

Bewertung von Kanalnetzen – neue Kennzahlen: Systemindex Kanalnetz (SIK) und Nachhaltigkeitsindex Kanal (NIK)

Lars Tennhardt, Christof Nöh, Tony Marie Schönherr, Georg Enke (Leipzig)

Zusammenfassung

Nach den bereits veröffentlichten neuen Kennzahlen „Systemindex Trinkwassernetz, SIT“ und „Nachhaltigkeitsindex, I_N “ ist nun in Analogie ein Bewertungssystem für Kanalnetze entwickelt worden. Die nachhaltige Bewirtschaftung von Infrastrukturnetzen muss unter zunehmendem Kostendruck auf Basis technischer Aspekte und Zustandsdaten eine betriebswirtschaftliche Aussteuerung erfahren. Maßnahmen für die Zustandserhaltung müssen auf ihre Wirksamkeit bewertet und in die Gesamtstrategie des Unternehmens eingebettet sein. Liegt keine detaillierte Langfristplanung in Kombination mit einer technischen Zustandsentwicklung vor und wird kein ausführliches Assetmanagement im Unternehmen gepflegt, bieten die neuen Kennzahlen „Systemindex Kanalnetz, SIK“ und „Nachhaltigkeitsindex Kanal, NIK“ eine vergleichsweise einfache Möglichkeit, eine übergreifende Kanalnetzbewertung vorzunehmen: Sind die Sanierungsmaßnahmen nachhaltig? Damit ist die Nachhaltigkeit der eigenen Zustandserhaltungsmaßnahmen zu bewerten und in Abhängigkeit von der zukünftigen gewünschten Entwicklung des Netzzustandes das benötigte Investitionsbudget unter lokalen Gegebenheiten abzuschätzen.

Schlagwörter: Entwässerungssysteme, Kanalnetz, Zustand, Bewertung, Nachhaltigkeit, Kennzahl

DOI: 10.3242/kae2025.04.001

Abstract

New performance indicators for assessing sewer networks – the Sewer Network System Index (SIK) and the Sustainability Index (NIK)

The publication of the new performance indicators, specifically the Drinking Water Network System Index (SIT) and Sustainability Index (I_N), has now been followed by a comparable assessment system for sewer networks. With cost pressure mounting, sustainable management of infrastructure networks must be based on technical aspects and asset condition data in addition to business management. Asset maintenance measures must be evaluated in terms of effectiveness and embedded in the company's overall strategy. New performance indicators, the Sewer Network System Index (SIK) and the Sustainability Index (NIK), offer a comparatively simple solution for performing a comprehensive assessment of the sewer network in cases where a company does not have detailed long-term plans, combined with technical information about the development of asset condition, and does not maintain detailed asset management. The index asks whether sewer renovation measures are sustainable. This means that companies must assess the sustainability of their own measures to maintain asset condition and estimate the required investment budget in light of local conditions, depending on the desired future evolution of the network's condition.

Keywords: Drainage systems, sewer network, condition, assessment, sustainability, performance indicator

1 Systemindex Kanalnetz (SIK)

Der Systemindex Kanalnetz (SIK) beschreibt den Zustand eines Kanalnetzes mittels den Sanierungsbedarfszahlen (SBZ), die so-

wohl für die Kanäle als auch Schächte nach DWA-M 149-3 [1] ermittelt werden, und kann bei einer netzübergreifenden Fest-

Beilagenhinweis



Bitte beachten Sie die Beilagen in dieser Ausgabe

- Martin Weiterbildung, 65203 Wiesbaden
- [\[@Onlinesemin@r.Wasser-/Abwassermeister*in\\(IHK\\)\]\(mailto:Onlinesemin@r.Wasser-/Abwassermeister*in\(IHK\)\)](mailto:Onlinesemin@r.Wasser-/Abwassermeister*in(IHK))

- DWA, 53773 Hennef
- [\[KA Betriebs-Info 2/25\]\(#\)](#)
- [\[DWA KläranlagenTage / MSR – 6./7. Mai 2025, Osnabrück\]\(#\)](#)

legung der Gewichtungsfaktoren und bei Anerkennung einheitlicher Definitionen für einen Vergleich des Anlagegutes „Kanalnetz“ zwischen verschiedenen Entsorgern zu Vergleichszwecken genutzt werden. Des Weiteren besteht die Möglichkeit, mittels eines Monitoringprogramms den Anlagenzustand in seiner jährlichen Entwicklung zu betrachten, Trends festzustellen und Ursachen eines positiven oder negativen Trends zu ermitteln. Somit kann langfristig der Kanalnetzzustand auf einer faktenbasierten Grundlage bewertet und ein auf Substanzerhalt ausgerichtetes Investitionsmanagement installiert werden.

1.1 Rahmenbedingungen, Definitionen, Abgrenzung

Die nachfolgend vorgestellten neuen Kennzahlen Systemindex Kanalnetz (SIK) und Nachhaltigkeitsindex Kanal (NIK) sind in Anlehnung an die bereits vor einigen Jahren entwickelten Kennzahlen Systemindex Trinkwassernetz und Nachhaltigkeitsindex entwickelt worden. Zur besseren Verständlichkeit sei die Lektüre des Artikels „Bewertung von Trinkwasserversorgungsnetzen – neue Kennzahlen: Systemindex Trinkwassernetz (SIT) und Nachhaltigkeitsindex (I_N)“ [2] empfohlen.

Als neue, aggregierte Kennzahlen bewerten SIK wie auch NIK den Kanalnetzzustand auf Basis des DWA-M 149-3 [1] übergreifend und ermöglichen, die eigenen Zustandserhaltungsmaßnahmen auf Nachhaltigkeit zu bewerten. In die Bewertung gehen alle Freispiegelkanäle inklusive der Stauraumkanäle (Freispiegelkanäle mit Zusatzfunktion) sowie die Schächte ein.

Nicht betrachtet werden Grundstücksanschlusskanäle (mangelhafte Anschlüsse werden bei der Kanalbewertung mitberücksichtigt), Druck- und Vakuumleitungen, Pump- und Sonderbauwerke, wie Regenüberlauf- und Regenrückhaltebecken sowie Entlastungsbauwerke, da deren Assetwerte in der Regel einen geringeren Anteil am Gesamtwert darstellen, sehr heterogen sind, und deswegen im ausführlichen Assetmanagement bzw. in der Assetzustandsentwicklung betrachtet werden sollten.

Diesen innovativen Ansatz der aktuellen und prognostizierten Zustandsentwicklung für Kanalnetze (inklusive der hier nicht betrachteten Assets) hat die Tilia GmbH in den letzten Jahren entwickelt. Dieser Ansatz ist mit einer Langfristplanung kombinierbar.

Da die Betrachtung auf einer hoch aggregierten Ebene stattfindet, wird nicht nach Kanalart (Misch-, Schmutz- und Regenwasser) differenziert, sondern das Kanalnetz inklusive der Schächte als werthaltigste Assets bei der Abwasserentsorgung als Ganzes betrachtet.

Unterschiedliche Materialarten haben keine differenzierende Relevanz für die Bewertung des aktuellen Zustands – aber spiegeln sich in der Zustandsbewertung der einzelnen Haltungen wider.

