

# Entwicklung eines Standards zur Bewertung und Klassifizierung der baulichen Substanz von Kanalhaltungen

Karsten Kerres, Sylvia Gredigk-Hoffmann (Aachen), Stefan Orlik, Torsten Schmidt (Magdeburg), Malte Zamzow (Berlin), Rüdiger Jathe, Ralph Zwafink (Bremen), Christoph Plogmeier (Gelsenkirchen), Michael Hippe (Erfststadt), Ingo Kropp (Dresden), Klaus-Jochen Sympher (Berlin), Adrian Uhlenbroch (Bochum) und Martin Wolf (München)

## Zusammenfassung

Die bauliche Substanz eines Kanalnetzes ist eine wichtige Kenngröße zur mittelfristigen Planungsunterstützung und zur Entwicklung von Sanierungsstrategien. Verschiedene Ansätze zur Substanzklassifizierung wurden bereits in der Vergangenheit entwickelt. Es existiert bisher aber noch kein allgemeingültiger Standard. In diesem Artikel werden die Ergebnisse des vom Bundeswirtschaftsministerium geförderten Verbundvorhabens „Entwicklung eines Standards zur Bewertung und Klassifizierung der baulichen Substanz von Kanalisationen“ (SubKanS) vorgestellt. Ausgehend von den Anforderungen und Erwartungen der Netzbetreiber an eine solche Klassifizierung wird die Abnutzung einer Haltung auf Basis von Einzelzuständen nach Schadensart und -ausprägung mit unterschiedlicher Gewichtung ermittelt und eine Substanzklasse zugeordnet. Die Kalibrierung der Modellparameter und Zuordnungsregeln erfolgte auf Basis von Experteneinschätzungen und statistischen Auswertungen von ca. 100 000 Haltungen.

**Schlagwörter:** Entwässerungssysteme, Instandhaltung, Strategie, Kanalsanierung, Zustandsbewertung, Werterhalt, Substanz, Substanzklasse, Substanzwert, Kanalmanagement, Entscheidungsunterstützung, Abnutzungsvorrat

DOI: 10.3242/kae2021.06.002

## Abstract

### Development of a standard to evaluate and classify the structural condition of sewers

A sewer network's structural condition is an important parameter for medium-term planning support purposes and for the development of rehabilitation strategies. A variety of approaches to classify structural condition have already been developed, but no universal standard so far exists. This article presents the findings of a joint project funded by the German Federal Ministry of Economic Affairs called 'Development of a Standard to Evaluate and Classify the Structural Condition of Sewers' (SubKanS). The project identified wear and tear on a sewer section based on its individual type of damage and its severity using different weighting that is grounded in sewer network operators' requirements and expectations of a classification of this kind. It is then classified in a category of structural conditions. The project calibrated model parameters and assignment rules by drawing from expert assessments and evaluations of approximately 100,000 sewer sections.

**Key Words:** drainage systems, maintenance, strategy, sewer rehabilitation, condition assessment, value preservation, structure, structural class, structural value, sewer management, decision-making support, wear margin

## 1 Einführung – Bedeutung der Substanzklassifizierung für ein integrales Siedlungsentwässerungsmanagement

### 1.1 Einordnung in die bestehende Regelwerkskulisse

Das integrale Kanalmanagement nach DIN EN 752 [1] sowie die dafür erforderlichen Grundaktivitäten zur Untersuchung und Bewertung, zur Entwicklung von Lösungsansätzen sowie zur Planung und Umsetzung von Maßnahmen werden nach DIN EN 14654-2 [2] bzw. Arbeitsblatt DWA-A 143-1 [3] als einzelne Schritte eines wiederkehrenden Managementprozesses verstanden und umgesetzt. Im ersten Schritt wird dabei eine Bewertung des Ist-Zustands vorgenommen. Bisher wird dif-

ferenziert nach baulichen, betrieblichen, hydraulischen, umweltrelevanten und sonstigen Untersuchungen. Die Bewertung des baulichen und betrieblichen Zustandes von Kanalhaltungen gemäß Merkblatt DWA-M 149-3 „Beurteilung nach optischer Inspektion“ [4] hat das Ziel, einen gegebenenfalls vorhandenen Handlungsbedarf sowie dessen Dringlichkeit (und damit zeitliche Einordnung) objektscharf festzustellen. Der Fokus liegt dabei auf der Beurteilung der gegenwärtigen Erfül-

# BISSIGER REISSWOLF ALS ANTI- BLOCKIER- SYSTEM

## Der zuverlässige XRipper® Abwasser-Zerkleinerer von Vogelsang

Feuchttücher, Putzklappen, Hygieneartikel – immer mehr Müll wandert durch die Toilette in die Kanalisation und verursacht kostspielige Verstopfungen. Die Lösung: Zerkleinerung statt ständige Notfallwartung! Mithilfe des weltweit bewährten XRipper werden Störstoffe auf eine unproblematische Größe zerkleinert und Wartungseinsätze nachweislich reduziert.

Vogelsang bietet den XRipper in unterschiedlichen Bauformen an, sodass er an nahezu jeder Stelle der Kanalisation installiert und nachgeschaltete Komponenten schützen kann. Dank ihrer aus einem Block gefertigten Ripper-Rotoren sind die XRipper robust und zuverlässig. Wartung und Service können durch eigenes Personal unkompliziert vor Ort erfolgen.

## VOGELSANG – LEADING IN TECHNOLOGY

Hier erfahren Sie mehr:

[vogelsang.info/abwasser-zerkleinerer](http://vogelsang.info/abwasser-zerkleinerer)  
[germany@vogelsang.info](mailto:germany@vogelsang.info)



**VOGELSANG**



lung der an die Kanalhaltung gestellten Anforderungen (Funktionserfüllung) bezüglich der Schutzziele Dichtheit, Standsicherheit und Betriebssicherheit. Aussagen zur verbleibenden Kanalsubstanz und damit zukünftigen Funktionserfüllung sowie daraus abgeleitete Schlussfolgerungen in Hinblick auf mittel- und langfristiges Kanalmanagement, erforderliche Sanierungsart oder -kosten sind damit nicht möglich.

In Arbeitsblatt DWA-A 143-14 „Entwicklung einer Sanierungsstrategie“ [5] wird auf die Bedeutung der Kanalsubstanz und deren Erhalt hingewiesen. Neben der aktuellen Funktionserfüllung (Schutzziele gemäß DWA-M 149-3) ist auch die zukünftige Entwicklung des Kanalzustands zu berücksichtigen.

Ziel des Verbundvorhabens „Entwicklung eines Standards zur Bewertung und Klassifizierung der baulichen Substanz von Kanalisationen“ (SubKanS) [6] ist deshalb die Schaffung einer Kenngröße zur Bewertung der baulichen Substanz auf Basis der Ergebnisse der optischen Inspektion, die die oben genannten fünf Bewertungssäulen gemäß Arbeitsblatt DWA-A 143-1 [3] erweitert und die bisherigen Bewertungen (Dringlichkeit, Umweltrelevanz) um die weiteren Bewertungsgrößen „Substanz“ bzw. „Substanzklasse“ ergänzt.

