

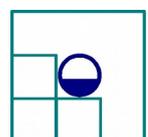


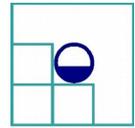
Kanalsanierungsstrategie

Modul 2 **Strategieprognose und Vorzugsstrategie**

Abschlussbericht

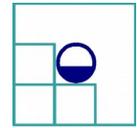
München
Dezember 2016
SiwaPlan Ing.-Ges.mbH



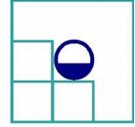


Inhaltsverzeichnis

1 Anlass und Vorbemerkungen.....	4
2 Verwendete Unterlagen.....	6
3 Modellaufbau <i>stratIS-kanal</i>	7
3.1 Modellbeschreibung.....	7
3.1.1 Begriffsdefinitionen.....	8
3.1.2 Sanierungskosten und Maßnahmenwahl.....	9
3.1.3 Zustandsprognose.....	10
3.1.3.1 Sanierungskosten.....	10
3.1.3.2 Änderung der baulichen Zustandsklasse (Sanierungsdringlichkeit).....	11
3.1.4 Optimale (Rest-)Nutzungsdauer.....	11
3.2 Bauliche Sanierung.....	12
3.2.1 Sanierungsverfahren.....	12
3.2.2 Einheitspreis und Zuschläge.....	14
3.2.3 Nutzungsdauern der Sanierungsverfahren.....	17
3.2.4 Parameter der Wirtschaftlichkeitsberechnung.....	18
3.3 Charakteristische Grundgesamtheiten.....	19
3.4 Zustandsverschlechterung - Kostensteigerung.....	20
3.4.1 Vorgehensweise.....	20
3.4.2 Stichtagsanalyse.....	21
3.4.3 Doppelbefahrungen.....	24
3.5 Zustandsverschlechterung – Sanierungsdringlichkeit.....	27
3.6 Sonstiges.....	29
3.6.1 Muffendichtheit.....	29
3.6.2 Bereits durchgeführte bauliche Sanierungen.....	30
3.6.3 Hydraulische Sanierungen.....	31
3.7 Nutzungsdauern.....	31
4 Strategieprognose.....	34
4.1 Sanierungsbedarf, Strategie und operative Planung.....	34



4.2 Betrachtete Strategieoptionen.....	38
4.3 Zustandsentwicklung und Betriebsrisiko.....	42
4.4 Budgetentwicklung.....	46
4.5 Entwicklung der gebührenfähigen Kosten (Kanalnetz).....	49
5 Vorzugsstrategie.....	53
5.1 Randbedingungen.....	53
5.2 Betriebssicherheit.....	54
5.3 Gebührenfähige Kosten (Kanalnetz).....	56
5.4 Budgetverlauf und -empfehlung.....	57
5.5 Substanzwertentwicklung.....	59
5.5.1 Definition.....	59
5.5.2 Auswertung.....	60
5.6 Sanierungskonzept – Haltungsliste.....	63
6 Allgemeine Anwendbarkeit.....	64
6.1 Vergleich mit Projekt Rheine.....	64
6.2 Vergleich mit Projekt Bergisch-Gladbach.....	66
6.3 Übertragbarkeit auf andere Netzbetreiber.....	67
7 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen.....	70
7.1 Zusammenfassung.....	70
7.1.1 Untersuchungsgebiet.....	70
7.1.2 Prognosemodell <i>stratIS-kanal</i>	70
7.1.3 Zustandsverschlechterung.....	70
7.1.4 Hydraulische Sanierungen und Muffendichtheit.....	71
7.1.5 Automatisches Sanierungskonzept.....	71
7.1.6 Nutzungsdauern.....	72
7.1.7 Strategieprognose und Vorzugsstrategie.....	73
Anhangverzeichnis.....	76
Anlagenverzeichnis.....	77
Planverzeichnis.....	78



1 Anlass und Vorbemerkungen

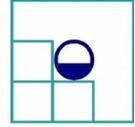
Die Stadt Gütersloh betreibt ein Abwasserkanalnetz mit einer Gesamtlänge von über 780 km (ohne Druckrohrleitungen). Gemäß den gesetzlichen Anforderungen wurde das Kanalnetz in den letzten Jahren weitgehend flächendeckend untersucht. Ebenfalls wurden Sanierungsmaßnahmen durchgeführt. Teilweise liegen 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) wurde das Zustandsprognosemodell *stratIS-kanal* aufgebaut, die Zustandsverschlechterung anhand der vorliegenden Inspektionsdaten quantifiziert sowie der sich aus dem baulichen Zustand ergebende Gesamt-Sanierungsbedarf bestimmt. Die mit dem Zustands-Prognosemodell berechneten Nutzungsdauern wurden 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 ermittelt.

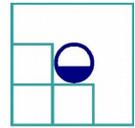
Ziel der vorliegenden Arbeit (Modul 2) ist, aufbauend auf die Ergebnisse von Modul 1, mit Hilfe des Zustandsprognosemodells die Auswirkungen unterschiedlicher Handlungsoptionen im Hinblick auf Betriebssicherheit, Budgets, gebührenfähige Kosten und Substanzwert zu ermitteln und, darauf aufbauend, eine Vorzugsstrategie einschließlich Budgetprognose zu erarbeiten.

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 wur-



den 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.

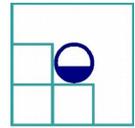
Die durchgeführten Arbeiten und erzielten Ergebnisse zu Modul 1 (Nutzungsdauern und Modellaufbau) sind ausführlich im Zwischenbericht dokumentiert. Sie werden im vorliegenden Bericht nur noch auszugsweise, sofern für das Verständnis erforderlich, dargestellt. Die Ergebnisse aus Modul 1 dienen als Grundlage für die vorliegende Arbeit.



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 2014
- 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
- Zwischenbericht Modul 1 (einschl. der im Rahmen von Modul 1 erarbeiteten Ergebnisse), SiwaPlan Ing.-Ges. mbH, München, 2015
- Angaben der Stadt Gütersloh zur Vermögensbewertung (Restbuchwerte, fortgeschriebene Wiederbeschaffungszeitwerte, AfA, kalk. Zinsen usw.), Stand Ende 2014



3 **Modellaufbau stratIS-kanal**

*Hinweis: Die Modellbeschreibung sowie die Ausführungen zum Modell-
aufbau wurden zur Vollständigkeit und zum bessern Verständnis aus
dem Zwischenbericht von Modul 1 (Nutzungsdauern und Modell-
aufbau) weitgehend übernommen (entsprechende Leistungen waren
bereits in Modul 1 enthalten). Einzige Ausnahme sind die Erläuterungen
zur Ermittlung des Alterungspfades (s. Kapitel 3.5). Diese Leistung war
Bestandteil von Modul 2 und damit der vorliegenden Arbeit.*

3.1 **Modellbeschreibung**

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

-
- Decision-Support-System zur Sanierungsplanung / Sanierungs-
konzeption:
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, ab-
hängig vom Schadensbild, Sanierungsalternativen und Kosten aus den
Sanierungsarten *Reparatur, Renovierung und Erneuerung* (offene Bau-
weise) ermittelt. Auf Basis der Methoden zur Wirtschaftlichkeitsberech-
nung (s. Lawa Leitlinien zur Kostenvergleichsrechnung) wird automa-
tisch die wirtschaftlichste Sanierungsart ausgewählt. Die Vorgehens-
weise orientiert sich an der Erarbeitung einer generellen Sanierungspla-
nung gemäß DIN EN 752, DIN EN 14654-2 sowie DWA-A 143-1.

Im Prognosemodell *stratIS-kanal* wird die Zustandsverschlechterung ei-
ner 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 op-
tischen Schadensbild in Anlehnung an die Erarbeitung einer Sanie-
rungsplanung abgeleitet. Im Folgenden wird eine Kurzbeschreibung
des Modells gegeben. Weitere und ergänzende Informationen finden
sich in [Wolf 2006 (Promotion Wolf)].

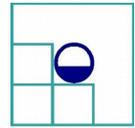


Abbildung 3.1 zeigt schematisch den Aufbau von *stratIS-kanal*.

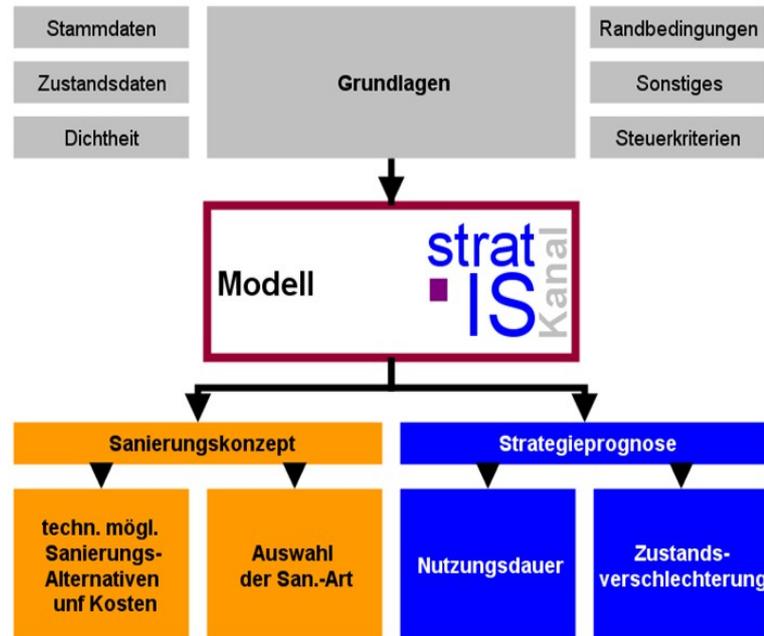


Abbildung 3.1: Schematische Darstellung der Haupt-Module von *stratIS-Kanal*

3.1.1 Begriffsdefinitionen

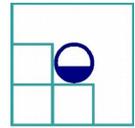
Gemäß DIN EN 752 werden die möglichen Sanierungsverfahren in technischer Hinsicht nach folgenden Sanierungsarten klassifiziert:

- 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 differenziert nach:

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

Re-Investitionen und deren Kosten sind 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).

3.1.2 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 3.2 zeigt schematisch die Arbeitsweise von *stratIS-kanal* zur Ermittlung von Sanierungsmaßnahmen, Sanierungskosten und wirtschaftlichster Sanierungsart.

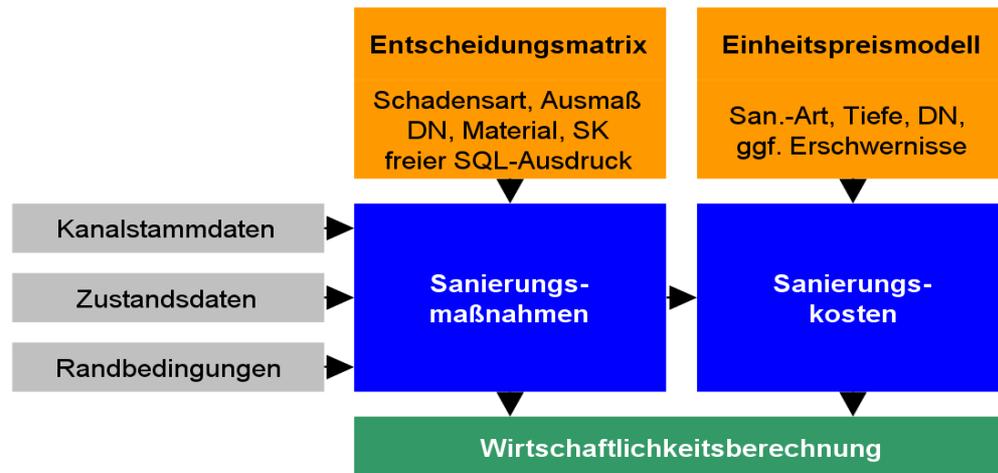
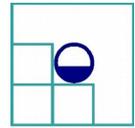


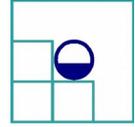
Abbildung 3.2: Schematische Darstellung der Arbeitsweise von stratis-kanal bei der Ermittlung von Sanierungsmaßnahmen und -kosten zur Berechnung der wirtschaftlichsten Sanierungsart.

3.1.3 Zustandsprognose

3.1.3.1 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), 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.



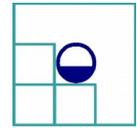
3.1.3.2 Änderung der baulichen Zustandsklasse (Sanierungsdringlichkeit)

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) 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.

3.1.4 Optimale (Rest-)Nutzungsdauer

Abbildung 3.3 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 daraus eine eher kurze Restnutzungsdauer. Bei Haltungen mit nur leichtem Sanierungsaufwand resultiert daraus 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 reduzie-



ren. 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.

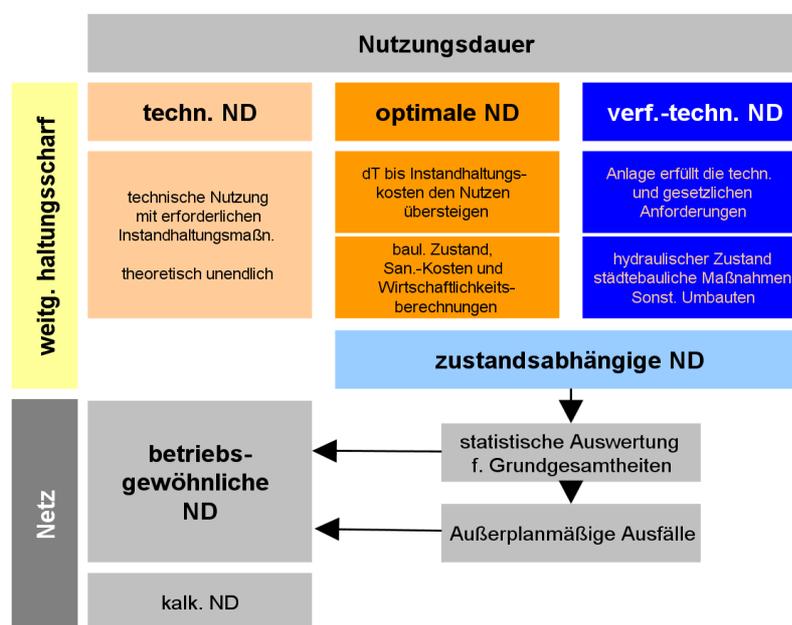


Abbildung 3.3: Schematische Darstellung des stratIS-kanal-Ansatzes zur Ermittlung der Nutzungsdauer auf Basis der optimalen Nutzungsdauer.

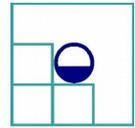
3.2 Bauliche Sanierung

3.2.1 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

- Edelmanschette: 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 3.4) 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

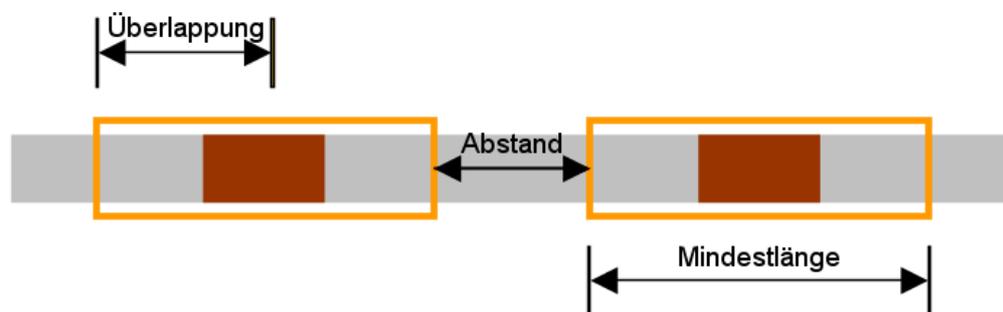
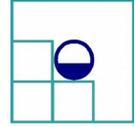


Abbildung 3.4: Schematische Darstellung der Parameter Überlappung, Mindest-Abstand und Mindestlänge bei der Generierung von Sanierungsmaßnahmen in stratIS-Kanal



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.

3.2.2 Einheitspreis und Zuschläge

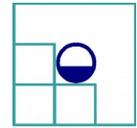
Für die Wirtschaftlichkeitsberechnung sowie die Budgetermittlung werden Kosten für die angesetzten Sanierungsverfahren benötigt. Aufbauend auf die Erfahrungswerte der Stadt Gütersloh sowie Erfahrungswerte und Preismodelle beim unterzeichnenden Ingenieur wurden die benötigten Einheitspreise für die in Kapitel 3.2.1 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 3.5 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.

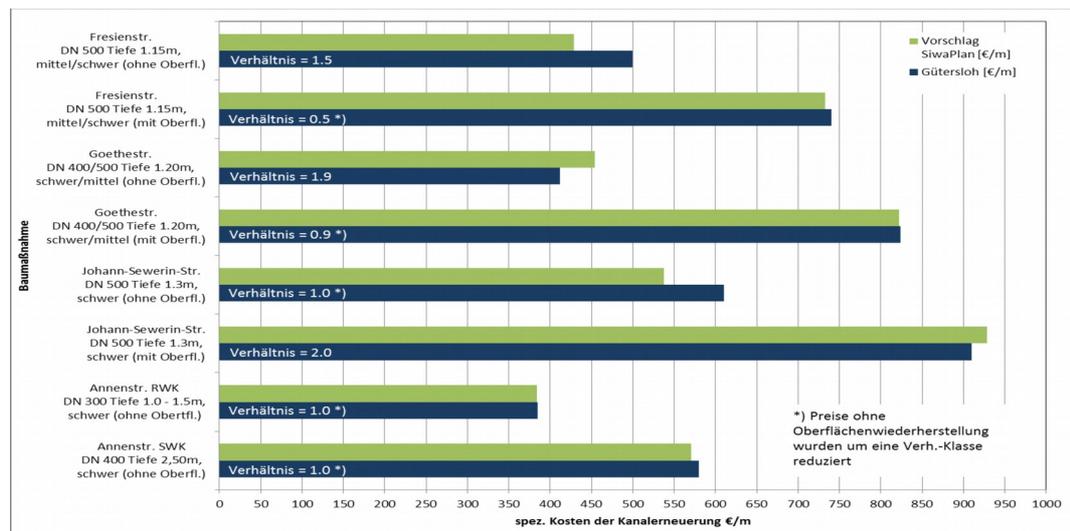


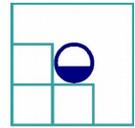
Abbildung 3.5: Vergleich der für konkrete Projekte in Gütersloh ermittelten Einheitspreise mit den durch das SiwaPlan-Preismodell auf Basis von Kanaltiefe, Profildimension und Erschwernisklasse berechneten Einheitspreisen.

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:

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

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

Tabelle 3.1 zeigt die verwendeten Längenfaktoren für Erneuerungen

Tabelle 3.1: 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
>= 20 m	1,0

Tabelle 3.2 zeigt die verwendeten Längenfaktoren für Renovierungen

Tabelle 3.2: Längenfaktoren für Renovierungen

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

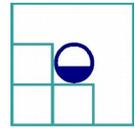


Tabelle 3.3 zeigt die verwendeten Längenfaktoren für Kurzliner

Tabelle 3.3: Längenfaktoren für Kurzliner

Haltungslänge	Längenfaktor Kurzliner
< 5 m	1,0
>= 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.

3.2.3 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 3.4 dargestellten Nutzungsdauern angesetzt. Beim Einsatz der Renovierung wurde angesetzt, dass nach einmaliger Renovierung die Erneuerung folgt.