Weitere, nicht separat betrachtete Einflussfaktoren sind:

- Überstauereignisse, da sie kein zustandsbeschreibendes Kriterium sind. Die Auslegung des Kanalnetzes erfolgt in der Regel per Generalentwässerungsplan beziehungsweise hydraulischer Simulation. Sie sind topografie- und witterungsabhängig und werden über die Einstauhäufigkeit bei der Bewertung der Kanäle nach DWA-M 149-3 [1] miterfasst.
- Entlastungsereignisse, die analog zu den Überstauereignissen zu werten sind. Zudem sind oftmals weder Anzahl noch

Mengen bekannt, sodass sie meist nicht quantifizierbar sind.

- Fremdwasser wird bei der Zustandsbewertung der Kanäle beim Kriterium „Dichtheit“ (D) mitbetrachtet. Bei einer Berücksichtigung von Fremdwasser aus Punktquellen (Fehleinleitungen) würden Aussagen zum Zustand verfälscht (nur Undichtigkeiten sind für eine Zustandsbewertung relevant).
- Ungezieferbefall ist für eine Zustandsbewertung nicht relevant. Dies ist ein betriebliches Thema.

Die Zustandsbewertung der einzelnen Kanäle und Schächte erfolgt auf Basis des DWA-M 149-3 [1] nach den Bewertungskriterien Dichtheit (D), Standsicherheit (S) und Betriebssicherheit (B).

1.2 Abgrenzung zur Substanzklassifizierung von Abwasserkanälen (SubKanS)

Ähnlich wie der hier vorgestellte SIK bzw. der Nachhaltigkeitsindex Kanal (NIK) soll das SubKanS-Modell [3] auf Netzebene die Substanz des Kanalnetzes klassifizieren, eine Ermittlung des Abnutzungsgrades sowie der technischen Restnutzungsdauer liefern sowie notwendigen Handlungsbedarf sichtbar machen. Dabei nutzt der SubKanS Werte des Kodierungssystems nach DWA-M 149-2 und DIN EN 13508-02, die Klassifizierung nach DWA-M 149-3, diese aufgeteilt auf verschiedene Schadensarten- und Ausprägungen.

SBZ	Zustandsbeurteilung	Handlungsbedarf
$SBZ \geq 9000$	sehr starker Mangel (Gefahr im Verzug)	sofort
$8000 \leq SBZ < 9000$	starker Mangel	kurzfristig
$7000 \leq SBZ < 8000$	mittlerer Mangel	mittelfristig
$6000 \leq SBZ < 7000$	leichter Mangel	langfristig
$5000 \leq SBZ < 6000$	geringfügiger Mangel	kein Handlungsbedarf, geringfügiger Mangel
$SBZ = 0$	kein Mangel	schadensfrei

Tabelle 1: Bewertung der Sanierungsbedarfszahl (SBZ) nach Merkblatt DWA-M 149-3:2024 ([1], Seite 43)

Das Ergebnis wird als Substanzklasse mit einem Wertebereich von 0–5 bzw. 0 %–100 %, in Analogie zur DWA-M 149-3 [1] dargestellt, wobei 5 (≥ 95 %) der nahezu vollständige Substanzerhalt und 0 (≤ 5 %) einer vollständigen Abnutzung entspricht.

Der SubKanS lässt aber nur sehr begrenzt Aussagen zu konkreten Investitionsvolumen zu. Es können Wahrscheinlichkeiten bestimmter Sanierungsverfahren ermittelt werden; eine generelle Entscheidung darüber, welches Sanierungsverfahren angewandt werden soll, liefert der SubKanS aber nicht [3]. Hier kann das Verfahren des Nachhaltigkeitsindex Kanal im Zusammenhang mit dem Systemindex Kanalnetz genauere Aussagen zu notwendigen Langzeitinvestvolumina geben.

Der SubKanS kann aufgrund seiner ähnlichen Aussage zum Zustand von Kanalnetzen aber als Alternativwert zur Notenbewertung der Sanierungsbedarfszahl (SBZ) herangezogen werden. Da in der Berechnung des SubKanS bereits Längen- und Schadensgewichtung vorgenommen werden, ist dies für den SIK nicht noch einmal durchzuführen.

2 Methodik des Systemindexes Kanalnetz (SIK)

2.1 Ermittlung der Sanierungsbedarfszahlen

Die Zustandsbewertung der Kanäle und Schächte erfolgt auf Basis des DWA-M 149-3 [1]. Dabei werden die Bewertungskriterien D, S und B jeweils für Schächte und Kanäle auf Basis von Klassifizierungen von Einzelzuständen (Schäden) bewertet, die im Anschluss objektbezogen (Haltung, Schacht) zusammengefasst werden (vgl. A.6, DWA-M 149-3 [1]). Es ergibt sich dann für jedes Objekt (Haltung, Schacht) eine Schadensklasse aus dem schwersten Einzelschaden über alle Anforderungen (D, S, B) sowie die detailliertere Sanierungsbedarfszahl. Aus diesem Grund wird die Sanierungsbedarfszahl für Kanäle (SBZ_K) und Schächte (SBZ_S) für die Berechnung des SIK herangezogen. Die Zustandsbewertung erfolgt dabei nach Tabelle 1.

2.2 Normierung der Sanierungsbedarfszahlen für Gesamtnetzbetrachtung

Für jedes Objekt (Haltung, Schacht) liegt nach der Bewertung die Sanierungsbedarfszahl vor. Diese sind nun längengewichtet nach Objektlänge (OL) für alle Haltungen (Haltungslänge) und Schächte (Schachttiefe) zusammenzufassen, um eine mittlere Sanierungsbedarfszahl über alle Kanäle (SBZ_{KS}) und Schächte (SBZ_{SS}) zu erhalten.

Während von annähernd gleichen Schachtdimensionen in Kanalnetzen ausgegangen werden kann, spielt bei den Haltungen zusätzlich noch die Dimension eine entscheidende Rolle. Einerseits steigt mit zunehmenden Nenndurchmesser (DN) die

Entwässerungskapazität (angeschlossene Einwohnerwerte) und damit die Wichtigkeit im Entsorgungsnetz, andererseits steigen die Kosten für eine Sanierung. Bei einem gleichen Zustand (gleiche SBZ und Länge) sollten größere Nennweiten stärker gewichtet werden. Deswegen werden die Haltungen zusätzlich noch dimensionsnormiert.

Die Sanierungsbedarfszahl über alle Haltungen des betrachteten (Freispiegel-) Kanalnetzes ergibt sich wie folgt (längen- und DN-normiert):

$$SBZ_{KS} = \frac{\sum_0^n SBZ_{Ki} \cdot OL_{Ki} \cdot DN_{Ki}}{\sum_0^n OL_{Ki} \cdot DN_{Ki}} \quad (1)$$

mit:

SBZ_{KS} mittlere Sanierungsbedarfszahl über alle Kanäle

SBZ_{Ki} Sanierungsbedarfszahl der Haltung i

OL_{Ki} Objektlänge der Haltung i

DN_{Ki} Nenndurchmesser der Haltung i

Die Sanierungsbedarfszahl über alle Schächte des betrachteten (Freispiegel-) Kanalnetzes berechnet sich wie folgt (längen- bzw. tiefennormiert, die Objektlänge entspricht der Schachttiefe):

$$SBZ_{SS} = \frac{\sum_0^n SBZ_{Si} \cdot OL_{Si}}{\sum_0^n OL_{Si}} \quad (2)$$

2.3 Überführung der aggregierten Sanierungsbedarfszahlen in das Notensystem

Das gewählte Notensystem deckt sich mit dem des Systemindex Trinkwassernetz (SIT) und entspricht folgender Klassifikation:

- 0 bis ≤ 1 sehr gut
- > 1 bis ≤ 2 gut
- > 2 bis ≤ 3 befriedigend
- > 3 bis ≤ 4 ausreichend
- > 4 bis ≤ 5 mangelhaft
- > 5 bis 6 ungenügend.

