

RENTABILITÄTSANALYSE / DYNAMISCHE KOSTENVERGLEICHSRECHNUNG

„UMSETZUNG VON VOR SORGE MAßNAHMEN IN NIEDERÖSTERREICH“

ENDBERICHT - ANONYMISIERT

Auftraggeber

Amt der Niederösterreichischen Landesregierung
Abteilung Siedlungswasserwirtschaft
Landhausplatz 1
3109 St. Pölten



erstellt durch die ARGE

Institut für Siedlungswasserbau, Industrierwasserwirtschaft und
Gewässerschutz der Universität für Bodenkultur Wien
Muthgasse 18, 1190 Wien
Tel.: 01 / 47654 5812
E-Mail: thomas.ertl@boku.ac.at



Lugitsch und Partner Ziviltechniker GmbH
Landstraßer Hauptstraße 75-77/2/11, 1030 Wien
Tel.: 0664 / 967 6681
E-Mail: plihal@zt.lugitsch.at



NÖ. Gemeinde Beratungs & SteuerberatungsgesmbH
Neue Herrengasse 10/4, 3100 St. Pölten
Tel.: 02742 / 321 86
E-Mail: office@noegbg.at



Quantum Institut für
betriebswirtschaftliche Beratung GmbH
9020 Klagenfurt a. W., St. Veiter Straße 1
Tel.: 0463 / 32 612-0
E-Mail: office@quantum-gmbh.at



INHALTSVERZEICHNIS

1. Allgemeines.....	1
1.1 Auftrag und Inhalt der Expertise	1
1.2 Verwendete Unterlagen und Basisdaten.....	3
2. Technische Grundlagen	4
2.1 Schäden an der Kanalisation	4
2.2 Früherkennung von Kanalschäden	5
2.3 Kanalsanierung.....	6
3. Methodik.....	8
3.1 technischer / wissenschaftlicher Ansatz	10
3.2 wirtschaftlicher Ansatz.....	25
3.2.1 Ergebnisse der SK3 Untersuchung als Ausgangsdaten für die Folgekostenermittlung	25
3.2.2 Zusammenführung der Daten aus der SK3 Untersuchung mit den Daten der Kosten- und Leistungsrechnung.....	26
3.2.3 Anpassung der tRND und AfA durch SK3 Schäden – Quantifizierung des Schadens.....	28
3.2.4 Ermittlung der Folgekosten – Wirkung der Umsetzung von VOR SORGE Maßnahmen	29
3.3 Methodik der Rentabilitätsanalyse anhand eines Beispiels	31
3.3.1 Ausgangssituation	31
3.3.2 Auswirkungen durch verkürzte technische Restnutzungsdauer	32
3.3.3 Beschreibung der Detailvarianten	34
3.3.4 Berechnung der Detailvarianten.....	36
3.3.4.1 Erneuerung nach Ablauf der tRND.....	36
3.3.4.2 Reparatur.....	38
3.3.4.3 Renovierung	41
3.3.4.4 Erneuerung.....	44
3.3.5 Vergleich der Varianten	46
4. Rentabilitätsanalyse – dynamische Kostenvergleichsrechnung.....	47
4.1 Übersicht Detailvarianten.....	47
4.2 Gemeinde 1	49
4.2.1 Quantifizierung der SK3 Schäden	49

4.2.2	Ergebnisse der Rentabilitätsanalyse - Maßnahmenbarwerte	49
4.2.3	Vorgezogene Sanierungsmaßnahmen - betriebswirtschaftliche Sicht.....	51
4.2.4	Erforderliche Investitionskosten bei Auslaufen der tRND	53
4.3	Gemeinde 2	55
4.3.1	Quantifizierung der SK3 Schäden	55
4.3.2	Ergebnisse der Rentabilitätsanalyse - Maßnahmenbarwerte	55
4.3.3	Vorgezogene Sanierungsmaßnahmen - betriebswirtschaftliche Sicht.....	56
4.3.4	Erforderliche Investitionskosten bei Auslaufen der tRND	58
4.4	Gemeinde 3	60
4.4.1	Quantifizierung der SK3 Schäden	60
4.4.2	Ergebnisse der Rentabilitätsanalyse - Maßnahmenbarwerte	60
4.4.3	Vorgezogene Sanierungsmaßnahmen - betriebswirtschaftliche Sicht.....	61
4.4.4	Erforderliche Investitionskosten bei Auslaufen der tRND	63
4.5	Gemeinde 4	65
4.5.1	Quantifizierung der SK3 Schäden	65
4.5.2	Ergebnisse der Rentabilitätsanalyse - Maßnahmenbarwerte	65
4.5.3	Vorgezogene Sanierungsmaßnahmen - betriebswirtschaftliche Sicht.....	66
4.5.4	Erforderliche Investitionskosten bei Auslaufen der tRND	69
5.	<i>Diskussion und Interpretation</i>	71
5.1	Gemeinde 1	73
5.2	Gemeinde 2	77
5.3	Gemeinde 3	78
5.4	Gemeinde 4	79
6.	<i>Executive Summary.....</i>	81
7.	<i>Ausblick.....</i>	87
8.	<i>Literatur und Quellenangabe</i>	89

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1:	Sanierungsverfahren (ATV-DVWK-M 143-4, 2004).....	6
Abbildung 2:	Abbau des Abnutzungsvorrats und Schaffung eines neuen Soll- Zustandes durch die Schadensbehebung (STEIN, 1998; zit. bei ERTL und FESSL, 2001)	7
Abbildung 3:	Alter und Rohrmaterial der untersuchten Haltungen von den jeweiligen Kanalisationsunternehmen (lfm)	11
Abbildung 4:	automatische / manuelle Zustandsklassenverteilung (lfm)	12
Abbildung 5:	Detailanalyse zur automatischen bzw. manuellen Zustandsklassenverteilung.....	13
Abbildung 6:	Datenauswertung nach Entstehungsphase von Bauschäden.....	15
Abbildung 7:	Längsriss – keine eindeutige Zuordnung hinsichtlich zeitlicher Veränderung.....	16
Abbildung 8:	Zeitliche Veränderung von Zuständen – Beispiel: Riss in der Haltung.....	18
Abbildung 9:	Vergleich einer doppelt inspizierten Haltung (links: Inspektion 1999, rechts: Inspektion 2010).....	19
Abbildung 10:	Verteilung der Zustände nach zeitlicher Veränderung.....	20
Abbildung 11:	Verteilung der Zustände nach zeitlicher Veränderung / Auswertung über alle Bauabschnitte	21
Abbildung 12:	Verteilung der Zustände nach zeitlicher Veränderung / Auswertung nach Schadensklasse (n = 9008).....	22
Abbildung 13:	Übersicht der ausgewerteten Datensätze bzw. Haltungen	71
Abbildung 14:	Anzahl der Haltungen für die wirtschaftliche Betrachtung	72
Abbildung 15:	Auswertung der durchschnittlichen Anzahl der Schäden pro Haltung sowie der durchschnittlichen tRND pro Haltung nach unter- schiedlichen Bauabschnitten und Kanalisationsunternehmen.....	73
Abbildung 16:	Gemeinde 1 – Gegenüberstellung von „Renovierungskosten / Reparaturkosten“ und „Erneuerungskosten / Reparaturkosten“ sowie Anzahl der Schäden pro lfm.....	74
Abbildung 17:	Gemeinde 2 – Gegenüberstellung „Renovierungskosten / Reparaturkosten“ und „Erneuerungskosten / Reparaturkosten“ sowie Darstellung Anzahl der Schäden pro lfm	78
Abbildung 18:	Gemeinde 3 – Gegenüberstellung „Renovierungskosten / Reparaturkosten“ und „Erneuerungskosten / Reparaturkosten“ sowie Anzahl der Schäden pro lfm.....	79

Abbildung 19: Gemeinde 4 – Gegenüberstellung „Renovierungskosten /
Reparaturkosten“ und „Erneuerungskosten / Reparaturkosten“ sowie
Anzahl der Schäden pro lfm..... 80

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1:	Zustandsverteilung nach ISYBAU 2001 je Altersklasse (N = 8.998)	14
Tabelle 2:	Einteilung der Zustände nach zeitlicher Veränderung.....	16
Tabelle 3:	Technische Restnutzungsdauer (tRND) von Haltungen in Abhängigkeit von Schadensklasse, zeitlicher Veränderung des Zustandes und Rohrmaterial.....	23
Tabelle 4:	Ausschnitt Ergebnistabelle zu Kostenschätzungen der untersuchten Haltungen.....	24
Tabelle 5:	Anlagenspiegel Gemeinde 1.....	27
Tabelle 6:	Anlagenspiegel Gemeinde 2.....	27
Tabelle 7:	Anlagenspiegel Gemeinde 3.....	27
Tabelle 8:	Anlagenspiegel Gemeinde 4.....	28
Tabelle 9:	beispielhafter Auszug aus der technischen Basisdatei	31
Tabelle 10:	Auszug aus der Kosten- und Leistungsrechnung für den Baujahrsabschnitt 1985-1989.....	31
Tabelle 11:	Restbuchwert Anteil SK3.....	32
Tabelle 12:	Haltungen mit SK3 Schäden, technische Restnutzungsdauer	33
Tabelle 13:	Ergebnis gewichtete tRND für 1985-1989	33
Tabelle 14:	Auswirkung der verkürzten tRND für BA 02, 85-89.....	34
Tabelle 15:	Barwertberechnung für Variante I – BA 02, 85-89	36
Tabelle 16:	Barwerte für Folgekosten der Variante I – BA 02, 85-89.....	37
Tabelle 17:	Auszug aus techn. Basisdatei mit tRND und Investitionskosten – BA 02, 85-89	38
Tabelle 18:	Berechnung RBW und tRND für Variante II (Reparatur)	39
Tabelle 19:	Kopfdaten Folgekostenberechnung Variante II (Reparatur)	40
Tabelle 20:	indexierte Investitionskosten Erneuerung Variante II (Reparatur)	40
Tabelle 21:	Barwerte für Folgekosten der Variante II – BA 02, 85-89.....	41
Tabelle 22:	Berechnung RBW und tRND für Variante III (Renovierung).....	41
Tabelle 23:	Kopfdaten Folgekostenberechnung Variante III (Renovierung).....	42
Tabelle 24:	indexierte Investitionskosten Erneuerung Variante III (Renovierung).....	43
Tabelle 25:	Barwerte für Folgekosten der Variante III – BA 02, 85-89.....	43

Tabelle 26: Berechnung RBW und tRND für Variante IV (Erneuerung).....	44
Tabelle 27: Kopfdaten Folgekostenberechnung Variante IV (Erneuerung).....	45
Tabelle 28: Barwerte für Folgekosten der Variante I – BA 02, 85-89.....	45
Tabelle 29: Vergleich der Barwerte (AfA und Zinsen) der VOR Sorge-Varianten	46
Tabelle 30: barwertmäßige Folgekostensparnis bei Reparatur im Umsetzungsjahr 2016	46
Tabelle 31: Kalkulatorische AfA SK3 Haltungen – Gemeinde 1	49
Tabelle 32: Maßnahmenbarwerte (AfA und Zinsen) der Sanierungsvarianten – Gemeinde 1.....	50
Tabelle 33: Ergebnisse aus betriebswirtschaftlicher Sicht – Gemeinde 1.....	52
Tabelle 34: Investitionskosten Erneuerung (bei Auslaufen der tRND) – Gemeinde 1.....	54
Tabelle 35: Kalkulatorische AfA SK3 Haltungen – Gemeinde 2	55
Tabelle 36: Maßnahmenbarwerte (AfA und Zinsen) der Sanierungsvarianten – Gemeinde 2.....	56
Tabelle 37: Ergebnisse aus betriebswirtschaftlicher Sicht – Gemeinde 2.....	57
Tabelle 38: Investitionskosten Erneuerung (bei Auslaufen der tRND) – Gemeinde 2.....	59
Tabelle 39: Kalkulatorische AfA SK3 Haltungen – Gemeinde 3	60
Tabelle 40: Maßnahmenbarwerte (AfA und Zinsen) der Sanierungsvarianten – Gemeinde 3.....	61
Tabelle 41: Ergebnisse aus betriebswirtschaftlicher Sicht – Gemeinde 3.....	62
Tabelle 42: Investitionskosten Erneuerung (bei Auslaufen der tRND) – Gemeinde 3.....	64
Tabelle 43: Kalkulatorische AfA SK3 Haltungen – Gemeinde 4	65
Tabelle 44: Maßnahmenbarwerte (AfA und Zinsen) der Sanierungsvarianten – Gemeinde 4.....	66
Tabelle 45: Ergebnisse aus betriebswirtschaftlicher Sicht – Gemeinde 4.....	68
Tabelle 46: Investitionskosten Erneuerung (bei Auslaufen der tRND) – Gemeinde 4.....	70
Tabelle 47: Auflistung der 15 dokumentierten Schäden	75
Tabelle 48: Auflistung der 3 dokumentierten Schäden	75
Tabelle 49: Auflistung der zwei Haltungen aus BA 11 inkl. der dokumentierten Schäden.....	76
Tabelle 50: Auflistung der zwei Haltungen aus BA 04 inkl. der dokumentierten Schäden.....	77

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

AfA	Absetzung für Abnutzung (Wertminderung von Anlagevermögen)
Altbest.	Altbestand
ATV-DVWK-M	ATV-DVWK-Merkblätter
AZ	Asbestzement
BA	Bauabschnitt
B	Beton
BMLFUW	Bundesministerium für Land- u. Forstwirtschaft, Umwelt u. Wasserwirtschaft
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
BOKU	Universität für Bodenkultur Wien
DMP	Deckelmittelpunkt
DWA	Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.
FZ	Faserzement
FH	Fachhochschule
GFK	Glasfaserverstärkter Kunststoff
GGG	Grauguss
KU	Kanalisationsunternehmen
KVR	Kostenvergleichsrechnung
lfm	Laufmeter
ND	Nutzungsdauer
NÖ GBG	NÖ. Gemeinde Beratungs und SteuerberatungsgesmbH
OB	Ortbeton
ÖWAV RB 22	Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband Regelblatt – Betrieb von Kanalisationen
PE	Polyethylen
PP	Polypropylen
PVC	Polyvinylchlorid
RND	Restnutzungsdauer
SB	Spannbeton
SK3	Schaden der Schadensklasse
STZ	Steinzeug
tRND	technische Restnutzungsdauer

Begriffsbestimmungen

Die unten angeführten Begriffe werden nach ERTL, FESSL (2001), DWA – M 149-3 (2007), Arbeitshilfen Abwasser (BMVI, 2006), EN 752 (2008), DIN 31051 und DWA-A 133 (2005) wie folgt definiert:

Abnutzungsvorrat: Vorrat der möglichen Funktionserfüllungen unter festgelegten Bedingungen, die einer Betrachtungseinheit auf Grund der Herstellung oder auf Grund der Wiederherstellung durch Schadensbehebung innewohnt.

AfA: Unter dem Begriff Absetzung für Abnutzung (AfA) wird die Erfassung der nutzungsbedingten jährlichen Wertminderung einzelner Wirtschaftsgüter des Anlagevermögens verstanden.

Anlagenspiegel: Im Anlagenspiegel werden die einzelnen Wirtschaftsgüter (z.B. Kanalisationsanlagen, Kläranlagen, Verwaltungsgebäude, Pumpwerke, maschinelle Anlagen etc.) mit ihren Anschaffungskosten und Anschaffungszeitpunkten erfasst. Die jährliche Wertminderung - Absetzung für Abnutzung - mindert den ursprünglichen Anschaffungswert und ergibt den sogenannten Buchwert am Ende eines Wirtschaftsjahres. Dem Anlagenspiegel ist somit der Wert (Buchwert) der Wirtschaftsgüter und der jährliche Wertminderungsbetrag auf Grund der Nutzung (AfA) zu entnehmen.

Anpassungsphase: Lebenszyklusphase des Kanals, indem die Anpassung an den Stand der Technik erfolgt (Funktionsanpassungen).

Barwert: Gegenwärtiger Wert zukünftiger Zahlungen (Cashflows) unter Annahme einer bestimmten Verzinsung. Durch die Ermittlung des Barwertes werden Zahlungen, die zu unterschiedlichen Zeitpunkten entstehen, vergleichbar gemacht.

Dynamische Kostenvergleichsrechnung: Ein standardisiertes, wissenschaftlich abgesichertes (Investitions-)Bewertungsverfahren, für qualitätsgesicherte Wirtschaftlichkeitsberechnungen in der wasserwirtschaftlichen Praxis.

Erneuerung: Herstellung neuer Abwasserleitungen und -kanäle in der bisherigen oder einer anderen Linienführung, wobei die neuen Anlagen die Funktion der ursprünglichen Abwasserleitungen und -kanäle einbeziehen

Haltung: Strecke eines Abwasserkanals zwischen zwei Schächten und/oder Sonderbauwerken.

Instandhaltung: Maßnahmen zur Bewahrung und Wiederherstellung des Sollzustandes sowie zur Feststellung und Beurteilung des Istzustandes von technischen Mitteln eines Systems.

Investitionsinduziert: In Abhängigkeit der durchgeführten Investitionen bzw. des angenommenen Investitionsvolumens.

IST-Zustand: Der zu einem gegebenen Zeitpunkt festgestellte Zustand eines Bauwerks oder der einzelnen Teile.

Kostenvergleichsrechnung: Statisches Verfahren der Investitionsrechnung basierend auf Kosten einer (Planungs-)Periode.

Leistungsrechnung: Eine Erlösrechnung (Gebührenrechnung), für die erstellten und bewerteten Produkte (Leistungen).

Nutzungsdauer (technisch): Zeitraum, in dem ein Wirtschaftsgut durch geeignete Instandhaltungsmaßnahmen in Betrieb gehalten werden kann.

Nutzungsdauer (wirtschaftlich): Zeitraum, in dem die für die Instandhaltung anfallenden Kosten den Nutzen einer Erneuerung noch nicht übersteigen.

Renovierung: Maßnahmen zur Verbesserung der aktuellen Funktionsfähigkeit von Abwasserleitungen und -kanälen unter vollständiger oder teilweiser Einbeziehung ihrer ursprünglichen Substanz.

Reparatur: Maßnahmen zur Behebung örtlich begrenzter Schäden.

Restbuchwert: Restbuchwert (früher auch als Buchrestwert bezeichnet) ist der Betrag, mit dem ein Vermögensgegenstand im Anlagennachweis oder in der Vermögensrechnung geführt wird. Er gibt an, welcher Anteil des Wertes noch nicht abgeschrieben ist. Er muss nicht mit dem Verkehrs- oder Verkaufswert übereinstimmen. Er kann nach folgender Formel berechnet werden:

$$\text{Restbuchwert} = \frac{\text{AHK} \times \text{Restnutzungsdauer}}{\text{Nutzungsdauer}}$$

AHK = Anschaffungs- bzw. Herstellungskosten

Abgeschriebene und außer Betrieb genommene Gegenstände sind in der Regel mit einem Restbuchwert von EUR 1,00 („Erinnerungswert“) anzusetzen.

Restnutzungsdauer: Ab dem Betrachtungszeitpunkt noch verbleibender Zeitraum bis zum Ende der Nutzungsdauer (Nutzungsdauer abzüglich Alter).

Sanierung: Alle Maßnahmen zur Wiederherstellung oder Verbesserung von vorhandenen Entwässerungssystemen.

Schaden: Im Sinne der Instandhaltung ist ein Schaden der Zustand, der eine im Hinblick auf die Verwendung unzulässige Beeinträchtigung der Funktionsfähigkeit bedingt oder erwarten lässt.

Schadensklasse: Die Schadensklasse/Zustandsklasse ist ein Maßstab zur Einordnung des baulichen und betrieblichen Zustandes einer Entwässerungsanlage (Kanäle, Schächte und Bauwerke). Dies ergibt sich aus den Erkenntnissen der Inspektion des Entwässerungssystems.

SOLL-Zustand: Der für den jeweiligen Fall geforderte Zustand eines Bauwerks oder einzelner Teile.

Wartung: Maßnahmen zur Bewahrung der Funktionsfähigkeit von Anlagen.

Zustandserfassung (baulich/betrieblich): Maßnahmen zur Feststellung und Beurteilung des baulichen/betrieblichen, hydraulischen und umweltrelevanten Ist-Zustandes von Entwässerungssystemen..

Zustandsklassifizierung (baulich/betrieblich): Zustandsklassifizierung ist die Einstufung der Ergebnisse der Inspektion durch Vergleich mit den gestellten Anforderungen.

Soweit in dieser Rentabilitätsanalyse personenbezogene Bezeichnungen nur in weiblicher oder männlicher Form angeführt sind, beziehen sie sich auf Männer und Frauen in der gleichen Weise.

1. ALLGEMEINES

1.1 Auftrag und Inhalt der Expertise

Laut Ministerium für ein lebenswertes Österreich sind „mehr als 90 Prozent aller Haushalte in Österreich an das öffentliche Trink- und Abwassernetz angeschlossen. Sie vertrauen täglich darauf, dass das Trinkwasser sauber ist und die Abwasserentsorgung verlässlich funktioniert.“

Für den Auf- und Ausbau der Netze wurden in den letzten Jahrzehnten rund 55 Milliarden Euro investiert. Diese Werte müssen langfristig und auf hohem Niveau gesichert werden.

Leitungen, die teilweise bereits vor 50 bis 60 Jahren errichtet wurden, müssen in den nächsten Jahren erneuert oder saniert werden. Die Systeme wollen gepflegt und erhalten werden, aber auch die zukünftige Finanzierung der Netze muss gesichert sein.“

Zur Unterstützung der Pflege und Erhaltung der Anlagenwerte stellt die österreichweite Initiative VOR SORGEN technisches Wissen über das Prüfen, Sanieren und Erhalten der Abwasser- und Trinkwassersysteme auf breiter Basis zur Verfügung. Es steht diesbezüglich für Betreiber von Abwasser- und Trinkwassernetzen auch ein praktisches Online-Tool zur Berechnung des Zustandes und des Reinvestitionsbedarfes für das Leitungsnetz für die kommenden 10 Jahre zur Verfügung.

Die Initiative VOR SORGEN wird über bundesländerweite Informationsveranstaltungen unterstützt, um die Notwendigkeit der Anlagenpflege und Anlagenerhaltung auf breiter Basis bewusst zu machen.

Das **Projektteam** – Institut für Siedlungswasserbau, Industrierwasserwirtschaft und Gewässerschutz der Universität für Bodenkultur Wien (im Folgenden BOKU), Lugitsch und Partner Ziviltechniker GmbH, NÖ. Gemeinde Beratungs- & SteuerberatungsgesmbH (im Folgenden NÖ GBG), Quantum Institut für betriebswirtschaftliche Beratung GmbH (im Folgenden Quantum) – wurde von der Niederösterreichischen Landesregierung, Abteilung Siedlungswasserwirtschaft

beauftragt, eine **Rentabilitätsanalyse über die Umsetzung von VOR SORGE Maßnahmen in Niederösterreich** zu erstellen.

Die Rentabilitätsanalyse – basierend auf einer technischen Zustandsanalyse der Anlagen und einer darauf aufbauenden dynamischen Kostenvergleichsrechnung unterschiedlicher Sanierungsmaßnahmen – soll fundierte Entscheidungsgrundlagen zur Umsetzung von VOR SORGE Maßnahmen der Abwasserentsorgungsnetze in Niederösterreich zur Verfügung stellen, um hohe zukünftige Folgekosten und Gebührensteigerungen zu vermeiden.

Die gegenständliche Rentabilitätsanalyse umfasst daher folgende Inhalte:

Für VOR SORGE Maßnahmen, die zur Verlängerung der technischen Nutzungsdauer einer Anlage und zur Vermeidung von hohen verspäteten Re-Investitionskosten führen, sollen Informationen aufbereitet und Anreize geschaffen werden, um frühzeitige VOR SORGE Umsetzung zu initiieren.

Diesbezüglich wurden die Abwasserentsorgungsnetze repräsentativer Niederösterreichischer Pilotgemeinden anhand des bestehenden VOR SORGE Tools und konkreter wirtschaftlicher und technischer Basisdaten praxisnahe evaluiert und Folgekosten-/Folgelastenmodelle simuliert.

Die Ergebnisse der Folgekosten-/Folgelastenmodelle zeigen die wirtschaftliche Vorteilhaftigkeit von frühzeitigen bzw. vorgezogenen individuellen Sanierungsmaßnahmen (Reparatur-, Renovierungs- oder Erneuerungsmaßnahmen) auf. Diesbezüglich wurden Rentabilitätsanalysen erstellt und Barwertberechnungen durchgeführt.

Die zu untersuchenden VOR SORGE Maßnahmen beziehen sich ausschließlich auf die Schäden der Schadensklasse 3 nach ISYBAU 2001. Schäden der Schadensklassen 4 und 5 sind ohnehin kurzfristig zu beheben. Schäden der Schadensklasse 1 und 2 sind zu beobachten, es sind jedoch noch keine technischen Sanierungsmaßnahmen kurz- bzw. mittelfristig notwendig.

Lediglich die Schäden der Schadensklasse 3 können und sollen vorsorglich behoben werden, um die technische Nutzungsdauer zu verlängern und hohe Folgekosten zu vermeiden.

Die Untersuchungen erfolgten detailliert auf Ebene der einzelnen Haltungen und wurden hinsichtlich ihrer Auswertbarkeit den einzelnen Bauabschnitten im Anlagenspiegel der jeweiligen Gemeinden zugeordnet.

Die Untersuchungs- und Rentabilitätsergebnisse dienen einerseits den Gemeinden als Entscheidungsgrundlage für die zukünftige Sanierungsplanung im Bereich der Abwasserentsorgungsnetze. Sie dienen andererseits den Förderstellen und Aufsichtsbehörden als Grundlage für die zukünftige Ausrichtung von Steuerungs- und Fördermaßnahmen zum entsprechenden Erhalt der derzeitigen Infrastrukturanlagen und zur Vermeidung von hohen Folgekosten durch Missachtung notwendiger VOR SORGE Maßnahmen.

1.2 Verwendete Unterlagen und Basisdaten

Zur Erstellung der gegenständlichen Rentabilitätsanalyse wurden nachfolgende **Unterlagen und Basisdaten** verwendet.

- ⇒ VOR SORGE Auswertungen für die vier Pilotgemeinden: erstellt durch die Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Siedlungswasserbau, Industrierwasserwirtschaft und Gewässerschutz und dem Ingenieurbüro Lugitsch und Partner Ziviltechniker GmbH;
- ⇒ Kosten- und Leistungsrechnungen für die Abwasserentsorgung der vier Pilotgemeinden: erstellt durch die Niederösterreichische Landesregierung;
- ⇒ Untersuchungen zu Sanierungsstrategien von Abwasserkanalnetzen und deren Auswirkungen auf Wertentwicklung und Abwassergebühren, Dissertation Dr.-Ing. Martin Wolf, Institution für Wasserwesen der Universität der Bundeswehr München, 2006;
- ⇒ Praktische Kostenvergleichsrechnung von Sanierungsvorhaben nach KVR-Leitlinie; Leitlinien zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen (KVR-Leitlinien), 8. Überarbeitete Auflage, DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., Juli 2012;
- ⇒ Multikriterielle Optimierung der Sanierungsplanung von Entwässerungsnetzen; Dissertation Dipl.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. (FH) Christian Peter Ochs; Technische Universität Kaiserslautern, 2012.

2. TECHNISCHE GRUNDLAGEN

Im überarbeiteten ÖWAV RB 22 (2015) wird verstärkt darauf hingewiesen, den Kanalbetrieb bedarfsorientiert zu betreiben, um damit den Werterhalt von Kanalisationsanlagen sicherzustellen.

Ein bedarfsorientierter Kanalbetrieb lässt sich durch kontinuierliche Erfassung des Zustandes in der Kanalisation erreichen. Laut Plihal und Ertl (2013) entstehen rund 60 - 70 % der im Kanal vorgefundenen Schäden bereits in der Bauphase. Weitere Ursachen von baulichen Schäden können auf statische und dynamische Belastung (z. B. Verkehr), Abwasserqualität bzw. auf Produktionsfehler am Rohrwerkstoff zurückgeführt werden.

2.1 Schäden an der Kanalisation

Schäden aufgrund mangelhafter Bauausführung:

„Der Grundstein für den Großteil der später auftretenden Schäden wird bereits während des Baues gelegt. Die weiteren Entwicklungen werden maßgeblich durch die Qualität der Bauausführung bzw. auch der begleitenden Baukontrolle beeinflusst. Ein fachgerecht hergestellter Kanal wird, vorausgesetzt er wurde korrekt geplant, über die gesamte Lebensdauer nur ein Minimum an Instandhaltung benötigen.“

Die häufigsten durch mangelhafte Ausführung bedingten Schäden sind:

- *mangelnde Tragfähigkeit des Untergrunds - Querrisse*
- *falsche oder unsachgemäß hergestellte Bettung – Querrisse*
- *Verlegefehler - Spalt, einragende Dichtung*
- *unsachgemäße Verdichtung - Ausbiegung, Rissbildung, Scherbenbildung, Verformung*
- *Nicht fachgerechter Stützeinbau - fehlerhafte Stützen, Risse, Scherben*
- *Materialmängel – Inkrustation“ (BMLFUW, 2012)*

Schäden aufgrund der Abwasserqualität:

„Durch die Einleitung aggressiver Wässer durch Gewerbe und Industrie kann es zu Korrosionserscheinungen am Kanal kommen. Betroffen sind wie bei der biogenen Schwefelsäurekorrosion vorwiegend zementgebundene Baustoffe. Das Erscheinungsbild der Korrosionsschäden unterscheidet sich aber wesentlich: Sind aggressive Wässer verantwortlich, so finden sich die Schäden unterhalb

der Abwasseroberfläche. Reicht der Wasserspiegel bei Vollfüllung bis zum Scheitel, so können sie im gesamten Umfang auftreten.“ (BMLFUW, 2012)

Schäden durch die Kanalreinigung:

„Ziel der Hochdruckreinigung im Kanal ist es, an der Rohrwandung anhaftende Teilchen abzulösen und gemeinsam mit den auf der Sohle befindlichen Ablagerungen aus dem Kanalsystem zu spülen. Fehler beim Einsatz der Hochdrucktechnik können aber zu Schäden an den Rohren führen. Sind die Rohre schon im Voraus geschädigt, kann es durch zu hohen Druck zu einer Verschlechterung der Situation kommen. Die Hochdruckwasserstrahlen können ganze Scherben aus dem System reißen und in weiterer Folge kann der dahinterliegende Boden eingespült werden. Auch bei intakten Systemen kann es bei zu hohem Spüldruck zu Schädigungen kommen.

