

# Nutzungsdauer von Sanierungsmaßnahmen

## Betriebserfahrung mit grabenlos sanierten Kanalabschnitten

---

Vortragender | Autor: Dipl.-Ing. Josef Kitzberger | Büro Dr. Lengyel

Die ausgeführten Sanierungsmaßnahmen kommen in die Jahre. Im Rahmen der routinemäßigen Inspektion von Kanalisationsanlagen wurden die, in den letzten 20 Jahren ausgeführten Reparatur- und Renovierungsmaßnahmen hinsichtlich Nutzungsdauer und Betriebserfahrung genauer untersucht. Dabei zeigt sich, dass die sanierten Abschnitte in einem sehr guten Zustand sind und die Beanstandungen nach längerem Betrieb verhältnismäßig gering sind. Die Angaben der Nutzungsdauer in den unterschiedlichen Regelblättern und Informationsblättern können als Grundlage für Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen jedenfalls empfohlen werden, die angegebenen Schwankungsbreiten bei Reparaturmaßnahmen wurden auch bei den vorliegenden Untersuchungen festgestellt.

### 1. Einleitung

Entwässerungsanlagen im Allgemeinen und vor allem Abwasserbeseitigungsanlagen (Kanalanlagen) stellen langlebige Bauwerke dar. Dementsprechend sind sie einerseits mit hohen Investitionskosten verbunden, andererseits erfordern sie eine jahrzehntelange Unterhaltung (Betrieb), Wartung und gegebenenfalls entsprechende Sanierung.

Die Sanierungsplanung und die auszuführende Sanierung entscheiden sowohl über die Qualität des Kanalbetriebes als auch über den langfristigen Einsatz von Geldmitteln des Kanalbetreibers (der Kommune). In der DWA-A 143-14 (DWA, 2017) ist das mit schadhaften öffentlichen und nicht öffentlichen Abwasserleitungen und –kanälen verbundene Gefährdungspotenzial für die Umwelt, insbesondere für Grundwasser und Boden explizit angeführt.

Demnach kommen der Sanierungsplanung und der Sanierungsausführung entscheidende Bedeutung im Hinblick auf einen wirtschaftlichen, sicheren sowie leistungsfähigen - das heißt, einen den Anforderungen an das jeweilige Entwässerungssystem gerecht werdenden - Betrieb zu.

### 2. Anforderungen an Entwässerungssysteme

Für die Sanierungsplanung und Sanierung von Kanalisationsanlagen gilt als grundsätzliches Regelwerk die ÖNORM EN 752 „Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden“, in welcher die maßgebenden Anforderungen an ein Entwässerungssystem angeführt sind.

Demnach sind primär **vier Ziele** durch ein Entwässerungssystem zu erreichen:

- Ö öffentliche Gesundheit und Sicherheit;
- Ö Gesundheit und Sicherheit des Betriebspersonals;
- Ö Umweltschutz;
- Ö nachhaltige Entwicklung

Aus den oben genannten Zielen lassen sich entsprechende Funktionalanforderungen an ein Entwässerungssystem ableiten.

In der ÖNORM EN 752 sind **Funktionalanforderungen** und deren Relevanz hinsichtlich der Erreichung der Ziele angeführt, so zum Beispiel:

- Ö Schutz vor Überflutung
- Ö Schutz des Oberflächenvorfluters und Grundwasserschutz
- Ö Nachhaltige Verwendung von Produkten und Werkstoffen
- Ö Wasserdichtheit
- Ö Baulicher Zustand und Nutzungsdauer etc.