Die ermittelten aggregierten Sanierungsbedarfszahlen über alle Haltungen (längen- und DN-normiert) und über alle Schächte (längennormiert) müssen nun analog der SIT-Systematik in das Notensystem überführt werden.

Der Zusammenhang ist linear im Bereich von $SBZ = 5000$ (entspricht Schulnote 1,0) und $SBZ = 9000$ (entspricht Schulnote 6,0). Wie auch beim SIT werden Komma-Noten dazwischen zugelassen und die Schulnote auf maximal 6,0 begrenzt. Der geänderte Anstieg im Bereich zwischen 0 und 1,0 ist der Systematik der Sanierungsbedarfszahl geschuldet (Abbildung 1).

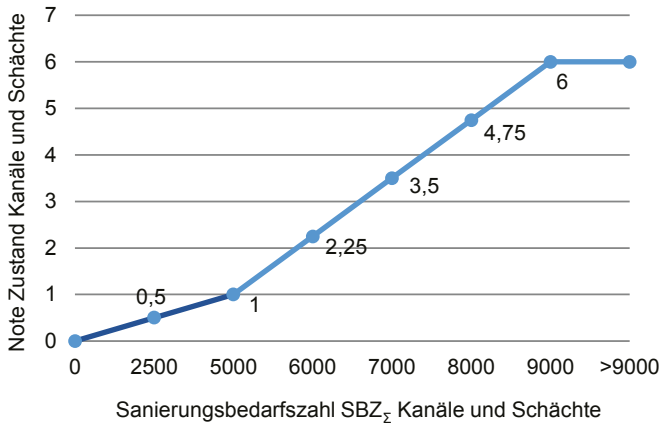


Abb. 1: Zusammenhang zwischen Sanierungsbedarfszahl Kanäle bzw. Schächte und der Note für den Zustand der Kanäle bzw. Schächte

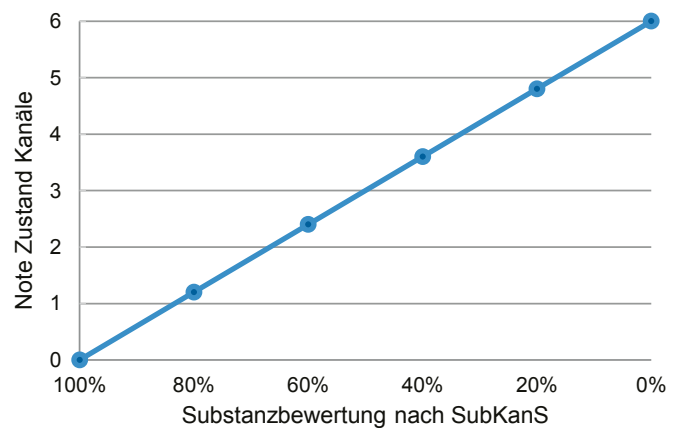


Abb. 2: Zusammenhang zwischen Substanzbewertung nach SubKanS und der Note für den Zustand der Kanäle

den, um die Kennzahlen entsprechend interpretieren zu können.

2.4 Überführung des SubKanS in das Notensystem des SIK

Um den SubKanS im Folgenden für die Betrachtung im Zusammenhang mit dem Nachhaltigkeitsindex Kanal nutzen zu können, ist eine Überführung in das Notensystem des SIK notwendig. Da die Substanzbewertung als Erhalt in % dargestellt wird, reicht eine lineare Übersetzung der Daten wie in Abbildung 2 bzw. Gleichung 3 dargestellt. Die Prozentwerte geben dabei den prozentualen Erhalt der Substanz des betrachteten Kanalnetzes an. Nach SubKanS werden diese Prozentwerte einzelnen Substanzklassen (SBK) zugeordnet (siehe Anlage A [3]). Der SubKanS wird nun in die Notenbewertung überführt (Abbildung 2).

Die Berechnung findet nach folgender Gleichung statt:

$$\text{Note Zustand Kanäle} = -6 \cdot \text{SubKanS} + 6 \quad (3)$$

Da der SubKanS nur Aussagen zu Kanälen trifft und eine Substanzbewertung der Schächte nicht erfolgt, kann nur der Substanzwert des Kanals bei der Gewichtungsberechnung des SIK genutzt werden. Die Schächte sind somit mittels Sanierungsbedarfszahl analog Kapitel 2.3 zu bewerten.

2.5 Einführung von Gewichtungsfaktoren (GF_{SIK})

Die beiden ermittelten Noten für den Zustand der Kanäle sowie den Zustand der Schächte müssen nun im Systemindex Kanalnetz zusammengefasst werden. Da jedoch die Zustandsnote der Schächte einen geringeren Einfluss als die Note des Zustands der Kanäle haben sollte, werden Gewichtungsfaktoren für Kanäle ($GF_{K,SIK}$) und Schächte ($GF_{S,SIK}$) eingeführt.

Die Gewichtungsfaktoren beschreiben den prozentualen Anteil der Noten am SIK und müssen zusammen 1,0 bzw. 100 % ergeben. Für die Berechnung des SIK gehen sie als Dezimalzahl in die Berechnung ein (zum Beispiel 20 % entspricht 0,2).

Die Gewichtungsfaktoren können unternehmensindividuell gewählt werden (zum Beispiel auf Basis des Substanzwertes als Wiederbeschaffungswert). Bei einem Vergleich von unterschiedlichen Teilnetzen oder bei unternehmensübergreifenden Vergleichen sollten die Gewichtungsfaktoren offengelegt wer-

2.6 Formel des Systemindex Kanalnetz (SIK)

Die Formel des SIK ergibt sich aus der gewichteten Summe der normierten Noten für den Zustand der Kanäle und Schächte:

$$SIK = GF_{K,SIK} \cdot \text{Note}_K + GF_{S,SIK} \cdot \text{Note}_S \quad (4)$$

Beispiel: Für eine exemplarische Berechnung hat ein fiktives Unternehmen eine Note für Kanäle von 2,8 und für die lange

DRESDNER ABWSSERTAGUNG
6./7. Mai 2025
 MARITIM Internationales Congress Center

Gute Gründe für Sie, dabei zu sein:

- Praxisforum am 6. Mai 2025
- Treff für Aufgabenträger und Betreiber
- abwechslungsreiches Rahmenprogramm
- der Branchentreff (nicht nur) für den Osten
- große Industrieausstellung führender Unternehmen

Programm und Anmeldung unter www.DAT.info

Logos: Stadtentwässerung Dresden, Technische Universität Dresden, DWA O, bdew, SCHULZ

Art, Quelle	Reparatur	Renovation	Erneuerung
Mittelwert, DWA, 2009 [4]	23	47	82
Bandbreite, DWA, 2009 [4]	16–45	34–56	79–86
eigene Literaturlauswertung [7–11]	5–50 [12]	20–100 [13]	50–120
branchenübliche Annahmen	15	50	80
gewählter Ansatz tND	20	50	80

Tabelle 2: technische Nutzungsdauern von Sanierungsarten in Jahren

Zeit nicht instandgehaltenen Schächte von 4,2. Die Gewichtungsfaktoren schätzt das Unternehmen auf 70 % für Kanäle und dementsprechend 30 % für Schächte. Der SIK errechnet sich dann zu:

$$\text{SIK} = 0,7 \cdot 2,8 + 0,3 \cdot 4,2$$

$$\text{SIK} = 3,22$$

Der Systemindex Kanalnetz des Unternehmens liegt, entsprechend der oben dargestellten Klassifikation, im Notenbereich „ausreichend“ (mit Bewertung Kanäle: „befriedigend“ und Schächte: „mangelhaft“).