Bei der Hochdruckreinigung gibt es drei Ursachen für Rohrverschleiß:

- *das Gleiten des Schlauches und der Düse über die Sohle,*
- *der Aufprall des Wasserstrahles und von Feststoffen an die Wand und*
- *der Abtransport der Ablagerungen im Kanal;“ (BMLFUW, 2012)*

Auch der Einsatz falscher Reinigungsdüsen kann zu Schäden an der Kanalisation führen.

2.2 Früherkennung von Kanalschäden

„Um Schäden in der Bau-, Betriebs- oder Anpassungsphase zu vermeiden bzw. frühzeitig zu erkennen, ist eine Erfassung des Ist-Zustandes des Kanals erforderlich. Eine einfache und schnelle Methode ist die Inspektion mittels elektronischem Spiegel (Schacht-Zoom-Kamera).

Der nachhaltige Betrieb und die Instandhaltung von Kanälen erfordert regelmäßige Informationen über den baulichen, betrieblichen, hydraulischen und umweltrelevanten Zustand des Kanalsystems. „Denn nur bei guter Kenntnis des Bestandes und Zustandes der Netze können allenfalls erforderliche Sanierungsmaßnahmen gezielt nach Prioritäten geplant und eine langfristige Sicherstellung der Funktionsfähigkeit gewährleistet werden.“ (ERTL und FUCHS, 2003). Dafür sind jedoch regelmäßige Kontrollen erforderlich. Die Zustandserfassung des Kanals wird heute entweder direkt durch Begehung oder indirekt, z.B. mittels TV-Inspektionen, durchgeführt. Die TV-Inspektion liefert bei fachgerechter Durchführung sehr gute bauliche und betriebliche Informationen über den Kanal.“ (BMLFUW, 2012)

2.3 Kanalsanierung

Unabhängig von der Ursache baulicher Schäden an der Kanalisation sind diese zu sanieren. Abbildung 1 zeigt eine Übersicht der verschiedenen Sanierungsverfahren.

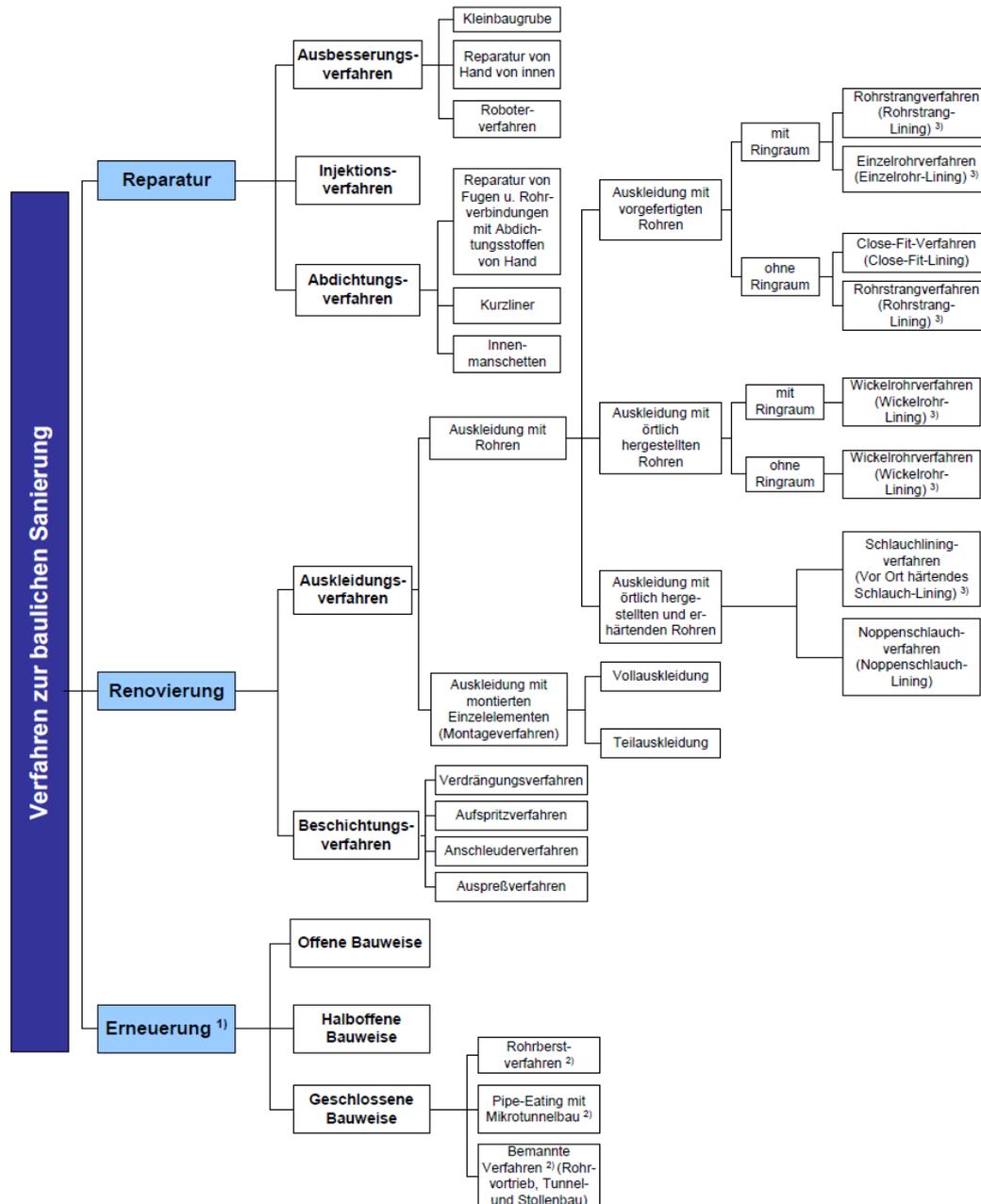


Abbildung 1: Sanierungsverfahren (ATV-DVWK-M 143-4, 2004)

Erreicht der Ist-Zustand des Kanals eine definierte Schadensgrenze, so ist dieser durch Sanierungsmaßnahmen wieder auf den Soll-Zustand anzuheben. Abbildung 2 zeigt den möglichen Verlauf der Kanalzustandsänderung über die Nutzungsdauer.

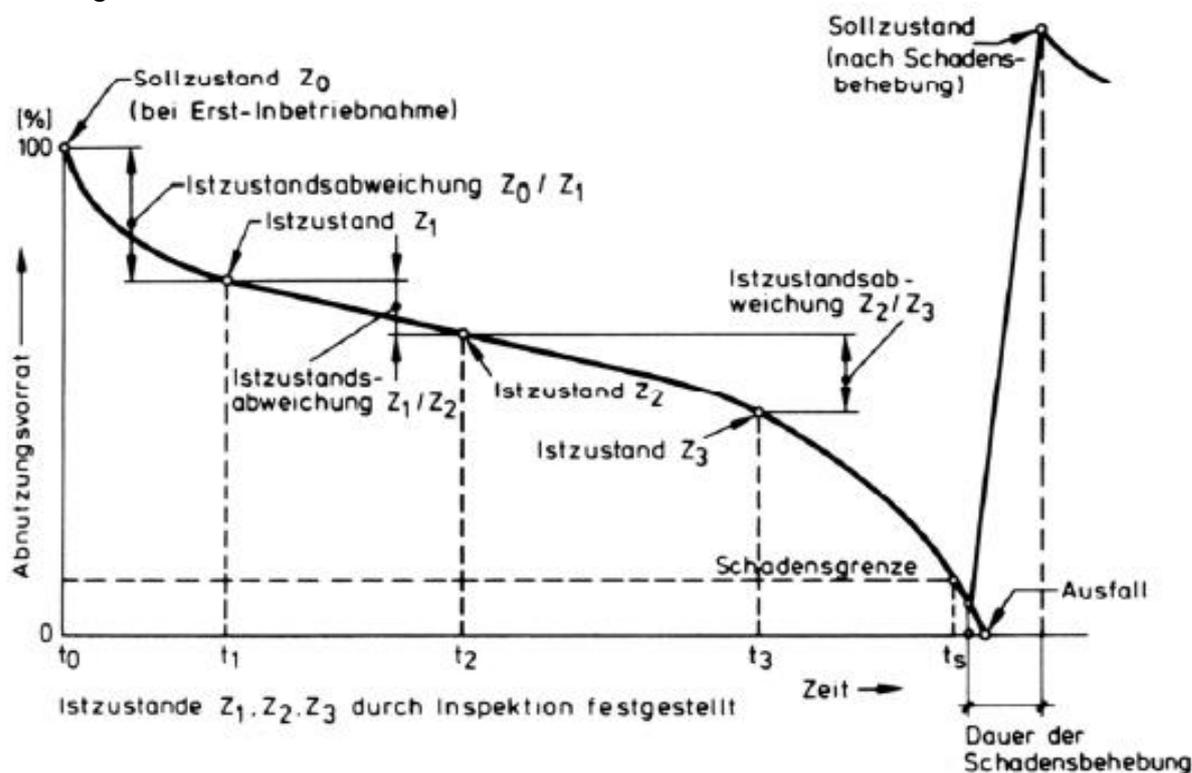


Abbildung 2: Abbau des Abnutzungsvorrats und Schaffung eines neuen Soll-Zustandes durch die Schadensbehebung (STEIN, 1998; zit. bei ERTL und FESSL, 2001)

Hier geht man jedoch davon aus, dass der Kanal bis kurz vor Ende der technischen Restnutzungsdauer betrieben wird. In der Praxis wird der Kanal jedoch oft schon wesentlich früher saniert.

Bei der Sanierungsplanung werden zumeist Schäden der Schadenklassen 4 und 5 (nach ISYBAU Zustandsklassifizierung) herangezogen. Schäden der Schadenklasse 3 werden zumeist mitbetrachtet und, wenn eine Sanierungsbaustelle in der Nähe ist, ebenfalls mitberücksichtigt.

Im Rahmen des VOR SORGE Projektes wurde versucht, den günstigsten Zeitpunkt für eine Kanalsanierung zu ermitteln.

3. METHODIK

Die Kalkulationsgrundlagen, Prämissen und technischen Annahmen für die Rentabilitätsberechnungen sind mit den wissenschaftlichen (BOKU) und technischen Partnern (Ziviltechniker) der VOR SORGE Initiative sowie mit dem für die betriebswirtschaftlichen Belange zuständigen Partnern (Quantum und NÖ GBG) und den Vertretern des Auftraggebers abgestimmt.

Das Projekt wurde anhand der technischen und wirtschaftlichen Detaildaten der folgenden vier Niederösterreichischen Gemeinden (Pilotgemeinden) erstellt:

- ⇒ Gemeinde 1
- ⇒ Gemeinde 2
- ⇒ Gemeinde 3
- ⇒ Gemeinde 4

Die dem Projekt zugrundeliegenden Folgekostenermittlungen bauen auf den Kosten- und Leistungsrechnungen auf, welche die NÖ Landesregierung, Abteilung Siedlungswasserwirtschaft für die Pilotgemeinden erstellt hat.

Das Projekt „Umsetzung von VOR SORGE Maßnahmen in NÖ“ wurde in zahlreichen Sitzungen mit den Vertretern des Auftraggebers, den Auftragnehmern Quantum / NÖ GBG, BOKU und dem Ingenieurbüro Lugitsch und Partner Ziviltechniker GmbH unter Beisein von Vertretern des Lebensministeriums (Abteilung Wasserwirtschaft) abgestimmt.

Schritte der Projektumsetzung:

- ⇒ Abstimmung der Datengrundlagen mit dem Auftraggeber – Grund-Tool-VOR SORGE.
- ⇒ Erfassung / Aufbereitung der kostenrelevanten Ausgangsdaten (NÖ Kosten- und Leistungsrechnung) für Pilotgemeinden und Zuordnung der Investitions- und Abschreibungsdaten zu den einzelnen Bauabschnitten und Baujahren des VOR SORGE Tools.
- ⇒ Aufbereitung und Abstimmung der Methodik mit Auftraggeber, BOKU, Lugitsch und Partner Ziviltechniker GmbH und Quantum / NÖ GBG sowie laufende Zwischenbesprechungen.

- ⇒ Aufbauend auf den detaillierten Untersuchungsergebnissen und Kostenschätzungen der BOKU und dem Ingenieurbüro Lugitsch und Partner Ziviltechniker GmbH erfolgte die Ermittlung von investitionsinduzierten Folgekosten sowie die Durchführung von Rentabilitätsberechnungen der unterschiedlichen VOR SORGE Maßnahmen. Dabei wurden umfassende dynamische Kostenvergleichsrechnungen durchgeführt, deren Ergebnisse anhand eines Barwertvergleiches gegenübergestellt wurden.
- ⇒ Präsentation und Diskussion der Ergebnisse aus den Variantenberechnungen bzw. Rentabilitätsberechnungen vor bzw. mit dem Auftraggeber.

Primäre Datengrundlagen der gegenständlichen Ausführungen sind die

- ⇒ Kosten- und Leistungsrechnungen der vier Pilotgemeinden und die
- ⇒ Untersuchungsergebnisse der BOKU und dem Ingenieurbüro Lugitsch und Partner Ziviltechniker GmbH über die Detaildaten der Leitungsnetzte der vier Pilotgemeinden hinsichtlich der aufgetretenen Schäden der Schadensklasse 3 (im Folgenden SK3) und deren Behebung (Art der Behebung, Kosten, technische Restnutzungsdauer).

Es wurde in den Projektsitzungen mit dem Auftraggeber abgestimmt, dass für die Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen der Vorsorgemaßnahmen ausschließlich die Schäden und Haltungen der Schadensklasse 3 (SK3) herangezogen werden.

Die entsprechenden schadensbezogenen Sanierungskosten (Reparatur-, Renovierungs- und Erneuerungskosten) pro Haltung sowie die jeweilige damit verbundene „technische“ Restnutzungsdauer sind in die Rentabilitätsberechnungen eingeflossen.

3.1 technischer / wissenschaftlicher Ansatz

Die Inspektionsdaten von vier niederösterreichischen Untersuchungsgemeinden wurden herangezogen, um die folgenden beiden Fragestellungen zu behandeln:

- 1) Zu welchem Zeitpunkt soll eine Sanierung der Schäden der Zustandsklasse 3 durchgeführt werden, um Kosten zu sparen? Sollen diese sofort saniert werden oder zu einem späteren Zeitpunkt?
- 2) Inwieweit verändern sich die dokumentierten Schäden der Zustandsklasse 3 mit der Zeit bzw. wie lange dauert es, bis ein Schaden der Zustandsklasse 3 in die Zustandsklasse 4 wechselt?

Insgesamt standen 4.447 Haltungen bzw. 147 km (50.717 Datensätze) zur Verfügung, wovon für die vorliegende Analyse 2.288 Haltungen bzw. 75 km (9.009 Datensätze) verwendet werden konnten. Bei den restlichen Haltungen (entspricht rd. 50 %) waren keine Schäden dokumentiert. Die Datensätze der Kamerabefahrungen wurden von den jeweiligen Ingenieurbüros überprüft.

Bei den untersuchten Kanälen waren die Rohrmaterialien Asbestzement (AZ), Faserzement (FZ), Beton (B), Ortbeton (OB), Spannbeton (SB), Glasfaserverstärkter Kunststoff (GFK), Grauguss (GGG), Polyvinylchlorid (PVC), Polyethylen (PE), Polypropylen (PP) und Steinzeug (STZ) in Verwendung.

Die Altersverteilung der untersuchten Haltungen reichte von vor 1950 (genaues Alter unbekannt) bis zu neueren Kanälen, welche in den letzten 5 Jahren errichtet und befahren wurden. Bei allen TV-Inspektionen erfolgte die Zustandsbeschreibung nach ISYBAU 2001 (BMVI, 2006). Abbildung 3 zeigt eine Auswertung der Haltungen nach Alter und Rohrmaterial.

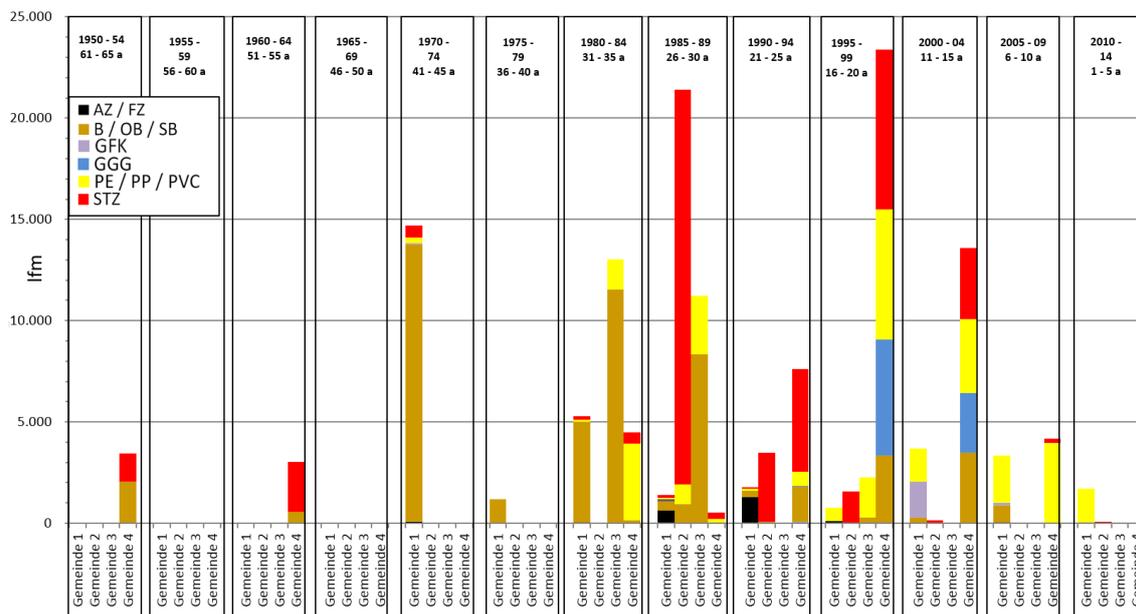


Abbildung 3: Alter und Rohrmaterial der untersuchten Haltungen von den jeweiligen Kanalisationsunternehmen (lfm)

Weiters wurde eine Auswertung der Haltungen nach den vergebenen Schadensklassen (sowohl automatisch als auch manuell) durchgeführt, die Abbildung 4 veranschaulicht. Die Darstellung beinhaltet sowohl die automatisch (linker Anteil der jeweiligen Balken) als auch die manuell vergebene Schadensklasse (rechter Anteil der Balken). Bei 3 Kanalisationsunternehmen standen nur die automatischen Zustandsklassifizierungen zur Verfügung.

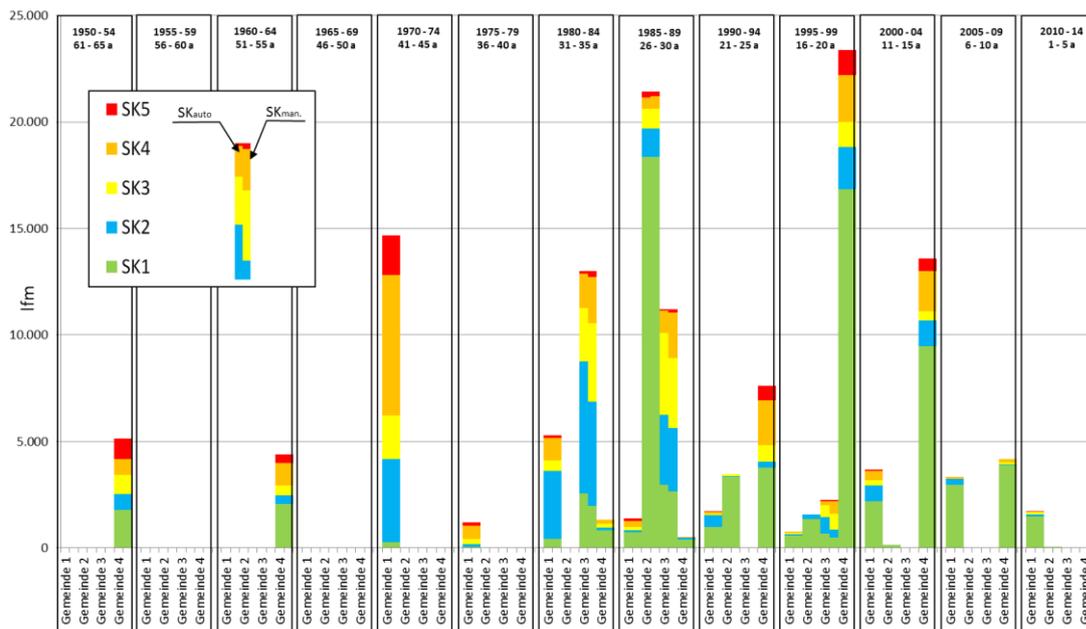


Abbildung 4: automatische / manuelle Zustandsklassenverteilung (I fm)

Werden die Schadensklassen in den jeweiligen Bauabschnitten analysiert (siehe Abbildung 5), so kann kein eindeutiger Trend Richtung zunehmender Verschlechterung des Kanalsystems erkannt werden. In den Bauabschnitten „1950 – 54“ und „1960 – 64“ ist der Zustand des Kanalsystems wesentlich besser als in den jüngeren Bauabschnitten z. B. in „1970 – 74“ bis „1980-84“. In den beiden ältesten Bauabschnitten (1950 – 54 und 1960 – 64) liegt der Anteil an Schadensklasse 1 und 2 bei 50 % bzw. geringfügig darüber.

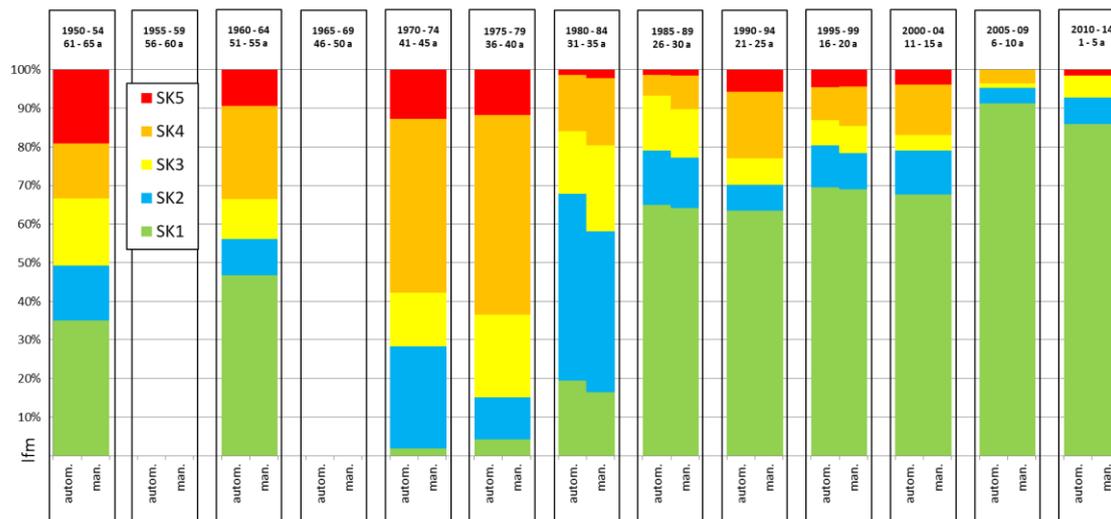


Abbildung 5: Detailanalyse zur automatischen bzw. manuellen Zustandsklassenverteilung

Tabelle 1 zeigt die Auswertung der dokumentierten Zustände nach ISYBAU 2001 in %. Zusätzlich sind zur leichteren Lesbarkeit jene Daten hervorgehoben, die in den jeweiligen Bauabschnitten (Jahresabschnitten) besonders repräsentativ sind.

Auffällig ist, dass Korrosionsschäden in den Bauabschnitten 1970-74 und 1980-84 Anteile von 16 % bzw. 8 % aufweisen. Auch im Bauabschnitt von 2010-14 weisen mit einem Anteil von 17 % überdurchschnittlich viele Haltungen Korrosionsschäden auf.

Mit 37 % sind im jüngsten Bauabschnitt (2010-14) auch bei überdurchschnittlich vielen Haltungen Wurzeleinwüchse dokumentiert. In den älteren Bauabschnitten erreicht der Anteil an Haltungen mit Wurzeleinwüchsen maximal 7 %.

Die Zustandsbeschreibung „Ausbiegung (LB--)“ weist generell bei vielen Bauabschnitten hohe Anteile bis 28 % auf, ebenso die Zustände „Stützen einragend (SE--)“ und „Stützen nicht fachgerecht eingebaut (SN--)“ mit 17 % bzw. 25 %.

	1950 - 54	1955 - 59	1960 - 64	1965 - 69	1970 - 74	1975 - 79	1980 - 84	1985 - 89	1990 - 94	1995 - 99	2000 - 04	2005 - 09	2010 - 14
Abzweig nicht fachgerecht eingebaut, - (AN--)	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	2%	0%
Wurzeleinwuchs durch den Abzweig, - (AP--)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Risse im Abzweig (Abzwegbereich), -, - (AR--)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	1%	2%	0%
Fehlendes Rohrstück am Schacht/Bauwerksanschluß, -, - (BA--)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Fehlendes Rohrstück im Verbindungsbereich, - (BC--)	1%	0%	2%	0%	5%	4%	2%	3%	1%	1%	0%	0%	3%
Rohrbruch ohne Deformation (BR--)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Fehlende Scherbe (Steinzeug), - (BS--)	1%	0%	2%	0%	0%	1%	1%	0%	1%	1%	0%	2%	0%
Einsturz (BT--)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Loch und Fehlende Rohrwandungen größerer Ausmaße, -, - (BW--)	3%	0%	2%	0%	1%	10%	0%	0%	1%	3%	2%	0%	0%
Innenkorrosion über gesamten Umfang, Gesamter Rohrfumfang (C--)	1%	0%	0%	0%	16%	8%	8%	2%	1%	2%	2%	0%	17%
Verformung biegeweicher Rohre, Gesamter Rohrfumfang (D--)	4%	0%	9%	0%	0%	0%	2%	9%	1%	9%	5%	9%	0%
Sedimentation, -, - (HD--)	1%	0%	4%	0%	0%	0%	2%	1%	1%	1%	0%	9%	2%
Einr. Abfluhindernis (HE--)	1%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	9%	0%
Verfestigte Ablagerungen (HF--)	1%	0%	0%	0%	2%	1%	3%	2%	3%	2%	0%	0%	5%
Einragende Dichtung, - (HG--)	0%	0%	7%	0%	1%	0%	1%	1%	0%	1%	5%	0%	0%
Inkrustation, Gesamter Rohrfumfang (HI--)	0%	0%	0%	0%	8%	8%	4%	1%	7%	0%	0%	0%	3%
Wurzeleinwuchs (Sekundärschaden), - (HP--)	4%	0%	4%	0%	2%	0%	2%	7%	2%	2%	3%	5%	37%
Einragende Scherbe, - (HS--)	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Kreuzende Leitung (HZ--)	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	2%
Hindernis allgemein, - (H--)	0%	0%	0%	0%	0%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Falte Quer (Kf)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Reparaturstelle/punktueller Sanierung nicht fachgerecht ausgeführt, (Kn--)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Verbindung nicht fachgerecht ausgeführt, (Kv--)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Ausbiegung, - (LB--)	7%	0%	12%	0%	4%	2%	28%	26%	13%	25%	23%	20%	3%
Horizontaler Versatz, links sichtbar, - (LH--)	2%	0%	0%	0%	2%	0%	1%	2%	0%	1%	0%	0%	0%
Axialverschiebung, gesamter Rohrfumfang (LL--)	3%	0%	5%	0%	0%	0%	6%	1%	1%	2%	4%	4%	3%
Vertikaler Versatz, unten sichtbar, - (LV--)	9%	0%	4%	0%	1%	1%	8%	11%	2%	3%	2%	0%	7%
Riss im Verbindungsbereich, - (RC--)	7%	0%	3%	0%	2%	0%	1%	1%	3%	6%	2%	2%	0%
Längsriss, - (RL--)	6%	0%	18%	0%	2%	5%	2%	3%	4%	7%	7%	0%	0%
Querriss, Gesamter Rohrfumfang (RQ--)	4%	0%	2%	0%	3%	9%	2%	3%	1%	5%	2%	7%	0%
Scherbenbildung, - (RS--)	8%	0%	3%	0%	3%	8%	2%	3%	11%	5%	5%	5%	2%
Risse von einem Punkt ausgehend, - (RX-)	1%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	3%	5%	0%
Stützen, einragend, - (SE--)	10%	0%	7%	0%	17%	13%	6%	3%	3%	5%	4%	9%	12%
Stützen nicht fachgerecht eingebaut, - (SN--)	10%	0%	9%	0%	25%	17%	14%	4%	21%	14%	16%	0%	5%
Stützen außen vorliegend, - (SO--)	1%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	5%	0%	0%	0%	0%
Wurzeleinwuchs durch den Stützen, -, - (SP--)	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Risse im Stützen (Stützenbereich), - (SR--)	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Undichte Schacht-/Bauwerksanbindung, -, - (UA--)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	6%	4%	2%	1%	0%	0%
Undichte Rohrverbindung, Gesamter Rohrfumfang (UC--)	0%	0%	1%	0%	0%	0%	2%	4%	1%	1%	2%	0%	0%
Undichte Rohrwandung, -, - (UW--)	10%	0%	4%	0%	0%	5%	0%	2%	4%	0%	9%	2%	0%
Mechanischer Verschleiß -, - (V--)	2%	0%	0%	0%	0%	7%	0%	2%	7%	0%	0%	9%	0%
Reparaturstelle, nicht fachgerecht ausgeführt, - (WN--)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
N = 8998	100% n=360	0% n=0	100% n=328	0% n=0	100% n=3087	100% n=118	100% n=1899	100% n=1294	100% n=552	100% n=771	100% n=473	100% n=56	100% n=60

Tabelle 1: Zustandsverteilung nach ISYBAU 2001 je Altersklasse (N = 8.998)

Bei zusätzlicher Auswertung der dokumentierten Zustände nach Entstehungsphase von Schäden (Abbildung 6 – Details siehe Plihal und Ertl 2013) ist zu erkennen, dass 27 % der Zustände in der Phase „nachträgliche Anpassung“ aufgrund von Errichtung nachträglicher Anschlüsse zuzuordnen sind. 40 % anhand dieser Analyse können nicht eindeutig dem Bau bzw. dem Betrieb zugeordnet werden wobei davon auszugehen ist, dass ein wesentlicher Prozentsatz zur Phase „Bau“ zugeordnet werden kann. Aufgrund der fehlenden Datengrundlage konnte eine detailliertere Auswertung nicht durchgeführt werden.