## 1.2 Nutzen für den Netzbetreiber

Eine Substanzklassifizierung (bzw. die Bewertung des noch für die Funktionserfüllung vorhandenen Abnutzungsvorrats) ergänzt die Entscheidungsgrundlage beim Infrastrukturmanagement sowie bei der Sanierungsplanung.

Auf Netzebene unterstützt sie den Netzbetreiber bei der Entwicklung bzw. Anpassung einer Sanierungsstrategie, da ein gegebenenfalls vorhandener Investitionsstau bzw. Werteverzehr identifiziert und quantifiziert werden kann. Die Substanzklassifizierung dient damit auch zur Sichtbarmachung des Handlungsbe-

darfs von Maßnahmen im Kanalnetz und der dafür erforderlichen finanziellen und personellen Ressourcen vor Politik und Bürgern. Sie erlaubt das Netzmonitoring als Wirkkontrolle einer Strategie über die Zeit sowie den Kanalnetzvergleich (Benchmarking). Ein generationengerechtes Kanalmanagement wird möglich.

Auf Objektebene (Haltung) unterstützt die Substanzklasse die Sanierungsbedarfsplanung (s. DWA-A 143-1 [3]). Aus der Substanzklasse sind erste Rückschlüsse auf erforderliche Unterhalts- oder investive Maßnahmen möglich. Damit können Haltungen identifiziert werden, die mit großer Sicherheit investiv saniert werden müssen oder umgekehrt noch lange Restnutzungsdauern erwarten lassen. Dies kann Grundlage zur Abstimmung mit anderen Spartenbetreibern sein. Ebenfalls ist eine erste Abschätzung und Abstimmung mit kaufmännischen Belangen (verbleibende Restnutzungsdauer, drohender Abschreibungsverlust, Überprüfen der betriebsgewöhnlichen Nutzungsdauer) möglich. Aufwand und Nutzen von Sanierungen werden durch den Vergleich der Substanz vor der Sanierung und der Substanz nach erfolgter Sanierung bewertbar.

## 1.3 Zielsetzung einer standardisierten Substanzbeurteilung

Für Kanalnetze werden bereits verschiedene Bewertungsmodelle angewendet, die eine Substanzbewertung sowie Aussagen zur Unterstützung der operativen Sanierungstätigkeit ermöglichen und damit die Zustandsbeurteilung nach Merkblatt DWA-M 149-3 [4] ergänzen. Je nach Vorgehensweise, Datengrundlage und Komplexität haben die Modelle ihre Stärken in unterschiedlichen Bereichen (vgl. auch [7]). Mit diesen Modellen ist zum Beispiel auch die objektscharfe Ermittlung von Sanierungsart und -kosten und damit die direkte Unterstützung des Planungsprozesses gemäß Arbeitsblatt DWA-A 143-1 [3] möglich. Die Anforderungen an die Datengrundlage dieser Mo-

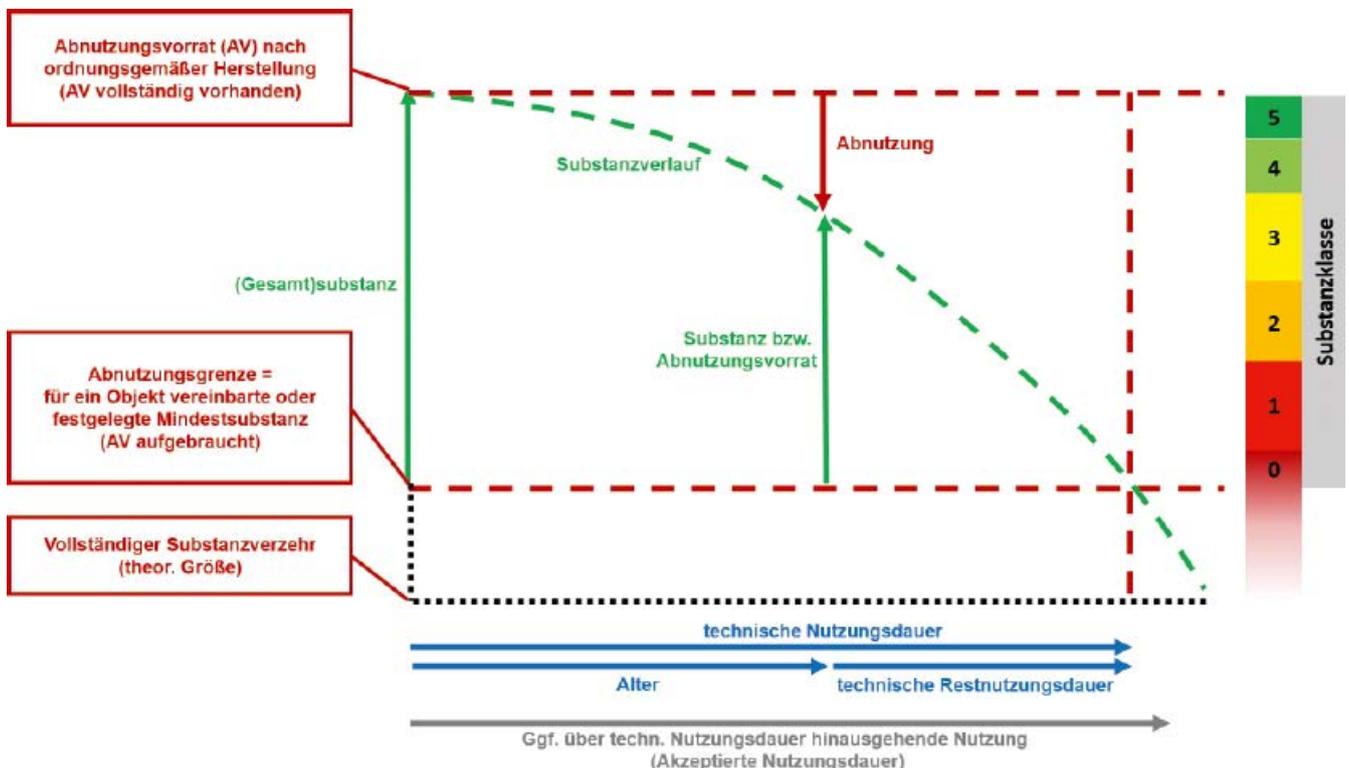


Abb. 1: Qualitativer Zusammenhang zwischen Substanz, Substanzklasse, Abnutzung (svorrat) sowie technischer und akzeptierter Nutzungsdauer

delle sind aufgrund der vielfältigen Möglichkeiten zum Justieren und Anpassen der Anwendung entsprechend hoch.

