 46

Pos	Main-Code	Start/End of Defect	TV-Kamera 1 (HD)	TV-Kamera 3	3D	Abwicklung
0.70	BAB	A2	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE
0.80	BAB		TRUE	TRUE	FALSE	FALSE
0.80	BAL		TRUE	TRUE	TRUE	FALSE
0.80	BAL	A1	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE

Die Zustandserkennung von zwei Rissen und zwei schadhafte Reparaturen mit der TV-Kamera 1 (HD) (Abbildung 347), und mit dem Scan-System 2 in 3D- Ansicht (Abbildung 348) sowie in der Abwicklung (Abbildung 349) wird in den nachfolgenden drei Abbildungen aufgezeigt.



Abbildung 347: Zustandserkennung TV-Kamera 1 (HD), Schäden erkannt



Abbildung 348: Zustandserkennung Scan-System 2 3D, Zustände erkannt (2x Riss, 2x schadhafte Reparatur)

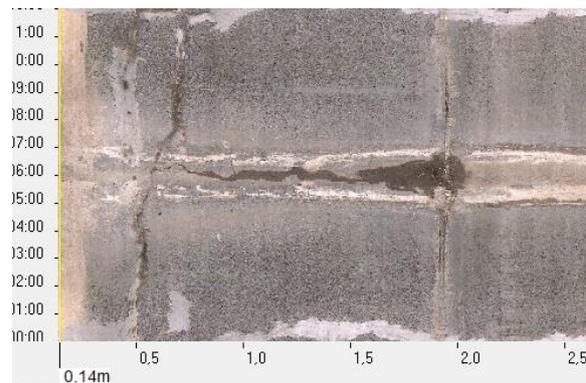


Abbildung 349: Zustandserkennung Scan-System 2 Abwicklung, 1x Riss, 1x schadhafte Reparatur erkannt

Tabelle 48: Ausschnitt Tabelle 46

Pos	Main-Code	Start/End of Defect	TV-Kamera 1 (HD)	TV-Kamera 3	3D	Abwicklung
34.30	BAB	E3	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE
34.30	BBF	E4	TRUE	*TRUE	FALSE	FALSE

\*aufgrund der Einflüsse der Witterung war Erkennung mit TV-KAMERA 3 von Kummert nicht möglich. Wurde dennoch als erkannt deklariert, weil es unter andern Witterungseinflüssen möglich gewesen wäre.

In Abbildung 350 ist die Zustandserkennung der TV-Kamera 1 (HD) mit den in aufgelisteten Schäden ersichtlich. Die Zustandserkennung des Scan-System 2 im 3D- Modus und in der Abwicklung wird in der Abbildung 351 und in der Abbildung 352 dargestellt.

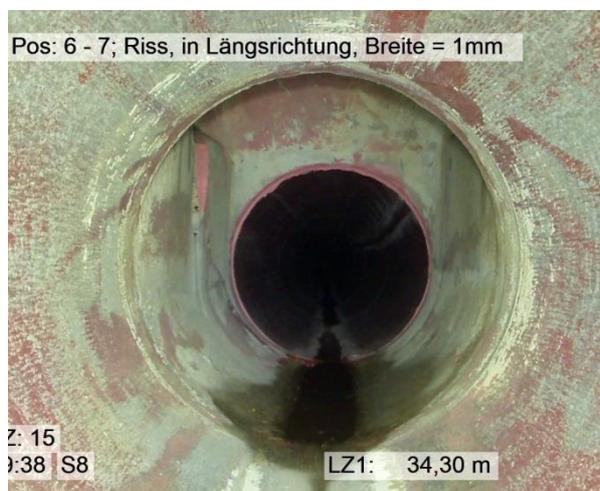


Abbildung 350: Zustandserkennung TV-Kamera 1 (HD), Riss und Infiltration



Abbildung 351: Zustandserkennung Scan-System 2 3D, Zustände nicht erkannt (Riss und Infiltration)

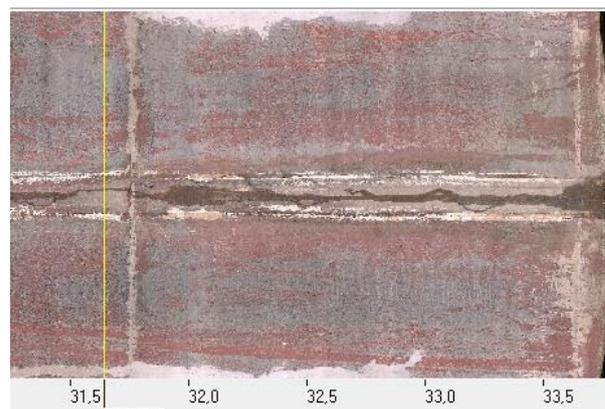


Abbildung 352: Zustandserkennung Scan-System 2 Abwicklung, Zustände nicht erkannt (Riss, Infiltration)

### Planung mit Ergebnissen der TV-Kamera 1 (HD), TV-Kamera 3 und Scan-System 2:

Mit der TV-Kamera 1 (HD) konnten alle Zustände erfasst werden. Der Begriff „alle Zustände“ muss jedoch relativiert werden, da es keinen Beweis dafür gibt, dass die HD- Kamera alle Schäden erkennt. Es wird lediglich die Annahme getroffen, dass mit der HD- Kamera alle für die Sanierungsplanung relevanten Schäden eruiert werden. Deshalb gilt dieses System als Referenz. Mit der TV-Kamera 3 werden alle Zustände erkannt.

Nachdem sich ein Streckenschaden (Riss, 1mm) fast durch die gesamte Haltung verläuft können zwei Sanierungsmethoden vorgenommen werden. Die günstigere Methode beinhaltet die Sanierung der schadhaften Reparaturen und der Risse, die größer als 2 mm sind. Eine weitere Methode zur Sanierung ist das Schlauchlining. Bei dieser Sanierung werden alle Schäden, die in dieser Haltung auftreten repariert.

#### 5.4.3.2 Kosten- Nutzen- Analyse (KNA)

TV-Kamera 1 (HD) und TV-Kamera 3:

35 m x 280 € = 9.800 € (Schlauchliner)

TV-Kamera 1 (HD) und TV-Kamera 3, Scan-System 2 3D und Abwicklung:

4,1m (= 2 Stück Partliner) x 750 € = 1.500 € (Partliner)

Die spezifischen Kosten sind in Kapitel 3.2.9 aufgelistet.

#### 5.4.3.3 Nutzwertanalyse (NWA)

##### Schritt 1

Zuerst erfolgt die Formulierung des Problems (vgl. Abbildung 353).

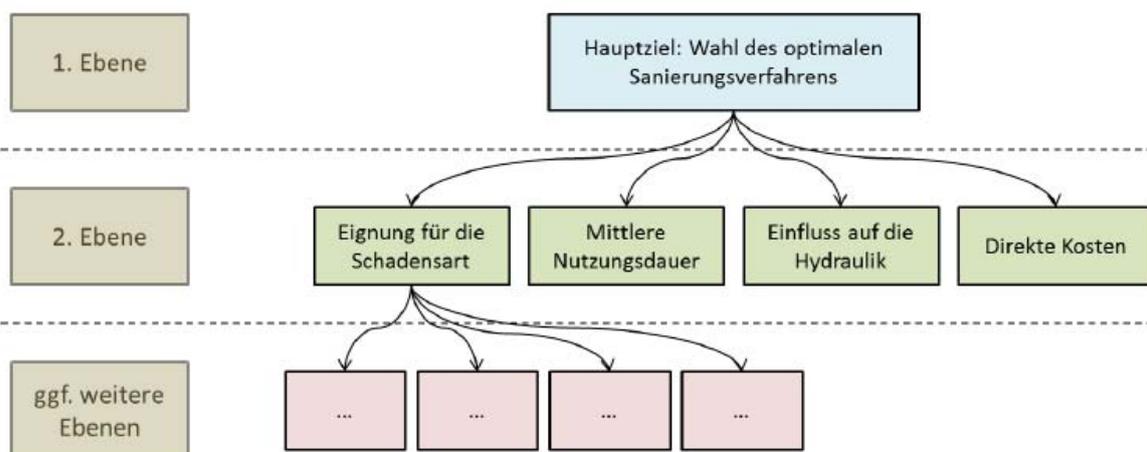


Abbildung 353: Zielhierarchie (NWA)

**Schritt 2**

In Tabelle 49 wird die Ergebnismatrix erstellt.

Tabelle 49: Ergebnismatrix der NWA

Alternativen		A1	A2	A3
Kriterien		Kurzliner	Schlauchliner	Roboter
K1	Eignung Schadensart	xxx	xxx	xxx
K2	mittl. Nutzungsdauer	15-20 Jahre	50 Jahre	25-35 Jahre
K3	Einfluss auf Hydraulik	groß	groß	kein
K4	direkte Kosten	180-240€	200-340€	320-390€

**Schritt 3**

Im nächsten Schritt werden die Ergebnisse durch die Nutzenfunktion bewertet. Jedem Ergebniswert wird ein Nutzenwert zugeordnet (vgl. Tabelle 49). Das Bewertungsschema und die Entscheidungsmatrix werden in Tabelle 50 bzw. in Tabelle 51 abgebildet.

Tabelle 50: Bewertung der Ergebnisse (NWA)

Zielwert		9	7	5	3	1
Kriterien		sehr gut	gut	befriedigend	genügend	nicht genügend
K1	Eignung Schadensart	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
K2	mittl. Nutzungsdauer	> 90 Jahre	~ 70 Jahre	~ 50 Jahre	~ 30 Jahre	< 10 Jahre
K3	Einfluss auf Hydraulik	kein	gering	mittel	groß	sehr groß
K4	direkte Kosten	~ 100€	~ 300€	~ 500€	~ 700€	> 900€

Tabelle 51: Entscheidungsmatrix bei der NWA

Alternativen		A1	A2	A3
Kriterien		Kurzliner	Schlauchliner	Roboter
K1	Eignung Schadensart	9	9	9
K2	mittl. Nutzungsdauer	2	5	3
K3	Einfluss auf Hydraulik	3	3	9
K4	direkte Kosten	5	6.5	6

Dier Ergebnisse werden nach dem Rang oder über Verhältnisse zwischen zwei Merkmalen geordnet.

**Schritt 4**

Bei diesem Schritt erfolgt die Gewichtung der Kriterien. Entweder erfolgt diese Gewichtung nach der subjektiven Einschätzung des Entscheiders oder nach einem paarweisen Vergleich der Kriterien. Hierbei wird ein dreistufiges Bewertungsschema verwendet (vgl. Tabelle 52)

Tabelle 52: Bewertungsschema zur Gewichtung der Kriterien bei der NWA

Nutzenwert	Kriterium der Zeile ist ... als das Kriterium der Spalte
0	weniger wichtig
1	genauso wichtig
2	viel wichtiger

Tabelle 53: Gewichtung der Kriterien (Prioritätenmatrix)

	K1	K2	K3	K4
K1		0	2	2
K2	2		1	1
K3	0	1		0
K4	0	1	2	

**Schritt 5**

Durch die Aufsummierung der Zeilen errechnet sich das Gewicht. Der Faktor entsteht durch den prozentuellen Anteil des Gewichts (vgl. Tabelle 54). Anzumerken ist, dass die Nutzungsdauer und die Schadensart die höchste Gewichtung haben (K1 und K2). Im Gegensatz dazu ist die Wichtigkeit der Querschnittsreduzierung (K3) am geringsten.

Tabelle 54: Gewichtung der Kriterien (Prioritätenmatrix – Faktor)

	K1	K2	K3	K4	Gewicht	Faktor
K1		0	2	2	4	0.333
K2	2		1	1	4	0.333
K3	0	1		0	1	0.083
K4	0	1	2		3	0.250
					12	1

**Schritt 6**

In Schritt 6 erfolgt die Multiplikation von den Kriterien mit der Gewichtung. Das Ergebnis ist der Teilnutzen (vgl.

Tabelle 55).

Tabelle 55: Ermittlung des Gesamtnutzenwerts (Bsp. NWA)

Alternativen		A1		A2		A3	
Kriterien	Faktor p		A1*p		A2*p		A3*p
K1	0.333	9	3.00	9	3.00	9	3.00
K2	0.333	2	0.67	5	1.67	3	1.00
K3	0.083	3	0.25	3	0.25	9	0.75
K4	0.250	5	1.25	6.5	1.63	6	1.50
			5.16		6.54		6.24

**Schritt 7**

Die Stabilität der Entscheidung zu gewährleisten kann eine Sensibilitätsanalyse durchgeführt werden. Hierbei wird die Gewichtung der Kriterien auf einen einheitlichen Wert gesetzt (vier Kriterien entsprechen  $4 \times 0,25$ ). Platz 1 ändert sich durch die Sensitivitätsanalyse.

Tabelle 56: Sensibilitätsanalyse (Bsp. NWA)

Alternativen		A1		A2		A3	
Kriterien	Faktor p		A1*p		A2*p		A3*p
K1	0.250	9	2.25	9	2.25	9	2.25
K2	0.250	2	0.50	5	1.25	3	0.75
K3	0.250	3	0.75	3	0.75	9	2.25
K4	0.250	5	1.25	6.5	1.63	6	1.50
			4.75		5.88		6.75

**Fazit**

Nachdem der Streckenschaden (Riss, 1 mm breit) keinen Einfluss auf die Statik bzw. Hydraulik des Kanals hat und die Infiltration, schwitzend nicht zu den schwerwiegenden Mängeln zählt, ist eine Sanierung mit dem Partliner ausreichend. Die Differenz zwischen der Sanierung mit dem Schlauchliner und dem Partliner ist enorm (8.300 €). Aufgrunddessen ist es empfehlenswert, eine Sanierung mit dem Partliner vorzunehmen. Dies wird anhand einer Nutzwertanalyse bewiesen.

#### 5.4.4 Kapitelzusammenfassung

In Tabelle 57 werden die Sanierungsart, die Kosten und die gesamten Kosten für die Sanierung der drei ausgewählten Haltungen durch die Inspektion mit der TV-Kamera 1 (HD) und TV-Kamera 3 gegenübergestellt.

Bei dem Beispiel „Schumannstraße“ wurden zwei verschiedene Sanierungsplanungen durchgeführt. Die erste Planung schlägt eine Sanierung mittels Schlauchliner vor. Das bedeutet, alle Schäden, die in dieser Haltung auftreten werden saniert. Die Kosten belaufen sich nach der Durchführung einer Kosten- Nutzen- Analyse auf 14.920 €. Die zweite Sanierungsmethode ist eine Reparatur mittels Partliner und Roboter. Bei dieser Methode werden nur die massiven Schäden ausgebessert. Diese Variante der Sanierung kostet 6.300 €. Daher ergibt sich eine Differenz zwischen der Sanierung mit einem Schlauchliner und einem Partliner von 8.620 €. Laut der Nutzwertanalyse und der Sensitivitätsanalyse eignen sich Schlauchliner bzw. Roboter am besten für die Sanierung in dieser Haltung. Jedoch wird eine Sanierung mittels Partliner und Roboter empfohlen, da sich die Partliner besonders gut für Streckenschäden (z.B. Risse) eignet (vgl. 3.2.6.2.4). Der Roboter kann sehr gut bei Einzelschäden (z.B. Risse an Verbindungen und Brüchen) eingesetzt werden.

Am Beispiel „Wehrgrabengasse“ wurde eine Sanierungsplanung mit einem Schlauchliner durchgeführt, da die massiven Schäden in dieser Haltung keine andere grabenlose Sanierung zulassen. Die Kosten belaufen sich sowohl mit der TV-Kamera 1 (HD) und TV-Kamera 3 auf 34.493 €.

Bei der Haltung „Messererstraße“ wurden zwei Sanierungsplanungen durchgeführt. Genauso wie beim Beispiel „Schumannstraße“, wurde eine Sanierung mittels Schlauchliner und eine Sanierung mittels Partliner geplant. Bei der Sanierung mit einem Schlauchliner entstehen Kosten von 9.800 €. Im Gegensatz dazu belaufen sich die Ausgaben bei einer Reparatur mit Partliner auf 1.500 €. Das macht einen Unterschied von 8.300 €. Obwohl laut der Nutzwertanalyse bzw. der Sensitivitätsanalyse der Partliner am schlechtesten abschneidet, eignet sich diese Sanierungsmethode vor allem für kürzere Streckenschäden (z.B. Risse).

Tabelle 57: Gegenüberstellung Sanierungsart und Kosten bei Inspektion mit TV-Kamera 1 (HD) und TV-Kamera 3

	TV-Kamera 1 (HD)			TV-Kamera 3		
	Sanierungsart	Kosten	Gesamtkosten	Sanierungsart	Kosten	Gesamtkosten
<b>Schumannstraße</b>	Schlauchliner	13.860 €	14.920 €	Schlauchliner	13.860 €	14.920 €
	Roboter	1.060 €		Roboter	1.060 €	
<b>Schumannstraße</b>	Partliner	4.500 €	6.300 €	Partliner	4.500 €	6.300 €
	Roboter	1.800 €		Roboter	1.800 €	
<b>Wehrgrabengasse</b>	Schlauchliner	25.420 €	34.493 €	Schlauchliner	25.420 €	34.493 €
	Roboter	9.360 €		Roboter	9.360 €	
<b>Messererstraße</b>	Schlauchliner	9.800 €	9.800 €	Schlauchliner	9.800 €	9.800 €
<b>Messererstraße</b>	Partliner	1.500 €	1.500 €	Partliner	1.500 €	1.500 €

Die Sanierungsart, die Kosten und die Gesamtkosten der Sanierung nach Inspektion mit dem Scan-System 2, aufgeteilt in 3D- Ansicht und Abwicklung, sind in Tabelle 58 dargestellt.

Am Beispiel „Schumannstraße“ wurde mit dem Scan-System 2 in 3D zwei Sanierungsplanungen durchgeführt. Die erste Planung schlägt eine Sanierung mit einem Schlauchliner bzw. einem Roboter vor. Die Kosten belaufen sich auf 14.920 €. Laut der Nutzwertanalyse bzw. der Sensitivitätsanalyse sind diese beiden Verfahren die effektivsten bzw. wirtschaftlichsten (vgl. 5.4.1.3). Eine Sanierung mit Partliner kostet 3.750 €. Das ist ein Gesamtunterschied von 11.170 €. Obwohl die Nutzwertanalyse eine Sanierung mit Partliner als nicht effektiv sieht, eignet sich diese Haltung gut für ein solches Verfahren. Der Grund liegt einerseits am massiven Kostenunterschied und andererseits an der großen Anzahl von Streckenschäden (vgl. Tabelle 20). Besonders hierbei eignet sich der Einsatz von Partliner.

In der „Wehrgrabengasse“ wird die Sanierung mit Partliner und Roboter nach einer Inspektion mit dem Scan-System 2 3D empfohlen. Die Kosten belaufen sich auf 8.790 €. Bei einer Inspektion mit der Panorama in der Abwicklung belaufen sich die Kosten einer nachfolgenden Sanierung auf 8.460 €.

Am Beispiel „Messererstraße“ wird eine Sanierung mit Partliner empfohlen. Die Kosten belaufen 1.500 €, sowohl nach der Inspektion mit dem Scan-System 2 im 3D- Modus als auch in der Abwicklung.

Tabelle 58: Gegenüberstellung Sanierungsart und Kosten bei Inspektion mit dem Scan-System 2 3D sowie Abwicklung

	Scan-System2 3D			Scan-System2 Abwicklung		
	Sanierungsart	Kosten	Gesamtkosten	Sanierungsart	Kosten	Gesamtkosten
<b>Schumannstraße</b>	Schlauchliner	13.860 €	14.920 €	Partliner	3.750 €	3.750 €
	Roboter	1.060 €				
<b>Schumannstraße</b>	Partliner	3.750 €	3.750 €			
<b>Wehrgrabengasse</b>	Partliner	3.750 €	8.790 €	Partliner	4.500 €	8.460 €
	Roboter	5.040 €		Roboter	3.960 €	
<b>Messererstraße</b>	Partliner	1.500 €	1.500 €	Partliner	1.500 €	1.500 €

## 5.5 Entscheidungsbaum

Der Entscheidungsbaum soll als Entscheidungshilfe für Kanalisationsunternehmen (KU) dienen, um ein Inspektionssystem anzuschaffen. Näher Informationen zu diesem Themengebiet sind in der Bachelorarbeit „Entscheidungshilfe Inspektionssysteme“ (Neumüller und Schmalhofer, 2014) angeführt. Der vollständige Entscheidungsbaum befindet sich im Anhang. In diesem Kapitel sind nur die entscheidenden Passagen des Entscheidungsbaumes dargestellt.

Die detaillierte Zustandserfassung bietet die Möglichkeit, eine Inspektion zur Sanierungsplanung bzw. zur Abnahme nach einem Neubau und Sanierung durchzuführen. Nach der Entscheidung für eine detaillierte Zustandserfassung erfolgt die erste Differenzierung anhand des vorliegenden Rohrmaterials. Ist das Rohrmaterial nämlich vorwiegend dunkel eignet sich ein TV- System besser zur Inspektion als ein Scan- System. Ist das Rohrmaterial nicht bekannt, ist eine Inspektion mit einem TV- System anzuraten, da es sich hierbei augenscheinlich um eine Erstbefahrung handelt.

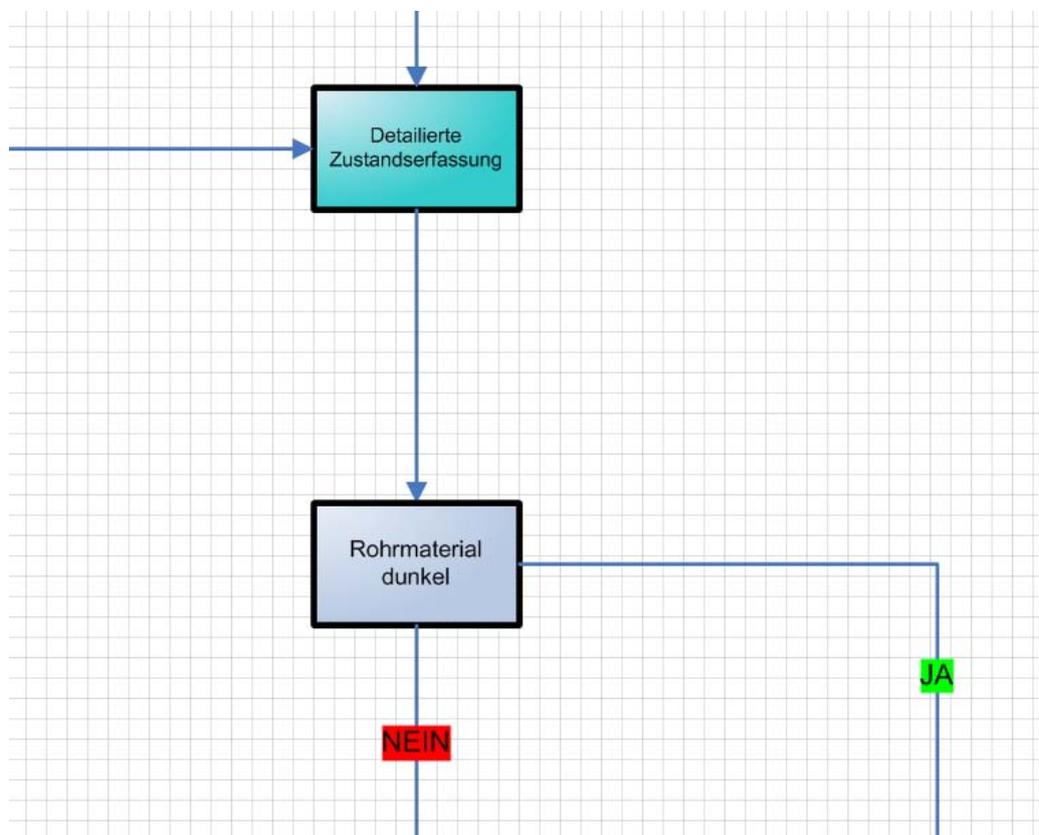


Abbildung 354: Ausschnitt Entscheidungsbaum

Als nächstes wird unterschieden ob es sich bei dem Kanal um ein Kreisprofil oder Eiprofil handelt. Liegt ein Eiprofil vor, sollte nicht mit einem Scan- System inspiziert werden. In diesem Fall ist es anzuraten eine TV- Kamera als Inspektionssystem zu wählen. Fällt die Entscheidung auf ein TV- System, wird nach den Rohrdurchmessern weiter unterschieden.

Erfolgt diese Wiederholungsbefahrung, also wurde der Kanal schon mindestens einmal inspiziert, ist es kostengünstiger eine Inspektion Scan- System durchzuführen (vgl. 3.2.4.2). Handelt es sich jedoch um eine Erstbefahrung ist eine Untersuchung mit einem TV- System empfehlenswert.

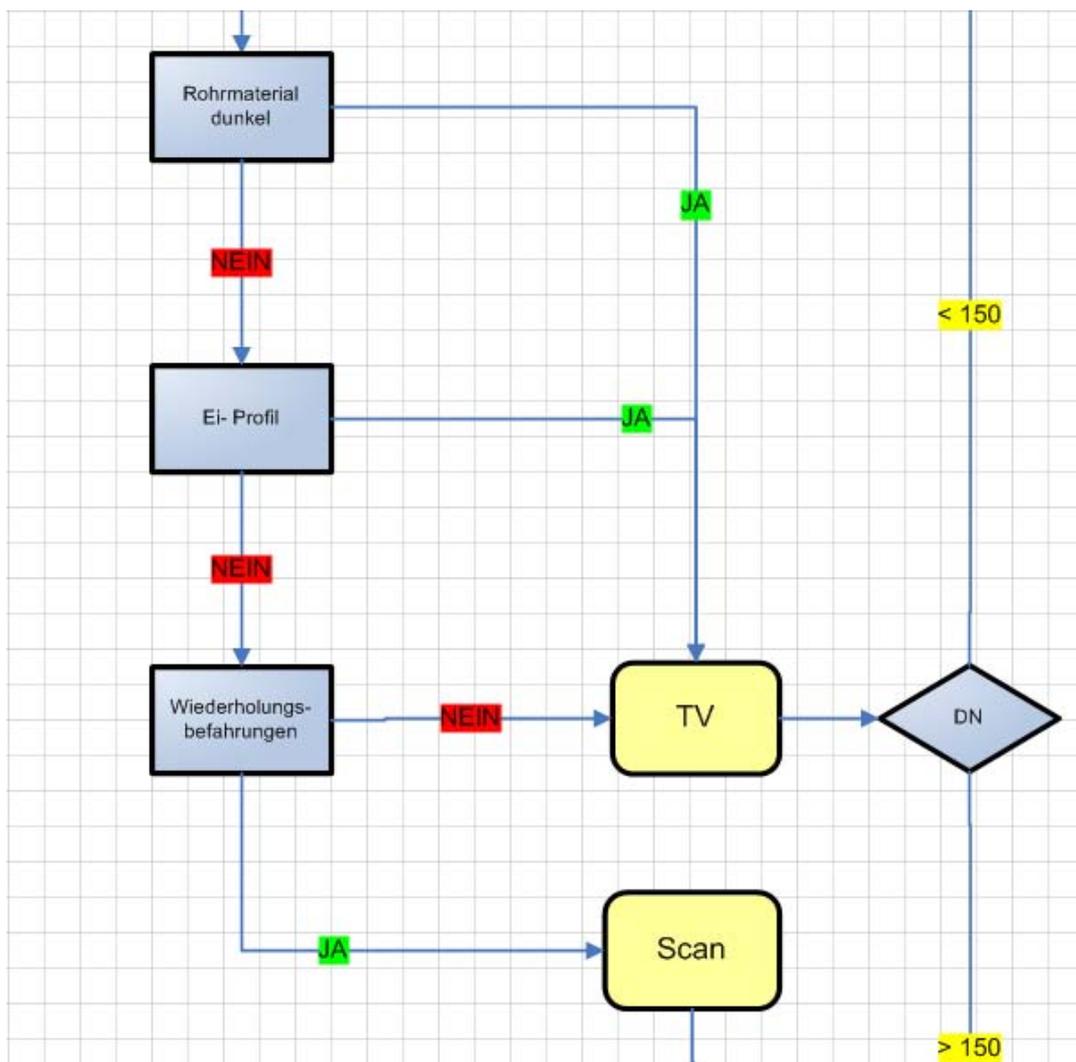


Abbildung 355: Ausschnitt Entscheidungsbaum

Entscheidet sich der Auftraggeber für ein Scan- System, wird anhand der vorliegenden Rohrdurchmesser entschieden. Betragen die Durchmesser mehr als DN 400, sollte mit der Rico RPP Duo inspiziert werden, da dieses System über eine Scan- Funktion und über eine Dreh- und Schwenkkopfkamera mit HD- Auflösung verfügt und somit Schäden in größeren Durchmessern besser eruiert werden können. Verfügen die zu untersuchenden Haltungen über Durchmesser von bis zu DN 400, kann zwischen der IBAK Panorama und dem iPEK DigiSewer gewählt werden. Die Panorama von IBAK hat eine Auflösung von mehr als 700x700 Pixel, während der DigiSewer eine Auflösung unter 700x700 Pixel hat.