3 Nachhaltigkeitsindex Kanal (NIK)

Der Nachhaltigkeitsindex Kanal soll, in Abhängigkeit von den durchgeführten Sanierungsmaßnahmen (Erneuerung, Renovation, Reparatur) an den (Freispiegel-) Kanälen und Schächten die Abschätzung der zukünftigen Entwicklung des Netzzustandes ermöglichen.

Dabei bedeutet ein Nachhaltigkeitsindex von 1,0, dass die Sanierungsmaßnahmen nachhaltig sind und der Netzzustand perspektivisch beibehalten werden kann. Sinkt der Nachhaltigkeitsindex unter 1,0, tritt perspektivisch eine Netzzustandsverschlechterung ein, da die durchgeführten Sanierungsmaßnahmen nicht ausreichend sind, um den Netzzustand beizubehalten. Ein Nachhaltigkeitsindex von größer 1,0 deutet auf eine perspektivische Netzzustandsverbesserung hin. Je größer die Abweichung von 1,0 ist, desto schneller werden sich die Zustandsänderungen des Netzes einstellen.

Bedeutung:

Ist $\text{NIK} > 1,0$, wird Netzzustand verbessert.

Ist $\text{NIK} = 1,0$, ist Sanierung zu Netzzustand nachhaltig, Zustand wird beibehalten.

Ist $\text{NIK} < 1,0$, wird Netzzustand verschlechtert.

In Verbindung mit dem SIK ergibt sich über die fortgeschriebenen Jahre eine Art Tandemsystem, weil jede Kennzahl auf die jeweils andere einwirkt.

Der Nachhaltigkeitsindex Kanal setzt die jeweiligen Sanierungsraten von Kanälen und Schächten ins Verhältnis zum Systemindex Kanalnetz.

Analog zum SIK ist der NIK mit Gewichtungsfaktoren entwickelt worden, um unternehmensindividuelle Anpassungen vornehmen zu können. Zur Darstellung der Funktionsweise des Zustands (SBZ bzw. SIK) sowie der resultierenden Nachhaltigkeit (NIK) siehe Abbildung 3.

3.1 Ermittlung der Sanierungsrate Kanal (SR_K)

Die Sanierung setzt sich aus drei unterschiedlichen Sanierungsarten zusammen:

1. Erneuerung
2. Renovation
3. Reparatur

Die Erneuerung und Renovation wird in der Regel aus dem Investitionsbudget finanziert, während Reparaturen aus dem Aufwand bestritten werden. Alle drei Sanierungsarten haben unterschiedliche technische Nutzungsdauern (tND), die verfahrensbegründet sind. Bei der Erneuerung wird ein Kanal in gleicher oder fremder Trasse neu gebaut und hat die tND eines neu errichteten Kanals. Bei der Renovation wird der alte Kanal genutzt und in der Regel auf gesamter Haltungslänge ertüchtigt (Auskleidung, Relining). Bei der Reparatur handelt es sich um punktuelle oder kurzstreckige Verfahren (Manschetten, Kurzliner, Injektion usw.).

Um eine vergleichbare Sanierungsrate über die Jahre (primär) und über unterschiedliche Unternehmen (sekundär) mit wechselnden Anteilen aus Erneuerung, Renovation und Reparatur zu erhalten, sind die einzelnen Sanierungsarten mit den jeweiligen tND zu normieren. In der DWA-Umfrage aus dem Jahr 2009 wurden technische Nutzungsdauern für alle drei Sanierungsarten erhoben [4]. Leider sind in den Umfragen von 2015 und 2020 keine aktuellen Daten ausgewiesen [5, 6].

Die Sanierungsrate setzt sich nun aus den einzelnen Sanierungsarten normiert um deren angenommene technische Nutzungsdauer zusammen. Dabei wird die Sanierungsrate auf die längste technische Nutzungsdauer (Erneuerung = 80 Jahre tND) bezogen.

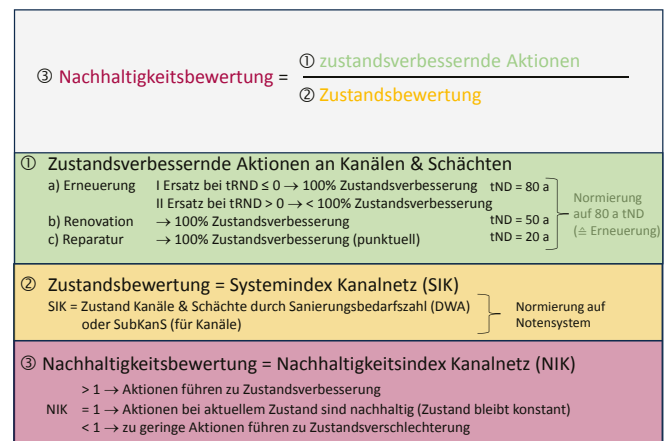


Abb. 3: Schematische Darstellung des Zusammenwirkens von Sanierungsbedarf, SIK und NIK.

Dabei ist zu beachten, dass Reparatur und Renovation immer direkt zustandsverbessernd wirken, die Erneuerung aufgrund von Belangen Dritter nicht zwangsweise. So werden Erneuerungen aufgrund von Komplexbaumaßnahmen mit anderen Medienträgern oder im Zuge von Stadtbau- oder Verkehrsprogrammen umgesetzt, die nicht vollständig netzverbessernd wirksam werden, da teilweise Kanäle erneuert werden, die die technische Nutzungsdauer noch nicht erreicht haben.

Somit ist die netzverbessernde Erneuerungsrate ($ErR_{nv,K}$) aus der gesamten Erneuerungsrate (ErR_K) zu errechnen. Hierfür sollte über möglichst mindestens drei Jahre der Anteil der koordinierten und betrieblichen Erneuerungsmaßnahmen sowie deren jeweilige Netzverbesserung ermittelt werden.