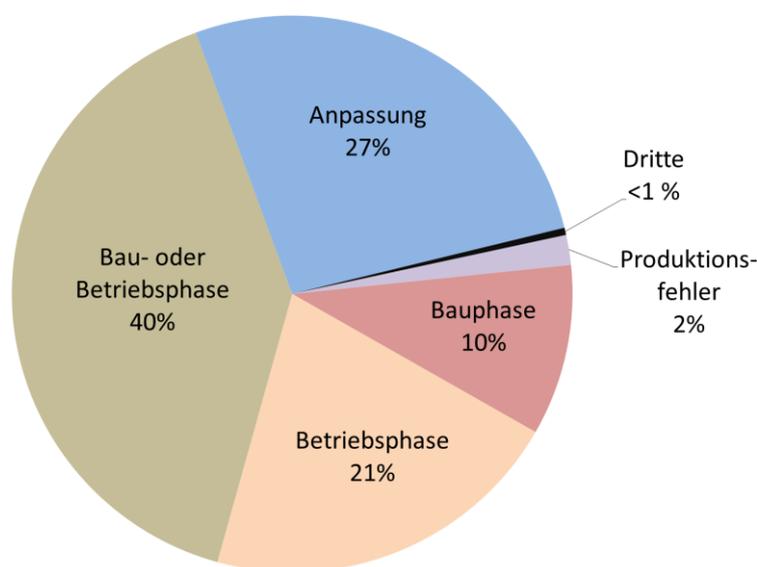


Abbildung 6: Datenauswertung nach Entstehungsphase von Bauschäden

In einem weiteren Schritt wurden alle Zustände nach ISYBAU 2001 in zeitlich veränderliche bzw. zeitlich nicht veränderliche Zustände eingeteilt (siehe Tabelle 2). Dabei konnten jedoch nicht alle Zustände eindeutig einer der beiden Kategorien zugeordnet werden. Abbildung 7 zeigt beispielsweise einen Längsriss in einer Haltung. Ob sich dieser Längsriss in den nächsten Jahren zu einer Scherbenbildung und in weiterer Folge zu einem Rohrbruch bis hin zu einem Einsturz entwickelt, hängt von einer Reihe von Rahmenbedingungen ab.

Zustandsbeschreibung nach ISYBAU 2001	zeitl. Veränderung	Zustandsbeschreibung nach ISYBAU 2001	zeitl. Veränderung	Zustandsbeschreibung nach ISYBAU 2001	zeitl. Veränderung	Zustandsbeschreibung nach ISYBAU 2001	zeitl. Veränderung
Abzweig nicht fachgerecht eingebaut, (AN--)	NEIN	Sedimentation, (HD--)	Nein	Verbindung nicht fachgerecht ausgeführt, (Kv--)	Nein	Stützen, einragend, (SE--)	Nein
Wurzeleinwuchs durch den Abzweig, (AP--)	NEIN	Einr. Abflußhindernis, (HE--)	Nein	Ausbiegung, (LB--)	Nein	Stützen nicht fachgerecht eingebaut, (SN--)	Nein
Risse im Abzweig (Abzweigbereich), (AR--)	JA / NEIN	Verfestigte Ablagerungen, (HF--)	Nein	Horizontaler Versatz, links sichtbar, (LH--)	Nein	Stützen außen vorliegend, (SO--)	Nein
Fehlendes Rohrstück am Schacht/Bauwerksanschluß, (BA--)	JA / NEIN	Einragende Dichtung, (HG--)	Nein	Axialverschiebung, gesamter Rohrumfang, (LL--)	Nein	Wurzeleinwuchs durch den Stützen, (SP--)	Nein
Fehlendes Rohrstück im Verbindungsbereich, (BC--)	JA / NEIN	Inkrustation, Gesamter Rohrumfang, (HI--)	Nein	Vertikaler Versatz, unten sichtbar, (LV--)	Nein	Risse im Stützen (Stützenbereich), (SR--)	JA / Nein
Rohrbruch ohne Deformation (BR--)	JA / NEIN	Wurzeleinwuchs (Sekundärschaden), (HP--)	Nein	Riss im Verbindungsbereich, (RC--)	JA / Nein	Undichte Schacht- / Bauwerksanbindung, (UA--)	Nein
Fehlende Scherbe (Steinzeug), (BS--)	JA / NEIN	Einragende Scherbe, (HS--)	JA / NEIN	Längsriss, (RL--)	JA / Nein	Undichte Rohrverbindung, Gesamter Rohrumfang, (UC--)	Nein
Einsturz, (BT--)	JA	Kreuzende Leitung, (HZ--)	Nein	Querriss, Gesamter Rohrumfang (RQ--)	JA / Nein	Undichte Rohrwandung, (UW--)	Nein
Loch und Fehlende Rohrwandungen größerer Ausmaße, (BW--)	JA / NEIN	Hindernis allgemein, (H--)	Nein	Scherbenbildung, (RS--)	JA / Nein	Mechanischer Verschleiß, (V--)	JA
Innenkorrosion über gesamten Umfang, Gesamter Rohrumfang, (C--)	JA	Falte Quer, (Kf)	Nein	Risse von einem Punkt ausgehend, (RX--)	JA / Nein	Reparaturstelle, nicht fachgerecht ausgeführt, (WN--)	Nein
Verformung biegeweicher Rohre "primäre Deformation", Gesamter Rohrumfang (D--)	NEIN	Reparaturstelle/punktueller Sanierung nicht fachgerecht ausgeführt, (Kn--)	Nein				

Tabelle 2: Einteilung der Zustände nach zeitlicher Veränderung



Abbildung 7: Längsriss – keine eindeutige Zuordnung hinsichtlich zeitlicher Veränderung

Ob ein Riss in der Haltung zeitlich veränderlich ist oder nicht bzw. wie eine zeitliche Veränderung verifiziert werden kann, wurde in einem Ablaufdiagramm veranschaulicht (siehe Abbildung 8).

Dabei spielen im Wesentlichen die nachfolgenden 5 Faktoren eine Rolle:

- Einfluss Baufehler
- Einfluss fremder Leitungsträger
- Einfluss Verkehr
- Einfluss nachträglicher Hausanschluss
- Einfluss Fremdwasser

Einfluss von Baufehlern:

Innerhalb von 3 Jahren nach Fertigstellung (Gewährleistungsfrist) können am Kanal festgestellte Schäden, die den Kanalbau betreffen, geltend gemacht werden.

Einfluss fremder Leitungsträger:

Bei Sanierung bzw. Neuverlegung von anderen Leitungsträgern wie Strom, Gas, Wasser, Fernwärme etc. sind vor Beginn der Bautätigkeiten die Einbauten vor Ort zu erfassen, um mögliche Schäden zu vermeiden. Trotzdem treten Schäden am Kanal (z. B. Risse, Rohrbrüche etc.) durch fremde Leitungsträger auf. Eine zeitliche Veränderung dieser Schäden ist nicht gegeben.

Einfluss von Verkehr:

Die Veränderung der Straßennutzung und/oder der Zustand der Straßenoberfläche in Kombination mit geringer Einbautiefe des Kanals können Beeinträchtigungen am Kanal hervorrufen. Bei Kanalschäden aufgrund von verstärktem Verkehrsaufkommen bzw. aufgrund des schlechten Straßenzustands ist davon auszugehen, dass sich diese Schäden im Laufe der Zeit vergrößern und damit die technische Restnutzungsdauer (tRND) verringert wird.

Einfluss nachträglicher Hausanschlüsse:

Bei schadhafte Hausanschlüssen kann es vorkommen, dass Rissbildungen in der Haltung auftreten. Insbesondere beim Rohrmaterial Beton sind vermehrt Schäden wie Rissbildungen, Scherbenbildungen und Rohrbrüche zu verzeichnen. Der Schaden an sich bleibt jedoch stabil und weist im Normalfall keine zeitliche Veränderung auf, wenn die hier beschriebenen Einflüsse ausgeschlossen werden können.

Einfluss von Fremdwasser:

Aufgrund von undichten Trinkwasser-Leitungen, undichten Rohrverbindungen an Haltungen, Hausanschlüssen bzw. Schachtanbindungen können bei ungünstigen Bedingungen Suffusionserscheinungen im Boden auftreten, sodass Setzungen einzelner Rohrelemente möglich sind. Diese Setzungserscheinungen sind zeitlich veränderlich, sodass der Schaden am Kanal sich mit der Zeit vergrößert.

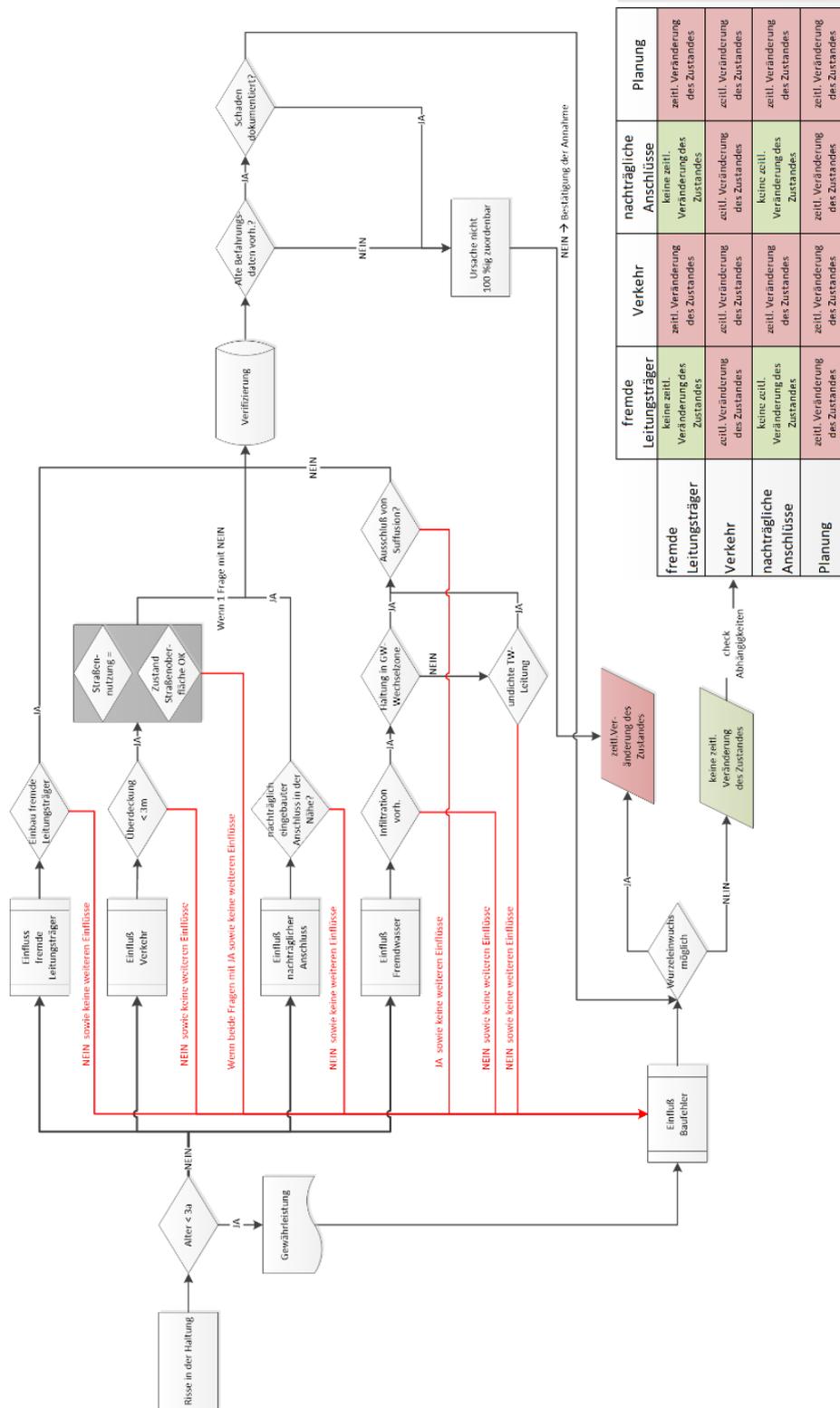


Abbildung 8: Zeitliche Veränderung von Zuständen – Beispiel: Riss in der Haftung

Eine Verifizierung der oben angeführten Rahmenbedingungen ist schwierig bzw. oft nicht durchführbar. Zumeist bedarf es einer älteren TV-Inspektion der betroffenen Haltung, um festzustellen, ob sich dieser Schaden zeitlich verändert oder nicht. Beim nachfolgenden Beispiel in Abbildung 9 wurde eine Haltung 1999 erstmals und im Jahr 2010 zum zweiten Mal inspiziert. Zu erkennen ist hier, dass sowohl der Einsturz bzw. das fehlende Wandungsteil bei Position 22,07 (Inspektion gegen Fließrichtung) bzw. 3,00 m (Inspektion in Fließrichtung) als auch die kreuzende Leitung bei Position 17,16 bzw. 8,20 m nach 11 Jahren gleich geblieben sind. Die Zustandsbeschreibung „Einsturz“ der TV-Inspektion aus dem Jahre 1999 bei Position 22,07 m dürfte falsch sein, da dieser Zustand im Jahre 2010 „nur“ mit „fehlendem Wandungsteil“ beschrieben wurde.

Haltung:	31703525	Pos 1,
Bautechnik		
Zulaufknoten:	31703525	Länge: 26,17 m
Ablaufknoten:	31703520	Profil: Maulprofil (H/B = 1,66/2)
Kanalart:	KM	Profilhöhe/breite: 900/800 mm
Material:	Beton	Baujahr: 1950
Inspektion links:		Inspektion rechts:
Auftrag:	Pos 1 TV Inspektion vor 2010	Pos 1 TV Inspektion 2010
Datum:	11.11.1999	14.09.2010
Firma:		
Inspekteur:		
Richtung & Länge:	U: 26,10	O: 26,40
Klasse auto/man:	5/5 (ISYBAU 1996)	5/5 (ISYBAU 2001)

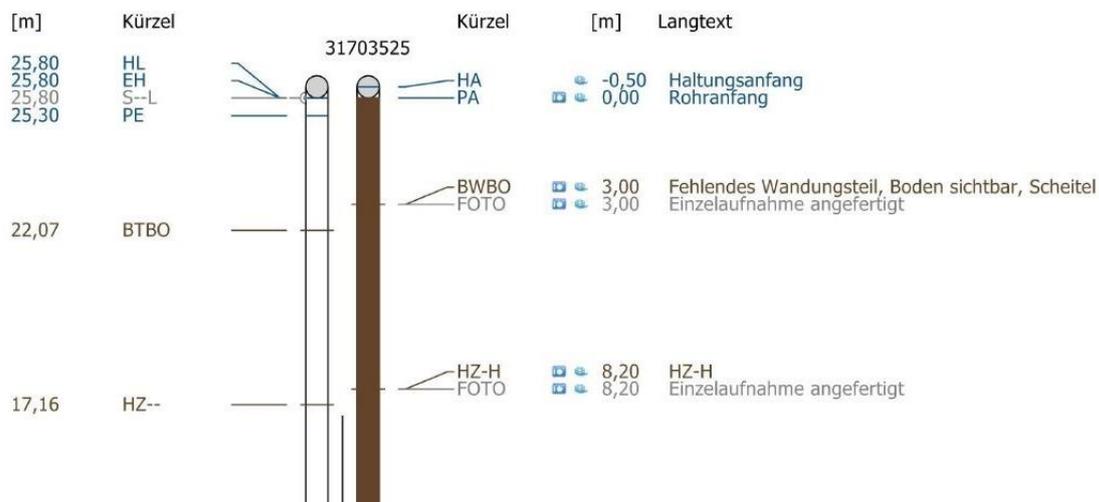


Abbildung 9: Vergleich einer doppelt inspizierten Haltung (links: Inspektion 1999, rechts: Inspektion 2010)

Abbildung 10 zeigt eine Auswertung der untersuchten Daten nach Zuständen, die sich Großteils zeitlich nicht verändern, eventuell zeitlich verändern und Zuständen, die sich jedenfalls zeitlich verändern. Hier ist deutlich festzustellen, dass der Anteil aller Zustände die sich zeitlich nicht verändern je nach Altersklasse zwischen 47 % und 82 % ist. Zustände, die sich eindeutig mit der Zeit verändern, betragen nach der Auswertung maximal 17 %. Der Anteil der Zustände, bei denen nicht sicher ist, ob diese sich mit der Zeit verändern, schwankt zwischen 5 % und 37 %.

Von den insgesamt 1.646 nicht eindeutig zuordenbaren Zuständen wie Risse, Rohrbrüche etc. befinden sich ca. 10 % (162 Zustände) bei einem schadhafte Hausanschluss und weitere 10 % (131 Zustände) in unmittelbarer Nähe (< 0,5 m) zum Schacht. Bei diesen Zuständen ist ebenfalls davon auszugehen, dass sie über die Zeit stabil bleiben.

Die Betrachtung der zeitlich veränderlichen bzw. nicht veränderlichen Zustände über alle Bauabschnitte zeigt Abbildung 11. Hier ist noch deutlicher zu erkennen, dass die ausgewerteten Zustände zu ca. 3/4 zeitlich unabhängig sind.

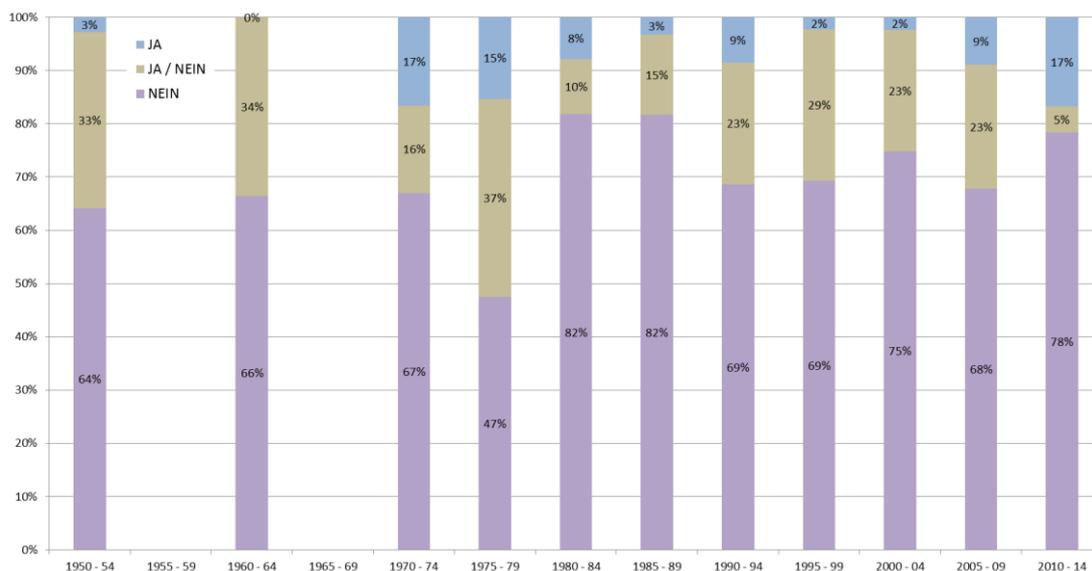


Abbildung 10: Verteilung der Zustände nach zeitlicher Veränderung

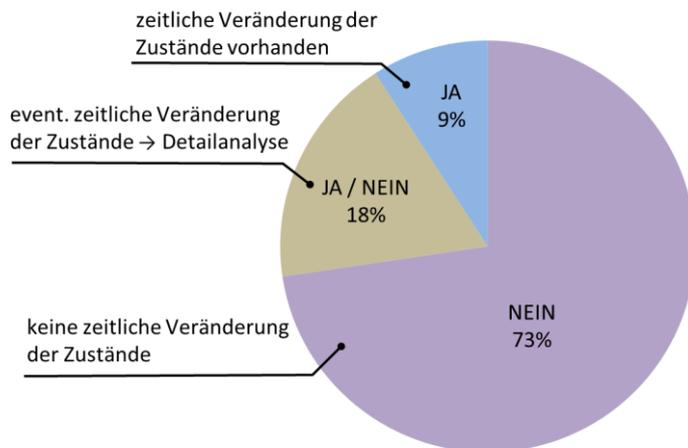


Abbildung 11: Verteilung der Zustände nach zeitlicher Veränderung / Auswertung über alle Bauabschnitte

Abbildung 12 zeigt eine weitere Detailauswertung der Daten nach zeitlich veränderlichen Zuständen je Schadensklasse. Daraus ist zu erkennen, dass in jeder Schadensklasse (SK 1 bis SK 5) die Verteilung zwischen den zeitlich veränderlichen und den nicht veränderlichen Zuständen ähnlich ist. Der Anteil der nicht veränderlichen Zustände liegt bei mindestens 65 % und maximal 78 %. Jene Zustände, die sich mit der Zeit verändern, schwanken zwischen 4 % und max. 13 %. Zustände, die nicht eindeutig einer zeitlichen Veränderung unterliegen und demnach einer weiteren Detailauswertung bedürfen, schwanken zwischen 8 % und maximal 26 %.

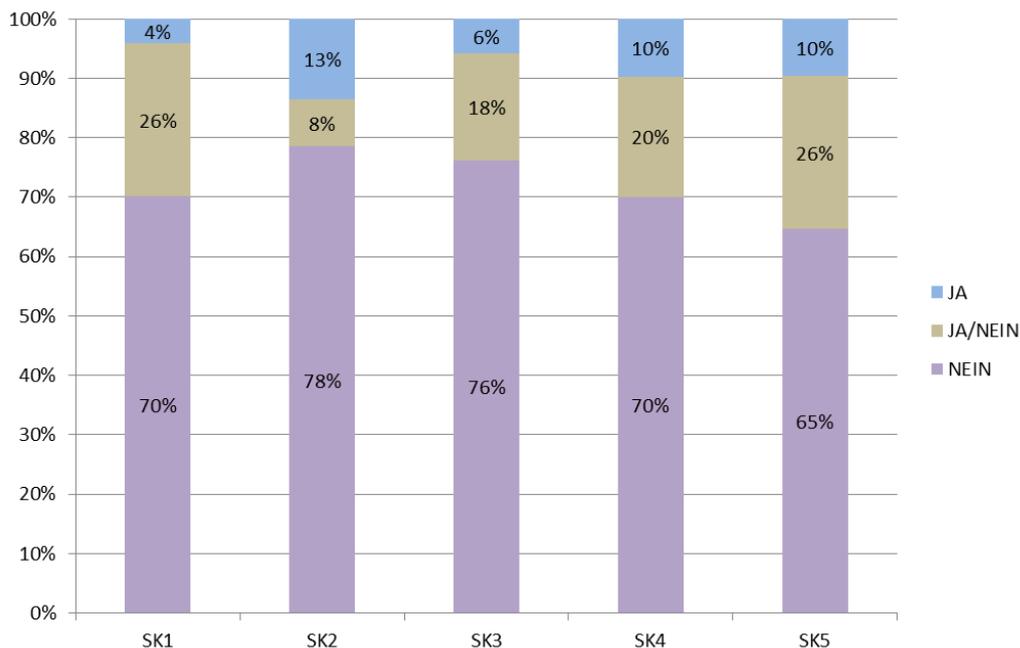


Abbildung 12: Verteilung der Zustände nach zeitlicher Veränderung / Auswertung nach Schadensklasse (n = 9008)

Tabelle 3 zeigt einen neuen Ansatz zur Festlegung der technischen Restnutzungsdauer (tRND) von Haltungen in Abhängigkeit von der jeweiligen zugeordneten Schadensklasse, der zeitlichen Veränderung des Zustandes und des Rohrmaterials. Wie in Kapitel 2 angeführt, wird zumeist eine technische Nutzungsdauer von 50 Jahren angenommen. Die Auswertungen zum Zustand der Kanalisationsanlagen bzw. die Inspektionsvideos zeigen, dass die bisher propagierten 50 Jahre viel zu gering sind und die Kanäle, sofern diese ordnungsgemäß betrieben werden, viel länger halten. In Tabelle 3 wurde des Weiteren die Korrosionsbeständigkeit folgender Rohrmaterialien GGG, PVC, PE, PP und STZ gegenüber aggressivem Abwasser berücksichtigt.

Haltungen aus den Rohrmaterialien

- Asbestzement (AZ), Faserzement (FZ),
- Beton (B), Ortbeton (OB), Spannbeton (SB)
- Glasfaserverstärkter Kunststoff (GFK)

wurde demnach eine geringere tRND zugewiesen als den Rohrmaterialien

- Grauguß (GGG),
- Polyvinylchlorid (PVC), Polyethylen (PE), Polypropylen (PP)
- Steinzeug (STZ).

Diese Unterscheidung basiert einerseits auf der Literaturrecherche und andererseits auf Erfahrungswerten. Die angegebenen Werte gelten jedoch nur dann, wenn die Rahmenbedingungen (Straßennutzung, keine Einflüsse von fremdem Leitungsträger, keine Anbindung von weiteren Anschlüssen, etc.) gleich bleiben. Gab es nach einer TV-Inspektion Baustellen von fremden Leitungsträgern bzw. zur Anbindung von Hausanschlüssen vor Ort, kann sich der Zustand der Haltung inzwischen wesentlich geändert haben. In diesem Fall müsste die Haltung neuerlich befahren werden, um eine aktuelle Bewertung erstellen zu können.

Schadensklasse zeit. Veränderung	Schadensklasse 3			Schadensklasse 4			Schadensklasse 5		
	NEIN	JA / NEIN	JA	NEIN	JA / NEIN	JA	NEIN	JA / NEIN	JA
tRND - AZ / FZ	20	10	5	4	3	2	1	0,5	0,5
tRND - B / OB / SB	20	10	5	4	3	2	1	0,5	0,5
tRND - GFK	20	10	5	4	3	2	1	0,5	0,5
tRND - GGG	25	15	7	5	3	2	1	0,5	0,5
tRND - PVC / PE / PP	25	15	7	5	3	2	1	0,5	0,5
tRND - STZ	25	15	7	5	3	2	1	0,5	0,5

Tabelle 3: Technische Restnutzungsdauer (tRND) von Haltungen in Abhängigkeit von Schadensklasse, zeitlicher Veränderung des Zustandes und Rohrmaterial

Basierend auf den zuvor beschriebenen Auswertungen erfolgte in einem letzten Schritt die Auswertung der Variantenstudie zur Berechnung der Sanierungskosten. **Im Rahmen dieser Studie wurde davon ausgegangen, dass in der Praxis Zustände der Schadensklasse 4 und 5 aufgrund der Dringlichkeit auf jeden Fall einer Sanierungsplanung unterzogen werden.** Zustände der Schadensklasse 3 werden in der Praxis z. T. ebenfalls bei der Sanierung mitbezogen. Die wesentliche Fragestellung im Rahmen dieses Projekts lautete: Wie soll mit den Schäden der Schadensklasse 3 umgegangen werden bzw. welchen Zeitrahmen hat das betreffende Kanalisationsunternehmen bis der vorhandene Schaden in Schadensklasse 4 (dringender Handlungsbedarf) aufsteigt? Sollten die dokumentierten Schäden der Schadensklasse 3 sofort saniert werden, damit der Schaden sich mit der Zeit nicht vergrößert? Oder sollte das Kanalisationsunternehmen mit der Sanierung des Schadens bis zum Ende der Restnutzungsdauer warten?

Ausgehend von der Unterscheidung der Zustände nach zeitlicher Veränderung, adaptierter tRND sowie zugeordneter Schadensklasse wurde eine Grobanalyse der Sanierungskostenabschätzung nach Schöller (2014) durchgeführt. Dabei wurden die Varianten „Reparatur der Schäden“, „Renovierung der Haltung“ bzw. „Erneuerung der Haltung“ differenziert. Tabelle 4 zeigt einen Ausschnitt dieser Kostenanalyse.