Die Substanzbewertung wird in den vorliegenden Modellen unterschiedlich umgesetzt. Auch wenn die bisherigen Bewertungsverfahren in Hinblick auf die Substanz ähnliche qualitative Einschätzungen liefern, ist aufgrund der unterschiedlichen Ansätze keine direkte Vergleichbarkeit vorhanden. Mit dem Verbundvorhaben SubKanS, an dem drei wissenschaftliche Einrichtungen, zwei Kanalnetzbetreiber und sechs Ingenieurbüros mitwirkten, wurden einheitliche Definitionen, Grundsätze, Skalierungen, Einflusskriterien und Randbedingungen zur Substanzbewertung geschaffen (vgl. [6]). Unter Verwendung der im Verbundvorhaben verfügbaren Modelle wurde eine neue, leicht zu ermittelnde Kenngröße zur Bestimmung der aktuellen Substanz (bzw. des vorhandenen Abnutzungsvorrats) erarbeitet, die auf Grundlage der allgemein verfügbaren Daten eine Abschätzung des baulichen/betrieblichen Sanierungsbedarfs ermöglicht. Die Prognose der zukünftigen Netzentwicklung war nicht Zielsetzung von SubKanS.

## 2 Quantifizierung der Abnutzung

### 2.1 Idee

Die Abnutzung von Kanalhaltungen bezeichnet eine Einschränkung der Funktionsfähigkeit (Dichtheit, Standsicherheit und Betrieb) der gesamten Betrachtungseinheit (nicht die Dringlichkeit, mit der eine Sanierung zu erfolgen hat). Sie ergibt sich entsprechend aus der Summe aller die Funktion beeinträchtigenden Indikationen bzw. Schadensbilder. Analog zu DWA-M 149-1 [3] umfasst Funktionsfähigkeit im hier verwendeten Sinn zwar betriebliche, nicht aber hydraulische Funktionseinschränkungen im Sinn einer Unterdimensionierung.

Abnutzung, Substanz sowie technische und akzeptierte Nutzungsdauer (vgl. DWA-A 143-14 [5]) stehen dabei in dem in Abbildung 1 qualitativ dargestellten Bezug.

Die Prozesskette zur Quantifizierung der Abnutzung und zur Substanzklassifizierung von Kanalisationen umfasst die folgenden Schritte:

1. Vorverarbeitung der Feststellungen (Schadenskodes)
2. Vorverarbeitung der Schadensbilder (Schadensüberlagerung)
3. Berechnung der Abnutzung
4. Substanzklassifizierung

### 2.2 Vorverarbeitung der Feststellungen

Bei der Ermittlung der Abnutzung werden alle Schäden bzw. Schadensbilder der Haltung berücksichtigt. Die Klassifizierung der Einzelzustände (bzw. der einzelnen Feststellungen) folgt dabei grundsätzlich der Methodik gemäß DWA-M 149-2 [8] sowie DWA-M 149-3 [4] mit beispielsweise folgenden Abweichungen:

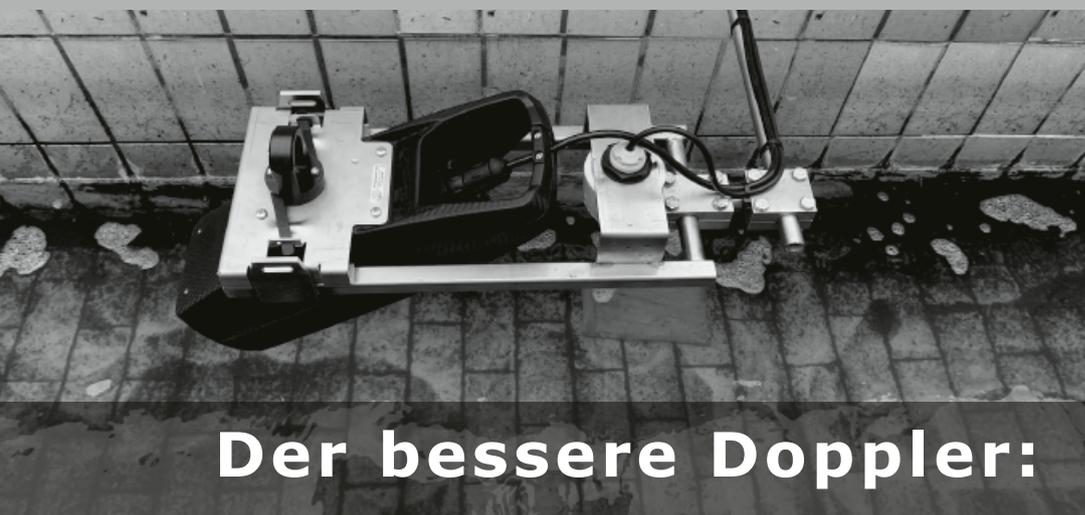
- Reparaturstellen werden im Merkblatt DWA-M 149-3 [4] keine Klassifizierung zugeordnet. Bei der Bewertung der Substanz einer Haltung hingegen weisen Reparaturen auf eine bereits erfolgte Abnutzung hin. Aus diesem Grund werden Feststellungen, die auf Reparaturstellen hinweisen, in die Zustandsklasse 4 (D/B) eingestuft. Dies gilt auch für mit Hammer und Meißel erzeugte Anschlüsse (BCA EA), bei denen die vollständige Funktionserfüllung in Zweifel gezogen werden kann, sowie für Bestandskodes, die auf Bauweisen hinweisen, die nicht dem heutigen Stand der Technik entsprechen.
- Bei den Feststellungen „Infiltration – Schwitzen“ (BBF A) und „Anhaftende Stoffe“ (BBB) wird die Zustandsklasse 4 (D/S/B) angesetzt.
- Schäden, die gemäß DWA-M 149-3 einer Einzelfallbetrachtung unterliegen, werden in Anlehnung an die Baufachlichen Richtlinien Abwasser [9] klassifiziert.

### 2.3 Vorverarbeitung der Schadensbilder

Es gilt im Weiteren zu vermeiden, dass den Schadensbildern, die über mehrere Feststellungen erfasst werden, allein aus diesem Grund tendenziell eine höhere Relevanz in Hinblick auf die Substanzbeeinträchtigung zugeordnet wird als jenen Scha-

# RAVEN-EYE 2<sup>®</sup>

**BERÜHRUNGSLOSES RADAR  
DURCHFLUSSMESSSYSTEM**



**Mehr als 20 Jahre  
Felderfahrung  
mit Doppler-  
Radarsensoren!**

**Der bessere Doppler:**

**Das RADAR**

		Schadensausprägung		
		Durchdringender Schaden	Oberflächenschaden	Schaden ohne Bezug zum Rohrmaterial
Schadensart	Streckenschaden	BAA A/B ...	BAF A ...	BAK B ...
	Punktschaden	BAD A ...	BAK A ...	BAH A ...
	Umfangschaden	BAI ...	BAB A B ...	BAL E ...

Tabelle 1: Beispiele für die Zuordnung von Schadenscodes in Schadensart und Schadensausprägung

densbildern, die durch nur eine Feststellung vollumfänglich beschrieben sind. Auch ist insbesondere für sich überlagernde Streckenschäden festzulegen, ob mehrere Feststellungen zu einem (zum Beispiel Längsriss oben und unten) oder zu verschiedenen Schadensbildern (zum Beispiel Längsriss und verfestigte Ablagerungen) gehören. Daher werden in einem zweiten Schritt die einzelnen Feststellungen sachgerecht zu Schadensbildern wie folgt zusammengeführt: Allen Feststellungen wird eine „Schadensart“ und eine „Schadensausprägung“ zugeordnet.

