

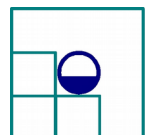


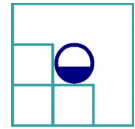
Kanalsanierungsstrategie

Modul 1 Istzustand und Nutzungsdauern

Zwischenbericht

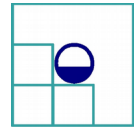
München
Nov 2015
SiwaPlan Ing.-Ges.mbH



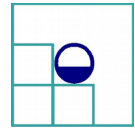


Inhaltsverzeichnis

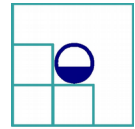
1 Anlass und Vorbemerkungen.....	5
2 Verwendete Unterlagen.....	7
3 Grundlagen.....	8
3.1 Untersuchungsgebiet & Kanalstammdaten.....	8
3.2 Zustandsdaten.....	9
3.2.1 Inspektionsdaten.....	9
3.2.2 Sanierungsdaten.....	10
3.2.3 Sanierungs-/Zustandshistorie.....	11
3.3 Kanalnetzcharakteristik.....	12
3.3.1 Kanaldimension.....	12
3.3.2 Materialverteilung.....	12
3.3.3 Altersverteilung.....	14
3.3.4 Charakteristische Grundgesamtheiten.....	16
4 Modellaufbau <i>stratIS-kanal</i>	19
4.1 Modellbeschreibung.....	19
4.1.1 Begriffsdefinitionen.....	20
4.1.2 Sanierungskosten und Maßnahmenwahl.....	21
4.1.3 Zustandsprognose.....	22
4.1.3.1 Sanierungskosten.....	22
4.1.3.2 Änderung der baulichen Zustandsklasse (Sanierungsdringlichkeit).....	23
4.1.4 Optimale (Rest-)Nutzungsdauer.....	23
4.2 Bauliche Sanierung.....	24
4.2.1 Sanierungsverfahren.....	24
4.2.2 Einheitspreis und Zuschläge.....	26
4.2.3 Nutzungsdauern der Sanierungsverfahren.....	29
4.2.4 Parameter der Wirtschaftlichkeitsberechnung.....	30
4.3 Zustandsverschlechterung - Kostensteigerung.....	31
4.3.1 Vorgehensweise.....	31



4.3.2 Stichtagsanalyse.....	31
4.3.3 Doppelbefahrungen.....	35
4.4 Zustandsverschlechterung – Sanierungsdringlichkeit.....	38
4.5 Sonstiges.....	38
4.5.1 Muffendichtheit.....	38
4.5.2 Bereits durchgeführte bauliche Sanierungen.....	39
4.5.3 Hydraulische Sanierungen.....	39
5 Auswertung.....	41
5.1 Datengrundlage.....	41
5.1.1 Allgemeines.....	41
5.2 Sanierungsarten.....	41
5.3 Sanierungskosten.....	42
5.4 Neubauwert.....	44
5.5 Nutzungsdauern.....	45
5.6 Betriebsgewöhnliche Nutzungsdauer.....	48
5.8 Substanzwert.....	52
6 Allgemeine Anwendbarkeit.....	54
6.1 Vergleich mit Projekt Rheine.....	54
6.2 Vergleich mit Projekt Bergisch-Gladbach.....	54
6.3 Übertragbarkeit auf andere Netzbetreiber.....	55
7 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen.....	59
7.1 Zusammenfassung.....	59
7.1.1 Untersuchungsgebiet.....	59
7.1.2 Prognosemodell <i>stratIS-kanal</i>	59
7.1.3 Zustandsverschlechterung.....	59
7.1.4 Hydraulische Sanierungen und Muffendichtheit.....	60
7.1.5 Automatisches Sanierungskonzept.....	60
7.1.6 Nutzungsdauern.....	60
7.1.7 Substanzwert.....	62



7.2 Ausblick.....	62
Anhangverzeichnis.....	64
Anlagenverzeichnis.....	65
Planverzeichnis.....	66
Vermerke.....	67



1 Anlass und Vorbemerkungen

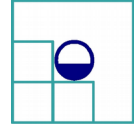
Die Stadt Gütersloh betreibt ein Abwasserkanalnetz mit einer Gesamtlänge von über 780 km (ohne Druckrohrleitungen). Gemäß den gesetzlichen Anforderungen wurde das Kanalnetz in den letzten Jahren weitgehend flächendeckend untersucht. Ebenfalls wurden Sanierungsmaßnahmen durchgeführt. Teilweise liegen bereits Wiederholungsbefahrungen vor. Der aus dem baulichen Zustand der Abwasserkanäle resultierende Gesamt-Sanierungsbedarf wurde bislang lediglich grob abgeschätzt. Aussagen zu zukünftigen Sanierungsbudgets sowie zu den Auswirkungen der heutigen Handlungsweise liegen nicht vor. Ebenfalls liegen keine Aussagen zu Nutzungsdauern für das Kanalnetz in Gütersloh vor, die den konkreten baulichen Zustand berücksichtigen.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, aufbauend auf den Ergebnissen der optischen Inspektionen, unter Nutzung eines Zustandsprognosemodells den heutigen und künftigen baulichen Sanierungsbedarf sowie die für das Kanalnetz der Stadt Gütersloh zutreffenden Nutzungsdauern zu ermitteln, die kurz-, mittel- und langfristigen Auswirkungen unterschiedlicher Handlungsoptionen zu untersuchen und daraus eine geeignete, vorausschauende Vorzugsstrategie zu erarbeiten.

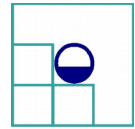
Im ersten Schritt (Modul 1) soll das Zustandsprognosemodell *stratIS-kanal* aufgebaut, die Zustandsverschlechterung anhand der vorliegenden Inspektionsdaten quantifiziert sowie der sich aus dem baulichen Zustand ergebende Gesamt-Sanierungsbedarf ermittelt werden. Die mit dem Zustands-Prognosemodell ermittelten Nutzungsdauern sollen zudem mit den bislang in der Stadt Gütersloh verwendeten kalkulatorischen Abschreibungssätzen (Nutzungsdauern) verglichen sowie die für das Kanalnetz der Stadt Gütersloh zu erwartenden tatsächlichen Nutzungsdauern bestimmt werden.

Die durchgeführten Arbeiten und erzielten Ergebnisse zu Modul 1 werden im Rahmen der vorliegenden Arbeit als Zwischenbericht dargestellt.

Aufbauend auf die Ergebnisse von Modul 1 ist geplant, im zweiten Schritt (Modul 2) mit Hilfe des Zustandsprognosemodells die Auswirkungen unterschiedlicher Handlungsoptionen im Hinblick auf Betriebssicherheit, Budgets, gebührenfähige Kosten und Substanzwert zu ermitteln und, darauf aufbauend, eine Vorzugsstrategie zu erarbeiten. Diese Leistungen sind nicht Bestandteil der vorliegenden Arbeit und werden in einem gesonderten Bericht dargestellt.



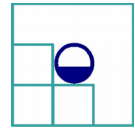
Das Gesamtprojekt (Modul 1 und Modul 2) wird vom Land Nordrhein-Westfalen gefördert. Ziel ist die Förderung von Methoden und Ansätzen zum effizienten und nachhaltigen Kanalnetzbetrieb sowie zur Sicherstellung des Substanzwerterhaltes. In diesem Projektrahmen wurden bereits zwei weitere Projekte für die Städte Rheine und Bergisch Gladbach gefördert. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit sollen die dort erzielten Ergebnisse, sofern möglich, mit den Ergebnissen in Gütersloh verglichen werden. Zusätzlich sollen, aufbauend auf die Ergebnisse in Gütersloh, allgemeine Handlungsempfehlungen für Kanalnetzbetreiber in Nordrhein-Westfalen gegeben werden.



2 **Verwendete Unterlagen**

Folgende Unterlagen wurden für die Erarbeitung der vorliegenden Arbeit verwendet:

- Kanalstamm- und Zustandsdaten, Kanaldatenbank des Kanalinformationssystems der Stadt Gütersloh als Access-Datenbank, Stand 2014
- Angaben zum Grundwasserstand sowie zu Hauptverkehrsstraßen, Kanaldatenbank des Kanalinformationssystems der Stadt Gütersloh als Access-Datenbank, Stand 2014
- Angaben zu Einheitspreisen für Innensanierungen (Reparaturen, Renovierung), Stadt Gütersloh, Stand 2014
- Angaben zu Einheitspreisen für Erneuerungen aus konkreten Baumaßnahmen, Stadt Gütersloh, Stand 201
- Stadtgrundkarte in digitaler Form zur Hinterlegung, Stadt Gütersloh, Stand 2014
- Angaben zur Vermögensbewertung der Kanäle, Stadt Gütersloh, Stand Ende 2014
- Angaben zu verwendeten Abschreibungssätzen und Indizes, Stadt Gütersloh, Stand Ende 2014
- Angaben zu verwendeten Schadensausmaßen sowie zur Interpretation der Schadenserfassung, Stadt Gütersloh, 2015



3 Grundlagen

3.1 Untersuchungsgebiet & Kanalstammdaten

Die Entwässerung in Gütersloh findet fast ausschließlich im Trennsystem statt. In sehr geringem Umfang sind zwar Mischwasserkanäle vorhanden, diese sind jedoch nicht im Eigentum der Stadt Gütersloh.

Untersuchungsgebiet für die vorliegende Arbeit ist das Schmutz- und Regenwasserkanalnetz der Stadt Gütersloh einschl. Grabenverrohrungen. Auf Grundlage der Kanaldatenbank der Stadt Gütersloh wurden sämtliche relevante Kanalstammdaten übernommen. Die Kanaldaten wurden auf Vollständigkeit geprüft, unplausible Angaben wurden in Abstimmung mit dem AG pauschal gefüllt bzw. korrigiert. Zusätzlich wurden die Haltungen identifiziert, für die eine TV-Untersuchung vorliegt. Da vom AG keine Shape-Dateien zur Visualisierung des Kanalnetzes zur Verfügung standen, wurde das Kanalnetz vom Unterzeichner, sofern Lagekoordinaten verfügbar waren, in Eigenregie ins GIS übertragen und visualisiert.

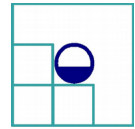
Die zu betrachtenden Haltungen wurden nach folgenden Kriterien aus der Kanaldatenbank gefiltert:

- Entwässerungsart: Schmutz- oder Regenwasserleitungen sowie Grabenverrohrungen
- Feld H2_Planung: Bestand oder ohne Eintrag
- Eigentum: Stadt Gütersloh, Gütersloh früher..., ungeklärt oder kein Eintrag
- H2_Art: Freispiegelkanal SW und KR (keine Druckleitungen)

Tabelle 3.1 zeigt eine Zusammenstellung der Kanallängen im Untersuchungsgebiet, differenziert nach Entwässerungsart.

Tabelle 3.1: Kanallängen im Untersuchungsgebiet, differenziert nach Entwässerungsart

Entwässerungssystem	Länge gesamt [m]	Länge untersucht [m]
Schmutzwasserkanäle	387.959,79	375.452,83
Regenwasserkanäle	360.929,43	347.097,60
Grabenverrohrungen	8.897,40	5.188,56
Summe	757.786,63	727.739,00



Insgesamt beträgt die Bestands-Kanallänge im Untersuchungsgebiet 757,8 km. Für Haltungen auf einer Länge von 727,7 km liegt mindestens eine TV-Untersuchung vor (inspizierte Stichprobe). Das Kanalnetz der Stadt Gütersloh ist damit zu rd. 96 % inspiziert.

Die ins Untersuchungsgebiet aufgenommenen Kanäle sind im Übersichtsplan in Anlage 3 dargestellt.

3.2 Zustandsdaten

3.2.1 Inspektionsdaten

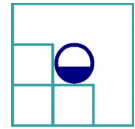
Von der Stadt Gütersloh werden laufend Kanalinspektionen durchgeführt und die Ergebnisse in Anlehnung an die Vorgaben der ATV-M 149-2 (ab 2011 DIN EN 13508 bzw. DWA-M 149-2) dokumentiert. Teilweise liegen Wiederholungsbefahrungen vor.

Die Inspektionsergebnisse für das Untersuchungsgebiet wurden aus der vom AG gelieferten Access-Datenbank übernommen und auf Plausibilität geprüft. Die Interpretationsgrundsätze der Zustandsdaten (insbesondere der Schadensausmaße) wurden mit der Stadt Gütersloh abgestimmt.

Bei der Plausibilitätsprüfung wurde festgestellt, dass bei Inspektionen älter als 2003 Schadensausmaße fehlen bzw. die verwendeten Einheiten für Schadensausmaße nicht einheitlich sind und damit für die Auswertung in dieser Form nicht verwendbar sind. Für diese Zustandsdaten wurden deshalb, abhängig von der vorgefundenen Schadensart, in Abstimmung mit der Stadt Gütersloh pauschale Schadensausmaße angenommen und als Schadensausmaß für die weitere Bearbeitung übernommen. Diese sind in Anhang 2 zusammengestellt. Für die Untersuchungen nach 2003 wurde in Abstimmung mit dem AG vorausgesetzt, dass die verwendeten Schadensausmaße den in den technischen Regelwerken (Isybau 2006 bzw. DIN EN 13508-2) vorgesehenen Definitionen bzw. Einheiten entsprechen.

In der Kanaldatenbank der Stadt Gütersloh sind auch Wiederholungsbefahrungen erfasst. Im Hinblick auf weitere Bearbeitungsschritte wurde für jede Haltung das Datum der Erstbefahrung (T_{TV1}) sowie der Letztbefahrung (T_{TV2}) (sowie von ggf. vorhandenen Zwischenbefahrungen) identifiziert.

In Gütersloh findet eine Zustandsbewertung in Anlehnung an ATV-M 149-2 statt. Die Zustandsklassen drücken die Sanierungsdringlichkeit gemäß Definition des ISYBAU-Konzeptes aus (ZK 5 = höchste Sanierungs-



dringlichkeit, ZK0 = schadensfrei). Die Zustandsbewertung wurde von der Stadt Gütersloh durchgeführt. Die Zustandsklassen wurden hal- tungsscharf unverändert übernommen.

Abbildung 3.1 zeigt die Kanallängen der inspizierten Kanäle im Unter- suchungsgebiet, differenziert nach dem Jahr der letzten (aktuellsten) Untersuchung.

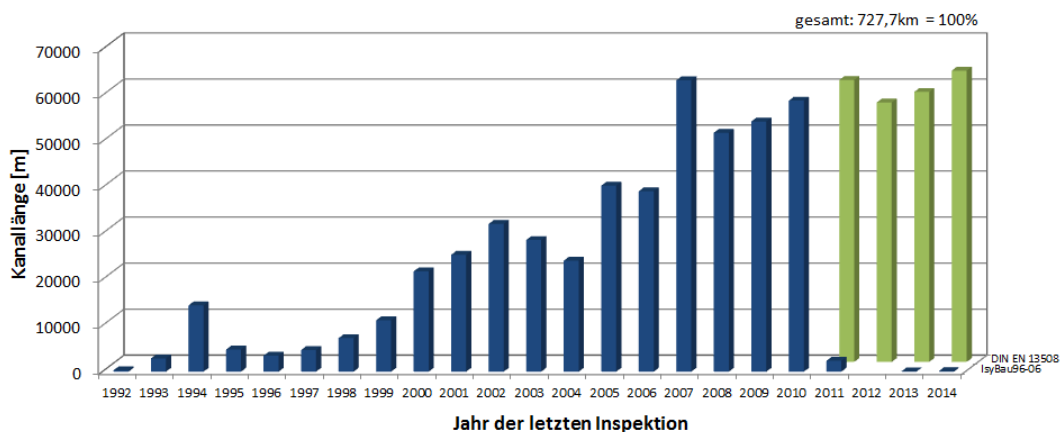


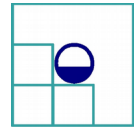
Abbildung 3.1: Zusammenstellung der Kanallängen, differenziert nach Inspektionsjahr (T_{IV2}) der letzten(aktuellen)Untersuchung

3.2.2 Sanierungsdaten

Von der Stadt Gütersloh wurden bereits zahlreiche Kanalsanierungs- maßnahmen durchgeführt. Für bereits sanierte Haltungen liegen An- gaben zur Sanierungsart (Reparatur, Renovierung, Erneuerung) sowie das Sanierungsdatum vor.

Als Vorbereitung zur Integration der bereits durchgeführten Maßnah- men ins Prognosemodell wurden diese Angaben in die Datenbasis übernommen. Insgesamt wurden im Untersuchungsgebiet identifiziert:

- Reparaturen durch Innensanierungen in 127 Haltungen mit einer Kanalbestandslänge von 5.599 m
- Teilerneuerungen in 91 Haltungen mit einer Kanalbestandslänge von 3.913 m
- Renovierungen in 249 Haltungen mit einer Kanalbestandslänge von 11.655 m



3.2.3 Sanierungs-/Zustandshistorie

Für die Zustandsprognose sowie die Ermittlung der Modellparameter ist die Kanalhistorie von Bedeutung. Durch die umfassende und regelmäßige Inspektionstätigkeit liegen inzwischen auch zahlreiche Wiederholungsinspektionen vor. Zu diesem Zweck wurde aus den Angaben zu Inspektionen und Sanierungstätigkeiten für jede Kanalhaltung die Historie analysiert. Insbesondere wurden erfasst:

- Zeitpunkt der ersten vorliegenden Inspektion T_{TV1}
- Zeitpunkt der Sanierung T_{San} (sofern vorhanden)
- Zeitpunkt der letzten (aktuellsten) Zustandserfassung T_{TV2}

Für die Zustandsverschlechterungsanalyse sind Haltungen interessant, die eine Wiederholungsinspektion aufweisen, jedoch zwischen Erst- und Letztinspektion keine signifikante Veränderungen / Störung (z. B. durch Sanierung) aufweisen. Für 133 km konnten geeignete Wiederholungsinspektionen identifiziert werden.

Abbildung 3.2 zeigt die ungestörte, wiederholt inspizierte Kanallänge, differenziert nach Notationsart (alte Notation, neue Notation) und Abstand zwischen Erst- und Letztbefahrung.

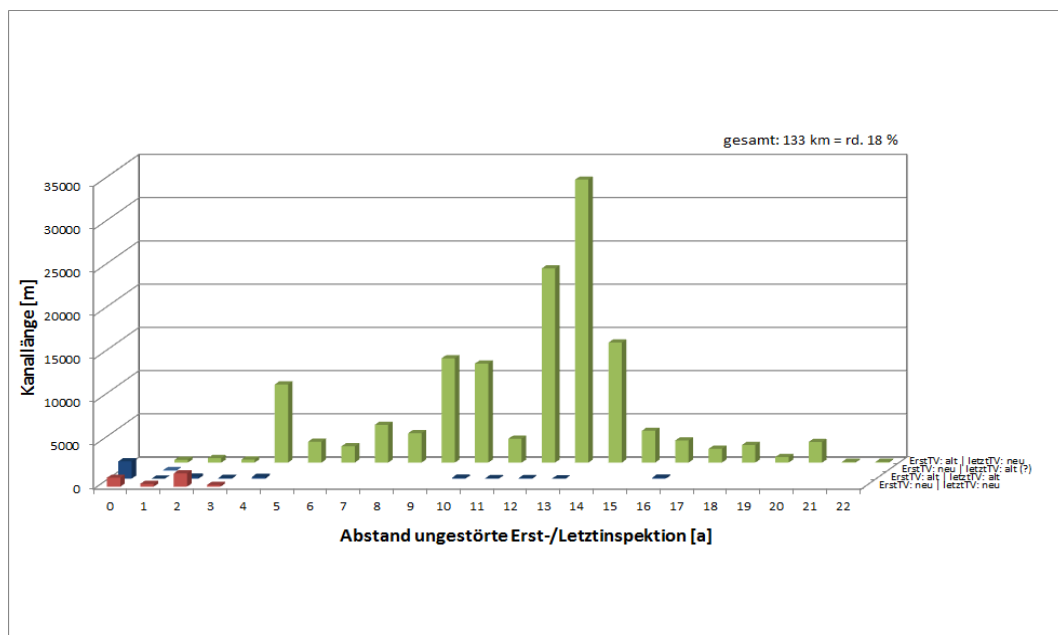
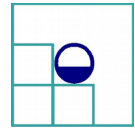


Abbildung 3.2: Kanalbestandslänge mit (ungestörten) Wiederholungsbefahrungen, differenziert nach Notationsart (alte oder neue Notation) sowie Abstand zwischen den Untersuchungen



Es zeigt sich, dass zahlreiche Wiederholungsbefahrungen mit einem Untersuchungsabstand von mehr als 5 Jahren vorhanden sind. Für diese liegen erwartungsgemäß überwiegend Erstinspektionsdaten in alter Notation sowie Letztinspektionsdaten in neuer Notation (gemäß DIN EN 13508-2) vor.