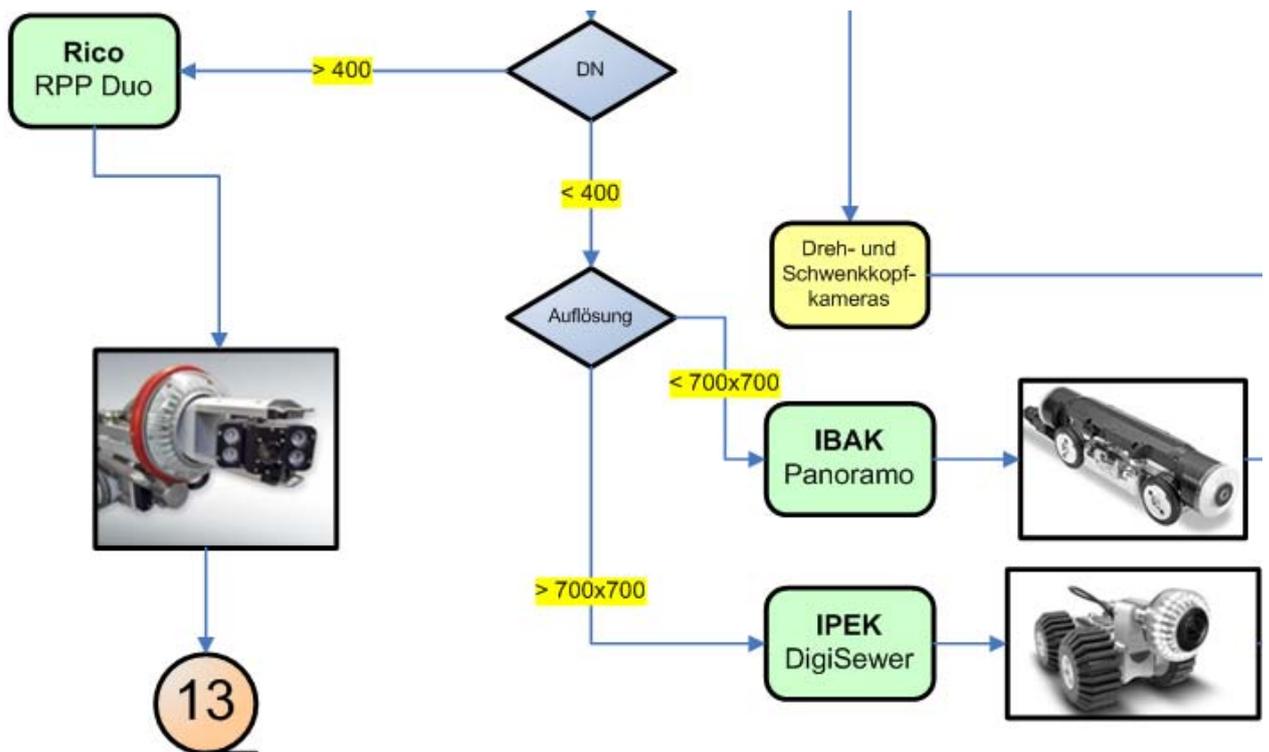


Abbildung 356: Ausschnitt Entscheidungsbaum

## 6. Interpretation und Diskussion der Ergebnisse

### 6.1 Hypothese 1a und 1b

#### DWA 149-5 (2010)

Die Hypothese 1 ist in zwei Teile gegliedert. Hypothese 1a beinhaltet die Nichteinhaltung der 22 Punkte in der DWA M 149-5 (2010). In der Hypothese 1b werden die Auswirkungen der Nichteinhaltung dieser 22 Punkte auf die Sanierung diskutiert.

In der Interpretation werden die zwei interessantesten Punkte näher behandelt und beschrieben.

- *Die Kameraauflösung muss der Größe des Inspektionsobjektes angepasst sein. Hierbei muss die vertikale Auflösung mindestens der lichten Höhe des Inspektionsobjektes in Millimeter entsprechen. Hieraus ergeben sich z. B. folgende Anforderungen:*
  - *DN 300 bis 600 ca. 800 x 600 Pixel*
  - *DN 1200 ca. 1600 x 1200 Pixel*

Anhand der Ergebnisse bei Kanälen mit Durchmessern größer DN 400 ist erkennbar, dass eine Kameraauflösung wie es das Merkblatt 149-5 vorgibt, empfehlenswert ist. Zustände in Haltungen mit DN 1000 werden mit TV-Kamera 1 (HD) zu 100% eruiert (siehe Ergebnisse Kapitel 5.3.1). Die übrigen Systeme weisen eine geringere Erkennungsrate auf (Scan-System 2 3D und Abwicklung). (Risserkennung bei Steinzeugrohren bei Dreh- und Schwenkkopfkameras), (Risserkennung bei Steinzeugrohren bei Scan- Systemen) und (Risserkennung bei Betonrohren) zeigen die Erkennungsraten von Inspektionssystemen bei diversen Rohrdurchmessern. Besonders bei diesen Grafiken, kann erkannt werden, bei welchem Rohrdurchmessern welches Kamerasystem (bezogen auf die Kameraauflösung) am besten geeignet ist.

- *Die Darstellung von dynamischen Zuständen wie z. B. Ex-/Infiltration oder Zuflüssen.*

Mit Scan- Systemen ist es unmöglich Infiltrationen bzw. Exfiltrationen aufzuzeigen. Einzig das Schwitzen konnte zu 60% bei dem Scan-System 2 im 3D- Modus festgestellt werden (vgl. ). Bei Scan- Systemen kann die fließende Infiltration nicht dargestellt werden. Dies führt zu einer Nichterkennung eines sehr wichtigen Zustands. Die Sanierung verläuft bei Infiltrationen anders als beispielsweise bei Rissen. Sehr oft gelangt Wasser durch Risse oder undichte Muffen in die Haltung. Bei einer Sanierung muss der Grund für das Auftreten der Infiltration eruiert werden (Abbildung 182 und Abbildung 183).

- *Darstellung von Rissbreiten sowie sonstigen Längenmaßen größer gleich 1 mm, bei Nennweiten  $\leq$  DN 300  $\geq$  0,5 mm,*

Diese Anforderung hat besonders Auswirkungen auf die Sanierung, wenn es gewünscht wird, alle auftretenden Schäden zu sanieren. Die Feinheit eines 1 mm - breiten Risses kann nur mit TV-Kamera 1 (HD) erkannt werden. Selbst mit einer HD- Kamera kann ein solch feiner Riss nicht immer zweifelsfrei eruiert werden (vgl. Abbildung 180).

- *Die Beleuchtungseinrichtung muss in Anpassung an das Inspektionsobjekt und bei allen Rohrwerkstoffen eine gleichmäßige Ausleuchtung des Blickfeldes ohne Reflexion gewährleisten. Sie sollte mit der Eigenbeleuchtung der TV-Kamera etwa 3 m bis 4 m in die Tiefe gehen.*

Diese Anforderung sollte gewährleistet werden, da so Schäden, welche sich weiter in der Haltung befinden, besser erkannt werden können. Jedoch kann nicht jedes Inspektionssystem diese Anforderung gut erfüllen. Anhand von Abbildung 184 ist die Tiefenschärfe in der Haltung erkennbar. Die erforderliche Tiefenschärfe von mindestens drei Meter ist gegeben. Es ist jedoch deutlich ersichtlich, dass die Beleuchtung nicht richtig eingestellt ist. Dies führt zu einer Nichterkennung eines möglichen Schadens an dieser Stelle.

## 6.2 Hypothese 2

### Risserkennung Steinzeug DN 300

In ist das Ergebnis der Zustandserkennung bei Rissen mit der TV-Kamera 1 (HD) und mit dem Scan-System 2 in 3D- Ansicht sowie in der Abwicklung dargestellt. Auffällig ist die Tatsache, dass mit der TV-Kamera 1 (HD) und mit der 3D- Ansicht gleich viele 1 mm- Risse erkannt werden, jedoch es bei den 2 mm- Rissen zu Abweichungen kommt. Diese Abweichungen können aufgrund der schlechteren Bildqualität des Scan-Systems 2 zustande kommen.

Mit der HD- Kamera kann ein 2 mm breiter Riss zweifelsfrei aufgezeigt werden (vgl. Abbildung 190). In Abbildung 191 ist ersichtlich, dass mit der 3D- Ansicht der gleiche 2 mm- Riss welcher mit der HD- Kamera erkannt wurde, nicht sichtbar ist. Im Abwicklungsmodus (Abbildung 192) ist der Schaden nicht festgestellt worden.

### Risserkennung Steinzeug DN 400

Abbildung 205 zeigt die Risserkennung bei Steinzeugrohren mit DN 400 mit den Kamerasystemen TV-Kamera 1 (HD), TV-Kamera 3, einer unbekanntem Kamera aus den Befahrungen von 2006 und mit dem Scan-System 2 in 3D- Ansicht sowie Abwicklung. Die TV-Kamera 1 (HD) stellt das Referenzmaß dar.

Die 3 mm- Risse werden von allen getesteten Kamerasystemen erkannt. Auffällig ist die niedrige Erkennungsrate bei den 2 mm- Rissen bei der Kamera von den alten Befahrungen und bei der Abwicklung. zeigt die Gründe für das Nichterkennen eines 2 mm- Risses in der Abwicklung. Durch die 1D- Ansicht, die bei der Abwicklung vorliegt, können einige Risse aufgrund der Lage nicht festgestellt werden. Mit allen anderen Systemen konnte dieser Riss festgestellt werden.

Die Ursachen für die niedrige Erkennungsrate bei den alten Befahrungen von 21% im Gegensatz zur 34%-igen Erkennungsrate der TV-Kamera 1 (HD) von 2 mm- Rissen, liegt vermutlich daran, dass diese Befahrung neun Jahre zurückliegt und es deshalb nicht klar ist, ob diese Schäden damals auch schon vorliegend waren. Das bedeutet, dass 13% der Schäden nicht aufgezeigt werden konnten. Hierbei ist unklar, ob diese Zustände damals nicht vorhanden waren oder diese nicht festgestellt werden konnten.

Die geringen Erkennungsraten der TV-Kamera 3 gegenüber der TV-Kamera 1 (HD) bei 1mm- Rissen und Oberflächenrissen lässt sich aufgrund der Beleuchtung der Kamera rückschließen. Durch oftmalige Überbeleuchtung (vgl. ) kann es zu einem sogenannten „blinden Fleck“ kommen, wo keine Schäden sichtbar sind. In Abbildung 208 kann der 1 mm- Riss, welcher mit der TV-Kamera 1 (HD) (vgl. Abbildung 207) festgestellt werden kann, nicht aufgezeigt werden.

Abbildung 217 zeigt die Risserkennung der TV-Kamera 1 (HD) bei Oberflächenrissen. In Abbildung 218 ist die Erkennung des Schadens mit der TV-Kamera 3 ersichtlich. Hierbei kann nicht der gesamte Riss aufgezeigt werden. Dies liegt einerseits an der niedrigeren Kameraauflösung (vgl. 3.2.4.1) gegenüber der TV-Kamera 1 (HD) und andererseits an der Ausleuchtung kombiniert mit dem Rohrmaterial.

Mit der unbekanntem Kamera von den Befahrungen aus dem Jahre 2006 wurden nur 4% der Oberflächenrisse festgestellt. Der rote Kreis in Abbildung 219 zeigt die Stelle an der der 1 mm breite Risse ist. Der Grund für die Nichterkennung kann einerseits die schlechte Bildqualität bzw. kombiniert mit der schlechten Positionierung der Kamera und Beleuchtung sein, Andererseits ist es möglich, dass dieser Riss zum Zeitpunkt der Inspektion im Jahr 2006 noch

nicht vorhanden war. Der Oberflächenriss, welcher mit der TV-Kamera 1 (HD) (vgl. Abbildung 217) ersichtlich ist, konnte mit der Kamera aus 2006 nicht erkannt werden. Es gilt zu vermuten, dass der Oberflächenriss zum Zeitpunkt der Befahrung noch nicht vorhanden war (vgl. Abbildung 219).

In der 3D- Ansicht des Scan-System 2 sind die Hälfte aller 1 mm- Risse im Gegensatz zum Referenzmaß nicht ersichtlich. In Abbildung 220 wird mittels dem roten Kreis erkenntlich gemacht, an welcher Stelle sich der Riss befinden sollte. Dieser konnte vermutlich aufgrund der Feinheit des Risses nicht erkannt werden. Der Oberflächenriss welcher mit TV-Kamera 1 (HD) in Abbildung 217 ersichtlich ist, wurde mit der 3D- Ansicht des Scan-System 2 (vgl. Abbildung 220) nicht festgestellt.

Die Ursachen für die schlechte Risserkennung bei der Abwicklung des Scan-System 2 sind vermutlich die 2D- Ansicht der Abwicklung und die schlechtere Bildauflösung (vgl. Abbildung 216 für 1 mm- Risse und Abbildung 205 für Oberflächenrisse).

### **Risserkennung Beton DN 300**

In Abbildung 230 ist die Risserkennung von der TV-Kamera 1 (HD) und dem Scan-System 2 in 3D- Modus sowie in der Abwicklung bei Betonrohren mit DN 300 abgebildet. Auffallend ist die Nichterkennung von 4 mm- Rissen in der 3D- Ansicht des Scan-System 2. Dies ist vor allem auffallend, weil alle 3 mm- Risse erkannt wurden. Diese Nichterkennung lässt sich auf das Rohrmaterial, kombiniert mit einer schlechten Bildauflösung und einer vermutlich länger zurückliegenden Reinigung erklären. (vgl. Abbildung 223). Mit der Abwicklung konnten keine Schäden aufgrund der Kombination aus Bildauflösung und Rohrmaterial festgestellt werden (vgl. Abbildung 227).

Mit der 3D- Ansicht der Panoramo konnten keine der 43% auftretenden 2mm- Risse aufgezeigt werden. Die Gründe dafür sind augenscheinlich eine Kombination aus Rohrmaterial, einer länger zurückliegender Reinigung und die Bildqualität (vgl. Abbildung 223).

### **Risserkennung Beton DN 500**

Abbildung 258 zeigt die Schadenserkenung von Rissen bei Betonrohren mit einem Durchmesser von DN 500. Gründe für die schlechte Erkennungsraten von 1 mm- Rissen des Scan-Systems 2 im 3D- Modus und bei der Abwicklung sind in Abbildung 261 und Abbildung 262 gezeigt. Aufgrund des hellen Rohrmaterials kombiniert mit der Bildauflösung ist eine Erkennung des vorliegenden Zustands nicht möglich.

Alle Oberflächenrisse wurden nur mit der TV-Kamera 1 (HD) erkannt. Die TV-Kamera 3 machte 15% der Risse ersichtlich. Mit der TV-Kamera 3 war die Erkennung aufgrund des Rohrmaterials kombiniert mit der schlechten Beleuchtung (vgl. Abbildung 264) nicht möglich. Mit dem Scan-System 2 wurden weder in der 3D- Ansicht, noch in der Abwicklung Oberflächenrisse erkannt. Die Ursachen dafür bilden die Kombination aus der Bildqualität und des Rohrmaterials (vgl. Abbildung 265 und Abbildung 266).

### **Risserkennung Beton DN 1000**

Ein möglicher Grund für die gute Schadenserkenung der TV-Kamera 3 bei Betonrohren mit DN 1000 ist die geringe Stichprobe mit  $n=4$ . Daraus ergibt sich eine geringe Streuung der Ergebnisse.

Die niedrigen Erkennungsraten bei der 3D- Ansicht bzw. die Nichterkennung bei der Abwicklung des Scan-System 2 lassen sich auf die Rohrdimension zurückführen. Das Scan-System 2 findet

ihren Einsatz laut Hersteller hauptsächlich in Kanälen bis zu DN 600 (vgl. 3.2.4.2). Daraus ergibt sich eine schlechte Bildauflösung. In Kombination mit dem vorliegenden Rohrmaterial führt dies zu einer schlechten Erkennungsrate bei dem Scan-System 2 (vgl. Abbildung 285 und Abbildung 286).

### **Risserkennung Beton DN 500/800**

Die Lage der 5mm- Risse erschwerte das Erkennen der Schäden stark, da die Risse in der Sohle sind und durch den Wasserstand diese nicht feststellbar sind (vgl. Abbildung 305, Abbildung 306 und Abbildung 307). Der Grund für das Nichterkennen der 4 mm- Risse bei der TV-Kamera 3 ist das Rohrmaterial. Der Riss wurde trotz Bekanntheit der Lage nicht abgeschwenkt bzw. festgestellt. Ein möglicher Grund für die Nichterkennung des 4mm- Risses bei den Befahrungen aus 2011 ist die nicht zentrierte Lage der Kamera. Dadurch konnte der Riss am Scheitel nicht aufgezeigt werden.

Alle 3 mm- Risse wurden nur mit der TV-Kamera 1 (HD) erkannt. Die anderen Systeme konnten die Hälfte (10% von möglichen 20%) aller 3 mm- Risse aufzeigen. In Abbildung 293 ist die Zustandserfassung der Befahrungen aus 2011 dargestellt. Mit dieser Kamera konnte der Zustand genauso wie mit dem Scan-System2 in 3D- Modus (vgl. Abbildung 507) festgestellt werden. Mit der TV-Kamera 3 (vgl. Abbildung 506) wurde der Schaden aufgrund des Rohrmaterials und der Bildauflösung nicht aufgezeigt. Mit der Abwicklung (vgl. Abbildung 508) konnte der Riss aufgrund der 2D- Ansicht der Abwicklung und der Lage des Schadens (Scheitel) nicht eruiert werden.

Eine Ursache für die unterschiedlichen Ergebnisse bei der Erkennung von Rissen zwischen den beiden Dreh- und Schwenkkopfkameras könnte die unterschiedliche Kameraauflösung sein (vgl. 3.2.4.1).

Die Erkennung von Rissen mit einer Rissbreite von 2 mm konnte bei dem Scan-System 2 weder in der 3D- Ansicht (vgl. Abbildung 450), noch in der Abwicklung (vgl. Abbildung 451) erfolgen.

1 mm- Risse wurden bei den alten Befahrungen (vgl. Abbildung 453), mit der TV-Kamera 3 (vgl. Abbildung 454) und mit dem Scan-System 2 im 3D- Modus (vgl. Abbildung 455) sowie in der Abwicklung (vgl. Abbildung 456) nicht festgestellt. Der Grund für die Nichterkennung liegt bei allen Systemen an einer Kombination aus dem Rohrmaterial (Oberflächenrauheit) und der Bildauflösung.

### **HD- Kamera**

Die Schlussfolgerung der Untersuchungen in Steyr sagen aus, dass ein Kamerasystem mit HD-Auflösung seine Vorteile bei Rohrdurchmessern ab DN 1000 hat. Des weiteren eignen sich HD-Kameras sehr gut beim Einsatz in Ei- Profilen. Es ist empfehlenswert HD- Kameras bei Erstbefahrungen einzusetzen, da auch kleinere Schäden aufgezeigt werden können. Nach der ersten Befahrung und der Analyse der auftretenden Schäden bzw. Zustände kann abgewogen werden, ob die Wiederholungsbefahrung abermals mit einer HD- Kamera, mit einer herkömmlichen Dreh- und Schwenkkopfkamera oder mit einem Scan- System erfolgen soll.

### **Scan- System**

Mit einem Scan- System (bei den Untersuchungen in Steyr das Scan-System 2) werden die Kanäle mit einer höheren Geschwindigkeit befahren. Somit ist eine höhere Tagesleistung möglich. Es ist zu empfehlen ein Scan- System bei kleineren Kanälen (unter DN 400) zu verwenden. Weiteren Einsatzbereich bieten die Wiederholungsbefahrungen, nachdem die

Erstbefahrungen mit einer HD- Kamera durchgeführt wurden und die Schäden dokumentiert wurden.

Weiterer Einsatzbereich für Scan- Systeme sind Haltungen, in denen es notwendig ist, möglichst schnell zu inspizieren. Diese Situation tritt vorwiegend in Hauptsammlern auf, wo das Abwasser abgesperrt werden muss, um den Kanal zu inspizieren. Nachdem diese Sperre dieser Hauptleitung so kurz wie möglich sein sollte, eignet sich eine Befahrung mit einem Scan- System.

Zur schnellen Überprüfung von einfachen Anschlüssen und massiven Schäden, welche schon bekannt sind, ist eine Inspektion mit einem Scan- System empfehlenswert. Bei einer derartigen Inspektion ist es nur mehr notwendig, die groben Mängel zu analysieren. Daher ist in diesem Fall eine Befahrung mit einer Dreh- und Schwenkkopfkamera nicht zweckmäßig.

Bei dem Scan- System gibt es massive Unterschiede zu der Erkennung von Schäden zwischen dem 3D- Modus und der Abwicklung (siehe Abbildung 316 und Abbildung 317). Daher ist es empfehlenswert immer die 3D- Ansicht und die Abwicklung für eine Bewertung bzw. Untersuchung heranzuziehen. Die Abwicklung ist eine 1D- Ansicht, wo das Bild „aufgeklappt“ dargestellt wird und somit Schäden, die sich am Scheitel des Rohres befinden, nicht festgestellt werden können. Eine Quantifizierung von Schäden, beispielsweise bei einragenden Anschlüssen bis zu einer Größe von rund 10% ist nur schwer abschätzbar (vgl. Abbildung 308). Deshalb empfiehlt es sich, nicht nur die Abwicklung zu analysieren sondern auch die 3D- Ansicht zu begutachten.

In der Abbildung 316 und Abbildung 317 sind die Erkennungsraten aller Zustände zwischen der 3D- Ansicht und der Abwicklung grafisch dargestellt. Einzig bei den einfachen Anschlüssen hat die Abwicklung bei Steinzeug DN 400 eine höhere Erkennungsrate als die 3D- Ansicht vorzuweisen. Dies liegt daran, dass in der Abwicklung einfache Anschlüsse aufgrund der 1D- Darstellung besser erkennbar sind.

### **Vergleich Scan- Systeme bei Steinzeughaltungen**

Anhand der Ergebnisse, die in Abbildung 187 abgebildet sind, ist es empfehlenswert die getesteten Scan- Systeme bis zu einem Durchmesser von DN 300 zu verwenden. Ab DN 300 fällt die Erkennungsrate des Scan-System 2 im 3D- Modus und in der Abwicklung rapide ab. Somit bestätigt sich die Annahme, Scan- Systeme nur in Kombination der 3D- Ansicht und der Abwicklung zu verwenden, da es massive Unterschiede zwischen den beiden Modulen gibt. Die abnehmende Erkennungskurven, sowohl bei der 3D- Ansicht als auch in der Abwicklung lässt sich auf viele Oberflächenrisse in den Haltungen mit DN 400 schließen (vgl. Abbildung 205). Für die Erkennung von Oberflächenrisse reicht die Kameraauflösung der Panorama nicht aus (vgl. 3.2.4.2). Die 50%-ige Erkennung bei DN 250 bei der Inspektion mit dem DigiSewer kann als Ausreißer gesehen werden. Die Erkennungskurve nimmt ausgehend von DN 200 konstant bis zu DN 300 ab.

### **Schlussfolgerung zur Hypothese 2**

Abschließend kann festgestellt werden, dass eine Kamera mit HD- Auflösung nicht nur zur Inspektion größerer Kanäle (ab DN 400) geeignet ist, sondern sich auch Vorteile bei kleineren Durchmessern gegenüber anderen Inspektionssystemen ergeben. Die Untersuchungen zeigen, dass Scan- Systeme bis DN 300 ähnliche Erkennungsraten wie Kameras mit HD- Auflösung aufweisen. Jedoch kann bei Rohren ab DN 400 eine fallende Erkennungsrate bei den Scan- Systemen zu beobachten. Herkömmliche Dreh- und Schwenkkopfkameras weisen eine gute

## Interpretation und Diskussion der Ergebnisse

Erkennungsrate bis DN 400 auf. Für größere Rohrdurchmesser (ab DN 600) ist es empfehlenswert, eine Kamera mit HD- Auflösung zu verwenden.

### 6.3 Hypothese 3

#### Vergleich Kamerasysteme bei Betonhaltungen

In wird die Zustandserkennung von Rissen mit der TV-Kamera 3 und dem Scan-System 2 im 3D- Modus und in der Abwicklung bei Rohren aus Beton mit verschiedenen Durchmessern abgebildet. Bei den Untersuchungen in Steyr wurde die TV-Kamera 1 (HD) als Referenzmaß angenommen, da sie die größte Kameraauflösung besitzt. Daher ist die Erkennung der Schäden immer 100%. Um eine Tendenz, ab wann die Erkennung von der TV-Kamera 1 (HD) abfällt, eruieren zu können, ist es erforderlich, weitere Befahrungen von Haltungen ab einem Durchmesser von DN 1000 durchzuführen.

Die Erkennungsrate von 70% bei DN 400 und DN 500 der TV-Kamera 3 und der anschließende rapide Abfall auf 50% bei DN 600 lässt sich auf die geringe Kameraauflösung von 420 x 420 Pixel schließen (vgl. 3.2.4.1). Die 100%-ige Erkennung der Risse bei DN 1000 lassen sich unter anderem auf eine Reinigung der Haltungen kurz vor der Inspektion schließen. Weiters waren die Schäden in den Haltungen bei den Befahrungen mit der TV-Kamera 3 aus den voraus gegangenen Befahrungen bekannt. Daher ist dieses Ergebnis etwas zu relativieren.

Die Erkennungskurve des Scan-System 2 im 3D- Modus zeigt einen typischen Verlauf. Einzig die Schadenserkenkung bei DN 300 ist untypisch, da das Scan-System 2 mit ihrer Kameraauflösung besonders für Durchmesser unter DN 400 geeignet ist (vgl. 3.2.4.2). Aufgrund der niedrigen Erkennungsrate bei DN 300 (28%) wurde dies als Ausreißer deklariert. Grund dafür ist vermutlich die länger zurückliegende Reinigung kombiniert mit dem Rohrmaterial (vgl. Abbildung 191). Ab DN 400 zeigt die Erkennungskurve einen typischen Verlauf.

In der Abwicklung konnte bei DN 300 kein Schaden aufgezeigt werden. Ein Grund dafür ist vermutlich das Rohrmaterial in Kombination mit schlechter Ausleuchtung und vermutlich schon länger zurückliegenden Reinigung dieser Haltungen (vgl. Abbildung 192). Weiters passierte in einer Haltung ein Anwendungsfehler, der zu einem schwarzen Hintergrund führte. Ab DN 400 bzw. DN 500 fällt die Erkennung der Schäden kontinuierlich bis auf 0% bei DN 1000 ab.

#### Vergleich Dreh- und Schwenkkopfkameras bei Steinzeughaltungen

In Abbildung 186 ist die Schadenserkenkung von Rissen anhand von vier Kamerasystemen abgebildet. Die Erkennungsrate TV-Kamera 2 ist für eine Kamera mit HD- Auflösung typisch. Bei den Durchmessern von DN 200, DN 250 und DN 300 liegt jeweils eine 100%-ige Erkennungsrate vor.

Die Erkennungsrate der TV-Kamera 5 zeigt bei DN 300 mit 100% erkannten Rissen einen untypischen Wert für eine herkömmliche Dreh- und Schwenkkopfkamera. Deshalb wird dieser Wert auch als Ausreißer deklariert.

Die Erkennungskurven der TV-Kamera 3 und der TV-Kamera 4 weisen einen typischen Verlauf von Dreh- und Schwenkkopfkameras ohne HD- Auflösung auf. Ab DN 300 sinkt die Erkennungsrate der TV-Kamera 3. Dies liegt vermutlich an vielen Oberflächenrissen, die sich in den Haltungen mit DN 400 befinden. Weiterer Grund ist vermutlich die niedrige Kameraauflösung der F-200 (vgl. 3.2.4.1). Somit ist ersichtlich, dass die Erkennung von Schäden mit zunehmenden Rohrdurchmesser sinkt. Ein weiterer Grund könnte sein, dass die Haltungen im EPC- Zentrum in St. Veit (bis DN 300) gereinigt sind und sich nicht in Betrieb befinden sondern nur „Schau- Kanäle“ darstellen. Die Befahrungen in Steyr wurden jedoch

anhand von in Betrieb befindlichen Kanälen durchgeführt. Deshalb kann es zu Nichterkennung von einzelnen Schäden kommen.

### TV-Kamera 3

Die TV-Kamera 3 wurde bei den Befahrungen in Steyr in Betonkanälen und in Haltungen mit dem Rohrmaterial Steinzeug eingesetzt. Vor allem in Betonkanälen lieferte dieses System gute Ergebnisse, da die Kamerabeleuchtung auf diese Rohrmaterial sehr gut justierbar ist. Bei Haltungen aus Steinzeug stellt die Beleuchtung der Kamera große Probleme dar, da das Rohrmaterial spiegelt und so eine Inspektion sowohl für den Inspekteur als auch für die Schadenserkennung erschwert. Anhand der und ist der sehr helle Fleck aufgrund der Beleuchtung in einem Steinzeugrohr ersichtlich. In einem Betonrohr konnte eine derartige Überbeleuchtung nicht nachgewiesen werden. In diesem Bereich ist eine Feststellung eines etwaigen Schadens nicht möglich. Somit sind etwaige Adaptierungen bei der Beleuchtungseinheit empfehlenswert.



Abbildung 357: TV-Kamera 3, Beispiel Nichterkennung Oberflächenschaden



Abbildung 358: TV-Kamera 3, Beispiel Nichterkennung Riss

### Sanierung

Der erste Schritt bei der Sanierung ist die Entscheidung, welche Schäden saniert werden. Mit einer Kamera mit HD- Auflösung können feinste Risse (1 mm) problemlos eruiert werden. Somit stellt sich die Frage, ab welcher Größe Schäden saniert werden. In der Sanierungsplanung (vgl. 5.4.1.1, 5.4.2.1 und 5.4.3.1) werden Risse ab einer Rissbreite von 2 mm repariert. Bei Streckenschäden von großer Länge, welche eine Breite ab 2 mm haben und andere Schäden (z.B. Brüche) in dieser Haltungen vorkommen, kann eine Sanierung mit einem Schlauchliner angedacht werden. Eine weitere Möglichkeit für die Sanierung von Streckenschäden ist der Einsatz eines Partliners. Punktuelle Schäden können mit einem Roboter oder mit dem Injektionsverfahren repariert werden.

### Einsatz bei Sanierungsabnahmen

Vor der Inbetriebnahme eines neugebauten Kanals folgt eine erste Befahrung ob etwaige Schäden beim Einbau vorliegen. Diese noch so kleine Schäden werden am besten mit einem Kamerasystem mit HD- Auflösung aufgezeigt. Nach drei Jahren nach der Inbetriebnahme folgt die Abnahme. Bei dieser wird nochmals eine Kamerabefahrung durchgeführt um weitere entstandene Schäden wie zum Beispiel Rissbildung nach Setzungen oder anderen anthropogenen Einflüssen zu dokumentieren. Nachdem laut den Untersuchungsergebnissen eine HD- Kamera die meisten Schäden erkennt, wäre eine Befahrung bei der Abnahme mit

diesem System empfehlenswert. Somit können weitere Schäden, die aus den kleinen Schäden entstehen können, festgestellt werden.