Der SubKanS-Ansatz unterscheidet dabei die **Schadensarten** „Punktschäden“, „Umfangschäden“ und „Streckenschäden“ sowie die **Schadensausprägungen** „durchdringende Schäden“ (wanddurchdringende und damit korrespondierende Schäden), „Oberflächenschäden“ und „Schäden ohne Bezug zur baulichen Struktur“ (Rohrwand oder Dichtung). Beispiele dieser Zuordnung sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Feststellungen mit identischer Station werden innerhalb der gleichen Schadensart und der gleichen Schadensausprägung zu Schadensbildern nach folgender Methodik weiterverarbeitet:

- durchdringende (wanddurchdringende und damit korrespondierende) Schäden:
  - Punktschäden:
    - Alle Feststellungen mit identischer Station und Position werden innerhalb der Schadensart Punktschaden zu einem Schaden zusammengefasst.
  - Umfangschäden:
    - Alle Feststellungen mit identischer Station werden innerhalb der Schadensart Umfangschaden zu einem Schaden zusammengefasst.
  - Streckenschäden:
    - Alle Feststellungen mit sich überschneidender Station werden innerhalb der Schadensart Streckenschaden zu einem Schaden zusammengefasst.
- Oberflächenschäden:
  - Feststellungen, die Oberflächenschäden beschreiben, werden nach identischer Logik wie die durchdringenden Schäden zu Schadensbildern zusammengefasst.

Die schutzzielbezogenen Zustandsklassen des Schadensbildes ergeben sich für beide Schadensarten aus dem Minimum der schutzzielbezogenen Zustandsklasse der zugeordneten Feststellungen.

- Schäden ohne Bezug zur baulichen Struktur:
  - Jede Feststellung wird als einzelnes Schadensbild betrachtet. Die schutzzielbezogene Zustandsklasse des Schadensbildes ergibt sich aus der schutzzielbezogenen Zustandsklasse der Feststellung.

## 2.4 Berechnung der Abnutzung

Die absolute Abnutzung  $ABN_{abs}$  (gewichtete Gesamtschadenslänge [m]) ergibt sich aus der Summe der bezüglich Schadensart, Schadenslänge und Zustandsklasse gewichteten Schäden (absolute Bruttoschadenslänge  $BSL_{abs}$ ) gemäß Gleichung 1:

$$ABN_{abs} = BSL_{abs} = \sum_i SG_i \quad (1)$$

Die Berechnung des Schadensgewichtes  $SG$  erfolgt gemäß Gleichung 2 über

- die Länge des Schadens  $i$  (Schadenslänge  $SL_i$ )
  - Punktschäden:  $SL_i = 0,3 \text{ m}$
  - Umfangschäden:  $SL_i = \text{Rohrumfang} (\pi \cdot DN) \text{ [m]}$
  - Streckenschäden:  $SL_i = \text{kodierte Streckenlänge [m]}$
- das Startgewicht  $StG_i$
- das Klassengewicht  $KG_i$ .

$$SG_i = SL_i \cdot StG_i \cdot KG_i \quad (2)$$

Die Parametrisierung des Startgewichts in Abhängigkeit von der Schadensart sowie des Schadensklassengewichts in Abhängigkeit von der Zustandsklasse wird in Abschnitt 3 beschrieben.

Die Abnutzung  $ABN$  (vgl. Abbildung 1) entspricht der relativen Bruttoschadenslänge  $BSL_{rel}$  gemäß Gleichung 3 als Verhältnis von absoluter Bruttoschadenslänge und Objektausdehnung  $OL$  und korrespondiert mit der Substanz ( $SUB$ ):

$$ABN = BSL_{rel} = \frac{BSL_{abs}}{OL} \leq 1 \quad (3)$$

$$SUB = 1 - ABN$$

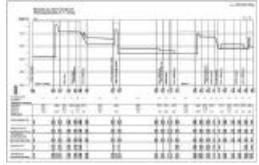
## 2.5 Substanzklassifizierung

Der Wertebereich der Abnutzung bzw. Substanz (vgl. Abbildung 1) wird in Substanzklassen unterteilt, um in Analogie zu



**Hydraulische Berechnung von Kläranlagen, Rohr- und Gerinnesystemen**

- Dimensionierung von Gerinnen und Rohrleitungen
- Minimierung von Einzel- und Reibungsverlusten
- Überprüfung der Flussverteilung
- Gewährleistung gewünschter Strömungsbedingungen
- Überprüfung bestehender Anlagen unter geänderten Belastungen und Verfahrenskonzepten
- Interpretation von tatsächlich auftretenden, hydraulisch bedingten Betriebsproblemen



3S Consult GmbH — Seit 35 Jahren erfolgreich mit Engineering und Software — [www.3sconsult.de](http://www.3sconsult.de)

Substanzklasse SBK	Verbale Beschreibung
5 (Substanz $\geq$ 95 %)	<b>Sehr gute bis vollständige Substanz/ Vernachlässigbare bis keine Abnutzung</b> in der Regel Monitoring (planmäßige Inspektion), keine Maßnahmen zur Substanzwiederherstellung erforderlich
4 (95 % > Substanz $\geq$ 85 %)	<b>Gute Substanz/ Geringe Abnutzung</b> kaum investive Maßnahmen zur vollständigen Substanzwiederherstellung erforderlich, hohe Wahrscheinlichkeit für Reparaturverfahren
3 (85 % > Substanz $\geq$ 67 %)	<b>Ausreichende Substanz/ Fortschreitende Abnutzung</b> Überwiegend Reparaturverfahren mit steigendem investiven Anteil zur Substanzwiederherstellung
2 (67 % > Substanz $\geq$ 33 %)	<b>Schlechte Substanz/ Hohe Abnutzung</b> Überwiegend investive Maßnahmen mit sinkendem Reparaturanteil zur Substanzwiederherstellung
1 (33 % > Substanz > 5 %)	<b>Sehr schlechte Substanz/ Kritische Abnutzung</b> Maßnahmen zur Substanzwiederherstellung werden zumeist investiv sein, Reparaturanteil sehr gering
0 (Substanz $\leq$ 5 %)	<b>Substanz vollständig aufgebraucht/ Vollständige Abnutzung</b> Maßnahmen zur Substanzwiederherstellung in der Regeln nur noch investiv möglich

Tabelle 2: Definition der Substanzklassen (SBK)

DWA-M 149-3 [4] die ermittelte Substanz einer Kanalhaltung und eines (Teil-)Netzes im praxisnahen Kontext interpretieren zu können (vgl. Tabelle 2).