3.3 Kanalnetzcharakteristik

3.3.1 Kanaldimension

Abbildung 3.3 zeigt die Verteilung der Bestandskanallänge im Untersuchungsgebiet auf die Profilhöhenklassen.

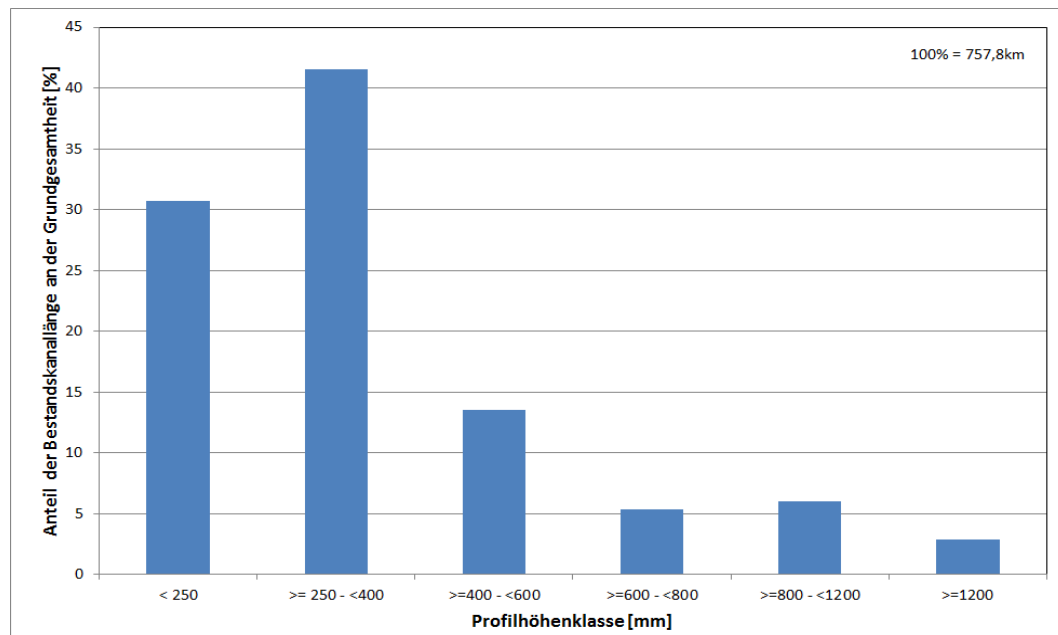
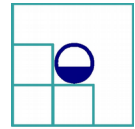


Abbildung 3.3: Anteil der Bestandskanallänge im Untersuchungsgebiet, differenziert nach Profilhöhenklassen

Rd. 75% der Kanallänge weist eine Profilhöhe kleiner 400 mm auf. 91 % der Kanäle stellen nicht begehbare Kanäle (Profilhöhe <800 mm) dar. Die begehbaren Kanäle weisen zu rd. 2/3 Profilhöhen zwischen 800 und <1200 mm auf. Kanäle größer gleich 1200 mm besitzen mit einem Anteil an der Gesamtkanallänge von 2,9 % nur untergeordnete Bedeutung.

3.3.2 Materialverteilung

Auf Basis der Materialangaben in der Kanaldatenbank der Stadt Gütersloh wurden folgende Material-Hauptklassen gebildet und für die weitere Arbeit verwendet:



- Beton
- Steinzeug
- Faserzement
- Kunststoff, klebbar
- Kunststoff, nicht klebbar
- Mauerwerk
- metallischer Werkstoff
- Inliner
- Sonstiges
- keine Angabe

Abbildung 3.4 zeigt die Verteilung der Bestandskanallänge auf die Materialklassen für nicht begehbare Kanäle.

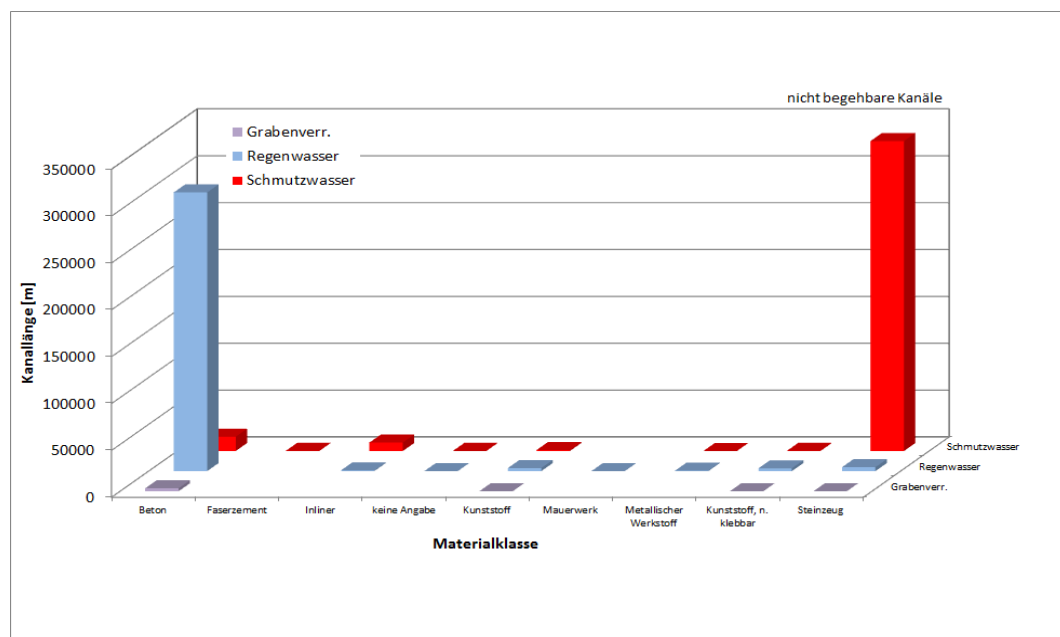


Abbildung 3.4: Verteilung der Bestandskanallänge auf Materialklassen – nicht begehbare Kanäle

Die verwendeten Hauptwerkstoffe sind Steinzeug in Schmutzwasserkanälen sowie Beton in den Regenwasserkanälen. Die weiteren Werkstoffe haben jeweils nur eine untergeordnete Bedeutung.

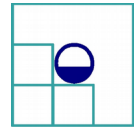


Abbildung 3.5 zeigt die Verteilung der Bestandskanallänge auf die Materialklassen für begehbare Kanäle.

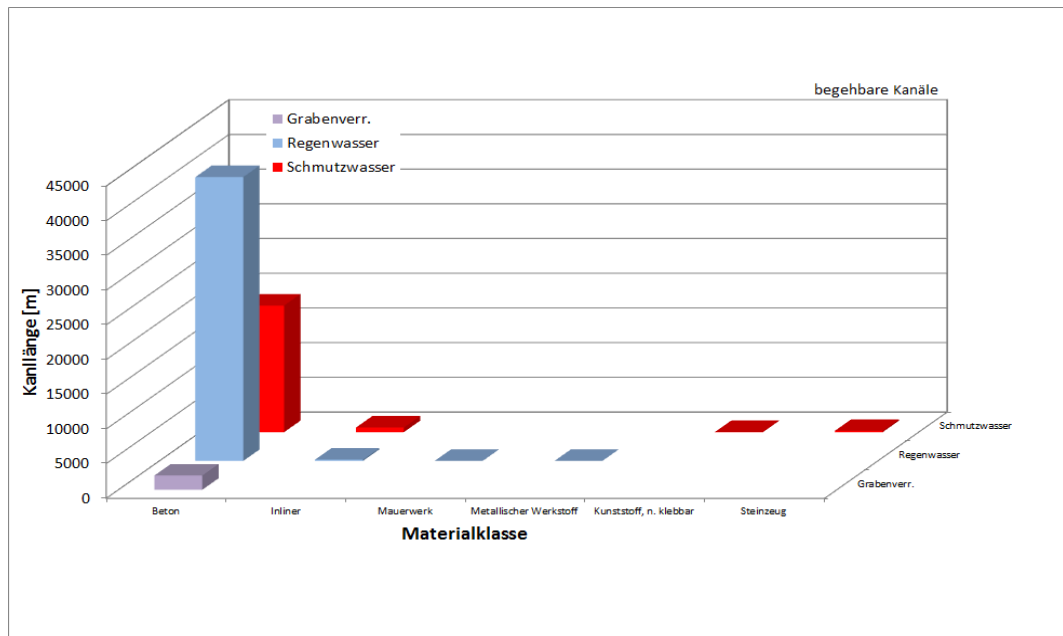


Abbildung 3.5: Verteilung der Bestandskanallänge auf Materialklassen – begehbare Kanäle

Verwendeter Hauptwerkstoff in begehbaren Schmutz- und Regenwasserkanälen ist erwartungsgemäß Beton. Andere Werkstoffe haben nur eine sehr untergeordnete Bedeutung.

3.3.3 Altersverteilung

Abbildung 3.6 zeigt die Verteilung der Bestandskanallänge für nicht begehbare Kanäle auf Material- und Altersklassen. Die höchste Bautätigkeit von Steinzeugkanälen (d.h. i.d.R. Schmutzwasserkanälen) war in den Jahren 1960 bis 1980 vorhanden. Die höchste Bautätigkeit von Betonkanälen (d.h. i.d.R. Regenwasserkanälen) war in den Jahren 1970 bis 1990 vorhanden. Vereinzelt sind Kanäle älter als 1950 vorhanden. Die ältesten Kanäle stammen aus der Zeit 1900 bis 1920.

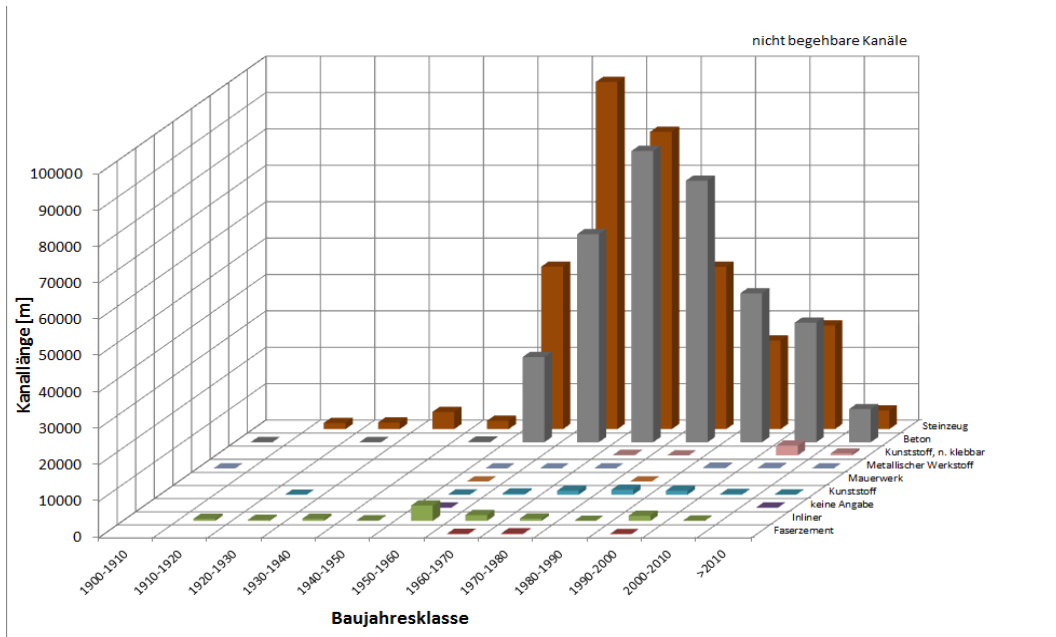
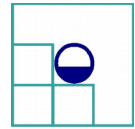


Abbildung 3.6: Verteilung der Bestandskanallänge auf Alters- und Materialklassen – nicht begehbare Kanäle

Abbildung 3.7 zeigt die Verteilung der Bestandskanallänge für begehbare Kanäle auf Material- und Altersklassen.

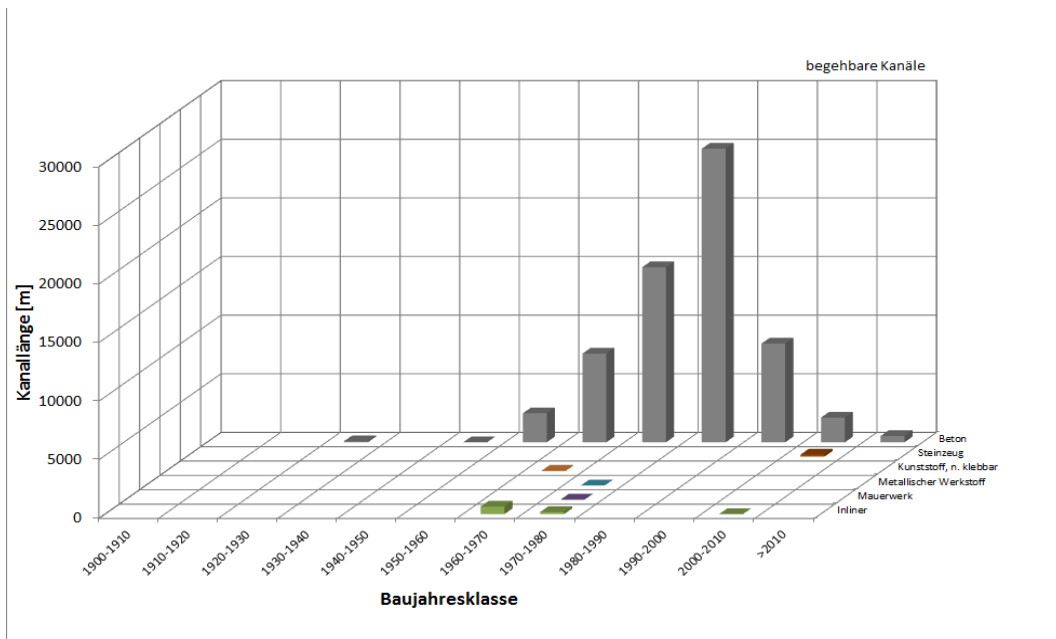
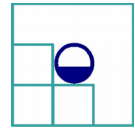


Abbildung 3.7: Verteilung der Bestandskanallänge auf Alters- und Materialklassen – begehbare Kanäle



Die höchste Bautätigkeit der im begehbaren Bereich fast ausschließlich vorhandenen Betonkanäle war in den Jahren 1980 bis 1990 vorhanden. Baubeginn dieser Kanäle (meist Sammler) war im Wesentlichen ab 1950. Nach 1990 nahm die Bautätigkeit stark ab.

3.3.4 Charakteristische Grundgesamtheiten

Aufbauend auf die Kanalcharakteristik in Gütersloh wurden charakteristische Grundgesamtheiten gebildet. Sie bilden die Grundlage für die Auswertung und Berücksichtigung differenzierter Zustandsverschlechterungsparameter beim Aufbau des Prognosemodells.

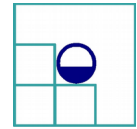
Für die Auswertung der Zustandsprognoseparameter sind statistische Auswertungen für die charakteristischen Grundgesamtheiten erforderlich. Dabei muss jedoch berücksichtigt werden, dass bei einer sehr differenzierten Clusterbildung die auswertbaren Grundgesamtheiten je Cluster schnell zu klein werden und damit keine sinnvolle statistische Auswertung mehr möglich ist. Entsprechend muss ein Mittelweg zwischen Differenzierung und Anzahl der in den Clustern vorhandenen Elementen gefunden werden.

Aus vergleichbaren Projekten hat sich für die Zustandsverschlechterungsanalyse eine Differenzierung nach folgenden Haupt-Merkmalen bewährt:

- Baujahresklasse
- Materialart
- Kanalart (Schmutzwasser oder Regenwasser, korrespondiert in Gütersloh mit der Materialart Steinzeug oder Beton)
- Dimensionsart (nicht begehbar, begehbar)

Abbildung 3.8 zeigt die gewählten charakteristischen Grundgesamtheiten für nicht begehbare Kanäle sowie deren Elementzahl (Haltungsanzahl) pro Klasse und die Beurteilung für die weitere Bearbeitung. Grundlage sind die inspizierten Haltungen im Untersuchungsgebiet. Auf Grund der in Gütersloh vorhandenen Materialverteilung wurden nur Kanäle mit den Haupt-Materialarten Beton- und Steinzeug berücksichtigt.

Für grün markierte Klassen wird eine statistische Auswertung vorgesehen, da hier ausreichende Elementzahlen vorhanden sind, die zielführende und repräsentative Ergebnisse erwarten lassen. Für blau markier-



te Klassen wird eine gutachterliche Festlegung auf der Basis der statistisch ausgewerteten Klassen vorgesehen, da hier nur eine geringe Elementzahl vorhanden ist.

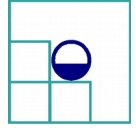
Bez.	Alters- klasse	Entw- KZ	Material- klasse	Anzahl	Beurteilung
10	< 1950	SW	Stz	234	Auswertung, geringe Datenbasis
(11)			B	0	<i>kommt nicht vor</i>
(12)		RW	Stz	0	<i>kommt nicht vor</i>
13			B	6	gutachterliche Festlegung
14	≥ 1950 bis < 1970	SW	Stz	3229	Auswertung
15			B	63	gutachterliche Festlegung
16		RW	Stz	51	gutachterliche Festlegung
17			B	2099	Auswertung
18	≥ 1970 bis < 1990	SW	Stz	3028	Auswertung
19			B	168	gutachterliche Festlegung
20		RW	Stz	65	gutachterliche Festlegung
21			B	3872	Auswertung
22	≥ 1990	SW	Stz	1487	Auswertung
23			B	77	gutachterliche Festlegung
24		RW	Stz	48	gutachterliche Festlegung
25			B	2187	Auswertung
29	Sonstiges	alle weiteren		541	gutachterliche Festlegung

Abbildung 3.8: Für die Zustandsverschlechterungsanalyse vorgesehenen charakteristischen Grundgesamtheiten (Cluster) – nicht begehbare Kanäle

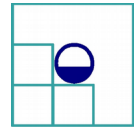
Abbildung 3.9 zeigt, analog zu den nicht begehbaren Kanälen, die gewählten charakteristischen Grundgesamtheiten für begehbare Kanäle sowie deren Elementzahl (Haltungsanzahl) pro Klasse und die Beurteilung für die weitere Bearbeitung.

Bez.	Alters- klasse	Entw- KZ	Material- klasse	Anzahl	Beurteilung
(31)	< 1950	SW	Stz	0	<i>kommt nicht vor</i>
(32)			B	0	<i>kommt nicht vor</i>
(33)		RW	Stz	4	<i>kommt nicht vor</i>
(34)			B	0	<i>kommt nicht vor</i>
(35)	≥ 1950 bis < 1970	SW	Stz	0	<i>kommt nicht vor</i>
36			B	131	gutachterliche Festlegung
(37)		RW	Stz	0	<i>kommt nicht vor</i>
38			B	65	gutachterliche Festlegung
(39)	≥ 1970 bis < 1990	SW	Stz	0	<i>kommt nicht vor</i>
40			B	159	gutachterliche Festlegung
(41)		RW	Stz	0	<i>kommt nicht vor</i>
42			B	757	Auswertung, geringe Datenbasis
43	≥ 1990	SW	Stz	3	gutachterliche Festlegung
44			B	64	gutachterliche Festlegung
(45)		RW	Stz	0	<i>kommt nicht vor</i>
46			B	158	gutachterliche Festlegung
49	Sonstiges	alle weiteren		76	gutachterliche Festlegung

Abbildung 3.9: Für die Zustandsverschlechterungsanalyse vorgesehenen charakteristischen Grundgesamtheiten (Cluster) – begehbare Kanäle



Bei den begehbaren Kanälen sind lediglich bei Regenwasser-Betonkanälen der Altersklasse 1970 – 1990 ausreichende Elemente für eine statistische Analyse vorhanden.



4 Modellaufbau *stratIS*-kanal

4.1 Modellbeschreibung

Das Modell *stratIS*-kanal besteht aus zwei Programmteilen :

- Decision-Support-System zur Sanierungsplanung / Sanierungskonzeption:
Ermittlung von Sanierungsalternativen und –kosten sowie Auswahl der wirtschaftlichsten Sanierungsart
- Prognosemodell zur Strategieanalyse und Budgetermittlung

Im ersten Schritt werden, aufbauend auf dem Drei-Säulen-Modell, abhängig vom Schadensbild, Sanierungsalternativen und Kosten aus den Sanierungsarten Reparatur, Renovierung und Erneuerung (offene Bauweise) ermittelt. Auf Basis der Methoden zur Wirtschaftlichkeitsberechnung (s. Lawa Leitlinien zur Kostenvergleichsrechnung) wird automatisch die wirtschaftlichste Sanierungsart ausgewählt. Die Vorgehensweise orientiert sich an der Erarbeitung einer generellen Sanierungsplanung gemäß DIN EN 752, DIN EN 14654-2 sowie DWA-A 143-1.