### **Schlussfolgerung Hypothese 3**

Zusammenfassend ist zu sagen, dass durch eine schlechte Kameraauflösung der Inspektionssysteme, es zu Sanierungsfehlern bei einer nachfolgenden Sanierung kommen kann. Inspektionssysteme, die bei ungeeigneten Rohrdurchmessern und Rohrmaterialien eingesetzt werden, können manche Schäden bzw. Zustände nicht ausreichend aufzeigen. Diese Unterschiede werden in Kapitel 5.4.4 dargestellt. Durch die Nichterkennung von maßgebenden Schäden können andere Sanierungsmöglichkeiten gewählt werden. Dies bedeutet zwar, dass die Sanierung möglicherweise günstiger wird, aber es kann nicht sichergestellt werden, dass dies die beste Variante ist. Somit ist es ratsam, die Kameratechnik auf die örtlichen Gegebenheiten und auf die vorherrschenden Stammdaten so anzupassen, dass das bestmögliche Ergebnis entsteht. Die Anpassung an die Rohrdurchmesser und an das Rohrmaterial ist in Abbildung 186, Abbildung 187 und ersichtlich.

## 7. Zusammenfassung

Ein Inspektionssystem, welches mit den vorhandenen örtlichen Gegebenheiten, beispielsweise Rohrmaterial und Rohrdurchmesser, nicht optimal abgestimmt ist, kann zu Fehlern bei der folgenden Sanierungsplanung führen. Die Frage, ob ein System mit HD- Auflösung oder doch eine Dreh- und Schwenkkopfkamera bzw. ein Scan- System bei gewissen Rohrdurchmessern bzw. Rohrmaterialien verwendet werden sollen, ist für viele Auftraggeber bzw. Kanalisationsunternehmen sehr entscheidend. Vor allem ist der Zeitpunkt entscheidend, ab wann eine HD- Kamera einen Vorteil hat bzw. bei welchen Stammdaten und örtlichen Gegebenheiten eine HD- Kamera gegenüber den Dreh- und Schwenkkopfkameras bevorzugt werden soll. Desweiteren wurde untersucht, bei welchen vorliegenden Stammdaten und Gegebenheiten ein Scan- System für einen Einsatz am besten geeignet ist.

In der vorliegenden Arbeit wurden insgesamt acht Inspektionssysteme bei kleineren Durchmessern und verschiedenen Rohrmaterialien miteinander hinsichtlich ihrer Erkennungsraten von verschiedenen Zuständen verglichen (vgl. Kapitel 5.1). Weitere drei Systeme wurden hinsichtlich ihrer Erkennungsrate auf größere Durchmesser (ab DN 400) und Sonderprofile untersucht.

Zusammenfassend ist zu sagen, dass eine Kamera mit HD- Auflösung nicht nur zur Inspektion größerer Kanäle (ab DN 400) geeignet ist, sondern auch Vorteile bei kleineren Durchmessern gegenüber anderen Inspektionssystemen bietet. Anhand der Untersuchungen wurde ersichtlich, dass Scan- Systeme bis DN 300 ähnliche Erkennungsraten wie Kameras mit HD- Auflösung aufweisen. Jedoch kommt es ab DN 400 zu einer fallenden Erkennungsrate bei den Scan- Systemen. Herkömmliche Dreh- und Schwenkkopfkameras weisen eine gute Erkennungsrate bis DN 400 auf. Für größere Kanäle (ab DN 600) ist es empfehlenswert, eine Kamera mit HD- Auflösung zu verwenden.

Basierend auf diesen Ergebnissen wurde eine Sanierungsplanung für ausgewählte Haltungen durchgeführt und anhand einer Kosten- Nutzen- Analyse (KNA) berechnet. Zusätzlich wurde eine Nutzwertanalyse (NWA) mit anschließender Sensitivitätsanalyse durchgeführt. Mit den Ergebnissen der Sanierungsplanung wird eruiert, mit welchem Inspektionssystem die effektivste Sanierungsplanung durchgeführt werden kann. Besonders mithilfe der KNA werden die Sanierungskosten mit verschiedenen Sanierungsverfahren gegenübergestellt..

Desweiteren wurde der Entscheidungsbaum aus der Bachelorarbeit „Entscheidungshilfe Inspektionssysteme“ (Neumüller und Schmalhofer, 2014) mit den neu gewonnenen Erkenntnissen adaptiert.

## 8. Ausblick

In diesem Kapitel werden wesentliche Punkte beschrieben, bei denen noch Forschungsbedarf besteht.

### **Stichprobengröße**

Um eine stärkere Aussagekraft bei einigen Untersuchungen zu erhalten, ist es von Nöten mehr Befahrungen durchzuführen. Bei einigen Schäden konnte eine aussagekräftige Menge an Daten erlangt werden, jedoch ist es empfehlenswert Stichproben größer  $n=10$  zu verwenden. Der Grund liegt darin, dass kleine Stichproben eine geringe Aussagekraft haben, weil es zu keiner großen Streuung führt und sogenannte Ausreißer das Ergebnis mehr verfälschen können.

### **Ältere Befahrungen**

Interessant für die Entwicklung der Zustände in Kanälen, unabhängig vom Rohrmaterial und der Durchmesser, wären Vergleiche von älteren Befahrungen und jetzigen Befahrungen. Vor allem Untersuchungen hinsichtlich der Vermehrung von Schäden bzw. der Vergrößerung bestehender Schäden würden eine gute Aussage über das Langzeitverhalten von Kanälen bringen.

### **Vergleich Dreh- und Schwenkkopfkameras mit HD- Auflösung**

Ein Vergleich zwischen zwei HD- Kameras wurde bei kleineren Durchmessern bis DN 300 durchgeführt. Für eine bessere Aussagekraft hinsichtlich der Erkennung von Schäden bei größeren Durchmessern (ab DN 400) wäre eine Untersuchung von Vorteil. Speziell in Steyr wären weitere Inspektionen mit anderen HD- Kameras empfehlenswert, da hier schon Untersuchungsergebnisse diverser Systeme vorliegen. Weiters können hier in Betrieb befindliche Kanäle befahren werden. Somit kann die Einsatzfähigkeit in der Praxis getestet werden.

### **Sanierungsabnahme**

Eine weitere interessante Studie für die Zukunft sind die Entwicklungen nach einem Neubau eines Kanals bis hin zur endgültigen Abnahme, welche nach drei Jahren erfolgt. Hierzu könnte eine Kamera mit HD- Auflösung, eine herkömmliche Dreh- und Schwenkkopfkamera und ein Scan- System miteinander hinsichtlich der Schadenserkenkung verglichen werden. Hier wäre eine Gegenüberstellung von der Schadensentwicklung von der ersten Befahrung bis zur Abnahme empfehlenswert. Können mit jeder Kamera gleich viele Schäden erkannt werden und wie entwickeln sich festgestellte Schäden?

### **Rohrmaterial**

Bei den Untersuchungen im EPC Zentrum in St. Veit an der Glan wurden sieben verschiedene Rohrmaterialien bei Rohrdurchmessern zwischen DN 125 und DN 300 mit unterschiedlichen Kamerasystemen getestet. In Steyr wurden nur Haltungen mit den Materialien Beton und Steinzeug untersucht. Es wäre interessant, diese Untersuchungen von Steyr mit weiteren Rohrmaterialien zu erweitern. Somit könnte eine gute Aussagekraft bezüglich der Erkennungsraten diverser Inspektionssysteme bei verschiedenen Rohrmaterialien getroffen werden.

## 9. Literaturverzeichnis

Arbeitshilfen Abwasser (2012) Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit Deutschland.

BÖLKE, K.-P., Kanalinspektion - Zustände erkennen und dokumentieren. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2013.

DWA-A-147, DWA - Arbeitsblatt A 147 Betriebsaufwand für die Kanalisation – Betriebsaufgaben und Häufigkeiten, 2005.

DWA-M-149-5, DWA-M 149-5 Zustandserfassung und -beurteilung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden - Teil 5: Optische Inspektion, 2010.

Europäisches Parlament und Europäischer Rat, Richtlinie 2000/60/EG - des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23.Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik. Recht und Grundsätze, 2000.

Europäisches Parlament und Europäischer Rat, Richtlinie 2006/118/EG - des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12. Dezember 2006 zum Schutz des Grundwassers vor Verschmutzung und Verschlechterung, 2006.

GRIEBAUM, M., ÖWAV Ausbildungskurs „Kanal- Sanierungsplanung“, 2014, Kursmaterialien

HOHENAUER, R., ÖWAV Ausbildungskurs „Kanal- Sanierungsplanung“, 2014, Kursmaterialien

IBAK, <http://www.ibak.de> [Zugriff: 19.08.2015], 2015.

IPEK, <http://www.ipek.at/> [Zugriff: 19.08.2015], 2015.

KITZBERGER, J., ÖWAV Ausbildungskurs „Zustandserfassung und Sanierung von Kanalisationen“, 9.3.-13.3.2015, Kursmaterialien

Kummert, [www.kummert.de](http://www.kummert.de) [Zugriff: 19.08.2015] 2015.

KURATKO A., Bild- bzw. Videoreferenzkatalog für die ÖNORM EN 13508-2 Gegenüberstellung verschiedener optischer Kanalinspektionsmethoden, Bachelorarbeit am Institut für Siedlungswasserbau, Industriewasserwirtschaft und Gewässerschutz, Department für Wasser-Atmosphäre-Umwelt, Universität für Bodenkultur Wien, 2013

NEUMÜLLER P. und SCHMALHOFER S., Entscheidungshilfe Inspektionssysteme, Bachelorarbeit am Institut für Siedlungswasserbau, Industriewasserwirtschaft und Gewässerschutz, Department Wasser-Atmosphäre-Umwelt, Universität für Bodenkultur Wien, 2014

ÖGL Regelwerk Technische Richtlinie – Renovierung und Erneuerung von drucklosen Leitungen; Vor Ort härtendes Schlauchlining ÖGL TR-201; Österreichische Vereinigung für grabenloses Bauen und Instandhalten von Leitungen, Wien, 2010

ÖNORM-EN-752, ÖNORM EN 752 Entwässerungen außerhalb von Gebäuden. Österreichisches Normungsinstitut (ON), 2008.

ÖNORM-EN-13508-2, ÖNORM EN 13508-2 Untersuchung und Beurteilung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden - Teil 1: Allgemeine Anforderungen. Austrian Standards plus GmbH Wien, 2008.

ÖWAV (2013a), ÖWAV-Regelblatt 22 - Betrieb, Wartung und Überprüfung von Kanalanlagen. Österreichisches Normungsinstitut (ON).

ÖWAV (2013b), ÖWAV Regelblatt 43 - Optische Kanalinspektion. Austrian Standards plus Publishing Wien,.

PLIHAL, H. ÖWAV Ausbildungskurs „Zustandserfassung und Sanierung von Kanalisationen“, 9.3.-13.3.2015, Kursmaterialien

Rico, [www.rico-gmbh.de](http://www.rico-gmbh.de) [Zugriff: 19.08.2015, 2015.

SCHÖLLER G., ÖWAV Ausbildungskurs „Kanal- Sanierungsplanung“, 2014, Kursmaterialien

STADLBAUER K., ÖWAV Ausbildungskurs „Kanal- Sanierungsplanung“, 2014, Kursmaterialien

Wikipediaa, MPEG-1 Videoformat (Technik). Bearbeitungsstand: 11.06.2015, 05:04. URL: [https://de.wikipedia.org/wiki/MPEG-2#MPEG-2\\_Video](https://de.wikipedia.org/wiki/MPEG-2#MPEG-2_Video) [Zugriff: 18.08.2015, 22:47), 2015.

Wikipediab, MPEG-2 Videoformat (Technik). Bearbeitungsstand: 11.06.2015, 05:04. URL: [https://de.wikipedia.org/wiki/MPEG-2#MPEG-2\\_Video](https://de.wikipedia.org/wiki/MPEG-2#MPEG-2_Video) [Zugriff: 18.08.2015, 22:47), 2015.

Wikipediac, MPEG-4 Videoformat (Technik). Bearbeitungsstand: 10.04.2015, 22:55. URL: <https://de.wikipedia.org/wiki/MPEG-4> [Zugriff: 18.08.2015, 22:47), 2015.

Wikipediad, AVI Videoformat (Technik). Bearbeitungsstand: 25.07.2015, 09:49 URL: [https://de.wikipedia.org/wiki/Audio\\_Video\\_Interleave](https://de.wikipedia.org/wiki/Audio_Video_Interleave) [Zugriff: 18.08.2015, 22:47), 2015.

WRG, WRG - Wasserrechtsgesetz 1959 BGBl. Nr. 215/1959 zuletzt geändert durch BGBl. Nr. 123/2006. Bundesgesetzblatt für die Republik Österreich, 2006.

## 10. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Beziehung zwischen Zielen und Funktionalanforderungen (EN 752, 2008).....	15
Tabelle 2: Eine Hilfestellung zur Auswahl des Sanierungsverfahrens gibt die folgende Matrix (ÖWAV,.....)	25
Tabelle 3: 3. Stelle des Hauptcodes – bauliche Zustände (2. Stelle) (BÖLKE, 2013) .....	34
Tabelle 4: 3. Stelle des Hauptcodes – betriebliche Zustände (2.Stelle) (BÖLKE, 2013).....	35
Tabelle 5: Stelle des Hauptcodes – Inventarisierung (2.Stelle) (BÖLKE, 2013) .....	35
Tabelle 6: 3. Stelle des Hauptcodes – Zuordnung sonstiger Zustände (2.Stelle) (BÖLKE, 2013) .....	35
Tabelle 7: EN Codierung Zifferblattreferenz (ÖWAVd, 2015).....	36
Tabelle 8: Codierte Rohrmaterialtexte (ÖWAVa, 2015) .....	37
Tabelle 9: Gegenüberstellung der technischen Daten der verwendeten Dreh- und Schwenkkopfkameras .....	41
Tabelle 10: Gegenüberstellung der technischen Daten der verwendeten Scan- Systeme .....	43
Tabelle 11: Kamerasysteme mit dazugehöriger Auflösung .....	75
Tabelle 12: Gegenüberstellung MPEG-1, MPEG-2, MPEG-4 (Wikipediab, 2015).....	76
Tabelle 13: MPEG-2 mögliche Abspeicherungen (Wikipediab, 2015) .....	77
Tabelle 14: Grober Vergleich unterschiedlicher MPEG-2 Dateien (Wikipediab, 2015) .....	78
Tabelle 15: spezifische Kosten der Sanierungsverfahren .....	78
Tabelle 16: Auflistung der Haltungen mit Rohrmaterial und Durchmesser .....	83
Tabelle 17: verwendete Haltungen mit Stammdaten .....	84
Tabelle 18: Gegenüberstellung der technischen Daten der verwendeten Dreh- und Schwenkkopfkameras .....	88
Tabelle 19: Gegenüberstellung der technischen Daten der verwendeten Scan- Systeme .....	88
Tabelle 20: Schäden Haltung Schumannstraße, Schacht S20 bis Schacht S30, TV-Kamera 1 (HD), Scan-System 2, 3D und Abwicklung und TV-Kamera 3.....	205
Tabelle 21: Ausschnitt Tabelle 20, Schäden Bruch und Riss .....	205
Tabelle 22: Ausschnitt Tabelle 20, Schaden Riss .....	207
Tabelle 23: Ausschnitt Tabelle 20, Schaden Riss .....	208
Tabelle 24: Ausschnitt Tabelle 20.....	209
Tabelle 25: Ergebnismatrix der NWA.....	211
Tabelle 26: Bewertung der Ergebnisse (NWA) .....	212
Tabelle 27: Entscheidungsmatrix bei der NWA.....	212
Tabelle 28: Bewertungsschema zur Gewichtung der Kriterien bei der NWA.....	212
Tabelle 29: Gewichtung der Kriterien (Prioritätenmatrix).....	213
Tabelle 30: Gewichtung der Kriterien (Prioritätenmatrix – Faktor).....	213
Tabelle 31: Ermittlung des Gesamtnutzenwerts (Bsp. NWA) .....	213
Tabelle 32: Sensibilitätsanalyse (Bsp. NWA).....	214

Tabelle 33: Schäden Haltung Wehrgrabengasse, Schacht 490 bis Schacht 491, TV-Kamera 1 (HD), TV-Kamera 3 und Scan-System 2, 3D und Abwicklung.....	215
Tabelle 34: Schäden Haltung Wehrgrabengasse, Schacht 490 bis Schacht 491, TV-Kamera 1 (HD), TV-Kamera 3 und Scan-System 2, 3D und Abwicklung.....	216
Tabelle 35: Ausschnitt 33 .....	216
Tabelle 36: Ausschnit Tabelle 33.....	218
Tabelle 37: Ausschnitt Tabelle 33.....	219
Tabelle 38: Ergebnismatrix der NWA.....	222
Tabelle 39: Bewertung der Ergebnisse (NWA) .....	223
Tabelle 40: Entscheidungsmatrix bei der NWA.....	223
Tabelle 41: Bewertungsschema zur Gewichtung der Kriterien bei der NWA.....	223
Tabelle 42: Gewichtung der Kriterien (Prioritätenmatrix).....	224
Tabelle 43: Gewichtung der Kriterien (Prioritätenmatrix – Faktor).....	224
Tabelle 44: Ermittlung des Gesamtnutzenwerts (Bsp. NWA) .....	224
Tabelle 45: Sensibilitätsanalyse (Bsp. NWA).....	225
Tabelle 46: Schäden Haltung Messererstraße, Schacht S7 bis S8, TV-Kamera 1 (HD)- Kamera, Scan-System 2 3D und Abwicklung und TV-Kamera 3.....	226
Tabelle 47: Ausschnitt Tabelle 46.....	227
Tabelle 48: Ausschnitt Tabelle 46.....	228
Tabelle 49: Ergebnismatrix der NWA.....	230
Tabelle 50: Bewertung der Ergebnisse (NWA) .....	230
Tabelle 51: Entscheidungsmatrix bei der NWA.....	230
Tabelle 52: Bewertungsschema zur Gewichtung der Kriterien bei der NWA.....	231
Tabelle 53: Gewichtung der Kriterien (Prioritätenmatrix).....	231
Tabelle 54: Gewichtung der Kriterien (Prioritätenmatrix – Faktor).....	231
Tabelle 55: Ermittlung des Gesamtnutzenwerts (Bsp. NWA) .....	232
Tabelle 56: Sensibilitätsanalyse (Bsp. NWA) .....	232
Tabelle 57: Gegenüberstellung Sanierungsart und Kosten bei Inspektion mit TV-Kamera 1 (HD) und TV-Kamera 3.....	233
Tabelle 58: Gegenüberstellung Sanierungsart und Kosten bei Inspektion mit dem Scan-System 2 3D sowie Abwicklung.....	234

## 11. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Anwendungsbereich der EN 752 (2008) .....	12
Abbildung 2: Entwässerungssysteme innerhalb von Flussgebieten (EN 752, 2008) .....	14
Abbildung 3: Fließschema für die Ableitung von Leistungsanforderungen (EN 752, 2008) .....	16
Abbildung 4: Fließschema des integralen Kanalmanagements (EN 752, 2008).....	17
Abbildung 5: Fließschema der Untersuchung (EN 752, 2008) .....	19
Abbildung 6: Fließschema für die Beurteilung (EN 752, 2008).....	22
Abbildung 7: Methoden und Arten der optischen Inspektion und deren Aufgabenstellung und Ergebnisse für Haltungen (ÖWAVa, 2013) .....	26
Abbildung 8: Methoden und Arten der optischen Inspektion und deren Aufgabengstellungen und Ergebnisse für Schachtbauwerke (ÖWAVa, 2013) .....	27
Abbildung 9: Inspektionssysteme (DWA-M-149-5, 2010).....	30
Abbildung 10: Struktur des EN-Codes (BÖLKE, 2013) .....	33
Abbildung 11: Strukturierung des EN-Hauptcodes (BÖLKE, 2013).....	33
Abbildung 12: IBAK Pegasus HD (IBAK, 2015) .....	38
Abbildung 13: Rico RPP Duo (Rico, 2015) .....	38
Abbildung 14: iPEK Rovion EPC St. Veit an der Glan, März 2015 .....	39
Abbildung 15: Kummert F-200 Steyr, Juli 2015 .....	40
Abbildung 16: Kummert F-200 Steyr, Juli 2015 .....	40
Abbildung 17: IBAK Orion (IBAK, 2014) .....	40
Abbildung 18: iPEK DigiSewer EPC St. Veit an der Glan Mai 2015 .....	42
Abbildung 19: IBAK Panorama (IBAK, 2015).....	42
Abbildung 20: GFK- Rohr (BÖLKE, 2013) .....	44
Abbildung 21: GFK- Rohr mit Rohrbruch .....	44
Abbildung 22: PE- Rohr (BÖLKE, 2013).....	44
Abbildung 23: PP- Rohr (BÖLKE, 2013).....	44
Abbildung 24: PVC- Rohr (BÖLKE, 2013) .....	44
Abbildung 25: Steinzeug- Rohr (BÖLKE, 2013).....	45
Abbildung 26: Steinzeug- Rohr / Rohrinnenfläche .....	45
Abbildung 27: Polymerbeton- Rohr (BÖLKE, 2013).....	45
Abbildung 28: Faserzement- Rohr (BÖLKE, 2013).....	46
Abbildung 29: Beton- Rohr (BÖLKE, 2013) .....	46
Abbildung 30: Beton- Rohr mit Haarriss .....	46
Abbildung 31: Duktiles Gussrohr (BÖLKE, 2013) .....	47
Abbildung 32: Duktiles Gussrohr (Grauguss).....	47
Abbildung 33: Schematische Darstellung Sanierungsarten und –verfahren (Arbeitshilfe Abwasser, 2012) .....	48

Abbildung 34: Reperaturverfahren (Arbeitshilfe Abwasser, 2012).....	49
Abbildung 35: Grafische Darstellung der Reperaturverfahren (Arbeitshilfe Abwasser, 2012)....	50
Abbildung 36: Prinzipsskizze Injektionsverfahren (ÖGL, 2014).....	51
Abbildung 37: Injektionsverfahren (STADLBAUER, 2014).....	51
Abbildung 38: Injektionsverfahren (STADLBAUER, 2014).....	51
Abbildung 39: Prinzipsskizze Roboterverfahren (Arbeitshilfe Abwasser, 2012) .....	55
Abbildung 40: Fräsroboter (GRIEBAUM, 2014) .....	55
Abbildung 41: Fräsroboter (GRIEBAUM, 2014) .....	55
Abbildung 42: Fehlerhafte Fräsarbeiten (GRIEBAUM, 2015).....	56
Abbildung 43: Prinzipsskizze Kurzliner (ÖWAVc, 2015) .....	57
Abbildung 44: Kurzliner (STADLBAUER, 2014).....	57
Abbildung 45: Edelstahlmanschetten (STADLBAUER, 2014).....	59
Abbildung 46: Edelstahlmanschetten (STADLBAUER, 2014).....	59
Abbildung 47: Renovierungsverfahren (Arbeitshilfe Abwasser, 2012).....	61
Abbildung 48: Schlauchlining (GRIEBAUM, 2014).....	62
Abbildung 49: Schlauchlining (Steyr, 2015) .....	62
Abbildung 50: Typische Wandkonstruktion laut ON EN ISO 11296-4 .....	63
Abbildung 51: Prinzipsskizze Schlauchlining (Arbeitshilfe Abwasser, 2012) .....	64
Abbildung 52: Wickelrohrlining (GRIEBAUM, 2014) .....	66
Abbildung 53: Wickelrohrlining (GRIEBAUM, 2014) .....	67
Abbildung 54: Erneuerungsverfahren (Arbeitshilfe Abwasser, 2012) .....	69
Abbildung 55: Prinzip Pipe-Eating (HOHENAUER, 2015).....	71
Abbildung 56: Pipe-Eating (HOHENAUER, 2014) .....	72
Abbildung 57: Kreisprofil (BÖLKE, 2013).....	73
Abbildung 58: Eiprofil (BÖLKE, 2013).....	73
Abbildung 59: Fehlbetrachtung bei außermittiger Positionierung (BÖLKE, 2013) .....	74
Abbildung 60: Sichtbereich durch ausreichende Ausleuchtung (BÖLKE, 2013).....	74
Abbildung 61: Vorgehensweise bei der Nutzwertanalyse .....	79
Abbildung 62: Haltungsanfänge im EPC (KURATKO, 2013) .....	81
Abbildung 63: Haltungsanfänge im EPC (KURATKO, 2013) .....	82
Abbildung 64: Haltungsanfänge im EPC (KURATKO, 2013) .....	82
Abbildung 65: Zielhierarchie (NWA).....	87
Abbildung 66: Einsatz eines 2- Punkt Lasers, TV-Kamera 2 bei einem GFK- Rohr, Kreisprofil DN300 .....	89
Abbildung 67: Deformationsmessung Laserprofiler (ÖWAVd, 2015).....	90
Abbildung 68: Beton DN500/800, TV-Kamera 1 (HD).....	91
Abbildung 69: Beton DN 500/800, Scan- System 2 .....	91
Abbildung 70: GFK DN300, TV-Kamera 4 .....	91

Abbildung 71: Einragende Dichtung und Einsatz eines 2- Punkt Lasers, TV-Kamera 2 bei einem GFK- Rohr, Kreisprofil DN300 .....	92
Abbildung 72: Einragende Dichtung, Scan- System 2, Beton, Kreisprofil DN 300.....	92
Abbildung 73: TV-Kamera 2, GFK, Kreisprofil DN 300 .....	93
Abbildung 74: TV-Kamera 3, GFK, Kreisprofil DN 300 .....	93
Abbildung 75: Scan- System 2, Steinzeug, Kreisprofil DN 400 .....	93
Abbildung 76: Scan- System 2, Beton, Kreisprofil DN 300.....	93
Abbildung 77: Bildauflösung Scan- Systeme (PLIHAL, 2015).....	94
Abbildung 78: TV-Kamera 2, Grauguss, Kreisprofil DN 200 .....	95
Abbildung 79: TV-Kamera 6, Grauguss, Kreisprofil DN 200 .....	95
Abbildung 80: TV-Kamera 5, Grauguss, Kreisprofil DN 200 .....	95
Abbildung 81: TV-Kamera 1 (HD), Grauguss, Kreisprofil DN 200 .....	95
Abbildung 82: TV-Kamera 4, EPC- Zentrum St. Veit an der Glan; ausgefahrener Hub und größere Räder (blau).....	97
Abbildung 83: Fahrräder- Satz TV-Kamera 3.....	97
Abbildung 84: Inspektionssfahrzeug der Firma Kummert, Kabeltrommel.....	98
Abbildung 85: Riss-Zustandserkennung (Rissbreite von 1mm bis 7mm) beim Steinzeugrohr DN 200, Kameravergleich .....	99
Abbildung 86: BAB-B Riss, komplex; B=1,0mm; Kreisprofil DN 200 – Steinzeug, TV-Kamera 1 (HD) .....	100
Abbildung 87: BAB-B Riss, komplex; B=1,0mm; Kreisprofil DN 200 – Steinzeug, TV-Kamera 2 .....	100
Abbildung 88: BAB-B Riss, komplex; B=1,0mm; Kreisprofil DN 200 – Steinzeug, TV-Kamera 3 .....	100
Abbildung 89: BAB-B Riss, komplex; B=1,0mm; Kreisprofil DN 200 – Steinzeug, TV-Kamera 4 .....	100
Abbildung 90: BAB-B Riss, komplex; B=1,0mm; Kreisprofil DN 200 – Steinzeug, TV-Kamera 5 .....	100
Abbildung 91: Zustandserkennung verschobene Verbindung beim Steinzeugrohr DN 200, Kameravergleich .....	101
Abbildung 92: BAJ-A, BAJ-C; Kreisprofil DN 200 – Steinzeug, TV-Kamera 1 (HD).....	102
Abbildung 93: BAJ-A, BAJ-C; Kreisprofil DN 200 – Steinzeug, TV-Kamera 3 .....	102
Abbildung 94: BAJ-A, BAJ-C; Kreisprofil DN 200 – Steinzeug, TV-Kamera 4 .....	102
Abbildung 95: BAJ-A, BAJ-C; Kreisprofil DN 200 – Steinzeug, TV-Kamera 5 .....	102
Abbildung 96: Zustandserkennung sichtbarer Boden beim Steinzeugrohr DN 200, Kameravergleich .....	103
Abbildung 97: BAO- Boden sichtbar; Kreisprofil DN 200 – Steinzeug, TV-Kamera 4 .....	103
Abbildung 98: BAO- Boden sichtbar; Kreisprofil DN 200 – Steinzeug, TV-Kamera 5 .....	103
Abbildung 99: Zustandserkennung Ablagerungen beim Steinzeugrohr DN 200, Kameravergleich .....	104
Abbildung 100: BBC- Ablagerungen; Kreisprofil DN 200 – Steinzeug, TV-Kamera 2.....	105