*ÖNORM EN 752: „... Leistungsanforderungen an das System sollten bei größeren, bedeutenden Erweiterungen, Unterhaltsmaßnahmen und **Sanierungen** auf den neuesten Stand gebracht werden. Prinzipiell müssen die Leistungsanforderungen an ein saniertes System denen an ein neues System entsprechen“ !!!!*

Aus den Anforderungen an Kanalisationsanlagen gemäß ÖNORM EN 752 können folgende **allgemeine Sanierungsziele** (DWA-M 143-14) abgeleitet werden:

- Ö Technische Teilziele (Dichtheit, Lastaufnahme, chemische und mechanische Beanspruchung,...)
- Ö Betriebswirtschaftliche Teilziele (hydraulische Leistungsfähigkeit, Ablagerungen, Geruchs- und Korrosionsprobleme,...)
- Ö Rechtliche Teilziele (Rechtssicherheit, rechtliche Betriebssicherheit, Unfallverhütungsvorschriften, Verkehrssicherungspflichten, Störfallregelungen,...)

Die Sanierung von (größeren) Kanalnetzen ist – ebenso wie deren Errichtung – eine mehrjährige, meist jahrzehntelange Aufgabe. Die erforderlichen Baumaßnahmen sind daher innerhalb langfristiger Zeiträume zu betrachten, um die zur Verfügung stehenden Mittel möglichst optimal einzusetzen.

Einerseits ist eine kurzfristige Umsetzung aller Sanierungsziele aufgrund begrenzter Budgets kaum bis gar nicht möglich, andererseits dürfen die erforderlichen Maßnahmen zur Erhaltung des Kanalnetzes nicht ohne Weiteres künftigen Generationen aufgetragen werden (Generationenvertrag).

Eine nachhaltige Sanierung zeichnet sich dadurch aus, dass die bestehenden Entwässerungsnetze in funktionsfähigem Zustand weitergegeben werden und deren Substanzwert im Lauf der Zeit erhalten bzw. gegebenenfalls erhöht (bei Ausbau oder Erweiterung des Entwässerungsnetzes) wird.

Die betriebswirtschaftlichen Teilziele für den Netzbetreiber sind demnach:

- Ö Vermeidung von Vermögensverzehr bzw. Erhalt des Substanzwertes
- Ö Abschätzung der langfristig benötigten finanziellen Mittel
- Ö Gleichmäßiger Einsatz von Finanzmitteln sowie personellen Ressourcen (Betrieb)
- Ö Verstetigung des Bauvolumens im Hinblick auf den Arbeitsmarkt und um eine Häufung von Störungen durch den Baubetrieb zu verhindern etc.

### **SPEZIELLE SANIERUNGSZIELE DES NETZBETREIBERS**

Die allgemeinen Ziele werden durch spezielle Ziele, die je nach Situation und Randbedingungen in einem Entwässerungsnetz zu einer individuellen Zielsetzung des Entwässerungsbetriebes führen können, ergänzt.

Diese speziellen Ziele sorgen für eine Priorisierung in der Sanierungsplanung, wodurch Sanierungen entsprechender Schadensgruppen vorgezogen werden. Probleme aufgrund von erhöhtem Fremdwasseraufkommen führen z. B. für den betroffenen Netzbetreiber dazu, alle Sanierungsmaßnahmen unter dem Aspekt der Fremdwasserreduzierung zu prüfen (OCHS, 2012).

Spezielle Sanierungsziele können sein:

- Ö Gefahrenabwehr (erhöhte Priorität in Schutzgebieten)
- Ö Fremdwasserreduktion
- Ö Betriebs-, Stand- oder Funktionssicherheit
- Ö Hydraulische Sanierung – Überstausicherheit und Überflutungsschutz
- Ö Zustand der Anschlusskanäle (gleichzeitige Sanierung mit dem öffentlichen Netz)
- Ö Berücksichtigung weiterer Sparten – Mehrspartenstrategie (Koordination, Synergieeffekte)

Aus den Sanierungszielen leiten sich die jeweiligen Sanierungsstrategien ab, wobei zwischen:

- Ö „**Muss-Zielen**“ - rechtliche und technische Ziele sowie Ziele des Umweltschutzes aufgrund gesetzlicher Vorgaben und
- Ö „**Kann-Zielen**“ – betriebswirtschaftliche Ziele (Substanzwerterhalt etc.)

unterschieden wird (OCHS, 2012).

