

---

Projektbericht

# **Nachhaltiger Substanzerhalt leitungsgebundener Infrastrukturen der Wasserwirtschaft**

September 2021

**gefördert von**



Deutsche  
Bundesstiftung Umwelt

---

## Impressum

### Fördernde Stelle



Deutsche  
Bundesstiftung Umwelt

Deutsche Bundesstiftung Umwelt  
(DBU)

An der Bornau 2

49090 Osnabrück

### Verbundkoordination



FH Aachen  
Fachbereich Bauingenieurwesen  
Netzmanagement  
Bayernallee 9

52066 Aachen

*Prof. Dr.-Ing. Karsten Kerres*

*Dipl.-Ing. Angela Funke-Kleinken*

*Dipl.-Ing. Sylvia Gredigk-Hoffmann*

*Fabian Sprack, B.Eng.*

### Projektbeteiligte



STEIN Infrastructure Management  
GmbH

Konrad-Zuse-Str. 6

44801 Bochum

*Dr.-Ing. Robert Stein*

*Dipl.-Ing. Adrian Uhlenbroch*



aquabench GmbH  
Ferdinandstr. 6

20095 Hamburg

*Dr.-Ing. Torsten Franz*



SWO Netz GmbH  
Alte Poststr. 9

49074 Osnabrück

*Dr.-Ing. Kai Klinksieg*

---

## Zitierhinweis

**Kerres, K. et al. (2021):** Nachhaltiger Substanzerhalt leitungsgebundener Infrastrukturen der Wasserwirtschaft (NaSub). Abschlussbericht des DBU-Vorhabens NaSub. Förderkennzeichen 34462/01. FH Aachen

---

## Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis.....</b>	<b>I</b>
<b>Anlagenverzeichnis (gesondertes Dokument) .....</b>	<b>III</b>
<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>VI</b>
<b>Tabellenverzeichnis.....</b>	<b>IX</b>
<b>1 Einleitung und Zielsetzung .....</b>	<b>1</b>
1.1 Einleitung .....	1
1.2 Gesamtziel des Vorhabens .....	1
1.3 Vorgehen und Methodik .....	3
<b>2 Stand des Wissens.....</b>	<b>5</b>
2.1 Zustands- und Substanzbeurteilung .....	5
2.1.1 Abwassernetze .....	5
2.1.2 Trinkwassernetze .....	8
2.2 Alterungsprognose .....	12
2.3 Clusteranalyse .....	15
2.4 Kennzahlenrecherche Abwassernetze .....	16
2.4.1 Kennzahlensysteme .....	16
2.4.2 Fazit.....	18
2.5 Kennzahlenrecherche Trinkwassernetze.....	19
2.5.1 Kennzahlensysteme .....	19
2.5.2 Fazit.....	21
2.6 Kennzahlenrecherche zu weiteren Infrastrukturen .....	22
<b>3 Analyse der Instandhaltungsstrategie der SWO Netz GmbH.....</b>	<b>24</b>
3.1 Vorstellung des Untersuchungsgebietes.....	24
3.1.1 Hellern .....	24
3.1.2 Darum-Gretesch-Lüstringen .....	25
3.2 Strategieanalysen .....	26
3.2.1 Methodik.....	26
3.2.2 Abwassernetz .....	27
3.2.3 Trinkwassernetz .....	45
<b>4 Aggregierung von Kennzahlen auf Quartiersebene.....</b>	<b>52</b>
4.1 Hintergrund .....	52
4.2 Quartierszuschnitt gemäß Projektverständnis .....	52
4.3 Empfehlung / Festlegung der Quartiersgröße.....	54
4.4 Priorisierung der Kennzahlen auf Quartiersebene .....	55

4.4.1	Vorbemerkung .....	55
4.4.2	Abwassernetze .....	55
4.4.3	Trinkwassernetze .....	58
<b>5</b>	<b>Spartenübergreifende Verknüpfung von Kennzahlen.....</b>	<b>61</b>
5.1	Verknüpfung Abwasser- und Trinkwassernetze .....	61
5.2	Übertragung auf weitere Infrastrukturen .....	61
<b>6</b>	<b>Instandhaltungskheck (InCh).....</b>	<b>63</b>
6.1	Vorüberlegungen .....	63
6.2	Standardcluster und Standardalterungsfunktionen .....	64
6.2.1	Abwassernetze .....	64
6.2.2	Trinkwassernetze .....	68
6.3	Aufbau.....	70
6.3.1	Abwassernetze .....	70
6.3.2	Trinkwassernetze .....	73
6.4	Validierung .....	75
6.5	Darstellung der Kernergebnisse am Beispiel Abwassernetz .....	81
6.5.1	Einführung .....	81
6.5.2	Ebene 1: Daten .....	82
6.5.3	Ebene 2: Fragebogen .....	87
6.5.4	Fazit.....	90
<b>7</b>	<b>Einbindung der Projektergebnisse in zukünftige Benchmarkingprojekte .....</b>	<b>91</b>
7.1	Grundlegende Herangehensweise .....	91
7.2	Vorhandene Projektstruktur.....	91
7.3	Ablauf und Stand der Einbindung .....	94
7.3.1	Notwendige Arbeitsschritte.....	94
7.3.2	Stand der Umsetzung im Abwasserbereich.....	96
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick.....</b>	<b>98</b>
<b>9</b>	<b>Literatur .....</b>	<b>105</b>

---

## **Anlagenverzeichnis (gesondertes Dokument)**

- Anlage 1** Kennzahlenrecherche Abwasser
- Anlage 2** Kennzahlenrecherche Trinkwasser
- Anlage 3** Vorauswahl Kennzahlen für Trinkwassernetze
- Anlage 4** Auswahl und Entwicklung von Kennzahlen für Trinkwassernetze
- Anlage 5** Instandhaltungsscheck (InCh) Trinkwassernetze
- Anlage 6** Fragebogen InCh Abwasser
- Anlage 7** Fragebogen InCh Trinkwasser
- Anlage 8** Ergebnisvorstellung Strategieberichtungen zum Abwasser- und Trinkwassernetz der SWO Netz GmbH

## Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Erläuterung
<b>AV</b>	Abnutzungsvorrat
<b>B</b>	Betriebssicherheit
<b>bspw.</b>	beispielsweise
<b>D</b>	Dichtheit
<b>DGL</b>	Darum-Gretesch-Lüstringen
<b>DIN</b>	Deutsches Institut für Normung e. V.
<b>DVGW</b>	Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches
<b>DWA</b>	Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.
<b>ERN</b>	Erneuerung
<b>FH</b>	Fachhochschule
<b>GEP</b>	Generalentwässerungsplan
<b>GG</b>	Grauguss
<b>GGG</b>	Duktilguss
<b>GSS</b>	gewichtete Schadensschwere
<b>GW</b>	Grundwasser
<b>InCh</b>	Instandhaltungsscheck
<b>MW</b>	Mischwasser
<b>ND</b>	Nutzungsdauer
<b>PE</b>	Polyethylen
<b>PVC</b>	Polyvinylchlorid
<b>RND</b>	Restnutzungsdauer
<b>RW</b>	Regenwasser
<b>S</b>	Standicherheit
<b>SBK</b>	Substanzklasse
<b>SIM</b>	Stein Infrastructure Management
<b>SKW</b>	Schadenkonzentrationswert

<b>Abkürzung</b>	<b>Erläuterung</b>
<b>St</b>	Stahl
<b>SW</b>	Schmutzwasser
<b>Tsd.</b>	Tausend
<b>vgl.</b>	vergleiche
<b>ZK</b>	Zustandsklasse

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Arbeitsablauf des Moduls Objektbewertung .....	6
Abbildung 2:	Gegenüberstellung der Zustands- und Substanzbewertung für Haltungen .....	7
Abbildung 3:	Histogramm der Ausfallhäufigkeiten und Dichtefunktion $f(t)$ (Anzahl der Ausfälle $n \rightarrow \infty$ ) (Müller, 2005).....	13
Abbildung 4:	Dichtefunktion, ermittelt aus der Verteilung der Daten (UNITRACC, 2021).....	14
Abbildung 5:	Überlebenskurvenschar (UNITRACC, 2021) .....	15
Abbildung 6:	Unterschiedlichkeit von Alterungsfunktionen in Abhängigkeit der Clusterzugehörigkeit bei Berücksichtigung der Merkmale (Trennkriterien) Rohrwerkstoff, Nennweite, Überdeckungshöhe.	16
Abbildung 7:	Prozessmodell Abwasserbeseitigung.....	17
Abbildung 8:	Fünf-Säulen-Modell: Nennung der betrachteten Leistungsmerkmale (DWA, 2008) .....	18
Abbildung 9:	Datenunplausibilitäten bei den Stammdaten [%] .....	27
Abbildung 10:	Datenunplausibilitäten bei Inspektions- und Zustandsdaten [%]	28
Abbildung 11:	Zustandsklassenverteilung der untersuchten Haltungen bezogen auf alle Anforderungen sowie für die Schutzziele Standsicherheit, Dichtheit und Betrieb zum Inspektionszeitpunkt als Längenanteil [%].....	29
Abbildung 12:	Zustandsklassenverteilung der untersuchten Haltungen bezogen auf alle Anforderungen sowie für die Schutzziele Standsicherheit, Dichtheit und Betrieb zum Inspektionszeitpunkt als Länge absolut in [km] .....	31
Abbildung 13:	Substanzverteilung der untersuchten Haltungen bezogen auf alle Anforderungen sowie für die Schutzziele Standsicherheit, Dichtheit und Betrieb zum Inspektionszeitpunkt als Längenanteil [%].....	32
Abbildung 14:	Substanzverteilung der untersuchten Haltungen bezogen auf alle Anforderungen sowie für die Schutzziele Standsicherheit, Dichtheit und Betrieb zum Inspektionszeitpunkt als Länge absolut in [km] .....	33
Abbildung 15:	Entwicklung des Abnutzungsvorrates differenziert nach Strategien .....	39
Abbildung 16:	Substanzentwicklung - differenziert nach Strategien und Substanzklassen.....	40
Abbildung 17:	Prioritätsentwicklung differenziert nach Strategien .....	41
Abbildung 18:	Prioritätsentwicklung – differenziert nach Strategien und Zustandsklassen.....	41
Abbildung 19:	Entwicklung des Durchschnittsalters (Längenanteile) .....	42

Abbildung 20: Durchschnittsalter - differenziert nach Strategien und Altersgruppen .....	43
Abbildung 21: Maßnahmenanzahl – differenziert nach Strategien.....	43
Abbildung 22: Investitionslängen – differenziert nach Strategien .....	44
Abbildung 23: Instandhaltungskosten – differenziert nach Strategien .....	44
Abbildung 24: Nutzungsdauerverteilung basierend auf Nutzungsdauerangaben aus Literatur (Roscher et al., 2000; DVGW, 1997; DVGW, 2010) .....	46
Abbildung 25: Nutzungsdauerverteilung basierend auf den Nutzungsdauerangaben nach Herz (1999) .....	47
Abbildung 26: Nutzungsdauerverteilung basierend auf den Nutzungsdauerangaben des Betreibers.....	47
Abbildung 27: Nutzungsdauerverteilung im Alterungsmodell basierend auf den Nutzungsdauerangaben des Betreibers unter Beachtung der Nutzungsdauerangaben aus Literatur (Roscher et al., 2000; DVGW, 1997; DVGW, 2010; Herz, 1999).....	48
Abbildung 28: Überlebensfunktionen im Alterungsmodell basierend auf den Nutzungsdauerangaben des Betreibers unter Beachtung der Nutzungsdauerangaben aus Literatur (Roscher et al., 2000; DVGW, 1997; DVGW, 2010; Herz, 1999).....	48
Abbildung 29: Risikoentwicklung - differenziert nach Strategien und Risikoklassen .....	50
Abbildung 30: Altersentwicklung - differenziert nach Strategien und Altersklassen .....	51
Abbildung 31: Abwassernetz der SWO.....	54
Abbildung 32: Vorgehen bei der Priorisierung im Bereich Abwasser.....	57
Abbildung 33: Vorgehen bei der Priorisierung im Bereich Trinkwasser .....	60
Abbildung 34: Zustandsklassifizierung einzelner Netze (links) und gewichtete Überlagerung zur Priorisierung von Gebieten (rechts) (Tscheikner, 2015) .....	62
Abbildung 35: Alterungs- und Überlebensfunktionen Cluster Beton - Baujahr bis 1945 .....	67
Abbildung 36: Vorgehen bei der InCh-Validierung .....	76
Abbildung 37: Entwicklung der Zustandsklassen (ZK) und der durchschnittlichen Sanierungspriorität des Netzes in der Prognose .....	83
Abbildung 38: Entwicklung der Substanzklassen (SBK) und der durchschnittlichen Substanz des Netzes in der Prognose .....	84
Abbildung 39: Jährliche Bilanz der Sanierungspriorität als Ausdruck der Suffizienz des Sanierungshandelns hinsichtlich dringlicher Schäden.....	86
Abbildung 40: Jährliche Bilanz der baulichen Substanz als Ausdruck eines am nachhaltigen Substanzerhalts orientierten Sanierungshandelns ..	87

---

Abbildung 41: Projektstruktur der aquabench (mit Fokus auf dem Abwasserbereich) .....	92
Abbildung 42: Mittelwerte der kurzfristig sanierungsbedürftigen Kanallängenrate und der jährlichen Sanierungsraten, alle Teilnehmer mit Ortsentwässerung, unterteilt nach Netzlänge, jeweils aktuellster Wert der Jahre 2015-2019 .....	93
Abbildung 43: Integrierte Darstellung der wesentlichen Kennzahlen des Kernprozesses „Abwasserableitung“ (Auszug).....	94

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Bedeutung der Zustands- und Substanzklassen .....	7
Tabelle 2:	Schadensklassen und Untergruppen (eigene Darstellung nach Roscher (2000)) .....	9
Tabelle 3:	Richtwerte für Schadensraten in Rohrnetzen nach DVGW W 400-3 .....	11
Tabelle 4:	Netzdatenbestand – Lücken beim Baujahr .....	45
Tabelle 5:	Netzdatenbestand – Lücken bei der Nennweite .....	45
Tabelle 6:	Nutzungsdauerangaben – techn. Literatur (eigene Darstellung nach Roscher et al., 2000; DVGW, 1997; DVGW, 2010) .....	46
Tabelle 7:	Nutzungsdauerangaben nach Herz (1999) .....	46
Tabelle 8:	Maßstäbe der Quartiersbildung .....	53
Tabelle 9:	Parameter Cluster Beton - Baujahr bis 1945 .....	66
Tabelle 10:	Prognoseabweichung zwischen Standard- und Individualmodell – Übersicht .....	77
Tabelle 11:	Prognoseabweichung zwischen Standard- und Individualmodell – Stadt A .....	77
Tabelle 12:	Prognoseabweichung zwischen Standard- und Individualmodell – Stadt B .....	78
Tabelle 13:	Prognoseabweichung zwischen Standard- und Individualmodell – Stadt C .....	78
Tabelle 14:	Prognoseabweichung zwischen Standard- und Individualmodell – Stadt D .....	79
Tabelle 15:	Prognoseabweichung zwischen Standard- und Individualmodell – Stadt E .....	79
Tabelle 16:	Prognoseabweichung zwischen Standard- und Individualmodell – Stadt F .....	80
Tabelle 17:	Prognoseabweichung zwischen Standard- und Individualmodell – Stadt G .....	80
Tabelle 18:	Stand der Umsetzung (Stand: Juni 2021) .....	97

# **1 Einleitung und Zielsetzung**

## **1.1 Einleitung**

Der Zustand urbaner Wasserinfrastrukturen lässt sich in Hinblick auf Dichtheit, Funktions- und Betriebssicherheit durch zahlreiche wirkungsvolle Werkzeuge und Methoden optimieren. Beispiele hierfür sind neben der baulichen Sanierung der Netze die Entwicklung, Optimierung und Implementierung von Instandhaltungsstrategien (vgl. bspw. Stein und Stein, 2019; DWA, 2012; KANEW 3S, 2021; Opt-Net, 2021; Lichtenberg et al., 2018; entellgenio, 2021). Übergeordnete Motivation ist die (Wieder-)Herstellung baulicher Substanz bzw. der langfristige Substanzerhalt von Trinkwasserversorgungs- und Abwasserentsorgungsnetzen. Mit einer Instandhaltungsstrategie soll in der Regel ein strategischer Lösungsansatz für eine Vielzahl an baulichen, hydraulischen, betrieblichen und umweltrelevanten Problemen unter Berücksichtigung rechtlicher und wirtschaftlicher Zwänge gefunden werden.

Zur Gewährleistung eines nachhaltigen Handelns im Rahmen von strategischen Entscheidungsprozessen ist insofern nicht nur die Kenntnis des aktuellen Zustandes und der Substanz von Netzobjekten, sondern auch der Zustands- und Substanzentwicklung (i.a. eine Verschlechterung) in den kommenden Jahrzehnten relevant. Um diese Zustands- und Substanzentwicklung bzw. den Alterungsprozess abbilden zu können, ist derzeit der Einsatz von stochastischen Alterungsmodellen zwingend erforderlich. Diese Modelle ermöglichen die Prognose der Zustands- und Substanzveränderung auf Objektebene für die Gegenwart (Gegenwartsprognose) und für die Zukunft und damit die Bestimmung der technischen Restnutzungsdauer eines Objektes. Erst mit Kenntnis dieser individuell zu ermittelnden Restnutzungsdauer kann der wirtschaftlich optimale Erneuerungszeitpunkt bestimmt werden. Neben Maßnahmenart und Maßnahmenumfang ist gerade auch der Aspekt des Maßnahmenzeitpunktes bedeutsam für den Finanzmittelfluss und die Gebühren.

Allerdings ist die Anwendung dieser Prognosemodelle – insbesondere für kleinere und mittlere Netze - sehr aufwändig und für den Netzbetreiber mit hohen Kosten verbunden.

## **1.2 Gesamtziel des Vorhabens**

Entsprechend der oben beschriebenen Ausgangssituation ergibt sich für NaSub die Zielsetzung, den aktuellen Instandhaltungsumfang urbaner leitungsgebundener Wasserinfrastrukturen in Bezug auf den Substanzerhalt ohne Prognosemodelle be-

wertbar zu machen. Der Instandhaltungsbedarf, der für den mittel- bis langfristigen Substanzerhalt (Erhalt der baulichen Substanz und Vermögenserhalt) erforderlich ist, soll zukünftig über Kennzahlen ohne aufwändige netzspezifische Zustandsentwicklungsprognosen abgeschätzt werden.

Ziel ist, Kennzahlen, Kennzahlenfunktionen und Benchmarks bzw. Zielgrößen zu entwickeln, mittels derer in Abhängigkeit der jeweiligen Netzstruktur der aktuelle Instandhaltungsbedarf (investive und betriebliche Maßnahmen) sowie die zukünftige Entwicklung des Instandhaltungsbedarfs erfasst und dem gegenwärtigen bzw. geplanten Handeln gegenübergestellt werden können. Darüber hinaus sollen Methoden entwickelt werden, diese Kennzahlen ohne Nutzung von Prognosemodellen netz- und spartenspezifisch zu ermitteln.

NaSub soll Netzbetreibern ein kennzahlbasiertes Werkzeug bieten, das eigene Handeln in Hinblick auf zukünftige Entwicklungen (insbes. die Netzzustandsentwicklung) beurteilen und auf strategischer Ebene geeignete Maßnahmen ergreifen zu können, mit denen ein (guter) Netzzustand ressourceneffizient und nachhaltig sichergestellt werden kann. Die Betrachtungen sollen sowohl in einen Quartierszusammenhang gebracht als auch spartenübergreifend angestellt werden können.

Eine ergänzende Zielstellung ist die Weiterentwicklung des Leistungsmerkmals „Nachhaltigkeit“ in der Wasserwirtschaft durch Etablierung der entwickelten Kennzahlen in bestehenden Benchmarking-Systemen. Möglich wird dies durch die Implementierung von Modellen zur Quantifizierung der baulichen Substanz von Netzobjekten (Leitungen oder Kanalhaltungen) und deren Restnutzungsdauern bei der Kennzahlenentwicklung. Das gegenwärtige i.d.R. ausschließlich zustandsbasierte Management der Wasserver- und Abwasserentsorgungsinfrastrukturen wird damit durch das Leistungsmerkmal Nachhaltigkeit um einen weiteren Entscheidungsparameter des Managements ergänzt.

Insgesamt werden mit NaSub folgende Ziele verfolgt:

- Entwicklung von Kennzahlen zur Ermittlung des Instandhaltungsbedarfs und dessen zeitlicher Entwicklung
- Entwicklung eines „Instandhaltungschecks“ für Trinkwasserleitungs- und Kanalisationsnetze
- Entwicklung von Methoden, weitere Infrastrukturen in die Betrachtungen einbinden zu können
- Aufnahme des Modells in Benchmarking-Systeme

### 1.3 Vorgehen und Methodik

Nach einer Einführung in die bisherige Methodik der Instandhaltungsbewertung werden in Kapitel 2 die Ergebnisse der durchgeführten Kennzahlenrecherche getrennt für die beiden Sparten Trinkwasser und Abwasser präsentiert. Inhalt der Recherche ist die Suche nach Kennzahlen wie beispielsweise die technische Restnutzungsdauer, Substanzwert und Substanzwertentwicklung, mit denen belastbar beurteilt werden kann, wie die bisherigen Sanierungstätigkeiten der Netzbetreiber wirken und in welchem Ausmaß die Betreiber ihre Sanierungsanstrengungen erhöhen müssen. Die Wirksamkeit der bisher angewandten Sanierungstätigkeiten sowie die Zweckmäßigkeit der eingesetzten Ressourcen sollen transparent und damit vergleichbar dargestellt werden können. Hierfür müssen nicht nur statische Kennzahlen, sondern für die Darstellung der zeitlichen Entwicklung von Kennzahlen „Kennzahlenfunktionen“ gefunden und implementiert werden.

In einem nächsten Schritt wird das Kennzahlenmodell zunächst mit der SWO Netz GmbH als Betreiber der Osnabrücker Wasserver- und Abwasserentsorgungsnetze entwickelt. Dazu wird in Kapitel 3 die aktuelle Instandhaltungsstrategie der SWO Netz GmbH analysiert und die Zustandsentwicklung für ein repräsentatives Teilnetz prognostiziert. Basierend auf dieser Prognose erfolgt eine Strategieoptimierung für das ausgewählte Teilnetz. Derzeitiges Handeln wird der optimierten Strategie gegenübergestellt und erste Kennzahlen(funktionen) werden entwickelt. Anwendung und Übertragbarkeit der Kennzahlen auf Teilnetze der Wasserver- und Abwasserentsorgung Osnabrücks, die nicht Gegenstand der Prognose waren, werden überprüft.

In Kapitel 4 wird erläutert, wie die entwickelten Kennzahlen auf Quartiersebene heruntergebrochen werden können. Mit zunehmender Detaillierung der Quartiere nimmt die Anzahl der Netzobjekte im Quartier ab, womit die statistischen Unschärfen steigen. Untersucht wird deshalb, inwieweit spartenbezogenen Prioritäten ermittelt und welche Empfehlungen für die Wahl der Quartiersgröße abgeleitet werden können.

Die spartenübergreifende Verknüpfung der quartiersbezogenen Kennzahlen ist Inhalt von Kapitel 5. Damit sollen spartenübergreifend Prioritäten und Synergien durch koordinierte Instandhaltung identifiziert werden, um Netzbetreibern ein langfristiges Gesamtsanierungskonzept für die Netzsparten Wasser und Abwasser zu ermöglichen. Ebenfalls sollen weitere Infrastrukturen wie Gasversorgungsnetze, Fernwärmenetze oder der Straßenkörper bei der Entwicklung eines Instandhaltungsmanagements in die Betrachtungen eingebunden werden. Dazu werden die entsprechenden Schnittstellen und Datenanforderungen definiert.

---

Auf Grundlage der entwickelten Kennzahlen wird in Kapitel 6 ein Instandhaltungsscheck entwickelt, der u.a. Substanzwert und Substanzwertentwicklung in den Netzen berücksichtigt. Idee dieses Checks ist, Netzbetreibern eine einfache Einordnung bzw. Bewertung ihrer Instandhaltungsstrategie zu ermöglichen und Wege aufzuzeigen ggf. erkannte Defizite in der Strategie zu beheben. Der Instandhaltungsscheck dient der Beantwortung folgender Fragen:

- Reicht das Maßnahmenbudget derzeit und zukünftig zur nachhaltigen Werterhaltung der Netze aus?
- Findet derzeit oder zukünftig ein Substanzverzehr statt?
- Sind umfassendere Strategiebetrachtung zur Vermeidung von Substanzverzehr erforderlich?

Die für das Osnabrücker Teilnetz entwickelte Vorgehensweise wird anhand bestehender Netz- und Strategiedaten von anderen Kommunen genutzt, um die Validität der Kennzahlen zu prüfen bzw. Unschärfen zu quantifizieren.

Abschließend wird in Kapitel 7 dargelegt, wie eine Verbreitung und Anwendung der entwickelten Kennzahlen durch Einbindung in vorhandene Benchmarkingprojekte erfolgt. Die parallele Anwendung durch mehrere Betreiber im Benchmarking ermöglicht vergleichende Betrachtungen zwischen den Betreibern, Austausch zu Hintergründen und ggf. auch Weiterentwicklungen der Ansätze.

## 2 Stand des Wissens

### 2.1 Zustands- und Substanzbeurteilung

#### 2.1.1 Abwassernetze

Unabhängig vom Untersuchungszweck ist in Deutschland das Basisverfahren zur Untersuchung von Abwasserkanälen und Schächten i. d. R. die optische Inspektion (DWA-M 149-1 (DWA, 2018)). Sie erfolgt im Allgemeinen mit ferngesteuerten Kameras und liefert visuelle Daten (Bilder oder Videos) der inneren Oberfläche des inspizierten Objektes (Haltung oder Schacht). Durch die Analyse der Bilder können die Art der Schäden, wie

- Risse in Längs- oder Querrichtung sowie Rohrbrüche, Wurzeleinbrüche bzw. Einstürze,
- Lageabweichungen an den Rohrverbindungen,
- Abflusshindernisse, wie bspw. Ablagerungen oder Wurzeleinwüchse,
- (Beton-)Korrosion oder
- mechanischer Verschleiß z. B. durch Geschiebetransport

sowie deren Schadensausprägungen (z. B. Rissbreite oder Ausmaß einer Korrosion) und Lage ermittelt werden.

Im Rahmen einer Schadenskodierung werden die Feststellungen aus der optischen Inspektion entsprechend der Forderung der DIN EN 752 (DIN, 2017) nach festgelegten Regeln kodiert. Basierend auf dieser EN beschreibt das Merkblatt DWA-M 149-2 (DWA, 2013) die Kodierung der Ergebnisse der optischen Inneninspektion gemäß DWA-M 149-5 (DWA, 2010), welche die Grundlage für die Zustandsklassifizierung (vgl. Abbildung 2, links) darstellt (vgl. DWA-M 149-1 (DWA, 2018) und DWA-M 149-2 (DWA, 2013)).

Um eine möglichst realistische Bewertung des baulichen / betrieblichen Zustandes von Haltungen (nachfolgend auch Objekte genannt) zu erreichen, wurde im Rahmen des Vorhabens mit dem Bewertungskonzept von STATUS eine darüber hinausgehende Methodik zur Zustandsklassifizierung eingesetzt und zusätzlich eine Substanzklassifizierung (vgl. Abbildung 2, rechts) durchgeführt.

Die Zustandsklasse einer Haltung als Maß der gegenwärtigen Funktionserfüllung wird in STATUS, ähnlich wie bei den Standardbeurteilungsmodellen, durch den größten Einzelschaden innerhalb der Haltung bestimmt (Abbildung 1).

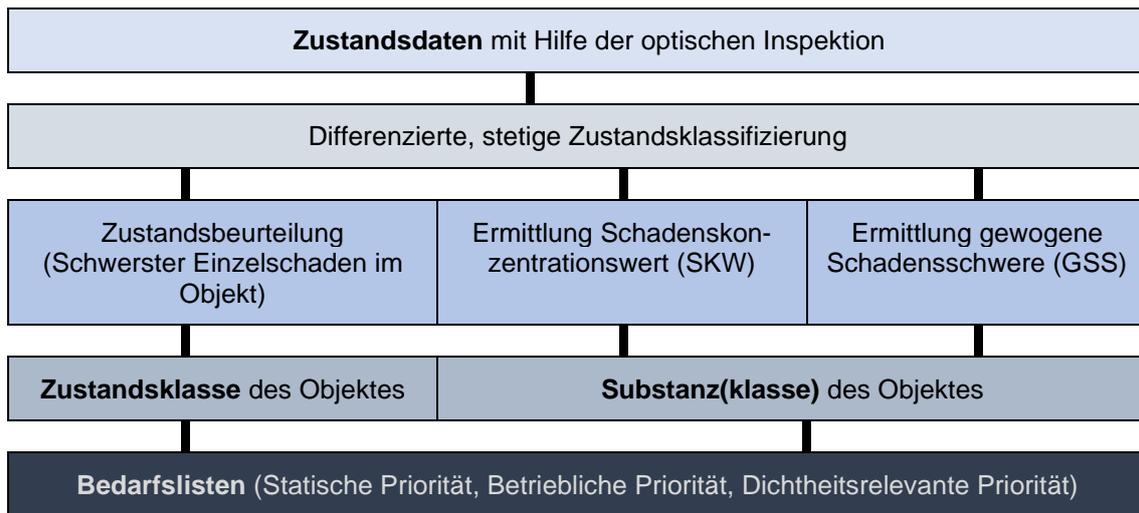


Abbildung 1: Arbeitsablauf des Moduls Objektbewertung

Die Substanz einer Haltung determiniert dabei die Größe des verbleibenden Abnutzungsvorrates. Sie entspricht dem Abnutzungsvorrat, welcher in DIN 31051 (DIN, 2019) als „Vorrat der möglichen Funktionserfüllungen unter festgelegten Bedingungen, der einem Objekt aufgrund der Herstellung und Instandhaltung innewohnt“, beschrieben ist. Die Substanz(klasse) ist damit ein maßgebliches Kriterium für die Abschätzung der Restnutzungsdauer des Objektes. Darüber hinaus hilft sie bei der Beantwortung der Frage, welche Sanierungsmaßnahme notwendig ist, d. h. wie ökonomisch sinnvoll eine Reparatur, Renovierung oder Erneuerung im Hinblick auf die noch zu erwartende Restnutzungsdauer des untersuchten Objektes ist (Abbildung 2)<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Die Substanz als rein technischer Indikator darf hier nicht verwechselt werden mit dem Substanzwert nach DWA-A 143-14 (DWA, 2017), der als ökonomische Größe den Wiederbeschaffungswert des Objektes beinhaltet. Er stellt den materiellen Wert eines Kanalnetzes oder einer Haltung unter der Berücksichtigung des Alters und ggf. vorhandener Mängel dar und findet Anwendung im Rahmen der Strategiebildung.

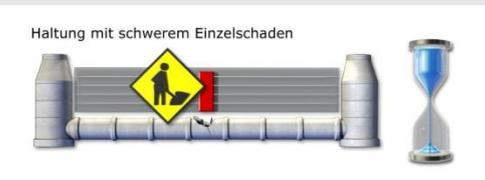
Zustandsklasse (Sanierungsdringlichkeit)	Substanzklasse (Sanierungsaufwand)
Maßstab für die gegenwärtige Funktionserfüllung ⇒ Sanierungspriorität	Maßstab für die verbleibende Funktionserfüllung ⇒ Abnutzungsvorrat / Sanierungsumfang
Berücksichtigung des größten Einzelschadens	Berücksichtigung von Schadensschwere, Schadensausmaß und Schadensverteilung
 <p>Haltung mit schwerem Einzelschaden</p>	 <p>Komplette Haltung mit nachrangigen Schäden</p>

Abbildung 2: Gegenüberstellung der Zustands- und Substanzbewertung für Halungen

Diese real vorhandene bauliche Substanz wird hier unter Verwendung eines sechsstufigen Klassenmodells abgebildet (Tabelle 1).

Tabelle 1: Bedeutung der Zustands- und Substanzklassen

	Bezeichnung	Bedeutung
<b>Substanzklasse</b>	SBK 5	Abnutzungsvorrat voll
	SBK 4	Abnutzungsvorrat sehr hoch
	SBK 3	Abnutzungsvorrat hoch
	SBK 2	Abnutzungsvorrat mittel
	SBK 1	Abnutzungsvorrat niedrig
	SBK 0	Abnutzungsvorrat aufgebraucht
<b>Zustandsklasse</b>	ZK 5	schadensfrei, kein Handlungsbedarf
	ZK 4	nachrangige Bedeutung

	ZK 3	langfristiger Handlungsbedarf
	ZK 2	mittelfristiger Handlungsbedarf
	ZK 1	kurzfristiger Handlungsbedarf
	ZK 0	Sofortmaßnahme, akuter Handlungsbedarf

### 2.1.2 Trinkwassernetze

Aus verschiedenen Gründen können Trinkwassernetze bzw. deren Systemelemente in der Regel anders als Kanalnetze nicht im laufenden Betrieb hinsichtlich ihres Zustandes erfasst werden. Eine „indirekte Zustandserfassung“ erfolgt üblicherweise über Extrapolation von Auswertungen zum Ausfall von Systemelementen in Verbindung zu Alter und zustandsbeeinflussenden bzw. alterungsbeeinflussenden Parametern wie Material, statische/dynamische Belastungen usw.

Ungeachtet dessen erfordert eine die formalen Voraussetzungen erfüllende Instandhaltung gemäß DVGW-W 402 (DVGW, 2010a) die genaue Kenntnis des Netzes, der Schäden und Schwachstellen. Neben dem Netzbestand müssen Schäden in ihrer Entwicklung in Form einer Schadensstatistik festgehalten werden. Weiterhin sind insbesondere der örtliche Leitungszustand und Umgebungsverhältnisse zur Abschätzung der Wechselwirkungen zwischen System und Umgebung zu erfassen.

Schäden in Form von Undichten im Wasserrohrnetz werden vor diesem Hintergrund maßgeblich mittels einer Wasserverlustanalyse ermittelt. Um Rückschlüsse für die Instandhaltung zuzulassen, müssen diese Wasserverluste – die Differenz zwischen abgegebener und eingespeister Wassermenge – in möglichst kurzen Netzzonen über Verbrauchsmessungen festgestellt werden. Eine Schadensstelle lässt sich anschließend über Leckortungsverfahren räumlich eingrenzen (vgl. DVGW, 2017a). Das Verhältnis von realen Wasserverlusten zur Rohrnetzlänge wird als spezifischer Wasserverlust bezeichnet und stellt eine geeignete Kennzahl zur Beurteilung des Rohrnetzzustandes dar (vgl. Roscher, 2000).

Im unterirdischen Bauraum wirken eine Vielzahl von zustandsbeeinflussenden Merkmalen (sog. Einflussfaktoren, vgl. auch Abschnitt 2.2, Clusteranalyse) – Rohrleitung, Betriebsparameter und Baugrund interagieren und verursachen festzustellende Schäden an den Rohrleitungen.

Nach Roscher (2000) sind folgende Einflussfaktoren zu unterscheiden:

- Werkstoff- und Materialeigenschaften von Rohrleitungen
- Statische sowie dynamische Belastungen aus Auflasten, Verkehr und Innendruck
- Elektrochemisches Umfeld und somit Korrosion
- Temperaturveränderungen des Mediums und Baugrundes
- Senkungen und Setzungen, sowie Bodeneigenschaften hinsichtlich Wasseraufnahme
- Fehler technischer Natur bei Neubau, Reparatur oder Rehabilitation
- Wasserparameter, die ungünstig mit dem Rohrleitungswerkstoff interagieren

Hierdurch ergeben sich weiterhin folgende Schadensklassen mit ihren Untergruppen (Tabelle 2):

Tabelle 2: Schadensklassen und Untergruppen (eigene Darstellung nach Roscher (2000))

Schadensklasse	Untergruppen
<b>Herstellungs- und Materialschäden</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Herstellungsfehler</li> <li>• Ungeeigneter Werkstoff</li> <li>• Konstruktionsfehler (z.B. bei Rohrleitungen)</li> </ul>
<b>Schäden durch fehlerhafte Verlegung oder Montage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fehlerhafte Rohrlagerung und -bettung</li> <li>• Fehlerhaft ausgeführte Rohrverbindungen</li> <li>• Fehlerhafte/r Lagerung, Transport oder Einbau</li> </ul>
<b>Schäden durch technisch-physikalische oder chemische Alterung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Korrosion von Rohren aus Gusseisen und Stahl</li> <li>• Streustromschäden durch Straßenbahnen im innerstädtischen Bereich</li> <li>• Korrosion zementgebundener Beschichtungen und Rohre</li> <li>• Materialermüdung und Alterung von Kunststoffrohren</li> <li>• Alterung und Verrottung organischer Materialien</li> </ul>
<b>Schäden durch natürliche und künstliche Bodenbewegungen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Langzeitsetzungen und Bergsenkungen</li> <li>• Grundwasserströmungen und wechselnde -stände</li> <li>• Quellen und Schrumpfen in bindigen Böden</li> <li>• Bodenbewegungen durch Frosteinwirkungen</li> <li>• Baumaßnahmen der Straße, Baugrund und Rohrleitung</li> <li>• Erhöhte Verkehrsbelastungen und Eigenauflasten</li> <li>• Freilegungen zur Reparatur</li> </ul>
<b>Betriebs- und Stillstandsschäden</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stillstandsschäden</li> <li>• Betriebsfehler</li> <li>• Rehabilitationsmaßnahmen</li> </ul>

Im Rahmen der Schadensstatistik werden Schäden im Sinne von Undichtigkeiten mit Wasseraustritt gruppenweise unterschieden nach Schäden an Rohrleitungen und Rohrverbindungen, Armaturen und Hausanschlussleitungen. Hierzu werden Bestandsdaten, Schadensdaten, weitere Zustandsdaten und Umgebungsdaten vom jeweiligen Netzbetreiber erfasst. (vgl. Roscher, 2000)

Schadensdaten beschreiben die technischen Informationen zu den in der Wasser-verteilsanlage entstandenen Schäden. Nach DVGW-Arbeitsblatt W 402 (DVGW, 2010a) sind nachfolgende Daten zu erfassen:

- Datum der Dokumentation
- Schadensdatum
- Lokalisation
- Schadensstelle, -art und -ursache
- Art der Schadensbeseitigung durch Reparatur oder Erneuerung

Weitere, zu erfassende, Zustandsinformationen liefern hinsichtlich der Rehabilitationsplanung wichtige Informationen zur Maßnahmenpriorisierung:

- Datum der Zustandserfassung
- Lokalisation
- Identifikations- und Plausibilitätsinformationen (z.B. Werkstoff, Nennweite, Rohrumhüllung oder Verbindungsart)
- Bettung
- Leitungslage und -tiefe
- Überbauung
- Haftung, Beschädigung und Elastizität der Rohrumhüllung
- Ausmaß, Form und Tiefe der Außenkorrosion
- Beschädigungen, die den Leitungszustand beschreiben
- Innenablagerungen

Darüber hinaus sind Bestands- und Umgebungsdaten zu erfassen. Hierbei ist zu beachten, dass die Umgebungsbedingungen laut Roscher (2000) nur dann für die Rehabilitationsplanung auswertbar sind, wenn die erfassten Daten einzelnen Rohrleitungsabschnitten und nicht nur Rohrleitungs- und Werkstoffgruppen zugeordnet werden.

Durch Gruppierung der erfassten Daten z.B. nach Leitungsgruppen und Dimension können diese anschließend räumlich (z.B. Gesamtnetz, Stadtteile, Druckzonen) oder zeitlich (z.B. Zeitpunkt, Baujahre, Leitungsalter), je nach aktueller Aufgabenstellung der Betrachtung, statistisch ausgewertet werden.

Aus der Schadensstatistik lassen sich allgemeine Schadensraten, wie die jährliche Anzahl der Schäden je km Rohrleitung bzw. 1.000 Armaturen und alters- bzw. werkstoffspezifische Schadensraten, wie die jährliche Anzahl an Schäden je Rohrwerkstoff bzw. Rohrwerkstoff und Nennweitenbereich, ableiten. (vgl. DVGW, 2010a)

Richtwerte für Schadensraten nach DVGW-Arbeitsblatt W 400-3 sind in der nachfolgenden Tabelle 4 dargestellt:

Tabelle 3: Richtwerte für Schadensraten in Rohrnetzen nach DVGW W 400-3

Bereiche	Schadensraten (Schäden mit Wasseraustritt)	
	Haupt- und Versorgungsleitungen ohne Absperrarmaturen bzw. Hydranten (Schäden je km und Jahr)	Anschlussleitungen ohne Absperrarmaturen (Schäden je 1.000 Anschlüsse und Jahr)
niedrig	$\leq 0,1$	$\leq 5$
mittel	$> 0,1$ bis $\leq 0,5$	$> 5$ bis $\leq 10$
hoch	$> 0,5$	$> 10$

Hierbei ist zu berücksichtigen, dass niedrige Schadensraten auch bei gutem Rohrnetzstatus i.d.R. nicht zu vermeiden sind und die durchschnittlich auftretende und somit zulässige Schadensrate nicht über dem mittleren Bereich liegen sollte.

Die allgemeine Schadensrate ermöglicht den Vergleich zwischen verschiedenen Gebieten und Betrachtungszeitpunkten und dient als Richtwert zur Rohrnetzbeurteilung. Die alters- und werkstoffspezifische Schadensrate ermöglicht bei Netzen mit durchschnittlichem Schadensaufkommen, ausreichend großer Netzlänge und verschiedenen Werkstoffeinsätzen sowohl den Vergleich zwischen verschiedenen Gruppen und Betrachtungszeitpunkten als auch die Beurteilung der Gruppe hinsichtlich ihrer Qualität. Weiterhin können auf dieser Basis Schadens- und Ausfall-

prognosen erstellt werden, wenn die Anzahl an Schadensfällen und -jahren statistisch ausreichend ist – i.d.R. werden hier nach DVGW-Arbeitsblatt W 402 (DVGW, 2010a) Schadensdaten über 10 bis 20 Jahre benötigt.

Werden der Schadensstatistik Kosten zugeordnet, wird laut Roscher (2000) für das Versorgungsunternehmen einfach erkennbar, ab welchem Zeitpunkt die Erneuerung oder Sanierung wirtschaftlicher als die weitere Reparatur einer schadensanfälligen Leitung ist.

Es wird laut DVGW-Arbeitsblatt W 402 (DVGW, 2010a) empfohlen, die regelmäßig auf Plausibilität geprüften Daten der Schadensstatistik jährlich an den DVGW zu übermitteln, um eine bundesweite Darstellung der Schadens- und Netzentwicklung zu ermöglichen.

## 2.2 Alterungsprognose

Jedwede Bewertung von technischen/baulichen Investitionsobjekten mit dem Ziel der Instandhaltung des Objektes zur Sicherstellung der ordnungsgemäßen Nutzung im Rahmen der geplanten Nutzungsdauer erfordert eine Erfassung der technischen/ baulichen Situation. Die Erfassung kann unmittelbar z.B. durch Inaugenscheinnahme/ Inspektion erfolgen oder aus (Versagens-)Ereignissen stellvertretend abgeleitet werden.

Im Anschluss der Erfassung der technischen/ baulichen Situation erfolgt die Bewertung derselben anhand eines einheitlichen Bewertungsmaßstabes, der in technischen Regelwerken oder unternehmensintern definiert sein kann.

Die erreichten Bewertungsergebnisse stellen jedoch nur die Situation zum Zeitpunkt der Erfassung der technischen/ baulichen Situation bzw. zum Zeitpunkt des Auftretens der (Versagens-)Ereignisse dar und liefern damit nur eine eingeschränkte Aussage mit Bezug auf die Vergangenheit, da sich der Zeitraum einer netzweiten Erfassung in der Regel über mehrere Jahre erstreckt. Gegenwarts- oder zukunftsbezogene Aussagen lassen sich ausschließlich mit Prognosemodellen treffen, die die Bewertungsaussagen in einen zeitlichen Kontext (z.B. Alter) stellen (vgl. auch Müller, 2005):

Werden die Ausfallzeitpunkte von  $n$  Betrachtungseinheiten für den Grenzfall  $n \rightarrow \infty$  durch die Dichtefunktion  $f(t)$  beschrieben (s. Abbildung 3), so gilt die darauf folgende Gleichung.

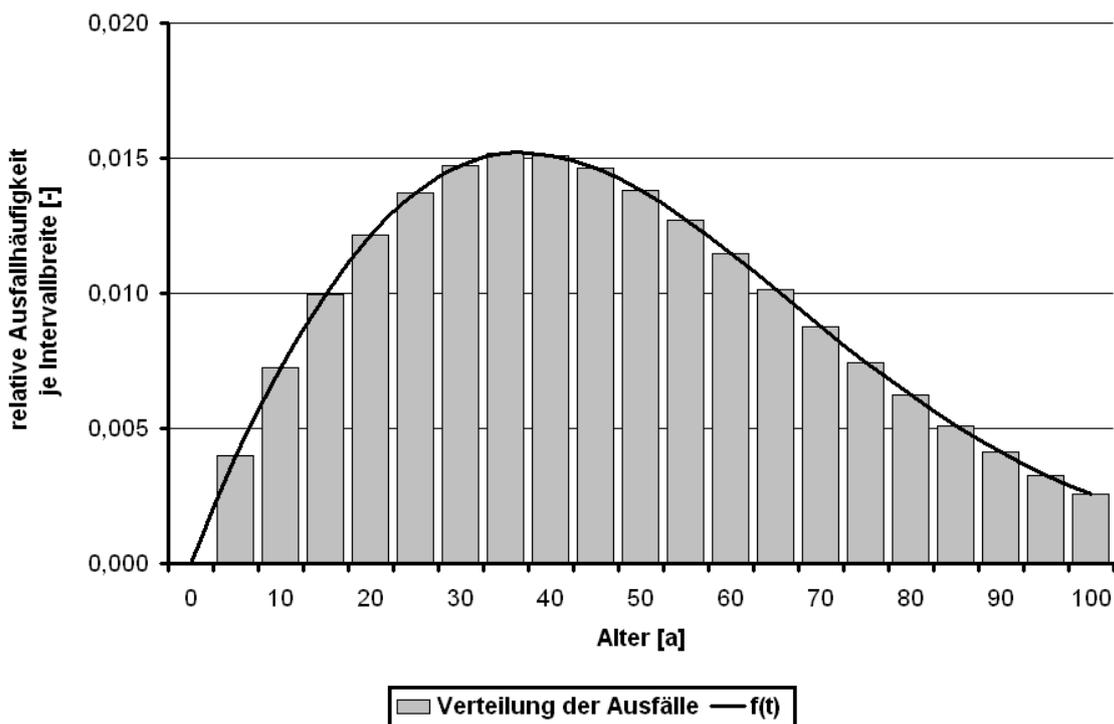


Abbildung 3: Histogramm der Ausfallhäufigkeiten und Dichtefunktion  $f(t)$  (Anzahl der Ausfälle  $n \rightarrow \infty$ ) (Müller, 2005)

$$F(t) = \int_{\tau=0}^{\tau=t} f(\tau) d\tau$$

mit:

$F(t)$  [-] Verteilungsfunktion der Ausfälle

$f(\tau)$  [-] Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion der Ausfälle

$t, \tau$  [a] Alter

Die technische Nutzungsdauer der Objekte von Abwasser- oder Trinkwassernetzen wird damit zusammenfassend als statistische Zufallsgröße betrachtet, die einer Wahrscheinlichkeitsverteilung zugeordnet werden kann. Die Wahrscheinlichkeit, mit der dieses Objekt ein bestimmtes Alter überlebt, wird durch die Überlebenswahrscheinlichkeitsfunktion (auch Überlebensfunktion genannt) beschrieben.

Die derzeit in diesem Kontext am häufigsten verwendeten statistischen Verteilungen (Weibull-, Herz- und Gompertzverteilung) wurden zum Teil spezifisch für die Beschreibung der Lebensdauer und Ausfallhäufigkeit von technischen Bauteilen (Weibull-Verteilung) oder für die Beschreibung der Alterungsprozesse von Rohrleitungen entwickelt (Herz-Verteilung).

Die verschiedenen Verteilungsfunktionen zeichnen sich durch freie Parameter aus, die für den spezifischen Anwendungsfall mittels Regressionsanalysen festzulegen sind. So existieren bspw. für die Weibullverteilung die freien Parameter  $\alpha$  (Skalenparameter),  $\beta$  (Formparameter) sowie  $c$  (Resistenzzeit). Die Überlebensfunktion  $F(t)$  ergibt sich folgt:

$$F(t) = \begin{cases} \text{für } t < c & 1 \\ \text{für } t \geq c & e^{-\left(\frac{t-c}{\beta}\right)^\alpha} \end{cases}$$

Aus der statistischen Analyse der realen Inspektionsdaten (Abwassernetz) bzw. Ausfallzeitpunkten (Trinkwassernetz) werden in Zusammenhang mit dem Alter der Objekte aus dem kumulativen Integral der Dichtefunktion (Abbildung 4) Überlebensfunktionen (Abbildung 5) generiert. Diese beschreiben die Übergangswahrscheinlichkeiten von einer Zustands- oder Substanzklasse zur nächsthöheren Klasse.

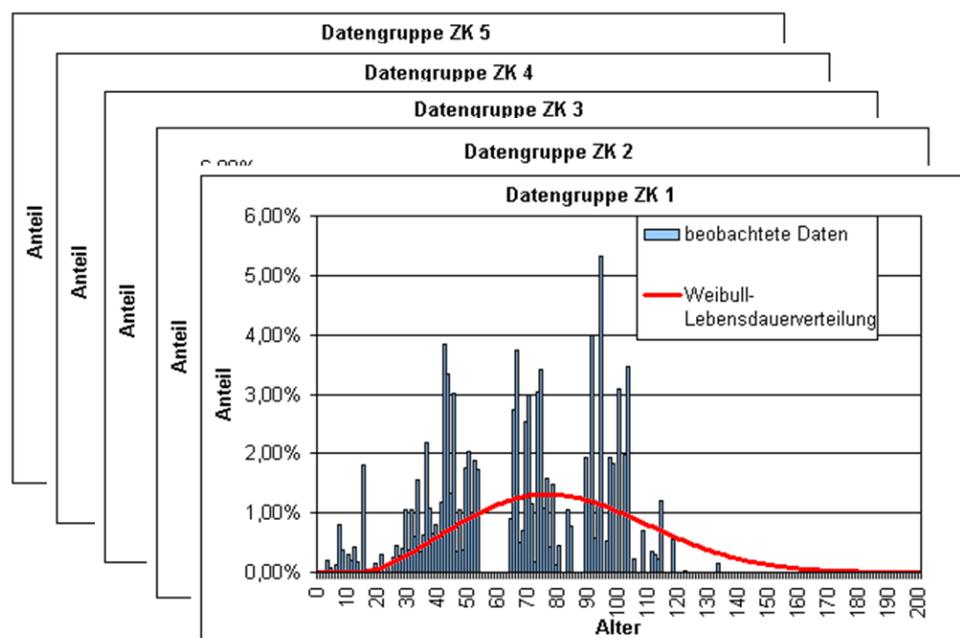


Abbildung 4: Dichtefunktion, ermittelt aus der Verteilung der Daten (UNITRACC, 2021)

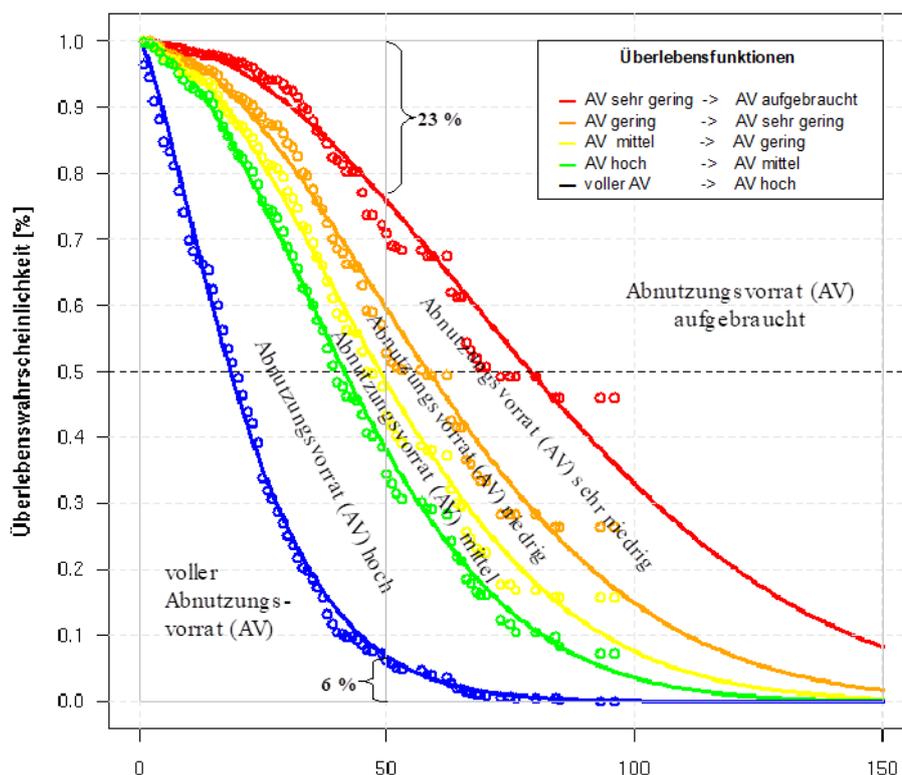


Abbildung 5: Überlebenskurvenschar (UNITRACC, 2021)

Die Parameter der Weibullfunktionen werden auf Basis einer statistischen Maximum-Likelihood-Analyse der Inspektions- und Grunddaten abgeschätzt. Dabei werden die Dichtefunktionen jeweils für einen Übergang aus der Verteilung der Haltungen in den Daten ermittelt.

### 2.3 Clusteranalyse

Ein Cluster (engl. cluster = Schwarm) beschreibt ein Merkmal bzw. eine Kombination mehrerer Merkmale innerhalb eines Datenbestandes. Im Zuge einer Clusteranalyse werden die Häufigkeiten verschiedener Cluster ermittelt. Beim Findungsprozess des relevanten Clusters für die Alterungsmodellierung werden gemäß Erfahrungen des Modellierers und Auswertungen des Datenbestandes verschiedene mögliche relevante Merkmalskombinationen herangezogen. Ergebnis dieser Analyse ist eine begrenzte Anzahl von Überlebensfunktionen, die mit adäquater Genauigkeit das Alterungsverhalten des Netzes abbildet.

Soweit für unterschiedliche Haltungsmerkmale (z.B. Werkstoffarten) eine für die statistische Auswertung signifikante Datenmenge vorhanden ist, können die Überlebensfunktionen und die Alterungsprognose differenziert für die entsprechenden Haltungstypen (z.B. Steinzeugkanäle) erzeugt werden. Die Modellierung des Alterungsverhaltens erfolgt dabei basierend auf den vorhandenen Bewertungsdaten

für Zustand und Substanz einer jeden bewerteten Befahrung. Die Haltungen werden in einem iterativen Verfahren in verschiedene Cluster unterteilt, für die die Alterungsfunktionen ermittelt und die Änderung der Aussage des Alterungsmodells analysiert werden.

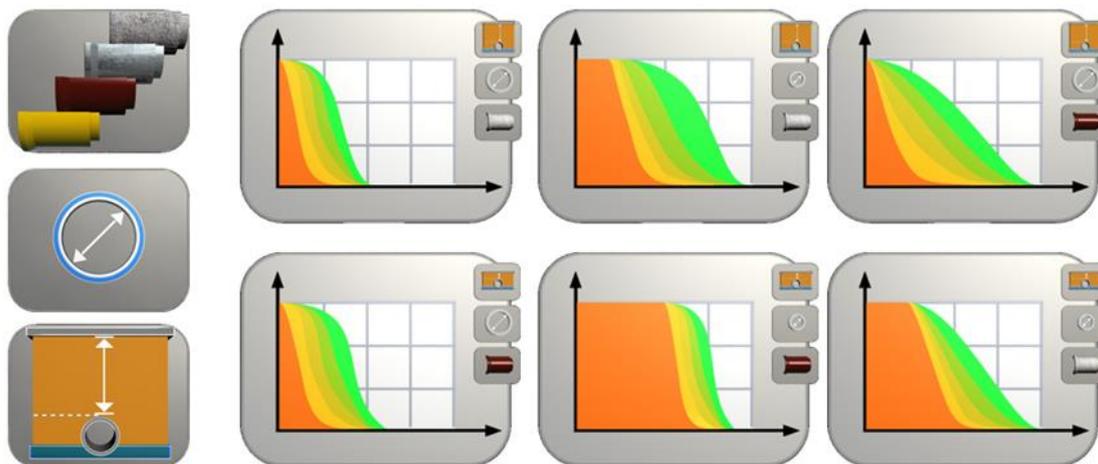


Abbildung 6: Unterschiedlichkeit von Alterungsfunktionen in Abhängigkeit der Clusterzugehörigkeit bei Berücksichtigung der Merkmale (Trennkriterien) Rohrwerkstoff, Nennweite, Überdeckungshöhe

## 2.4 Kennzahlenrecherche Abwassernetze

### 2.4.1 Kennzahlensysteme

#### Computer Aided Rehabilitation of Sewer Networks (Care-S)

Im Rahmen der europäischen Initiative Care-S („Computer Aided Rehabilitation of Sewer and Stormwater Networks“, zu Deutsch „Computergestützte Rehabilitation von Kanal- und Regenwassernetzen“) wurde von 2001 bis 2004 basierend auf dem IWA-Kennzahlensystem ein System entwickelt, um europäische Netzbetreiber bei der Ertüchtigung ihrer Netze zu unterstützen. Die entwickelte Software schätzt den aktuellen und zukünftigen Zustand des Netzes ab; hierbei werden Kennzahlen bewertet, Netzausfälle vorhergesagt und die generelle Zuverlässigkeit der Abwasserentsorgung berechnet. Anschließend werden Handlungsempfehlungen abgegeben. (CARE-S, 2004)

Neben der Verwendung bereits bekannter Kennzahlen aus dem IWA-System wurden einzelne neue Kennzahlen entwickelt.

## aquabench

Initial des flächendeckenden „deutschen“ Benchmarkings der Wasserwirtschaft war der Bericht der Bundesregierung zur Modernisierungsstrategie für die deutsche Wasserwirtschaft (Deutscher Bundestag, 2006). Im Bericht wurde auch die Verbändeerklärung zum Benchmarking veröffentlicht, in der sich die Verbände ATT, BGW, DBVW, DWA, DVGW und VKU gemeinsam bereiterklären, den erforderlichen Rahmen für ein Benchmarking in der Wasserwirtschaft im Sinne der Selbstverwaltung zu erarbeiten und weiterzuentwickeln.

Dieser Rahmen wurde für die Abwasserentsorgung v. a. im DWA-Leitfaden „Benchmarking“ (DWA, 2005) und im Merkblatt DWA-M 1100 (DVGW, DWA, 2008) gesetzt. Beide Dokumente geben Unterstützung bei der Vorbereitung, Durchführung und Auswertung von Benchmarkingprojekten, beinhalten jedoch keine Definitionen von Kennzahlensystemen.

Eine erste Kodifizierung vorhandener Kennzahlensystem wurde mit dem DWA-Themenband (DWA, 2008) vorgelegt. Dieser enthält neben Anforderungen an Kennzahlensysteme, Systemgrenzen, Bezugsgrößen und Auswertungsgrundsätze ein Beispiel-Kennzahlensystem für das Unternehmensbenchmarking. Dieses System wurde von aquabench maßgeblich mitentwickelt und ist bis heute Basis entsprechender aquabench-Projekte.

Wesentliche Merkmale des Systems sind die Aufteilung des Prozesses „Abwasserbeseitigung“ in die drei Teilprozesse Abwasserableitung, Abwasserbehandlung und unterstützende Prozesse (Abbildung 7) sowie die Unterteilung der Kennzahlen in fünf Leistungsmerkmale und die Informationen zu Struktur und Technik (Abbildung 8).

Darüber hinaus gibt es noch spezielle Kennzahlensysteme für einzelne Teilprozesse, z. B. für Kanalbetrieb oder Kanalbau, welche für eine aggregierte Betrachtungsebene wie hier angestrebt zu detailliert sind (vergleiche auch Abschnitt 7.2).

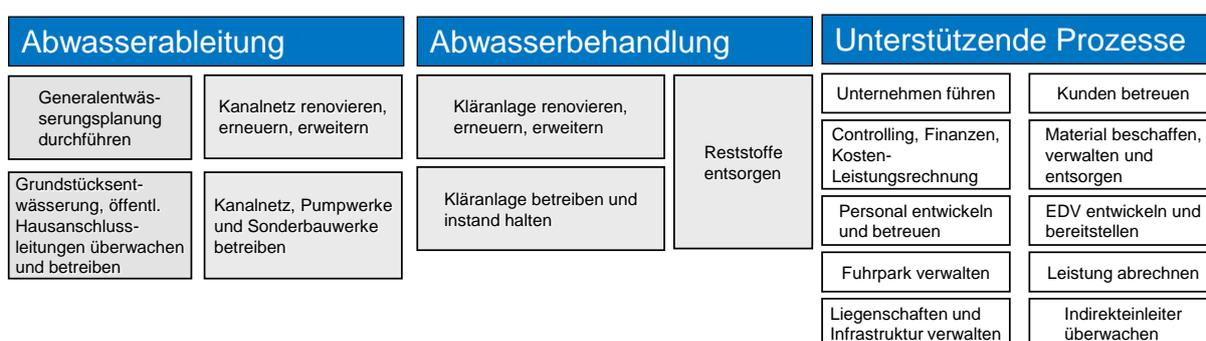


Abbildung 7: Prozessmodell Abwasserbeseitigung

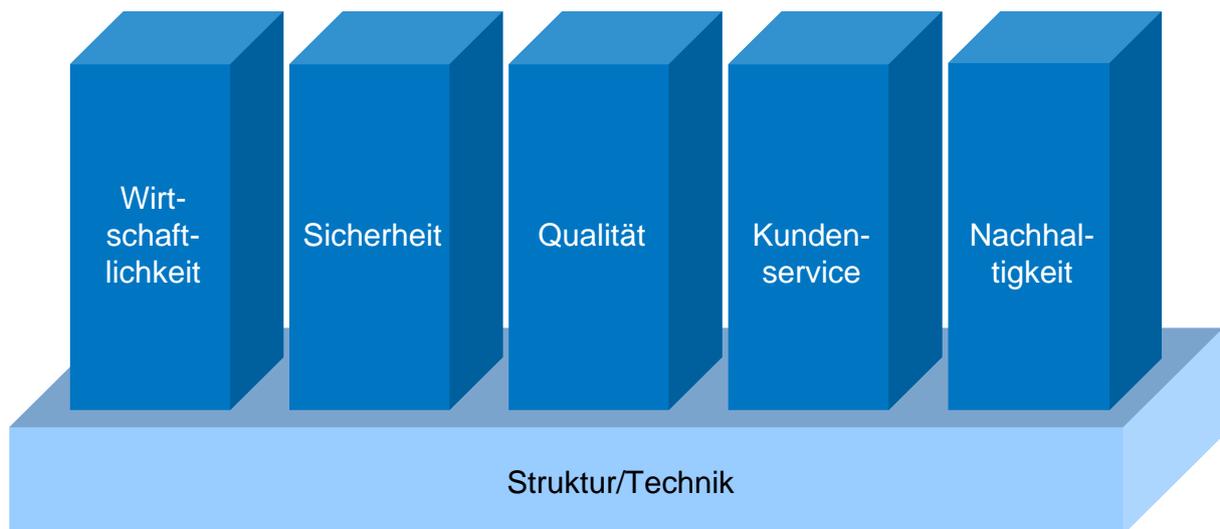


Abbildung 8: Fünf-Säulen-Modell: Nennung der betrachteten Leistungsmerkmale (DWA, 2008)

### 2.4.2 Fazit

Die Ergebnisse der Kennzahlenrecherchen für Abwassernetze sind in Anlage 1 tabellarisch aufbereitet. Hierbei wurden für das Projekt relevante Kennzahlen nach Aussage über

- Umwelt / Ressourcen
- Personal
- physische Faktoren
- Betrieb
- Servicequalität
- Ökonomie / Finanzen

kategorisiert.

Des Weiteren sind zugehörige Einheiten, die Quellen der Kennzahlen sowie die Bezeichnung derselben in der jeweiligen Quelle angegeben.

## 2.5 Kennzahlenrecherche Trinkwassernetze

### 2.5.1 Kennzahlensysteme

#### International Water Association (IWA)

Bei Benchmarking-Ansätzen oder der Bildung von Kennzahlen für die Wasserwirtschaft wird heutzutage meist auf das sogenannte IWA-Kennzahlensystem zurückgegriffen. Dieses wurde von der International Water Association (IWA) im Jahre 2000 veröffentlicht. Seit 2006 wird dieses unter dem Titel „Performance indicators for water supply services“ (IWA, 2012) veröffentlicht und seitdem regelmäßig überarbeitet und erweitert.

Das IWA-Kennzahlensystem gliedert sich gemäß (IWA, 2012) in

- Daten-Elemente (data elements)  
Basisdaten des Systems, die entweder gemessen oder einfach beschafft werden können. Diese können, je nach Beschaffenheit, auch als Variablen oder Kontextinformationen betrachtet werden.
- Variablen (variables)  
Daten-Elemente des Systems, welche mittels Verarbeitungsregeln kombiniert werden können, um Kennzahlen zu definieren. Variablen bestehen aus einem Wert, der in einer eindeutigen Einheit ausgedrückt wird.
- Kennzahlen (performance indicators)  
Verhältnis der Werte mehrerer Variablen, ausgedrückt in einer kombinierten Einheit der Eingangs-Variablen oder in Prozent. Kennzahlen dienen der Informationsbereitstellung und sollen Vergleiche ermöglichen.
- Kontextinformationen (context information)  
Kontextinformationen beschreiben die nicht oder nicht kurzfristig veränderlichen Eigenschaften eines Systems und ermöglichen die Vergleichbarkeit zweier Systeme mit ähnlichen Kontextinformationen (s. auch „Strukturmerkmale“ im folgenden Abschnitt).