Abbildung 101: BBC- Ablagerungen; Kreisprofil DN 200 – Steinzeug, TV-Kamera 4.....	105
Abbildung 102: BBC- Ablagerungen; Kreisprofil DN 200 – Steinzeug, TV-Kamera 5.....	105
Abbildung 103: Riss-Zustandserkennung (Rissbreite von 1mm bis 3mm) beim Steinzeugrohr DN 250, Kameravergleich .....	106
Abbildung 104: BAB-C Riss, klaffend; B=1,4mm; Kreisprofil DN 250 – Steinzeug, TV-Kamera 2 .....	107
Abbildung 105: BAB-C Riss, klaffend; B=2mm; Kreisprofil DN 250 – Steinzeug, TV-Kamera 3 .....	107
Abbildung 106: BAB-C Riss, klaffend; B=2mm; Kreisprofil DN 250 – Steinzeug, TV-Kamera 5 .....	107
Abbildung 107: BAB-C Riss, klaffend; B=2mm; Kreisprofil DN 250 – Steinzeug, Scan-System 1 .....	107
Abbildung 108: BAB-C Riss, klaffend; B=2mm; Kreisprofil DN 250 – Steinzeug, TV-Kamera 1 (HD) .....	107
Abbildung 109: Zustandserkennung verschobene Verbindung beim Steinzeugrohr DN 250, Kameravergleich .....	108
Abbildung 110: BAJ-A, BAJ-C; Kreisprofil DN 250 – Steinzeug, TV-Kamera 1 (HD).....	109
Abbildung 111: BAJ-A, BAJ-C; Kreisprofil DN 250 – Steinzeug, TV-Kamera 2 .....	109
Abbildung 112: BAJ-A, BAJ-C; Kreisprofil DN 250 – Steinzeug, TV-Kamera 3 .....	109
Abbildung 113: BAJ-A, BAJ-C; Kreisprofil DN 250 – Steinzeug, TV-Kamera 4 .....	109
Abbildung 114: BAJ-A, BAJ-C; Kreisprofil DN 250 – Steinzeug, TV-Kamera 5 .....	109
Abbildung 115: Zustandserkennung Ablagerungen beim Steinzeugrohr DN 250, Kameravergleich .....	110
Abbildung 116: BBC- Ablagerungen; Kreisprofil DN 250 – Steinzeug, TV-Kamera 5.....	111
Abbildung 117: BBC- Ablagerungen; Kreisprofil DN 250 – Steinzeug, TV-Kamera 54.....	111
Abbildung 118: BBC- Ablagerungen; Kreisprofil DN 250 – Steinzeug, TV-Kamera 1 (HD) ....	111
Abbildung 119: Riss-Zustandserkennung (Rissbreite von 2mm bis 5mm) beim Steinzeugrohr DN 300, Kameravergleich .....	112
Abbildung 120: BAB-B Riss, komplex; B=1,9mm; Kreisprofil DN 300 – Steinzeug, TV-Kamera 2.....	113
Abbildung 121: BAB-B Riss, komplex; B=2mm; Kreisprofil DN 300 – Steinzeug, TV-Kamera 3 .....	113
Abbildung 122: BAB-B Riss, komplex; B=2mm; Kreisprofil DN 300 – Steinzeug, TV-Kamera 5 .....	113
Abbildung 123: BAB-B Riss, komplex, B=2mm; Kreisprofil DN300 – Steinzeug, Scan-System 1 .....	113
Abbildung 124: BAB-B Riss, komplex; B=2mm; Kreisprofil DN 300 – Steinzeug, TV-Kamera 1 (HD) .....	113
Abbildung 125: Zustandserkennung verschobene Verbindung beim Steinzeugrohr DN 300, Kameravergleich .....	114
Abbildung 126: BAJ-A, BAJ-C; Kreisprofil DN 300 – Steinzeug, TV-Kamera 1 (HD).....	115
Abbildung 127: BAJ-A, BAJ-C; Kreisprofil DN 300 – Steinzeug, TV-Kamera 6 .....	115

Abbildung 128: BAJ-A, BAJ-C; Kreisprofil DN 300 – Steinzeug, TV-Kamera 4 .....	115
Abbildung 129: BAJ-A, BAJ-C; Kreisprofil DN 300 – Steinzeug, TV-Kamera 5 .....	115
Abbildung 130: Zustandserkennung verschobene Verbindung beim GFK- Rohr DN 200, Kameravergleich .....	116
Abbildung 131: BAJ-A, BAJ-C; Kreisprofil DN 200 – GFK, TV-Kamera 1 (HD) .....	117
Abbildung 132: BAJ-A, BAJ-C; Kreisprofil DN 200 – GFK, TV-Kamera 2 .....	117
Abbildung 133: BAJ-A, BAJ-C; Kreisprofil DN 200 – GFK, TV-Kamera 3 .....	117
Abbildung 134: BAJ-A, BAJ-C; Kreisprofil DN 200 – GFK, TV-Kamera 4 .....	117
Abbildung 135: Riss-Zustandserkennung (Rissbreite von 1mm) beim GFK- Rohr DN 260, Kameravergleich .....	118
Abbildung 136: BAB-B Riss, komplex; B=1,0mm; Kreisprofil DN 260 – GFK, TV-Kamera 1 (HD) .....	119
Abbildung 137: BAB-B Riss, komplex; B=1,0mm; Kreisprofil DN 260 – GFK, TV-Kamera 3 .....	119
Abbildung 138: BAB-B Riss, komplex; B=1,0mm; Kreisprofil DN 260 – GFK, TV-Kamera 4 .....	119
Abbildung 139: BAB-B Riss, komplex; B=1,0mm; Kreisprofil DN 260 – GFK, TV-Kamera 5 .....	119
Abbildung 140: Zustandserkennung verschobene Verbindung beim GFK- Rohr DN 260, Kameravergleich .....	120
Abbildung 141: BAJ-A, BAJ-C; Kreisprofil DN260 – GFK, TV-Kamera 2 .....	121
Abbildung 142: BAJ-A, BAJ-C; Kreisprofil DN260 – GFK, TV-Kamera 3 .....	121
Abbildung 143: BAJ-A, BAJ-C; Kreisprofil DN260 – GFK, TV-Kamera 4 .....	121
Abbildung 144: BAJ-A, BAJ-C; Kreisprofil DN260 – GFK, TV-Kamera 5 .....	121
Abbildung 145: Zustandserkennung verschobene Verbindung beim GFK- Rohr DN 300, Kameravergleich .....	122
Abbildung 146: BAJ-A, BAJ-C; Kreisprofil DN300 – GFK, TV-Kamera 1 (HD) .....	123
Abbildung 147: BAJ-A, BAJ-C; Kreisprofil DN300 – GFK, TV-Kamera 2 .....	123
Abbildung 148: BAJ-A, BAJ-C; Kreisprofil DN300 – GFK, TV-Kamera 3 .....	123
Abbildung 149: BAJ-A, BAJ-C; Kreisprofil DN300 – GFK, TV-Kamera 5 .....	123
Abbildung 150: Zustandserkennung Hinderniss beim GFK- Rohr DN 300, Kameravergleich .....	124
Abbildung 151: BBE, Hindernisse; Kreisprofil DN300 – GFK, TV-Kamera 2 .....	125
Abbildung 152: BBE, Hindernisse; Kreisprofil DN300 – GFK, TV-Kamera 4 .....	125
Abbildung 153: BBE, Hindernisse; Kreisprofil DN300 – GFK, TV-Kamera 5 .....	125
Abbildung 154: Zustandserkennung verschobene Verbindung beim PE- Rohr DN 200, Kameravergleich .....	126
Abbildung 155: BAJ-A; Kreisprofil DN200 – PE, TV-Kamera 2 .....	127
Abbildung 156: BAJ-A; Kreisprofil DN200 – PE, TV-Kamera 3 .....	127
Abbildung 157: BAJ-A, BAJ-C; Kreisprofil DN200 – PE, TV-Kamera 4 .....	127
Abbildung 158: BAJ-A, BAJ-C; Kreisprofil DN200 – PE, TV-Kamera 5 .....	127
Abbildung 159: Zustandserkennung verschobene Verbindung beim PE- Rohr DN 250, Kameravergleich .....	128
Abbildung 160: BAJ-A; Kreisprofil DN250 – PE, TV-Kamera 2 .....	129

Abbildung 161: BAJ-C; Kreisprofil DN250 – PE, TV-Kamera 4 .....	129
Abbildung 162: BAJ-C; Kreisprofil DN250 – PE, TV-Kamera 5 .....	129
Abbildung 163: Zustandserkennung verschobene Verbindung beim PP- Rohr DN 225, Kameravergleich .....	130
Abbildung 164: BAJ-C, Verformung längs, Kreisprofil DN225 – PP, TV-Kamera 3 .....	131
Abbildung 165: BAJ-C, Verformung längs, Kreisprofil DN225 – PP, TV-Kamera 4 .....	131
Abbildung 166: BAJ-C, Verformung längs, Kreisprofil DN225 – PP, TV-Kamera 6 .....	131
Abbildung 167: Zustandserkennung verschobene Verbindung beim Graugussrohr DN 200, Kameravergleich .....	132
Abbildung 168: BAJ-A, BAJ-C; Kreisprofil DN200 – Grauguss, TV-Kamera 1 (HD) .....	133
Abbildung 169: BAJ-A, BAJ-C; Kreisprofil DN200 – Grauguss, TV-Kamera 2 .....	133
Abbildung 170: BAJ-A, BAJ-C; Kreisprofil DN200 – Grauguss, TV-Kamera 3 .....	133
Abbildung 171: BAJ-A, BAJ-C; Kreisprofil DN200 – Grauguss, TV-Kamera 4 .....	133
Abbildung 172: BAJ-A, BAJ-C; Kreisprofil DN200 – Grauguss, TV-Kamera 5 .....	133
Abbildung 173: BAJ-A, BAJ-C; Kreisprofil DN200 – Grauguss, TV-Kamera 6 .....	133
Abbildung 174: BAJ-A, BAJ-C; Kreisprofil DN200 – Grauguss, TV-Kamera 1 (HD) .....	133
Abbildung 175: BAJ-A, BAJ-C; Kreisprofil DN200 – Grauguss, TV-Kamera 2 .....	133
Abbildung 176: BAJ-A, BAJ-C; Kreisprofil DN200 – Grauguss, TV-Kamera 3 .....	133
Abbildung 177: BAJ-A, BAJ-C; Kreisprofil DN200 – Grauguss, TV-Kamera 4 .....	133
Abbildung 178: BAJ-A, BAJ-C; Kreisprofil DN200 – Grauguss, TV-Kamera 5 .....	133
Abbildung 179: BAJ-A, BAJ-C; Kreisprofil DN200 – Grauguss, TV-Kamera 6 .....	133
Abbildung 180: Beton DN500/800, TV-Kamera 1 (HD), Riss, 1mm .....	134
Abbildung 181: Zustandserkennung, Beton, DN 900/1350, TV-Kamera 1 (HD), Infiltration.....	135
Abbildung 182: Zustandserkennung, Beton, DN 900/1350, Scan-System 2, 3D, Infiltration....	135
Abbildung 183: Zustandserkennung, Beton, DN 900/1350, Scan-System 2, Abwicklung, Infiltration.....	135
Abbildung 184: TV-Kamera 2, Beleuchtung und Tiefenschärfe.....	136
Abbildung 185: TV-Kamera 2, Beleuchtung.....	136
Abbildung 186: Zustandserfassung Riss, Steinzeug, TV-Kamera 2, TV-Kamera 3, TV-Kamera 4, TV-Kamera 5.....	137
Abbildung 187: Zustandserfassung Riss, Scan-System 2, 3D und Abwicklung und Scan-System 1.....	138
Abbildung 188: Erkennungsrate bei Steinzeug, DN 300, Riss .....	139
Abbildung 189: Zustandserkennung Riss, Steinzeug DN300, TV-Kamera 1 (HD), Scan-System 2 3D und Abwicklung.....	140
Abbildung 190: Zustandserkennung, Steinzeug, DN 300, TV-Kamera 1 (HD) .....	141
Abbildung 191: Zustandserkennung, Steinzeug, DN 300, Scan-System 2, 3D .....	141
Abbildung 192: Zustandserkennung, Steinzeug, DN 300, Scan-System 2, Abwicklung .....	141
Abbildung 193: Erkennungsrate bei Steinzeug, DN 400, Riss, Bruch und einfacher Anschluss, TV-Kamera 3.....	142

Abbildung 194: Gründe für Nichterkennung der Zustände bei Steinzeug, DN 400, Riss, TV-Kamera 3.....	143
Abbildung 195: Erkennungsrate bei Steinzeug, DN 400, Riss und Bruch, alte Befahrungen ..	143
Abbildung 196: Gründe für Nichterkennung der Zustände bei Steinzeug, DN 400, Riss, alte Befahrungen.....	144
Abbildung 197: Gründe für Nichterkennung der Zustände bei Steinzeug, DN 400, Bruch, alte Befahrungen.....	144
Abbildung 198: Erkennungsrate bei Steinzeug, DN 400, Riss, Bruch und einfacher Anschluss, Scan-System 2.....	145
Abbildung 199: Erkennungsrate bei Steinzeug, DN 400, Riss, Bruch und einfacher Anschluss, Scan-System 2 3D .....	146
Abbildung 200: Gründe für Nichterkennung der Zustände bei Steinzeug, DN 400, Riss .....	146
Abbildung 201: Gründe für Nichterkennung der Zustände bei Steinzeug, DN 400, Bruch.....	146
Abbildung 202: Erkennungsrate bei Steinzeug, DN 400, Riss, Bruch und einfacher Anschluss, Scan-System 2 Abwicklung .....	147
Abbildung 203: Gründe für Nichterkennung der Zustände bei Steinzeug, DN 400, Riss, Abwicklung.....	148
Abbildung 204: Gründe für Nichterkennung der Zustände bei Steinzeug, DN 400, Bruch, Abwicklung.....	148
Abbildung 205: Zustandserkennung Riss, Steinzeug DN400, TV-Kamera 1 (HD), TV-Kamera 3, unbekannte Kamera, Scan-System 2 3D und Abwicklung.....	149
Abbildung 206: Zustandserkennung Bruch, Steinzeug DN400, TV-Kamera 1 (HD), TV-Kamera 3, unbekannte Kamera, Scan-System 2 3D und Abwicklung .....	150
Abbildung 207: TV-Kamera 1 (HD), Riss, 2mm .....	151
Abbildung 208: TV-Kamera 3, Riss, 2mm.....	151
Abbildung 209: alte Befahrungen, Riss, 2mm.....	151
Abbildung 210: Scan-System 2 3D, Riss, 2mm .....	151
Abbildung 211: Scan-System 2 Abwicklung, Riss, 2mm .....	151
Abbildung 212: TV-Kamera 1 (HD), Riss, 1mm .....	153
Abbildung 213: TV-Kamera 3, Riss, 1mm.....	153
Abbildung 214: unbekannte Kamera, Riss, 1mm .....	153
Abbildung 215: Scan-System 2 3D, Riss, 1mm .....	153
Abbildung 216: Scan-System 2 Abwicklung, Riss, 1mm .....	153
Abbildung 217: TV-Kamera 1 (HD), Riss, Oberflächenriss .....	154
Abbildung 218: TV-Kamera 3, Riss, Oberflächenriss .....	154
Abbildung 219: alte Befahrungen, Riss, Oberflächenriss .....	154
Abbildung 220: Scan-System 2 3D, Riss, Oberflächenriss .....	154
Abbildung 221: Scan-System 2 Abwicklung, Riss, Oberflächenriss .....	154
Abbildung 222: Erkennungsrate bei Beton DN300, Riss, Bruch, Oberflächenschaden, einragendes Dichtungsmaterial und einfacher Anschluss, Scan-System 2 3D .....	155
Abbildung 223: Gründe für Nichterkennung bei Beton DN300, Riss, 3D.....	156

Abbildung 224: Gründe für Nichterkennung bei Beton DN300, Oberflächenschaden, 3D .....	156
Abbildung 225: Gründe für Nichterkennung bei Beton DN300, einfacher Anschluss, 3D .....	156
Abbildung 226: Erkennungsrate bei Beton DN300, Riss, Bruch, Oberflächenschaden, einragendes Dichtungsmaterial und einfacher Anschluss, Scan-System 2 Abwicklung .....	157
Abbildung 227: Gründe für Nichterkennung bei Beton DN300, Riss, Abwicklung .....	157
Abbildung 228: Gründe für Nichterkennung bei Beton DN300, einragendes Dichtungsmaterial, Abwicklung .....	158
Abbildung 229: Gründe für Nichterkennung bei Beton DN300, einfacher Anschluss .....	158
Abbildung 230: Zustandserfassung Riss, Beton DN300, TV-Kamera 1 (HD), Scan-System 2 3D und Abwicklung .....	159
Abbildung 231: Beton DN300, TV-Kamera 1 (HD), Riss, 4mm .....	160
Abbildung 232: Beton DN300, Scan-System 2 3D, Riss, 4mm .....	160
Abbildung 233: Beton DN300, Scan-System 2 Abwicklung, Riss, 4mm .....	160
Abbildung 234: Beton DN300, TV-Kamera 1 (HD), Riss, 2mm .....	161
Abbildung 235: Beton DN300, Scan-System 2 3D, Riss, 2mm .....	161
Abbildung 236: Beton DN300, Scan-System 2 Abwicklung, Riss, 2mm .....	161
Abbildung 237: Zustandserfassung Bruch, Beton DN300, TV-Kamera 1 (HD), Scan-System 2 3D und Abwicklung .....	162
Abbildung 238: Beton DN300, TV-Kamera 1 (HD), Bruch .....	163
Abbildung 239: Beton DN300, Scan-System 2 3D, Bruch .....	163
Abbildung 240: Beton DN300, Scan-System 2 Abwicklung, Bruch .....	163
Abbildung 241: Zustandserfassung Oberflächenschaden, Beton DN300, TV-Kamera 1 (HD), Scan-System 2 3D und Abwicklung .....	164
Abbildung 242: Beton DN300, TV-Kamera 1 (HD), Oberflächenschaden (fehlende Zuschlagsstoffe) .....	165
Abbildung 243: Beton DN300, Scan-System 2 3D, Oberflächenschaden (fehlende Zuschlagsstoffe) .....	165
Abbildung 244: Beton DN300, Scan-System 2 Abwicklung, Oberflächenschaden (fehlende Zuschlagsstoffe) .....	165
Abbildung 245: Erkennungsrate bei Beton, DN 400, Einragendes Dichtungsmaterial und einfacher Anschluss, Scan-System 2 3D .....	166
Abbildung 246: Erkennungsrate bei Beton, DN 400, Einragendes Dichtungsmaterial und einfacher Anschluss, Scan-System 2 Abwicklung .....	167
Abbildung 247: Gründe für Nichterkennung bei Beton, DN 400, Einragendes Dichtungsmaterial, Abwicklung .....	167
Abbildung 248: Beton DN400, TV-Kamera 1 (HD), einragendes Dichtungsmaterial .....	168
Abbildung 249: Beton DN400, Scan-System 2 3D, einragendes Dichtungsmaterial .....	168
Abbildung 250: Beton DN400, Scan-System 2 Abwicklung, einragendes Dichtungsmaterial ..	168
Abbildung 251: Erkennungsrate bei Beton, DN 500, Riss und schadhafte Reparatur, TV-Kamera 3 .....	169
Abbildung 252: Erkennungsrate bei Beton, DN 500, Riss und schadhafte Reparatur, Scan-System 2 3D .....	170

Abbildung 253: Gründe für Nichterkennung bei Beton, DN 500, Riss, 3D.....	171
Abbildung 254: Gründe für Nichterkennung bei Beton, DN 500, schadhafte Reparatur, 3D....	171
Abbildung 255: Erkennungsrate bei Beton, DN 500, Riss und schadhafte Reparatur, Scan-System 2 Abwicklung .....	172
Abbildung 256: Gründe für Nichterkennung bei Beton, DN 500, Riss, Abwicklung .....	173
Abbildung 257: Gründe für Nichterkennung bei Beton, DN 500, schadhafte Reparatur, Abwicklung.....	173
Abbildung 258: Zustandserkennung Riss, Beton DN500, TV-Kamera 1 (HD), TV-Kamera 3 und Scan-System 2 3D und Abwicklung.....	174
Abbildung 259: Beton DN500, TV-Kamera 1 (HD), Riss, 1mm .....	175
Abbildung 260: Beton DN500, TV-Kamera 3, Riss, 1mm.....	175
Abbildung 261: Beton DN500, Scan-System 2 3D, Riss, 1mm .....	175
Abbildung 262: Beton DN500, Scan-System 2 Abwicklung, Riss, 1mm.....	175
Abbildung 263: Beton DN500, TV-Kamera 1 (HD), Riss, Oberflächenriss .....	176
Abbildung 264: Beton DN500, TV-Kamera 3, Riss, Oberflächenriss.....	176
Abbildung 265: Beton DN500, Scan-System 2 3D, Riss, Oberflächenriss .....	176
Abbildung 266: Beton DN500, Scan-System 2 Abwicklung, Riss, Oberflächenriss.....	176
Abbildung 267: Beton DN500, TV-Kamera 1 (HD), schadhafte Reparatur .....	177
Abbildung 268: Beton DN500, TV-Kamera 3, schadhafte Reparatur .....	177
Abbildung 269: Beton DN500, Scan-System 2 3D, schadhafte Reparatur .....	177
Abbildung 270: Beton DN500, Scan-System 2 Abwicklung, schadhafte Reparatur.....	177
Abbildung 271: Erkennungsrate bei Beton, DN 1000, Riss, Oberflächenschaden (fehlende Zuschlagsstoffe) und Anhaftende Stoffe, TV-Kamera 3.....	178
Abbildung 272: Erkennungsrate bei Beton, DN 1000, Riss, Oberflächenschaden (fehlende Zuschlagsstoffe) und Anhaftende Stoffe, Scan-System 2 3D .....	179
Abbildung 273: Gründe für Nichterkennung bei Beton, DN 1000, Riss, 3D.....	180
Abbildung 274: Erkennungsrate bei Beton, DN 1000, Riss, Oberflächenschaden (fehlende Zuschlagsstoffe) und Anhaftende Stoffe, Scan-System 2 Abwicklung .....	180
Abbildung 275: Gründe für Nichterkennung bei Beton, DN 1000, Riss, Abwicklung .....	181
Abbildung 276: Gründe für Nichterkennung bei Beton, DN 1000, Oberflächenschaden, Abwicklung.....	181
Abbildung 277: Gründe für Nichterkennung bei Beton, DN 1000, Anhaftende Stoffe, Abwicklung .....	181
Abbildung 278: Zustandserkennung Riss, Beton DN1000, TV-Kamera 1 (HD), TV-Kamera 3 und Scan-System 2 3D und Abwicklung.....	182
Abbildung 279: Beton DN1000, TV-Kamera 1 (HD), Riss, 2mm .....	183
Abbildung 280: Beton DN1000, TV-Kamera 3, Riss, 2mm.....	183
Abbildung 281: Beton DN 1000, Scan-System 2 3D, Riss, 2mm .....	183
Abbildung 282: Beton DN 1000, Scan-System 2 Abwicklung, Riss, 2mm.....	183
Abbildung 283: Beton, DN 1000, TV-Kamera 1 (HD), Oberflächenschaden .....	184

Abbildung 284: Beton, DN 1000, TV-Kamera 3, Oberflächenschaden.....	184
Abbildung 285: Beton, DN 1000, Scan-System 2, 3D, Oberflächenschaden .....	184
Abbildung 286: Beton, DN 1000, Scan-System 2, Abwicklung, Oberflächenschaden .....	184
Abbildung 287: Beton, DN 1000, TV-Kamera 1 (HD), anhaftende Stoffe. ....	185
Abbildung 288: Beton, DN 1000, TV-Kamera 3, anhaftende Stoffe. ....	185
Abbildung 289: Beton, DN 1000, Scan-System 2, 3D, anhaftende Stoffe. ....	185
Abbildung 290: Beton, DN 1000, Scan-System 2, Abwicklung, anhaftende Stoffe.....	185
Abbildung 291: Zustandserkennung bei Beton, DN 500/800, Riss, Oberflächenschäden, einragender Anschluss, schadhafter Anschluss und einfacher Anschluss, TV-Kamera 3 .....	186
Abbildung 292: Gründe für Nichterkennung bei Beton DN 500/800, Oberflächenschaden, TV- Kamera 3.....	187
Abbildung 293: Zustandserkennung bei Beton, DN 500/800, Riss, Oberflächenschäden, einragender Anschluss, schadhafter Anschluss und einfacher Anschluss, alte Befahrungen .	188
Abbildung 294: Gründe für Nichterkennung bei Beton DN 500/800, Riss, alte Befahrungen ..	189
Abbildung 295: Gründe für Nichterkennung bei Beton DN 500/800, Oberflächenschaden, alte Befahrungen.....	189
Abbildung 296: Zustandserkennung bei Beton, DN 500/800, Riss, Oberflächenschäden, einragender Anschluss, schadhafter Anschluss und einfacher Anschluss, Scan-System 2 3D .....	190
Abbildung 297: Gründe für Nichterkennung bei Beton DN 500/800, Riss, 3D.....	191
Abbildung 298: Gründe für Nichterkennung bei Beton DN 500/800, einragender Anschluss, 3D und Abwicklung .....	191
Abbildung 299: Gründe für Nichterkennung bei Beton DN 500/800, schadhafter Anschluss, 3D .....	191
Abbildung 300: Zustandserkennung bei Beton, DN 500/800, Riss, Oberflächenschäden, einragender Anschluss, schadhafter Anschluss und einfacher Anschluss, Scan-System 2 Abwicklung.....	192
Abbildung 301: Gründe für Nichterkennung bei Beton DN 500/800, Riss, Abwicklung .....	193
Abbildung 302: Gründe für Nichterkennung bei Beton DN 500/800, schadhafter Anschluss, Abwicklung.....	193
Abbildung 303: Zustandserkennung Riss, Beton DN500/800, TV-Kamera 1 (HD), TV-Kamera 3, alte Befahrungen und Scan-System 2 in 3D und Abwicklung .....	194
Abbildung 304: Beton DN500/800, TV-Kamera 1 (HD), Riss, 5mm .....	195
Abbildung 305: Beton DN500/800, alte Befahrungen, Riss, 5mm.....	195
Abbildung 306: Beton DN500/800, Scan-System 2 3D, Riss, 5mm .....	195
Abbildung 307: Beton DN500/800, Scan-System 2 Abwicklung, Riss, 5mm .....	195
Abbildung 308: Zustandserkennung einragender Anschluss, Beton DN500/800, TV-Kamera 1 (HD), TV-Kamera 3, alte Befahrungen und Scan-System 2 in 3D und Abwicklung.....	196
Abbildung 309: Beton, DN 500/800, TV-Kamera 1 (HD), einragender Anschluss. ....	197
Abbildung 310: Beton, DN 500/800, TV-Kamera 3, einragender Anschluss.....	197
Abbildung 311: Beton, DN 500/800, Scan-System 2, 3D, einragender Anschluss .....	197
Abbildung 312: Beton, DN 500/800, Scan-System 2, Abwicklung, einragender Anschluss.....	197

Abbildung 313: Erkennungsrate bei Beton, DN 900/1350, Anhaftende Stoffe und Infiltration, Scan-System 2 3D .....	198
Abbildung 314: Gründe für Nichterkennung der Zustände bei Beton, DN 900/1350, Anhaftende Stoffe, 3D und Abwicklung .....	199
Abbildung 315: Erkennungsrate bei Beton, DN 900/1350, Anhaftende Stoffe und Infiltration, Scan-System 2 Abwicklung .....	200
Abbildung 316: Vergleich aller Zustände, Scan-System 2, 3D und Abwicklung .....	201
Abbildung 317: Vergleich aller Zustände, Scan-System 2, 3D und Abwicklung .....	202
Abbildung 318: Zustandserkennung Riss, Beton, TV-Kamera 1 (HD), TV-Kamera 3, Scan-System 2, 3D und Abwicklung .....	203
Abbildung 319: Zustandserkennung TV-Kamera 1 (HD) (Bruch) .....	206
Abbildung 320: Zustandserkennung TV-Kamera 1 (HD) (Riss).....	206
Abbildung 321: Zustandserkennung Scan-System 2 3D, Schäden erkannt (Bruch, Riss).....	206
Abbildung 322: Zustandserkennung Scan-System 2 Abwicklung, Schäden nicht erkannt (Bruch, Riss).....	206
Abbildung 323: Zustandserkennung TV-Kamera 3, Zustände erkannt (Bruch und Riss).....	207
Abbildung 324: Zustandserkennung TV-Kamera 1 (HD) (Riss).....	207
Abbildung 325: Zustandserkennung TV-Kamera 3, Schaden nicht erkannt (Riss).....	207
Abbildung 326: Zustandserkennung Scan-System 2 3D, Schaden nicht erkannt (Riss).....	208
Abbildung 327: Zustandserkennung Scan-System 2 Abwicklung, Schaden nicht erkannt (Riss) .....	208
Abbildung 328: Zustandserkennung TV-Kamera 1 (HD), Riss .....	208
Abbildung 329: Zustandserkennung TV-Kamera 3, Zustand nicht erkannt (Riss) .....	208
Abbildung 330: Zustandserkennung Scan-System 2 3D, Zustand nicht erkannt (Riss).....	209
Abbildung 331: Zustandserkennung Scan-System 2 Abwicklung, Zustand nicht erkannt (Riss) .....	209
Abbildung 332: Zielhierarchie .....	211
Abbildung 333: Zustandserkennung TV-Kamera 1 (HD), einfacher, einragender und schadhafter Anschluss (Zustände erkannt).....	217
Abbildung 334: Zustandserkennung TV-Kamera 3, einfacher und einragender Anschluss (Zustände erkannt) .....	217
Abbildung 335: Zustandserkennung TV-Kamera 3, schadhafter Anschluss (Zustand erkannt).....	217
Abbildung 336: Zustandserkennung Scan-System 2 3D, einfacher, einragender und schadhafter Anschluss (Zustände erkannt) .....	217
Abbildung 337: Zustandserkennung Scan-System 2 Abwicklung, einfacher, einragender und schadhafter Anschluss (Zustand einfacher Anschluss erkannt, einragender und schadhafter Anschluss nicht erkannt) .....	217
Abbildung 338: Zustandserkennung TV-Kamera 1 (HD), Infiltration fließend und verschobene Verbindung (Zustände erkannt) .....	218
Abbildung 339: Zustandserkennung TV-Kamera 3, Infiltration fließend und verschobene Verbindung (Zustände nicht erkannt).....	218