Zusammenfassend umfassen die wesentlichen Gesichtspunkte der Kanalsanierung einerseits die **betriebliche Sicherheit** unter Gewährleistung einer ausreichenden Funktionsfähigkeit = **hydraulische Leistungsfähigkeit** des Abwasserkanals, sowie der Gewährleistung des **schadlosen Betriebes** durch eine Minimierung von Ablagerungen, von Geruchs- und Geräuschemissionen, sowie einer Vermeidung von Unfällen. Des Weiteren muss die **Dichtheit der Abwasserkanäle** gewährleistet sein, sodass weder eine Exfiltration (Austritt) in den Untergrund noch eine Infiltration (Eindringen) von Grund- oder Sickerwasser in das Kanalsystem stattfindet.

### 3. NUTZUNGSDAUER

Die Nutzungsdauer (ND) bestehender Abwasseranlagen (saniert oder nicht saniert) wirkt sich wesentlich auf den aktuellen und zukünftigen Sanierungsbedarf und die hierfür aufzubringenden Finanzmittel aus. Sie besitzt ebenfalls Einfluss auf kaufmännische und technische Aspekte, u. a. auf Vermögen, Gebühren, Investitionsplanung, Sanierungsart und Unterhaltungsaufwand (DWA 2017).

Die Nutzungsdauer der Abwasseranlagen wird beeinflusst durch:

- Ö Alter des Kanalnetzes,
- Ö Zustand des Kanalnetzes einschließlich bisher durchgeführter Unterhaltungsarbeiten,
- Ö funktionale Änderungen,
- Ö Qualität der Planung und Ausführung, der Werkstoffe und der Bauverfahren,
- Ö physikalische und chemische Alterung,
- Ö Netzunterhaltung durch Reparaturen,
- Ö Renovationen und Erneuerungen,
- Ö hydraulische Belastungen.

#### 3.1. NUTZUNGSDAUER – BEGRIFFE

Begriffsbestimmungen gemäß DWA A 143-14 (2017):

**Verfahrensbedingte Nutzungsdauer:**

Zeitraum, in dem sämtliche technischen und gesetzlichen Anforderungen erfüllt werden.

**Reale Nutzungsdauer**

Zeitraum von der Inbetriebnahme bis zur endgültigen Außerdienststellung.

**Akzeptierte Nutzungsdauer**

Zeitraum, in welchem ein Netzbestandteil ein vom Betreiber akzeptiertes Anforderungsprofil erfüllt. Sie endet in der Regel mit der realen Nutzungsdauer.

**Technische Nutzungsdauer**

Zeitraum, in welchem der Netzbestandteil aus technischer Sicht genutzt werden kann.

**Wirtschaftliche Nutzungsdauer**

Kosten für die Unterhaltung < Kosten einer Erneuerung.

**Kalkulatorische Nutzungsdauer**

Zeitraum der Nutzung und Abschreibung aus kalkulatorischer Sicht (Grundlage für Wirtschaftlichkeits-betrachtungen).

**Restnutzungsdauer**

Zeitspanne vom Betrachtungszeitpunkt bis zum Ende der jeweils relevanten Nutzungsdauer.

### 3.2. Nutzungsdauern bei der Wirtschaftlichkeitsberechnung

Der Untersuchungszeitraum für die Kostenvergleichsrechnung ergibt sich aus den jeweiligen technischen Nutzungsdauern der zu vergleichenden Maßnahmen. Da für gewöhnlich unterschiedliche (Sanierungs)Maßnahmen verschieden lange Nutzungsdauern aufweisen, muss ein Untersuchungszeitraum gewählt werden, der für alle betrachteten Maßnahmen den gleichen Nutzen gewährleistet.