### 3 Kalibrierung der Modellparameter

Während bei der Zustandsklassifizierung prioritäre Schäden ausschlaggebend sind, hat die Gesamtheit aller Schäden einen Einfluss auf die Substanz einer Haltung. Vor allem die Ausdehnung der Schäden ist von großer Bedeutung für die Bestimmung der Schadensdichte. Da die Kanalinspektion jedoch häufig die Ausdehnung nur in Längsrichtung protokolliert, müssen Gewichte zwischen den Schadensarten Punkt-, Umfang-, und Streckenschaden für eine ausgewogene Gesamtbewertung verwendet werden. Ebenfalls muss die Schadensschwere bei der Berechnung der Substanz berücksichtigt werden. Um die Gewichte zu ermitteln, wurden die Modellparameter „Startgewicht“ (StG) und „Klassengewicht“ (KG) unter Verwendung eines Datensatzes von ca. 100 000 Inspektionsprotokollen (3989 km Haltungslänge) und bereits bestehender Modelle zur Substanzbewertung kalibriert.

Der Datensatz wurde ausgiebig auf Repräsentativität und Vielfalt in den Schadensbildern überprüft. Kennzahlen zum Alter, zur Materialart, zur Haltungslänge und zum Haltungsdurchmesser sind in Tabelle 3 aufgeführt und der DWA-Umfrage zum Zustand der Kanalisation in Deutschland [10] gegenübergestellt.

Innerhalb des SubKanS-Projektconsortiums waren fünf unterschiedliche Modelle zur Substanzermittlung verfügbar, die eine wirtschaftliche und/oder eine technische Herangehensweise verfolgen. Es war zu erwarten, dass die Modelle in ihrer Substanzbewertung nicht bei jeder Haltung identische Ergebnisse erzeugen. Trotzdem war es das Ziel, die Bandbreite aller fünf Modelle für die Kalibrierung des SubKanS-Modells zu verwenden. Daraus entwickelte sich für den SubKanS-Modellansatz folgende Vorgabe:

*Wenn eine Haltung von fünf Modellen mit unterschiedlichen Ansätzen ähnlich bewertet wurde, sollte das neu entwickelte SubKanS-Modell ebenfalls zu diesem Ergebnis kommen.*

Für jedes bestehende Modell wurden die bewerteten Haltungen in zehn Klassen mit gleich vielen Haltungen einsortiert – von Klasse 1 mit den 10 % aller Haltungen der geringsten Abnutzung bis Klasse 10 mit den 10 % aller Haltungen der höchsten Abnutzung. Ausgewählt wurden alle Haltungen, die von den fünf Modellen gleich klassiert wurden, wobei eine Abweichung von einer Klasse zur durchschnittlichen



## Wilo-Rexa SOLID-Q mit Nexos-Intelligenz

Die intelligente Systemlösung für eine smarte Abwasserpumpstation

Die Förderung von ungereinigtem Abwasser ist aufgrund vermehrt auftretender Fest- und Faserstoffe immer schwieriger und führt deshalb zu erhöhten Betriebskosten. Die neue Wilo-Rexa SOLID-Q mit Nexos-Intelligenz zeichnet sich durch Betriebssicherheit, Energieeffizienz und ein Höchstmaß an digitaler Vernetzung aus. Die smarte Kombination für hohe Wirtschaftlichkeit mit einem Mehr an Komfort im Arbeitsalltag.



	Alter zum Zeitpunkt der Inspektion					
	≤ 25 Jahre	26–50 Jahre	51–75 Jahre	76–100 Jahre	> 100 Jahre	
SubKanS-Datensatz	29,9 %	46,4 %	17,1 %	2,6 %	4,0 %	
DWA-Umfrage 2020 (bezogen auf bekannte Baujahre)	30,1 %	33,4 %	21,3 %	7,6 %	8,6 %	
	Materialart					
	Steinzeug	Unbewehrter Beton/ Stahlbeton	Kunststoff	Mauerwerk	Faserzement	Sonstiges
SubKanS-Datensatz	50,3 %	39,9 %	3,7 %	2,7 %	1,2 %	2,2 %
DWA-Umfrage 2020	36,4 %	41,1 %	11,3 %	1,8 %	3,0 %	3,9 %
	Haltungslänge					
	< 10 m	10–30 m	30–50 m	50–75 m	> 75 m	
SubKanS-Datensatz	6,3 %	22,2 %	43,6 %	23,5 %	4,4 %	
	Haltungsdurchmesser					
	< DN200	> DN200– DN400	> DN400– DN600	> DN600– DN800	> DN8	
SubKanS-Datensatz	18,2 %	60,9 %	11,1 %	5,2 %	4,7 %	
	Zustandsklassen					
	0	1	2	3	4	5
SubKanS-Datensatz	3,4 %	21,9 %	26,4 %	16,3 %	10,6 %	21,4 %
DWA-Umfrage 2020 (bezogen auf inspizierten Anteil)	12,8 %		17,6 %	19,2 %	22,6 %	27,9 %

Tabelle 3: Kennzahlen zum Alter, Material, Durchmesser und zur Länge der Haltungen im untersuchten Datensatz und gemäß DWA-Umfrage 2020 [10]

Klasse toleriert wurde. Diese Einigkeit war bei ca. 30 000 Haltungen gegeben, von denen jeweils eine Hälfte für die Kalibrierung und die andere Hälfte für die Validierung verwendet wurde. Das Modell wurde durch eine Kombination aus Optimierungsalgorithmus und Rasteranalyse kalibriert. Als Bewertungskriterium für die Güte des SubKanS-Modells wurde der Anteil der Haltungen, bei dem die Klassifizierung durch das SubKanS-Modell mit der Klassifizierung durch die bestehenden Modelle übereinstimmte, verwendet.

Die Kalibrierung ergab eine achtfache Gewichtung von Punktschäden und eine dreifache Gewichtung von Umfangschäden gegenüber Streckenschäden (Abbildung 2). Die Schwere der Schäden bzw. Schadensbilder von Zustandsklasse 0 bis 4 werden mit den Klassengewichten 1,0; 0,8; 0,25; 0,15 und 0,05 gewichtet. Das SubKanS-Modell ordnet mit 64,3 % knapp zwei Drittel der Haltungen in die exakte gleiche Klasse ein wie die bestehenden Modelle. Zu 97,8 % wurde die entsprechende Klasse mit der tolerierten Abweichung getroffen. Die beiden Trefferquoten waren bei der Berechnung des Validierungsdatsatzes mit 62,8 % und 97,6 % nur geringfügig schlechter und konnten somit bestätigt werden.