3.2 Ermittlung der netzverbessernden Erneuerungsrate ($ErR_{nv,K}$)

Die Erneuerungsrate von Kanälen (ErR_K) wird in einen betrieblich veranlassten Anteil (Versagenswahrscheinlichkeit) und einen durch Dritte veranlassten Anteil (koordinierter Leitungs- und Straßenbau, Leitungsumverlegung usw.) unterteilt. Die Faktoren A_{betr} und A_{fremd} stellen dabei den jeweiligen Anteil dar. Der durch die betriebliche Erneuerung veranlasste Anteil sollte nahezu vollumfänglich zur Netzverbesserung wirksam sein, der durch Dritte veranlasste Anteil nur anteilig. Deswegen werden Faktoren für die Netzverbesserung eingeführt: Verbesserung betrieblicher Maßnahmen (F_{Vbetr}) und Verbesserung fremdveranlasster Maßnahmen (F_{Vfremd}). Der Faktor F_{Vbetr} wird hier im Beispiel mit 0,95 (95 %) angenommen, da bei Erneue-

rungsmaßnahmen durchaus kürzere Kanalabschnitte noch vor dem Ende der technischen Nutzungsdauer im Zuge der Maßnahme miterneuert werden. Für den Faktor F_{Vfremd} wurden beispielhaft in den weiteren Berechnungen 0,7 (70 %) angenommen. Je nach tatsächlichen Verhältnissen bzw. näheren Erkenntnissen müssen die unternehmensindividuellen Werte eingesetzt werden.

Die Gleichung zur Berechnung der netzverbessernden Erneuerungsrate für Kanäle ergibt sich somit zu:

$$ErR_{nv,K} = A_{betr} \cdot F_{Vbetr} \cdot ErR_K + A_{fremd} \cdot F_{Vfremd} \cdot ErR_K \quad (5)$$

Beispiel: Ein Unternehmen hat eine Erneuerungsrate von 1,15 % der Netzlänge. Der Anteil der fremdveranlassten Maßnahmen liegt wegen Stadtumbaumaßnahmen bei 40 %, der Anteil der Netzverbesserung bei 70 %. Bei den eigenen Erneuerungsmaßnahmen wurde eine Netzverbesserung von 95 % ermittelt (im Durchschnitt werden 5 % technische Restnutzungsdauer „weggeworfen“). Die netzverbessernde Erneuerungsrate errechnet sich dann zu:

$$ErR_{nv,K} = 0,6 \text{ (60 \%)} \cdot 0,95 \text{ (95 \%)} \cdot 1,15 \% + 0,4 \text{ (40 \%)} \cdot 0,7 \text{ (70 \%)} \cdot 1,15 \%$$

$$ErR_{nv,K} = 0,9775 \%$$

Die netzverbessernde Erneuerungsrate liegt also bei 0,9775 % und muss anstelle der (gesamten) Erneuerungsrate in die Berechnung der Sanierungsrate eingehen.

FÜR DEN RÜCKHALT VON PARTIKULÄREN STOFFEN

FESTSTOFFTRENNUNG
Schrägklärer



UNSER SCHRÄGKLÄRER

- Gleichmäßige Durchströmung
- Trennschottsystem zur Vermeidung von Querströmungen
- Effektive Sedimentation
- Reinigung mit wenigen Einzelgeräten und großem Flächenwirkungsgrad

UNSER SCHRÄGKLÄRER PASST SICH AN IHR BAUWERK AN.

bgu-Umweltschutzanlagen GmbH
Schwabenstr. 27 / D-74626 Bretzfeld

MEHR INFOS:
www.bgu-online.de



Sanierungsart	Verfahren	mittlere tND	gewählte tND
Reparatur	Injektionsverfahren [7, 8, 10, 12, 14]	5–10	20
	Verspachtelung [7–10, 14]	15–20	
	Ortlamine [7–10, 14]	10–15	
	partielle Erneuerung [7, 8, 14]	60–80	
Renovation	Beschichtungsverfahren [14]	30–50	50
	Montageverfahren [14]	50–70	
Erneuerung	offene Bauweise [7, 9, 10, 14]	80–100	80

Tabelle 3: technische Nutzungsdauern von Schachtsanierungsverfahren in Jahren

3.3 Formel der Sanierungsrate Kanal (SR_K)

Die Formel der Sanierungsrate setzt sich aus der Summe der Produkte aus Rate und zugehöriger technischer Nutzungsdauer geteilt durch die technische Nutzungsdauer für Erneuerung zusammen. Dabei steht ReR_K für die Renovationsrate der Kanäle und $RepR_K$ für die Reparationsrate der Kanäle.

$$SR_K = \frac{ErR_{nv,K} \cdot tND_{Er,K} + ReR_K \cdot tND_{Re,K} + RepR_K \cdot tND_{Rep,K}}{tND_{Er,K}} \quad (6)$$

Beispiel: Das besagte fiktive Unternehmen hat zusätzlich zur Erneuerung eine Renovationsrate von 0,4 % der Haltungs-länge und eine Reparaturrate von 0,25 % der Haltungs-länge. Als Reparaturlänge gilt die Summe aller (punktuell, aber vollständig) reparierten Haltungen. Die Sanierungsrate berechnet sich dann zu:

$$SR_K = \frac{0,9775\% \cdot 80a + 0,4\% \cdot 50a + 0,25\% \cdot 20a}{80a}$$

$$SR_K = 1,29\%$$

3.4 Sanierungsrate Schächte (SR_S)

Eine separate Erneuerung von Schächten ohne die angrenzenden Kanäle mitzuernuern ist unüblich. Insofern sollte die Erneuerungsrate Schächte in ähnlicher Höhe liegen wie bei den Kanälen. Ebenso sollte der Anteil der netzverbessernden Erneuerungsrate wie bei den Kanälen berechnet sein. Es wird empfohlen, für möglichst drei Jahre die netzverbessernde Erneuerungsrate Schächte (analog 3.2) zu errechnen und mit der netzverbessernden Erneuerungsrate Kanäle zu vergleichen. Sind die Abweichungen vernachlässigbar, können für die zukünftigen Betrachtungen die Werte der Kanäle für die Schächte verwendet werden.

Die Formel zur Ermittlung der Erneuerungsrate Schächte ergibt sich zu:

$$ErR_S = \frac{\sum_0^n \text{Schächte}_{Er,i} \cdot OL_i}{\sum_0^n OL_{\text{alle Schächte}}} \quad (7)$$

Die Objektlänge entspricht der Schachttiefe.

Die Formel zur Berechnung der netzverbessernden Erneuerungsrate Schächte ergibt sich zu:

$$ErR_{nv,S} = A_{\text{betr}} \cdot F_{V_{\text{betr}}} \cdot ErR_S + A_{\text{fremd}} \cdot F_{V_{\text{fremd}}} \cdot ErR_S \quad (8)$$

Auch für die Renovation und Reparatur von Schächten existieren Verfahren und werden angewendet. Hierfür sind die Renovationsrate (ReR_S) und Reparaturrate ($RepR_S$) analog der der Kanäle zu berechnen. Da es eher unüblich ist, diese Raten zu ermitteln, sind die Formeln im Nachgang aufgeführt. Sollte die

Objektlänge der renovierten bzw. reparierten Schächte oder/und aller Schächte nicht ermittelbar sein, kann hilfsweise über die angenommene Mittlere Tiefe der Gesamtmenge aller Schächte gerechnet werden.

Die Renovationsrate für Schächte berechnet sich wie folgt:

$$ReR_S = \frac{\sum_0^n \text{Schächte}_{Re,i} \cdot OL_i}{\sum_0^n OL_{\text{alle Schächte}}} \quad (9)$$

Auch hier entspricht die Objektlänge der Schachttiefe (nicht dem Durchmesser der sanierten Schächte).