Die Kennzahlen des IWA-Kennzahlensystems gliedern sich in die Bereiche

- Wasserressourcen (water resources – Wr)
- Personal (personnel – Pe)
- Versorgungsanlagen (physical – Ph)
- Betrieb (operational – Op)
- Qualität und Kundenservice (quality of service – QS)
- Finanzen (financial – Fi)

Das IWA-Kennzahlensystem ist, nach eigener Aussage, Grundlage des Kennzahlensystems des Projektpartners aquabench. Neue Erkenntnisse sind somit im Rahmen der Recherche nicht zu erwarten.

### **Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V. (DVGW)**

In Deutschland wird der Ist-Stand der Wasserversorgung maßgeblich im Rahmen von Benchmarking-Projekten erhoben. Diese Projekte zum Kennzahlenvergleich werden von verschiedenen Anbietern in den meisten Bundesländern angeboten und bieten teilnehmenden Unternehmen die Möglichkeit eine Steigerung der Unternehmensleistung und der Effizienz.

Obwohl diese Projekte im Jahre 2003 gemeinsam auf Basis des IWA-Kennzahlensystems starteten, wurden die Kennzahlen von den einzelnen Anbietern modifiziert und weiterentwickelt, sodass eine Vergleichbarkeit zwischen den Ergebnissen der Kennzahlen der Benchmarkingprojekte einzelner Länder nicht mehr durchweg gegeben war. Um eine bundesweite Orientierung zu ermöglichen, wurde vom DVGW ab Ende 2012 im Rahmen des Vorhabens „Benchmarking in der Wasserversorgung“ ein Arbeitskreis zur Entwicklung eines einheitlichen, bundesweit gültigen Kennzahlensystems gebildet. Im Zuge dessen wurden bereits bekannte und verwendete Kennzahlen der Landes-Benchmarkingprojekte integriert und neben einer teilweisen Überarbeitung begrifflich angepasst, sowie neue Kennzahlen erarbeitet (vgl. Merkel et al., 2014). Die Ergebnisse des Arbeitskreises wurden in Form der Merkblätter W 1100-2 „Definitionen von Hauptkennzahlen in der Wasserversorgung“ (DVGW, 2016) und W 1100-3 „Strukturmerkmale der Wasserversorgung“ (DVGW, 2016a) festgehalten.

Das erarbeitete Kennzahlensystem gliedert sich nach (DVGW, 2016) in:

- **Branchenkennzahlen**  
Branchenkennzahlen dienen der repräsentativen Information der Öffentlichkeit und politischer Entscheidungsträger.
- **Hauptkennzahlen**  
Hauptkennzahlen dienen der Standortbestimmung innerhalb eines Unternehmensvergleichs und Ableitung möglicher Verbesserungen für teilnehmende Unternehmen, bestehen aus Kennzahlen und Kontextinformationen.
- **Strukturmerkmale**  
Strukturmerkmale bilden nicht beeinflussbare natürliche und anthropogene Faktoren, wie Geologie, Klima oder Hydrologie bzw. die Siedlungs- und Abnehmerstruktur ab; dienen der Einordnung des teilnehmenden Unternehmens in Vergleichsgruppen mit gleichartigen Rahmenbedingungen. Bei den

Strukturmerkmalen wird zwischen Wasserproduktion und Wassernetzen unterschieden.

Die 95 Hauptkennzahlen, wovon 19 auch als Branchenkenzahlen Anwendung finden, sind nach den fünf Leistungsmerkmalen der Wasserversorgung

- Versorgungssicherheit (VS),
- Qualität (Q),
- Kundenservice (KS),
- Nachhaltigkeit (NH) und
- Wirtschaftlichkeit (W)

gegliedert.

Im Sinne des Projektthemas bietet es sich an, die Kennzahlen des Leistungsmerkmals Nachhaltigkeit, speziell die Kennzahlen der Unterpunkte „technische Substanzerhaltung“ und „wirtschaftliche Substanzerhaltung“, weiter zu betrachten.

### **Computer Aided Rehabilitation of Water Networks (Care-W)**

Bei Care-W handelt es sich um das Parallelvorhaben zu Care-S (vgl. vorheriger Abschnitt) für den Bereich Trinkwassernetze. Entsprechend wurden auch hier basierend auf dem IWA-Kennzahlensystem einzelne neue Kennzahlen entwickelt.

### **Aquarating**

Das von der IWA und IDB (Inter-American Development Bank) entwickelte Benchmarkingsystem Aquarating unterstützt Netzbetreiber in der Einschätzung der Leistungsfähigkeit ihrer Netze. Das System basiert auf Kennwerten und „Best Practices“, die Eingangswerte werden zudem anhand von Zuverlässigkeitskriterien bewertet. (Aquarating, 2018)

### **2.5.2 Fazit**

Aufgrund der nationalen bzw. bundesweiten Gültigkeit des DVGW-Kennzahlensystems ist mit großer Wahrscheinlichkeit zu erwarten, dass die notwendigen Datenvariablen bzw. Eingangswerte zur Berechnung der einzelnen Kennzahlen von den jeweiligen Netzbetreibern zu beschaffen sind. Zudem basiert dieses Kennzahlensystem auf derselben Datengrundlage (IWA), wie der Projektpartner aquabench sie nutzt. Hieraus resultiert eine verbesserte Möglichkeit, die entstandenen Kennzahlen zu einem späteren Zeitpunkt in das aquabench-System zu überführen.

Aus diesen Gründen wird der Instandhaltungsscheck Trinkwassernetze auf dieses Kennzahlensystem beschränkt.

Auch hier sind die Ergebnisse der Kennzahlenrecherche in Anlage 2 nach den im Abwasserabschnitt genannten Kriterien sortiert zu finden, eine grobe Vorauswahl von Kennzahlen hinsichtlich des Projektgegenstandes ist in Anlage 3 dargestellt.

## **2.6 Kennzahlenrecherche zu weiteren Infrastrukturen**

### **Fernwärmenetze**

Im Bereich der Fernwärmenetze werden Bestands- und Schadensdaten in einer netzbetreibereigenen sowie einer durch den AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e.V. (AGFW) geführten Datenbank erfasst. Die Instandhaltung erfolgt hier ereignisorientiert (z.B. auf eine Schadensmeldung hin), zeitorientiert (in festen Intervallen) und zustandsorientiert. Die Zustandsermittlung erfolgt über die Bewertung von Inspektionsergebnissen, die Betrachtung von Schadensdaten und Schadensraten sowie der Betrachtung der eigenen und branchenbezogenen technischen Nutzungsdauer. (AGFW, 2013)

Eine Planung der Instandhaltungsstrategie erfolgt mit, die Zuverlässigkeit betreffenden, statistischen Größen und der daraus ermittelten Nutzungsdauerprognose. Der technische Zustand wird maßgeblich durch die Betrachtung des Auftretens von Leckwasser innerhalb einer Bilanzzeit bezogen auf das Netzvolumen und/oder Netzoberfläche bestimmt. (AGFW, 2013)

### **Gasversorgungsnetze**

Zur Bestimmung des Zustandes werden in der Gasversorgung, ähnlich wie bei der Wasserversorgung, Bestands-, Schadens- (Leckagen), Zustands- (Messungen, Aufgrabungen) und Umgebungsdaten erfasst. Anschließend wird

- eine Schadensrate ermittelt und eine Wahrscheinlichkeitsfunktion der Schadensrate erstellt sowie
- eine Rehabilitationsrate ermittelt und eine Wahrscheinlichkeitsfunktion der Rehabilitationsrate erstellt.

Dies geschieht jeweils bezogen auf das Leitungsalter, die Lebensdauer wird somit bekannt. (DVGW, 2013)

Die verwendeten Rohrmaterialien sind weitgehend dieselben wie im Wasserversorgungsbereich (Roscher et al., 2000).

## **Stromversorgungsnetze**

Da es sich bei elektrischem Strom um ein grundsätzlich anderes - nicht fluides - Medium handelt, existieren hier grundsätzlich andere Methoden und Kennwerte. Inspiziert werden lediglich größere Anlagen mittels Messungen, übrige Komponenten werden i.d.R. zum Ende ihrer berechneten Lebensdauer inspiziert (vgl. DIN VDE, 2020). Diese Vorgehensweise ist nicht mit der Vorgehensweise im Abwasser- und Wasserbereich vergleichbar.

## **Fazit**

Lediglich in die Gasversorgung lassen sich aus der Trinkwasserversorgung einzelne, rohrmaterialbezogene Kennwerte übertragen, da die Rohrmaterialien sich größtenteils gleichen. Bei den anderen beiden betrachteten Infrastrukturen ist eine Verwendbarkeit hinsichtlich Sanierungskennzahlen fraglich. Vorteile könnten jedoch aus der Übernahme der Idee einer gemeinsamen Schadens- und Nutzungsdauerdatenbank entstehen.

### **3 Analyse der Instandhaltungsstrategie der SWO Netz GmbH**

#### **3.1 Vorstellung des Untersuchungsgebietes**

##### **3.1.1 Hellern**

Der Stadtteil Hellern im Südwesten gehört erst seit der Gebietsreform 1972 zu Osnabrück. Im Norden wird Hellern durch die Rheiner Landstraße und die Autobahn A30 begrenzt. Im Westen grenzt der Stadtteil an die Düte. Die A30 bildet auch die östliche Begrenzung. Die Bebauungsstruktur ist vergleichsweise homogen. Es sind größtenteils Wohngebiete mit überwiegend kleineren Wohnhäusern vorhanden. Nur die Bereiche Averdiekstraße und Rheiner Landstraße bestehen fast ausschließlich aus gewerblichen Flächen. Im südlich des Klärwerks Hellern gelegenen Bereich sind nur vereinzelte Höfe sowie das kleine Gewerbegebiet Chemnitzer Straße vorhanden. Mit einer Fläche von 12.13 km<sup>2</sup> ist Hellern der zweitgrößte Stadtteil Osnabrücks. Bei der Bevölkerungszahl liegt Hellern mit rd. 7.000 Menschen im Mittelfeld. Ab den 1920-er Jahren entstanden erste zusammenhängende Siedlungen. Nach dem Krieg, ab den 50-er Jahren, verstärkte sich die Bautätigkeit. Nach der Eingemeindung nach Osnabrück wies die Stadt zusätzliche Baugebiete längs der Lengericher Landstraße aus, die die Bevölkerungszahl im Stadtteil sprunghaft ansteigen ließ. Die zwei jüngsten Siedlungen in Hellern liegen südlich des Tulpenpfads. In den Häusern an den beiden Ringstraßen Im Erlengrund und am Lobelienweg wohnt man schon fast ländlich, obwohl es zum Kern von Hellern nur wenige hundert Meter Luftlinie sind.

##### **Abwassernetz**

Hellern wird ausschließlich im Trennsystem entwässert. Die Düte bildet die natürliche Vorflut für den wesentlichen Teil des Stadtteils. Die Regenwasserkanalisation hat eine Länge von rd. 28 km und leitet das Niederschlagswasser über neun Regenrückhaltebecken in den Vorfluter. Die Schmutzwasserkanalisation weist rd. 30 km Freigefällekanäle und rd. 26 km Druckrohrleitungen auf. Das Einzugsgebiet Averdiekstraße ist an einem Pumpwerk angeschlossen, das direkt zum Klärwerk Hellern pumpt. An diesem Pumpwerk sind noch die Freigefälleentwässerung der alten Deponie Eselspatt sowie deren Druckleitung angeschlossen. Der Großteil der Schmutzwasserkanalisation des Einzugsgebiets Hellern fließt zum Pumpwerk in der Großen Schulstraße. Die Entwässerung des kleinen Gebietes nördlich der A30 erfolgt per Druckleitung vom Pumpwerk Rheiner Landstraße in die Straße An der Lauburg und somit im weiteren Verlauf zum Pumpwerk in der Großen Schulstraße.

## **Trinkwassernetz**

Der Stadtteil Hellern befindet sich in der größten der drei Hauptversorgungszonen des Trinkwassernetzes, der Zone „Thiene“, mit einem Trinkwasserbedarf von rd. 4,3 Mio. m<sup>3</sup> im Jahr 2019. Sie wird vom Wasserwerk Thiene über den HB Piesberg mit Wasser versorgt. Die Wasserversorgung im Stadtteil Hellern umfasst eine Rohrnetzlänge von rd. 46 km. Die Netztopologie entspricht weitestgehend der eines vermaschten Trinkwassernetzes. Vereinzelt gibt es in den Randbereichen, im Bereich der Stadtgrenze, Strukturen eines Verästelungsnetzes.

### **3.1.2 Darum-Gretesch-Lüstringen**

Darum-Gretesch-Lüstringen ist der größte Stadtteil Osnabrücks mit rd. 8.200 Einwohnern, die sich auf 14,34 km<sup>2</sup> Fläche verteilen. Ursprünglich waren Gretesch, Darum und Lüstringen im Südosten Osnabrücks einzelne Bauernschaften. In verschiedenen Gebietsreformen wurden Gretesch, Lüstringen und Darum 1966 zusammengefasst und 1972 schließlich der Stadt Osnabrück zugeschlagen. Nach dem Krieg sind die Bauernschaften durch Siedlungen erweitert worden. Im Westen des Stadtteils liegen Gewerbegebiete. Im Nordwesten befindet sich Wohnbebauung entlang der Straßen Gretescher Weg, Strothmannsweg und Belmer Straße. Östlich davon liegt das Waldgebiet Bornheide. Im Süden, nördlich der Bahnstrecke Löhne–Rheine, liegt der Kernsiedlungsbereich des Stadtteils entlang der Straßen Mindener Straße und Schledehauser Weg. Nördlich davon liegt die Erhebung Lüstinger Berg. Der nördliche und östliche Bereich des Stadtteils sind ansonsten größtenteils landwirtschaftlich geprägt.

## **Abwassernetz**

Darum-Gretesch-Lüstringen wird ausschließlich im Trennsystem entwässert. Einziges größeres Fließgewässer ist der Belmer Bach, der den Stadtteil von Norden nach Südwesten quert und wenig später in die Hase mündet. Die Regenwasserkanalisation hat eine Länge von rd. 36 km und leitet das Niederschlagswasser über neun Regenrückhaltebecken in den Vorfluter. Die Schmutzwasserkanalisation weist rd. 35 km Freigefällekanäle und rd. 14 km Druckrohrleitungen auf. Fünf Pumpwerke fördern das Schmutzwasser der jeweils zugehörigen Teileinzugsgebiete in die weiterführende Kanalisation.

## **Trinkwassernetz**

Der Stadtteil Darum-Gretesch-Lüstringen befindet sich in der kleinsten der drei Hauptversorgungszonen des Trinkwassernetzes, der Zone „Düstrup“, mit einem Trinkwasserbedarf von ca. 3,1 Mio. m<sup>3</sup> im Jahr 2019. Die Hauptversorgungszone

„Düstrup“ lässt sich in fünf separate Druckzonen unterteilen. Wobei der Stadtteil Darum-Gretesch-Lüstringen in den Zonen „Düstrup“, „Lüstringen“ sowie der „Hochzone Lüstringen“ liegt. Die Wasserversorgung in dem Stadtteil Darum-Gretesch-Lüstringen umfasst eine Rohrnetzlänge von ca. 45 km. Die Netztopologie entspricht weitestgehend der eines Verästelungsnetzes. Vereinzelt gibt es, in innerstädtisch näheren Bereichen, Strukturen eines vermaschten Trinkwassernetzes.

## **3.2 Strategiefanalysen**

### **3.2.1 Methodik**

In den aktuellen Normen und Regelwerken im Abwasserbereich (u.a. DIN EN 752 (DIN, 2020), DWA-A 143-14 (DWA, 2017), DWA-M 149-2 (DWA, 2013)) sind die Anforderungen an das Unterhaltsmanagement von Entwässerungssystemen mit der Forderung nach strategischen und/oder betrieblichen Planungen mit den Zielstellungen der Vermeidung von Vermögensverzehr sowie der Ermittlung des langfristigen Investitionsbedarfs auf ein neues Niveau gehoben. Vergleichbare Forderungen sind auch in entsprechenden Regelwerken im Trinkwasserbereich abgebildet.

Mit STATUS werden die Grundlagen zur Erfüllung dieser Forderungen innerhalb eines transparenten und definierten Analyseprozesses geschaffen, der sich in seinem vereinheitlichten Ablauf in beiden Bereichen gleicht:

- Datenmanagement & Plausibilitätsprüfung der Netzdaten
- Möglichst detaillierte Bewertung der Netzobjekte bzw. Objektgruppen
- Aufstellen und Kalibrierung eines Prognosemodells zur Fortschreibung der aktuellen baulichen Situation (Alterungsmodellierung)
- Aufstellung von Modellen zu möglichst objektscharfen Kosten für Anschaffung, Wiederbeschaffung oder Sanierung sowie zu Entscheidungskriterien und -hintergründen für Unterhalts- und Investitionsentscheidungen
- Erstellung von Strategieprognosen zur Netzentwicklung unter Variation der Randbedingungen (z.B. Budget, Risiko, Entscheidungsvorgaben)

Die Ergebnisse der Strategieanalyse werden in den beiden folgenden Abschnitten zusammengefasst und sind zudem in Anlage 8 ausführlich dargestellt.

## 3.2.2 Abwassernetz

### 3.2.2.1 Datenmanagement & Plausibilitätsprüfung

Die Stammdaten in Osnabrück wiesen eine gute Datenqualität auf. Der Korrektur- bzw. Ergänzungsaufwand für die häufigsten Datenunplausibilitäten bei den Stammdaten ist in Abbildung 9 dargestellt.

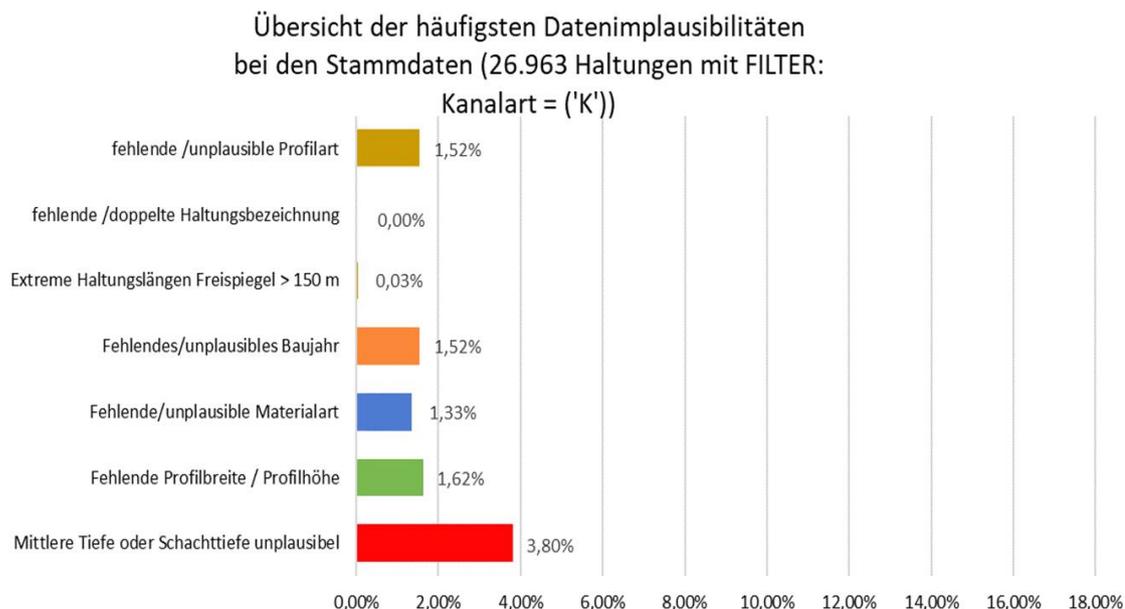


Abbildung 9: Datenunplausibilitäten bei den Stammdaten [%]

Bei den Inspektionsdaten und Zustandsdaten wurde der überwiegende Anteil der bewertungsrelevanten Unplausibilitäten durch fehlende numerische Zusätze (0,52 %) verursacht, gefolgt von fehlenden Inspektionslängen (0,35 %) und unplausiblen Kürzel aus DWA-M 152 Konvertierung (0,10 %) (siehe Abbildung 10).

Übersicht der häufigsten Datenimplausibilitäten bei den Inspektions- und Zustandsdaten  
(25.363 Inspektionen und 330.457 Befundsdaten)

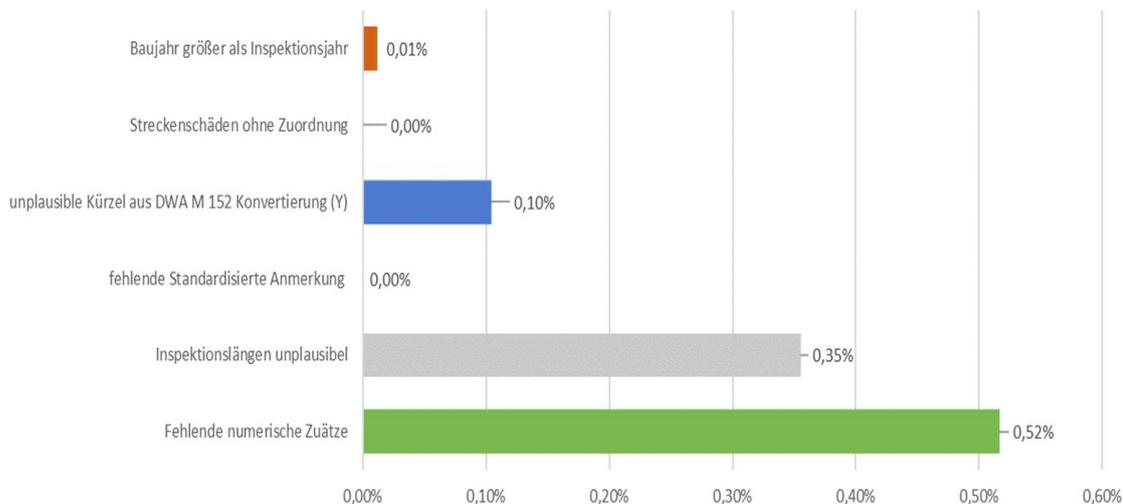


Abbildung 10: Datenunplausibilitäten bei Inspektions- und Zustandsdaten [%]

Fehlende bzw. widersprüchliche Daten wurden in Abstimmung mit SWO sinnvoll ergänzt. Für die nachfolgenden Untersuchungen liegen die bereits korrigierten Netzdaten zugrunde.

### 3.2.2.2 Bewertung IST-Situation

Für ca. 1,5 % der Kanallängen besteht ein sofortiger Handlungsbedarf gemäß der datenbasierten Beurteilung. Diese Kanalabschnitte besitzen folglich mindestens einen schweren Schaden bzw. Mangel. Inwieweit die Schutzziele Stabilität, Dichtheit und Betriebssicherheit betroffen sind, wird ebenfalls in Abbildung 11 bzw. Abbildung 12 deutlich. Da in der Sanierungspraxis vielfach Standsicherheitsaspekte bei der endgültigen Sanierungsentscheidung entscheidenden Einfluss haben, ist der Anteil von 0,8 % in diesem Schutzziel erwähnenswert.

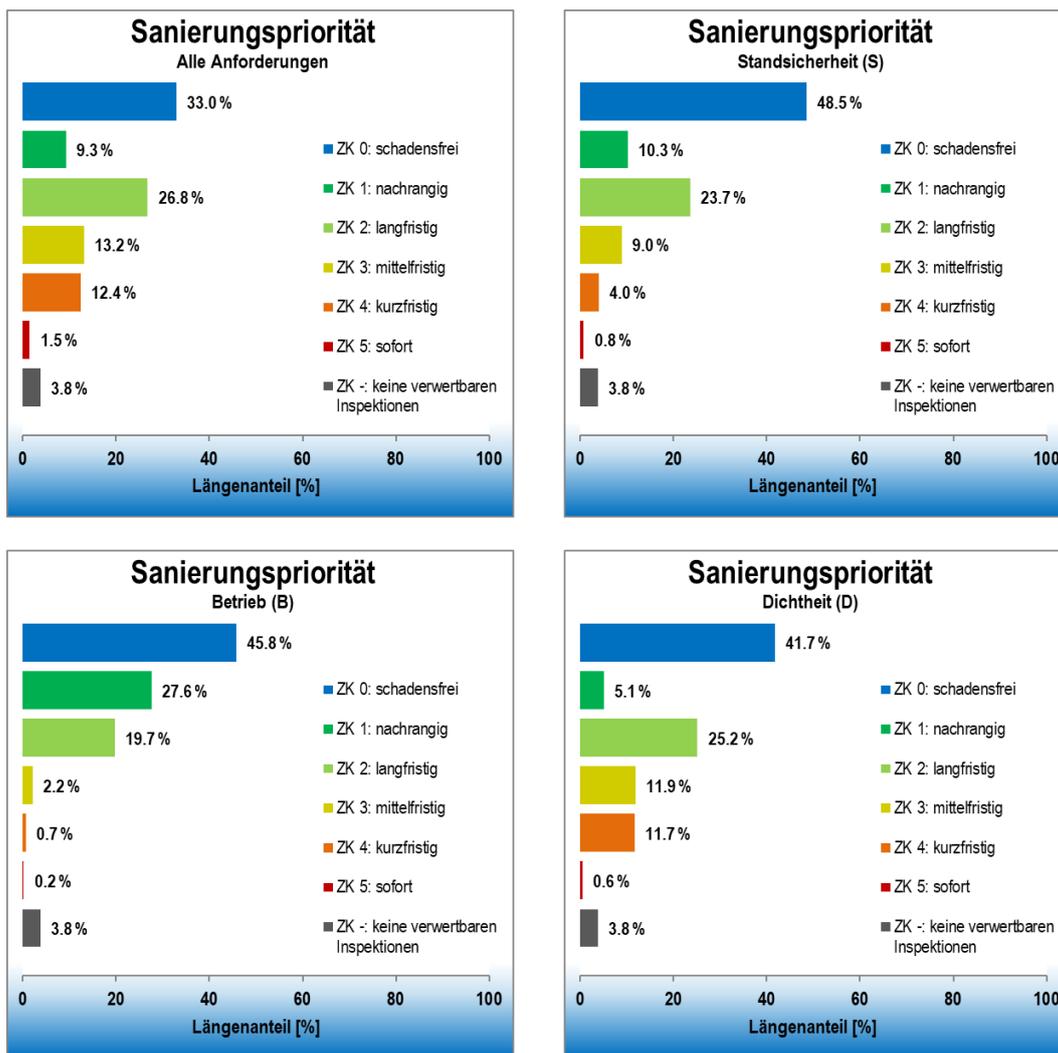


Abbildung 11: Zustandsklassenverteilung der untersuchten Haltungen bezogen auf alle Anforderungen sowie für die Schutzziele Standsicherheit, Dichtheit und Betrieb zum Inspektionszeitpunkt als Längenanteil [%]

Der Anteil an Haltungen mit nicht verwertbaren Informationen resultiert nicht (nur) aus Haltungen ohne Inspektionen, sondern im Wesentlichen aus Haltungen, deren Inspektion aus verschiedenen Gründen für die Analyse verworfen wurden. So werden abgebrochene Inspektionen, Inspektionen mit Inspektionslängen deutlich unter Haltungs- bzw. Rohrlänge genauso ausgeschlossen wie Inspektionen, die vor einer investiven Maßnahme stattgefunden haben und sich daher nicht mehr auf das aktuelle Objekt beziehen.

An dieser Stelle ist anzumerken, dass bei der allgemeinen Zustandsverteilung alle Schutzziele einbezogen sind und jeweils der auf Kanalebene kritischste Gefähr-

dungsaspekt erfasst wurde. Daher können auch hier keine direkten Summenvergleiche mit den spezifischen Zustandsverteilungen aus Standsicherheit, Dichtheit und Betrieb hergestellt werden.

Beim Vergleich dieser Kennzahlen mit der in der aktuellen Umfrage der DWA zum Zustand der Kanalisation (Berger et al., 2020) wird sichtbar, dass das Netz in Os-nabrück in den schadensfreien Netzanteilen überdurchschnittlich gut abschneidet. Der schadensfreie Anteil ist mit 33 % ca. 50 % höher als die Ergebnisse der Um-frage (22,7 %) und fast 11 Prozentpunkte höher als die Hochrechnung der Um-frage.

Demgegenüber ist der Anteil in den geschädigten Netzbestandteilen mit ZK0/ZK1 mit zusammen 13,9 % um 3,5 Prozentpunkte höher als in der Umfrage (10,4 %), aus der jedoch nicht hervorgeht, wie sich die Verteilung zwischen ZK0 und ZK1 darstellt. Der Anteil der ZK2-Haltungen ist mit 13,2% um 2,4 Prozentpunkte nied-riger als in der DWA-Umfrage<sup>2</sup> (15,6 %).

Um nicht nur die Dringlichkeit der Sanierungsmaßnahmen, sondern auch den vo-raussichtlichen Maßnahmenaufwand zu kennen, welcher zu einem wesentlichen Teil von der wahrscheinlichen Hauptsanierungsart<sup>3</sup> abhängt, wurde eine Substanz-bestimmung durchgeführt. Erst nach dieser Analyse, welche den Abnutzungsvorrat durch die vorab beschriebene Einschätzung des Gesamtschadensumfangs be-stimmt, sind belastbare Aussagen zum Maßnahmenumfang und damit Maßnah-menaufwand überhaupt zu treffen.

Die Substanz stellt die Gesamtverfassung einer Haltung unter Betrachtung aller Schäden mit ihren jeweiligen Schadensschweren sowie Ausdehnung und Lage der Schäden in der Haltung dar und charakterisiert somit den verbleibenden Abnut-zungsvorrat bis zum Eintreten des zwingend notwendigen Ersatzneubaus. Ein Sa-nierungshandeln bei entsprechend hohem Abnutzungsvorrat – noch vor dessen völligen Verzehr – ermöglicht den Einsatz von kostengünstigeren Sanierungslö-sungen (Renovierung oder Reparatur). Somit sind mit der genauen Kenntnis der Substanz einer Haltung vorausschauende und kostenoptimierte Planungen auf ei-ner abgesicherten Grundlage möglich.

---

<sup>2</sup> Berger et al., 2020

<sup>3</sup> Reparatur, Renovierung, Erneuerung



Abbildung 12: Zustandsklassenverteilung der untersuchten Haltungen bezogen auf alle Anforderungen sowie für die Schutzziele Standsicherheit, Dichtheit und Betrieb zum Inspektionszeitpunkt als Länge absolut in [km]

In die Substanzbewertung gehen alle in der Haltung aufgeführten und bewerteten Schäden mit ihrer jeweiligen individuellen Schadensklasse sowie die räumliche Verteilung bzw. Konzentration der Schäden und die individuelle Schadenslänge innerhalb des Haltungsobjekts in die Bewertung ein. Für die Analyse nach Schutzzielen finden nur die Schäden Berücksichtigung, die in dem entsprechenden Schutzziel auch eine Schadensklasse zugeordnet bekommen haben.

An dieser Stelle wird die Notwendigkeit eine Schadenslänge auch für Punktschäden deutlich, welche anhand der jeweiligen Schadensart zugeordnet wurde.

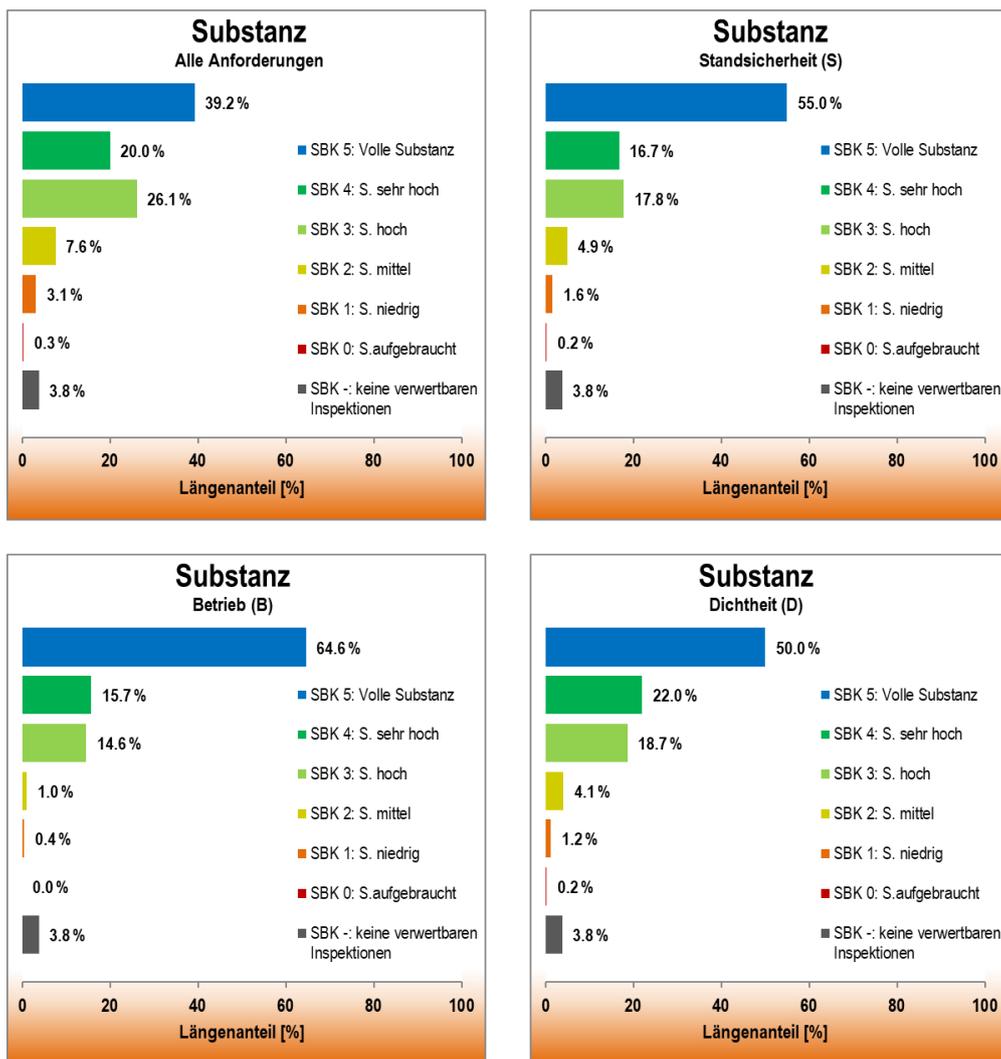


Abbildung 13: Substanzverteilung der untersuchten Haltungen bezogen auf alle Anforderungen sowie für die Schutzziele Standsicherheit, Dichtheit und Betrieb zum Inspektionszeitpunkt als Längenanteil [%]

Die Substanzverteilung der Kanäle ist in Abbildung 13 und Abbildung 14 dargestellt. Insgesamt ist bei ca. 0,3 % bzw. 0,4 km der untersuchten Netzlänge der Abnutzungsvorrat (AV<sup>4</sup>) weitgehend aufgebraucht. Weitere ca. 3,1 % der Netzlänge besitzen einen niedrigen Abnutzungsvorrat. Der überwiegende Längenanteil im Abwassernetz befindet sich jedoch in einem unkritischen Substanzbereich. Für ca. 4,9 km der Haltungslänge liegen keine bzw. keine gültigen Inspektionsdaten vor. Eine Aussage zu diesen Haltungen kann erst nach Modellierung des Alterungs-

<sup>4</sup> Nach DIN 31051 (DIN, 2019): Im Sinne der Instandhaltung: Vorrat der möglichen Funktionserfüllungen unter festgelegten Bedingungen, der einer Betrachtungseinheit aufgrund der Herstellung oder aufgrund der Wiederherstellung durch Instandsetzung innewohnt.

verhaltens und der Gegenwartsprognose erfolgen. Die Auswertung der Substanzbereiche hinsichtlich der Schutzziele Standsicherheit, Dichtheit und Betriebssicherheit ist ebenfalls Abbildung 13 und Abbildung 14 dargestellt.

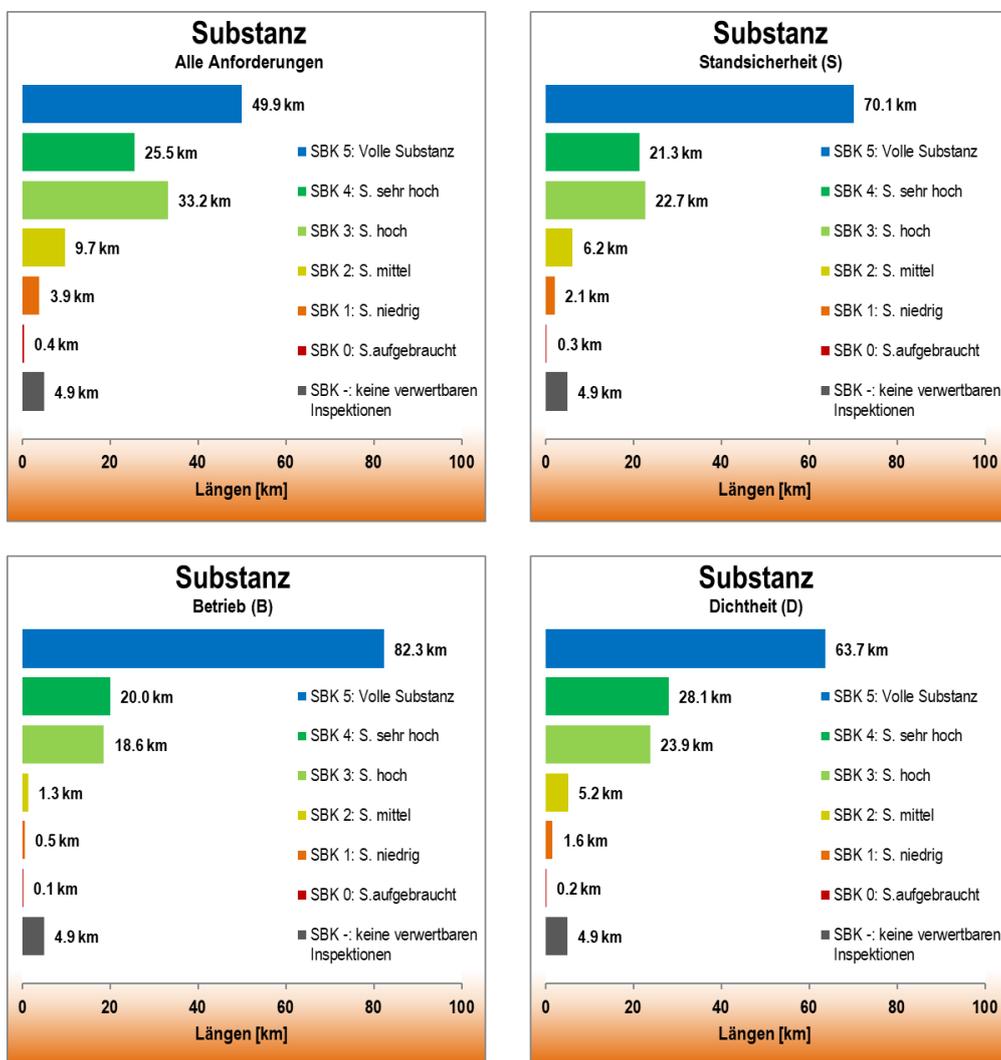


Abbildung 14: Substanzverteilung der untersuchten Haltungen bezogen auf alle Anforderungen sowie für die Schutzziele Standsicherheit, Dichtheit und Betrieb zum Inspektionszeitpunkt als Länge absolut in [km]

### 3.2.2.3 Modellbildung

#### Clusterdefinitionen als Grundlage des Alterungsmodells

Nach eingehender Auswertung der Ergebnisse der Clusteranalyse wurden folgende Alterscluster für die Alterungsmodellierung verwendet:

- Haltungen mit Baujahr bis 1945 ohne Mauerwerk/ Kunststoff/ Renovierte Haltungen

- Haltungen aus Beton mit Baujahr nach 1945 → nur unbewehrter Beton/ zementgebundene Rohrwerkstoffe
- Haltungen aus Stahlbeton/ bewehrtem Beton mit Baujahr nach 1945
- Steinzeughaltungen mit Baujahr nach 1945 – Schmutzwasserkanäle
- Steinzeughaltungen mit Baujahr nach 1945 – Misch- und Regenwasserkanäle
- Mauerwerkshaltungen
- Haltungen aus Kunststoff
- Renovierte Haltungen
- Sonstige Kanäle nach 1945 → alle Haltungen, die nicht den vorhergehenden Clustern zugeordnet werden können, werden mit dem Netzdurchschnitt prognostiziert.

### **Sanierungskosten**

Da Sanierungskosten wichtige Eingangswerte bei den Strategieanalysen sind, wurde hierauf ein besonderes Augenmerk gelegt. Die verfahrensspezifischen Kosten zur Umsetzung von Sanierungsmaßnahmen wurden so aufbereitet, dass in Abhängigkeit der Stamm- und Zustandsdaten der einzelnen Objekte alle wesentlichen Einflussfaktoren auf die Sanierungskosten berücksichtigt werden konnten.

Um eine verzerrende Beeinflussung der Sanierungskosten durch die lokalen Anschaffungs- und Herstellungskosten aus den vergangenen Buchungsperioden zu vermeiden, welche häufig nicht objektscharf verzeichnet sind und zudem auch individuelle Sonder- bzw. Einmaleffekte verzeichnen, die in dieser Weise bei einer Erneuerung so nicht wieder auftreten, wird ein auf einem von SIM über verschiedene Projekte entwickelten Mengenmodell basierender Kostenansatz genutzt.

Dieser repräsentative Kostenansatz weist jedem Netzobjekt in Abhängigkeit seiner spezifischen baulichen Randbedingungen, wie Nennweite, Material, Tiefenlage, Grundwasserlage oder Länge) individuelle Kosten für die jeweiligen Hauptsanierungsarten zu. Diese, von der örtlichen Kostenstruktur unabhängige Kostenzuweisung, soll belastbare Kostenrelationen der einzelnen Netzobjekte untereinander sicherstellen. Das Mengenkostenmodell hat nicht die Aufgabe, die lokalen Kosten direkt widerzuspiegeln. Der Bezug zum lokalen Kosten- und Preisniveau wird über die Skalierung der Ergebnisse des Mengenkostenmodells unter Zuhilfenahme der lokalen Kosten- und Bilanzinformationen durchgeführt.

## **Interventionskriterien und Entscheidungsmodellierung**

Ebenso wichtig wie ein fundiertes Kostenmodell, welches die örtliche Preissituation widerspiegelt, ist ein Entscheidungsmodell, das das lokale Entscheidungs- und Sanierungsverhalten angemessen berücksichtigt. Nur mit einem entsprechend differenzierten Modell kann die Prognose der zukünftigen Netzentwicklung – unter variierenden Randbedingungen – die stattfindende Entwicklung angemessen und belastbar vorwegnehmen. Nur so sind durch die Variation der Randbedingungen alternative Handlungspfade untersuchbar.

Für die Definition des Entscheidungsmodells wurden die grundsätzlichen Sanierungspräferenzen und örtlichen Randbedingungen und Entscheidungsfaktoren abgefragt. Abschreibungsdauern oder Materialpräferenzen sind nur ein kleiner Ausschnitt daraus. Ergänzend wurden anhand von Sanierungsentscheidungen der Vergangenheit, die baulichen Kennzahlen Zustand und Substanz mit den jeweiligen Ausprägungen nach Schutzziele gegenübergestellt und ein belastbares Handlungsmuster für die grundsätzlichen Sanierungsentscheidungen aus baulicher Sicht herausgearbeitet.

So beeinflusst insbesondere die bauliche Substanz in Bezug auf die Standsicherheit die Entscheidungsfindung bei einer Ersatzerneuerung, demgegenüber spielt die bauliche Substanz in Bezug auf die Dichtheit eine maßgebliche Rolle bei einer Renovierungsentscheidung.

Diesem Modell der baulichen Grundsatzentscheidung wird ein erweiterter Entscheidungsbaum für die weiteren Randbedingungen nachgeschaltet, der unter Umständen die bauliche Entscheidung aufhebt oder ändert. Beispielsweise werden Haltungen, die bereits für eine Sanierung aus baulicher Sicht vorgesehen sind, oder die gerade den empfohlenen Minstdurchmesser aufweisen, nicht renoviert, oder Reparaturenentscheidungen – Entscheidungen für lokal begrenzte Maßnahmen – werden verschoben, sofern nicht eine Mindestschadensklasse erreicht wird.

Auf diese Weise wird das Entscheidungsverhalten bestmöglich nachgebildet und damit sichergestellt, dass die im Rahmen der Strategierechnung getroffenen Sanierungsentscheidungen sich Realentscheidungen annähern.

### **3.2.2.4 Strategieprognosen**

#### **Strategiedefinitionen**

Aufbauend auf den vorangegangenen Arbeitsschritten wurden verschiedene Sanierungsstrategien für das Entwässerungssystem entwickelt.

Eine wesentliche Fragestellung in der Planungspraxis besteht darin, ob mit dem verfügbaren Sanierungsbudget und der bisherigen Sanierungspraxis die Anforderungen beispielsweise an die Entsorgungssicherheit, den Substanzerhalt oder die Gebührenstabilität dauerhaft erfüllt werden können. Hierzu sind die bauliche Netzentwicklung unter Berücksichtigung der strategiebedingten Baumaßnahmen sowie der einhergehenden Alterungsprozesse langfristig zu beurteilen.

### **Null-Strategie (Nichtstun)**

Das Nichtstun stellt keine ernsthafte Planungsoption und damit keine Strategie im eigentlichen Sinne dar. Die Budgets sind auf null gesetzt und es erfolgen keine Sanierungsmaßnahmen. Die Null-Strategie ist dennoch als Referenzgröße bei Wirkungsanalysen von großer Bedeutung, da sie die Geschwindigkeit des ungestörten Alterungsprozesses anschaulich beschreibt. Schlechter als in der Null-Strategie kann sich ein Netz nur dann entwickeln, wenn sich wesentliche, alterungsrelevante Einflussparameter ändern. Das Entscheidungsmodell findet Anwendung, mangels entsprechender Budgets werden aber keine Maßnahmen umgesetzt. Auf diese Weise lässt sich der Instandhaltungstau wirksam bestimmen, da alle abgelehnten Maßnahmen zur Erhöhung des Sanierungsstaus beitragen, sowohl hinsichtlich der finanziellen Ressourcen als auch hinsichtlich der zukünftig umzusetzenden Sanierungslängen.

### **Weiterso-Strategie**

Diese Strategie impliziert, dass die bisherige Sanierungspraxis für die Zukunft unverändert beibehalten wird und sich auch die sonstigen Randbedingungen nicht ändern. Es wird hier untersucht, wie sich das Netz bei unverändertem Handeln und den realen Sanierungsausgaben der letzten Jahre entwickelt.

Die Weiterso-Strategie stellt die wichtigste Referenzstrategie dar, da mit ihrer Hilfe das bisherige Vorgehen analysiert und auf seine Zukunftsstabilität und Nachhaltigkeit untersucht werden kann und damit ein Bezugssystem geschaffen wird, das es ermöglicht, die Effektivität von Alternativstrategien zu überprüfen. Insbesondere die Tatsache, dass zunehmend Haltungen vergangener Bauperioden den Status der Sanierungsbedürftigkeit erreichen, macht es notwendig, den wahrscheinlichen, zukünftigen zeitlichen Verlauf sowie den Umfang der Sanierungsaktivitäten in geeigneter Weise zu bestimmen. Mit den Erkenntnissen einer solchen Analyse ist es im Anschluss möglich, eine langfristig gesicherte Optimierung der aktuellen Vorgehensweise zu gewährleisten.

Zur Budgetdefinition wurden die umgesetzten Sanierungsbudget verwendet, ungeachtet der verfügbaren finanziellen Mittel.

### **Weiterso + - Strategie**

Diese Strategie stellt eine Variante der Weiterso-Strategie dar, bei der in Abweichung zur Budgetdefinition die geplanten und zugewiesenen finanziellen Mittel als Definitionsgrundlage dienen.

### **NoLimit - Strategie**

Auch diese Strategie stellt eine Variante der Weiterso-Strategie dar, bei der in Abweichung bei der Budgetdefinition die Mittel signifikant erhöht wurden, um in der Auswertung der Strategie Rückschlüsse auf den langfristigen durchschnittlichen finanziellen Mittelbedarf ziehen zu können.

### **Ergebnisse der Strategieprognosen**

Die Strategieprognosen erfolgten auf Haltungsebene für einen Prognosezeitraum von 75 Jahren, wobei die Aussagensicherheit mit zunehmender Fortschreibung naturgemäß abnimmt. Generell liefern Aussagen auf Haltungsebene für die nächsten 15 Jahre eine belastbare Unterstützung bei der kurz- und mittelfristigen Planung. Die nachfolgenden Zeiträume sollten vorzugsweise für die Beurteilung der Suffizienz des strategischen, langfristigen Sanierungshandelns auf Netzebene herangezogen werden. Einer Verwendung der Informationen zur Entwicklung einzelner Haltungen kann dennoch ergänzend erfolgen, jedoch niemals losgelöst von der individuellen Ingenieursentscheidung.

Anhand der prognostizierten Verläufe der verschiedenen, nachfolgend dargestellten Netzkennzahlen (z.B. Substanz, Dringlichkeit, Sanierungslängen- / kosten) wird die Wirksamkeit der Strategien beurteilt.

Dabei erfolgt die Beurteilung der Wirksamkeit einer Strategie anhand der folgenden Kernziele:

1. Aufarbeiten des Sanierungsrückstatus ZK0/ ZK1
2. Erhalt der baulichen Substanz
3. Strukturelle/ funktionelle Umgestaltung des Netzes
4. Gebührenstabilität

Bei den nachfolgenden Auswertungen ist zu beachten, dass die Strategien entsprechend den Vorgaben für das Gesamtnetz berechnet, aber innerhalb des Projektzieles nur für die gewählten Gebiete ausgewertet wurden. Das führt u.U. dazu, dass durch die gebietsübergreifende Maßnahmenallokation in den gewählten Ge-

bieten Maßnahmen zurückgestellt wurden, da die entsprechenden Ressourcen bereits anderweitig im Netz in Anspruch genommen wurden. Die Entwicklung der Gebiete muss entsprechend immer im Kontext zum Gesamtnetz gesehen werden.

### **Substanzentwicklung**

Die Substanz eines Netzes charakterisiert seinen Abnutzungsvorrat. Abbildung 15 zeigt die Entwicklung der baulichen Substanz bzw. des Abnutzungsvorrates des Entwässerungssystems infolge des Einflusses der verschiedenen Strategien. Obwohl es sich nicht empfiehlt, die mittlere Substanz als alleiniges Kriterium zur Bewertung eines Netzes zu nehmen, kann dieser Wert als grobe Vergleichsgröße eingesetzt werden.

Hintergrund ist, dass jeder Netzbetreiber eine Abwägung treffen muss zwischen den Kosten für die Bereitstellung der Infrastrukturleistung Abwasserentsorgung und dem Risiko einer Serviceverschlechterung bzw. vorübergehenden Ausfall infolge des bei jedem Investitionsobjekt stattfindenden Verschleißes. Ein frühzeitiges investives Eingreifen sichert zwar die nahezu 100%ige Verfügbarkeit der Dienstleistung Abwasserentsorgung ohne das Risiko von Schäden und Schadensfolgekosten, jedoch mit einem unverhältnismäßigen finanziellen Aufwand und um den Preis der häufigen Beeinträchtigung angrenzender öffentlicher und privater Belange durch Baumaßnahmen. Demgegenüber setzt ein zu spätes Eingreifen die Öffentlichkeit einem erhöhten Risiko von Schäden und Schadensfolgekosten z.B. durch Tagesbrüche aus. Eine durchschnittliche Substanz von  $> 70\%$  gibt einen Hinweis darauf, dass die Investitionsobjekte bis zum Beurteilungszeitpunkt so verantwortungsvoll bewirtschaftet wurden, dass sie ohne übermäßiges Risiko für die Allgemeinheit ihre zu erwartende technische Nutzungsdauer erreichen können.

Ob dieser Umstand auch langfristig erhalten werden kann, wurde mit den entsprechenden, nachfolgend erläuterten Strategieanalysen betrachtet. Da Infrastrukturnetze – bedingt durch den langgesteckten und zum Teil noch nicht abgeschlossenen Zeitraum ihrer Errichtung – heterogen in Material- und Bauausführungsqualität und nichtlinear hinsichtlich der gebauten Netzlängen sind, kann ein heute ausreichendes Sanierungshandeln unter Umständen zukünftig defizitär sein.

Bei diesen Ausführungen ist darauf hinzuweisen, dass bei der Beurteilung der Strategieergebnisse nicht nur der Substanzverlauf auf Basis des Mittelwertes (Abbildung 15) herangezogen werden sollte, sondern die Entwicklung der Substanzklassenanteile (Abbildung 16) auch gesondert betrachtet werden muss. Letztere bietet

einen guten Überblick in welchen Klassenanteilen ein Substanzverzehr bzw. Substanzaufbau maßgeblich auftritt. Hierdurch kann die Strategie weiter angepasst und optimiert werden.

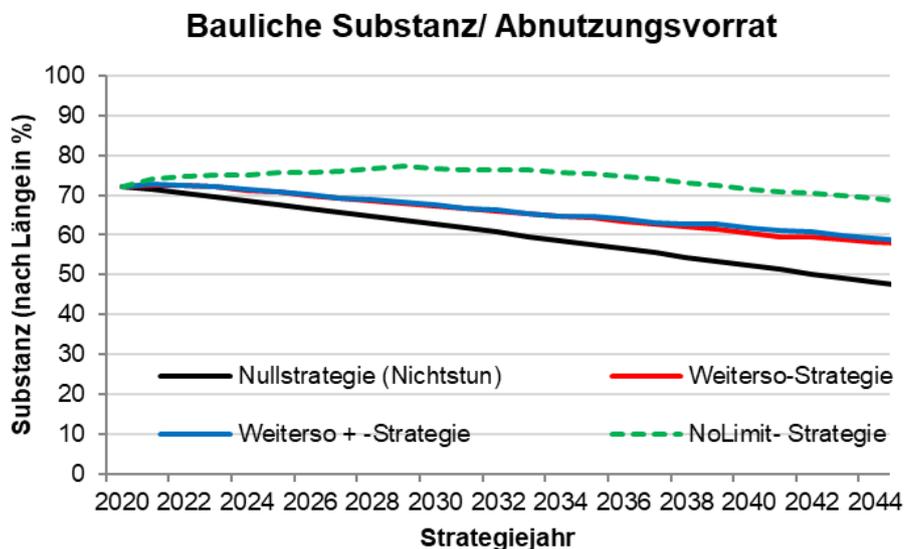


Abbildung 15: Entwicklung des Abnutzungsvorrates differenziert nach Strategien

Beim Vergleichen der Substanzklassenanteile in Abbildung 16 wird deutlich, bei welchen Strategien der Anteil der erneuerungsbedürftigen Haltungen (Legende: SBK 0 → Substanz aufgebraucht) langfristig steigt und bei welchen der Anteil stagniert oder sinkt.

Bei der „Weiterso-Strategie“ sind die Klassenanteile in den untersten Substanzklassen auch langfristig und durchgehend unter Kontrolle. Der in Abbildung 15 summarisch erkennbare Substanzverzehr speist sich durch die Anteilszunahme in den mittleren Substanzklassen, also den Haltungen, bei denen durch das planmäßige Ausnutzen der Nutzungsdauer ein Verzehr zu verzeichnen ist, der jedoch erst wesentlich später zu einem Investitionsbedarf führt. Insofern steht aus heutiger Sicht beim und durch das geplante Sanierungshandeln keine Bedarfserhöhung im Sanierungsbereich zu erwarten. Vielmehr ist das erreichte technische und Sicherheitsniveau auf diese Weise auch längerfristig stabil zu halten.

Zur Verifizierung der bis dahin erfolgte Umsetzung sowie zur Aktualisierung der Analysegrundlagen aus den zukünftigen Kanalbefahrungen wird jedoch spätestens ab 2030 eine Aktualisierung der Strategieanalyse und ggf. eine Nachjustierung des Sanierungshandelns empfohlen. Inwieweit die Prognose in dieser Zukunft mit der tatsächlichen Netzentwicklung konformgeht, hängt aber mit der bis dahin erfolgten Strategieumsetzung und der Entwicklung der Netzrandbedingungen ab.

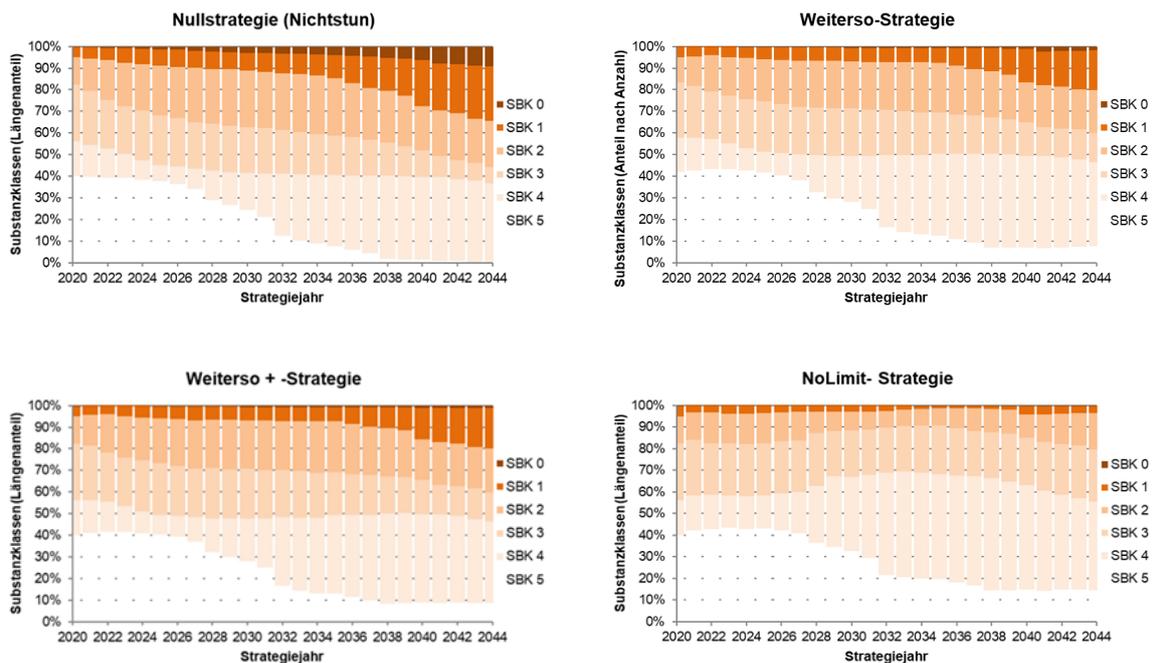


Abbildung 16: Substanzentwicklung - differenziert nach Strategien und Substanzklassen

### Prioritätsentwicklung

Die Sanierungspriorität des Netzes bildet sich aus dem arithmetischen Mittelwert der Prioritäten der einzelnen Haltungen, wobei 100% die höchste Priorität und sofortiger Handlungsbedarf und 0% keinen Handlungsbedarf bedeuten. Dabei wird, genau wie bei der Ermittlung der Substanz bzw. des Abnutzungsvorrates, die reine Sanierungsdringlichkeit der Haltung herangezogen. Um die Sanierungsdringlichkeit im Netzdurchschnitt nicht zu verzerren, wird für die Darstellung in Abbildung 17 nicht wie in Abbildung 18 die aus dem Wahrscheinlichkeitsvektor der Prognose abgeleitete 6-stufige Zustandsklasse verwendet, sondern eine – detaillierter aufgelöste - Entsprechung in Prozent.

Bei der „Weiterso-Strategie“ wird die durchschnittliche Priorität/ Sanierungsdringlichkeit im Wesentlichen gehalten. Zur Beurteilung der Effizienz sollte jedoch die Klassenverteilung in Abbildung 18 herangezogen werden. Dort ist deutlich zu sehen, dass die Maßnahmen zum Abbau der relevanten Klassen im gewünschten Umfang nur bei der No-Limit Strategie entsprechend Wirkung zeigen und bei den Weiterso-Strategien das Niveau innerhalb der nächsten Dekade gehalten wird bevor ein Zustrom an „neuen“ Prioritäten nach ZK0/1 zu einem Anstieg führt. Da insbesondere der Unterhalt maßgeblich zum risikoreduzierenden Management der ZK0/1-Klassen beitragen kann, sind Änderungen unter diesem Blickwinkel zu diskutieren.

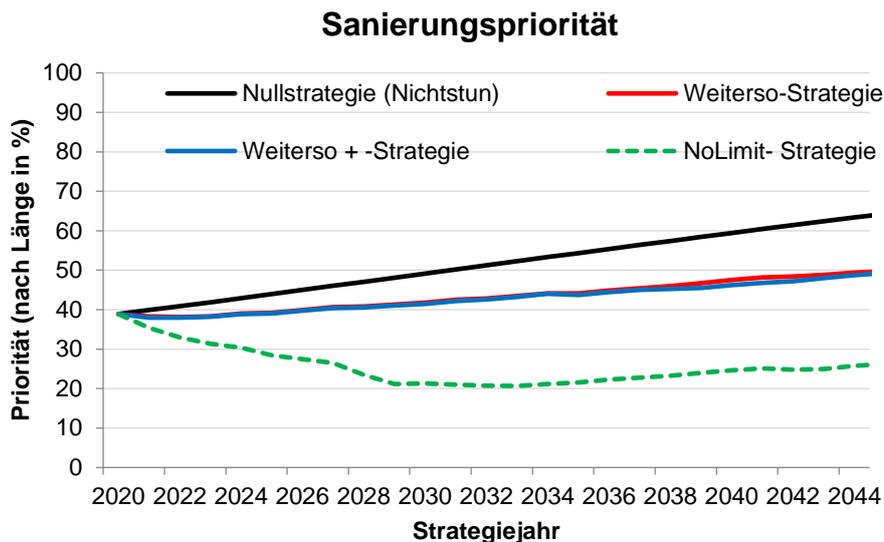


Abbildung 17: Prioritätsentwicklung differenziert nach Strategien

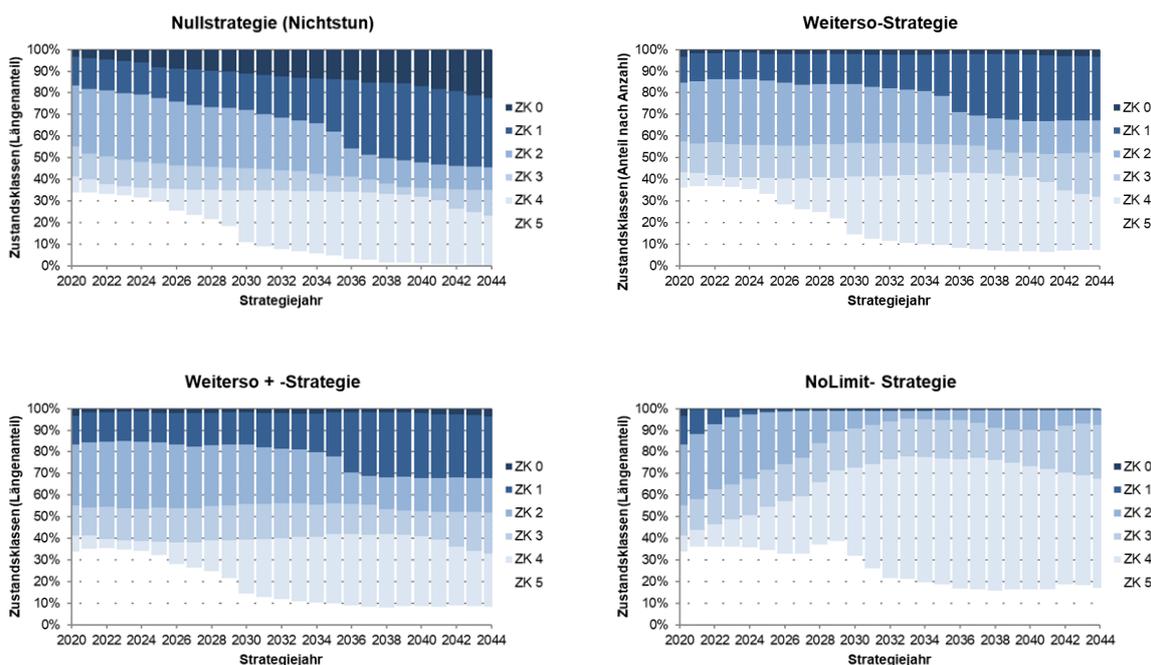


Abbildung 18: Prioritätsentwicklung – differenziert nach Strategien und Zustandsklassen

Bei ungestörter Alterung „Null-Strategie“ steigt im Gegenzug die Priorität bis zum Ende der Strategielaufzeit unaufhaltsam. Damit wäre der Großteil aller Haltungen sofort oder kurzfristig sanierungsbedürftig, ein deutlicher Hinweis, welchen Weg die Netzentwicklung bei unzureichendem oder gar ausbleibendem Sanierungshandeln nehmen würde.

## Durchschnittsalter

Die Altersentwicklung des Entwässerungssystems ist in Abbildung 19 als Veränderung des arithmetischen Mittelwertes des Alters aller Haltungslängenanteile innerhalb des Prognosezeitraumes dargestellt.