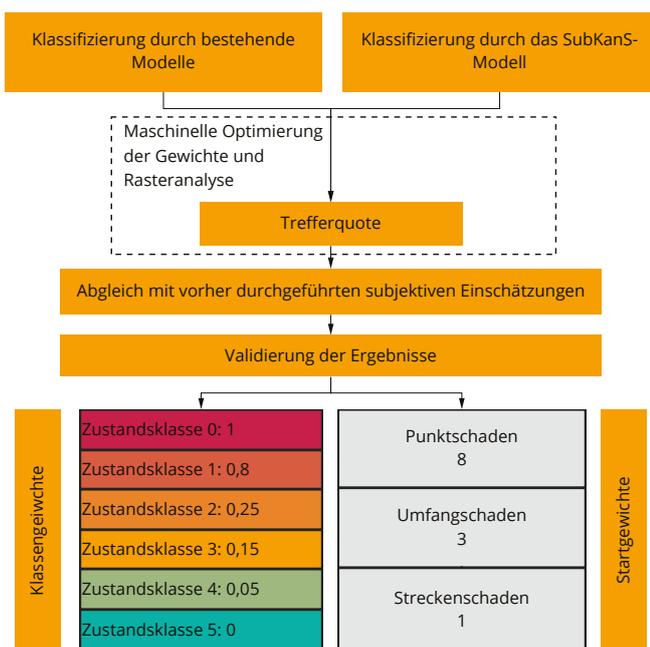


Abb. 2: Methode und Ergebnis der SubKanS-Modellkalibrierung

#### 4 Anwendungs- und Interpretationsbeispiele

Ein praktischer Nutzen der Substanzklassifizierung ergibt sich sowohl auf Objektebene als auch auf (Teil-)Netzebene. Auf Objektebene können aus der Substanzklasse Abnutzungsvorrat, Sanierungstendenz und Sanierungserfolg abgeschätzt werden, wie am folgenden Beispiel erläutert wird.

Für die in Abbildung 3 dargestellte Haltung ergibt sich die Substanz bzw. der Abnutzungsvorrat zu 66 %; sie ist mit einer Zustandsklasse ZK 1 nach Tabelle 2 in die Substanzklasse SBK 2 an der Grenze zu SBK 3 einzuordnen. Wird der klaffende Riss an Station 27,10 m repariert, verbessert sich die Substanz auf 71 % (ZK 2, SBK 3). Werden zudem sämtliche schadhaften Anschlüsse wiederhergestellt, ergibt sich eine Substanz von 80 % (ZK 3, SBK 3 mit Tendenz zu SBK 4). Die Reparaturen der Anschlüsse und bzw. oder des klaffenden Risses würden somit dazu führen, dass sich die Substanzklasse der Haltung von ursprünglich Substanzklasse SBK 2 auf SBK 3 nur leicht verbessert. Um die Substanz vollständig wiederherzustellen, wäre

Stammdaten		ID-94	SubKanS		
Kanal	00000000	Haltung	H0000082	Anschluss	0
Anfangsachse	5004005	Endsachse	5004006	Strabe	-
Material	Beton	WSZ	ben WSG	Haltungslänge	47,62 m
DO-AS	16,21 m/N	KS-AS	14,26 m/N	Grundwasser	
DO-ES	15,96 m/N	KS-ES	14,12 m/N	Baujahr	1956
Profilart	Kreisprofil	Profilhöhe	300 mm	Entwässerung	Regenwasser
<b>Kanalunterstützung</b>					
Inspektionsdatum	03.04.2013	U.-Firma		TV-Videoband	
TV-Befahrungslänge	47,62 m	Zustandsklasse Z: D/S/B	0 : 2 / 3 / 4	TV-Untersucher	
TV-Untersuchungsrichtung	gegen	Lage	Nebenstraße	TV-Inspektionnr.	12
<b>Geschädigte Haltungslänge</b>					
<b>Gesamtzustand</b>					
Stationierung	Kode	Auen	Langzeit		D/S/B
5004005	00.50-07.70	BAFCD	--	Oberflächenschaden - Zuschlagsstoffe sichtbar - ...	5 3 4
	01.30	BABAA G 1 mm	Rissbildung - Oberflächenschaden - in Längsrichtung ...		0 4 0
	03.40	BAHC	--	Schadhafter Anschluss - Anschluss unvollständig	2 5 5
	03.40	BAHC	--	Schadhafter Anschluss - Anschluss beschädigt	2 5 5
	03.90	BAHD	--	Schadhafter Anschluss - Anschluss beschädigt	2 5 5
	03.90	BAHC	--	Schadhafter Anschluss - Anschluss unvollständig	2 5 5
	14.30	BAHC	--	Schadhafter Anschluss - Anschluss unvollständig	2 5 5
	15.30	BAHC	--	Schadhafter Anschluss - Anschluss unvollständig	2 5 5
	20.90	BAHC	--	Schadhafter Anschluss - Anschluss unvollständig	2 5 5
	21.70	BAHD	--	Schadhafter Anschluss - Anschluss beschädigt	2 5 5
	21.70	BAHC	--	Schadhafter Anschluss - Anschluss unvollständig	2 5 5
	22.90	BABAA G 1 mm	Rissbildung - Oberflächenschaden - in Längsrichtung ...		0 4 0
	27.10	BAHC	--	Schadhafter Anschluss - Anschluss unvollständig	2 5 5
	27.10	BAHC B	5 mm Rissbildung - Kluftentfernen - am Rohrumfang		1 4 0
	27.30	BAHC	--	Schadhafter Anschluss - Anschluss unvollständig	2 5 5
	27.30	BAHD	--	Schadhafter Anschluss - Anschluss beschädigt	2 5 5
	27.30	BABAA G 1 mm	Rissbildung - Oberflächenschaden - in Längsrichtung ...		0 4 0
	30.00	BABAA G 1 mm	Rissbildung - Oberflächenschaden - in Längsrichtung ...		0 4 0
	44.30	BAHC	--	Schadhafter Anschluss - Anschluss unvollständig	2 5 5
	45.60	BAHC	--	Schadhafter Anschluss - Anschluss unvollständig	2 5 5
	45.60	BDFGD	--	Oberflächenschaden - Zuschlagsstoffe sichtbar - ...	0 5 4

Abb. 3: Haltungsbeispiel Haltung H0000082 (Darstellung: Pecher & Partner)

aufgrund des Oberflächenschadens mit sichtbaren Zuschlagsstoffen eine investive Sanierung erforderlich (vgl. auch Tabelle 4).

Auf (Teil-)Netzebene können aus der Kombination von Zustands- und Substanzklasse gegenwärtige und mittelfristig erwartbare Risiken sowie erwartbare Sanierungslasten abgeleitet werden. In Abbildung 4 ist ein reales Teilnetz nach Zustands- und Substanzklasse eingefärbt. Etwa 48 % der Haltungen ist den Zustandsklassen ZK 0–2 (vgl. auch Abbildung 5) zuzuordnen. Aus der Gegenüberstellung von Zustand und Substanz (vgl. auch Tabelle 5) wird deutlich, dass Haltungen mit hoher Sanierungspriorität und guter Substanz existieren, die zwar dringend, aber nur mit geringem Aufwand zu sanieren sind. Umgekehrt existieren Haltungen mit nachrangiger Sanierungspriorität, aber geringer Substanz.

Hier wird der Vorteil der Substanzklassifizierung sichtbar, da bei Beurteilung allein auf Grundlage der prioritätsorientierten Zustandsklasse übersehen werden könnte, dass solche Haltungen zukünftig voraussichtlich investiv zu sanieren wären.