Abbildung 340: Zustandserkennung Scan-System 2 3D, Infiltration fließend und verschobene Verbindung (Zustände nicht erkannt).....	219
Abbildung 341: Zustandserkennung Scan-System 2 Abwicklung, Infiltration fließend und verschobene Verbindung (Zustände nicht erkannt) .....	219
Abbildung 342: Zustandserkennung TV-Kamera 1 (HD), Riss (Zustand erkannt) .....	219
Abbildung 343: Zustandserkennung TV-Kamera 3, Riss (Zustand nicht erkannt) .....	220
Abbildung 344: Zustandserkennung Scan-System 2 3D, Riss (Zustand erkannt) .....	220
Abbildung 345: Zustandserkennung Scan-System 2 Abwicklung, Riss (Zustand erkannt).....	220
Abbildung 346: Zielhierarchie (NWA).....	222
Abbildung 347: Zustandserkennung TV-Kamera 1 (HD), Schäden erkannt .....	227
Abbildung 348: Zustandserkennung Scan-System 2 3D, Zustände erkannt (2x Riss, 2x schadhafte Reparatur).....	227
Abbildung 349: Zustandserkennung Scan-System 2 Abwicklung, 1x Riss, 1x schadhafte Reparatur erkannt .....	227
Abbildung 350: Zustandserkennung TV-Kamera 1 (HD), Riss und Infiltration.....	228
Abbildung 351: Zustandserkennung Scan-System 2 3D, Zustände nicht erkannt (Riss und Infiltration) .....	228
Abbildung 352: Zustandserkennung Scan-System 2 Abwicklung, Zustände nicht erkannt (Riss, Infiltration) .....	228
Abbildung 353: Zielhierarchie (NWA).....	229
Abbildung 354: Ausschnitt Entscheidungsbaum .....	235
Abbildung 355: Ausschnitt Entscheidungsbaum .....	236
Abbildung 356: Ausschnitt Entscheidungsbaum .....	237
Abbildung 357: TV-Kamera 3, Beispiel Nichterkennung Oberflächenschaden.....	246
Abbildung 358: TV-Kamera 3, Beispiel Nichterkennung Riss .....	246
Abbildung 359: BAB-A Riss, Haarriss. B=1mm; Kreisprofil DN 300 – Beton, TV-Kamera 1 (HD) .....	271
Abbildung 360: BAB-A Riss, Haarriss. B=0,4mm; Kreisprofil DN 300 – Beton, TV-Kamera 2 .....	271
Abbildung 361: BAB-A Riss, Haarriss. B=1mm; Kreisprofil DN 300 – Beton, TV-Kamera 3....	271
Abbildung 362: BAB-A Riss, Haarriss. B=1mm; Kreisprofil DN 300 – Beton, TV-Kamera 6....	271
Abbildung 363: BAC- Rohrbruch mit fehlenden Teilen; B=35mm; Kreisprofil DN 200 – GFK, TV-Kamera 1 (HD).....	272
Abbildung 364: BAC- Rohrbruch mit fehlenden Teilen; B=35mm; Kreisprofil DN 200 – GFK, TV-Kamera 2.....	272
Abbildung 365: BAC-B Rohrbruch mit fehlenden Teilen; B=35mm; Kreisprofil DN 200 – GFK, TV-Kamera 3.....	272
Abbildung 366: BAC- Rohrbruch mit fehlenden Teilen; B=35mm; Kreisprofil DN 200 – GFK, TV-Kamera 4.....	272
Abbildung 367: BAC- Rohrbruch mit fehlenden Teilen; B=35mm; Kreisprofil DN 200 – GFK, TV-Kamera 5.....	272
Abbildung 368: BAC- Rohrbruch mit fehlenden Teilen; B=35mm; Kreisprofil DN 200 – GFK, Scan-System 1 .....	272

Abbildung 369: BAI-A einragender Dichtungsmaterial, Dichtring hängend, nicht gebrochen; Kreisprofil DN 200 – GFK, TV-Kamera 2 .....	273
Abbildung 370: BAI-A einragender Dichtungsmaterial, Dichtring hängend, nicht gebrochen; Kreisprofil DN 200 – GFK, TV-Kamera 3 .....	273
Abbildung 371: BAI-A einragender Dichtungsmaterial, Dichtring hängend, nicht gebrochen; Kreisprofil DN 200 – GFK, TV-Kamera 4 .....	273
Abbildung 372: BAI-A einragender Dichtungsmaterial, Dichtring hängend, nicht gebrochen; Kreisprofil DN 200 – GFK, TV-Kamera 5 .....	273
Abbildung 373: BAI-A einragender Dichtungsmaterial, Dichtring hängend, nicht gebrochen; Kreisprofil DN 200 – GFK, TV-Kamera 6 .....	273
Abbildung 374: BAI-A einragender Dichtungsmaterial, Dichtring hängend, nicht gebrochen; Kreisprofil DN 200 – GFK, Scan-System 1 .....	273
Abbildung 375: BBE – einragende Hindernisse; B=15,7mm; Kreisprofil DN 300 – GFK; TV-Kamera 1 (HD) .....	274
Abbildung 376: BBE – einragende Hindernisse; B=15,7mm; Kreisprofil DN 300 – GFK; TV-Kamera 2 .....	274
Abbildung 377: BBE – einragende Hindernisse; B=15,7mm; Kreisprofil DN 300 – GFK; TV-Kamera 3 .....	274
Abbildung 378: BBE – einragende Hindernisse; B=15,7mm; Kreisprofil DN 300 – GFK; TV-Kamera 4 .....	274
Abbildung 379: BBE – einragende Hindernisse; B=15,7mm; Kreisprofil DN 300 – GFK; TV-Kamera 5 .....	275
Abbildung 380: BBE – einragende Hindernisse; B=15,7mm; Kreisprofil DN 300 – GFK; TV-Kamera 6 .....	275
Abbildung 381: BAF-B Abplattung; B=6,6mm; Kreisprofil DN 200 – Grauguss, TV-Kamera 1 (HD) .....	275
Abbildung 382: BAF-B Abplattung; B=6,6mm; Kreisprofil DN 200 – Grauguss, TV-Kamera 2 .....	275
Abbildung 383: BAF-B Abplattung; B=6,6mm; Kreisprofil DN 200 – Grauguss, TV-Kamera 5 .....	275
Abbildung 384: BAF-B Abplattung; B=10mm; Kreisprofil DN 200 – Grauguss, TV-Kamera 6 .....	275
Abbildung 385: BBC-B Ablagerung, grobes Material, 5% der Rohrleitungshöhe, 5-7 Uhr; Kreisprofil DN 250 – PE; TV-Kamera 2 .....	276
Abbildung 386: BBC-B Ablagerung, grobes Material, 5% der Rohrleitungshöhe, 5-7 Uhr; Kreisprofil DN 250 – PE; TV-Kamera 3 .....	276
Abbildung 387: BBC-B Ablagerung, grobes Material, 5% der Rohrleitungshöhe, 5-7 Uhr; Kreisprofil DN 250 – PE; TV-Kamera 4 .....	276
Abbildung 388: BBC-B Ablagerung, grobes Material, 5% der Rohrleitungshöhe, 5-7 Uhr; Kreisprofil DN 250 – PE; TV-Kamera 5 .....	276
Abbildung 389: BBC-B Ablagerung, grobes Material, 5% der Rohrleitungshöhe, 5-7 Uhr; Kreisprofil DN 250 – PE; TV-Kamera 6 .....	276
Abbildung 390: BBC-B Ablagerung, grobes Material, 5% der Rohrleitungshöhe, 5-7 Uhr; Kreisprofil DN 250 – PE; Scan-System 1 .....	276

Abbildung 391: BBF-A Infiltration, Schwitzen (feucht) Kreisprofil DN 200 – Steinzeug; TV-Kamera 2.....	277
Abbildung 392: BBF-A Infiltration, Schwitzen (feucht) Kreisprofil DN 200 – Steinzeug; TV-Kamera 3.....	277
Abbildung 393: BBF-B Infiltration, Tropfen (feucht) Kreisprofil DN 200 – Steinzeug; TV-Kamera 2.....	277
Abbildung 394: BBF-B Infiltration, Tropfen (feucht) Kreisprofil DN 200 – Steinzeug; TV-Kamera 3.....	277
Abbildung 395: Zustandserkennung, Steinzeug DN 400, TV-Kamera 1 (HD), Riss .....	278
Abbildung 396: Zustandserkennung, Steinzeug DN 400, TV-Kamera 3, Riss .....	278
Abbildung 397: Zustandserkennung, Steinzeug DN 400, Scan-System 2, 3D, Riss .....	279
Abbildung 398: Zustandserkennung, Steinzeug DN 400, Scan-System 2, Abwicklung, Riss ..	279
Abbildung 399: Zustandserkennung, Steinzeug DN 400, TV-Kamera 1 (HD), Bruch .....	280
Abbildung 400: Zustandserkennung, Steinzeug DN 400, TV-Kamera 3, Bruch .....	280
Abbildung 401: Zustandserkennung, Steinzeug DN 400, Scan-System 2, 3D, Bruch.....	280
Abbildung 402: Zustandserkennung, Steinzeug DN 400, Scan-System 2, Abwicklung, Bruch .....	280
Abbildung 403: Zustandserkennung, Steinzeug DN 400, TV-Kamera 1 (HD), einfacher Anschluss.....	281
Abbildung 404: Zustandserkennung, Steinzeug DN 400, TV-Kamera 3, einfacher Anschluss	281
Abbildung 405: Zustandserkennung, Steinzeug DN 400, Scan-System 2, 3D, einfacher Anschluss.....	281
Abbildung 406: Zustandserkennung, Steinzeug DN 400, Scan-System 2, Abwicklung, einfacher Anschluss.....	281
Abbildung 407: Zustandserkennung, Beton, DN 300, TV-Kamera 1 (HD), Bruch.....	282
Abbildung 408: Zustandserkennung, Beton, DN 300, Scan-System 2, 3D, Bruch.....	282
Abbildung 409: Zustandserkennung, Beton, DN 300, Scan-System 2, Abwicklung, Bruch .....	282
Abbildung 410: Zustandserkennung, Beton, DN 300, TV-Kamera 1 (HD), Oberflächenschaden .....	283
Abbildung 411: Zustandserkennung, Beton, DN 300, Scan-System 2, 3D, Oberflächenschaden .....	283
Abbildung 412: Zustandserkennung, Beton, DN 300, Scan-System 2, Abwicklung, Oberflächenschaden .....	283
Abbildung 413: Zustandserkennung, Beton, DN 300, TV-Kamera 1 (HD), einragendes Dichtungsmaterial.....	284
Abbildung 414: Zustandserkennung, Beton, DN 300, Scan-System 2, 3D, einragendes Dichtungsmaterial.....	284
Abbildung 415: Zustandserkennung, Beton, DN 300, Scan-System 2, Abwicklung, einragendes Dichtungsmaterial.....	284
Abbildung 416: Zustandserkennung, Beton, DN 300, TV-Kamera 1 (HD), einfacher Anschluss .....	285
Abbildung 417: Zustandserkennung, Beton, DN 300, Scan-System 2, 3D, einfacher Anschluss .....	285

Abbildung 418: Zustandserkennung, Beton, DN 300, Scan-System 2, Abwicklung, einfacher Anschluss.....	285
Abbildung 419: Zustandserkennung, Beton, DN 400, TV-Kamera 1 (HD), Bruch.....	286
Abbildung 420: Zustandserkennung, Beton, DN 400, Scan-System 2, 3D, Bruch.....	286
Abbildung 421: Zustandserkennung, Beton, DN 400, Scan-System 2, Abwicklung, Bruch .....	286
Abbildung 422: Zustandserkennung, Beton, DN 500, TV-Kamera 1 (HD), schadhafte Reparatur .....	287
Abbildung 423: Zustandserkennung, Beton, DN 500, TV-Kamera 3, schadhafte Reparatur ...	287
Abbildung 424: Zustandserkennung, Beton, DN 500, Scan-System 2, 3D, schadhafte Reparatur .....	287
Abbildung 425: Zustandserkennung, Beton, DN 500, Scan-System 2, Abwicklung, schadhafte Reparatur .....	287
Abbildung 426: Zustandserkennung, Beton, DN 500, TV-Kamera 1 (HD), schadhafte Reparatur .....	288
Abbildung 427: Zustandserkennung, Beton, DN 500, TV-Kamera 3, schadhafte Reparatur ...	288
Abbildung 428: Zustandserkennung, Beton, DN 500, Scan-System 2, 3D, schadhafte Reparatur .....	288
Abbildung 429: Zustandserkennung, Beton, DN 500, Scan-System 2, Abwicklung, schadhafte Reparatur .....	288
Abbildung 430: Zustandserkennung, Beton, DN 1000, TV-Kamera 1 (HD), Oberflächenschaden .....	289
Abbildung 431: Zustandserkennung, Beton, DN 1000, TV-Kamera 3, Oberflächenschaden...	289
Abbildung 432: Zustandserkennung, Beton, DN 1000, Scan-System 2, 3D, Oberflächenschaden .....	289
Abbildung 433: Zustandserkennung, Beton, DN 1000, Scan-System 2, 3D, Oberflächenschaden .....	289
Abbildung 434: Zustandserkennung, Beton, DN 1000, TV-Kamera 1 (HD), anhaftende Stoffe	290
Abbildung 435: Zustandserkennung, Beton, DN 1000, TV-Kamera 3, anhaftende Stoffe .....	290
Abbildung 436: Zustandserkennung, Beton, DN 1000, Scan-System 2, 3D, anhaftende Stoffe .....	290
Abbildung 437: Zustandserkennung, Beton, DN 1000, Scan-System 2, Abwicklung, anhaftende Stoffe.....	290
Abbildung 438: Beton DN500/800, TV-Kamera 1 (HD), Riss, 4mm .....	291
Abbildung 439: Beton DN500/800, alte Befahrungen, Riss, 4mm.....	291
Abbildung 440: Beton DN500/800, Scan-System 2 3D, Riss, 4mm .....	291
Abbildung 441: Beton DN500/800, Scan-System 2 Abwicklung, 4mm.....	291
Abbildung 442: Beton DN500/800, TV-Kamera 1 (HD), Riss, 3mm .....	292
Abbildung 443: Beton DN500/800, alte Befahrungen, Riss, 3mm.....	292
Abbildung 444: Beton DN 500/800, TV-Kamera 3, Riss, 3mm.....	292
Abbildung 445: Beton DN 500/800, Scan-System 2 3D, Riss, 3mm .....	292
Abbildung 446: Beton DN 500/800, Scan-System 2 Abwicklung, Riss, 3mm .....	292

Abbildung 447: Beton DN500/800, TV-Kamera 1 (HD), Riss, 2mm .....	293
Abbildung 448: Beton DN500/800, alte Befahrungen, Riss, 2mm .....	293
Abbildung 449: Beton DN500/800, TV-Kamera 3, Riss, 2mm .....	293
Abbildung 450: Beton DN500/800, Scan-System 2 3D, Riss, 2mm .....	293
Abbildung 451: Beton DN500/800, Scan-System 2 Abwicklung, Riss, 2mm .....	293
Abbildung 452: Beton DN500/800, TV-Kamera 1 (HD), Riss, 1mm .....	294
Abbildung 453: Beton DN500/800, alte Befahrungen, Riss, 1mm .....	294
Abbildung 454: Beton DN500/800, TV-Kamera 3, Riss, 1mm .....	294
Abbildung 455: Beton DN500/800, Scan-System 2 3D, Riss, 1mm .....	294
Abbildung 456: Beton DN500/800 Scan-System 2 Abwicklung, Riss, 1mm .....	294
Abbildung 457: Zustandserkennung, Beton, DN 500/800, TV-Kamera 1 (HD), einfacher Anschluss .....	295
Abbildung 458: Zustandserkennung, Beton, DN 500/800, TV-Kamera 3, einfacher Anschluss .....	295
Abbildung 459: Zustandserkennung, Beton, DN 500/800, Scan-System 2, 3D, einfacher Anschluss .....	295
Abbildung 460: Zustandserkennung, Beton, DN 500/800, Scan-System 2, Abwicklung, einfacher Anschluss .....	295
Abbildung 461: Zustandserkennung, Beton, DN 500/800, TV-Kamera 1 (HD), einragender Anschluss .....	296
Abbildung 462: Zustandserkennung, Beton, DN 500/800, TV-Kamera 3, einragender Anschluss .....	296
Abbildung 463: Zustandserkennung, Beton, DN 500/800, Scan-System 2, 3D, einragender Anschluss .....	296
Abbildung 464: Zustandserkennung, Beton, DN 500/800, Scan-System 2, Abwicklung, einragender Anschluss .....	296
Abbildung 465: Zustandserkennung, Beton, DN 500/800, TV-Kamera 1 (HD), schadhafter Anschluss .....	297
Abbildung 466: Zustandserkennung, Beton, DN 500/800, TV-Kamera 3, schadhafter Anschluss .....	297
Abbildung 467: Zustandserkennung, Beton, DN 500/800, Scan-System 2, 3D, schadhafter Anschluss .....	297
Abbildung 468: Zustandserkennung, Beton, DN 500/800, Scan-System 2, Abwicklung, schadhafter Anschluss .....	297
Abbildung 469: Zustandserkennung, Beton, DN 900/1350, TV-Kamera 1 (HD), Infiltration .....	298
Abbildung 470: Zustandserkennung, Beton, DN 900/1350, Scan-System 2, 3D, Infiltration .....	298
Abbildung 471: Zustandserkennung, Beton, DN 900/1350, Scan-System 2, Abwicklung, Infiltration .....	298
Abbildung 472: Zustandserkennung, Steinzeug, DN 300, TV-Kamera 1 (HD) .....	299
Abbildung 473: Zustandserkennung, Steinzeug, DN 300, Scan-System 2, 3D .....	299
Abbildung 474: Zustandserkennung, Steinzeug, DN 300, Scan-System 2, Abwicklung .....	299
Abbildung 475: Zustandserkennung, Steinzeug, DN 300, TV-Kamera 1 (HD) .....	300

Abbildung 476: Zustandserkennung, Steinzeug, DN 300, Scan-System 2, 3D .....	300
Abbildung 477: Zustandserkennung, Steinzeug, DN 300, Scan-System 2, Abwicklung .....	300
Abbildung 478: Zustandserkennung, Steinzeug, DN 400, TV-Kamera 1 (HD) .....	301
Abbildung 479: Zustandserkennung, Steinzeug, DN 400, TV-Kamera 3.....	301
Abbildung 480: Zustandserkennung, Steinzeug, DN 400, Kamera unbekannt.....	301
Abbildung 481: Zustandserkennung, Steinzeug, DN 400, Scan-System 2, 3D .....	302
Abbildung 482: Zustandserkennung, Steinzeug, DN 400, Scan-System 2, Abwicklung .....	302
Abbildung 483: Zustandserkennung, Steinzeug, DN 400, TV-Kamera 1 (HD) .....	303
Abbildung 484: Zustandserkennung, Steinzeug, DN 400, TV-Kamera 3.....	303
Abbildung 485: Zustandserkennung, Steinzeug, DN 400, Kamera unbekannt.....	303
Abbildung 486: Zustandserkennung, Steinzeug, DN 400, Scan-System 2, 3D .....	304
Abbildung 487: Zustandserkennung, Steinzeug, DN 400, Scan-System 2, Abwicklung .....	304
Abbildung 488: Zustandserkennung, Beton, DN 300, TV-Kamera 1 (HD).....	305
Abbildung 489: Zustandserkennung, Beton, DN 300, Scan-System 2, 3D.....	305
Abbildung 490: Zustandserkennung, Beton, DN 300, Scan-System 2, Abwicklung .....	305
Abbildung 491: Zustandserkennung, Beton, DN 300, TV-Kamera 1 (HD).....	306
Abbildung 492: Zustandserkennung, Beton, DN 300, Scan-System 2, 3D.....	306
Abbildung 493: Zustandserkennung, Beton, DN 300, Scan-System 2, Abwicklung .....	306
Abbildung 494: Zustandserkennung, Beton, DN 300, TV-Kamera 1 (HD).....	307
Abbildung 495: Zustandserkennung, Beton, DN 300, Scan-System 2, 3D.....	307
Abbildung 496: Zustandserkennung, Beton, DN 300, Scan-System 2, Abwicklung .....	307
Abbildung 497: Zustandserkennung, Beton, DN 500, TV-Kamera 1 (HD).....	308
Abbildung 498: Zustandserkennung, Beton, DN 500, TV-Kamera 3 .....	308
Abbildung 499: Zustandserkennung, Beton, DN 500, Scan-System 2, 3D.....	308
Abbildung 500: Zustandserkennung, Beton, DN 500, IBAK Panoramo, Abwicklung .....	308
Abbildung 501: Zustandserkennung, Beton, DN 1000, TV-Kamera 1 (HD).....	309
Abbildung 502: Zustandserkennung, Beton, DN 1000, TV-Kamera 3 .....	309
Abbildung 503: Zustandserkennung, Beton, DN 1000, Scan-System 2, 3D.....	309
Abbildung 504: Zustandserkennung, Beton, DN 1000, Scan-System 2, Abwicklung .....	309
Abbildung 505: Zustandserkennung, Beton, DN 500/800, TV-Kamera 1 (HD).....	310
Abbildung 506: Zustandserkennung, Beton, DN 500/800, TV-Kamera 3 .....	310
Abbildung 507: Zustandserkennung, Beton, DN 500/800, Scan-System 2, 3D.....	311
Abbildung 508: Zustandserkennung, Beton, DN 500/800, Scan-System 2, Abwicklung .....	311
Abbildung 509: Zustandserkennung, Beton, DN 500/800, TV-Kamera 1 (HD).....	312
Abbildung 510: Zustandserkennung, Beton, DN 500/800, TV-Kamera 3 .....	312
Abbildung 511: Zustandserkennung, Beton, DN 500/800, Scan-System 2, 3D.....	312
Abbildung 512: Zustandserkennung, Beton, DN 500/800, Scan-System 2, Abwicklung .....	312

## 12. Anhang

### 12.1 Zustandserfassung EPC Zentrum St. Veit an der Glan

Vergleich relevanter Schäden mit bis zu sieben Inspektionskameras (TV-Kamera 1 (HD), TV-Kamera 2, TV-Kamera 3, TV-Kamera 4, TV-Kamera 5 und TV-Kamera 6 (HD) und Scan-System 1.). Die Schäden wurden beim EPC Kurs in St. Veit an der Glan 2012 - 2015 aufgenommen.

#### 12.1.1 Beton DN 300



Abbildung 359: BAB-A Riss, Haarriss. B=1mm; Kreisprofil DN 300 – Beton, TV-Kamera 1 (HD)



Abbildung 360: BAB-A Riss, Haarriss. B=0,4mm; Kreisprofil DN 300 – Beton, TV-Kamera 2



Abbildung 361: BAB-A Riss, Haarriss. B=1mm; Kreisprofil DN 300 – Beton, TV-Kamera 3

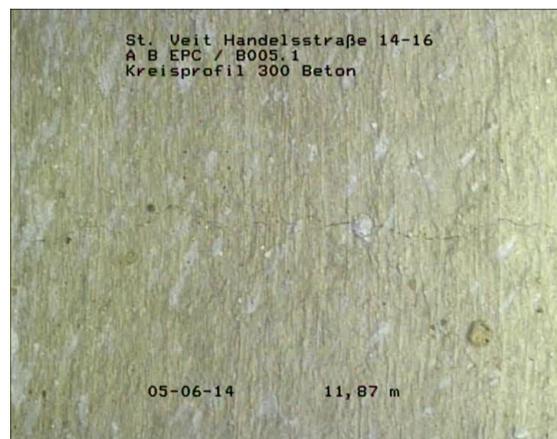


Abbildung 362: BAB-A Riss, Haarriss. B=1mm; Kreisprofil DN 300 – Beton, TV-Kamera 6

12.1.2 GFK DN 200



Abbildung 363: BAC- Rohrbruch mit fehlenden Teilen; B=35mm; Kreisprofil DN 200 – GFK, TV-Kamera 1 (HD)

Abbildung 364: BAC- Rohrbruch mit fehlenden Teilen; B=35mm; Kreisprofil DN 200 – GFK, TV-Kamera 2



Abbildung 365: BAC-B Rohrbruch mit fehlenden Teilen; B=35mm; Kreisprofil DN 200 – GFK, TV-Kamera 3

Abbildung 366: BAC- Rohrbruch mit fehlenden Teilen; B=35mm; Kreisprofil DN 200 – GFK, TV-Kamera 4

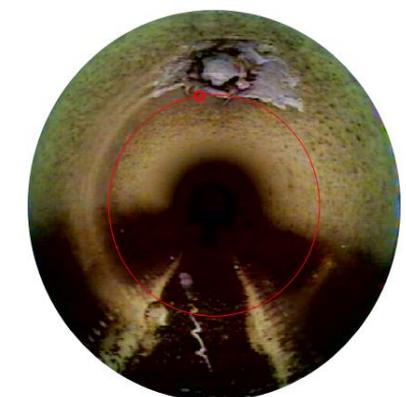


Abbildung 367: BAC- Rohrbruch mit fehlenden Teilen;

Abbildung 368: BAC- Rohrbruch mit

B=35mm; Kreisprofil DN 200 – GFK, TV-Kamera 5

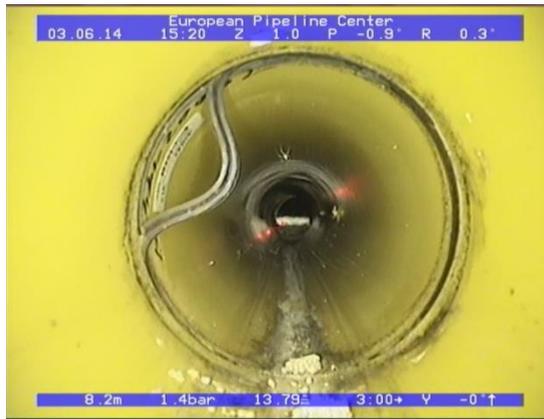


Abbildung 369: BAI-A einragender Dichtungsmaterial, Dichtring hängend, nicht gebrochen; Kreisprofil DN 200 – GFK, TV-Kamera 2

fehlenden Teilen; B=35mm; Kreisprofil DN 200 – GFK, Scan-System 1



Abbildung 370: BAI-A einragender Dichtungsmaterial, Dichtring hängend, nicht gebrochen; Kreisprofil DN 200 – GFK, TV-Kamera 3

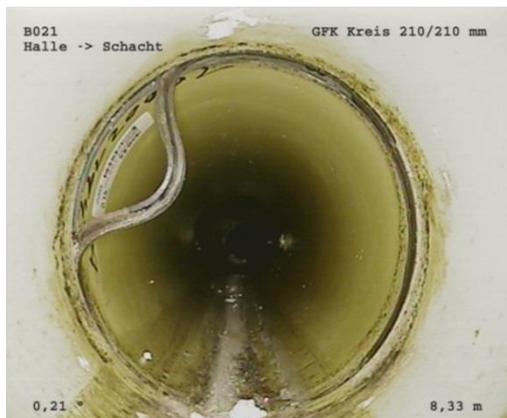


Abbildung 371: BAI-A einragender Dichtungsmaterial, Dichtring hängend, nicht gebrochen; Kreisprofil DN 200 – GFK, TV-Kamera 4



Abbildung 372: BAI-A einragender Dichtungsmaterial, Dichtring hängend, nicht gebrochen; Kreisprofil DN 200 – GFK, TV-Kamera 5

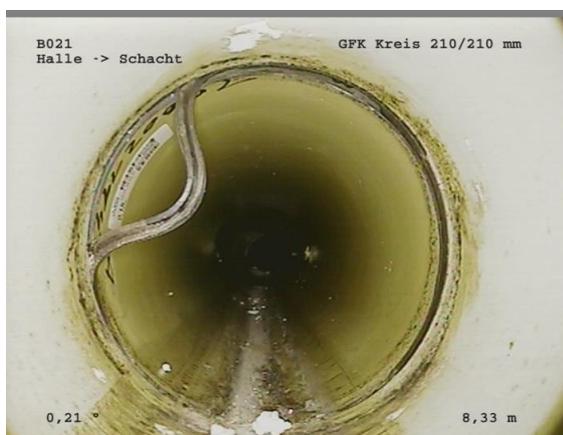


Abbildung 373: BAI-A einragender Dichtungsmaterial, Dichtring hängend, nicht gebrochen; Kreisprofil DN 200

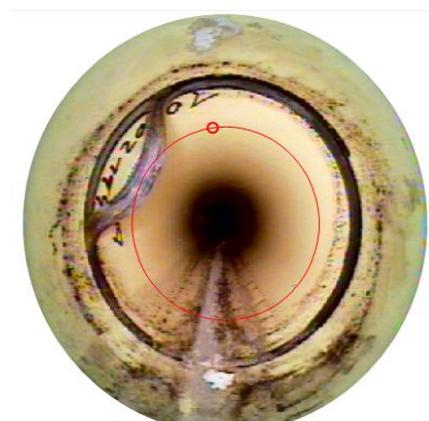


Abbildung 374: BAI-A einragender Dichtungsmaterial, Dichtring hängend, nicht

– GFK, TV-Kamera 6

gebrochen; Kreisprofil DN 200 – GFK, Scan-System 1

### 12.1.3 GFK DN 300



Abbildung 375: BBE – einragende Hindernisse; B=15,7mm; Kreisprofil DN 300 – GFK; TV-Kamera 1 (HD)

Abbildung 376: BBE – einragende Hindernisse; B=15,7mm; Kreisprofil DN 300 – GFK; TV-Kamera 2



Abbildung 377: BBE – einragende Hindernisse; B=15,7mm; Kreisprofil DN 300 – GFK; TV-Kamera 3

Abbildung 378: BBE – einragende Hindernisse; B=15,7mm; Kreisprofil DN 300 – GFK; TV-Kamera 4



Abbildung 379: BBE – einragende Hindernisse; B=15,7mm; Kreisprofil DN 300 – GFK; TV-Kamera 5

Abbildung 380: BBE – einragende Hindernisse; B=15,7mm; Kreisprofil DN 300 – GFK; TV-Kamera 6

### 12.1.4 Grauguss DN 200



Abbildung 381: BAF-B Abplatzung; B=6,6mm; Kreisprofil DN 200 – Grauguss, TV-Kamera 1 (HD)

Abbildung 382: BAF-B Abplatzung; B=6,6mm; Kreisprofil DN 200 – Grauguss, TV-Kamera 2

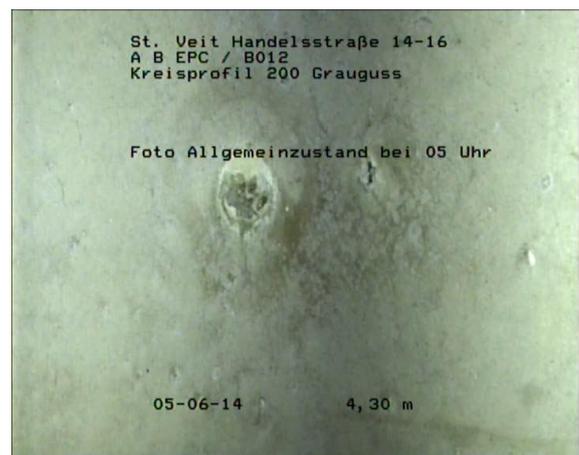


Abbildung 383: BAF-B Abplatzung; B=6,6mm; Kreisprofil DN 200 – Grauguss, TV-Kamera 5

Abbildung 384: BAF-B Abplatzung; B=10mm; Kreisprofil DN 200 – Grauguss, TV-Kamera 6