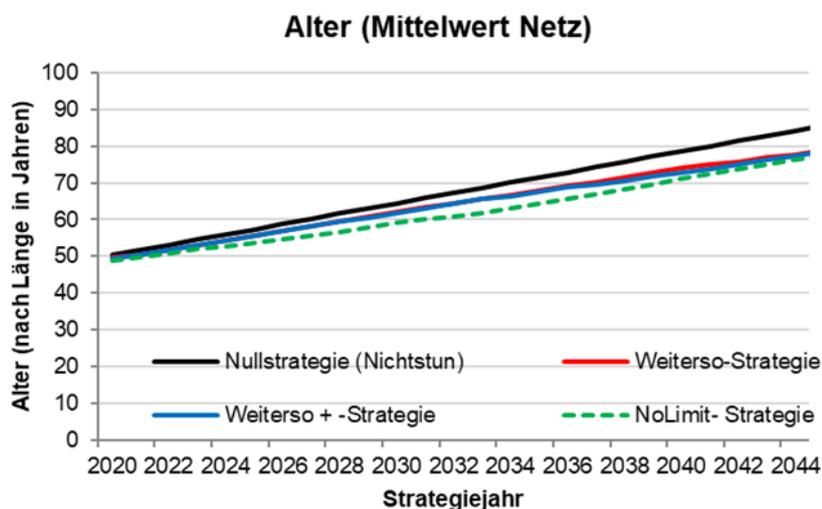


Abbildung 19: Entwicklung des Durchschnittsalters (Längenanteile)

Insgesamt muss die Zunahme des Durchschnittsalters nicht zwingend ein negatives Kriterium sein. Netze mit stark inhomogener Baujahresverteilung, beispielsweise durch Perioden starker Bautätigkeit in der Vergangenheit und Perioden relativen Stillstands (bezogen auf den Neubau), haben das Problem, dass sich diese Charakteristik mehr oder weniger ausgeprägt auch in den Restnutzungsdauern wiederfindet und damit dem erhöhten Sanierungsbedarf zu bestimmten Zeiten ein entsprechendes „Bedarfsdefizit“ gegenübersteht.

In Abbildung 20 ist durch die Aufgliederung in Altersgruppen entsprechend zu sehen, bei welcher Strategie der Anteil „alter / junger“ Kanäle am Gesamtbestand zu- oder abnimmt.

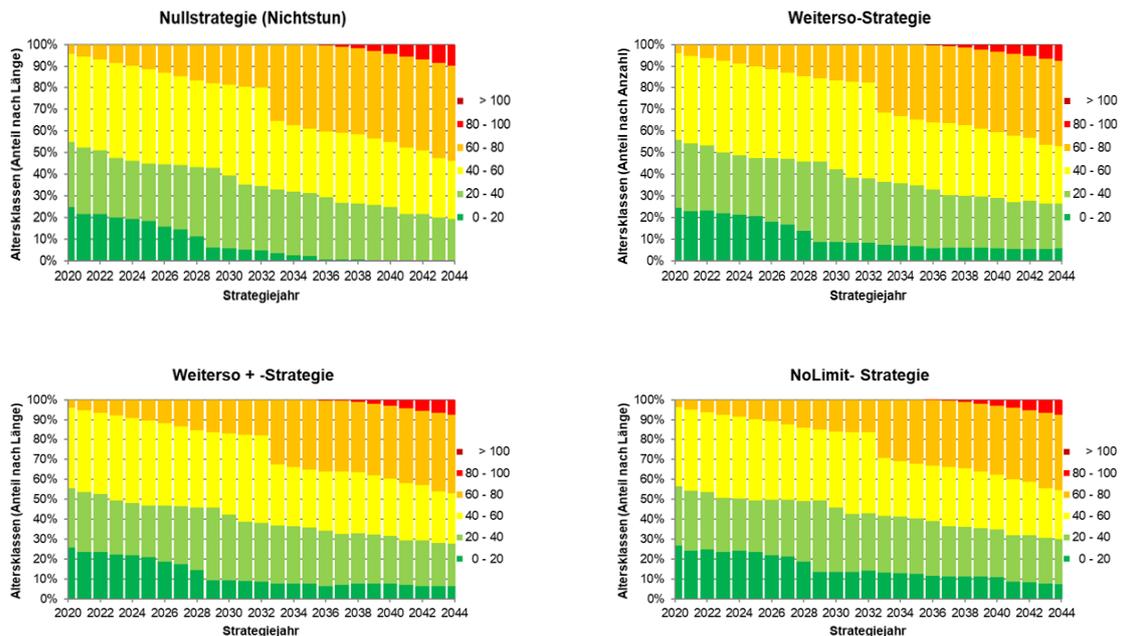


Abbildung 20: Durchschnittsalter - differenziert nach Strategien und Altersgruppen

### Sanierungsmaßnahmen

Die jährlichen Instandhaltungskosten, bestehend aus Reparatur-, Renovierungs- und Erneuerungskosten, sind in der Abbildung 23 dargestellt.

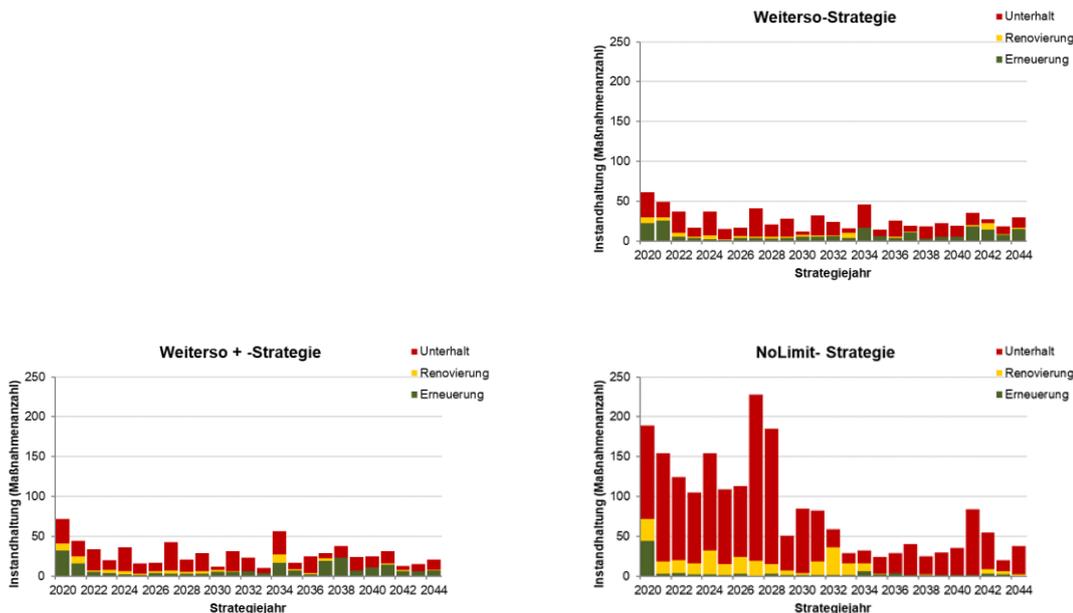


Abbildung 21: Maßnahmenanzahl – differenziert nach Strategien

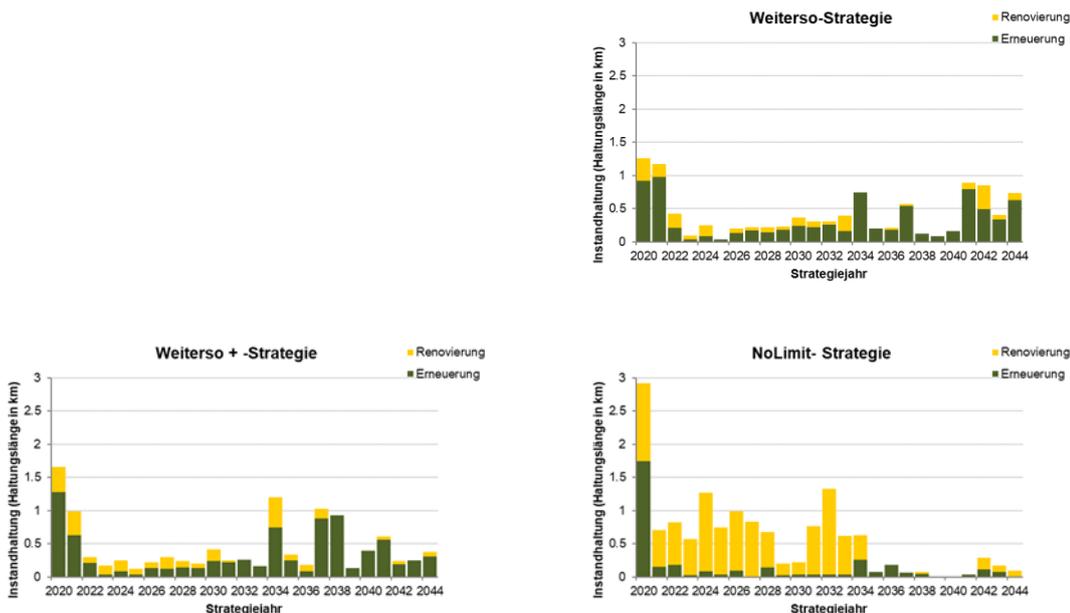


Abbildung 22: Investitionslängen – differenziert nach Strategien

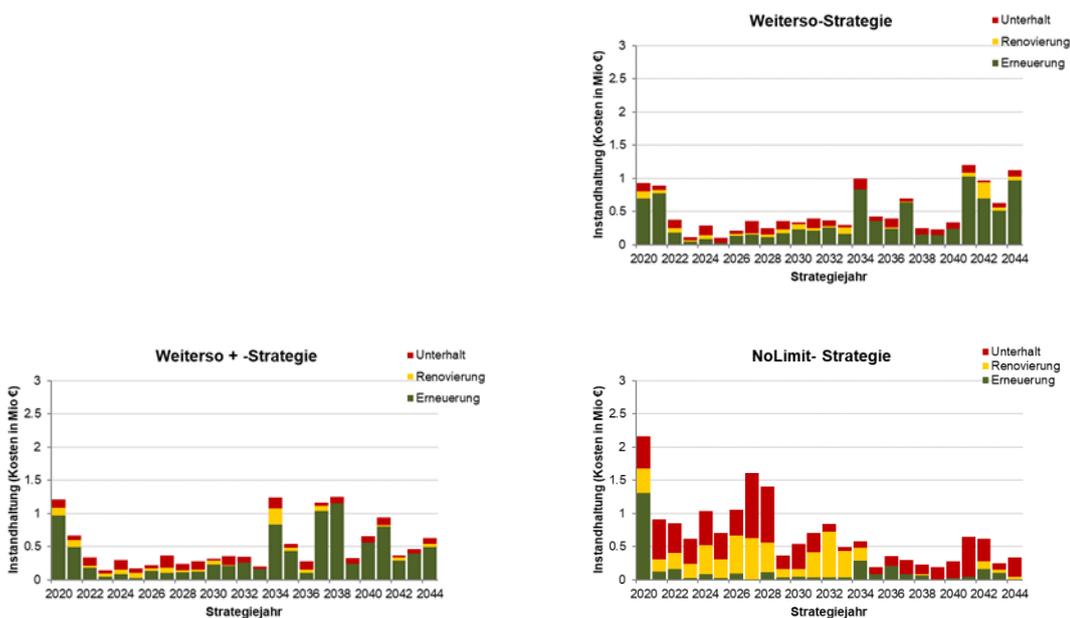


Abbildung 23: Instandhaltungskosten – differenziert nach Strategien

Die Schwankungen in den realisierten Maßnahmen bedeuten hier jedoch keineswegs einen Minderbedarf, sondern sind ein Resultat der netzweiten Budgetallokation und gebietsbezogenen Auswertung. Die von den Strategievorgaben limitierte Umsetzung wird hier vor dem Hintergrund des Gesamtnetzes betrachtet.

Dieses Muster spiegelt sich auch in den umgesetzten Sanierungslängen (vgl. Abbildung 22) wider.

### 3.2.3 Trinkwassernetz

#### 3.2.3.1 Datenmanagement & Plausibilitätsprüfung

Der übergebene Datenbestand des Trinkwassernetzes war im Stammdatenbereich von wenigen Lücken gekennzeichnet. Lediglich beim Baujahr waren ca. 5 % der betrachteten Leitungen ohne Baujahr und die Nennweite fehlte bei ca. 0,5 %. Die anderen relevanten Stammdaten verzeichneten keine Auffälligkeiten.

Tabelle 4: Netzdatenbestand – Lücken beim Baujahr

Baujahr	Anzahl [Stck.]	Länge [km]
Baujahr fehlt	845	27,3
Baujahr vorhanden	12.116	601,3

Tabelle 5: Netzdatenbestand – Lücken bei der Nennweite

Nennweite	Anzahl [Stck.]	Länge [km]
DN fehlt	8	0,1
DN vorhanden	12.953	628,4

Die Lücken wurden in Absprache mit dem Betreiber für die Strategieberatungen entsprechend folgender Rangliste geschlossen:

- Mittelwert Gebiet und Leitungstyp
- Mittelwert Gebiet
- Mittelwert Netz

#### 3.2.3.2 Bewertung IST-Situation

Wie bereits an anderer Stelle erwähnt, stellt sich die Bewertung der IST-Situation in Trinkwassernetzen ungleich schwieriger dar als bei Abwassernetzen. Zum einen beschränkt sich das Erfassen der Situation – mangels regelmäßiger strukturierter, netzweiter Inspektionen – in der Regel auf aufgetretene Versagensfälle (z.B. Leitungsbrüche) von Netzelementen. Zum anderen sind diese Versagensfälle häufig nicht mit Bezug auf den Leitungsbestand/ -abschnitt erfasst, sodass eine netzbezogene Aus- und Bewertung der wenigen Ereignisse nicht möglich ist.

Eine Bewertung ist daher ausschließlich basierend auf dem Alter der Objekte unter Nutzung eines Alterungsmodells möglich und bildet damit nicht die beobachtete, sondern die wahrscheinlichste Situation im Netz ab.

### 3.2.3.3 Modellbildung

#### Alterungsmodellierung

Mangels belastbarer und ausreichender Zustandsinformationen erfolgte die Modellbildung iterativ in mehreren Schritten.

Tabelle 6: Nutzungsdauerangaben – techn. Literatur (eigene Darstellung nach Roscher et al., 2000; DVGW, 1997; DVGW, 2010)

Werkstoff	Technische Nutzungsdauer in Jahren		
	Roscher	DVGW-W 401	DVGW-W 403
GG 1. Gen.	60-120	60-120	55
GG 2. Gen.			80
GGG 1. Gen	30-90	40-100	105
GGG 2. Gen	70-150	100-140	80
St	50-100	60-100	70
PE	40-80	40-80	70
PVC	-	-	50

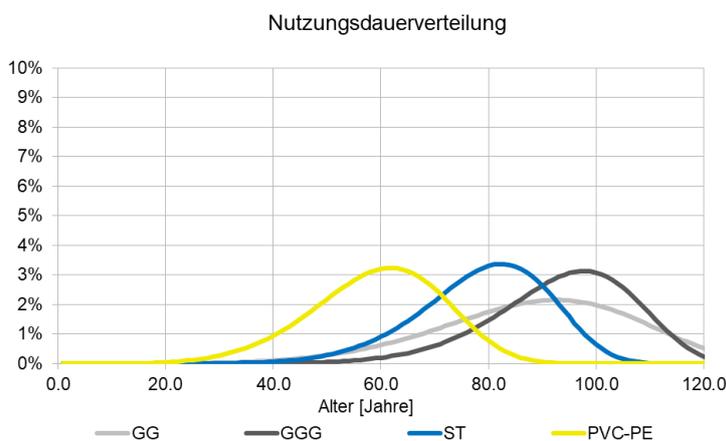


Abbildung 24: Nutzungsdauerverteilung basierend auf Nutzungsdauerangaben aus Literatur (Roscher et al., 2000; DVGW, 1997; DVGW, 2010)

Tabelle 7: Nutzungsdauerangaben nach Herz (1999)

Rohrtyp	Alter in Jahren erreicht		
	100%	50%	10%
Graugussrohre	50-60	70-100	100-150
Duktilgussrohre	60-70	90-110	120-150
Stahlrohre	15-25	25-55	45-90

<b>Asbestzement-/ Betonrohre</b>	20-30	30-60	45-95
<b>PVC/PE-Rohre</b>	20-30	30-60	50-100

Zuerst wurden Angaben zur technischen Nutzungsdauer aus den unterschiedlichen technischen Publikationen und Regelwerken (Tabelle 6 und Tabelle 7) für die Bestimmung von Alterungsparametern herangezogen (Abbildung 24 und Abbildung 25, siehe auch Abschnitt 2.2).

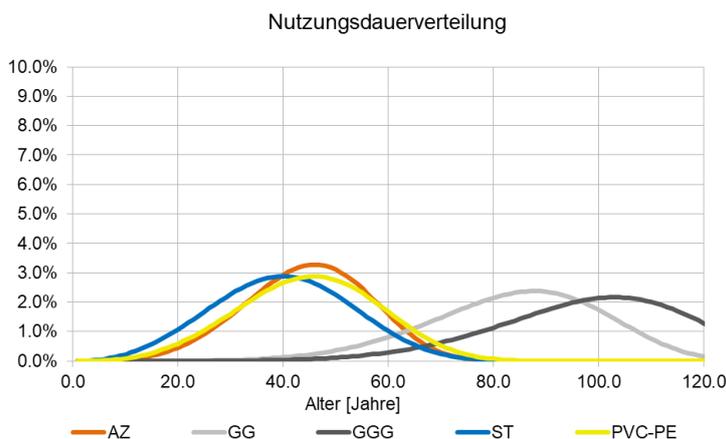


Abbildung 25: Nutzungsdauerverteilung basierend auf den Nutzungsdauerangaben nach Herz (1999)

Diesen ersten Modellierungen wurden die Modellierungsergebnisse basierend auf den Angaben und Erfahrungswerten des Netzbetreibers gegenübergestellt (Abbildung 26).

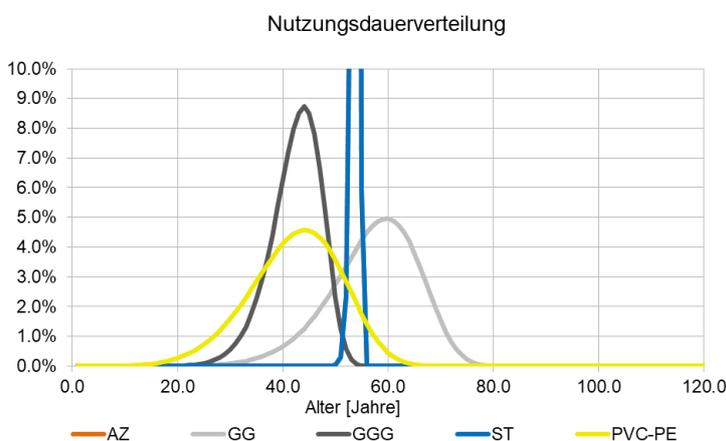


Abbildung 26: Nutzungsdauerverteilung basierend auf den Nutzungsdauerangaben des Betreibers

Die Nutzungsdauerangaben des Betreibers spiegeln einerseits die Erfahrungen des Betreibers und damit die lokalen Randbedingungen wider. Zum anderen sind sie aber hinsichtlich der Streuungsbereite insbesondere bei Rohrmaterialien mit geringer Bestandwirksamkeit deutlich abweichend zu den Ergebnissen aus den Fachveröffentlichungen, die sich auf eine Vielzahl von Untersuchungen in unterschiedlichsten Netzen stützen.

Aus diesem Grund wurden die Bandbreiteninformationen aus den Fachveröffentlichungen herangezogen, um das Alterungsmodell entsprechend zu modifizieren und stabiler für Strategieprognosen zu gestalten.

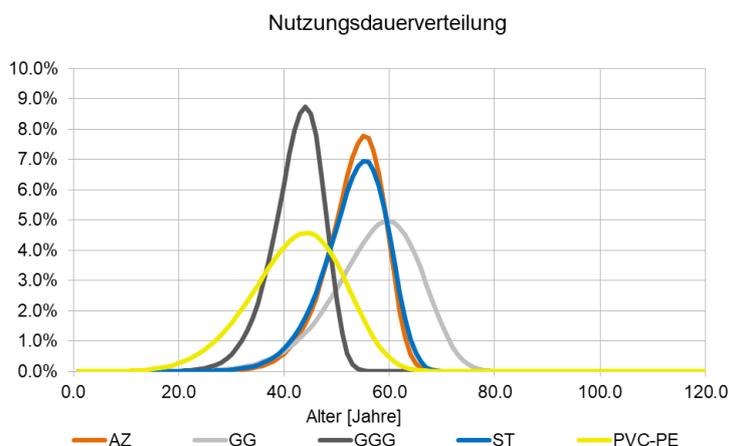


Abbildung 27: Nutzungsdauerverteilung im Alterungsmodell basierend auf den Nutzungsdauerangaben des Betreibers unter Beachtung der Nutzungsdauerangaben aus Literatur (Roscher et al., 2000; DVGW, 1997; DVGW, 2010; Herz, 1999)

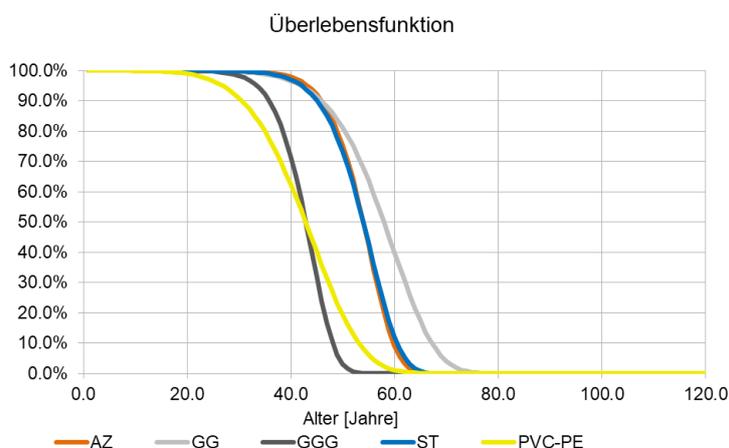


Abbildung 28: Überlebensfunktionen im Alterungsmodell basierend auf den Nutzungsdauerangaben des Betreibers unter Beachtung der Nutzungsdauerangaben aus Literatur (Roscher et al., 2000; DVGW, 1997; DVGW, 2010; Herz, 1999)

## Sanierungskosten

Die verfahrensspezifischen Kosten zur Umsetzung von Sanierungsmaßnahmen wurden bei den SWO abgefragt und so aufbereitet, dass in Abhängigkeit der Stammdaten der einzelnen Objekte alle wesentlichen Einflussfaktoren auf die Sanierungskosten berücksichtigt werden konnten.

Der in Abschnitt 3.2.2.3 erläuterte Mengenkosten- und Kalibrierungsansatz zur Kostenermittlung findet auch hier entsprechend Anwendung.

### 3.2.3.4 Strategieprognosen

Die Strategiedefinitionen werden, wie in Abschnitt 3.2.2.4 erläutert, entwickelt. Für das Trinkwassernetz erfolgt eine Betrachtung der Null- und der Weiterso-Strategie (siehe ebd.).

### Ergebnisse der Strategieprognosen

Die Strategieprognosen erfolgten auf Leitungsebene für einen Prognosezeitraum von 75 Jahren, wobei die Aussagensicherheit mit zunehmender Fortschreibung naturgemäß abnimmt. Generell liefern Aussagen auf Leitungsebene für die nächsten 10 Jahre eine belastbare Unterstützung bei der kurz- und mittelfristigen Planung. Die nachfolgenden Zeiträume sollten vorzugsweise für die Beurteilung der Suffizienz des strategischen, langfristigen Sanierungshandelns auf Netzebene herangezogen werden.

Anhand der prognostizierten Verläufe der verschiedenen, nachfolgend dargestellten Netzkennzahlen wird die Wirksamkeit der Strategien beurteilt.

Bei den nachfolgenden Auswertungen ist zu beachten, dass die Strategien entsprechend den Vorgaben für das Gesamtnetz berechnet, aber innerhalb des Projektzieles nur für die gewählten Gebiete ausgewertet wurden. Das führt u.U. dazu, dass durch die gebietsübergreifende Maßnahmenallokation in den gewählten Gebieten Maßnahmen zurückgestellt wurden, da die entsprechenden Ressourcen bereits anderweitig im Netz in Anspruch genommen wurden. Die Entwicklung der Gebiete muss immer im Kontext zum Gesamtnetz gesehen werden.

## Risikoentwicklung

Die Risikoentwicklung eines Netzes charakterisiert die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten eines Schadens/ Versagens, das zwingend entweder eine Reparatur oder

eine Erneuerung des entsprechenden Leitungsabschnitts nach sich zieht. Abbildung 29 zeigt diese Entwicklung infolge des Einflusses der verschiedenen Strategien. Da entsprechende Schäden in der Regel zu einem Versorgungsausfall, zumindest aber zu einer Verringerung der Servicequalität für die betroffenen angeschlossenen Netzbereiche führen, ist die Entwicklung des Ausfallrisikos ein belastbarer Indikator für die Suffizienz des Netzunterhalts.

Jeder Netzbetreiber muss eine Abwägung treffen zwischen den Kosten für die Bereitstellung der Infrastrukturleistung Wasserversorgung und dem Risiko einer Serviceverschlechterung bzw. vorübergehenden Ausfall infolge des bei jedem Investitionsobjekt stattfindenden Verschleißes. Ein frühzeitiges investives Eingreifen sichert zwar die nahezu 100 %-ige Verfügbarkeit ohne das Risiko von Schäden und Schadensfolgekosten, jedoch mit einem unverhältnismäßigen finanziellen Aufwand und um den Preis der häufigen Beeinträchtigung angrenzender öffentlicher und privater Belange durch Baumaßnahmen. Demgegenüber setzt ein zu spätes Eingreifen die Öffentlichkeit einem erhöhten Risiko von Schäden und Schadensfolgekosten aus.

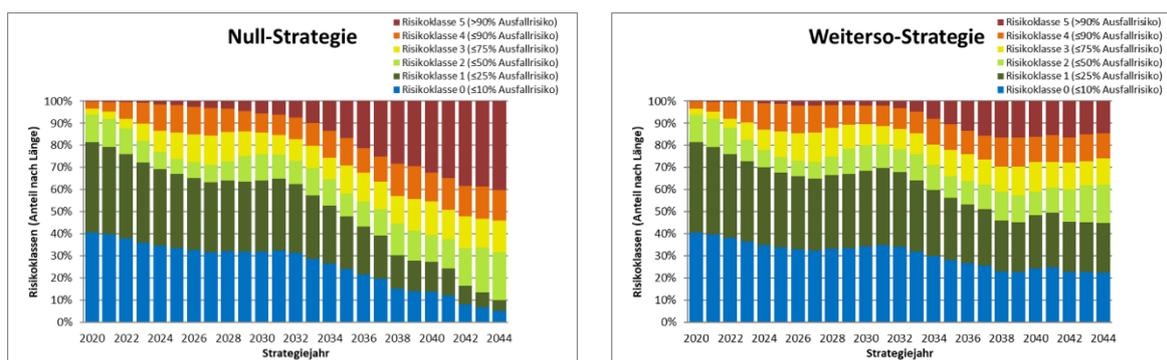


Abbildung 29: Risikoentwicklung - differenziert nach Strategien und Risikoklassen

## Alter

In Abbildung 30 ist durch die Aufgliederung in Altersgruppen entsprechend zu sehen, bei welcher Strategie der Anteil „alter / junger“ Leitungen am Gesamtbestand zu- oder abnimmt.

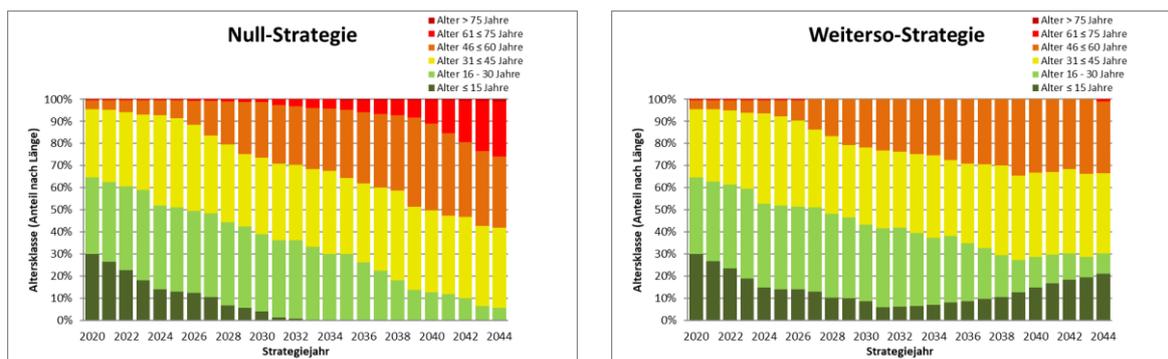


Abbildung 30: Altersentwicklung - differenziert nach Strategien und Altersklassen

Auch wenn die Alterungsentwicklung kein Primärindikator ist, so lässt sich doch vergleichsweise sicher einschätzen, ob das Netz langfristig auf Verschleiß gefahren wird oder ausreichend Investitionen für die Sicherstellung des angestrebten Servicelevels getätigt werden.

## 4 Aggregation von Kennzahlen auf Quartiersebene

### 4.1 Hintergrund

In ihren Förderleitlinien konstatiert die DBU, dass Maßnahmen, die der Reduzierung des Ressourcenverbrauchs, dem schonenden Umgang mit natürlichen Ressourcen, der Klimaanpassungen und dem Klimaschutz dienen, eine höhere Effizienz aufweisen, wenn

- a) diese Maßnahmen im Quartier verortet und vernetzt werden und
- b) hierbei physisch-technische, naturräumliche, baukulturelle, ökonomische und soziale Gegebenheiten und Erfordernisse berücksichtigt werden.

Durch den Fokus auf das gesamte Quartier sollen kontraproduktive Insellösungen vermieden werden (DBU, 2019). Im Rahmen einer koordinierten, spartenübergreifenden Sanierungsplanung ist eine Minimierung der Anzahl von Baustelleneingriffen denkbar. Hiervon profitieren in erster Näherung von den Sanierungsmaßnahmen Betroffene Bürger, das Gewerbe bzw. der Verkehr.

Die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) definiert den Begriff wie folgt: „Als Quartier gilt eine zusammenhängende Fläche mit mehreren Gebäuden einschließlich der öffentlichen Infrastruktur.“ (KfW, 2020). Darüber hinaus liefert der Verband der Wohnungs- und Immobilienwirtschaft Rheinland Westfalen (VdW) folgende Definition: „Quartier beschreibt über die Wohnung hinaus den öffentlichen Raum, der vor der Wohnungstür beginnt und in dem regelmäßige Aktivitäten stattfinden.“ (VdW, 2017).

Der VdW empfiehlt die Einteilung einer Stadt in Quartiere anhand von Geodaten. Hierbei seien insbesondere geografische Grenzen wie Flüsse, Grünflächen und Verkehrsadern, aber auch Bebauung und Siedlungscharakter zu berücksichtigen. (VdW, 2017)

### 4.2 Quartierszuschnitt gemäß Projektverständnis

Über die am Ende des Hintergrundabschnittes genannten Einteilungsmaßstäbe für Quartiere hinaus bietet es sich an, grundlegende Netzparameter hierfür heranzuziehen.

Die folgende Tabelle stellt die verschiedenen Maßstäbe der Quartiersbildung in einer Übersicht dar und geht neben generellen Problemstellungen auf die Spezifika der Trinkwasserversorgungs- und Abwasserentsorgungsnetze ein (vgl. Tabelle 8).

Tabelle 8: Maßstäbe der Quartiersbildung

Maßstab	Generell	Trinkwasser	Abwasser
<b>Geografisch (Flüsse, Grünflächen, Verkehrsadern) oder politisch (Wahlkreise, -Bezirke)</b>	mgl. Problematiken: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Leitungen entlang Grenzen</li> <li>• abgeschnittene Netzteile</li> <li>• ...</li> </ul>	deckungsgleich	
<b>Geometrisch (strikte Unterteilung eines vorher definierten Teilnetzes in z.B. 2-3 Quartiere)</b>		deckungsgleich	
<b>Netzparameter</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• keine Deckungsgleichheit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Betriebsdruck</li> <li>• Material</li> <li>• Durchmesser</li> <li>• ...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• MW / SW+RW</li> <li>• Material</li> <li>• Durchmesser</li> <li>• ...</li> </ul>

Der geografische Maßstab, der die Einteilung von Quartieren anhand eindeutig aus z.B. Luftbildern erkennbarer Grenzen wie Flüssen, Grünflächen oder Verkehrsadern ermöglicht, ähnelt in Problemstellung und Spezifika dem geometrischen Maßstab, bei dem die Unterteilung anhand vorher definierter Teilnetze vorgenommen wird: bei Leitungen entlang der Grenzen zwischen den so definierten Quartieren ist eine Zuordenbarkeit zu den einzelnen Quartieren ebenso zu definieren, wie im Falle von abgeschnittenen Netzteilen. Vorteil dieser Maßstäbe zur Einteilung ist die Deckungsgleichheit von Trink- sowie Abwasserquartieren.

Bei der Einteilung von Quartieren anhand von Netzparametern, wie z.B. dem Leitungsquerschnitt, dem Leitungsmaterial, der Druckzone oder der Leitungsverwendung, ist aufgrund der unterschiedlichen Spezifika von Trink- und Abwasserleitungen keine Deckungsgleichheit zu erwarten.

### 4.3 Empfehlung / Festlegung der Quartiersgröße

Anhand der im letzten Abschnitt genannten Maßstäbe bieten sich im Rahmen des Projektes zwei Ansätze zur Quartiersbildung an:

a) „Bildung von Leitungsquartieren“:

Siehe Abschnitt 4.2

b) „Städte/Stadtteile haben Quartiere“:

Eine Stadt besteht in der Regel aus mehreren Stadtteilen, die als Quartiere definiert werden können. Eine feinere Unterteilung ist, je nach Datenlage und -zuordenbarkeit bei dem jeweiligen Netzbetreiber, anhand von z.B. Straßenzügen denkbar. Die Problematiken, die sich bei der Neubildung von Quartieren ergeben, werden so umgangen.

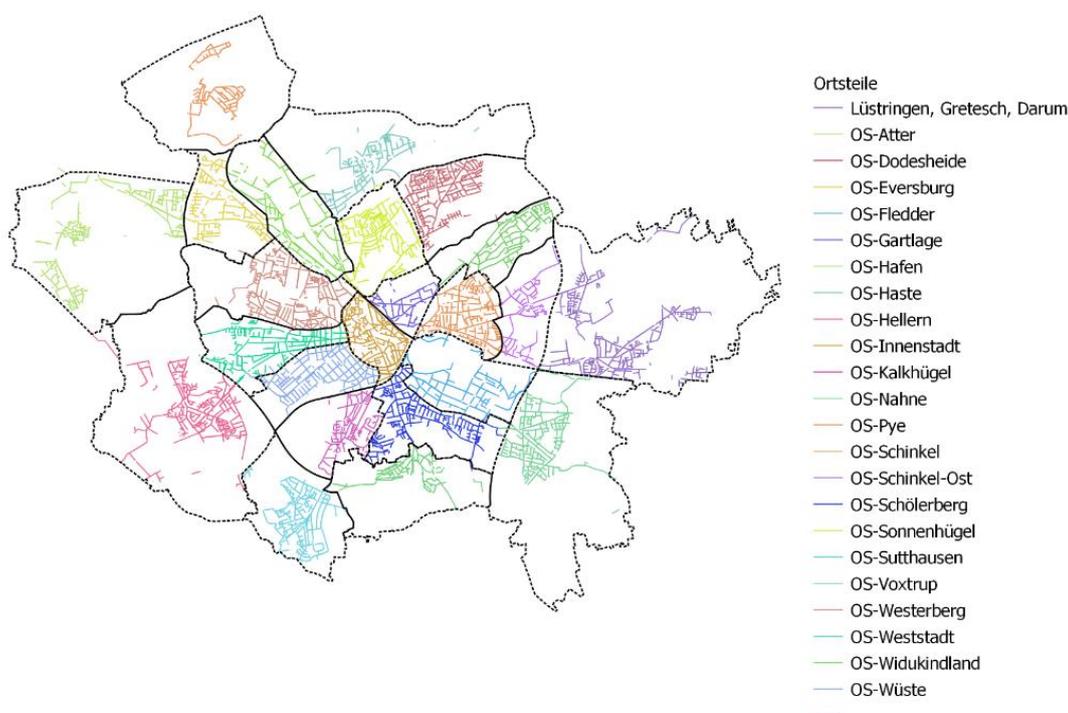


Abbildung 31: Abwassernetz der SWO

Die in Abbildung 31 dargestellte, aus dem grafischen Informationssystem der SWO Netz GmbH stammende Unterteilung erscheint nach Ansicht der Projektgruppe für eine Stadt mit der Größe von Osnabrück ausreichend detailliert. Folgende Gründe sprechen für den Stadtteil als wesentliches Trennkriterium für die Quartiersbildung:

- Es gibt Punkte, an denen das Netz zwischen den einzelnen Stadtteilen verbunden ist.

- Es existieren Generalentwässerungspläne (GEP) für einzelne / überlagerte Teilgebiete.
- Jede Kanalhaltung lässt sich über Stammdaten einer Straße bzw. einem Ortsteil zuordnen
- Das Trinkwassernetz weist grundsätzlich anderen Aufbau als das Abwassernetz auf, die verfügbaren Daten sind weniger detailliert. Über einen Straßenschlüssel sind die Trinkwasserleitungen in Osnabrück den Stadtteilen zuordenbar.
- Die Stadtteile lassen sich teilweise weiter unterteilen; z.B. bei ehemals selbstständigen Stadtteilen, die im Zuge einer Eingemeindung vereinigt wurden.

Zudem ist anzumerken, dass im Falle von Abwassernetzen bereits haltungsbezogene Informationen bekannt sind; somit ist im Rahmen dieses Projektes kein „top-down“-Ansatz in Form einer Herunterbrechung von Kennzahlen aus einer gesamtstädtischen auf eine Quartiersebene von Nöten. Die vorhandenen Informationen sollen auf Quartiersebene aggregiert werden, folglich ein „bottom-up“-Ansatz verfolgt werden: die vorhandenen Informationen müssen nicht verfeinert werden, sondern zusammengeführt werden.

Es wird für NaSub festgelegt, in der Quartiersbetrachtung Stadtteile als erste „natürliche“ und der Stadtentwicklung folgende Bezugsgröße zu wählen. Bei sichtbar unterschiedlichen Gebieten mit vollständig hydraulisch unabhängigen Bereichen kann darüber hinaus bei Bedarf eine feiner gegliederte Abgrenzung innerhalb der Stadtteilgrenzen erfolgen.

## **4.4 Priorisierung der Kennzahlen auf Quartiersebene**

### **4.4.1 Vorbemerkung**

Parallel zu den im Folgenden dargestellten Vorgehensweisen zur Priorisierung darf nicht außer Acht gelassen werden, dass unabhängig von Gebietskenngröße und Medium Sofortmaßnahmen zur Abwehr unmittelbarer Gefahren auf Objektebene zu planen sind (vgl. DWA, 2017).

### **4.4.2 Abwassernetze**

Die Software STATUS priorisiert Sanierungsmaßnahmen anhand der Betrachtung der Entwicklung baulicher Parameter (Substanzklasse und Zustandsklasse) über die Zeit, diese werden nach den Schutzzielen Standsicherheit, Dichtheit und Betriebssicherheit sowie einer, die drei Schutzziele zusammenfassende Gesamtklasse (8 Größen je Objekt pro Prognosejahr) untergliedert.

Für NaSub werden daran anlehnend folgende drei Abhängigkeiten mit ihren Fragestellungen für die Priorisierung der Sanierungsmaßnahmen festgelegt:

- Lage der schadhaften Haltung in Grundwasser:  
Liegt die betrachtete Haltung über dem Grundwasser, in diesem oder in einer Wechselzone? Gibt es Grundwasserschutzgebiete, bei denen aufgrund ihrer Natur eine besonders hohe Sanierungspriorität besteht?
- Alter der Haltung:  
Wie groß ist der Anteil der Haltungen, deren Alter im Bereich ihrer Nutzungsdauer liegt? Existieren besonders anfällige Bauklassen?
- Anteil der Haltungen mit Zustandsklasse 0 und 1 bzw. Substanzklassen 4 und 5:  
Welche Haltungen sind am stärksten geschädigt bzw. weisen die höchste Sanierungsnotwendigkeit auf?

Hinsichtlich der gebietsweisen Priorisierung wird es als sinnvoll erachtet, als erstes die mittlere Zustandsklasse bzw. Substanzklasse zu ermitteln. Hierbei wird die jeweilige Anzahl an Haltungen pro Zustands- bzw. Substanzklasse mit derselben multipliziert und anschließend die einzelnen Ergebnisse aufaddiert. Nach Division des Ergebnisses durch die Gesamtanzahl der Haltungen und Runden auf 0,5 zwecks einfacherer Abgrenzung ergibt sich die mittlere Zustands- bzw. Substanzklasse<sup>5</sup>. Zudem soll gegebenenfalls zwischen Gebieten mit Misch- und Trennsystemen unterschieden werden. Falls diese beiden Punkte zu einer nahezu identischen Priorität bei zwei oder mehreren betrachteten Gebieten führen (siehe in untenstehender Abbildung beispielhaft „3.“ am rechten Rand), wird als nächstes betrachtet, wie die signifikanten Leitungen zum Grundwasser liegen. Eine Leitung mit Lage im Grundwasser bzw. der Grundwasserwechselzone erhalte naturgemäß eine höhere Sanierungspriorität als eine, die oberhalb liegt. Erweisen sich auch hier zwei oder mehrere Gebiete in ihrer Priorität als identisch, kann als letztes Unterscheidungsmerkmal das mittlere Alter der Leitungen hinzugezogen werden. Das beschriebene Priorisierungsprinzip ist in Abbildung 32 dargestellt:

<sup>5</sup> Zur Einordnung dieser Werte: vgl. Abschnitt 6.5.2 bzw. für die mittlere Zustandsklasse Abbildung 37 „Priorität“ und für die mittlere Substanzklasse Abbildung 38 „Substanz“.

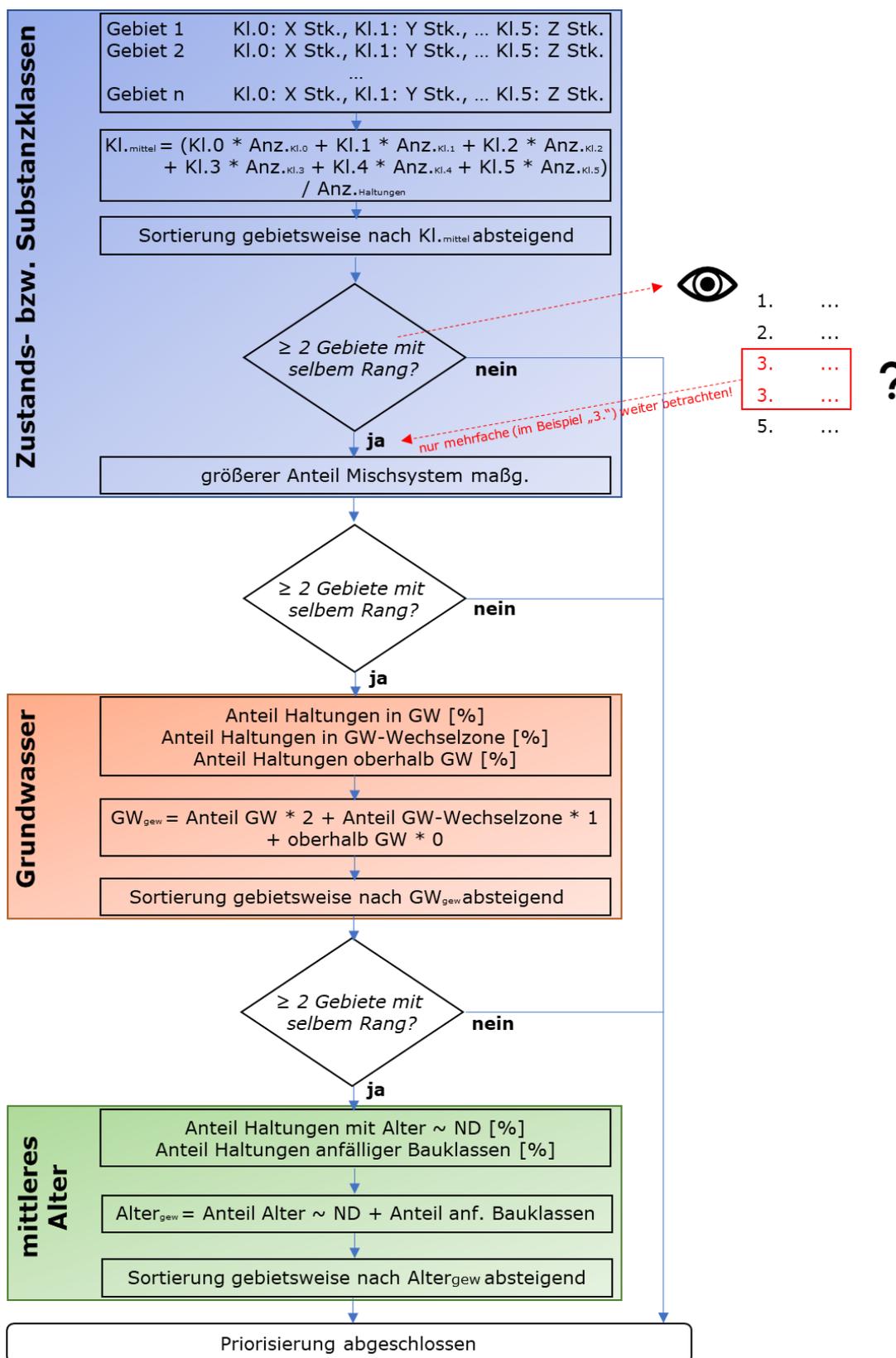


Abbildung 32: Vorgehen bei der Priorisierung im Bereich Abwasser

Am Beispiel der betrachteten Netzabschnitte Darum-Gretesch-Lüstringen (DGL) sowie Hellern der Stadt Osnabrück ergibt sich hierbei zunächst folgendes Ergebnis:

	DGL	Hellern
Mittlere Zustandsklasse (ungerundet)	3,5 (3,62)	3,5 (3,32)
Mittlere Substanzklasse (ungerundet)	4 (3,99)	4 (3,81)

Ohne Rundung auf 0,5 ergäbe sich hierbei durch den jeweils niedrigeren Wert eine leicht höhere Priorität für den Stadtteil Hellern; durch die erforderliche Rundung ergibt sich allerdings für beide Stadtteile derselbe Wert. Folglich sollte als nächstes die Lage der Haltungen zum Grundwasser betrachtet werden, was im vorliegenden Beispiel jedoch aufgrund fehlenden Vorkommens desselben im Bereich der Rohrleitungen entfällt. Darum-Gretesch-Lüstringen ist hinsichtlich der Nutzungsdauerbetrachtung unauffällig, dahingegen sind in Hellern mehrere PVC-Leitungen der ersten Generation verbaut, die als anfällig bekannt sind und sich zudem dem Ende ihrer Nutzungsdauer nähern.

Somit ergibt sich an dieser Stelle eine höhere Priorität für das Abwassernetz von Hellern.

#### 4.4.3 Trinkwassernetze

Aufgrund der, im Vergleich zum Abwasser, geringen Datenverfügbarkeit bzw. oft nicht vorhandener Verknüpfung zwischen Schadensereignissen und Geoinformationssystemen sind Informationen über Schadenshäufungen zur Zustandsbewertung bestimmter Netzabschnitte i.d.R. nicht vorhanden. Auch die im Projektkreis entstandene Idee, Netzteile mit sensiblen Anschlüssen (z.B. Krankenhäuser, Industrie) zu priorisieren, ließ sich aufgrund fehlender Datenverfügbarkeit bzw. hohem Aufwand zur Datenbereitstellung nicht realisieren.

Für NaSub werden folgende drei Abhängigkeiten mit ihren Fragestellungen für die Priorisierung der Sanierungsmaßnahmen festgelegt:

- Rohrleitungsmaterial:  
Gibt es im betrachteten Quartier Rohrleitungsmaterialien, die aufgrund der Erfahrung des Netzbetreibers als besonders anfällig für Schäden gelten?
- Relevanz der Leitung:  
Existieren Leitungen mit einem Nenndurchmesser größer 300mm, die somit eine besondere Bedeutung für die Versorgungssicherheit haben? Existieren keine Leitungen mit diesem Durchmesser, kann an dieser Stelle ersatzweise die größte in beiden Gebieten vorhandene Nennweite ausgewertet werden.

- Alter der Leitung:  
Wie groß ist der Anteil der Leitungen, deren Alter im Bereich ihrer Nutzungsdauer liegt?

Im Sinne einer gebietsweisen Priorisierung bietet es sich an, zunächst die Wichtigkeit der Leitungen für jedes betrachtete Gebiet zu erfassen und die Gebiete nach ihrem Anteil wichtiger Leitungen absteigend zu sortieren. Ergeben sich bei zwei oder mehreren Gebieten identische Ergebnisse, kann als nächstes Kriterium das jeweilige Rohrleitungsmaterial herangezogen werden: hierbei werden die Gebiete nach ihrem Anteil – aus Erfahrung des Netzbetreibers oder der allgemeinen Literatur – anfälliger Rohrleitungsmaterialien absteigend sortiert. Kommt es auch hier zu gleichen Prioritäten bei zwei bis mehreren Gebieten, kann als letztes Unterscheidungskriterium das Alter der Rohrleitungen herangezogen werden. Die Gebiete werden hierbei nach ihrer mittleren Restnutzungsdauer aufsteigend sortiert. Dieses Vorgehen ist in Abbildung 33 dargestellt.

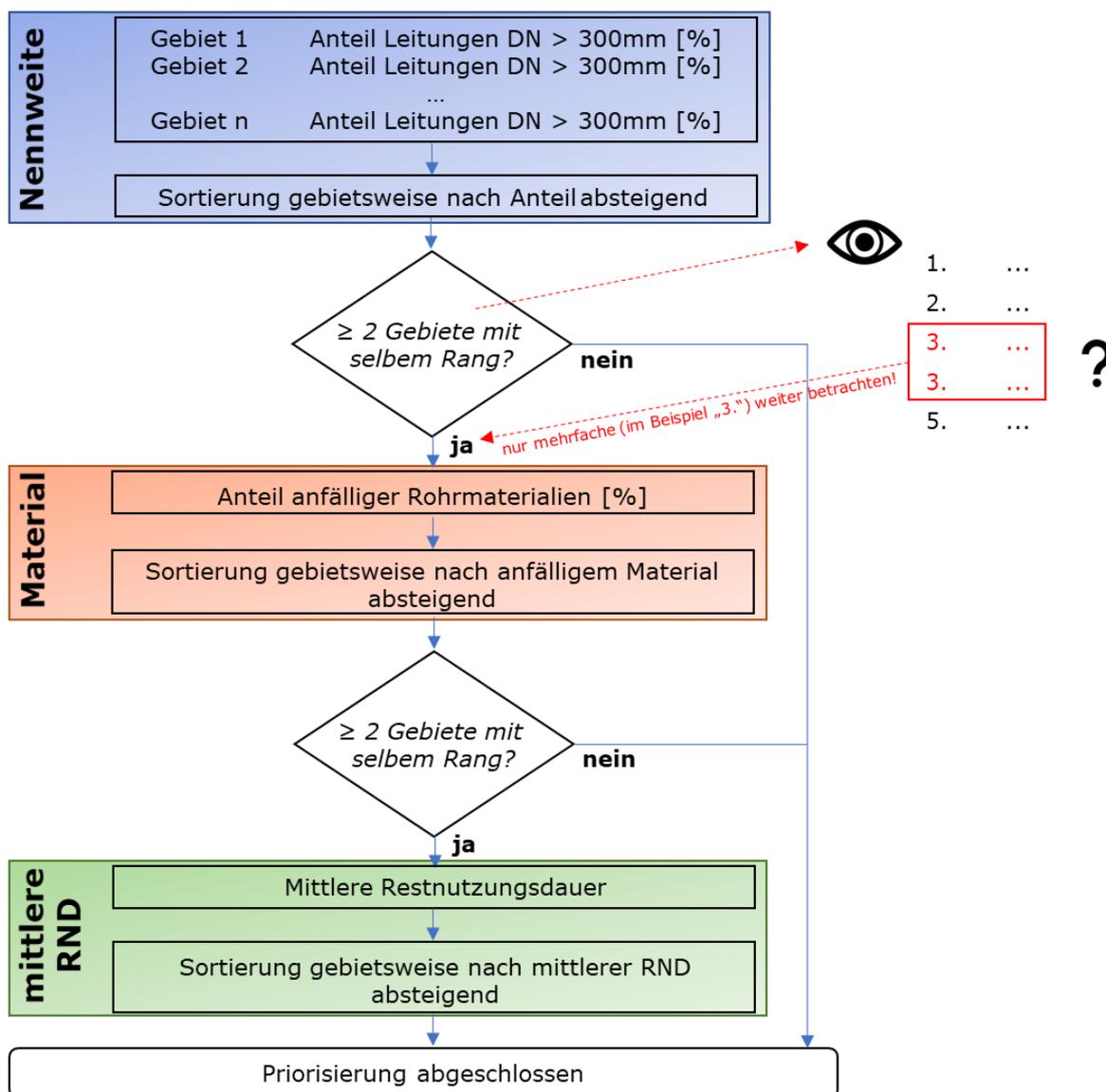


Abbildung 33: Vorgehen bei der Priorisierung im Bereich Trinkwasser

In den betrachteten Gebieten Osnabrücks weisen die größten Leitungen einen Durchmesser von 225 mm auf. In Darum-Gretesch-Lüstringen ergibt sich ein Anteil von 1,1 %, in Hellern ein Anteil von 2,2 %. Somit ist an dieser Stelle letzterer Stadtteil aus Sicht der Trinkwasserversorgung priorisiert zu berücksichtigen.

## **5 Spartenübergreifende Verknüpfung von Kennzahlen**

### **5.1 Verknüpfung Abwasser- und Trinkwassernetze**

Bezugnehmend auf die am Anfang des letzten Kapitels genannten Vorteile der integrierten Sanierungsplanung hinsichtlich Minimierung von Baustelleneingriffen inkl. damit einhergehender Beeinträchtigungen und Kosten bietet es sich an, Sanierungseingriffe beider bisher betrachteten Netzsparten zu kombinieren.

Mit einer nach Sparten getrennten Risikobetrachtung wäre eine sehr detaillierte Berücksichtigung der einzelnen Prioritäten denkbar, dies widerspräche allerdings aufgrund des hohen, nicht nur finanziellen, Aufwandes der Zielsetzung des Projektes.

Kostenmäßig gesehen ist die Sanierung von Abwasserleitungen im Alltag der Netzbetreiber der treibende Faktor. Somit wird es als sinnvoll erachtet, zunächst die Sanierungsdringlichkeit der Abwasserleitungen zu betrachten und anschließend den Zustand der Trinkwasserleitungen zu analysieren. Daraufhin kann anhand der nach Gesamtsanierungsdringlichkeit sortierten Gebiete eine Liste der zehn handlungsbedürftigen Gebiete erstellt und dem am Instandhaltungsscheck teilnehmendem Netzbetreiber überreicht werden.

Für das vorliegende Beispiel Osnabrück ergibt sich im Abwasser- wie auch im Trinkwasserbereich eine jeweils höhere Priorität für den Stadtteil Hellern, womit dieser prioritär behandelt werden müsste.

### **5.2 Übertragung auf weitere Infrastrukturen**

Die Kennzahlen des Instandhaltungsscheck Trinkwasser lassen sich, nicht zuletzt aufgrund der gleichermaßen verwendeten Rohrmaterialien, im Großen und Ganzen auf Gasnetze anwenden (siehe Abschnitt 2.6). Die Instandhaltung von Fernwärme-, Strom- und Telekommunikationsnetzen läuft grundsätzlich anders, da probabilistischer, ab. Eine Übertragbarkeit der im Rahmen dieses Projektes erarbeiteten Kennzahlen bzw. Methodik ist nur äußerst lückenhaft denkbar. Im Rahmen der Sanierung von Straßen ist jedoch die Methodik vergleichbar und konzeptuell übertragbar: auch hier finden beispielsweise eine Zustandsbeurteilung oder die Ermittlung von Restnutzungsdauern statt.

In der Literatur finden sich wenige erfolgreiche Ansätze zum Thema der netzübergreifenden und somit integrierten Sanierungsplanung. Im Folgenden wird ein Ansatz aus dem Jahre 2015 vorgestellt:

Tscheikner (2015) beschäftigte sich u.a. mit der integrierten Rehabilitierungsplanung urbaner Wasserinfrastrukturen unter Zuhilfenahme von GIS-Anwendungen.



## 6 Instandhaltungsscheck (InCh)

### 6.1 Vorüberlegungen

Ein *InstandhaltungsCheck* (InCh) beruht auf der Auswertung / Evaluierung von folgenden Informationen:

- objektbezogene Stammdaten, Zustands- bzw. Bewertungsdaten,
- netzbezogene kaufmännische Daten (im Sinne von investiven und konsumtiven Vorgaben) und
- weiteren Informationen zu technischen, rechtlichen und kaufmännischen Rahmenbedingungen, Betriebsstruktur oder zur strategischen Ausrichtung des Betreibers.

Der Instandhaltungsscheck gliedert sich entsprechend in zwei Ebenen, wobei Inhalt und Umfang der beiden Ebenen sich für Abwasser- und Trinkwassernetze aufgrund der unterschiedlichen Datenlage stark unterscheiden (vgl. Abschnitt 6.3):

- **Ebene 1:**

- **Datenbank**

- Die Auswertung von Stamm- und Zustandsdaten ermöglicht in Verbindung mit den in der Vergangenheit umgesetzten und zukünftig vorgesehenen investiven und konsumtiven Instandhaltungsmaßnahmen (Instandhaltungsumfang gem. Fragebogen) bei Verwendung von Standardalterungsfunktionen eine qualitative Beurteilung des aktuellen Netzzustands (Sanierungspriorität und Substanz) und insbesondere dessen Zustandsentwicklung.

- **Ebene 2:**

- **Fragebogen**

- Die Auswertung eines Fragebogens ermöglicht in Verbindung mit den Ergebnissen aus Ebene 1 eine Ursachenanalyse sowie die Identifikation möglicher Gegenmaßnahmen für den Fall einer technisch, ökonomisch oder ökologisch ungünstigen Netzentwicklung.

- Der Fragebogen umfasst Fragen zu rechtlichen und technischen Rahmenbedingungen, zur Unternehmensstruktur und Entscheidungsprozessen sowie zum Instandhaltungsumfang. Der Fragebogen wird in einem Interview mit dem Betreiber bearbeitet, sodass ein gemeinsames Verständnis von Fragen und Antworten seitens Betreiber und beratendem Büro sichergestellt ist. Spezifische Aspekte können so zudem über den Fragebogen hinaus vertieft werden und bei der Auswertung des Instandhaltungsschecks einbezogen werden. Vor diesem Hintergrund ist der Fragebogen auch im Sinne eines Interviewleitfadens zu verstehen.

Der Instandhaltungsscheck ermöglicht als Beratungsleistung auf Basis dieser mit vergleichsweise geringem Aufwand erfassbaren Informationen eine schnelle und kostengünstige Risikoerkennung und Überprüfung wichtiger Managementkenngrößen in Bezug auf die Zukunftsfähigkeit der aktuellen strategischen Ausrichtung von Inspektion und insbesondere Sanierung<sup>6</sup>. Entsprechend sind nicht nur aktuelle Netzzustände, Kennzahlen bzw. Beurteilungsparameter zu erstellen und zu interpretieren, sondern insbesondere über Trendexplorationen die zeitlichen Entwicklungen dieser Beurteilungsparameter. Nur so kann ein nachhaltiges Handeln im Rahmen von strategischen Entscheidungsprozessen sichergestellt werden.

Wichtigste Zielgruppe für einen Instandhaltungsscheck sind die technisch und / oder kaufmännisch für Wasser- und Abwassernetze verantwortlichen Führungskräfte, Vorstände und / oder ggf. politisch Verantwortliche; angesprochen werden primär die Betreiber, welche kein Alterungsmodell anwenden oder angewendet haben.

Ziel des Instandhaltungsschecks ist zusammenfassend, mit geringem Aufwand Netzbetreibern eine Überprüfung ihres aktuellen kaufmännischen und technischen Handelns in Hinblick auf einen nachhaltigen Substanzerhalt der Abwasser- und Trinkwassernetze zu ermöglichen und die Zukunftsfähigkeit der aktuellen strategischen Ausrichtung zu überprüfen.

## **6.2 Standardcluster und Standardalterungsfunktionen**

### **6.2.1 Abwassernetze**

Für die Entwicklung von Standardalterungsfunktionen, welche anschließend netzübergreifend im Instandhaltungsscheck Verwendung finden sollten, um eine niedrigschwellige Erstprüfung des Instandhaltungs- und Sanierungsbedarfes zu ermöglichen, wurden die Ergebnisse der Netzalterungsanalyse aus zehn vergangenen Analyseprojekten mit zusammen mehr als 344 Tsd. Haltungen und 12 Tsd. Netzkilometern herangezogen. Ähnlich der aktuellen DWA-Umfrage zum Zustand der Kanalisation in Deutschland (vergl. Abb. 1 in Berger et al. (2020)) tragen bei dieser Datengrundlage große Netzbetreiber überdurchschnittlich zum Analysedatenbestand bei.

Im Rahmen der Definition netzübergreifender, innerhalb des Instandhaltungsschecks allgemein anwendbarer Alterungsfunktionen wurde auch auf diese Modellierungsergebnisse zurückgegriffen. Ausgehend von den Netzlängenanteilen

---

<sup>6</sup> Derzeit bedarf es hierzu noch stochastischer und netz- bzw. objektspezifisch kalibrierter Alterungsmodelle (wie sie von den Konsortialpartnern auch entwickelt und genutzt werden). Die Anwendung bzw. das Kalibrieren dieser Modelle ist sehr aufwändig und insbesondere für kleinere und mittlere Netzbetreiber mit erheblichen Kosten verbunden.

der abgeschlossenen Analyseprojekte wurden in einem ersten Schritt synthetische Alterungsfunktionen für die folgenden Cluster generiert:

- Kanalhaltungen mit Baujahr bis 1945
- Kanalhaltungen mit Baujahr nach 1945 und bis 1970
- Kanalhaltungen mit Baujahr nach 1970 und bis 1990
- Kanalhaltungen mit Baujahr nach 1990

Mit dem so erstellten Alterungsmodell wurden die Zustands- und Substanzentwicklungen der Netze, welche im Rahmen des Validierungsprozess als Referenz dienten, fortgeschrieben und die Ergebnisse der Prognosen aus den synthetischen Alterungsfunktionen mit den Ergebnissen der Prognosen mittels netzspezifischem Alterungsmodell im Detail verglichen (siehe Kap. 6.4).

Im Rahmen dieser Validierung wurde entschieden, bei der Alterungsmodellierung ergänzend weitere Cluster zu generieren und in der vergleichenden Prognose den Ergebnissen aus der netzindividuellen Prognose sowie der Erstprognose gegenüberzustellen.

Im Rahmen dieser weiteren Modellanalysen und den damit einhergehenden Validierungsprozessen wurden für den Bereich der Kanalnetze das Alterungsmodell bestehend aus den folgenden Clustern und den definierten Modellparametern als hinreichend belastbar für die Zielsetzung des Instandhaltungschecks angesehen:

- Kanalhaltungen aus Steinzeug mit Baujahr bis 1945
- Kanalhaltungen aus Steinzeug mit Baujahr nach 1945
- Kanalhaltungen aus Beton mit Baujahr bis 1945
- Kanalhaltungen aus Beton mit Baujahr nach 1945
- Sonstige Kanalhaltungen mit Baujahr bis 1945
- Sonstige Kanalhaltungen mit Baujahr nach 1945 und bis 1970
- Sonstige Kanalhaltungen mit Baujahr nach 1970 und bis 1990
- Sonstige Kanalhaltungen mit Baujahr nach 1990

Die Trennung der Kanalhaltungen der Materialgruppen Beton/ zementgebundene Werkstoffe (ca. 44 % im Analysedatenbestand) und Steinzeug (ca. 45 % im Analysedatenbestand) ist eine Trennung, welche sich – abhängig von der Datenlage und -menge – in den meisten Kanalnetzen ergibt, da diese beiden Gruppen mit lokalen Abweichungen zum einen die Hauptwerkstoffe im deutschen Kanalnetzbestand darstellen (vergl. Abb. 5 in Berger et al., 2020) und zum anderen im Regelfall eine deutlich andere Schadenscharakteristik aufweisen.

Im Rahmen der Alterungsmodellierung wurden die Analysen der Cluster für den Zustand einer Haltung als Ausdruck der Sanierungsdringlichkeit und für die Substanz als Ausdruck des zu erwartenden baulichen Sanierungsumfangs durchgeführt, jeweils als Gesamtbetrachtung, als auch getrennt nach den Schutzzielen Dichtheit, Standsicherheit und Betriebssicherheit.

In der nachfolgenden Tabelle 9 und in Abbildung 35 sind die Standardalterungsfunktionen exemplarisch für den Cluster „Beton - Baujahr bis 1945“ dargestellt. Die entsprechenden Alterungsparameter für die jeweiligen Cluster, getrennt nach Zustand bzw. Substanz, Schutzziel (D/S/B) bzw. Gesamt (A) auf Ganzzahlen gerundet, aufgeführt (vgl. Tabelle 9). Dabei stellt  $\beta$  den Formparameter und  $\alpha$  den Skalenparameter der Weibullverteilung dar (vgl. Abschnitt 2.2). Die einzelne Parameterzeile enthält die Parameter für die verschiedenen Klassenübergänge in die jeweils schlechtere Klasse.