No	Profil- höhe	Profil- breite	SK Haltung auto- matisch	SK Haltung manuell	Baujahr- Abschnitt	Länge DHP	Rohrdim.	Material zusammeng.	Station	Kürzel	SK adaptiert	InspBeschreibung	Gemeinde	zeit- Veränderung	Anz.zeit- Veränderung = NEIN	Anz.zeit- Veränderung JA/NEIN	Anz.zeit- Veränderung JA	RMD bezogen SK (manu- ell) zeitl Vera. (a)
37177	300	300	B	4	1980-84	16,0	300/300	B, 08, 58	0	C---	4	Innenkorrosion über gesamten Umfang, Gesamter Rohr, 4	Gemeinde 1	JA				2,0
37179	300	300	B	4	1980-84	16,0	300/300	B, 08, 58	1,8	LH-L	4	Horizontaler Versatz, links sichtbar, h. Kämpfer	Gemeinde 1	NEIN				4,0
37180	300	300	B	4	1980-84	16,0	300/300	B, 08, 58	2,7	LV-O	4	Vertikaler Versatz, oben sichtbar, Scheitel	Gemeinde 1	NEIN				4,0
37181	300	300	B	4	1980-84	16,0	300/300	B, 08, 58	5,7	HG-O	4	Einragender Dichtung, Scheitel	Gemeinde 1	NEIN				4,0
37182	300	300	B	4	1980-84	16,0	300/300	B, 08, 58	7,7	LV-O	4	Vertikaler Versatz, oben sichtbar, Scheitel	Gemeinde 1	NEIN				4,0
37183	300	300	B	4	1980-84	16,0	300/300	B, 08, 58	7,7	BC-R	4	Fehlendes Rohrstück im Verbindungsbereich, re. Kämpfe	Gemeinde 1	JA / NEIN				3,0
37187	300	300	B	4	1980-84	16,0	300/300	B, 08, 58	13,3	LV-J	4	Vertikaler Versatz, unten sichtbar, Sohle	Gemeinde 1	NEIN	5	1	1	4,0
37188	300	300	B	4	1970-74	19,1	300/300	B, 08, 58	0	H---	4	Innenkorrosion über gesamten Umfang, Gesamter Rohr, 4	Gemeinde 1	NEIN				4,0
37194	300	300	B	4	1970-74	19,1	300/300	B, 08, 58	0	H---	4	Fehlendes Rohrstück im Verbindungsbereich, Gesamter F, 4	Gemeinde 1	JA / NEIN				3,0
37196	300	300	B	4	1970-74	19,1	300/300	B, 08, 58	0,9	BC---	4	Fehlendes Rohrstück im Verbindungsbereich, Gesamter F, 4	Gemeinde 1	JA	1	1	1	2,0
37203	300	300	B	4	1970-74	20,8	300/300	B, 08, 58	0	C---	4	Innenkorrosion über gesamten Umfang, Gesamter Rohr, 4	Gemeinde 1	JA / NEIN				4,0
37206	300	300	B	4	1970-74	20,8	300/300	B, 08, 58	0	HC---	4	Fehlendes Rohrstück im Verbindungsbereich, Gesamter F, 4	Gemeinde 1	JA / NEIN				3,0
37213	300	300	B	4	1970-74	19,5	300/300	B, 08, 58	0	C---	4	Innenkorrosion über gesamten Umfang, Gesamter Rohr, 4	Gemeinde 1	NEIN				4,0
37219	300	300	B	4	1970-74	19,5	300/300	B, 08, 58	3,4	BC---	4	Fehlendes Rohrstück im Verbindungsbereich, Gesamter F, 4	Gemeinde 1	JA / NEIN				3,0
37222	300	300	B	4	1970-74	19,5	300/300	B, 08, 58	16,8	LHR	4	Horizontaler Versatz, rechts sichtbar, re. Kämpfer	Gemeinde 1	NEIN	2	1	1	4,0
37231	250	250	B	4	1970-74	42,7	250/250	B, 08, 58	0	C---	4	Innenkorrosion über gesamten Umfang, Gesamter Rohr, 4	Gemeinde 1	JA	0	1	1	2,0
37233	250	250	B	4	1970-74	39,6	250/250	B, 08, 58	2	BC---	4	Fehlendes Rohrstück im Verbindungsbereich, Gesamter F, 4	Gemeinde 1	JA	0	1	1	2,0
37250	250	250	B	4	1970-74	39,6	250/250	B, 08, 58	0	H---	4	Innenkorrosion über gesamten Umfang, Gesamter Rohr, 4	Gemeinde 1	NEIN				4,0
37251	250	250	B	4	1970-74	39,6	250/250	B, 08, 58	0	H---	4	Innenkorrosion über gesamten Umfang, Gesamter Rohr, 4	Gemeinde 1	JA / NEIN				3,0
37258	250	250	B	4	1970-74	39,6	250/250	B, 08, 58	8,1	SNR	4	Stutzen nicht fachgerecht ausgeführt, Boden sichtbar, n	Gemeinde 1	NEIN				4,0
37262	250	250	B	4	1970-74	39,6	250/250	B, 08, 58	16,4	HP--	4	Wurzelaufwuchs, Gesamter Rohrumfang	Gemeinde 1	NEIN				4,0
37263	250	250	B	4	1970-74	39,6	250/250	B, 08, 58	19,6	HP-O	4	Wurzelaufwuchs (Sekundärschaden), Scheitel	Gemeinde 1	NEIN				4,0
37268	250	250	B	4	1970-74	39,6	250/250	B, 08, 58	23,7	HP--	4	Wurzelaufwuchs, Gesamter Rohrumfang	Gemeinde 1	NEIN				4,0
37269	250	250	B	4	1970-74	39,6	250/250	B, 08, 58	26,7	HP--	4	Wurzelaufwuchs, Gesamter Rohrumfang	Gemeinde 1	NEIN	6	1	1	4,0

Sanierungsart (Rep., Ren, Em.)	Sanierungs- kosten (EUR)	MD San. (a)	Anz. der erf. San. bis er- rr. TRMD der TRMD	Ges.kosten der San. bis err. TRMD (EUR)	SK nach San. SK nach San.	TRMD nach San (a)	Gesamtsank kosten je Haltung (EUR)	TRMD der Haltung ohne Sanierung (a)	Renov.kosten n (EUR) [Anm: TRMD=80a]	Abschreiben gs-RMD (60a- Alter)	
Inliner	5.200,00	50	1	5.200,00	2	30	15.600,00	2,0	11.200,00	5.200,00	27
Partliner	700,00	15	3	2.100,00	2	50	8.175,00	2,0	13.300,00	6.175,00	17
Roboter	450,00	15	3	1.350,00	2	50	8.825,00	2,0	14.700,00	6.825,00	17
Quick Lock	650,00	15	3	1.950,00	2	50	10.275,00	2,0	13.300,00	6.175,00	17
Inliner	6.175,00	50	1	6.175,00	2	30	21.750,00	2,0	28.000,00	13.000,00	17
Roboter	450,00	15	3	1.350,00	2	50	8.825,00	2,0	14.700,00	6.825,00	17
Quick Lock	650,00	15	3	1.950,00	2	50	10.275,00	2,0	13.300,00	6.175,00	17
Inliner	13.975,00	50	1	13.975,00	2	30	41.625,00	2,0	30.100,00	13.975,00	17
Roboter	450,00	15	3	1.350,00	2	50	8.825,00	2,0	14.700,00	6.825,00	17
Quick Lock	650,00	15	3	1.950,00	2	50	10.275,00	2,0	13.300,00	6.175,00	17
Inliner	13.000,00	50	1	13.000,00	2	30	21.750,00	2,0	28.000,00	13.000,00	17
Roboter	450,00	15	3	1.350,00	2	50	8.825,00	2,0	14.700,00	6.825,00	17
Quick Lock	650,00	15	3	1.950,00	2	50	10.275,00	2,0	13.300,00	6.175,00	17
Inliner	450,00	15	3	1.350,00	2	50	8.825,00	2,0	14.700,00	6.825,00	17
Quick Lock	650,00	15	3	1.950,00	2	50	10.275,00	2,0	13.300,00	6.175,00	17

Tabelle 4: Ausschnitt Ergebnistabelle zu Kostenschätzungen der untersuchten Haltungen

3.2 wirtschaftlicher Ansatz

3.2.1 Ergebnisse der SK3 Untersuchung als Ausgangsdaten für die Folgekostenermittlung

Als Datengrundlage diente die von BOKU und dem Ingenieurbüro Lugitsch und Partner Ziviltechniker GmbH aufbereitete Excel-Datei über die festgestellten Schadensfälle der Schadensklasse 3 (SK3) inklusive der jeweiligen Sanierungskosten (Reparatur / Renovierung / Erneuerung) sowie die vom Auftraggeber übermittelten Kosten- und Leistungsrechnungen der vier NÖ Pilotgemeinden.

Die Datentabellen der BOKU und dem Ingenieurbüro Lugitsch und Partner Ziviltechniker GmbH beziehen sich **auf sämtliche Haltungen der vier Pilotgemeinden mit Schadensklasse 3 (SK3)¹** und umfassen aufgrund der vorliegenden Daten die folgenden Werte:

- ⇒ Haltung
- ⇒ Baujahr
- ⇒ Baujahr – Abschnitt
- ⇒ Länge DMP
- ⇒ Rohrdimension
- ⇒ Material zusammengefasst
- ⇒ Station
- ⇒ Schadensklasse 3 (SK3) adaptiert
- ⇒ Gemeinde (Gemeinde 1 / Gemeinde 2 / Gemeinde 3 / Gemeinde 4)
- ⇒ zeitliche Veränderung (nein; ja/nein, ja)
- ⇒ Anzahl zeitliche Veränderung (nein; ja/nein, ja),
- ⇒ technische Restnutzungsdauer (in Jahren) bezogen SK3 + zeitliche Veränderung
- ⇒ Sanierungsart (Reparatur, Renovierung, Erneuerung)
- ⇒ Sanierungskosten (EUR)
- ⇒ Nutzungsdauer Sanierung (in Jahren)
- ⇒ Anzahl der erforderlichen (und zu wiederholenden) Sanierungen bis zum Erreichen der neuen technischen Restnutzungsdauer

¹ Sofern bei einer Pilotgemeinde die Schadensklassen auch manuell erfasst wurden, wurde der manuellen Erfassung der Vorzug gegeben.

- ⇒ Gesamtkosten der Sanierung bis zum Erreichen der technischen Restnutzungsdauer (EUR)
- ⇒ Neue Schadensklasse nach Sanierung
- ⇒ techn. Restnutzungsdauer nach Sanierung (in Jahren)
- ⇒ Gesamtsanierungskosten je Haltung (EUR)
- ⇒ techn. Restnutzungsdauer der Haltung ohne Durchführung einer Sanierung (in Jahren)
- ⇒ Alternativ: Erneuerungskosten der gesamten Haltung (EUR) [Anm: tRND = 80 Jahre lt. BOKU]
- ⇒ Alternativ: Renovierungskosten der gesamten Haltung mittels Inliner (EUR) [Anm: tRDN = 50 Jahre lt. BOKU]
- ⇒ Abschreibungs-Restnutzungsdauer = 60 Jahre - Alter der Haltung; bezogen auf 2015

3.2.2 Zusammenführung der Daten aus der SK3 Untersuchung mit den Daten der Kosten- und Leistungsrechnung

In einem ersten Schritt wurden die Anlagenspiegel je Gemeinde aus der jeweiligen Kostenrechnung übernommen und mit den Daten aus dem VOR SORGE Tool zusammengeführt. Dabei wurden zunächst die einzelnen bauabschnittbezogenen Daten aus dem Anlagenspiegel den jeweiligen Baujahr-Abschnitte aus der technischen „Auswertung Schäden SK3“ zugeordnet (siehe Tabelle 5 bis Tabelle 8).

Die Anlagenspiegel der einzelnen Pilotgemeinden wurden wie folgt angepasst:

Bezeichnung / Bauabschnitt	Anschaffungsjahr (Jahr der Funktionsfähigkeit)	Investitionskosten	ND	Afa	kumulierte Afa	Restbuchwert 31.12.2015	ND bis 2015	RND ab 2016	Anzahl lfm
Altbestand; 70-74	1980	5.639.412,00	60	93.990,20	3.289.657,00	2.349.755,00	35	25	14.690,00
Altbestand; 75-79	1980	704.926,50	60	11.748,78	411.207,13	293.719,38	35	25	1.189,00
Altbestand; 80-84	1980	704.926,50	60	11.748,78	411.207,13	293.719,38	35	25	1.133,80
BA 02; 80-84	1992	2.585.933,00	60	43.098,88	991.274,32	1.594.658,68	23	37	4.159,20
BA 03; 85-89	1994	1.038.116,00	60	17.301,93	363.340,60	674.775,40	21	39	1.381,00
BA 04; 90-94	1994	835.794,00	60	13.929,90	292.527,90	543.266,10	21	39	1.716,00
BA 05; 95-99	2003	178.039,80	60	2.967,33	35.607,96	142.431,84	12	48	767,00
BA 05; 00-04	2003	415.426,20	60	6.923,77	83.085,24	332.340,96	12	48	1.532,76
BA 06; 00-04	2004	313.476,00	60	5.224,60	57.470,60	256.005,40	11	49	1.156,61
BA 08; 00-04	2008	267.950,00	60	4.465,83	31.260,83	236.689,17	7	53	988,63
BA 08; 05-09	2008	267.950,00	60	4.465,83	31.260,83	236.689,17	7	53	1.028,36
BA 09; 05-09	2009	605.451,00	60	10.090,85	60.545,10	544.905,90	6	54	2.323,64
BA 10; 10-14	2010	172.544,00	60	2.875,73	14.378,67	158.165,33	5	55	607,30
BA 11; 10-14	2012	315.000,00	60	5.250,00	15.750,00	299.250,00	3	57	1.108,70
BA 101; kein	2012	222.106,00	30	7.403,53	22.210,60	199.895,40	3	27	keine
BA 102; kein	2015	135.000,00	30	4.500,00	-	135.000,00	0	30	keine
				234.082,42		8.291.267,10			33.782,00

Tabelle 5: Anlagenspiegel Gemeinde 1

Bezeichnung / Bauabschnitt	Anschaffungsjahr (Jahr der Funktionsfähigkeit)	Investitionskosten	ND	Afa	kumulierte Afa	Restbuchwert 31.12.2015	ND bis 2015	RND ab 2016	Anzahl lfm
BA 01; 85-89	1988	1.877.445,12	60	31.290,75	844.850,30	1.032.594,82	27	33	9.965,76
BA 02; 85-89	1994	2.157.107,39	60	35.951,79	754.987,59	1.402.119,80	21	39	11.450,24
BA 02; 90-94	1994	539.276,85	60	8.987,95	188.746,90	350.529,95	21	39	2.126,72
BA 03; 90-94	1996	338.589,75	60	5.643,16	107.220,09	231.369,66	19	41	1.335,28
BA 03; 95-99	1996	338.589,75	60	5.643,16	107.220,09	231.369,66	19	41	1.579,00
BA 04; 00-04	2001	150.557,00	60	2.509,28	35.129,97	115.427,03	14	46	203,00
BA 101 Kataster; keine	2012	76.181,00	30	2.539,37	7.618,10	68.562,90	3	27	
BA 102 Kataster; keine	2012	73.000,00	30	2.433,33	7.300,00	65.700,00	3	27	
BA 103 Kataster; keine	2012	95.000,00	30	3.166,67	9.500,00	85.500,00	3	27	
				98.165,46		3.583.173,83			26.660,00

Tabelle 6: Anlagenspiegel Gemeinde 2

Bezeichnung / Bauabschnitt	Anschaffungsjahr (Jahr der Funktionsfähigkeit)	Investitionskosten	ND	Afa	kumulierte Afa	Restbuchwert 31.12.2015	ND bis 2015	RND ab 2016	Anzahl lfm
BA 01; 80-84	1980	1.651.994,36	60	27.533,24	963.663,38	688.330,98	35	25	13.015,00
BA 02; 85-90	1984	2.143.301,82	60	35.721,70	1.107.372,61	1.035.929,21	31	29	11.208,00
BA 03; 95-99	1998	213.413,59	60	3.556,89	60.467,18	152.946,41	17	43	1.335,24
BA 04; 95-99	1999	145.568,00	60	2.426,13	38.818,13	106.749,87	16	44	910,76
BA 05; kein	2008	735.905,00	60	12.265,08	85.855,58	650.049,42	7	53	
BA 06; kein	2006	136.951,00	60	2.282,52	20.542,65	116.408,35	9	51	
BA 07; kein	2007	623.467,00	60	10.391,12	83.128,93	540.338,07	8	52	
BA 08; kein	2009	88.361,00	30	2.945,37	17.672,20	70.688,80	6	24	
BA 09; kein	2012	20.000,00	60	333,33	1.000,00	19.000,00	3	57	
BA 10; kein	2013	195.000,00	60	3.250,00	6.500,00	188.500,00	2	58	
				100.705,38		3.568.941,10			26.469,00

Tabelle 7: Anlagenspiegel Gemeinde 3

Bezeichnung / Bauabschnitt	Anschaffungsjahr (Jahr der Funktionsfähigkeit)	Investitionskosten	ND	Afa	kumulierte Afa	Restbuchwert 31.12.2015	ND bis 2015	RND ab 2016	Anzahl lfm
Altbestand 1935; vor 55	1935	850.789,01	60	-	-	1,00	80	-20	3.443,00
Altbestand 1975; 60-64	1975	3.118.883,29	60	51.981,39	2.079.255,53	1.039.627,76	40	20	3.038,00
Altbestand 1981; 80-84	1981	3.807.590,99	60	63.459,85	2.157.634,89	1.649.956,10	34	26	4.498,00
BA 04; 85-89	1988	2.220.333,50	60	37.005,56	999.150,08	1.221.183,43	27	33	508,00
BA 04; kein	1988	951.571,50	60	15.859,53	428.207,18	523.364,33	27	33	-
BA 05; kein	1990	3.311.641,00	60	55.194,02	1.379.850,42	1.931.790,58	25	35	-
BA 06; 90-94	1991	3.690.004,00	60	61.500,07	1.476.001,60	2.214.002,40	24	36	3.504,48
BA 07; 90-94	1990	4.329.186,00	60	72.153,10	1.803.827,50	2.525.358,50	25	35	4.111,52
BA 08; 95-99	1997	4.907.376,00	60	81.789,60	1.472.212,80	3.435.163,20	18	42	8.674,62
BA 09; 95-99	1998	3.806.789,00	60	63.446,48	1.078.590,22	2.728.198,78	17	43	6.729,15
BA 10; 95-99	1999	4.507.196,00	60	75.119,93	1.201.918,93	3.305.277,07	16	44	7.967,23
BA 11; 00-04	2002	2.704.713,00	60	45.078,55	586.021,15	2.118.691,85	13	47	7.169,36
BA 12; 00-04	2002	144.264,00	60	2.404,40	31.257,20	113.006,80	13	47	382,40
BA 13; 00-04	2002	2.279.119,00	60	37.985,32	493.809,12	1.785.309,88	13	47	6.041,24
BA 14; 05-09	2004	2.343.205,00	60	39.053,42	429.587,58	1.913.617,42	11	49	3.367,38
BA 15; kein	2011	124.682,00	60	2.078,03	8.312,13	116.369,87	4	56	-
BA 16; kein	2009	68.632,00	60	1.143,87	6.863,20	61.768,80	6	54	-
BA 17; 05-09	2009	566.161,00	60	9.436,02	56.616,10	509.544,90	6	54	813,62
BA 18; kein	2011	345.526,00	60	5.758,77	23.035,07	322.490,93	4	56	-
BA 19; kein	2013	76.576,00	60	1.276,27	2.552,53	74.023,47	2	58	-
BA 20; kein	2012	202.455,93	60	3.374,27	10.122,80	192.333,13	3	57	-
BA 21; kein	2014	302.878,00	60	5.047,97	5.047,97	297.830,03	1	59	-
BA 22; kein	2015	333.333,00	61	5.464,48	-	333.333,00	0	61	-
				735.610,86		28.412.243,23			60.248,00

Tabelle 8: Anlagenspiegel Gemeinde 4

3.2.3 Anpassung der tRND und Afa durch SK3 Schäden – Quantifizierung des Schadens

In einem zweiten Schritt erfolgt die Anpassung der Afa durch festgestellte SK3 Schäden je Gemeinde:

Durch die festgestellten SK3 Schäden verringert sich bei einzelnen Haltungen die technische Restnutzungsdauer und erhöht sich dadurch anteilig die Afa bei den einzelnen Bauabschnitten.

Die diesbezügliche Afa Anpassung wurde wie folgt ermittelt:

Zunächst wurden die jeweiligen Restbuchwerte im Anlagenspiegel für die SK3 Anteile durch Abgrenzung anhand der Laufmeter (lfm) ermittelt.

Pro festgestelltem SK3 Schaden wurde die technische Restnutzungsdauer abgeschätzt und den einzelnen Haltungen wurde die kürzeste schadensbedingte Restnutzungsdauer zugewiesen.

Die Haltungen, bzw. deren schadensbedingte Restnutzungsdauer wurde mit den entsprechenden lfm Längen (DMP pro Haltung) gewichtet und den jeweiligen Bauabschnitten zugeordnet.

So konnte die technische Restnutzungsdauer den entsprechenden Bauabschnitten und den schadensbedingten Restbuchwerten zugeordnet werden.

Durch Division des jeweiligen Restbuchwertes mit der technischen Restnutzungsdauer aufgrund der anteiligen SK3 Feststellung, wurde das jährliche Schadensausmaß für jede einzelne Gemeinde quantifiziert – dies unter der Voraussetzung, dass keine Vorsorge-Maßnahmen gesetzt werden.

Ergebnis = Quantifizierung des Schadens aufgrund der SK3 Feststellung

3.2.4 Ermittlung der Folgekosten – Wirkung der Umsetzung von VOR SORGE Maßnahmen

Anhand der Kostenschätzungen für die jeweiligen VOR SORGE Maßnahmen bzw. Sanierungsmaßnahmen (Reparatur / Renovierung / Erneuerung) und der damit verbundenen technischen Restnutzungsdauer wurden pro Bauabschnitt die anteiligen Folgekosten der einzelnen Maßnahmen ermittelt.

Die Folgekosten setzen sich aus der jährlichen kalkulatorischen AfA und der kalkulatorischen Verzinsung (für die Eigen- und Fremdkapitalverzinsung) je gewählter Maßnahme zusammen. Anteilige Fördermittel wurden nicht berücksichtigt.

Folgende Rechnungsparameter wurden auf Basis der Erfahrungswerte des Auftraggebers für die Kalkulationen zu Grunde gelegt:

Die Folgekostenermittlung erfolgte auf Basis der Daten per 01.01.2016, bei späteren Maßnahmenumsetzungen (Erneuerung nach Ablauf der technischen Restnutzungsdauer) werden die **Investitionskosten mit jährlich 2% valorisiert**.

Für die Ermittlung der **kalkulatorischen Zinsen wurde ein Zinssatz von 2%** angesetzt (derzeitige Durchschnittzinssätze für Fremdkapital und Eigenkapital).

Für die **Barwertberechnungen** wurde ein **Zinssatz von 1,5%²** (langfristige Bundesanleihe) herangezogen.

Die Daten der einzelnen Haltungen wurden den jeweiligen Bauabschnitten zugeordnet, die maßnahmenspezifischen technischen Nutzungsdauern wurden entsprechend gewichtet und sind als gewichtete Durchschnittswerte in die Folgekostenermittlungen eingeflossen.

Für jeden Bauabschnitt und jede Gemeinde wurden die Folgekosten für nachfolgende Maßnahmen ermittelt:

- ⇒ Feststellung des Schadens und Erneuerung (Neubau) der Haltungen nach Ablauf der verkürzten (festgestellten) technischen Restnutzungsdauer.
- ⇒ Sofortige Reparatur (2016) der festgestellten Schäden – allenfalls mehrfach, um die Zustandsklasse 2 zu erhalten bzw. zu erreichen - unter Ansatz der Kosten der Reparatur(en) und der damit verbundenen entsprechenden technischen Restnutzungsdauer. Nach Ablauf technischen Nutzungsdauer der durchgeführten Reparaturen erfolgt der Kostenansatz für eine Erneuerung (Neubau).
- ⇒ Sofortige Renovierung (2016) der festgestellten Schäden unter Ansatz der Kosten der Renovierung und der damit verbundenen technischen Restnutzungsdauer von 50 Jahren – danach Kostenansatz für Erneuerung (Neubau).
- ⇒ Sofortige Erneuerung/Neubau (2016) der festgestellten Schäden unter Ansatz der Kosten der Erneuerung und der damit verbundenen technischen Restnutzungsdauer von 80 Jahren. Für eine sehr langfristige Betrachtung wurden nochmals Kosten für eine Erneuerungsmaßnahme angesetzt.

Die Kostenansätze der jeweiligen Folgekostenermittlungen wurden entsprechend dynamisiert und einer (dynamischen) Kostenvergleichsrechnung unterzogen.

Entscheidungsgrundlage sind die Kostenbarwerte zum 1.1.2016 für einen Zeitraum von zumindest 50 Jahren.

² Sensitivitätstester wurden mit einem Zinssatz von 2% und 3% durchgeführt, dabei wurden die nachfolgenden Ergebnisse (kostengünstigste Variante) bestätigt.

3.3 Methodik der Rentabilitätsanalyse anhand eines Beispiels

3.3.1 Ausgangssituation

Als Datengrundlage diente die von BOKU und dem Ingenieurbüro Lugitsch und Partner Ziviltechniker GmbH aufbereitete Excel-Datei über die festgestellten Schadensfälle der Schadensklasse 3 (SK3) pro Haltung, inklusive der jeweiligen Sanierungskosten (Reparatur / Renovierung / Erneuerung) sowie die vom Auftraggeber übermittelten Kosten- und Leistungsrechnung pro NÖ Pilotgemeinde.

Haltung	Baujahr	Baujahr - Abschnitt	Länge DMP	Gemeinde	zeit. Veränderung	tRND bezogen SK (man) + zeitl. Verä. (a)	Sanierungsart (Rep., Ren., Ern.)
110605	1985	1985 - 89	27,8	Gemeinde 2	JA / NEIN	15,0	Partliner oder QuickLock
320519	1985	1985 - 89	35,3	Gemeinde 2	JA / NEIN	15,0	Partliner oder QuickLock
321525	1985	1985 - 89	34,5	Gemeinde 2	NEIN	20,0	Roboter
321525	1985	1985 - 89	34,5	Gemeinde 2	NEIN	20,0	händische Sanierung

Tabelle 9: beispielhafter Auszug aus der technischen Basisdatei

Für die gesamten 21.416 lfm Kanal des Baujahr-Abschnitts 1985-1989 sind 116 SK3-Schadensfälle mit gesamt 894,22 lfm beschrieben.

Bezeichnung / Bauabschnitt	Anschaffungsjahr (Jahr der Funktionsfähigkeit)	Investitionskosten	ND	AfA	kumulierte AfA	Restbuchwert 31.12.2015	ND bis 2015	RND ab 2016	Anzahl LFM
BA 01; 85-89	1988	1.877.445,12	60	31.290,75	844.850,30	1.032.594,82	27	33	9.965,76
BA 02; 85-89	1994	2.157.107,39	60	35.951,79	754.987,59	1.402.119,80	21	39	11.450,24

Tabelle 10: Auszug aus der Kosten- und Leistungsrechnung für den Baujahrsabschnitt 1985-1989

Diese 894,22 lfm Kanal des Baujahr-Abschnitts 1985-1989 mit SK3-Schäden sind gem. Kosten- und Leistungsrechnung des Landes NÖ auf die Bauabschnitte BA 01 und BA 02 zuzuordnen.

Dies erfolgte im Verhältnis der Investitionskosten, wobei für den BA 01 416,12 lfm und für den BA 02 478,10 lfm Schäden der Schadensklasse 3 aufweisen.

Von den gesamt 11.450,24 lfm Kanal des BA 02, Baujahr-Abschnitt 1985-1989, weisen somit 4,18 % SK3 Schäden auf.

In Folge wird der BA 02 näher betrachtet.

Für die Berechnungen der einzelnen VOR SORGE-Varianten wurde der Restbuchwert des Anlagespiegels in einen Anteil für die betroffenen 4,18 % Laufmeter Kanal mit SK3 Schäden und den restlichen Anteil gesplittet.

Restbuchwert 31.12.2015	Restbuchwert excl. SK3 Anteil	Restbuchwert SK3 Anteil
1.402.119,80	1.343.574,63	58.545,17

Tabelle 11: Restbuchwert Anteil SK3

Der Restbuchwert für SK3 Anteil des BA 02, Baujahr-Abschnitt 1985-1989 in Höhe von EUR 58.545,17 ist der Ausgangswert für die weiteren Berechnungen einzelner VOR SORGE Maßnahmen.

3.3.2 Auswirkungen durch verkürzte technische Restnutzungsdauer

Der Anlagespiegel der Kosten- und Leistungsrechnung weist für diesen Bauabschnitt 02, Baujahr-Abschnitt 1985-1989, der Pilotgemeinde eine Restnutzungsdauer von 39 Jahren und eine AfA in Höhe von EUR 35.951,79 aus (Tabelle 10).

Durch die SK3-Schäden verringert sich die technische Restnutzungsdauer. Die verkürzten technischen Restnutzungszeiten pro Haltung wurden mit den Längen gewichtet und den jeweiligen Bauabschnitten zugeordnet.

Haltung	Baujahr - Abschnitt	Länge DMP	zeit. Veränderung	tRND bezogen SK (man) + zeitl. Verä. (a)	Sanierungsart (Rep., Ren, Ern.)	Gewichtung tRND (AN) mit Länge DMP "O"
110605	1985 - 89	27,8	JA / NEIN	15,0	Partliner oder QuickLock	416,6
320519	1985 - 89	35,3	JA / NEIN	15,0	Partliner oder QuickLock	528,8
321525	1985 - 89	34,5	NEIN	20,0	Roboter	0,0
321525	1985 - 89	34,5	NEIN	20,0	händische Sanierung	689,7
511708	1990 - 94	40,1	JA / NEIN	15,0	Partliner oder QuickLock	602,0
321527A	1985 - 89	39,9	NEIN	20,0	punkt. Aufgrabung	0,0
321527A	1985 - 89	39,9	NEIN	20,0	Roboter	0,0
321527A	1985 - 89	39,9	NEIN	20,0	händische Sanierung	798,9

Tabelle 12: Haltungen mit SK3 Schäden, technische Restnutzungsdauer

Die technische Restnutzungsdauer der betroffenen Haltungen des Baujahrabchnitts 1985-1989 reduziert sich somit auf durchschnittlich 19,85 Jahre (gewichtet nach lfm).

Abschnitte	Summe LFM gewichtet Anpassung (AR)	durchschn. ND-Reduzierung (gewichtet nach lfm)
1985 - 89	17.747,7	19,85

Tabelle 13: Ergebnis gewichtete tRND für 1985-1989

Für 478,10 lfm Kanal mit SK3-Schäden des BA 02 bewirkt die Verkürzung der Nutzungsdauer um 19,15 Jahre, bezogen auf den Restbuchwert SK3 Anteil von EUR 58.545,17, eine Erhöhung der AfA um EUR 1.448,65 (Differenz) auf EUR 2.949,81 (AfA SK3 korrigiert).

Ifm SK 3	Veränderung RND	Korrigierte RND	Afa SK3 korrigiert (korrigierte RND)	Afa SK3 ursprüngl	Afa Differenz	Restbuchwert SK3 Anteil	
478,10	4,18%	-19,15	19,85	2.949,81	1.501,16	1.448,65	58.545,17

Tabelle 14: Auswirkung der verkürzten tRND für BA 02, 85-89

Die Quantifizierung der SK3 Schäden des BA 02, Baujahr-Abschnitt 1985-1989 erfolgt durch die Afa-Differenz in Höhe von EUR 1.448,65.

Sämtliche Folgekostenberechnungen der VOR SORGE Maßnahmen für diesen Bauabschnitt 02 basieren auf diesen korrigierten Werten (RND und Afa).

3.3.3 Beschreibung der Detailvarianten

In der Rentabilitätsanalyse / dynamischen Kostenvergleichsanalyse wird – ausgehend von der Ausgangssituation – generell zwischen den folgenden Detailvarianten unterschieden:

Variante I: Keine Inangriffnahme sofortiger Sanierungsmaßnahmen – dadurch Verkürzung der tRND nach Feststellung von SK3 Schäden und Erneuerung (Neubau) der Haltungen erst nach Ablauf der angepassten tRND.

Variante II: Inangriffnahme von Reparaturmaßnahmen (Einzelmaßnahmen wie Roboter, Manschette, Kurzliner etc. – allenfalls mehrfach hintereinander) nach Feststellung von SK3 Schäden bereits im Jahr 2016. Danach Erneuerung (Neubau) der Haltungen nach Ablauf der tRND der Reparaturmaßnahmen angenommen.

Variante III: Inangriffnahme von Renovierungsmaßnahmen (Inliner etc.) nach Feststellung von SK3 Schäden bereits im Jahr 2016 mit einer 50 jährigen Nutzungsdauer, danach Erneuerung (Neubau) der Haltungen angenommen.

Variante IV: Erneuerung (Neubau) der Haltungen nach Feststellung von SK3 Schäden bereits im Jahr 2016 mit einer 80 jährigen Nutzungsdauer.

Zur Darstellung der kostenmäßigen Auswirkungen der angeführten Umsetzungsvarianten wurden Zeitreihen für den Kostenverlauf – primär für die je nach Variante anfallende kalkulatorische AfA und die kalkulatorischen Zinsen – erstellt.

Zur Durchführung der Rentabilitätsanalyse wurde die **Methode der dynamischen Kostenvergleichsrechnung** herangezogen. Dabei wurden die geschätzten aktuellen Sanierungskosten (Reparatur / Renovierung / Erneuerung) entsprechend angesetzt.

Für den Fall einer zeitlich späteren Umsetzung wurden die Sanierungskosten entsprechend dem Jahr des Anfalles mit 2,0 % indexiert (erwartete Preissteigerung).

Die Folgekosten der jeweiligen Maßnahme – die sich aus der kalkulatorischen AfA und Verzinsung ergeben – wurden mit einem Barwertzinssatz von 1,5% diskontiert, um so einen Variantenvergleich zum Zeitpunkt per 01.01.2016 zu ermöglichen.

Für den Fall der Inangriffnahme von erstmaligen Reparatur- oder Renovierungsmaßnahmen – allenfalls mehrfach, um die Zustandsklasse 2 zu erhalten bzw. zu erreichen – wurde vereinfachend angenommen, dass diese bereits in Summe im Jahr 2016 erfolgen. In den Variantenberechnungen wurde daher angenommen, dass die Reparatur- oder Renovierungsmaßnahmen, die ab dem Jahr 2016 – allenfalls mehrmals – in Angriff genommenen werden, die technische Nutzungsdauer entsprechend verlängern.

Nach Ablauf dieser sanierungsbedingten Nutzungsdauerverlängerung wurde in den Kalkulationen unterstellt, dass nur mehr entsprechend indexierte Erneuerungsmaßnahmen umgesetzt werden.

3.3.4 Berechnung der Detailvarianten

In der dynamischen Kostenvergleichsrechnung wurden die Barwerte für die einzelnen Bauabschnitte bezogen auf die Betrachtungszeiträume 25 und 50 Jahre für alle o.a. Sanierungsmaßnahmen ermittelt und gegenübergestellt.

3.3.4.1. Erneuerung nach Ablauf der tRND

Für die Variante I – Feststellung des Schadens und Erneuerung (Neubau) der Haltungen nach Ablauf der verkürzten (festgestellten) technischen Restnutzungsdauer – zeigt sich die Folgekostenberechnung wie folgt:

BA 02; 85 - 89		Barwertzinssatz	1,50%	kalk. Zinsen	2%	Indexierung	2,00%		
SK3 Schaden, Verkürzung RND - Erneuerung nach Ablauf RND									
		AFA Restwert	IK Erneuerung	AFA Erneuerung	RBW Restbuchwert	Zinsen	Summe AFA und Zinsen	Barwerte	Betrachtungszeitraum
IK		0	203.892				115.425	94.265	25 Jahre
AFA gesamt		2.949,81					328.453	218.620	50 Jahre
RND Neu		19,85		80			494.141	285.411	75 Jahre
					58.545,17	2%	592.607	313.711	95 Jahre
1	2016	2.949,81			55.595,37	1.141,41	4.091,21	4.091,21	
2	2017	2.949,81			52.645,56	1.082,41	4.032,22	3.972,63	
3	2018	2.949,81			49.695,76	1.023,41	3.973,22	3.856,65	
4	2019	2.949,81			46.745,95	964,42	3.914,22	3.743,24	
5	2020	2.949,81			43.796,14	905,42	3.855,23	3.632,33	
6	2021	2.949,81			40.846,34	846,42	3.796,23	3.523,89	
7	2022	2.949,81			37.896,53	787,43	3.737,23	3.417,86	
8	2023	2.949,81			34.946,73	728,43	3.678,24	3.314,19	
9	2024	2.949,81			31.996,92	669,44	3.619,24	3.212,84	
10	2025	2.949,81			29.047,11	610,44	3.560,25	3.113,76	
11	2026	2.949,81			26.097,31	551,44	3.501,25	3.016,91	
12	2027	2.949,81			23.147,50	492,45	3.442,25	2.922,24	
13	2028	2.949,81			20.197,69	433,45	3.383,26	2.829,71	
14	2029	2.949,81			17.247,89	374,46	3.324,26	2.739,28	
15	2030	2.949,81			14.298,08	315,46	3.265,27	2.650,90	
1	16	2031			11.348,28	256,46	3.206,27	2.564,54	
2	17	2032			8.398,47	197,47	3.147,27	2.480,15	
3	18	2033			5.448,66	138,47	3.088,28	2.397,69	
4	19	2034			2.498,86	79,48	3.029,28	2.317,13	
5	20	2035			0,00	24,99	2.523,85	1.901,99	
6	21	2036	302.972,76	3.787,16	299.185,60	2.991,86	6.779,02	5.033,22	
7	22	2037		3.787,16	295.398,44	5.945,84	9.733,00	7.119,67	
8	23	2038		3.787,16	291.611,28	5.870,10	9.657,26	6.959,87	
9	24	2039		3.787,16	287.824,12	5.794,35	9.581,51	6.803,23	
10	25	2040		3.787,16	284.036,96	5.718,61	9.505,77	6.649,70	

Tabelle 15: Barwertberechnung für Variante I – BA 02, 85-89

Punkt 1 zeigt den Restbuchwert Anteil SK3 in Höhe von EUR 58.545,17. Der Restbuchwert dividiert durch die verkürzte technische Restnutzungsdauer von 19,85 Jahren (**Punkt 2**) ergibt die AfA gesamt in Höhe von EUR 2.949,81 (**Punkt 3**).

Diese AfA neu wurde über die Restnutzungsdauer jährlich angesetzt. Ebenso wurden 2 % kalkulatorische Zinsen vom durchschnittlichen Restbuchwert (entspricht eingesetztem Kapital) jährlich berechnet. Für 2016, das 1. Jahr in Höhe von EUR 1.141,41 (**Punkt 4**).

So wurden die jährlichen Folgekosten berechnet, welche sich aus der kalkulatorischen AfA und der Verzinsung (Eigen- und Fremdkapital) zusammensetzen, und lt. **Punkt 5** gerundet EUR 4.091,21 (AfA 2.949,81 + Zinsen 1.141,41) für 2016 betragen.

Unter **Punkt 6** finden sich die jährlich mit 1,5 % abgezinsten Barwerte der Folgekosten auf das Vergleichsjahr 2016.

Für die Betrachtungszeiträume 25, 50, 75 und 95 Jahre wurden in den Kopfdaten der Berechnungen jeweils die Summen pro Zeitraum der Folgekosten (AfA und Zinsen; **Punkt 6**) kumuliert (**Punkt 7**).

Schließlich wird nach Ablauf der verkürzten technischen Restnutzungsdauer die Erneuerungsinvestition durchgeführt. Diese wurde per 2016 mit EUR 203.892,00 geschätzt und beträgt indexiert mit 2 % im Jahr 2036 EUR 302.972,76. Bei der angesetzten Nutzungsdauer von 80 Jahren ergibt sich eine jährliche AfA in Höhe von EUR 3.787,16 (**Punkt 8**).

Für die Variante I zeigt sich somit als Ergebnis für einen Betrachtungszeitraum von 25 Jahren ein Barwert der Folgekosten in Höhe von EUR 94.265,00 und von 50 Jahren in Höhe von EUR 218.620,00 (**Punkt 7**).

BA	LFM SK3	Barwerte (AFA und Zinsen)				
		Jahre	Erneuerung nach Ablauf tRND	Reparatur 2016	Renovierung 2016	Erneuerung 2016
BA 02; 85 - 89	478	25	94.265	89.347	127.975	163.191
		50	218.620	134.431	191.196	251.889

Tabelle 16: Barwerte für Folgekosten der Variante I – BA 02, 85-89

3.3.4.2. Reparatur

Für die weiteren Sanierungsvarianten wird immer von der Berechnungsmethode gemäß Variante I ausgegangen.

Zu dem **Restbuchwert SK3 Anteil** in Höhe von EUR 58.545,17 wurden die jeweiligen technisch angesetzten, durchschnittlichen **Investitionskosten** hinzugezählt, wodurch sich jeweils ein **neuer Restbuchwert** ergibt.

Zusätzlich wurden in die Berechnung die **neuen technischen Restnutzungsdauern** aufgrund jeweiliger Investition herangezogen.

Für die **Reparaturen** wurden je nach Reparatur-Art Nutzungsdauern angesetzt und diese auf Basis der Laufmeter pro Baujahrschnitt gewichtet.

Für eine **Erneuerung** wurde auf Basis der neuen Erkenntnisse eine Nutzungsdauer von 80 Jahren und für eine **Renovierung** von 50 Jahren festgelegt.

Tabelle 17 zeigt einen Ausschnitt mit den jeweiligen Nutzungsdauern pro Reparaturart (*ND Rep. (a)*), die Gesamtkosten der Reparatur(en) bis zur Erreichung der technischen Restnutzungsdauer (*Ges.kosten der Rep. bis err. tRND (EUR)*) nach den Reparaturen sowie die Investitionskosten für die Renovierungen und Erneuerungen pro Haltung (*letzten beiden Spalten*).

Haltung	tRND bezogen SK (man) + zeitl. Verä. (a)	Sanierungsart (Rep., Ren, Ern.)	Reparaturkosten Mittelw. (EUR)	ND Rep. (a)	Anz. der erf. Rep. bis err. der tRND	Ges.kosten der Rep. bis err. tRND (EUR)	SK nach San.	tRND nach San (a)	Erneuerungskosten (EUR) [Anm: tRND=80]	Renov.kosten (EUR) [Anm: tRND=50]
110605	15,0	Partliner oder QuickLock	590,00	30	2	1.180,00	2	55	12.040,00	6.160,00
320519	15,0	Partliner oder QuickLock	590,00	30	2	1.180,00	2	55	6.300,00	6.300,00
321525	20,0	Roboter	360,00	15	3	1.080,00	2	50		
321525	20,0	händische Sanierung	230,00	15	3	690,00	2	50	14.620,00	7.840,00
321526	20,0	Roboter	360,00	15	3	1.080,00	2	50		
321526	20,0	händische Sanierung	230,00	15	3	690,00	2	50	16.340,00	8.720,00
321527	20,0	punkt. Aufgrabung	1.750,00	80	1	1.750,00	2	50		
321527	20,0	punkt. Aufgrabung	1.750,00	80	1	1.750,00	2	50		
321527	20,0	Roboter	360,00	15	3	1.080,00	2	50		
321527	20,0	händische Sanierung	230,00	15	3	690,00	2	50	17.200,00	9.160,00

Tabelle 17: Auszug aus techn. Basisdatei mit tRND und Investitionskosten – BA 02, 85-89

Die Summe dieser jeweiligen, durchschnittlichen Investitionskosten wurde somit noch den Baujahr-Abschnitten zugeordnet.

Somit liegen für die weiteren Variantenberechnungen geschätzte Sanierungskosten und technische Restnutzungsdauern vor, die in Folge beschrieben werden.

Die **Variante II (Reparatur)** wird folgend definiert:

„Sofortige Reparatur (2016) der festgestellten Schäden – allenfalls mehrfach, um die Zustandsklasse 2 zu erhalten bzw. zu erreichen – unter Ansatz der Kosten der Reparatur(en) und der damit verbundenen entsprechenden technischen Restnutzungsdauer. Nach Ablauf technischen Nutzungsdauer der durchgeführten Reparaturen erfolgt der Kostenansatz für eine Erneuerung (Neubau).“

Die ermittelten Kosten und verlängerte, technische Restnutzungsdauer betragen:

Variante II (Reparatur) EUR 66.768,14 55,06 ND

Restbuchwert SK3 Anteil	Kosten der Reparatur	Rest/Buchwert SK3 nach Reparatur	Gewichtete Nutzungsdauer nach Reparatur	AFA NEU für SK3 Anteile (nach Reparatur)
58.545,17	66.768,14	125.313,32	55,06	2.276,07

Tabelle 18: Berechnung RBW und tRND für Variante II (Reparatur)

Die Summe des Restbuchwerts SK3 Anteil (Ausgangsbasis) und die Reparaturkosten ergeben den neuen Rest/Buchwert SK3 nach Reparatur. Durch Division mit der gewichteten Nutzungsdauer von 55,06 Jahren nach Reparatur(en) ergibt sich eine neue AfA für 478,10 Laufmeter Kanal mit SK3 Schäden.

Für die Berechnung wurde vereinfachend die kumulierten Reparaturkosten in Höhe von EUR 66.768,14 angenommen, also alle notwendigen Reparaturen (in Tabelle 17: Anzahl der erforderlichen Reparaturen bis Erreichen der tRND) in Summe.

Somit sind der Buchwert und die Zinsen höher, jedoch die AfA niedriger.

Die Kopfdaten für die Folgekostenberechnung der Reparatur-Variante zeigen sich in Punkt 1 (neuer Restbuchwert EUR 125.313,32), Punkt 2 (neue tRND 55,06 Jahre) und Punkt 3 (neue AfA EUR 2.276,07) verändert.

Variante II							
Reparatur SK3 im Jahr 2016, danach Erneuerung							
AfA nach Sanierung	IK Erneuerung	AfA Erneuerung	RBW Restbuchwert	Zinsen	Summe AfA und Zinsen	Barwerte	Betrachtungszeitraum
66.768	203.892				105.333	89.347	25 Jahre
2.276,07	3				182.215	134.431	50 Jahre
55,06	2	80	1		541.873	272.670	75 Jahre
			125.313,32	2%	853.978	362.132	95 Jahre

Tabelle 19: Kopfdaten Folgekostenberechnung Variante II (Reparatur)

Aufgrund der verlängerten technischen Restnutzungsdauer von 19,85 auf 55,06 Jahre (durch die Reparaturen) ist die Investition in die Erneuerung erst im Jahr 2072 zu tätigen. Durch die Indexierung mit 2 % sind die geschätzten Investitionskosten in Höhe von EUR 203.891,98 auf EUR 618.030,29 angestiegen.

BA 02; 85 - 89			Barwertzinssatz	1,50%	kalk. Zinsen	2%	Indexierung	2,00%	
Reparatur SK3 im Jahr 2016, danach Erneuerung									
			AfA nach Sanierung	IK Erneuerung	AfA Erneuerung	RBW Restbuchwert	Zinsen	Summe AfA und Zinsen	Barwerte
	IK	25 Jahre	66.768	203.892				105.333	89.347
	AfA gesamt	50 Jahre	2.276,07					182.215	134.431
	RND Neu	75 Jahre	55,06		80			541.873	272.670
		95 Jahre				125.313,32	2%	853.978	362.132
1	2016		2.276,07			123.037,24	2.483,51	4.759,58	4.759,58
2	2017		2.276,07			120.761,17	2.437,98	4.714,06	4.644,39
3	2018		2.276,07			118.485,10	2.392,46	4.668,53	4.531,57
40	2070		2.276,07			129,41	25,35	2.301,42	1.029,98
41	2071		129,41			0,00	1,29	130,71	57,63
42	2072			618.030,29	7.725,38	610.304,92	6.103,05	13.828,43	6.007,23
43	2073				7.725,38	602.579,54	12.128,84	19.854,22	8.497,45
44	2074				7.725,38	594.854,16	11.974,34	19.699,72	8.306,72

Tabelle 20: indizierte Investitionskosten Erneuerung Variante II (Reparatur)

Für die Variante II zeigt sich somit als Ergebnis für einen Betrachtungszeitraum von 25 Jahren ein Barwert der Folgekosten in Höhe von EUR 89.347,00 und von 50 Jahren in Höhe von EUR 134.431,00 (**Punkt 7**).

BA	LFM SK3	Barwerte (AFA und Zinsen)				
		Jahre	Erneuerung nach Ablauf tRND	Reparatur 2016	Renovierung 2016	Erneuerung 2016
BA 02; 85 - 89	478	25	94.265	89.347	127.975	163.191
		50	218.620	134.431	191.196	251.889

Tabelle 21: Barwerte für Folgekosten der Variante II – BA 02, 85-89

3.3.4.3. Renovierung

Für die Renovierungsvariante sind EUR 113.796,69 Kosten und eine technische Restnutzungsdauer von 50 Jahren ermittelt worden.

Die Maßnahme ist wie folgt definiert:

„Inangriffnahme von Renovierungsmaßnahmen (Inliner etc.) nach Feststellung von SK3 Schäden bereits im Jahr 2016 mit einer 50 jährigen Nutzungsdauer, danach Erneuerung (Neubau) der Haltungen angenommen.“

Somit errechnet sich ein neuer Restbuchwert in Höhe von EUR 172.341,87 und eine neue AfA in Höhe von EUR 3.446,84.

Restbuchwert SK3 Anteil	Renovierungskosten (AB)	Rest/Buchwert SK3 nach Renovierung	tRND nach Renovierung	AFA NEU für SK3 Anteile
58.545,17	113.796,69	172.341,87	50	3.446,84

Tabelle 22: Berechnung RBW und tRND für Variante III (Renovierung)

Unter der Prämisse, dass alle Renovierungskosten im Jahr 2016 durchgeführt werden, ergeben sich folgende Kopfdaten für die Folgekostenberechnung:

Variante III							
Renovierung SK3 im Jahr 2016, danach Erneuerung							
AfA nach Renovierung	Erneuerung	AfA Erneuerung	RBW Restbuchwert	Zinsen	Summe AfA und Zinsen	Barwerte	Betrachtungszeitraum
113.797	203.892				150.799	127.975	25 Jahre
3.446,84					258.513	191.196	50 Jahre
50,00		80			656.045	350.687	75 Jahre
			172.341,87	2%	916.722	425.431	95 Jahre

Tabelle 23: Kopfdaten Folgekostenberechnung Variante III (Renovierung)

Durch die geänderten Kopfdaten, RBW, RND und AfA ergibt sich für den Betrachtungszeitraum von 25 Jahren ein Barwert der kalk. AfA und Zinsen in Höhe von EUR 127.975,00 und von 50 Jahren von EUR 191.196,00.

Die Investition in die Erneuerung verschiebt sich durch die längere Nutzungsdauer in das Jahr 2066.

BA 02; 85 - 89			Barwertzinssatz	1,50%	kalk. Zinsen	2%	Indexierung	2,00%	
Renovierung SK3 im Jahr 2016, danach Erneuerung									
			AfA nach Renovierung	Erneuerung	AfA Erneuerung	RBW Restbuchwert	Zinsen	Summe AfA und Zinsen	Barwerte
		IK	113.797	203.892				150.799	127.975
		AfA gesamt	3.446,84					258.513	191.196
		RND Neu	50,00		80			656.045	350.687
						172.341,87	2%	916.722	425.431
	1	2016	3.446,84			168.895,03	3.412,37	6.859,21	6.859,21
	2	2017	3.446,84			165.448,19	3.343,43	6.790,27	6.689,92
34	49	2064	3.446,84			3.446,84	103,41	3.550,24	1.737,35
35	50	2065	3.446,84			(0,00)	34,47	3.481,31	1.678,44
36	51	2066		548.793	6.859,92	541.933,30	5.419,33	12.279,25	5.832,70
37	52	2067			6.859,92	535.073,38	10.770,07	17.629,98	8.250,57
38	53	2068			6.859,92	528.213,47	10.632,87	17.492,78	8.065,38

Tabelle 24: indizierte Investitionskosten Erneuerung Variante III (Renovierung)

Tabelle 23 zeigt, dass die Investitionskosten für die Erneuerung durch die Indexierung EUR 548.793,00 betragen.

Für die Variante III zeigt sich somit als Ergebnis für einen Betrachtungszeitraum von 25 Jahren ein Barwert der Folgekosten in Höhe von EUR 127.975 und von 50 Jahren in Höhe von EUR 191.196,00 (**Punkt 7**).

BA	LFM SK3	Barwerte (AFA und Zinsen)				
		Jahre	Erneuerung nach Ablauf tRND	Reparatur 2016	Renovierung 2016	Erneuerung 2016
BA 02; 85 - 89	478	25	94.265	89.347	127.975	163.191
		50	218.620	134.431	191.196	251.889

Tabelle 25: Barwerte für Folgekosten der Variante III – BA 02, 85-89

3.3.4.4. Erneuerung

Die Variante IV ist schließlich die Erneuerung (Neubau) der Haltungen nach Feststellung von SK3 Schäden bereits im Jahr 2016 mit einer 80 jährigen Nutzungsdauer.

Für diese Variante wurden Investitionskosten von EUR 203.891,98 ermittelt.

Restbuchwert SK3 Anteil	Erneuerungskosten (AA)	Rest/Buchwert SK3 nach Erneuerung	tRND nach Erneuerung	AfA NEU für SK3 Anteile
58.545,17	203.891,98	262.437,16	80	3.280,46

Tabelle 26: Berechnung RBW und tRND für Variante IV (Erneuerung)

Dadurch ergibt sich rechnerisch ein Restbuchwert SK3 nach Erneuerung in Höhe von EUR 262.437,16. Die Division durch 80 Jahre Nutzungsdauer ergibt eine neue AfA in Höhe von EUR 3.280,46.

Die Werte für die Variante IV – Erneuerung zeigen somit folgendes Bild der Kopfdaten für die Folgekostenberechnung. (Pkt. 1 – 3 geändert)

BA 02; 85 - 89

Erneuerung SK3 im Jahr 2016, danach wieder Erneuerung							
	AfA nach Erneuerung	Erneuerung	AfA Erneuerung	RBW Restbuchwert	Zinsen	Summe AfA und Zinsen	Barwerte
IK	203.892	203.892				192.727	163.191
AfA gesamt	3.280,46					344.449	251.889
RND Neu	80,00		80			455.164	296.636
				262.437,16	2%	919.094	424.671
1	2016	3.280,46		259.156,69	5.215,94	8.496,40	8.496,40
2	2017	3.280,46		255.876,23	5.150,33	8.430,79	8.306,20
34	49	2064	3.280,46	101.694,40	2.066,69	5.347,16	2.616,69
35	50	2065	3.280,46	98.413,93	2.001,08	5.281,55	2.546,39
36	51	2066	3.280,46	95.133,47	1.935,47	5.215,94	2.477,60
37	52	2067	3.280,46	91.853,00	1.869,86	5.150,33	2.410,28
65	80	2095	3.280,46	0,00	32,80	3.313,27	1.021,97
66	81	2096		994.062,95	12.425,79	981.637,16	9.816,37
67	82	2097		12.425,79	969.211,37	19.508,49	31.934,27
68	83	2098		12.425,79	956.785,59	19.259,97	31.685,76

Tabelle 27: Kopfdaten Folgekostenberechnung Variante IV (Erneuerung)

Durch die sofortige Erneuerung im Jahr 2016 ergeben sich höhere kalkulatorische Kosten, welche sich auf Barwerte auswirken.

Für die Variante IV zeigt sich somit als Ergebnis für einen Betrachtungszeitraum von 25 Jahren ein Barwert der Folgekosten in Höhe von EUR 163.191,00 und von 50 Jahren in Höhe von EUR 251.889,00 (**Punkt 7**).

BA	LFM SK3	Barwerte (AFA und Zinsen)				
		Jahre	Erneuerung nach Ablauf tRND	Reparatur 2016	Renovierung 2016	Erneuerung 2016
BA 02; 85 - 89	478	25	94.265	89.347	127.975	163.191
		50	218.620	134.431	191.196	251.889

Tabelle 28: Barwerte für Folgekosten der Variante I – BA 02, 85-89

3.3.5 Vergleich der Varianten

Schließlich können die Barwerte der Folgekosten kalkulatorische AfA und Zinsen der jeweiligen Sanierungsvariante verglichen werden. Für den Bauabschnitt 02, Baujahrsabschnitt 1985-1989 zeigt sich die **Variante Reparatur**, für beide Betrachtungszeiträume 25 und 50 Jahre, als **wirtschaftlich empfehlenswert**.

BA	LFM SK3	Barwerte (AfA und Zinsen)				
		Jahre	Erneuerung nach Ablauf tRND	Reparatur 2016	Renovierung 2016	Erneuerung 2016
BA 02; 85 - 89	478	25	94.265	89.347	127.975	163.191
		50	218.620	134.431	191.196	251.889

Tabelle 29: Vergleich der Barwerte (AfA und Zinsen) der VOR Sorge-Varianten

Durch die Investition in Reparaturen in Höhe der Gesamtkosten von EUR 66.768,00 – bezogen auf das Umsetzungsjahr 2016 – können barwertmäßige Folgekosten, bezogen auf die Erneuerung nach Ablauf der tRND und einen Betrachtungszeitraum von 50 Jahren, in Höhe von EUR 84.189,00 eingespart werden.

Empfehlung bei Betrachtung 50 Jahre				
BA	Art der Maßnahme	Jahr der Umsetzung	Kosten der Maßnahme	Folgekostenersparnis barwertmäßig
BA 02; 85 - 89	Reparatur	2016	66.768	84.189

Tabelle 30: barwertmäßige Folgekostensparnis bei Reparatur im Umsetzungsjahr 2016

Durch die Verlängerung der technischen Nutzungsdauer ist zusätzlich noch eine Verschiebung der Erneuerung in das Jahr 2072 zu erwarten.

4. RENTABILITÄTSANALYSE – DYNAMISCHE KOSTENVERGLEICHSRECHNUNG

Im Rahmen der durchgeführten Rentabilitätsanalyse für die SK3 Schäden der Abwasserentsorgungsnetze werden die kostenmäßigen Auswirkungen (kalkulatorische AfA und kalkulatorische Zinsen) von Sanierungsmaßnahmen wie Reparatur, Renovierung und / oder Erneuerung analysiert und die Barwertergebnisse der durchgeführten Variantenberechnungen gegenübergestellt.

4.1 Übersicht Detailvarianten

In der Rentabilitätsanalyse / dynamischen Kostenvergleichsanalyse wird generell zwischen den folgenden Detailvarianten unterschieden:

Ausgangssituation – Schadensfeststellung und Quantifizierung des Schadensausmaßes durch Verkürzung der tRND und Erhöhung der AfA nach Feststellung von SK3 Schäden.

Variante I: Keine Inangriffnahme sofortiger Sanierungsmaßnahmen – dadurch Verkürzung der tRND nach Feststellung von SK3 Schäden und Erneuerung (Neubau) der Haltungen erst nach Ablauf der angepassten tRND.

Variante II: Inangriffnahme von Reparaturmaßnahmen (Einzelmaßnahmen wie Roboter, Manschette, Kurzliner etc. – allenfalls mehrfach hintereinander) nach Feststellung von SK3 Schäden bereits im Jahr 2016. Danach Erneuerung (Neubau) der Haltungen nach Ablauf der tRND der Reparaturmaßnahmen angenommen.

Variante III: Inangriffnahme von Renovierungsmaßnahmen (Inliner etc.) nach Feststellung von SK3 Schäden bereits im Jahr 2016 mit einer 50 jährigen Nutzungsdauer, danach Erneuerung (Neubau) der Haltungen angenommen.

Variante IV: Erneuerung (Neubau) der Haltungen nach Feststellung von SK3 Schäden bereits im Jahr 2016 mit einer 80 jährigen Nutzungsdauer.

Zur Darstellung der kostenmäßigen Auswirkungen der angeführten Umsetzungsvarianten wurden Zeitreihen für den Kostenverlauf – primär für die je nach Variante anfallende kalkulatorische AfA und die kalkulatorischen Zinsen – erstellt.

Zur Durchführung der Rentabilitätsanalyse wurde die Methode der dynamischen Kostenvergleichsrechnung herangezogen. Dabei wurden die von BOKU und dem Ingenieurbüro Lugitsch und Partner Ziviltechniker GmbH sowie den Planern geschätzten aktuellen Sanierungskosten (Reparatur / Renovierung / Erneuerung) entsprechend angesetzt.

Für den Fall einer zeitlich späteren Umsetzung wurden die Sanierungskosten entsprechend dem Jahr des Anfalles mit 2,0% indexiert (Orientierung am Tiefbauindex).

Die Folgekosten der jeweiligen Maßnahme – die sich aus der kalkulatorischen AfA und Verzinsung ergeben – wurden mit einem Barwertzinssatz von 1,5% (durchschnittliche Inflationsrate) abgezinst, um so einen Variantenvergleich zum Zeitpunkt per 01.01.2016 zu ermöglichen.

Für den Fall der Inangriffnahme von erstmaligen Reparatur- oder Renovierungsmaßnahmen – allenfalls mehrfach, um die Zustandsklasse 2 zu erhalten bzw. zu erreichen – wurde angenommen, dass diese bereits im Jahr 2016 erfolgen. In den Variantenberechnungen wurde daher angenommen, dass die Reparatur- oder Renovierungsmaßnahmen, die im Jahr 2016 – allenfalls mehrmals – in Angriff genommen werden, die technische Nutzungsdauer entsprechend verlängern. Nach Ablauf dieser sanierungsbedingten Nutzungsdauerverlängerung wurde in den Kalkulationen unterstellt, dass nur mehr entsprechend indexierte Erneuerungsmaßnahmen umgesetzt werden. Sämtliche Variantenberechnungen der Rentabilitätsanalyse wurden für alle Bauabschnitte (Kanalisation) und alle untersuchten Pilotgemeinden vorgenommen.

In der dynamischen Kostenvergleichsrechnung wurden die Barwerte für die einzelnen Bauabschnitte bezogen auf die Betrachtungszeiträume 25 und 50 Jahre für alle o.a. Sanierungsmaßnahmen ermittelt und gegenübergestellt. Die Quantifizierung der festgestellten SK3 Schäden und die Barwerte der dynamischen Kostenvergleichsrechnung lassen sich für die einzelnen Gemeinden wie folgt darstellen:

4.2 Gemeinde 1

4.2.1 Quantifizierung der SK3 Schäden

Bei den Abwasserentsorgungsnetzen der Gemeinde 1 wurden bei rd. 10% der gesamten Kanallängen (d.s. 3.458 lfm von insgesamt 33.782 lfm) Schäden der Schadensklasse 3 (SK3) festgestellt.

Wenn keine vorzeitigen Sanierungsmaßnahmen ergriffen werden, reduziert sich die technische Restnutzungsdauer der betroffenen Haltungen. Durch die Reduktion der technischen Restnutzungsdauer ergibt sich eine **Erhöhung der jährlichen kalkulatorischen AfA um rd. EUR 68.600,-** (= rd. 30% der derzeitigen AfA).

Gemeinde 1			
	gesamt	SK3	
Anzahl LFM	33.782	3.458	10,2%
AfA / Erhöhung	234.082	68.599	29,3%

Tabelle 31: Kalkulatorische AfA SK3 Haltungen – Gemeinde 1

4.2.2 Ergebnisse der Rentabilitätsanalyse - Maßnahmenbarwerte

Die folgende Auswertungstabelle (Tabelle 32) zeigt das Ergebnis der durchgeführten dynamischen Kostenvergleichsrechnung auf Grundlage der ermittelten Maßnahmenbarwerte (abgezinste Folgekosten, AfA und Zinsen) für die einzelnen Sanierungsvarianten über einen Betrachtungszeitraum von 25 bis 50 Jahren je Bauabschnitt:

BA	LFM SK3	Barwerte (AFA und Zinsen)				
		Jahre	*V I Erneuerung nach Ablauf tRND	V II Reparatur 2016	V III Renovierung 2016	V IV Erneuerung 2016
BA 70 - 74	2.073	25	1.174.972	886.154	894.828	1.268.202
		50	1.887.757	1.325.346	1.336.885	1.957.500
BA 75 - 79	253	25	198.480	85.370	141.669	225.105
		50	331.077	183.215	211.656	347.455
Altbestand 80-84	104	25	62.936	35.989	52.158	74.005
		50	107.430	58.926	77.925	114.228
BA2 80-84	383	25	280.149	168.033	226.692	301.085
		50	443.369	268.829	338.681	464.732
BA 03; 85-89	141	25	109.064	94.170	82.500	91.603
		50	141.727	140.792	123.256	141.391
BA 04; 90-94	62	25	24.187	29.317	25.072	22.395
		50	33.637	43.850	37.458	34.567
BA 05; 95-99	69	25	16.941	12.459	19.769	24.720
		50	33.855	18.918	29.535	38.155
BA 05; 00-04	112	25	29.642	23.997	35.868	34.636
		50	49.349	36.300	53.587	53.461
BA 06; 00-04	85	25	22.770	18.372	27.349	26.373
		50	37.641	27.792	40.860	40.708
BA 08; 00-04	72	25	20.841	16.607	24.347	23.355
		50	33.552	25.122	36.375	36.050
BA 10; 10-14	36	25	15.498	15.831	13.898	15.173
		50	22.711	23.824	20.764	23.420
BA 11; 10-14	67	25	28.946	29.350	25.841	28.092
		50	42.114	44.170	38.607	43.360

*) V = Variante

Tabelle 32: Maßnahmenbarwerte (AfA und Zinsen) der Sanierungsvarianten – Gemeinde 1

Den Ergebnissen der dynamischen Kostenvergleichsrechnung ist zu entnehmen, dass bei 91% der Kanallängen (= 3.152 lfm), an denen SK3 Schäden festgestellt wurden, Reparaturmaßnahmen durchgeführt werden sollen und bei 7% (= 244 lfm) Renovierungsmaßnahmen wirtschaftlich sinnvoll sind.

Beim BA04 sind 62 lfm (= 2 %) aus technischer Sicht spätestens im Jahr 2034 zu erneuern, vorgezogene Sanierungsmaßnahmen sind nicht rentabel.

4.2.3 Vorgezogene Sanierungsmaßnahmen - betriebswirtschaftliche Sicht

Tabelle 33 zeigt die betriebswirtschaftlichen Ergebnisse und Wirkungen bei Umsetzung von vorgezogenen Sanierungs- bzw. Vorsorgemaßnahmen für die Gemeinde 1 über einen Betrachtungszeitraum von 50 Jahren je Bauabschnitt.

Den Rentabilitätsrechnungen nach der Methode der dynamischen Kostenvergleichsrechnung ist zu entnehmen:

- 1) Bei Umsetzung der entsprechenden Vorsorgemaßnahmen ist - ab dem Jahr 2016 bzw. auf die nächsten Jahre verteilt - ein Investitionsbedarf von insgesamt rd. EUR 1,1 Mio. für Sanierungskosten (Reparatur, Renovierung) der einzelnen Haltungen erforderlich.
- 2) Die Investitionskosten für eine komplette Erneuerung (Barwert iHv EUR 2,8 Mio. siehe Tabelle 34) müssen bei Umsetzung der empfohlenen Vorsorgemaßnahmen vorerst nicht getätigt werden, sondern erst in ca. 50 Jahren (mit Ausnahme BA 04). So kann das Kanalnetz in den kommenden Jahren wesentlich günstiger betrieben werden.
- 3) Durch die Umsetzung der Vorsorgemaßnahmen können in den Folgejahren in Summe über EUR 1,0 Mio. an Folgekosten (AfA und Zinsen 50 Jahre Betrachtungszeitraum) eingespart werden.

Empfehlung bei Betrachtung 50 Jahre				
BA	Maßnahme	Umsetzung ab	Kosten der Maßnahme	* Folgekostenersparnis barwertmäßig
BA 70 - 74	Reparatur	2016	869.215	562.411
BA 75 - 79	Reparatur	2016	45.390	147.862
Altbestand 80-84	Reparatur	2016	20.545	48.504
BA2 80-84	Reparatur	2016	75.365	174.540
BA 03; 85-89	Renovierung	2016	42.050	18.471
BA 04; 90-94	Erneuerung nach Ablauf tRND	2034	23.438	
BA 05; 95-99	Reparatur	2016	5.580	14.937
BA 05; 00-04	Reparatur	2016	10.389	13.049
BA 06; 00-04	Reparatur	2016	7.840	9.850
BA 08; 00-04	Reparatur	2016	6.701	8.430
BA 10; 10-14	Renovierung	2016	9.226	1.947
BA 11; 10-14	Renovierung	2016	16.844	3.507
<i>ohne BA 04; 90-94:</i>		Summe	1.109.145	1.003.507

*) Folgekostenersparnis ergibt sich aus der Differenz zwischen den Kosten der empfohlenen Maßnahme und der Variante I (Erneuerung der Haltungen erst nach Ablauf der tRND)

Tabelle 33: Ergebnisse aus betriebswirtschaftlicher Sicht – Gemeinde 1

4.2.4 Erforderliche Investitionskosten bei Auslaufen der tRND

Tabelle 34 zeigt u.a. die Investitionskosten und Zeitpunkte für die Erneuerung der Haltungen bei Auslaufen der festgestellten tRND aufgrund der festgestellten SK3 Schäden je Haltung bzw. Bauabschnitt – sofern keine Vorsorgemaßnahmen umgesetzt werden.

Werden keine Vorsorgemaßnahmen bzw. vorgezogene Sanierungsmaßnahmen umgesetzt, so sind die schadhaften Haltungen aus technischer Sicht in durchschnittlich 9 Jahren zu erneuern – die Erneuerungskosten belaufen sich dabei auf rd. EUR 3,2 Mio.

In der Spalte „Kosten per 2016“ sind die Investitionskosten für die Erneuerung auf das Jahr 2016 abgezinst (= rd. EUR 2,8 Mio.), um das Investitionskostenersparnis bei vorgezogenen Sanierungsmaßnahmen für das Jahr 2016 zu ermitteln (siehe vorne).

Der Spalte „Zeitpunkte der Erneuerung nach Umsetzung von Sanierungsmaßnahmen“ ist jeweils jener Zeitpunkt zu entnehmen, zu dem die schadhaften Haltungen / Bauabschnitte, welche im/ab dem Jahr 2016 entsprechend saniert werden, aus technischer Sicht letztendlich zu erneuern sind. Im gewichteten Durchschnitt verschiebt sich der Erneuerungsbedarf nach durchgeführter Sanierung von 9 auf 50 Jahre.

Investitionskosten Erneuerung ohne Umsetzung von Sanierungs- /Vorsorgemaßnahmen			1,5%	Zeitpunkte der Erneuerung nach Umsetzung von Sanierungsmaßnahmen
BA	Erneuerung Jahr	Erneuerung Kosten	Kosten per 2016	
BA 70 - 74	2023	1.961.737	1.767.577	2067
BA 75 - 79	2025	357.799	312.928	2060
Altbestand 80-84	2028	116.640	97.556	2064
BA2 80-84	2028	427.879	357.873	2064
BA 03; 85-89	2023	89.896	80.999	2066
BA 04; 90-94	2034	23.438	17.928	
BA 05; 95-99	2037	40.847	29.880	2079
BA 05; 00-04	2037	47.594	34.815	2076
BA 06; 00-04	2037	35.914	26.271	2076
BA 08; 00-04	2037	30.698	22.456	2076
BA 10; 10-14	2028	18.909	15.816	2066
BA 11; 10-14	2028	34.522	28.873	2066
		3.185.873	2.792.971	

Tabelle 34: Investitionskosten Erneuerung (bei Auslaufen der tRND) – Gemeinde 1

4.3 Gemeinde 2

4.3.1 Quantifizierung der SK3 Schäden

Bei den Abwasserentsorgungsnetzen der Gemeinde 2 wurden bei rd. 3,7% der gesamten Kanallängen (d.s. 974 lfm von insgesamt 26.660 lfm) Schäden der Schadensklasse 3 (SK3) festgestellt.

Wenn keine vorzeitigen Sanierungsmaßnahmen ergriffen werden, reduziert sich die technische Restnutzungsdauer der betroffenen Haltungen. Durch die Reduktion der technischen Restnutzungsdauer ergibt sich eine **Erhöhung der jährlichen kalkulatorischen AfA um rd. EUR 2.900,-** (= rd. 3% der derzeitigen AfA).

Gemeinde 2			
	gesamt	SK3	
Anzahl LFM	26.660	974	3,7%
AfA / Erhöhung	98.165	2.871	2,9%

Tabelle 35: Kalkulatorische AfA SK3 Haltungen – Gemeinde 2

4.3.2 Ergebnisse der Rentabilitätsanalyse - Maßnahmenbarwerte

Tabelle 36 zeigt das Ergebnis der durchgeführten dynamischen Kostenvergleichsrechnung auf Grundlage der ermittelten Maßnahmenbarwerte (abgezinste Folgekosten, AfA und Zinsen) für die einzelnen Sanierungsvarianten über einen Betrachtungszeitraum von 25 bis 50 Jahren je Bauabschnitt:

BA	LFM SK3	Barwerte (AfA und Zinsen)				
		Jahre	*V I Erneuerung nach Ablauf tRND	V II Reparatur 2016	V III Renovierung 2016	V IV Erneuerung 2016
BA 01; 85 - 89	416	25	73.782	72.174	105.562	137.159
		50	182.015	108.593	157.711	211.709
BA 02; 85 - 89	478	25	94.265	89.347	127.975	163.191
		50	218.620	134.431	191.196	251.889
BA 02; 90 - 94	49	25	11.110	6.788	12.559	10.517
		50	15.781	10.213	18.763	16.233
BA 03; 90 - 94	31	25	7.246	4.447	8.078	6.765
		50	10.179	6.691	12.069	10.441

*) V = Variante

Tabelle 36: Maßnahmenbarwerte (AfA und Zinsen) der Sanierungsvarianten – Gemeinde 2

Den Ergebnissen der dynamischen Kostenvergleichsrechnung ist zu entnehmen, dass bei 100% der Kanallängen (= 974 lfm), an denen SK3 Schäden festgestellt wurden, Reparaturmaßnahmen durchgeführt werden sollen.

4.3.3 Vorgezogene Sanierungsmaßnahmen - betriebswirtschaftliche Sicht

Tabelle 37 zeigt die betriebswirtschaftlichen Ergebnisse und Wirkungen bei Umsetzung von vorgezogenen Sanierungs- bzw. Vorsorgemaßnahmen für die Gemeinde 2 über einen Betrachtungszeitraum von 50 Jahren je Bauabschnitt.

Den Rentabilitätsrechnungen nach der Methode der dynamischen Kostenvergleichsrechnung ist zu entnehmen:

- 1) Bei Umsetzung der entsprechenden Vorsorgemaßnahmen ist - ab dem Jahr 2016 bzw. auf die nächsten Jahre verteilt - ein Investitionsbedarf von insgesamt EUR 127.240,- für Sanierungskosten (Reparaturmaßnahmen) der einzelnen Haltungen erforderlich.

- 2) Die Investitionskosten für eine komplette Erneuerung (Barwert iHv rd. EUR 436.000,-- siehe Tabelle 38) müssen bei Umsetzung der empfohlenen Vorsorgemaßnahmen vorerst nicht getätigt werden, sondern erst in ca. 56 Jahren. So kann das Kanalnetz in den kommenden Jahren wesentlich günstiger betrieben werden.
- 3) Durch die Umsetzung der Vorsorgemaßnahmen können in den Folgejahren in Summe rd. EUR 167.000,-- an Folgekosten (AfA und Zinsen 50 Jahre Betrachtungszeitraum) eingespart werden.

Empfehlung bei Betrachtung 50 Jahre				
BA	Maßnahme	Umsetzung ab	Kosten der Maßnahme	*Folgekostenersparnis barwertmäßig
BA 01; 85 - 89	Reparatur	2016	58.112	73.422
BA 02; 85 - 89	Reparatur	2016	66.768	84.189
BA 02; 90 - 94	Reparatur	2016	1.450	5.568
BA 03; 90 - 94	Reparatur	2016	910	3.488
Summe			127.240	166.668

*) Folgekostensparnis ergibt sich aus der Differenz zwischen den Kosten der empfohlenen Maßnahme und der Variante I (Erneuerung der Haltungen erst nach Ablauf der tRND)

Tabelle 37: Ergebnisse aus betriebswirtschaftlicher Sicht – Gemeinde 2

4.3.4 Erforderliche Investitionskosten bei Auslaufen der tRND

Tabelle 38 zeigt u.a. die Investitionskosten und Zeitpunkte für die Erneuerung der Haltungen bei Auslaufen der festgestellten tRND aufgrund der festgestellten SK3 Schäden je Haltung bzw. Bauabschnitt – sofern keine Vorsorgemaßnahmen umgesetzt werden.

Werden keine Vorsorgemaßnahmen bzw. vorgezogenen Sanierungsmaßnahmen umgesetzt, so sind die schadhaften Haltungen aus technischer Sicht in durchschnittlich 11 Jahren zu erneuern – die Erneuerungskosten belaufen sich dabei auf rd. EUR 600.000,--.

In der Spalte „Kosten per 2016“ sind die Investitionskosten für die Erneuerung auf das Jahr 2016 abgezinst (= rd. EUR 440.000,--), um das Investitionskostenersparnis bei vorgezogenen Sanierungsmaßnahmen für das Jahr 2016 zu ermitteln (siehe Tabelle 37).

Der Spalte „Zeitpunkte der Erneuerung nach Umsetzung von Sanierungsmaßnahmen“ ist jeweils jener Zeitpunkt zu entnehmen, zu dem die schadhaften Haltungen / Bauabschnitte, welche im/ab dem Jahr 2016 entsprechend saniert werden, aus technischer Sicht letztendlich zu erneuern sind. Im gewichteten Durchschnitt verschiebt sich der Erneuerungsbedarf nach durchgeführter Sanierung von 11 auf 56 Jahre.

Investitionskosten Erneuerung ohne Umsetzung von Sanierungs- /Vorsorgemaßnahmen			1,5%	Zeitpunkte der Erneuerung nach Umsetzung von Sanierungsmaßnahmen
BA	Erneuerung Jahr	Erneuerung Kosten	Kosten per 2016	
BA 01; 85 - 89	2036	263.693	195.784	2072
BA 02; 85 - 89	2036	302.973	224.948	2072
BA 02; 90 - 94	2031	11.906	9.523	2071
BA 03; 90 - 94	2031	7.475	5.979	2071
		586.047	436.234	

Tabelle 38: Investitionskosten Erneuerung (bei Auslaufen der tRND) – Gemeinde 2

4.4 Gemeinde 3

4.4.1 Quantifizierung der SK3 Schäden

Bei den Abwasserentsorgungsnetzen der Gemeinde 3 wurden bei rd. 29% der gesamten Kanallängen (d.s. 7.639 lfm von insgesamt 26.469 lfm) Schäden der Schadensklasse 3 (SK3) festgestellt.

Wenn keine vorzeitigen Sanierungsmaßnahmen ergriffen werden, reduziert sich die technische Restnutzungsdauer der betroffenen Haltungen. Durch die Reduktion der technischen Restnutzungsdauer ergibt sich eine **Erhöhung der jährlichen kalkulatorischen AfA um über EUR 12.000,-** (= rd. 12% der derzeitigen AfA).

Gemeinde 3			
	gesamt	SK3	
Anzahl LFM	26.469	7.639	28,9%
AfA / Erhöhung	100.705	12.099	12,0%

Tabelle 39: Kalkulatorische AfA SK3 Haltungen – Gemeinde 3

4.4.2 Ergebnisse der Rentabilitätsanalyse - Maßnahmenbarwerte

Die folgende Auswertungstabelle zeigt das Ergebnis der durchgeführten dynamischen Kostenvergleichsrechnung auf Grundlage der ermittelten Maßnahmenbarwerte (abgezinste Folgekosten, AfA und Zinsen) für die einzelnen Sanierungsvarianten über einen Betrachtungszeitraum von 25 bis 50 Jahren je Bauabschnitt:

BA	LFM SK3	Barwerte (AFA und Zinsen)				
		Jahre	*V I Erneuerung nach Ablauf tRND	V II Reparatur 2016	V III Renovierung 2016	V IV Erneuerung 2016
BA 01; 80 - 84	3.694	25	568.918	640.541	805.019	1.147.524
		50	1.519.115	956.988	1.202.709	1.771.231
BA 02; 85 - 90	3.259	25	606.571	586.449	760.059	1.007.092
		50	1.365.752	881.739	1.135.538	1.554.471
BA 03; 95 - 99	407	25	58.422	90.713	97.937	121.340
		50	157.055	138.001	146.320	187.291
BA 04; 95 - 99	278	25	40.633	62.371	67.352	83.226
		50	107.910	94.885	100.625	128.461

*) V = Variante

Tabelle 40: Maßnahmenbarwerte (AfA und Zinsen) der Sanierungsvarianten – Gemeinde 3

Den Ergebnissen der dynamischen Kostenvergleichsrechnung ist zu entnehmen, dass bei 100% der Kanallängen (= 7.639 lfm), an denen SK3 Schäden festgestellt wurden, unter Berücksichtigung eines 50jährigen Betrachtungszeitraumes Reparaturmaßnahmen durchgeführt werden sollen.

Bei einer 25-jährigen Betrachtung (bei 3 von 4 Bauabschnitten) ist eine Erneuerung der betroffenen Haltungen (mit SK3 Schäden) nach Ablauf der technischen Restnutzungsdauer günstiger als eine Reparatur.

4.4.3 Vorgezogene Sanierungsmaßnahmen - betriebswirtschaftliche Sicht

Tabelle 41 zeigt die betriebswirtschaftlichen Ergebnisse und Wirkungen bei Umsetzung von vorgezogenen Sanierungs- bzw. Vorsorgemaßnahmen für die Gemeinde 3 über einen Betrachtungszeitraum von 50 Jahren je Bauabschnitt.

Den Rentabilitätsrechnungen nach der Methode der dynamischen Kostenvergleichsrechnung ist zu entnehmen:

- 1) Bei Umsetzung der entsprechenden Vorsorgemaßnahmen ist – ab dem Jahr 2016 bzw. auf die nächsten Jahre verteilt – ein Investitionsbedarf von insgesamt EUR 1,3 Mio. für Sanierungskosten (Reparaturmaßnahmen) der einzelnen Haltungen erforderlich.
- 2) Die Investitionskosten für eine komplette Erneuerung (Barwert iHv rd. EUR 3,5 Mio. Tabelle 42) müssen bei Umsetzung der empfohlenen Vorsorgemaßnahmen vorerst nicht getätigt werden, sondern erst in ca. 54 Jahren. So kann das Kanalnetz in den kommenden Jahren wesentlich günstiger betrieben werden.
- 3) Durch die Umsetzung der Vorsorgemaßnahmen können in den Folgejahren in Summe rd. EUR 1 Mio. an Folgekosten (AfA und Zinsen 50 Jahre Betrachtungszeitraum) eingespart werden.

Empfehlung bei Betrachtung 50 Jahre				
BA	Maßnahme	Umsetzung ab	Kosten der Maßnahme	* Folgekostenersparnis barwertmäßig
BA 01; 80 - 84	Reparatur	2016	667.280	562.127
BA 02; 85 - 90	Reparatur	2016	517.960	484.012
BA 03; 95 - 99	Reparatur	2016	88.556	19.054
BA 04; 95 - 99	Reparatur	2016	60.404	13.025
Summe			1.334.200	1.078.218

*) Folgekostenersparnis ergibt sich aus der Differenz zwischen den Kosten der empfohlenen Maßnahme und der Variante I (Erneuerung der Haltungen erst nach Ablauf der tRND)

Tabelle 41: Ergebnisse aus betriebswirtschaftlicher Sicht – Gemeinde 3

4.4.4 Erforderliche Investitionskosten bei Auslaufen der tRND

Die nachfolgende Tabelle zeigt u.a. die Investitionskosten und Zeitpunkte für die Erneuerung der Haltungen bei Auslaufen der festgestellten tRND aufgrund der festgestellten SK3 Schäden je Haltung bzw. Bauabschnitt – sofern keine Vorsorgemaßnahmen umgesetzt werden.

Werden keine Vorsorgemaßnahmen bzw. vorgezogenen Sanierungsmaßnahmen umgesetzt, so sind die schadhaften Haltungen aus technischer Sicht in durchschnittlich 18 Jahren zu erneuern – die Erneuerungskosten belaufen sich dabei auf rd. EUR 4,6 Mio.

In der Spalte „Kosten per 2016“ sind die Investitionskosten für die Erneuerung auf das Jahr 2016 abgezinst (= rd. EUR 3,5 Mio.), um das Investitionskostenersparnis bei vorgezogenen Sanierungsmaßnahmen für das Jahr 2016 zu ermitteln (siehe Tabellen vorne).

Der Spalte „Zeitpunkte der Erneuerung nach Umsetzung von Sanierungsmaßnahmen“ ist jeweils jener Zeitpunkt zu entnehmen, zu dem die schadhaften Haltungen / Bauabschnitte, welche im/ab dem Jahr 2016 entsprechend saniert werden, aus technischer Sicht letztendlich zu erneuern sind. Im gewichteten Durchschnitt verschiebt sich der Erneuerungsbedarf nach durchgeführter Sanierung von 18 auf 54 Jahre.

Investitionskosten Erneuerung ohne Umsetzung von Sanierungs- /Vorsorgemaßnahmen			1,5%	Zeitpunkte der Erneuerung nach Umsetzung von Sanierungsmaßnahmen
BA	Erneuerung Jahr	Erneuerung Kosten	Kosten per 2016	
BA 01; 80 - 84	2034	2.356.621	1.802.606	2067
BA 02; 85 - 90	2034	1.882.871	1.440.230	2071
BA 03; 95 - 99	2039	234.103	166.222	2081
BA 04; 95 - 99	2039	159.680	113.379	2081
		4.633.275	3.522.437	

Tabelle 42: Investitionskosten Erneuerung (bei Auslaufen der tRND) – Gemeinde 3

4.5 Gemeinde 4

4.5.1 Quantifizierung der SK3 Schäden

Bei den Abwasserentsorgungsnetzen der Gemeinde 4 wurden bei 3,8% der gesamten Kanallängen (d.s. 2.305 lfm von insgesamt 60.248 lfm) Schäden der Schadensklasse 3 (SK3) festgestellt.

Wenn keine vorzeitigen Sanierungsmaßnahmen ergriffen werden, reduziert sich die technische Restnutzungsdauer der betroffenen Haltungen. Durch die Reduktion der technischen Restnutzungsdauer ergibt sich eine **Erhöhung der jährlichen kalkulatorischen AfA um rd. EUR 42.400,-** (= rd. 6% der derzeitigen AfA).

Gemeinde 4			
	gesamt	SK3	
Anzahl LFM	60.248	2.305	3,8%
AfA / Erhöhung	735.611	42.382	5,8%

Tabelle 43: Kalkulatorische AfA SK3 Haltungen – Gemeinde 4

4.5.2 Ergebnisse der Rentabilitätsanalyse - Maßnahmenbarwerte

Tabelle 44 zeigt das Ergebnis der durchgeführten dynamischen Kostenvergleichsrechnung auf Grundlage der ermittelten Maßnahmenbarwerte (abgezinste Folgekosten, AfA und Zinsen) für die einzelnen Sanierungsvarianten über einen Betrachtungszeitraum von 25 bis 50 Jahren je Bauabschnitt:

BA	LFM SK3	Barwerte (AFA und Zinsen)				
		Jahre	*V I Erneuerung nach Ablauf tRND	V II Reparatur 2016	V III Renovierung 2016	V IV Erneuerung 2016
Altbest. 1935 vor 55	117	25	37.131	19.716	38.368	69.856
		50	94.749	40.440	57.323	107.825
Altbest. 1975; 60-64	456	25	224.877	185.611	207.891	250.072
		50	362.572	280.215	310.592	385.992
BA 06; 90-94	408	25	373.934	255.525	295.057	346.547
		50	523.258	383.882	440.820	534.903
BA 07; 90-94	478	25	429.996	293.751	339.935	401.356
		50	605.186	441.310	507.867	619.503
BA 08; 95-99	210	25	122.925	79.130	114.034	141.109
		50	203.411	118.882	170.368	217.806
BA 09; 95-99	163	25	96.964	62.487	89.599	110.417
		50	159.399	93.877	133.862	170.431
BA10; 95-99	193	25	116.708	75.290	107.433	131.862
		50	190.630	113.112	160.506	203.532
BA11; 00-04	96	25	39.543	29.016	41.286	49.417
		50	69.827	43.352	61.681	76.276
BA12; 00-04	5	25	2.109	1.548	2.202	2.636
		50	3.724	2.312	3.290	4.068
BA13; 00-04	81	25	33.321	24.450	34.789	41.641
		50	58.840	36.531	51.975	64.274
BA14; 05-09	79	25	55.363	38.212	44.613	45.162
		50	69.950	57.490	66.652	69.708
BA17; 05-09	19	25	14.534	10.024	11.603	11.602
		50	18.059	15.081	17.335	17.908

*) V = Variante

Tabelle 44: Maßnahmenbarwerte (AfA und Zinsen) der Sanierungsvarianten – Gemeinde 4

Den Ergebnissen der dynamischen Kostenvergleichsrechnung ist zu entnehmen, dass bei 100% der Kanallängen (= 2.305 lfm), an denen SK3 Schäden festgestellt wurden, Reparaturmaßnahmen durchgeführt werden sollen.

4.5.3 Vorgezogene Sanierungsmaßnahmen - betriebswirtschaftliche Sicht

Die folgende Tabelle zeigt die betriebswirtschaftlichen Ergebnisse und Wirkungen bei Umsetzung von vorgezogenen Sanierungs- bzw. Vorsorgemaßnahmen

für die Gemeinde 4 über einen Betrachtungszeitraum von 50 Jahren je Bauabschnitt.

Den Rentabilitätsrechnungen nach der Methode der dynamischen Kostenvergleichsrechnung ist zu entnehmen:

- 1) Bei Umsetzung der entsprechenden Vorsorgemaßnahmen ist – ab dem Jahr 2016 bzw. auf die nächsten Jahre verteilt – ein Investitionsbedarf von insgesamt rd. EUR 451.000,-- für Sanierungskosten (Reparatur) der einzelnen Haltungen erforderlich.
- 2) Die Investitionskosten für eine komplette Erneuerung (Barwert iHv rd. EUR 1,6 Mio. Tabelle 46) müssen bei Umsetzung der empfohlenen Vorsorgemaßnahmen vorerst nicht getätigt werden, sondern erst in ca. 54 Jahren. So kann das Kanalnetz in den kommenden Jahren wesentlich günstiger betrieben werden.
- 3) Durch die Umsetzung der Vorsorgemaßnahmen können in den Folgejahren in Summe rd. EUR 733.000,-- an Folgekosten (AfA und Zinsen 50 Jahre Betrachtungszeitraum) eingespart werden.

Empfehlung bei Betrachtung 50 Jahre				
BA	Maßnahme	Umsetzung ab	Kosten der Maßnahme	* Folgekostenersparnis barwertmäßig
Altbest. 1935 vor 55	Reparatur	2016	25.740	54.309
Altbest. 1975; 60-64	Reparatur	2016	109.270	82.358
BA 06; 90-94	Reparatur	2016	97.786	139.377
BA 07; 90-94	Reparatur	2016	114.724	163.876
BA 08; 95-99	Reparatur	2016	26.977	84.529
BA 09; 95-99	Reparatur	2016	20.927	65.522
BA10; 95-99	Reparatur	2016	24.777	77.518
BA11; 00-04	Reparatur	2016	10.712	26.475
BA12; 00-04	Reparatur	2016	571	1.412
BA13; 00-04	Reparatur	2016	9.027	22.309
BA14; 05-09	Reparatur	2016	8.569	12.460
BA17; 05-09	Reparatur	2016	2.071	2.978
Summe			451.150	733.121

*) Folgekostensparnis ergibt sich aus der Differenz zwischen den Kosten der empfohlenen Maßnahme und der Variante I (Erneuerung der Haltungen erst nach Ablauf der tRND)

Tabelle 45: Ergebnisse aus betriebswirtschaftlicher Sicht – Gemeinde 4

4.5.4 Erforderliche Investitionskosten bei Auslaufen der tRND

Tabelle 46 zeigt u.a. die Investitionskosten und Zeitpunkte für die Erneuerung der Haltungen bei Auslaufen der festgestellten tRND aufgrund der festgestellten SK3 Schäden je Haltung bzw. Bauabschnitt – sofern keine Vorsorgemaßnahmen umgesetzt werden.

Werden keine Vorsorgemaßnahmen bzw. vorgezogenen Sanierungsmaßnahmen umgesetzt, so sind die schadhaften Haltungen aus technischer Sicht in durchschnittlich 15 Jahren zu erneuern – die Erneuerungskosten belaufen sich dabei auf rd. EUR 2,1 Mio.

In der Spalte „Kosten per 2016“ sind die Investitionskosten für die Erneuerung auf das Jahr 2016 abgezinst (= rd. EUR 1,6 Mio.), um das Investitionskostenersparnis bei vorgezogenen Sanierungsmaßnahmen für das Jahr 2016 zu ermitteln (siehe Tabellen vorne).

Der Spalte „Zeitpunkt der Erneuerung nach Umsetzung von Sanierungsmaßnahmen“ ist jeweils jener Zeitpunkt zu entnehmen, zu dem die schadhaften Haltungen / Bauabschnitte, welche im/ab dem Jahr 2016 entsprechend saniert werden, aus technischer Sicht letztendlich zu erneuern sind. Im gewichteten Durchschnitt verschiebt sich der Erneuerungsbedarf nach durchgeführter Sanierung von 15 auf 54 Jahre.

Investitionskosten Erneuerung ohne Umsetzung von Sanierungs- /Vorsorgemaßnahmen			1,5%	Zeitpunkte der Erneuerung nach Umsetzung von Sanierungsmaßnahmen
BA	Erneuerung Jahr	Erneuerung Kosten	Kosten per 2016	
Altbest. 1935 vor 55	2030	148.230	120.341	2063
Altbest. 1975; 60-64	2033	344.599	267.542	2074
BA 06; 90-94	2029	387.769	319.532	2070
BA 07; 90-94	2029	454.938	374.881	2070
BA 08; 95-99	2033	201.426	156.384	2070
BA 09; 95-99	2033	156.252	121.311	2070
BA10; 95-99	2033	185.000	143.631	2070
BA11; 00-04	2035	74.439	56.098	2067
BA12; 00-04	2035	3.970	2.992	2067
BA13; 00-04	2035	62.726	47.271	2067
BA14; 05-09	2031	37.180	29.738	2071
BA17; 05-09	2031	8.983	7.185	2071
		2.065.513	1.646.908	

Tabelle 46: Investitionskosten Erneuerung (bei Auslaufen der tRND) – Gemeinde 4

5. DISKUSSION UND INTERPRETATION

Wie in Kapitel 3.1 erwähnt, standen für die vorliegende Studie 50.717 Datensätze bzw. 4.447 Haltungen zur Verfügung. Für die wissenschaftliche Auswertung konnten jedoch nur rund 1/5 der Gesamtdatensätze (9.009) bzw. rund die Hälfte der Haltungen (2.288) verwendet werden, da bei den restlichen Haltungen keine Schäden dokumentiert worden sind. Die nachfolgende wirtschaftliche Betrachtung berücksichtigt wiederum nur einen Teil dieser ausgewerteten Daten (ausschließlich Schäden der SK 3) und basiert somit auf 3.660 Datensätzen bzw. 467 Haltungen (siehe Abbildung 13).

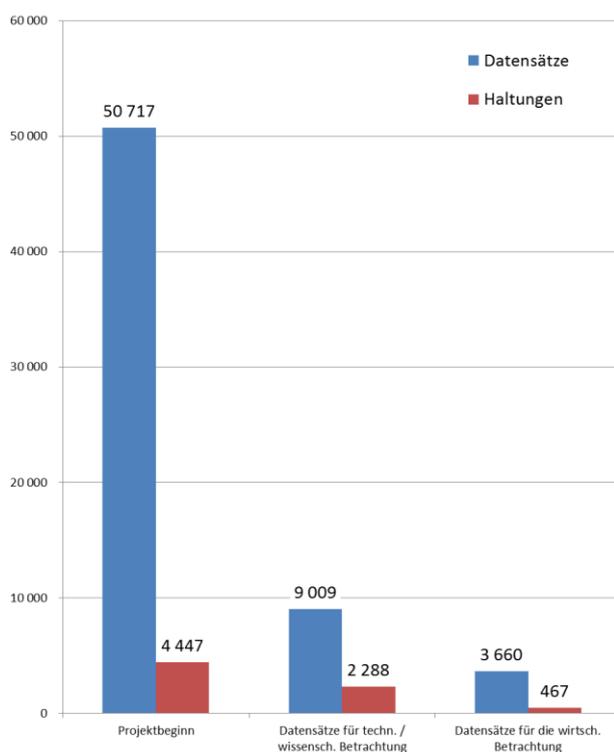


Abbildung 13: Übersicht der ausgewerteten Datensätze bzw. Haltungen

Von den 467 Haltungen wurden, für die wirtschaftliche Studie, zu den unterschiedlichen Bauabschnitten der jeweiligen Kanalisationsunternehmen Aussagen getroffen deren dahinter liegende Anzahl an Datensätze (Abbildung 14) sehr gering ist (z. B. BA 2005-09 – 2 Haltungen, BA 2010-14 – 2 Haltungen, BA 1950-54 – 4 Haltungen, etc.). Dieser Umstand ist daher bei den Ergebnissen der wirtschaftlichen Auswertung zu berücksichtigen.

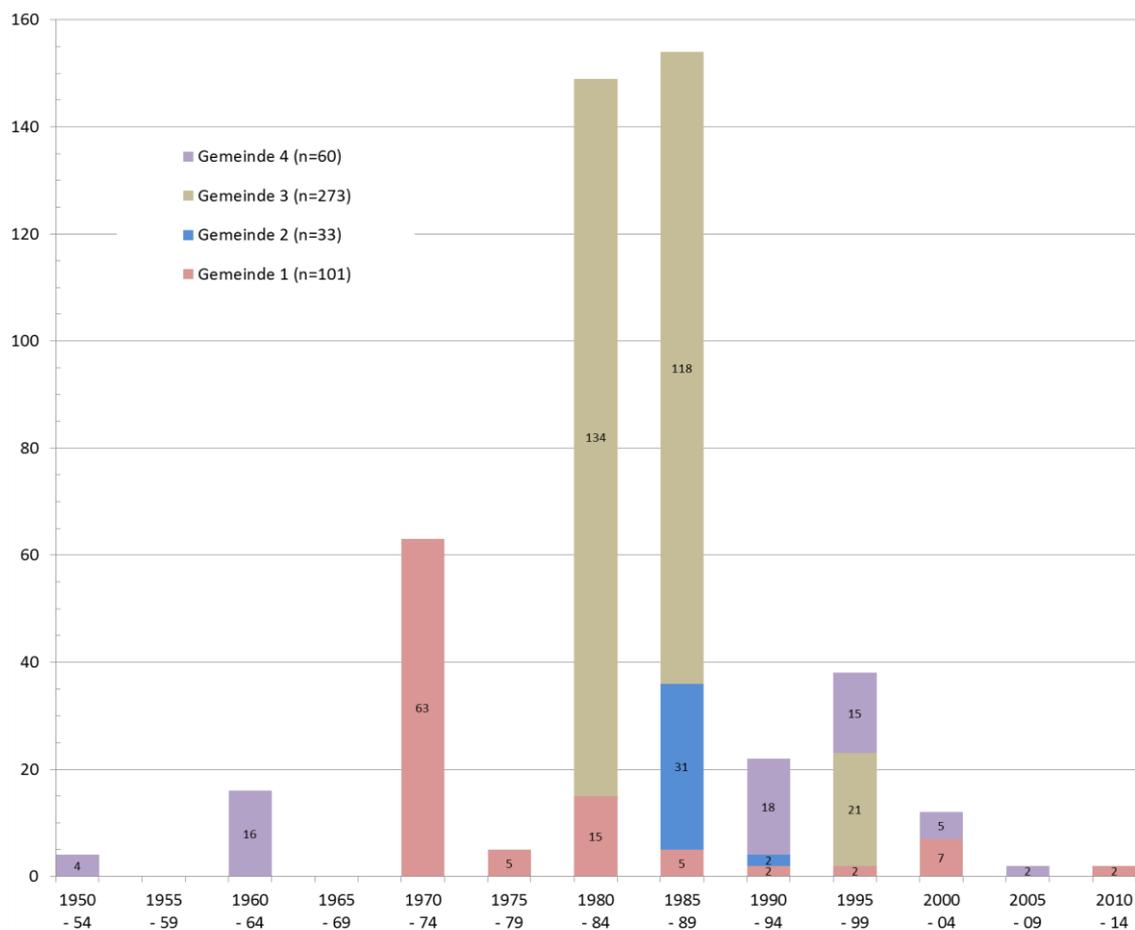


Abbildung 14: Anzahl der Haltungen für die wirtschaftliche Betrachtung

Für die Variantenuntersuchung im Rahmen der wirtschaftlichen Betrachtung waren vor allem 2 Aspekte von entscheidender Bedeutung, nämlich die tRND der Haltung vor der Sanierung und die Anzahl der Schäden in der Haltung. In Abbildung 15 wurden diese beiden Aspekte gegenüber gestellt und jene Haltungen hervorgehoben, bei denen abweichende Ergebnisse (keine Reparaturmaßnahmen) vorliegen.

Hier lässt sich erkennen, dass beim Vergleich der „durchschnittlichen Anzahl der Schäden / Haltung“ und der „durchschnittlichen tRND/Haltung“ bei allen Bauabschnitten (auch bei jenen, die abweichende Ergebnisse lieferten) das Verhältnis ähnlich ist. Somit kann die alleinige Betrachtung dieser beiden Aspekte keine Auskunft darüber geben, ob die dokumentierten Schäden in einem bestimmten Bauabschnitt eher zu reparieren bzw. zu renovieren sind, oder ob

man die Haltungen gänzlich erneuern muss. Es müssen daher die jeweiligen Bauabschnitte im Einzelnen analysiert werden.

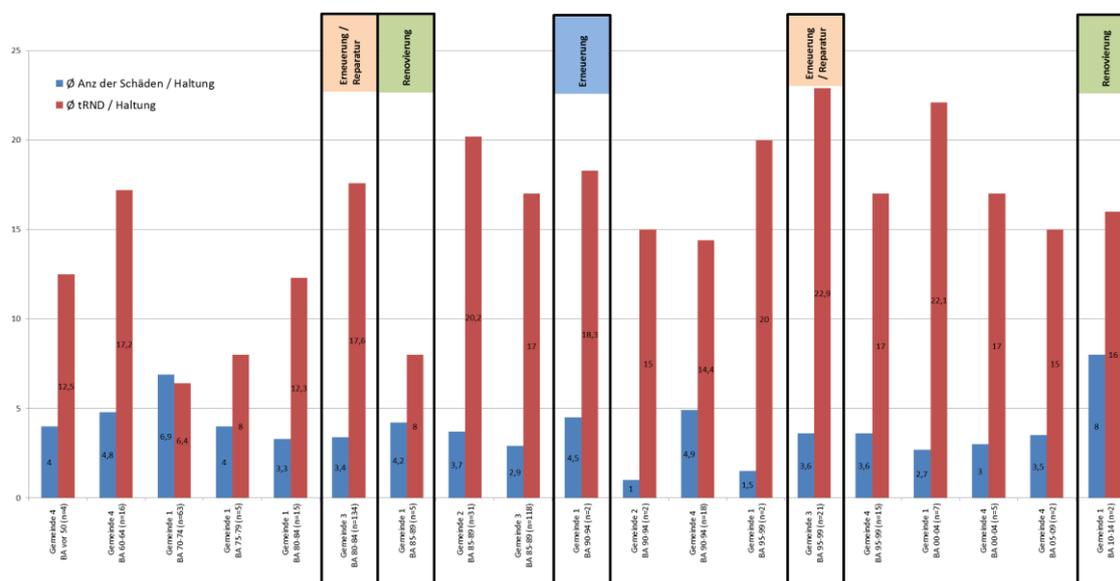


Abbildung 15: Auswertung der durchschnittlichen Anzahl der Schäden pro Haltung sowie der durchschnittlichen tRND pro Haltung nach unterschiedlichen Bauabschnitten und Kanalisationsunternehmen

5.1 Gemeinde 1

Die Ergebnisse aus Tabelle 32 „Maßnahmenbarwerte (AfA und Zinsen) der Sanierungsvarianten“ belegen, dass sowohl bei der 25-jährigen als auch bei der 50-jährigen Betrachtung Reparaturmaßnahmen meist die günstigste Variante darstellen (Anteil von 91 %). Bei 2 Bauabschnitten (BA03; 85-89 und BA11; 10-14) wurde hingegen die Renovierung als günstigste Variante ausgewiesen und bei Bauabschnitt „BA04; 90-94“ sogar die Erneuerung.

Mittels einer Detailauswertung der Verhältnisse „Renovierungskosten / Reparaturkosten“, „Erneuerungskosten / Reparaturkosten“ sowie der Darstellung „Schäden / lfm“ (Abbildung 16) wurde versucht, einen Zusammenhang mit den wirtschaftlichen Ergebnissen herzustellen. Dabei wurden jene Haltungen farblich hervorgehoben, bei denen eine Renovierung (grün) bzw. eine Erneuerung (blau) das günstigste Variantenergebnis darstellt.

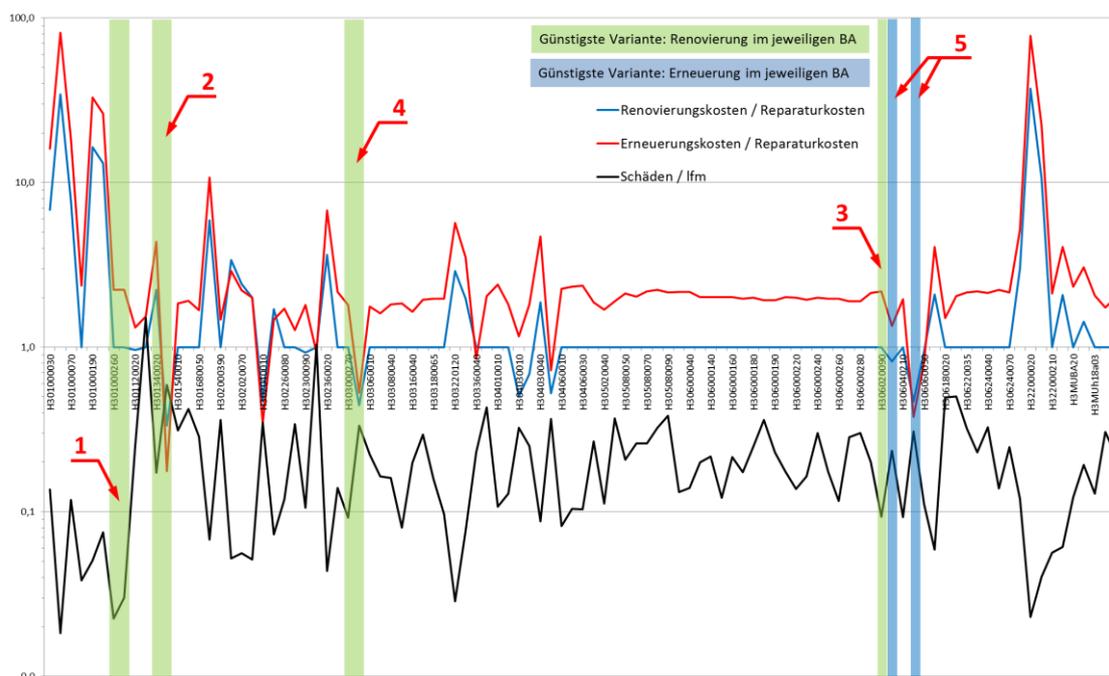


Abbildung 16: Gemeinde 1 – Gegenüberstellung von „Renovierungskosten / Reparaturkosten“ und „Erneuerungskosten / Reparaturkosten“ sowie Anzahl der Schäden pro lfm

Sowohl aus der Abbildung 16 als auch durch Analyse der Datensätze konnten folgende Punkte abgeleitet werden:

Bauabschnitt „BA03; 85-89“ – Ergebnis der wirtschaftlichen Berechnung „Renovierung“ (n=5):

- Bereich 1: In diesem Bereich weisen 2 Haltungen einen Korrosionsschaden auf. Das Rohrmaterial der beiden Haltungen besteht aus AZ bzw. FZ. Als einzige Sanierungsmaßnahme der Haltung kann dies nur mittels Renovierung bzw. Erneuerung erfolgen.
- Bereich 2: Dieser Bereich umfasst 2 Haltungen, wobei eine Haltung aus dem Rohrmaterial AZ/FZ besteht und einen „Querriss“ aufweist, während die zweite Haltung aus dem Rohrmaterial Steinzeug insgesamt 15 Schäden (siehe Tabelle 47) aufweist. Aufgrund der hohen Anzahl der Schäden in der zweiten Haltung kommt in diesem Fall eine Renovierung günstiger als eine Reparatur.

Bei alleiniger Betrachtung der ersten Haltung (Schaden „Querriss“) wäre die günstigste Sanierungsmaßnahme eine „Reparatur“. Jedoch bei Mitbetrachtung aller Haltungen im Bauabschnitt verschiebt sich das Ergebnis in Richtung „Renovierung“.

Station	Kürzel	SK adaptiert	InspBeschreibung
0,2	LH-L	3	Horizontaler Versatz, links sichtbar, li. Kämpfer
0,3	LB-U	3	Ausbiegung, Sohle
3,2	RS-U	3	Scherbenbildung, Sohle
4,1	LB-U	3	Ausbiegung, Sohle
9,2	LH-R	3	Horizontaler Versatz, rechts sichtbar, re. Kämpf
15,2	LH-R	3	Horizontaler Versatz, rechts sichtbar, re. Kämpf
18,2	RL-L	3	Längsriss, li. Kämpfer
20,3	LH-L	3	Horizontaler Versatz, links sichtbar, li. Kämpfer
21,1	RQ-L	3	Querriss, li. Kämpfer
21,3	LH-L	3	Horizontaler Versatz, links sichtbar, li. Kämpfer
21,8	LH-L	3	Horizontaler Versatz, links sichtbar, li. Kämpfer
22,2	LH-L	3	Horizontaler Versatz, links sichtbar, li. Kämpfer
23,2	LH-L	3	Horizontaler Versatz, links sichtbar, li. Kämpfer
23,2	RS-O	3	Scherbenbildung, Scheitel
24,2	RS-R	3	Scherbenbildung, re. Kämpfer

Tabelle 47: Auflistung der 15 dokumentierten Schäden

- Bereich 3: Dieser Bereich weist 1 Haltung mit drei dokumentierten Schäden (siehe Tabelle 48) aus. Das Rohrmaterial der Haltung besteht aus Beton. Nachdem diese Haltung einen Korrosionsschaden aufweist, kommt auch hier als einzige Maßnahme zur Sanierung nur eine Renovierung bzw. eine Erneuerung in Frage. Die günstigere Variante ist jedoch die Renovierung.

Station	Kürzel	SK adaptiert	InspBeschreibung
0	C--	3	Innenkorrosion über gesamten Umfang, Gesam
0	HI--	3	Inkrustation, Gesamter Rohrumfang
15,8	SN-R	3	Stutzen nicht fachgerecht ausgeführt, re. Kämpf

Tabelle 48: Auflistung der 3 dokumentierten Schäden

Bauabschnitt „BA11; 10-14“ (n=2) - Ergebnis der wirtschaftlichen Berechnung
„Renovierung“:

- Bereich 4: Dieser Bereich umfasst 2 Haltungen, die aus dem Rohrmaterial der Gruppe „PVC,PE,PP“ bestehen. Bei der ersten Haltung wurden 7 Schäden, u.a. auch der Schaden „Innenkorrosion“, dokumentiert (siehe Tabelle 49 – Schäden graubraun hervorgehoben), bei der zweiten Haltung wurden 9 Schäden beschrieben (siehe Tabelle 49 – Schäden ohne farbliche Hervorhebung).

Bei der ersten Haltung ist kritisch zu hinterfragen, ob die Zustandsbeschreibung „Innenkorrosion“ bei einem Kunststoffrohr angebracht ist. Bei der Berechnung wurde aufgrund des dokumentierten Schadens „Innenkorrosion“ als Sanierungsmaßnahme „Renovierung“ ausgewiesen.

Bei der zweiten Haltung wurde die Renovierung aufgrund der hohen Anzahl der erfassten Schäden als günstigere Variante im Vergleich zur Reparatur berechnet.

Station	Kürzel	SK adaptiert	InspBeschreibung
0	C---	3	Innenkorrosion über gesamten Umfang, Gesam
0	C---	3	Innenkorrosion über gesamten Umfang, Gesam
2,1	HP-U	3	Wurzeleinwuchs (Sekundärschaden), Sohle
5	HP-U	3	Wurzeleinwuchs (Sekundärschaden), Sohle
11,1	HP--	3	Wurzeleinwuchs, Gesamter Rohrfumfang
14	HP--	3	Wurzeleinwuchs, Gesamter Rohrfumfang
14	SE-L	3	Stutzen, einragend, li. Kämpfer
0,9	HP-R	3	Wurzeleinwuchs (Sekundärschaden), re. Kämpf
7,7	LV-O	3	Vertikaler Versatz, oben sichtbar, Scheitel
8,7	HP--	3	Wurzeleinwuchs, Gesamter Rohrfumfang
10,8	LV-O	3	Vertikaler Versatz, oben sichtbar, Scheitel
15,8	LV-O	3	Vertikaler Versatz, oben sichtbar, Scheitel
18,4	SE-O	3	Stutzen, einragend, Scheitel
23,3	SN-O	3	Stutzen nicht fachgerecht ausgeführt, Scheitel
23,7	HF-U	3	Verfestigte Ablagerungen, Sohle
23,7	HP--	3	Wurzeleinwuchs, Gesamter Rohrfumfang

Tabelle 49: Auflistung der zwei Haltungen aus BA 11 inkl. der dokumentierten Schäden

Bauabschnitt „BA04: 90-94“ – Ergebnis der wirtschaftlichen Berechnung „Erneuerung“ (n=2):

- Bereich 5: Dieser Bereich umfasst 2 Haltungen bestehend aus den Rohrmaterialien AZ/FZ bzw. STZ. Dokumentiert wurden in diesen Haltungen 5 bzw. 4 Schäden (siehe Tabelle 50), wobei bei jeder Haltung jeweils 2 Mal der Schaden „Ausbiegung“ vorliegt. Eine Ausbiegung in der Haltung wird (wenn überhaupt) nur mittels punktueller Aufgrabung saniert. Die Kosten für eine punktuelle Aufgrabung sind entsprechend hoch, sodass als Gesamtsanierungskonzept eine Erneuerung der gesamten Haltung als günstigste Variante ausgewiesen wurde.

Station	Kürzel	SK adaptiert	InspBeschreibung
0	HI--	3	Inkrustation, Gesamter Rohrumfang
1,3	RS-L	3	Scherbenbildung, li. Kämpfer
10	LV-O	3	Vertikaler Versatz, oben sichtbar, Scheitel
10,2	LB-U	3	Ausbiegung, Sohle
13	LB-U	3	Ausbiegung, Sohle
0,6	LH-R	3	Horizontaler Versatz, rechts sichtbar, re. Kämpf
6,4	HG-O	3	Einragender Dichtring, Scheitel
6,4	LB-R	3	Ausbiegung, re. Kämpfer
12,8	LB-L	3	Ausbiegung, li. Kämpfer

Tabelle 50: Auflistung der zwei Haltungen aus BA 04 inkl. der dokumentierten Schäden

5.2 Gemeinde 2

Die Ergebnisse aus Tabelle 36 „Maßnahmenbarwerte (AfA und Zinsen) der Sanierungsvarianten“ weisen für jeden Bauabschnitt die Reparatur als günstigste Variante aus. Bei Betrachtung der einzelnen Haltungen und Vergleich der Verhältnisse „Renovierungskosten / Reparaturkosten“ und „Erneuerungskosten / Reparaturkosten“ sowie der Darstellung der Schäden pro lfm (siehe Abbildung 17) erkennt man jedoch, dass nicht bei allen Haltungen die Reparatur die günstigste Variante ist. Bei jenen Haltungen, die mit einem roten Pfeil versehen sind, ist eine Renovierung bzw. Erneuerung günstiger als eine Reparatur. Vor allem bei diesen Haltungen zahlt sich eine genauere Analyse der Sanierungskosten aus. In Summe (bei Betrachtung über alle Haltungen bzw. im jeweiligen Bauabschnitt) wird die Reparatur als sinnvollste Sanierungsvariante ausgewiesen.

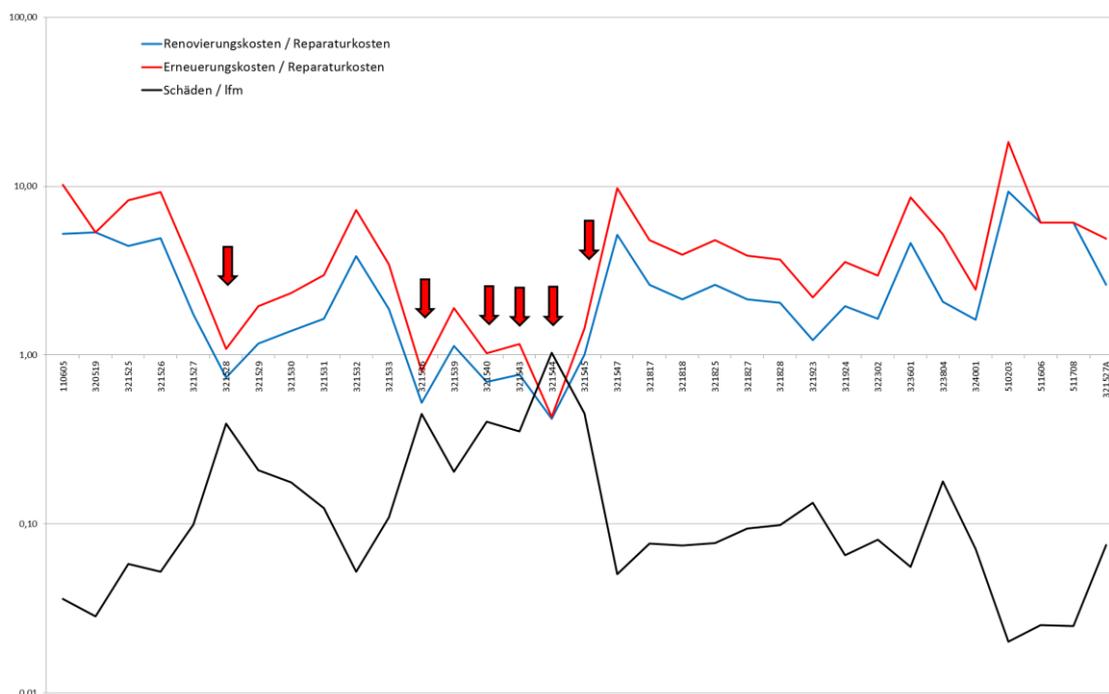


Abbildung 17: Gemeinde 2 – Gegenüberstellung „Renovierungskosten / Reparaturkosten“ und „Erneuerungskosten / Reparaturkosten“ sowie Darstellung Anzahl der Schäden pro lfm

5.3 Gemeinde 3

Die Ergebnisse aus Tabelle 40 „Maßnahmenbarwerte (AfA und Zinsen) der Sanierungsvarianten“ weisen für drei der vier untersuchten BA bei 25-jähriger Betrachtung die Erneuerung bzw. bei 50-jähriger Betrachtung die Reparatur als günstigste Variante aus. In Abbildung 18 (Vergleich der Verhältnisse „Renovierungskosten / Reparaturkosten“ und „Erneuerungskosten / Reparaturkosten“ sowie Darstellung der Schäden pro lfm) sind diese drei BA farblich hervorgehoben. Insgesamt sind diesen Bauabschnitten 155 Haltungen bzw. 537 Datensätze zugeordnet. 91 Haltungen bzw. 243 Datensätzen wurde als Sanierungsmaßnahme „punktuelle Aufgrabung“ bzw. „Inliner“ zugeordnet. Somit ist erkenntlich, dass bei 25-jähriger Betrachtung eine Erneuerung die günstigste Variante darstellt.

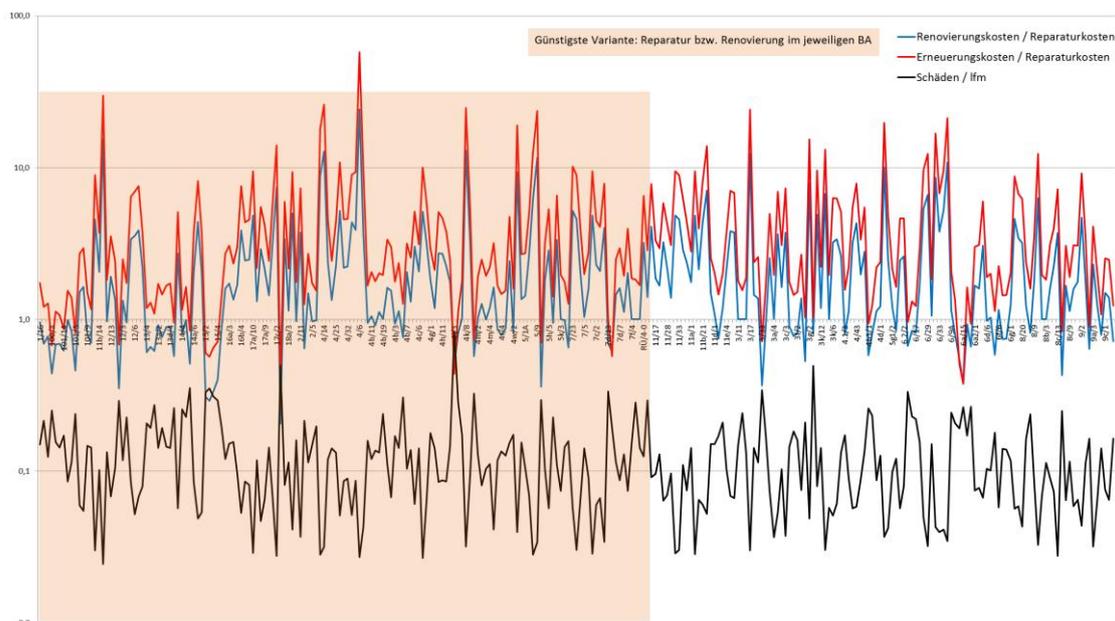


Abbildung 18: Gemeinde 3 – Gegenüberstellung „Renovierungskosten / Reparaturkosten“ und „Erneuerungskosten / Reparaturkosten“ sowie Anzahl der Schäden pro lfm

5.4 Gemeinde 4

Die Ergebnisse aus Tabelle 44 „Maßnahmenbarwerte (AfA und Zinsen) der Sanierungsvarianten“ weisen, wie bei der Untersuchungsgemeinde 2, für jeden Bauabschnitt die Reparatur als günstigste Variante aus. Bei Betrachtung der einzelnen Haltungen und Vergleich der Verhältnisse „Renovierungskosten / Reparaturkosten“ und „Erneuerungskosten / Reparaturkosten“ sowie Darstellung der Schäden pro lfm (siehe Abbildung 19) erkennt man aber auch hier, dass nicht bei allen Haltungen die Reparatur die günstigste Variante ist. Auch hier finden sich einzelne Haltungen, bei denen eine genauere Analyse der Sanierungskosten Sinn macht (rot hervorgehoben). In Summe jedoch (bei Betrachtung über alle Haltungen bzw. im jeweiligen Bauabschnitt) wird die Reparatur als günstigste Sanierungsvariante ausgewiesen.

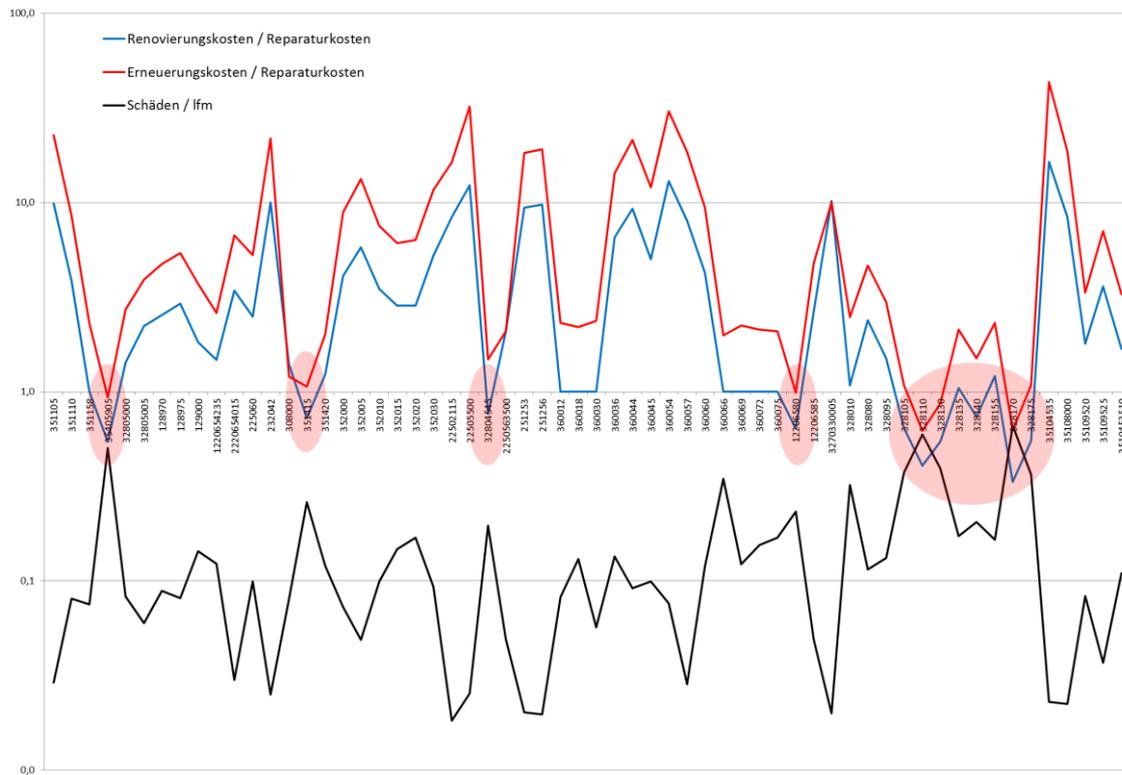


Abbildung 19: Gemeinde 4 – Gegenüberstellung „Renovierungskosten / Reparaturkosten“ und „Erneuerungskosten / Reparaturkosten“ sowie Anzahl der Schäden pro lfm

6. EXECUTIVE SUMMARY

Die Studie „Umsetzung von VOR SORGE Maßnahmen in NÖ – Rentabilitätsanalyse“ wurde – im Auftrag der Niederösterreichischen Landesregierung, Abteilung Siedlungswasserwirtschaft – durch das Projektteam Institut für Siedlungswasserbau, Industrierwasserwirtschaft und Gewässerschutz der Universität für Bodenkultur Wien, Lugitsch und Partner Ziviltechniker GmbH in Wien, NÖ. Gemeinde Beratungs- & SteuerberatungsgesmbH in St. Pölten und Quantum Institut für betriebswirtschaftliche Beratung GmbH in Klagenfurt/Wien erstellt.

Ziel dieser Studie war es, aufgrund festgestellter Schäden insbesondere der Schadensklasse 3, den besten Zeitpunkt und die geeignetste Maßnahme für eine Kanalsanierung zu definieren, um die Budgetmittel einer Kommune kosteneffizient einzusetzen und eine maximale Nutzungsdauer der Abwasserleitungen zu erreichen.

Zu diesem Zweck wurden die TV-Inspektionsdaten (dokumentiert nach ISYBAU 2001, geprüft von den jeweiligen Zivilingenieurbüros) von vier ausgewählten Kanalisationsunternehmen, kleineren und größeren Gemeinden mit jeweils älterem und neuerem Kanalanlagenbestand ausgewertet. Insgesamt standen rund 50.000 Datensätze (dies entspricht rund 4.400 Haltungen) zur Verfügung, wobei ca. 50 % der Kanalhaltungen keine Schäden aufwiesen. Es wurden daher im Rahmen dieser Studie die Daten von rund 2.300 Haltungen verwendet. Die Altersverteilung der untersuchten Haltungen reichte von „vor 1950“ bis zu neueren Kanälen (nach 2010). Zum überwiegenden Teil waren die Rohrmaterialien Beton, Steinzeug und Kunststoff (PVC, PE, PP) und zu einem geringeren Anteil auch die Rohrmaterialien AZ / FZ, GFK und GGG in Verwendung.

Bei der Verteilung der dokumentierten Zustände fiel auf, dass die meisten Schäden (unabhängig vom Kanalalter) zeitlich nicht veränderlich und somit ohne Auswirkung auf den Zeitpunkt der Sanierung sind und dass viele Schäden schon beim Bau bzw. im Zuge der Herstellung von nachträglichen Hausanschlüssen, fremden Leitungsträgern etc. verursacht wurden. Nur 21 % der Haltungen wiesen Schäden auf, die eindeutig der Betriebsphase zugewiesen werden können (z.B. Korrosions-, Verschleißschäden etc.). 37 % der Schäden sind eindeutig auf die mangelhafte Ausführung während des Baues zurückzuführen sowie 2 % der Schäden der Produktion. Die restlichen 40 % aller dokumentierten Schäden konnten nicht eindeutig dem Bau bzw. dem Betrieb zugewiesen

werden, wobei aufgrund einer Vorstudie (Plihal und Ertl, 2013) davon auszugehen ist, dass ein wesentlicher Anteil von rund 40 % auf mangelhafte Bauausführung zurückzuführen ist. Die Verifikation ob ein Schaden dem Bau bzw. dem Betrieb zuzuordnen ist, wurde in einem Ablaufdiagramm dargestellt.

In einem weiteren Schritt wurden die dokumentierten Schäden eingeteilt in „zeitlich veränderliche Zustände“, „zeitlich nicht veränderliche Zustände“ bzw. in „eventuell zeitlich veränderliche Zustände“. Dabei konnte gezeigt werden, dass sich 3/4 aller Zustände zeitlich nicht verändern. Die restlichen Zustände sind zeitlich veränderlich bzw. nicht eindeutig zuordenbar.

Basierend darauf wurde in Tabelle Z1 ein neuer Ansatz zur Zuweisung der technischen Restnutzungsdauer in Abhängigkeit vom Rohrmaterial, der Schadensklasse und der zeitlichen Veränderung der Zustände durchgeführt. Diese Tabelle ist erforderlich, um die abschließende Variantenstudie der Sanierungsplanung (Reparatur, Renovierung oder Erneuerung) durchzuführen.

Schadensklasse zeit. Veränderung	Schadensklasse 3			Schadensklasse 4			Schadensklasse 5		
	NEIN	JA / NEIN	JA	NEIN	JA / NEIN	JA	NEIN	JA / NEIN	JA
tRND - AZ / FZ	20	10	5	4	3	2	1	0,5	0,5
tRND - B / OB / SB	20	10	5	4	3	2	1	0,5	0,5
tRND - GFK	20	10	5	4	3	2	1	0,5	0,5
tRND - GGG	25	15	7	5	3	2	1	0,5	0,5
tRND - PVC / PE / PP	25	15	7	5	3	2	1	0,5	0,5
tRND - STZ	25	15	7	5	3	2	1	0,5	0,5

Tabelle Z1: Technische Restnutzungsdauer (tRND) von Haltungen in Abhängigkeit von Schadensklasse, zeitlicher Veränderung des Zustandes und Rohrmaterial

Anhand der festgestellten schadensbedingten verkürzten technischen Restnutzungsdauer der einzelnen Haltungen, wurden die Schäden kostenmäßig quantifiziert. Dies erfolgte über eine aggregierte Zuordnung der verkürzten technischen Restnutzungsdauer der betroffenen Haltungen zu den jeweiligen Bauabschnitten im Anlagenspiegel der jeweiligen Gemeinde. Durch die Verkürzung der technischen Restnutzungsdauer für einen Teil der Anlagen, kommt es zur Erhöhung der jährlichen Wertminderung (Anlagenabschreibung) und damit zur Erhöhung der jährlichen kalkulatorischen Kosten.

Ausgehend von der Schadensfeststellung, wurden umfassende Kostenvergleichsrechnungen für folgende Sanierungsvarianten durchgeführt:

- ⇒ Keine Inangriffnahme sofortiger Sanierungsmaßnahmen und Behebung des Schadens durch Erneuerung der Haltungen erst nach Auslaufen der festgestellten verkürzten technischen Restnutzungsdauer;
- ⇒ Sofortige Reparatur der Anlagenteile – fallweise auch mehrmals hintereinander – und dadurch Verlängerung der technischen Restnutzungsdauer;
- ⇒ Sofortige Renovierung der Anlagenteile (primär durch Inliner) und dadurch Verlängerung der technischen Restnutzungsdauer;
- ⇒ Sofortige Erneuerung der Anlagenteile und dadurch Verlängerung der technischen Restnutzungsdauer.

Anhand der dynamischen Kostenvergleichsrechnung wurden die Folgekostenbarwerte für die einzelnen Bauabschnitte über die Betrachtungszeiträume von 25 und 50 Jahren für die o.a. Sanierungsvarianten gegenübergestellt und die wirtschaftlich günstigste Variante für jede Gemeinde ermittelt.

Aus den Ergebnissen der Kostenvergleichsrechnungen können zusammenfassend die nachfolgenden allgemeinen Aussagen getroffen werden:

- ⇒ Die Behebung von Schäden mittels Reparatur erweist sich bei den meisten Haltungen als die kostengünstigste Variante (im Vergleich zur Behebung mittels Renovierung bzw. Erneuerung). Dies zeigt sich vor allem klar in der Variantenuntersuchung. Vor allem bei jenen Haltungen, die nur eine geringe Anzahl an Schäden aufweisen (in Abhängigkeit von der Haltungslänge) ist die Reparatur den beiden anderen Sanierungsvarianten vorzuziehen.
- ⇒ Die Renovierung (z.B. Sanierung mittels Inliner) kommt im Vergleich zur Reparatur bei jenen Haltungen günstiger, in denen entweder die Reparatur der einzelnen Schäden sehr kostenintensiv ist oder eine erhöhte Anzahl an Schäden vorliegt. Dabei lässt sich keine Mindestanzahl an Schäden je Haltung festlegen, da diese auch von der Haltungslänge abhängig ist. Je kürzer die Haltungslänge, desto geringer die erforderliche Schadenanzahl, damit die Renovierungskosten günstiger sind als die Schadensbehebung mittels Reparatur.
- ⇒ Jene Haltungen, die zeitlich veränderliche Schäden aufweisen (z. B. Korrosion), können mittels einzelner Reparaturmaßnahmen nicht saniert werden. Die Sanierung dieser Haltungen kann entweder nur mittels Renovierung

bzw. Erneuerung erreicht werden. Aufgrund der höheren technischen Restnutzungsdauer von erneuerten Haltungen (tRND = 80 Jahre) im Vergleich zu renovierten Haltungen (tRND = 50 Jahre) ergab die Sanierungskostenberechnung, dass eine Erneuerung günstiger ist als eine Renovierung. Hier ist jedoch festzuhalten, dass bei der wirtschaftlichen Berechnung die folgenden wesentlichen Kostenfaktoren nicht bekannt waren:

- Tiefenlage der Haltung
- GW-Spiegel
- Lage und Abstand anderer Einbauten zum Kanal (Gasleitung, Transportleitungen der Wasserversorgung, etc.)
- örtliche Lage des Kanals (Stadtgebiet mit Schienenverkehr, Hauptverkehrsstraßen, etc.).

Bei Mitbetrachtung dieser Randbedingungen kann die Renovierung im Vergleich zur Erneuerung wiederum kostengünstiger und sinnvoller sein.

⇒ Das Alter der Kanäle spielt bei der Sanierungsbetrachtung nur eine untergeordnete Rolle. Beim Vergleich der beiden Auswertungen Altersverteilung vs. Schadensklassenverteilung (Abbildung Z1, Abbildung Z2) lässt sich kein eindeutiger Zusammenhang erkennen. So zeigt sich, dass auch alte Kanäle (die z.B. vor 1950 errichtet wurden) im Vergleich zu Haltungen aus jüngeren Jahren tlw. einen besseren Zustand aufweisen können.

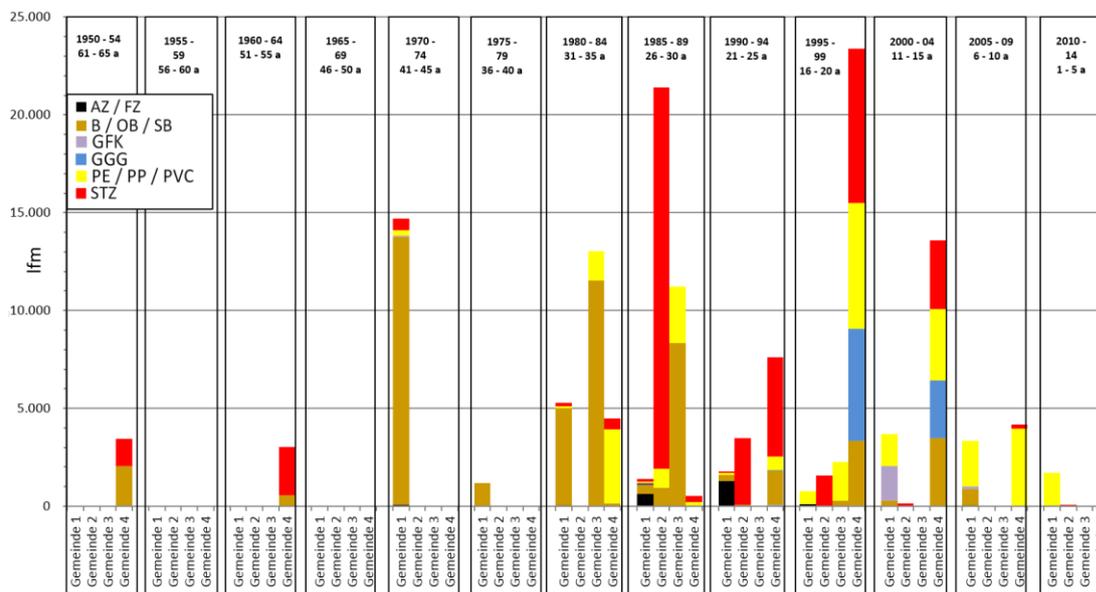


Abbildung Z1: Alter und Rohrmaterial der untersuchten Haltungen von den jeweiligen Kanalisationsunternehmen (Ifm)

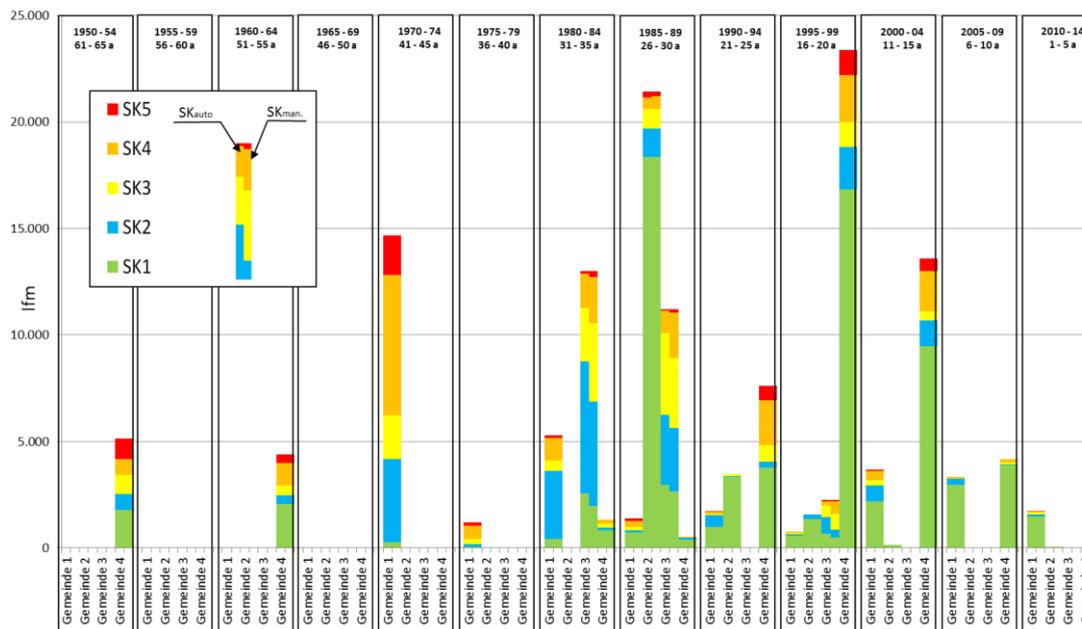


Abbildung Z2: automatische / manuelle Zustandsklassenverteilung (Ifm)

- ⇒ Aufgrund der durchgeführten Kostenvergleichsrechnung sind die zukünftigen Sanierungskosten ableitbar und ist damit eine sehr gute Planbarkeit des Finanzierungsbedarfes und der Folgekosten möglich.
- ⇒ Bei Umsetzung entsprechender Vorsorgemaßnahmen ist ein wesentlich geringerer Investitionsbedarf für Sanierungskosten (Reparatur, Renovierung) der einzelnen Haltungen erforderlich, als das bei einer kompletten Erneuerung der Fall ist.
- ⇒ Die Investitionskosten für eine komplette Erneuerung sind bei vorzeitiger Inangriffnahme von Sanierungsmaßnahmen (Reparatur, Renovierung) meist erst in über 50 Jahren erforderlich, sodass das Kanalnetz bis dahin wesentlich kostengünstiger betrieben werden kann.
- ⇒ Durch eine rasche Inangriffnahme von Sanierungsmaßnahmen zur Behebung von einzelnen Schäden hat sich gezeigt, dass hohe Folgekosten (AfA und Zinsen) eingespart werden können, welche zum Teil - in der längerfristigen Betrachtung - in Summe sogar höher sind als die Kosten der Sanierungsmaßnahme selbst.

Zum kosteneffizienten Kanalmanagement im ländlichen Raum können generell folgende Hinweise zusammengefasst werden:

- ⇒ Die Qualitätssicherung bei Neubau und Sanierung ist essentiell. Die meisten Schäden werden schon beim Bau bzw. bei der nachträglichen Errichtung eines Hausanschlusses verursacht.
- ⇒ Um eine kosteneffiziente Sanierungsplanung durchführen zu können, ist die Zustandserfassung mittels TV-Inspektion, die Inventarisierung in einem LIS mit baulicher Zustandsbeschreibung (QS gesichert) eine wesentliche Voraussetzung. Dabei sollten diese Auswertungen möglichst gemeinsam mit den Schachtbauwerken erfolgen.
- ⇒ Für eine erfolgreiche Sanierungsstrategie sind vor allem die Zustände der Schadensklasse 3 zu berücksichtigen, da hier der Einfluss auf die technische Restnutzungsdauer durch unterschiedliche Sanierungsvarianten am größten ist. Welche Sanierungsmethode zum Zug kommen sollte, kann mittels weitergehender betriebswirtschaftlicher Berechnung festgelegt werden.

Im Zuge des Kanalbetriebs empfiehlt sich eine eigene Inspektionsstrategie (z. B. mittels elektronischen Spiegels unter Anwendung eines Ampelsystems), um Schäden am Kanalsystem inklusive Veränderung schon frühzeitig erfassen zu können.

7. AUSBLICK

Unberücksichtigt blieben bei dieser Studie **Schachtbauwerke**, die einen wesentlichen Anteil bei den Sanierungskosten ausmachen können. Denn nur bei Mitberücksichtigung der Schachtbauwerke kann sichergestellt werden, dass das Kanalisationsnetz nachhaltig betrieben werden kann.

Ein weiterer Punkt, der in dieser Studie nicht ausreichend analysiert werden konnte, sind die unterschiedlichen Auswirkungen auf die Sanierungsplanung bei Verwendung der **automatischen vs. manuellen Schadensklassen**. In dieser Studie waren nur bei einem Kanalisationsunternehmen Daten mit manuell zugewiesenen Schadensklassen vorhanden. Aufgrund der geringen Datenmenge konnte daher keine Detailauswertung durchgeführt werden.

Ebenso konnten jene **Zustände** nicht genauer untersucht werden, bei denen nicht eindeutig festgestellt werden konnte, ob diese **zeitlich veränderlich** sind oder nicht. Dazu wären Auswertungen von **Vergleichsbefahrungen** erforderlich. In diesem Projekt konnten nur wenige Haltungen verglichen werden. Diese Untersuchungen könnten jedoch die Methodenbeschreibung zur Sanierungsplanung wesentlich unterstützen.

Des Weiteren konnte mit der Masterarbeit „Qualitätssicherung bei der Kanalsanierung durch Fehlervermeidung bei der optischen Inspektion durch optimale Anpassung bzw. Auswahl des Inspektionssystems und des Datenmanagements“ von Philipp Neumüller (2015) gezeigt werden, dass die **Wahl des Inspektionssystems** einen bedeutenden Einfluss auf die Kanalsanierungsplanung hat. In dieser Masterarbeit wurden Vergleichsbefahrungen mittels dreier TV-Inspektionssysteme durchgeführt und ausgewertet. Erste Hinweise zu den Auswirkungen auf die Sanierungsplanung und -kosten konnten damit aufgezeigt werden, jedoch war auch hier die Datenmenge zu gering, um generelle Aussagen treffen zu können.

Ebenfalls konnte keine tiefere Analyse hinsichtlich des **Rohrmaterials** und den dokumentierten Schäden durchgeführt werden, da bei den untersuchten Haltungen die Materialien Beton, Steinzeug und PVC dominierten.

Für die wirtschaftliche Beurteilung von Sanierungs- bzw. Erneuerungsvarianten ist die dynamische Kostenrechnung das geeignete Instrument für die Ermittlung

jener Maßnahmen, die am kostengünstigsten sind und somit am wirtschaftlichsten umgesetzt werden können. Aus Sicht des Projektteams erfordert es allerdings noch **weitere Untersuchungen** um ein stabiles, nach betriebswirtschaftlich fundierten Grundsätzen basierendes Standardmodell für wirtschaftliche Berechnungen der Planungsunternehmen zur Verfügung zu stellen.

Die derzeitige Zinsstruktur und das makroökonomische Umfeld beeinflusst das Rechenmodell hinsichtlich der Auswahl der geeigneten Bewertungsparameter (Zinssätze, Preissteigerungsannahmen) im beträchtlichen Ausmaß. Erfahrungswerte und kostenrechnerische Annahmen aus der Vergangenheit sind in Zeiten von Deflation und negativen Marktzinsen zu hinterfragen. Aufgrund der langfristigen Auswirkungen der Entscheidungen von heute sind möglichst korrekte Annahmen Voraussetzung um auch aus langfristiger Sicht korrekte Entscheidungsgrundlagen zu liefern. **Moderne Ansätze** (z.B. Verwendung von Zinsstrukturkurven, Ermittlung spezifischer kalkulatorischer Zinsen pro Kanalisationsunternehmen, Ableitung von Inflationserwartungen aus Finanzmarktdaten) könnten **für die Auswahl der Bewertungsparameter** auch in die Kostenrechnung miteinfließen.

Ein weiteres Augenmerk wäre bei zukünftigen Untersuchungen auf die Auswahl der geeigneten Planungseinheit (Haltung, Bauabschnitt, Sanierungsabschnitt) zu legen. Hier muss Theorie und Praxis „Hand in Hand“ gehen um die betriebswirtschaftlich korrekte Ermittlung der besten Variante auch für ein ausführendes Planungsbüro erkennbar zu machen. Auch ist bei den betriebswirtschaftlichen Kalkulationen, **Rücksicht auf verfügbare Mittel (Eigenkapital, Fremdkapital und Subventionen)** zu legen.

Schließlich wäre als weiteres Untersuchungsfeld die Interpretation unterschiedlicher Ergebnisse zwischen rein **Cashflow-basierten Analysen** (z.B. Anhand der deutschen KVR-Leitlinien) und kostenbasierten Kalkulationen, wie die vorgelegte dynamische Kostenrechnung unter Berücksichtigung von Restbuchwerten, zu nennen.

8. LITERATUR UND QUELLENANGABE

BMLFUW (2012): Zustandsdatenanalyse zur Bewertung von Instandhaltungsstrategien von Kanalisationen; Endbericht, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft.

BMVI (2006): Arbeitshilfen Abwasser, 2. Auflage – Planung, Bau und Betrieb von abwassertechnischen Anlagen in Liegenschaften des Bundes, Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur, download unter: <http://www.arbeitshilfen-abwasser.de/html/Materialien.1.02.html>.

DIN 31051 (2003): Grundlagen der Instandhaltung

DWA (2005): Wertermittlung von Abwasseranlagen - Systematische Erfassung, Bewertung und Fortschreibung; DWA-Regelwerk, Arbeitsblatt DWA-A 133, August 2005.

DWA (2007): Zustandserfassung und -beurteilung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden – Teil 3: Zustandsklassifizierung und -bewertung; DWA-Regelwerk, Merkblatt DWA-M 149-3, November 2007.

DWA (2012): Praktische Kostenvergleichsrechnung von Sanierungsvorhaben nach KVR-Leitlinie; Leitlinien zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen (KVR-Leitlinien), 8. Überarbeitete Auflage, DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V..

EN 752 (2008): Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden, CEN - EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG

ERTL Th. und FESSL R. (2001): Anforderungen an die Betriebsüberwachung in Österreich, Wiener Mitteilungen Band 168, Seite A1-44

ERTL, Th., FUCHS, D. (2003): Überprüfung, Bewertung und Sicherstellung der Funktionsfähigkeit von Kanalisationsanlagen, Wasser am Nachmittag

IKT (2004): Forschungsbericht - Wurzeleinwuchs in Abwasserleitungen und Kanäle, IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur, download unter: <http://www.ikt.de/downloads/forschungsberichte/>.

INNOKANIS (2015): Innovative Methoden der Kanalinspektion zur Optimierung selektiver Betriebsstrategien, Forschungsbericht, Bundesministerium für Land-

und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, download unter:
<http://www.bmlfuw.gv.at/publikationen/wasser/abwasser/INNOKANIS.html>.

Ochs Ch. P. (2012): Multikriterielle Optimierung der Sanierungsplanung von Entwässerungs-netzen; Dissertation Dipl.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. (FH) Christian Peter Ochs; Technische Universität Kaiserslautern.

ÖWAV RB 22 (2015): ÖWAV Regelblatt - Betrieb von Kanalisationen, 2. Auflage, Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband, Wien.

Neumüller Ph. (2015): Qualitätssicherung bei der Kanalsanierung durch Fehlervermeidung bei der Optischen Inspektion durch optimale Anpassung bzw. Auswahl des Inspektionssystems und des Datenmanagements; Masterarbeit; Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Siedlungswasserbau, Industrierwasserwirtschaft und Gewässerschutz.

Plihal H. und Ertl Th. (2013): Zustandsdatenanalyse nach Schadensursache, Entstehungsphase und Schutzziel zur Optimierung der Kanalstandhaltung. Wiener Mitteilungen, Issue 229, pp. D1-23, ISBN: 978-3-85234-122-4.

Plihal H., Münch Ph., Kretschmer F., Ertl Th. (2013): Innovative Kanalinspektion als Grundlage für die bedarfsorientierte Kanalreinigung, ÖWAV Heft 3/4, Springer Verlag, Wien.

Plihal, H., Kretschmer F., Ertl Th. (2014a): Strategie einer wirtschaftlichen Kanalreinigung - Auswirkungen einer verbesserten Kanalreinigungsstrategie; KA-BetriebsInfo - Heft 1/2014.

Plihal H., Kuratko, A., Ertl, Th. (2014b): Einsatz des elektronischen Spiegels für den betrieblichen Überblick, ÖWAV Heft 1/2, Springer Verlag, Wien.

Schöller G. (2014): Vortragsunterlagen zum ÖWAV-Kanalsanierungsberaterkurs - Prioritätenreihung, Konzepterstellung, Grobkostenschätzung, Budgetierung.

Wolf M. (2006): Untersuchungen zu Sanierungsstrategien von Abwasserkanalnetzen und deren Auswirkungen auf Wertentwicklung und Abwassergebühren; Dissertation Dr.-Ing. Martin Wolf, Institution für Wasserwesen der Universität der Bundeswehr München.