Im Prognosemodell *stratIS*-kanal wird die Zustandsverschlechterung einer Haltung / eines Kanalnetzes nach Sanierungsmaßnahmen /-kosten und Sanierungsdringlichkeit differenziert. Zustandsklassen werden allein als Maß für die Sanierungsdringlichkeit im Sinne ATV-M 149 / DWA-M 149-3 verwendet. Maßnahmen und Kosten werden direkt aus dem optischen Schadensbild in Anlehnung an die Erarbeitung einer Sanierungsplanung abgeleitet. Im Folgenden wird eine Kurzbeschreibung des Modells gegeben. Weitere und ergänzende Informationen finden sich in [Wolf 2006 (Promotion Wolf)].

Abbildung 4.1 zeigt schematisch den Aufbau von *stratIS*-kanal.

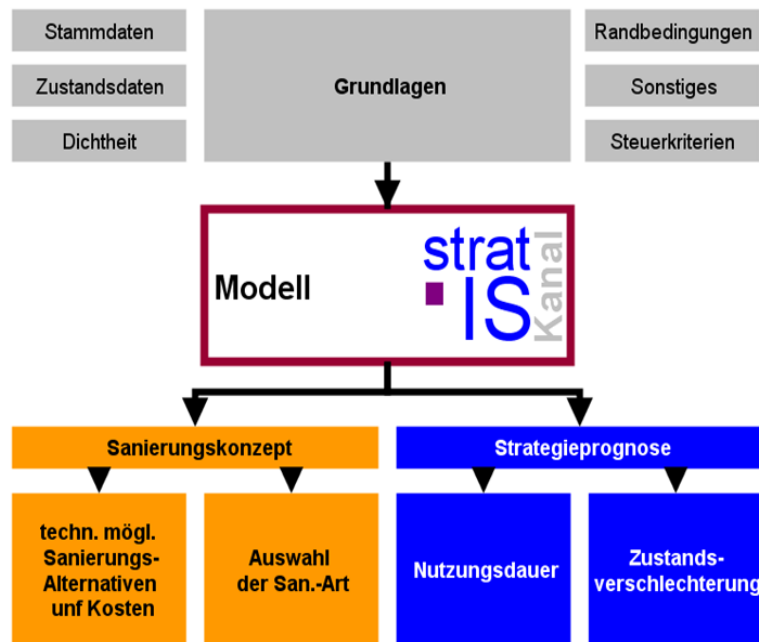
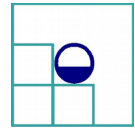


Abbildung 4.1: Schematische Darstellung der Haupt-Module von stratIS-Kanal

4.1.1 Begriffsdefinitionen

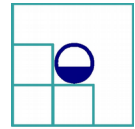
Gemäß DIN EN 752 werden die möglichen Sanierungsverfahren in technischer Hinsicht nach folgenden Sanierungsarten klassifiziert:

- Reparatur (punktuelle Beseitigung von Schäden, z. B. durch Roboter, Kurzschlauch, Edelstahlmanschette, manuelle Sanierung, Teilerneuerung)
- Renovierung (Sanierung der gesamten Haltung)
- Erneuerung (incl. hydraulischer Erweiterung) (Sanierung der gesamten Haltung)

Im Hinblick auf haushaltstechnische Differenzierungen werden Sanierungskosten nach:

- Investitionskosten (i.d.R. Kosten für Erneuerungen)
- Betriebskosten (Kosten für Maßnahmen, die eine weitere Nutzung einer Haltung sicherstellen)

differenziert. Re-Investitionen und deren Kosten sind die Kosten, die nach Ablauf der Nutzungsdauer einer Haltung für deren Erneuerung erforderlich sind.



Instandhaltungsmaßnahmen und –kosten stellen diejenigen Maßnahmen und –kosten dar, die für eine weitere Nutzung einer Haltung erforderlich sind. Dieser Begriff wird im Zuge der Budgetprognose benötigt. Instandhaltungskosten unterliegen ggf. einer Zunahme über die Zeit (steigender Instandhaltungsaufwand).

4.1.2 Sanierungskosten und Maßnahmenwahl

Im Modell *stratIS-kanal* werden aus dem aus der optischen Inspektion bekannten Schadensbild konkrete Sanierungsmaßnahmen und daraus –kosten nach technischen Kriterien (verfügbare Verfahren und deren Einsatzgrenzen sowie Präferenzen des Netzbetreibers) abgeleitet und mögliche Sanierungsalternativen bestimmt. Zugleich wird über eine Wirtschaftlichkeitsberechnung in Anlehnung an die Vorgaben der LAWA /DWA die wirtschaftlichste Sanierungsart identifiziert und der Zeitpunkt bestimmt, bis zu dem ein Inbetriebhalten einer Haltung wirtschaftlich ist (optimale Nutzungsdauer).

Neben dem Kriterium der Wirtschaftlichkeit findet bei der automatischen Auswahl der Sanierungsart der Parameter Investitionskostenbarwertfaktor f_{IKBW} Verwendung. Liegen die Investitionskostenbarwerte (gemäß LAWA) zwischen Reparaturalternative und Renovierung / Erneuerung oder Renovierung und Erneuerung dicht zusammen, findet automatisch die Auswahl des „höherwertigen“ Verfahrens statt (Wechsel von Reparatur → Renovierung / Erneuerung oder Renovierung → Erneuerung). Das Verhältnis der Investitionskostenbarwerte der Alternativen 1 und 2, bis zu dem zur höherwertigen Alternative 2 gewechselt werden darf, wird über den Investitionskostenbarwertfaktor f_{IKBW}

$$IKBW2/IKBW1 \leq f_{IKBW}$$

ausgedrückt.

Für die Arbeiten für die Stadt Gütersloh wurde ein Investitionskostenbarwertfaktor $f_{IKBW} = 1,20$ angesetzt.

Abbildung 4.2 zeigt schematisch die Arbeitsweise von *stratIS-kanal* zur Ermittlung von Sanierungsmaßnahmen, Sanierungskosten und wirtschaftlichster Sanierungsart.

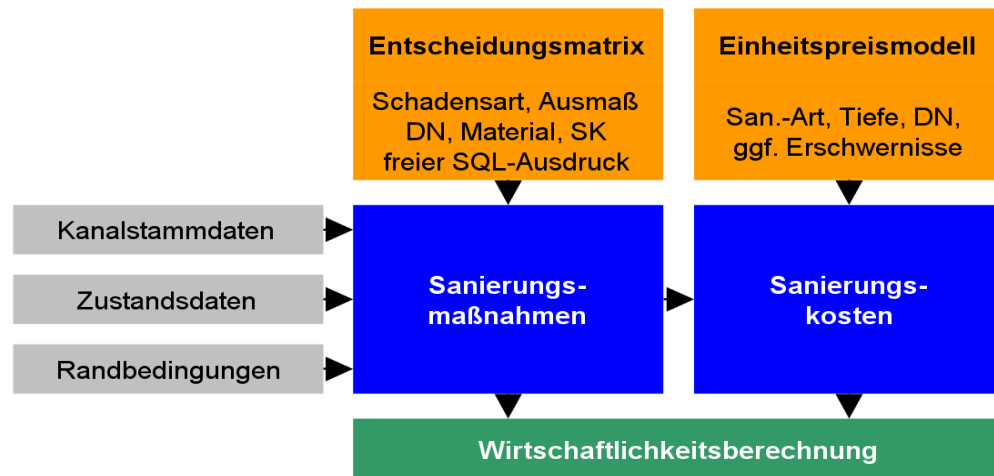
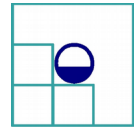


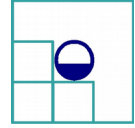
Abbildung 4.2: Schematische Darstellung der Arbeitsweise von stratiS-kanal bei der Ermittlung von Sanierungsmaßnahmen und -kosten zur Berechnung der wirtschaftlichsten Sanierungsart.

4.1.3 Zustandsprognose

4.1.3.1 Sanierungskosten

Eine mögliche Zustandsverschlechterung mit der Zeit durch „Alterung“ führt zu einer Zunahme der Schädigung in Form von neuen Schäden oder einer Vergrößerung der Ausdehnung bereits vorhandener Schäden. Dadurch steigen die Instandhaltungskosten einer Haltung pro Zeiteinheit an. Die Zunahme der Instandhaltungskosten wird durch die Kostensteigerungsrate α , differenziert nach charakteristischen Grundgesamtheiten (s. Kapitel 3.3.4), berücksichtigt.

Die Kostensteigerung für Instandhaltungsmaßnahmen führt bei bereits heute geschädigten Haltungen ggf. zu einer Verringerung der optimalen Restnutzungsdauer, da sich Reparaturmaßnahmen im Vergleich zur Renovierung bzw. Erneuerung bei der Barwertbetrachtung verteuern. Für heute ungeschädigte Haltungen werden steigende Instandhaltungskosten ab dem Erreichen einer definierten Zustandsklasse $ZK_{Schranke}$ bis zum Ende der Nutzungsdauer der Haltung berücksichtigt. Die mittlere Nutzungsdauer ungeschädigter Haltungen wird aus der Betrachtung der geschädigten Teilmenge, differenziert nach charakteristischen Grundgesamtheiten, statistisch ermittelt.



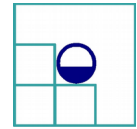
4.1.3.2 Änderung der baulichen Zustandsklasse (Sanierungsdringlichkeit)

Im Modell *stratIS-kanal* wird die Zustandsklasse ausschließlich als Maß für die Sanierungsdringlichkeit gemäß DWA-M 149-3 (früher ATV-DVWK-M 149) angewandt. Eine mögliche Zustandsverschlechterung wird dabei in der Zunahme der Dringlichkeit berücksichtigt. Über nach charakteristischen Grundgesamtheiten (s. Kapitel 3.3.4) differenzierte Alterungspfade werden die Zeiträume und Wahrscheinlichkeiten definiert, in denen eine Haltung von einer Zustandsklasse in die nächst schlechtere wechselt bzw. sich in einer Zustandsklasse befindet. Die Alterungspfade werden durch Auswerten der optimalen Restnutzungsdauern bestimmt. Aus der baulichen Zustandsklasse und deren Verschlechterung sowie über die Interventionsklasse wird der Zeitpunkt berechnet, bei dem eine Sanierung durchgeführt bzw. begonnen wird. Die Interventionsklasse bzw. deren Eintrittswahrscheinlichkeit wird in Abstimmung mit dem Netzbetreiber vorgegeben und stellt die Zustandsklasse dar, bei deren Erreichen eine Sanierungstätigkeit ausgelöst wird.

Hinweis: Eine Auswertung der Alterungspfade ist Leistungsumfang von Modul 2 und wird in der vorliegenden Arbeit zur Erläuterung der Leistungen von Modul 1 entsprechend NICHT dargestellt.

4.1.4 Optimale (Rest-)Nutzungsdauer

Abbildung 4.3 zeigt schematisch den Ansatz zur Ermittlung von Nutzungsdauern. *stratIS-kanal* verfolgt den Ansatz der optimalen Restnutzungsdauer. Hierbei wird über Wirtschaftlichkeitsberechnungen in Anlehnung an die Vorgaben der LAWA /DWA die wirtschaftlichste Sanierungsart identifiziert und der Zeitpunkt bestimmt, bis zu dem ein Inbetriebhalten einer Haltung wirtschaftlich ist. Der Zeitraum zwischen diesem optimalen Zeitpunkt und dem Betrachtungszeitpunkt (heute) ist die optimale Restnutzungsdauer. Bei stark geschädigten Haltungen mit hohem monetären Sanierungsaufwand resultiert eine eher kurze Restnutzungsdauer. Bei Haltungen mit nur leichtem Sanierungsaufwand resultiert eine eher längere Restnutzungsdauer. Bei schwer zu erneuernden Haltungen (d. h. Haltungen mit hohen Erneuerungskosten) wird der optimale Zeitraum für eine weitere Instandhaltung länger, bei leicht zu erneuernden Haltungen ist der optimale Zeitpunkt für eine Erneuerung früher erreicht (s. auch Wolf, 2006: Untersuchungen zu Sanierungsstrategien von Abwasserkanalnetzen und deren Auswirkungen auf Wertentwicklung und Abwassergebühren, Institut für Wasserwesen, Mitteilungen Heft 95/2006, Universität der Bundeswehr)



Neben dem baulichen Zustand haben weitere Randbedingungen Einfluss auf die Nutzungsdauer einer Haltung. Geplante hydraulische Erweiterungen oder Kanalauswechslungen aus städteplanerischen oder sonstigen Gründen können die optimale Nutzungsdauer reduzieren. Diese werden in stratIS-kanal als verfahrenstechnische Nutzungsdauern berücksichtigt und aus Angaben zu Umsetzungszeitpunkten (Dringlichkeiten) für hydraulische Erweiterungen oder sonstigen Umbauten abgeleitet. Das Minimum aus optimaler Nutzungsdauer und verfahrenstechnischer Nutzungsdauer ergibt rechnerisch haltungsscharf die zustandsabhängige Nutzungsdauer. Durch die Auswertung von charakteristischen Grundgesamtheiten werden anschließend die betriebsgewöhnlichen Nutzungsdauern der Grundgesamtheiten bestimmt.

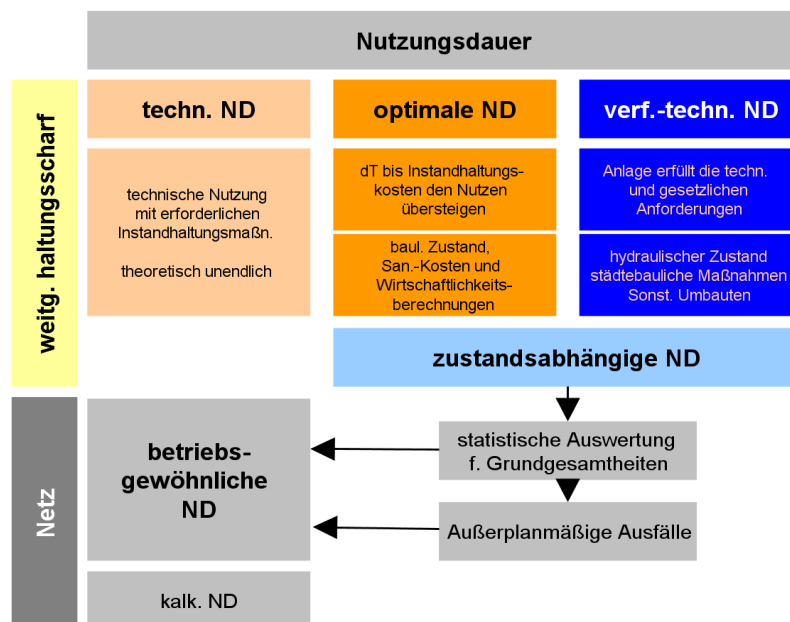


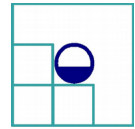
Abbildung 4.3: Schematische Darstellung des stratIS-kanal-Ansatzes zur Ermittlung der Nutzungsdauer auf Basis der optimalen Nutzungsdauer.

4.2 Bauliche Sanierung

4.2.1 Sanierungsverfahren

In Abstimmung mit der Stadt Gütersloh wurden die vom Modell stratIS-kanal zu berücksichtigenden Sanierungsarten sowie deren Einsatzgrenzen festgelegt. Ziel war, die Vorgehensweisen und Präferenzen der Stadt Gütersloh bei der Sanierungsplanung und –umsetzung, soweit edv-technisch möglich, zu berücksichtigen.

Als Sanierungsverfahren für Reparaturen kommen in Gütersloh zum Einsatz:



- Sanierungsroboter: ausschließlich zur Beseitigung von Hindernissen / Ablagerungen oder zur Vorarbeit von Sanierungen, d.h. Fräsarbeiten, Untergrundvorbereitung usw., Einsatz in Kanälen mit Profilhöhen kleiner 800 mm
- Edelstahlmanschette: zur lokalen Reparatur von Muffen-Schäden in Kanälen mit Profilhöhen kleiner 800 mm
- Kurzschlauch (Partliner): wird in Gütersloh nicht gewünscht, kommt nur in Ausnahmefällen zur lokalen Reparatur zum Einsatz
- Manuelle Sanierung: zur lokalen Reparatur von Schäden in Kanälen mit Profilhöhen größer gleich 800 mm
- Teilerneuerungen zur Reparatur lokaler Schäden (Einsatz bei schweren Schäden, die nicht oder nicht wirtschaftlich mit anderen Verfahren saniert werden können)

Als Renovierungsverfahren werden Inliner (üblicherweise GFK-Schlauchliner) vorgesehen. Grundsätzlich möglich ist die Erneuerung der gesamten Haltung.

Für Reparaturen mit Kurzschlauch oder Teilerneuerung wurden mit der Stadt Gütersloh die Überlappung, der Mindestabstand zwischen benachbarten Reparaturen und die Mindestlänge des Verfahrens (s. Abbildung 4.4) wie folgt abgestimmt.

- Teilerneuerungen: Mindestlänge 2,00 m, Mindestabstand von 5,00 m, Überlappung 0,50 m
- Kurzschlauch (nur in Ausnahmefällen): Mindestlänge 1,50 m, Mindestabstand von 2,50 m, Überlappung 0,50 m

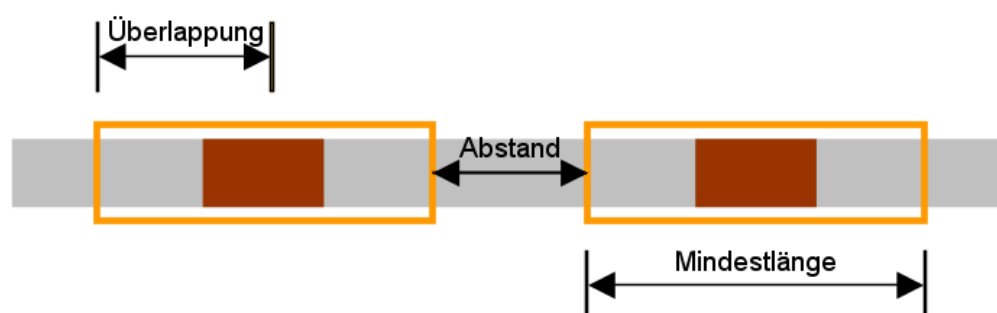
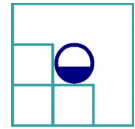


Abbildung 4.4: Schematische Darstellung der Parameter Überlappung, Mindestabstand und Mindestlänge bei der Generierung von Sanierungsmaßnahmen in stratIS-Kanal



Die zu berücksichtigenden Sanierungsverfahren wurden abhängig vom Schadensbild mit der Stadt Gütersloh abgestimmt sowie in Form von Beispiel-Berechnungen gemeinsam plausibilisiert. Eine Zusammenfassung der Entscheidungsmatrix ist in Anhang 3 zusammengestellt.

4.2.2 Einheitspreis und Zuschläge

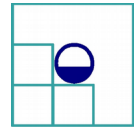
Für die Wirtschaftlichkeitsberechnung sowie die Budgetermittlung werden Kosten für die angesetzten Sanierungsverfahren benötigt. Aufbauend auf die Erfahrungswerte der Stadt Gütersloh sowie Erfahrungswerte und Preismodelle beim unterzeichnenden Ingenieur wurden die benötigten Einheitspreise für die in Kapitel 4.2.1 dargestellten Reparatur- und Renovierungsverfahren ermittelt.

Die ermittelten Netto-Einheitspreise für Reparaturverfahren sind in Anhang 4.1 zusammengestellt.

Preise für Renovierungen wurden abhängig von der Profilhöhe angesetzt. Sie wurden als Mittelpreise für Haltungen einer Referenzlänge von mehr als 20 m bestimmt. Die ermittelten Netto-Einheitspreise für Renovierungen sind in Anhang 4.2 zusammengestellt. Für sich aus dem Schadensbild ergebende Vorarbeiten (z. B. Abfräsen von Muffenversätzen oder Hindernissen) sowie zum Öffnen von Anschlüssen nach erfolgter Renovierung werden entsprechende Maßnahmen und Kosten gemäß den Kosten für Reparaturen (s. Anhang 4.1) berücksichtigt.

Für Erneuerungen wurde auf die Erfahrungswerte bzw. das Preismodell des unterzeichnenden Ingenieurs zurückgegriffen. Diese liegen nach Profilhöhenklassen, Einbautiefe und Erschwernisklassen (0 = sehr leicht (grüne Wiese), 1 = leicht, 2 = mittel, 3 = schwer) vor. Zur Verifikation und Anpassung an die Gütersloher Verhältnisse wurden von der Stadt Gütersloh in den letzten Jahren durchgeführte repräsentative Erneuerungsmaßnahmen ausgewertet. Anhand der tatsächlichen Randbedingungen der Maßnahmen wurde eine Klassifizierung in die Erschwernisklassen leicht bis sehr schwer vorgenommen und die für Gütersloher Erneuerungen ermittelten Einheitspreise mit dem Preismodell von SiwaPlan verglichen.