Es ist in diesem Zusammenhang unbedingt festzuhalten, dass die Ableitung eines Sanierungshauptverfahrens nicht allein über die Substanzklasse erfolgen kann (oder soll). Neben Substanz sind zusätzliche ingenieurmäßige Beurteilungen und die Einbeziehung zahlreicher weiterer Randbedingungen, insbesondere der kaufmännischen Faktoren, für die dezidierte Festlegung von Sanierungsverfahren erforderlich. Ungeachtet dessen kann für das beispielhafte Teilnetz aus der Gegenüber-

Zustandsklassen (ZK)

Substanzklassen (SBK)



Abb. 4: Reales Teilnetz mit 1337 Haltungen: Zustandsklassen (links) und Substanzklassen (rechts), Farbgebung gemäß Tabelle 5

stellung von Zustand und Substanz im Einzelnen folgendes abgeleitet werden (vgl. auch Tabelle 5):

- 205 Haltungen (ca. 15 %, grün hinterlegt) sind in Bezug auf Zustand und Substanz unkritisch. Gegenwärtig besteht kein Sanierungsbedarf, auch mittelfristig ist kein großes Risiko vorhanden (erwartbar sind gegebenenfalls vereinzelt erforderliche Reparaturen). Die Substanz dieser Haltungen weist auf einen erheblichen Abnutzungsvorrat, verbunden mit einer langen technischen Restnutzungsdauer, hin.
- 92 Haltungen (ca. 7 %, gelb hinterlegt) sind bei hoher Sanierungspriorität in Bezug auf die Substanz unkritisch. Erwartbar ist, dass diese Haltungen mit großem Erfolg repariert werden können. Abnutzungsvorrat und technische Restnutzungsdauer dieser Haltungen sind durch die Sanierung in hohem Maß wiederherstellbar.
- 428 Haltungen (ca. 32 %, rot hinterlegt) weisen bei niedriger Substanz eine hohe Sanierungspriorität auf. Erwartbar ist, dass diese Haltungen sofort bis mittelfristig und in der Regel mittels investiver Verfahren zu sanieren sind. Bei 25 Haltungen ist der Abnutzungsvorrat erschöpft; das Ende der technischen Nutzungsdauer ist erreicht.
- 452 Haltungen (ca. 34 %, orange hinterlegt) sind in Bezug auf ein zuzuordnendes Sanierungsverfahren indifferent und können je nach Randbedingungen entweder noch sinnvoll repariert oder müssen investiv saniert werden.

**UNI TECHNICS** INNOVATIONEN FÜR IHR KANALNETZ  
GERUCH | FREMDWASSER | INGENIEURLEISTUNGEN

**ONLINE SHOP**  
www.unitechnics.de

---

**Neuheit des Monats:**  
Geruchsdämpfungs-System  
Uni-AdSorber-Aktiv

Für eine noch bessere Belüftung des Kanals!

Schwerin | Rostock | Magdeburg | Bamberg | Stuttgart | Köln | Cottbus | Jena

Szenario	Zustandsklasse	Substanz	Substanzklasse	Bemerkung
Haltung gemäß Abbildung 3	1	66 %	2 (3)	Ausgangsszenario
Reparatur klaffender Riss	2	71 %	3	Nachrangige Verbesserung von Zustand und Substanz
Reparatur klaffender Riss und aller schadhaften Anschlüsse	3	80 %	3 (4)	Zustand deutlich verbessert, nachrangige Verbesserung der Substanz Kombination ZK und SBK deutet auf nicht reparables Schadensbild hin.
Haltung gemäß Abbildung 3 ohne Oberflächenschaden	1	81 %	3 (4)	Niedrige Zustandsklasse bei recht guter Substanz deutet auf reparables Schadensbild hin.

Tabelle 4: Ermittlung von Abnutzung und Substanzklasse für das in Abbildung 3 dargestellte Handlungsbeispiel

- 79 Haltungen (blau hinterlegt) weisen eine nachrangige Sanierungspriorität bei allerdings nur geringer Substanz auf. Dies gilt insbesondere für 18 Haltungen (rote Schrift), die mit hoher Wahrscheinlichkeit investiv zu sanieren sind.

Auf (Teil-)Netzebene ermöglicht die Kenntnis über die Verteilung der Substanzklassen zusammenfassend eine Einschätzung des vorhandenen Sanierungs- bzw. Investitionsbedarfes, die den Netzbetreiber bei der Entwicklung bzw. Überprüfung und Anpassung der Sanierungsstrategie unterstützen soll. Im konkreten Beispiel-Kanalnetz wäre deshalb kritisch zu überprüfen, ob die bisher durchgeführte bzw. geplante Sanierungstätigkeit in Hinblick auf das Kriterium Substanz ausreichend ist. Wird zudem das Netzalter sowie die erwartete Nutzungsdauer berücksichtigt, kann eine erste Einschätzung vorgenommen werden, ob gegebenenfalls bereits ein unangemessener Netzverschleiß und damit Substanzverzehr vorhanden ist, dem durch eine geeignete Sanierungsstrategie vorgebeugt werden muss.

### 5 Fazit und Ausblick

Durch die Schaffung einer einheitlichen Definition von Substanz mit einer entsprechenden Substanzklassifizierung ist es möglich, auf Basis von in der Regel verfügbaren Stamm- und Zustandsdaten auf Objektebene weitreichende Aussagen über erwartbare Sanierungsverfahren und Sanierungserfolge zu treffen. Auf Netzebene erlaubt die Substanzklassifizierung eine deutlich umfassendere Analyse des Systems als dies bei alleiniger Betrachtung der Zustandsklasse möglich ist: Sanierungslasten können abgeschätzt und insbesondere Risiken identifiziert werden.

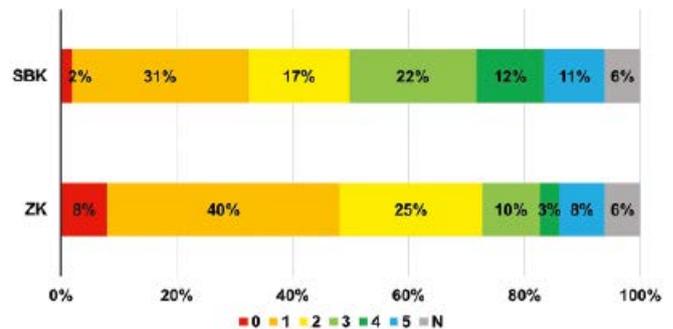


Abb. 5: Reales Teilnetz mit 1337 Haltungen: Zustands- und Substanzklassenverteilung

Substanz bzw. Substanzklasse stellen damit neben dem baulichen/betrieblichen Zustand eine weitere Zustandsinformation dar und sind wesentliche Grundlage einer strategischen Sanierungsplanung bzw. präventiven Instandhaltung von Kanalisationen. Zahlreiche weitere Gründe für die Notwendigkeit der Substanz als Bewertungsparameter für Kanalisationen sind in DWA-A 143-14 [5] aufgeführt. Um dieser Notwendigkeit Rechnung zu tragen, wurde die DWA-Arbeitsgruppe ES-4.7 „Sanierungsstrategien“ in enger Abstimmung mit der DWA-Arbeitsgruppe ES-4.1 „Zustandserfassung und -beurteilung“ mit der Erstellung des Merkblatts DWA-M 149-10 „Zustandserfassung und -beurteilung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden, Teil 10: Substanzklassifizierung“ beauftragt.