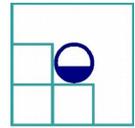


Tabelle 3.4: Angesezte technische Nutzungsdauern

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

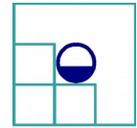
3.2.4 Parameter der Wirtschaftlichkeitsberechnung

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 3.1.2)



3.3 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 (s. Zwischenbericht, Kapitel 3.3.4)

Abbildung 3.6 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 markierte 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	kommt nicht vor
(12)		RW	Stz	0	kommt nicht vor
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 3.6: Für die Zustandsverschlechterungsanalyse vorgesehenen charakteristischen Grundgesamtheiten (Cluster) – nicht begehbare Kanäle

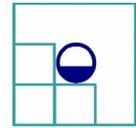


Abbildung 3.7 zeigt, analog zu den nicht begehbaren Kanälen, die gewählten charakteristischen Grundgesamtheiten für begehbare Kanäle sowie deren Elementzahl (Haltungsanzahl) pro Klasse und die Beurteilung für die weitere Bearbeitung.

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

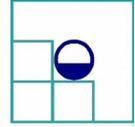
Bei den begehbaren Kanälen sind lediglich bei Regenwasser-Betonkanälen der Altersklasse 1970 – 1990 ausreichende Elemente für eine statistische Analyse vorhanden.

3.4 Zustandsverschlechterung - Kostensteigerung

3.4.1 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 dargestellt.

3.4.2 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 ein Meter Haltungslänge.

Abbildung 3.8 (nicht begehbare Kanäle) und Abbildung 3.9 (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.

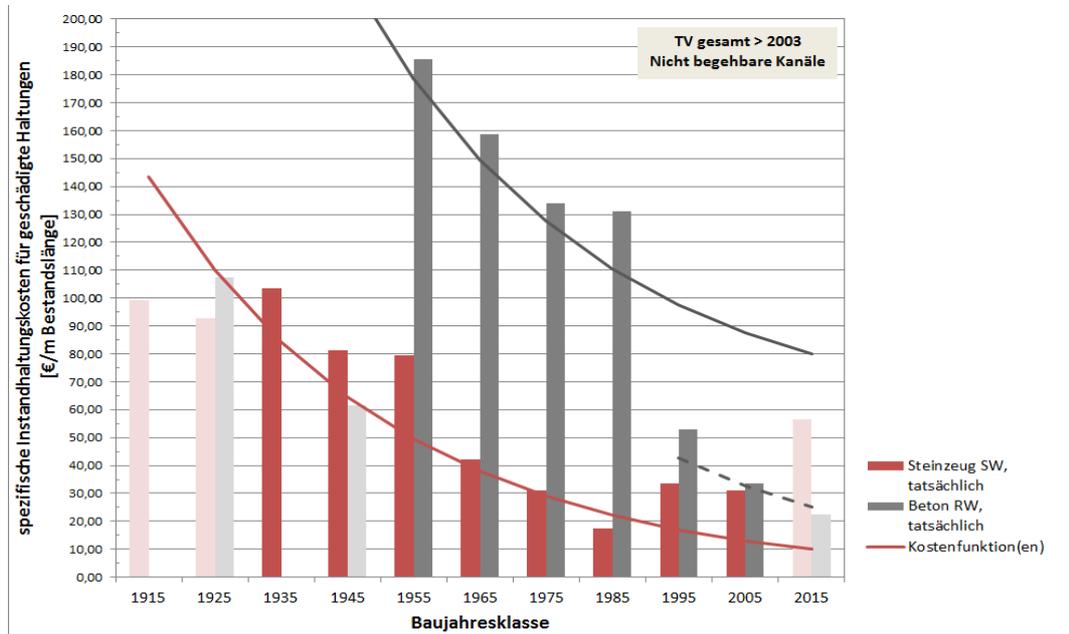
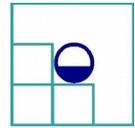


Abbildung 3.8: Mittlere Instandhaltungskosten für geschädigte, nicht begehbare Kanäle in Abhängigkeit des Kanalalters (Baujahresklasse) für Steinzeug und Beton

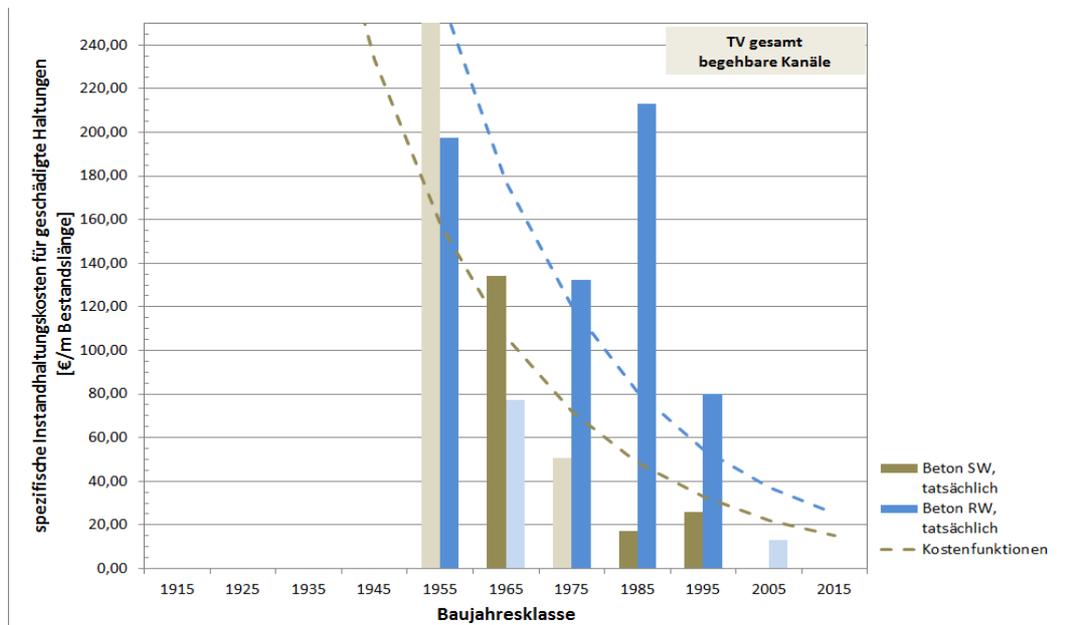
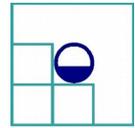


Abbildung 3.9: Mittlere Instandhaltungskosten für geschädigte, nicht begehbare Kanäle in Abhängigkeit des Kanalalters (Baujahresklasse) für Steinzeug und Beton



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.

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

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

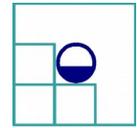
mit

- 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 3.5 zeigt die ermittelten Parameter für die Kostenfunktionen für nicht begehbare sowie begehbare 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 uneinheitliches 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 Auswertgrundgesamtheit als nicht repräsentativ angesehen und, in Anlehnung an die Auswertung der nicht begehbaren Betonkanäle, eine Kostensteigerungsrate $\alpha = 2,7\%$ angesetzt.

Tabelle 3.5: Ermittelte Parameter für die Kostenfunktionen für nicht begehbare sowie begehbare Kanäle

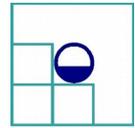
charakteristische Grundgesamtheit	Jährliche Kostensteigerungsrate α	Grundkosten $K_{0,Inst}$	Startkosten K_{Start}
Steinzeug - nicht begehbar	2,7 % / a	10	0
Beton – nicht begehbar	2,7 % / a	20 - 25	0 / 55
Steinzeug - begehbar	2,7 % / a	15	0
Beton - nicht begehbar	4,0 % / a	25	0

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.

3.4.3 Doppelbefahrungen

Durch die vorliegenden Doppelbefahrungen zu den Zeitpunkten T_{TV1} und T_{TV2} (s. Zwischenbericht, Kapitel 3.2.1 und 3.2.3) können die im Rahmen der Stichtagsanalyse ermittelten Ergebnisse verifiziert werden. Für die Auswertung der Doppelbefahrungen standen insgesamt 1.813 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 (1.336 Haltungen):
Beide Untersuchungen zeigen einen schadenfreien Zustand.
- Fall 3 (166 Haltungen):
Der Wechsel zwischen schadenfrei 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 3.10 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.

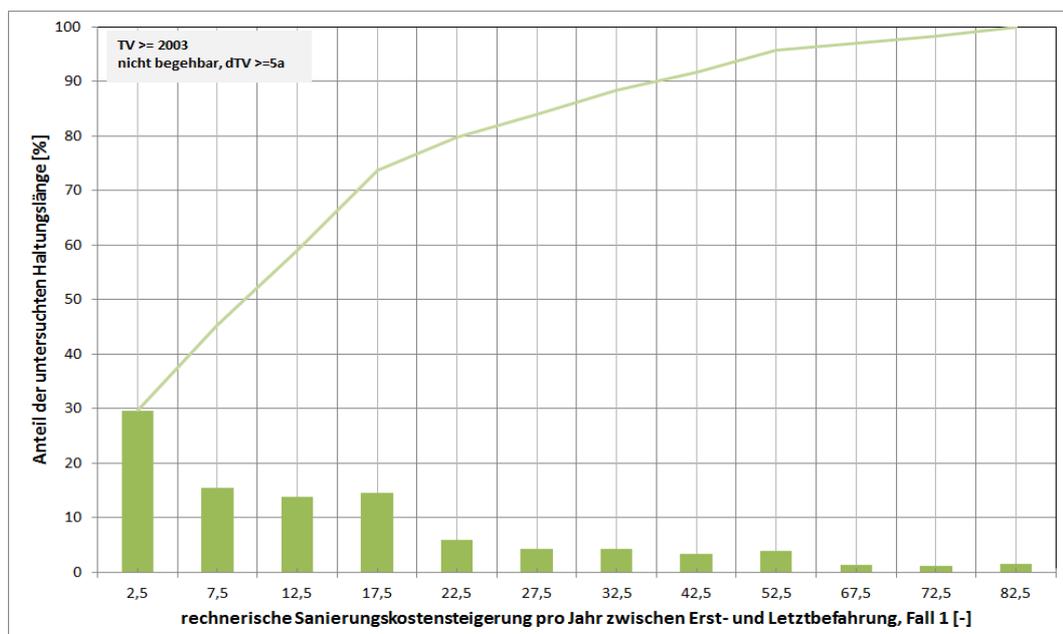
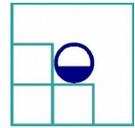


Abbildung 3.10: Häufigkeitsverteilung der ermittelten Sanierungskostensteigerung zwischen Erst- und Letzt-Befahrung einschl. Summenlinie – Fall 1



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 3.4.2 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 3.11 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.

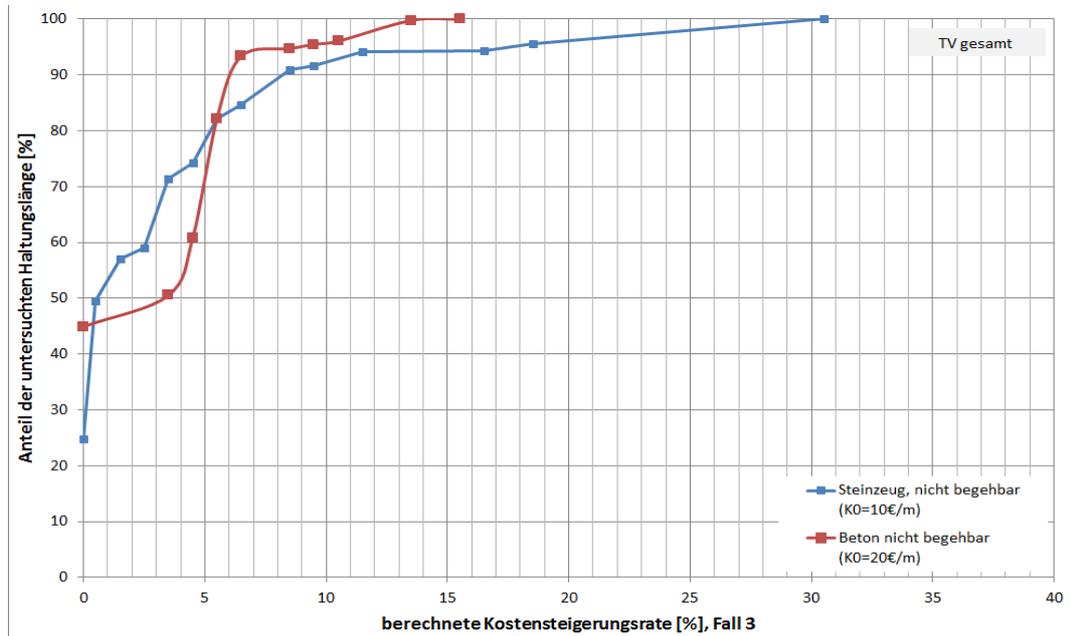
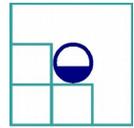
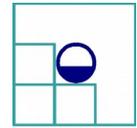


Abbildung 3.11: Häufigkeitsverteilung der ermittelten Sanierungskostensteigerung zwischen Erst- und Letzt-Befahrung einschl. Summenlinie – Fall 1



3.5 Zustandsverschlechterung – Sanierungsdringlichkeit

Werden die geschädigten Haltungen nach Zustandsklasse und Grundgesamtheit gruppiert, kann für jede Gruppe eine Überlebensfunktion sowie die mittlere wirtschaftliche Restnutzungsdauer $RND^{ZK}_{\text{wirtsch}}$ ermittelt werden. Bei der Ermittlung der Restnutzungsdauer wird die Steigerung der Instandhaltungskosten durch (mögliche) Zustandsverschlechterung über die Kostensteigerungsrate α (s. Kapitel 3.4) berücksichtigt. Die Differenz der mittleren Restnutzungsdauern zweier benachbarter Zustandsklassen gibt die mittlere Verweilzeit einer Haltung in der jeweiligen Zustandsklasse an. Abbildung 3.12 zeigt schematisch den Alterungspfad auf Grundlage von Überlebensfunktionen am Beispiel der Grundgesamtheit 18 (Steinzeug, SW-Kanal, 1970 - 1990).

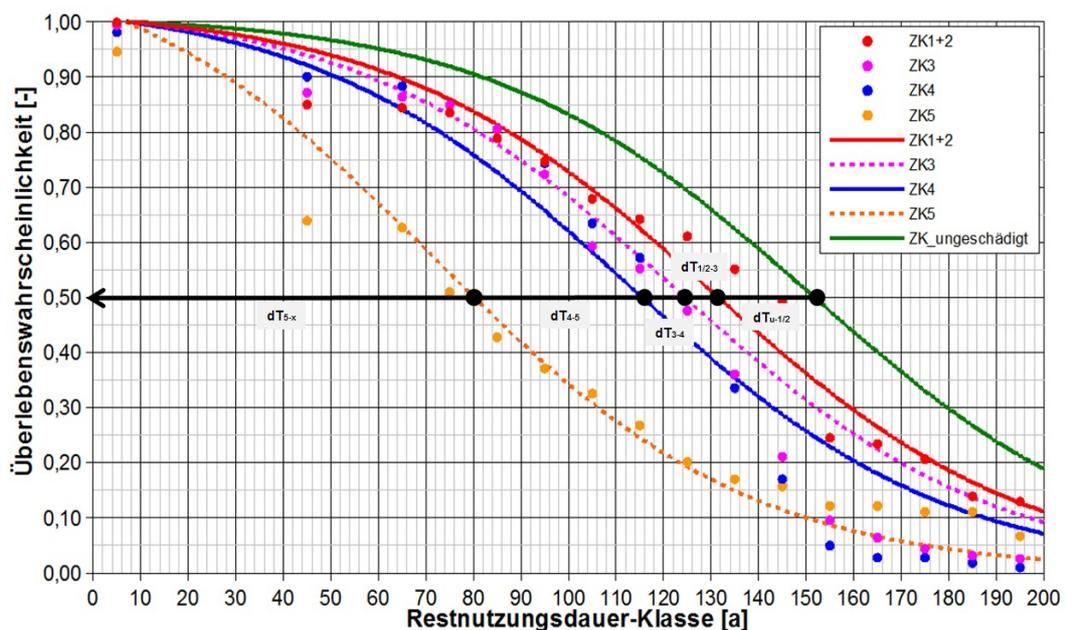
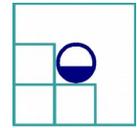


Abbildung 3.12: Beispiel für einen Alterungspfad auf Grundlage von Überlebensfunktionen (Grundgesamtheitsklasse 19, Stz, SW, Bj. 1970 - 1990)

Die Restnutzungsdauer für Haltungen der Zustandsklasse 0 und damit ungeschädigter Haltungen ergibt sich aus der Überlebensfunktion der Restnutzungsdauer aller geschädigten Haltungen. Es wird angenommen, dass die Restnutzungsdauer einer ungeschädigten Haltung in etwa der Restnutzungsdauer einer weitgehend ungeschädigten Haltung der jeweiligen Grundgesamtheit entspricht. Sie wird aus dem



Übergang der Überlebensfunktion in einen asymptotischen Verlauf (zwischen 2 % bis 5 %-Wert der Überlebensfunktion) ermittelt (s. Abbildung 3.13).

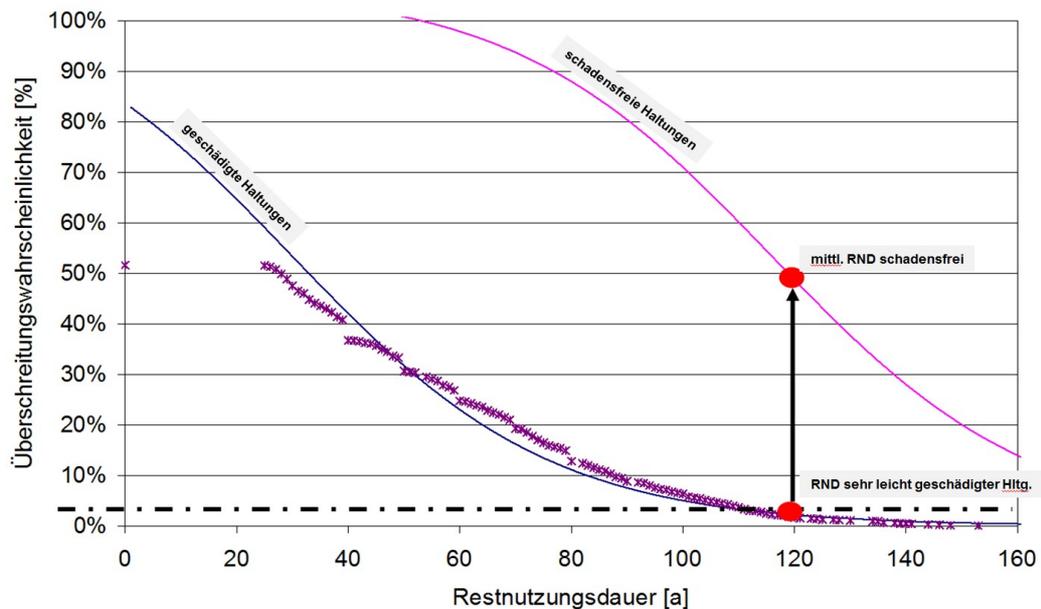


Abbildung 3.13: Schematische Darstellung der Ermittlung der Restnutzungsdauer ungeschädigter Haltungen auf Basis der Überlebensfunktion geschädigter Haltungen

Für jede Grundgesamtheit wurde eine Analyse des Alterungspfades vorgenommen und die Verweilzeiten in den Zustandsklassen bestimmt. Bei der Auswertung wurden in den Daten der Stadt Gütersloh Abweichungen zwischen der angegebenen Zustandsklasse einer Haltung und der, per Datenbankabfrage ermittelten, maximalen Schadensklasse einer Haltung festgestellt. Die Abweichungen werden auf manuelle Anpassungen, deren Grund nicht nachvollziehbar ist, zurückgeführt. Für die dargestellten Analysen zur Ermittlung des Alterungspfades wurde die maximale (schwerwiegendste) Schadensklasse innerhalb einer Haltung zu Grunde gelegt, da damit die plausibleren Ergebnisse erzielt werden konnten. Für die Analysen wurden zudem die Zustandsklassen ZK1 und ZK2 zusammengefasst.