12.1.5 PE DN 250



Abbildung 385: BBC-B Ablagerung, grobes Material, 5% der Rohrleitungshöhe, 5-7 Uhr; Kreisprofil DN 250 – PE; TV-Kamera 2



Abbildung 386: BBC-B Ablagerung, grobes Material, 5% der Rohrleitungshöhe, 5-7 Uhr; Kreisprofil DN 250 – PE; TV-Kamera 3



Abbildung 387: BBC-B Ablagerung, grobes Material, 5% der Rohrleitungshöhe, 5-7 Uhr; Kreisprofil DN 250 – PE; TV-Kamera 4



Abbildung 388: BBC-B Ablagerung, grobes Material, 5% der Rohrleitungshöhe, 5-7 Uhr; Kreisprofil DN 250 – PE; TV-Kamera 5



Abbildung 389: BBC-B Ablagerung, grobes Material, 5% der Rohrleitungshöhe, 5-7 Uhr; Kreisprofil DN 250 – PE; TV-Kamera 6

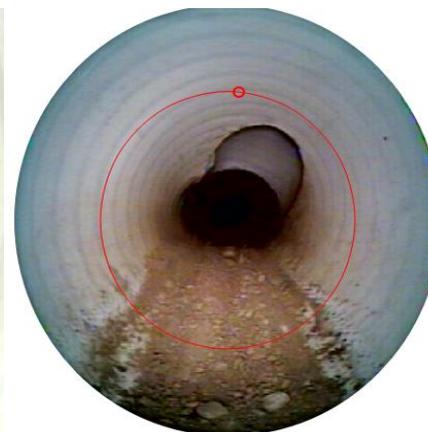


Abbildung 390: BBC-B Ablagerung, grobes Material, 5% der Rohrleitungshöhe, 5-7 Uhr; Kreisprofil DN 250 – PE; Scan-System 1

### 12.1.6 Steinzeug DN 200



Abbildung 391: BBF-A Infiltration, Schwitzen (feucht) Kreisprofil DN 200 – Steinzeug; TV-Kamera 2



Abbildung 392: BBF-A Infiltration, Schwitzen (feucht) Kreisprofil DN 200 – Steinzeug; TV-Kamera 3

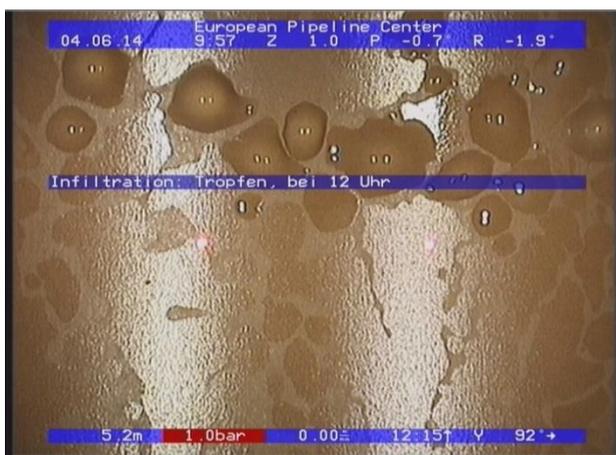


Abbildung 393: BBF-B Infiltration, Tropfen (feucht) Kreisprofil DN 200 – Steinzeug; TV-Kamera 2

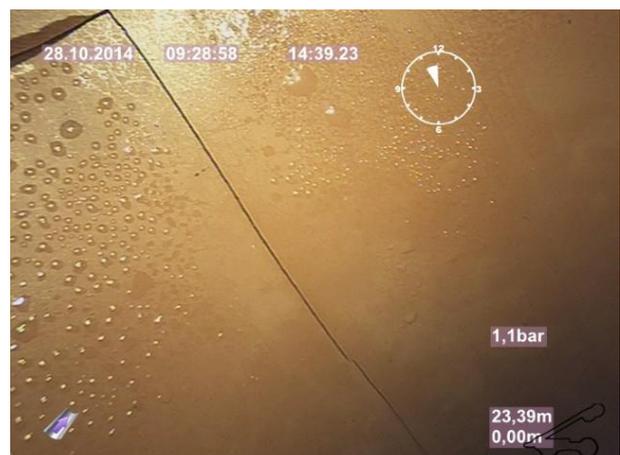


Abbildung 394: BBF-B Infiltration, Tropfen (feucht) Kreisprofil DN 200 – Steinzeug; TV-Kamera 3

## 12.2 Zustandserfassung Untersuchungen Steyr

In diesem Kapitel werden von allen untersuchten Rohrmaterialien bzw. Durchmessern die relevanten Zustände anhand von Beispielen dargestellt und mit den verschiedenen Inspektionssystemen gegenübergestellt.

### 12.2.1 Zustände

#### 12.2.1.1 Steinzeug DN 400

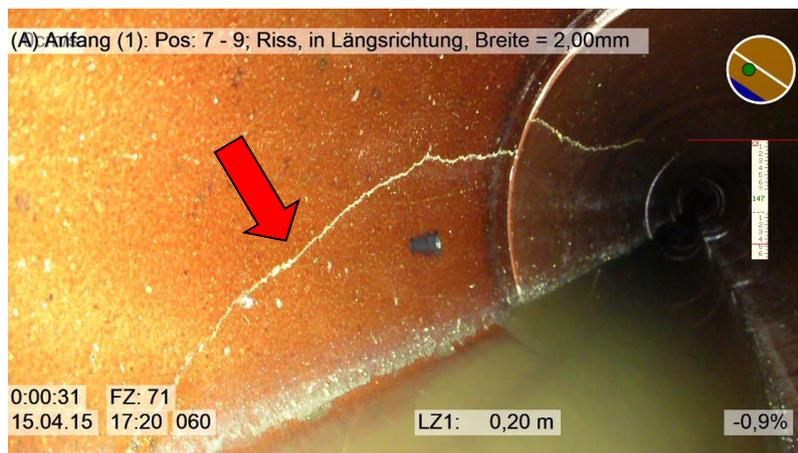


Abbildung 395: Zustandserkennung, Steinzeug DN 400, TV-Kamera 1 (HD), Riss  
Die Erkennung des Risses ist mit der HD- Kamera zweifelsfrei möglich gewesen.



Abbildung 396: Zustandserkennung, Steinzeug DN 400, TV-Kamera 3, Riss

Die Erkennung des vorliegenden Schadens ist mit der TV-Kamera 3 leicht möglich gewesen, obwohl die Beleuchtung nicht ideal ist.



Abbildung 397: Zustandserkennung, Steinzeug DN 400, Scan-System 2, 3D, Riss

Bei der 3D- Ansicht konnte der Bruch leicht erkannt werden.

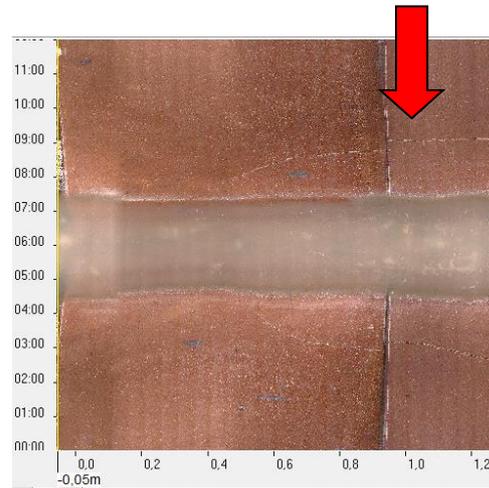


Abbildung 398: Zustandserkennung, Steinzeug DN 400, Scan-System 2, Abwicklung, Riss

Genauso war die Erkennung bei der Abwicklung leicht möglich.



Abbildung 399: Zustandserkennung, Steinzeug DN 400, TV-Kamera 1 (HD), Bruch

Die Erkennung des Bruches ist aufgrund des Wasserspiegels nur mit Einschränkungen möglich.



Abbildung 400: Zustandserkennung, Steinzeug DN 400, TV-Kamera 3, Bruch

Durch die teilweise Überbeleuchtung ist die Erkennung des Bruches leicht möglich gewesen.



Abbildung 401: Zustandserkennung, Steinzeug DN 400, Scan-System 2, 3D, Bruch

Durch den Wasserspiegel und die relativ schlechte Beleuchtung ist die Erkennung des Bruches nur schwer möglich.

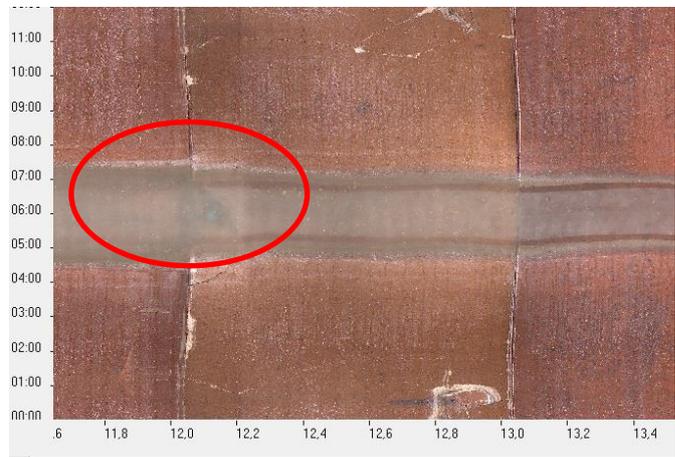


Abbildung 402: Zustandserkennung, Steinzeug DN 400, Scan-System 2, Abwicklung, Bruch

Die Erkennung des Bruches ist mit der Abwicklung gut möglich.



Abbildung 403: Zustandserkennung, Steinzeug DN 400, TV-Kamera 1 (HD), einfacher Anschluss

Der einfache Anschluss konnte gut erkannt werden.



Abbildung 404: Zustandserkennung, Steinzeug DN 400, TV-Kamera 3, einfacher Anschluss

Der Schaden konnte sehr gut erkannt werden



Abbildung 405: Zustandserkennung, Steinzeug DN 400, Scan-System 2, 3D, einfacher Anschluss

In der 3D- Ansicht war eine Erkennung des einfachen Anschlusses leicht möglich.

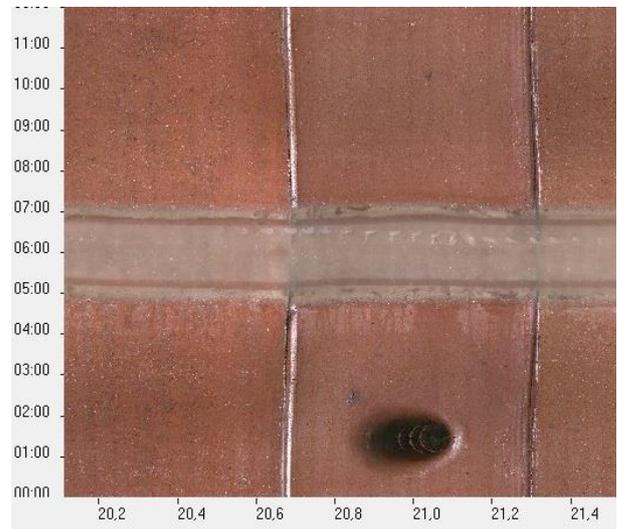


Abbildung 406: Zustandserkennung, Steinzeug DN 400, Scan-System 2, Abwicklung, einfacher Anschluss

Der einfache Anschluss konnte in der Abwicklung zweifelsfrei festgestellt werden.

## 12.2.1.2 Beton DN 300

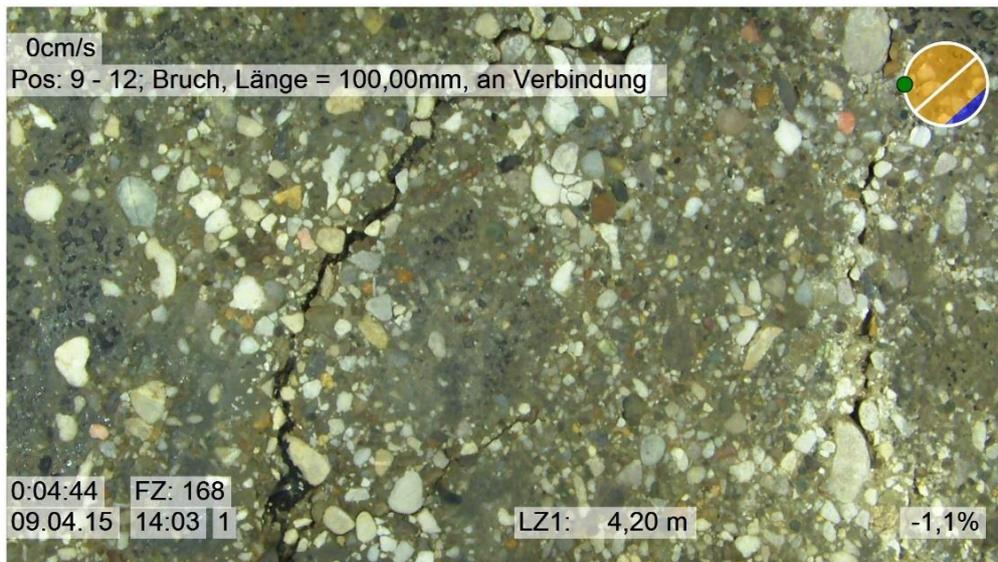


Abbildung 407: Zustandserkennung, Beton, DN 300, TV-Kamera 1 (HD), Bruch  
Der Bruch wurde mit der TV-Kamera 1 (HD) gut erkannt.



Abbildung 408: Zustandserkennung, Beton, DN 300, Scan-System 2, 3D, Bruch

Die Erkennung des Bruchs war mit der 3D-Einstellung des Scan-System 2 aufgrund des Rohrmaterials und der Bildqualität nicht möglich.



Abbildung 409: Zustandserkennung, Beton, DN 300, Scan-System 2, Abwicklung, Bruch

Mit der Abwicklung konnte der vorliegende Schaden aufgrund der Bildqualität nicht festgestellt werden.



Abbildung 410: Zustandserkennung, Beton, DN 300, TV-Kamera 1 (HD), Oberflächenschaden  
Die Erkennung des Oberflächenschadens ist mit der HD Kamera gut möglich.

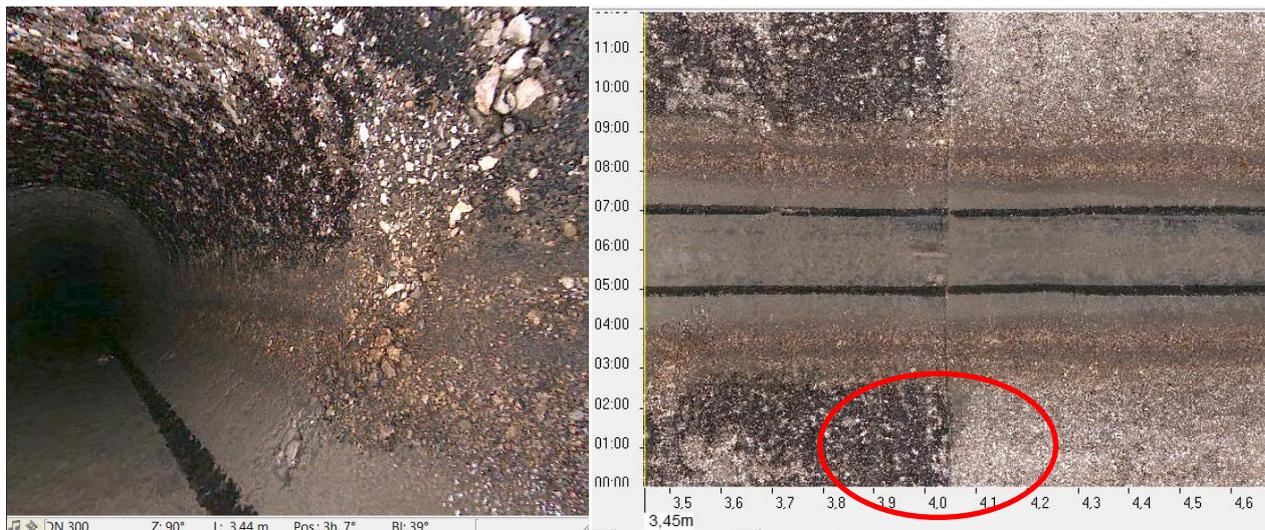


Abbildung 411: Zustandserkennung, Beton, DN 300, Scan-System 2, 3D, Oberflächenschaden

Mit dem Scan-System 2 in der 3D- Ansicht ist die Erkennung des Oberflächenschadens aufgrund der sehr stark sichtbaren Zuschlagsstoffe möglich.

Abbildung 412: Zustandserkennung, Beton, DN 300, Scan-System 2, Abwicklung, Oberflächenschaden

Bei der Abwicklung konnte der Schaden aufgrund des Rohrmaterials und er Bildqualität nicht erkannt werden.



Abbildung 413: Zustandserkennung, Beton, DN 300, TV-Kamera 1 (HD), einragendes Dichtungsmaterial

Bei der Inspektion konnte das einragende Dichtungsmaterial zweifelsfrei erkannt werden.

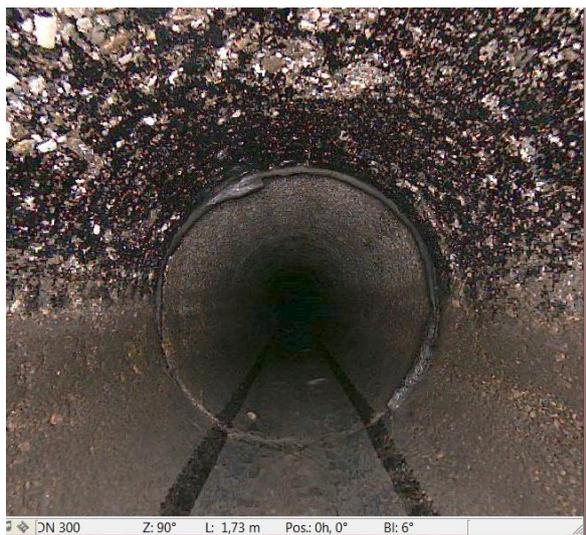


Abbildung 414: Zustandserkennung, Beton, DN 300, Scan-System 2, 3D, einragendes Dichtungsmaterial

Aufgrund der schlechten Beleuchtung und des Rohrmaterials war eine Erkennung in der 3D-Ansicht nicht möglich.

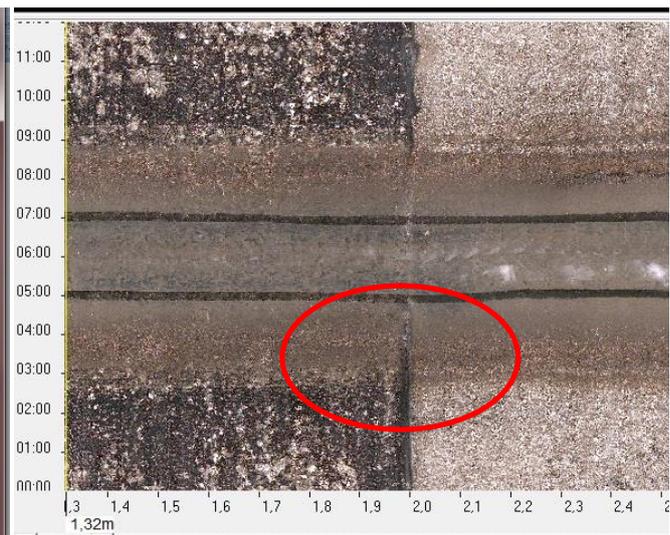


Abbildung 415: Zustandserkennung, Beton, DN 300, Scan-System 2, Abwicklung, einragendes Dichtungsmaterial

Die Nicht-Erkennung des vorliegenden Schadens resultiert sich aus der Positionierung des einragenden Dichtungsmaterials (Sohle) und aus der schlechten Belduchtung.



Abbildung 416: Zustandserkennung, Beton, DN 300, TV-Kamera 1 (HD), einfacher Anschluss  
Mit der TV-Kamera 1 (HD) war die Erkennung des Schadens gut möglich.

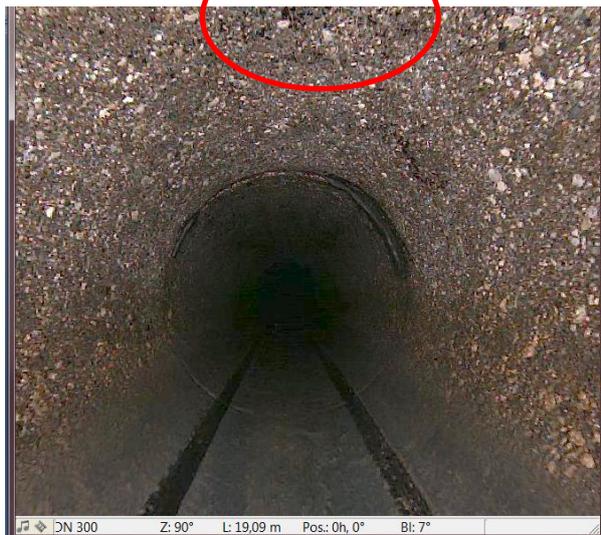


Abbildung 417: Zustandserkennung, Beton, DN 300, Scan-System 2, 3D, einfacher Anschluss

Durch die Positionierung des Anschlusses und der Bildqualität in Kombination mit dem Rohrmaterial war die Erkennung nicht möglich.



Abbildung 418: Zustandserkennung, Beton, DN 300, Scan-System 2, Abwicklung, einfacher Anschluss

Aufgrund der Positionierung des Schadens (Scheitel) konnte dieser nicht festgestellt werden.



Abbildung 419: Zustandserkennung, Beton, DN 400, TV-Kamera 1 (HD), Bruch  
Der einfache Anschluss konnte mit der TV-Kamera 1 (HD) gut erkannt werden.

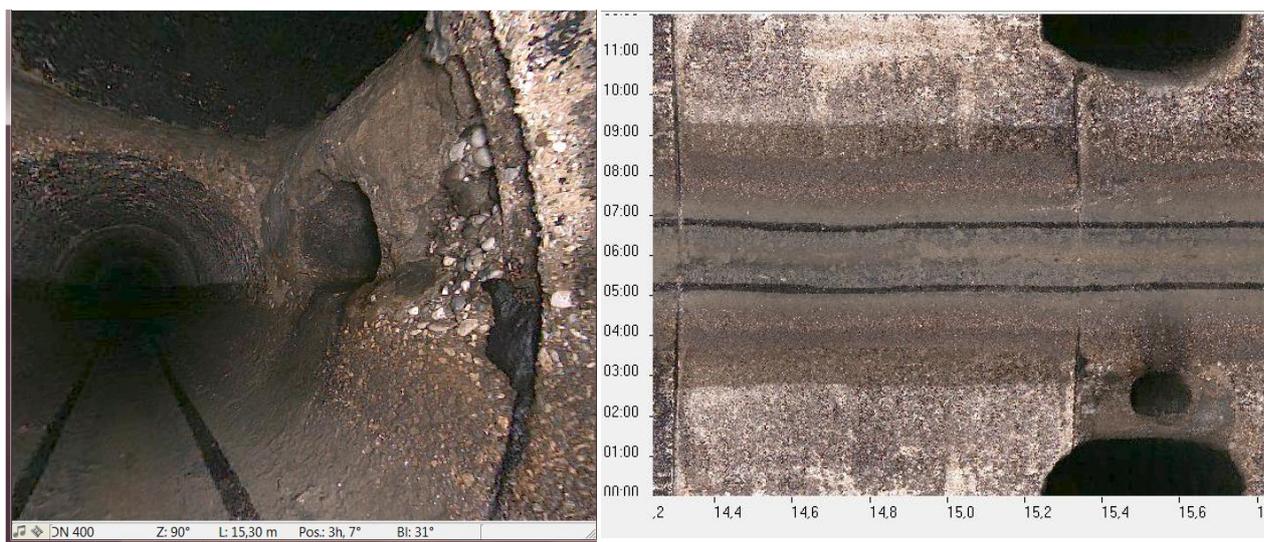


Abbildung 420: Zustandserkennung, Beton, DN 400, Scan-System 2, 3D, Bruch

Der vorliegende Schaden war zweifelsfrei zu erkennen.

Abbildung 421: Zustandserkennung, Beton, DN 400, Scan-System 2, Abwicklung, Bruch

Mit der Abwicklung konnte der Schaden gut festgestellt werden.

12.2.1.3 Beton DN 500



Abbildung 422: Zustandserkennung, Beton, DN 500, TV-Kamera 1 (HD), schadhafte Reparatur

Der vorliegende Schaden wurde mit der TV-Kamera 1 (HD) gut erkannt.



Abbildung 423: Zustandserkennung, Beton, DN 500, TV-Kamera 3, schadhafte Reparatur

Aufgrund der Befahrung in Fließrichtung liegt der vorliegende Schaden nicht bei 0,80m sondern bei 33,6m. Der Schaden konnte leicht erkannt werden.



Abbildung 424: Zustandserkennung, Beton, DN 500, Scan-System 2, 3D, schadhafte Reparatur

Die schadhafte Reparatur konnte mit der Scan-System 2 im 3D- Modus gut erkannt werden.

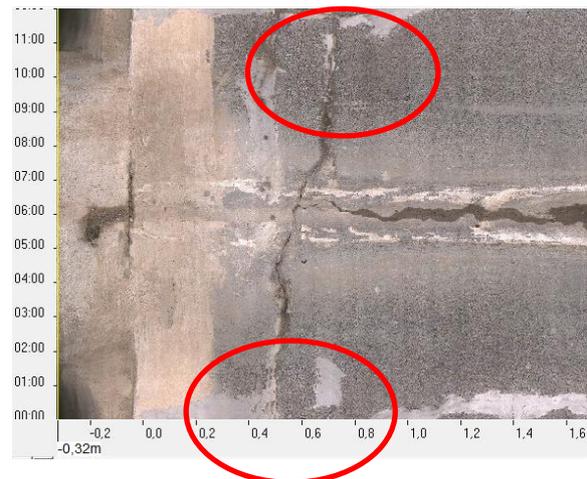


Abbildung 425: Zustandserkennung, Beton, DN 500, Scan-System 2, Abwicklung, schadhafte Reparatur

Aufgrund der Positionierung des Schadens ist es nicht möglich den vorliegenden Schaden mit der Abwicklung zu erkennen.



Abbildung 426: Zustandserkennung, Beton, DN 500, TV-Kamera 1 (HD), schadhafte Reparatur

Bei der Inspektion mit der HD Kamera konnte die schadhafte Reparatur gut festgestellt werden



Abbildung 427: Zustandserkennung, Beton, DN 500, TV-Kamera 3, schadhafte Reparatur

Aufgrund der unterschiedlichen Befahrungsrichtungen liegt der vorliegende Schaden nicht bei 2,0m sondern bei 31,4m. die „schadhafte Reparatur“ ist mit der Kamera von Kummert leicht möglich.



Abbildung 428: Zustandserkennung, Beton, DN 500, Scan-System 2, 3D, schadhafte Reparatur

Bei der 3D- Ansicht war die Erkennung aufgrund der Bildqualität nur mit Einschränkungen möglich.

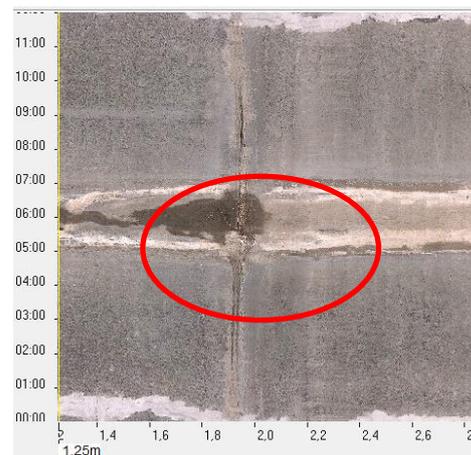


Abbildung 429: Zustandserkennung, Beton, DN 500, Scan-System 2, Abwicklung, schadhafte Reparatur

Bei der Abwicklung konnte der Schaden aufgrund der Positionierung nicht als schadhafte Reparatur angesehen werden. Somit fiel die Erkennung negativ aus.

12.2.1.4 Beton DN1000



Abbildung 430: Zustandserkennung, Beton, DN 1000, TV-Kamera 1 (HD), Oberflächenschaden

Mit der HD- Kamera konnte der Oberflächenschaden (fehlende Zuschlagsstoffe) zweifelsfrei festgestellt werden



Abbildung 431: Zustandserkennung, Beton, DN 1000, TV-Kamera 3, Oberflächenschaden

Der Oberflächenschaden konnte mit der TV-Kamera 3 gut erkannt werden.



Abbildung 432: Zustandserkennung, Beton, DN 1000, Scan-System 2, 3D, Oberflächenschaden

Bei der 3D- Ansicht konnte der Oberflächenschaden zweifelsfrei gut erkannt werden.

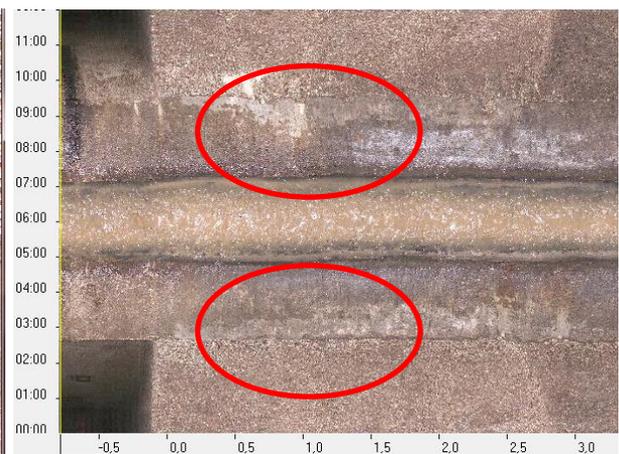


Abbildung 433: Zustandserkennung, Beton, DN 1000, Scan-System 2, 3D, Oberflächenschaden

Bei der Abwicklung konnte der vorliegenden Schaden aufgrund der Bildqualität und des Rohrmaterials nicht erkannt werden.



Abbildung 434: Zustandserkennung, Beton, DN 1000, TV-Kamera 1 (HD), anhaftende Stoffe

Die Erkennung der Inkrustation ist zweifelsfrei möglich.



Abbildung 435: Zustandserkennung, Beton, DN 1000, TV-Kamera 3, anhaftende Stoffe

Mit der Dreh- und Schwenkkopfkamera von Kummert konnte die Inkrustation sehr gut erkannt werden.