Abbildung 4.5 zeigt den Vergleich der für konkrete Projekte in Gütersloh ermittelten Einheitspreise mit den durch das SiwaPlan-Preismodell auf Basis von Kanaltiefe, Profildimension und Erschwernisklasse berechneten Einheitspreisen. Es zeigt sich, dass bei entsprechender Berück-



sichtigung der Erschwernisklasse mit dem vorhandenen Einheitspreismodell von SiwaPlan die Gütersloher Preisstruktur gut nachgebildet werden kann.

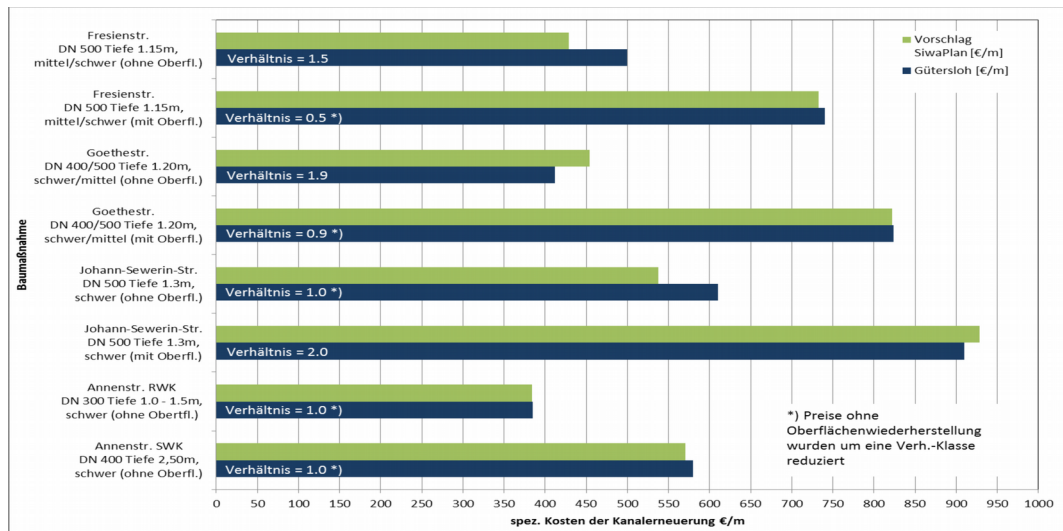


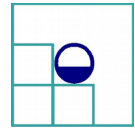
Abbildung 4.5: Vergleich der für konkrete Projekte in Gütersloh ermittelten Einheitspreise mit den durch das SiwaPlan-Preismodell auf Basis von Kanaltiefe, Profildimension und Erschwernisklasse berechneten Einheitspreisen.

Zur Erfassung von preisbildenden Faktoren für Erneuerungsmaßnahmen stehen in Gütersloh nur die Randbedingungen

- Grundwasser (im Grundwasser / außerhalb Grundwasser) und
- Hauptverkehrsstraßen (Haltung liegt in / nicht in Hauptverkehrsstraße)

zur Verfügung. Auf Basis des Vergleiches mit den Gütersloher Kanalprojekten wurden die Erschwernisklassen für die Haltungen des Kanalnetzes in Gütersloh darauf aufbauend wie folgt festgelegt:

- Haltungen im Grundwasser, keine Hauptstraße:
Erschwernisklasse 2 (mittel)
- Haltungen außerhalb Grundwasser, keine Hauptstraße:
Erschwernisklasse 1.5 (eher leicht bis mittel)
- Haltungen im Grundwasser sowie in Hauptstraße:
Erschwernisklasse 2.5 (mittel bis schwer)



Die verwendeten Netto-Einheitspreise für Erneuerungen sind in Anhang 4.3 (gestaffelt nach Tiefe, Profilhöhe und Erschwernisklasse 0 bis 3) zusammengestellt.

Bei den Einheitspreisen wurde davon ausgegangen, dass jeweils eine nennenswerte Anzahl (mehr als 10 Stück) von Maßnahmen (z. B. in gebietsweiser Bearbeitung) gemeinsam saniert werden und keine Einzelsanierungsmaßnahmen durchgeführt werden. Die Einheitspreise enthalten deshalb bereits Pauschalkosten wie Baustelleneinrichtung, An- und Abfahrt, Umsetzen usw.). Grundlage für die Einheitspreise sind folgende Mindest-Regellängen:

- Kurzschauch: 1.5 – 5m
- Erneuerung: mindestens 20m Haltungslänge / Baulänge
- Schlauchliner: mindestens 20m Haltungslänge / Baulänge

Werden die Regellängen unterschritten (oder beim Kurzliner überschritten), werden die Grund-Einheitspreise durch den Ansatz von Längenfaktoren verändert.

Tabelle 4.1 zeigt die verwendeten Längenfaktoren für Erneuerungen

Tabelle 4.1: Längenfaktoren für Erneuerungen

Haltungslänge	Längenfaktor Erneuerung
< 2 m	2.0
2 m bis 5 m	1,7
5 m bis 10 m	1,5
10 m bis 20 m	1,2
>= 20m	1,0

Tabelle 4.2 zeigt die verwendeten Längenfaktoren für Renovierungen

Tabelle 4.2: Längenfaktoren für Renovierungen

Haltungslänge	Längenfaktor Renovierung
< 5 m	2.0
5 m bis 10 m	1,7
10 m bis 20 m	1,5
>= 20m	1,0

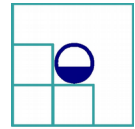


Tabelle 4.3 zeigt die verwendeten Längenfaktoren für Kurzliner

Tabelle 4.3: Längenfaktoren für Kurzliner

Haltungslänge	Längenfaktor Kurzliner
< 5 m	1,0
\geq 5 m	0,5

Die dargestellten Netto-Einheitspreise der Stadt Gütersloh enthalten bereits Zuschläge für Unvorhergesehenes. Nebenkosten für Planungsleistungen sind darin jedoch nicht enthalten. In Abstimmung mit der Stadt Gütersloh wurden keine weiteren Zuschläge für Nebenkosten angesetzt.

4.2.3 Nutzungsdauern der Sanierungsverfahren

Für die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit eines Sanierungsverfahrens haben neben den Kosten die Nutzungsdauern eine entscheidende Bedeutung. Über die technischen Nutzungsdauern der Sanierungsverfahren liegen in der Regel keine objektiv belegbaren Nutzungsdauern vor, weshalb sie überwiegend aus der Erfahrung der Netzbetreiber abgeleitet werden. Von besonderer Bedeutung ist in diesem Zusammenhang die Qualitätssicherung bei der Produktion sowie beim Einbau auf der Baustelle.

Die Nutzungsdauer der Reparaturverfahren endet spätestens mit der erforderlichen Reinvestition für eine erneute Sanierung oder nach Ablauf der Restnutzungsdauer des zu sanierenden Kanals. In Abstimmung mit dem AG wurden die in Tabelle 4.4 dargestellten Nutzungsdauern angesetzt. Beim Einsatz der Renovierung wurde angesetzt, dass nach einmaliger Renovierung die Erneuerung folgt.

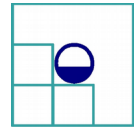


Tabelle 4.4: Angesezte technische Nutzungsdauern

Sanierungsgruppe	technische Nutzungsdauer ND_{san}
Roboter Sanierung	10a
Roboter Wurzeln fräsen im RW-Kanal	5a
Edelstahlmanschette	50a
Scherbenpacker	20a
(Kurzschlauch)	(15a)
Schlauchlining	45a
(Erneuerung)	(keine Bedeutung)

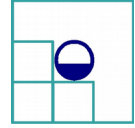
4.2.4 Parameter der Wirtschaftlichkeitsberechnung

Grundlage für die automatische Auswahl der Sanierungsart im Modell *stratIS-kanal* ist die Wirtschaftlichkeitsberechnung in Anlehnung an die Lawa-Leitlinien zur Kostenvergleichsrechnung. Die Kostenvergleichsrechnung ermöglicht den wertmäßigen Vergleich von zu verschiedenen Zeitpunkten anfallenden Kosten.

Zur Durchführung einer Kostenvergleichsrechnung müssen für sämtliche technisch möglichen Sanierungsarten die anfallenden Kosten sowie die jeweiligen Nutzungsdauern bekannt sein. Gemäß den Anforderungen an die Kostenvergleichsrechnung sind auch die Reinvestitionskosten einzubeziehen, die während der Restnutzungsdauer der zu sanierenden Haltung anfallen.

In Abstimmung mit der Stadt Gütersloh wurden folgende Parameter für die Wirtschaftlichkeitsberechnung sowie die Budgetplanung vorgesehen:

- Preissteigerung (real): rd. 1 %
- Zinssatz (real): 3 % pro Jahr
- Investitionskostenbarwertfaktor f_{IKBW} 1,20 (s. Kapitel 4.1.2)



4.3 Zustandsverschlechterung - Kostensteigerung

4.3.1 Vorgehensweise

Zur Zustandsverschlechterungsanalyse für das Kanalnetz der Stadt Gütersloh liegen flächendeckende Zustandserfassungen, teilweise Mehrfachbefahrungen einer Haltung, vor. Zur Quantifizierung der Zustandsverschlechterung stehen grundsätzlich zwei Analysemöglichkeiten zur Verfügung:

- Stichtagsanalyse: Auf der Basis von (in ausreichender Zahl vorliegenden) haltungsweisen aktuellen (bzw. der letzten bekannten) Zustandserfassungen wird analysiert, ob und in welcher Höhe für das Kanalnetz eine Zunahme der Instandhaltungskosten mit dem Kanalalter vorliegt. Für die Stichtagsanalyse wird dabei der letzte unsanierte Zustand der Haltung herangezogen (T_{TV2}).
- Auswertung von Mehrfachbefahrungen: Auf der Grundlage von Haltungen, für die jeweils zwei Zustandserfassungen mit möglichst großem zeitlichen Abstand zwischen T_{TV1} und T_{TV2} vorliegen, wird pro Haltung die Zunahme der Instandhaltungskosten analysiert. Die Ergebnisse werden anschließend auf das Kanalnetz übertragen.

Für die vorliegende Studie wurden die Stichtagsanalyse zur Quantifizierung der Zustandsverschlechterung und die vorliegenden Mehrfachbefahrungen zur Verifizierung der Ergebnisse verwendet.

Die für die Auswertung verwendeten charakteristischen Grundgesamtheiten sind in Kapitel 3.3.4 dargestellt.

4.3.2 Stichtagsanalyse

Zur Stichtagsanalyse wurden die Zustandserfassungen zum Stichtag T_{TV2} herangezogen. Ziel ist, anhand des letzten erfassten Zustands, der nicht durch eine Sanierung gestört ist, den Instandhaltungsaufwand für alte und junge Haltungen zu ermitteln und im Hinblick auf eine Zustandsverschlechterung im Sinne der Zunahme der Instandhaltungskosten zu analysieren.

Mit dem Modell *stratIS-kanal* wurden zu diesem Zweck für jede geschädigte Haltung die erforderlichen Reparaturkosten berechnet. Erneuerungen und Renovierungen wurden, sofern eine Reparatur möglich war, nicht zugelassen. Die Summe aller Reparaturkosten pro Altersklasse, bezogen auf die Kanalnetzlänge der Altersklasse, ergibt den mittleren Instandhaltungsaufwand pro m Haltungslänge in €/m.

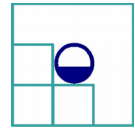


Abbildung 4.6 (nicht begehbare Kanäle) und Abbildung 4.7 (begehbare Kanäle) zeigen die mittleren Instandhaltungskosten für geschädigte Kanäle in Abhängigkeit des Kanalalters (Baujahresklasse), differenziert nach den Hauptmaterialien Steinzeug und Beton. Zu beachten ist, dass für einige Altersklassen die spezifischen Instandhaltungskosten nicht repräsentativ sind, da die zu Grunde gelegte Kanallänge zu gering ist. Diese Klassen sind hell eingefärbt.

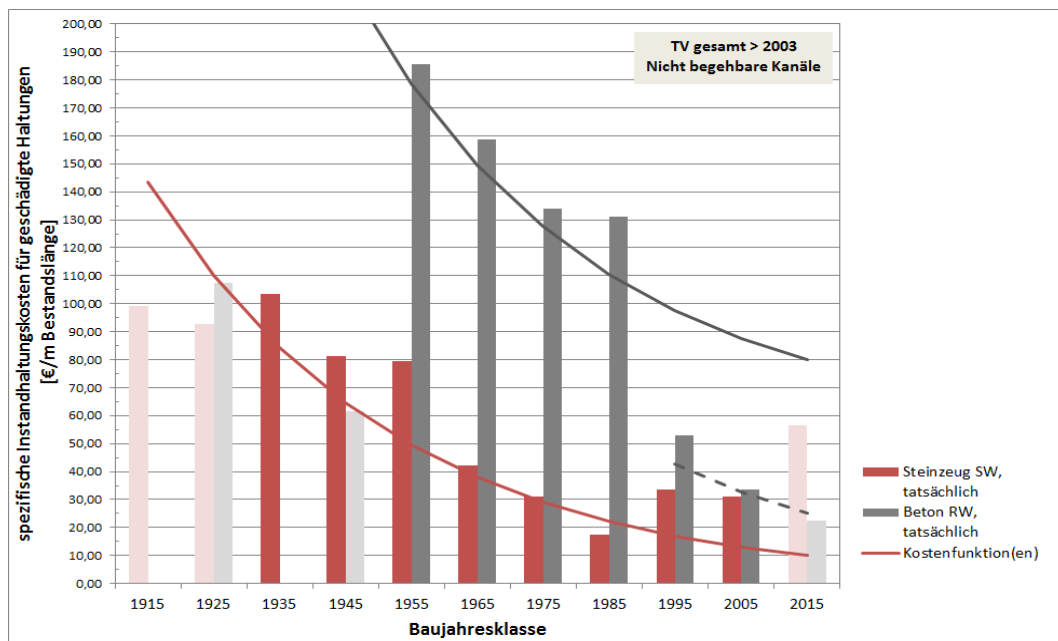


Abbildung 4.6: Mittleren Instandhaltungskosten für geschädigte, nicht begehbare Kanäle in Abhängigkeit des Kanalalters (Baujahresklasse) für Steinzeug und Beton

Für die betrachteten Materialarten Steinzeug und Beton lässt sich im nicht begehbaren Bereich eine deutliche Zunahme der Instandhaltungskosten über die Zeit beobachten. Neben Einbau- und Lagerungsschäden, die seit der Erstellung einer Haltung vorhanden sind, finden demnach im Kanalnetz der Stadt Gütersloh Zustandsverschlechterungsvorgänge in signifikantem Umfang statt. Im begehbaren Bereich ergibt sich kein einheitliches Bild.

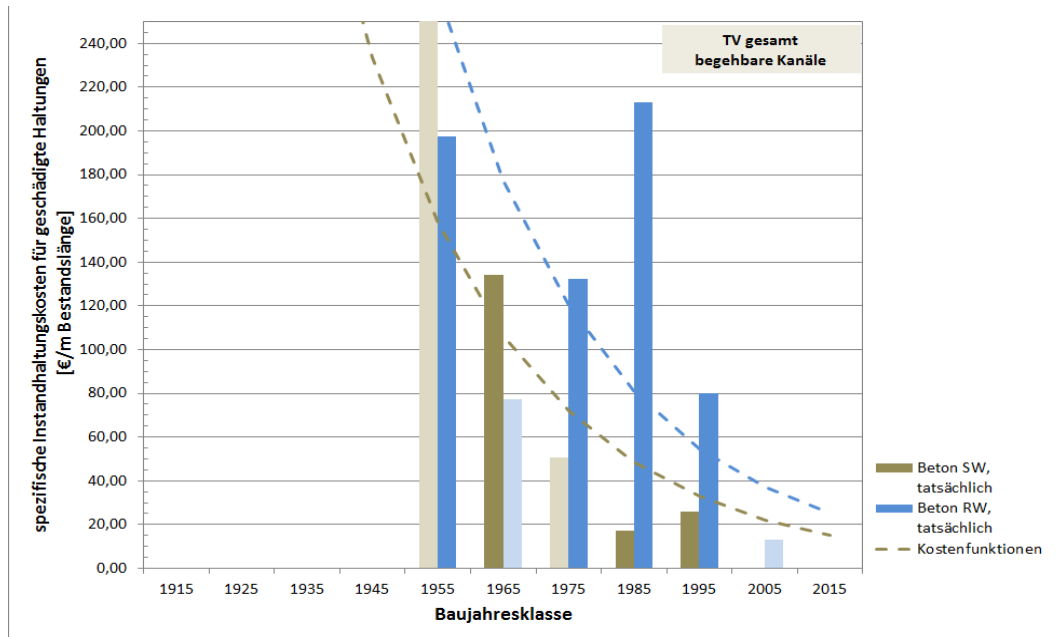
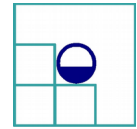


Abbildung 4.7: Mittleren Instandhaltungskosten für geschädigte, nicht begehbbare Kanäle in Abhängigkeit des Kanalalters (Baujahresklasse) für Steinzeug und Beton

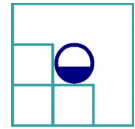
Unter Berücksichtigung der nicht repräsentativen Alters-/Materialklassen lassen sich Kostenfunktionen pro Materialklasse ermitteln. Die Kostenfunktion lautet in allg. Form:

$$K(t)_{Inst} = K_{Start} + K_{0,Inst} * (1 + \alpha)^t$$

mit

- t Zeit bzw. Alter der Haltung (Jahre)
- $K(t)_{Inst}$ mittlere Instandhaltungskosten zum Zeitpunkt t
- $K_{0,Inst}$ mittlere Instandhaltungskosten (Grundkosten) im Ausgangszustand $t = 0$ in €/m Haltungslänge
- K_{Start} Start-Instandhaltungskosten (Mindest-Instandhaltungskosten) im Ausgangszustand $t = 0$ in €/m Haltungslänge
- α Kostensteigerungsrate durch Zustandsverschlechterung in %

Tabelle 4.5 zeigt die ermittelten Parameter für die Kostenfunktionen für nicht begehbbare sowie begehbbare Haltungen. Die Kostenfunktionen sind in den Abbildungen eingetragen.



Die Auswertungen für nicht begehbare Kanäle zeigen ein einheitliches Bild. Durch Kostenfunktionen mit Ansatz einer Kostensteigerung $\alpha = 2,7 \%$ lassen sich die ermittelten Instandhaltungskosten sowohl für Beton- als auch Steinzeugkanäle gut nachbilden.

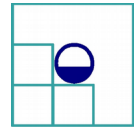
Die Auswertungen für begehbare Beton-Kanäle zeigen ein unheitliches Bild. Der Kostenverlauf lässt sich zwar mit einem Ansatz einer Kostensteigerung $\alpha = 4,0 \%$ grob nachbilden. Es stellt sich jedoch die Frage, ob ein derartiger hoher Kostensteigerungsansatz gerechtfertigt und repräsentativ ist.

In Gütersloh sind die begehbaren Regenwasser-Betonkanäle (in der betrachteten auswertbaren Grundgesamtheit) meist unbewehrte Betonkanäle, in denen eine deutliche Oberflächenkorrosion bekannt ist. Nach Rücksprache mit der Stadt Gütersloh wird aus diesem Grund für Regenwasserkanäle eine Ansatz von $\alpha = 4\%$ als durchaus plausibel angesehen. Für Schmutzwassersammler wird die dargestellte Auswertung der Instandhaltungskosten wegen der geringen Auswertegrundgesamtheit als nicht repräsentativ angesehen und, in Anlehnung an die Auswertung der nicht begehbaren Betonkanäle, eine Kostensteigerungsrate $\alpha = 2,7 \%$ angesetzt.

Tabelle 4.5: Ermittelte Parameter für die Kostenfunktionen für nicht begehbare sowie begehbare Kanäle

charakteristische Grundgesamtheit	Jährliche Kostensteigerungsrate α	Grundkosten $K_{0,Inst}$	Startkosten K_{Start}
Steinzeug - nicht begehbar	2,7 % / a	10	0
Beton – nicht begehbar	2,7 % / a	20 - 25	0 / 55
Steinzeug - begehbar	2,7 % / a	15	0
Beton - nicht begehbar	4,0 % / a	25	0

Die Auswertungen wurden (wegen der ggf. eingeschränkten Plausibilität der Zustandsdaten älter als 2003) für Haltungen mit Zustandsdaten jünger 2003 durchgeführt. Zusätzliche (nicht dokumentierte) Auswertungen zeigen jedoch, dass sich auch bei Betrachtung nur der Untersuchungen nach DIN EN 13508 oder aller Untersuchungen (einschl. älter 2003) ein vergleichbares Bild ergibt.