In der KVR-Leitlinie wird dem insofern Rechnung getragen, als dass als **Untersuchungszeitraum** das „kleinste gemeinsame Vielfache“ der jeweiligen Nutzungsdauern angesetzt wird – das heißt, am Ende des Untersuchungszeitraumes haben alle betrachteten Alternativen ihre Nutzungsdauer erreicht (ihr **Restwert ist Null**).

Die individuellen Nutzungsdauern werden dabei als durchschnittliche Nutzungsdauern verstanden, wobei in der Literatur eine z.T. relativ große Bandbreite angegeben wird (Tabelle 1).

Tabelle 1: mittlere technische Nutzungsdauern von Sanierungsverfahren im Vergleich, DWA, VSB und GSTT (Schöller 2018)

	mittlere technische Nutzungsdauer in [a]		
	DWA (2012)	VSB (2009)	GSTT (2007)
<b>Reparatur</b>	2 -15	20 - 25 (Roboter) 10 - 15 (Kurzliner)	10 - 20
<b>Renovierung</b>	25 - 40 (50)	50 (Schlauchlining) 70 - 80 (Rohrlining) 30 - 50 (Beschichtung)	80 - 100 (Auskleidung) 40 - 50 (Beschichtung)
<b>Erneuerung</b>	50 -80 (100)	80 - 100 (offene Bauweise) 100 - 120 (Rohrvortrieb)	80 - 100 (offene Bauweise) 100 - 120 (Rohrvortrieb)

Tabelle 2 technische Nutzungsdauer, Auszug aus der VSB-Empfehlung NR. 0.1, August 2009, Seite 27

Die folgenden Annahmen mittlerer, technischer Nutzungsdauern können individuell dem eigenen Erfahrungshorizont angepasst werden und sollten den örtlichen Bedingungen Rechnung tragen:

- Reparaturverfahren (Auswahl)
  - Roboter, Zulaufanbindung (nicht Hutprofile) 20 – 25 Jahre
  - Manschetten (mit EPDM-Gummidichtung) 20 – 25 Jahre
  - Kurzliner, Zulaufanbindung (Hutprofile), verklebte Manschetten 10 – 15 Jahre
  - Injektion mit Isocyanat-Harzen 25 – 35 Jahre
  - Flutungsverfahren 5 – 10 Jahre
- Renovierungsverfahren (Auswahl)
  - Schlauchlining 50 Jahre
  - Rohrlining 70 – 80 Jahre
  - Verformungsverfahren, Wickelrohrlining 40 – 50 Jahre
  - Montage 50 – 70 Jahre
  - Beschichtungsverfahren (Mörtel) 30 – 50 Jahre
- Erneuerungsverfahren
  - Offene Bauweise 80 – 100 Jahre
  - Berstlining 80 – 100 Jahre
  - Rohrvortriebsverfahren (neue Trasse) 100 – 120 Jahre

Bei der Festlegung der Nutzungsdauern im Zuge der Wirtschaftlichkeitsberechnungen sind unter anderem zu berücksichtigen bzw. werden vorausgesetzt (VSB, 2009A):

- Ö örtliche Bedingungen
- Ö zum Teil fehlende langjährige Erfahrungen über die zu erwartenden Nutzungsdauern
- Ö Einsetzeignung der Sanierungstechnik (Schadensbild bzw. Eignungsprüfung)
- Ö Qualifikation des ausführenden Unternehmens
- Ö Bauüberwachung und Qualitätssicherung in der Ausführung etc.

#### **4. Betriebserfahrung mit grabenlos sanierten Kanalabschnitten**

In den Planungsgebieten der Büro Dr. Lengyel ZT GmbH werden seit Anfang der 1990iger Jahre Zustandserhebungen und Kanalsanierungen durchgeführt. Wobei ab Mitte der 1990iger Jahre mit systematischen Sanierungen unter Berücksichtigung der maßgebenden Sanierungsstrategien, wie die Mehrzweckstrategie, die Zustandsstrategie und die gebietsbezogene Strategie, begonnen wurde.