Abbildung 436: Zustandserkennung, Beton, DN 1000, Scan-System 2, 3D, anhaftende Stoffe

Die Inkrustation konnte bei der 3D- Ansicht gut erkannt werden.

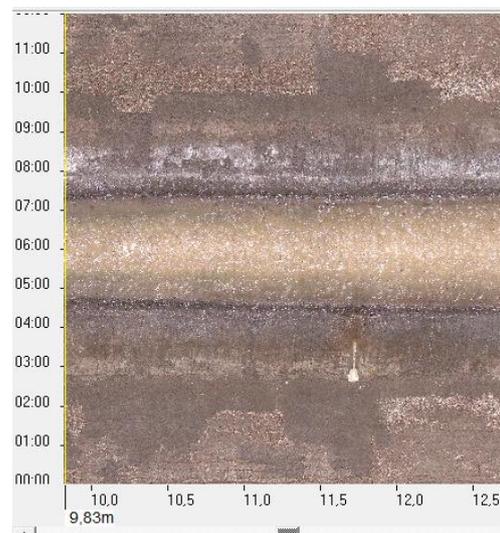


Abbildung 437: Zustandserkennung, Beton, DN 1000, Scan-System 2, Abwicklung, anhaftende Stoffe

Bei der Abwicklung war die Erkennung des vorliegenden Schadens aufgrund der Bildqualität halbwegs gut möglich.

12.2.1.5 Beton DN 500/800

Anhand der Abbildung 438, Abbildung 439, Abbildung 440 und Abbildung 441 werden die vier untersuchten Kamerasysteme hinsichtlich ihrer Erkennung von 4mm- Rissen verglichen.



Abbildung 438: Beton DN500/800, TV-Kamera 1 (HD), Riss, 4mm

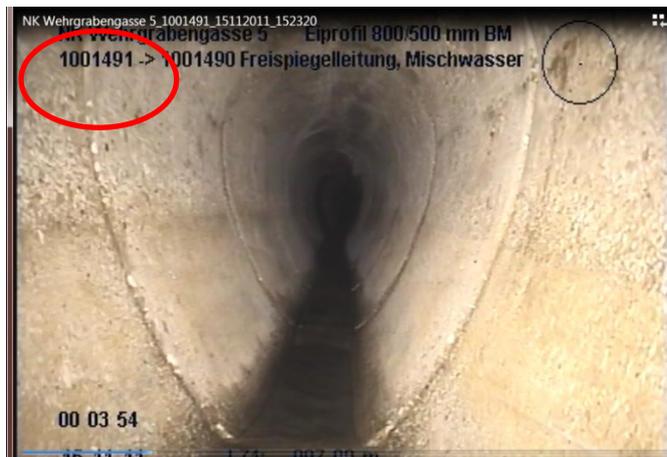


Abbildung 439: Beton DN500/800, alte Befahrungen, Riss, 4mm



Abbildung 440: Beton DN500/800, Scan-System 2 3D, Riss, 4mm

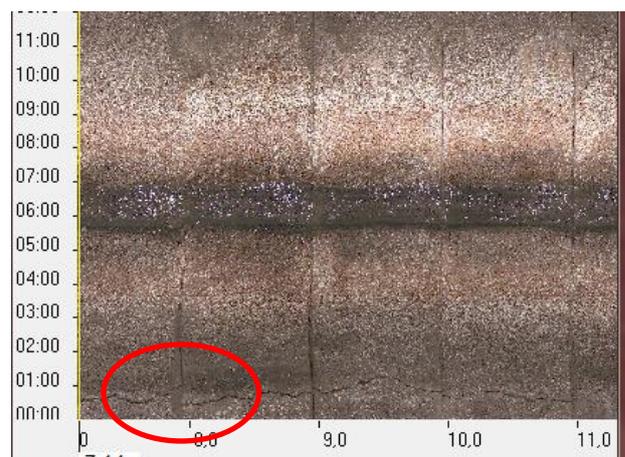


Abbildung 441: Beton DN500/800, Scan-System 2 Abwicklung, 4mm

Anhand der Abbildung 442, Abbildung 443, Abbildung 444, Abbildung 445 und Abbildung 446 ist die Risserkennung der 3mm breiten Risse aufgezeigt. In diesen Beispielen ist erkennbar, mit welchem Kamerasystem ein 3mm- Riss erkannt werden kann.

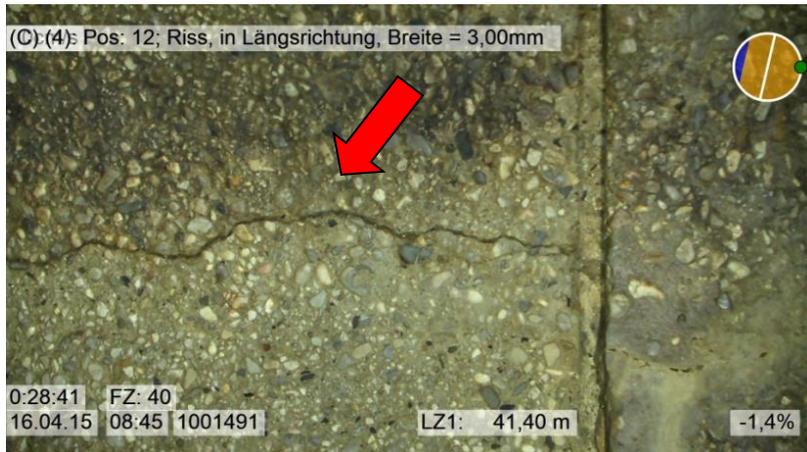


Abbildung 442: Beton DN500/800, TV-Kamera 1 (HD), Riss, 3mm



Abbildung 443: Beton DN500/800, alte Befahrungen, Riss, 3mm



Abbildung 444: Beton DN 500/800, TV-Kamera 3, Riss, 3mm



Abbildung 445: Beton DN 500/800, Scan-System 2 3D, Riss, 3mm

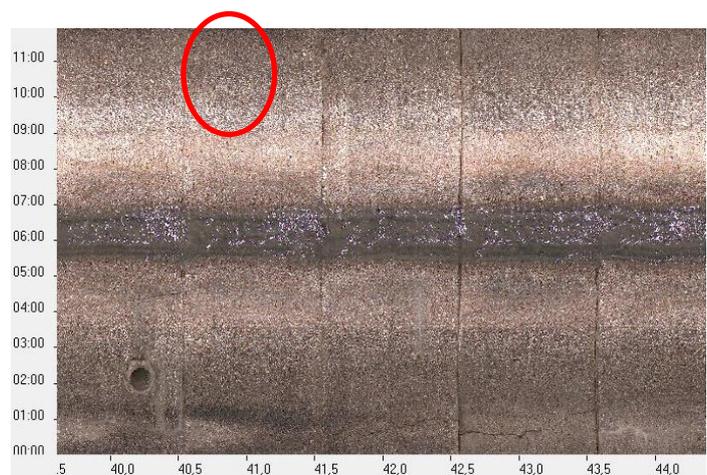


Abbildung 446: Beton DN 500/800, Scan-System 2 Abwicklung, Riss, 3mm

Abbildung 447, Abbildung 448, Abbildung 449, Abbildung 450 und Abbildung 451 zeigt die Risserkennung von 2mm- Rissen mit fünf untersuchten Kamerasystemen.



Abbildung 447: Beton DN500/800, TV-Kamera 1 (HD), Riss, 2mm



Abbildung 448: Beton DN500/800, alte Befahrungen, Riss, 2mm



Abbildung 449: Beton DN500/800, TV-Kamera 3, Riss, 2mm



Abbildung 450: Beton DN500/800, Scan-System 2 3D, Riss, 2mm

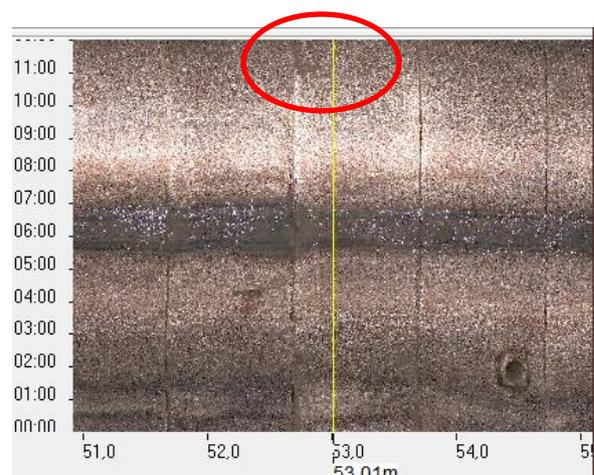


Abbildung 451: Beton DN500/800, Scan-System 2 Abwicklung, Riss, 2mm

In Abbildung 452 ist ersichtlich, dass nur mit der TV-Kamera 1 (HD) Risse mit einer Breite von 1mm festgestellt werden können. Anhand Abbildung 453, Abbildung 454, Abbildung 455 und Abbildung 456 sind die 1mm- Risse mit den verschiedenen Inspektionssystemen dargestellt.

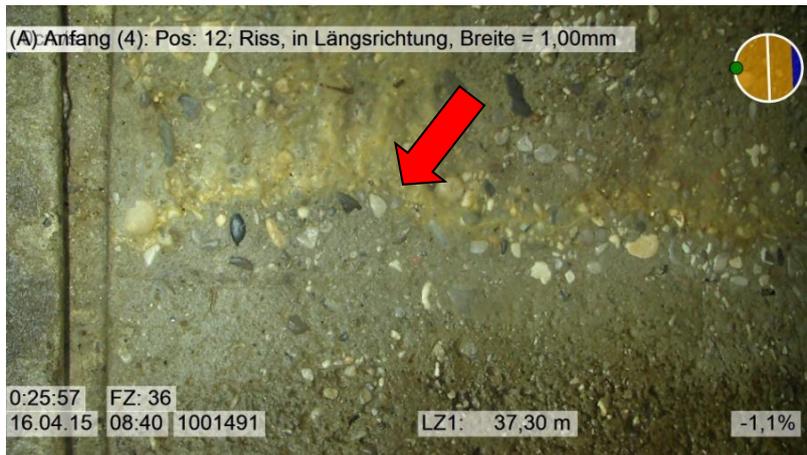


Abbildung 452: Beton DN500/800, TV-Kamera 1 (HD), Riss, 1mm



Abbildung 453: Beton DN500/800, alte Befahrungen, Riss, 1mm



Abbildung 454: Beton DN500/800, TV-Kamera 3, Riss, 1mm



Abbildung 455: Beton DN500/800, Scan-System 2 3D, Riss, 1mm

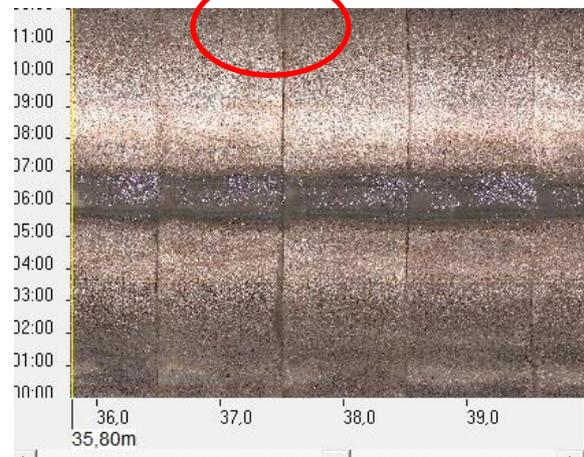


Abbildung 456: Beton DN500/800 Scan-System 2 Abwicklung, Riss, 1mm



Abbildung 457: Zustandserkennung, Beton, DN 500/800, TV-Kamera 1 (HD), einfacher Anschluss

Die Erkennung des Schadens ist mit der HD Kamera gut möglich.



Abbildung 458: Zustandserkennung, Beton, DN 500/800, TV-Kamera 3, einfacher Anschluss

Der Anschluss befindet sich auf der gegenüberliegenden, da die Befahrungen vom anderen Schacht durchgeführt werden mussten. Die Erkennung des Schadens ist mit der Kamera gut möglich.

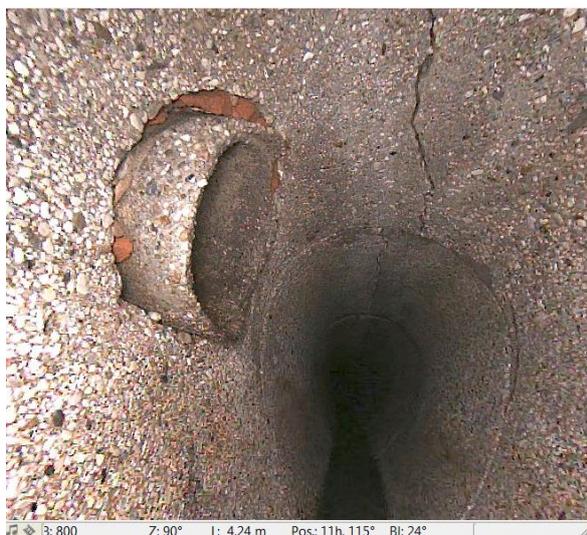


Abbildung 459: Zustandserkennung, Beton, DN 500/800, Scan-System 2, 3D, einfacher Anschluss

Der vorherrschende Schaden konnte gut erkannt werden.

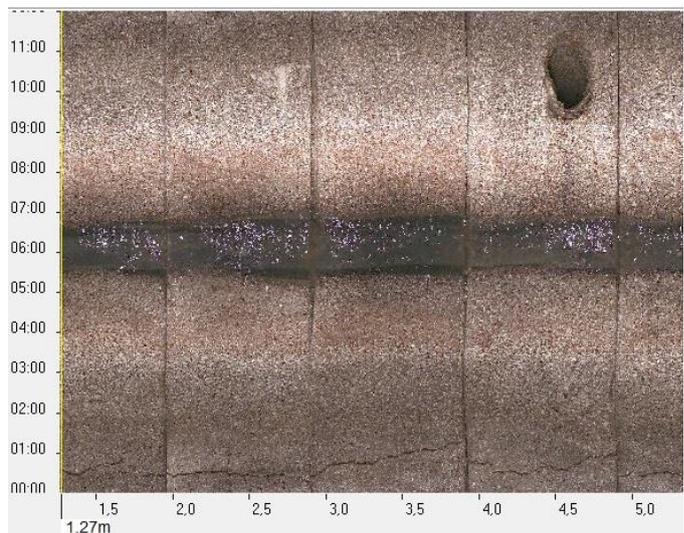


Abbildung 460: Zustandserkennung, Beton, DN 500/800, Scan-System 2, Abwicklung, einfacher Anschluss

Die Erkennung des Anschlusses ist aufgrund der Positionierung leicht möglich.



Abbildung 461: Zustandserkennung, Beton, DN 500/800, TV-Kamera 1 (HD), einragender Anschluss

Der einragende Anschluss konnte gut erkannt werden.



Abbildung 462: Zustandserkennung, Beton, DN 500/800, TV-Kamera 3, einragender Anschluss

Der einragende Anschluss konnte bei mit der Kamera von Kummert gut erkannt werden



Abbildung 463: Zustandserkennung, Beton, DN 500/800, Scan-System 2, 3D, einragender Anschluss

Der einragende Anschluss konnte bei der 3D-Ansicht gut festgestellt werden.

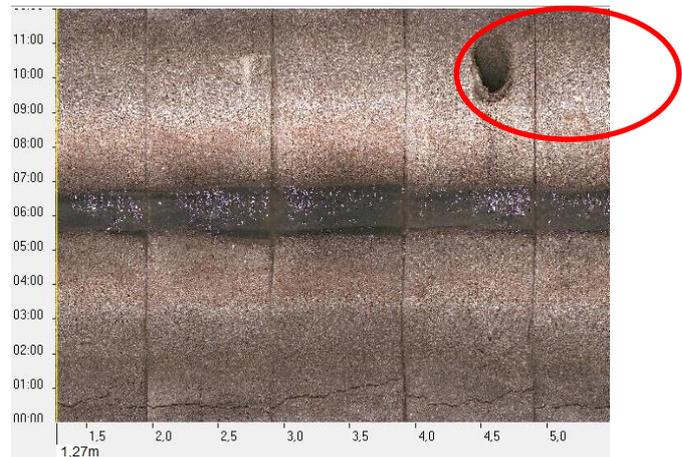


Abbildung 464: Zustandserkennung, Beton, DN 500/800, Scan-System 2, Abwicklung, einragender Anschluss

Bei der Abwicklung ist eine Erkennung des einragenden Anschlusses bzw eine Quantifizierung der einragenden Länge nicht möglich.



Abbildung 465: Zustandserkennung, Beton, DN 500/800, TV-Kamera 1 (HD), schadhafter Anschluss

Der schadhafte Anschluss konnte gut festgestellt werden.



Abbildung 466: Zustandserkennung, Beton, DN 500/800, TV-Kamera 3, schadhafter Anschluss

Der schadhafte Anschluss kann zweifelsfrei gut erkannt werden.

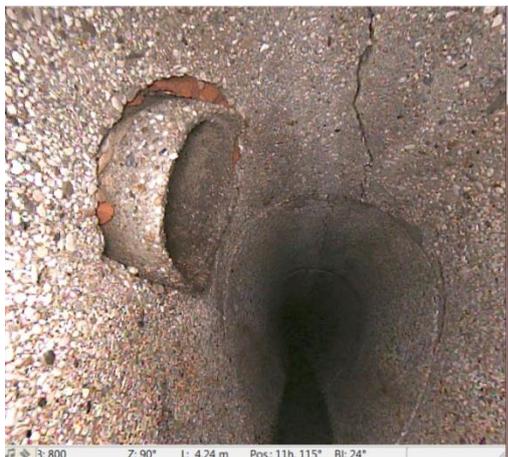


Abbildung 467: Zustandserkennung, Beton, DN 500/800, Scan-System 2, 3D, schadhafter Anschluss

In der 3D- Ansicht konnte der schadhafte Anschluss gut erkannt werden.

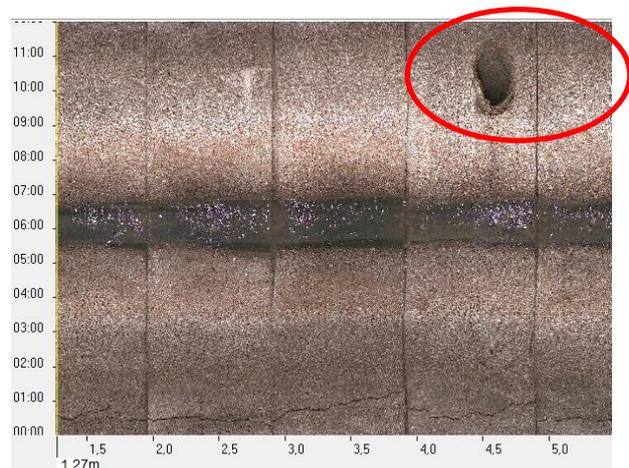


Abbildung 468: Zustandserkennung, Beton, DN 500/800, Scan-System 2, Abwicklung, schadhafter Anschluss

In der Abwicklung ist die Erkennung des schadhafte Anschluss nicht möglich.

## 12.2.1.6 Beton DN 900/1350

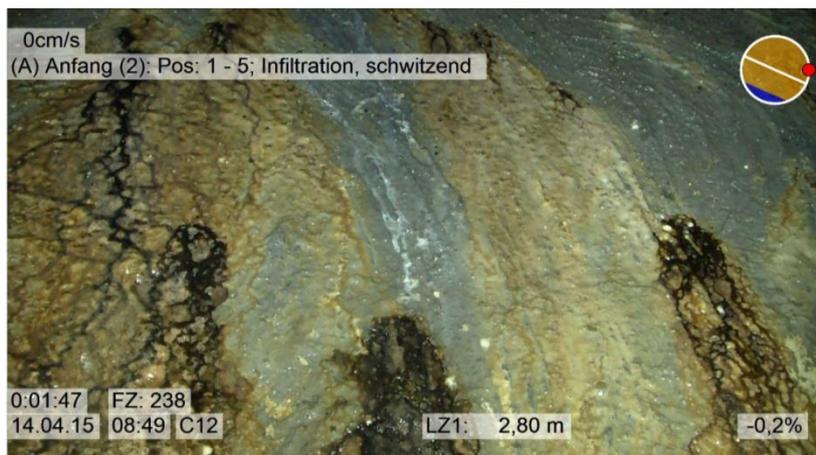


Abbildung 469: Zustandserkennung, Beton, DN 900/1350, TV-Kamera 1 (HD), Infiltration  
Mit der TV-Kamera 1 (HD) konnte die Infiltration, schwitzend zweifelsfrei eruiert werden.



Abbildung 470: Zustandserkennung, Beton, DN 900/1350, Scan-System 2, 3D, Infiltration

Bei der 3D- Ansicht der Scan-System 2 konnte die Infiltration aufgrund der dunklen Flecken gut erkannt werden.

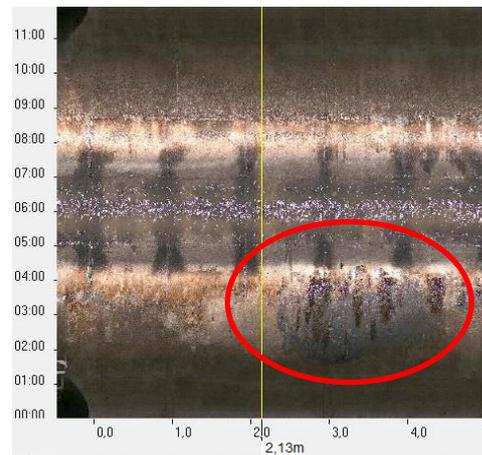


Abbildung 471: Zustandserkennung, Beton, DN 900/1350, Scan-System 2, Abwicklung, Infiltration

Bei der Abwicklung war eine Erkennung von Infiltration nicht möglich bzw. konnte nicht festgestellt werden, dass es sich zweifelsfrei um eine Infiltration handelt.

## 12.2.2 Risse

In den folgenden Abbildungen werden die verschiedenen Kamerasysteme bezüglich der Erkennung von Rissen bei diversen Rohrmaterialien und Durchmessern gegenübergestellt. Mithilfe von roten Pfeilen und Kreisen wird der Schaden erkenntlich gemacht.

### 12.2.2.1 Steinzeug DN 300

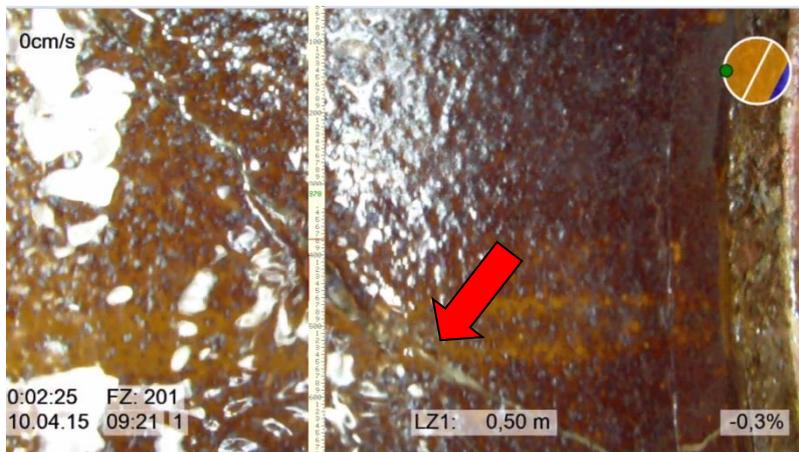


Abbildung 472: Zustandserkennung, Steinzeug, DN 300, TV-Kamera 1 (HD)

Laut Kamerafahrer beträgt die Breite des Risses 2,0mm. Aufgrund des nichtvorhandenen Referenzmaßes keine Überprüfung mit dem Pixelruler durchgeführt werden.



Abbildung 473: Zustandserkennung, Steinzeug, DN 300, Scan-System 2, 3D

Mittels der 3D- Ansicht der Scan-System 2 wurde der Schaden nicht erkannt.

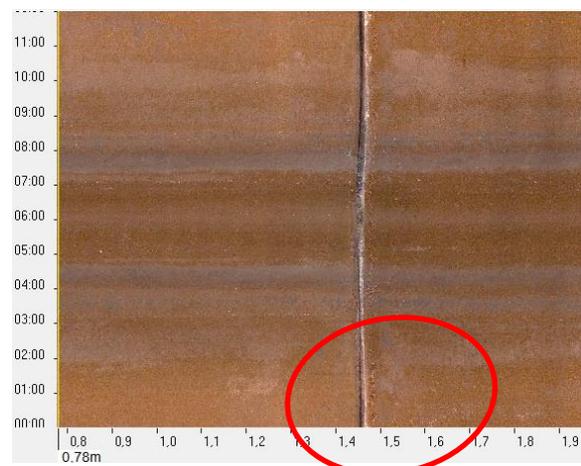


Abbildung 474: Zustandserkennung, Steinzeug, DN 300, Scan-System 2, Abwicklung

Ebenso konnte der Schaden mit der Abwicklung der Scan-System 2 nicht erkannt werden.

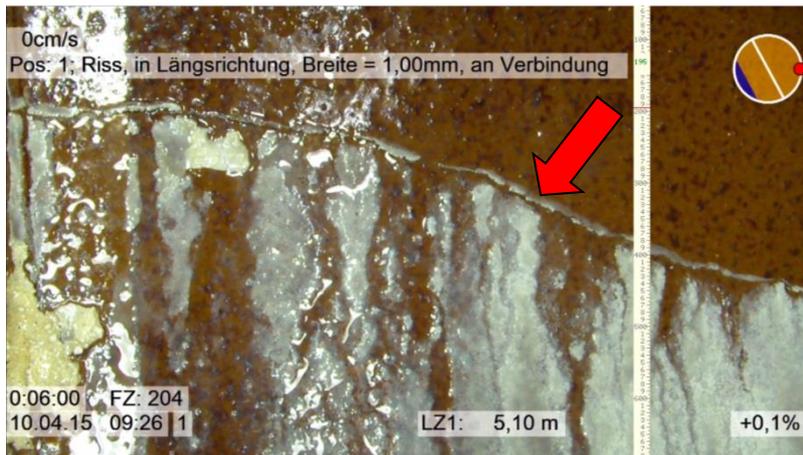


Abbildung 475: Zustandserkennung, Steinzeug, DN 300, TV-Kamera 1 (HD)

Bei der Inspektion wurde eine Rissbreite von 1,0mm angegeben. Nach der Überprüfung mit dem Pixelruler konnte eine Rissbreite von 1,1mm festgestellt werden. Das ergibt eine unwesentliche Differenz von 0,1mm.  $(3 \text{ Pixel}/425 \text{ Pixel}) * 150\text{mm} = 1,1\text{mm}$



Abbildung 476: Zustandserkennung, Steinzeug, DN 300, Scan-System 2, 3D

Aufgrund des Rohrmaterials und der schlechten Beleuchtung konnte der Riss bei der 3D- Ansicht des Scan-System 2 nicht aufgezeigt werden.

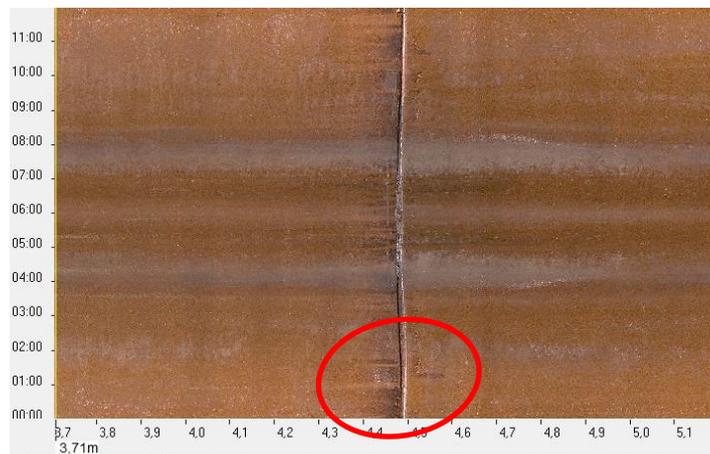


Abbildung 477: Zustandserkennung, Steinzeug, DN 300, Scan-System 2, Abwicklung

Aufgrund der zu schwachen Beleuchtung konnte der Schaden in der Abwicklung nicht erkannt werden.

## 12.2.2.2 Steinzeug DN 400



Abbildung 478: Zustandserkennung, Steinzeug, DN 400, TV-Kamera 1 (HD)

Bei der Inspektion wurde die Breite des Risses mit 2,0mm beziffert. Mithilfe des Pixelrulers wurde jedoch eine Rissbreite von 0,9mm errechnet. Dies hat zufolge, dass sich eine Differenz von 1,5mm ergibt. ( $4 \text{ Pixel}/395 \text{ Pixel} \cdot 150\text{mm} = 1,51\text{mm}$ ).



Abbildung 479: Zustandserkennung, Steinzeug, DN 400, TV-Kamera 3

Der Riss konnte mit der Kamera von Kummert aufgrund der Beleuchtung bzw. aufgrund des reflektierenden Rohrmaterials nur halbwegs gut erkannt werden



Abbildung 480: Zustandserkennung, Steinzeug, DN 400, Kamera unbekannt

Bei der Befahrung aus dem Jahr 2006 wurde der Riss gut erkannt.



Abbildung 481: Zustandserkennung, Steinzeug, DN 400, Scan-System 2, 3D

Bei der 3D- Ansicht konnte der vorliegende Schaden aufgrund des teilweise glänzenden Rohrmaterials nur halbwegs gut erkannt werden.

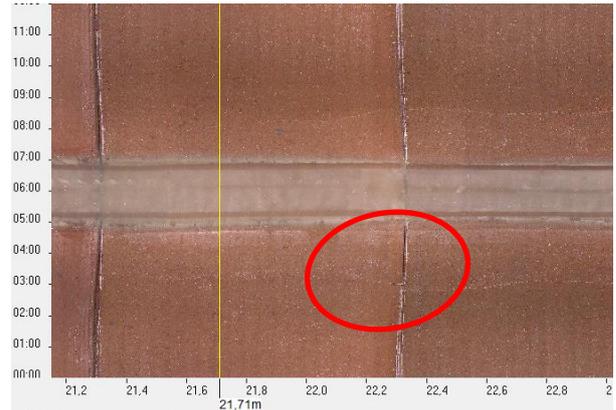


Abbildung 482: Zustandserkennung, Steinzeug, DN 400, Scan-System 2, Abwicklung

Bei der Abwicklung war eine Erkennung aufgrund der Bildqualität nicht möglich.