Die Reparaturrate für Schächte berechnet sich analog:

$$RepR_S = \frac{\sum_0^n \text{Schächte}_{Rep,i} \cdot OL_i}{\sum_0^n OL_{\text{alle Schächte}}} \quad (10)$$

Auch bei der Sanierungsrate Schächte sind die jeweiligen Nutzungsdauern in die Berechnung einzubeziehen. Der Bezug der Sanierungsrate erfolgt analog zu der der Kanäle auf die längste Nutzungsdauer der Erneuerung.

Die Formel für die Berechnung der Sanierungsrate Schächte lautet:

$$SR_S = \frac{ErR_{nv,S} \cdot tND_{Er,S} + ReR_S \cdot tND_{Re,S} + RepR_S \cdot tND_{Rep,S}}{tND_{Er,S}} \quad (11)$$

Sinnvoll ist ebenso, die gleichen technischen Nutzungsdauern der Sanierungsarten Kanäle auf die Schächte anzuwenden. Tabelle 3 zeigt, dass dies im Rahmen liegt.

Beispiel: Unter der Annahme, dass das betrachtete Unternehmen bei den Schächten eine ebenso hohe verbesserungswirksame Erneuerungsrate Schächte wie für die Kanäle hat (0,9775 %), hat es bisher nur wenige Schächte renoviert und erreicht damit eine Renovationsrate von 0,08 %. Allerdings werden Schächte nach Notwendigkeit häufiger repariert, und so wird eine Reparaturrate von 0,68 % erreicht. Die Sanierungsrate errechnet sich somit zu:

$$SR_S = \frac{0,9775\% \cdot 80a + 0,08\% \cdot 50a + 0,68\% \cdot 20a}{80a}$$

$$SR_S = 1,1975\%$$

Die Sanierungsrate Schächte liegt somit etwas unter der Sanierungsrate Kanäle (1,29 %).

3.5 Einführung von Gewichtungsfaktoren (GF_{NIK})

Analog zum Systemindex Kanalnetz (SIK) werden auch beim Nachhaltigkeitsindex Kanal (NIK) Gewichtungsfaktoren für Kanäle (GF_{K,NIK}) und Schächte (GF_{S,NIK}) zur unternehmensindividuellen Anpassung eingeführt. Die Kernfrage lautet hierbei: Wie stark trägt die jeweilige Sanierung von Kanälen bzw. Schächten zur Zustandsverbesserung des Netzes bei? Die Sum-

me muss auch hier immer 1,0 (100 %) betragen. Die einmal gewählten Faktoren sollten über einen längeren Zeitraum bestehen bleiben, um dieses Randkriterium in Rahmen des Monitorings konstant zu halten.

Im Weiteren wurden folgende Gewichtungsfaktoren (auf Basis des Substanzwertes als Wiederbeschaffungswert) gewählt:

$$GF_{K,NIK} = 0,7 \text{ (70 \%)}$$

$$GF_{S,NIK} = 0,3 \text{ (30 \%)}$$

3.6 Einführung eines Normierungsfaktors (NF)

Für den Nachhaltigkeitsindex Kanal (NIK), muss der Einfluss der netzverbessernden Sanierung auf die Änderung des Netzzustandes beurteilt werden. Hierfür wird ein Normierungsfaktor Kanalnetz (NF_K) eingeführt, mit dem abgeschätzt wird, bei welcher netzverbessernden, mittleren Sanierungsrate unter den gewählten Gewichtungsfaktoren es weder zu einer Netzverbesserung noch zu einer Netzverschlechterung, das heißt zu einem gleichbleibenden Netzzustand (SIK = konstant) kommt.

Nach Abschätzung, dass neu errichtete Kanäle und Schächte eine mittlere technische Nutzungsdauer von 80 Jahren haben (vgl. Tabellen 2 und 3), ergibt sich eine durchschnittlich benötigte Sanierungsrate von 1,25 % pro Jahr. Damit sollte durchschnittlich ein befriedigender Netzzustand (SIK = 3,0) aufrechterhalten werden können und der Nachhaltigkeitsindex Kanal bei 1,0 = konstant liegen.

3.7 Formel des Nachhaltigkeitsindex Kanalnetz (NIK)

Die Formel des Nachhaltigkeitsindex Kanalnetz beinhaltet neben den Sanierungsraten und Gewichtungsfaktoren für Kanäle und Schächte auch einen Normierungsfaktor (NF):

$$NIK = NF \cdot \frac{GF_{K,NIK} \cdot SR_K + GF_{S,NIK} \cdot SR_S}{SIK} \quad (12)$$

Nach Umstellung der Gleichung 12 nach NF:

$$NF = NIK \cdot \frac{SIK}{GF_{K,NIK} \cdot SR_K + GF_{S,NIK} \cdot SR_S} \quad (13)$$

und dem Einsetzen der gewählten Ansätze aus 3.6 ergibt sich ein Normierungsfaktor Kanal von:

$$NF = 1,0 \cdot \frac{3,0}{0,7 \cdot 1,25 + 0,3 \cdot 1,25}$$

$$NF = 2,4$$

Sollte sich im Zuge der Anwendung des Systemindexes Kanalnetz (SIK) und des Nachhaltigkeitsindex Kanalnetz (NIK) ein anderer Bezug ergeben, kann der gewählte Normierungsfaktor (NF = 2,4) angepasst werden. Allerdings ist es nicht notwendig, den Normierungsfaktor zwingend zu bestimmen und anzupassen, da bei einer angenommenen Netzverbesserung (trotzt berechnetem Nachhaltigkeitsindex Kanalnetz von NIK = 1,0) der SIK perspektivisch sinkt und der Nachhaltigkeitsindex Kanalnetz deswegen größer als 1,0 wird. Die Entwicklung bzw. Tendenz ist somit stets korrekt, lediglich das Delta zu 1,0 als Geschwindigkeitsanzeiger kann leicht variieren. Für ein aussagekräftiges Monitoring ist hier ebenfalls die Beibehaltung eines einmal gewählten Normierungsfaktors über einen längeren Zeitraum notwendig.

Die ausführliche Formel des Nachhaltigkeitsindex Kanalnetz auf Basis der einzelnen Sanierungsartraten lautet damit:

$$NF = \left(GF_{K,NIK} \left(\frac{(A_{betr} \cdot F_{V,betr} \cdot Er_{R,K} + A_{fremd} \cdot F_{V,fremd} \cdot Er_{R,K})}{tND_{Er,K}} \right) + \frac{tND_{Er,K} + Re_{R,K} \cdot tND_{Re,K} + Rep_{R,K} \cdot tND_{Rep,K}}{tND_{Er,S} + Re_{R,S} \cdot tND_{Re,S} + Rep_{R,S} \cdot tND_{Rep,S}} \right) \cdot \frac{1}{SIK} \quad (14)$$

A_{betr} Anteil Erneuerung, betriebliche Maßnahmen, Kanäle und Schächte (Bsp.: 0,6 [60 %])

A_{fremd} Anteil Erneuerung, Fremdmaßnahmen, Kanäle und Schächte (Bsp.: 0,4 [40 %])



Fertigteilewerke



#Löschwasserbehälter

#Klärtürme

#Regenrückhaltebecken

Komplettlösungen für Energie, Umwelttechnik und Infrastruktur.

FUCHS Fertigteilewerke 6x in Deutschland

Bitte beachten Sie auch Seite 300.

fuchs-beton.de

ErR _K	Erneuerungsrate Kanäle, gesamt (Bsp.: 1,15 %)
ErR _S	Erneuerungsrate Schächte, gesamt (Bsp.: 1,15 %)
F _{v,betr}	Faktor Netzverbesserung, betriebliche Maßnahmen, Kanäle und Schächte (Bsp.: 0,95 [95 %])
F _{v,fremd}	Faktor Netzverbesserung, Fremdmaßnahmen, Kanäle und Schächte (Bsp.: 0,7 [70 %])
GF _{K,NIK}	Gewichtungsfaktor Nachhaltigkeitsindex Kanäle (Bsp.: 0,7 [70 %])
GF _{S,NIK}	Gewichtungsfaktor Nachhaltigkeitsindex Schächte (Bsp.: 0,3 [30 %])
NIK	Nachhaltigkeitsindex Kanalnetz
NF	Normierungsfaktor (Bsp.: 2,4)
ReR _K	Renovationsrate Kanäle, gesamt (Bsp.: 0,4 %)
ReR _S	Renovationsrate Schächte, gesamt (Bsp.: 0,08 %)
RepR _K	Reparaturrate Kanäle, gesamt (Bsp.: 0,25 %)
RepR _S	Reparaturrate Schächte, gesamt (Bsp.: 0,68 %)
SIK	Systemindex Kanalnetz (Bsp.: 3,22)
tND _{Er,K}	technische Nutzungsdauer, Erneuerung Kanäle (Bsp.: 80 a)
tND _{Er,S}	technische Nutzungsdauer, Erneuerung Schächte (Bsp.: 80 a)
tND _{Re,K}	technische Nutzungsdauer, Renovation Kanäle (Bsp.: 50 a)
tND _{Re,S}	technische Nutzungsdauer, Renovation Schächte (Bsp.: 50 a)
tND _{Rep,K}	technische Nutzungsdauer, Reparatur Kanäle (Bsp.: 20 a)
tND _{Rep,S}	technische Nutzungsdauer, Reparatur Schächte (Bsp.: 20 a)

Beispiel: Das Unternehmen will nun seinen Nachhaltigkeitsindex berechnen und auswerten. Hierfür werden alle ermittelten bzw. angenommenen Werte in die Formel eingegeben:

$$\begin{aligned}
 & NIK \\
 &= 2,4 \left(0,7 \left(\frac{(0,6 \cdot 0,95 \cdot 1,15 \% + 0,4 \cdot 0,7 \cdot 1,15 \%) \cdot 80a}{80a} \right. \right. \\
 &\quad \left. \left. + 0,4 \% \cdot 50a + 0,25 \% \cdot 20a \right) \right. \\
 &\quad \left. + 0,3 \left(\frac{(0,6 \cdot 0,95 \cdot 1,15 \% + 0,4 \cdot 0,7 \cdot 1,15 \%) \cdot 80a}{80a} \right. \right. \\
 &\quad \left. \left. + 0,08 \% \cdot 50a + 0,68 \% \cdot 20a \right) \right) \\
 &\quad \cdot \frac{1}{3,22} \\
 & NIK = 2,4 \cdot (0,7 \cdot (1,29 \%) + 0,3 \cdot (1,1975 \%)) \cdot \frac{1}{3,22} \\
 & NIK = 2,4 \cdot (1,26225) \cdot \frac{1}{3,22} \\
 & NIK = 0,941
 \end{aligned}$$

Das Unternehmen hat einen Nachhaltigkeitsindex Kanal von kleiner 1,0 und wird bei Beibehaltung der Sanierungsraten, des Anteils der fremdbestimmten Maßnahmen und der Anteile der Netzverbesserung bei der Erneuerung perspektivisch eine Netzzustandsverschlechterung erfahren.

Es gibt mehrere Möglichkeiten, die Situation zu verbessern:

1. Erhöhung der Erneuerungs-, Renovations- oder/und Reparaturrate (abhängig von den Möglichkeiten aus Investition und Aufwand)
2. Erhöhung des Anteils der betrieblichen Erneuerung (und damit Minimierung des fremdbestimmten Anteils)
3. Verbesserung des zustandsverbessernden Anteils bei betrieblichen und fremden Erneuerungsmaßnahmen.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Die hier vorgestellten und beispielhaft berechneten Kennzahlen Systemindex Kanalnetz (SIK) und Nachhaltigkeitsindex Kanal

(NIK) vermögen in einem ersten Schritt den Zustand eines Kanalnetzes bezüglich der Kanäle und Schächte auf Basis des DWAM 149-3 [1] zu bewerten. Im nächsten Schritt kann die Nachhaltigkeit des aktuellen Sanierungsumfanges aus Erneuerung, Renovation und Reparatur an Kanälen und Schächten in Abhängigkeit von deren mittlerem Zustand bewertet werden. Bei Ermittlung der Kennzahlen über mehrere Jahre sind die Tendenz und die Stärke der Tendenz zur Zustandsverbesserung, -beibehaltung oder -verschlechterung an den jährlichen Nachhaltigkeitsindices abzulesen. Jedem Anwender stehen durch den modularen Aufbau der Kennzahlen und die eingeführten Gewichtungsfaktoren individuelle Anpassungen frei. Zur praxisnahen Veranschaulichung ist eine Folgeveröffentlichung geplant, die anhand eines fiktiven Beispiels die Anwendung der neuen Kennzahlen sowie die abgeleiteten Erkenntnisse aufzeigt.

Die neuen Kennzahlen ermöglichen auch einen Vergleich mit anderen Unternehmen. Um die aktuellen Zustände und Entwicklungen der Kanalnetze vergleichen zu können, sollte Transparenz über die Gewichtungsfaktoren gewährleistet sowie kontextuelle Faktoren berücksichtigt werden (spezifische Netzhistorie, regionale Umweltfaktoren...).

Zusätzlich kann der Anwender mit seinen Netzstrukturdaten und den aktuellen Baupreisen unter Vorgabe eines anzustrebenden Nachhaltigkeitsindex und unter Beachtung der Preissteigerung benötigte Sanierungslängen und -budgets ableiten. Sowohl mit der retrospektiven Betrachtung der Zustandsentwicklung und der Nachhaltigkeit der zustandsverbessernden Aktionen als auch mit einer geplanten perspektivischen Entwicklung kann ein vergleichsweise einfaches Monitoring aufgebaut und in die strategische Unternehmensentwicklung implementiert werden. Die benötigten Budgets können dann mit der mittelfristigen Unternehmensteuerung in Bezug auf Tarif/Preis, Investitionen/Aufwand und Verschuldung abgeglichen werden.

Mit der Systematik ist es ebenso möglich, ein beschränktes bzw. vorgegebenes Budget einer optimierten Wirkung (das heißt maximale Zustandsverbesserung) zuzuteilen und das Unternehmen darauf auszurichten. Die Hebel der Wirksamkeit werden sichtbar (zum Beispiel Netzzustandsverbesserung bei koordinierten Maßnahmen).

Substanzklasse SBK	Beschreibung
5 (5 ≥ 95 %)	Sehr gute bis vollständige Substanz/ Vernachlässigbare bis keine Abnutzung i. d. R. Monitoring (planmäßige Inspektion), keine Maßnahmen zur Substanzwiederherstellung erforderlich
4 (95 % > S ≥ 85 %)	Gute Substanz/Geringe Abnutzung Kaum investive Maßnahmen zur vollständigen Substanzwiederherstellung erforderlich, hohe Wahrscheinlichkeit für Reparaturverfahren
3 (85 % > S ≥ 67 %)	Ausreichende Substanz/Fortschreitende Abnutzung Überwiegend Reparaturverfahren mit steigendem investiven Anteil zur Substanzwiederherstellung
2 (67 % > S ≥ 33 %)	Schlechte Substanz/Hohe Abnutzung Überwiegend investive Maßnahmen mit sinkendem Reparaturanteil zur Substanzwiederherstellung
1 (33 % > S ≥ 5 %)	Sehr schlechte Substanz/Kritische Abnutzung Maßnahmen zur Substanzwiederherstellung werden zumeist investiv sein, Reparaturanteil sehr gering
0 (5 ≤ 5 %)	Substanz vollständig aufgebraucht/Vollständige Abnutzung Maßnahmen zur Substanzwiederherstellung i. d. R. nur noch investiv möglich

Anlage A: Definition der Substanzklassen nach SubKanS [3]

Bei breiter Anwendung in der Branche würden Kanalnetze unter Wahrung der individuellen Anpassungsmöglichkeit durch die anwendenden Entsorgungsunternehmen in ihrer technischen Bewertung vergleichbar. Auch eine Anwendung in Benchmarking-Projekten wäre denkbar.

Für unternehmensindividuelle Betrachtungen hat die Tilia GmbH ein Tool zur Berechnung der Asset-Zustandsentwicklung über einen Betrachtungshorizont von 30 Jahren in Abhängigkeit von den zur Verfügung stehenden Mitteln entwickelt. Hier werden alle physischen Assets als jeweils separate Assetcluster betrachtet (also auch Grundstücksanschlusskanäle, Druck- und Vakuumleitungen, Pump- und Sonderbauwerke sowie Entlastungsbauwerke). Bei Kombination mit der Langfristplanung (analoger Betrachtungshorizont vorausgesetzt) kann daraus ein unternehmensspezifisches Strategietool aufgesetzt werden, das auch Einflüsse durch Baupreis- und Energiekostensteigerung abbilden kann. Damit können unterschiedliche Zukunftsszenarien einfach simuliert und zur strategischen Aussteuerung des Unternehmens genutzt werden.

Literatur

- [1] Merkblatt DWA-M 149-3: *Zustandserfassung und -beurteilung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden – Teil 3: Beurteilung nach optischer Inspektion*, Hennes, 2015, angepasste Fassung: Juni 2024
- [2] L. Tennhardt: Bewertung von Trinkwasserversorgungsnetzen – neue Kennzahlen: Systemindex Trinkwassernetz (SIT) und Nachhaltigkeitsindex (IN), *gwf – Wasser/Abwasser*, 2014, 155 (9), 984–996
- [3] K. Kerres, T. Breuer, A. Funke-Kleinken, S. Gredigk-Hoffmann, M. Sariyildiz, S. Orlik, T. Schmidt, N. Caradot, P. Rouault, M. Zamzow, M. Hippe, T. Wedmann, K. Hochstrate, K.-J. Sympher, M. Wolf, R. Stein, A. Uhlenbroch, I. Kropp, A. Kästner, A. Janda, C. Plogmeier, R. Jathe und R. Zwafink: *Entwicklung eines Standards zur Bewertung und Klassifizierung der baulichen Substanz von Abwasserkanälen und Schächten (SubKanS)*, Abschlussbericht des BMWi-Verbundvorhabens SubKanS, Förderkennzeichen 03TNH007A-J, FH Aachen, 2021
- [4] C. Berger, C. Falk: Zustand der Kanalisation in Deutschland, Ergebnisse der DWA-Umfrage 2009, *KA Korrespondenz Abwasser* 2011, 58 (1), 24–39
- [5] C. Berger, C. Falk, J. Hetzel, J. Pinnekamp, S. Roder und J. Ruppelt: Zustand der Kanalisation in Deutschland, Ergebnisse der DWA-Umfrage 2015, *KA Korrespondenz Abwasser* 2016, 63 (6), 498–508
- [6] C. Berger, C. Falk, F. Hetzel, J. Pinnekamp, J. Ruppelt, P. Schleiffer, J. Schmitt: Zustand der Kanalisation in Deutschland, Ergebnisse der DWA-Umfrage 2020, *KA Korrespondenz Abwasser* 2020, 67 (12), 939–953
- [7] Deutsche Gesellschaft für grabenloses Bauen und Instandhalten von Leitungen e.V.: GSTT Information Nr. 22-1, Nutzungsdauer von mittels grabenloser Bau- und Sanierungsverfahren hergestellten bzw. sanierten Ver- und Entsorgungsleitungen, Teil 1: Abwasserkanäle und -leitungen im Freispiegelentwässerungsverfahren, Berlin, 2007
- [8] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung und Bundesministerium der Verteidigung: *Arbeitshilfen Abwasser: Planung, Bau und Betrieb von abwassertechnischen Anlagen in Liegenschaften des Bundes*, Bonn, Stand 2012
- [9] DWA (Hrsg.): *Leitfaden für die Zustandserfassung, -beurteilung und Sanierung von Grundstücksentwässerungsanlagen*, DWA-Themen, Hennes, 2009
- [10] Deutsche Gesellschaft für grabenloses Bauen und Instandhalten von Leitungen e.V.: GSTT Information Nr. 14 Kriterienkatalog zur Auswahl der Bauweisen für die Sanierung von Entwässerungsleitungen (Freispiegelleitungen), Berlin, 2000
- [11] D. Stein: *Instandhaltung von Kanalisationen*, 3. Aufl., Ernst & Sohn, Berlin, 1998
- [12] Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung: *Inspektions- und Sanierungsstrategien für nicht öffentliche Grundstücksentwässerungsanlagen*, 2008
- [13] Rohrleitungssanierungsverband e.V.: *Renovierung von Entwässerungskanälen und -leitungen mit vor Ort härtendem Schlauchlining*, 8. Aufl., Lingen (Ems), 2011
- [14] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Bundesministerium der Verteidigung: *Arbeitshilfen Abwasser: A-6.5 Sanierungsverfahren für Schächte*, zuletzt aktualisiert 15.06.2011, <https://www.bfr-abwasser.de/html/A6-5Sanierungsverfahren-Schaechte.html#518479>, Zugriff am 27 Juni 2018

Autoren

Dr. Lars Tennhardt, Christof Nöh, Tony Marie Schönherr,
Georg Enke
Tilia GmbH
Inselstraße 31, 04103 Leipzig

E-Mail: lars.tennhardt@tilia.info



www.dwa.info/fachausstellungen



Machen Sie auf sich aufmerksam!
Als Fachaussteller auf DWA-Tagungen
mit Anzeige in KA oder KW zum Vorteilspreis