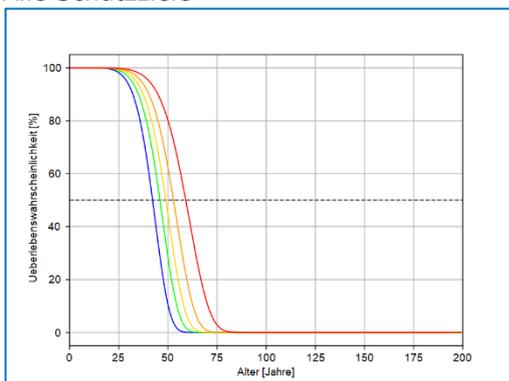
Zur Visualisierung der Parameter sind zusätzlich in Abbildung 35 die zugehörigen Alterungsfunktionen/ Überlebensfunktionen dargestellt.

Tabelle 9: Parameter Cluster Beton - Baujahr bis 1945

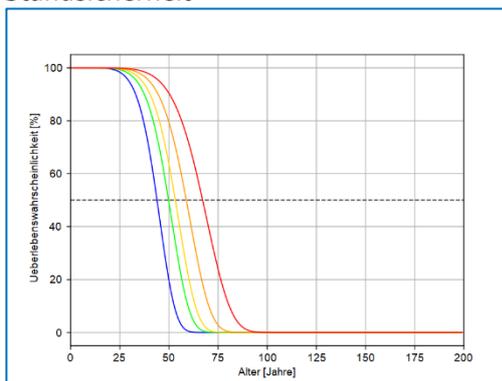
Schutzziel	Übergang 5-4		Übergang 4-3		Übergang 3-2		Übergang 2-1		Übergang 1-0	
	$\beta$	$\alpha$								
ZK-A	6.4	82.9	6.0	90.0	5.9	95.6	5.7	102.9	5.6	112.2
ZK-S	6.2	84.6	5.8	93.7	5.8	99.8	5.6	109.6	5.6	119.6
ZK-D	5.8	86.8	5.4	96.4	5.6	100.3	5.6	105.7	5.5	116.5
ZK-B	6.4	85.9	5.8	97.3	5.6	116.2	5.5	145.8	5.7	194.4
SBK-A	6.3	83.6	5.9	91.6	5.9	98.0	5.9	106.8	6.0	119.0
SBK-S	6.2	85.0	5.8	94.7	5.8	101.2	6.0	110.5	6.1	124.8
SBK-D	5.9	87.8	5.5	100.3	5.5	111.0	5.5	125.1	5.6	143.0
SBK-B	6.0	86.6	5.8	98.5	5.9	106.9	5.6	164.7	5.5	226.0

### Zustandsüberlebensfunktionen Beton - Baujahr bis 1945

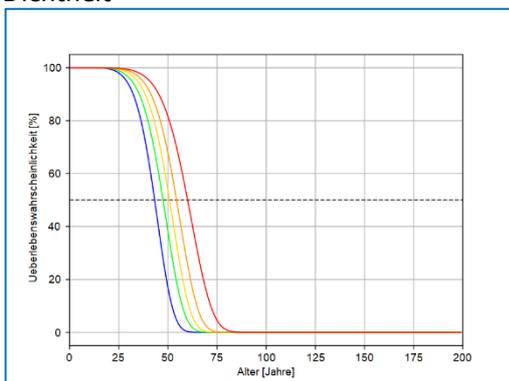
#### Alle Schutzziele



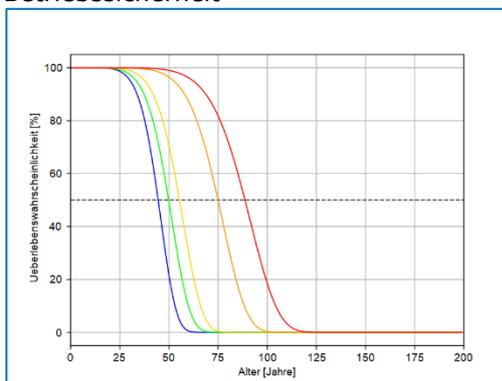
#### Standsicherheit



#### Dichtheit

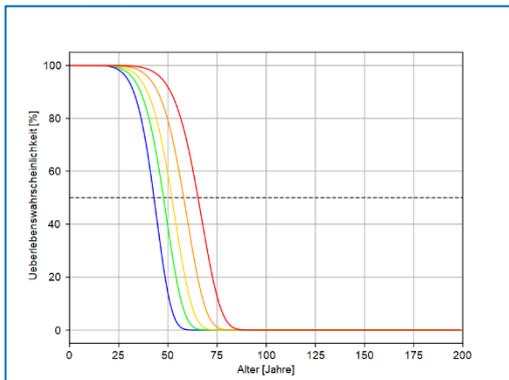


#### Betriebssicherheit

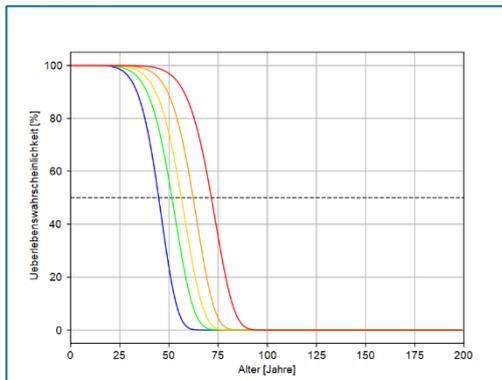


### Substanzüberlebensfunktionen Beton - Baujahr bis 1945

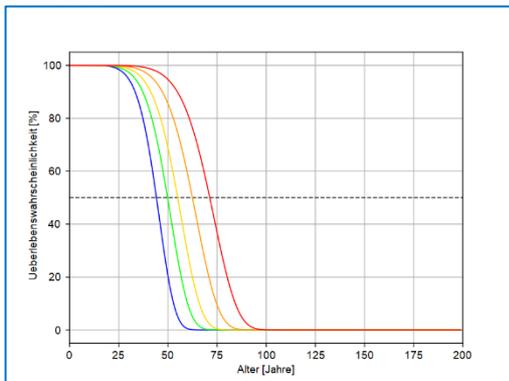
#### Alle Schutzziele



#### Standsicherheit



#### Dichtheit



#### Betriebssicherheit

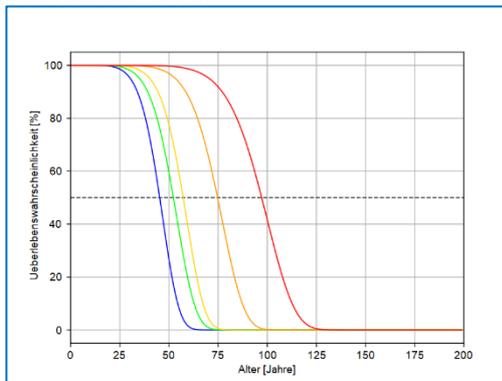


Abbildung 35: Alterungs- und Überlebensfunktionen Cluster Beton - Baujahr bis 1945

## Fazit

Insgesamt wurden für die Definition des netzübergreifenden anwendbaren und belastbare Ergebnisse liefernden Alterungsmodells die Parameterdaten aus zehn netzspezifischen Alterungsmodellanalysen umfangreich ausgewertet.

In diesen Alterungsmodellanalysen dienten insgesamt mehr als 344 Tsd. Haltungen mit zusammen ca. 12 Tsd. Netzkilometern Kanal als Analysegrundlage.

Dabei waren sowohl die Netze von Klein-, als auch von Mittel- und Großstädten vertreten. Die Einflüsse der jeweiligen Alterungsparameter aus den vergangenen Projekten wurden anhand der jeweiligen Netzlängen gewichtet. Naturgemäß haben die Ergebnisse der großstädtischen Netze damit einen höheren Einfluss auf das definierte netzübergreifende Modell als die Netze mit den geringeren Anteilen.

Mit diesem Effekt ist aber nicht nur diese Parameterstudie, sondern auch die regelmäßige Umfrage der DWA zum Zustand der Kanalisation in Deutschland beaufschlagt (Berger et al., 2020). Beiden gemein ist, dass sie eine zuverlässige Einschätzung der Situation liefern, anhand derer das unternehmerische Sanierungshandeln orientiert werden kann.

### 6.2.2 Trinkwassernetze

Für Trinkwasserversorgungsnetze stellt sich die Datenlage deutlich weniger differenziert und umfangreich als für Abwassernetze (s. dort) dar. Vielfach werden Schadens- bzw. Versagensereignisse nicht auf der Ingenieurseite der Betreiber gepflegt, sondern finden sich als kostenrelevante Ereignisse nur auf der kaufmännischen Seite wieder, mit den entsprechenden Konsequenzen für die Relevanz der erfassten Daten. Im Regelfall ist der räumliche Bezug aufgelöst (Zuordnung zum Leitungsabschnitt) oder nur noch schwach vorhanden (Straßenbezug), die baulichen Attribute (z.B. Nennweite, Material), Objektart (Leitung oder Armatur) nur eingeschränkt erfasst oder die Art des Versagens und die Art der Behebung nur eingeschränkt erfasst. Auch wenn auf der Ingenieurseite eine entsprechende Erfassung erfolgt, ist sie in Umfang und Ausführlichkeit nicht annähernd mit der Erfassung im Abwasserbereich zu vergleichen.

Verschärfend für die Datenlage wirkt sich aus, dass nur Versagensereignisse (z.B. Rohrbruch) erfasst werden, die Abnahme der Funktionsfähigkeit im zeitlichen Kontext aber im Regelfall nicht (z.B. Inkrustationen), sondern erst dann, wenn die Abnahme der Funktionsfähigkeit zu einem Versagen oder einer versagensähnlichen Situation führt.

Daher wurde für die Entwicklung von Standardalterungsfunktionen, welche anschließend netzübergreifend im Instandhaltungsscheck Verwendung finden sollten,

um eine niedrighschwellige Erstprüfung des Instandhaltungs- und Sanierungsbedarfes zu ermöglichen, auf die unter Abschnitt 2.2 recherchierten Alterungsfunktionen bzw. deren Parametrierung (siehe Abschnitt 3.2.2.3, Tabelle 7) zurückgegriffen, welche auf langjährigem empirischen Wissen aus Forschungs- und Ingenieurprojekten basieren und aufgrund ihrer Belastbarkeit auch Niederschlag in den einschlägigen Regelwerken gefunden haben (DVGW, 1997; DVGW, 2010).

Aufgrund der Datenlage wurden für die Definition der Alterungsfunktionen die in den Quellenrecherchen benannten Materialgruppen als alleiniges Clusterkriterium verwendet.

- Duktilguss (GGG) – erste Generation
- Duktilguss (GGG) – zweite Generation
- Grauguss (GG) – erste Generation
- Grauguss (GG) – zweite Generation
- Polyethylen (PE)
- Polyvinylchlorid (PVC)
- Stahl (ST)

## **Fazit**

Für die Definition des netzübergreifen anwendbaren und belastbare Ergebnisse liefernden Alterungsmodells wurden ausschließlich die aus den Nutzungsdauererfahrungen/ -erwartungen der genannten Veröffentlichungen und Regelwerken abgeleitete Alterungsparameter verwendet. Naturgemäß sind diese Modellierungen an Aussageschärfe nicht mit denen im Abwasserbereich zu vergleichen.

Mit diesem Effekt ist aber nicht nur diese Modellierung betroffen, sondern auch alle netzspezifischen Modellierungen, bei denen die Aussageschärfe in der Regel mit der Belastbarkeit der Betreiberaussagen zu Nutzungsdauererfahrungen und -erwartungen zusammenhängt. Eine netzspezifische Modellierung, die sich ausschließlich auf die Auswertung der zugrundeliegenden Schadens- und Versagensfälle stützt, ist nach aktueller Kenntnis die absolute Ausnahme.

Infolgedessen sind erübrigt sich auch eine Validierung innerhalb dieses Projektes, da für eine Validierung keine ausreichenden Daten zu netzspezifischen, aus der baulichen Situation abgeleiteten und nicht nur empirisch begründeten Alterungsmodellen vorlagen.

## **6.3 Aufbau**

### **6.3.1 Abwassernetze**

#### **6.3.1.1 Ebene 1: Datenbank**

Die Stamm- und Zustandsdaten werden im Rahmen eines Instandhaltungsschecks für Abwassernetze zwecks weiterer Auswertung durch das beratende Ingenieurbüro beim Betreiber ausgelesen und in die eigene Datenbank übertragen. Voraussetzung ist hierbei die Existenz eines Kanalinformationssystems und eine aussagefähige Zustandserfassung. Die Abfrage der aktuellen Daten hat bezogen auf einen Stichtag bzw. auf das aktuellste Erhebungsjahr zu Geschehen. Zu prüfen ist, ob bei einzelnen Kennzahlen optional Daten der Vergangenheit zu erheben sind (Entwicklung Zustand, Erneuerungs- und Renovierungsaktivitäten, ...). Schwerpunkt der Kennzahlen sind jeweils Daten auf Haltungsebene.

Hierzu empfiehlt sich die Verwendung von Stammdaten mit Zustands- bzw. Bewertungsdaten im Datenexportformat nach DWA-M 150 Typ D (DWA, 2010a):

- Das verwendete Bewertungssystem mit verwendeter Version muss zwingend enthalten sein
- Die verwendeten Referenztabellen (z.B. Materialart oder Profilart) müssen vorhanden und vollständig sein
- Stammdaten müssen vollständig entsprechend der Formatdefinition und den Anforderungen des verwendeten Klassifizierungssystems sein
- Der Bewertung zugrundeliegende Daten (numerische Zusätze/ Quantifizierungen etc.) müssen entsprechend der Formatdefinition und den Anforderungen des verwendeten Klassifizierungssystems vollständig sein

Beispielhaft sind Auszüge der auszuwertenden Daten für Abwassernetze nachfolgend aufgeführt:

#### 1. Stammdaten

- 1.1. Baujahr
- 1.2. Material
- 1.3. Nennweite
- 1.4. ...

#### 2. Zustandsdaten

- 2.1. Haltung

- 2.1.1. Zustandsklassen (Dichtheit / Standsicherheit / Betriebssicherheit / Gesamt)
- 2.1.2. Inspektionsdatum
- 2.1.3. ...
- 2.2. Einzelschaden in der Haltung
  - 2.2.1. Schadensart
  - 2.2.2. Schadensausprägung
  - 2.2.3. Schadensklasse (Dichtheit / Standsicherheit / Betriebssicherheit)
  - 2.2.4. ...

Basierend auf Standardalterungsfunktionen (vgl. Abschnitt 6.2) können daraus Netzstatus, Netzstatusentwicklung unter Berücksichtigung der geplanten Instandhaltungsmaßnahmen (vgl. nachstehenden Abschnitt) abgebildet und Defizite identifiziert werden (vgl. Abschnitt 6.5).

### **6.3.1.2 Ebene 2: Fragebogen**

Nachfolgend sind die wesentlichen Grundzüge des Fragebogens aufgeführt; der vollständige Fragebogen ist in Anlage 6 aufgeführt:

#### **1. Rechtliche Rahmenbedingungen**

Aus rechtlichen Rahmenbedingungen können sich Sach- und Entscheidungszwänge ergeben, die wesentliche Auswirkung auf Instandhaltungsziele und Instandhaltungsumfänge ergeben. Folgende Fragen sind formuliert:

- 1.1. In welcher Rechtsform wird die Abwasserentsorgung geführt?
- 1.2. Welchem Bundesland gehört der Betreiber an?

#### **2. Technische Rahmenbedingungen**

Über die Abfrage von technischen Rahmenbedingungen können Informationen zur Netzstruktur erfasst werden, die nicht über die Abfrage der Stamm- und Zustandsdaten erfasst werden, aber wesentlichen Einfluss auf die Instandhaltungsstrategie haben. Beispiele sind:

- 2.1. Wie hoch ist der Erfassungsgrad der Stammdaten?
- 2.2. Wurde die Plausibilität der Stammdaten geprüft?
- 2.3. Wie hoch ist der Fremdwasseranteil im Netz (bei mehreren Messstellen: gewichteter Mittelwert)?

2.4. Welcher Anteil des Netzes liegt unterhalb des Grundwasserspiegels bzw. in der -wechselzone?

2.5. Ergeben sich aus dem Generalentwässerungsplan hydraulische Defizite?

### 3. **Unternehmensstruktur und Entscheidungsprozesse**

Ein nachhaltiges Instandhalten von Netzen bedarf u.a. gem. DIN EN 752 (2017) transparenter Vorgaben bzw. Zielsetzungen und transparenter Entscheidungswege. Diese Transparenz steht damit in Wechselwirkung zur Unternehmensstruktur bzw. dessen Reifegrad. Vor diesem Hintergrund sind u.a. folgende Fragen formuliert:

3.1. Besteht Transparenz bezüglich wichtiger Netzindikatoren?

3.2. Ist das Investitionsbudget mit Sanierungsbedürfnissen abgestimmt und wird es flexibel angepasst?

3.3. Sind die Sanierungsziele zahlenmäßig bewertet?

3.4. Gibt es Kenngrößen für Sanierungsziele?

3.5. Sind die Sanierungsziele verbindlich?

3.6. Sind kaufmännische Daten zu den baulichen Anlagen des Entwässerungssystems bekannt?

3.7. Auf welchem Detaillierungsniveau erfolgt die Vermögensverwaltung?

3.8. Wie vollständig sind die Bezüge zwischen kaufmännischen und technischen Objekten?

3.9. Sind die Abschreibungszeiträume geprüft?

3.10. In welchem Detaillierungsgrad erfolgt die Kostenermittlung für Neubau und Sanierung?

### 4. **Instandhaltungsumfang**

Der Instandhaltungsumfang ist in Verbindung mit der Abfrage der Stamm- und Zustandsdaten (Ebene 1) wesentlich zur Abbildung der Netzzustandsentwicklung. In Einzelnen sind bspw. folgende Fragen formuliert:

4.1. Wie hoch ist die Inspektionsrate (ohne Abnahme- und Gewährleistungsinspektion)?

4.2. In welchem Umfang fanden investive und konsumtive Sanierungsmaßnahmen statt bzw. sind in den nächsten Jahren vorgesehen?

4.3. Wie ist das Verhältnis von bereitgestelltem zu abgerufenem Budget (Mittelwert der letzten 3a)?

## 6.3.2 Trinkwassernetze

### 6.3.2.1 Ebene 1: Datenbank

Eine planmäßige Zustandserfassung von Trinkwasserleitungen erfolgt in der Regel nicht. Entsprechend werden zwecks weiterer Analyse Stammdaten und weitere Informationen abgerufen. Die Stammdaten sollten wenigstens

- Baujahr,
- Material,
- Länge,
- Leitungstyp,
- Netz- bzw. Ortszugehörigkeit

umfassen.

Weitere notwendige Informationen sind:

- Entspricht die Anzahl der Schäden der Anzahl der betroffenen Leitungsabschnitte?
- Länge der betroffenen Leitungsabschnitte

Alle weiteren Netzinformationen werden über den Fragebogen (Ebene 2) erfasst.

### 6.3.2.2 Ebene 2: Fragebogen

Eine weitergehende Auswahl von Kennzahlen des DVGW-Kennzahlensystems (vgl. Abschnitt 2.5.1 bzw. 2.5.2) ist in Anlage 4 zu finden. Nachfolgend sind die wesentlichen Grundzüge des Fragebogens aufgeführt; der vollständige Fragebogen ist in Anlage 7 aufgeführt:

#### 1. Rechtliche Rahmenbedingungen

- 1.1. In welcher Rechtsform wird die Wasserversorgung geführt?
- 1.2. Welchem Bundesland gehört der Betreiber an?

#### 2. Technische Rahmenbedingungen; *Netzstruktur und Netzzustand*

Beispiele sind:

- 2.1. Wie hoch ist der Erfassungsgrad der Stammdaten?
- 2.2. Wurde die Plausibilität der Stammdaten geprüft?

- 2.3. *Entwicklung der Netzlänge*  
(Netzlänge als Jahreswert der letzten zehn Jahre in km)
- 2.4. *Entwicklung der Leitungsschäden*  
(Absolutwert der Leitungsschäden als Jahreswert der letzten zehn Jahre)
- 2.5. *Entwicklung des realen Wasserverlust QVR*  
(Wasserverlust als Jahreswert der letzten zehn Jahre in m<sup>3</sup>/a)
- 2.6. *Angesetzte Nutzungsdauer der Leitungen jeweils für folgende Rohrmaterialien (vgl. Abschnitt 6.2.2):*
- *Duktilguss (GGG) – erste Generation*
  - *Duktilguss (GGG) – zweite Generation*
  - *Grauguss (GG) – erste Generation*
  - *Grauguss (GG) – zweite Generation*
  - *Polyethylen (PE)*
  - *Polyvinylchlorid (PVC)*
  - *Stahl (St)*
- 2.7. *Anzahl Hydranten*
- 2.8. *Anzahl Hydrantenschäden*

### 3. **Unternehmensstruktur und Entscheidungsprozesse**

Beispiele sind:

- 3.1. Besteht Transparenz bezüglich wichtiger Netzindikatoren?
- 3.2. Ist das Investitionsbudget mit Rehabilitationsbedürfnissen abgestimmt und wird es flexibel angepasst?
- 3.3. Sind die Rehabilitationsziele zahlenmäßig bewertet?
- 3.4. Sind die Rehabilitationsziele verbindlich?
- 3.5. Sind kaufmännische Daten zu den baulichen Anlagen des Wasserversorgungssystems bekannt?
- 3.6. Auf welchem Detaillierungsniveau erfolgt die Vermögensverwaltung?
- 3.7. Wie vollständig sind die Bezüge zwischen kaufmännischen und technischen Objekten?
- 3.8. Sind die Abschreibungszeiträume geprüft?

### 4. **Instandhaltungsumfang**

Beispiele sind:

- 4.1. Wie hoch ist die inspizierte Netzlänge ohne Anschlussleitungen?

- 4.2. Wie hoch ist die Anzahl der inspizierten Hydranten und sonstigen Armaturen?
- 4.3. In welchem Umfang fanden investive und konsumtive Sanierungsmaßnahmen statt bzw. sind in den nächsten Jahren vorgesehen?
- 4.4. Wie ist das Verhältnis von bereitgestelltem zu abgerufenem Budget (Mittelwert der letzten 3a)?
- 4.5. Mittelwert der jährlichen Sanierungs- und Erneuerungsrate (Reha-Rate) sowie  
Mittelwert der geplanten jährlichen Sanierungs- und Erneuerungsrate (Reha-Rate)  
für die nächsten 10 Jahre jeweils für folgende Rohrmaterialien (ohne Anschlussleitungen):
  - Duktulguss (GGG) – erste Generation
  - Duktulguss (GGG) – zweite Generation
  - Grauguss (GG) – erste Generation
  - Grauguss (GG) – zweite Generation
  - Polyethylen (PE)
  - Polyvinylchlorid (PVC)
  - Stahl (St)

Diejenigen Fragestellungen, die keine Redundanz mit denen des Fragebogens für Abwassernetze aufweisen (Beispiel für Redundanz: „Rechtliche Rahmenbedingungen“), sind in Anlage 5 eingehender erläutert.

## 6.4 Validierung

Ziel der Validierung der Ergebnisse des neuen Instandhaltungschecks war es, sicherzustellen, dass die vereinfachte, niedrighschwellige Herangehensweise zur Abschätzung des zukünftigen Instandhaltungs- bzw. Instandsetzungsbedarfes in Abwasserent- und Trinkwasserversorgungsnetzen zu ausreichend belastbaren Ergebnissen führt, die

- einen potenziell drohenden Instandhaltungstau aufzeigen,
- im Sinne des Netzerhalts ausreichendes Sanierungshandeln erkennen und
- Hinweise auf Optimierungspotentiale im Betreiberhandeln geben.

Ein solcher Check – verglichen mit ausführlichen, im Rahmen des Projektes durchgeführten Bewertungsansätzen – ist mit Unsicherheiten behaftet, die jedoch im Hinblick auf den geringen Aufwand in Kauf genommen werden können.

Ähnlich soll der Instandhaltungsscheck defizitäres Handeln so sicher erkennen, dass nach Möglichkeit kein Sanierungskandidat übersehen wird. Eine vertiefende Analyse durch einen erweiterten Analyserahmen wird anschließend die „falsch positiven“ entsprechend ausfiltern. Ein Gewinn ist die vertiefende Untersuchung dabei auch für diese Gruppe, da einerseits mögliche Optimierungspotentiale auch bei solchen Betreibern aktiviert werden können und andererseits das bisherige Handeln eine unabhängige Bestätigung erfährt. Gerade im Spannungsfeld der Diskussion um die Kosten dieser Infrastrukturen ein nicht zu unterschätzender Vorteil.

Für die Validierung wurden die Prognoseergebnisse von detaillierten strategischen Planungen mit den Ergebnissen verglichen, die in denselben Netzen nur unter Nutzung der Analytik des Instandhaltungsschecks erzielt wurden (siehe auch Abschnitt 6.2 und Abbildung 36). Für die Validierung dienten die Ergebnisse von sieben Projekten in der strategischen Sanierungsplanung mit insgesamt ca. 150.000 Haltungen und zusammen ca. 5500 km Kanal als Grundlage für die vergleichenden Analysen.

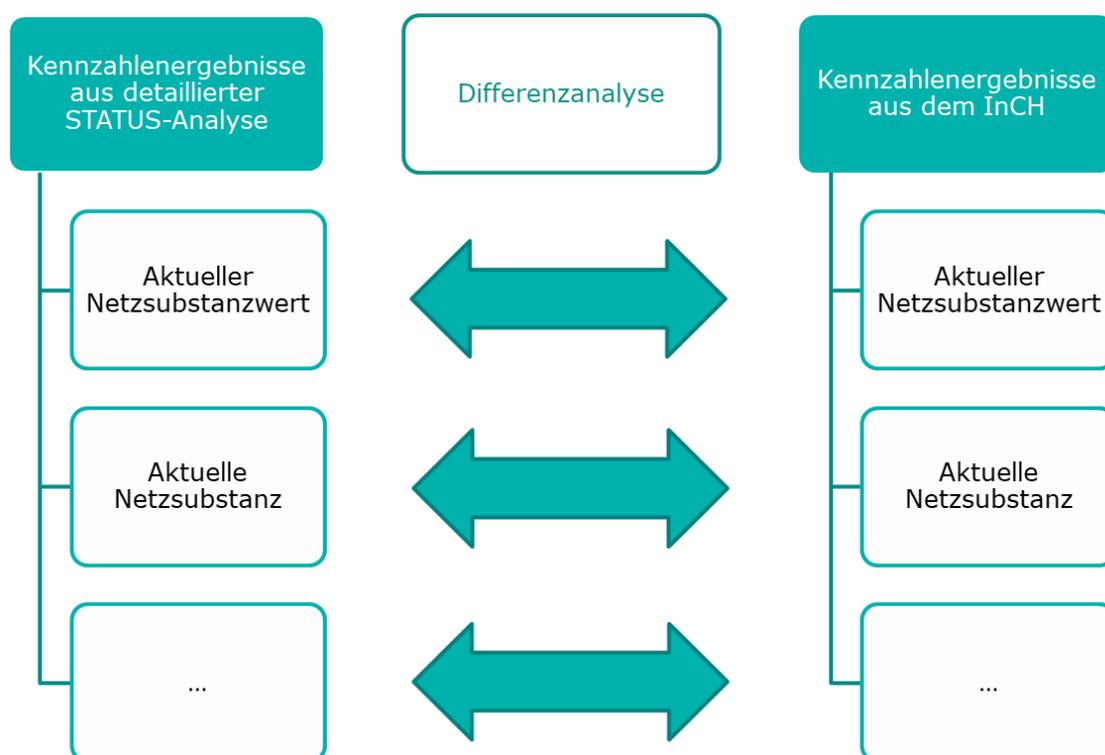


Abbildung 36: Vorgehen bei der InCh-Validierung

In den nachfolgenden Tabellen 17 bis 24 sind die Ergebnisse der Differenzanalyse für die in der Validierung verwendeten Vergleichsnetze dargestellt. Die anteilsge-

wichteten Prognoseabweichungen je Cluster als Abweichungen zwischen den Prognosen mit den Standardalterungsfunktionen und den Prognosen, basierend auf den netzindividuellen Alterungsfunktionen, sind absolut nur im Ausnahmefall größer als 10 Prozent und im Mittelwert clusterübergreifend in keinem Vergleichsnetz absolut größer als fünf Prozent. Die Fehlersumme kann jedoch, verursacht durch einzelne Cluster auch deutlich größere Beträge annehmen – Nachteil eines Modells mit netzübergreifend angesetzten Parametern.

Für die mit dem InCh angestrebte Aussage zur grundlegenden Sanierungsbedarfs-situation eine mehr als ausreichende und belastbare Prognoseschärfe.

Die Unterschiede zu den netzspezifischen Alterungsmodellen werden in den Abweichungen der einzelnen Cluster augenscheinlich, die in Abhängigkeit der lokalen Situation zum Teil deutlich stärkere Abweichungen aufweisen können.

Tabelle 10: Prognoseabweichung zwischen Standard- und Individualmodell – Übersicht

	Gewichtete Abweichung			
	Netzmenge		Netzlänge	
	Rest- nutzungsdauer	Gesamt- nutzungsdauer	Rest- nutzungsdauer	Gesamt- nutzungsdauer
Gewichtete Fehlersumme Stadt A	-3.31%	-2.33%	-3.36%	-2.36%
Gewichtete Fehlersumme Stadt B	-0.09%	-0.06%	-0.08%	-0.06%
Gewichtete Fehlersumme Stadt C	-22.74%	-13.79%	-24.49%	-14.80%
Gewichtete Fehlersumme Stadt D	-13.13%	-8.06%	-12.93%	-8.01%
Gewichtete Fehlersumme Stadt E	32.50%	12.15%	32.24%	12.17%
Gewichtete Fehlersumme Stadt F	33.44%	13.00%	30.79%	11.92%
Gewichtete Fehlersumme Stadt G	21.61%	10.22%	21.54%	10.24%

Tabelle 11: Prognoseabweichung zwischen Standard- und Individualmodell – Stadt A

Stadt A	Gewichtete Abweichung			
	Netzmenge		Netzlänge	
	Rest- nutzungsdauer	Gesamt- nutzungsdauer	Rest- nutzungsdauer	Gesamt- nutzungsdauer
Beton - Baujahr bis 1945	0.59%	0.12%	0.51%	0.10%
Beton - Baujahr nach 1945	2.09%	0.96%	2.12%	0.97%

Sonstiges - Baujahr bis 1945	0.02%	0.01%	0.01%	0.00%
Sonstiges - Baujahr nach 1945 bis 1970	-0.07%	-0.03%	-0.07%	-0.03%
Sonstiges - Baujahr nach 1970 bis 1990	-0.03%	-0.02%	-0.02%	-0.01%
Sonstiges - Baujahr nach 1990	1.65%	1.47%	1.59%	1.42%
Steinzeug - Baujahr bis 1945	-0.19%	-0.08%	-0.14%	-0.06%
Steinzeug - Baujahr nach 1945	-7.37%	-4.76%	-7.37%	-4.76%
<b>Gewichtete Fehlersumme</b>	<b>-3.31%</b>	<b>-2.33%</b>	<b>-3.36%</b>	<b>-2.36%</b>

Tabelle 12: Prognoseabweichung zwischen Standard- und Individualmodell – Stadt B

Stadt B	Gewichtete Abweichung			
	Netzmenge		Netzlänge	
	Rest- nutzungsdauer	Gesamt- nutzungsdauer	Rest- nutzungsdauer	Gesamt- nutzungsdauer
Beton - Baujahr bis 1945	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Beton - Baujahr nach 1945	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Sonstiges - Baujahr bis 1945	0.02%	0.01%	0.03%	0.02%
Sonstiges - Baujahr nach 1945 bis 1970	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Sonstiges - Baujahr nach 1970 bis 1990	-0.07%	-0.04%	-0.07%	-0.05%
Sonstiges - Baujahr nach 1990	-0.04%	-0.03%	-0.04%	-0.03%
Steinzeug - Baujahr bis 1945	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Steinzeug - Baujahr nach 1945	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
<b>Gewichtete Fehlersumme</b>	<b>-0.09%</b>	<b>-0.06%</b>	<b>-0.08%</b>	<b>-0.06%</b>

Tabelle 13: Prognoseabweichung zwischen Standard- und Individualmodell – Stadt C

Stadt C	Gewichtete Abweichung			
	Netzmenge		Netzlänge	
	Rest- nutzungsdauer	Gesamt- nutzungsdauer	Rest- nutzungsdauer	Gesamt- nutzungsdauer
Beton - Baujahr bis 1945	0.07%	0.02%	0.08%	0.02%
Beton - Baujahr nach 1945	-9.10%	-5.02%	-9.05%	-4.99%

Sonstiges - Baujahr bis 1945	1.50%	0.60%	1.67%	0.66%
Sonstiges - Baujahr nach 1945 bis 1970	-4.71%	-2.41%	-5.51%	-2.82%
Sonstiges - Baujahr nach 1970 bis 1990	-6.22%	-3.99%	-7.72%	-4.96%
Sonstiges - Baujahr nach 1990	-2.78%	-2.35%	-2.49%	-2.11%
Steinzeug - Baujahr bis 1945	-0.72%	-0.22%	-0.76%	-0.24%
Steinzeug - Baujahr nach 1945	-0.79%	-0.41%	-0.69%	-0.36%
<b>Gewichtete Fehlersumme</b>	<b>-22.74%</b>	<b>-13.79%</b>	<b>-24.49%</b>	<b>-14.80%</b>

Tabelle 14: Prognoseabweichung zwischen Standard- und Individualmodell – Stadt D

Stadt D	Gewichtete Abweichung			
	Netzmenge		Netzlänge	
	Rest- nutzungsdauer	Gesamt- nutzungsdauer	Rest- nutzungsdauer	Gesamt- nutzungsdauer
Beton - Baujahr bis 1945	-0.13%	-0.04%	-0.15%	-0.04%
Beton - Baujahr nach 1945	-8.12%	-4.79%	-7.97%	-4.70%
Sonstiges - Baujahr bis 1945	0.89%	0.28%	1.14%	0.35%
Sonstiges - Baujahr nach 1945 bis 1970	-0.73%	-0.33%	-0.82%	-0.37%
Sonstiges - Baujahr nach 1970 bis 1990	-0.90%	-0.50%	-0.94%	-0.53%
Sonstiges - Baujahr nach 1990	-0.61%	-0.54%	-0.66%	-0.58%
Steinzeug - Baujahr bis 1945	-0.01%	0.00%	-0.01%	0.00%
Steinzeug - Baujahr nach 1945	-3.53%	-2.15%	-3.52%	-2.14%
<b>Gewichtete Fehlersumme</b>	<b>-13.13%</b>	<b>-8.06%</b>	<b>-12.93%</b>	<b>-8.01%</b>

Tabelle 15: Prognoseabweichung zwischen Standard- und Individualmodell – Stadt E

Stadt E	Gewichtete Abweichung			
	Netzmenge		Netzlänge	
	Rest- nutzungsdauer	Gesamt- nutzungsdauer	Rest- nutzungsdauer	Gesamt- nutzungsdauer
Beton - Baujahr bis 1945	0.25%	0.04%	0.27%	0.04%
Beton - Baujahr nach 1945	15.50%	3.81%	14.93%	3.67%

Sonstiges - Baujahr bis 1945	3.20%	0.71%	2.91%	0.65%
Sonstiges - Baujahr nach 1945 bis 1970	-0.37%	-0.09%	-0.41%	-0.10%
Sonstiges - Baujahr nach 1970 bis 1990	-0.46%	-0.19%	-0.41%	-0.17%
Sonstiges - Baujahr nach 1990	4.75%	3.73%	4.87%	3.82%
Steinzeug - Baujahr bis 1945	2.08%	0.22%	2.35%	0.24%
Steinzeug - Baujahr nach 1945	7.56%	3.93%	7.73%	4.01%
<b>Gewichtete Fehlersumme</b>	<b>32.50%</b>	<b>12.15%</b>	<b>32.24%</b>	<b>12.17%</b>

Tabelle 16: Prognoseabweichung zwischen Standard- und Individualmodell – Stadt F

Stadt F	Gewichtete Abweichung			
	Netzmenge		Netzlänge	
	Rest- nutzungsdauer	Gesamt- nutzungsdauer	Rest- nutzungsdauer	Gesamt- nutzungsdauer
Beton - Baujahr bis 1945	0.03%	0.01%	0.03%	0.01%
Beton - Baujahr nach 1945	-3.84%	-1.79%	-3.97%	-1.85%
Sonstiges - Baujahr bis 1945	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Sonstiges - Baujahr nach 1945 bis 1970	-0.23%	-0.12%	-0.20%	-0.10%
Sonstiges - Baujahr nach 1970 bis 1990	-0.75%	-0.46%	-0.78%	-0.47%
Sonstiges - Baujahr nach 1990	-0.08%	-0.07%	-0.09%	-0.08%
Steinzeug - Baujahr bis 1945	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Steinzeug - Baujahr nach 1945	38.32%	15.43%	35.80%	14.42%
<b>Gewichtete Fehlersumme</b>	<b>33.44%</b>	<b>13.00%</b>	<b>30.79%</b>	<b>11.92%</b>

Tabelle 17: Prognoseabweichung zwischen Standard- und Individualmodell – Stadt G

Stadt G	Gewichtete Abweichung			
	Netzmenge		Netzlänge	
	Rest- nutzungsdauer	Gesamt- nutzungsdauer	Rest- nutzungsdauer	Gesamt- nutzungsdauer
Beton - Baujahr bis 1945	0.61%	0.15%	0.67%	0.17%
Beton - Baujahr nach 1945	8.23%	3.37%	8.52%	3.49%

Sonstiges - Baujahr bis 1945	5.57%	2.57%	4.55%	2.10%
Sonstiges - Baujahr nach 1945 bis 1970	-1.84%	-1.10%	-1.46%	-0.87%
Sonstiges - Baujahr nach 1970 bis 1990	-0.47%	-0.30%	-0.39%	-0.25%
Sonstiges - Baujahr nach 1990	1.60%	1.34%	1.68%	1.42%
Steinzeug - Baujahr bis 1945	1.03%	0.35%	1.15%	0.39%
Steinzeug - Baujahr nach 1945	6.89%	3.83%	6.82%	3.79%
Gewichtete Fehlersumme	<b>21.61%</b>	<b>10.22%</b>	<b>21.54%</b>	<b>10.24%</b>

## 6.5 Darstellung der Kernergebnisse am Beispiel Abwassernetz

### 6.5.1 Einführung

Erklärtes Ziel des Instandhaltungschecks war ein aufwandsreduziertes und damit niedrighwelliges Instrument zu schaffen, mit dem der wahrscheinliche aktuelle und zukünftige Sanierungsbedarf sowohl hinsichtlich der Dringlichkeit als auch hinsichtlich des zu erwartenden Maßnahmenumfangs auf der Basis der erhobenen Informationen und der übergebenen Daten hinreichend belastbar bestimmt werden kann.

Diese Bewertung des Netzwerkes hinsichtlich des „STATUS Quo“ und des „Quo vadis“ sollte erste Aussage zur Notwendigkeit der Anpassung des aktuellen Sanierungshandels oder zumindest von vertiefenden Analysen treffen bzw. den aktuell eingeschlagenen Sanierungskurs bestätigen.

Die Entwicklung bzw. Interpretation der Abfragen kann in den nachfolgenden Abschnitten ausschließlich für den Bereich Abwassernetz dargestellt werden, da in der Projektgruppe über die vorliegenden Projekte zum Substanzerhalt von Kanalnetzen umfassende Vergleichsdaten und Erfahrungen vorliegen. Eine Interpretation der Ergebnisse im Bereich Trinkwassernetze insbesondere in Bezug auf eine Bewertung der Ebene 2: Fragebogen (Anwendung des InCh bei verschiedenen Netzbetreibern und Gegenüberstellung/Diskussion der Ergebnisse im Workshopformat) war aufgrund coronabedingter Behinderungen und der Konzentration der Netzbetreiber auf das Kerngeschäft während der Krisensituation nicht möglich.

### **6.5.2 Ebene 1: Daten**

In der nachfolgenden Abbildung 37 ist die Entwicklung der Zustandsklassen (ZK) dargestellt, die sich im betrachteten Netz ohne Sanierungseingriff auf der Basis der übergebenen Netzdaten und dem Standardalterungsmodell wahrscheinlich einstellen würde.

Dabei werden die Zustandsklassen im Wesentlichen durch den schwersten Einzel Schaden bestimmt, die Zustandsklasse 5 kennzeichnet dabei die schadensfreie Haltung. Die Prognose erfolgt dabei aber nicht auf der Basis der Einzelschäden, sondern durch Prognose der jeweiligen Zustandsklasse als isolierte Kennzahl, da Einzelschäden per se nicht allgemeingültig prognostizierbar sind.

Zusätzlich zu der Entwicklung der Zustandsklassenanteile, die ohne Sanierungseingriff zwangsläufig durch eine Abnahme der ungeschädigten Haltungsanteile in der initialen ZK5 und eine Zunahme der absorbierenden ZK 0 gekennzeichnet sind (mit einer volatilen Anteilsverschiebung in den Aufenthaltsklassen ZK 4 bis ZK 1) sind die zur durchschnittlichen Sanierungspriorität verdichteten Zustandsklassen dargestellt. Dabei wird einmal die Sanierungspriorität ebenfalls ohne Sanierungseingriff dargestellt und zum anderen mit einem Sanierungseingriff, der sich aus den im Datenbogen angegebenen Sanierungskennzahlen ermittelt.

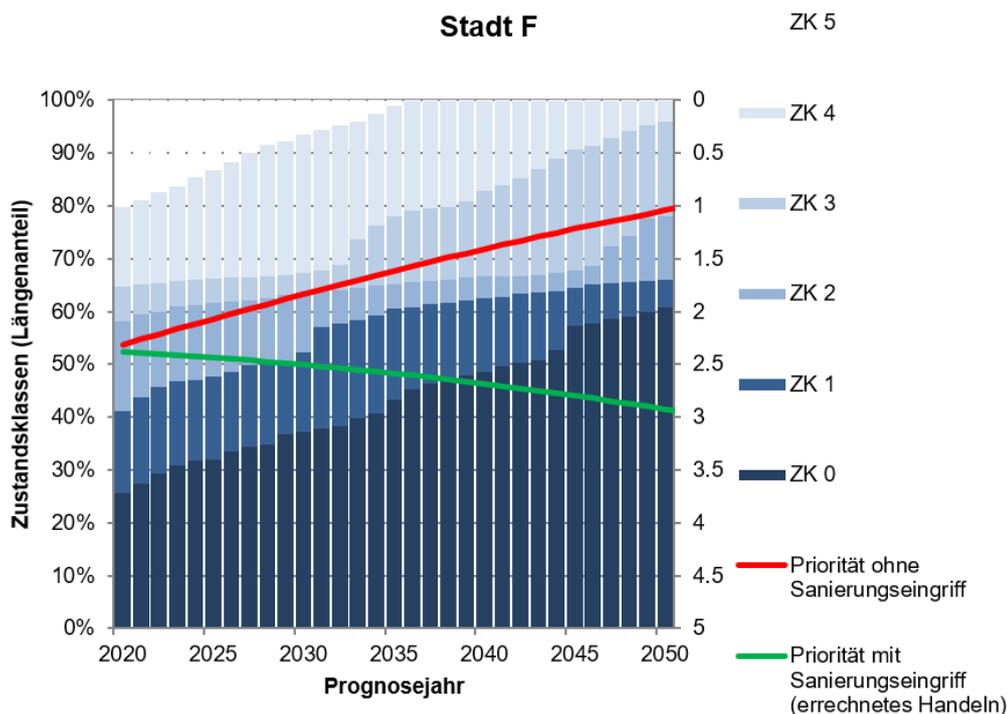


Abbildung 37: Entwicklung der Zustandsklassen (ZK) und der durchschnittlichen Sanierungspriorität des Netzes in der Prognose

Deutlich sichtbar ist, dass im vorliegenden Fall der Sanierungseingriff zu einer Reduzierung der Sanierungspriorität führt, die Klassenanteile mit Sanierungseingriff sich gegenläufig entwickeln. Die Entwicklung wird dabei nicht durch eine Prognose der Klassenentwicklung ermittelt, da hierzu ein entsprechendes Entscheidungsmodell notwendig wäre, sondern aus der Bestandswirksamkeit der angegebenen Sanierungsumfänge abgeleitet.

Abbildung 38 stellt die Entwicklung der Klassen der baulichen Substanz als Ausdruck des zukünftig wahrscheinlich zu erwartenden Sanierungsaufwandes (Reparatur, Renovierung oder Erneuerung) dar. Dabei bedeuten die geringste Substanzklasse SBK 5 keineswegs Schadensfreiheit (die Zustandsklasse ZK 5 gleichwohl schon), sondern nur, dass ein möglicherweise vorhandener Schaden sowohl in Schadensschwere als auch mit der räumlichen Schadensausdehnung innerhalb des betrachteten Objektes gegenüber den restlichen ungeschädigten Bauwerksanteilen nicht bewertungsrelevant wird.

Die Prognose erfolgt dabei auch hier nicht auf der Basis einer Fortschreibung der Einzelschäden, sondern durch Prognose der jeweiligen Substanzklasse als isolierte Kennzahl, da Einzelschäden per se nicht allgemeingültig prognostizierbar sind.

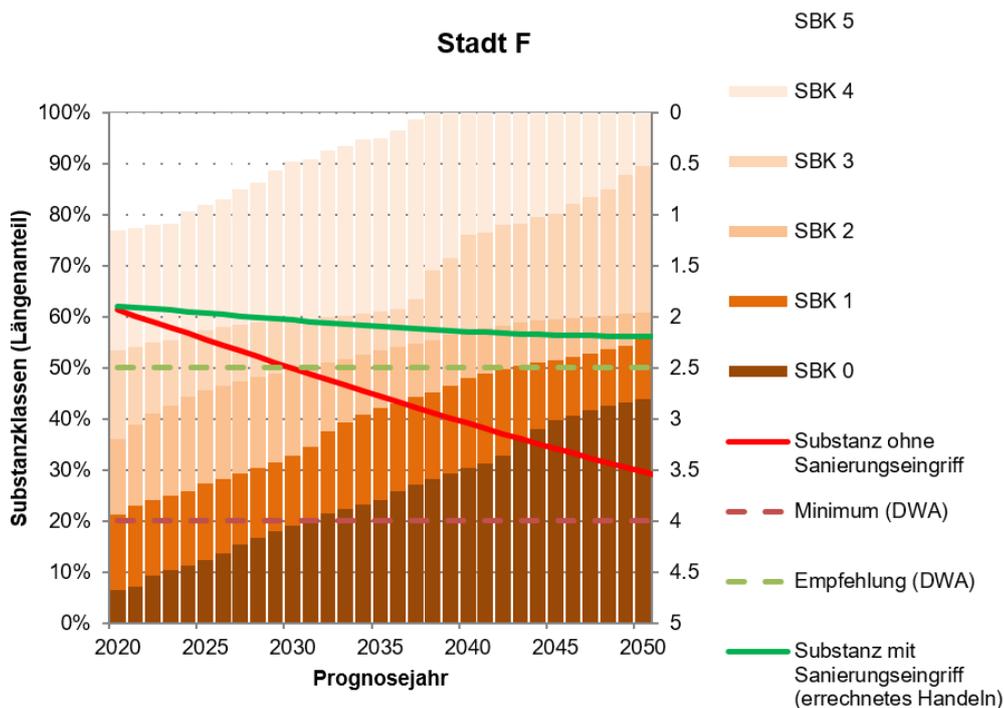


Abbildung 38: Entwicklung der Substanzklassen (SBK) und der durchschnittlichen Substanz des Netzes in der Prognose

Zusätzlich zu der Entwicklung der Substanzklassenanteile, die ohne Sanierungseingriff zwangsläufig durch eine Abnahme der Haltungsanteile in der initialen SBK 5 und eine Zunahme der absorbierenden SBK 0 gekennzeichnet sind (mit einer volatilen Anteilsverschiebung in den Aufenthaltsklassen SBK 4 bis SBK 1) sind die zur durchschnittlichen Substanz verdichteten Substanzklassen dargestellt. Dabei wird einmal die Substanz ebenfalls ohne Sanierungseingriff dargestellt und zum anderen mit einem Sanierungseingriff, der sich aus den im Datenbogen angegebenen Sanierungskennzahlen ermittelt. Für die Ermittlung der Substanz mit Sanierungseingriff werden aber nur die investiven Sanierungsmaßnahmen bzw. Kennzahlen zu Sanierungsinvestitionen herangezogen. Reparaturmaßnahmen finden an dieser Stelle keine Berücksichtigung.

Hintergrund ist, dass Unterhaltsmaßnahmen im Regelfall lokal begrenzte Sanierungen sind, die auf die Substanz des Gesamtobjektes in der Regel keinen verbessernden Einfluss haben, sondern nur hemmend auf den weiteren Substanzverzehr wirken.

Sichtbar wird, dass ohne Sanierungseingriff die durchschnittliche Substanz trotz der überdurchschnittlichen Ausgangslage von mehr als 10 Prozentpunkten oberhalb der DWA-Regelwerksempfehlung aus DWA-A 143-14 (DWA, 2017) zum

durchschnittlichen Substanzwert die Substanz zügig unter diesen Wert abfällt und sich in Richtung des Minimums von 20 % aus DWA-A 143-14 (DWA, 2017) entwickelt. Die Zunahme der Klassenanteile in der absorbierenden SBK 0 ist der augenfälligste Ausdruck dafür und ein Hinweis auf den zunehmenden Sanierungsbedarf bzw. -stau.

Demgegenüber findet bei der Substanzentwicklung mit Sanierungseingriff auch ein Absinken des Durchschnittswertes statt, jedoch nähert sich die Entwicklung der 50%-Empfehlung und stabilisiert sich asymptotisch deutlich oberhalb. Eine solche Entwicklung ist nicht ungewöhnlich, sondern vielfach der Ausdruck des Ausgleichs eines infolge vergleichsweise jungen Netzdurchschnittsalters besonders hohen durchschnittlichen Substanzwerts.

Ob dieser Substanzwert aus einem initial jungen Netz stammt oder der Tatsache geschuldet ist, dass infolge investiver Sanierungstätigkeiten ein Ersatz alten Netzbestandes stattgefunden hat, lässt sich an dieser Stelle nicht klären.

In beiden Fällen entsprechen die prognostizierten Entwicklungstendenzen, die auf diese Weise ermittelt worden, im Wesentlichen den Ergebnissen der Strategie, die im als Vergleich dienenden Netzanalyseprojekt berechnet wurde. Naturgemäß wird die Detail- und Aussageschärfe des deutlich umfangreicheren Strategieprojektes nicht erreicht. Zwischen den Verläufen der Entwicklungstendenzen besteht jedoch eine signifikante Ähnlichkeit, sodass die Bewertungsaussage aus diesem Instandhaltungsscheck als belastbar angesehen werden kann.

In der folgenden Abbildung 39 wird die jährliche Bilanz der Sanierungspriorität dargestellt, ermittelt aus der Differenz zwischen dem Anstieg der Sanierungspriorität infolge der Netzalterung und der Reduzierung der Sanierungspriorität infolge von Unterhalts- und Investitionsmaßnahmen. Grundlage für letzteres bilden die jeweilig angegebenen Sanierungsquoten und deren Projektion in die Zukunft. Damit ist die Bilanz ein Ausdruck der Suffizienz des Sanierungshandelns hinsichtlich dringlicher Schäden. Befindet sie sich dauerhaft oder zum überwiegenden Teil im (grünen) Bereich der Sanierungsprioritätsreduzierung, ist das ein Ausdruck dafür, dass durch die Sanierungstätigkeit mehr Dringlichkeiten abgebaut werden, als durch die prognostizierte Alterung erhöht werden. In Abbildung 37 sinkt dadurch auch folgerichtig die durchschnittliche Sanierungspriorität im Netz.

Kritisch wird es jedoch, wenn infolge Sanierungshandeln weniger Dringlichkeiten abgebaut werden als durch die Alterung wahrscheinlich „nachwachsen“. In diesem Fall würde die durchschnittliche Sanierungspriorität im Netz steigen. Findet wie in der Nullstrategie kein Sanierungshandeln statt, entfällt in Abbildung 39 der (grüne) Bereich, und die (blaue) Bilanzlinie befindet sich am unteren Rand des (roten) Bereichs, da sie diesem entspricht.

In dieser Darstellung ist direkt ersichtlich, ob das aktuell angegebene Sanierungshandeln langfristig die Sanierungsdringlichkeiten zu kontrollieren vermag.

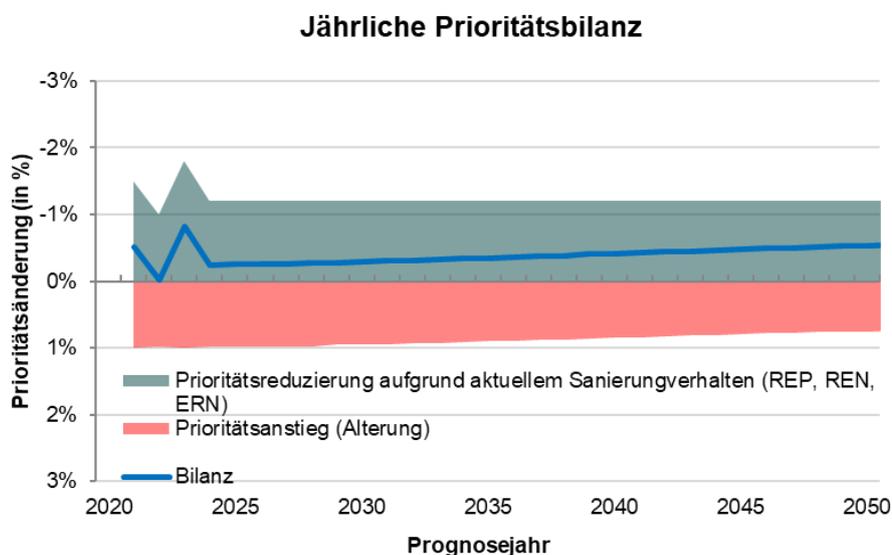


Abbildung 39: Jährliche Bilanz der Sanierungspriorität als Ausdruck der Suffizienz des Sanierungshandelns hinsichtlich dringlicher Schäden

Die jährliche Substanzbilanz ist in der nachfolgenden Abbildung 40 dargestellt. Hierbei wird dem jährlichen Substanzgewinn, resultierend aus dem Sanierungshandeln, der jährliche Substanzverlust infolge prognostizierter Alterung gegenübergestellt. Auch hier zeigt die Lage der Bilanz an, ob dem jährlichen Substanzverlust durch das Sanierungshandeln hinreichend entgegengesteuert wird.

Anders als in Abbildung 39 ist eine überwiegende Lage im roten Bereich nicht automatisch als negativ zu werten. Wichtig ist es bei der Substanz, diese Bilanz im Kontext zu Abbildung 38 zu bewerten. Eine durchschnittliche Substanz deutlich oberhalb der Empfehlung von 50% indiziert, dass trotz Alterung nicht immer ausreichend investiver Sanierungsbedarf gegenübersteht, da die Haltungen als Investitionsobjekte nach Möglichkeit unter Ausnutzung ihrer technischen Nutzungsdauer

kosteneffizient betrieben werden sollten und ein Verzehr der Substanz, sofern entsprechende Grenzen nicht überschritten werden, in Kauf genommen wird.

Im vorliegenden Fall liegt die Ausgangssituation mit mehr als 10 Prozentpunkten über der Regelwerksempfehlung von 50 %, sodass hier kein ungebührlicher Substanzverzehr vorliegt, sondern ein Substanzverzehr im Rahmen der normalen Bestandbewirtschaftung. Sanierungsinvestitionen bei Objekten, deren technische Nutzungsdauer noch nicht abgelaufen ist – auch wenn das Objekt ggf. bereits abgeschrieben und die kaufmännische Nutzungsdauer ist damit beendet ist – würden zwar dem Substanzverzehr entgegenwirken, gleichzeitig aber das Potential der Nutzung nicht ausschöpfen und damit unwirtschaftlich sein.

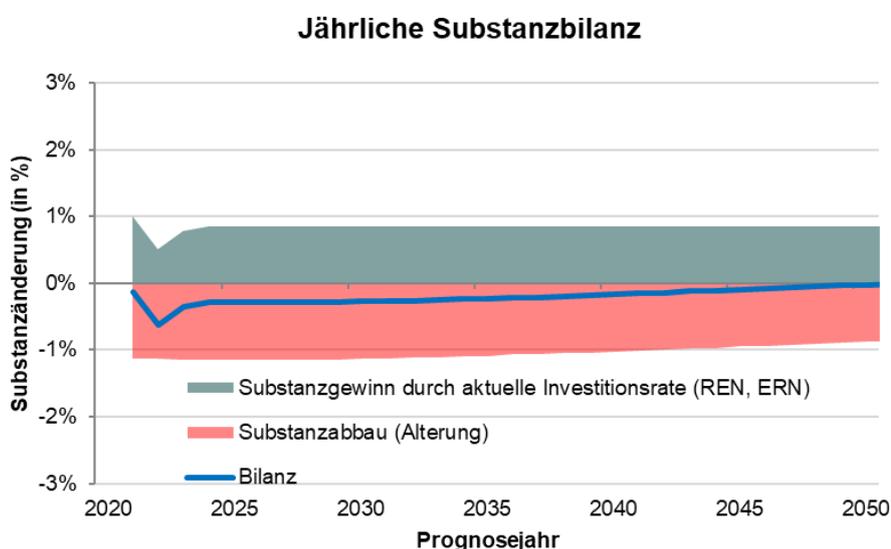


Abbildung 40: Jährliche Bilanz der baulichen Substanz als Ausdruck eines am nachhaltigen Substanzerhalts orientierten Sanierungshandelns

Demgegenüber gibt es in jedem Netz Objekte, deren Substanz verschlissen ist, obgleich die Abschreibungsdauer noch nicht beendet ist. Aus diesem Grund ist die Substanzbilanz allein kein hinreichendes Kriterium für die Beurteilung der Nachhaltigkeit des Substanzerhalts, im Kontext der Substanzklassenentwicklung aber schon.

### 6.5.3 Ebene 2: Fragebogen

Aus dem durch die SWO Netz GmbH ausgefüllten Fragebogen kann folgendes abgeleitet werden:

**Rechtliche Rahmenbedingungen** Die SWO sind als Eigengesellschaft für den Unterhalt der etwa 1.150 km Kanalisation verantwortlich. Durch die Lage in Niedersachsen ergibt sich, dass über Normen und Regelwerken hinausgehende (rechtliche) Regelungen (bspw. Eigenkontrollverordnung oder Verpflichtung zur Aufstellung eines Abwasserbeseitigungskonzeptes) in Bezug auf das Kanalnetzmanagement (insbes. Zustandserfassung und Sanierungskonzeption) nicht existieren.

**Technische Rahmenbedingungen Netzstruktur und Netzzustand** Trotz der fehlenden rechtlichen Vorgaben sind im Netz der SWO etwa 90 % der Kanalisation inspiziert worden; das mittlere Inspektionsalter liegt bei etwa 7 Jahren und die Inspektionsrate liegt bei ca. 7 %/a. Die Daten wurden und werden plausibilisiert. Es lässt sich ableiten, dass eine gute Kenntnis über den (aktuellen) Netzzustand vorhanden ist und es ist aufgrund der Inspektionsrate erwartbar, dass dieser Kenntnisstand weiter aktualisiert wird. Die SWO sind diesbezüglich gut aufgestellt.

Ebenfalls liegen Kenntnisse über den Fremdwasseranteil im Netz vor. Vor dem Hintergrund, dass etwa ein Drittel des Netzes unterhalb des Grundwasserspiegels liegt, ist ein Fremdwasseranteil von ca. 28 % als mäßig einzuordnen.

Die hydraulische Leistungsfähigkeit wird über hydraulische Simulationen und die Aufstellung von Generalentwässerungsplänen (GEP) geprüft. Die Aktualität der GEP ist gegeben.

**Unternehmensstruktur und Entscheidungsprozesse** Bezüglich der Transparenz wichtiger Netzindikatoren ist festzuhalten, dass in der Gebührenbedarfsrechnung kalkulatorische Kosten (Zinsen und/oder Abschreibungen) angesetzt werden, um die Neuanschaffung von Anlagen

gegenzufinanzieren und auch Kenntnisse darüber bestehen, wie sich Schmutz- und Niederschlagswassergebühren in Abhängigkeit verschiedener Investitions- und Sanierungsstrategien bzw. sonstiger Faktoren entwickeln.

Trotz der umfassenden Kenntnis über den Netzzustand und der sichergestellten Finanzierung von Instandhaltungsmaßnahmen besteht weder ein Abwasserbeseitigungskonzept (s.o.) noch existieren Vorgaben für Sanierungsraten oder für Reaktionsfristen bei Schäden mit sofortigem Handlungsbedarf.

Ebenfalls sind wichtige kaufmännische Größen wie Substanzwert bzw. Substanzwertentwicklung des Netzes unbekannt; diese Information bleibt bei der Investitionsbedarfsplanung unberücksichtigt (gleichwohl existieren als Orientierungswerte, langfristige Wirtschaftsplanungen ( $\geq 10$  a), welche regelmäßig überprüft und aktualisiert werden und operative Ziele (bspw. Sanierungsraten, Budgetumsetzung, zulässiges Schadensalter) sind zahlenmäßig bewertet).

Betriebsaufwände und Restbuchwerte sind objektscharf bekannt, allerdings werden Abschreibungszeiträume nicht überprüft und die Bezüge zwischen kaufmännischen und technischen Objekten sind nicht sichergestellt, da unterschiedliche Systeme aufgrund zusätzlich externer Verantwortlicher existieren.

Insgesamt entsprechen die Entscheidungsprozesse durch die eingeführten Regelkreise den Empfehlungen der DIN EN 752; gleichwohl ist dem Netzbetreiber ein Nachsteuern der Prozesse in Hinblick einer bedarfsgerechten Instandhaltungskonzeption zu empfehlen. Dies betrifft insbesondere Kenntnis über Substanzwert und

damit auch eine deutlich stärkere Kopplung kaufmännischer und technischer Objekte.

**Instandhaltungs-  
umfang** Der Instandhaltungsumfang ist mit ca. 1 %/a (Sollwert Sanierungsrate) festgelegt. Dies entspricht den grundsätzlichen Empfehlungen der DWA für den Fall, dass kein Alterungsmodell aufgestellt wurde.

#### 6.5.4 Fazit

Zusammenfassend ist aus über die beiden Ebenen „Daten“ und „Fragebogen“ abzuleiten, dass der Netzbetreiber insgesamt gut aufgestellt ist. Kenntnisse über den Kanalnetzzustand sind umfassend vorhanden und werden aktualisiert. Die Instandhaltungsbudgets sind ausreichend, um auch langfristig einen guten bis befriedigenden Netzzustand (Sanierungspriorität und Substanz) sicherzustellen. Ungeachtet dessen besteht Optimierungspotential dahingehend, bei der Instandhaltung kaufmännische Aspekte (bspw. eine Überprüfung und letztlich Entsprechung von technischer Nutzungsdauer und Abschreibungszeitraum) zu berücksichtigen und Substanz bzw. Substanzwert als Kennzahlen für die Entwicklung einer Instandhaltungsstrategie zu etablieren.

## **7 Einbindung der Projektergebnisse in zukünftige Benchmarkingprojekte**

### **7.1 Grundlegende Herangehensweise**

Aufgrund des konzentrierten thematischen Zuschnitts der erarbeiteten Kennzahlen (Abschnitt 6.3) sowie der teilweisen Überschneidung mit bereits bestehenden Kennzahlensystemen (bspw. DVGW, DWA, 2008) werden die erarbeiteten Kennzahlen in bereits bestehende Projekte der aquabench eingebunden. Neben der schnellen Umsetzung hat dies den Vorteil, dass die Kennzahlen, deren Definitionen, Auswertungsformen und das resultierende Erkenntnispotenzial in einem vergleichsweise großen, erfahrenen Expertenkreis geprüft und ggf. leicht Zusammenhänge zu anderen Themen des Netzbetriebes hergestellt werden können.

Die Einbindung erfolgt für die abwasser- und trinkwasserbezogenen Kennzahlen zeitlich getrennt. Im ersten Schritt werden die abwasserbezogenen Kennzahlen übernommen, im zweiten die trinkwasserbezogenen. Neben den unterschiedlichen Projektrhythmen und den damit möglichen Einbindungszeitpunkten ist der wesentliche Grund, dass Projekte im Abwasserbereich bezüglich der thematischen Ausrichtung und der Art der teilnehmenden Unternehmen (insb. Größe) deutlich vielfältiger sind (siehe Abschnitt 7.2).

Es kann prognostiziert werden, dass die reinen Kennzahlenbetrachtungen im Rahmen der bestehenden Projekte erhalten bleiben und keine neuen Projektentwicklungen nötig sein werden.

Die Übernahme weitergehender Ergebnisse, insbesondere des Instandhaltungsschecks, welche nicht unmittelbar in die Struktur und Inhalte der Benchmarkingprojekte passen, erfolgt nach der Entwicklung und Evaluierung entsprechender Business Cases.

### **7.2 Vorhandene Projektstruktur**

Die aquabench führt rund um den anthropogenen Wasserkreislauf eine Reihe von Benchmarkingprojekten durch.