Abbildung 483: Zustandserkennung, Steinzeug, DN 400, TV-Kamera 1 (HD)

Die Rissbreite wurde beim Inspizieren mit 1,0mm beziffert. Bei der Überprüfung mit dem Pixelruler wurde eine Rissbreite von 0,75mm festgestellt. Dies ergibt eine Differenz von 0,25mm.  $(2 \text{ Pixel}/395 \text{ Pixel}) * 150\text{mm} = 0,75\text{mm}$ .



Abbildung 484: Zustandserkennung, Steinzeug, DN 400, TV-Kamera 3

Die Erkennung des Risses ist zweifelsfrei gut möglich.



Abbildung 485: Zustandserkennung, Steinzeug, DN 400, Kamera unbekannt

Bei der Befahrung im Jahr 2006 wurde der Riss gut erkannt.



Abbildung 486: Zustandserkennung, Steinzeug, DN 400, Scan-System 2, 3D

Mit der 3D- Ansicht bei dem Scan-System 2 konnte der Riss aufgrund der schlechten Beleuchtung nur halbwegs gut festgestellt werden.

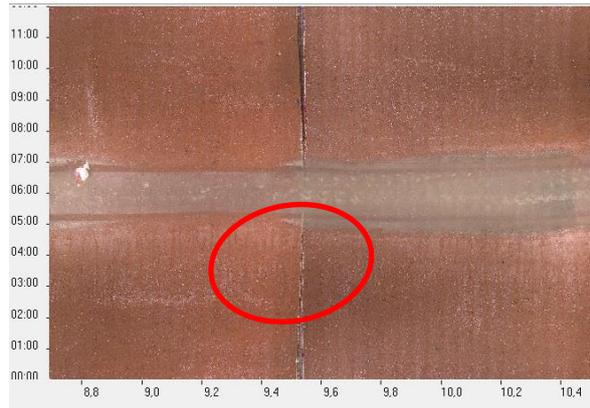


Abbildung 487: Zustandserkennung, Steinzeug, DN 400, Scan-System 2, Abwicklung

Bei der Abwicklung war eine Erkennung aufgrund der schlechten Beleuchtung nicht möglich.

## 12.2.2.3 Beton DN 300

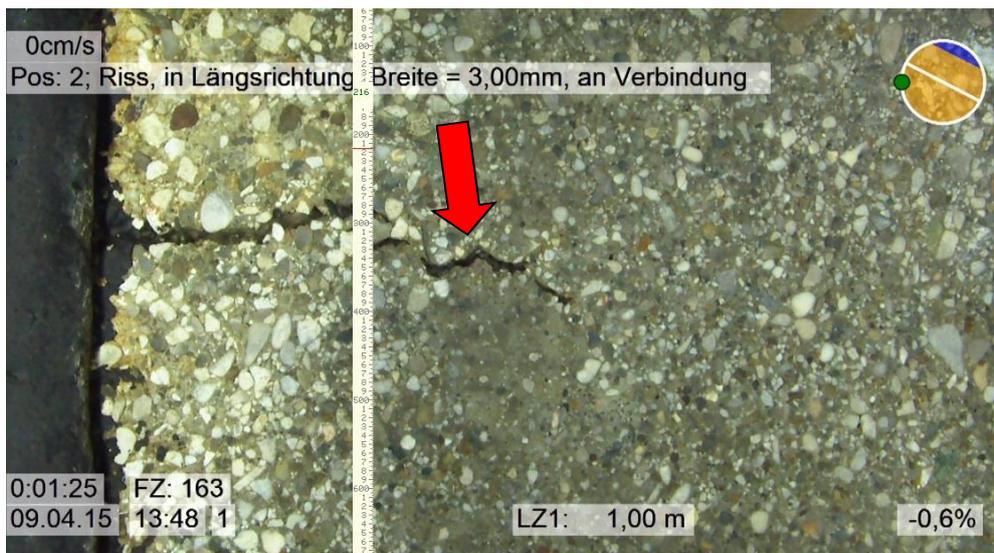


Abbildung 488: Zustandserkennung, Beton, DN 300, TV-Kamera 1 (HD)

Bei der Inspektion wurde eine Rissbreite von 3,0mm aufgrund der Schätzung des Kamerafahrers festgestellt. Laut der Überprüfung mit dem Pixelruler ergibt sich eine Rissbreite von 2,0mm. Dies macht eine Differenz von 1,0mm.



Abbildung 489: Zustandserkennung, Beton, DN 300, Scan-System 2, 3D

Mit dem Scan-System 2 in 3D- Ansicht konnte dieser Schaden nicht erkannt werden. Grund hierfür ist das Rohrmaterial bzw. die Bildqualität.



Abbildung 490: Zustandserkennung, Beton, DN 300, Scan-System 2, Abwicklung

Mit dem Scan-System 2 im Abwicklungsmodus konnte der Schaden wie schon in der 3D- Ansicht nicht erkannt werden. Gründe hierfür sind das Rohrmaterial und die Bildqualität.

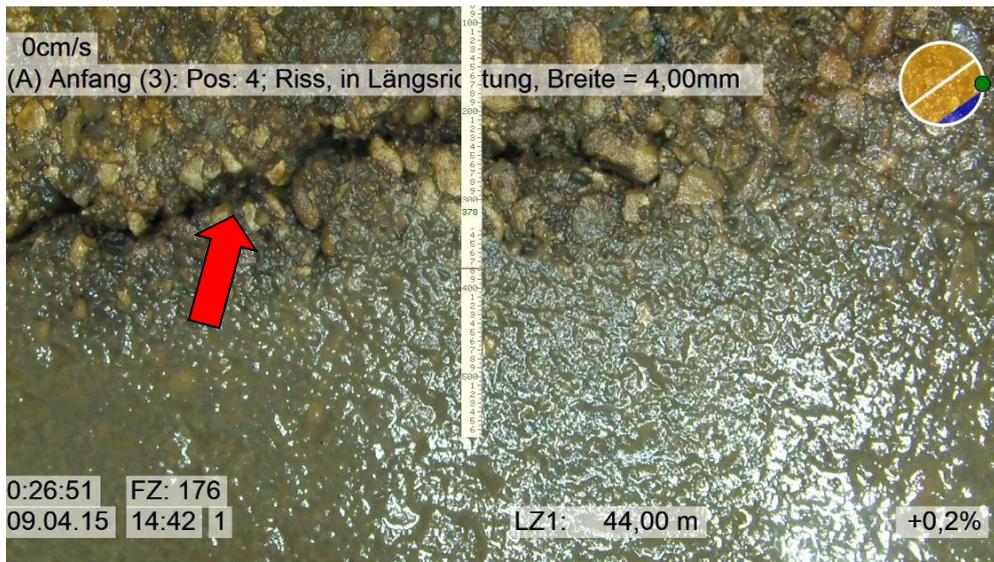


Abbildung 491: Zustandserkennung, Beton, DN 300, TV-Kamera 1 (HD)

Mit der TV-Kamera 1 (HD) wurde eine Rissbreite von 4,0mm vom Kamerafahrer festgestellt. Tatsächlich handelt es sich nach der Überprüfung mit dem Pixelruler um eine Rissbreite von 5,0mm. Die darausschließende Differenz beläuft auf 1,0mm.



Abbildung 492: Zustandserkennung, Beton, DN 300, Scan-System 2, 3D

Bei der 3D- Ansicht des Scan-System 2 konnte der Riss aufgrund des Rohrmaterials und der Bildqualität nicht erkannt werden.

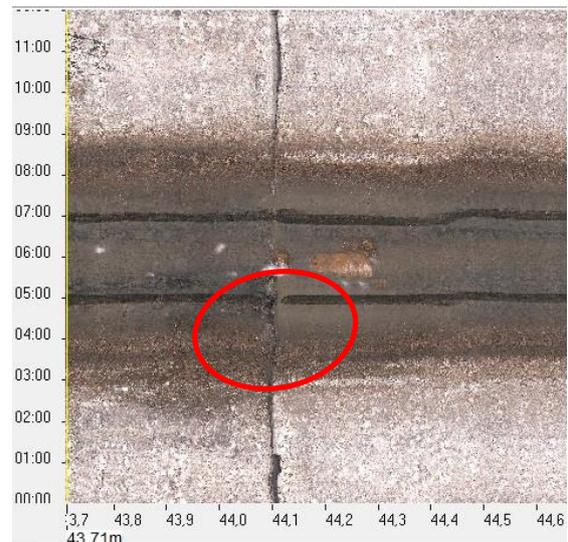


Abbildung 493: Zustandserkennung, Beton, DN 300, Scan-System 2, Abwicklung

Bei der Abwicklung des Scan-System 2 konnte der Riss aufgrund der Bildqualität nicht erkannt werden.

## 12.2.2.4 Beton DN 400

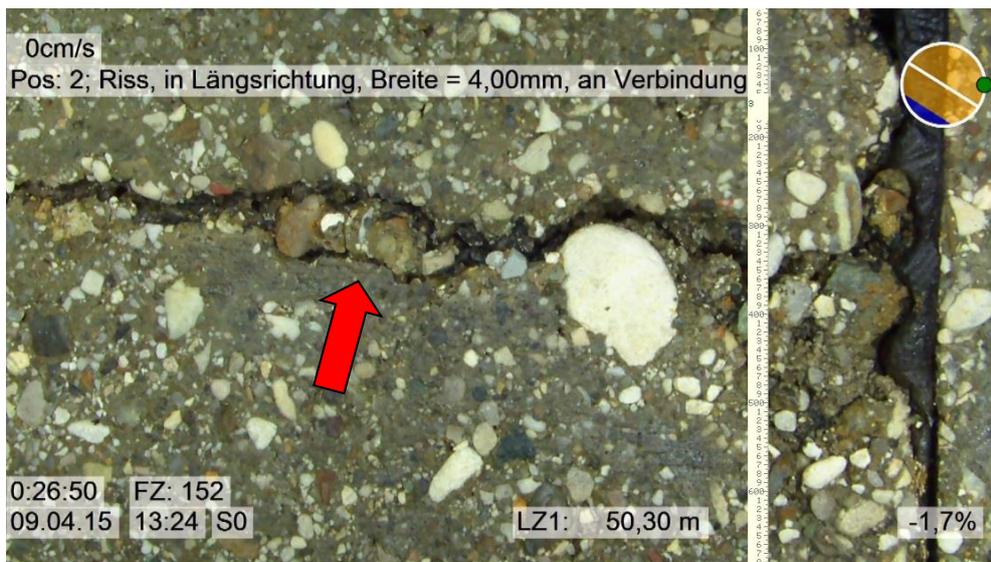


Abbildung 494: Zustandserkennung, Beton, DN 300, TV-Kamera 1 (HD)

Laut der Inspektion ergibt sich eine Rissbreite von 4,0mm. Mithilfe des Pixelrulers wurde dies überprüft und eine Rissbreite von 3,6mm festgestellt. Somit ergibt sich eine Differenz von 0,4mm.



Abbildung 495: Zustandserkennung, Beton, DN 300, Scan-System 2, 3D

Aufgrund der Bildqualität und des Rohmaterials konnte der Riss bei der 3D- Ansicht nicht festgestellt werden.



Abbildung 496: Zustandserkennung, Beton, DN 300, Scan-System 2, Abwicklung

Bei der Abwicklung konnte der Schaden aufgrund der Bildqualität nicht dargelegt werden.

12.2.2.5  
12.2.2.5 Beton DN 500



Abbildung 497: Zustandserkennung, Beton, DN 500, TV-Kamera 1 (HD)

Bei der Inspektion wurde der Riss mit 1,0mm angegeben. Mit der Überprüfung mithilfe des Pixelrulers wurde die rissbreite von 1,0mm bestätigt.



Abbildung 498: Zustandserkennung, Beton, DN 500, TV-Kamera 3

Die Erkennung des Risses war aufgrund der „Einsinterung“ möglich. Rückschließend auf die minimale Größe des Risses und der Lage war die Erkennung jedoch nur halbwegs gut möglich.



Abbildung 499: Zustandserkennung, Beton, DN 500, Scan-System 2, 3D

Aufgrund der Bildqualität konnte der Riss in der 3D-Ansicht nicht erkannt werden.

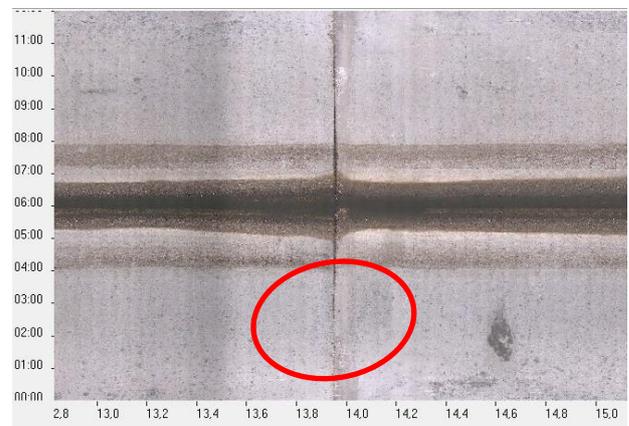


Abbildung 500: Zustandserkennung, Beton, DN 500, IBAK Panorama, Abwicklung

Der Riss konnte bei der Abwicklung der Panorama aufgrund der Bildqualität nicht festgestellt werden.

## 12.2.2.6 Beton DN 1000

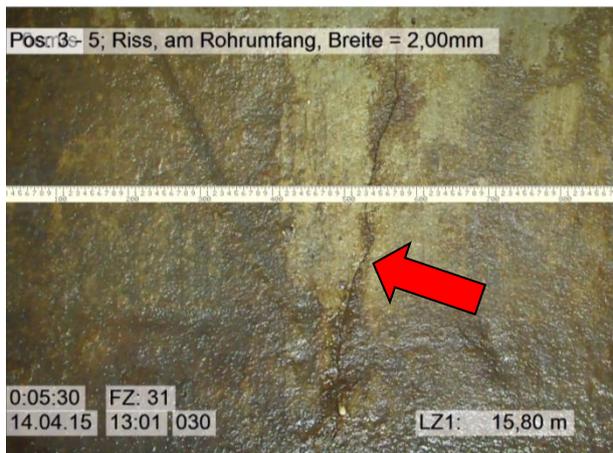


Abbildung 501: Zustandserkennung, Beton, DN 1000, TV-Kamera 1 (HD)

Der Kamerafahrer stellte bei der Inspektion einen Riss mit einer Breite von 2,0mm fest. Mit der Rissbreitenberechnung „Pixelruler“ konnte eine Rissbreite von 1,8mm nachgewiesen werden. Dies ergibt eine unwesentliche Differenz von 0,2mm. ( $15 \text{ Pixel} / 167 \text{ Pixel} \cdot 20 = 1,80 \text{ mm}$ ).



Abbildung 502: Zustandserkennung, Beton, DN 1000, TV-Kamera 3

Die Erkennung des Risses ist aufgrund des Rohrmaterials bzw. der starken Beleuchtung der Kamera und der daraus resultierenden Überblendung nur schwer möglich



Abbildung 503: Zustandserkennung, Beton, DN 1000, Scan-System 2, 3D

Mit der 3D- Ansicht der Scan-System 2 konnte der Riss aufgrund des Rohrmaterials nicht erkannt werden.

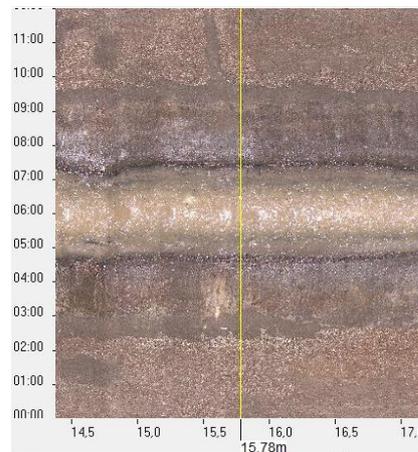


Abbildung 504: Zustandserkennung, Beton, DN 1000, Scan-System 2, Abwicklung

Bei der Abwicklung der Scan-System 2 wurde der Schaden auch aufgrund des Rohrmaterials nicht erkannt.

## 12.2.2.7 Beton DN 500/800

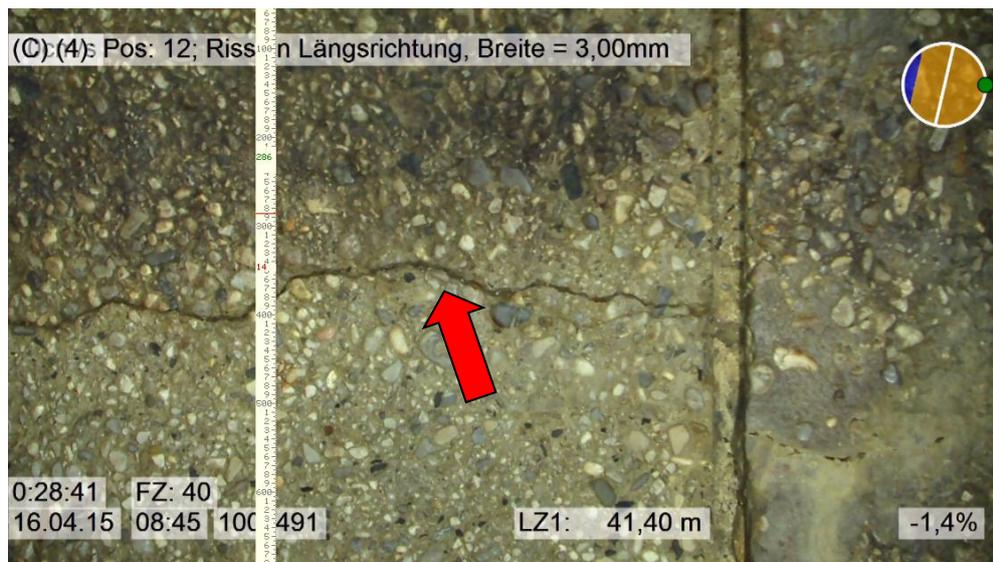


Abbildung 505: Zustandserkennung, Beton, DN 500/800, TV-Kamera 1 (HD)

Bei der Inspektion ergab sich eine Rissbreite von 3,0mm. Mithilfe des Pixelrulers konnte eine Rissbreite von 2,3mm berechnet werden. Die Differenz beläuft sich somit auf 0,7mm.  $(9 \text{ Pixel}/40 \text{ Pixel}) * 10\text{mm} = 2,3\text{mm}$ .



Abbildung 506: Zustandserkennung, Beton, DN 500/800, TV-Kamera 3

Die Erkennung des vorliegenden Risses ist aufgrund des Rohrmaterials nur halbwegs gut möglich.



Abbildung 507: Zustandserkennung, Beton, DN 500/800, Scan-System 2, 3D

Bei der 3D- Ansicht der Scan-System 2 konnte der Riss jedoch aufgrund der schlechten Beleuchtung nur halbwegs gut erkannt werden.

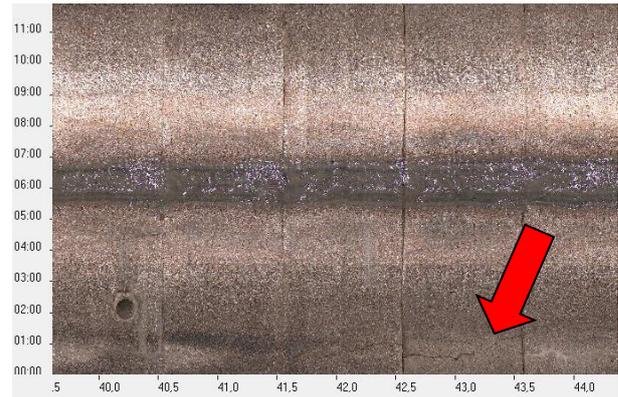


Abbildung 508: Zustandserkennung, Beton, DN 500/800, Scan-System 2, Abwicklung

Aufgrund der schlechten Beleuchtung war eine Erkennung bei der Abwicklung nicht möglich.

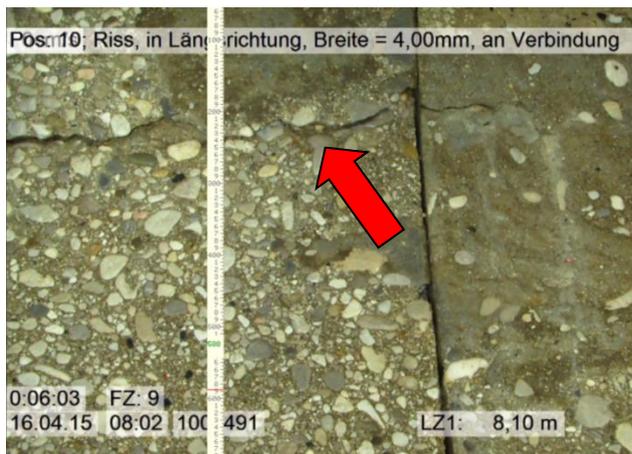


Abbildung 509: Zustandserkennung, Beton, DN 500/800, TV-Kamera 1 (HD)

Der Kamerafahrer bezifferte den vorliegenden Riss mit einer Rissbreite von 4,0mm. Laut Pixelruler ergibt sich eine Breite von 4,3mm. Daraus errechnet sich eine unwesentliche Differenz von 0,3mm.  $(17 \text{ Pixel} / 40 \text{ Pixel}) * 10 \text{ mm} = 4,3 \text{ mm}$



Abbildung 510: Zustandserkennung, Beton, DN 500/800, TV-Kamera 3

Der vorliegende Schaden konnte zweifelsfrei gut erkannt werden.



Abbildung 511: Zustandserkennung, Beton, DN 500/800, Scan-System 2, 3D

In der 3D- Ansicht des Scan-System 2 konnte der vorliegende Schaden gut erkannt werden.

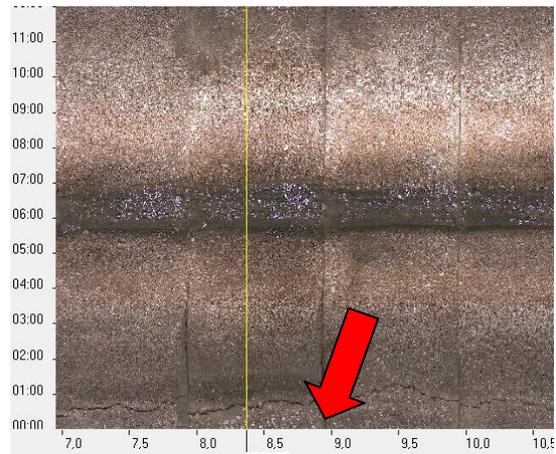
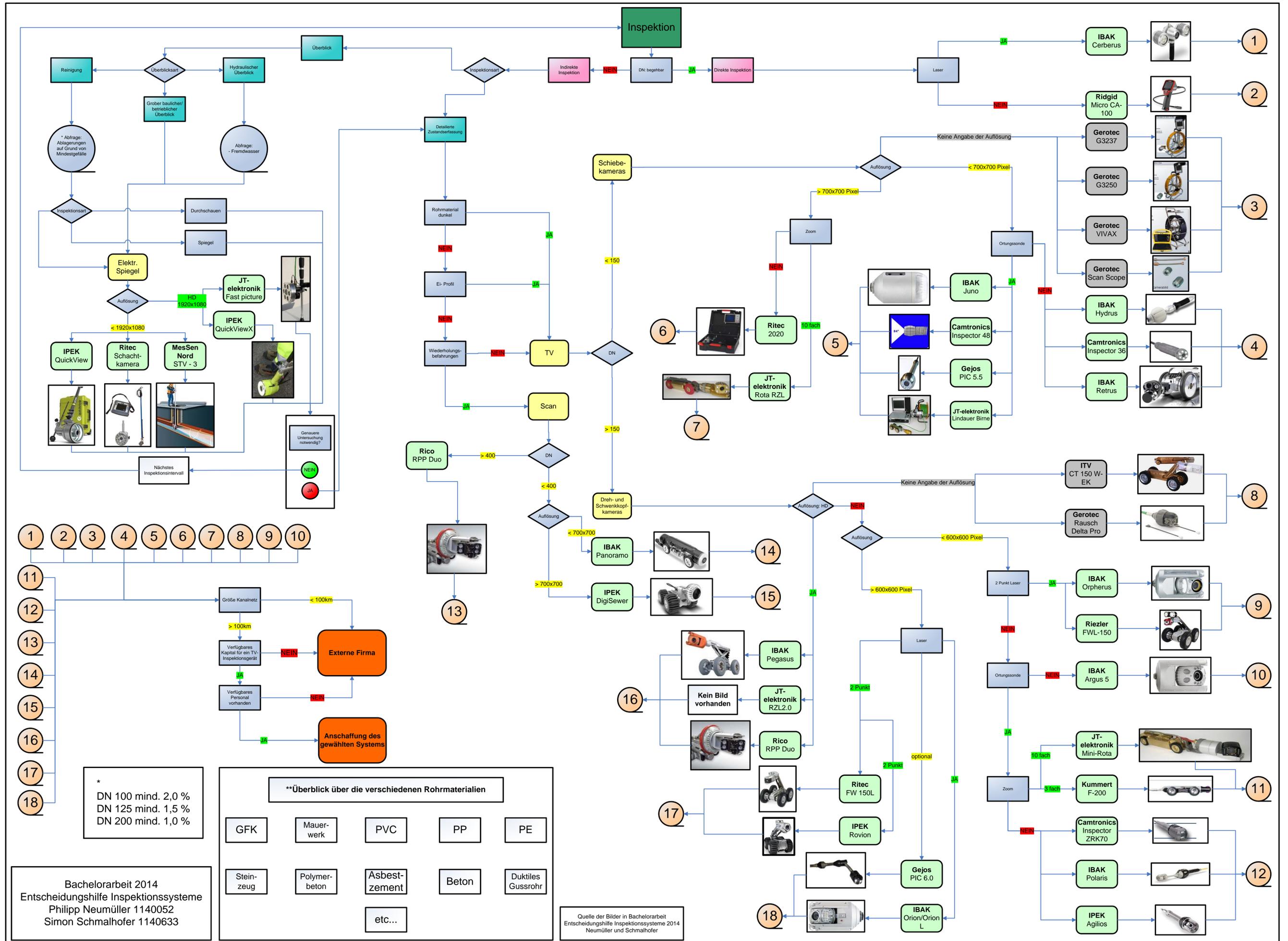


Abbildung 512: Zustandserkennung, Beton, DN 500/800, Scan-System 2, Abwicklung

Bei der Abwicklung des Scan-System 2 war eine Erkennung des Risses aufgrund der schlechten Beleuchtung nur halbwegs gut möglich.

### 12.2.3 Entscheidungsbaum



\* Abfrage: Ablagerungen auf Grund von Mindestgefälle

\* Abfrage: Fremdwasser

Größere Untersuchung notwendig?

NEIN

JA

Nächstes Inspektionsintervall

**\*\*Überblick über die verschiedenen Rohrmaterialien**

GFK	Mauerwerk	PVC	PP	PE
Steinzeug	Polymerbeton	Asbestzement	Beton	Duktiles Gussrohr
		etc...		

Bachelorarbeit 2014  
 Entscheidungshilfe Inspektionssysteme  
 Philipp Neumüller 1140052  
 Simon Schmalhofer 1140633

Quelle der Bilder in Bachelorarbeit  
 Entscheidungshilfe Inspektionssysteme 2014  
 Neumüller und Schmalhofer

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12
- 13
- 14
- 15
- 16
- 17
- 18

Größe Kanalnetz

< 100km

> 100km

Verfügbares Kapital für ein TV-Inspektionsgerät

NEIN

JA

Verfügbares Personal vorhanden

NEIN

JA

Externe Firma

Anschaffung des gewählten Systems

Rico RPP Duo

> 400

< 400

Auflösung

< 700x700

> 700x700

IBAK Panorama

IPEK DigiSewer

13

Dreh- und Schwenkkopfkameras

Auflösung: HD

NEIN

IBAK Pegasus

JT-elektronik RZL2.0

Rico RPP Duo

14

15

Kein Bild vorhanden

Ritec FW 150L

IPEK Rovion

Gejos PIC 6.0

IBAK Orion/Orion L

16

17

18

Auflösung

< 600x600 Pixel

> 600x600 Pixel

2 Punkt Laser

JA

NEIN

Ortungssonde

NEIN

JA

Zoom

10 fach

3 fach

IBAK Orpherus

Riezler FWL-150

IBAK Argus 5

JT-elektronik Mini-Rota

Kummert F-200

Camtronics Inspector ZRK70

IBAK Polaris

IPEK Agilios

9

10

11

12

Keine Angabe der Auflösung

< 700x700 Pixel

> 700x700 Pixel

Zoom

NEIN

10 fach

IBAK Juno

Camtronics Inspector 48

Gejos PIC 5.5

JT-elektronik Lindauer Birne

Ortungssonde

NEIN

IBAK Cerberus

Ridgid Micro CA-100

Gerotec G3237

Gerotec G3250

Gerotec VIVAX

Gerotec Scan Scope

IBAK Hydrus

Camtronics Inspector 36

IBAK Retrus

3

4

Laser

IBAK Cerberus

Ridgid Micro CA-100

Gerotec G3237

Gerotec G3250

Gerotec VIVAX

Gerotec Scan Scope

IBAK Hydrus

Camtronics Inspector 36

IBAK Retrus

1

2

3

4

Indirekte Inspektion

NEIN

DN: begehbar

JA

Direkte Inspektion

Überblick

Reinigung

Überblicksart

Hydraulischer Überblick

Grober baulicher/betrieblicher Überblick

Durchschauen

Spiegel

Elekt. Spiegel

Auflösung

HD 1920x1080

< 1920x1080

IPEK QuickView

Ritec Schächtkamera

MesSen Nord STV - 3

JT-elektronik Fast picture

IPEK QuickViewX

Detailierte Zustandserfassung

Rohrmaterial dunkel

NEIN

JA

Ei- Profil

NEIN

JA

Wiederholungs-befahrungen

NEIN

JA

TV

Scan

DN

> 150

< 150

Schiebekameras

Zoom

NEIN

10 fach

Ritec 2020

JT-elektronik Rota RZL

5

6

7