Die ermittelten Verweilzeiten dT in den Zustandsklassen sowie die berechneten Restnutzungsdauern für ungeschädigte Haltungen, abhängig von der jeweiligen Klasse der Grundgesamtheit, sind in Tabelle 3.6 dargestellt.

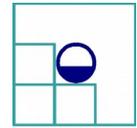


Tabelle 3.6: Ermittelte Verweilzeiten dT in den Zustandsklassen (Alterungspfad) für die betrachteten Grundgesamtheiten

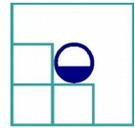
Nr. Grundgesamtheit	Charakteristik	mittlere Verweilzeiten dT in den Zustandsklassen [a]					RND ungesch.
		Nachlauf (5-x)	ZK 4 bis ZK 5	ZK 3 bis ZK 4	ZK 1(2) bis ZK 3	ungesch. bis ZK 1(2)	
14	Stz, 1950 - 1970	(68)	14	8	10	20	120
17	B, 1950 - 1970	(29)	15	10	11	7	72
18	Stz, 1970 - 1990	(80)	35	10	7	20	152
21	B, 1970 - 1990	(30)	14	25	20	16	105
22	Stz, >=1990	Annahme: wie Klasse 18					
25	B, >= 1990	(86)	11	25	22	26	170
42	B, begehbar	(58)	11	16	18	2	105

3.6 Sonstiges

3.6.1 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 werden.



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.

3.6.2 Bereits durchgeführte bauliche Sanierungen

Für die bereits durchgeführten Sanierungen der Stadt Gütersloh liegen haltungsscharfe Angaben vor (s. Kapitel 3.3). 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.

3.6.3 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 3.7 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.

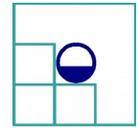


Tabelle 3.7: Grundsätze für den Ansatz der hydraulischen Erweiterungen

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.

3.7 Nutzungsdauern

Gemäß dem Modellansatz werden die Nutzungsdauern haltungsindividuell (nach dem Konzept der optimalen Nutzungsdauer) ermittelt. Darauf aufbauend wurden in Modul 1 (auf Basis statistischer Auswertungen) Vorschläge für betriebsgewöhnliche Nutzungsdauern für die betrachteten Grundgesamtheiten erarbeitet. Diese sind in Tabelle 3.8 und Tabelle 3.9 dargestellt.

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.

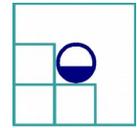


Tabelle 3.8: Vorschlag für den Ansatz betriebsgewöhnlicher Nutzungsdauern – Steinzeug

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

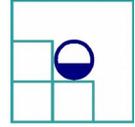
Tabelle 3.9: Vorschlag für den Ansatz betriebsgewöhnlicher Nutzungsdauern – Beton

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**

Für die Strategieberechnungen wird die Erneuerung der Haltung nach der jeweils individuell berechneten Nutzungsdauer der Haltung angesetzt (optimale Nutzungsdauer). Anschließend wird eine Nutzungsdauer analog zu der o. g. vorgeschlagenen betriebsgewöhnlichen Nutzungsdauer verwendet.



4 Strategieprognose

4.1 Sanierungsbedarf, Strategie und operative Planung

Bereits in Modul 1 wurde der Gesamtanierungsbedarf qualitativ und quantitativ ermittelt. Insgesamt wurden Gesamt-Sanierungskosten in Höhe von 115,6 Mio. € (brutto) berechnet. 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 Gesamtanierungskosten) ein (s. Zwischenbericht, Kapitel 5.3).

Im Rahmen der Erarbeitung der Sanierungsstrategie stellt sich jedoch die Frage, innerhalb welcher Zeiträume sowie unter welchen Randbedingungen (und operativen Entscheidungskriterien) die Abarbeitung dieses Bedarfes erfolgen soll. Eine zügige Umsetzung ist zwar aus ingenieurtechnischen Gesichtspunkten wünschenswert, wird jedoch zu einem hohen Budget- und Ressourcenbedarf mit ggf. starken Schwankungen führen. Eine langsame Umsetzung schont Budget- und Ressourcenbelastung, wird sich jedoch nachteilig auf Betriebssicherheit und Werterhalt auswirken und verstößt ggf. gegen wasserwirtschaftliche und rechtliche Anforderungen. Ziel ist deshalb, im Sinne eines aktiven Risikomanagements, eine Strategie zu erarbeiten, die die (teilweise) gegenläufigen technischen, rechtlichen und kaufmännischen Ziele sowie die Anforderungen der Stadt Gütersloh, im Sinne einer interdisziplinären Denk- und Arbeitsweise, vereint und die Akzeptanz aller Beteiligter findet. Gemäß DWA-A 143-14 soll die Sanierungsstrategie, neben den technischen (Dichtheit, Betriebssicherheit, Standsicherheit) und rechtlichen Teilzielen den Werterhalt des Kanalnetzes sicherstellen und eine Vergleichmäßigung von Investitionen, Betriebsausgaben sowie Ressourcen ermöglichen (s. Abbildung 4.1).

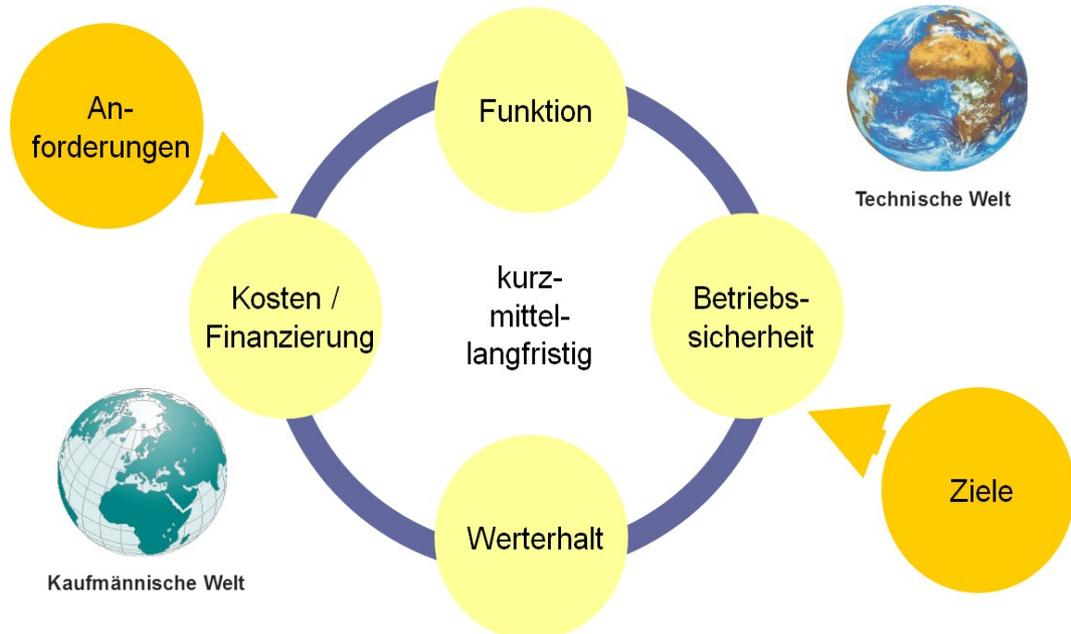
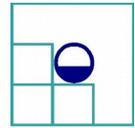


Abbildung 4.1: Risikomanagement im Kanalnetz – Abwägen der Ziele, Anforderungen und Auswirkungen

Abbildung 4.2 zeigt den Weg vom Sanierungsbedarf zur operativen Planung. Bindeglied sind strategische Planung, die Definition konkreter operativer Entscheidungsparameter sowie die (flächendeckende oder gebietsweise) Sanierungskonzeption als zielgerichtete Vorarbeit für eine effektive Umsetzung der erforderlichen Maßnahmen.

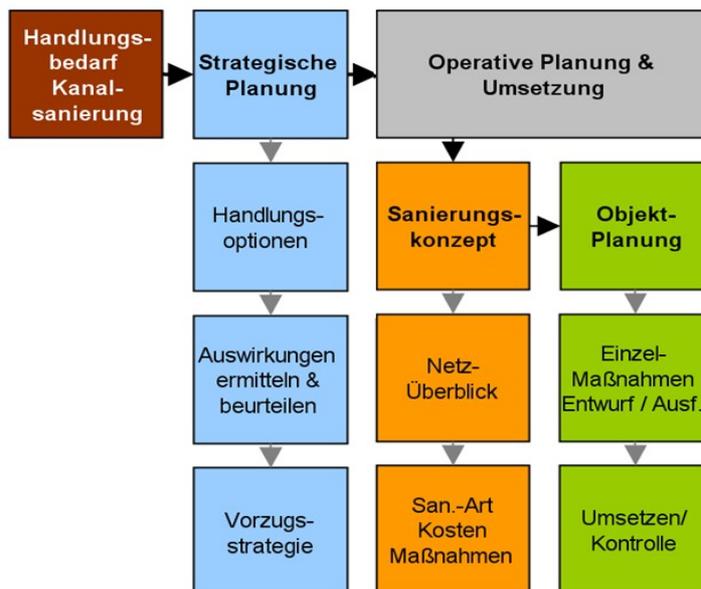
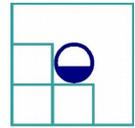


Abbildung 4.2: Vom Handlungsbedarf über strategische Planung zur Umsetzung



Zur Erarbeitung der Vorzugsstrategie werden im ersten Schritt mögliche Strategieszzenarien (auf Basis von konkreten Zielvorgaben und praxisorientierten Vorgabe von Entscheidungskriterien) definiert und diese im Hinblick auf ihre Auswirkungen auf Betriebssicherheit, Budgetentwicklung, Gebührenentwicklung und Substanzwert analysiert. In diesem Schritt erhält der Kanalnetzbetreiber eine Übersicht über die Möglichkeiten und Auswirkungen unterschiedlicher Handlungsoptionen sowie über die Bandbreite der möglichen Folgen unterschiedlicher Handlungsweisen. Darauf aufbauend wird die Vorzugsstrategie definiert und ausgewertet (s. Abbildung 4.3).

Die dargestellte Vorgehensweise entspricht den Vorgaben der europäischen Normung (DIN EN 752 sowie DIN EN 13654-2) nationalen Regelwerken (DWA-A 143-14). Die strategische Planung mit anschl. Sanierungskonzept (Planung im Netzüberblick) stellt das Bindeglied zwischen reiner Bedarfsermittlung (Sanierungsplan) und operativer Maßnahmenplanung / Umsetzung dar. Erst aufbauend auf die strategische Planung und Konzeption im Netzüberblick erfolgt die konkrete Planung und Umsetzung von Einzelmaßnahmen (s. Abbildung 4.4). Diese Vorgehensweise ermöglicht eine optimierte Arbeitsweise unter Berücksichtigung von Netzzusammenhängen, wirtschaftliche Lösungen und soll eine ständige Ad-Hoc-„Feuerwehrplanung“ vermeiden.

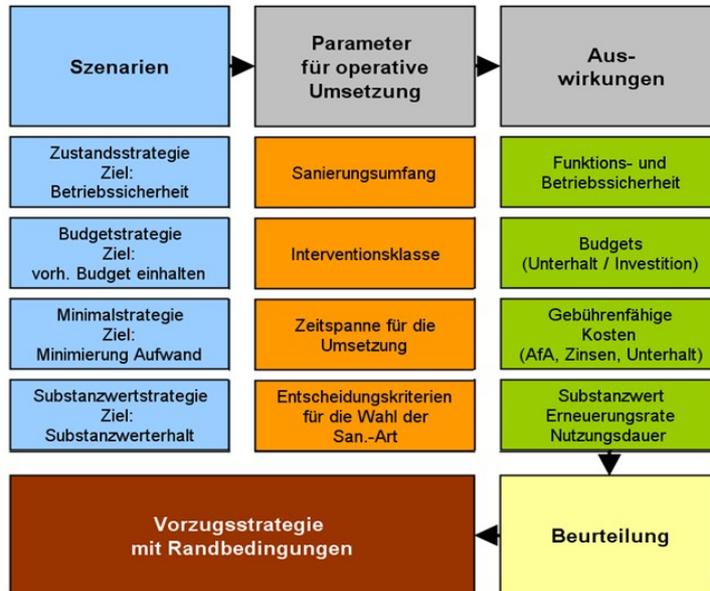
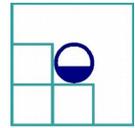


Abbildung 4.3: Erarbeiten einer Vorzugsstrategie durch Betrachten und Bewerten von Strategieoptionen

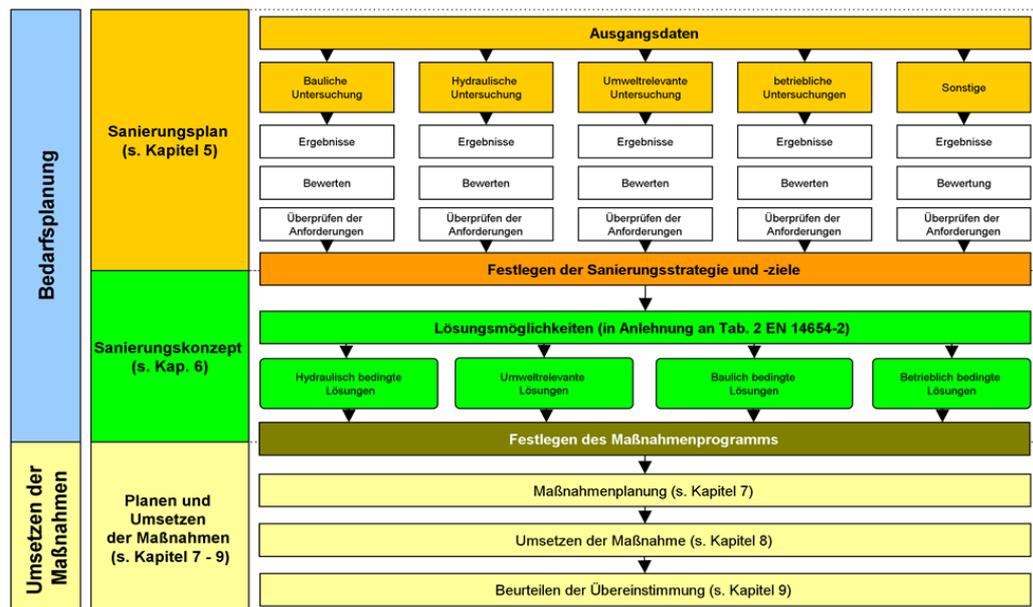
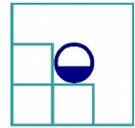


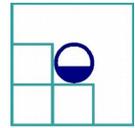
Abbildung 4.4: Planungsablauf gemäß DWA-A 143-1/ DIN EN 13654-2



4.2 Betrachtete Strategieoptionen

Zur Strategiemodellierung mit *stratIS-kanal* werden Entscheidungskriterien zur Maßnahmenwahl herangezogen, die an die praxisnahe Entscheidungsfindung eines Netzbetreibers angelehnt sind. Kriterien sind (die im Folgenden in Klammern genannten Werte beziehen sich auf den RW-Kanal; die Zustandsklassen verstehen sich gemäß Klassifizierung in Gütersloh, d. h. nach ISYBAU):

- Sanierungsumfang:
Definiert über Schadensklassen, welche Schäden innerhalb einer Haltung behoben werden sollen. Betrachtet wurden die Varianten aller Schäden (SK_{alle}) sowie vordringliche Schäden ($SK_{5-5(3)}$).
- Interventionsklasse IK:
Gibt die bauliche Zustandsklasse der Haltung (im Sinne der Dringlichkeit) vor, bei deren Erreichen eine Sanierung ausgelöst wird. Betrachtet wurden die Interventionsklassen $IK = 4(3)$ (Sanierung erfolgt frühzeitig, teilweise vorbeugend) bis $IK = 5$ (Sanierung erst bei Eintritt der dringendsten Zustandsklasse).
- Umsetzungszeitraum ΔT :
Zeitraum, innerhalb der die anstehenden Sanierungsmaßnahmen umgesetzt werden. Betrachtet wurden die Umsetzungszeiträume $\Delta T = 3a$ bis $\Delta T = 20a$, differenziert nach Reparaturen und Investitionen.
- Faktor zur Wahl der „höherwertigen“ San.-Art“ f_{IKBW} :
Für alle Szenarien wurde ein Faktor von 1,2 angesetzt (s. Kap. 3.1.2).
- Erhöhen der Erneuerungsrate durch Vorziehen von Erneuerungsmaßnahmen (optional, nur für Vorzugsstrategie angesetzt):
Nach Abschluss einer ersten Sanierungsphase (bis t_{\min} , z. B. in den ersten 20 Jahren) können gezielt Erneuerungsmaßnahmen vorgezogen werden, um einen konzentrierten Reinvestitionsbedarf in der Zukunft zu vermindern bzw. zu entzerren sowie um den Substanzwert zu steigern bzw. zu verstetigen. Parameter hierfür sind:
 - t_{\min} : Jahr, ab dem eine Erhöhung der Erneuerungsrate zugelassen wird
 - ZK_{Grenze} : Mindest-Dringlichkeit, ab der Haltungen zur vorgezogenen Erneuerung zugelassen werden.



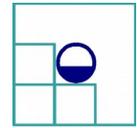
- Verhältnis IK_{Rep}/WBW : Mindest-Verhältnis zwischen Reparaturkosten und Wiederbeschaffungswert (im Sinne des aktuellen Neubauwertes), ab dem Haltungen zur vorgezogenen Erneuerung zugelassen werden.
- RBW_{min} : Eine vorzeitige Erneuerung wird erst zugelassen, wenn der vorgegebene Restbuchwert RBW_{min} unterschritten wird.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden zahlreiche Strategie-Möglichkeiten vorab berechnet und in Abstimmung mit der Stadt Gütersloh variiert. Ziel war, die Auswirkungen der unterschiedlichen Strategiemöglichkeiten auf das Netz der Stadt Gütersloh zu ermitteln, abzuschätzen und aus der Vielzahl an Möglichkeiten die aussagekräftigsten Optionen zu extrahieren, um eine entsprechende Bandbreite der Auswirkungen aufzuzeigen. Diese Berechnungen sind nicht dokumentiert, da sie lediglich Zwischenrechnungen darstellen.

Aufbauend auf die Vorab-Berechnungen wurden anschließend in Abstimmung mit dem AG Haupt-Strategie-Optionen ausgewählt und im Detail analysiert. Die Ergebnisse der Haupt-Strategien bildeten dann die Grundlage für die Definition und Erarbeitung einer Vorzugsstrategie.