Im Rahmen von Gewährleistungsprüfungen werden bei manchen Kanalbetreibern vor Ablauf der Gewährleistung Kamerabefahrungen zur Überprüfung der ausgeführten Sanierungsmaßnahmen durchgeführt. Des Weiteren werden durch die routinemäßigen Überprüfungen der Kanalisationsanlagen, auf Grund der Auflagenpunkte in den wasserrechtlichen Bewilligungsbescheiden und dem Stand der Technik nach dem ÖWAV-Regelblatt 22 (Inspektionsintervalle von 10 Jahren), bereits durchgeführte Sanierungsabschnitte begutachtet.

Mit den durchgeführten Untersuchungen wurde einerseits der bauliche Zustand im generellen überprüft und andererseits wurden die vor mehreren Jahren ausgeführten Sanierungsabschnitte genauer betrachtet und im Hinblick auf Zustand und Verhalten im Betrieb beurteilt.

##### **4.1. Ergebnis aus der Gewährleistungsabnahme**

Im Zuge einer Abnahme zur Gewährleistung nach 5 Jahren zeigt sich folgendes Ergebnis:

Ausgeführte Sanierungen:            134 Stk. abschnittsweise Auskleidungen  
   417 Stk. Robotersanierungen  
   ca. 1.200 m Schlauchlining

Die Überprüfung hat gezeigt, dass von den rd. 550 punktuellen Reparaturen (abschnittsweise Auskleidungen, Robotersanierungen) ca. 17 Beanstandungen vorgefunden wurden.

In den Abschnitten mit den Sanierungen durch vor Ort härtendes Schlauchlining wurde lediglich eine Einmündungsaufbohrung beanstandet. Daraus zeigt sich, dass mit den vorgesehenen Prüfmaßnahmen entsprechend dem ÖWAV-Arbeitsbehelf 50 (vormals ÖGL-Richtlinie TR 201),

- Ö Entnahme und Prüfung einer Rückstellprobe,
- Ö Dichtheitsprüfung nach dem Einbau,
- Ö TV-Inspektion nach dem Einbinden der Anschlussleitungen, etc.

Einbauschäden unmittelbar nach der Ausführung erkannt und damit beanstandet bzw. beseitigt werden können.

Bei den Beanstandungen an den abschnittswisen Auskleidungen ist festzustellen, dass in vielen Fällen die Enden der Kurzliner aufgestülpt oder ausgefranst sind. Dies kann auf einen Einbaufehler hinweisen, aber auch durch die Hochdruckreinigung entstanden sein. Des Weiteren fällt bei den abschnittswisen Auskleidungen auf, dass vor und nach dem Kurzliner Risse im Altrohr durch die Druckaufbringung im Zuge des Linereinbaus entstanden sind.

Hinsichtlich Beispielfotos wird auf die Folien der Vortragspräsentation verwiesen.

#### 4.2. Ergebnis aus der Kanalinspektion

Bei der betrachteten Kanalisationsanlage handelt es sich vorwiegend um eine Mischkanalisation mit einer Gesamtlänge von rd. 125 km. Bereits zwischen 1996 und 2000 erfolgte eine lückenlose TV-Inspektion mit Zustandserfassung, Einarbeitung in ein Leitungsinformationssystem und anschließender Zustandsbewertung. Im Rahmen von mehreren Bauabschnitten erfolgte die Sanierung aller Kanalabschnitte mit hoher Priorität mit einem Baukostenumfang von rd. € 7,5 Mio.

In den letzten zwei Jahren wurden die ersten Teilbereiche mit einem Umfang von rd. 85 km Kanalleitungen mittels TV-Inspektion untersucht und deren Zustand auf Funktion und Dichtheit überprüft. Dabei wurde ein besonderes Augenmerk auf den Zustand der in den letzten 20 Jahren durchgeführten Sanierungsmaßnahmen geworfen. Von den überprüften 85 km Kanalanlagen weisen rd. 19 km Sanierungsabschnitte auf.