Je nach Detaillierungsgrad und Betrachtungsobjekt bzw. -prozess wird dabei grundsätzlich zwischen folgenden Projektarten unterschieden (Abbildung 41):

- Unternehmensbenchmarking: betrachtet gesamtes Unternehmen, dient vor allem der Positionsbestimmung bzw. Bewertung sowie der Kommunikation, Zielgruppe sind alle Unternehmensgrößen

- Prozessbenchmarking: betrachtet einzelne Prozesse, dient vor allem der Verbesserung und Optimierung, Zielgruppe sind mittelgroße und große Unternehmen.

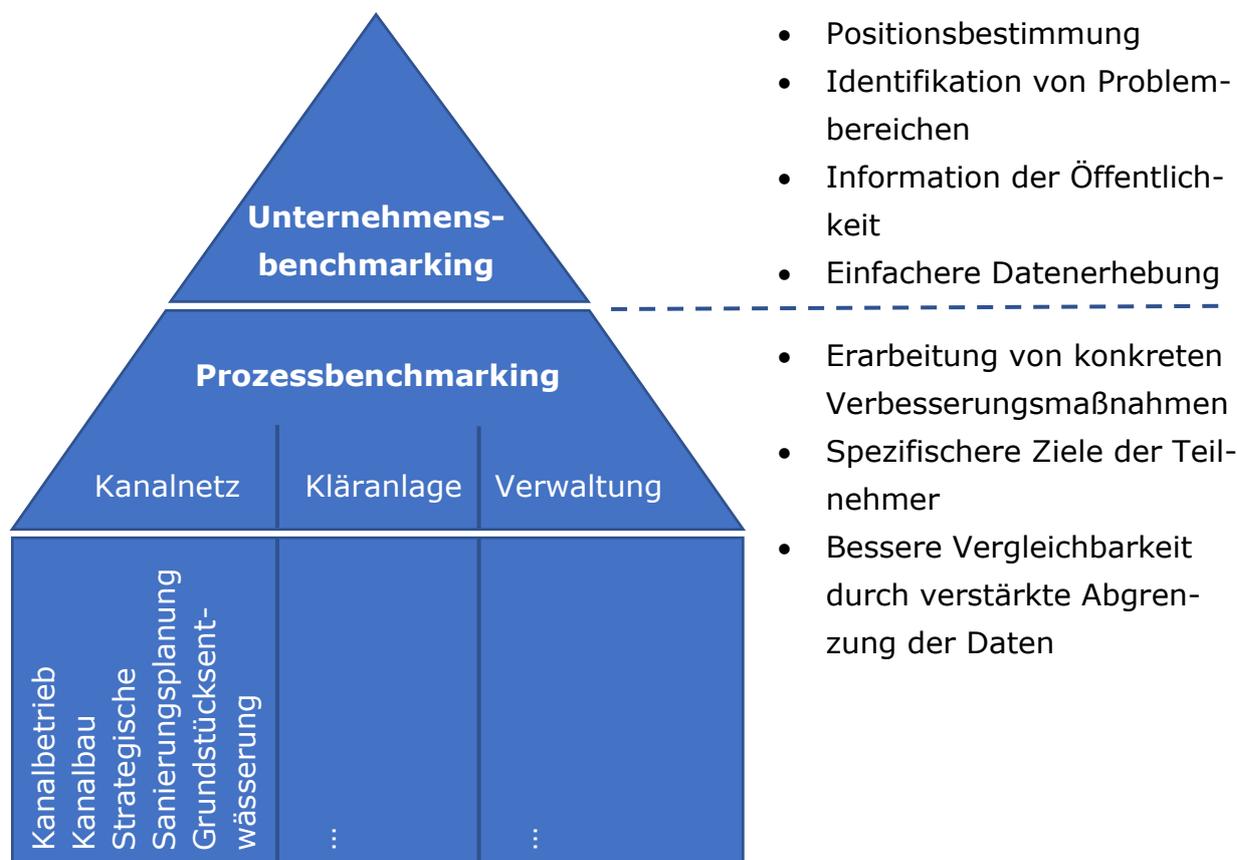


Abbildung 41: Projektstruktur der aquabench (mit Fokus auf dem Abwasserbereich)

Abwasser- und trinkwasserorientierte Projekte werden infolge der jeweiligen Branchenstrukturen grundsätzlich voneinander getrennt durchgeführt. Jedoch spielen in allen Projekten Fragen der Netzsanierung – allerdings mit unterschiedlichem Detaillierungsgrad und unterschiedlichem Fokus – eine wichtige Rolle.

Mit dem Betrachtungsobjekt Kanalnetz bzw. dem Kernprozess Abwasserableitung beschäftigen sich ganz oder teilweise folgende Projekte:

- Unternehmensbenchmarking Abwasser: betrachtet neben anderen den kompletten Kernprozess der Abwasserableitung in unterschiedlichen Kreisen (Großstädte, regional orientierte Projekte, Einzelprojekte)
- Prozessbenchmarking:
  - Kanalbetrieb: betrachtet Betrieb des Kanalnetzes und der Pumpwerke, darunter auch den baulichen Unterhalt von Kanälen (Reparatur)

- Kanalbau: betrachtet Kosten und Durchführung einzelner Baumaßnahmen, hauptsächlich im Rahmen der investiven Kanalsanierung (Erneuerung und Renovierung)
- Strategische Sanierungsplanung: betrachtet Strategien und Effekte der Kanalsanierung
- Grundstücksentwässerung: betrachtet die Überwachung, Instandhaltung und -setzung von (öffentlichen) Grundstücksentwässerungsanlagen.

Es werden sowohl technische als auch kaufmännische Daten erhoben. Die Erhebung erfolgt grundsätzlich immer auf Gesamtnetzebene und auf jährlicher Basis. Damit sind die erzeugten Kennzahlenanalysen wenig dynamisch und betrachten rein historische Daten bzw. Zeitreihen. In den Benchmarkingprojekten werden die Ausprägungen der Kennzahlen und deren Änderungen v. a. qualitativ diskutiert. Dies führt zu individuellen Erkenntnissen und potenziellen Verbesserungsmaßnahmen bzw. Handlungsoptionen.

Ein Beispiel für die analysierten Kennzahlen zeigt Abbildung 42. Es werden die technischen Größen der kurzfristig sanierungsbedürftigen Kanallängenrate (ZK 0 und 1) und der jährlichen Sanierungsraten als Mittelwert über alle verfügbaren Unternehmen, weitergehend nach Netzlänge unterteilt, dargestellt.

Da Kennzahlen immer im Verbund analysiert werden müssen (vgl. „5-Säulen-Modell“, DVGW, DWA, 2008), werden auch integrierte Darstellungen für individuelle Analysen erstellt. Ein Beispiel zeigt Abbildung 43.

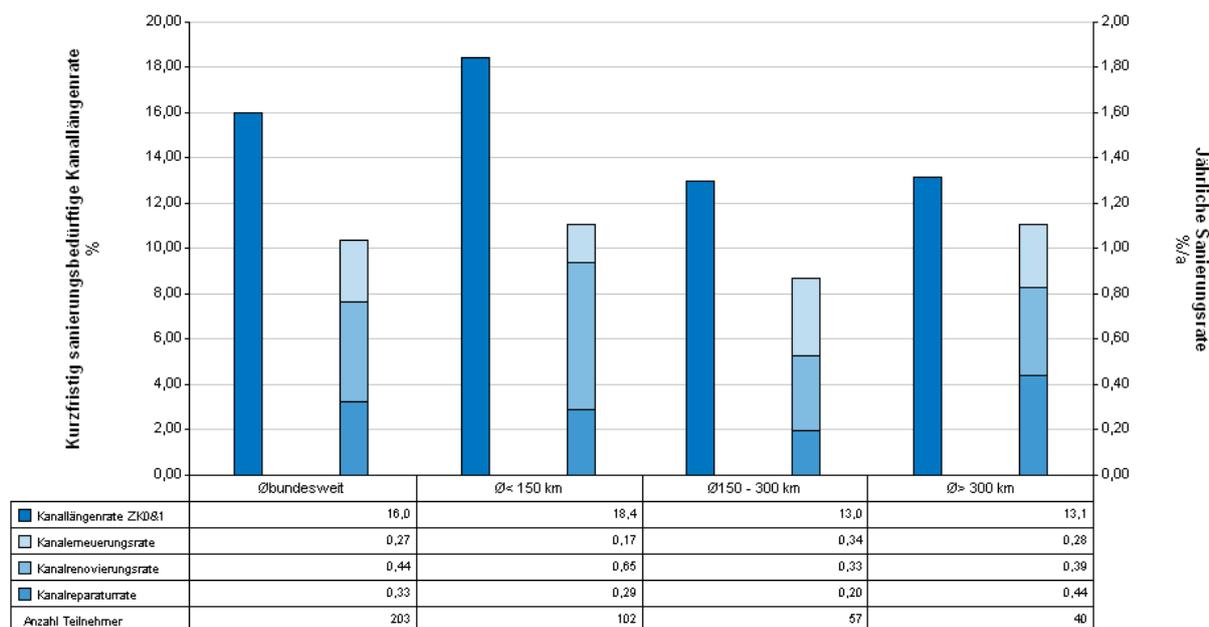


Abbildung 42: Mittelwerte der kurzfristig sanierungsbedürftigen Kanallängenrate und der jährlichen Sanierungsraten, alle Teilnehmer mit

## Ortsentwässerung, unterteilt nach Netzlänge, jeweils aktueller Wert der Jahre 2015-2019

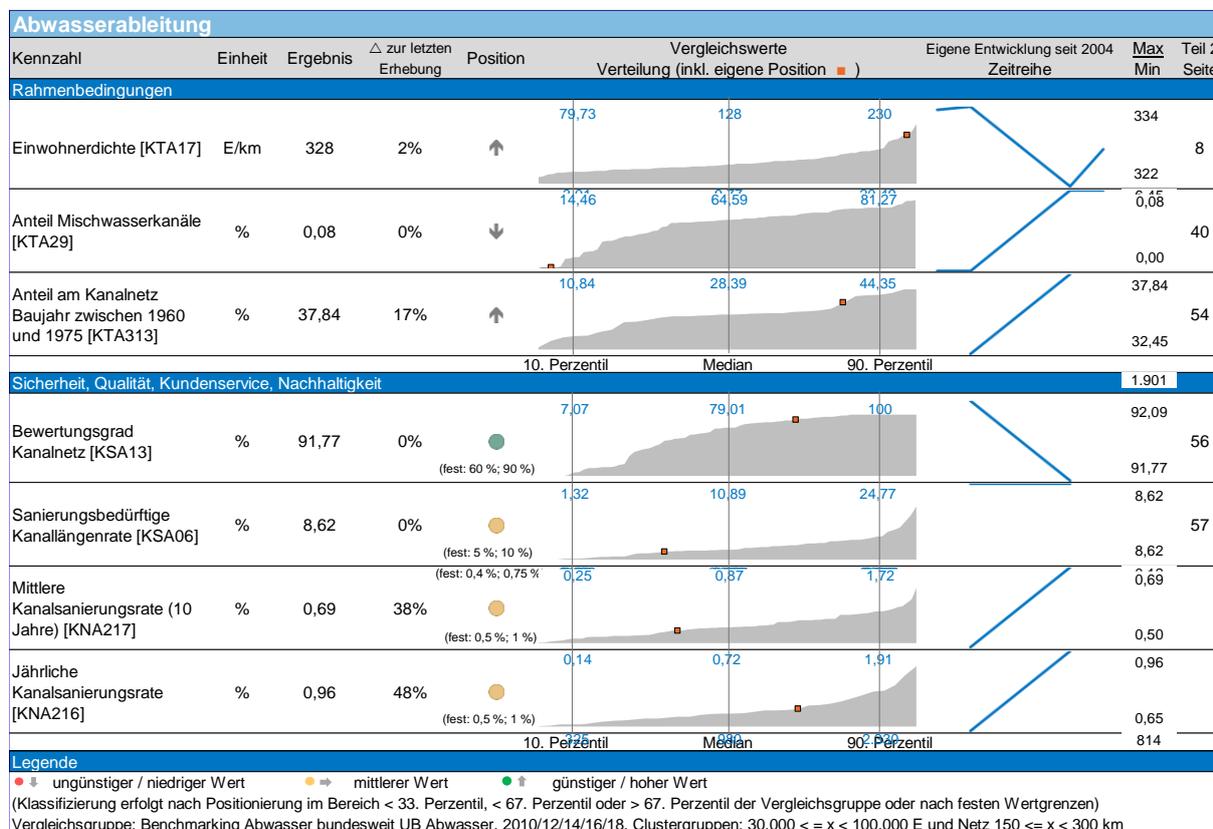


Abbildung 43: Integrierte Darstellung der wesentlichen Kennzahlen des Kernprozesses „Abwasserableitung“ (Auszug)

## 7.3 Ablauf und Stand der Einbindung

### 7.3.1 Notwendige Arbeitsschritte

Für die Einbindung der erarbeiteten Kennzahlen in bestehende Projekte sind folgende Arbeitsschritte nötig:

#### 1) Erzeugen von Eingabewerten

Teilnehmende Unternehmen geben ihre Daten grundsätzlich immer in absoluten Werten [EUR, km, ...], nicht als spezifische Kennzahlenwerte [EUR/km, ...] an.

- a) Verformelung der Kennzahlen in einzelne Terme
- b) Abgleich mit vorhandenen Eingabewerten, da insbesondere grundlegende Werte bereits vorhanden sind (z.B. Netzlängen)

- c) Schaffung neuer Eingabewerte
- 2) Auswahl der Benchmarkingprojekte anhand verschiedener Kriterien, z. B. thematischer Zusammenhang, Zusammensetzung des Teilnehmerkreises, Projektzyklus
- 3) Integration der Kennzahlen und Eingabewerte
  - a) Einbindung der neuen Eingabewerte in die Erhebung
  - b) Datenabfrage inklusive Qualitätssicherung, ggf. schon Aufnahme erster Rückmeldungen der Teilnehmer
  - c) Ausarbeitung von Auswertungen, im ersten Schritt analog der Beispiele in Abbildung 42 und Abbildung 43
  - d) Analyse im Teilnehmerkreis, Aufnahme der Rückmeldungen insbesondere zur Datenqualität und Erkenntnispotenzialen

Die erfolgskritischen Schritte sind v. a. die Schaffung neuer Eingabewerte und die Analysen im Teilnehmerkreis.

Neben grundlegenden Eigenschaften von Kennzahlen (z. B. Relevanz, Erhebbarkeit, Verständlichkeit) ist es für die Praxis der Erhebung wichtig, dass sie – und damit die zugrundeliegenden Eingabewerte – klar definiert sind. Eine klare, verständliche und eindeutige Definition der Eingabewerte ist die Basis für eine hohe Datenqualität und -vergleichbarkeit.

Bei den Analysen im Teilnehmerkreis – grundsätzlich allgemein bei der Einbindung neuer Aspekte in Benchmarkingprojekte – muss ein wesentliches Augenmerk auf die Erfüllung der Erfolgsfaktoren des Benchmarkings gelegt werden (verändert nach Bertzbach and Franz, 2016):

- Verbindung mit den Zielen der Teilnehmer
  - Fokus auf verschiedene Leistungsgebiete
  - Verbesserung basiert auf Unternehmenszielen, nicht auf externen Bewertungen
  - Vertraulicher Umgang mit den Ergebnissen
- Benchmarking auf verschiedenen Ebenen
  - Betrachtungsebene basiert auf Zielen und Fähigkeiten der Teilnehmer
  - Maßgeschneiderte Systeme für verschiedene Regionen und Kreise
- Unterstützung einzelner Schritte
  - Workshops zur Analyse und zum Erfahrungsaustausch

- Zielgruppenorientiertes Berichtswesen
- Weitergehende Individualbetreuung der Analyse und Maßnahmenableitung

### **7.3.2 Stand der Umsetzung im Abwasserbereich**

Der Stand der Umsetzung zum Zeitpunkt der Berichtserstellung ist für die Bereiche Abwasser und Trinkwasser in Tabelle 18 dargestellt.

Für den Bereich Abwasser wurden zwei Projekte für eine Umsetzung ausgewählt (vgl. Abschnitt 7.2): „Unternehmensbenchmarking Abwasser der Großstädte“ und „Strategische Sanierungsplanung“.

Das erste betrachtet die Kanalsanierung als einen von mehreren Teilprozessen des Gesamtunternehmens. Im Fokus stehen dabei übergreifende prozess-, organisations- und controllingorientierte Fragestellungen, eher weniger technische Detaillösungen. Das zweite Projekt betrachtet ausschließlich die Kanalsanierung als eine strategische Kernaufgabe aus dem Blickwinkel der direkt Verantwortlichen. Beides sind langjährig laufende Projekte mit einem stabilen Teilnehmerkreis, die sich aber bezüglich der teilnehmenden Unternehmen stark überlappen.

Zum Abschluss der Benchmarkingprojekte im Dezember 2021 (Vorlage des qualitätsgesicherten Endberichts) werden

- 17 Datensätze vorliegen
- zwei Workshop-Diskussionen mit jeweils unterschiedlich fachlich-orientiertem Teilnehmerkreis stattgefunden haben.

Nachteilig ist, dass mit dieser Auswahl nur großstädtische Betreiber erfasst werden. Regional orientierte Unternehmensbenchmarkingprojekte („Landesprojekte“), deren Zielgruppe kleine und mittelgroße Unternehmen sind, können aufgrund der mehrjährigen Projektrhythmen oder des zu frühen Projektstarts im Jahr 2021 nicht mehr angesprochen werden. Hier ist geplant, die Datenerhebung 2022 in weitere Landesprojekte zu überführen.

Im Trinkwasserbereich gilt Ähnliches. Hier ist geplant, die Daten im Jahr 2022 im Rahmen eines Landesprojektes zu erheben.

Tabelle 18: Stand der Umsetzung (Stand: Juni 2021)

<b>Arbeitsschritt</b>		<b>Stand Abwasser</b>	<b>Stand Trinkwasser</b>
1a	Verformelung der Kennzahlen	Erledigt	Erledigt
1b	Abgleich mit vorhandenen Eingabewerten	Erledigt	Erledigt
1c	Schaffung neuer Eingabewerte	Erledigt	Offen
2	Auswahl der Benchmarkingprojekte	Erledigt (weitere Landesprojekte sind ab 2022 geplant)	Teilweise offen (Landesprojekt Schleswig-Holstein 2022 geplant)
3a	Einbindung der neuen Eingabewerte in die Erhebung	Erledigt	Offen
3b	Datenabfrage inklusive Qualitätssicherung	Laufend	Offen
3c	Ausarbeitung von Auswertungen	Offen	Offen
3d	Analyse im Teilnehmerkreis	Workshops im Oktober und November 2021	Offen

## 8 Zusammenfassung und Ausblick

Jedwede Bewertung von technischen/baulichen Investitionsobjekten mit dem Ziel der Instandhaltung des Objektes zur Sicherstellung der ordnungsgemäßen Nutzung im Rahmen der geplanten Nutzungsdauer erfordert eine Erfassung der technisch-baulichen Situation. Im Anschluss an eine Inspektion erfolgt die Bewertung der technisch-baulichen Situation anhand eines einheitlichen Bewertungsmaßstabes, der über technische Regelwerke definiert ist. Die erreichten Bewertungsergebnisse stellen jedoch nur die Situation zum Zeitpunkt der Inspektion dar und liefern damit nur eine eingeschränkte Aussage mit Bezug auf die Vergangenheit, da sich der Zeitraum einer netzweiten Erfassung in der Regel über mehrere Jahre erstreckt.

Gegenwarts- oder zukunftsbezogene Aussagen zu einzelnen Objekten lassen sich ausschließlich mit Prognosemodellen treffen, die die Bewertungsaussagen in einen zeitlichen Kontext (z.B. Alter) stellen. Dabei werden die Daten der baulichen Ist-Situation in Bezug zum jeweiligen Alter des Infrastrukturobjektes gesetzt und aus den resultierenden statistischen Verteilungen Überlebensfunktionen abgeleitet, die die Basis für ein Alterungs- und Prognosemodell bilden. Die derzeit in diesem Kontext am häufigsten verwendeten statistischen Verteilungen wurden zum Teil spezifisch für die Beschreibung der Lebensdauer und Ausfallhäufigkeit von technischen Bauteilen bzw. für die Beschreibung der Alterungsprozesse entwickelt. Allerdings ist – insbesondere für kleinere und mittlere Netze – die Anwendung von solchen Alterungsmodellen sehr aufwändig und für den Netzbetreiber mit hohen Kosten verbunden.

Zielsetzung von NaSub ist deshalb für die Zielgruppe der kleinen und mittleren Netzbetreiber die Entwicklung eines Instandhaltungschecks (InCh), mit dem der aktuelle Instandhaltungsumfang von Entwässerungs- und Trinkwasserversorgungsnetzen in Bezug auf den Substanzerhalt ohne Prognosemodelle bewertbar wird. Der Instandhaltungsbedarf, der für den mittel- bis langfristigen Substanzerhalt (Erhalt der baulichen Substanz und Vermögenserhalt) erforderlich ist, soll dabei über Kennzahlen und Standardalterungsfunktionen ohne aufwändige netzspezifische Zustandsentwicklungsprognosen abgeschätzt werden.

Unbedingt erstrebenswert ist, dass ein InCh als alternativer „Schnelltest“ Kennzahlen ohne den Einsatz von Alterungsmodellen statistisch und/oder empirisch aus vorhandenen Netzdaten ableitet. Ermöglicht wird dies durch Entwicklung und Anwendung von Standardalterungsfunktionen, was insofern ebenfalls Zielsetzung dieses Vorhabens ist.

Zur Ableitung der gewünschten Standardalterungsfunktionen werden einleitend (Kapitel 2) die Grundlagen der Alterungsmodellierung und die bisherige Methodik der Instandhaltungsbewertung für Abwasser- und Trinkwassernetze vorgestellt. Die Unterschiede der sich ergänzenden Zustands- und Substanzbeurteilung werden dargelegt und beide Kennzahlen als wesentliche Grundlagen einer substanz-erhaltenden Instandhaltungsstrategie eingeführt.

Die Ergebnisse einer national und international durchgeführten Recherche werden getrennt für die beiden Sparten Trinkwasser und Abwasser tabellarisch aufbereitet. Hierbei werden relevante Kennzahlen(funktionen) nach Aussage über

- Umwelt / Ressourcen (Ressourcenverfügbarkeit, Überstauhäufigkeit, ...)
- Personal (Fort- / Weiterbildung, Ausfalltage, ...)
- physische Faktoren (Netzauslastung, Verluste, ...)
- Betrieb (Sanierungsraten, Effizienz, ...)
- Servicequalität (Versorgungsunterbrechungen, Störmeldungen, ...)
- Ökonomie / Finanzen (Investitionen, Abschreibungsdauern, ...)

kategorisiert.

In einem nächsten Schritt (Kapitel 3) wird das Kennzahlenmodell zunächst mit der SWO Netz GmbH als Betreiber der Osnabrücker Wasserver- und Abwasserentsorgungsnetze entwickelt. Dazu wird für zwei ausgewählte Teilnetze die aktuelle Instandhaltungsstrategie der SWO Netz GmbH analysiert und die Zustandsentwicklung prognostiziert. Als Minimalanforderung für die Auswahl der (in sich geschlossenen) Teilnetze wird eine Mindestlänge des Abwasser- und des Trinkwassernetzes von jeweils 100 km und die Vorlage vollständiger Inspektionsergebnisse vorgegeben. Als weitere wünschenswerte Netzeigenschaften wurden ein fortgeschrittenes Alter, eine möglichst große Vielseitigkeit (unterschiedliche Durchmesser, Materialien, Baujahre, Alter, ...) und die Vorlage einer Sanierungshistorie identifiziert.

Der anschließende Analyseprozess gliedert sich in einem vereinheitlichten Ablauf in den beiden Bereichen Abwasser und Trinkwasser wie folgt:

- Datenmanagement & Plausibilitätsprüfung der zur Verfügung gestellten Netzdaten
- Möglichst detaillierte Bewertung der Netzobjekte bzw. Objektgruppen
- Aufstellen und Kalibrierung eines Prognosemodells zur Fortschreibung der aktuellen baulichen Situation (Alterungsmodellierung)

- Aufstellung von Modellen zu möglichst objektscharfen Kosten für Anschaffung, Wiederbeschaffung oder Sanierung sowie zu Entscheidungskriterien und -hintergründen für Unterhalts- und Investitionsentscheidungen
- Erstellung von Strategieprognosen zur Netzentwicklung unter Variation der Randbedingungen (z.B. Budget, Risiko, Entscheidungsvorgaben)

Das Abwassernetz in Osnabrück schneidet dabei in den schadensfreien Netzanteilen überdurchschnittlich gut ab. Der schadensfreie Anteil ist mit 33 % ca. 50 % höher als die Ergebnisse der letzten DWA-Umfrage (22,7 %) und fast 11 Prozentpunkte höher als die Hochrechnung der Umfrage (Berger et al., 2020).

Die Bewertung der IST-Situation in Trinkwassernetzen stellt sich (nicht nur in Osnabrück) ungleich schwieriger dar als bei Abwassernetzen, bei denen gute Datengrundlagen für ganzheitliche Netzanalysen bestehen. Zum einen beschränkt sich bei der Trinkwasserversorgung das Erfassen der Situation – mangels regelmäßiger strukturierter, netzweiter Inspektionen – in der Regel auf aufgetretene Versagensfälle (z.B. Leitungsbrüche) von Netzelementen. Zum anderen sind diese Versagensfälle häufig nicht mit Bezug auf den Leitungsbestand/ -abschnitt erfasst, sodass eine netzbezogene Aus- und Bewertung der wenigen Ereignisse nicht möglich ist. Dessen ungeachtet werden die Versagensrisiken des Osnabrücker Trinkwassernetzes in den beiden untersuchten Projektgebieten als mittelfristig unkritisch erkannt.

In einem Folgeschritt (Kapitel 4) wird analysiert, wie die entwickelten Kennzahlen auf Quartiersebene heruntergebrochen werden können. Mit zunehmender Detaillierung der Quartiere nimmt die Anzahl der Netzobjekte im Quartier ab, womit statistische Unschärfen steigen. Untersucht wird deshalb, inwieweit spartenbezogenen Prioritäten ermittelt und welche Empfehlungen für die Wahl der Quartiersgröße abgeleitet werden können. Da im Falle von Abwassernetzen bereits detaillierte haltungsbezogene Informationen bekannt sind, ist kein „top-down“-Ansatz in Form einer Herunterbrechung von gesamtstädtischen Kennzahlen auf Quartiersebene vonnöten. Die vorhandenen Informationen sollen auf Quartiersebene aggregiert, folglich ein „bottom-up“-Ansatz verfolgt werden: die vorhandenen Informationen müssen nicht verfeinert, sondern zusammengeführt werden.

In der Quartiersbetrachtung werden Stadtteile als erste „natürliche“ und der Stadtentwicklung folgende Bezugsgröße festgelegt. Bei sichtbar unterschiedlichen Gebieten mit vollständig hydraulisch unabhängigen Bereichen kann darüber hinaus bei Bedarf eine feiner gegliederte Abgrenzung innerhalb der Stadtteilgrenzen er-

folgen. Hinsichtlich der gebietsweisen Priorisierung wird empfohlen, als vorrangiges Kriterium für Abwassernetze die mittlere Zustandsklasse bzw. Substanzklasse zu ermitteln. Zudem soll gegebenenfalls zwischen Gebieten mit Misch- und Trennsystemen unterschieden und anschließend betrachtet werden, wie die signifikanten Leitungen zum Grundwasser liegen. Als letztes Unterscheidungsmerkmal kann das mittlere Alter der Abwasserhaltungen hinzugezogen werden. Aufgrund der, im Vergleich zum Abwasser, geringen Datenverfügbarkeit beim Trinkwasser bzw. oft nicht vorhandener Verknüpfung zwischen Schadensereignissen und Geoinformationssystemen sind Informationen über Schadenshäufungen zur Zustandsbewertung bestimmter Trinkwassernetzabschnitte i.d.R. nicht vorhanden. Für Trinkwassernetze werden deshalb in NaSub folgende drei Kriterien für die Priorisierung von Sanierungsmaßnahmen festgelegt: Rohrleitungsmaterial, Relevanz und Alter der Leitungen.

Um Netzbetreibern ein langfristiges Gesamtsanierungskonzept für die beiden Netzsparten Wasser und Abwasser zu ermöglichen, wird in Kapitel 5 die spartenübergreifende Verknüpfung der quartiersbezogenen Kennzahlen in Hinblick auf Prioritäten und Synergien untersucht. Weitere Infrastrukturen werden in die Betrachtungen einbezogen. Kostenmäßig gesehen ist die Sanierung von Abwasserleitungen im Alltag der Netzbetreiber der treibende Faktor. Somit soll zunächst die Sanierungsdringlichkeit der Abwasserleitungen betrachtet und anschließend der Zustand der Trinkwasserleitungen analysiert werden. Lediglich auf die Gasversorgung lassen sich aus der Trinkwasserversorgung einzelne, rohrmaterialbezogene Kennwerte übertragen, da sich die Rohrmaterialien größtenteils gleichen. Bei den anderen betrachteten Infrastrukturen (Fernwärme-, Strom- und Telekommunikationsnetze) ist eine Verwendbarkeit der im Rahmen von NaSub erarbeiteten Kennzahlen hinsichtlich Sanierungskennzahlen fraglich. Im Rahmen der Sanierung von Straßen ist die Methodik vergleichbar und konzeptuell übertragbar: auch hier finden beispielsweise eine Zustandsbeurteilung oder die Ermittlung von Restnutzungsdauern statt. Letztendlich wird die spartenübergreifende Betrachtung durch die Lage der Leitungen erschwert: während Abwasser und Fernwärme meist unterhalb des Straßenkörpers verlegt sind, liegen die Leitungen für Wasser, Gas und Telekommunikation i.d.R. unter dem Bürgersteig. Setzt man die Straße mit der höchsten Priorität bei der spartenübergreifenden Sanierung an, ergibt sich folglich nicht die unmittelbare Notwendigkeit bzw. Möglichkeit der Sanierung der Leitungen, die unter dem Bürgersteig liegen. Vorteile könnten jedoch aus der Idee einer gemeinsamen Schadens- und Nutzungsdauerdatenbank entstehen.

Ziel des Instandhaltungsschecks (InCh) ist es, Netzbetreibern mit geringem Aufwand eine Überprüfung ihres aktuellen kaufmännischen und technischen Handelns

in Hinblick auf einen nachhaltigen Substanzerhalt der Netze zu ermöglichen und die Zukunftsfähigkeit der aktuellen strategischen Ausrichtung zu überprüfen. Er soll auf Basis von Kennzahlen und Standardalterungsfunktionen durch Abfrage von netzspezifischen Informationen eine Risikoerkennung und Überprüfung wichtiger Managementkenngrößen in Bezug auf die Zukunftsfähigkeit der aktuellen strategischen Ausrichtung von Inspektion und insbesondere Sanierung ermöglichen. Entsprechend sind nicht nur aktuelle Netzzustände, Kennzahlen bzw. Beurteilungsparameter zu interpretieren, sondern insbesondere über Trendexplorationen Entwicklungen dieser Beurteilungsparameter zur Gewährleistung eines nachhaltigen Handelns im Rahmen von strategischen Entscheidungsprozessen darzustellen. Hierzu bedarf es derzeit noch stochastischer Alterungsmodelle. Der InCh fasst wesentliche Kennzahlen zum Abwassernetz in dem Fragebogen zusammen. Mit diesen Kennzahlen wie beispielsweise die technische Restnutzungsdauer, Substanzwert und Substanzwertentwicklung kann beurteilt werden, wie die bisherigen Sanierungstätigkeiten der Netzbetreiber wirken und in welchem Ausmaß Betreiber ihre Sanierungsanstrengungen erhöhen müssen. Dazu wurden nicht nur statische Kennzahlen, sondern die zeitliche Entwicklung von Kennzahlen, sogenannte „Kennzahlenfunktionen“ entwickelt. Gemeinsam mit Standardalterungsfunktionen können daraus Netzzustand, Netzzustandsentwicklung unter Berücksichtigung der geplanten Instandhaltungsmaßnahmen abgebildet und Defizite identifiziert werden.

Für die Entwicklung der Standardalterungsfunktionen, welche netzübergreifend im Instandhaltungsscheck Abwasser Verwendung finden, um eine niedrigschwellige Erstprüfung des Instandhaltungs- und Sanierungsbedarfes ohne Alterungsmodelle zu ermöglichen, wurden die Ergebnisse von zehn abgeschlossenen Netzalterungsanalysen mit zusammen mehr als 344 Tsd. Haltungen und 12 Tsd. Netzkilometern herangezogen.

Für Trinkwasserversorgungsnetze stellt sich die Datenlage deutlich weniger differenziert und umfangreich als für Abwassernetze dar. Vielfach werden Schadens- bzw. Versagensereignisse nicht auf der Ingenieurseite der Betreiber gepflegt, sondern finden sich als kostenrelevante Ereignisse nur auf kaufmännischer Seite wieder. Im Regelfall ist der räumliche Bezug entweder aufgelöst (Zuordnung zum Leitungsabschnitt) oder nur noch schwach vorhanden (Straßenbezug). Bauliche Attribute (z.B. Nennweite, Material), Objektart (Leitung oder Armatur) oder Art des Versagens bzw. der Behebung werden nur eingeschränkt erfasst. Auch wenn auf Ingenieurseite eine entsprechende Erfassung erfolgt, ist sie in Umfang und Ausführlichkeit nicht annähernd mit der Erfassung im Abwasserbereich zu vergleichen.

Daher wurde bei der Entwicklung von Standardalterungsfunktionen für Trinkwassernetze auf Alterungsfunktionen bzw. deren Parametrierung zurückgegriffen, welche auf langjährigem empirischem Wissen aus Forschungs- und Ingenieurprojekten zu Nutzungsdauererfahrungen/ -erwartungen basieren und die aufgrund ihrer Belastbarkeit auch Niederschlag in den einschlägigen Regelwerken gefunden haben. Naturgemäß sind diese Modellierungen an Aussageschärfe nicht mit denen im Abwasserbereich zu vergleichen.

Die entwickelten Alterungsmodelle werden anhand bestehender Netz- und Strategiedaten von sieben Kommunen (ca. 150.000 Haltungen und zusammen ca. 5.500 km Kanal) genutzt, um die Validität der Kennzahlen zu prüfen bzw. Unschärfen zu quantifizieren. Für die Validierung werden die Prognoseergebnisse von detaillierten strategischen Planungen mit den Ergebnissen verglichen, die in denselben Abwassernetzen nur unter Nutzung der Analytik des Instandhaltungschecks erzielt wurden. Zwischen den Verläufen der Entwicklungstendenzen besteht eine signifikante Ähnlichkeit, sodass die Bewertungsaussage aus diesem Instandhaltungscheck als belastbar angesehen werden kann.

Im Rahmen von „NaSub“ kann nachgewiesen werden, dass eine kennzahlenbasierte Beurteilung der Instandhaltungsstrategien über einen InCh-Schnelltest möglich ist. Auf wissenschaftlicher Ebene konnte ein aufwandsreduziertes und damit niedrigschwelliges Instrument geschaffen werden, mit dem der wahrscheinliche aktuelle und zukünftige Sanierungsbedarf sowohl hinsichtlich der Dringlichkeit als auch hinsichtlich des zu erwartenden Maßnahmenumfangs hinreichend belastbar bestimmt werden kann.

Wesentliche Kernergebnisse des InCh wie die Entwicklung der Zustandsklassen und der Substanzklassen sowie deren Interpretation durch den Netzbetreiber werden herausgearbeitet.

Diese Bewertung des Kanalisationsnetzes hinsichtlich des „STATUS Quo“ und des „Quo vadis“ liefert eine erste Aussage zur Notwendigkeit der Anpassung des aktuellen Sanierungshandels bzw. bestätigt den aktuell eingeschlagenen Sanierungskurs des Netzbetreibers. Die Wirksamkeit der bisher angewandten Sanierungstätigkeiten sowie die Zweckmäßigkeit der eingesetzten Ressourcen werden transparent und zudem im Vergleich mit best-practice-Richtwerten dargestellt. Naturgemäß wird mit dem InCh die Detail- und Aussageschärfe der deutlich umfangreicheren Strategieprojekte nicht erreicht. Allerdings bietet der InCh Netzbetreibern eine belastbare Entscheidungshilfe, ob solch vertiefenden Alterungsanalysen sinnvoll sind.

Abschließend wird in Kapitel 7 dargelegt, wie eine Verbreitung und Anwendung der entwickelten Kennzahlen durch Einbindung in vorhandene Benchmarkingprojekte erfolgt. Die parallele Anwendung durch mehrere Betreiber im Benchmarking ermöglicht vergleichende Betrachtungen zwischen den Betreibern, Austausch zu Hintergründen und ggf. auch Weiterentwicklungen der Ansätze. Im ersten Schritt werden die abwasserbezogenen Kennzahlen übernommen, im zweiten die trinkwasserbezogenen. Neben den unterschiedlichen Projektrhythmen und den damit möglichen Einbindungszeitpunkten ist der wesentliche Grund, dass Projekte im Abwasserbereich bezüglich der thematischen Ausrichtung und der Art der teilnehmenden Unternehmen (insb. Größe) deutlich vielfältiger sind. Es kann prognostiziert werden, dass die reinen Kennzahlenbetrachtungen im Rahmen der bestehenden Projekte erhalten bleiben und keine neuen Projektentwicklungen nötig sein werden.

## 9 Literatur

- AGFW (2013): *Merkblatt FW 114 Instandhaltungsstrategien und Rehabilitationsplanung – Mindestanforderungen*. Energieeffizienzverband für Wärme und Kälte und KWK e.V. (AGFW), Frankfurt am Main. Dezember 2013.
- Aquarating (2018): *An International Standard for Assessing Water and Wastewater Services*. IWA Publishing, London. November 2018.
- Berger, C.; Falk, C.; Hetzel, F.; Pinnekamp, J.; Ruppelt, J.; Schleiffer, P.; Schmitt, J. (2020): *Zustand der Kanalisation in Deutschland - Ergebnisse der DWA-Umfrage 2020*. KA Korrespondenz Abwasser Abfall, Dezember 2020.
- Bertzbach F. and Franz T. (2016): *The Worldwide Search for Best Practices by Benchmarking Programmes of the Water Sector*. KA Korrespondenz Abwasser, Abfall, International Special Edition 2016/2017, S. 22-31. April 2016.
- CARE-S (2006): *Computer Aided Rehabilitation of Sewer and Storm Water Networks*. IWA Publishing, London. März 2006.
- CARE-W (2005): *Computer Aided Rehabilitation for Water Networks*. IWA Publishing, London. August 2005.
- Deutsche Bundesstiftung Umwelt (2019): *Förderleitlinien*. Oktober 2019.
- Deutscher Bundestag (2006): *Bericht der Bundesregierung zur Modernisierungsstrategie für die deutsche Wasserwirtschaft und für ein stärkeres internationales Engagement der deutschen Wasserwirtschaft*. Drucksache 16/1094, 16. Wahlperiode, März 2006.
- DIN EN 752:2017-07 (2017): *Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden - Kanalmanagement. Deutsche Fassung EN 752:2017*. Deutsches Institut für Normung e. V. (DIN), Juli 2017.
- DIN 31051:2019-06 (2019): *Grundlagen der Instandhaltung*. Deutsches Institut für Normung e. V. (DIN), Juni 2019.
- DIN VDE 0109:2020-01 (2020): *Elektrische Energieversorgungsnetze – Allgemeine Aspekte und Verfahren der Instandhaltung von Anlagen und Betriebsmitteln*. Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V. (VDE) und Deutsches Institut für Normung e.V. (DIN), Januar 2020.

- DVGW (1997): *DVGW-Hinweis W 401 Entscheidungshilfen für die Rehabilitation von Wasserrohrnetzen*. Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V. (DVGW), Bonn. September 1997.
- DVGW, DWA (2005): *Leitfaden Benchmarking für Wasserversorgungs- und Abwasserbeseitigungsunternehmen*. Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V. (DVGW) / Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA), Bonn/Hennef. Dezember 2005.
- DVGW, DWA (2008): *DVGW-Merkblatt W 1100 / Merkblatt DWA-M1100 Benchmarking in der Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung*. Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V. (DVGW) / Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA), Bonn/Hennef. März 2008.
- DVGW (2010): *DVGW-Merkblatt W 403 Entscheidungshilfen für die Rehabilitation von Wasserverteilungsanlagen*. Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V. (DVGW), Bonn. April 2010.
- DVGW (2010a): *DVGW-Arbeitsblatt W 402 Netz- und Schadenstatistik – Erfassung und Auswertung von Daten zur Instandhaltung von Wasserrohrnetzen*. Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V. (DVGW), Bonn. September 2010.
- DVGW (2013): *DVGW-Merkblatt G 403 Entscheidungshilfen für die Instandhaltung von Gasverteilungsnetzen*. Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V. (DVGW), Bonn. März 2013.
- DVGW (2016): *DVGW-Merkblatt W 1100-2 Definitionen von Hauptkennzahlen für die Wasserversorgung*. Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V. (DVGW), Bonn. Februar 2016.
- DVGW (2016a): *DVGW-Merkblatt W 1100-3 Strukturmerkmale der Wasserversorgung*. Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V. (DVGW), Bonn. Februar 2016.
- DVGW (2017): *DVGW-Arbeitsblatt W 400-3-B1 Technische Regeln Wasserverteilungsanlagen (TRVV) – Teil 3: Betrieb und Instandhaltung – Beiblatt 1: Inspektion und Wartung von Ortsnetzen*. Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V. (DVGW), Bonn. September 2017.
- DVGW (2017a): *DVGW-Arbeitsblatt W 392 Wasserverlust in Rohrnetzen – Ermittlung, Wasserbilanz, Kennzahlen, Überwachung*. Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V. (DVGW), Bonn. September 2017.

- DWA (2008): *DWA-Themenband Unternehmensbenchmarking als Bestandteil der Modernisierungsstrategie – Kennzahlen und Auswertungsgrundsätze*. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA), Hennef. April 2008.
- DWA (2010): *Merkblatt DWA-M 149-5 Zustandserfassung und -beurteilung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden - Teil 5: Optische Inspektion*. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA), Hennef. Dezember 2010.
- DWA (2010a): *Merkblatt DWA-M 150 Datenaustauschformat für die Zustandserfassung von Entwässerungssystemen*. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA), Hennef. April 2010 (Korrigierte Fassung: Stand November 2018).
- DWA (2012): *DWA-Themenband T 4/2012 Leitfaden zur strategischen Sanierungsplanung von Entwässerungssystem außerhalb von Gebäuden*. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA), Hennef. September 2012.
- DWA (2013): *Merkblatt DWA-M 149-2 Zustandserfassung und -beurteilung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden Teil 2: Kodiersystem für die optische Inspektion*. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA), Hennef. Dezember 2013.
- DWA (2017): *Arbeitsblatt DWA-A 143-14 Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden - Teil 14: Entwicklung einer Sanierungsstrategie*. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA), Hennef. August 2017.
- DWA (2018): *Merkblatt DWA-M 149-1 Zustandserfassung und -beurteilung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden - Teil 1: Grundlagen*. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA), Hennef. Mai 2018.
- entellgenio (2021): *Unternehmenswebsite*. URL: <https://www.entellgenio.com/index.php/de/>, zuletzt geprüft am 17.5.2021.
- Herz, R. (1999): *Erneuerungsbedarf kommunaler Wasserrohrnetze in den östlichen Bundesländern - Ergebnisse einer Untersuchung*. gwf Wasser Abwasser, Band 140, Ausgabe 13, S. 54-60. 1999.
- IWA (2016): *Performance indicators for water supply services*. 3<sup>rd</sup> Edition: IWA Publishing, London. September 2016.

- KANEW 3S (2021): *Software KANEW 3S der 3S Consult GmbH*. URL: <https://www.3sconsult.de/software/kanew-3s/>, zuletzt geprüft am 17.5.2021.
- Kreditanstalt für Wiederaufbau (2020): *Förderratgeber Quartierssanierung*. Onlineressource. URL: <https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/%C3%96ffentliche-Einrichtungen/Kommunen/Quartiersversorgung/Quartierssanierung-F%C3%B6rderratgeber/>. Zuletzt geprüft am 24.9.2020.
- Lichtenberg, U.; Wolf, M. (2018): *Strategische Sanierungsplanung als Ausgangspunkt zur Kanalnetzsanierung*. KA Korrespondenz Abwasser Abfall, November 2018.
- Merkel, W.; Lévai, P. (2014): *Entwicklung eines Hauptkennzahlensystems der deutschen Wasserversorgung*. DVGW ewp (2014), Heft 12, S. 76-83. Dezember 2014.
- Müller, K. (2005): *Strategien zur Zustandserfassung von Kanalisationen*. Dissertation. Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule (RWTH), Aachen. Fakultät für Bauingenieurwesen, 2005.
- Neunteufel, R.; Mayr, E.; Krakow, S. et al. (2017): *Von Netzalter, Wasserverlusten und Schadensraten zur langfristigen Erneuerungsplanung*. Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft 69, Ausgabe 5-6, S. 254-259. April 2017.
- OptNet (2021): *Software OptNet der Fichtner IT Consulting AG*. URL: <http://www.optnet.de/index.php?id=119>, zuletzt geprüft am 17.5.2021.
- Roscher, H. et al. (2000): *Rehabilitation von Wasserversorgungsnetzen – Strategien - Verfahren – Fallbeispiele*. Praxis-Handbuch, Beuth. HUSS-MEDIEN GmbH, Berlin, 2000.
- Sorge, C. (2017): *Investitions- und Instandhaltungsstrategie der saarländischen Wasserwirtschaft – und deren Auswirkungen auf die Wasserpreise*. IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasserforschung gGmbH, Zweite Wasserkonferenz Saarland, Saarbrücken. Juni 2017.
- Stein, D.; Stein, R. (2019): *STATUSKanal - Objektbewertung (Haltungsbewertung)*. 4. Auflage, Band 5. Hg. v. Prof. Dr.-Ing. D. Stein und Dr.-Ing. R. Stein. Instandhaltung von Kanalisationen, 2019.

Tscheikner-Gratl, F. (2015): *Integrated approach for multi-utility rehabilitation planning of urban water infrastructure*. Dissertation. Universität Innsbruck, Innsbruck. Oktober 2015.

UNITRACC (2021): *Unternehmenswebsite*. URL: <https://www.unitracc.com/>, zuletzt geprüft am 17.5.2021.

Verband der Wohnungs- und Immobilienwirtschaft (2017): *Wie geht Quartier? Praxisbeispiele aus der Wohnungswirtschaft*. Broschüre. Oktober 2017.

---

Anhang zum Projektbericht

# **Nachhaltiger Substanzerhalt leitungsgebundener Infrastrukturen der Wasserwirtschaft**

September 2021

**gefördert von**



Deutsche  
Bundesstiftung Umwelt

---

## Impressum

### Fördernde Stelle



Deutsche  
Bundesstiftung Umwelt

Deutsche Bundesstiftung Umwelt  
(DBU)

An der Bornau 2

49090 Osnabrück

### Verbundkoordination



FH Aachen  
Fachbereich Bauingenieurwesen  
Netzmanagement  
Bayernallee 9

52066 Aachen

*Prof. Dr.-Ing. Karsten Kerres*

*Dipl.-Ing. Angela Funke-Kleinken*

*Dipl.-Ing. Sylvia Gredigk-Hoffmann*

*Fabian Sprack, B.Eng.*

### Projektbeteiligte



STEIN Infrastructure Management  
GmbH

Konrad-Zuse-Str. 6

44801 Bochum

*Dr.-Ing. Robert Stein*

*Dipl.-Ing. Adrian Uhlenbroch*



aquabench GmbH  
Ferdinandstr. 6

20095 Hamburg

*Dr.-Ing. Torsten Franz*



SWO Netz GmbH  
Alte Poststr. 9

49074 Osnabrück

*Dr.-Ing. Kai Klinksieg*

### Zitierhinweis

---

**Kerres, K. et al. (2021):** Nachhaltiger Substanzerhalt leitungsgebundener Infrastrukturen der Wasserwirtschaft (NaSub). Abschlussbericht des DBU-Vorhabens NaSub. Förderkennzeichen 34462/01. FH Aachen

---

## **Anlagenverzeichnis**

- Anlage 1** Kennzahlenrecherche Abwasser
- Anlage 2** Kennzahlenrecherche Trinkwasser
- Anlage 3** Vorauswahl Kennzahlen für Trinkwassernetze
- Anlage 4** Auswahl und Entwicklung von Kennzahlen für Trinkwassernetze
- Anlage 5** Instandhaltungsscheck (InCh) Trinkwassernetze
- Anlage 6** Fragebogen InCh Abwasser
- Anlage 7** Fragebogen InCh Trinkwasser
- Anlage 8** Ergebnisvorstellung Strategieberichtungen zum Abwasser- und Trinkwassernetz der SWO Netz GmbH

Kategorie						System	Kennzahl	Einheit	Quelle	Bezeichnung
Umwelt	Ressourcen	Personal	physisch	Betrieb	Servicequalität					
			x			AW	Efficiency in management of wastewater collection and treatment infrastructure	-	Aquarating	OE3.6
			x			AW	Fortuitous "incidents" affecting the wastewater collection network during dry weather	n/1000 km	Aquarating	OE3.7
			x		x	AW	Expenditure on "preventive maintenance" of fixed physical assets linked to the water intake, treatment and	%	Aquarating	OE3.8
			x		x	AW	Expenditure on "preventive maintenance" of fixed physical assets linked to the wastewater collection and tre	%	Aquarating	OE3.9
			x		x	AW	Operational and maintenance cost efficiency	-	Aquarating	OE4.1
x						AW	Overflow discharge frequency	Nº/overflow device/year	Care-S WP1	sEn1
x						AW	Overflow discharge volume	m3/overflow device/year	Care-S WP1	sEn2
x						AW	Duration of overflow discharge	(hours)/overflow device/year	Care-S WP1	sEn3
x						AW	Overflow discharge related to rainfall	%/year	Care-S WP1	sEn4
x						AW	Sediments from sewers	ton/km sewer/year	Care-S WP1	sEn5
		x				AW	Surcharging in gravity sewers in dry weather	%	Care-S WP1	sPh1
		x				AW	Surcharging in gravity sewers in wet weather	%	Care-S WP1	sPh2
		x				AW	High sewer surcharging	%	Care-S WP1	sPh3
			x			AW	Sewer cleaning	%/year	Care-S WP1	sOp1
			x			AW	Sewer rehabilitation	%/year	Care-S WP1	sOp2
			x			AW	sewer renovation	%/year	Care-S WP1	sOp3
			x			AW	sewer replacement or renewal	%/year	Care-S WP1	sOp4
			x			AW	Manhole chambers replacement, renewal, renovation or repair	%/year	Care-S WP1	sOp5
			x			AW	Service connection rehabilitation	%/year	Care-S WP1	sOp6
			x			AW	Inflow / Infiltration / Exfiltration (I/I/E)	%	Care-S WP1	sOp7
			x			AW	Inflow	m3/km/year	Care-S WP1	sOp8
			x			AW	Infiltration	m3/km/year	Care-S WP1	sOp9
			x			AW	Exfiltration	m3/km/year	Care-S WP1	sOp10
			x			AW	Sewer blockages	Nº/100 km sewer/year	Care-S WP1	sOp11
			x			AW	Sewer blockage locations	Nº/100 km sewer/year	Care-S WP1	sOp12
			x			AW	repeat sewer blockage locations	Nº/100 km sewer/year	Care-S WP1	sOp13
			x			AW	Pumping station blockages	Nº/100 km sewer/year	Care-S WP1	sOp14
			x			AW	Flooding from sanitary or combined sewers	Nº/100 km sewer/year	Care-S WP1	sOp15
			x			AW	Flooding locations in sanitary or combined sewers	Nº/100 km sewer/year	Care-S WP1	sOp16
			x			AW	Repeat flooding locations in sanitary or combined sewers	Nº/100 km sewer/year	Care-S WP1	sOp17
			x			AW	Surface flooding	Nº/100 km sewer/year	Care-S WP1	sOp18
			x			AW	Sewer collapses	Nº/100 km sewer/year	Care-S WP1	sOp19
			x			AW	Flooding affecting properties from sanitary or combined sewers in dry weather	Nº/1000 properties/year	Care-S WP1	sQs1
			x			AW	Flooding affecting properties from sanitary or combined sewers in wet weather	Nº/1000 properties/year	Care-S WP1	sQs2
			x			AW	Surface water flooding of properties in wet weather	Nº/1000 properties/year	Care-S WP1	sQs3
			x			AW	Interruption of wastewater collection and transport services	%	Care-S WP1	sQs4
			x			AW	Blockage complaints	Nº /1000 inhab./year	Care-S WP1	sQs5
			x			AW	Flooding complaints	Nº /1000 inhab./year	Care-S WP1	sQs6
			x			AW	Pollution incidents complaints	Nº /1000 inhab./year	Care-S WP1	sQs7
			x			AW	Odour complaints	Nº /1000 inhab./year	Care-S WP1	sQs8
				x		AW	Unit total cost per length of sewer	€/km sewer/year	Care-S WP1	sFi1
				x		AW	Unit running cost per length of sewer	€/km sewer/year	Care-S WP1	sFi2
				x		AW	unit running cost for maintenance, cleaning and repair per length of sewer	€/km sewer/year	Care-S WP1	sFi3
				x		AW	Unit investment	€/km sewer/year	Care-S WP1	sFi4
				x		AW	investments for new assets and reinforcement of existing assets	%	Care-S WP1	sFi5
				x		AW	investments for asset replacement and renovation	%	Care-S WP1	sFi6
			x			AW	Kurzfristige Sanierungsbedürftige Kanallängenrate (bez. auf zustandsklassifizierte Kanäle)	%	aquabench	KSA06
			x			AW	Bewertungsgrad Kanalnetz	%	aquabench	KSA13
			x			AW	Spez. Anzahl Störungen im Kanalnetz (ohne Pumpwerke)	n/100 Netzkm	aquabench	KTA226
			x			AW	Spez. Anzahl Störungen an Pumpwerken	n/Pumpwerk	aquabench	KTA227
			x			AW	Spez. Anzahl Versackungen und Straßenabsenkungen im öffentlichen Bereich	/100 km	aquabench	KTA300
			x			AW	Spez. Anzahl Verstopfungen im öffentlichen Netz	/100 km	aquabench	KTA310
			x			AW	Anteil mit sofortigem/ kurzfristigem Handlungsbedarf	%	aquabench	BPS170

		x		AW	Anteil mit mittelfristigem Handlungsbedarf	%	aquabench	BPS171
		x		AW	Anteil mit langfristigem Handlungsbedarf	%	aquabench	BPS172
		x		AW	Anteil ohne Handlungsbedarf	%	aquabench	BPS173
		x		AW	Abnutzungsgrad der Sachanlagen Abwasserableitung	%	aquabench	KNA1113
		x		AW	Mittlere jährliche Kanalsanierungsrate (10-Jahres-Mittel)	%	aquabench	KNA217
		x		AW	Mittlere jährliche Erneuerungsrate (10-Jahres-Mittel)	%	aquabench	KNA212
		x		AW	Mittlere jährliche Kanalrenovierungsrate (10-Jahres-Mittel)	%	aquabench	KNA213
		x		AW	Mittlere jährliche Kanalreparaturrate (10-Jahres-Mittel)	%	aquabench	KNA214
		x		AW	Jährliche Kanalsanierungsrate	%	aquabench	KNA216
		x		AW	Jährliche Kanalerneuerungsrate	%	aquabench	KNA222
		x		AW	Jährliche Kanalrenovierungsrate	%	aquabench	KNA223
		x		AW	Jährliche Kanalreparaturrate	%	aquabench	KNA224
		x		AW	Durchschnittsalter erneuerte Projekte	Jahre	aquabench	BPS042
			x	AW	Spez. Investitionen Abwasserableitung	€/NetzkM	aquabench	KNA30
			x	AW	Spez. Investitionen Abwasserableitung (3-Jahres-Mittel)	€/NetzkM	aquabench	KNA40
			x	AW	Spez. Investitionen Substanzerhaltung Abwasserableitung	€/NetzkM	aquabench	KNA90
			x	AW	Anteil Investitionen Substanzerhaltung Kanalnetz an Substanzerhaltung Abwasserableitung	%	aquabench	KNA94
			x	AW	Spez. Investitionen Neubau und Erweiterung Abwasserableitung	€/NetzkM	aquabench	KNA95
			x	AW	Spez. geplante Investitionen in den kommenden 3 Jahren Abwasserableitung	€/NetzkM	aquabench	KNA32
			x	AW	Reinvestitionsquote Abwasserableitung	%	aquabench	KNA180
			x	AW	Reparaturaufwand je Netzkilometer	€ / NetzkM	aquabench	KNA231
			x	AW	Erneuerungsinvestitionen / erneuerte Strecke	EUR / m	aquabench	KBK145
			x	AW	Renovierungsinvestitionen / renovierte Strecke	EUR / m	aquabench	KBK135
			x	AW	Neuerschließungsinvestitionen / erweiterte Strecke	EUR / m	aquabench	KBK155
			x	AW	Abschreibungsdauern für Kanäle aus Steinzeug	Jahre	aquabench	BKS45
			x	AW	Abschreibungsdauer für Kanäle aus Beton/ Stahlbeton	Jahre	aquabench	BKS50
			x	AW	Abschreibungsdauern für Kanäle aus Kunststoff	Jahre	aquabench	BKS55
			x	AW	Abschreibungsdauern für Schlauch-Liner	Jahre	aquabench	BKS85
			x	AW	Wiederbeschaffungskosten (Erneuerung) Kanalisation	€ / m	aquabench	BPE010
			x	AW	Wiederbeschaffungskosten (Renovierung) Kanalisation	€ / m	aquabench	BPE015
			x	AW	Betriebsgewöhnliche Nutzungsdauer (über Durchschnittsalter erneuerte und renovierte Haltungen)	Jahre	aquabench	BPS041
			x	AW	Betriebsgewöhnliche Nutzungsdauer Kanalisation	Jahre	aquabench	BPE020
			x	AW	Mittlere Restnutzungsdauer (über Durchschnittsalter erneuerte und renovierte Haltungen)	Jahre	aquabench	BPS015
			x	AW	Mittlere Restnutzungsdauer (über Nutzungsdauer)	Jahre	aquabench	BPS020
			x	AW	Substanzwert Kanalisation pro NetzkM	T€ / NetzkM	aquabench	BPS052
			x	AW	Relativer Substanzwert Kanalisation	-	aquabench	BPS060
			x	AW	Substanzmehrung	%	aquabench	BPS091
			x	AW	Einhaltung investiver Wirtschaftsplan Substanzerhaltung	%	aquabench	BPS150
			x	AW	Einhaltung nicht-investiver Wirtschaftsplan	%	aquabench	BPS165

Kategorie						System	Kennzahl	Einheit	Quelle	Bezeichnung	
Umwelt	Ressourcen	Personal	physisch	Betrieb	Servicequalität						Ökonomie
				x			W	Anzahl Trinkwasseranalysen	%	DVGW W1100-2	11, Op40
					x		W	Trinkwasserqualität	%	DVGW W1100-2	19, QS18
						x	W	Managementsysteme	ja/nein	DVGW W1100-2	20
						x	W	Versorgungsbeschwerden je Anschlussleitung	n/1000 AL	DVGW W1100-2	23, QS26
						x	W	Rechnungsbeschwerden	n/Kunden	DVGW W1100-2	24, QS32
						x	W	Kundenbeschwerdeerfassung	ja/nein	DVGW W1100-2	25, KI119
						x	W	Kundenbeschwerdemanagement	ja/nein	DVGW W1100-2	26, KI120
						x	W	Kundenzufriedenheit mit Trinkwasserqualität	%	DVGW W1100-2	27
						x	W	Kundenzufriedenheit mit Service	%	DVGW W1100-2	28
						x	W	Kundenzufriedenheit mit Preis-/Leistungsverhältnis	%	DVGW W1100-2	29
						x	W	Kundenumfrage durchgeführt	ja/nein	DVGW W1100-2	30
						x	W	Abbucherquote	%	DVGW W1100-2	31, QS38
						x	W	Betriebsaufwand Kundenaufgaben pro Kunde	€/Kunde	DVGW W1100-2	32, Fi57_1
	x						W	Fort- und Weiterbildung	h/VZÄ	DVGW W1100-2	33, Pe19
	x						W	Ausfalltage wegen Krankheit	d/100 VZÄ	DVGW W1100-2	34, Pe24
	x						W	Anteil Auszubildende	%	DVGW W1100-2	35, Pe31
	x						W	Meldepflichtige Unfälle	n1000/VZÄ	DVGW W1100-2	36, Pe22_1
		x					W	Schutzzonengröße	%	DVGW W1100-2	37, Ph16
		x					W	Schutzzonen I + II mit rechtlicher Sicherung durch das Versorgungsunternehmen	%	DVGW W1100-2	38
		x					W	Schutzzone mit vertraglichen Minderungsmaßnahmen	%	DVGW W1100-2	39
						x	W	Betriebsaufwand Wasserwirtschaft pro Wasserförderung	€/m³ Wasserabsatz	DVGW W1100-2	55, Fi60_1
						x	W	Ausgaben für wasserwirtschaftliche Aufgaben pro Fördermenge	€/m³ Wasserabsatz	DVGW W1100-2	56
						x	W	Mittlere jährliche Investitionen Trinkwasserproduktion je m³ Wasseraufbereitung (10 -Jahres-Betrachtung)	€/m³	DVGW W1100-2	57
						x	W	Mittlere jährliche Investitionen Netz je km Rohrnetzlänge (10-Jahres-Betrachtung)	€/m³	DVGW W1100-2	58
						x	W	Sanierungs- und Ersatzinvestitionsquote Wasserversorgung	%	DVGW W1100-2	59
						x	W	Aufwanddeckungsgrad	%	DVGW W1100-2	60, Fi30_1
						x	W	Kostendeckungsgrad	%	DVGW W1100-2	61
						x	W	Investitionsquote	-	DVGW W1100-2	62, Fi33_1
						x	W	Eigenkapitalquote	%	DVGW W1100-2	63
	x						W	Mitarbeiter je abgegebene Wassermenge	VZÄ/Mio. m³	DVGW W1100-2	64, Pe2
	x						W	Personal Technik	%	DVGW W1100-2	65, Pe7
	x						W	Personal Verwaltung	%	DVGW W1100-2	66, Pe27
	x						W	Personal Trinkwasserproduktion	VZÄ/Mio. m³	DVGW W1100-2	67, Pe33_1
	x						W	Personal Wassernetze	VZÄ/100 km	DVGW W1100-2	68
						x	W	Gesamterträge	€/m³ Wasserabsatz	DVGW W1100-2	69, Fi1
						x	W	Gesamterlöse	€/m³ Wasserabsatz	DVGW W1100-2	70
						x	W	Mengenabhängige Umsatzerlöse	%	DVGW W1100-2	71
						x	W	Mengenunabhängige Umsatzerlöse	%	DVGW W1100-2	72
						x	W	Gesamtaufwand	€/m³ Wasserabsatz	DVGW W1100-2	73, Fi4_1
						x	W	Betriebsaufwand	€/m³ Wasserabsatz	DVGW W1100-2	74, Fi5
						x	W	Kapitalaufwand	€/m³ Wasserabsatz	DVGW W1100-2	75, Fi6
						x	W	Gesamtkosten	€/m³ Wasserabsatz	DVGW W1100-2	76
						x	W	Betriebskosten	€/m³ Wasserabsatz	DVGW W1100-2	77
						x	W	Kapitalkosten	€/m³ Wasserabsatz	DVGW W1100-2	78
						x	W	Spezifische Gesamtkosten	€/m³ Wasserabgabe	DVGW W1100-2	79a
						x	W	Spezifische Gesamtaufwand	€/m³ Wasserabgabe	DVGW W1100-2	79b
						x	W	Kaufmännisches Berichtssystem	ja/nein	DVGW W1100-2	80
						x	W	Personalaufwand	€/m³ Wasserabsatz	DVGW W1100-2	81, Fi7
						x	W	Bezogene Leistungen	€/m³ Wasserabsatz	DVGW W1100-2	82, Fi8
						x	W	Wasserbezugsaufwand	€/m³ Wasserabsatz	DVGW W1100-2	83, Fi9
						x	W	Energieaufwand (Strom)	€/m³ Wasserabsatz	DVGW W1100-2	84, Fi10
						x	W	Materialaufwand	€/m³ Wasserabsatz	DVGW W1100-2	85, Fi48_1
						x	W	Wasserentnahmeentgelt	€/m³ Wasserabsatz	DVGW W1100-2	86, Fi50_1