Die Methodik zur Substanzklassifizierung baut auf den Ergebnissen einer optischen Zustandserfassung auf. Sie wurde für Kanalhaltungen entwickelt und parametrisiert, ist aber vom Grundsatz auf andere Systemelemente, wie Schächte, An-

		Substanzklasse SBK						N
		5	4	3	2	1	0	
Zustandsklasse ZK	5	107	0	0	0	0	0	81
	4	20	13	11	0	0	0	
	3	14	51	50	13	5	0	
	2	0	72	149	56	51	0	
	1	0	16	69	142	296	13	
	0	0	4	14	22	56	12	
N								

Tabelle 5: Reales Teilnetz mit 1337 Haltungen (81 Haltungen nicht inspiziert „N“): Gegenüberstellung von Zustands- und Substanzklassen

schlusskanäle oder Grundstücksentwässerungsanlagen übertragbar. Insbesondere für Schächte werden weitergehende Betrachtungen angestrebt, um den Bauwerkseigenschaften und den statischen Verhältnissen gerecht werden zu können. Eine Übertragbarkeit auf andere Infrastrukturen ist ebenfalls möglich, sofern Inspektionsergebnisse vorliegen.

## Dank

Das dieser Veröffentlichung zugrundeliegende Vorhaben SubKanS wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie unter den Förderkennzeichen O3TNH007 A-J gefördert. Die Verbundpartner danken dem Projektträger für die finanzielle Unterstützung. Ebenfalls möchten sich die Verbundpartner bei den zahlreichen Fachleuten aus Forschung, Wirtschaft, öffentlicher Hand und Verbänden für ihre kollegiale fachliche Unterstützung bedanken. Ihr wertvolles Feedback wurde umfassend in die Methodenentwicklung eingebunden.

## Literatur

- [1] DIN EN 752 „Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden – Kanalmanagement“, Beuth, Berlin, 2017
- [2] DIN EN 14654-2 „Management und Überwachung von betrieblichen Maßnahmen in Abwasserleitungen und -kanälen – Teil 2: Sanierung“, Beuth, Berlin, 2013
- [3] Arbeitsblatt DWA-A 143-1 „Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden – Teil 1: Planung und Überwachung von Sanierungsmaßnahmen“, Hennef, 2015
- [4] Merkblatt DWA-M 149-3 „Zustandserfassung und -beurteilung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden – Teil 3: Beurteilung nach optischer Inspektion“, Hennef, 2015
- [5] Arbeitsblatt DWA-A 149-14 „Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden – Teil 14: Entwicklung einer Sanierungsstrategie“, Hennef, 2017
- [6] Abschlussbericht des Verbundvorhabens „Entwicklung eines Standards zur Bewertung und Klassifizierung der baulichen Substanz von Kanalisationen (SubKanS)“ im Förderschwerpunkt Wissenstransfer durch Normung und Standardisierung des BMWi, Förderkennzeichen O3TNH007 A-J (noch unveröffentlicht)
- [7] DWA-Themenband T4/2012 „Leitfaden zur strategischen Sanierungsplanung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden“, Hennef, 2012
- [8] Merkblatt DWA-M 149-2 „Zustandserfassung und -beurteilung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden – Teil 2: Kodiersystem für die optische Inspektion“, Hennef, 2013
- [9] „Baufachliche Richtlinien Abwasser – Arbeitshilfen zu Planung, Bau und Betrieb von abwassertechnischen Anlagen in Liegenschaften des Bundes“, Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat (BMI), 2019
- [10] Berger, C.; Falk, C.; Hetzel, F.; Pinnekamp, J.; Ruppelt, J.; Schleiffer, P.; Schmitt, J. „Zustand der Kanalisation in Deutschland – Ergebnisse der DWA-Umfrage 2020“, *KA Korrespondenz Abwasser, Abfall* 2020, 67 (12), 939–953

## Autoren

Prof. Dr.-Ing. Karsten Kerres, Dipl.-Ing. Sylvia Gredigk-Hoffmann  
 Fachhochschule Aachen  
 Fachbereich 2 Bauingenieurwesen, Lehrgebiet Netzmanagement  
 Bayernallee 9, 52066 Aachen

E-Mail: kerres@fh-aachen.de, gredigk@fh-aachen.de

Stefan Orlik, M. Eng., Prof. Dr.-Ing. Torsten Schmidt  
 Hochschule Magdeburg Stendal

Fachgebiet Siedlungswasserwirtschaft/Infrastrukturentwicklung  
 Breitscheidstraße 2, 39114 Magdeburg

E-Mail: stefan.orlik@h2.de, torsten.schmidt@h2.de

Malte Zamzow, M. Sc.  
 Kompetenzzentrum Wasser Berlin gGmbH  
 Cicerostraße 24, 10709 Berlin

E-Mail: malte.zamzow@kompetenz-wasser.de

Dipl.-Ing. (FH), Dipl.-Wirtsch.-Ing. (FH) Rüdiger Jathe,  
 Dipl.-Ing. Ralph Zwafink  
 hanseWasser Bremen GmbH  
 Birkenfelsstraße 5, 28217 Bremen

E-Mail: jathe@hansewasser.de, zwafink@hansewasser.de

Dipl.-Ing. Christoph Plogmeier  
 Gelsenwasser AG  
 Willy-Brandt-Allee 26, 45891 Gelsenkirchen

E-Mail: christoph.plogmeier@gelsenwasser.de

Dipl.-Ing. Michael Hippe  
 Fischer Teamplan Ingenieurbüro GmbH  
 Holzdammer 8, 50374 Erftstadt

E-Mail: michael.hippe@fischer-teamplan.de

Dipl.-Ing. Ingo Kropp  
 3S Consult GmbH – Büro Dresden  
 Schillerplatz 2, 01309 Dresden

E-Mail: kropp@3sconsult.de

Dipl.-Ing. Klaus-Jochen Sympher  
 Dr.-Ing. Pecher und Partner Ingenieurgesellschaft mbH  
 Sachsendamm 93, 10829 Berlin

E-Mail: klaus.sympher@pecherundpartner.de

Dipl.-Ing. Adrian Uhlenbroch  
 Stein Infrastructure Management GmbH  
 Konrad-Zuse-Straße 6, 44801 Bochum

E-Mail: adrian.uhlenbroch@stein.de

Dr.-Ing. Martin Wolf  
 SiwaPlan Ingenieurgesellschaft mbH  
 Messerschmittstraße 4, 80992 München

E-Mail: wolf@siwaplan.de