Aufbauend auf die Vorgaben der Stadt Gütersloh wurden folgende Strategieoptionen untersucht:

- Zustandsstrategie I:
Es erfolgt die Sanierung aller Schäden, es wird ein eher deutlich vorbeugender Handlungszeitpunkt (Interventionsklasse) vorgesehen (bei Schmutzwasserkanäle bei Erreichen der Zustandsklasse 3, bei Regenwasserkanäle bei Erreichen der Zustandsklasse 4), für die Umsetzung wird im Wesentlichen ein Zeitraum von rd. 10a (bei Haltungen der Zustandsklasse 3 von 20a) vorgesehen.
- Zustandsstrategie II:
wie Zustandsstrategie I, jedoch werden Haltungen mit dringendem Sanierungsbedarf (ZK 5) innerhalb von 3a und damit schneller saniert.
- Zustandsstrategie III:
Es erfolgt die Sanierung aller Schäden, die Sanierung beginnt vorbeugend generell bei Erreichen der Zustandsklasse 4 (Interventionsklasse ZK 4), für die Umsetzung wird für Reparaturen ein



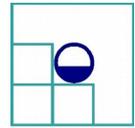
Zeitraum von 10a, bei Investitionen (Erneuerungen, Renovierungen) ein Zeitraum von 20a vorgesehen.

- **Minimalstrategie:**
wie Zustandsstrategie III, jedoch erfolgt die Sanierung erst bei Erreichen der Zustandsklasse ZK 5 (entspricht einer ereignisorientierten, getriebenen Handlungsweise, jedoch werden im Sanierungsfall alle Schäden einer Haltung behoben).
- **Reparaturstrategie:**
Saniert werden lediglich Schäden der Schadensklassen ZK 5 bis ZK 3, im Regenwasserkanal nur ZK 5 und ZK 4. Ausgeführt wird jeweils das günstigste Sanierungsverfahren (in der Regel wird repariert), Muffendichtheit wird ignoriert. Saniert wird erst beim Erreichen der Zustandsklasse ZK 5 (d. h. ereignisorientiert beim Eintritt eines dringenden Schadens). Ist die berechnete optimale Nutzungsdauer bereits erreicht, wird die Haltung weitere 20 Jahre durch Reparaturmaßnahmen in Betrieb gehalten (und damit die eigentlich fällige Reinvestition um 20 Jahre verzögert). Entspricht der „Feuerwehrstrategie“ (für die Dauer von 20 Jahren) und widerspricht den technischen und rechtlichen Anforderungen.

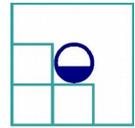
Die betrachteten Strategieoptionen sowie deren Entscheidungskriterien zur Maßnahmenwahl sind in Tabelle 4.1 dargestellt. Die Strategievergleiche wurden auf Grundlage der Stichprobe der inspizierten Haltungen (rd. 727 km Netz) durchgeführt.

Tabelle 4.1: Zusammenstellung der betrachteten Strategieszzenarien mit Entscheidungskriterien zur Maßnahmenwahl

Strategiebezeichnung	San.-Umfang	Interv.-klasse	Zeitraum		Alterung	Bemerkung
	ZK	IK	ΔT Rep.	ΔT Inv.		
Zustandsstrategie I	ZK 5 - 1	SW: ZK 3 RW: ZK 4	ZK5: 10a ZK4: 10a ZK3: 20a	ZK5: 10a ZK4: 10a ZK3: 20a	ja	Normale Umsetzung
Zustandsstrategie II	ZK 5 - 1	SW: ZK 3 RW: ZK 4	ZK5: 3a ZK4: 10a ZK3: 20a	ZK5: 3a ZK4: 10a ZK3: 20a	ja	Zügige Umsetzung
Zustandsstrategie III	ZK 5 - 1	ZK 4	10a	20a	ja	Angepasster Zeitraum
Minimalstrategie	ZK 5 - 1	ZK 5	10a	20a	ja	-
Rep.-strategie	SW: ZK 5-3 RW: ZK 5-4	ZK 5	10a	20a	nein	„Feuerwehrstrategie“



Wegen des bereits vorhandenen hohen Erneuerungsanteils in den Zustands-Strategien I bis III wurde in Abstimmung mit dem AG auf die Darstellung einer (theoretischen) Strategievariante „Erneuerungsstrategie“ (alle schadhafte Haltungen werden erneuert) verzichtet.



4.3 Zustandsentwicklung und Betriebsrisiko

Die Entwicklung der baulichen Zustandsklassen als das Maß für die Dringlichkeit von Sanierungen kann als Indikator für die Entwicklung der Betriebssicherheit herangezogen werden. Ziel einer vorbeugenden Strategie soll sein, die Zustandsklassenverteilung gegenüber dem Ausgangszustand (2015) zu verbessern. Kann dies erzielt werden, ist ebenfalls mit einer Verbesserung der Betriebssicherheit zu rechnen. Werden Sanierungen aber in zu geringem Umfang, zu langsam oder zu einseitig mit Reparaturen ausgeführt, besteht das Risiko, dass dringende Zustandsklassen über die Zeit schneller „nachwachsen“, als sie saniert werden können. In diesem Fall wird sich die Zustandsklassenverteilung gegenüber dem Ausgangszustand verschlechtern, was eine Verringerung der Betriebssicherheit nach sich zieht. Zur Beurteilung der Betriebssicherheit wurde deshalb mit dem Prognosemodell *stratis-kanal* die Entwicklung der Zustandsklassenverteilung für die betrachteten Strategien (auf Basis von Überlebensfunktionen sowie das daraus abgeleiteten Alterungspfades, s. Kapitel 3.5) bestimmt. Sie sind in Abbildung 4.5 bis Abbildung 4.10 dargestellt.

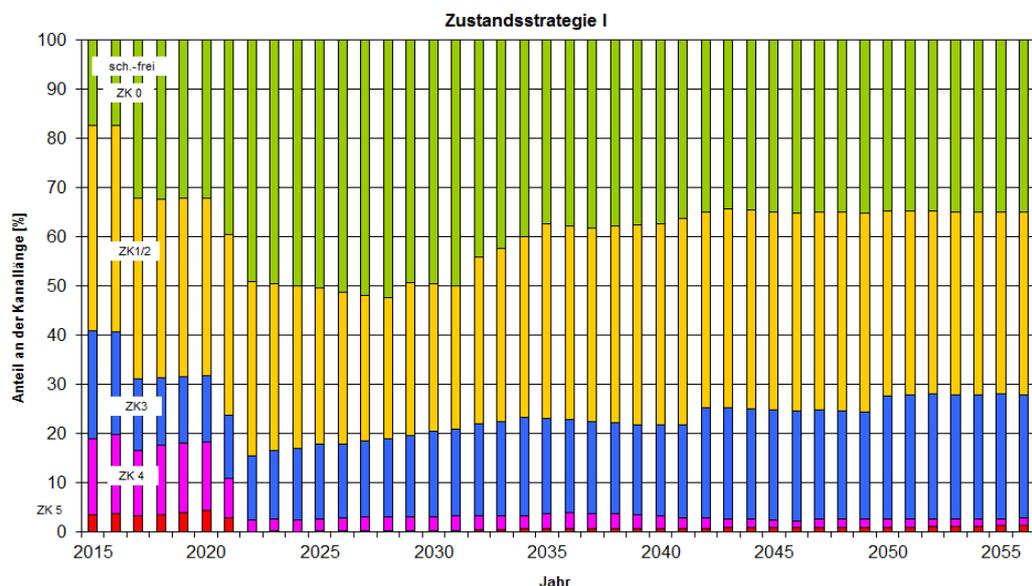


Abbildung 4.5: Entwicklung der Zustandsklassen als Maß für das Betriebsrisiko – Zustandsstrategie I

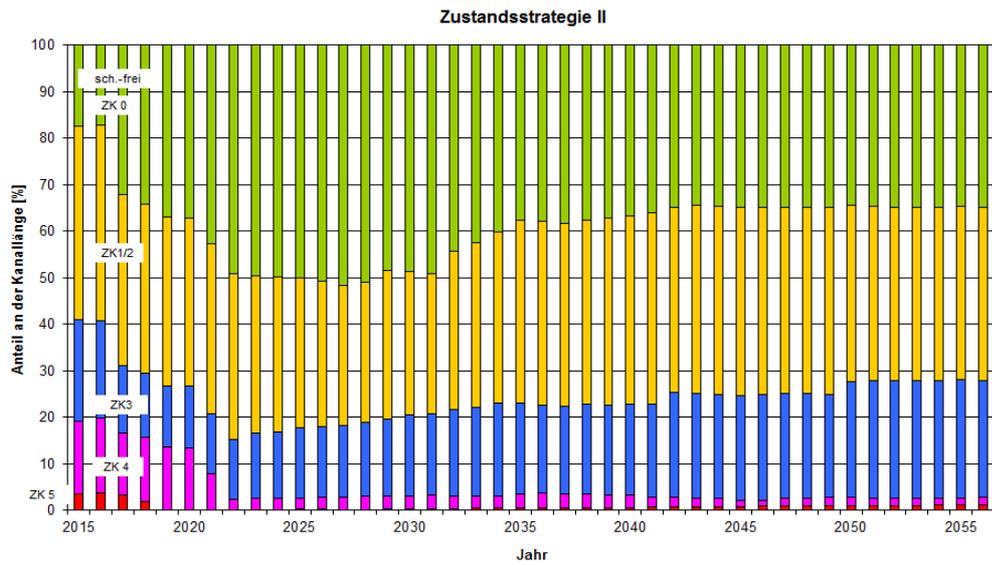
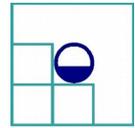


Abbildung 4.6: Entwicklung der Zustandsklassen als Maß für das Betriebsrisiko – Zustandsstrategie II

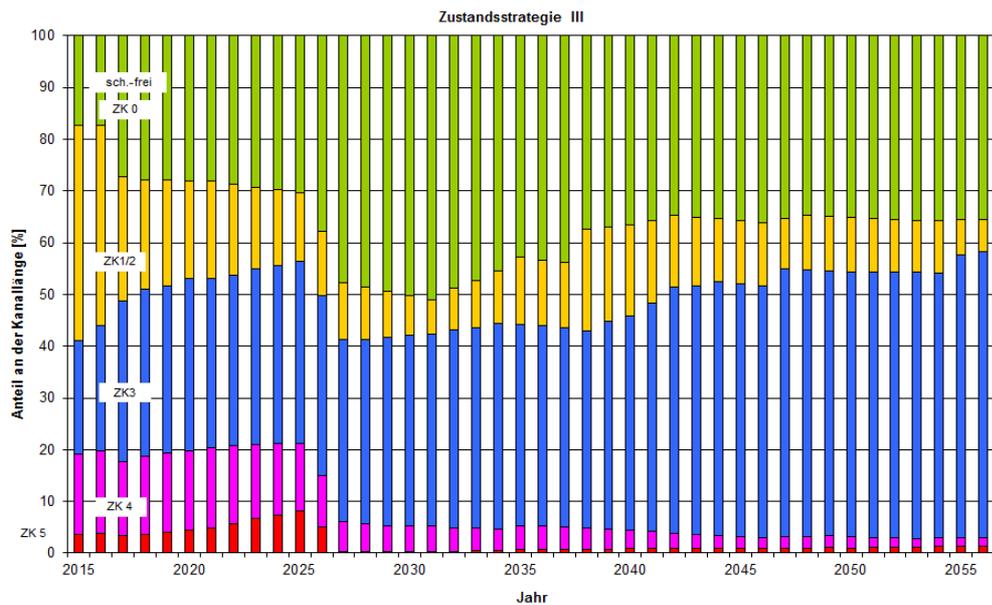


Abbildung 4.7: Entwicklung der Zustandsklassen als Maß für das Betriebsrisiko – Zustandsstrategie III

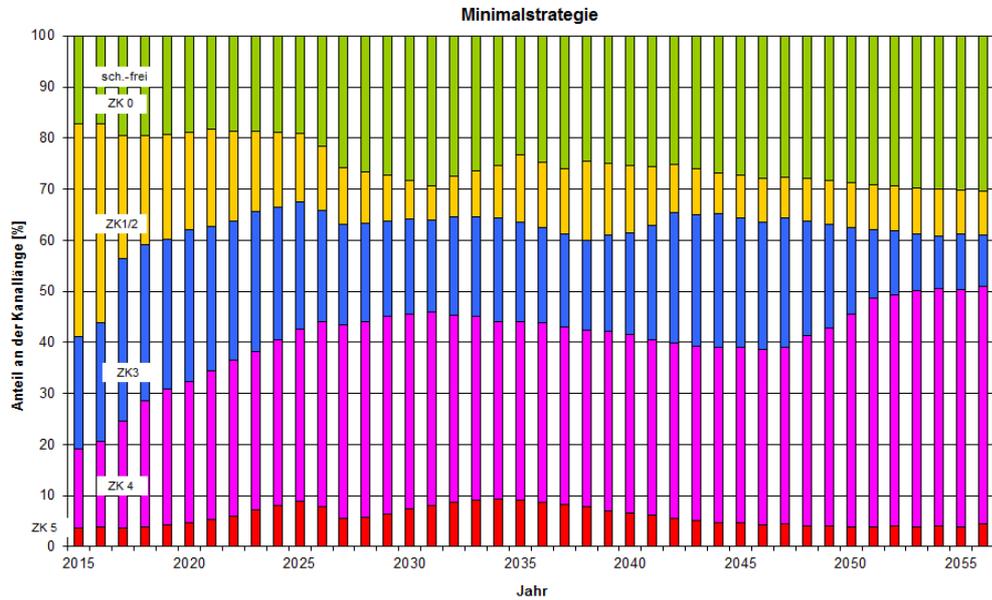
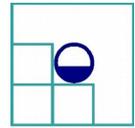


Abbildung 4.8: Entwicklung der Zustandsklassen als Maß für das Betriebsrisiko – Minimalstrategie

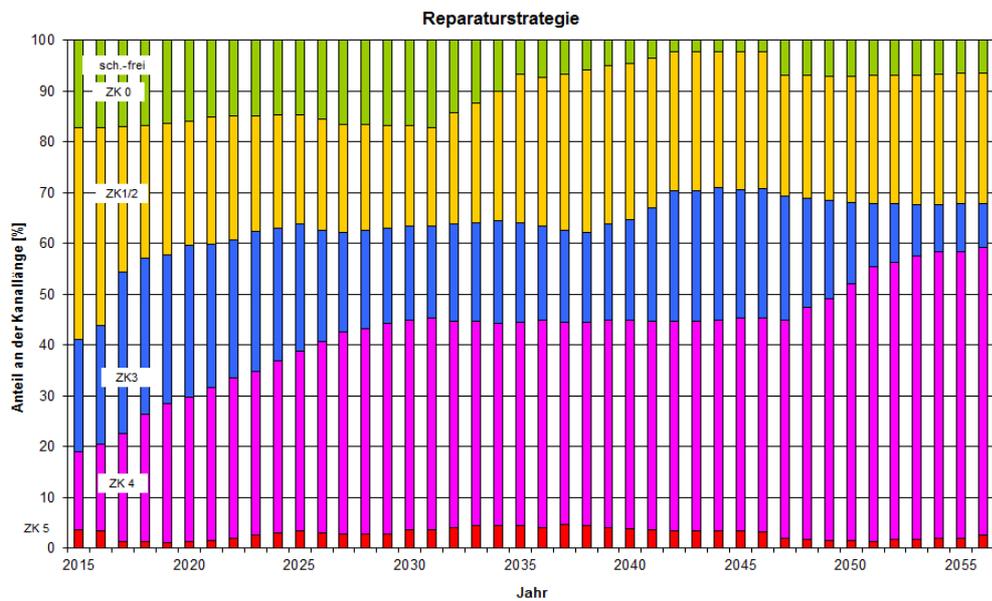


Abbildung 4.9: Entwicklung der Zustandsklassen als Maß für das Betriebsrisiko – Reparaturstrategie

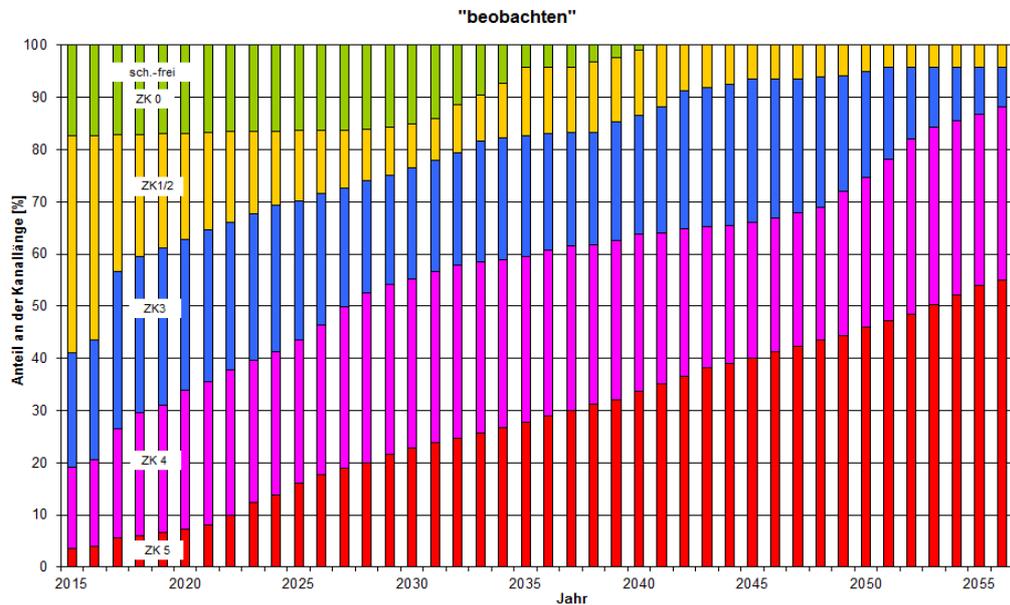
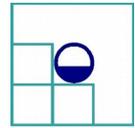
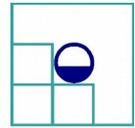


Abbildung 4.10: Entwicklung der Zustandsklassen als Maß für das Betriebsrisiko – „beobachten“

Mit den Zustandsstrategien I bis III gelingt es, die Betriebssicherheit innerhalb von 10 bis 15 Jahren stark zu verbessern. Nach rd. 15 Jahren hat sich der Anteil des vordringlichen Sanierungsbedarfes (ZK 5 und ZK 4) im Vergleich zum Ausgangszustand von 20 % der Netzlänge auf rd. 5 % der Netzlänge verringert. Diese Strategien stellen eine deutlich vorbeugende Handlungsweise dar. Mit der Umsetzung der Minimalstrategie oder der Reparaturstrategie nimmt die Betriebssicherheit stark ab, die Zustandsklassenverteilung verschlechtert sich entsprechend. Nach rd. 15 Jahren weisen bereits rd. 45 % der Bestandskanalnetzlänge einen vordringlichen Sanierungsbedarf auf. Hier gelingt es nicht, den durch Zustandsverschlechterung „nachwachsenden“ Sanierungsbedarf abzarbeiten. Werden keinerlei Maßnahmen ausgeführt, befinden sich nach 15 Jahren bereits rd. 55 % der Bestandslänge in einem vordringlichen Sanierungsbedarf.

Einen Vergleich der betrachteten Strategieszennarien im Hinblick auf die prognostizierte Zustandsklassenverteilung nach 15 Jahren (d. h. im Jahr 2030) zeigt Abbildung 5.2.



4.4 Budgetentwicklung

In Abbildung 4.11 bis Abbildung 4.15 ist die Budgetentwicklung für die betrachteten Strategieszzenarien dargestellt. Dabei wurde nach Reparaturkosten sowie Investitionskosten (jeweils Bruttokosten) differenziert. In Abstimmung mit der Stadt Gütersloh wurden Erneuerungen und Renovierungen (jeweils ganzer Haltungen) als Investitionen angesetzt.

Die Zustandsstrategien I und II zeigen in den ersten 10 Jahren einen hohen Budgetbedarf, der anschließend (rechnerisch) stark abfällt. In Zustandsstrategie II ist zudem eine stark schwankende Budgetentwicklung festzustellen. Es ist zu erwarten, dass der bereits hohe Anfangsbudgetbedarf von rd. 7 Mio. € bis 11 Mio. € die Stadt Gütersloh sowohl Budget- als auch organisatorisch und personell überfordern würde, eine derart schnelle Anpassung der Sanierungstätigkeiten erscheint unrealistisch. Die Zustandsstrategie III zeigt, durch die verlängerten Umsetzungszeiträume, einen geringeren Budgetbedarf und eine deutliche Vergleichmäßigung des Budgetbedarfes.

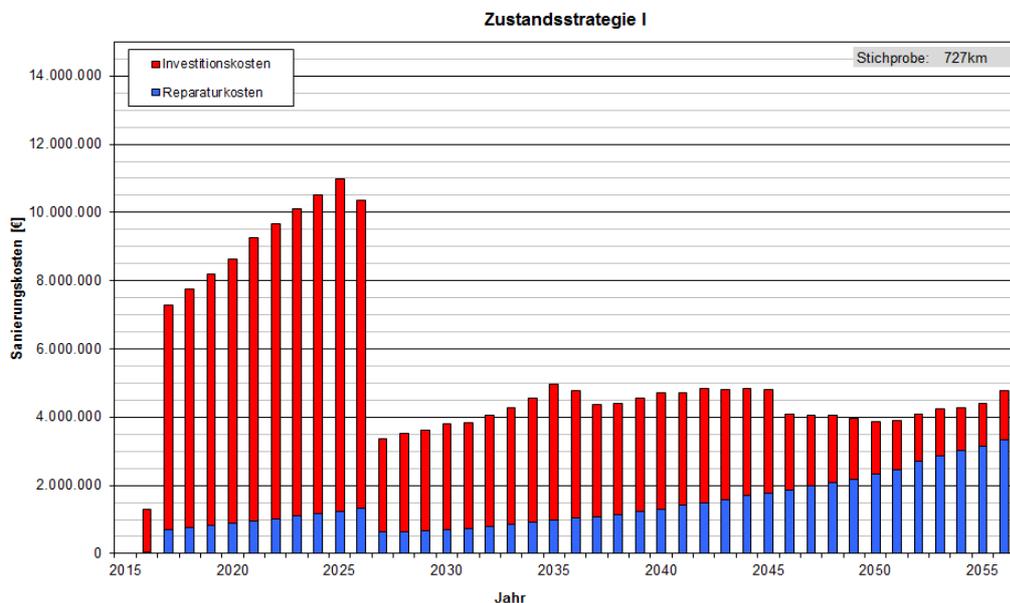


Abbildung 4.11: Budgetentwicklung (Bruttokosten)– Zustandsstrategie I

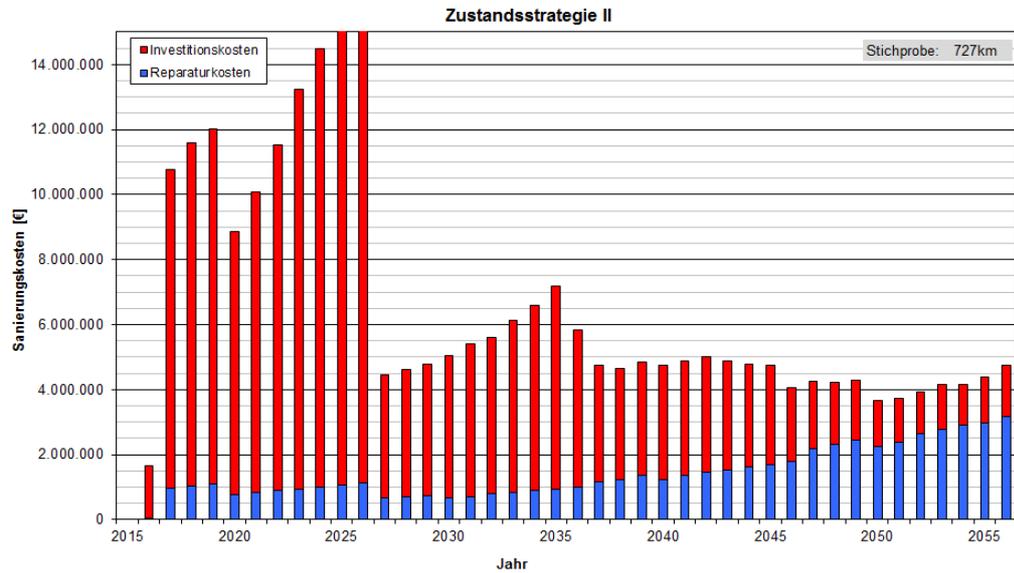
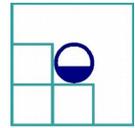


Abbildung 4.12: Budgetentwicklung (Bruttokosten) – Zustandsstrategie II

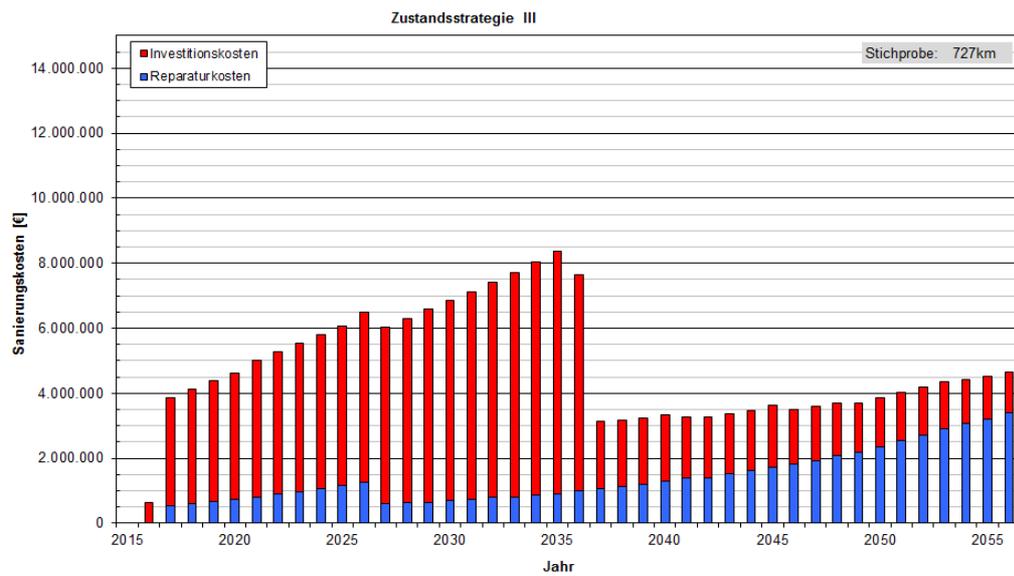


Abbildung 4.13: Budgetentwicklung (Bruttokosten) – Zustandsstrategie III

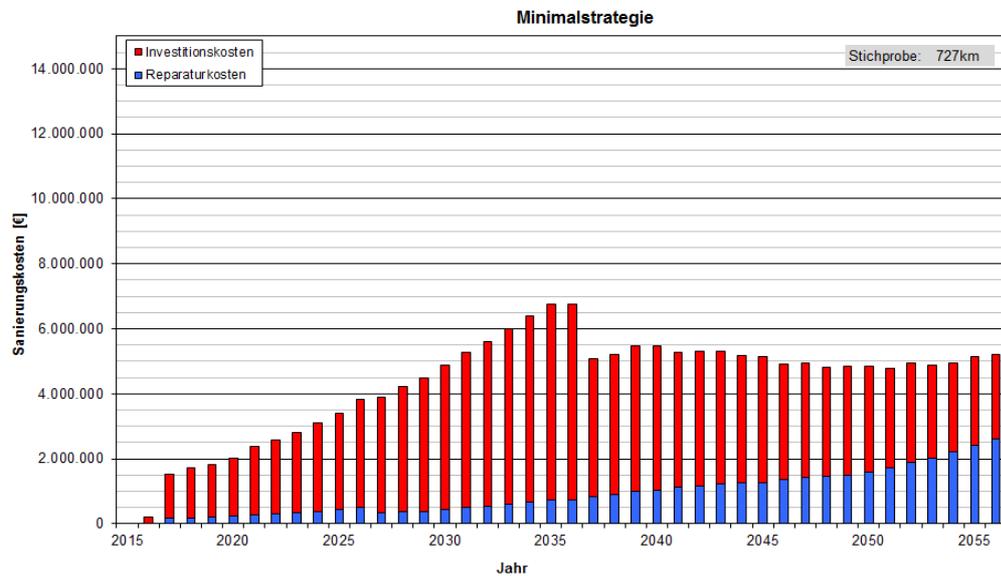
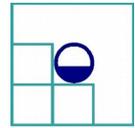


Abbildung 4.14: Budgetentwicklung (Bruttokosten) – Minimalstrategie

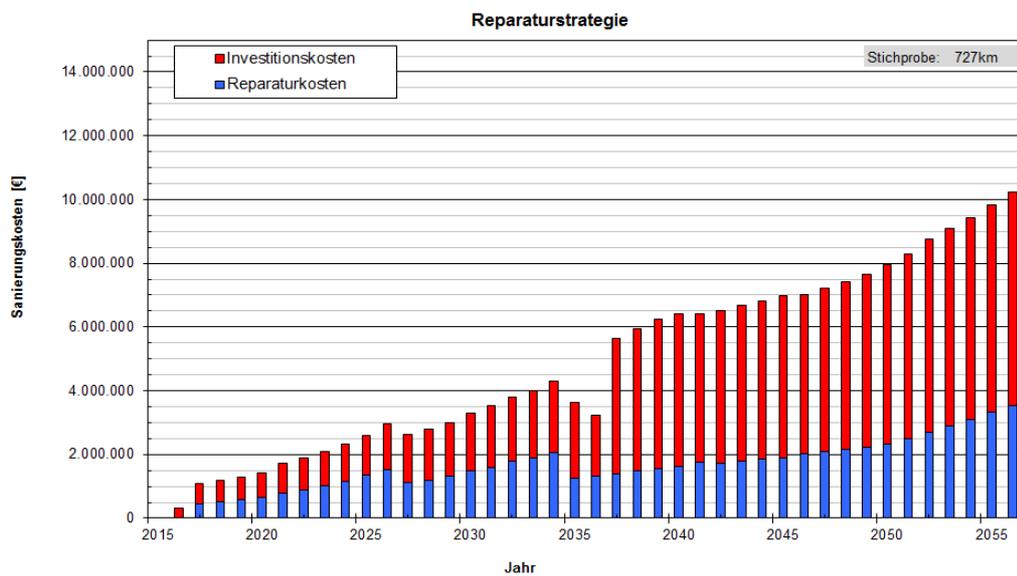
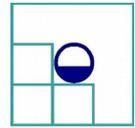


Abbildung 4.15: Budgetentwicklung (Bruttokosten) – Reparaturstrategie

Die Strategievariante „beobachten“ erzeugt naturgemäß keine Kosten.



4.5 Entwicklung der gebührenfähigen Kosten (Kanalnetz)

Für die Berechnungen der gebührenwirksamen Kosten wurden die Angaben der Kämmerei als Grundlage unverändert haltungsscharf übernommen. Die gebührenwirksamen Kosten (kalkulatorische Zinsen, Abschreibungen) wurden anschließend für den Betrachtungszeitraum näherungsweise fortgeschrieben. Als kalkulatorischer Zinssatz wurden 4 % angesetzt. Abschreibung wurden auf Basis der Wiederbeschaffungszeitwerte berechnet. Gemäß verwendeter Indexreihe der Stadt Gütersloh wurde eine näherungsweise Preissteigerung von rd. 3 % bestimmt. Entsprechend wurde zur Fortschreibung der Wiederbeschaffungszeitwerte als Preissteigerung 3 % angesetzt. Als kalkulatorische Nutzungsdauer wurden die von SiwaPlan erarbeiteten Vorschläge (s. Kapitel 3.7) für charakteristische Grundgesamtheiten (s. Kapitel 3.3) angesetzt.

In Abbildung 4.16 bis Abbildung 4.20 ist die Entwicklung der hier betrachteten gebührenfähigen Kosten nur für das Kanalnetz, ausgehend von den betrachteten Strategieszzenarien, dargestellt. Für die betrachteten gebührenfähigen Kosten wird nur die Wirkung der Strategieszzenarien auf die kalkulatorischen Abschreibung und Zinsen sowie die zusätzlichen Instandhaltungskosten aus Reparaturmaßnahmen abgestellt. Damit kann ein Ausblick auf die möglichen Gebührenentwicklungen gegeben werden. Die vollständige Gebührenentwicklung kann nicht betrachtet werden, zumal die Berücksichtigung der gebührenfähigen Kosten der Kläranlage, der Sonderbauwerke sowie weitere Kosten aus dem Kanalbetrieb nicht Bestandteil der vorliegenden Arbeit sind.

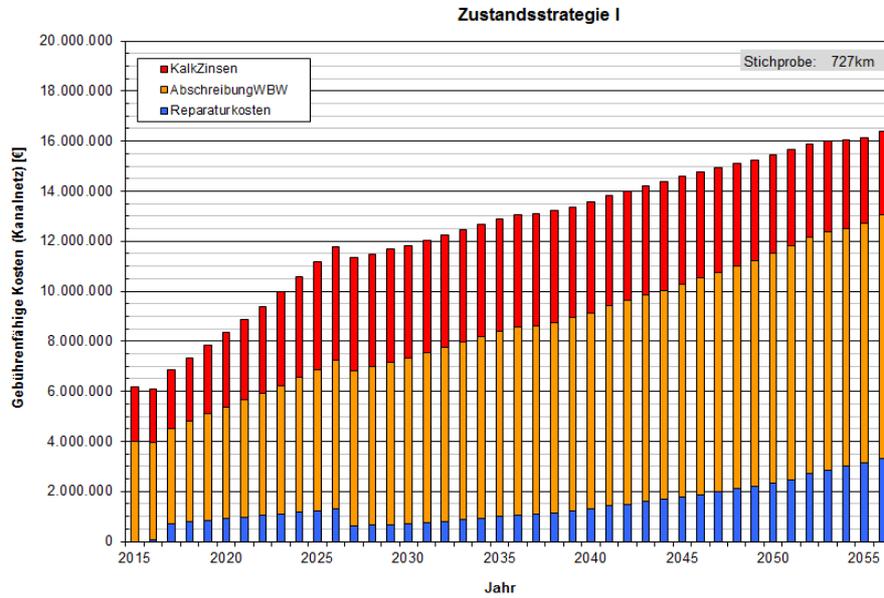
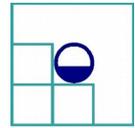


Abbildung 4.16: Entwicklung der gebührenfähigen Kosten für das Kanalnetz – Zustandstrategie I

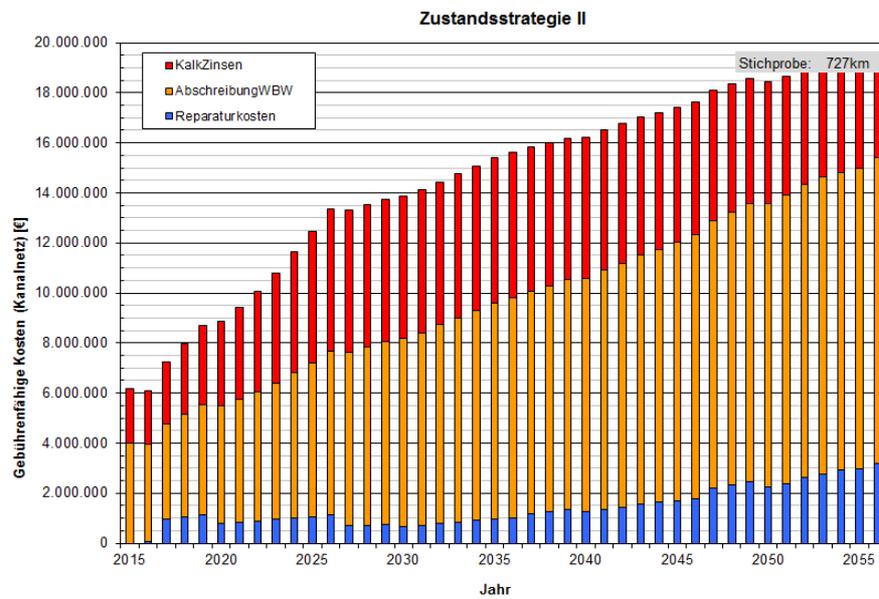


Abbildung 4.17: Entwicklung der gebührenfähigen Kosten für das Kanalnetz – Zustandstrategie II

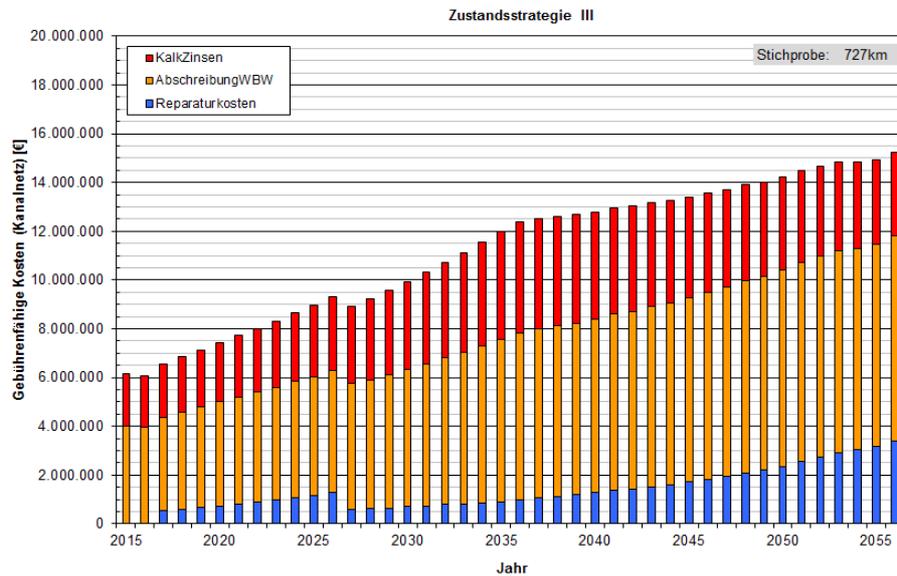
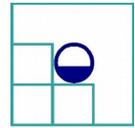


Abbildung 4.18: Entwicklung der gebührenfähigen Kosten für das Kanalnetz – Zustandstrategie III