Kategorie						System	Kennzahl	Einheit	Quelle	Bezeichnung
Umwelt	Ressourcen	Personal	physisch	Betrieb	Servicequalität					
					x	W	Konzessionsabgaben	€/m³ Wasserabsatz	DVGW W1100-2	87, Fi51
					x	W	Anteil AfA am Kapitalaufwand	%	DVGW W1100-2	88, Fi23
					x	W	Anteil Zinsen am Kapitalaufwand	%	DVGW W1100-2	89, Fi24
					x	W	Betriebsaufwand Technik	€/m³ Wasserabsatz	DVGW W1100-2	90, Fi16
					x	W	Betriebsaufwand Verwaltung	€/m³ Wasserabsatz	DVGW W1100-2	91, Fi54
					x	W	Betriebsaufwand Trinkwasserproduktion	€/m³ Wasserabsatz	DVGW W1100-2	92
					x	W	Betriebsaufwand Wassernetze	€/km	DVGW W1100-2	93
					x	W	Sonstige betriebliche Aufwendungen	€/m³ Wasserabsatz	DVGW W1100-2	94, Fi11_1
					x	W	Durchschnittliche Ausgaben des Kunden für Trinkwasser	€/EW	DVGW W1100-2	95
			x			W	Control of water use and destinations	-	Aquarating	OE1.1
			x			W	Control of water at points of use and consumption	%	Aquarating	OE1.2
			x			W	Management of real losses	-	Aquarating	OE1.3
			x			W	Real losses in the water supply, transportation and distribution infrastructure	m³/km/d	Aquarating	OE1.4
			x			W	Management of water used in operation	-	Aquarating	OE1.5
			x			W	Water used in operation	%	Aquarating	OE1.6
			x			W	Management of "reclaimed water"	-	Aquarating	OE1.7
			x			W	"Reused water"	%	Aquarating	OE1.8
			x			W	Energy usage efficiency	-	Aquarating	OE2.1
			x			W	Energy use in reducing pollutant load	kWh/kg BOD5	Aquarating	OE2.2
			x			W	Efficiency in management of water intake, treatment and distribution infrastructure	-	Aquarating	OE3.1
			x			W	Number of ruptures in transportation and distribution pipes	n/km	Aquarating	OE3.2
			x			W	Number of ruptures in service connections (connections up to private supply systems)	n/100 connections	Aquarating	OE3.3
			x	x		W	Expenditure on "corrective maintenance" of fixed physical assets linked to the water intake, treatment and d	%	Aquarating	OE3.4
			x	x		W	Expenditure on "preventive maintenance" of fixed physical assets linked to the water intake, treatment and	%	Aquarating	OE3.5
x						W	Nutzung der rechtlich gesicherten Wasserressourcen	%	DVGW W1100-2	1, WR2
x						W	Ausschöpfung der rechtlich gesicherten Wasserressourcen am Spitzentag	%	DVGW W1100-2	2, WR5_1
x						W	Ausschöpfung eigener Entnahmerechte (Jahreswert)	%	DVGW W1100-2	3
x						W	Ausschöpfung der Fremdbezugsvereinbarungen (Jahreswert)	%	DVGW W1100-2	4
			x			W	Auslastung Aufbereitungskapazität (Spitzenbetrachtung)	%	DVGW W1100-2	5, Ph1
			x			W	Behälterauslastung Spitzentag	%	DVGW W1100-2	6, Ph3_1
			x			W	Auslastungsgrad am Spitzentag	%	DVGW W1100-2	7
			x			W	Leitungsschäden	n/100 km	DVGW W1100-2	8, Op31
			x			W	Anschlussleitungsschäden	n/1000 AL	DVGW W1100-2	9, Op32
			x			W	Hydrantenschäden	n/1000 Hydranten	DVGW W1100-2	10, Op33
			x			W	Absperrarmaturschäden, Versorgung	n/1000 Armaturen	DVGW W1100-2	12, Op51
			x			W	Unterbrechung der Versorgung je Anschlussleitung	n/1000 AL	DVGW W1100-2	13, QS14
			x			W	Versorgungsunterbrechungen	Min je Kunde bzw. Anschlussleitung/a	DVGW W1100-2	14
			x			W	Erfüllung Netzinspektion	%	DVGW W1100-2	15, Op3_1
			x			W	Leckkontrolle	%	DVGW W1100-2	16, Op4_1
			x			W	Reale Verluste je Leitungslänge	m³/(km h)	DVGW W1100-2	17, Op28
			x			W	Infrastruktur Verlust-Index ILI	-	DVGW W1100-2	18, Op29
			x			W	Versorgung nach Anschlussleitungsschaden, Effizienz	%	DVGW W1100-2	21, QS36_1
			x			W	Sicherstellung von Versorgungsstandards	ja/nein	DVGW W1100-2	22, KI125
x						W	Rohwasserqualität (Indexwert)	-	DVGW W1100-2	40
x						W	Wasserdargebot (Indexwert)	-	DVGW W1100-2	41
			x			W	Standardisierter Energiebedarf Wasserförderung	kWh/(m³/100 m)	DVGW W1100-2	42, Ph5_1
			x			W	Energiebedarf Wasserförderung	kWh/m³	DVGW W1100-2	43, Ph17_1
			x			W	Energieanteil Trinkwasserproduktion	%	DVGW W1100-2	44
			x			W	Energieanteil Wassernetz	%	DVGW W1100-2	45
			x			W	Anteil regenerativer elektrischer Energie	5	DVGW W1100-2	46
			x			W	Gesamtenergieverbrauch	kWh/EW*a	DVGW W1100-2	47, Ph25
			x			W	Leitungsrehabilitation	%	DVGW W1100-2	48, Op16

Kategorie						System	Kennzahl	Einheit	Quelle	Bezeichnung
Umwelt Ressourcen	Personal	physisch	Betrieb	Servicequalität	Ökonomie Finanzen					
			x			W	Leitungsrehabilitation (10-Jahres-Durchschnitt)	%	DVGW W1100-2	49, Op16_1
			x			W	Nachhaltige Netzrehabilitation	-	DVGW W1100-2	50
			x			W	Leitungssanierung und -erneuerung (Rehabilitationsrate)	%	DVGW W1100-2	51
			x			W	Leitungssanierung und -erneuerung (10-Jahres-Durchschnitt)	%	DVGW W1100-2	52
			x			W	Anschlussleitungsrehabilitation	%	DVGW W1100-2	53
					x	W	Prozentuale Wasserverluste (Rohrnetzspeisung)	%	DVGW W1100-2	54, Fi46_1
x						W	Inefficiency of use of water resources	%	Care-W WP1	WR1
x						W	Resources availability ratio	%	Care-W WP1	WR2
		x				W	Transmission and distribution storage capacity	days	Care-W WP1	Ph3
		x				W	Standardized energy consumption	Wh/m3 at 100 m	Care-W WP1	Ph4
		x				W	Valve density	No./km	Care-W WP1	Ph7
			x			W	Hydrant density	No./km	Care-W WP1	Ph8
			x			W	Network hydraulic reliability	-	Care-W WP1	Ph8a
			x			W	Node hydraulic reliability	-	Care-W WP1	Ph8b
			x			W	Mains residual service life	years	Care-W WP1	Ph8c
				x		W	Network inspection	%/year	Care-W WP1	Op3
				x		W	Leakage control	%/year	Care-W WP1	Op4
				x		W	Active leakage control repairs	%/year	Care-W WP1	Op5
				x		W	Hydrant inspection	%/year	Care-W WP1	Op6
				x		W	Mains rehabilitation	%/year	Care-W WP1	Op15
				x		W	mains relining	%/year	Care-W WP1	Op16
				x		W	replaced or renewed mains	%/year	Care-W WP1	Op17
				x		W	replaced valves	%/year	Care-W WP1	Op18
				x		W	Service connection rehabilitation	%/year	Care-W WP1	Op19
				x		W	pump refurbishment	%/year	Care-W WP1	Op20
				x		W	pump replacement	%/year	Care-W WP1	Op21
				x		W	Water losses	m3/connection/year	Care-W WP1	Op22
				x		W	apparent losses	m3/connection/year	Care-W WP1	Op23
				x		W	real losses	l/connection/day when system is pressurised	Care-W WP1	Op24
				x		W	Infrastructure leakage index	-	Care-W WP1	Op25
				x		W	Mains failures	No./100 km/year	Care-W WP1	Op26
				x		W	pipe failures	No./100 km/year	Care-W WP1	Op26a
				x		W	joint failures	No./100 km/year	Care-W WP1	Op26b
				x		W	valves failures	No./100 km/year	Care-W WP1	Op26c
				x		W	Critical mains failures	No./100 km/year	Care-W WP1	Op26d
				x		W	Mains failures in sensitive areas	No./100 km/year	Care-W WP1	Op26e
				x		W	Service connection failures	No./1000 connections/year	Care-W WP1	Op27
				x		W	service connection insertion point failures	No./100 km/year	Care-W WP1	Op27a
				x		W	Hydrant failures	No./1000 hydrants/year	Care-W WP1	Op28
				x		W	Power failures	hours/pumping station/year	Care-W WP1	Op29
				x		W	Pressure of supply adequacy	%	Care-W WP1	QS9
				x		W	Water interruptions	%	Care-W WP1	QS11
				x		W	Interruptions per connection	No./1000 connections	Care-W WP1	QS12
				x		W	critical interruptions per connection	No./1000 connections	Care-W WP1	QS12a
				x		W	Population experiencing restrictions to water service	%	Care-W WP1	QS13
				x		W	Days with restrictions to water service	%	Care-W WP1	QS14
				x		W	Quality of supplied water	%	Care-W WP1	QS15
				x		W	aesthetic	%	Care-W WP1	QS16
				x		W	water taste	%	Care-W WP1	QS16a
				x		W	water colour	%	Care-W WP1	QS16b
				x		W	microbiological	%	Care-W WP1	QS17
				x		W	physical-chemical	%	Care-W WP1	QS18
				x		W	Service complaints	No. complaints/connection/year	Care-W WP1	QS22

Kategorie						System	Kennzahl	Einheit	Quelle	Bezeichnung
Umwelt Ressourcen	Personal	physisch	Betrieb	Servicequalität	Ökonomie Finanzen					
				x		W	pressure complaints	%	Care-W WP1	QS23
				x		W	continuity complaints	%	Care-W WP1	QS24
				x		W	water quality complaints	%	Care-W WP1	QS25
				x		W	water taste	%	Care-W WP1	QS25a
				x		W	water colour	%	Care-W WP1	QS25b
				x		W	interruptions	%	Care-W WP1	QS26
				x		W	critical interruptions	%	Care-W WP1	QS26a
					x	W	Unit total costs	€/m3	Care-W WP1	Fi1
					x	W	unit running costs	€/m3	Care-W WP1	Fi2
					x	W	energy costs ratio	%	Care-W WP1	Fi7
					x	W	Technical services costs ratio	%	Care-W WP1	Fi12
					x	W	Unit investment	€/m3	Care-W WP1	Fi18
					x	W	annual investments for new and upgrading assets	%	Care-W WP1	Fi19
					x	W	annual investments for assets replacement	%	Care-W WP1	Fi20
					x	W	Average water charges for direct consumption	€/m3	Care-W WP1	Fi21
					x	W	Average water charges for exported water	€/m3	Care-W WP1	Fi22
					x	W	Non-revenue water by volume	%	Care-W WP1	Fi36
					x	W	Non-revenue water by cost	%	Care-W WP1	Fi37
					x	W	Balance of costs and benefits	%	Care-W WP1	Fi37a
					x	W	Internal rate of return	%	Care-W WP1	Fi37b

## Anlage 3 Vorauswahl Kennzahlen für Trinkwassernetze

### Kennzahlen

Im Folgenden werden die fünf Leistungsmerkmalsgruppen und ihre, nach Themen-  
gruppen bzw. Kennzahlenbereichen untergliederten, Kennzahlen vorgestellt. Die  
in Klammern gesetzten Nummern „Nr.“ stellen die Nummerierung der Kennzahlen  
nach DVGW-Merkblatt W 1100-2 dar. Bei Kennzahlen, die aus dem IWA-Kennzah-  
lensystem stammen, ist die IWA-Kodierung angegeben; durch Unterstrich und  
Zahl erweiterte IWA-Codierungen stellen modifizierte IWA-Kennzahlen dar. Kenn-  
zahlen ohne IWA-Kodierung stellen neu definierte Kennzahlen dar (vgl. DVGW,  
2016).

Im Sinne des Projektes werden mögliche, relevante Kennzahlen hinsichtlich ihrer  
Aussagekraft über den Zustand bzw. die Zustandsentwicklung und Instandhaltung  
bzw. technischen Substanzerhalt der Wasserverteilungsanlagen herausgefiltert.  
Diese sind in **Fettdruck** formatiert.

### Hauptkennzahlen zur Versorgungssicherheit

In dieser Kennzahlengruppe wird u.a. auf quantitative Gesichtspunkte der Was-  
serversorgung und den technischen Zustand der Infrastruktur eingegangen.

#### Ressourcenauslastung

Dieser Kennzahlenbereich bezieht sich auf die Ressourcen der Wassergewinnung,  
eine Relevanz für Wasserverteilungsanlagen ist folglich nicht gegeben.

- *Nutzung der rechtlich gesicherten Wasserressourcen (Nr. 1, IWA WR2)*
- *Ausschöpfung der rechtlich gesicherten Wasserressourcen am Spitzentag (Nr. 2, IWA WR5\_1)*
- *Ausschöpfung eigener Entnahmerechte (Jahreswert) (Nr. 3)*
- *Ausschöpfung der Fremdbezugsvereinbarungen (Jahreswert) (Nr. 4)*

#### Anlagenauslastung

Die Anlagenauslastung des Verteilungsnetzes wird hier nicht erfasst, da laut  
(DVGW, 2016) die Ermittlung dieser durch Notwendigkeit einer Rohrnetz Berech-  
nung sehr aufwändig ist. Die Dimensionierung wird nach vorgenannter Quelle als  
ausreichend erachtet, wenn bei maximalem Stundenbedarf am Tag des größten  
Wasserbedarfs der Versorgungsdruck an keiner Stelle die in Tabelle 5 des DVGW-  
Arbeitsblattes W 400-1 genannten Versorgungsdrücke unterschreitet; es erscheint  
sinnvoll, die Kennzahl Nr. 7 dahingehend zu modifizieren.

- *Auslastung Aufbereitungskapazität (Spitzenbetrachtung) (Nr. 5, IWA Ph1)*
- *Behälterauslastung Spitzentag (Nr. 6, IWA Ph3\_1)*
- **Auslastungsgrad am Spitzentag (Nr. 7, Branchenkenzahl)**

### Schäden

Gemäß Kapitel 2.2 charakterisieren Schäden, neben Schwachstellen, den Netzzustand. Darüber hinaus werden durch die Höhe der Schadensraten an Hydranten und Absperrarmaturen die Inspektionsturnusse derselben nach dem DVGW-Arbeitsblatt W 400-3-B1 (DVGW, 2017) bestimmt.

- **Leitungsschäden (Nr. 8, IWA Op31, Branchenkenzahl)**
- **Anschlussleitungsschäden (Nr. 9, IWA Op32)**
- **Hydrantenschäden (Nr. 10, IWA Op33)**
- **Absperrarmaturenschäden, Versorgung (Nr. 12, IWA Op51)**

### Qualitätskontrolle

Diese Kennzahl vergleicht die Anzahl der Analyseparameter für aufbereitetes Trinkwasser mit der Anzahl der gesetzlich geforderten Trinkwasseranalyseparameter (DVGW, 2016) und bezieht sich auf den, im Rahmen dieses Projektes nicht betrachteten, Bereich der Wasseraufbereitung.

- *Anzahl Trinkwasseranalysen (Nr. 11, IWA Op40)*

### Zuverlässigkeit

Da die störungsminimierte Versorgung mit Trinkwasser, wie in Kapitel 2.1 genannt, zu den Grundzielen der Instandhaltung gehört, lässt sich u.a. mit diesen Kennzahlen die Effizienz ebendieser bestimmen.

- **Unterbrechung der Versorgung je Anschlussleitung (Nr. 13, IWA QS14\_1)**
- **Versorgungsunterbrechungen (Nr. 14, Branchenkenzahl)**

## **Hauptkennzahlen zur Qualität**

Die Kennzahlen aus dieser Gruppe eignen sich, um Aussagen bezogen auf den technischen Zustand der Anlagen der Wasserverteilung zu treffen.

### Anlagenüberwachung und Dokumentation

Mittels der ersten Kennzahl dieses Bereichs kann die ordnungsgemäße Inspektion bzw. der Inspektionsturnus der Leitungen auf Wasserverluste, welche auf Schäden

hindeuten, gem. DVGW-Arbeitsblatt W 400-3-B1 (DVGW, 2017) festgestellt werden. Um Schäden möglichst frühzeitig zu erkennen, kann gemäß DVGW-Arbeitsblatt W-392 (DVGW, 2017a) eine aktive Leckkontrolle in Form einer kontinuierlichen Zuflussmessung zur Überwachung der Wasserverluste eingesetzt werden. Hierdurch können auch unabhängig von den Inspektionsturnussen Schäden erkannt und dementsprechend schneller gehandelt werden.

- **Erfüllung Netzinspektion (Nr. 15, IWA Op3\_1)**
- **Leckkontrolle (Nr. 16, IWA Op4\_1)**

#### Wasserverluste

Der Inspektionsturnus auf Leitungsschäden ist gem. W 400-3-B1 (DVGW, 2017) abhängig von den realen Wasserverlusten je Leitungslänge, alternativ kann dieser auch über den Infrastruktur-Verlustindex ermittelt werden. Des Weiteren deuten diese, wie im vorherigen Abschnitt genannt, auf das Vorhandensein von Schäden hin.

- **Reale Verluste je Leitungslänge (Nr. 17, IWA Op28, Branchenkenzahl)**
- **Infrastruktur Verlust-Index ILI (Nr. 18, IWA Op29)**

#### Qualität des Trinkwassers und der Dienstleistung

Die Einhaltung der gesetzlich geforderten Trinkwasserqualität gehört zu den Grundzielen der Instandhaltung, diese wird laut DVGW-Merkblatt W 1100-2 (DVGW, 2016) zudem durch Netzstruktur, Netzbetrieb und dem Netzzustand beeinflusst. Ein Managementsystem unterstützt den Trinkwasserversorger bei der Einhaltung der rechtlichen Anforderungen.

- **Trinkwasserqualität (Nr. 19, IWA QS18, Branchenkenzahl)**
- **Managementsysteme (Nr. 20, Branchenkenzahl)**

### **Hauptkennzahlen zum Kundenservice**

Die Hauptkennzahlen zum Kundenservice beziehen sich auf die Themen Servicequalität, Kundenbeschwerden, Kundenzufriedenheit, Rechnungsstellung sowie Kundenbetreuung. Sie geben nur indirekt Aufschluss über technische Aspekte, weshalb auf diese Kennzahlen im Rahmen dieses Projektes nicht weiter eingegangen wird.

#### Servicequalität

- *Versorgung nach Anschlussleitungsschaden, Effizienz (Nr. 21, IWA QS36\_1)*

- *Sicherstellung von Versorgungsstandards (Nr. 22, IWA KI125)*

### Kundenbeschwerden

- *Versorgungsbeschwerden je Anschlussleitung (Nr. 23, IWA QS26)*
- *Rechnungsbeschwerden (Nr. 24, IWA QS32)*
- *Kundenbeschwerdeerfassung (Nr. 25, IWA KI119)*
- *Kundenbeschwerdemanagement (Nr. 26, IWA KI120)*
- Kundenzufriedenheit
- *Kundenzufriedenheit mit Trinkwasserqualität (Nr. 27, Branchenkenzahl)*
- *Kundenzufriedenheit mit Service (Nr. 28, Branchenkenzahl)*
- *Kundenzufriedenheit mit Preis-/Leistungsverhältnis (Nr. 29, Branchenkenzahl)*
- *Kundenumfrage durchgeführt (Nr. 30, Branchenkenzahl)*
- Rechnungsstellung
- *Abbucherquote (Nr. 31, IWA QS38)*
- Kundenbetreuung
- *Betriebsaufwand Kundenaufgaben pro Kunde (Nr. 32, IWA Fi57\_1)*

### **Hauptkennzahlen zur Nachhaltigkeit**

Diese Kennzahlengruppe umfasst Kennzahlenbereiche zum Thema Personal und soziale Kriterien, Ressourcenschutz und -verbrauch, technische sowie wirtschaftliche Substanzerhaltung. Folglich sind hier einige aussagekräftige Kennzahlen in Bezug auf die Zielsetzung des Projektes zu erwarten.

#### Personal/Soziale Kriterien

Dieser Kennzahlenbereich bezieht sich nicht auf technische Kriterien.

- *Fort- und Weiterbildung (Nr. 33, IWA Pe19, Branchenkenzahl)*
- *Ausfalltage wegen Krankheit (Nr. 34, IWA Pe24)*
- *Anteil Auszubildende (Nr. 35, IWA Pe31)*
- *Meldepflichtige Unfälle (Nr. 36, IWA Pe22\_1, Branchenkenzahl)*

#### Ressourcenschutz

Dieser Kennzahlenbereich bezieht sich auf die Ressourcen der Wassergewinnung, eine Relevanz für Wasserverteilungsanlagen ist folglich nicht gegeben.

- *Schutzzonengröße (Nr. 37, IWA Ph16)*
- *Schutzzonen I + II mit rechtlicher Sicherung durch das Versorgungsunternehmen (Nr. 38)*
- *Schutzzone mit vertraglichen Minderungsmaßnahmen (Nr. 39)*
- *Rohwasserqualität (Indexwert) (Nr. 40, Branchenkenzahl)*
- *Wasserdargebot (Indexwert) (Nr. 41, Branchenkenzahl)*

### Ressourcenverbrauch

Hier wird der Verbrauch an elektrischer Energie für die Wasserversorgung betrachtet. Da dieser im Falle der betrachteten Wasserverteilungsanlagen von vielen Faktoren abhängt, sind hierüber keine direkten Aussagen bezüglich der Instandhaltung ableitbar.

- *Standardisierter Energiebedarf Wasserförderung (Nr. 42, IWA Ph5\_1)*
- *Energiebedarf Wasserförderung (Nr. 43, IWA Ph17\_1)*
- *Energieanteil Trinkwasserproduktion (Nr. 44)*
- *Energieanteil Wassernetz (Nr. 45)*
- *Anteil regenerativer elektrischer Energie (Nr. 46)*
- *Gesamtenergieverbrauch (Nr. 47, IWA Ph25, Branchenkenzahl)*

### Technische Substanzerhaltung

Die Gruppe der technischen Substanzerhaltung bildet die aktuelle Rehabilitationsleistung bzw. die der letzten 10 Jahre ab. Da die Rehabilitationsrate, wie in Kapitel 2.3.2 angeführt, schwankt, sind die 10-Jahres-Durchschnitte aussagekräftiger – sofern bisher rehabilitiert wurde. Im Vergleich mit der Nutzungsdauer, dem durchschnittlichen Leitungsalter und der Schadenshäufigkeit lässt sich mit diesen Kennwerten die Rehabilitationsleistung bewerten (vgl. DVGW, 2016). Die technischen Wasserverluste sind bereits in Kennzahl Nr. 17 bzw. 18 abgebildet, somit ist die Relevanz der prozentualen Wasserverluste gering.

- **Leitungsrehabilitation (Nr. 48, IWA Op16, Branchenkenzahl)**
- **Leitungsrehabilitation (10-Jahres-Durchschnitt) (Nr. 49, IWA Op16\_1)**
- **Nachhaltige Netzrehabilitation (Nr. 50)**
- **Leitungssanierung und -erneuerung (Rehabilitationsrate) (Nr. 51)**
- **Leitungssanierung und -erneuerung (10-Jahres-Durchschnitt) (Nr. 52)**

- **Anschlussleitungsrehabilitation (Nr. 53)**
- *Prozentuale Wasserverluste (Rohrnetzeinspeisung) (Nr. 54, IWA Fi46\_1)*

#### Wirtschaftliche Substanzerhaltung

Neben managementbezogenen Kennzahlen werden hier Betriebsaufwand und Investitionen bezogen auf die Substanzerhaltung der gesamten Wasserversorgung betrachtet.

- *Betriebsaufwand Wasserwirtschaft pro Wasserförderung (Nr. 55, IWA Fi60\_1)*
- *Ausgaben für wasserwirtschaftliche Aufgaben pro Fördermenge (Nr. 56)*
- *Mittlere jährliche Investitionen Trinkwasserproduktion je m<sup>3</sup> Wasseraufbereitung (10-Jahres-Betrachtung) (Nr. 57)*
- **Mittlere jährliche Investitionen Netz je km Rohrnetzlänge (10-Jahres-Betrachtung) (Nr. 58)**
- **Sanierungs- und Ersatzinvestitionsquote Wasserversorgung (Nr. 59)**
- *Aufwanddeckungsgrad (Nr. 60, IWA Fi30\_1)*
- *Kostendeckungsgrad (Nr. 61)*
- *Investitionsquote (Nr. 62, IWA Fi33\_1)*
- *Eigenkapitalquote (Nr. 63)*

#### **Hauptkennzahlen zur Wirtschaftlichkeit**

Diese Kennzahlengruppe bezieht sich auf das Personal, das Management der Wasserversorgung und Kundenausgaben. In Bezug auf die Instandhaltung sind diese Kennzahlen zu komplex bzw. aggregiert und werden deswegen im Rahmen dieses Projektes ausgespart.

#### Personaleinsatz

- *Mitarbeiter je abgegebene Wassermenge (Nr. 64, IWA Pe2)*
- *Personal Technik (Nr. 65, IWA Pe7)*
- *Personal Verwaltung (Nr. 66, IWA Pe27)*
- *Personal Trinkwasserproduktion (Nr. 67, IWA Pe33\_1)*
- *Personal Wassernetze (Nr. 68)*

#### Erlös-/Ertragsanalyse

- *Gesamterträge (Nr. 69, IWA Fi1)*
- *Gesamterlöse (Nr. 70)*
- *Mengenabhängige Umsatzerlöse (Nr. 71)*
- *Mengenunabhängige Umsatzerlöse (Nr. 72)*

#### Kosten-/Aufwandsanalyse gesamt

- *Gesamtaufwand (Nr. 73, IWA Fi4\_1)*
- *Betriebsaufwand (Nr. 74, IWA Fi5)*
- *Kapitalaufwand (Nr. 75, IWA Fi6)*
- *Gesamtkosten (Nr. 76)*
- *Betriebskosten (Nr. 77)*
- *Kapitalkosten (Nr. 78)*
- *Spezifische Gesamtkosten (Nr. 79a, Branchen Kennzahl)*
- *Spezifische Gesamtaufwand (Nr. 79b, Branchen Kennzahl)*
- *Kaufmännisches Berichtssystem (Nr. 80, Branchen Kennzahl)*

#### Aufwandsanalyse nach Aufwandsarten bzw. Aufgabengebieten

- *Personalaufwand (Nr. 81, IWA Fi7)*
- *Bezogene Leistungen (Nr. 82, IWA Fi8)*
- *Wasserbezugsaufwand (Nr. 83, IWA Fi9)*
- *Energieaufwand (Strom) (Nr. 84, IWA Fi10)*
- *Materialaufwand (Nr. 85, IWA Fi48\_1)*
- *Wasserentnahmeentgelt (Nr. 86, IWA Fi50\_1)*
- *Konzessionsabgaben (Nr. 87, IWA Fi51)*
- *Anteil AfA am Kapitalaufwand (Nr. 88, IWA Fi23)*
- *Anteil Zinsen am Kapitalaufwand (Nr. 89, IWA Fi24)*
- *Betriebsaufwand Technik (Nr. 90, IWA Fi16)*
- *Betriebsaufwand Verwaltung (Nr. 91, IWA Fi54)*
- *Betriebsaufwand Trinkwasserproduktion (Nr. 92)*
- *Betriebsaufwand Wassernetze (Nr. 93)*
- *Sonstige betriebliche Aufwendungen (Nr. 94, IWA Fi11\_1)*

### Ausgaben des Kunden

- *Durchschnittliche Ausgaben des Kunden für Trinkwasser (Nr. 95, Branchenkennzahl)*

## Anlage 4 Auswahl und Entwicklung von Kennzahlen für Trinkwassernetze

Die **fettgedruckten** Überschriften benennen die jeweilige Kennzahl inklusive der ursprünglichen Kennzahlennummer („Nr.“) aus dem DVGW-Merkblatt W 1100-2. Ist die Kennzahlennummer durch einen Buchstaben und den Zusatz „eigene Variation“ erweitert (s. 15a und 15b), handelt es sich um eigens abgewandelte Kennzahlen, die hinsichtlich der Zielsetzung der Arbeit als sinnvoll erachtet werden. Durchgestrichene Kennzahlen entfallen aufgrund der anschließenden, *kursivgedruckten* Begründung; siehe auch grau hinterlegte Felder der Tabellen (s. weiter unten).

Die einzelnen Felder der Tabellen sind dabei wie folgt definiert:

- Definition (Berechnung): nennt notwendige Datenvariablen und Verrechnungsregeln derselben nach (DVGW, 2016) bzw. der Wertequelle
- Einheit: Maßeinheit der Kennzahl
- Wertebereich (Parameterraum): Wertebereiche, in denen sich nach der Wertequelle ein guter, mittlerer oder schlechter Kennzahlenwert aufhält. **Blau** hinterlegte Werte stellen eigene Annahmen dar, die in Zukunft, nach der mehrfachen Anwendung des Instandhaltungschecks mit realen Werten der Netzbetreiber, hinsichtlich Sinnhaftigkeit zu überprüfen sind
- Wertequelle: Quelle, aus der der Wertebereich stammt
- Abhängigkeit: generelle Abhängigkeit der Kennzahl bzw. Abhängigkeit von anderen Kennzahlen
- Aussage: Aussage der Kennzahl über Zustand oder Instandhaltung
- Eigene Einschätzung: eigene Einschätzung der Kennzahl hinsichtlich Relevanz / Nutzen und nötigem Erfassungsaufwand; Unsicherheiten bei der Einschätzung sind dabei **gelb** hinterlegt
- Einschätzung Netzbetreiber: Einschätzung der Kennzahl hinsichtlich Relevanz / Nutzen und nötigem Erfassungsaufwand durch die SWO Netz GmbH; „%“ kennzeichnet Zustimmung zu eigener Einschätzung
- Eigene Erklärung zur Auswahl / Bewertung: -
- Erklärung Auswahl / Bewertung durch Netzbetreiber: Erklärung durch die SWO Netz GmbH; „%“ kennzeichnet Zustimmung zu eigener Einschätzung

- Variation: etwaige Erfassung des zeitlichen Verlaufs der Kennzahl zwecks Erstellung einer Kennzahlenfunktion

Grau hinterlegte Felder führen zum Ausschluss der jeweiligen Kennzahl. Dies geschieht zum einen bei geringer Relevanz und somit geringem Nutzen der Kennzahl oder bei hohem Erfassungsaufwand, zum anderen durch die bei „Erklärung zur Auswahl“ angegebenen Gründe.

### **Auslastungsgrad Rohrnetz (Nr. 7)** entfällt wegen geringer Relevanz

Definition (Berechnung)	Versorgungsdruck nach W 400-1, Tabelle 5 an jeder Stelle erfüllt		
Einheit	-		
Wertebereich (Parameterraum)	gut	mittel	schlecht
	erfüllt	-	nicht erfüllt
Wertequelle	W 400-1		
Abhängigkeit	-		
Aussage	Zustand		Instandhaltung
	x		
Eigene Einschätzung	Relevanz / Nutzen		Erfassungsaufwand
	mittel		hoch
Einschätzung Netzbetreiber	gering	%	
Eigene Erklärung zur Auswahl / Bewertung	hoher Erfassungsaufwand; geringe Aussagekraft, da lediglich Aussage über Druckeinhaltung		
Erklärung Auswahl / Bewertung durch Netzbetreiber	%		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zukünftig über LoRaWAN („Long Range Wide Area Network“, ein stromsparendes Funkprotokoll über große Reichweiten) vermutlich einfacher zu erfassen</li> <li>• beschreibt die Auslastung bzw. Leistungsfähigkeit unabhängig vom Zustand, unterstützt bei Sanierungsentscheidung hinsichtlich evtl. möglicher Verkleinerung des Durchmessers</li> </ul>		
Variation	-		

### **Leitungsschäden (Nr. 8)**

Definition (Berechnung)	Leitungsschäden pro 100 km Netzlänge und Jahr		
Einheit	n / 100km*a		
Wertebereich (Parameterraum)	gut	mittel	schlecht
	<= 10	> 10 bis <= 50	> 50
Wertequelle	W 400-3-B1		
Abhängigkeit	Für Zubringerleitungen werden nach W 400-3 Grenzwerte <10% der genannten Werte empfohlen. Hohe		

	Schadensraten führen zu hohen Reha-Raten und umgekehrt. Zusätzlich Betrachtung des Trends von 5 Jahren (W 400-3).	
Aussage	Zustand	Instandhaltung
	x	
Eigene Einschätzung	Relevanz / Nutzen	Erfassungsaufwand
	hoch	Generell niedrig, materialspezifisch hoch
Einschätzung Netzbetreiber	%	%
Eigene Erklärung zur Auswahl / Bewertung	nach Regelwerk (s.o.) definierend für Zustand	
Erklärung Auswahl / Bewertung durch Netzbetreiber	%	
Variation	zus. Kennzahlenfunktion; Werte der letzten 10 Jahre für Tendenz + Interpolation nächste 10 Jahre	

### Anschlussleitungsschäden (Nr. 9)

Definition (Berechnung)	Anschlussleitungsschäden pro 1000 Anschlussleitungen und Jahr		
Einheit	n / 1000 AL*a		
Wertebereich (Parameterraum)	gut	mittel	schlecht
	<= 5	> 5 bis <= 10	> 10
Wertequelle	W 400-3-B1		
Abhängigkeit	Hohe Schadensraten führen zu hohen Reha-Raten und umgekehrt. Zusätzlich Betrachtung des Trends von 5 Jahren (W 400-3).		
Aussage	Zustand	Instandhaltung	
	x		
Eigene Einschätzung	Relevanz / Nutzen	Erfassungsaufwand	
	hoch	Generell niedrig, materialspezifisch hoch	
Einschätzung Netzbetreiber	%	%	
Eigene Erklärung zur Auswahl / Bewertung	nach Regelwerk (s.o.) definierend für Zustand		
Erklärung Auswahl / Bewertung durch Netzbetreiber	%		
Variation	zus. Kennzahlenfunktion; Werte der letzten 10 Jahre für Tendenz + Interpolation nächste 10 Jahre		

### Hydrantenschäden (Nr. 10)

Definition (Berechnung)	Hydrantenschäden pro 1000 Hydranten und Jahr
-------------------------	--

Einheit	n / 1000 H*a		
Wertebereich (Parameterraum)	gut	mittel	schlecht
	<= 25	> 25 bis <= 75	> 75
Wertequelle	W 400-3-B1		
Abhängigkeit	s. Nr. 15b		
Aussage	Zustand	Instandhaltung	
	x		
Eigene Einschätzung	Relevanz / Nutzen	Erfassungsaufwand	
	mittel	gering	
Einschätzung Netzbetreiber	%	gering bis mittel	
Eigene Erklärung zur Auswahl / Bewertung	nach Regelwerk (s.o.) definierend für Zustand		
Erklärung Auswahl / Bewertung durch Netzbetreiber	%		
Variation	-		

### Absperrarmaturenschäden, Versorgung (Nr. 12)

Definition (Berechnung)	Absperrarmaturenschäden pro 1000 Absperrarmaturen und Jahr		
Einheit	n / 1000 A*a		
Wertebereich (Parameterraum)	gut	mittel	schlecht
	<= 25	> 25 bis <= 75	> 75
Wertequelle	W 400-3-B1		
Abhängigkeit	s. Nr. 15a		
Aussage	Zustand	Instandhaltung	
	x		
Eigene Einschätzung	Relevanz / Nutzen	Erfassungsaufwand	
	Mittel	gering	
Einschätzung Netzbetreiber	%	%	
Eigene Erklärung zur Auswahl / Bewertung	nach Regelwerk (s.o.) definierend für Zustand		
Erklärung Auswahl / Bewertung durch Netzbetreiber	% ; Anm.: große/wichtige Armaturen und Rohrbruchsicherungen relevanter als kleine		
Variation	-		

~~Unterbrechung der Versorgung je Anschlussleitung (Nr. 13)~~ entfällt wegen geringer Relevanz

Definition (Berechnung)	(Gesamtanzahl Versorgungsunterbrechungen im Erhebungszeitraum / Gesamtanzahl AL) * 1000		
Einheit	n / 1000 AL*a		
Wertebereich (Parameterraum)	gut	mittel	schlecht
	?	?	?

Wertequelle	-	
Abhängigkeit	-	
Aussage	Zustand	Instandhaltung
	x	
Eigene Einschätzung	Relevanz / Nutzen	Erfassungsaufwand
	gering	gering
Einschätzung Netzbetreiber	%	%
Eigene Erklärung zur Auswahl / Bewertung	Aussage über Qualität und Geschwindigkeit von Reparaturen/Instandhaltung, aber Wertebereich schwer abschätzbar	
Erklärung Auswahl / Bewertung durch Netzbetreiber	-	
Variation	-	

### **Versorgungsunterbrechungen (Nr. 14) entfällt wegen geringer Relevanz**

Definition (Berechnung)	durchschn. Dauer ungeplanter Versorgungsunterbrechungen bzw. -störungen je Kunde bzw. AL pro Jahr		
Einheit	min / AL*a		
Wertebereich (Parameterraum)	gut	mittel	schlecht
		10...15	
Wertequelle	W 1100-2, S. 86; "Durchschnitt bei Probeerhebungen"		
Abhängigkeit	-		
Aussage	Zustand	Instandhaltung	
	x		
Eigene Einschätzung	Relevanz / Nutzen	Erfassungsaufwand	
	mittel	gering	
Einschätzung Netzbetreiber	gering	%	
Eigene Erklärung zur Auswahl / Bewertung	Aussage über Qualität und Geschwindigkeit von Reparaturen/Instandhaltung, aber Wertebereich schwer abschätzbar		
Erklärung Auswahl / Bewertung durch Netzbetreiber	-		
Variation	-		

### **Erfüllung (Rohr-)Netzinspektion (Nr. 15)**

Definition (Berechnung)	(Jährlich inspizierte Netzlänge (ohne AL) / Netzlänge (ohne AL)) * 100 * Inspektionsturnus		
Einheit	%		
Wertebereich (Parameterraum)	gut	mittel	schlecht
	>= 90%	-	< 90%
Wertequelle	eigene Annahme nach W 400-3-B1		
Abhängigkeit	Inspektionsturnus gem. W 400-3-B1: 6 Jahre bei qVR (Nr.17) "gut"; 3 Jahre bei qVR "mittel"; 1 Jahr bei qVR "schlecht"		

Aussage	Zustand	Instandhaltung
	x	x
Eigene Einschätzung	Relevanz / Nutzen	Erfassungsaufwand
	hoch	gering
Einschätzung Netzbetreiber	%	%
Eigene Erklärung zur Auswahl / Bewertung	Kennzeichnet Einhaltung von Inspektion (und Wartung)	
Erklärung Auswahl / Bewertung durch Netzbetreiber	%	
Variation	-	

### Erfüllung Armatureninspektion (Nr. 15a, eigene Variation)

Definition (Berechnung)	(Jährlich inspizierte Armaturen / Gesamtanzahl Armaturen) * 100 * Inspektionsturnus		
Einheit	%		
Wertebereich (Parameterraum)	gut	mittel	schlecht
	>= 90%	-	< 90%
Wertequelle	eigene Variation		
Abhängigkeit	Inspektionsturnus gem. W 400-3-B1: 8 Jahre wenn Nr. 10 "gut"; 6 Jahre bei Nr. 10 "mittel"; 4 Jahre bei Nr. 10 "schlecht"		
Aussage	Zustand	Instandhaltung	
	x	x	
Eigene Einschätzung	Relevanz / Nutzen	Erfassungsaufwand	
	mittel	gering	
Einschätzung Netzbetreiber	%	%	
Eigene Erklärung zur Auswahl / Bewertung	Kennzeichnet Einhaltung von Inspektion (und Wartung)		
Erklärung Auswahl / Bewertung durch Netzbetreiber	%		
Variation	-		

### Erfüllung Hydranteninspektion (Nr. 15b, eigene Variation)

Definition (Berechnung)	(Jährlich inspizierte Hydranten / Gesamtanzahl Hydranten) * 100 * Inspektionsturnus		
Einheit	%		
Wertebereich (Parameterraum)	gut	mittel	schlecht
	>= 90%	-	< 90%
Wertequelle	eigene Variation		
Abhängigkeit	Inspektionsturnus gem. W 400-3-B1: 8 Jahre wenn Nr. 12 "gut"; 6 Jahre bei Nr. 12 "mittel"; 4 Jahre bei Nr. 12 "schlecht"		

Aussage	Zustand	Instandhaltung
	x	x
Eigene Einschätzung	Relevanz / Nutzen	Erfassungsaufwand
	mittel	gering
Einschätzung Netzbetreiber	%	%
Eigene Erklärung zur Auswahl / Bewertung	Kennzeichnet Einhaltung von Inspektion (und Wartung)	
Erklärung Auswahl / Bewertung durch Netzbetreiber	%	
Variation	-	

### Leckkontrolle (Nr. 16)

Definition (Berechnung)	(Netzlänge mit aktiver Leckkontrolle im Erhebungszeitraum / Netzlänge (ohne AL)) * 100		
Einheit	%		
Wertebereich (Parameterraum)	gut	mittel	schlecht
	$\geq 95\%$	$\geq 50\%$ bis $\leq 95\%$	$< 50\%$
Wertequelle	eigene Annahme nach W 1100-2; W 392, Tabelle 2		
Abhängigkeit	-		
Aussage	Zustand	Instandhaltung	
	x		
Eigene Einschätzung	Relevanz / Nutzen	Erfassungsaufwand	
	hoch	gering	
Einschätzung Netzbetreiber	%	%	
Eigene Erklärung zur Auswahl / Bewertung	Möglichkeit, Schäden frühzeitig zu erkennen und Folgeschäden zu minimieren; erhöht die Qualität der Netzinspektion		
Erklärung Auswahl / Bewertung durch Netzbetreiber	%		
Variation	-		

### Reale Verluste je Leitungslänge $q_{VR}$ (Nr. 17)

Definition (Berechnung)	realer Wasserverlust / (8760 * Netzlänge (ohne AL))		
Einheit	$m^3 / (km \cdot h)$		
Wertebereich (Parameterraum)	gut	mittel	schlecht
	$Q_E/L_N > 15000$ $m^3/(km \cdot a)$	$0,1 \leq q_{VR} \leq 0,2$	$q_{VR} > 0,2$
$5000 m^3/(km \cdot a) \leq Q_E/L_N \leq$	$q_{VR} < 0,07$	$0,07 \leq q_{VR} \leq 0,15$	$q_{VR} > 0,15$

15000 m <sup>3</sup> /(km*a)			
$Q_{E/LN} < 5000$ m <sup>3</sup> /(km*a)	$q_{VR} < 0,05$	$0,05 \leq q_{VR} \leq 0,10$	$q_{VR} > 0,10$
Wertequelle	W 400-3-B1; Berechnung gem. W 392		
Abhängigkeit	s. einzelne Zeilen Wertebereich (Parameterraum)		
Aussage	Zustand	Instandhaltung	
	x		
Eigene Einschätzung	Relevanz / Nutzen	Erfassungsaufwand	
	hoch	gering	
Einschätzung Netzbetreiber	%	mittel	
Eigene Erklärung zur Auswahl / Bewertung	nach Regelwerk Indikator für Schäden		
Erklärung Auswahl / Bewertung durch Netzbetreiber	umfangreiche Betrachtungen notwendig		
Variation	zus. Kennzahlenfunktion: Werte der letzten 10 Jahre für Tendenz + Interpolation nächste 10 Jahre		

**Infrastruktur Verlust Index ILI (Nr. 18)** entfällt wegen aktuell geringer Anwendung in Deutschland, evtl. Aufnahme in der Zukunft

Definition (Berechnung)	reale Verluste / technisch unvermeidbare Verluste		
Einheit	-		
Wertebereich (Parameterraum)	gut	mittel	schlecht
	$\leq 2$	$> 2$ bis $\leq 4$	$> 4$
Wertequelle	W 400-3-B1		
Abhängigkeit	bestimmt Rohrnetz-Inspektionsturnus in Abhängigkeit von der Schadensrate (Nr. 8 + 9)		
Aussage	Zustand	Instandhaltung	
	x		
Eigene Einschätzung	Relevanz / Nutzen	Erfassungsaufwand	
	hoch	mittel	
Einschätzung Netzbetreiber	?	?	
Eigene Erklärung zur Auswahl / Bewertung	höherer Erhebungsaufwand als oben, in Deutschland bisher eher unüblich		
Erklärung Auswahl / Bewertung durch Netzbetreiber	-		
Variation	-		

**Trinkwasserqualität (Nr. 19)** dient der räumlichen Eingrenzung von Rehabilitationsmaßnahmen, wenig Aussagekraft über generellen Zustand

Definition (Berechnung)	Prozentualer Anteil Trinkwasserparameter in Übereinstimmung mit gesetzlichen Vorgaben / alle im Erhebungszeitraum gemessenen Trinkwasserparameter		
Einheit	%		
Wertebereich (Parameterraum)	gut	mittel	schlecht
	100%		
Wertequelle	W 1100-2		
Abhängigkeit	-		
Aussage	Zustand	Instandhaltung	
	x		
Eigene Einschätzung	Relevanz / Nutzen	Erfassungsaufwand	
	gering	gering	
Einschätzung Netzbetreiber	mittel	%	
Eigene Erklärung zur Auswahl / Bewertung	geringe Aussagekraft, keine Verknüpfung mit anderen Kennzahlen		
Erklärung Auswahl / Bewertung durch Netzbetreiber	-		
Variation	-		

**Managementsysteme (Nr. 20)** entfällt, da keine Aussage über Instandhaltung an sich

Definition (Berechnung)	QM nach ISO 9001 oder TSM nach DVGW W 1000		
Einheit	ja / nein		
Wertebereich (Parameterraum)	gut	mittel	schlecht
	ja		
Wertequelle	W 1100-2		
Abhängigkeit	-		
Aussage	Zustand	Instandhaltung	
	x		
Eigene Einschätzung	Relevanz / Nutzen	Erfassungsaufwand	
	mittel	gering	
Einschätzung Netzbetreiber	gering	%	
Eigene Erklärung zur Auswahl / Bewertung	kennzeichnet Einhaltung rechtlicher Anforderungen		
Erklärung Auswahl / Bewertung durch Netzbetreiber	<ul style="list-style-type: none"> <li>managementbezogen bzw. organisatorisch, regelt Verantwortlichkeiten</li> <li>bezieht sich nicht inhaltlich auf die Instandhaltung, sondern auf generelle Durchführung derselben</li> </ul>		
Variation	-		

**Leitungsrehabilitation (Nr. 48)** entfällt; umfasst ggü. Nr. 51 zusätzlich die Rohrreinigung, die keine Auswirkung auf Schäden bzw. Wasserverluste hat (s. Kennzahlen mit Aussage Zustand)

Definition (Berechnung)	(Länge der pro Jahr gereinigten, sanierten und erneuerten Netzlänge (ohne AL) / gesamte Netzlänge (ohne AL)) * 100		
Einheit	%		
Wertebereich (Parameterraum)	gut	mittel	schlecht
	~ 1/ND		
Wertequelle	W 1100-2		
Abhängigkeit	Nutzungsdauer/"Lebensdauer", durchschnittliches Leitungs- bzw. Netzalter, Schadenshäufigkeit ist / soll		
Aussage	Zustand	Instandhaltung	
		x	
Eigene Einschätzung	Relevanz / Nutzen	Erfassungsaufwand	
	gering	generell gering, materialspezifisch hoch	
Einschätzung Netzbetreiber	%	generell %, materialspezifisch gering	
Eigene Erklärung zur Auswahl / Bewertung	wenig aussagekräftig, da Reha-Rate häufig schwankt; Reinigung hat keine Auswirkung auf Schäden und Wasserverluste (s. Kennzahlen mit Aussage Zustand)		
Erklärung Auswahl / Bewertung durch Netzbetreiber	-		
Variation	-		

**Leitungsrehabilitation (10-Jahres-Durchschnitt) (Nr. 49)** entfällt; umfasst ggü. Nr. 52 zusätzlich die Rohrreinigung, die keine Auswirkung auf Schäden bzw. Wasserverluste hat (s. Kennzahlen mit Aussage Zustand)

Definition (Berechnung)	10-Jahres-Mittelwert zu Nr. 48, größere Aussagekraft, da Reha-Rate schwanken kann		
Einheit	%		
Wertebereich (Parameterraum)	gut	mittel	schlecht
	~ 1/ND		
Wertequelle	W 1100-2		
Abhängigkeit	Nutzungsdauer/"Lebensdauer", durchschnittliches Leitungs- bzw. Netzalter, Schadenshäufigkeit ist / soll		
Aussage	Zustand	Instandhaltung	
		x	
Eigene Einschätzung	Relevanz / Nutzen	Erfassungsaufwand	
	mittel	generell gering, materialspezifisch hoch	
Einschätzung Netzbetreiber	%	generell %, materialspezifisch gering	

Eigene Erklärung zur Auswahl / Bewertung	Ggü. Nr. 52 erfasste Reinigung hat keine Auswirkung auf Schäden und Wasserverluste (s. Kennzahlen mit Aussage Zustand)
Erklärung Auswahl / Bewertung durch Netzbetreiber	-
Variation	-

### (Nachhaltige Netzrehabilitation) - "Nachhaltigkeit Leitungsrehabilitation" (Nr. 50)

Definition (Berechnung)	$(\text{Nr. 49 bzw. 52 } [\%/a]) / ((\text{Nr. 17} / \text{Nr. 17 "gut"}) * (\text{Nr. 8} / \text{Nr. 8 "gut"}))$		
Einheit	-		
Wertebereich (Parameterraum)	gut	mittel	schlecht
	0,8 - 1,2	> 1,2 (unnötiger Substanzaufbau => unwirtschaftlich)	< 0,8 (Substanzverlust droht)
Wertequelle	Nachhaltigkeitskennzahl nach Schlicht und Heyen; Variante Gelsenwasser		
Abhängigkeit	s. Definition		

Aussage	Zustand	Instandhaltung
		x
Eigene Einschätzung	Relevanz / Nutzen	Erfassungsaufwand
	hoch	entfällt
Einschätzung Netzbetreiber	?	%
Eigene Erklärung zur Auswahl / Bewertung	einfache Bewertungsmöglichkeit ohne Hinzuziehung der Nutzungsdauer	
Erklärung Auswahl / Bewertung durch Netzbetreiber	-	
Variation	-	

**Leitungssanierung und -erneuerung (Reha-Rate) (Nr. 51)** entfällt, da weniger aussagekräftig als Nr. 52

Definition (Berechnung)	$(\text{Länge der pro Jahr sanierten} + \text{erneuerten Netzlänge (ohne AL)} / \text{gesamte Netzlänge (ohne AL)}) * 100$		
Einheit	%		
Wertebereich (Parameterraum)	gut	mittel	schlecht
	~ 1/ND		
Wertequelle	W 1100-2		

Abhängigkeit	Nutzungsdauer/"Lebensdauer", durchschnittliches Leitungs- bzw. Netzalter, Schadenshäufigkeit ist / soll	
Aussage	Zustand	Instandhaltung
		x
Eigene Einschätzung	Relevanz / Nutzen	Erfassungsaufwand
	gering	generell gering, materialspezifisch hoch
Einschätzung Netzbetreiber	%	generell %, materialspezifisch gering
Eigene Erklärung zur Auswahl / Bewertung	wenig aussagekräftig, da Reha-Rate häufig schwankt	
Erklärung Auswahl / Bewertung durch Netzbetreiber	%	
Variation	-	

### Leitungssanierung und -erneuerung (10-Jahres-Durchschnitt) (Nr. 52)

Definition (Berechnung)	10-Jahres-Mittelwert zu Nr. 51, größere Aussagekraft, da Reha-Rate schwanken kann		
Einheit	%		
Wertebereich (Parameterraum)	gut	mittel	schlecht
	0,9 ... 1,1 * 1/ND	> 1,1 * 1/ND ("zu viel" => unwirtschaftlich)	< 0,9 * 1/ND ("zu wenig" => Substanzverlust)
Wertequelle	eigene Annahme nach W 1100-2		
Abhängigkeit	Nutzungsdauer/"Lebensdauer", durchschnittliches Leitungs- bzw. Netzalter, Schadenshäufigkeit ist / soll		
Aussage	Zustand	Instandhaltung	
		x	
Eigene Einschätzung	Relevanz / Nutzen	Erfassungsaufwand	
	hoch	generell gering, materialspezifisch hoch	
Einschätzung Netzbetreiber	%	generell %, materialspezifisch gering	
Eigene Erklärung zur Auswahl / Bewertung	gezielte Rehabilitation verbessert den Netzzustand hinsichtlich Schäden, Wasserverlusten und Risiken langfristig und dauerhaft		
Erklärung Auswahl / Bewertung durch Netzbetreiber	-		
Variation	zus. geplante, durchschnittliche Reha-Rate der nächsten 10 Jahre		

**Anschlussleitungsrehabilitation (10-Jahres-Durchschnitt) (Nr. 53)** entfällt, da keine Wertebereiche definierbar

Definition (Berechnung)	(Anzahl der pro Jahr veränderten + erneuerten Anschlussleitungen (10a-Durchschnitt) / Gesamtzahl Anschlussleitungen) * 100		
Einheit	%		
Wertebereich (Parameterraum)	gut	mittel	schlecht
	?	?	?
Wertequelle	-		
Abhängigkeit	Nutzungsdauer/"Lebensdauer", durchschnittliches Leitungs- bzw. Netzalter, Schadenshäufigkeit ist / soll		
Aussage	Zustand	Instandhaltung	
		x	
Eigene Einschätzung	Relevanz / Nutzen	Erfassungsaufwand	
	hoch	generell gering, materialspezifisch hoch	
Einschätzung Netzbetreiber	%	generell %, materialspezifisch gering	
Eigene Erklärung zur Auswahl / Bewertung	gezielte Rehabilitation verbessert den Netzzustand hinsichtlich Schäden, Wasserverlusten und Risiken langfristig und dauerhaft. Problem: keine Wertebereiche auffindbar, Bewertungsansatz 1/ND fraglich		
Erklärung Auswahl / Bewertung durch Netzbetreiber	-		
Variation	-		

**Mittlere jährliche Investitionen Netz je km Rohrnetzlänge (10-Jahres-Betrachtung) (Nr. 58)** entfällt, da Aussage nicht auf Rohrnetz begrenzt ist

Definition (Berechnung)	mittlere jährliche Investitionen für Anlagen und Ausrüstungen im Wassernetz der letzten 10 Jahre / Rohrnetzlänge		
Einheit	EUR / km		
Wertebereich (Parameterraum)	gut	mittel	schlecht
	?	?	?
Wertequelle	-		
Abhängigkeit			
Aussage	Zustand	Instandhaltung	
		x	
Eigene Einschätzung	Relevanz / Nutzen	Erfassungsaufwand	
	?	?	
Einschätzung Netzbetreiber	%	%	
Eigene Erklärung zur Auswahl / Bewertung	Mögliche Aussage über Investitionen, allerdings nicht auf Rohrnetz begrenzt; zu Ausrüstungen gehören beispielsweise auch Fahrzeuge		

Erklärung Auswahl / Bewertung durch Netzbetreiber	%
Variation	-

**Sanierungs- und Ersatzinvestitionsquote Wasserversorgung (Nr. 59)** entfällt wegen hohem Aggregationsgrad bzw. Komplexität und möglicher unterschiedlicher Auffassung der Datenvariablen je Unternehmen

Definition (Berechnung)	((Betriebsaufwand für Sanierung und Instandsetzung der Anlagen für Transport-, Speicher- und Versorgungssysteme + Ersatz- und Erneuerungsinvestitionen vorgenannter Anlagen + Betriebsaufwand Sanierung und Instandsetzung der Anlagen für Wassergewinnung und -aufbereitung + Ersatz- und Erneuerungsinvestitionen vorgenannter Anlagen) / historischer Anschaffungswert Sachanlagen Wasserversorgung) * 100		
Einheit	%		
Wertebereich (Parameterraum)	gut	mittel	schlecht
	?	?	?
Wertequelle	-		
Abhängigkeit			
Aussage	Zustand	Instandhaltung	
		x	
Eigene Einschätzung	Relevanz / Nutzen	Erfassungsaufwand	
	?	?	
Einschätzung Netzbetreiber	%	hoch	
Eigene Erklärung zur Auswahl / Bewertung	hoher Aggregationsgrad bzw. Komplexität, keine einfach handhabbare Kennzahl		
Erklärung Auswahl / Bewertung durch Netzbetreiber	%, Auffassung der Eingangsgrößen kann von Unternehmen zu Unternehmen variieren		
Variation	-		

## Anlage 5 Instandhaltungsscheck (InCh) Trinkwassernetze

Nachfolgend werden die Haupt- und Unterkriterien des Instandhaltungsschecks vorgestellt. Hierbei handelt es sich um einen ersten Vorentwurf. Die einzelnen Kennwerte werden dabei in tabellarischer Form inklusive Berechnung und Bewertung dargestellt. Die **fettgedruckten** Zahlen in den Berechnungen entsprechen der jeweiligen Variablennummer aus Anlage 4, diese Variablen sind zur Teilnahme an dem Instandhaltungsscheck durch den Netzbetreiber zu liefern. Die Berechnung der Kennwerte erfolgt, falls nicht anders angegeben, wie jeweils unter „Definition (Berechnung)“ in Anlage 3 angegeben, der Bezug zu den dort ausgewählten Kennzahlen ist über die in der jeweiligen Tabellenüberschrift angeführte eingeklammerte „Nr.“ hergestellt. Die Bewertung pro Kennzahl bzw. Unterkriterium ist ebenfalls aus diesem Kapitel übernommen, die Farbe Grün steht für „gut“, Gelb für „mittel“ und Rot für „schlecht“.

Am Ende des Abschnitts eines jeden Hauptkriteriums wird auf mögliche Aussagen zu den jeweiligen Bewertungen der Unterkriterien eingegangen. Die Bewertung des Hauptkriteriums entspricht grundsätzlich der schlechtesten Bewertung aus den Unterkriterien.

### Zustandsbewertung

Mit diesem Hauptkriterium soll die Frage „Wie ist der aktuelle Netzzustand einzuschätzen?“ beantwortet werden.

Zur Bildung der Unterkriterien innerhalb des Hauptkriteriums dienen:

### **Leitungsschäden**

Nach (DVGW, 2016) sind hinsichtlich der Bewertung der Schadensraten die Schäden nach den drei Gruppen Zubringer- und Fernleitungen, Haupt- und Versorgungsleitungen sowie Anschlussleitungen zu unterscheiden.

Die Schadensraten der Gruppen werden, wie in folgender Tabelle 1 dargestellt, berechnet und bewertet:

**Tabelle 1: Berechnung und Bewertung der Schadensrate je Leitungsart (Nr. 8)**

Gruppe	Berechnung	Bewertung
Zubringer- und Fernleitungen [n/100km*a]	$\frac{1a}{4a} \times 100$	$\leq 1$
		$> 1$ bis $\leq 5$

		> 5
Haupt- und Versorgungsleitungen [n/100km*a]	$\frac{2a}{5a} \times 100$	<= 10
		> 10 bis <= 50
		> 50
Anschlussleitungen [n/1000AL*a]	$\frac{3a}{6a} \times 1000$	<= 5
		> 5 bis <= 10
		> 10

## Aktive Leckkontrolle

**Tabelle 2: Berechnung und Bewertung der aktiven Leckkontrolle (Nr. 16)**

Kennzahl	Berechnung	Bewertung
Aktive Leckkontrolle [%]	$\frac{7}{4a + 5a} \times 100$	>= 95
		>= 50 bis <= 95
		< 50

## Reale Verluste je Leitungslänge qVR

**Tabelle 3: Berechnung und Bewertung der realen Verluste je Leitungsart (Nr. 17)**

Kennzahl	Berechnung	Abhängigkeit	Bewertung
Reale Verluste je Leitungslänge [m <sup>3</sup> /(km*h)]	$\frac{8a}{8760 \times (4a + 5a)}$	$\frac{9}{1a + 2a} \frac{m^3}{km \times a}$ > 15000	< 0,1
			>= 0,1 bis <= 0,2
			> 0,2
		$\frac{9}{5000} \frac{m^3}{km \times a}$ ≤ $\frac{9}{1a + 2a} \frac{m^3}{km \times a}$ ≤ 15000	< 0,07
			>= 0,07 bis <= 0,15
			> 0,15
			< 0,05
		$\frac{9}{1a + 2a} \frac{m^3}{km \times a}$ < 5000	>= 0,05 bis <= 0,1
			> 0,1

Die in obenstehender Tabelle 3 genannte Abhängigkeit beschreibt die Netzstruktur durch das Verhältnis von Einspeisemenge zu Rohrnetzlänge und Jahr: bei Netzen mit mehr als 15.000 m<sup>3</sup>/(km\*a) wird von einer großstädtischen Versorgungsstruktur gesprochen, zwischen 5.000 und 15.000 m<sup>3</sup>/(km\*a) von einer städtischen Versorgungsstruktur, darunter von einer ländlichen Versorgungsstruktur (vgl. DVGW, 2016).

## Bewertung / Aussage Unterkriterien

Eine geeignete Möglichkeit zur bewertenden Beschreibung der Zusammenhänge der Kennzahlen Wasserverluste (s. Tabelle 3), aktive Leckkontrolle (s. Tabelle 2)



**Tabelle 4: Bewertung Netzzustand (↓=gering, →=mittel, ↑=hoch)**

Wasserverluste	Leckkontrolle	Schadensraten	Bewertung
↓	↑→	↓	Alles OK
↓	↓→	↓	Wahrscheinlich OK
→↓	↑	→	Schäden schnell gefunden (Trend beobachten)
↓→	↑	↑	Schäden sehr schnell gefunden (ev. Erneuerung)
→	↓→	?	Unsichere Schadenssituation (Kontrolle intensivieren)
↑	↑→	↓→	Manche bis viele Schäden werden nicht gefunden (Kontrolle intensivieren, Suchmethode anpassen)
↑	↓	?	Schäden unbekannt (Gefahr!, Überprüfung)
↑	↑	↑	Zustand schlecht (Erneuerung)

Hieraus ergibt sich folgendes grundsätzliches Bewertungsprinzip: halten sich Wasserverluste und Schadensraten im geringen (grün) oder mittleren Bereich (gelb) auf, führt dies zur Gesamtbewertung grün (gut). Sind entweder die Wasserverluste oder die Schadensraten im hohen oder unbekanntem Bereich (rot), führt dies zur Gesamtbewertung gelb (mittel). Befinden sich Wasserverluste und Schadensraten im hohen oder unbekanntem Bereich (rot), führt dies zur Gesamtbewertung rot (schlecht). Die Höhe der Leckkontrolle definiert die jeweilige Aussage der Gesamtbewertung innerhalb der drei Bewertungsstufen.

Die Bewertung samt Aussage nach diesem Schema findet mit folgenden Kennzahlen je Unterkriterium (unterstrichen) statt:

- Zubringer- und Fernleitungen: Schadensrate Zubringer- und Fernleitungen / aktive Leckkontrolle / Reale Verluste je Leitungslänge  $q_{VR}$
- Haupt- und Versorgungsleitungen: Schadensrate Haupt- und Versorgungsleitungen / aktive Leckkontrolle / Reale Verluste je Leitungslänge  $q_{VR}$
- Anschlussleitungen: Schadensrate Anschlussleitungen / aktive Leckkontrolle / Reale Verluste je Leitungslänge  $q_{VR}$

### **Zustandsentwicklungsbewertung**

Dieses Hauptkriterium soll die Frage „Wie entwickelt sich der (vermutliche) Netzzustand aufgrund der Vergangenheit in den nächsten 10 Jahren?“ beantworten.

Dazu werden jeweils für

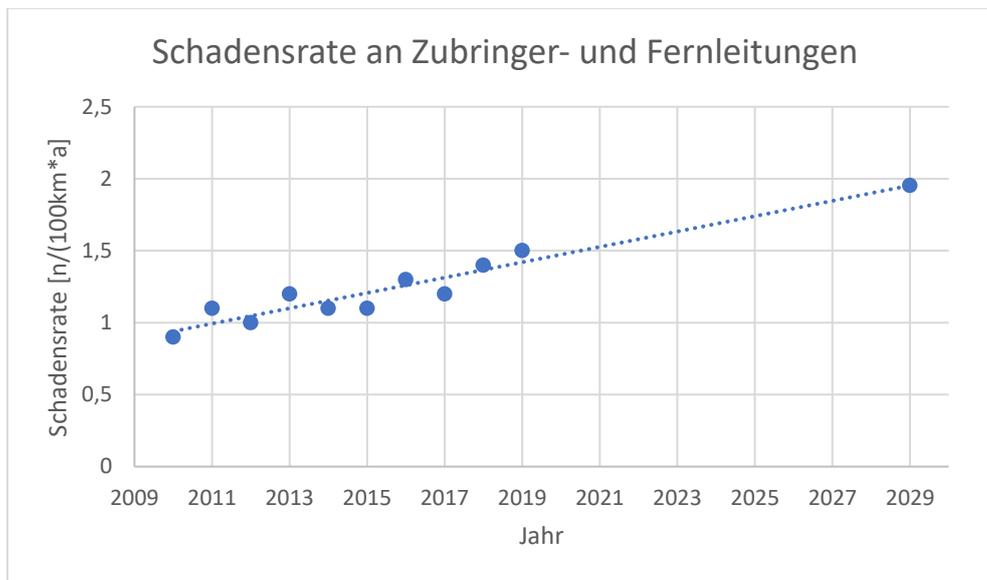
- Leitungsschäden an Zubringer- und Fernleitungen,
- Leitungsschäden an Haupt- und Versorgungsleitungen,
- Leitungsschäden an Anschlussleitungen
- und reale Verluste pro Leitungslänge  $q_{VR}$

nach den in dem Abschnitt Zustandsbewertung definierten Berechnungen Einzelwerte für die vergangenen 10 Jahre berechnet. Aus diesen wird, z.B. mittels eines Tabellenkalkulationsprogramms, ein linearer Trend berechnet und 10 Jahre in die Zukunft interpoliert.