Ausgeführte Sanierungen:

- rd. 175 Stk. abschnittswise Auskleidungen,
- rd. 295 Stk. Robotersanierungen,
- rd. 235 Stk. händische Reparaturen und Beschichtungen in begehbaren Kanälen,
- rd. 310 m Sohlauskleidungen + Beschichtung,
- rd. 7.500 m Schlauchlining,
- rd. 1.770 m Erneuerung in offener Bauweise.

Die Sanierungsstellen und –abschnitte wurden optisch ausgewertet und anhand einer vereinfachten Bewertung als „schadensfrei – mangelhaft – oder schadhaft“ beurteilt.

Das Ergebnis (siehe Tabelle 3) zeigt, dass die überprüften Schlauchlinerabschnitte ca. zu 80 % schadensfrei sind. Die festgestellten mangelhaften und schadhaften Linerabschnitte, in einem Umfang von ca. 20 %, weisen vorwiegend längs und radial verlaufende Falten auf, welche zum Teil für einen hindernisfreien Abfluss entfernt werden sollten. Vereinzelt wurden mangelhafte Einmündungsaufbohrungen festgestellt. An den Schadensbildern ist erkennbar, dass es sich vorwiegend um Einbaufehler handelt. Bei einer lückenlosen Überprüfung der Einbauabschnitte, entsprechend dem ÖWAV-Arbeitsbehelf 50, unmittelbar nach der Ausführung wären die Einbauschäden sofort festgestellt worden.

Bei der Beurteilung der händischen Sanierungen durch Klüfte Verschließen und Beschichten sowie bei den schadhafte Robotersanierungen zeigt sich, dass die verwendeten Saniermörtel teilweise Risse aufweisen und im Schmutzwasserabflussbereich neuerliche Ausspülungen vorhanden sind.

Bei den abschnittswisen Auskleidungen ist, wie im Kapitel 4.1 bereits beschrieben, festzuhalten, dass vor und nach dem Kurzlinerabschnitt Risse im Altrohr durch die Druckaufbringung im Zuge des Linereinbaus entstanden sind. Des Weiteren sind die Enden der Kurzliner aufgestülpt oder ausgefranst.

Hinsichtlich Beispielfotos wird auf die Folien der Vortragspräsentation verwiesen.

*Tabelle 3 Ergebnis der Zustandsbewertung von Sanierungsabschnitten*

<b>Liner</b>	<b>schadensfrei (+)</b>	6.022	lfm	<b>80%</b>
	<b>mangelhaft (-)</b>	878	lfm	<b>12%</b>
	<b>schadhaf (-)</b>	619	lfm	<b>8%</b>
<b>händische Sanierung</b>	<b>schadensfrei (+)</b>	171	Stk	<b>72%</b>
	<b>mangelhaft (-)</b>	59	Stk	<b>25%</b>
	<b>schadhaf (-)</b>	6	Stk	<b>3%</b>
<b>Roboter</b>	<b>schadensfrei (+)</b>	229	Stk	<b>77%</b>
	<b>mangelhaft (-)</b>	41	Stk	<b>14%</b>
	<b>schadhaf (-)</b>	28	Stk	<b>9%</b>
<b>abschnittsweise Auskleidung</b>	<b>schadensfrei (+)</b>	153	Stk	<b>87%</b>
	<b>mangelhaft (-)</b>	19	Stk	<b>11%</b>
	<b>schadhaf (-)</b>	3	Stk	<b>2%</b>

Eine Unterscheidung der Sanierungsstellen nach dem Alter der ausgeführten Sanierungsmaßnahmen hat ergeben, dass Sanierungen die in den letzten 5 Jahre ausgeführt wurden, nur leichte Mängel aufweisen und diese bei der Bauabnahme akzeptiert wurden.

Insgesamt kann festgehalten werden, dass die sanierten Abschnitte in einem sehr guten Zustand sind und die Beanstandungen nach längerem Betrieb verhältnismäßig gering sind. Die Angaben der Nutzungsdauer in den unterschiedlichen Regelblättern und Informationsblättern können als Grundlage für Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen jedenfalls empfohlen werden. Die angegebenen Schwankungsbreiten bei Reparaturmaßnahmen wurden auch bei den vorliegenden Untersuchungen festgestellt.

## 5. Schlussfolgerung

Sanierungen sind unseres Erachtens nach besser als ihr Ruf. Der Bauüberwachung kommt jedoch ein hoher Stellenwert zu, d.h. weiterhin auf die Qualitätssicherung achten und darauf bestehen, dass alle Prüfkriterien entsprechend dem Stand der Technik erfüllt werden.



#### LITERATURVERZEICHNIS:

- BMUNBR, HRSG. (11/2018): Baufachliche Richtlinien - Arbeitshilfen zu Planung, Bau und Betrieb von abwassertechnischen Anlagen in Liegenschaften des Bundes. Herausgegeben vom Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat und Bundesministerium der Verteidigung (vormals Arbeitshilfen Abwasser).
- DWA-M 143-14 (2017): Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden. Teil 14: Sanierungsstrategien. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.
- DWA (HRSG.) (2012): Leitlinien zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen (KVR-Leitlinien). Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. Hennef.
- GSTT Information Nr. 11, Vergleich offener und grabenloser Bauweisen – direkte und indirekte Kosten im Leitungsbau, 3. Auflage, GSTT, Berlin 2011.
- GSTT-Information Nr. 22-1 (2007): Nutzungsdauer von mittels grabenloser Bau- und Sanierungsverfahren hergestellten bzw. sanierten Ver- und Entsorgungsleitungen - Teil 1: Abwasserkanäle und -leitungen im Freispiegelentwässerungsverfahren.
- OCHS, C. P. (2012): Multikriterielle Optimierung der Sanierungsplanung von Entwässerungsnetzen. Dissertation am Fachbereich Architektur/Raum- und Umweltplanung/Bauingenieurwesen der Universität der Kaiserslautern.
- ÖNORM EN 752 (2017): Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden. Österreichisches Normungsinstitut. Wien.
- ÖNORM B 1801-1 (2009): Bauprojekt- und Objektmanagement, Teil 1 – Objektterrichtung. Österreichisches Normungsinstitut. Wien.
- ÖWAV-Regelblatt 28 (2007): Unterirdische Kanalsanierung. Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband.
- ÖWAV- Arbeitsbehelf 50 (2017): Kanalsanierung - Vor Ort härtendes Schlauchlining**
- ÖWAV- Arbeitsbehelf 54 (2019): Kanalsanierung - Langrohr-Lining, Kurzrohr-Lining, Verformte Rohre**
- Schöller, G. (2015): Ganzheitliche Sanierungsplanung auf Basis der Zustandsbewertung im Regelblatt 22. Kanalmanagement 2015. Wiener Mitteilungen, Band 233
- Schöller, G. (2018): Massenermittlung, spezifische Kosten, Wirtschaftlichkeitsberechnung. Skriptum zum ÖWAV- Ausbildungskurs „Kanal-Sanierungsplanung“.
- Schöller, G. (2018): Grundlagen für und Anforderungen an generelle Sanierungsplanungen. Skriptum zum ÖWAV- Ausbildungskurs „Kanal-Sanierungsplanung“.
- VSF-Empfehlung Nr. 0.1 (2009 A): VSB-Empfehlung Nr. 0.1. Zusätzliche Anforderungen an Ingenieurleistungen. Verband zertifizierter Sanierungs-Berater für Entwässerungssysteme e.V.

#### INTERNETQUELLEN:

<http://www.bfr-abwasser.de>

#### Bezugsautor

Dipl.-Ing. Josef Kitzberger  
Büro Dr. Lengyel ZT GmbH.  
Rennweg 46-50, 1030 Wien  
Tel.: 01 7982400-71  
Email: [j.kitzberger@bdl.at](mailto:j.kitzberger@bdl.at)