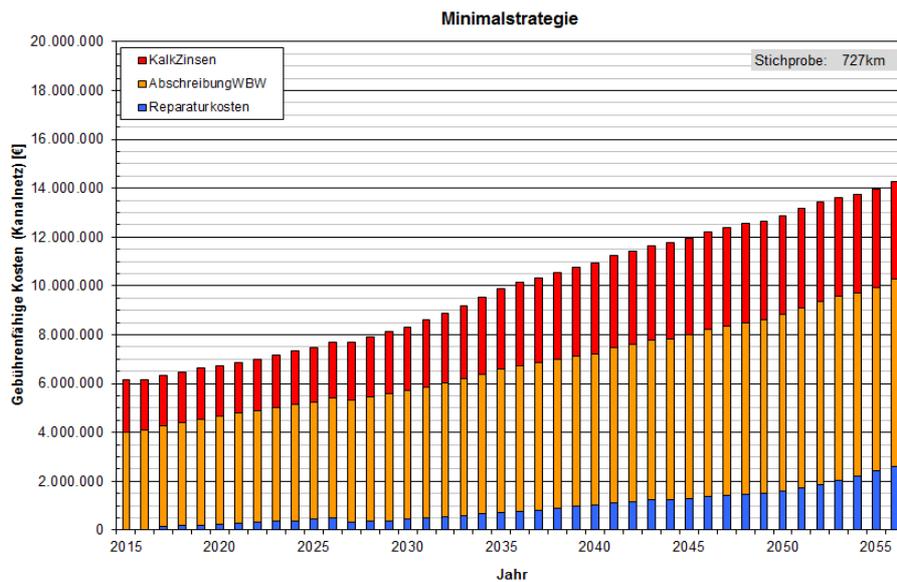


Abbildung 4.19: Entwicklung der gebührenfähigen Kosten für das Kanalnetz – Minimalstrategie

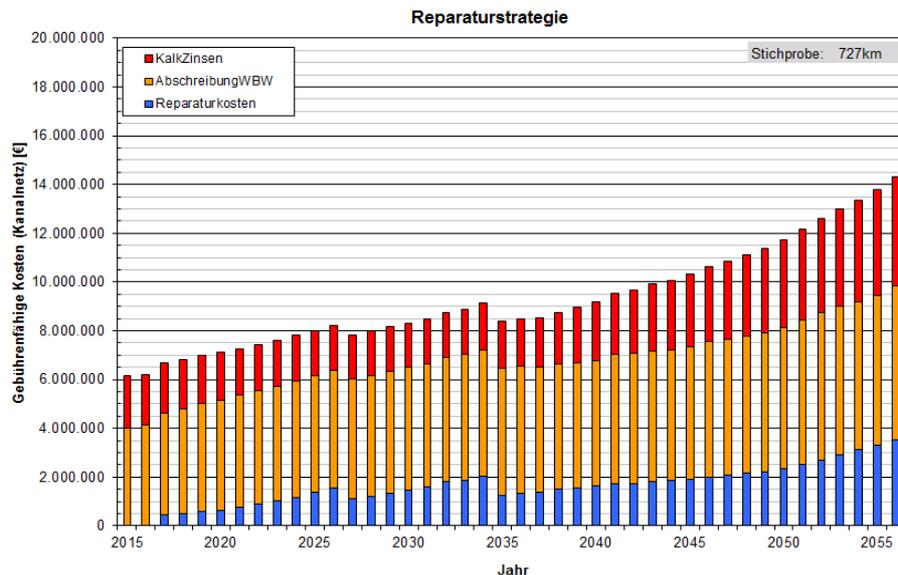
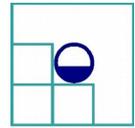
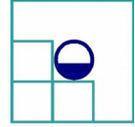


Abbildung 4.20: Entwicklung der gebührenfähigen Kosten für das Kanalnetz – Reparaturstrategie

Erwartungsgemäß erzeugen die Strategieoptionen der Zustandskategorien I und II einen, insbesondere in den ersten 10 Jahren, starken Anstieg der gebührenwirksamen Kosten. Bei Zustandsstrategie III wird der Anstieg deutlich geringer und konstanter. Er entspricht im Wesentlichen der (angenommenen) Preissteigerung von 3%. Bei Minimalstrategie oder Reparaturstrategie ist ein deutlich geringerer Anstieg der gebührenwirksamen Kosten zu beobachten. Der Kostenersparnis steht jedoch die deutliche Abnahme der Betriebssicherheit und der Netzverschleiß gegenüber.

Die Strategievariante „beobachten“ erzeugt naturgemäß keine gebührenfähigen Kosten.



5 Vorzugsstrategie

5.1 Randbedingungen

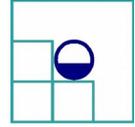
Grundlage für die Erarbeitung der Vorzugsstrategie war die Zustandsstrategie III. Im Spektrum der analysierten Strategieszzenarien war hier aus örtlicher Sicht der bestmögliche Ausgleich zwischen technischen Zielen, Verbesserung der Betriebssicherheit und Budgetbelastung gegeben.

Die Auswertungen zeigen, dass zur Umsetzung der erforderlichen Maßnahmen das Sanierungsbudget deutlich angehoben werden muss. Eine kurzfristige Anhebung ist dabei unrealistisch, da erst die Randbedingungen für eine deutliche Steigerung der Sanierungsleistung geschaffen werden müssen. Dies betrifft neben finanziellen auch personelle und organisatorische Ressourcen, sowohl im Bereich der Planung, der Umsetzung als auch in der Baubetreuung. Für die Vorzugsstrategie wurde deshalb angestrebt, aufbauend auf die Zustandsstrategie III, das Gesamtbudget (brutto) von anfangs rd. 4.5 Mio.€ pro Jahr innerhalb eines Zeitraumes von 20 a auf rd. 7.5 Mio. € nahezu zu verdoppeln und anschließend, auch zur vorbeugenden Entzerrung des zwischen 2060 und 2070 erwarteten Erneuerungspeaks, auf einem möglichst konstanten Niveau zu halten.

In einem iterativen Prozess wurden zahlreiche Berechnungen durchgeführt und mögliche Strategieparameter variiert. Ziel war insbesondere, ab 2021 die Erneuerungsrate moderat zu erhöhen. Augenmerk wurde dabei auf die Berücksichtigung des Restbuchwertes einer Haltung bei der Wahl der Sanierungsart gelegt.

In Abstimmung mit der Stadt Gütersloh wurden folgende Kenndaten für die Vorzugsstrategie ermittelt:

- Sanierungszeitpunkt (Interventionsklasse)
Eine Haltung wird saniert, wenn die Zustandsklasse 4 (oder schlechter) vorliegt. Grundlage ist hierfür die gemäß Zustandsverschlechterung (Alterungspfad) ab dem Inspektionszeitpunkt fortgeführte Zustandsklasse.
- Sanierungsumfang:
Ist die Interventionsklasse erreicht und wird die Sanierung einer Haltung durchgeführt, werden alle Schäden (einschl. ggf. vorhandenen undichten Muffen) behoben. Eine nur partielle Sanierung ausgewählter Schäden wird nicht durchgeführt.



- Sanierungszeitplan:
Reparaturmaßnahmen werden innerhalb von 10 Jahren umgesetzt. Für investive Maßnahmen (Renovierungen und Erneuerungen) wird, auf Grund des hohen Anteils in Gütersloh und unter Berücksichtigung der personellen und finanziellen Ressourcen, ein Zeitraum von 20 Jahren vorgesehen.
- Wahl der Sanierungsart:
Die Sanierungsart (Reparatur, Renovierung, Erneuerung) wird unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit bestimmt. Bei der Wirtschaftlichkeitsberechnung wird für Reparaturverfahren eine mögliche Zustandsverschlechterung als zusätzliche Preissteigerung (s. Kapitel 3.1.3.1) berücksichtigt. Als Investitionskostenbarwertfaktor wird $f_{IKBW} = 1,20$ zugelassen (s. Kapitel 3.2.4). Für potenziell undichte Haltungen wird grundsätzlich nur zwischen Renovierung und Erneuerung gewählt (s. Kapitel 3.6.1).
- Erhöhung der Erneuerungsrate ab 2035:
Ab 2035 fließt der Restbuchwert einer Haltung in die Wahl der Sanierungsart ein, um die Erneuerungsrate zu erhöhen und zum Werterhalt des Kanalnetzes beizutragen. Haltungen, deren Restbuchwert niedrig (unter 100 €) liegen und erhebliche Sanierungskosten aufweisen (Verhältnis der Sanierungskosten zum Wiederbeschaffungszeitwert größer 5 %) werden erneuert. Dies gilt jedoch nur für Haltungen der Zustandsklassen 4 oder 5 und sofern keine besonderen örtlichen Erschwernisse vorhanden sind.
- Eine Differenzierung nach Schmutzwasser- oder Regenwasserkanal wird nicht durchgeführt.

5.2 Betriebsicherheit

Wird eine entsprechende Strategie vorgesehen, ergibt sich der in Abbildung 5.1 dargestellte Zustandsklassenverlauf. Wird die Entwicklung der Verteilung der Zustandsklassen als Maß für die Betriebsicherheit aufgefasst, wird nach rd. 10 a eine deutliche Verbesserung der Betriebsicherheit erzielt und diese auch anschließend gehalten. Die Vorzugsstrategie stellt damit eine vorbeugende Strategie dar.

Einen Vergleich der betrachteten Strategieszzenarien einschl. Vorzugsstrategie im Hinblick auf die prognostizierte Zustandsklassenverteilung nach 15 Jahren (d. h. im Jahr 2030) zeigt Abbildung 5.2. Die Vorzugsstrategie entspricht im Hinblick auf die Betriebsicherheit im Wesentlichen der Zustandsstrategie III. Deutlich zu erkennen ist die Verbesserung gegenüber dem Ausgangszustand.

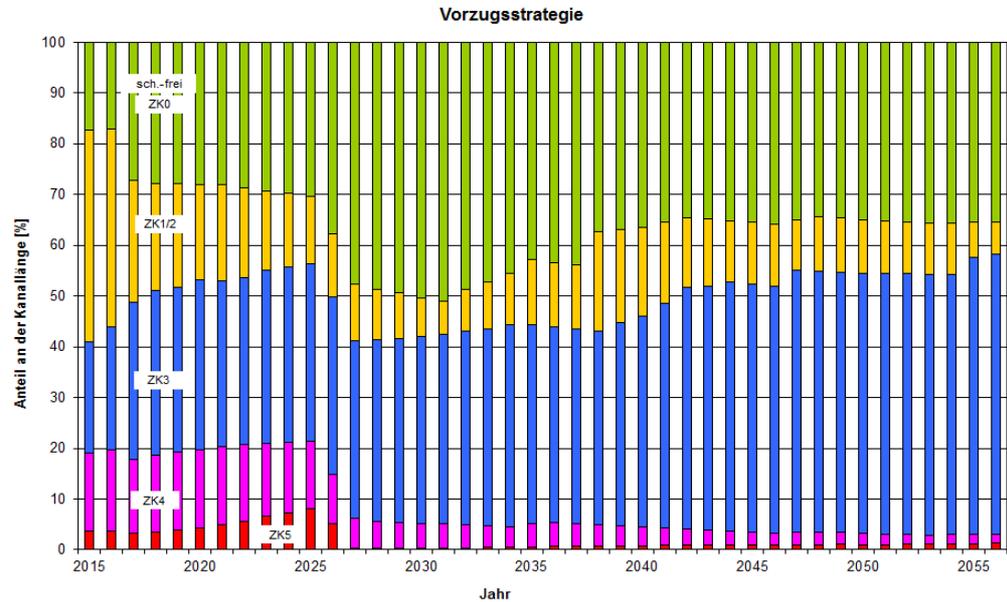
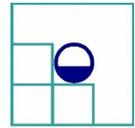


Abbildung 5.1: Entwicklung der Zustandsklassen als Maß für das Betriebsrisiko – Vorzugsstrategie

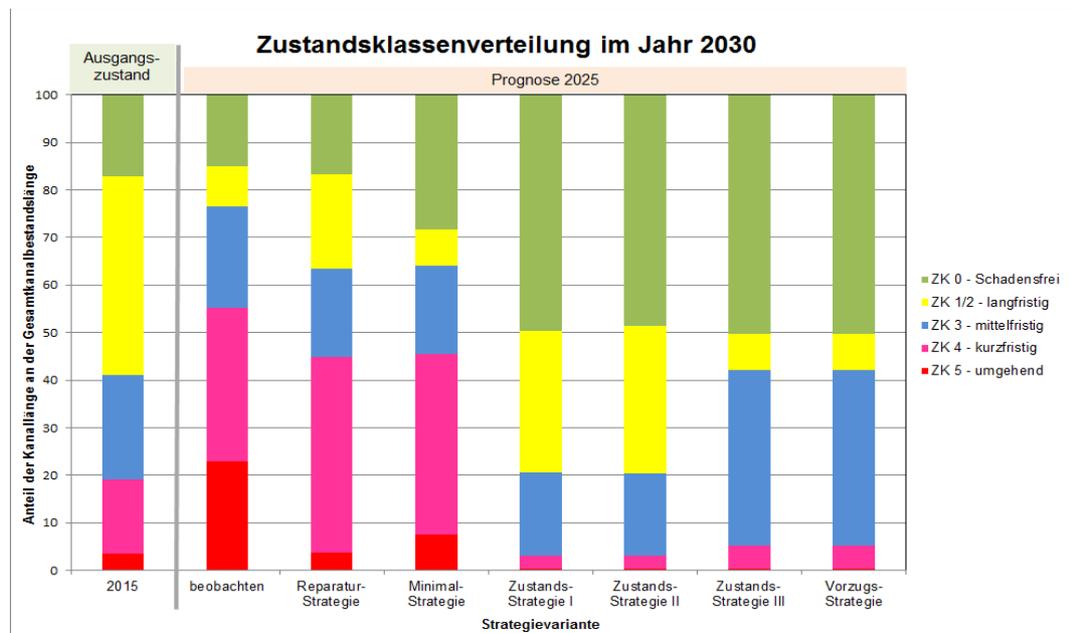
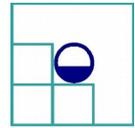


Abbildung 5.2: Zustandsklassenverteilung nach 15 Jahren (im Jahr 2030) – Strategievergleich



5.3 Gebührenfähige Kosten (Kanalnetz)

Abbildung 5.3 zeigt die Entwicklung der gebührenfähigen Kosten für die Vorzugsstrategie. Die Anforderung einer gleichmäßigen Entwicklung wird erfüllt. Die jährliche Steigerung beträgt rd. 3 % und entspricht damit der angesetzten nominalen Preissteigerung.

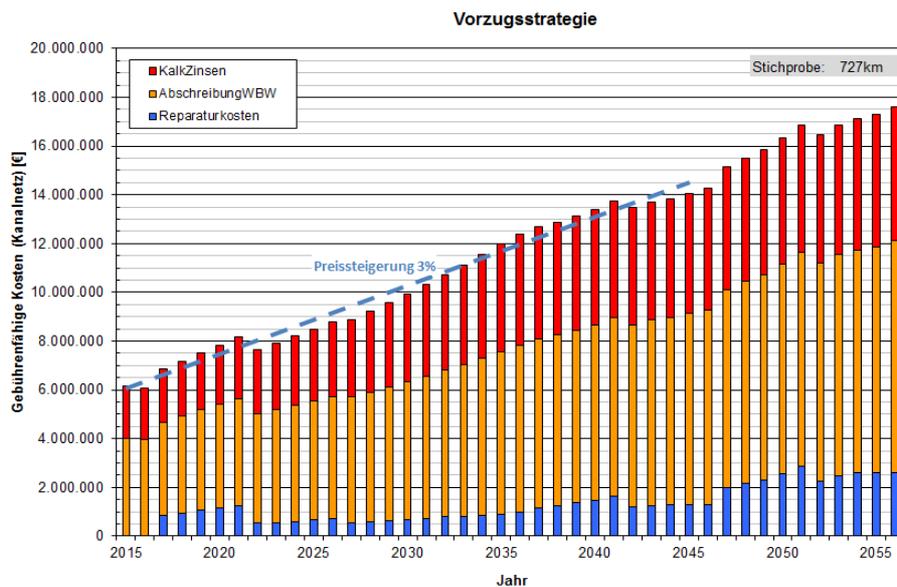


Abbildung 5.3: Entwicklung der gebührenfähigen Kosten für das Kanalnetz – Vorzugsstrategie

Abbildung 5.4 zeigt den Vergleich der Entwicklung der gebührenfähigen Kosten für die betrachteten Strategieoptionen einschl. der Vorzugsstrategie. Der Verlauf der Vorzugsstrategie stellt (unter Berücksichtigung der positiven Auswirkungen im Hinblick auf die Betriebsicherheit) einen guten Mittelweg zwischen den betrachteten Strategieoptionen dar.

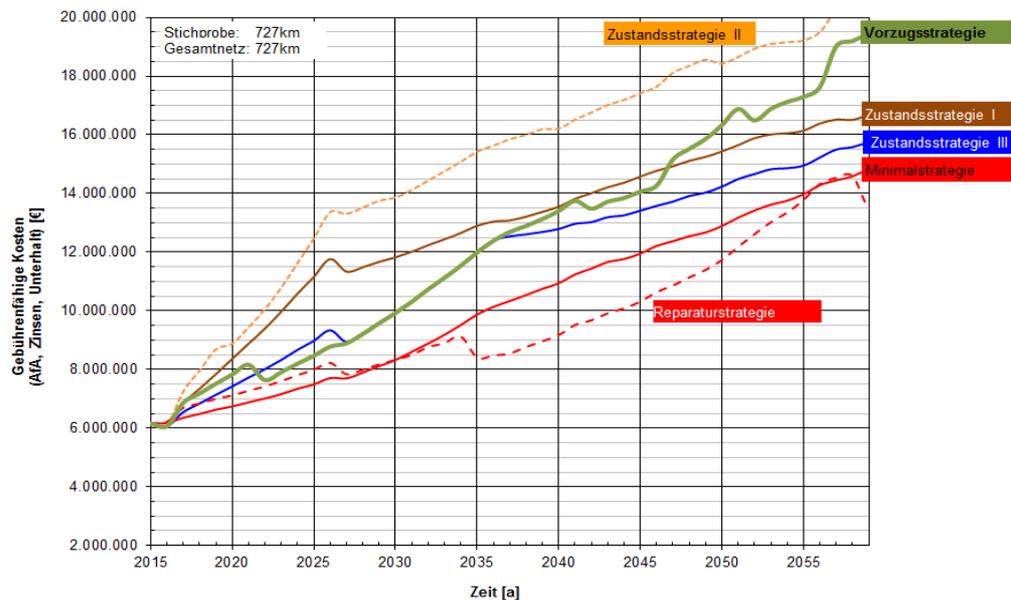
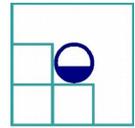
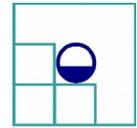


Abbildung 5.4: Gebührenfähige Kosten für das Kanalnetz – Strategievergleich

5.4 Budgetverlauf und -empfehlung

Der rechnerisch ermittelte Budgetverlauf ist in Abbildung 5.5 dargestellt.

Bei der Interpretation der rechnerisch vom Modell ermittelten Verläufe müssen die Modellgenauigkeit und die in relevanten Zeiträumen vorliegenden Grundlagen beachtet werden. Der Prognosezeitraum bis 10 Jahre (d. h. bis 2025) wird maßgeblich von den vorliegenden detaillierte Angaben zum Kanalzustand, den ermittelten Einheitspreisen und den heute bekannten Randbedingungen beeinflusst. In diesem Zeitraum hat das berechnete automatische Sanierungskonzept hohe Relevanz sowie hohe Detailgenauigkeit, die Zustandsverschlechterung noch vergleichsweise geringe Bedeutung. Die Prognosegenauigkeit wird entsprechend als sehr hoch eingeschätzt und die Aussagen besitzen eine hohe Detailgenauigkeit. Im Zeitraum zwischen 10 Jahren und 20 Jahren (d. h. zwischen 2025 und 2035) kommt der Zustandsverschlechterung und Alterungsprognose zunehmend Bedeutung zu, zugleich liegen meist noch konkrete Angaben zu außerplanmäßigen Erneuerungen / hydraulischen Maßnahmen oder aus städtebaulichen Gründen erforderlichen Erneuerungen vor (üblicherweise werden diese für einen Planungszeitraum von rd. 20 a erhoben). Ebenfalls haben in diesem Zeitraum die Ergebnisse des automatischen Sanierungskonzeptes immer noch Gültigkeit in vergleichsweise hoher Detaillierung.



Auch in diesem Zeitraum wird die Prognosegenauigkeit immer noch als hoch geschätzt. Ab einem Zeitraum von größer 20 Jahren (d. h. ab 2035) spielen die ermittelten Zustandsverschlechterungsparameter sowie Modellannahmen eine immer zunehmende Rolle, entsprechend nimmt die Detailgenauigkeit ab. Ab 20 bis 40 Jahren (d. h. 2035 bis 2055) stellen die Prognoseergebnisse unter nüchterner Betrachtung deshalb keine genauen Details mehr dar, sondern sind zunehmend als Tendenzen zu interpretierend sowie zum quantifizierenden Vergleich unterschiedlicher Strategien zu verwenden. Ab einem Zeitraum von größer 40 Jahren (d. h. ab 2055) wird empfohlen, die Ergebnisse lediglich als Tendenzen zu interpretieren. In jedem Fall sind jedoch vorhandene Peaks und sonstige starke Veränderungen der Verläufe zu berücksichtigen und zu interpretieren.

Entsprechend wurde vom unterzeichnenden Ingenieur eine Empfehlung für vorzusehende Budgetkorridore erarbeitet. Diese sind, zusätzlich zum rechnerischen Budgetverlauf, in Abbildung 5.5 dargestellt. Es wird empfohlen, das Sanierungsbudget von anfangs rd. 4.5 Mio.€ innerhalb von 20 Jahren auf rd. 7.5 Mio. € anzuheben und im weiteren Verlauf auf diesem Niveau zu belassen. Damit besteht die Möglichkeit, auch über das Jahr 2035 hinaus, erforderliche Erneuerungsmaßnahmen (z. B. aus städtebaulichen oder hydraulischen Gründen) durchzuführen sowie einen (auch vorbeugenden) Spitzenausgleich vornehmen zu können.

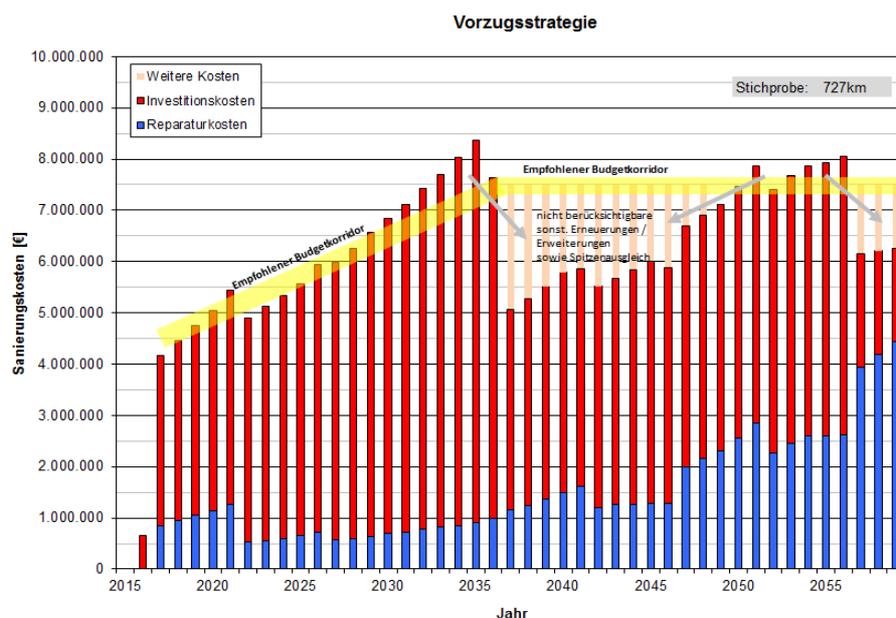
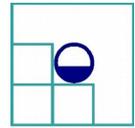


Abbildung 5.5: Berechneter Budgetverlauf und empfohlener Budgetkorridor - Vorzugsstrategie



5.5 Substanzwertentwicklung

5.5.1 Definition

Zur Beurteilung der mittelfristigen Auswirkungen von Sanierungsstrategien dient der relative Substanzwert als Maßstab. Der Substanzwert wird dafür bei der Ermittlung ins Verhältnis zum Wiederbeschaffungszeitwert gebracht.

Unter dem Substanzwert wird in diesem Zusammenhang der unter Berücksichtigung der bisherigen gebrauchsbedingten Abnutzung und der bekannten Mängel bestimmbare Wertansatz verstanden, für den das jeweils aktuelle Herstellungskostenniveau den Ausgangspunkt bildet. Der Substanzwert fußt daher auf einem Neuwert im Sinne des Wiederbeschaffungszeitwertes und bezieht alle bekannten, seinen materiellen Wert beeinflussenden Faktoren mit ein. Somit käme er im Falle einer (fiktionalen) Veräußerung des Wirtschaftsgutes Kanalnetz zu einem bestimmten Betrachtungszeitpunkt T für Verkäufer wie für den Käufer in seiner Qualität einem Verkehrswert nahezu gleich.

Sind die zustandsabhängigen Nutzungsdauern sowie Baujahr einer Haltung bekannt, kann haltungsscharf der Substanzwert zum Betrachtungsstichtag 2015 ermittelt werden.

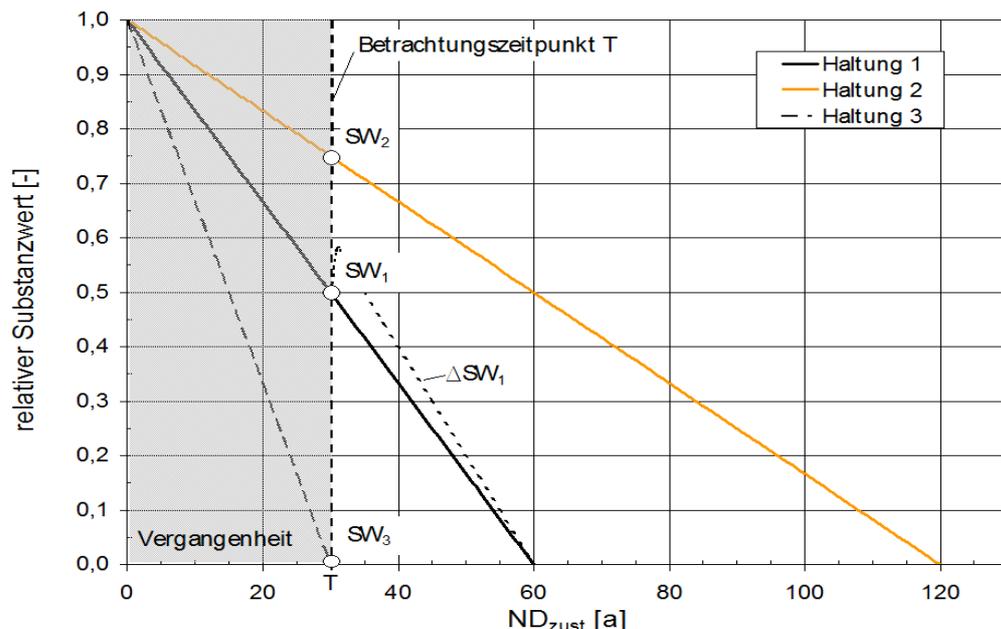
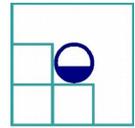


Abbildung 5.6: Schematischer Verlauf des Substanzwertes für Haltungen in unterschiedlichem Zustand (s. Wolf, 2006: Mitteilungen der Universität der Bundeswehr, Institut für Wasserwesen, Heft 95/2006))



Der Substanzwert ist zum Zeitpunkt 0 (Jahr der Erstellung der Haltung) gleich dem Wiederbeschaffungswert (im Sinne des aktuellen Neubauwertes) der Haltung. Zum Zeitpunkt der Erneuerung (d. h. Ablauf der Nutzungsdauer) beträgt der Substanzwert null. Wird ein linearer Abnutzungsverlauf angenommen, kann für einen beliebigen Zeitpunkt T der Substanzwert einer Haltung bestimmt werden, sofern Baujahr und Nutzungsdauer bekannt ist.

Abbildung 5.6 zeigt den schematischen Verlauf des Substanzwertes unterschiedlicher Haltungen. Haltung 3 ist in einem derart schlechten Zustand, dass eine Erneuerung notwendig ist. Entsprechend betragen ihre Restnutzungsdauer sowie ihr Substanzwert zum Betrachtungszeitpunkt T null. Haltung 2 ist in einem sehr guten Zustand. Da lediglich geringe Instandhaltungsmaßnahmen erforderlich sind, ist eine lange Restnutzungsdauer zu erwarten. Entsprechend besitzt diese Haltung einen hohen Substanzwert von 75 % des WBW. Haltung 1 ist ein Beispiel für eine Haltung mit deutlichen Defiziten, die mit entsprechendem Sanierungsaufwand verbunden sind. Dadurch reduzieren sich die Restnutzungsdauer sowie der Substanzwert auf 50 % des WBW.

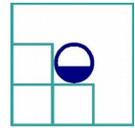
Langfristig soll ein Substanzwert von 0,5 sichergestellt werden. Dies bedeutet, dass im Mittel im Kanalnetz einer auszuwechselnden Haltung (rel. SW = 0) eine neue Haltung (rel. SW = 1) gegenüber steht (Mittelwert = 0,5). Ein Substanzwert unter 0,5 bedeutet den Aufbau eines Investitionsstaus, der in der Zukunft ausgeglichen werden muss.

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.

5.5.2 Auswertung

Abbildung 5.7 zeigt die ermittelten relativen Substanzwertverläufe für die betrachteten Strategieoptionen einschl. Vorzugsstrategie. Bei der Bewertung der Substanzwertverläufe ist zu beachten, dass der Substanzwert eines Kanalnetzes mit zunehmendem Alter zwangsläufig fällt. Ein fallender Substanzwert allein stellt deshalb für das Kanalnetz und dessen Betreiber noch kein Problem dar (und kann insbesondere bei jungen Netzen durchaus sinnvoll sein), sofern

- der relative Substanzwert nicht die Marke von 0,5 unterschreitet,
- auch bereits oberhalb von 0,5 kein dem tatsächlichen Alter des Kanalnetzes unangemessenes Substanzwertdefizit vorhanden ist und



- die weiteren Auswirkungen geringer Investitionen für das Kanalnetz nicht nachteilig sind (z. B. mit einhergehender Erhöhung des Betriebsrisikos)

Wird ein relativer Substanzwert von 0,5 unterschritten, wird ein Investitionsdefizit aufgebaut, das in der Zukunft (den Vorsatz eines funktionierenden Kanalnetzes vorausgesetzt) zwangsläufig ausgeglichen werden muss bzw. eingeplant werden muss. Ein Abfallen des relativen Substanzwertes oberhalb 0,5 des Wiederbeschaffungswertes (im Sinne des aktuellen Neubauwertes) dient als Warnsignal, muss jedoch entsprechend interpretiert werden. Der Substanzwert und dessen Verlauf stellen damit eine mehrere Parameter integrierende Bewertung dar.

Mit der Zustandsstrategie I und II wird der Substanzwert bis 2025 sogar angehoben. Da dann der bis dahin fällige technische Erneuerungsbedarf abgebaut ist, fällt der Substanzwert anschließend (mit der Altersentwicklung) wieder ab. Mit der „beobachten“-Strategie findet ein deutlicher Substanzwertverschleiß statt. Bereits nach 25 Jahren (rd. 2040) würde ein relativer Substanzwert von 0,5 unterschritten und ein Investitionsstau aufgebaut werden. Bei der Reparaturstrategie ist ebenfalls bis 2035 ein starker relativer Substanzwertverlust zu beobachten, da hier bereits aus technischer Sicht erforderliche Investitionen in die Zukunft verschoben werden. Da unterstellt wird, dass die Erneuerung einer Haltung nicht beliebig verzögert werden kann, sondern nach Ablauf der Nutzungsdauer quasi vom Netz erzwungen wird (sofern man vom Willen des Kanalnetzbetreibers ausgeht, eine funktionierende Netzinfrastruktur zu erhalten), müssen die bislang vernachlässigten Investitionen zwischen 2035 und 2055 nachgeholt werden. Entsprechend wird 2055 ein den Zustandsstrategien vergleichbarer Substanzwert erreicht, allerdings mit dem Nachteil dann fälliger, stark konzentrierter, Investitionen sowie einer signifikant zunehmenden Verschlechterung des Betriebsrisikos zwischen 2015 und 2055. Würden auch die vernachlässigten Investitionen ignoriert, würde ein Substanzwertverlauf eher parallel zu „beobachten“ eintreten.

Zustandsstrategie III und Vorzugsstrategie (im Hinblick auf die Substanzwertverläufe bis 2035 nahezu identisch) stellen einen Mittelweg dar. Der relative Substanzwert sinkt bis 2035 konstant nur leicht auf rd. 60 % des Wiederbeschaffungszeitwertes.

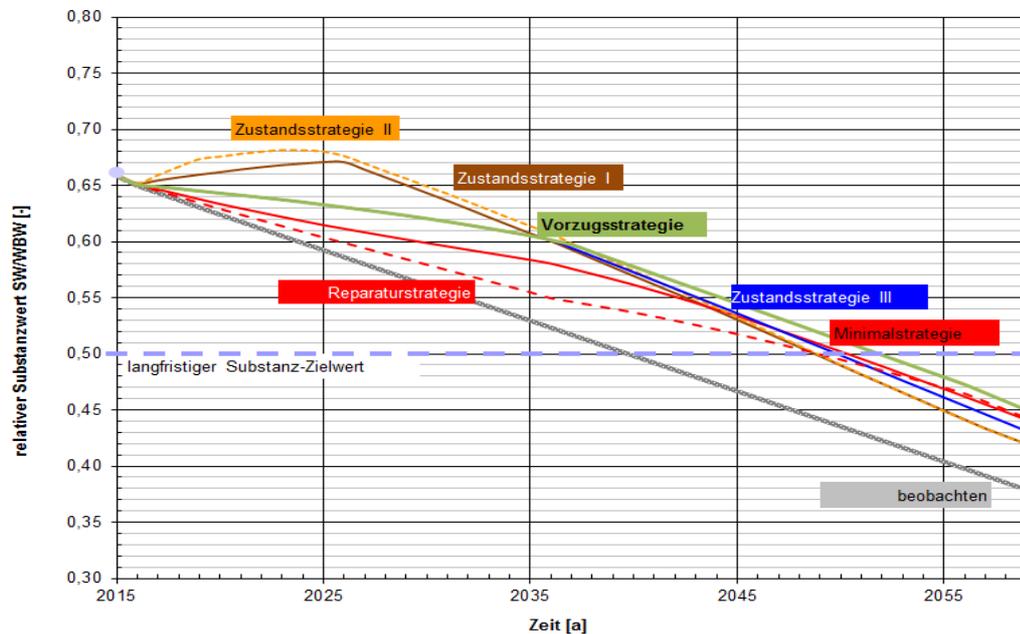
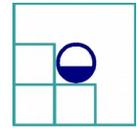


Abbildung 5.7: Substanzwertverläufe für die betrachteten Strategieoptionen einschl. Vorzugsstrategie

Junge Netze haben naturgemäß meist einen relativen Substanzwert über 0,5, trotzdem kann bereits (im Vergleich zu einem dem Netzalter angemessenen Zustand) ein Substanzwertdefizit vorhanden sein. Der ideale relative Substanzwert stellt ein Maß für einen dem Netzalter angemessenen Substanzwert dar. Er wird aus der Restnutzungsdauer des Kanalnetzes zu einem Zeitpunkt sowie der Nutzungsdauer des idealen Netzes (d.h. ungeschädigten) Kanalnetzes ermittelt. Der relative Substanzwert eines Kanalnetzes soll (sofern über 50 % des Wiederbeschaffungszeitwertes) die 90% (85 %)-Linie des idealen Substanzwertes nicht unterschreiten.

Abbildung 5.8 zeigt den relativen Substanzwertverlauf der Vorzugsstrategie im Vergleich mit dem idealen relativen Substanzwertverlauf sowie dessen 95 % bis 80 %-Werten. Zum Bewertungsstichtag liegt der relative Substanzwert des Kanalnetzes in Gütersloh auf einem Niveau von rd. 92 % des theoretischen idealen Substanzwertes. Durch die vorbeugende Strategie wird Abstand zum idealen Substanzwert über 20 Jahre hinweg konstant verringert, anschließend ist ein Verlauf entlang des idealen Substanzwertes zu beobachten. Im Vergleich zum idealen Substanzwertverlauf wird durch die vorgeschlagene Strategie eine relative Substanzwertverbesserung erzielt sowie ein Substanzwertdefizit über die Beobachtungszeit vermieden.

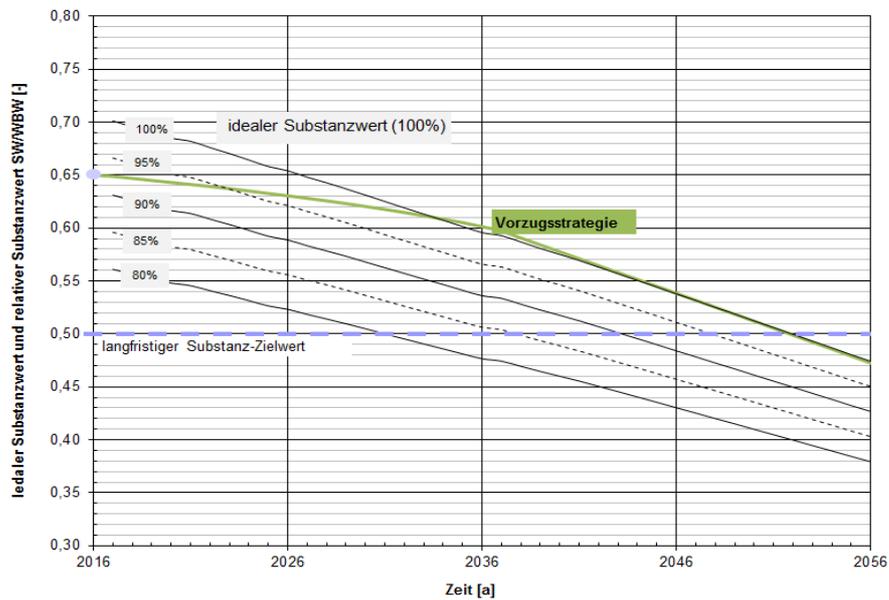
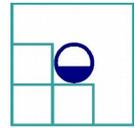
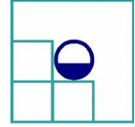


Abbildung 5.8: Substanzwertverlauf der Vorzugsstrategie und idealer Substanzwertverlauf

5.6 Sanierungskonzept – Haltungsliste

Die Ergebnisse des automatischen Sanierungskonzeptes wurden in einer Excel-Tabelle zusammengestellt und digital übergeben. Die verwendeten Felder sind in Anhang 1 beschrieben.



6 Allgemeine Anwendbarkeit

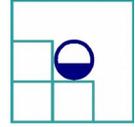
6.1 Vergleich mit Projekt Rheine

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.

Im Projekt für die Stadt Rheine wurden die Auswirkungen der bislang durchgeführten „Feuerwehrstrategie“ ermittelt und, darauf aufbauend, eine Vorzugsstrategie erarbeitet. In Rheine kam das Prognosemodell *AquaWertMin* zum Einsatz. *AquaWertMin* basiert auf reiner statistischer Modellierung von Zustandsklassen. Die Zustandsklassen werden unter Berücksichtigung der Schwere (Dringlichkeit) sowie Anzahl und Verteilung der Schäden innerhalb einer Haltung festgelegt (substanzorientierte Zustandsklassen). Aus der Substanzklasse werden dann (unter überschlägiger Berücksichtigung weiterer besonderer Einflüsse wie Anzahl von Anschlüssen oder große Versätze) Rückschlüsse auf die Sanierungsart gezogen. Sanierungskosten werden anschl. über pauschale Ansätze (€/m) zugeordnet. Eine eigenständige Substanzwertermittlung und Prognose erfolgt nicht, da die ermittelten Zustandsklassen bereits eine substanzorientierte Bewertung enthalten. Zum Einsatz kommt (analog zur Vorgehensweise in Gütersloh) eine Interventionsklasse. Als Differenzierung hat sich, analog zur Vorgehensweise in Gütersloh, die Unterscheidung nach Rohrmaterial Steinzeug und Beton bewährt. Ziel der Prognoseberechnungen war, innerhalb der durch die SÜwKan vorgegebenen Zeiträume ein vorgegebenes Zustandsziel mit minimierten Kosten zu erreichen (und beizubehalten).

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



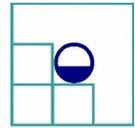
und detaillierten Sanierungsmaßnahmen und -kosten (s. Kapitel 3.1.4). Dieser Ansatz bietet den Vorteil, dass, gleichzeitig mit der Strategischen Planung, wertvolle praxisnahe Grundlagen für die konzeptionelle Planung im Netzüberblick geschaffen werden.

Ergebnis der Arbeit ist damit, neben den Zustands-, Substanz-, Risiko- und Gebührenprognosen für unterschiedliche Strategieoptionen, eine detaillierte haltungsscharfe Sanierungskonzeption, die, obwohl automatisch berechnet, auf detaillierten Ingenieurplanungsgrundsätzen aufbaut und bereits die Vorstufe für die konzeptionelle Planung bietet (s. Modellbeschreibung in Kapitel 3.1, u.a. Generierung von bis zu 3 Reparaturalternativen zzgl. Renovierung und Erneuerung, Berücksichtigung von Einzelmaßnahmen und Kosten, Durchführen einer Wirtschaftlichkeitsberechnungen zur Auswahl der Sanierungsart, Berücksichtigung von Nachbarbeziehungen von Maßnahmen usw.). Ein Beispiel der haltungsscharfen Ergebnisse ist als Anhang 2 (Haltungsprotokoll) beigelegt.

Im Rahmen der strategischen Planung besteht damit zusätzlich die Möglichkeit, detaillierter Kenngrößen für die weitere operative Planung und Umsetzung zu ermitteln und festzulegen. Kenngrößen der operativen Planung sind:

- Interventionsklasse (ähnlich wie Rheine, jedoch wurden zusätzlich Eintrittswahrscheinlichkeiten angesetzt)
- Zeitplan für die Umsetzung (ähnlich wie in Rheine)
- erforderliche Gesamtbudgets, differenziert nach Jahren und Sanierungsart (ähnlich wie in Rheine, jedoch basierend auf einem detaillierteren Kostenansatz)
- Ermittlung des anzustrebenden Sanierungsumfanges (zusätzlich)
- Ermittlung von weiteren Kriterien zur zusätzlichen Steuerung der Investitionsrate (und des Substanzwertes), z.B. durch Ermittlung des anzustrebenden Spielraumes bei der Wirtschaftlichkeitsberechnung sowie durch Kriterien zur Berücksichtigung des Restwertes der Haltung) (zusätzlich)
- Einbeziehen weiterer Steuerungsgrößen durch Differenzierung zwischen Substanzwert und Betriebssicherheit (gemäß DWA)

Im Vergleich zum Projekt Rheine wurde in Gütersloh eine Datenbasis mit höherer Detailgenauigkeit geschaffen (nutzbar für darauf aufbauende Sanierungskonzeptionen). Die Auswirkungen unterschiedli-



cher Strategieoptionen konnten differenzierter aufgezeigt werden. Zusätzlich wurden Nutzungsdauern und Wertentwicklung des Wirtschaftsgutes Kanalnetz betrachtet. Eine direkte Vergleichbarkeit der Ergebnisse ist auf Grund der unterschiedlichen Netzeigenschaften in Rheine und Gütersloh jedoch nicht möglich.

6.2 Vergleich mit Projekt Bergisch-Gladbach

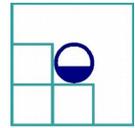
Im Projekt für die Stadt Bergisch Gladbach wurden Hinweise und Vorgaben für die „Direkte und indirekte Zuordnung von Werten des Sachanlagevermögens zu Vermögensgegenständen unter Berücksichtigung von technischen Qualitätsmerkmalen, zur Sicherung des kommunalen Vermögens“ erarbeitet. Die Arbeit behandelt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



sung 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.

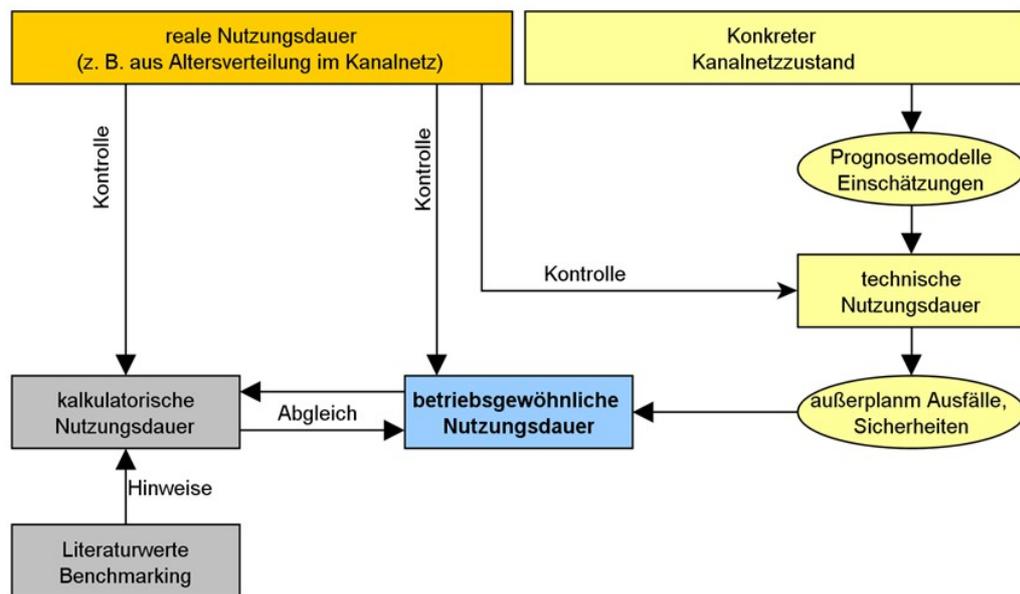
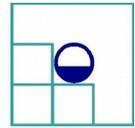


Abbildung 6.1: Zusammenhang zwischen kalkulatorischer Nutzungsdauer, betriebsgewöhnlicher Nutzungsdauer sowie konkretem Kanalnetzstatus (in Anlehnung an DWA-M 143-14)

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.

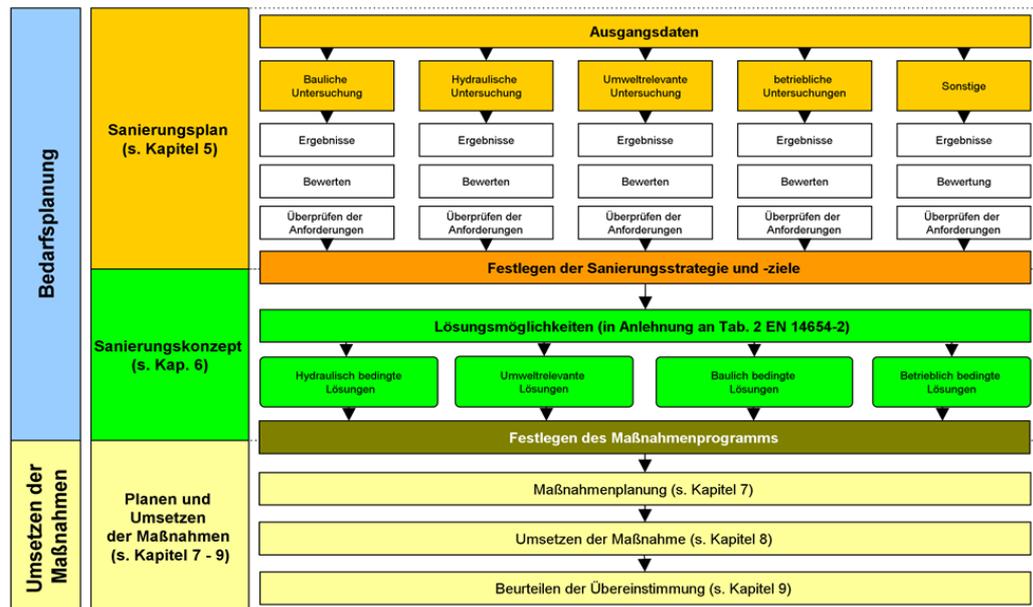
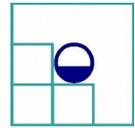


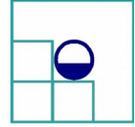
Abbildung 6.2: Planung als Prozess – wesentliche Schritte in Anlehnung an DIN EN 14654-2 und DWA-A 143-1

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, wesentliche Grundlagen für die konzeptionelle, flächendeckende operative Kanalsanierungsplanung vor. Eine entsprechende Vorgehensweise erscheint auch für andere Kanalnetzbetreiber zielführend. Es werden erhebliche Synergieeffekte zwischen Strategieplanung und Konzeptioneller Planung (wie in DWA-A 143-1 angestrebt) gesehen. Die dargestellten Vorgehensweisen sind auch auf andere Netzbetreiber übertragbar.



7 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

7.1 Zusammenfassung

7.1.1 Untersuchungsgebiet

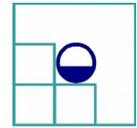
Grundlage für die vorliegende Arbeit bildeten die im Kanalinformationssystem (KIS) der Stadt Gütersloh vorhandenen Kanalstamm- und Zustandsdaten. Zum Untersuchungsgebiet gehören Schmutz- sowie Regenwasserkanäle einschließlich Grabenverrohrungen im Besitz der Stadt Gütersloh. Mischwasserkanäle sowie Kanäle 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 Zu-



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

Ebenfalls wurden die Alterungspfade zur Modellierung der Verschlechterung der Zustandsklassen analysiert und ins Modell integriert.

7.1.4 Hydraulische Sanierungen und Muffendichtheit

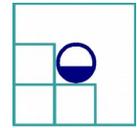
Geplante hydraulische Kanalerweiterungen sowie bereits durchgeführte Kanalsanierungsmaßnahmen haben Einfluss auf die Nutzungsdauern sowie die erforderlichen Sanierungsbudgets. Entsprechende Angaben des AG wurden haltungsscharf übernommen.

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 ist 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 vom bisher durch die Stadt Gütersloh berechneten Wiederbeschaffungszeitwert ab. Während beim durch *stratIS-kanal* bestimmten Neuwert aktuelle Erneuerungskosten, aktuelle Randbedingungen (soweit bekannt) sowie ein ver-



einfachtes Massenverfahren zu Grunde gelegt werden, wird der Wiederbeschaffungszeitwert in Gütersloh auf Basis von historischen Anschaffungskosten und örtlichen Indexreihen berechnet.

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

Aufbauend auf die haltungsscharf ermittelten optimalen Nutzungsdauern und statistischen 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

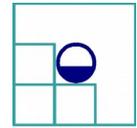


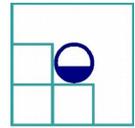
Tabelle 7.2: Vorschlag für den Ansatz betriebsgewöhnlicher Nutzungsdauern – Beton

Baujahresklasse	Dimensions- klasse	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 Strategieprognose und Vorzugsstrategie

Auf Basis des Zustandsprognosemodells stratIS-kanals wurden mehrere mögliche Strategieoptionen im Hinblick auf ihre Auswirkungen auf Betriebsrisiko, erforderliche Budgets, gebührenfähigen Kosten für das Kanalnetz sowie Substanzwert beurteilt. Die Spannbreite der analysierten Strategieoptionen reichte dabei von einer technisch optimalen Strategie mit zügigem Zeitplan (Optimum) bis hin zu einer Reparatur(Feuerwehr)strategie sowie einer theoretischen ‚beobachten‘-Strategieoption (Minimum sowie theoretisches Minimum). Daraus wurde in Abstimmung mit allen Beteiligten der Stadt Gütersloh sowie mit den Beteiligten der Aufsichtsbehörden die Ziele der Vorzugsstrategie definiert sowie die operativen Parameter für deren Umsetzung ausgearbeitet:

- Sanierungszeitpunkt (Interventionsklasse)
Eine Haltung wird saniert, wenn die Zustandsklasse 4 (oder schlechter) vorliegt. Grundlage ist hierfür die gemäß Zustandsverschlechterung (Alterungspfad) ab dem Inspektionszeitpunkt fortgeführte Zustandsklasse.
- Sanierungsumfang:
Ist die Interventionsklasse erreicht und wird die Sanierung einer Haltung durchgeführt, werden alle Schäden (einschließlich ggf. vorhandenen undichten Muffen) behoben. Eine nur partielle Sanierung ausgewählter Schäden wird nicht durchgeführt.
- Sanierungszeitplan:
Reparaturmaßnahmen werden innerhalb von 10 Jahren umgesetzt. Für investive Maßnahmen (Renovierungen und Erneuerungen) wird, auf Grund des hohen Anteils in Gütersloh und unter

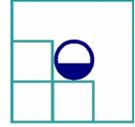


Berücksichtigung der personellen und finanziellen Ressourcen, ein Zeitraum von 20 Jahren vorgesehen.

- Wahl der Sanierungsart:
Die Sanierungsart (Reparatur, Renovierung, Erneuerung) wird unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit sowie der Zustandsverschlechterung (bei Reparaturen) bestimmt. Als Investitionskostenbarwertfaktor wird $f_{\text{KBW}} = 1,20$ zugelassen (s. Kapitel 3.2.4). Für potenziell undichte Haltungen wird grundsätzlich nur zwischen Renovierung und Erneuerung gewählt (s. Kapitel 3.6.1).
- Erhöhung der Erneuerungsrate ab 2035:
Ab 2035 fließt der Restbuchwert einer Haltung in die Wahl der Sanierungsart ein, um die Erneuerungsrate zu erhöhen und zum Werterhalt des Kanalnetzes beizutragen. Haltungen, deren Restbuchwert niedrig (unter 100 €) liegen und erhebliche Sanierungskosten aufweisen (Verhältnis der Sanierungskosten zum Wiederbeschaffungszeitwert größer 5 %) werden erneuert. Dies gilt jedoch nur für Haltungen der Zustandsklassen 4 oder 5 und sofern keine besonderen örtlichen Erschwernisse vorhanden sind.

Mit der gewählten Vorzugsstrategie gelingt es, das Betriebsrisiko des Kanalnetzes (Zustandsklassenverteilung) nachhaltig zu verbessern. Dabei muss die bisherige Sanierungsleistung deutlich erhöht werden. Eine sehr schnelle Steigerung erscheint jedoch sowohl im Hinblick auf personelle als auch auf finanzielle Ressourcen unrealistisch. Entsprechend wurde ein Zeitplan gewählt, der eine konstante Steigerung vorsieht. Der Gesamtbudgetbedarf beträgt anfangs rd. 4.5 Mio. € (brutto) pro Jahr und soll innerhalb von 20 a auf ein Niveau von rd. 7.5 Mio. € angehoben werden. Anschließend soll dieses Niveau, auch zur vorbeugenden Entzerrung von zu erwartenden Spitzen sowie zur Finanzierung von besonderen Kanalbaumaßnahmen ab 2035, die im Modell nicht abgebildet werden können (z. B. Sofortmaßnahmen sowie Erneuerungen aus besonderen Gründen, z.B. aus städtebaulichen oder hydraulischen Gründen), beibehalten werden. Die gebührenfähigen Kosten (für das Kanalnetz) steigen dabei moderat um jährlich rund 3 %, was der angesetzten Preissteigerung entspricht. Mit dieser Strategie wird, neben den technischen Zielen, auch ein nachhaltiger Substanzwerterhalt sichergestellt. Ebenfalls werden die Budgetvorgaben der Stadt Gütersloh eingehalten werden.

Wird die bisherige Vorgehensweise in Gütersloh beibehalten, ergeben sich Auswirkungen im Bereich der untersuchten „Minimalstrategie“ bzw. Reparaturstrategie. Dabei ist eine deutliche Verschlechterung



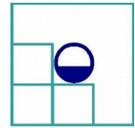
des Betriebsrisikos zu erwarten. Die technischen Ziele können nicht eingehalten werden. Anfängliche Kosteneinsparungen stehen erhebliche Kostensteigerungen in der Zukunft gegenüber, benötigte Maßnahmen werden lediglich in die Zukunft verschoben. Eine vorbeugender Netzbetrieb sowie vorbeugende Netz(wert)erhaltung ist damit nicht möglich.

SiwaPlan Ing.-Ges. mbH, München
München, 5. Dezember 2016

Für die Studie:

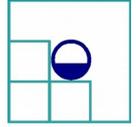
Dr.-Ing. Martin Wolf

Dipl.-Ing. Helmut Metschl



Anhangverzeichnis

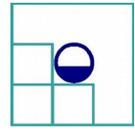
- Anhang 1: Beschreibung der verwendeten Felder der digitalen
Haltungsliste
- Anhang 2: Beispiel-Haltungsprotokoll



Anlagenverzeichnis

Anlage 1: Erläuterungsbericht

Anlage 2: CD- Bericht (PDF)
Haltungsliste (nur digital)
stratIS-Protokolle



Planverzeichnis

Anlage- nr.	Blatt- Nr.	Inhalt	Maßstab
-	-	Keine vorhanden	-