Zur Veranschaulichung dieses Vorgehens dient folgende Tabelle 5 mit beispielhaften Werten der Schadensrate an Zubringer- und Fernleitungen sowie das zugehörige Diagramm in Abbildung 2:

**Tabelle 5: Beispiel Schadensrate Zubringer- und Fernleitungen**

Jahr	Berechnung	Schadensrate Zubringer- und Fernleitungen
2010	$(1j/4j)*100$	0,9
2011	$(1i/4i)*100$	1,1
2012	$(1h/4h)*100$	1
2013	$(1g/4g)*100$	1,2
2014	$(1f/4f)*100$	1,1
2015	$(1e/4e)*100$	1,1
2016	$(1d/4d)*100$	1,3
2017	$(1c/4c)*100$	1,2
2018	$(1b/4b)*100$	1,4
2019	$(1a/4a)*100$	1,5
2029	-	1,95



**Abbildung 2: Diagramm zum Beispiel Schadensrate an Zubringer- und Fernleitungen**

Aus Gründen der Vereinfachung wird im Rahmen dieses Vorentwurfs zunächst angenommen, dass der Anteil der mit aktiver Leckkontrolle versehen Leitungslänge sowie der Quotient aus Netzeinspeisung  $Q_E$  und Leitungslänge über die Zeit konstant bleiben.

### **Bewertung / Aussage Unterkriterien**

Auch hier wird das im Abschnitt Zustandsbewertung aufgeführte Schema zur Netzzustandsbewertung nach Neunteufel et al. zur Bewertung des Netzzustands in 10 Jahren genutzt, die Unterkriterien sind dieselben. Zusätzlich wird der Trend der Schadensraten bewertet:

- steigt dieser an, deutet dies auf unzureichende Instandhaltungsmaßnahmen hin
- bleibt dieser etwa gleich oder sinkt, deutet dies auf mindestens ausreichende Instandhaltungsmaßnahmen hin

### **Qualität der Zustandserfassung**

Mit diesem Hauptkriterium soll die Frage „Wird die Inspektionsleistung nach DVGW W-403-B1 erfüllt?“ beantwortet werden.

### a) Erfüllung Rohrnetzinspektion

**Tabelle 6: Berechnung und Bewertung der Erfüllung der Rohrnetzinspektion (Nr. 15)**

Kennzahl	Berechnung	Bewertung
Erfüllung Rohrnetzinspektion [%]	$\frac{10}{4a + 5a} \times 100 \times Turnus$	$\geq 90$
		-
		$< 90$

Der Turnus für die Berechnung in Tabelle 6 ergibt sich dabei aus der Bewertung der realen Verluste je Leitungslänge (s. Tabelle 7):

**Tabelle 7: Turnus der Rohrnetzinspektion**

Bewertung	Turnus [a]
gut	6
mittel	3
schlecht	1

### b) Erfüllung Absperrarmatureninspektion

**Tabelle 8: Berechnung und Bewertung der Erfüllung der Absperrarmatureninspektion (Nr. 15a)**

Kennzahl	Berechnung	Bewertung
Erfüllung Armatureninspektion [%]	$\frac{11}{13} \times 100 \times Turnus$	$\geq 90$
		-
		$< 90$

Der Turnus für die Berechnung in Tabelle 8 ergibt sich dabei aus der Bewertung der Absperrarmaturenschadensrate (s. Tabelle 9):

**Tabelle 9: Turnus der Absperrarmatureninspektion**

Berechnung	Bewertung	Turnus [a]
$\frac{12}{13} \times 1000$	$\leq 25$	8
	$> 25$ bis $\leq 75$	6
	$> 75$	4

### c) Erfüllung Hydranteninspektion

**Tabelle 10: Berechnung und Bewertung der Erfüllung der Hydranteninspektion (Nr. 15b)**

Kennzahl	Berechnung	Bewertung
Erfüllung Hydranteninspektion [%]	$\frac{14}{16} \times 100 \times Turnus$	$\geq 90$
		-
		$< 90$

Der Turnus für die Berechnung in Tabelle 10 ergibt sich dabei aus der Bewertung der Hydrantenschadensrate (s. Tabelle 11):

**Tabelle 11: Turnus der Hydranteninspektion**

Berechnung	Bewertung	Turnus [a]
$\frac{15}{16} \times 1000$	$\leq 25$	8
	$> 25$ bis $\leq 75$	6
	$> 75$	4

### Aussage Unterkriterien

Abhängig von der Bewertung können folgende Aussagen getroffen werden:

- gut: Inspektionsleistung nach Regelwerk
- schlecht: Inspektionsleistung muss erhöht werden

### Aktuelle Rehabilitation

Dieses Hauptkriterium soll die Frage „Ist die aktuelle Sanierungs- und Erneuerungsrate ausreichend?“ beantworten.

Im Folgenden werden zwei Varianten zur Ermittlung, abhängig von der verfügbaren Datenbasis beim Teilnehmer, aufgeführt.

### Aktuelle Rehabilitation, falls Nutzungsdauern und Reha-Raten pro Material unbekannt

**Tabelle 12: Berechnung und Bewertung der Nachhaltigkeit der Leitungsrehabilitation je Leitungsart (Nr. 50)**

Kennzahl	Berechnung	Bewertung
Nachhaltigkeit Leitungsrehabilitation Zubringer- und Fernleitungen [-]	$\frac{17}{\frac{8a}{8760 \times (4a + 5a)} \times \frac{1a}{4a} \times 100} \times \text{Schadensrate Zubringer und Fernleitungen, gut}$	0,8 bis 1,2
		$> 1,2$
		$< 0,8$
Nachhaltigkeit Leitungsrehabilitation Haupt- und Versorgungsleitungen [-]	$\frac{17}{\frac{8a}{8760 \times (4a + 5a)} \times \frac{2a}{5a} \times 100} \times \text{Schadensrate Haupt und Versorgungsleitungen, gut}$	0,8 bis 1,2
		$> 1,2$
		$< 0,8$

Der Wert  $q_{VR, gut}$  entspricht dem unter Beachtung der dort angegebenen Abhängigkeit guten Wert der Bewertung im Abschnitt Zustandsbewertung c) (s. Tabelle 13):

**Tabelle 13: Werte für  $q_{VR, gut}$** 

Abhängigkeit	$q_{VR, gut} [m^3/(km \cdot h)]$
$\frac{9}{1a + 2a} > 15000 \frac{m^3}{km \times a}$	0,1
$5000 \frac{m^3}{km \times a} \leq \frac{9}{1a + 2a} \leq 15000 \frac{m^3}{km \times a}$	0,07
$\frac{9}{1a + 2a} < 5000 \frac{m^3}{km \times a}$	0,05

Die Werte „Schadensrate Zubringer- und Fernleitungen, gut“ und „Schadensrate Haupt- und Versorgungsleitungen, gut“ entsprechen dem jeweils zugehörigen guten Wert der Bewertung im Abschnitt Zustandsbewertung a) (s. Tabelle 14):

**Tabelle 14: Werte für gute Schadensraten je Leitungsart**

Schadensrate an	Schadensrate, gut [ $n/100km \cdot a$ ]
Zubringer- und Fernleitungen	1
Haupt- und Versorgungsleitungen	10

Der „Mittelwert der jährlichen Sanierungs- und Erneuerungsrate der letzten 10 Jahre ohne Anschlussleitungen“ (17) wird bei der Berechnung als identisch für Zubringer- und Fernleitungen sowie Haupt- und Versorgungsleitungen angenommen.

Anschlussleitungen werden hierbei nicht betrachtet, da die Nachhaltigkeitskennzahl nach DVGW-Merkblatt W 1100-2 nur auf Fern-, Zubringer-, Haupt- und Versorgungsleitungen anwendbar ist (vgl. DVGW, 2016).

### Aussage Unterkriterien

Abhängig von der Bewertung aus Tabelle 12 können Aussagen zu der Reha-Rate getroffen werden:

- gut: Reha-Rate ist ausreichend
- mittel: Reha-Rate ist zu hoch, es wird unnötig Substanz angebaut und zu viel investiert
- schlecht: Reha-Rate ist zu gering, es droht Substanzverlust, es wird zu wenig investiert

## Aktuelle Rehabilitation, falls Nutzungsdauern und Reha-Raten pro Material bekannt

**Tabelle 15: Berechnung und Bewertung der Reha-Rate je Leitungsgeneration (Nr. 52)**

Kennzahl	Berechnung	Bewertung
Reha-Rate Grauguss 1. Gen.	<b>19a</b>	$0,9 \dots 1,1 \times \frac{1}{20a} \times 100$
		$> 1,1 \times \frac{1}{20a} \times 100$
		$< 0,9 \times \frac{1}{20a} \times 100$
Reha-Rate Grauguss 2. Gen.	<b>19b</b>	$0,9 \dots 1,1 \times \frac{1}{20a} \times 100$
		$> 1,1 \times \frac{1}{20a} \times 100$
		$< 0,9 \times \frac{1}{20a} \times 100$
Reha-Rate duktiler Grauguss 1. Gen	<b>19c</b>	$0,9 \dots 1,1 \times \frac{1}{20a} \times 100$
		$> 1,1 \times \frac{1}{20a} \times 100$
		$< 0,9 \times \frac{1}{20a} \times 100$
Reha-Rate duktiler Grauguss 2. Gen	<b>19d</b>	$0,9 \dots 1,1 \times \frac{1}{20a} \times 100$
		$> 1,1 \times \frac{1}{20a} \times 100$
		$< 0,9 \times \frac{1}{20a} \times 100$
Reha-Rate Stahl	<b>19e</b>	$0,9 \dots 1,1 \times \frac{1}{20a} \times 100$
		$> 1,1 \times \frac{1}{20a} \times 100$
		$< 0,9 \times \frac{1}{20a} \times 100$
Reha-Rate PE	<b>19f</b>	$0,9 \dots 1,1 \times \frac{1}{20a} \times 100$
		$> 1,1 \times \frac{1}{20a} \times 100$
		$< 0,9 \times \frac{1}{20a} \times 100$
Reha-Rate PVC	<b>19g</b>	$0,9 \dots 1,1 \times \frac{1}{20a} \times 100$
		$> 1,1 \times \frac{1}{20a} \times 100$
		$< 0,9 \times \frac{1}{20a} \times 100$

Der Mittelwert der jährlichen Sanierungs- und Erneuerungsrate der letzten 10 Jahre (19) wird hierbei nicht berechnet, sondern direkt vom Teilnehmer abgefragt.

### Aussage Unterkriterien

Auch hierbei können, abhängig von der Bewertung aus Tabelle 15, Aussagen zu der Reha-Rate getroffen werden:

- gut: Reha-Rate ist ausreichend
- mittel: Reha-Rate ist zu hoch, es wird unnötig Substanz angebaut und zu viel investiert
- schlecht: Reha-Rate ist zu gering, es droht Substanzverlust, es wird zu wenig investiert

Die Materialgruppen aus Tabelle 15 wurden auf Basis von Tabelle 6 in Abschnitt 3.2.3.3 angenommen; hier ist im Einzelnen zu klären, ob diese in dieser Form auch beim teilnehmenden Netzbetreiber geführt werden. Alternativ können beispielsweise auch die Materialien ohne Einteilung in Generationen abgefragt werden. Zusätzlich kann die jeweils angegebene Nutzungsdauer mit Literaturwerten verglichen werden und im Falle von starken Abweichungen auf diese hingewiesen werden.

Sollte sich dies in Zukunft als sinnvoller erweisen, kann hier zur Bewertung alternativ die Restnutzungsdauer, Nutzungsdauer abzüglich des mittleren Alters, angesetzt werden.

### **Zukünftige Rehabilitation**

Dieses Hauptkriterium soll die Frage „Ist die zukünftige Sanierungs- und Erneuerungsrate ausreichend?“ beantworten.

Auch hier werden im Folgenden zwei Varianten zur Ermittlung, abhängig von der verfügbaren Datenbasis beim Teilnehmer, aufgeführt.

### **Zukünftige Rehabilitation, falls Nutzungsdauern und Reha-Raten pro Material unbekannt**

**Tabelle 16: Berechnung und Bewertung der zukünftigen Nachhaltigkeit der Leitungsrehabilitation je Leitungsart (Nr. 50)**

Kennzahl	Berechnung	Bewertung
Zukünftige Nachhaltigkeit Leitungsrehabilitation Zubringer- und Fernleitungen [-]	$\frac{18}{\frac{q_{VR,aktuell} + q_{VR,in\ 10a}}{2 \times q_{VR,gut}} \times \frac{SR_{Z+F,aktuell} + SR_{Z+F,in\ 10a}}{2 \times SR_{Z+F,gut}}}$	0,8 bis 1,2
		> 1,2
		< 1,2
Zukünftige Nachhaltigkeit Leitungsrehabilitation Haupt- und Versorgungsleitungen [-]	$\frac{18}{\frac{q_{VR,aktuell} + q_{VR,in\ 10a}}{2 \times q_{VR,gut}} \times \frac{SR_{H+V,aktuell} + SR_{H+V,in\ 10a}}{2 \times SR_{H+V,gut}}}$	0,8 bis 1,2
		> 1,2
		< 1,2

Der Wert  $q_{VR, \text{aktuell}}$  entspricht dem in Tabelle 3 berechneten Wert, der Wert  $q_{VR, \text{in } 10a}$  dem 10 Jahre in die Zukunft interpolierten Wert aus Tabelle 5.  $SR_{Z+F}$  steht für „Schadensrate Zubringer- und Fernleitungen“, der Wert mit dem Index „aktuell“ entspricht dem in Tabelle 1 berechneten Wert, der Wert mit dem Index „in 10a“ entspricht dem 10 Jahre in die Zukunft interpolierten Wert aus Tabelle 5. Dies gilt analog für  $SR_{H+V}$ , die „Schadensrate Haupt- und Versorgungsleitungen“.

Für die Werte mit dem zusätzlichen Index „gut“ gelten dieselben Regeln, wie sie in Tabelle 13 und Tabelle 14 aufgeführt sind.

Wie bei der aktuellen Rehabilitation wird auch hier der „Mittelwert der geplanten jährlichen Sanierungs- und Erneuerungsrate für die nächsten 10 Jahre ohne Anschlussleitungen“ als identisch für Zubringer- und Fernleitungen sowie Haupt- und Versorgungsleitungen angenommen. Analog zur Nutzung des vorgenannten Mittelwertes wird im Nenner jeweils der Mittelwert aus  $q_{VR, \text{aktuell}}$  und  $q_{VR, \text{in } 10a}$  bzw.  $SR_{\text{aktuell}}$  und  $SR_{\text{in } 10a}$  gebildet.

### Aussage Unterkriterium

Die möglichen Aussagen, je nach Bewertung aus Tabelle 16, sind dieselben wie im entsprechenden Abschnitt.

## Zukünftige Rehabilitation, falls Nutzungsdauern und Reha-Raten pro Material bekannt

**Tabelle 17: Berechnung und Bewertung der geplanten Reha-Rate je Leitungsgeneration (Nr. 52)**

Kennzahl	Berechnung	Bewertung
geplante Reha-Rate Grauguss 1. Gen.	<b>21a</b>	$0,9 \dots 1,1 \times \frac{1}{20a} \times 100$
		$> 1,1 \times \frac{1}{20a} \times 100$
		$< 0,9 \times \frac{1}{20a} \times 100$
geplante Reha-Rate Grauguss 2. Gen.	<b>21b</b>	$0,9 \dots 1,1 \times \frac{1}{20a} \times 100$
		$> 1,1 \times \frac{1}{20a} \times 100$
		$< 0,9 \times \frac{1}{20a} \times 100$
geplante Reha-Rate duktiler Grauguss 1. Gen	<b>21c</b>	$0,9 \dots 1,1 \times \frac{1}{20a} \times 100$
		$> 1,1 \times \frac{1}{20a} \times 100$

		$< 0,9 \times \frac{1}{20a} \times 100$
geplante Reha-Rate duktiler Grauguss 2. Gen	<b>21d</b>	$0,9 \dots 1,1 \times \frac{1}{20a} \times 100$
		$> 1,1 \times \frac{1}{20a} \times 100$
		$< 0,9 \times \frac{1}{20a} \times 100$
geplante Reha-Rate Stahl	<b>21e</b>	$0,9 \dots 1,1 \times \frac{1}{20a} \times 100$
		$> 1,1 \times \frac{1}{20a} \times 100$
		$< 0,9 \times \frac{1}{20a} \times 100$
geplante Reha-Rate PE	<b>21f</b>	$0,9 \dots 1,1 \times \frac{1}{20a} \times 100$
		$> 1,1 \times \frac{1}{20a} \times 100$
		$< 0,9 \times \frac{1}{20a} \times 100$
geplante Reha-Rate PVC	<b>21g</b>	$0,9 \dots 1,1 \times \frac{1}{20a} \times 100$
		$> 1,1 \times \frac{1}{20a} \times 100$
		$< 0,9 \times \frac{1}{20a} \times 100$

### Aussage Unterkriterium

Die möglichen Aussagen, je nach Bewertung aus Tabelle 17, sind dieselben wie im entsprechenden Abschnitt.

<b>In welcher Rechtsform wird die Abwasserentsorgung geführt?</b>	Freitext								
<input type="radio"/> Anstalt öffentlichen Rechts <input type="radio"/> Zweck- und Wasserverband <input type="radio"/> Eigenbetrieb / eigenbetriebsähnliche Einrichtung <input type="radio"/> Regiebetrieb <input type="radio"/> Eigengesellschaft (AG / GmbH) <input type="radio"/> Sonstige (z.B. Dritter über Betriebsführungsvertrag)									
<b>Wieviele Kilometer Kanal unterliegen dem Verantwortungsbereich des Betreibers?</b>									
<table border="1"> <tr> <td>Mischwasserkanalisation</td> <td>km</td> </tr> <tr> <td>Schmutzwasserkanalisation</td> <td>km</td> </tr> <tr> <td>Regenwasserkanalisation</td> <td>km</td> </tr> <tr> <td>Druck-/Unterdruckleitungen</td> <td>km</td> </tr> </table>	Mischwasserkanalisation	km	Schmutzwasserkanalisation	km	Regenwasserkanalisation	km	Druck-/Unterdruckleitungen	km	
Mischwasserkanalisation	km								
Schmutzwasserkanalisation	km								
Regenwasserkanalisation	km								
Druck-/Unterdruckleitungen	km								
<b>Welchem Bundesland gehört der Betreiber an? Die Zuordnung erfolgt nach dem amtlichen Gemeindegeschlüssel</b>									
<input type="radio"/> 1 = Schleswig-Holstein <input type="radio"/> 2 = Freie und Hansestadt Hamburg <input type="radio"/> 3 = Niedersachsen <input type="radio"/> 4 = Freie Hansestadt Bremen <input type="radio"/> 5 = Nordrhein-Westfalen <input type="radio"/> 6 = Hessen <input type="radio"/> 7 = Rheinland-Pfalz <input type="radio"/> 8 = Baden-Württemberg <input type="radio"/> 9 = Bayern <input type="radio"/> 10 = Saarland <input type="radio"/> 11 = Berlin <input type="radio"/> 12 = Brandenburg <input type="radio"/> 13 = Mecklenburg-Vorpommern <input type="radio"/> 14 = Sachsen <input type="radio"/> 15 = Sachsen-Anhalt <input type="radio"/> 16 = Thüringen									
<b>Besteht Transparenz bezüglich wichtiger Netzindikatoren (Mehrfachauswahl möglich)?</b>									
<input type="checkbox"/> Wir haben ein Abwasserbeseitigungskonzept <input type="checkbox"/> Wir haben konkrete Vorgaben für Sanierungsraten. <input type="checkbox"/> Wir haben konkrete Vorgaben für Reaktionsfristen bei Schäden mit sofortigem Handlungsbedarf. <input type="checkbox"/> Wir kennen den Substanzwert unseres Netzes. <input type="checkbox"/> Wir kennen die Substanzwertentwicklung unseres Netzes und berücksichtigen diese bei der Investitionsbedarfsplanung. <input type="checkbox"/> Wir sind uns der Unsicherheit über die Lebensdauer unserer Anlagen bewusst, kennen die Auswirkungen zu kurzer oder zu langer Lebensdauern auf unser Betriebsergebnis und managen die Unsicherheiten aktiv. <input type="checkbox"/> In der Gebührenbedarfsrechnung setzen wir kalkulatorische Kosten (Zinsen und/oder Abschreibungen) an, um die Neuschaffung unserer Anlagen gegenzufinanzieren. <input type="checkbox"/> Kalkulatorische Kosten, die über das Gebührenaufkommen erlost werden, stehen uns langfristig zur Verfügung, um in neue Anlagegüter zu investieren. Eine ungewollte Ausschüttung findet nicht statt. <input type="checkbox"/> Wir wissen, wie sich unsere Schmutz- und Niederschlagswassergebühren in Abhängigkeit verschiedener Investitions- und Sanierungsstrategien bzw. sonstiger Faktoren entwickeln.									
<b>Wie hoch ist der aktuelle Sollwert der Sanierungsrate?</b>									
Sollwert der Sanierungsrate	-								
<b>Wie hoch ist der relative Substanzwert?</b>									
Relativer Substanzwert	%								
<b>Ist das Investitionsbudget mit Sanierungsbedürfnissen abgestimmt und wird es flexibel angepasst?</b>									
<input type="radio"/> Es gibt zusätzlich langfristige Wirtschaftsplanungen (>= 10a), welche regelmäßig überprüft und aktualisiert werden <input type="radio"/> Das Budget wird auf Basis der Sanierungsbedürfnisse geplant. Im Geltungszeitraum wird es nicht angepasst <input type="radio"/> Das Budget ist mehr oder weniger fix und wird nicht den Sanierungsbedürfnissen nachgehalten									
<b>Sind die Sanierungsziele quantifiziert?</b>									
<input type="radio"/> Wirkungsziele (Kanalzustand, Substanzwert, ...) sind zahlenmäßig bewertet <input type="radio"/> Operative Ziele (Sanierungsraten, Budgetumsetzung, zulässiges Schadensalter, ...) sind zahlenmäßig bewertet <input type="radio"/> Die Ziele sind nicht zahlenmäßig bewertet									
<b>Gibt es Kenngrößen für Sanierungsziele?</b>									
<input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein									
<b>Sind die Sanierungsziele verbindlich?</b>									
<input type="radio"/> Wir vergleichen jährlich die Ist- und Sollperformance in Bezug auf die Einhaltung des Sanierungskonzeptes <input type="radio"/> Wir monitoren Kennzahlen (Entwicklung Zustandsklassen, Sanierungskosten, Maßnahmenanzahl, Sanierungslänge, Straßeneinbrüche, ...) <input type="radio"/> Ziele sind Orientierungswerte <input type="radio"/> Die Zielerreichung wird nicht überwacht									
<b>Ist eine neutrale Stelle für die Entwicklung und das Monitoring der Sanierungsstrategie verantwortlich?</b>									
<input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein									
<b>Sind kaufmännische Daten zu den baulichen Anlagen des Entwässerungssystems objektbezogen bekannt?</b>									
<input type="radio"/> Betriebsaufwand, Restbuchwerte sowie (bauliche) Substanzwerte bekannt <input type="radio"/> Betriebsaufwand und Restbuchwerte bekannt <input type="radio"/> Es liegen nur Daten nach HGB oder vergleichbar vor									
<b>Auf welchem Detaillierungsniveau erfolgt die Vermögensverwaltung?</b>									
<input type="radio"/> Vollständig objektscharf <input type="radio"/> Teilweise objektscharf oder mindestens bauloscharf oder straßenscharf <input type="radio"/> Mindestens jahresscheibenscharf (d.h. Nachhalten des Vermögens nach Aktivierungsjahr) <input type="radio"/> keines der oberen									
<b>Wie vollständig sind die Bezüge zwischen kaufmännischen und technischen Objekten?</b>									
<input type="radio"/> kaufmännische und bauliche Daten in einem gemeinsamen/integrierten Verwaltungssystem <input type="radio"/> Daten innerhalb eines Unternehmens in unterschiedlichen Verwaltungssystemen; Austauschsstelle definiert <input type="radio"/> Daten innerhalb eines Unternehmens in unterschiedlichen Verwaltungssystemen; Austauschsstelle NICHT definiert <input type="radio"/> unterschiedliche Systeme aufgrund zusätzlich externer Verantwortlicher (z.B. Kämmerer)									
<b>Sind die Abschreibungszeiträume geprüft?</b>									
<input type="radio"/> Ja, basierend auf baul. Netzzustandsanalyse bzw. -substanzanalyse <input type="radio"/> Ja, basierend auf kaufmännischen/buchhalterischen Analysen <input type="radio"/> Ja, basierend auf Erfahrungswerten <input type="radio"/> Nein									
<b>In welchem Detaillierungsgrad erfolgt die Kostenermittlung für Neubau und Sanierung?</b>									
<input type="radio"/> objektspezifisches Mengenmodell (abhängig von Tiefe, DN etc.) vorhanden <input type="radio"/> mindestens objektspezifisch per Indexreihe aus Anschaffungs- und Herstellungskosten hochgerechnet <input type="radio"/> mindestens netzspezifische Kosten (€/m) für Hauptsanierungsarten <input type="radio"/> keine netzspezifischen Kostenansätze									
<b>Unter welchen kaufmännischen Bedingungen werden Renovierungen abgeschrieben? (Mehrfachauswahl möglich)</b>									
<input type="checkbox"/> investiv <input type="checkbox"/> nicht investiv									
<b>Wie hoch ist der Erfassungsgrad der Stammdaten? ("Netzkilometer" s. Zeile 10-13)</b>									
Netzkilometer_Datenbank Stammdaten / Netzkilometer_gesamt (ggf. Schätzwert)	%								
<b>Plausibilität der Stammdaten geprüft?</b>									
<input type="checkbox"/> Plausibilität Stammdaten nicht geprüft									

Plausibilität Stammdaten geprüft - bitte unten ausfüllen

Anteil fehlender Baujahre	%
Anteil fehlender Nennweiten	%
Anteil fehlender Materialangaben	%
Anteil fehlender Tiefenlagen	%

**In welcher Qualität werden Sanierungsdaten erfasst (Mehrfachauswahl möglich)?**

Maßnahmendatum erfasst  
 Sanierungsverfahren (Renovierung / Erneuerung / Reparatur) indikationsscharf erfasst  
 Sanierungskosten (Renovierung / Erneuerung / Reparatur) indikationsscharf erfasst  
 Bezug zum Altobjekt vorhanden

**Wie hoch ist der Erfassungsgrad der Zustandsdaten Bestand? ("aktuelle Inspektion" = jeweils letzte Inspektion bei mehrfacher Inspektion)**

Netzkilometer\_aktuelle Inspektion / Netzkilometer\_gesamt (ggf. Schätzwert) %  
 Durchschnittliches Inspektionsalter? a

**Seit wann werden Inspektionsdaten gemäß DIN EN 13 508 - 2 erfasst?**  
 In welchem Jahr erfolgte die Umstellung? a

**Werden unvollständige Inspektionen bzw. Teil- oder Gegeninspektionen entsprechend Regelwerk gekennzeichnet?**  
 ja  
 unbekannt / nein

**Abnahme- und Gewährleistungsinspektion vorhanden? Bitte ankreuzen! (Mehrfachauswahl möglich)**

	Reparatur	Renovierung	Erneuerung
Abnahme- und Gewährleistungsinspektion unternehmensintern vorgeschrieben	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Abnahme- oder Gewährleistungsinspektion unternehmensintern vorgeschrieben	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Abnahme- oder Gewährleistungsinspektion nicht durchgeführt bzw. keine unternehmensinterne Regelung vorhanden	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Wie hoch ist der Fremdwasseranteil im Netz (bei mehreren Messstellen: gewichteter Mittelwert)?**  
 $Q_f/Q_s$  %

**Welcher Anteil des Netzes liegt unterhalb des Grundwasserspiegels bzw. in der -wechselzone?**

Unterhalb Grundwasserspiegel	%
In Wechselzone	%

**Fremdwasseranfall erfasst und auf Teileinzugsgebiete heruntergebrochen?**

Fremdwasserbetrachtungen (fachlich) begründet nicht erforderlich  
 Fremdwasserbetrachtungen erforderlich, Priorisierung Teileinzugsgebiete in Bezug auf Fremdwasseranfall  
 Fremdwasserbetrachtungen erforderlich, aktuelle Fremdwasserbetrachtungen Gesamtnetz vorhanden  
 Fremdwasserbetrachtungen erforderlich, aktuelle Fremdwasserbetrachtungen nicht vorhanden

**Generalentwässerungsplan flächendeckend vorhanden?**

vorhanden, durchschnittliches Alter < 10 a  
 vorhanden, durchschnittliches Alter > 10 a  
 nicht vorhanden bzw. durchschnittliches Alter > 20 a

**Ergeben sich aus dem Generalentwässerungsplan hydraulische Defizite?**

ja, diese sind zudem in die Sanierungskonzepte eingeflossen  
 ja, diese sind nicht in die Sanierungskonzepte eingeflossen  
 nein

**Werden Überstau- bzw. Überflutungsereignisse systematisch erfasst und ausgewertet?**

immer  
 regelmäßig  
 nein

**Hydraulische Simulation vorhanden?**

ja  
 nein

**Wie hoch ist die Inspektionsrate (ohne Abnahme- und Gewährleistungsinspektion)?**

bedarfsorientierte Inspektion  
 keine bedarfsorientierte Inspektion - bitte unten ausfüllen  
 Inspektionsrate %/a

**Sanierungsmaßnahmen**

		Reparatur		Renovierung		Erneuerung
		investiv	nicht investiv	investiv	nicht investiv	
Länge der sanierten Kanalhaltungen	2015	km		km		km
	2016	km		km		km
	2017	km		km		km
	2018	km		km		km
	2019	km		km		km
geplantes zukünftiges Sanierungsverhalten	ab 2020	km		km		km
verausgabtes Budget	2015	€/a		€/a		€/a
	2016	€/a		€/a		€/a
	2017	€/a		€/a		€/a
	2018	€/a		€/a		€/a
	2019	€/a		€/a		€/a
geplantes zukünftiges Sanierungsverhalten	ab 2020	€/a		€/a		€/a
Anzahl der Sanierungsmaßnahmen	2015	-		-		-
	2016	-		-		-
	2017	-		-		-
	2018	-		-		-
	2019	-		-		-
Anzahl sanierter Kanalhaltungen	2015	-		-		-
	2016	-		-		-
	2017	-		-		-
	2018	-		-		-
	2019	-		-		-

**Wie ist das Verhältnis von bereitgestelltem zu abgerufenem Budget (Mittelwert der letzten 5a)?**

Verhältnis Invest (Renovierung und Erneuerung)	-
Verhältnis betriebliche Aufwendungen (Reparatur)	-



Nr.	Variable	Einheit	Wert	Freitext	Erläuterung	Rehabilitationsmaßnahmen	Reparatur	Sanierung	Erneuerung	
1a	Leitungsschäden 2020	n			Schäden an Haupt- und Versorgungsleitungen; ohne durch Dritte verursachte Schäden	Länge der rehabilitierten Leitungen	2017	km	km	km
1b	Leitungsschäden 2019	n				2018	km	km	km	
1c	Leitungsschäden 2018	n				2019	km	km	km	
1d	Leitungsschäden 2017	n				verausgabtes Budget	2017	€/a	€/a	€/a
1e	Leitungsschäden 2016	n				2018	€/a	€/a	€/a	
1f	Leitungsschäden 2015	n				2019	€/a	€/a	€/a	
1g	Leitungsschäden 2014	n				Anzahl der Maßnahmen	2017	-	-	-
1h	Leitungsschäden 2013	n				2018	-	-	-	
1i	Leitungsschäden 2012	n				2019	-	-	-	
1j	Leitungsschäden 2011	n								
2a	Netzlänge 2020	km				Haupt- und Versorgungsleitungen				
2b	Netzlänge 2019	km								
2c	Netzlänge 2018	km								
2d	Netzlänge 2017	km								
2e	Netzlänge 2016	km								
2f	Netzlänge 2015	km								
2g	Netzlänge 2014	km								
2h	Netzlänge 2013	km								
2i	Netzlänge 2012	km								
2j	Netzlänge 2011	km								
3	Netzlänge mit aktiver Leckkontrolle 2020	km			Netzlänge mit Nullverbrauchsmessungen. Falls sich aufgrund der Messung des Nachtmindestverbrauchs keine Notwendigkeit ergibt, dies bitte unter "Freitext" angeben.					
4a	Realer Wasserverlust QVR 2020	m3/a								
4b	Realer Wasserverlust QVR 2019	m3/a								
4c	Realer Wasserverlust QVR 2018	m3/a								
4d	Realer Wasserverlust QVR 2017	m3/a								
4e	Realer Wasserverlust QVR 2016	m3/a								
4f	Realer Wasserverlust QVR 2015	m3/a								
4g	Realer Wasserverlust QVR 2014	m3/a								
4h	Realer Wasserverlust QVR 2013	m3/a								
4i	Realer Wasserverlust QVR 2012	m3/a								
4j	Realer Wasserverlust QVR 2011	m3/a								
5	Netzeinspeisung QE 2020	m³								
6	Inspizierte Netzlänge ohne Anschlussleitungen 2020	km								
7	Inspizierte Anzahl Absperrarmaturen 2020	n								
8	Anzahl der Absperrarmatürensäden 2020	n								
9	Anzahl der Absperrarmaturen 2020	n								
10	Inspizierte Anzahl Hydranten 2020	n								
11	Anzahl der Hydrantsäden 2020	n								
12	Anzahl der Hydranten 2020	n								
13	Mittelwert der jährlichen Sanierungs- und Erneuerungsrate (Reha-Rate) der letzten 10 Jahre ohne Anschlussleitungen	%								
14	Mittelwert der geplanten jährlichen Sanierungs- und Erneuerungsrate (Reha-Rate) für die nächsten 10 Jahre ohne Anschlussleitungen	%								
15a	Mittelwert der jährlichen Sanierungs- und Erneuerungsrate (Reha-Rate) Grauguss 1. Gen. der letzten 10 Jahre ohne Anschlussleitungen	%								
15b	Mittelwert der jährlichen Sanierungs- und Erneuerungsrate (Reha-Rate) Grauguss 2. Gen. der letzten 10 Jahre ohne Anschlussleitungen	%								
15c	Mittelwert der jährlichen Sanierungs- und Erneuerungsrate (Reha-Rate) duktiler Grauguss 1. Gen. der letzten 10 Jahre ohne Anschlussleitungen	%								
15d	Mittelwert der jährlichen Sanierungs- und Erneuerungsrate (Reha-Rate) duktiler Grauguss 2. Gen. der letzten 10 Jahre ohne Anschlussleitungen	%								
15e	Mittelwert der jährlichen Sanierungs- und Erneuerungsrate (Reha-Rate) Stahl der letzten 10 Jahre ohne Anschlussleitungen	%								
15f	Mittelwert der jährlichen Sanierungs- und Erneuerungsrate (Reha-Rate) PE der letzten 10 Jahre ohne Anschlussleitungen	%								
15g	Mittelwert der jährlichen Sanierungs- und Erneuerungsrate (Reha-Rate) PVC der letzten 10 Jahre ohne Anschlussleitungen	%								
16a	Angesetzte Nutzungsdauer Grauguss 1. Gen.	a								
16b	Angesetzte Nutzungsdauer Grauguss 2. Gen.	a								
16c	Angesetzte Nutzungsdauer duktiler Grauguss 1. Gen.	a								
16d	Angesetzte Nutzungsdauer duktiler Grauguss 2. Gen.	a								
16e	Angesetzte Nutzungsdauer Stahl	a								
16f	Angesetzte Nutzungsdauer PE	a								
16g	Angesetzte Nutzungsdauer PVC	a								
17a	Mittelwert der geplanten jährlichen Sanierungs- und Erneuerungsrate (Reha-Rate) Grauguss 1. Gen. für die nächsten 10 Jahre ohne Anschlussleitungen	%								
17b	Mittelwert der geplanten jährlichen Sanierungs- und Erneuerungsrate (Reha-Rate) Grauguss 2. Gen. für die nächsten 10 Jahre ohne Anschlussleitungen	%								
17c	Mittelwert der geplanten jährlichen Sanierungs- und Erneuerungsrate (Reha-Rate) duktiler Grauguss 1. Gen. für die nächsten 10 Jahre ohne Anschlussleitungen	%								
17d	Mittelwert der geplanten jährlichen Sanierungs- und Erneuerungsrate (Reha-Rate) duktiler Grauguss 2. Gen. für die nächsten 10 Jahre ohne Anschlussleitungen	%								
17e	Mittelwert der geplanten jährlichen Sanierungs- und Erneuerungsrate (Reha-Rate) Stahl für die nächsten 10 Jahre ohne Anschlussleitungen	%								
17f	Mittelwert der geplanten jährlichen Sanierungs- und Erneuerungsrate (Reha-Rate) PE für die nächsten 10 Jahre ohne Anschlussleitungen	%								
17g	Mittelwert der geplanten jährlichen Sanierungs- und Erneuerungsrate (Reha-Rate) PVC für die nächsten 10 Jahre ohne Anschlussleitungen	%								

In welcher Rechtsform wird die Wasserversorgung geführt?	Freitext								
<input type="radio"/> Anstalt öffentlichen Rechts <input type="radio"/> Zweck- und Wasserverband <input type="radio"/> Eigenbetrieb / eigenbetriebsähnliche Einrichtung <input type="radio"/> Regiebetrieb <input type="radio"/> Eigengesellschaft (AG / GmbH) <input type="radio"/> Sonstige (z.B. Dritter über Betriebsführungsvertrag)									
<b>Welchem Bundesland gehört der Betreiber an? Die Zuordnung erfolgt nach dem amtlichen Gemeindegeschlüssel</b> <input type="radio"/> 1 = Schleswig-Holstein <input type="radio"/> 2 = Freie und Hansestadt Hamburg <input type="radio"/> 3 = Niedersachsen <input type="radio"/> 4 = Freie Hansestadt Bremen <input type="radio"/> 5 = Nordrhein-Westfalen <input type="radio"/> 6 = Hessen <input type="radio"/> 7 = Rheinland-Pfalz <input type="radio"/> 8 = Baden-Württemberg <input type="radio"/> 9 = Bayern <input type="radio"/> 10 = Saarland <input type="radio"/> 11 = Berlin <input type="radio"/> 12 = Brandenburg <input type="radio"/> 13 = Mecklenburg-Vorpommern <input type="radio"/> 14 = Sachsen <input type="radio"/> 15 = Sachsen-Anhalt <input type="radio"/> 16 = Thüringen									
<b>Ist das Investitionsbudget mit Rehabilitationsbedürfnissen abgestimmt und wird es flexibel angepasst?</b> <input type="radio"/> Es gibt zusätzlich langfristige Wirtschaftsplanungen (> = 10a), welche regelmäßig überprüft und aktualisiert werden <input type="radio"/> Das Budget wird auf Basis der Rehabilitationsbedürfnisse geplant. Im Geltungszeitraum wird es nicht angepasst <input type="radio"/> Das Budget ist mehr oder weniger fix und wird nicht den Rehabilitationsbedürfnissen nachgehalten									
<b>Sind die Rehabilitationsziele zahlenmäßig bewertet?</b> <input type="radio"/> Wirkungsziele (Leitungszustand, Substanzwert, ...) sind zahlenmäßig bewertet <input type="radio"/> Operative Ziele (Rehabilitationsraten, Budgetumsetzung, zulässiges Schadensalter, ...) sind zahlenmäßig bewertet <input type="radio"/> Die Ziele sind nicht zahlenmäßig bewertet									
<b>Sind die Rehabilitationsziele verbindlich?</b> <input type="radio"/> Wir vergleichen jährlich die Ist- und Sollperformance; es gibt Sanktionen bei Nichterreichen <input type="radio"/> Wir monitoren Kennzahlen (Rehabilitationskosten, Maßnahmenanzahl, Rehabilitationslänge, ...); es gibt Sanktionen bei Nichterreichen <input type="radio"/> Ziele sind Orientierungswerte, es gibt keine Sanktionen bei Nichterreichen <input type="radio"/> Die Zielerreichung wird nicht überwacht									
<b>Sind kaufmännische Daten zu den baulichen Anlagen des Wasserversorgungssystems bekannt?</b> <input type="radio"/> Betriebsaufwand, Restbuchwerte sowie (bauliche) Substanzwerte bekannt <input type="radio"/> Betriebsaufwand und Restbuchwerte bekannt <input type="radio"/> Es liegen nur Daten nach HGB oder vergleichbar vor									
<b>Auf welchem Detaillierungsniveau erfolgt die Vermögensverwaltung?</b> <input type="radio"/> Vollständig objektscharf <input type="radio"/> Teilweise objektscharf oder mindestens baulosscharf oder straßenscharf <input type="radio"/> Mindestens jahresscheibenscharf (d.h. Nachhalten des Vermögens nach Aktivierungsjahr) <input type="radio"/> keines der oberen									
<b>Wie vollständig sind die Bezüge zwischen kaufmännischen und technischen Objekten?</b> <input type="radio"/> kaufmännische und bauliche Daten in einem gemeinsamen/integrierten Verwaltungssystem <input type="radio"/> Daten innerhalb eines Unternehmens in unterschiedlichen Verwaltungssystemen; Austauschsstelle definiert <input type="radio"/> Daten innerhalb eines Unternehmens in unterschiedlichen Verwaltungssystemen; Austauschsstelle NICHT definiert <input type="radio"/> unterschiedliche Systeme aufgrund zusätzlich externer Verantwortlicher (z.B. Kämmerer)									
<b>Sind die Abschreibungszeiträume geprüft?</b> <input type="radio"/> Ja, basierend auf baul. Netzzustandsanalyse bzw. -substanzanalyse <input type="radio"/> Ja, basierend auf kaufmännischen/buchhalterischen Analysen <input type="radio"/> Ja, basierend auf Erfahrungswerten <input type="radio"/> nein									
<b>In welchem Detaillierungsgrad erfolgt die Kostenermittlung für Neubau und Rehabilitation?</b> <input type="radio"/> objektspezifisches Mengenmodell (abhängig von Tiefe, DN etc.) vorhanden <input type="radio"/> mindestens objektspezifisch per Indexreihe aus Anschaffungs- und Herstellungskosten hochgerechnet <input type="radio"/> mindestens netzspezifische Kosten (€/m) für Hauptrehabilitationsarten <input type="radio"/> keine netzspezifischen Kostenansätze									
<b>Wie hoch ist der Erfassungsgrad der Stammdaten?</b> Netzkilometer_Datenbank Stammdaten / Netzkilometer_gesamt (ggf. Schätzwert) %									
<b>Plausibilität der Stammdaten geprüft?</b> <input type="radio"/> Plausibilität Stammdaten nicht geprüft <input type="radio"/> Plausibilität Stammdaten geprüft - bitte unten ausfüllen <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 80%;">Anteil fehlender Baujahre</td> <td style="width: 20%; text-align: right;">%</td> </tr> <tr> <td>Anteil fehlender Nennweiten</td> <td style="text-align: right;">%</td> </tr> <tr> <td>Anteil fehlender Materialangaben</td> <td style="text-align: right;">%</td> </tr> <tr> <td>Anteil fehlender Tiefenlagen</td> <td style="text-align: right;">%</td> </tr> </table>	Anteil fehlender Baujahre	%	Anteil fehlender Nennweiten	%	Anteil fehlender Materialangaben	%	Anteil fehlender Tiefenlagen	%	
Anteil fehlender Baujahre	%								
Anteil fehlender Nennweiten	%								
Anteil fehlender Materialangaben	%								
Anteil fehlender Tiefenlagen	%								
<b>In welcher Qualität werden Rehabilitationsdaten erfasst (Mehrfachauswahl möglich)?</b> <input type="checkbox"/> Maßnahmendatum erfasst <input type="checkbox"/> Rehabilitationsverfahren (Sanierung / Erneuerung / Reparatur) indikationsscharf erfasst <input type="checkbox"/> Rehabilitationskosten (Sanierung / Erneuerung / Reparatur) indikationsscharf erfasst <input type="checkbox"/> Bezug zum Altobjekt vorhanden									
<b>Wie ist das Verhältnis von bereitgestelltem zu abgerufenem Budget (Mittelwert der letzten 3a)?</b> Verhältnis Invest (Sanierung und Erneuerung) - Verhältnis betriebliche Aufwendungen (Reparatur) -									



STEIN  Infrastructure Management

# Nachhaltiger Substanzerhalt leitungsgebundener Infrastrukturen der Siedlungswasserwirtschaft



1

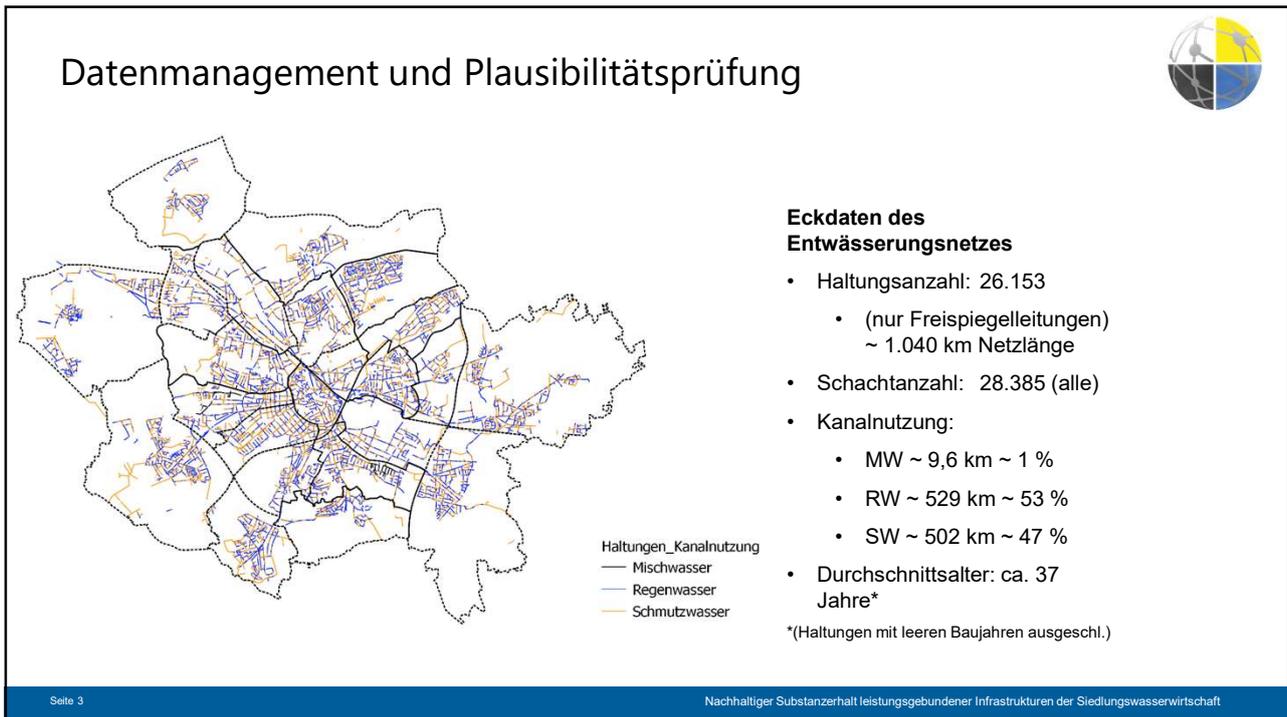
## Projektübersicht - Abwasser



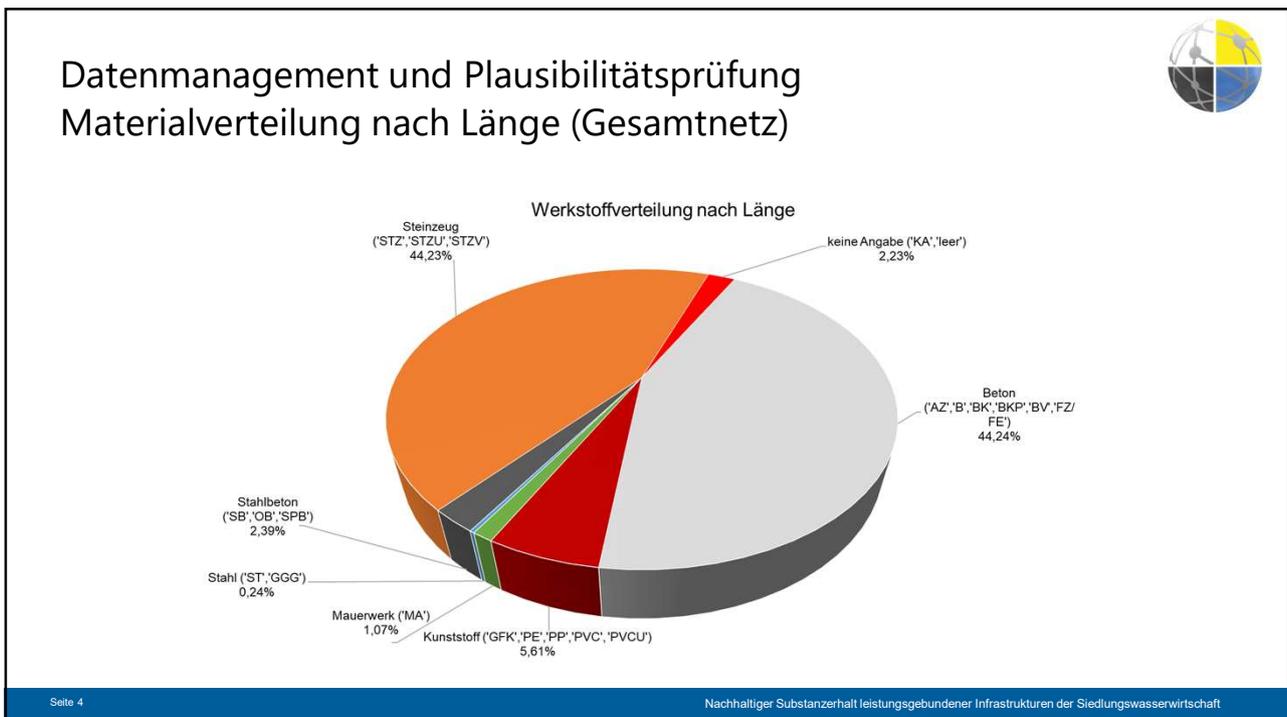
- 1 Datenmanagement und Plausibilitätsprüfung**
- 2 Einzelschadens- & Haltungsbewertung
- 3 Alterungsmodellierung
- 4 Strategische Planung

Seite 2 Nachhaltiger Substanzerhalt leistungsgebundener Infrastrukturen der Siedlungswasserwirtschaft

2



3



4

## Datenmanagement und Plausibilitätsprüfung Materialverteilung nach Länge und Baujahr



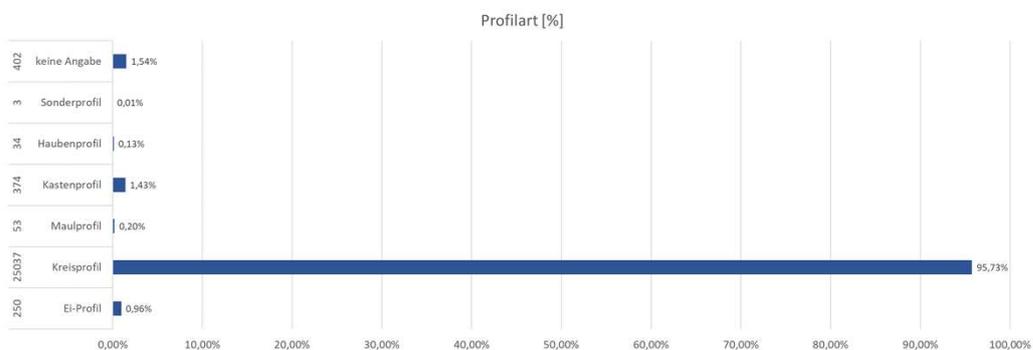
- Fehlende Baujahre durch Angabe Aktivierungsjahr ersetzt ( $\sum$  3369 Haltungen)
- Restliche fehlende Baujahre nach Möglichkeit mit Informationen aus Haltung oberhalb bzw. unterhalb ergänzt (iterativ 3 mal durchgeführt)

Seite 5

Nachhaltiger Substanzerhalt leistungsgebundener Infrastrukturen der Siedlungswasserwirtschaft

5

## Datenmanagement und Plausibilitätsprüfung Verteilung der Profilarten

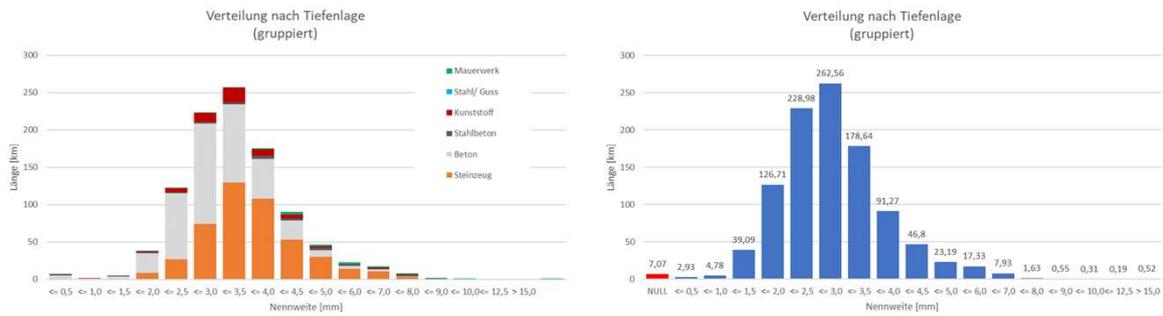


Seite 6

Nachhaltiger Substanzerhalt leistungsgebundener Infrastrukturen der Siedlungswasserwirtschaft

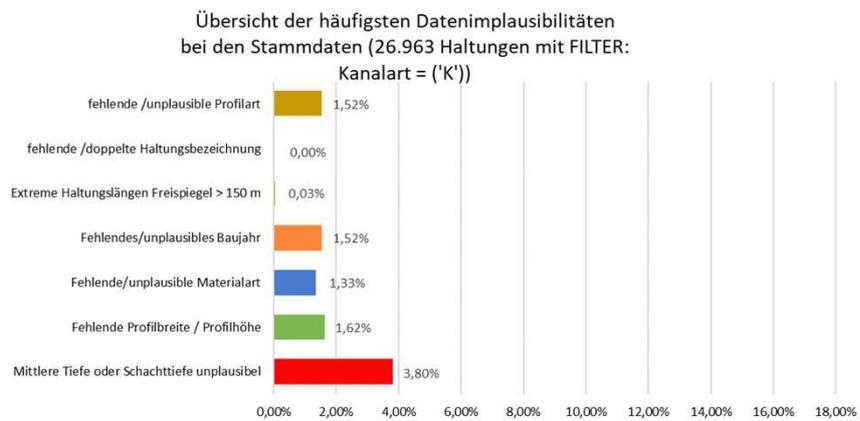
6

## Datenmanagement und Plausibilitätsprüfung Verteilung der Kanallängen nach Tiefenlage



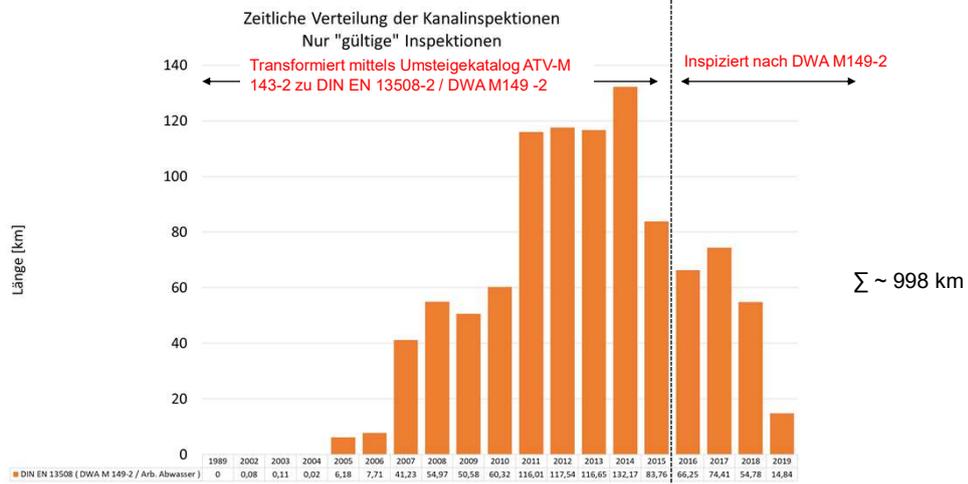
7

## Datenmanagement und Plausibilitätsprüfung Überprüfung der Stammdaten



8

## Datenmanagement und Plausibilitätsprüfung Inspektionsdaten (nur verwertbare Inspektionen)



Seite 9

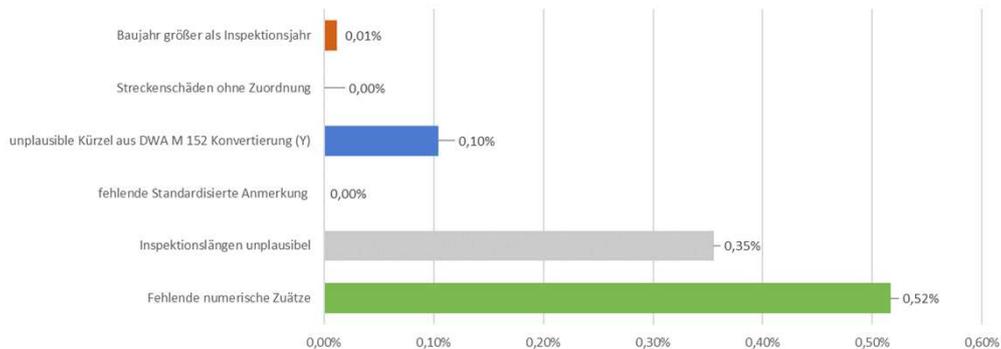
Nachhaltiger Substanzerhalt leistungsgebundener Infrastrukturen der Siedlungswasserwirtschaft

9

## Datenmanagement und Plausibilitätsprüfung Überprüfung der Inspektions- und Zustandsdaten



Übersicht der häufigsten Datenimplausibilitäten bei den Inspektions- und Zustandsdaten  
(25.363 Inspektionen und 330.457 Befundsdaten)

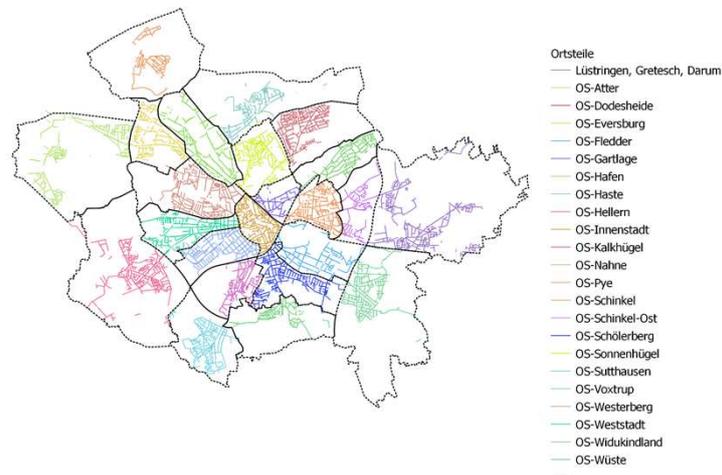


Seite 10

Nachhaltiger Substanzerhalt leistungsgebundener Infrastrukturen der Siedlungswasserwirtschaft

10

## Datenmanagement und Plausibilitätsprüfung Alle Haltungen nach Ortsteilen



Seite 11

Nachhaltiger Substanzerhalt leistungsgebundener Infrastrukturen der Siedlungswasserwirtschaft

11

## Auswahl des Projektgebiets



- Ortsteile „Lüstringen, Gretesch, Darum“ Hellern :  $\sum 70 + 57 = 127$  km (etwas größer als angestrebt)
- Baujahresverteilung aller Ortsteile von ~ 1950 – heute
- Materialverteilungen beider Ortsteile überwiegend Beton und Steinzeug
- Für die betrachteten Ortsteile liegen „gültige“ Inspektionen vor (99% Sutthausen / 98% Hellern / 99% „Lüstringen,Gretesch, Darum“ )
- Ortsteile „Lüstringen, Gretesch, Darum“ und Hellern als Projektgebiete geeignet

Seite 12

Nachhaltiger Substanzerhalt leistungsgebundener Infrastrukturen der Siedlungswasserwirtschaft

12



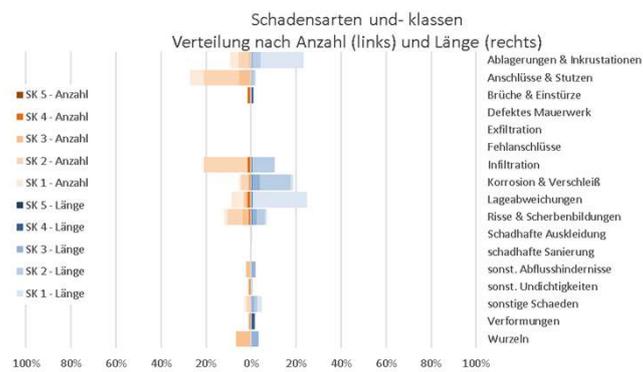
## Projektübersicht - Abwasser

- 1 Datenmanagement und Plausibilitätsprüfung
- 2 Einzelschadens- & Haltungsbewertung
- 3 Alterungsmodellierung
- 4 Strategische Planung

13



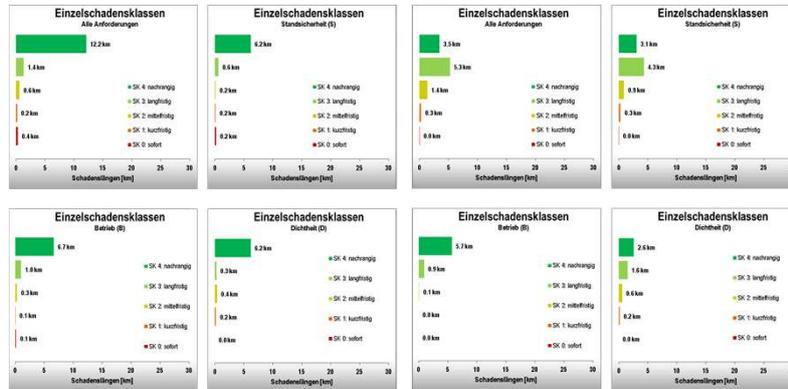
## Verteilung der Schadensarten und -klassen (Lüstringen, Gretesch, Darum und Hellern)



14



# Erweiterte Einzelschadensbewertung (Lüstringen, Gretesch, Darum und Hellern) Schadensklassenverteilung der Einzelschäden (Längenbezug)



Schmutzwasserkanäle

Misch- & Regenwasserkanäle

15

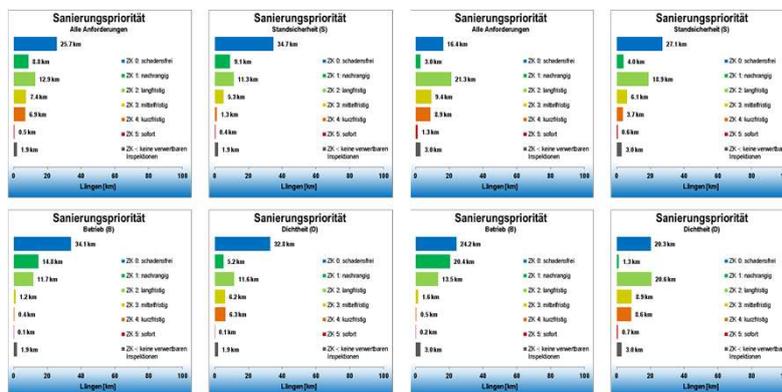
# Haltungsbewertung nach STATUS (Priorität/ Zustandsklasse)



16

# Haltungsbewertung (Priorität) (Lüstringen, Gretesch, Darum und Hellern)

## Inspektionszeitpunkt



Schmutzwasserkanäle

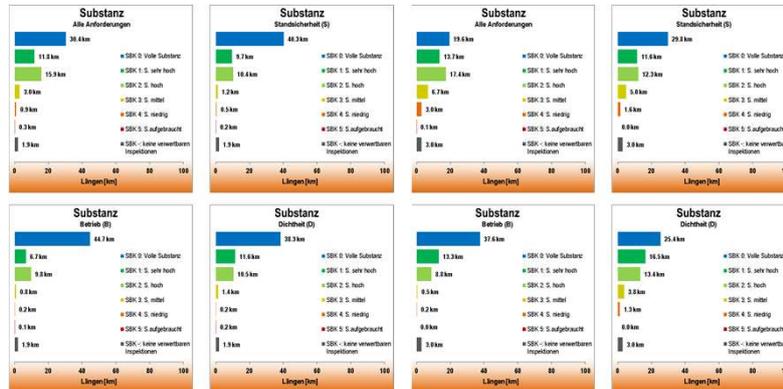
Misch- & Regenwasserkanäle

# Haltungsbewertung nach STATUS (Substanz / Substanzklasse)





# Haltungsbewertung (Substanz) (Lüstringen, Gretesch, Darum und Hellern) Inspektionszeitpunkt



Schmutzwasserkanäle

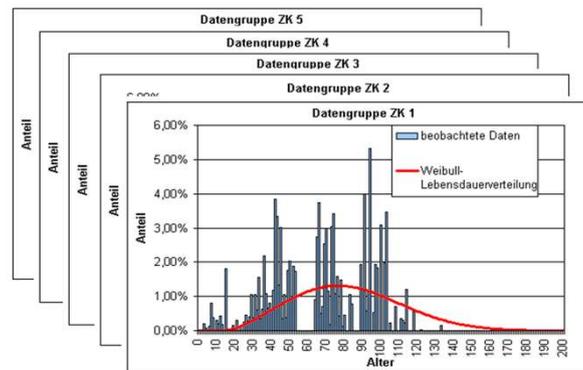
Misch- & Regenwasserkanäle



# Projektübersicht - Abwasser

- 1 Datenmanagement und Plausibilitätsprüfung
- 2 Einzelschadens- & Haltungsbewertung
- 3 Alterungsmodellierung
- 4 Strategische Planung