4.3.3 Doppelbefahrungen

Durch die vorliegenden Doppelbefahrungen zu den Zeitpunkten T_{TV1} und T_{TV2} (s. Kapitel 3.2.3) können die im Rahmen der Stichtagsanalyse ermittelten Ergebnisse verifiziert werden. Für die Auswertung der Doppelbefahrungen standen insgesamt 1813 Haltungen zur Verfügung. Sie lassen sich in folgende 3 Fälle klassifizieren:

- Fall 1 (311 Haltungen):
Beide Untersuchungen weisen eine sanierungsbedürftige Schädigung der Haltung auf.
- Fall 2 (1336 Haltungen):
Beide Untersuchungen zeigen einen schadensfreien Zustand
- Fall 3 (166 Haltungen):
Der Wechsel zwischen schadensfrei und sanierungsbedürftig liegt zwischen T_{TV1} und T_{TV2}

Für jede Haltung i aus Fall 1 wurden die Instandhaltungskosten durch Reparatur $K^i(T_{TV1})$ und $K^i(T_{TV2})$ für die Zeitpunkte T_{TV1} und T_{TV2} berechnet. Aus der Kosten- und Zeitdifferenz dK^i und dT^i zwischen beiden Untersuchungen wurde anschließend haltungsweise die Kostensteigerungsrate a^i_{tats} ermittelt.

Abbildung 4.8 zeigt die Häufigkeitsverteilung der ermittelten Kostensteigerungsrate a^i_{tats} , klassifiziert in 5 %-Schritten dargestellt. Naturgemäß ergibt sich eine große Schwankungsbreite zwischen 0% und über 40 % (im Einzelfall bis über 85%). 75 % aller untersuchten Haltungen besitzen jedoch eine Kostensteigerungsrate von kleiner 17,5 %. Die Klasse 2,5 % (0 bis 5%) bildet die mit Abstand häufigste Klasse. Im Mittel ist eine Kostensteigerung von 16% vorhanden.

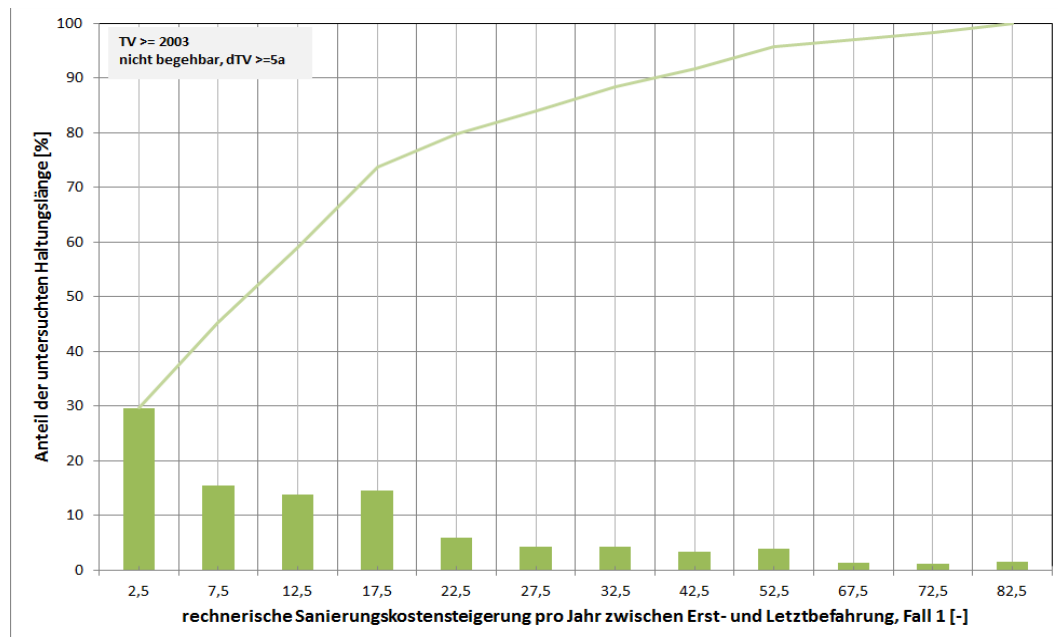
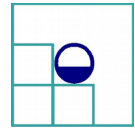
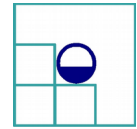


Abbildung 4.8: Häufigkeitsverteilung der ermittelten Sanierungskostensteigerung zwischen Erst- und Letzt-Befahrung einschl. Summenlinie – Fall 1

In den untersuchten 311 Haltungen liegen üblicherweise auch Zustandsveränderungen vor, die sich nicht über den Ansatz der gleichmäßigen, statistisch abgesicherten Alterung erklären lassen. Gründe für eine nur „scheinbare“ Zustandsverschlechterung können sein:

- Entwicklung der Inspektionstechnik
- wechselnde, meist zunehmende Erfahrung der Inspektoren; auch unterschiedlicher Inspektoren bei der Doppelbefahrung
- Änderung der Vorgaben zur Schadenserfassung
- Fehler in der Schadenserfassung
- äußere, außergewöhnliche Ereignisse, die sich nicht im statistischen Modell abbilden lassen.

Über die Größe der scheinbaren Zustandsverschlechterung liegen keine Aussagen vor. Es wird jedoch geschätzt, dass diese mindestens 10% beträgt. Es wird deshalb, unter Berücksichtigung der scheinbaren Zustandsverschlechterung geschätzt, dass die reale Zustandsverschlechterung im Sinne des verwendeten Modells mit geringer als 6 % der Instandhaltungskosten pro Jahr quantifiziert werden kann. Die Analyse der Doppelbefahrungen bestätigt damit das Vorhandensein einer signifikanten Zustandsverschlechterung sowie in der Größenordnung die Ergebnisse der statistischen Stichtagsanalyse.



Mit der in Kapitel 4.3.2 dargestellten Kostenfunktion können mit Kenntnis des Alters einer Haltung sowie durch Ansatz der Kostensteigerungsrate α und den Grundkosten $K_{0,Inst}$ die zu erwartenden Instandhaltungskosten $K(t)_{Inst}$ zum Zeitpunkt t ermittelt werden. Sind die Kosten zum Zeitpunkt T_{TV2} als $K^i(T_{TV2})$ bekannt, können die dafür erforderliche Kostensteigerungsrate α sowie die Grundkosten $K_{0,Inst}$ ermittelt werden. Werden Grundkosten von 10 bzw. 20 €/m angesetzt, ergibt sich für die Haltungen aus Fall 3 die in Abbildung 4.9 dargestellte Summenlinie der Häufigkeit der berechneten Kostensteigerungsrate. 95 % der aus Fall 3 untersuchten Haltungslänge besitzt sowohl für Steinzeug als auch für Beton eine Kostensteigerungsrate kleiner 10 %. Für rd. 82 % der Haltungslänge beträgt die Kostensteigerung weniger als 5,5 %. Der Medianwert (Summenlinie bei 50 % der Haltungslänge) bestimmt sich zu rd. 1 % für Beton bzw. 3,5 % für Steinzeug. Auch für Haltungen aus Fall 2 zeigt sich damit eine gute Übereinstimmung der Analyse der Doppelbefahrung mit der Stichtagsanalyse. Die Auswertungen der Mehrfachbefahrung bestätigen damit die durch die Stichtagsanalyse gewonnenen Erkenntnisse.

Haltungen aus Fall 3 wurden vorerst nicht berücksichtigt. Diese werden in Modul 2 ausgewertet.

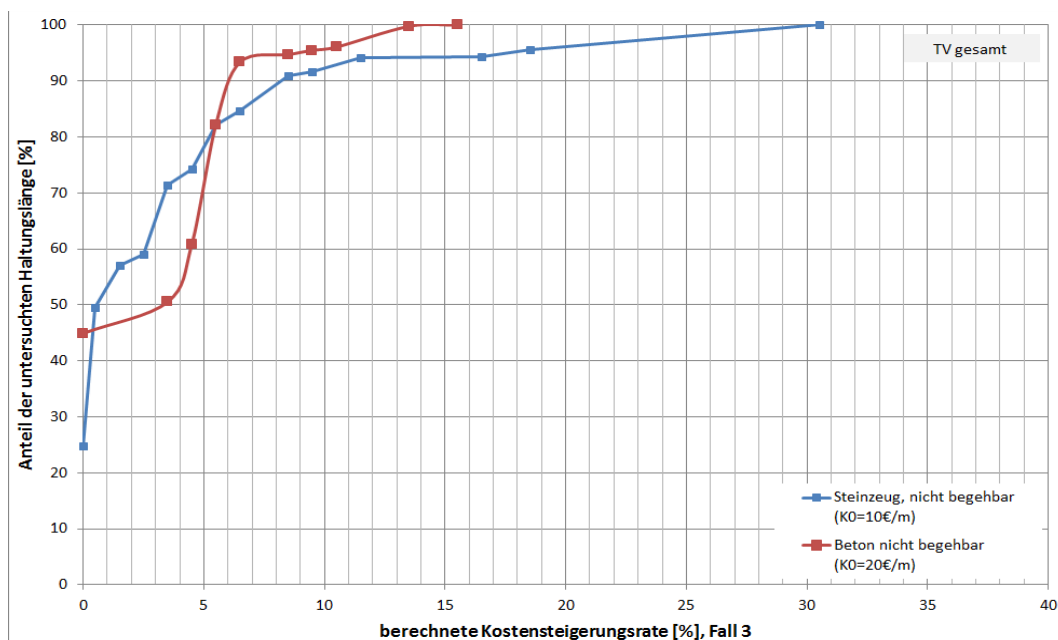
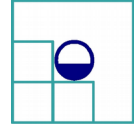


Abbildung 4.9: Häufigkeitsverteilung der ermittelten Sanierungskostensteigerung zwischen Erst- und Letzt-Befahrung einschl. Summenlinie – Fall 1



4.4 Zustandsverschlechterung – Sanierungsdringlichkeit

Die Analyse zur Veränderung der Sanierungsdringlichkeit mit der Zeit ist Bestandteil der Leistungen von Modul 2 und wird deshalb in der vorliegenden Arbeit nicht dargestellt.

4.5 Sonstiges

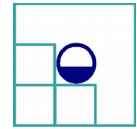
4.5.1 Muffendichtheit

Die dargestellten Auswertungen und Berechnungen basieren auf den Ergebnissen der optischen Inspektion. Undichtheiten werden dabei nur erfasst, sofern diese während der optischen Inspektion sichtbar waren (z.B. wenn die Haltung während der Inspektion im Grundwasser lag oder auch ein optisch sichtbarer dichtsheitsrelevanter Schaden vorliegt).

Es ist bekannt, dass auf Grund von mittlerweile undichten Muffenverbindungen bzw. deren Dichtungen, zusätzlich zu optisch sichtbaren Schäden, weitere Undichtheiten vorhanden sein können. Konkrete Angaben hierzu (z. B. aus flächendeckenden Dichtheitsprüfungen) lagen für die vorliegende Arbeit nicht vor. Auch in Gütersloh wird erwartet, dass die Muffenverbindungen von alten Kanälen, auf Grund von seinerzeit verwendeten Verbindungstechniken und deren Alterung, inzwischen häufig undicht sind. In diesen Fällen ist, zusätzlich zum optisch sichtbaren Sanierungsbedarf, weiterer Sanierungsbedarf vorhanden, der Auswirkungen auf Sanierungsart und -kosten hat. Statt einer ggf. gewählten Reparatur würde z. B. bei Kenntnis von Muffenundichtheiten eher eine haltungsweise Sanierung (z. B. durch Renovierung) durchgeführt.

Zur Berücksichtigung dieses Einflusses wurde in Abstimmung mit dem AG bei Schmutzwasser-Kanälen aus Steinzeug eine haltungsweise Sanierung vorgegeben, wenn bereits mehr als zwei optisch sichtbare Muffenschäden (bzw. Muffensanierungen) festgestellt wurden. Hiervon sind rd. 480 Haltungen betroffen.

Bei Regenwasserkanälen (meist Beton) wurde eine haltungsweise Sanierung vorgegeben, wenn mehr als 4 Muffenschäden optisch sichtbar waren. Hiervon sind lediglich rd. 25 Haltungen betroffen.



4.5.2 Bereits durchgeführte bauliche Sanierungen

Für die bereits durchgeführten Sanierungen der Stadt Gütersloh liegen haltungsscharfe Angaben vor (s. Kapitel 3.2.2). Bei bereits renovierten Haltungen wurde die Restnutzungsdauer der Haltung, entsprechend der angesetzten Nutzungsdauer für Renovierungen, ab dem Zeitpunkt der Sanierung auf 45 a und die erforderlichen Sanierungskosten auf Null gesetzt.

In einigen Fällen liegt das Sanierungsdatum nach der letzten bekannten TV-Inspektion. Auch in diesen Fällen wurden die Sanierungskosten auf Null gesetzt, da angenommen wurde, dass die letzte bekannte TV-Inspektion durch die Sanierung hinfällig wurde.

Für durchgeführte Reparaturen wurden die von *stratIS-kanal* berechneten Reparatur-Maßnahmen übernommen und als Wiederholungsmaßnahmen angesetzt.

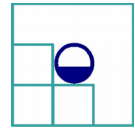
Erneuerungen sind bereits in aktualisierten Baujahres-Angaben in der Kanaldatenbank der Stadt Gütersloh enthalten. Für diese Fälle waren deshalb keine Veränderungen erforderlich.

4.5.3 Hydraulische Sanierungen

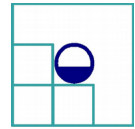
Für die erforderlichen hydraulischen Sanierungen liegen haltungsscharfe Angaben der Stadt Gütersloh zum geplanten Umsetzungszeitraum vor. Entsprechend der Dringlichkeit der Maßnahmen wird ggf. die Restnutzungsdauer einer Haltung reduziert. Tabelle 4.6 zeigt die Grundsätze für den Ansatz der hydraulischen Erweiterungen im Rahmen der vorliegenden Arbeit. Als Restnutzungsdauer (RND) wurde in Abstimmung mit dem AG die Untergrenze des geplanten Zeitraumes angesetzt.

Tabelle 4.6: Grundsätze für den Ansatz der hydraulischen Erweiterungen

Dringlichkeit gemäß Stadt Gütersloh	geplanter Umsetzungszeitraum	RND	Bemerkung
kurzfristig	0 bis 5a	0 a	heutiger Sanierungsbedarf als Maßnahme wird Erneuerung (Erweiterung) angesetzt
mittelfristig	5 bis 10a	5 a	zukünftiger Sanierungsbedarf bauliche Sanierung bis zum Ablauf der RND, anschl. Erneuerung
langfristig	10 bis 15 a	10 a	zukünftiger Sanierungsbedarf bauliche Sanierung bis zum Ablauf der RND, anschl. Erneuerung



Ist als bauliche Maßnahme eine Renovierung vorgesehen, wurde bei Haltungen mit heutigem oder zukünftigem hydraulischen Sanierungsbedarf bereits heute eine Erneuerung (Erweiterung) vorgesehen, da eine Renovierung die hydraulische Leistungsfähigkeit verschlechtern würde und somit in technischer Hinsicht eine Fehlentscheidung darstellen würde.



5 Auswertung

5.1 Datengrundlage

5.1.1 Allgemeines

Die Berechnungen wurden mit dem Modell *stratIS-kanal* (s. Kapitel 4.1 und 4.2) unter Ansatz einer nach definierten Grundgesamtheiten (s. Kapitel 3.3.4) differenzierten Kostensteigerung auf Grund von Zustandsverschlechterung (für Reparaturverfahren) (s. Kapitel 4.3) durchgeführt.

Grundlage für die Auswertungen waren alle Haltungen im Untersuchungsgebiet, für die eine TV-Untersuchung vorlag. Insgesamt wurden die Daten von 18.572 Haltungen mit einer Bestandslänge von rd. 727,7 km ausgewertet. Dies entspricht rd. 96% der Gesamtlänge des Kanalnetzes im Untersuchungsgebiet (s. Kapitel 3.1).

Für die Berechnungen wurde die Sanierung aller vorhandener Schäden gemäß der mit dem AG abgestimmten Entscheidungsmatrix einschließlich hydraulischer Erweiterungen angenommen. Bereits durchgeführte Kanalsanierungsmaßnahmen wurden berücksichtigt. Soweit nicht anders vermerkt, sind kurzfristig erforderliche hydraulische Erweiterungen in der Sanierungsart Erneuerung in den dargestellten Sanierungskosten enthalten. Betrachtungstichtag ist 2015. Geplante zukünftige (mittel oder langfristige) hydraulische Erweiterungen sind, sofern nicht extra vermerkt, in den dargestellten Sanierungskosten nicht erfasst, da diese erst nach Ablauf der Restnutzungsdauer (und damit erst in der Prognose) wirksam werden.

Das für die Auswertungen herangezogene Szenario „Sanierung aller Schäden“ bildet die Basis für die Auswertung von Nutzungsdauern. Szenarien für eingeschränkte Sanierungsumfänge werden im Rahmen der Strategieprognosen in Modul 2 analysiert und sind nicht Bestandteil der vorliegenden Auswertungen.

5.2 Sanierungsarten

Abbildung 5.1 zeigt die Verteilung der Kanalbestandslänge auf die Sanierungsarten Reparatur, Renovierung und Erneuerung, differenziert nach Zustandsklassen.

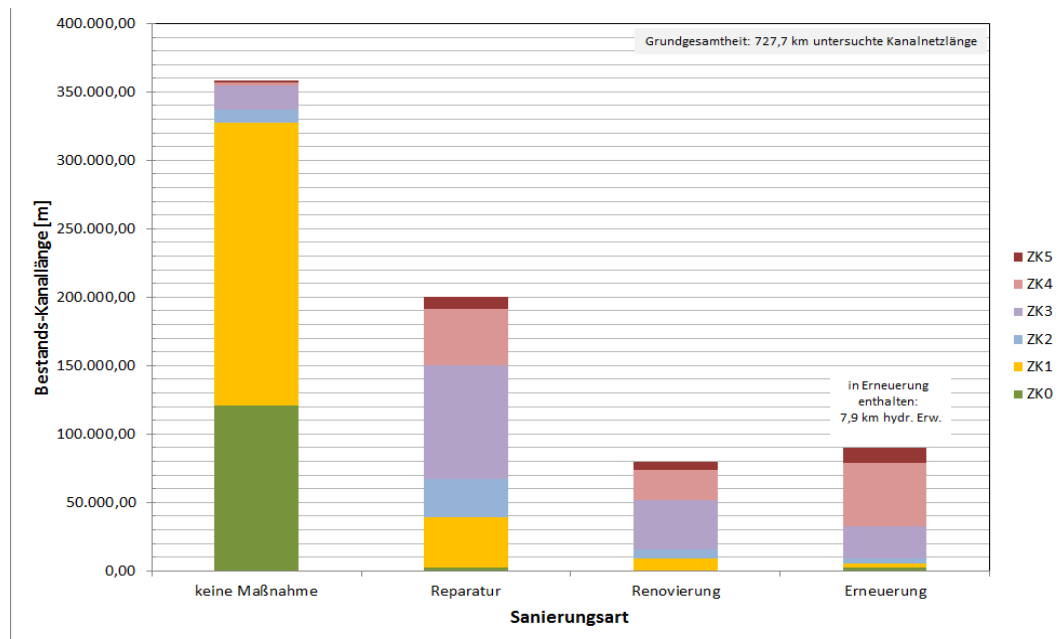
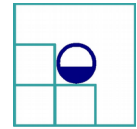


Abbildung 5.1: Verteilung der Kanalbestandslänge auf Sanierungsart und Zustandsklasse

Insgesamt sind rd. 170 km oder rd. 23 % der Kanalbestandslänge durch haltungswise Verfahren (Erneuerung oder Renovierung) zu sanieren. Auf rd. 210 km oder rd. 28% der Bestandslänge sind punktuelle Reparaturen erforderlich. Rd. 360 km (rd. 49%) Bestandslänge haben keinen Sanierungsbedarf. Der vergleichsweise hohe Anteil haltungswise Sanierungsarten ist auf die vorhandenen Muffenundichtheiten, hydraulische Erweiterungen sowie den Kostensteigerungsansatz durch Zustandsverschlechterung bei Reparaturen zurückzuführen.

Die in der Klasse „ohne Maßnahmen“ enthaltenen Haltungen der Zustandsklassen ZK 3 bis ZK 5 werden auf nicht aktualisierte Zustandsklassen (z. B. nach Sanierung) in der Datenbank der Stadt Gütersloh sowie auf Schadensbilder, die keinen direkten Sanierungsbedarf auslösen (zu beobachtende Schäden, Zustandsklassen ZK 1 und 2) zurückgeführt.

5.3 Sanierungskosten

Abbildung 5.2 zeigt die Verteilung der Sanierungskosten auf die Sanierungsarten Reparatur, Renovierung und Erneuerung, differenziert nach Zustandsklassen.

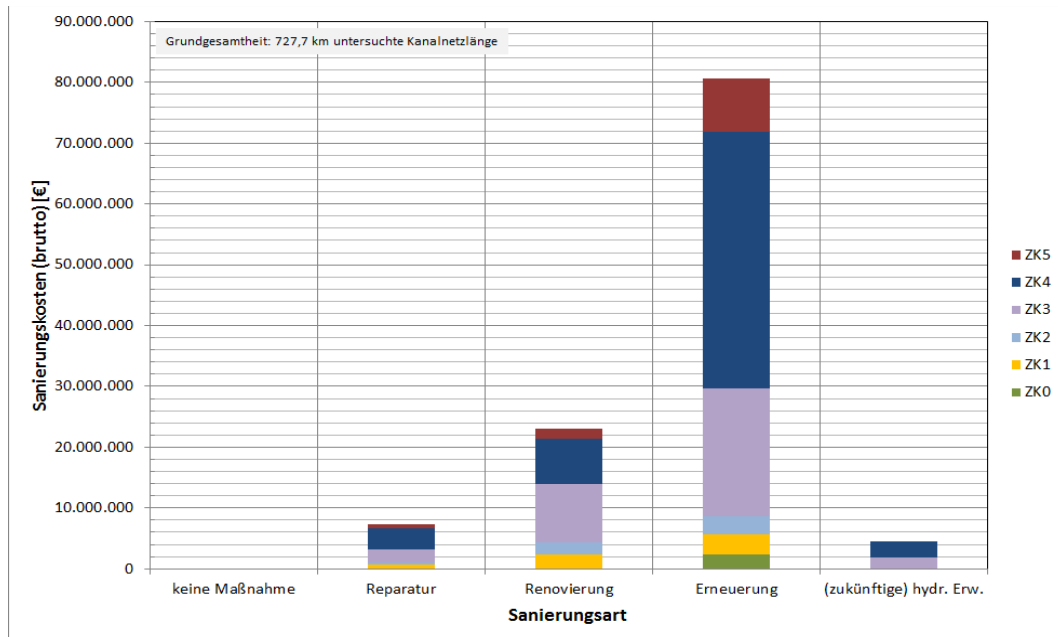
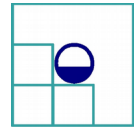


Abbildung 5.2: Verteilung der Sanierungskosten (brutto) auf die Sanierungsarten, differenziert nach der Zustandsklasse

Insgesamt wurden zum Betrachtungstichtag 2015 Gesamtsanierungskosten (brutto) in Höhe von rd. 115,6 Mio. € ermittelt. Darin enthalten sind die Kosten für zukünftige mittel- oder langfristige hydraulische Erweiterungen in Höhe von rd. 4,6 Mio. €. Den mit Abstand größten Anteil nehmen erwartungsgemäß Erneuerungsmaßnahmen mit Kosten in Höhe von rd. 80,6 Mio. € (70 % der Gesamtsanierungskosten) ein.

Abbildung 5.3 zeigt die Verteilung der Sanierungskosten auf die Zustandsklassen, differenziert nach den Sanierungsarten. Auf dringende bzw. kurzfristige Maßnahmen (ZK 5 und ZK 4) entfallen Sanierungskosten (brutto) in Höhe von 67 Mio. €. Auf mittel und langfristige Maßnahmen (ZK 3 bis ZK 1) entfallen Kosten in Höhe von rd. 48,6 Mio. € (jeweils einschl. kurzfristiger und zukünftiger hydraulischer Erweiterungen).

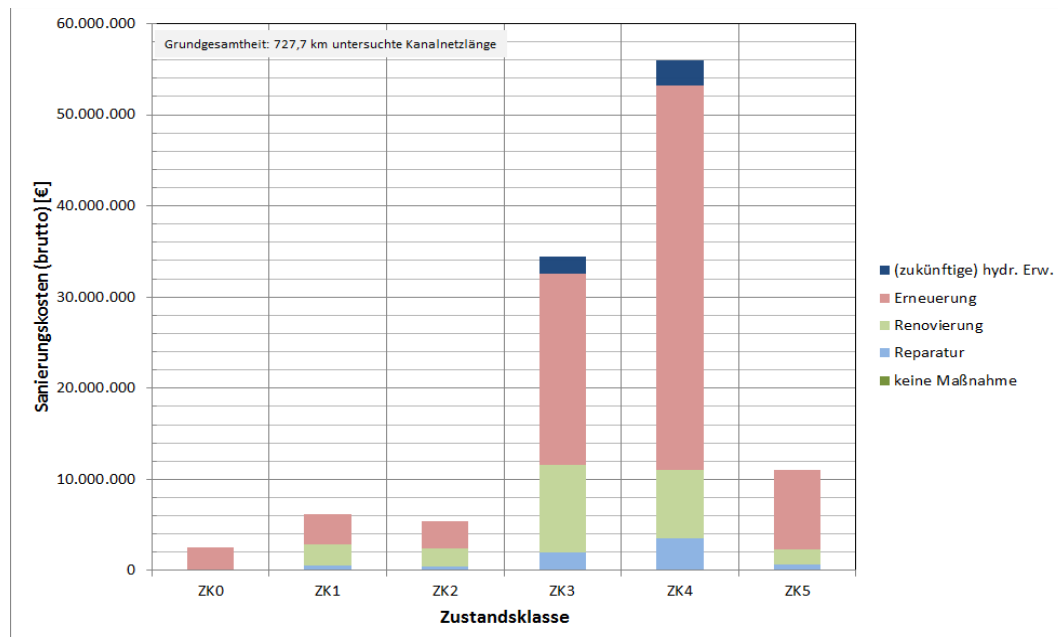
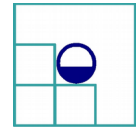


Abbildung 5.3: Verteilung der Sanierungskosten auf die Zustandsklassen, differenziert nach Sanierungsarten

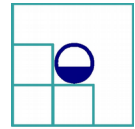
Die für jede Haltung ermittelten Sanierungsarten sowie -kosten können der Haltungsliste in Anlage 2 (liegt in digitaler Form vor) entnommen werden.

5.4 Neubauwert

Gemäß dem Ansatz in *stratis-kanal* werden für sämtliche Haltungen grundsätzlich die Kosten für die Sanierungsart Erneuerung berechnet. Diese entsprechen dem Wert eines Neubaus unter heutigen Bedingungen, Basis sind aktuelle Baukosten unter mittleren städtischen Bedingungen. Dabei fließen, sofern bekannt, auch Randbedingungen für Erschwernisse ein (s. Kapitel 4.2.2).

Die Summe der Erneuerungskosten über alle Haltungen der betrachteten Grundgesamtheit ergibt einen Schätzwert für den Neubauwert des gesamten Kanalnetzes unter heutigen Bedingungen. Er beträgt 892 Mio. € (brutto). Die Gesamtsanierungskosten in Höhe von 115,6 Mio. € betragen damit rd. 13 % des Neubauwertes.

In Gütersloh wurde bislang der Wiederbeschaffungs(zeit)wert auf Basis von historischen Anschaffungskosten und dem Ansatz eines Preisindex (zur Abbildung der statistisch ermittelten Preissteigerung) berechnet. Auf Grund von meist vorhandenen erheblichen Ungenauigkeiten in den Anschaffungskosten sowie der nicht berücksichtigten zwischenzeitlich erfolgten Veränderung der örtlichen Randbedingungen (z. B.



die ursprüngliche grüne Wiese ist mittlerweile innerstädtischer Bebauung einschl. Straße und Spartenleitungen gewichen) liegt dieser (erwartungsgemäß erheblich) niedriger als der mit *stratIS-kanal* berechnete Neubauwert.

Der von *stratIS-kanal* berechnete Neubauwert stellt einen Schätzwert dar. Eine genauere Methode ist die Erneuerungskostenberechnung auf Basis von differenzierten Kostenmassen für Aushub, Verbau, Rohr, Straßenwiederherstellung usw. Die Kostenmassen werden dabei aus den Kanalgeometrie- und -höhendaten unter Nutzung entsprechend differenzierter Einheitspreise abgeleitet. Eine derartige Berechnung war jedoch weder Ziel noch Leistungsumfang der vorliegenden Arbeit.

Die für jede Haltung ermittelten Neubauwerte können der Haltungsliste in Anlage 2 (liegt in digitaler Form vor) entnommen werden.

5.5 Nutzungsdauern

Entsprechend der in Kapitel 4.1.4 dargestellten Ansätze wurden für jeden Haltung mit Sanierungsbedarf die optimale Restnutzungsdauer sowie, unter Berücksichtigung ggf. hydraulischer Erweiterungen oder sonstiger geplanter Umbauten, die zustandsabhängige Rest-Nutzungsdauer bestimmt. Wird zur Restnutzungsdauer das Alter der Haltung zum Betrachtungstichtag 2015 addiert, ergibt sich die Nutzungsdauer der Haltung.

Abbildung 5.4 und Abbildung 5.5 zeigen für Steinzeug und Beton die Verteilungskurven der ermittelten Restnutzungsdauern für die jeweils betrachteten charakteristischen Grundgesamtheiten, dargestellt als Summenlinien.

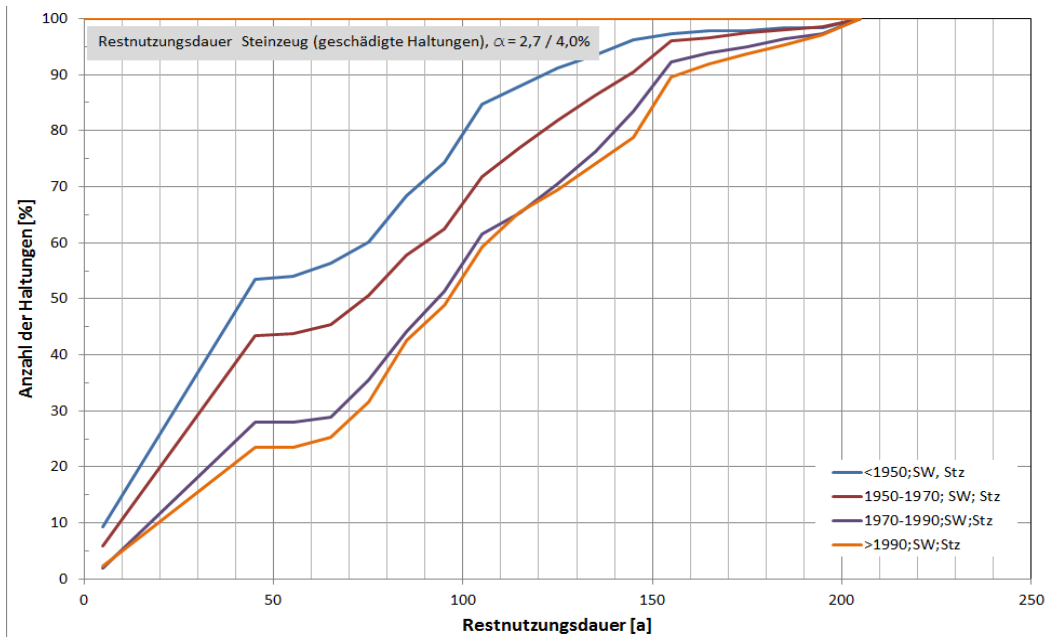
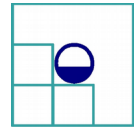


Abbildung 5.4: Summenlinien der ermittelten optimalen Restnutzungsdauern für die betrachteten charakteristischen Grundgesamtheiten – Steinzeug, geschädigte Haltungen

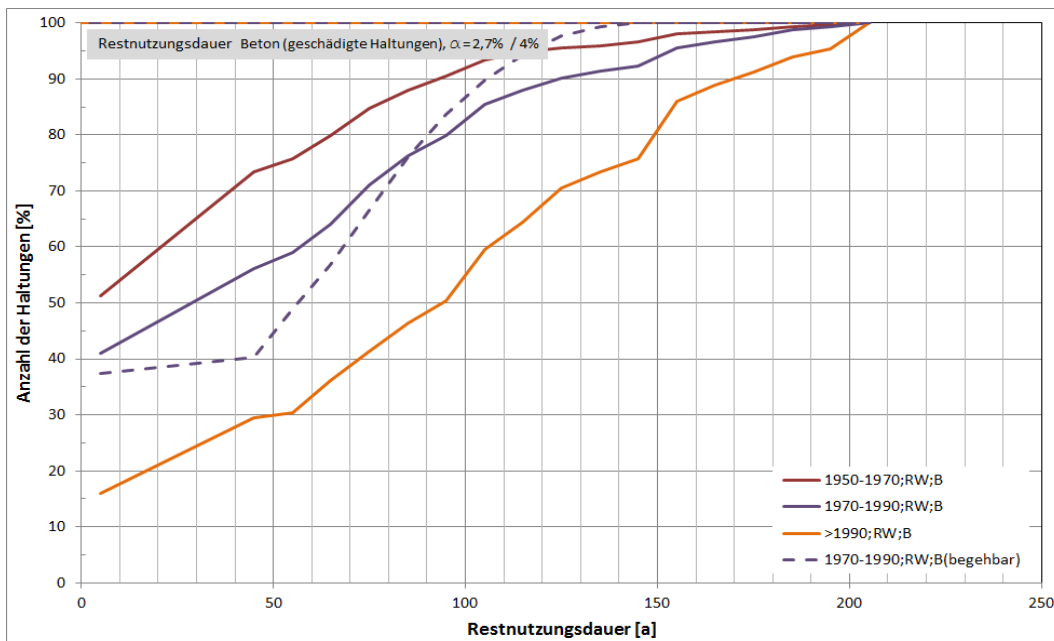
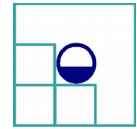


Abbildung 5.5: Summenlinien der ermittelten optimalen Restnutzungsdauern für die betrachteten charakteristischen Grundgesamtheiten – Beton, geschädigte Haltungen



Für Haltungen ohne Sanierungsbedarf kann keine optimale Restnutzungsdauer aus dem Sanierungsaufwand berechnet werden. Für diese Haltungen wird die Restnutzungsdauer auf Basis der Restnutzungsdauer-Summenlinien für geschädigte Kanäle ermittelt. Dabei wird genutzt, dass mit abnehmender Schädigung die Restnutzungsdauer einer Haltung zunimmt. Es wird davon ausgegangen, dass die Restnutzungsdauer ungeschädigter Haltungen der Restnutzungsdauer sehr leicht geschädigter Haltungen entspricht. Als Grenzwert wird dabei die Restnutzungsdauer angesetzt, die von 95 % aller Haltungen der betrachteten Grundgesamtheit unterschritten wird und damit der (theoretische) Übergang von sehr leicht geschädigter zu ungeschädigter Haltung erreicht ist. Aus dieser Restnutzungsdauer wird, unter Berücksichtigung des Anteils der ungeschädigten Haltungen an der Gesamtzahl der Haltungen in der Grundgesamtheit, die Restnutzungsdauer der ungeschädigten Haltungen dieser Grundgesamtheit ermittelt (s. Wolf 2006 [Promotion Wolf]).

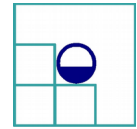
Tabelle 5.1 zeigt die ermittelten Restnutzungsdauern für ungeschädigte Kanäle für die charakteristischen Grundgesamtheiten aus Steinzeug und Beton. Für statistische nicht auswertbare Grundgesamtheiten (s. Kapitel 3.3.4) wurden die Restnutzungsdauern gutachterlich, in Anlehnung an die ermittelten Werte, festgelegt. Diese sind in Anhang 5 zusammengestellt.

Tabelle 5.1: *Ermittelte Restnutzungsdauern für ungeschädigte Kanäle (Steinzeug und Beton), soweit statistisch auswertbar*

Baujahresklasse	Dimensionsklasse	Steinzeug (SW)	Beton (RW)
< 1950	n. begehbar	90	-
1950 - 1970	n. begehbar	120	72
1970 – 1990	n. begehbar	152	105
> 1990	n. begehbar	155	170
1970 - 1990	begehrbar	-	95

Auf Basis der ermittelten Restnutzungsdauer zum Bewertungsstichtag 2015 wurde unter Berücksichtigung des Alters der Haltung haltungsweise die Nutzungsdauer berechnet.

Die für jede Haltung ermittelten Restnutzungsdauern sowie Nutzungsdauern können der Haltungsliste in Anlage 2 (liegt in digitaler Form vor) entnommen werden.



5.6 Betriebsgewöhnliche Nutzungsdauer

Als betriebsgewöhnliche Nutzungsdauer wird die Nutzungsdauer bezeichnet, die in einem Kanalnetz (oder einer betrachteten Grundgesamtheit), unter Berücksichtigung außerplanmäßiger Ausfälle, mit großer Sicherheit erreicht wird. Wird eine Ziel-Sicherheit vorgegeben, kann aus den Nutzungsdauerverteilungen (Summenlinien) die Nutzungsdauer ermittelt werden, die mit der Ziel-Sicherheit erreicht oder überschritten wird. Abbildung 5.6 und Abbildung 5.7 zeigen die Nutzungsdauer-Summenlinien für die Haupt-Materialien Steinzeug und Beton für charakteristische Grundgesamtheiten. Zusätzlich dargestellt sind die (möglichst optimal) angepassten numerischen Verteilungsfunktionen. Es ist erkennbar, dass sich die tatsächlichen Verteilungen teilweise nur bedingt mit einer numerischen Verteilungsfunktion nachbilden lassen.

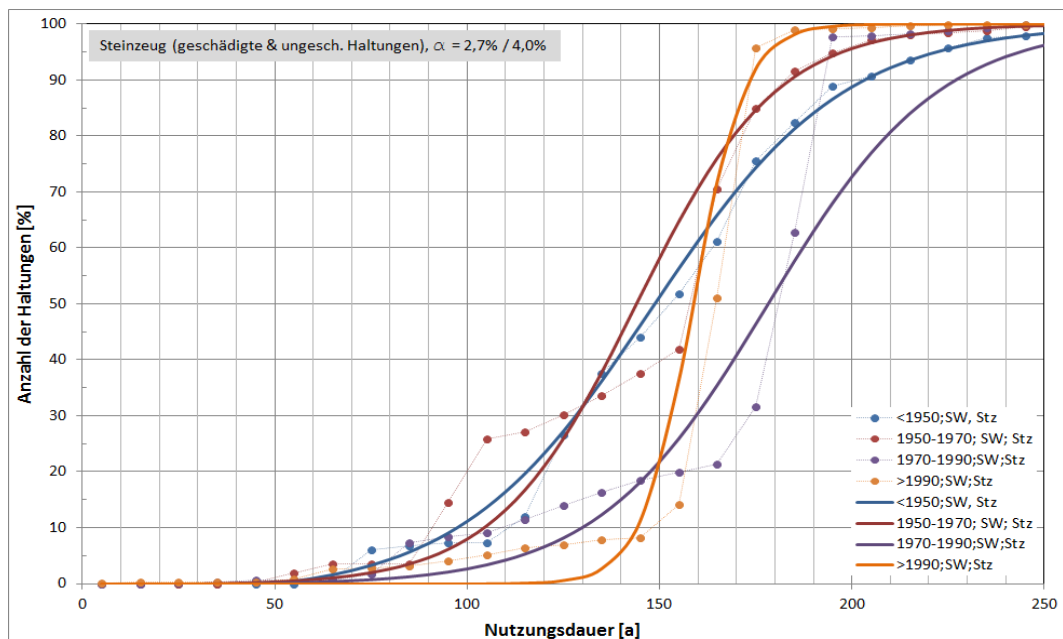


Abbildung 5.6: Summenlinien der ermittelten Nutzungsdauern für die betrachteten charakteristischen Grundgesamtheiten – Steinzeug, geschädigte und ungeschädigte Haltungen

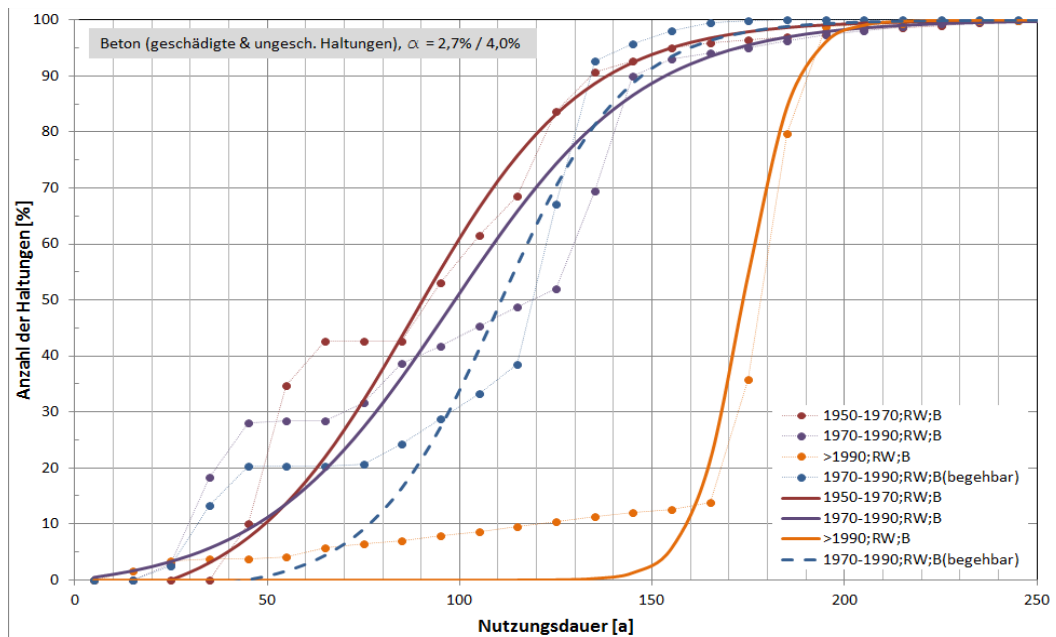
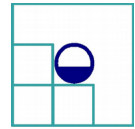


Abbildung 5.7: Summenlinien der ermittelten Nutzungsdauern für die betrachteten charakteristischen Grundgesamtheiten – Beton, geschädigte und ungeschädigte Haltungen

Nicht definiert ist jedoch, was „große Sicherheit“ konkret bedeutet. Es erscheint zielführend, dass ein Mittelwert oder 50%-Perzentilwert die Vorgabe „mit großer Sicherheit“ nicht erfüllen kann. In [Dissertation Wolf] wurde eine Nutzungsdauer vorgeschlagen, die mindestens mit 66%iger Sicherheit erreicht wird. Zur Ermittlung möglicher Bandbreiten wurden deshalb die betriebsgewöhnlichen Nutzungsdauern unterschiedlicher Sicherheiten (50%, 75%, 85%, 90%) ermittelt. Diese sind in Abbildung 5.8 für Steinzeug und in Abbildung 5.9 für Beton dargestellt.

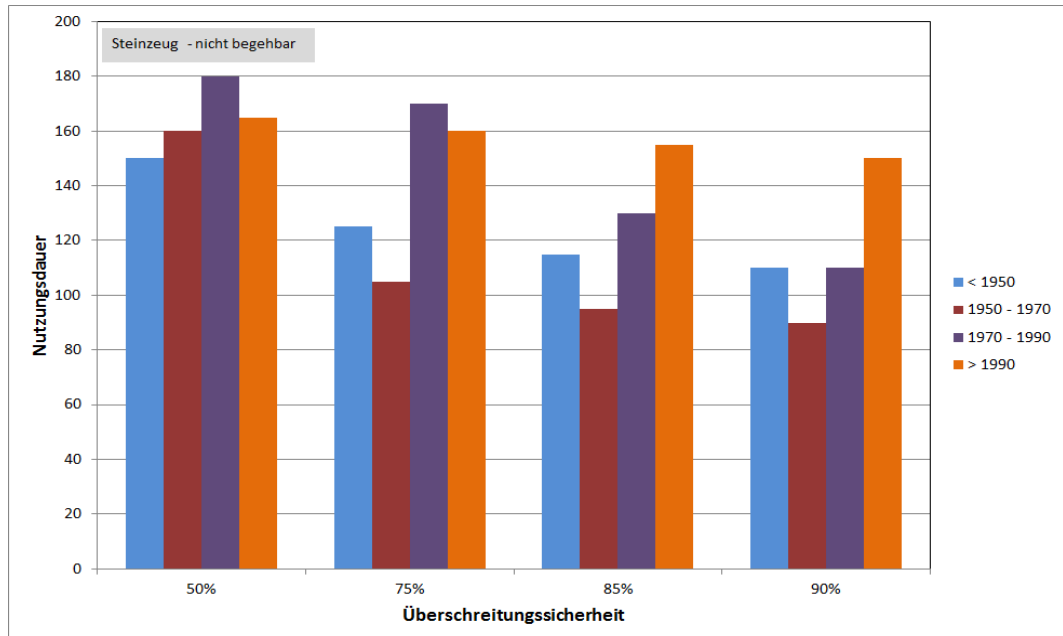
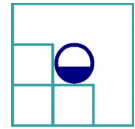


Abbildung 5.8: Ermittelte betriebsgewöhnliche Nutzungsdauern für unterschiedliche Überschreitungs-Sicherheiten - Steinzeug

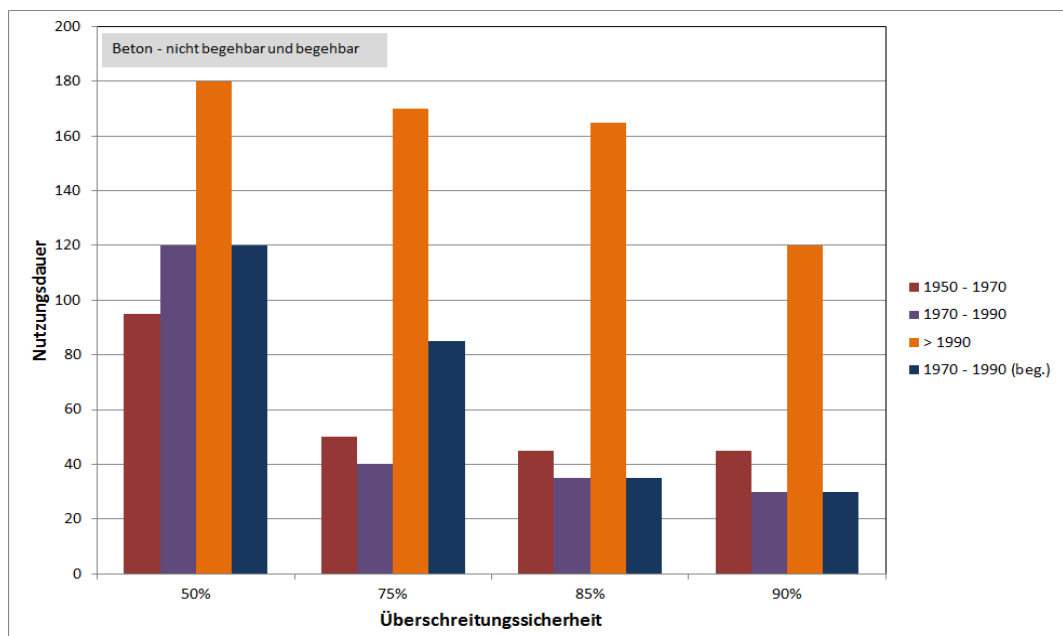
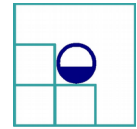


Abbildung 5.9: Ermittelte betriebsgewöhnliche Nutzungsdauern für unterschiedliche Überschreitungs-Sicherheiten - Beton



Die Auswertungen zeigen, dass sich ab einer Sicherheit von >75% mit zunehmender Überschreitungssicherheit keine signifikante Änderung der betriebsgewöhnlichen Nutzungsdauer mehr ergibt. Unter Berücksichtigung der Ungenauigkeiten der Grundlagen sowie der Modellansätze wird die erzielte Genauigkeit der Ergebnisse auf rd. +/- 10 eingeschätzt.

Entsprechend werden, aufbauend auf die dargestellten Auswertungen, Schwankungsbreiten und Unsicherheiten, die in Tabelle 5.2 und Tabelle 5.3 dargestellten betriebsgewöhnlichen Nutzungsdauern gutachterlich vorgeschlagen.

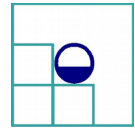
Teilweise ergeben sich berechnete Nutzungsdauern deutlich über 100 Jahren. Ein derartig langer Zeitraum ist aus heutiger Sicht unüberblickbar und birgt weitere Risiken, die in Prognosemodellen nicht erfassbar sind. In Anlehnung an die in den LAWA-Leitlinien dargestellten Spannbreiten (50 – 80a, ggf. 100a) wurden in diesen Fällen die empfohlene Nutzungsdauer eher vorsichtig angesetzt und auf 110a begrenzt.

Tabelle 5.2: Vorschlag für den Ansatz betriebsgewöhnlicher Nutzungsdauern – Steinzeug

Baujahresklasse	Dimensionsklasse	Spannbreite ND _{betr}	Vorschlag ND _{betr}
< 1950	n. begehbar	110 - 120	110
1950 - 1970	n. begehbar	90 - 100	90
1970 – 1990	n. begehbar	110 – 130 (170)	110
> 1990	n. begehbar	150 - 160	110
Zukünftiger Neubau	n. begehbar	-	110

Tabelle 5.3: Vorschlag für den Ansatz betriebsgewöhnlicher Nutzungsdauern – Beton

Baujahresklasse	Dimensionsklasse	Spannbreite ND _{betr}	Vorschlag ND _{betr}
< 1950	n. begehbar	-	-
1950 - 1970	n. begehbar	40 - 50	45
1970 – 1990	n. begehbar	30 – 40	30
> 1990	n. begehbar	120 – 160 (170)	120
1970 - 1990	begehbar	30 – 40a (80)	35
Zukünftiger Neubau	n. begehbar	-	110
Zukünftiger Neubau	begehbar	-	110



In Gütersloh werden zur Zeit folgende kalkulatorische Nutzungsdauern angesetzt:

- Schmutzwasserkanäle (d. h. i.d.R. Steinzeug): **70a**
- Regenwasserkanäle (d. h. i.d.R. Beton): **50a**

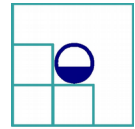
Im Vergleich zu den bisher verwendeten betriebsgewöhnlichen Nutzungsdauern wurden unter Berücksichtigung des konkreten Kanalzustandes bei Schmutzwasserkanälen (Steinzeug) mit 90 – 110 Jahren eher längere betriebsgewöhnliche Nutzungsdauern ermittelt. Bei Regenwasserkanälen ergibt sich ein uneinheitliches Bild. Für ältere Bestandskanäle wurde die betriebsgewöhnliche Nutzungsdauer bisher eher überschätzt, für jüngere Beton-Kanäle wird eine längere Nutzungsdauer erwartet.

Die für jede Haltung ermittelten betriebsgewöhnlichen Nutzungsdauern sowie die 50%, 75%, 85% und 90%-Werte können der Haltungsliste in Anlage 2 (liegt in digitaler Form vor) entnommen werden.

5.8 Substanzwert

Der Substanzwert stellt den materiellen Wert eines gebrauchten Wirtschaftsgutes, eines Kanalnetzes oder einer Haltung unter Berücksichtigung seines Alters sowie ggf. vorhandener Mängel dar. Darunter wird der Wert zu einem definierten Betrachtungszeitpunkt T verstanden, der aus (gedanklicher) Verkäufersicht zu erzielen bzw. aus Käufersicht zu erzielen wäre. Er entspricht damit dem Verkehrswert. Der Substanzwert orientiert sich am Wiederbeschaffungs(zeit)wert (d.h. Neuwert) des Wirtschaftsgutes. Wegen des gebrauchten Zustandes wird jedoch ein Abschlag auf den Wiederbeschaffungs(zeit)wert (Neuwert) notwendig, um den Substanzwert zum Zeitpunkt T zu erhalten (s. Wolf, 2006: Mitteilungen der Universität der Bundeswehr, Institut für Wasserwesen, Heft 95/2006). Sind die zustandsabhängige Nutzungsdauern sowie Baujahr einer Haltung bekannt, kann haltungsscharf der Substanzwert zum Betrachtungstichtag 2015 ermittelt werden.

Der Substanzwert ist zum Zeitpunkt 0 (Jahr der Erstellung der Haltung) gleich dem Wiederbeschaffungswert der Haltung. Zum Zeitpunkt der Erneuerung (d. h. Ablauf der Nutzungsdauer) beträgt der Substanzwert Null. Wird ein inearer Verlauf angenommen, kann für einen beliebigen Zeitpunkt t der Substanzwert einer Haltung bestimmt werden, sofern Baujahr und Nutzungsdauer bekannt ist.



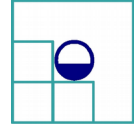
Als Summe aller Haltungen ergibt sich der Substanzwert des Kanalnetzes. Wird der Substanzwert im Verhältnis zum Wiederbeschaffungszeitwert ausgedrückt, ergibt sich der relative Substanzwert. Er liegt zwischen 0 und 1.

Der Substanzwert wurde für alle Haltungen mit Zustandsinformationen / (727,8 km) ermittelt. Insgesamt ergibt sich für das Untersuchungsgebiet ein relativer Substanzwert von 0,66. Auf Basis der ermittelten Nutzungsdauern für ungeschädigte Kanäle kann ein dem tatsächlichen Alter des Gütersloher Kanalnetzes angemessener Substanzwert ermittelt werden. Er wird als idealer Substanzwert bezeichnet und beträgt 0,76. Es zeigt sich, dass in Gütersloh insgesamt ein Substanzwertdefizit von rd. 10%-Punkten bzw. rd. 13% vorhanden ist. Neben dem ermittelten Sanierungsbedarf zur Wiederherstellung der ordnungsgemäßen Funktion des Kanalnetzes ist damit auch Handlungsbedarf zum Substanzwerterhalt vorhanden.

Die praktische Anwendung des Substanzwertes (einschl. des idealen Substanzwertes), insbesondere im Hinblick auf dessen Entwicklung bei Anwendung unterschiedlicher Strategien, wird in Modul 2 vertieft.

Die ermittelten benötigten Sanierungsmaßnahmen haben, nach Durchführung, neben der Wiederherstellung der ordnungsgemäßen Funktion gemäß DIN EN 752, auch Auswirkungen auf die zukünftige Betriebssicherheit sowie den Substanzwertverlauf. Es wird vermutet, dass mit Umsetzung der ermittelten Maßnahmen der Substanzwert verbessert werden kann. Die Wirkung hängt jedoch u.a. von den geplanten Umsetzungszeiträumen ab. Eine genaue Ermittlung der Auswirkung der Umsetzung von Maßnahmen wird im Rahmen der Strategieprognose (Modul 2) durchgeführt.

Die für jede Haltung ermittelten relative Substanzwert kann der Haltungsliste in Anlage 2 (digital) entnommen werden.



6 Allgemeine Anwendbarkeit

6.1 Vergleich mit Projekt Rheine

Im Projekt für die Stadt Rheine wurden die Auswirkungen der bislang durchgeführten „Feuerwehrstrategie“ ermittelt und, darauf aufbauend, eine Vorzugsstrategie erarbeitet. Entsprechenden Leistungen werden im vorliegenden Projekt erst in Modul 2 durchgeführt. Entsprechende Vergleiche können deshalb sinnvoll erst im Rahmen der Bearbeitung des Moduls 2 gezogen werden.

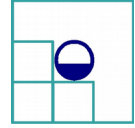
Konkrete, für das Kanalnetz Rheine zutreffende Nutzungsdauern wurden im Projekt Rheine nicht ermittelt. Die im Projekt Rheine verwendeten Nutzungsdauern wurden im Prinzip aus der Literatur übernommen bzw. die in Rheine bislang verwendeten kalkulatorischen Nutzungsdauern (Betonkanäle 57 Jahre, Steinzeugkanäle 100 Jahre) ungeprüft angesetzt. Entsprechend liegen keine konkreten, vergleichbaren Ergebnisse zu Nutzungsdauern vor. Vergleiche mit den vorliegenden Ergebnissen können deshalb nicht gezogen werden.

Die angesetzten Nutzungsdauern der Sanierungsverfahren im Projekt Rheine (Reparatur 10a, Renovierung 50a) entsprechen in der Größenordnung den in der vorliegenden Arbeit angesetzten Nutzungsdauern.

In Rheine kam das Prognosemodell *AquaWertMin* zum Einsatz. *AquaWertMin* basiert auf reiner statistischer Modellierung von Zustandsklassen. Das im vorliegenden Projekt Gütersloh eingesetzte Prognosemodell *stratIS-kanal* basiert auf einer weitgehend haltungsscharfen, an der ingenieurmäßigen Bearbeitung von Sanierungskonzepten angelehnten Betrachtungsweise, differenziert nach Sanierungsmaßnahmen, -kosten und -dringlichkeiten (automatische Sanierungskonzeption), sowie auf dem Ansatz der optimalen Nutzungsdauer, abgeleitet aus konkreten Sanierungsmaßnahmen und -kosten (s. Kapitel 4.1.4). Dieser Ansatz bietet den Vorteil, dass, gleichzeitig mit der Strategischen Planung, wertvolle praxisnahe Grundlagen für die konzeptionelle Planung im Netzüberblick geschaffen werden.

6.2 Vergleich mit Projekt Bergisch-Gladbach

Im Projekt für die Stadt Bergisch Gladbach wurden Hinweise und Vorgaben für die „Direkte und indirekte Zuordnung von Werten des Sachanlagevermögens zu Vermögensgegenständen unter Berücksichtigung von technischen Qualitätsmerkmalen, zur Sicherung des kommunalen Vermögens“ erarbeitet. Die Arbeit behandelt allgemeine und verwaltungstechnische Vorgaben und Empfehlungen zur Behandlung



und Verwaltung von Vermögensgegenständen. Hauptziel ist die Auflösung von Sammelpositionen der Vermögensverwaltung in sinnvolle Einzelpositionen mit Hilfe des Einheitspreisverfahrens sowie Anwendung des Mengenmodells unter Beibehaltung der Gesamt-Vermögens-Summen.

Das Projekt in Bergisch-Gladbach hat keinen direkten Bezug zur vorliegenden Arbeit. Entsprechend können keine vergleichenden Aussagen gegeben werden.

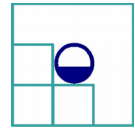
Aus Sicht des unterzeichnenden Ingenieurs stellt aber die heutige Sammel-Vermögensverwaltung bei zahlreichen Netzbetreibern den Normal-Fall dar. Sie ermöglicht keine zielführende Vermögensfortschreibung sowie stellt regelmäßig ein zentrales Hindernis für das zielgerichtete Zusammenführen ingenieurtechnischer und kaufmännischer Belange, u.a. zur Vermögensverwaltung, -bewirtschaftung und -sicherstellung, dar.

In der Stadt Gütersloh wird bereits eine haltungsscharfe Vermögensverwaltung durchgeführt. Es wird deshalb vermutet, dass die im Projekt Bergisch-Gladbach durchgeführten Auswertungen deshalb für Gütersloh, im Hinblick auf die Auflösung von Sammelpositionen, im Kanalnetz nur geringe Relevanz besitzen.

Im Projekt Bergisch Gladbach wurde die Gesamt-Vermögens-Summe bei der Aufteilung in Einzelgüter, entsprechend der Zielsetzung, nicht verändert. Von Relevanz erscheint jedoch die Problematik, dass die über lange Jahre geführten Sammelpositionen, auf Grund der Unzulänglichkeiten bei der Fortschreibung, meist gar nicht mehr die tatsächlichen realen Werte wieder spiegeln (können). Im Zuge der Auflösung von Sammelpositionen tauchen deshalb meist erhebliche Diskrepanzen zwischen tatsächlich vorhandenen und kaufmännisch bislang verbuchten Werten auf. Es wird empfohlen, hier entsprechende vertiefenden Untersuchungen und Abgleiche durchzuführen. Die Datenlage der Stadt Gütersloh ließe entsprechende Auswertungen und Analysen zu.

6.3 Übertragbarkeit auf andere Netzbetreiber

Die bei einem Netzbetreiber verwendeten Nutzungsdauern für das Kanalnetz (oder definierte Grundgesamtheiten daraus) haben u.a. maßgeblichen Einfluss auf Abwassergebühr, Refinanzierungskosten, Strategien zum Werterhalt sowie zur Vermögensbewirtschaftung und -sicherstellung. Die betriebsgewöhnliche Nutzungsdauer (u.a. als Grundlage



für die kalkulatorische Nutzungsdauer) soll dabei den Zustand sowie die tatsächlichen Randbedingungen des betreffenden Kanalnetzes berücksichtigen. Nach Erfahrung des unterzeichnenden Ingenieurs werden die relevanten Nutzungsdauern jedoch nur selten gemäß dem tatsächlichen Zustand in einem konkreten Kanalnetz ausgewählt oder ermittelt. Statt dessen werden Literaturwerte (z. B. aus den LAWA-Leitlinien) oftmals unkritisch oder ergebnisorientiert übernommen bzw. angesetzt.

Der Kenntnis der **zutreffenden** Nutzungsdauern (unter Berücksichtigung des tatsächlichen Zustandes) für ein konkretes Kanalnetz kommt vor dem Hintergrund der Wert- und Vermögensbewirtschaftung sowie deren -sicherstellung zentrale Bedeutung zu. Dies findet zunehmend Eingang in die Fachgremien- und Regelwerksarbeit. Abbildung 6.1 zeigt Zusammenhänge und Vorgehensweise zur Ermittlung der betriebsgewöhnlichen Nutzungsdauer gemäß DWA-A 143-14. Über einen längeren Zeitraum anhaltende Abweichungen zwischen angesetzter und zutreffender betriebsgewöhnlicher Nutzungsdauer haben dabei zwangsläufig Auswirkungen u.a. im Hinblick auf Werterhalt und Investitionsmanagement, sofern diese Abweichungen nicht adäquat berücksichtigt werden.

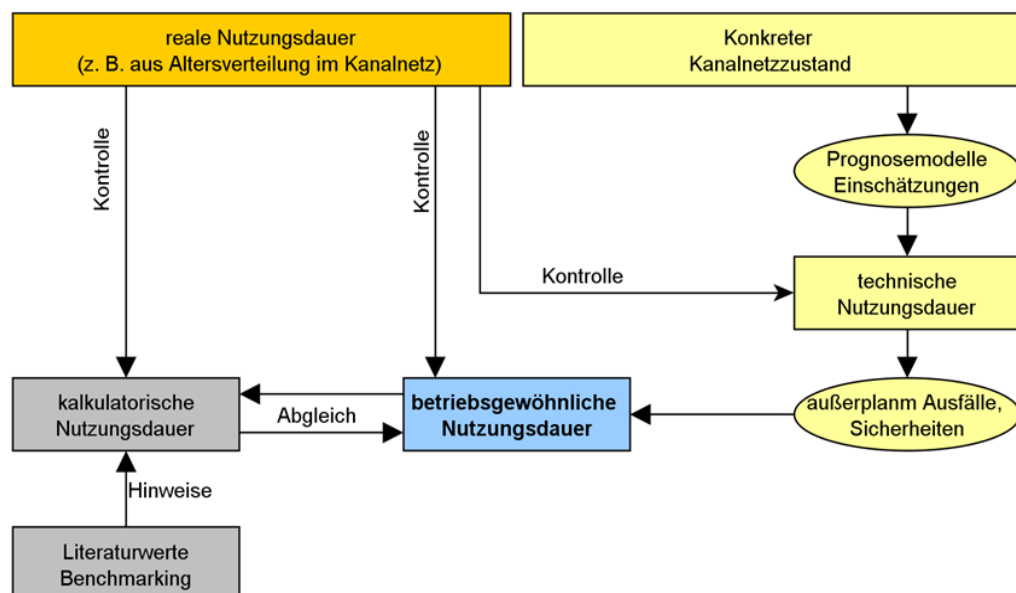
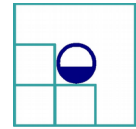


Abbildung 6.1: Zusammenhang zwischen kalkulatorischer Nutzungsdauer, betriebsgewöhnlicher Nutzungsdauer sowie konkretem Kanalnetzzustand (in Anlehnung an DWA-M 143-14)



In der vorliegenden Arbeit wurden, gemäß der o.g. Darstellung, die konkreten Nutzungsdauern (bzw. der zu erwartenden Schwankungsbreiten) eines Kanalnetzes unter Einsatz eines Prognosemodells ermittelt. Es wurde festgestellt, dass die bislang verwendeten Nutzungsdauern von den ermittelten Nutzungsdauern teilweise erheblich abweichen. Es wird vermutet, dass dies aus o.g. Gründen bei zahlreichen Netzbetreibern der Fall sein dürfte. Mit den vorliegenden Ergebnissen liegen nun wesentliche Grundlage vor, die bislang verwendeten Nutzungsdauern in Gütersloh zu überprüfen sowie Auswirkungen der Abweichungen bzw. von erforderlichen Anpassungen zu analysieren, um entsprechende Risiken im Hinblick auf Vermögens-, Investitions- und Gebührenmanagement zu minimieren. Vertiefende Analysen werden von der Stadt Gütersloh sowie in Modul 2 durchgeführt.

Die dargestellten Vorgehensweisen haben aus den o.g. Gründen allgemeine Bedeutung für Kanalnetzbetreiber. Die ermittelten konkreten betriebsgewöhnlichen Nutzungsdauern sind zwar spezifisch für Gütersloh und können nicht verallgemeinert werden. Die dargestellte Vorgehensweise kann jedoch erfolgreich auf jedes Kanalnetz übertragen werden.

Abbildung 6.2 zeigt wesentliche Planungsschritte gemäß DIN EN 13654-2 und DWA-A 143-1.

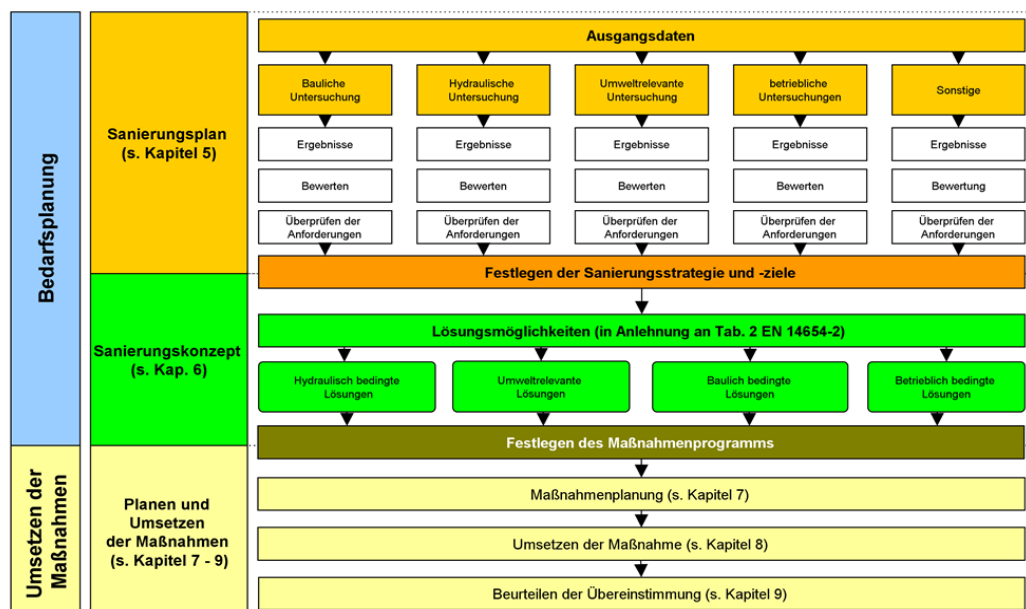
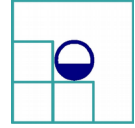


Abbildung 6.2: Planung als Prozess – wesentliche Schritte in Anlehnung an DIN EN 14654-2 und DWA-M 143-1

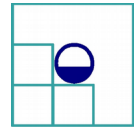


U.a. kommt der strategischen Planung sowie der Sanierungskonzeption zentrale Bedeutung im Hinblick auf

- Sicherstellen von Werterhalt, Betriebssicherheit und Vergleichmäßigung von Gebühren und Investitionen sowie
- effektive und wirtschaftliche Kanalsanierung

zu.

Das in der vorliegenden Arbeit verwendete Prognosemodell *stratIS-kanal* basiert u.a. auf dem Konzept der automatischen, haltungsscharfen Sanierungskonzeption und liefert, in Anlehnung an die manuelle ingenieurmäßige Planung, in vergleichsweise hoher Detaillierungstiefe Angaben zu Sanierungsart und -kosten. Damit liegen, neben den Erkenntnissen zu zutreffenden Nutzungsdauern und den Ergebnissen der Strategieprognose (u.a. Inhalt von Modul 2), wesentliche Grundlagen für die konzeptionelle, flächendeckende operative Kanalsanierungsplanung vor. Eine entsprechende Vorgehensweise erscheint auch für andere Kanalnetzbetreiber zielführend. Die dargestellten Vorgehensweisen sind auch auf andere Netzbetreiber übertragbar.



7 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

7.1 Zusammenfassung

7.1.1 Untersuchungsgebiet

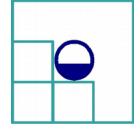
Grundlage für die vorliegende Arbeit bildeten die im Kanalinformationssystem (KIS) der Stadt Gütersloh vorhandenen Kanalstamm- und Zustandsdaten. Zum Untersuchungsgebiet gehören Schmutz- sowie Regenwasserkanäle einschl. Grabenverrohrungen im Besitz der Stadt Gütersloh. Mischwasserkanäle sowie Kanäle der Grundstücksentwässerung sind nicht Bestandteil des Untersuchungsgebietes. Die Kanallänge im Untersuchungsgebiet beträgt insgesamt 757,79 km. Zustandsdaten liegen für 727,84 km oder rd. 97% des Untersuchungsgebietes vor. Lücken in der Datenbasis wurden generalisiert gefüllt. Bei Inspektionsdaten vor 2003 wurde festgestellt, dass hier keine einheitliche Interpretation des Schadensausmaßes möglich ist. Hier wurden in Abstimmung mit dem AG generalisierte Annahmen getroffen.

7.1.2 Prognosemodell *stratIS-kanal*

Die Auswertungen wurden mit dem Decision-Support-System und Prognosemodell *stratIS-kanal* (Dr. Wolf, SiwaPlan Ing.-ges. mbH) durchgeführt. Aufbauend auf dem Schadensbild jeder Haltung werden technisch mögliche Sanierungsalternativen und deren –kosten bestimmt und die wirtschaftlichste Sanierungsart (Reparatur, Renovierung, Erneuerung) und die optimale Nutzungsdauer der Haltung ermittelt. Die Entscheidungsmatrix sowie die verwendeten Einheitspreise wurden in enger Abstimmung mit dem AG auf die Verhältnisse in Gütersloh abgestimmt. Vorgesehene Sanierungsverfahren sind Robotersanierung, Quicklock-Edelstahlmanschette sowie Teilerneuerung zur Reparatur lokaler Schäden sowie Schlauchliner (Renovierung) und Erneuerung zur haltungsweisen Sanierung. Kurzschläuche (Partliner) wurden nur in Ausnahmefällen vorgesehen. Das von *stratIS-kanal* erzeugte automatische Sanierungskonzept wurde anhand von zahlreichen Musterhaltungen gemeinsam mit der Stadt Gütersloh abgestimmt und überprüft.

7.1.3 Zustandsverschlechterung

Einfluss auf die Sanierungsbudgets sowie die Nutzungsdauer hat die zu erwartende Zustandsverschlechterung durch Alterung, die u.a. ggf. steigende Instandhaltungskosten zur Folge hat. Aus diesem Grund wurde auf der Basis von statistischen Analysen sowie durch Auswertung von Doppelbefahrungen für die vorherrschenden Steinzeug- und Betonkanäle, differenziert nach Dimensions- und Altersklasse, die Zunah-



me der Instandhaltungskosten durch Zustandsverschlechterung ermittelt. Die Kostensteigerungsrate α wurde zu rd. 2,8 % bis 4 % pro Jahr bestimmt.

7.1.4 Hydraulische Sanierungen und Muffendichtheit

Geplanten hydraulische Kanalerweiterungen sowie bereits durchgeführten Kanalsanierungsmaßnahmen haben Einfluss auf die Nutzungsdauern sowie die erforderlichen Sanierungsbudgets. Entsprechende Angaben des AG wurden haltungsscharf übernommen.

Angaben zur Kanaldichtheit (z. B. aus Dichtheitsprüfungen) lagen nicht vor. Da jedoch vermutet wird, dass insbesondere bei älteren Steinzeugkanälen die Muffenverbindungen undicht sind, wurde eine haltungsweise Sanierung vorgesehen, wenn mehr als zwei Muffenschäden pro Haltung identifiziert werden konnten.

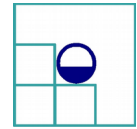
7.1.5 Automatisches Sanierungskonzept

Für jede untersuchte Haltung wurden mit *stratIS-kanal* Sanierungsart und -kosten ermittelt und ein automatisches Sanierungskonzept berechnet. 49 % der untersuchten Bestandskanallänge hat keinen Sanierungsbedarf. Rd. 28 % der Bestandslänge sind zu reparieren, rd. 11 % zu renovieren sowie rd. 12 % zu erneuern bzw. zu erweitern. Insgesamt wurden zum Betrachtungstichtag Sanierungskosten für die untersuchte Kanalstrecke (727,7 km) in Höhe von 115,6 Mio. € (brutto) berechnet (einschl. zukünftige hydraulische Erweiterungen). Auf dringende bzw. kurzfristige Maßnahmen (Zustandsklassen ZK 5 und ZK 4) entfallen dabei rd. 67 Mio. €. Für mittel- und langfristige Maßnahmen (ZK 3 bis ZK 1) sind rd. 48,6 Mio. € erforderlich. Das automatische Sanierungskonzept ist in den Übersichtsplänen in den Anlagen 5 (Schmutzwasserkanäle) und 6 (Regenwasserkanäle) dargestellt.

Der aktuelle Neubauwert (Summe Kosten der Erneuerung für alle Haltungen) wurde zu 892 Mio. € (brutto) berechnet. Die Gesamt-Sanierungskosten betragen demnach rd. 13 % des Neubauwertes. Der berechnete Neubauwert weicht naturgemäß, u.a. auf Grund der „Grüne-Wiese-Problematik“, vom in Gütersloh bislang berechneten Wiederbeschaffungszeitwert ab.

7.1.6 Nutzungsdauern

Aufbauend auf Sanierungsart- und -kosten wurde mit *stratIS-kanal* für jede Haltung die optimale Nutzungsdauer (unter Berücksichtigung ggf. erforderlicher hydraulischer Erweiterung) berechnet. Für zum Betrachtungstichtag



tungsstichtag 2015 ungeschädigte Haltungen wurde die Nutzungsdauer auf Basis von statistische Auswertungen der geschädigten Kanäle bestimmt. Die für jede Haltung ermittelten Nutzungsdauer (einschl. Sanierungsart und Kosten) ist in der Haltungsliste (digital) ausgegeben.

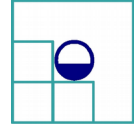
Aufbauend auf die haltungsscharf ermittelten optimalen Nutzungsdauern und statistische Analysen wurden für charakteristische Grundgesamtheiten (im wesentlichen Steinzeug- und Beton, differenziert nach Dimensions- und Altersklasse) die Nutzungsdauern ermittelt, die in Gütersloh mit einer definierten Sicherheit erreicht werden. Betrachtet wurden die Ziel-Sicherheiten 75%, 85% und 90%. Darauf aufbauend wurde ein Vorschlag für die betriebsgewöhnliche Nutzungsdauer erarbeitet. Schwankungsbreiten und Vorschläge für die maßgeblichen untersuchten Grundgesamtheiten sind in Tabelle 7.1 und Tabelle 7.2 zusammengestellt.

Tabelle 7.1: Vorschlag für den Ansatz betriebsgewöhnlicher Nutzungsdauern – Steinzeug

Baujahresklasse	Dimensionsklasse	Spannbreite ND _{betr}	Vorschlag ND _{betr}
< 1950	n. begehbar.	110 - 120	110
1950 - 1970	n. begehbar.	90 - 100	90
1970 – 1990	n. begehbar.	110 – 130 (170)	110
> 1990	n. begehbar.	150 - 160	110
Zukünftiger Neubau	n. begehbar	-	110

Tabelle 7.2: Vorschlag für den Ansatz betriebsgewöhnlicher Nutzungsdauern – Beton

Baujahresklasse	Dimensionsklasse	Spannbreite ND _{betr}	Vorschlag ND _{betr}
< 1950	n. begehbar.	-	-
1950 - 1970	n. begehbar.	40 - 50	45
1970 – 1990	n. begehbar.	30 – 40	30
> 1990	n. begehbar.	120 – 160 (170)	120
1970 - 1990	begehbar	30 – 40a (80)	35
Zukünftiger Neubau	n. begehbar	-	110
Zukünftiger Neubau	begehbar	-	110



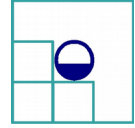
7.1.7 Substanzwert

Der Substanzwert wurde für alle Haltungen mit Zustandsinformationen ermittelt. Insgesamt ergibt sich für das Untersuchungsgebiet ein relativer Substanzwert von 0,66 (d.h. 66% des berechneten Wiederbeschaffungszeitwertes). Auf Basis der ermittelten Nutzungsdauern für ungeschädigte Kanäle kann ein dem tatsächlichen Alter des Gütersloher Kanalnetzes angemessener Substanzwert ermittelt werden. Er wird als idealer Substanzwert bezeichnet und beträgt 0,76. Es zeigt sich, dass in Gütersloh insgesamt ein Substanzwertdefizit von rd. 10%-Punkten bzw. rd. 13% vorhanden ist. Neben dem ermittelten Sanierungsbedarf zur Wiederherstellung der ordnungsgemäßen Funktion des Kanalnetzes ist damit auch Handlungsbedarf zum Substanzwerterhalt vorhanden.

7.2 Ausblick

Mit der vorliegenden Arbeit wurde das Strategieprognosemodell *stratis-kanal* (gemäß des Arbeitsauftrages für Modul 1) aufgebaut und konfiguriert. Damit liegt nun die Grundlage vor, um im Rahmen der beauftragten Leistungen für Modul 2 mögliche Strategieszzenarien im Hinblick auf ihre kurz-, mittel- und langfristigen Auswirkungen zu überprüfen. Mögliche Strategieszzenarien sind z. B.:

- Zustandsstrategie: Festlegen eines zukünftigen Zustandsziels, z. B. im Jahr 2035, (durch Festlegen der gewünschten Verteilung der Zustandsklassen) und Ermitteln der dafür erforderlichen Sanierungsbudgets, Maßnahmenverteilung und zukünftigen sonst. Auswirkungen
- Feuerwehrstrategie: Minimierung des Sanierungsumfanges auf Sofortmaßnahmen bzw. dringende Maßnahmen und Ermittlung der Auswirkungen in der Zukunft
- Budgetstrategie: Festlegen eines Budgetrahmens für Betriebsausgaben und Investitionen sowie Ermitteln des möglichen Sanierungsumfanges einschl. der zukünftigen Auswirkungen
- Werterhalt: Ermitteln der erforderlichen Maßnahmen und Kosten zur Sicherstellung eines nachhaltigen Substanzwertverlaufes



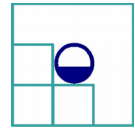
Für jede Strategieoption sollen die kurz-, mittel- und langfristigen Auswirkungen im Hinblick auf Budget, Betriebssicherheit, gebührenfähige Kosten sowie Substanzwert ermittelt werden. Aufbauend auf die möglichen Strategien und die Kenntnis der Auswirkungen soll eine Vorzugsstrategie erarbeitet sowie notwendiger Sanierungsumfang, erforderlicher Maßnahmenmix, Entscheidungskriterien zur Maßnahmenwahl, Interventionszeitpunkt sowie erforderliche Sanierungsbudgets festgelegt werden.

SiwaPlan Ing.-Ges. mbH, München
München, 30. November 2015

Für die Studie:

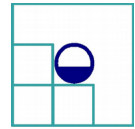
Dr.-Ing. Martin Wolf

Dipl.-Ing. Helmut Metschl



Anhangverzeichnis

- Anhang 1: Grundsätze zur Korrektur unplausibler Angaben zum Schadensausmaß bei Inspektionen älter als 2003
- Anhang 2.1: Zusammenstellung der Grundsätze bei der Auswahl von Sanierungsmaßnahmen (Entscheidungsmatrix) – neue Notation
- Anhang 2.2: Zusammenstellung der Grundsätze bei der Auswahl von Sanierungsmaßnahmen (Entscheidungsmatrix) – alte Notation
- Anhang 3: Zusammenstellung der verwendeten Sanierungsverfahren mit Abkürzung
- Anhang 4.1: Angesezte Netto-Einheitspreise für Reparaturverfahren zur Innensanierung
- Anhang 4.2: Angesezte Netto-Einheitspreise für Renovierungen
- Anhang 4.3: Angesezte Netto-Einheitspreise für Erneuerungen
- Anhang 5: Zusammenstellung der verwendeten Restnutzungsdauern für ungeschädigte Kanäle
- Anhang 6: Beschreibung der verwendeten Felder der digitalen Haltungsliste



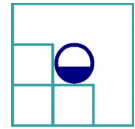
Anlagenverzeichnis

Anlage 1: Erläuterungsbericht

Anlage 2: CD

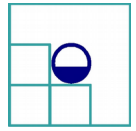
Haltungsliste (nur digital)

Pläne (PDF)



Planverzeichnis

Anlage-nr.	Blatt-Nr.	Inhalt	Maßstab
3	1	Übersichtsplan – Untersuchungsgebiet Schmutzwasser	1 : 20.000
4	2	Übersichtsplan – Untersuchungsgebiet Regenwasser	1 : 20.000
5.1 bis 5.18	3.1 bis 3.18	Automatisches Sanierungskonzept – Schmutzwasser (digital als PDF auf CD)	1 : 5.000
6.1 bis 6.18	4.1 bis 4.18	Automatisches Sanierungskonzept – Regenwasser (digital als PDF auf CD)	1 : 5.000



Vermerke