## Alterungsmodellierung Grundlagen – Datengrundlage Inspektionsdaten (bewertet)



Seite 21

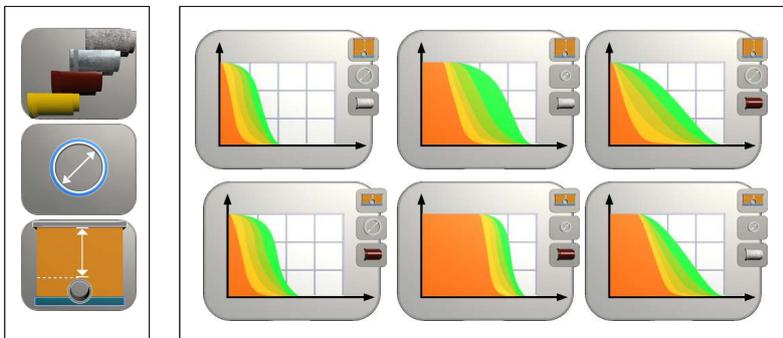
Nachhaltiger Substanzerhalt leistungsgebundener Infrastrukturen der Siedlungswasserwirtschaft

21

## Alterungsmodellierung Grundlagen – Clusteranalyse



Segmentieren des Netzes in Cluster ähnlichen Alterungsverhaltens



### Kriterien

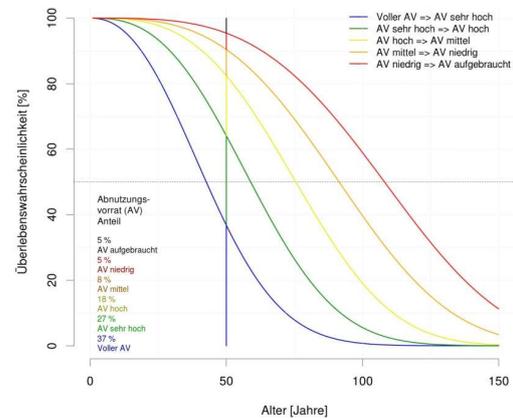
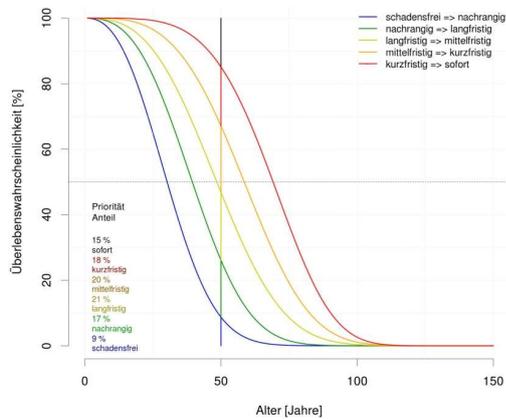
- **Relevanz:** Kriterium bietet durch innewohnende Eigengliederung gute Möglichkeiten, Gruppen verschiedenen Alterungsverhaltens zu definieren
- **Stabilität:** Durch das Kriterium erzeugte Gruppen sind ausreichend mit Daten zur Modellierung hinterlegt
- **Differenzierung:** Kriterium führt bei Auswahl zu einer weiteren Differenzierung der Modellaussage durch Berücksichtigung bisher nicht eingeschlossener Aspekte und infolge ausreichender Unähnlichkeit der einzelnen Kriteriengruppen

Seite 22

Nachhaltiger Substanzerhalt leistungsgebundener Infrastrukturen der Siedlungswasserwirtschaft

22

## Alterungsmodellierung Grundlagen – Resultierende Überlebensfunktionen (Cluster)



Seite 23

Nachhaltiger Substanzerhalt leistungsgebundener Infrastrukturen der Siedlungswasserwirtschaft

23

## Alterungsmodellierung Innerhalb des Forschungsprojektes



- Netzspezifische Modellierung
  - Datenbasis → Netzbewertung Osnabrück
  - Individuelle Clusteranalyse
  - Parameteranalyse aufbauend auf den Ergebnissen der Clusteranalyse
  - Vorläufiges Alterungsmodell zur Verifikation mit dem Betreiber
  - Endgültiges, validiertes Alterungsmodell
- Netzübergreifende Modellierung
  - Datenbasis → Parameter aus vielfachen Modellierungen in unterschiedlichsten Netzen
  - Bauperiodenorientierte Clusterbildung
  - Zu untersuchende Trennpunkte
    - 1945
    - 1970
    - 1995

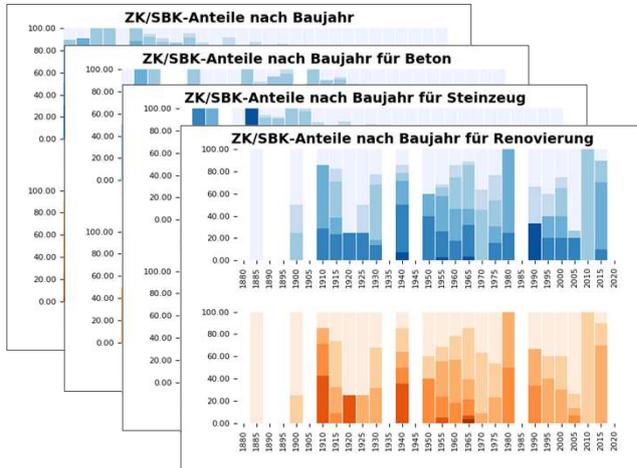
**Gegenseitige Verifikation**

Seite 24

Nachhaltiger Substanzerhalt leistungsgebundener Infrastrukturen der Siedlungswasserwirtschaft

24

# Alterungsmodellierung Clusteranalyse - Netzspezifisch



## Clusterauswahl

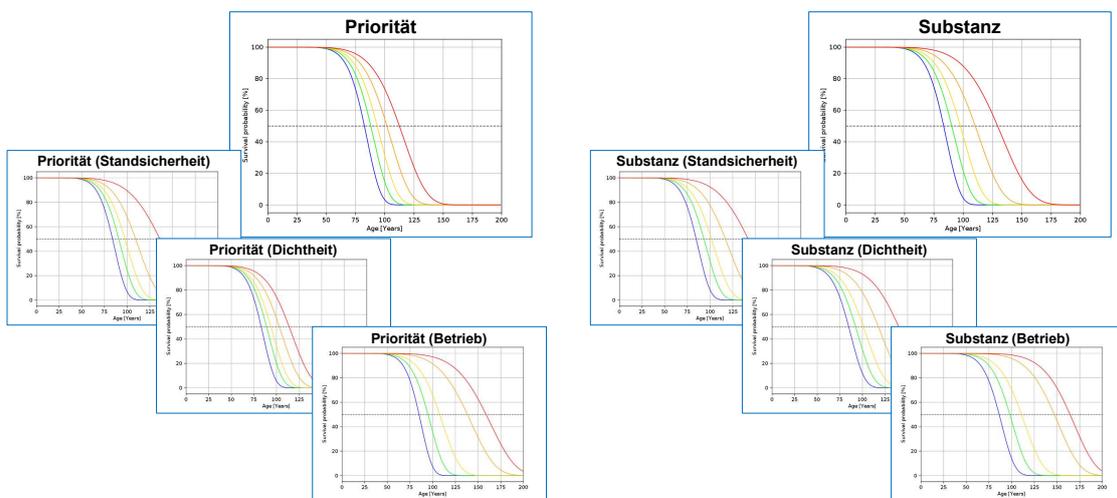
- Gesamtnetz bis 1945
- Beton nach 1945
- Stahlbeton nach 1945
- Steinzeug nach 1945 Regen-/Mischwasser + nach 1945 Schmutzwasser
- Mauerwerk
- Kunststoff- und renovierte Haltungen [2] · (generische Cluster)
- Alle anderen Haltungen nach 1945 · Gesamtnetz nach 1945

Seite 25

Nachhaltiger Substanzerhalt leistungsgebundener Infrastrukturen der Siedlungswasserwirtschaft

25

# Vorläufige Überlebensfunktionen Netzspezifisch – Gesamtnetz bis 1945

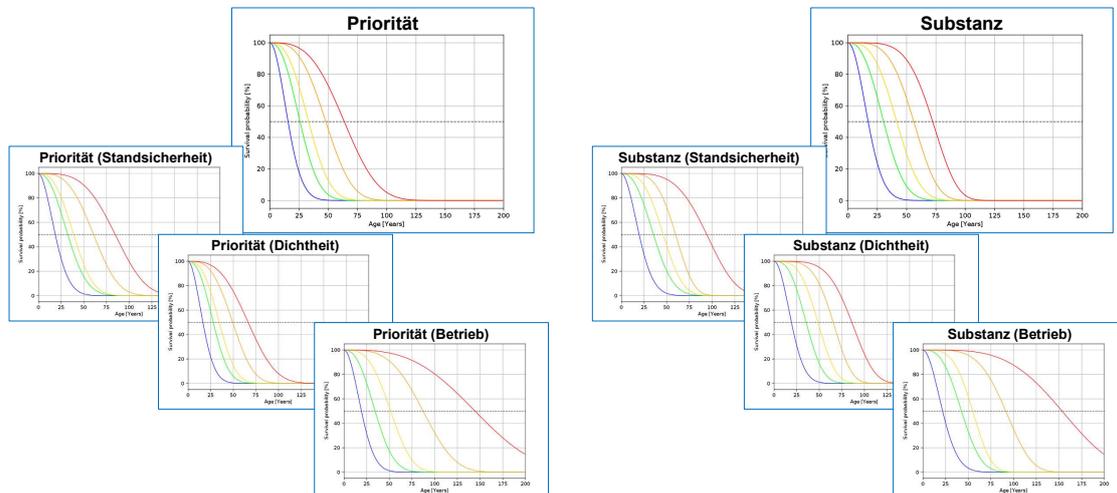


Seite 26

Nachhaltiger Substanzerhalt leistungsgebundener Infrastrukturen der Siedlungswasserwirtschaft

26

## Vorläufige Überlebensfunktionen Netzspezifisch – Beton nach 1945



Seite 27

Nachhaltiger Substanzerhalt leistungsgebundener Infrastrukturen der Siedlungswasserwirtschaft

27

## Projektübersicht - Abwasser



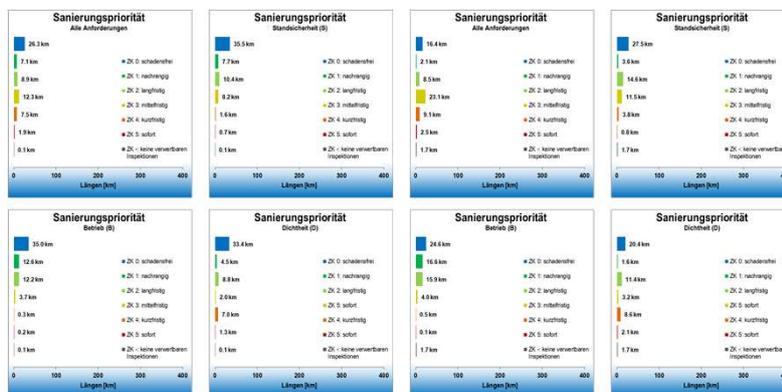
- 1 Datenmanagement und Plausibilitätsprüfung
- 2 Einzelschadens- & Haltungsbewertung
- 3 Alterungsmodellierung
- 4 Strategische Planung

Seite 28

Nachhaltiger Substanzerhalt leistungsgebundener Infrastrukturen der Siedlungswasserwirtschaft

28

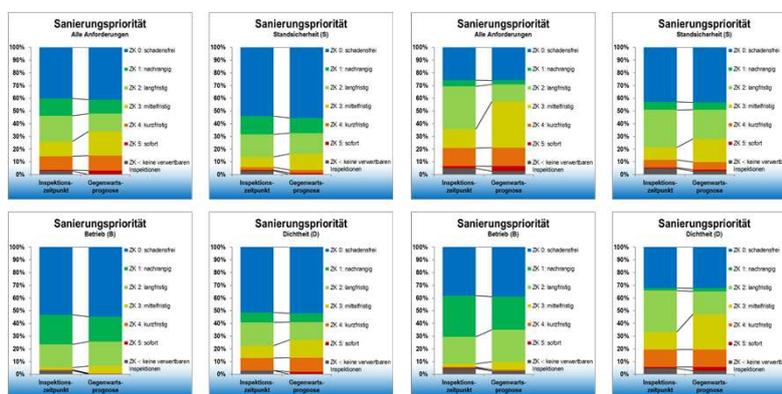
# Haltungsbewertung (Priorität) (Lüstringen, Gretesch, Darum und Hellern) Gegenwartsprognose



Schmutzwasserkanäle

Misch- & Regenwasserkanäle

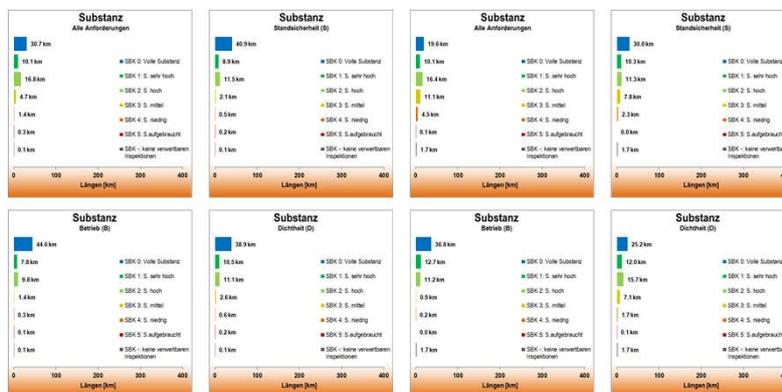
# Haltungsbewertung (Priorität) (Lüstringen, Gretesch, Darum und Hellern) Vergleich Inspektionzeitpunkt & Gegenwartsprognose



Schmutzwasserkanäle

Misch- & Regenwasserkanäle

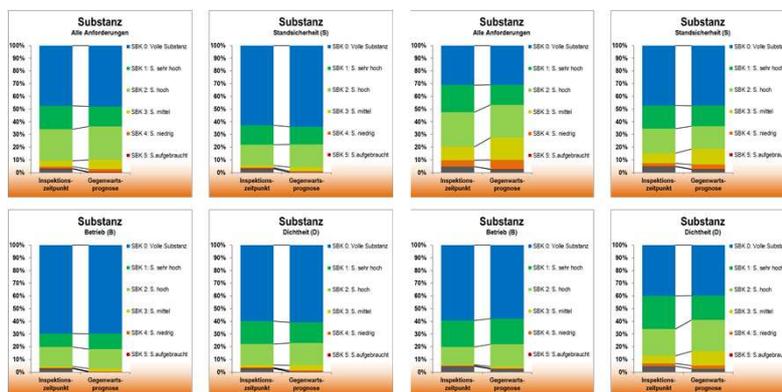
# Haltungsbewertung (Substanz) (Lüstringen, Gretesch, Darum und Hellern) Gegenwartsprognose



Schmutzwasserkanäle

Misch- & Regenwasserkanäle

# Haltungsbewertung (Substanz) (Lüstringen, Gretesch, Darum und Hellern) Vergleich Inspektionszeitpunkt & Gegenwartsprognose

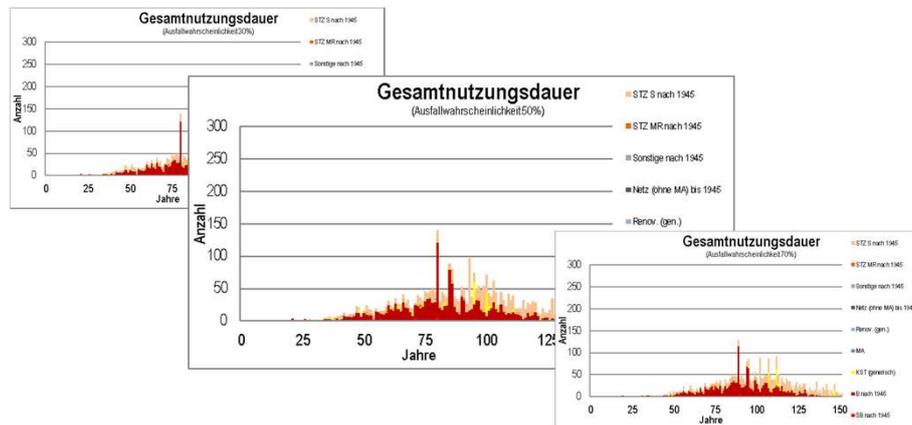


Schmutzwasserkanäle

Misch- & Regenwasserkanäle

# Alterungsmodellierung (Lüstringen, Gretesch, Darum und Hellern)

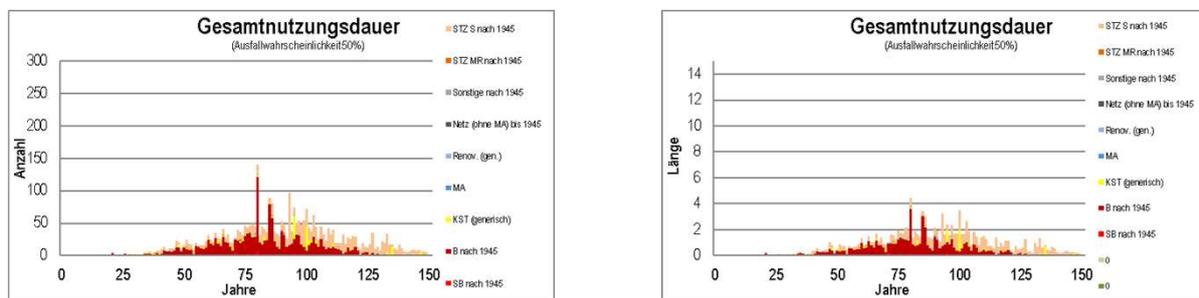
## Gesamtnutzungsdaueranalyse - Ausfallwahrscheinlichkeit



33

# Alterungsmodellierung (Lüstringen, Gretesch, Darum und Hellern)

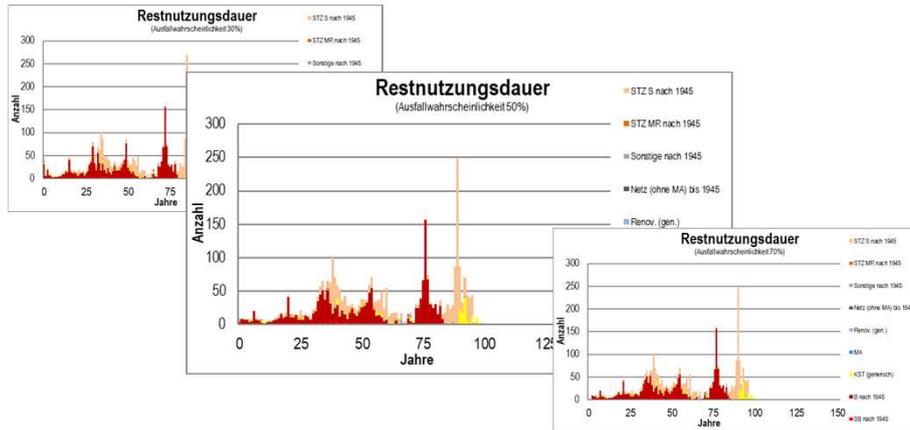
## Gesamtnutzungsdaueranalyse - Bezugskenngroße



34

# Alterungsmodellierung (Lüstringen, Gretesch, Darum und Hellern)

## Restnutzungsdaueranalyse - Ausfallwahrscheinlichkeit



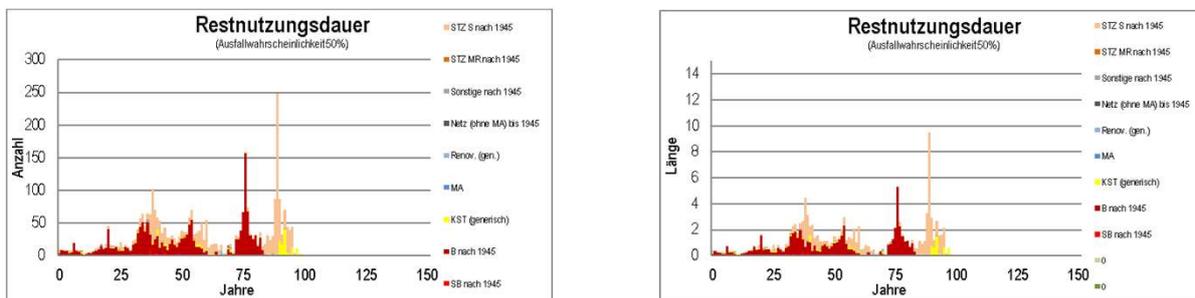
Seite 35

Nachhaltiger Substanzerhalt leistungsgebundener Infrastrukturen der Siedlungswasserwirtschaft

35

# Alterungsmodellierung (Lüstringen, Gretesch, Darum und Hellern)

## Restnutzungsdaueranalyse - Bezugskenngroße



Seite 36

Nachhaltiger Substanzerhalt leistungsgebundener Infrastrukturen der Siedlungswasserwirtschaft

36

## Strategische Sanierungsplanung Objektbezogene Aufstellung von Sanierungskosten



### 1. SIM-Mengenmodell (WBW 2019)

Generisches Mengenkostenmodell mit Differenzierungen nach Materialgruppe, Nennweite, Tiefenlage, Haltungslänge, Lage, Anschlussanzahl für das Gesamtnetz (26.114 Objekte) →  
haltungsdifferenziert und -individuell

### 2. AG-Finanzdaten:

Realisierte Sanierungsmaßnahmen/ -längen und umgesetzte Budgets  
→ Spiegel des lokalen Kostenniveaus zum Anschaffungszeitpunkt

### 3. Skalierung des Kostenmodells

Ermittlung eines Skalierungsfaktors WBW-SIM anhand eindeutiger Auswertung der durchschnittlichen Meterpreise  
→ WBW 2019 – haltungsdifferenziert und -individuell für das Gesamtnetz, Spiegel des aktuellen Kostenniveaus

Seite 37

Nachhaltiger Substanzerhalt leistungsgebundener Infrastrukturen der Siedlungswasserwirtschaft

37

## Strategische Sanierungsplanung Objektbezogene Aufstellung von Sanierungskosten



### 1. SIM-Mengenmodell (WBW 2019)

- 26.114 Objekte
- Ca. 1.040 km
- 1570.35 Mio. € Wiederbeschaffungszeitwert 2019

### 2. AG-Finanzdaten:

- Realisierte Sanierungsmaßnahmen/ -längen und umgesetzte Budgets
  - Unterhalt → 1.094,28 €/Maßnahme, 3.583,91 €/je Haltung
  - Renovierung → 365,36 €/m
  - Erneuerung → 1.162,49 €/m

### 3. Transformation per Indexverfahren & Skalierung

- Ermittlung eines Skalierungsfaktors
  - Unterhalt SIM → 3484,54 €/je Haltung → Faktor 1.0285184 \*
  - Renovierung SIM → 453,19 €/m → Faktor 0.8062020
  - Erneuerung SIM → 1800,14 €/m → Faktor 0.6457770
- 1014.10 Mio. € Wiederbeschaffungszeitwert 2019

\* Umrechnung der Maßnahmenorientierung auf den Haltungsorientierung anhand der durchschnittlichen Maßnahmenanzahl

Seite 38

Nachhaltiger Substanzerhalt leistungsgebundener Infrastrukturen der Siedlungswasserwirtschaft

38

## Strategische Planung

### Generelle strategische Ziele



1. Aufarbeiten/ Verhindern von Sanierungsrückstaus bei ZK0/ ZK1
  - Erhöhung des Handlungsspielraumes durch Verringerung von dringlichen Maßnahmen
2. Erhalt der baulichen Substanz
  - langfristige und nachhaltige Bewirtschaftung des baulichen Bestands zur Vermeidung von Sanierungsstaus
3. Ggf. Strukturelle/ funktionelle Umgestaltung des Netzes
  - Vorbereitung auf sich ändernde Anforderungen und Belastungen
4. Gebührenstabilität und Vermögenserhalt

Seite 39

Nachhaltiger Substanzerhalt leistungsgebundener Infrastrukturen der Siedlungswasserwirtschaft

39

## Strategische Planung

### Strategieentwicklung



#### **Strategien bestimmen mit Entscheidungsvorgaben die Netzentwicklung in der Prognoserechnung**

- Abbilden des Sanierungsverhaltens und Modellierung von Entscheidungsregeln
- Abbilden unterschiedlicher Handlungsspielräume als Strategien
  - Budgetumfänge
  - Sanierungslängen
  - Maßnahmenanzahl
  - Existente Planungen (ABK/ GEP)
  - Existente Planungen von anderen Trägern öffentlicher Belange (Straßenbaulastträger, ...)
  - Kaufmännische Belange (Kostensteigerungen, Abschreibungsdauern, Zins, ...)

Seite 40

Nachhaltiger Substanzerhalt leistungsgebundener Infrastrukturen der Siedlungswasserwirtschaft

40

# Strategische Planung Strategieentwicklung



## 1. Null-Strategie:

- keine Sanierungsmaßnahmen
- ungestörtes Altern
- untere Grenzstrategie

## 2. Weiterso - Strategie:

- Aktuelles Entscheidungsverhalten
- Budgetgröße orientiert an jüngsten realen Sanierungsausgaben
- Fortschreibung der aktuellen Situation

## 3. Weiterso + - Strategie:

- Aktuelles Entscheidungsverhalten
- Budgetgröße orientiert am verfügbaren Budget

## 4. NoLimit - Strategie:

- Aktuelles Entscheidungsverhalten
- Verfügbaren Budget verfünffacht
- Bestimmung des durchschnittlichen Bedarfes

Budgetart	Verfahrensgruppe	Nullstrategie	Weiterso-Strategie	Weiterso + - Strategie	NoLimit-Strategie
Investition [1]	Ersatz-erneuerung	0,00 Mio €	6,78 Mio €	9,22 Mio €	Weiterso+ x 5
	Renovierung	0,00 Mio €	0,54 Mio €	0,74 Mio €	
Unterhalt [2]	Reparatur	0,00 Mio €	0,82 Mio €	0,82 Mio €	

- ≤ DN 250 RW/MW und ≤ DN 200 SW erfolgt keine Renovierung, sondern Erneuerung.
- Substanz (Standicherheit) maßgeblich für Erneuerungsentscheidung in Abgrenzung zur Renovierung

[1] Als Instandhaltungsinvestition gelten keine Neuinvestitionen. Weiterhin werden nur Investitionen in das Kanalnetz, also ohne Abwasser-aufbereitungsanlagen oder Sonderbauwerke wie RÜB betrachtet.

[2] Als Instandhaltungsunterhalt gelten die genannten Maßnahmen, wenn sie nicht explizit im Zusammenhang mit einer Investition stehen.

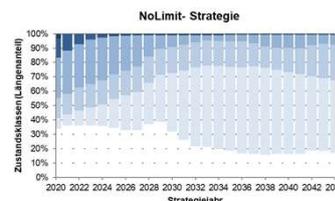
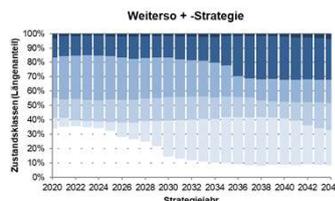
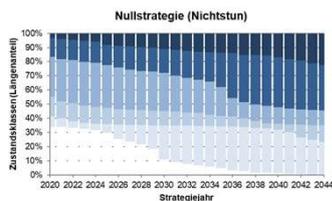
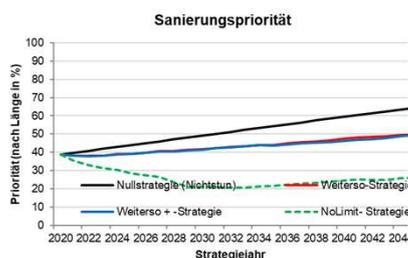
# Strategische Planung Strategieanalyse (Lüstringen, Gretesch, Darum und Hellern)



## Sanierungsziel 1:

Aufarbeiten/ Verhindern Sanierungs-rückstau ZK0/ ZK1

- ZK0/ ZK1 basiert im Wesentlichen auf dem schwersten Einzelschaden einer Haltung
- Sanierungspriorität bildet die Entsprechung in der Strategieprognose
- Einteilung in Klassen analog ZK0/ ZK1



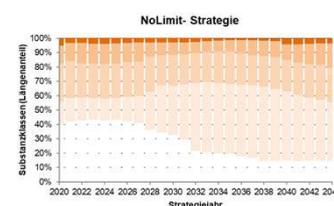
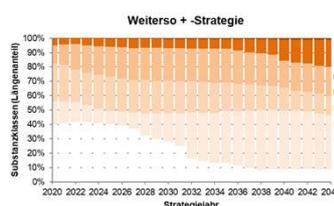
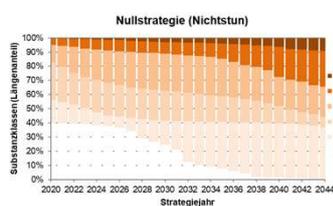
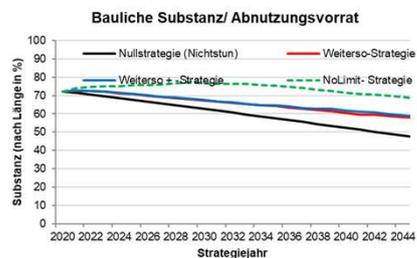
# Strategische Planung Strategieanalyse (Lüstringen, Gretesch, Darum und Hellern)



## Sanierungsziel 2:

Erhalt der baulichen Substanz

- Die Substanz berücksichtigt alle Schäden einer Haltung mit dem jeweiligen Schwere-grad und der individuellen Schadenslänge sowie die Verteilung/ Streuung innerhalb der Haltung
- Einteilung in Klassen analog SBK/ SBK1



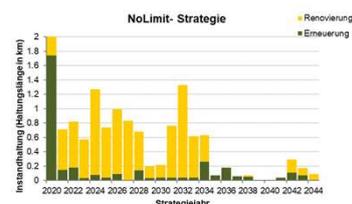
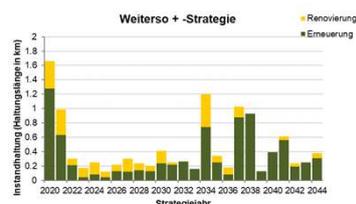
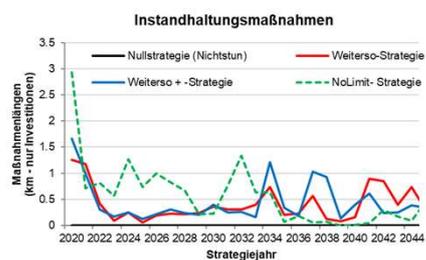
# Strategische Planung Strategieanalyse (Lüstringen, Gretesch, Darum und Hellern)



## Sanierungsziel 3:

Strukturelle/ funktionelle Umgestaltung des Netzes

- Handlungsspielraum durch Verringerung des baulich getriebenen Handlungsdrucks



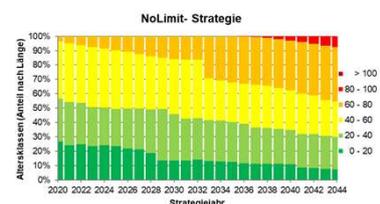
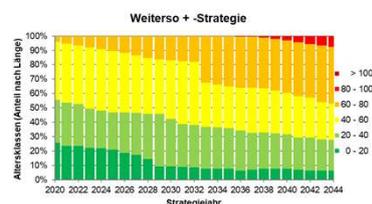
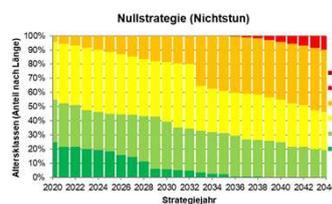
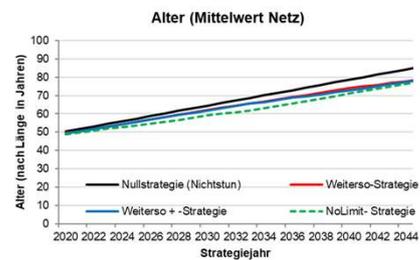
## Strategische Planung Strategieanalyse (Lüstringen, Gretesch, Darum und Hellern)



### Weitere Entwicklungen:

#### Altersstruktur

- Veränderungen der Altersstruktur kein direkter Indikator für Netzqualität
- Indikator für Erneuerungsinvestitionen
- Naturgemäß keine (direkte) Abbildung von unterhaltenden Sanierungen oder Investitionen per Renovierung



Seite 45

Nachhaltiger Substanzerhalt leistungsgebundener Infrastrukturen der Siedlungswasserwirtschaft

45

## Projektübersicht - Wasser



- 1 Datenmanagement und Plausibilitätsprüfung
- 2 Schadensanalyse/ -statistik/ -raten
- 3 Alterungsmodellierung
- 4 Strategische Planung

Seite 46

Nachhaltiger Substanzerhalt leistungsgebundener Infrastrukturen der Siedlungswasserwirtschaft

46

## Datenmanagement und Plausibilitätsprüfung Analysedatenbestand



### Erstprüfung des der Datenlieferung

- Definition des Analysedatenbestands
- Leitungstyp →
- Durchschnittsalter: 24.2 Jahre

Anzahl [Stück]	Länge [km]	Betriebszustand
5.673	117,66	außer Betrieb
5	0,13	ausgebaut
4	0,13	stillgelegt
2	0,04	unbekannt
<b>54.545</b>	<b>1.183,74</b>	<b>In Betrieb</b>

Leitungstyp	Anzahl [Stück]	Anzahl [%]	Länge [km]	Länge [%]
Anschlussleitung	40.821	74,84	457,66	38,66
<b>Versorgungsleitung</b>	<b>12.875</b>	<b>23,60</b>	<b>620,94</b>	<b>52,46</b>
Zubringerleitung	309	0,57	60,89	5,14
Rohwasserleitung	247	0,45	27,57	2,33
Gewinnungsleitung	146	0,27	7,51	0,63
<b>Hauptleitung</b>	<b>86</b>	<b>0,16</b>	<b>7,59</b>	<b>0,64</b>
Entleerungsleitung	32	0,06	0,76	0,06
Schlammleitung	10	0,02	0,64	0,05
Überlaufleitung	7	0,01	0,10	0,01
Hydrantenleitung	6	0,01	0,01	0,00
Füllleitung	3	0,01	0,06	0,01
Saugleitung	2	0,00	0,01	0,00
GAW-Leitung	1	0,00	0,00	0,00

Seite 47

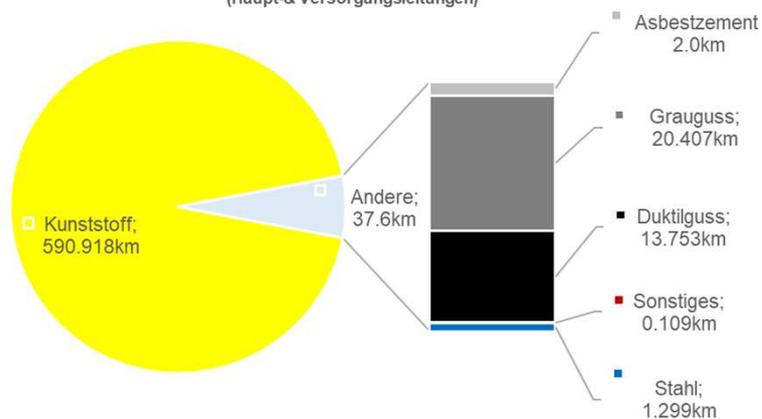
Nachhaltiger Substanzerhalt leistungsgebundener Infrastrukturen der Siedlungswasserwirtschaft

47

## Datenmanagement und Plausibilitätsprüfung Materialverteilung



Werkstoffverteilung nach Länge  
(Haupt- & Versorgungsleitungen)

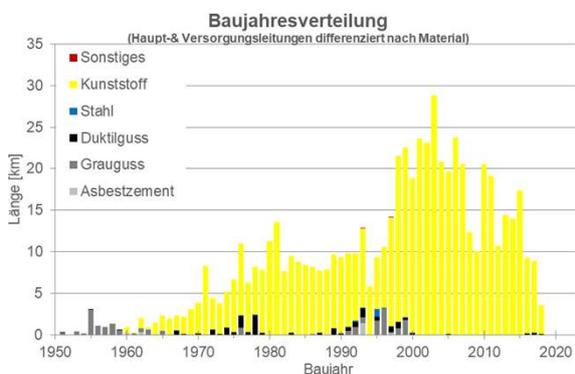


Seite 48

Nachhaltiger Substanzerhalt leistungsgebundener Infrastrukturen der Siedlungswasserwirtschaft

48

## Datenmanagement und Plausibilitätsprüfung Baujahresverteilung



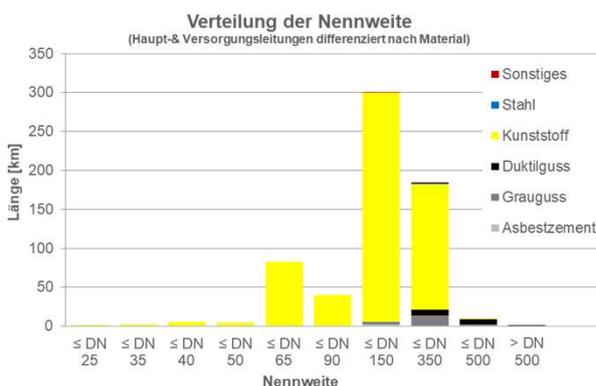
Material	Anzahl [Stck.]	Länge [km]	Ø-Alter
<b>Asbestzement</b>	30	2,0	35,7
<b>Grauguss</b>	333	20,4	40,8
<b>Duktiguss</b>	291	13,8	30,0
<b>Kunststoff</b>	12.272	590,9	20,8
<b>Sonstiges</b>	8	0,1	25,0
<b>Stahl</b>	27	1,3	30,8
<b>Netz</b>	<b>12.961</b>	<b>628,5</b>	<b>21,6</b>

Material	Anzahl [Stck.]	Länge [km]
<b>Baujahr fehlt</b>	845	27,3
<b>Baujahr vorhanden</b>	12116	601,3

Ergänzung nach Ø-Baujahr...

- Gebiet und Leitungstyp
- Gebiet
- Netz

## Datenmanagement und Plausibilitätsprüfung Verteilung der Nennweiten



Nennweite	Anzahl [Stck.]	Länge [km]
<b>DN fehlt</b>	8	0,1
<b>DN vorhanden</b>	12.953	628,4

Ergänzung nach DN...

- Gebiet und Leitungstyp
- Gebiet
- Netz

# Projektübersicht - Wasser



- 1 Datenmanagement und Plausibilitätsprüfung
- 2 Schadensanalyse/ -statistik/ -raten
- 3 Alterungsmodellierung
- 4 Strategische Planung

Seite 51

Nachhaltiger Substanzerhalt leistungsgebundener Infrastrukturen der Siedlungswasserwirtschaft

51

## Schadensanalyse/ -statistik/ -raten Datengrundlage

### Zustandsdaten

- „nur“ 36 digitale Befunde zu den Leitungsschäden vorhanden – davon 13 echte (ohne Hydranten)
- Erfassung erfolgt „analog“ über Schadens-/ Störungsmeldungen
- Daten zur Behebung werden in SAP gehalten, ohne Bezug zum GIS/ Leitungsdatenbank

Seite 52

Nachhaltiger Substanzerhalt leistungsgebundener Infrastrukturen der Siedlungswasserwirtschaft

52



## Projektübersicht - Wasser

- 1 Datenmanagement und Plausibilitätsprüfung
- 2 Schadensanalyse/ -statistik/ -raten
- 3 Alterungsmodellierung
- 4 Strategische Planung

Seite 53

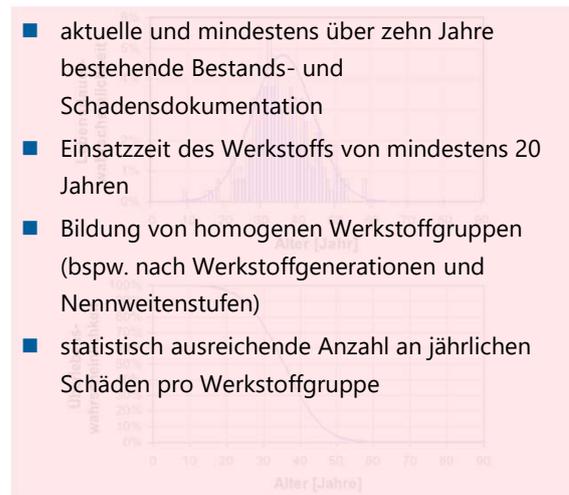
Nachhaltiger Substanzerhalt leistungsgebundener Infrastrukturen der Siedlungswasserwirtschaft

53



## Alterungsmodellierung Grundlagen

- Bestimmung der Alterungsfunktionen aus der statistischen Auswertung von Schadensereignissen bzw. Maßnahmen zur Behebung
- Alternativer Ansatz der Alterungsmodellierung unter Nutzung der Erfahrungswerte des Betreibers
  - durchschnittliche schadensfreie Zeit nach Errichtung (Zeit bis zum Erstschaden)
  - durchschnittliche Nutzungsdauer
  - maximale Nutzungsdauer (min 10% Anteil) bis zur Erneuerung
- aktuelle und mindestens über zehn Jahre bestehende Bestands- und Schadensdokumentation
- Einsatzzeit des Werkstoffs von mindestens 20 Jahren
- Bildung von homogenen Werkstoffgruppen (bspw. nach Werkstoffgenerationen und Nennweitenstufen)
- statistisch ausreichende Anzahl an jährlichen Schäden pro Werkstoffgruppe



Seite 54

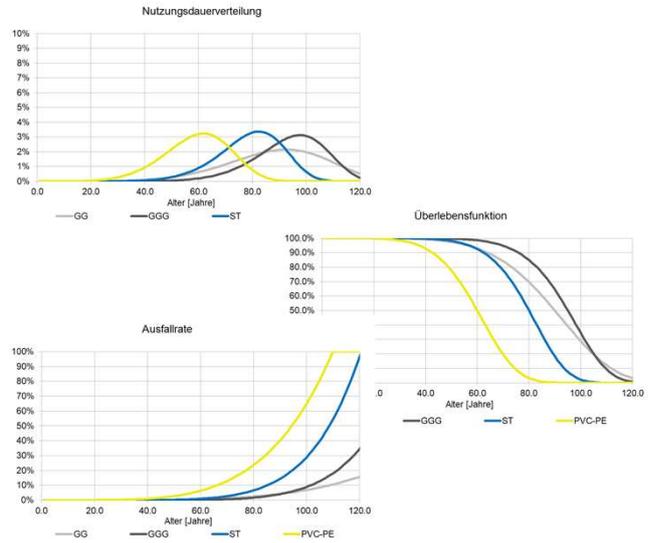
Nachhaltiger Substanzerhalt leistungsgebundener Infrastrukturen der Siedlungswasserwirtschaft

54

## Recherche Alterungsfunktionen Übersicht techn. ND aus Literatur



Werkstoff	Technische Nutzungsdauer in Jahren		
	Roscher	DVGW W 401	DVGW W 403
GG 1. Gen.			55
GG 2. Gen.	60-120	60-120	80
GGG 1. Gen	30-90	40-100	105
GGG 2. Gen	70-150	100-140	80
St	50-100	60-100	70
PE	40-80	40-80	70
PVC	-	-	50



Seite 55

Nachhaltiger Substanzerhalt leistungsgebundener Infrastrukturen der Siedlungswasserwirtschaft

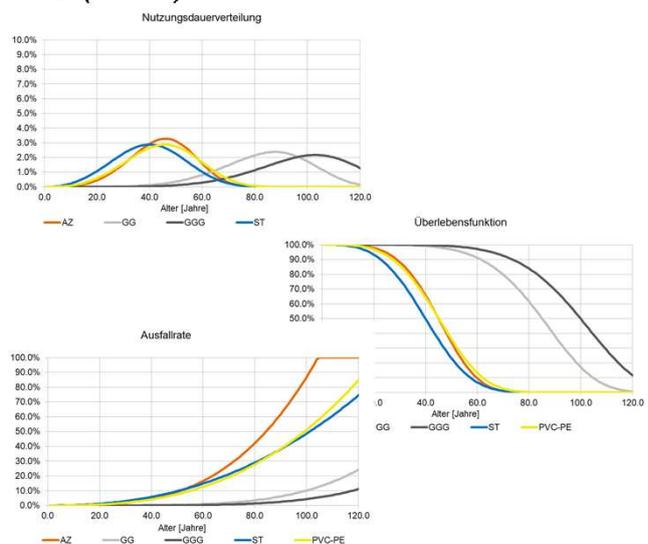
55

## Recherche Alterungsfunktionen Übersicht techn. ND aus Literatur/ Herz (1999)



Werkstoff	Technische Nutzungsdauer in Jahren		
	Roscher	DVGW W 401	DVGW W 403
GG 1. Gen.			55
GG 2. Gen.	60-120	60-120	80
GGG 1. Gen	30-90	40-100	105
GGG 2. Gen	70-150	100-140	80
St	50-100	60-100	70
PE	40-80	40-80	70
PVC	-	-	50

Rohrtyp	Alter in Jahren erreicht		
	100%	50%	10%
Graugussrohre	50-60	70-100	100-150
Duktilgussrohre	60-70	90-110	120-150
Stahlrohre	15-25	25-55	45-90
Asbestzement-/ Betonrohre	20-30	30-60	45-95
PVC/PE-Rohre	20-30	30-60	50-100



Seite 56

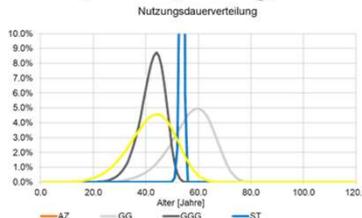
Nachhaltiger Substanzerhalt leistungsgebundener Infrastrukturen der Siedlungswasserwirtschaft

56

# Recherche Alterungsfunktionen Übersicht techn. ND aus Literatur/ Herz (1999)/ Abgaben OS



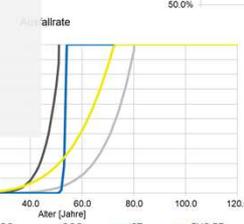
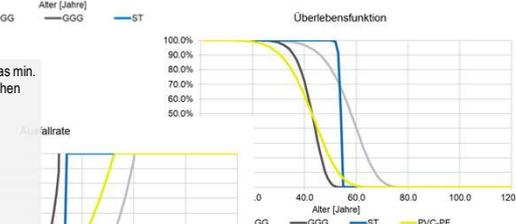
Werkstoff	Technische Nutzungsdauer in Jahren		
	Roscher	DVGW W 401	DVGW W 403
GG 1. Gen.	60-120	60-120	55
GG 2. Gen.	60-120	60-120	80
GGG 1. Gen	30-90	40-100	105
GGG 2. Gen	70-150	100-140	80
St	50-100	60-100	70
PE	40-80	40-80	70
PVC	-	-	50



Rohrtyp	Alter in Jahren erreicht		
	100%	50%	10%
Graugussrohre	50-60	70-100	100-150
Duktilgussrohre	60-70	90-110	120-150
Stahlrohre	15-25	25-55	45-90
Asbestzement-/ Betonrohre	20-30	30-60	45-95
PVC/PE-Rohre	20-30	30-60	50-100

OS: Alter bei Erneuerung, das min. 10% der Leitungen erreichen

- 67
- 48
- -
- 54
- 53,38



Seite 57

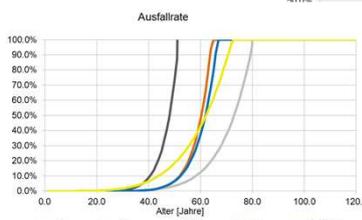
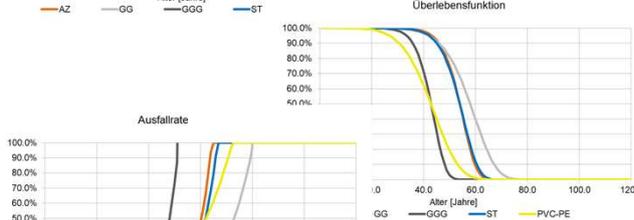
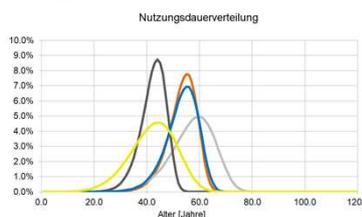
Nachhaltiger Substanzerhalt leistungsgebundener Infrastrukturen der Siedlungswasserwirtschaft

57

# Recherche Alterungsfunktionen (BA FS) Herz (1999) / Übersicht techn. ND aus Literatur



- Nutzungsdauerangaben SWO z.T. stark unterschiedlich zu den Angaben in Fachveröffentlichung und Regelwerken
- Ansatz dieser Nutzungsdauerangaben daher nicht zielführend
- Enge Bandbreite/ geringe Streuung für Prognose & Strategie problematisch (Kurze Übergangszeiträume)
- Übernahme der SWO-Nutzungsdauerangaben und Vergrößerung der Bandbreite



Seite 58

Nachhaltiger Substanzerhalt leistungsgebundener Infrastrukturen der Siedlungswasserwirtschaft

58



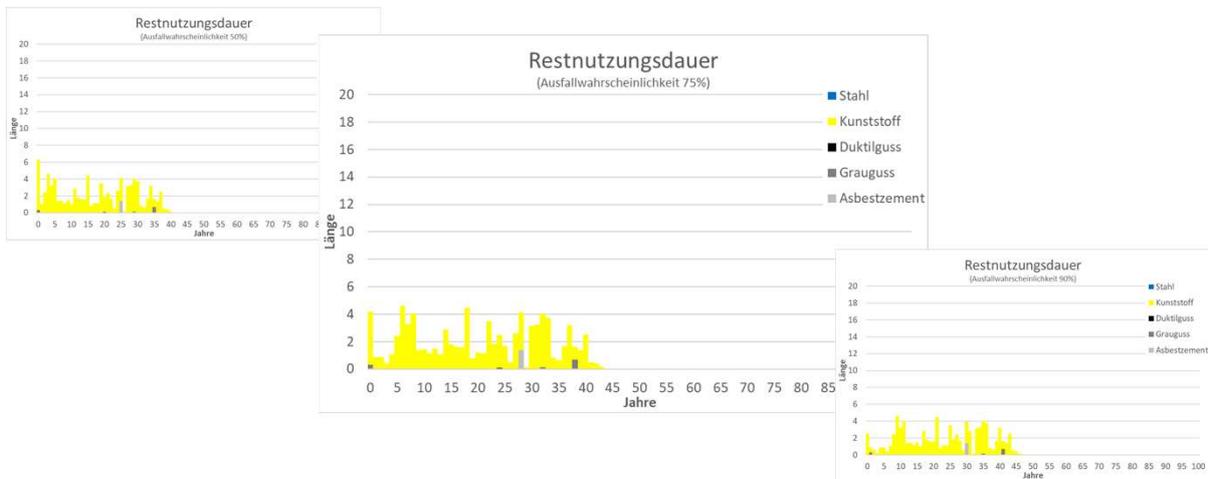
## Projektübersicht - Wasser

- 1 Datenmanagement und Plausibilitätsprüfung
- 2 Schadensanalyse/ -statistik/ -raten
- 3 Alterungsmodellierung
- 4 Strategische Planung

59



## Alterungsmodellierung (Lüstringen, Gretesch, Darum und Hellern) Restnutzungsdaueranalyse - Ausfallwahrscheinlichkeit



60



## Alterungsmodellierung (Lüstringen, Gretesch, Darum und Hellern)

### Durchschnittliche Nutzungsdauern

Ausfallwahrscheinlichkeit 50%		
Cluster	Restnutzungsdauer	Gesamtnutzungsdauer
Asbestzement	24,00	52,47
Grauguss	24,13	58,00
Duktilguss	18,67	41,00
Kunststoff	18,17	41,43

Ausfallwahrscheinlichkeit 75%		
Cluster	Restnutzungsdauer	Gesamtnutzungsdauer
Asbestzement	26,84	55,32
Grauguss	28,13	62,00
Duktilguss	21,67	44,00
Kunststoff	23,84	47,10

Ausfallwahrscheinlichkeit 90%		
Cluster	Restnutzungsdauer	Gesamtnutzungsdauer
Asbestzement	28.74	57.21
Grauguss	32.13	66,00
Duktilguss	24.67	47,00
Kunststoff	28.75	52,01

Seite 61

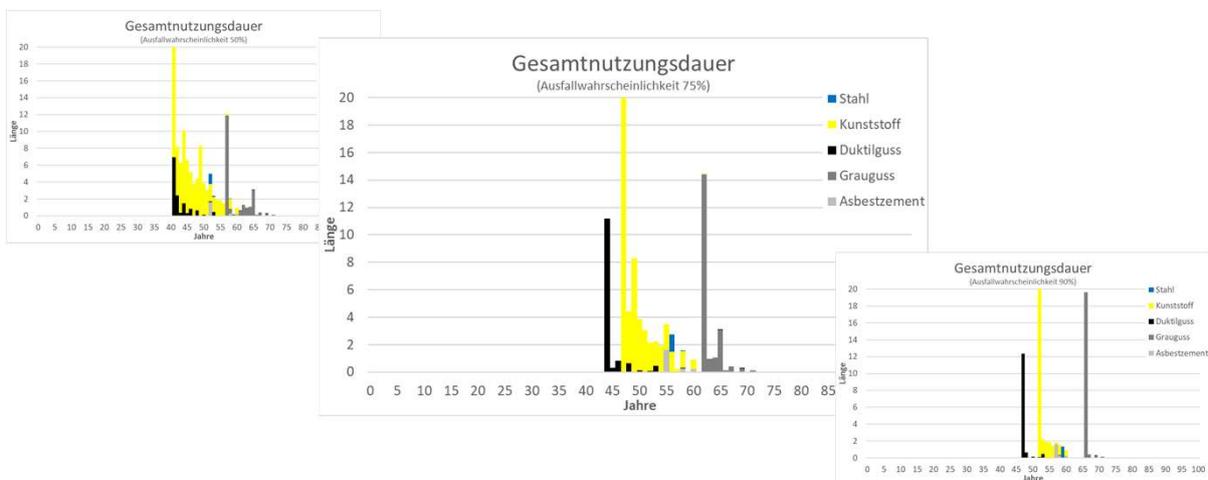
Nachhaltiger Substanzerhalt leistungsgebundener Infrastrukturen der Siedlungswasserwirtschaft

61



## Alterungsmodellierung (Lüstringen, Gretesch, Darum und Hellern)

### Gesamtnutzungsdaueranalyse - Ausfallwahrscheinlichkeit



Seite 62

Nachhaltiger Substanzerhalt leistungsgebundener Infrastrukturen der Siedlungswasserwirtschaft

62



## Projektübersicht - Wasser

- 1 Datenmanagement und Plausibilitätsprüfung
- 2 Schadensanalyse/ -statistik/ -raten
- 3 Alterungsmodellierung
- 4 **Strategische Planung**

Seite 63

Nachhaltiger Substanzerhalt leistungsgebundener Infrastrukturen der Siedlungswasserwirtschaft

63



## Strategische Sanierungsplanung Objektbezogene Aufstellung von Sanierungskosten

1. **SIM-Mengenmodell (WBW 2019)**  
Generisches Mengenkostenmodell mit Differenzierungen nach Materialgruppe, Nennweite, Leitungslänge → **leitungsdifferenziert und -individuell**
2. **AG-Finanzdaten:**  
Realisierte Sanierungsmaßnahmen/ -längen und umgesetzte Budgets  
→ **Spiegel des lokalen Kostenniveaus zum Anschaffungszeitpunkt**
3. **Skalierung des Kostenmodells**  
Ermittlung eines Skalierungsfaktors WBW-SIM anhand eindeutiger Auswertung der durchschnittlichen Meterpreise  
→ **WBW 2019 – haltungsdifferenziert und -individuell für das Gesamtnetz, Spiegel des aktuellen Kostenniveaus**

Seite 64

Nachhaltiger Substanzerhalt leistungsgebundener Infrastrukturen der Siedlungswasserwirtschaft

64

## Strategische Planung

### Generelle strategische Ziele



1. Kontrolle von Schadensrisiken/ Schadensraten  
→ Reduzierung von Handlungsdruck
2. Netzerhalt und rechtzeitige Deckung von Erneuerungsbedarfen  
→ langfristige und nachhaltige Bewirtschaftung des baulichen Bestands
3. Ggf. Strukturelle/ funktionelle Umgestaltung des Netzes  
→ Vorbereitung auf sich ändernde Anforderungen und Belastungen
4. Gebührenstabilität und Vermögenserhalt

Seite 65

Nachhaltiger Substanzerhalt leistungsgebundener Infrastrukturen der Siedlungswasserwirtschaft

65

## Strategische Planung

### Strategieentwicklung



#### **Strategien bestimmen mit Entscheidungsvorgaben die Netzentwicklung in der Prognoserechnung**

- Abbilden des Sanierungsverhaltens und Modellierung von Entscheidungsregeln
- Abbilden unterschiedlicher Handlungsspielräume als Strategien
  - Budgetumfänge
  - Erneuerungslängen
  - Maßnahmenanzahl
  - Existente Planungen im eigenen Netz
  - Existente Planungen von anderen Trägern öffentlicher Belange (Straßenbaulastträger, ...)
  - Kaufmännische Belange (Kostensteigerungen, Abschreibungsdauern, Zins, ...)

Seite 66

Nachhaltiger Substanzerhalt leistungsgebundener Infrastrukturen der Siedlungswasserwirtschaft

66

# Strategische Planung Strategieentwicklung



## 1. Null-Strategie:

- keine Sanierungsmaßnahmen
- ungestörtes Altern
- untere Grenzstrategie

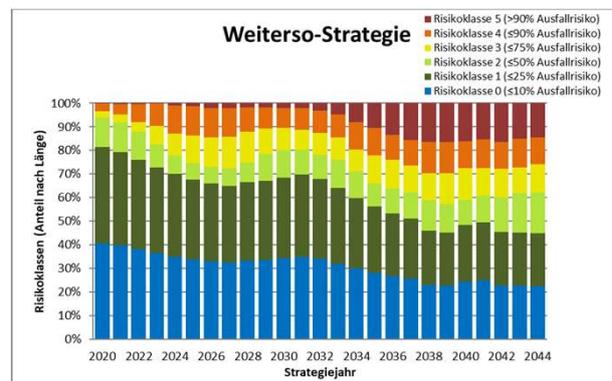
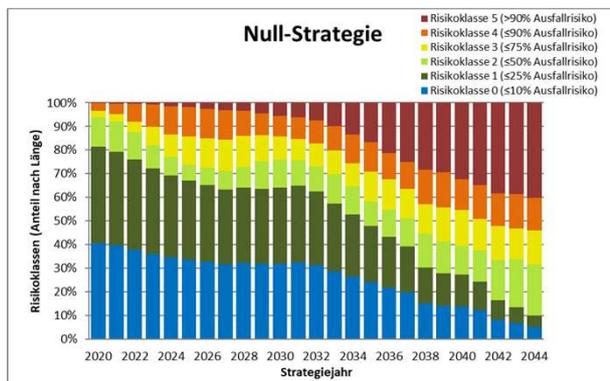
## 2. Weiterso - Strategie:

- Aktuelles Entscheidungsverhalten
- Budgetgröße orientiert an jüngsten realen Sanierungsausgaben
- Fortschreibung der aktuellen Situation

Budgetart	Verfahrensgruppe	Null-strategie	Weiterso-Strategie*
Investition <sup>[1]</sup>	Erneuerung	0,00 Mio. €	1,66 Mio. €
Unterhalt <sup>[2]</sup>	Reparatur	0,00 Mio. €	0,33 Mio. €

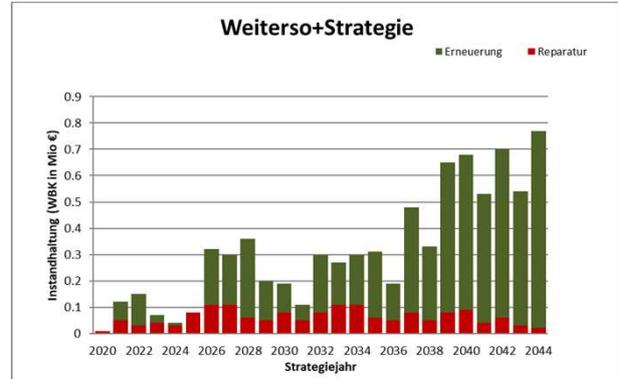
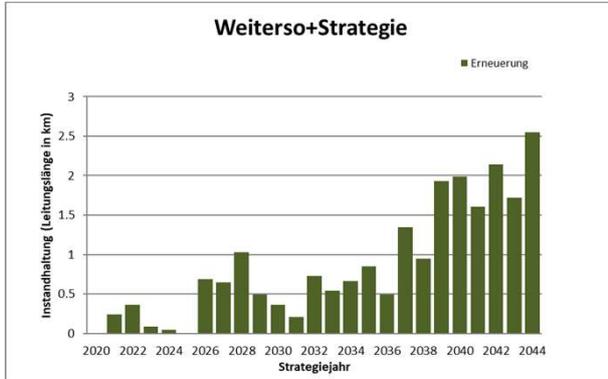
\* Durchschnitt der verwendeten Mittel der letzten drei Jahre

# Strategische Planung Strategieanalyse (Lüstringen, Gretesch, Darum und Hellern)



Kontrolle von Schadensrisiken/ Schadensraten

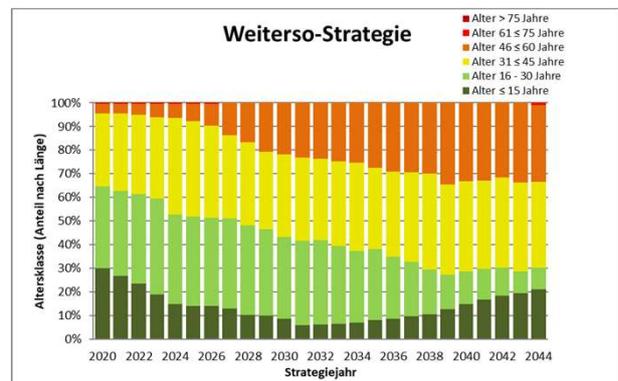
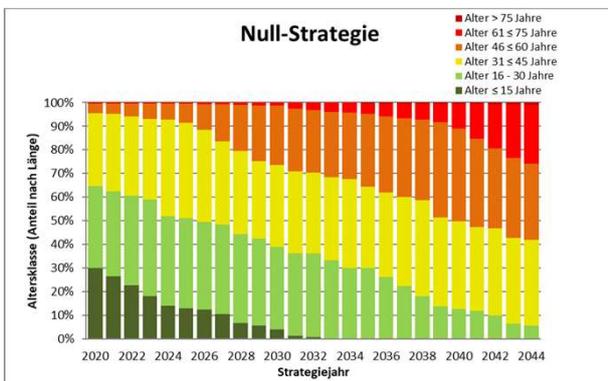
# Strategische Planung Strategieanalyse (Lüstringen, Gretesch, Darum und Hellern)



Netzherhalt und rechtzeitige Deckung von Erneuerungsbedarfen

69

# Strategische Planung Strategieanalyse (Lüstringen, Gretesch, Darum und Hellern)

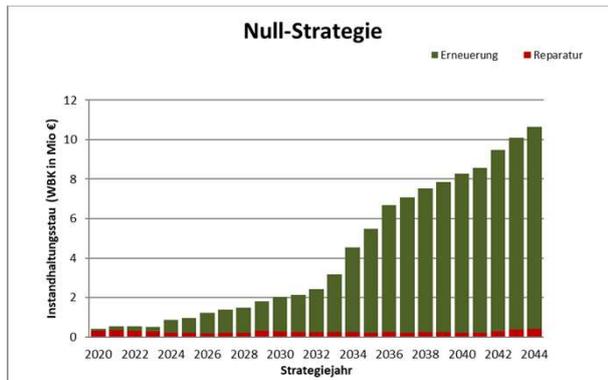


### Altersstruktur

- Veränderungen der Altersstruktur kein direkter Indikator für Netzqualität
- Indikator für Erneuerungsinvestitionen

70

## Strategische Planung Strategieanalyse (Lüstringen, Gretesch, Darum und Hellern)



### Instandhaltungsstau

- Ermittelt aus den aus Budgetgründen abgelehnten Instandhaltungsmaßnahmen
- Indikator für Nachhaltigkeit in der Instandhaltung

Seite 71

Nachhaltiger Substanzerhalt leistungsgebundener Infrastrukturen der Siedlungswasserwirtschaft

71

## Fazit

### Projektgebiete Lüstringen, Gretesch, Darum und Hellern



#### Abwasser

- Gute Datengrundlage für ganzheitliche Netzanalysen
- Sanierungspriorität und bauliche Substanz mittelfristig positiv+ stabil
- Altersverteilung im Projektgebiet unterstützt dabei
- Aussagen für das Gesamtnetz ableitbar, aber nur bei tatsächlicher Repräsentativität direkt übertragbar

#### Trinkwasser

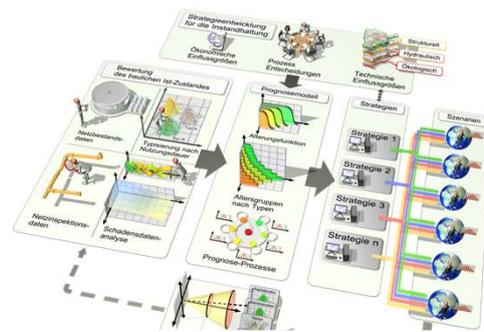
- Datengrundlage im Zustandsbereich sollte aufgebaut werden
- Ohne Zustandsdaten Aussagen zur Entwicklung stark von den Nutzungsdauerangaben abhängig
- Versagensrisiken im Projektgebiet mittelfristig unkritisch
- Ohne Schadensinformationen korreliert Investitionsbedarf stark mit Baujahr

- Übertragung der Analysen auf die jeweiligen Gesamtnetze empfohlen
- Ggf. Erarbeitung einer netzweiten Vorzugsstrategie hilfreich

Seite 72

Nachhaltiger Substanzerhalt leistungsgebundener Infrastrukturen der Siedlungswasserwirtschaft

72



Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit!