



LEITFADEN

zur Sanierung von
Abwasserkanalisationen





Für Mensch & Umwelt

Umwelt 
Bundesamt

Impressum

Herausgeber:

Umweltbundesamt
III 2.5 „Überwachungsverfahren, Abwasserentsorgung“
Postfach 14 06
06813 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
info@umweltbundesamt.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

 /umweltbundesamt.de
 /umweltbundesamt
 /umweltbundesamt
 /umweltbundesamt

Autoren:

Werner Bezela, Ludger Wehr, Horst Zech

Redaktion:

Simone Brandt, Andrea Roskosch

Satz und Layout:

Atelier Hauer+Dörfler GmbH

Publikationen als pdf:

www.umweltbundesamt.de/publikationen

Der Leitfaden wurde vom BMIRO Beratungs- und Managementinstitut für Rohrnetze GmbH im Vorhaben „Erstellung eines Leitfadens zur Sanierung der Abwasserkanalisation“ (FKZ 3715 26 318 0) erarbeitet. Er wurde im Rahmen des Umweltforschungsplanes des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit gefördert und im Auftrag des Umweltbundesamtes vergeben. Der Leitfaden gibt die Ergebnisse des Forschungsvorhabens wider, nicht zwangsläufig die Position des Auftraggebers.

Bildquellen:

Titel, S.27: escli/Fotolia;
S. 15, 20, 22, 25, 32: Shutterstock.com;
S. 19, 29, 38, 40: BMIRO;
S. 51, 53: Archivbilder, Berliner Wasserbetriebe

Stand: Januar 2019

ISSN 2363-8311

LEITFADEN

zur Sanierung von Abwasserkanalisationen

Inhalt

Abbildungsverzeichnis.....	7
Tabellenverzeichnis.....	8
Abkürzungsverzeichnis.....	9
Begriffe.....	10
Zusammenfassung.....	12
1 Einführung.....	14
2 Problembeschreibung/Gefährdungspotenzial.....	16
2.1 Infiltration.....	17
2.2 Exfiltration.....	18
2.3 Dimensionierung von Abwasserkanälen.....	19
3 Schäden/Schadensursachen von Abwasserkanälen.....	21
4.1 EU-Richtlinien.....	23
4 Rechtliche und technische Grundlagen.....	23
4.2 Rechtsvorschriften des Bundes.....	24
4.3 Rechtsvorschriften der Bundesländer.....	25
4.4 Abwasserrechtliche Verordnungen der Länder.....	25
4.5 Entwässerungssatzungen.....	25
4.6 Technisches Regelwerk.....	25
5 Anforderungen an Entwässerungssysteme.....	26
Nachhaltiges Bauen.....	28
6.1 Einflussfaktoren auf die technische Lebensdauer von Bauwerken.....	30
6.1.1 Eigenschaften der Baustoffe.....	30
6.1.2 Bauplanung.....	30
6.1.3 Bauausführung und -überwachung.....	30
6.1.4 Äußere Einflüsse.....	30
6.1.5 Instandhaltung.....	30
6.2 Berücksichtigung und Förderung des technischen Fortschritts.....	32

6	6.3 Mitnutzung	33
	6.3.1 Kabel im Kanal	33
	6.3.2 Heizen und Kühlen mit Abwasser	33
	6.4 Öko-Bilanzen	33
	6.4.1 Ökoeffizienz	34
	6.4.2 CO ₂ -Bilanzen (Carbon Footprint)	34
	6.4.3 Wasser-Bilanzen (Product Water Footprint)	36
	Vorgehensweise und Grundlagenermittlung	37
	7.1 Generalentwässerungsplan	38
	7.2 Ortsentwicklungsplan	38
	7.3 Ermittlung des Kanalbestandes	38
	7.4 Schadensermittlung	39
	7.5 Qualitätssicherung bei der Sanierung von Abwasserkanälen	40
7	7.5.1 Planung	40
	7.5.2 Ausschreibung und Vergabe	41
	7.5.3 Bauausführendes Sanierungsunternehmen	44
	7.5.4 Bauüberwachung	44
	7.5.5 Bauabnahme	44
	7.5.6 Belastung im Betrieb	45
	Prüfungsumfang von Abwassernetzen	46
	8.1 Festlegung der Art der Zustandserfassung	47
	8.2 Öffentliches Netz	47
	8.2.1 Kanalkataster	47
	8.2.2 Einleiterkataster	48
	8.2.3 Überprüfungszeiträume von öffentlichen Netzen	48
	8.3 Abwasserleitungen für häusliches und gewerbliches Abwasser	49
8	8.4 Kanäle und Leitungen in Wasserschutzgebieten	50
	Sanierungsumfang	51
	9.1 Prioritäten	52
	9.2 Sanierungsfristen	53
	9.3 Sanierungsverfahren	55
	10.1 Generelles Vorgehen	57

9	Handlungsempfehlungen	57
	10.2 Empfehlung zur Beteiligung der Öffentlichkeit	58
	Fallbeispiele für Kanalsanierungskonzepte	59
	12.1 Schadensmatrix (Berger et al. 2016)	60
10	Anhänge	60
	12.2 Überprüfungszeiträume (Auszug aus der Abwasser Eigenkontrollverordnung EKVO, Hessen 2010)	63
11	12.3 Prüfverfahren, Zeitspannen und Anlässe für die Dichtheitsprüfung (DIN 1986-30 2012)	64
12	12.4 Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen in Wassergewinnungsgebieten (DWA-A 142 2016)	66
	12.5 Fallbeispiele für Kanalsanierungskonzepte	67
	12.5.1 Schwalmtalwerke AÖR	67
	12.5.2 Stadtbetriebe Unna	70
	12.5.3 Stadtentwässerungsbetrieb Barsinghausen	73
	Literaturverzeichnis	76

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Schadensursachen gewichtet nach Schadenshäufigkeit (DWA-M 149-2 2014).....	22
Abbildung 2	Allgemeine Hierarchie der Gesetze (eigene Darstellung).....	23
Abbildung 3	Hierarchie der Bauvorschriften (eigene Darstellung)	24
Abbildung 4	Ziele von Entwässerungssystemen (DIN EN 752 2017).....	26
Abbildung 5	Instandhaltungsziele (Technische Richtlinie für die Instandhaltung von Betriebsmitteln und Anlagen in Elektrizitätsversorgungsnetzen 2006).....	31
Abbildung 6	Instandhaltungsstrategien (Technische Richtlinie für die Instandhaltung von Betriebsmitteln und Anlagen in Elektrizitätsversorgungsnetzen 2006).....	31
Abbildung 7	Kabelführungsmodul (servTEC - HAMBURG WASSER Service und Technik GmbH)	33
Abbildung 8	Vorgehensweise zur Bewertung der Ökoeffizienz von Kanalsanierungstechniken (Bosseler et al. 2014).....	34
Abbildung 9	Systemgrenzen des Product Carbon Footprint (Beikert 2010).....	35
Abbildung 10	Ablaufdiagramm einer Sanierungsplanung (Wasser und Umwelt Bauhaus-Universität Weimar (Hg.) 2015)	42
Abbildung 11	Angebotswertung (Verordnung über die Vergabe öffentlicher Aufträge (Vergabeverordnung -VgV) 2016).....	43
Abbildung 12	Entscheidungsprozess zur Ermittlung der baulichen Lösung (DIN EN 752 2017).....	54
Abbildung 13	Systematik Sanierungsgruppen (DIN EN 752 2017)	55
Abbildung 14	Übersicht Reparaturverfahren (in Anlehnung an die DIN EN 15885:2011-03 2011)	55
Abbildung 15	Übersicht Renovierungsverfahren (in Anlehnung an die DIN EN 15885:2011-03 2011).....	56
Abbildung 16	Übersicht Erneuerungsverfahren (in Anlehnung an die DIN EN 15885:2011-03 2011).....	56

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Einflussfaktoren für In- und Exfiltrationen (Stein und Stein 2014).....	17
Tabelle 2	Stoffe im Grundwasser, die auf eine Abwasserexfiltration hinweisen (Zech 2018).....	18
Tabelle 3	Gase in der Kanalisation (eigene Darstellung).....	20
Tabelle 4	Hauptschadensgruppen (DIN EN 13508-2 und DWA-M 149-2).....	22
Tabelle 5	Mindestangaben einer Kanaldatenbank (eigene Darstellung).....	39
Tabelle 6	Verschiedene Abnahmearten (eigene Darstellung).....	44
Tabelle 7	Folgen der Bauabnahme (eigene Darstellung).....	45
Tabelle 8	Mindestinhalt einer Abnahmedokumentation (eigene Darstellung).....	45
Tabelle 9	Mindestinhalt eines Kanalkatasters (in Anlehnung an DWA Leitfaden Nr. 3-1, 2005).....	47
Tabelle 10	Eigenkontrollverordnungen oder Verwaltungsvorschriften für Kanalisationsanlagen (eigene Darstellung).....	48
Tabelle 11	Wasserschutzzonen (in Anlehnung an DWA-A 142 2016).....	50
Tabelle 12	Abwasserarten und Behandlungsarten (eigene Darstellung).....	52
Tabelle 13	Anforderungen an den Kanal bei der Priorisierung in Abhängigkeit von der Lage (DWA-M 149 2015).....	52
Tabelle 14	Empfohlene Sanierungsfristen (eigene Darstellung).....	53

Abkürzungsverzeichnis

a.a.R.d.T	Allgemein anerkannte Regeln der Technik
AbwV	Abwasserverordnung
ATV-DVWK	Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.
AwSV	Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen
BFR	Baufachlichen Richtlinien Abwasser (s. Arbeitshilfen Abwasser)
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
BSB	Biochemischer Sauerstoffbedarf
CSB	Chemischer Sauerstoffbedarf
DIBt	Deutsches Institut für Bautechnik
DIN	Deutsches Institut für Normung e. V.
DIN EN	Deutsches Institut für Normung e. V./Europäische Norm
DN	Nennweite (Diameter Nominal)
DR 1	Dichtheitsprüfung mit Wasser (aus DIN 1986-30)
DR 2	Dichtheitsprüfung mit Luft (aus DIN 1986-30)
DVGW	Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V.
DWA	Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.
EKVO	Eigenkontrollverordnung Baden-Württemberg oder hessische Abwasser-Abwassereigenkontrollverordnung
EU	Europäische Union
FW	Fremdwasser
GEA	Grundstücksentwässerungsanlage
GfK	Glasfaserkunststoff
GG	Grundgesetz
GOK	Geländeoberkante
GSTT	German Society for Trenchless Technology e. V.
GW	Grundwasser
GZ	Gütezeichen
IKT	IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur
ISYBAU	Integriertes Datenverarbeitung-System-Bauwesen
KA	Kanalfernsehtuntersuchung (aus DIN 1986-30)
MW	Mischwasser
N	Stickstoff
NRW	Nordrhein-Westfalen
O2	Sauerstoff
PE	Polyethylen
PP	Polypropylen
SüwVO Abw	Selbstüberwachungsverordnung Abwasser Nordrhein-Westfalen
SW	Schmutzwasser
UBA	Umweltbundesamt
UV	Ultraviolett-Strahlung
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
ZK	Zustandsklasse

Begriffe

In den technischen und juristischen Regelwerken finden sich zahlreiche Begriffsdefinitionen zum weiten Feld der Abwassertechnik. Nachfolgend werden die wichtigsten Begriffe in Anlehnung an DIN EN 752 zusammengestellt, sofern sie nicht anders gekennzeichnet sind:

Abwasser

Wasser, bestehend aus jeglicher Kombination von abgeleitetem Wasser aus Haushalten, Industrie- und Gewerbebetrieben, Oberflächenabfluss und unbeabsichtigtem Fremdwasserzufluss

Abwasserbeseitigung

Umfasst das Sammeln, Fortleiten, Behandeln, Einleiten, Versickern, Verregnen und Verrieseln von Abwasser sowie das Entwässern von Klärschlamm im Zusammenhang mit der Abwasserbeseitigung und die Beseitigung des in Kleinkläranlagen anfallenden Schlamms (WHG)

Abwasserkanal

Meist erdverlegte Rohrleitung oder andere Vorrichtung zur Ableitung von Abwasser aus mehreren Quellen

Abwasserleitung

Meist erdverlegte Rohre zur Ableitung von Abwasser von der Anfallstelle zum Abwasserkanal

Arbeitshilfe Abwasser/ BFR

Die Baufachlichen Richtlinien Abwasser (BFR Abwasser) sind eine umfassende Hilfe für die Planung, den Bau und den Betrieb von abwassertechnischen Anlagen auf Liegenschaften des Bundes. Sie enthalten u. a. einheitliche Vorgaben für die systematische Bestands- und Zustandserfassung von Entwässerungssystemen sowie für deren bautechnische und hydraulische Zustandsbewertung auf der Grundlage aktueller Normen und Regelwerke. Auf Basis der Zustandsbewertung ist eine Priorisierung von Bau- und Sanierungsmaßnahmen möglich, die im Sinne eines Qualitätsmanagements ein nachhaltiges und wirtschaftliches Planen, Bauen und Betreiben von Abwasseranlagen unterstützt. Die BFR Abwasser werden vom Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat und vom Bundesministerium der Verteidigung herausgegeben.

Erneuerung

Herstellung neuer Abwasserleitungen und -kanäle in der bisherigen oder in einer anderen Linienführung, wobei die neuen Anlagen die Funktion der ursprünglichen Abwasserleitungen und -kanäle einbeziehen

Exfiltration

Versickerung aus einem Entwässerungssystem in den Untergrund

Freispiegelsystem

Entwässerungssystem, bei dem der Abfluss durch Schwerkraft erfolgt und bei dem die Rohrleitung üblicherweise mit Teilfüllung betrieben wird

Grundleitung

Im Erdreich oder in der Grundplatte unzugänglich verlegte Leitung, die das Abwasser in der Regel dem Anschlusskanal zuführt

Infiltration

Ungewollter Volumenstrom durch Eintritt von Grundwasser in ein Entwässerungssystem

ISYBAU

Integriertes Datenverarbeitung-System-Bauwesen; durch das Datenaustauschformat ISYBAU Abwasser (XML) werden alle in diesem Zusammenhang erforderlichen Bearbeitungsprozesse von der Bestandsdokumentation über die optische Inspektion und Zustandsbewertung bis hin zu hydraulischen Berechnungen softwaresystemübergreifend unterstützt.

Lebenszyklus

Gesamte Dauer von der Planung, über die Ausführung und die Nutzung bis zum Abbruch und zur Beseitigung eines Bauwerkes (Kalusche 2004)

Mischsystem

Entwässerungssystem zur gemeinsamen Ableitung von Schmutz- und Niederschlagswasser im gleichen Leitungs-/Kanalsystem

Niederschlagswasser

Das von den Niederschlägen aus dem Bereich von bebauten oder befestigten Flächen gesammelt abfließende Wasser (WHG)

Nutzungsdauer

Für Planungszwecke erwartete Lebensdauer eines Anlagenteils

Renovierung

Maßnahmen zur Verbesserung der aktuellen Funktionsfähigkeit von Abwasserleitungen und -kanälen unter vollständiger oder teilweiser Einbeziehung ihrer ursprünglichen Substanz

Reparatur

Maßnahmen zur Behebung örtlich begrenzter Schäden

Sanierung

Maßnahmen zur Wiederherstellung oder Verbesserung von vorhandenen Entwässerungssystemen

Trennsystem

Entwässerungssystem, üblicherweise bestehend aus zwei Leitungs-/Kanalsystemen für die getrennte Ableitung von Schmutz- und Niederschlagswasser

Unterhalt

Routinemaßnahmen zur Sicherung der ständigen Leistungsfähigkeit von Entwässerungssystemen

Zusammenfassung

Der vorliegende Leitfaden betrachtet die möglichen Wege einer Sanierung von Abwasserkanalisationen. Er richtet sich an kommunale und private Abwasserbeseitigungspflichtige, die eine Kanalsanierung planen, und gibt ihnen Empfehlungen die den gesamten Prozess der Kanalinspektion und -sanierung umfassen.

Zunächst werden die notwendigen Fachbegriffe sowie die rechtlichen Grundlagen definiert. Als übergeordnete Rechtsvorschriften dienen die EU-Richtlinien, z. B. die Wasserrahmenrichtlinie und das Wasserhaushaltsgesetz des Bundes. Diese Rahmengesetzgebung wird von einzelnen Bundesländern teilweise in abwasserrechtlichen Verordnungen konkretisiert und durch die Gemeinden in Entwässerungssatzungen umgesetzt. Hinzu kommen Empfehlungen durch das Technische Regelwerk. Eine einheitliche Betrachtung innerhalb der Bundesrepublik Deutschland findet allein durch die Verfolgung der Ziele von Entwässerungssystemen, nämlich den Erhalt von Gesundheit und Sicherheit der Öffentlichkeit und des Betriebspersonals, den Umweltschutz sowie eine nachhaltige Entwicklung, statt.

Nachhaltiges Planen, Bauen und Betreiben beinhaltet, die zur Verfügung stehenden Ressourcen effizient und umweltgerecht einzusetzen und die Bauwerke und Anlagen langfristig zu nutzen. Es gibt bereits seit mehr als 20 Jahren ausreichend langzeitbeständige Baustoffe und Arbeitsverfahren für den Bau und die Sanierung von Abwasserkanälen. Bei der Auswertung der wiederholten Untersuchungen der Abwasserkanäle erkennen die Betreiber häufig umweltrelevante und die Betriebssicherheit beeinträchtigende Schäden. Die überwiegende Mehrheit der Schäden lässt sich jedoch nicht durch Erreichen der technischen Lebensdauer der Bauwerke und eingesetzten Baustoffe oder durch auf die Abwasseranlage einwirkende äußere Einflüsse erklären. Vielmehr werden sie vor allem durch eine nicht fach- und sachgerechte Planung und Verarbeitung verursacht.

Vor Aufnahme eines Kanalsanierungsprojektes sollte jeder Betreiber selbstkritisch die Fachkenntnis und die zeitliche Verfügbarkeit des eigenen Personals prüfen und sich gegebenenfalls externer Hilfe bedienen. Auch hier ist die fachtechnische Eignung sowohl für die Planung als auch für die Bauüberwachung sicher zu stellen.

Grundlage für eine erfolgreiche Planung ist das Vorliegen von Generalentwässerungs- und Ortsentwicklungsplänen sowie des vollständig ermittelten Kanalbestandes. Erst dann sollte eine Schadensermittlung durchgeführt werden.

Überprüfungszeiträume von Kanalisationsnetzen und Sanierungsfristen sind deutschlandweit nicht einheitlich festgelegt. Sie ergeben sich häufig aus den Eigenkontrollverordnungen der Bundesländer oder den einschlägigen technischen Regelwerken.

Erst nach Auswertung und Erstellung eines Sanierungskonzeptes erfolgen Ausschreibung und Vergabe, wobei bereits hier qualitätssichernde Maßnahmen zu berücksichtigen sind. Dazu zählen die Aufstellung von Kriterien, die das bauausführende Unternehmen erfüllen muss, eine detaillierte Beschreibung der Bauüberwachung und der Bauabnahme der zu übergebenden Dokumentation und eine fachgerechte Prüfung der ausgeführten Arbeiten und der Dokumentation.

Um ihre Abwasseranlagen langfristig betreiben zu können, setzen die Betreiber neuerdings auf moderne, sowohl risikobasierte als auch zuverlässigkeitsorientierte Instandhaltungskonzepte. Eine mögliche Mehrfachnutzung des Abwasserkanals, beispielsweise zur Abwasserwärmenutzung oder zur Verlegung von Glasfaserkabeln, kann zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit eines Abwassernetzes und somit zur geringeren finanziellen Belastung des Bürgers beitragen.

Zur Beurteilung der Umweltverträglichkeit von Bauprodukten und Bauverfahren zur Sanierung von Kanälen stellen Hersteller und Unternehmer Umweltbilanzen auf. Die Umweltnormenreihe DIN EN ISO 14000 ff gibt dabei Rahmenbedingungen vor. Der Vergleich von Bauprodukten oder -verfahren auf Basis von CO₂- oder Wasser-Bilanzen ist aufgrund der unterschiedlich gesetzten Systemgrenzen relativ schwierig. Ökoeffizienzbetrachtungen benötigen einen sehr großen Datenhintergrund und sind zusätzlich nicht verallgemeinerbar. Ihre Erstellung erfordert somit einen sehr hohen Aufwand.

Die Undichtigkeit von Kanalsystemen führt grundsätzlich zu zwei Problemstellungen. Eine Infiltration, also das Eindringen von Fremdwasser in die Kanalisation, führt zu einer Mehrbelastung des Abwassernetzes und der Abwasserbehandlungsanlagen. Das Einschwemmen von Boden in die Kanalisation bedingt eine Destabilisierung der Bettungszone des Kanalrohres. Die Exfiltration, also der Austritt von Abwasser aus der Kanalisation in den umgebenden Boden, kann Auswirkungen auf das Grundwasser und somit auch auf das Trinkwasser haben.

Extreme Wetterlagen und damit verbundene urbane Sturzfluten können zu einer Überlastung des Kanalnetzes führen. Dennoch ist es wirtschaftlich nicht sinnvoll, das Abwassersystem auf diese erhöhten Belastungen auszulegen. Vielmehr sind sowohl Betreiber als auch Nutzer in der Pflicht, Maßnahmen zur Überflutungsvorsorge zu treffen.

Die Auswahl des Sanierungsverfahrens ist abhängig von verschiedenen Randbedingungen des Projektes, wie Schadensart und -häufigkeit, Größe des Kanals, Lage des Kanals im Verkehrsraum und im Bodenhorizont, Art des Abwassers oder geplante Ortsentwicklung. Die Entscheidung, welches Sanierungsverfahren eingesetzt werden soll, fällt daher immer nach einer ganzheitlichen Betrachtung.

Generell sollte der Kanalnetzbetreiber sicherstellen, dass er über die notwendige Fachkompetenz seines eigenen oder externen Personals verfügt, ein ausreichender Datenbestand vorhanden ist und dass alle Maßnahmen im Rahmen des eigenen Abwasserkonzeptes geplant und ausgeführt werden. Zudem sind nach Abschluss einer Sanierungsmaßnahme unbedingt der Erfolg der Sanierung und die Zustandsverbesserung des Kanalnetzes zu prüfen und zu dokumentieren.

Um die Akzeptanz von Sanierungsmaßnahmen am Kanalnetz zu verbessern, ist es sinnvoll, über eine breit gefächerte Öffentlichkeitsarbeit den Bürger zu beteiligen und gegebenenfalls bei notwendigen Maßnahmen an der Grundstücksentwässerung den Eigentümer zu unterstützen.

1 Einführung

Nach Angaben des statistischen Bundesamtes (Statistisches Bundesamt 2015) belief sich im Jahr 2013 die Gesamtlänge des in Deutschland betriebenen Abwasserkanalnetzes auf 575.561 km bei einem Anschlussgrad von 97 % der Bevölkerung. Hochrechnungen kommen zu dem Ergebnis, dass ca. 20 % aller Kanalanhaltungen einen kurz- bis mittelfristigen Sanierungsbedarf aufweisen (Berger, C. et al. 2016). Die Länge der privaten Abwasserleitungen wird auf mindestens 1.000.000 km geschätzt. Fachleute gehen in diesem Bereich von einem Schadenspotenzial von ca. 75 % (DWA-Positionen 2012) aus.

Durch undichte Abwasserkanäle und -leitungen austretendes Abwasser (Exfiltration) kann Boden und Grundwasser verschmutzen und somit auch die Qualität des Trinkwassers beeinträchtigen.

Eindringendes Grundwasser (Infiltration) führt zu einer Verdünnung des Abwassers und zu einer verringerten Reinigungsleistung der Kläranlagen, einhergehend mit einem höheren Energieverbrauch bei der Abwasserbehandlung.

Es besteht die Forderung, dass grundsätzlich alle öffentlichen Kanäle und privaten Abwasserleitungen dicht sein müssen.

Kanalsanierungsmaßnahmen wurden lange Zeit vornehmlich unter den Gesichtspunkten des Substanzwerterhalts und des Gewässerschutzes sowie der Betriebssicherheit betrachtet, nun rücken jedoch auch die Aspekte der Nachhaltigkeit in den Fokus.

Betreiber müssen somit Themen wie die Bevölkerungsentwicklung, klimatische Veränderungen und ihre Auswirkungen auf die Abwasserwirtschaft, Technologieentwicklungen, Energieeffizienz und Energiegewinnung aus Abwasser sowie die Anforderungen, die sich beispielsweise aus Verknüpfungen mit Kommunikations- und Verkehrstechnik ergeben, berücksichtigen.

Der Leitfaden gibt einen Überblick über die rechtlichen und technischen Grundlagen und betrachtet alle Arbeitsschritte von der Bestandsaufnahme der Leitungsabschnitte bis zur Kanalsanierungsmaßnahme. Er gibt kommunalen und privaten Entscheidungsträgern eine Hilfestellung, notwendige Maßnahmen zu planen und kostengünstig umzusetzen.



2 Problembeschreibung/ Gefährdungspotenzial

- /// *Infiltrationen führen zu einem vermehrten Abwasseranfall und somit zu einer verringerten Leistung des Abwassersystems und der Abwasserbehandlungsanlage sowie zu einer Destabilisierung des Leitungsbereiches bis hin zur Oberfläche*
- /// *Exfiltrationen führen zu einer Verschmutzung des Bodens und des Grundwassers mit Abwasserinhaltsstoffen und Keimen*

Abhängig von der Lage der Kanäle zum Grundwasserspiegel, kommt es bei Undichtigkeiten zu einem Austritt (Exfiltration) von Abwasser oder zu einem Eindringen von Grundwasser (Infiltration) in die Abwasserkanäle. Liegen undichte Kanäle in der Grundwasser-Wechselzone, so können sie im Laufe eines Jahres sowohl Abwasser in den Untergrund abgeben als auch Grundwasser aufnehmen.

Stoffeinträge ins Grundwasser sind wahrscheinlich, wenn Kanäle in grobkörnigen Mittelsanden bis Kiesen liegen, Schäden der Zustandsklassen 0, 1 oder 2 an der Rohrsohle vorliegen und der Abstand der Grundwasseroberfläche zur Rohrsohle unter einem Meter beträgt (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit 2001).

Tabelle 1 beschreibt die Einflussfaktoren, die bei der Bewertung von In- und Exfiltrationen berücksichtigt werden müssen.

Tabelle 1

Einflussfaktoren für In- und Exfiltrationen

Fließtiefe bzw. Druckhöhe
Hydraulik und hydraulische Ganglinie
Abwasserbeschaffenheit
Schadensart und Schadenshäufigkeit
Eigenschaften (Zusammensetzung) des Untergrundes, z. B. Korngrößenverteilung, Dichte und Wassergehalt
Abhängigkeit von geologischen und hydrogeologischen Bedingungen (Grundwassermächtigkeit, -flurabstand, Bodenbeschaffenheit)

Quelle: Stein und Stein 2014

2.1 Infiltration

Fremdwasser ist gemäß DIN 4045 das in die Kanalisation eindringende Grundwasser (Undichtigkeiten), unerlaubt über Fehllanschlüsse eingeleitetes Wasser (z. B. Dränagewasser, Regenwasser) sowie einem Schmutzwasserkanal zufließendes Oberflächenwasser (z. B. über Schachtabdeckungen).

Fremdwasser führt in Misch- oder Schmutzwassersystemen zu einer zusätzlichen hydraulischen Belastung der Kanäle. Werden dadurch auch die Rückhaltebauwerke überlastet, kommt es zum Abschlag des Abwassers über Entlastungsbauwerke in die Oberflächengewässer, welche dadurch mit Abwasserinhaltsstoffen belastet werden.

Ein erhöhter Fremdwasseranteil bewirkt zudem eine Verdünnung und u. U. auch eine Abkühlung des Abwassers. Dies führt zu einer Mehrbelastung der Kläranlage und zu schlechteren Reinigungsergebnissen. Es kommt zu einer Verringerung des Wirkungsgrades der Kläranlagen (Verschlechterung von BSB, CSB und Stickstoffelimination) durch den Verdünnungseffekt (DWA-M 182 2012).

Durch längere Laufzeiten und höhere Schalthäufigkeiten aufgrund des erhöhten Wasseranfalls erhöht sich der Energiebedarf der Pumpwerke im Kanalnetz und in den Kläranlagen. Eindringender Boden kann zu verstärkten Ablagerungen im Kanal führen und wirkt sich auch verschleißfördernd auf Rohrleitungen und Pumpenteile aus (DWA-M 182 2012).

Wird durch den Grundwassereintritt Bodenmaterial in die Kanäle eingeschwemmt, führt dies zu einer Hohlraumbildung im Bereich der Rohrtrasse. Dadurch kann es zu Schäden an den Kanälen durch Lagerungsdefekte, Oberflächenabsenkungen und Straßeneinbrüchen kommen. Liegen schadhafte Kanäle und Leitungen im Grundwasser oder in der Grundwasserwechselzone, wirken sie wie eine Dränage. Nach einer Abdichtung dieser Kanäle kann der Wegfall der Dränagewirkung zu einem Grundwasseranstieg und damit zu Problemen durch Vernässung von Gebäuden führen. Soll dies vermieden werden, ist das Grundwasser gegebenenfalls in einem Dränagesammler, einem separaten Reinwasserkanal oder über eine ortsnahe Einleitung in einen Graben abzuleiten.

2.2 Exfiltration

Bei tonigem oder feinsandigem Sediment sind Einträge von Abwasserinhaltsstoffen in das Grundwasser auf die unmittelbare Umgebung unterhalb des Schadens meist begrenzt. In anderen Fällen kann ein Eintrag von Schadstoffen und Krankheitserregern durch exfiltrierendes Abwasser in das Grundwasser nicht sicher ausgeschlossen werden (DWA-M 149 7 2016). (Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen 2012)

Während in der Kanalatmosphäre bevorzugt Schimmelpilze nachweisbar sind, finden sich im Abwasser der Kanalisation Mikroorganismen, d. h. Bakterien, Schimmelpilze, Viren und Protozoen, sowie deren Stoffwechselprodukte und Toxine, die zum Teil krankheitserregend sind (Redmann und Bosse 2000). Bekannt sind hier die durch Abwasserkontakt hervorgerufenen Durchfallerkrankungen sowie Gelbsucht und die Weil'sche Krankheit. In Deutschland ist das Grundwasser die wichtigste Quelle für die Trinkwassergewinnung.

Auf besondere Anforderungen im Zusammenhang mit der Exfiltration von Abwasser (Exner 2013) sowie dem Bau und Betrieb von Abwasserleitungen ist in der Zone II von Wasserschutzgebieten zu achten (ATV-DVWK-M 146 2004).

Auf eine Abwasserexfiltration durch undichte Abwasserkanäle kann der Nachweis bestimmter Stoffe (Tabelle 2) im Grundwasser hinweisen (Zech 2018). Zu beachten ist jedoch, dass der Eintrag dieser Stoffe auch aus Landwirtschaft, versickertem Niederschlagswasser oder Altlasten erfolgt sein kann. Zunehmend sind im Grundwasser neben organisch abbaubaren Stoffen auch schwer oder nicht abbaubare Stoffe wie Hormone oder Arzneimittelreststoffe nachweisbar (Exner 2013).

Tabelle 2

Stoffe im Grundwasser, die auf eine Abwasserexfiltration hinweisen

Acesulfam (Süßstoff)
Benzotriazol
Tolyltriazole (Korrosionsschutzmittel, insbesondere als Silberschutz in Geschirrspülmitteln)
Amidotrizesäure
Gadolinium (Kontrastmittel Radiologie)
Gabapentin
Carbamazepin (Arzneimittel, Antiepileptika)
Diclofenac (Arzneimittel, Schmerzmittel)
N-Formyl-4-aminoantipyrin (Arzneimittelmetabolit, Schmerzmittel Metamizol)

Quelle: Zech 2018

2.3 Dimensionierung von Abwasserkanälen

- /// *Starkregenereignisse verursachen 50% der Überflutungsschäden*
- /// *Aus wirtschaftlichen Überlegungen ist es nicht sinnvoll, Abwasserkanäle auf die Aufnahme von seltenen Starkregenereignissen auszulegen*
- /// *Der Schutz vor Überflutungsschäden muss von Netzbetreibern und Einleitern gleichermaßen getragen werden*

Mittlerweile ist es unbestritten, dass der Klimawandel für zunehmende extreme Wetterlagen mit Starkregenereignissen und urbanen Sturzfluten sorgt. Die Abwasserinfrastruktur für die Entwässerung von Gebäuden, Straßen und sonstigen Flächen ist für häufig auftretende Niederschläge ausgelegt (DWA-A 110 2006; DWA-A 118 2006; DWA-A 138 2005). Starkregenereignisse hingegen überlasten unterirdische Kanäle und Rückhalte- bzw. Versickerungseinrichtungen.

Oberflächenabflüsse bei Regenereignissen werden durch hohe Versiegelungsgrade, dichte Bebauung in Städten, Gewerbegebieten und Industriestandorten zusätzlich verstärkt und tragen zu einer Erhöhung der hydraulischen Belastung von Kanälen bei (Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) 2015). Dies führt zu dem, dass das in Mischwassersystemen gesammelte Abwasser bei Überschreiten einer bestimmten Schwelle ungeklärt in das Gewässer abgeschlagen wird. Zum anderen führen diese Sturzfluten im urbanen Raum zu hohen Schäden an Gebäuden, Infrastruktur und gestalteter Natur. Schäden aufgrund von Starkregenereignissen machen nach Schätzungen der Versicherungswirtschaft inzwischen mehr als 50 % der Überflutungsschäden aus (Günthert und Faltermaier 2016).

Aus wirtschaftlichen und fachlichen Gründen ist es nicht sinnvoll, die Kanäle auf die Aufnahme von Starkregenereignissen auszulegen und entsprechend zu vergrößern. Sie wären dann für den Regelbetrieb zu groß dimensioniert. Sind Kanäle zu groß dimensioniert, kommt es zur Ablagerung von Feststoffen, die bei Sauerstoffmangel anfangen zu faulen und giftige und aggressive Gase bilden (s. Tabelle 3).

Der geringe Abfluss in den Abwasserkanälen führt auch zu einer reduzierten Schleppkraft des Abwassers, die die Entstehung von Ablagerungen begünstigt und somit einen erhöhten Reinigungsaufwand erfordert, um die Betriebssicherheit des Kanals aufrecht zu erhalten.

Vielmehr müssen sowohl im Rahmen als auch außerhalb zu planender Kanalsanierungsmaßnahmen Gefahren- und Risikoanalysen erstellt werden, auf deren Basis ein Maßnahmenkatalog zur Überflutungs-vorsorge erstellt werden muss. Notwendige Maßnahmen können sein:

- ▶ Versickern
- ▶ Rückhalten und Verzögern
- ▶ Abflusslenkung
- ▶ Flächen mehrfach nutzen
- ▶ Sichern



Speziell der letzte Aspekt „Sichern“ ist nicht nur kommunale Aufgabe, vielmehr ist jeder potentiell Betroffene selbst in der Pflicht, geeignete Maßnahmen zum Schutz vor nachteiligem Hochwasser, und dazu müssen auch Starkregenereignisse gezählt werden, zu treffen. Im Gegenzug dazu kann der Trend zur Verstädterung, verbunden mit einer Landflucht dazu führen, dass in ländlicheren Gegenden Kanäle einen zu großen Querschnitt aufweisen.

Tabelle 3

Gase in der Kanalisation

Gas	Wirkung
Methan (CH_4)	verdrängt Sauerstoff, betäubend, erstickend bildet mit Sauerstoff hochexplosives Gemisch
Schwefelwasserstoff (H_2S)	hochtoxisches Nervengift in geringsten Konzentrationen, Grundlage für biogene Schwefelsäurekorrosion
Ammoniak (NH_3)	reizend, ätzend bildet mit oxidierbaren Gasen explosionsfähige Gemische
Kohlenstoffdioxid (CO_2)	höhere Dichte als Luft, verdrängt Sauerstoff narkotisierend, atemlähmend

Quelle: eigene Darstellung



3 Schäden/Schadensursachen von Abwasserkanälen

/// Sorgfältige Planung, Bauausführung und Instandhaltung verlängern die Nutzungsdauer des Abwassersystems und führen so zu einer geringeren Kostenbelastung

Die erwartete Lebensdauer von Abwasserrohren liegt bei 50–80 Jahren. Theoretisch ergibt sich daraus eine notwendige Erneuerungs- oder Sanierungsquote von 1,25 %–2 % pro Jahr. Jedoch erreichen viele Abwassersysteme nicht das Ende der technischen Nutzungsdauer. Bei Betrachtung der im Abwassersystem aufgetretenen Schäden und Ermittlung der Ursachen (s. Anhang 12.1) ist erkennbar, dass mehr als zwei Drittel aller Schäden bei sorgfältiger Planung, Bauausführung und Instandhaltung vermeidbar gewesen wären (s. Abbildung 1 und Tabelle 4).

Werden beim Einbau von Rohrleitungen die technischen Regeln des Rohrleitungsbaus beachtet, dürften bei Inbetriebnahme die Leitungen schadensfrei sein. Bei Nichtbeachten der Verlegeregeln treten vor allem in der Anfangsphase vermehrt Schäden auf, später geht die Schadensanzahl zurück und steigt erst mit Erreichen der technischen Nutzungsdauer wieder an (Weiterbildendes Studium Wasser und Umwelt Bauhaus-Universität Weimar 2015).

Tabelle 4

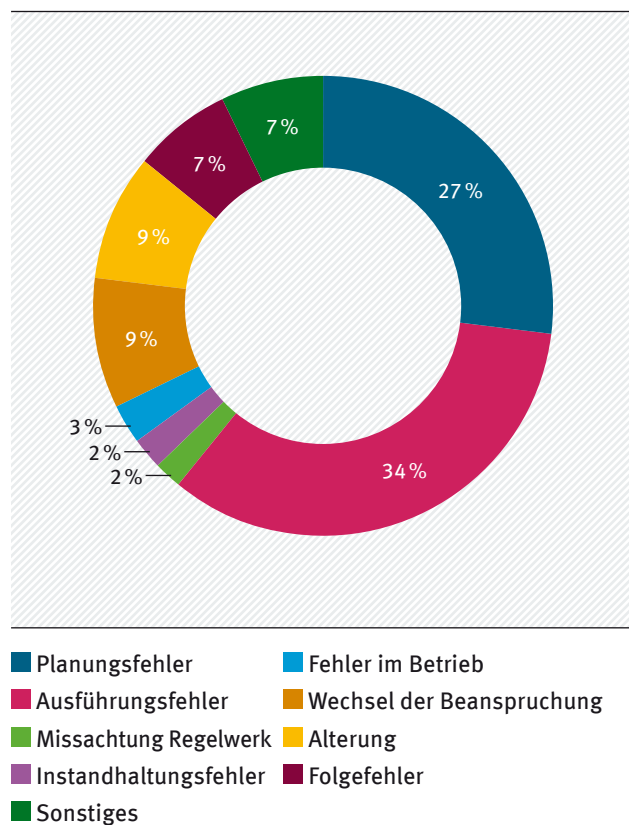
Hauptschadensgruppen

Planungsfehler
Ausführungsfehler
Missachtung des Regelwerkes
Instandhaltungsfehler
Fehler im Betrieb
Wechsel der Beanspruchung
Alterung
Folgefehler
Sonstiges

Quelle: DIN EN 13508-2 und DWA-M 149-2

Abbildung 1

Schadensursachen gewichtet nach Schadenshäufigkeit



Quelle: DWA-M 149-2 2014



4 Rechtliche und technische Grundlagen

Rechtliche und technische Grundlagen regeln Bau und Betrieb von Kanälen

Für Planung, Bau, Betrieb und Sanierung von abwassertechnischen Anlagen sind rechtliche und technische Grundlagen zu beachten (s. Abbildungen 2 und 3). Durch nationales Wasserrecht (WHG) werden EU-Vorgaben umgesetzt. Landesgesetze, Verordnungen, Satzungen und technische Regelwerke führen die Bestimmungen des Wasserrechts weiter aus und konkretisieren den jeweiligen Einzelfall.

Der Bereich der Abwasseranlagen gehört zur konkurrierenden Gesetzgebung. In der Abwasserverordnung des Bundes (Abwasserverordnung 2017) sind die Anforderungen an das Einleiten von Abwasser in Gewässer geregelt, nicht jedoch die Eigenkontrolle von Abwasserkanälen und -leitungen. Diese Regelung fällt somit in die Gesetzgebungskompetenz der Länder.

4.1 EU-Richtlinien

Als wichtigste Richtlinien auf europäischer Ebene sind zu nennen:

- ▶ Richtlinie zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik, Wasserrahmenrichtlinie (2000/60/EG) (Europäische Union 23.10.2000)
- ▶ Richtlinie zum Schutz des Grundwassers vor Verschmutzung und Verschlechterung (2006/118/EG) (Europäische Union 27.12.2006)
- ▶ Richtlinie über Umweltqualitätsnormen im Bereich der Wasserpolitik (2008/105/EG) (Europäische Union 16.12.2008)
- ▶ Richtlinie über die Behandlung von kommunalem Abwasser (91/271/EWG) (Europäische Union 22. Oktober 2008)

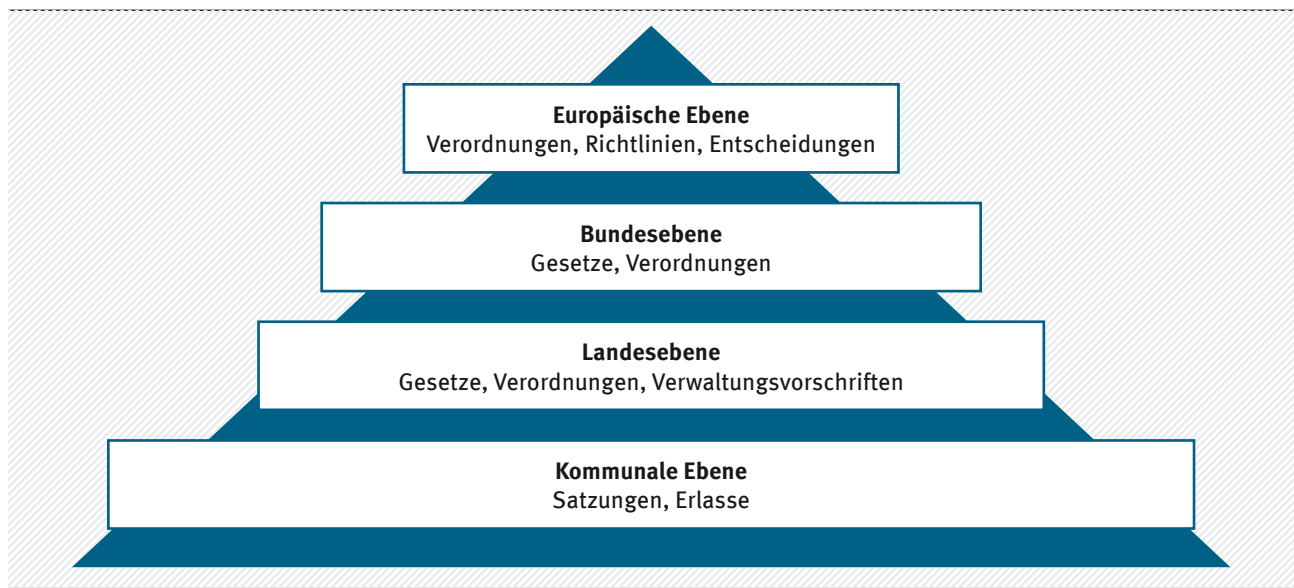
4.2 Rechtsvorschriften des Bundes

Das Wasserhaushaltsgesetz befasst sich in seinem Abschnitt 2 mit der Abwasserbeseitigung. § 55 ff. des Wasserhaushaltsgesetzes gibt vor, dass Abwasser so zu beseitigen ist, dass das Wohl der Allgemeinheit

nicht beeinträchtigt wird (WHG 2017). Dies ist die Basis für die allgemeine Eigenüberwachungspflicht. Abwasserbeseitigungspflichtig sind laut WHG die juristischen Personen des öffentlichen Rechts, die nach jeweiligem Landesrecht dazu verpflichtet werden; diese wiederum können sich zur Erfüllung ihrer Verpflichtung Dritter bedienen.

Abbildung 2

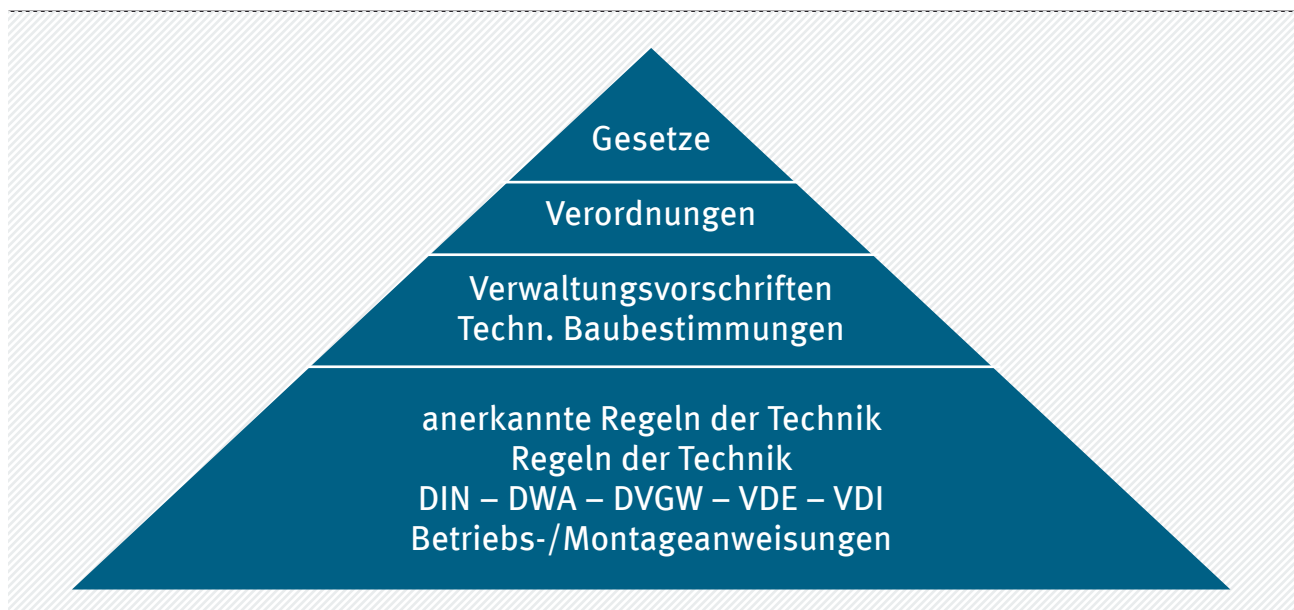
Allgemeine Hierarchie der Gesetze



Quelle: eigene Darstellung

Abbildung 3

Hierarchie der Bauvorschriften



Quelle: eigene Darstellung

4.3 Rechtsvorschriften der Bundesländer

Die Landeswassergesetze definieren in den jeweiligen Kapiteln über die Abwasserbeseitigung den Abwasserbeseitigungspflichtigen. In der Regel sind dies die Städte, Gemeinden und Körperschaften des öffentlichen Rechts. Für Niederschlagswasser sind dies vereinzelt auch die Grundstückseigentümer und Träger der öffentlichen Verkehrsanlagen. Die Möglichkeit, weitergehende Landesabwasserverordnungen (Eigenkontroll- oder Selbstüberwachungsverordnungen) zu erlassen, kann sich aus den Landeswassergesetzen ergeben (s. auch Tabelle 10).

4.4 Abwasserrechtliche Verordnungen der Länder

Nicht alle Bundesländer haben Eigenkontroll- oder Selbstüberwachungsverordnungen, in denen diese Aufgaben detailliert beschrieben werden. Einige Länder bestimmen, dass Details der Eigenkontrolle durch die Abwasserbeseitigungspflichtigen in Entwässerungssatzungen zu regeln sind, andere Länder verweisen auf das bestehende technische Regelwerk oder technische Vorschriften.

Auch der Anwendungsbereich wird unterschiedlich definiert. So gelten Eigenkontrollverordnungen teilweise nur für öffentliche Kanäle, teilweise nur für Grundstücksentwässerungsleitungen. In anderen Fällen gelten sie für Grundstücksentwässerungsleitungen erst ab einem bestimmten täglichen Abwasseranfall oder nur für bestimmte Abwässer. Prüffristen und Prüfintervalle sind nicht in allen Ländern definiert.

4.5 Entwässerungssatzungen

Das Recht und die Pflicht Entwässerungssatzungen zu erlassen wird den Kommunen auferlegt. Zwar sind die kommunalen Entwässerungssatzungen auf Basis von Mustersatzungen inhaltlich ähnlich verfasst, grundsätzlich ist aber jede Gemeinde frei in der Ausgestaltung ihrer Satzung.

4.6 Technisches Regelwerk

Das technische Regelwerk (die allgemein anerkannten Regeln der Technik) hat grundsätzlich keinen Gesetzescharakter, sofern es nicht in gesetzlichen Regelungen explizit als verbindlich erklärt wird. Das technische Regelwerk kann als Richtlinie angesehen werden.



5 Anforderungen an Entwässerungssysteme

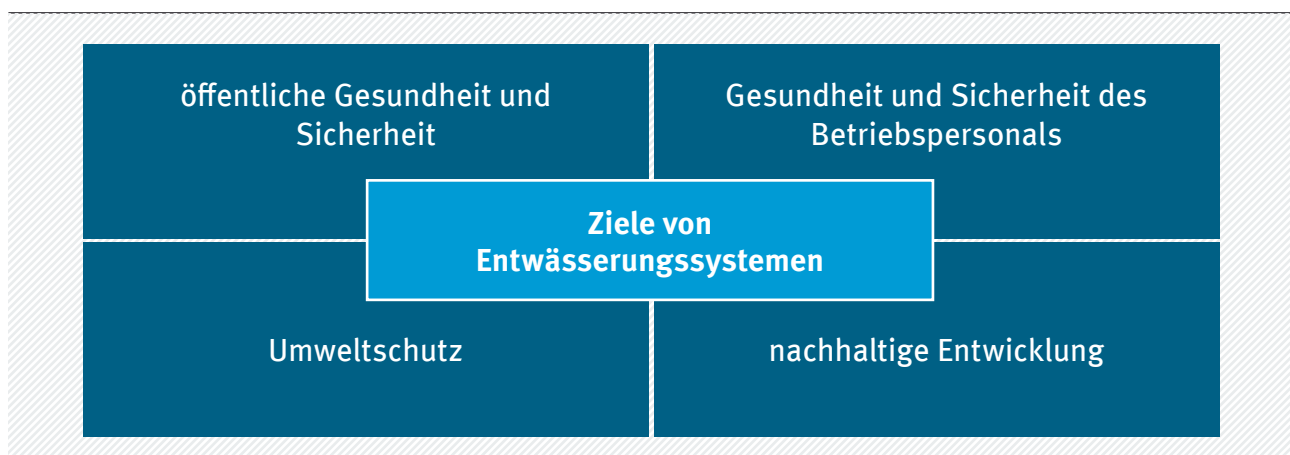
Entwässerungssysteme müssen Anforderungen zum Schutz von Umwelt und Gesundheit erfüllen

Abwassersysteme müssen so geplant, gebaut, betrieben, unterhalten und saniert werden, dass die mit der Ableitung von Abwasser verbundenen Gesundheits- und Sicherheitsrisiken für die Bevölkerung und das Betriebspersonal sowie die Aus-

wirkungen auf die Umwelt minimiert werden. Die allgemein anerkannten Regeln der Technik definieren daher vier Ziele von Entwässerungssystemen (DIN EN 752 2017) (s. Abbildung 4).

Abbildung 4

Ziele von Entwässerungssystemen



Quelle: DIN EN 752 2017

Neben dem Schutz der Umwelt dienen Entwässerungssysteme der Vermeidung der Ausbreitung von Krankheiten durch Kontakt mit Fäkalien und anderen im Wasser enthaltenen Verunreinigungen, dem Schutz der Trinkwasserquellen vor der Kontamination mit im Wasser enthaltenen Verunreinigungen und der Ableitung von Schmutzwasser, Regenabfluss und

Niederschlagswasser. Gefordert wird im Sinne der Nachhaltigkeit die Verwendung von Werkstoffen, die eine Erschöpfung von endlichen Ressourcen minimieren, ein minimaler Energieaufwand für den Betrieb und minimale Auswirkungen auf die Umwelt während Bau, Betrieb und Rückbau (siehe hierzu Kapitel 6).



6 Nachhaltiges Bauen

- /// Baumaterialien und Bauprodukte müssen so geplant, eingesetzt und gewartet werden, dass eine möglichst lange technische Nutzungsdauer erreicht werden kann*
 - /// Für Planung, Bauüberwachung und Instandhaltung muss ausreichend geschultes Personal zur Verfügung stehen*
 - /// Aus wirtschaftlichen Überlegungen muss auch eine Mitnutzung des Abwassersystems (Kabel im Kanal, Wärmegewinnung aus Abwasser) betrachtet werden*
 - /// Ökobilanzen können zur Umweltverträglichkeitsbetrachtung von Baustoffen und Verfahren herangezogen werden*
-



Seit einigen Jahren haben Nachhaltigkeitsbetrachtungen auch in den Baubereich Einzug gehalten. Nachhaltigkeit heißt, ökologischen Herausforderungen unter Berücksichtigung ökonomischer und sozialer Aspekte gerecht zu werden (Berger 2014). Nachhaltiges Bauen bedeutet, die zur Verfügung stehenden Mittel effizient, unter Vermeidung von Umweltbelastungen einzusetzen und die entstandenen Bauwerke und Anlagen ressourcen- und energieschonend zu betreiben und zu erhalten. Die Bundesregierung hat zu diesem Zweck den „Leitfaden Nachhaltiges Bauen“ erstellt, welcher sich vornehmlich auf das zukunftsfähige Planen, Bauen und Betreiben von Gebäuden bezieht (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit 2016). Bei sämtlichen Bauprojekten ist die Nachhaltigkeit hinsichtlich ihrer ökologischen, der ökonomischen sowie der sozialen und kulturellen Dimension zu betrachten.

Die ökologische Dimension bedeutet ressourcenschonendes Bauen, wobei auf folgende Punkte besonders zu achten ist (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit 2016):

- ▶ optimierter Einsatz von Baumaterialien und Bauprodukten
- ▶ geringe Flächeninanspruchnahme
- ▶ Erhaltung und Förderung der Biodiversität
- ▶ Minimierung von Energie- und Wasserverbrauch
- ▶ Berücksichtigung aller Energie- und Stoffströme bei Gewinnung, Transport, Einbau, Rückbau
- ▶ Berücksichtigung des Energieverbrauchs aus der Herstellung der Baustoffe und bei der Nutzung

Die ökonomische Dimension beinhaltet eine gesamtgesellschaftliche Betrachtung der Anschaffungs- bzw. Errichtungs- und der Baufolgekosten; betrachtet werden hier die Lebenszykluskosten, die Wirtschaftlichkeit und die Wertstabilität (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit 2016).

In den Bereich der sozialen und kulturellen Dimension fallen Punkte wie Gesundheit, Mobilität, Lebensqualität, Chancengleichheit und Bildung. Für Nachhaltigkeitsbetrachtungen von Abwassernetzen sind nachfolgende Punkte von besonderer Bedeutung.

6.1 Einflussfaktoren auf die technische Lebensdauer von Bauwerken

Grundsätzlich ist es aus ökologischen und ökonomischen Gründen immer sinnvoll, eine möglichst lange Nutzungsdauer für ein Bauwerk anzustreben. Verglichen mit einem Gebäude sind Abwasseranlagen weniger komplexe Bauwerke und bestehen aus relativ wenigen Bauteilen. Die Lebensdauer eines Bauwerkes hängt von zahlreichen Einflussfaktoren ab. Dazu nachfolgend einige Gesichtspunkte.

6.1.1 Eigenschaften der Baustoffe

Baustoffe und dementsprechend auch die daraus gefertigten Bauteile unterliegen grundsätzlich der Alterung durch Korrosion, Materialermüdung oder Schwinden. Zusätzlich werden sie mechanisch, biologisch, biochemisch, chemisch und thermisch beansprucht. Üblicherweise sind sowohl die Eigenschaften der Baustoffe als auch die Beanspruchungen in technischen Regelwerken bzw. in Leistungsverzeichnissen beschrieben und sind im jeweiligen Einsatzfall auch einzuhalten, um die gewünschte Lebensdauer zu erreichen.

6.1.2 Bauplanung

Die exakte Kenntnis aller Belastungen, die im Verlauf des Gebrauchs auf den Baustoff und das Bauteil einwirken, ist Grundvoraussetzung für eine nachhaltige Bauplanung. Insbesondere sind die allgemein anerkannten Regeln der Technik einzuhalten und zu beachten (näher ausgeführt in Kapitel 7.5). Direktleiter benötigen eine wasserrechtliche Erlaubnis nach dem WHG und müssen die Emissionsgrenzwerte der AbwV einhalten. Die zulässige Abwasserbeschaffenheit bei der Einleitung in die öffentliche Abwasseranlage ist im gesetzlichen und technischen Regelwerk beschrieben. Sie weist für häusliches Schmutzwasser und Schmutzwasser aus Kleingewerbebetrieben, Büros und Geschäften nur geringe Schwankungen auf, wohingegen für Schmutzwasser aus größeren Gewerbe- und Industriebetrieben, Krankenhäusern, Schulen, Hotels etc. auch mit größeren Schwankungen zu rechnen ist (DWA-M 159 2005). Diese wechselnden Beanspruchungen sind bei der Auswahl des Baumaterials zu berücksichtigen. Beispielsweise erzeugen wechselnde Abwassertemperaturen durch die materialabhängigen Längenausdehnungskoeffizienten unterschiedlich starke Spannungen im Rohrmaterial. Ebenfalls zu berücksichtigen sind Veränderungen, die das Abwasser auf dem Weg von der Einleitung in die öffentliche Kanalisation bis zur Abwasserbehand-

lungsanlage erfährt. Hier ist beispielhaft die Reduzierung des Sauerstoffgehaltes durch längere Verweildauer des Wassers im Kanalsystem und die Bildung von aggressiven Säuren zu nennen. Werden die Grenzen der in der Planung und der Leistungsbeschreibung definierten Abwasserbeschaffenheit überschritten, führt dies zu einer Verkürzung der Lebensdauer.

Nichtöffentliche Abwassernetzbetreiber, müssen ihr Abwassernetz zur Förderung von Betriebs- und Produktionsabwässern auf die spezielle Belastung auslegen. Dies betrifft statische, sowie thermische, chemische und biochemische Belastungen. Bei der Dimensionierung müssen auch produktionsbedingt unregelmäßig auftretende Mengenströme berücksichtigt werden.

6.1.3 Bauausführung und -überwachung

Mängel bei der Bauausführung (schlechte Rohrbettung, falsche Rohraufgabe, nicht fachgerecht ausgeführte Anschlüsse, Nichtbeachten der Verlegeanweisungen etc.), begünstigt durch mangelnde Bauüberwachung, führen zu einem erhöhten Instandhaltungsaufwand und einer verminderten technischen Lebensdauer der Bauteile (näher ausgeführt in Kapitel 7.5).

6.1.4 Äußere Einflüsse

Erdverlegte Abwasseranlagen werden durch äußere Einflüsse wie Grundwasser, Temperatur, Pflanzenwuchs, aggressive umgebende Böden (DVGW Arbeitsblatt GW 9, 1986) und Verkehrsbelastungen dauerhaft beeinflusst. Auch hier ist es wichtig, diese äußeren Einflüsse bei der Wahl des Baumaterials zu berücksichtigen. Neben der Berücksichtigung der statischen Anforderungen (Tiefenlage, Grundwasserüberdeckung, Verkehrslasten) gibt das DWA-Merkblatt „Kriterien zur Materialauswahl für Abwasserleitungen und -kanäle“ (DWA-M 159 2005) Hinweise, die bei der Materialauswahl zu berücksichtigen sind. Ändern sich während des Betriebes äußere Belastungen, muss durch den Betreiber geklärt werden, ob sich dadurch Auswirkungen auf die technische Nutzungsdauer des Bauwerkes ergeben; ggf. sind diese Netzteile engmaschiger zu überwachen und bei Kanalsanierungsplanungen mit einer höheren Priorität zu betrachten.

6.1.5 Instandhaltung

Unter Instandhaltung werden alle Maßnahmen verstanden, die dazu dienen, den Istzustand eines Bauwerkes

festzustellen und zu beurteilen, sowie den Sollzustand zu bewahren oder wiederherzustellen (DIN 31051 2012).

Die Norm untergliedert die Maßnahmen zur Instandhaltung in die Grundmaßnahmen:

- ▶ Wartung
- ▶ Inspektion
- ▶ Instandsetzung
- ▶ Verbesserung

Der Verband der Netzbetreiber VDN beschreibt in einer Technischen Richtlinie (Technische Richtli-

nie für die Instandhaltung von Betriebsmitteln und Anlagen in Elektrizitätsversorgungsnetzen 2006) die Grundsätze der Instandhaltung von Elektrizitätsversorgungsnetzen.

Instandhaltungsziele und -strategien werden folgend dargestellt (s. Abbildungen 5 und 6).

Abbildung 5

Instandhaltungsziele



Quelle: Technische Richtlinie für die Instandhaltung von Betriebsmitteln und Anlagen in Elektrizitätsversorgungsnetzen 2006

Abbildung 6

Instandhaltungsstrategien



Quelle: Technische Richtlinie für die Instandhaltung von Betriebsmitteln und Anlagen in Elektrizitätsversorgungsnetzen 2006

In der Vergangenheit wurde vielfach im Bereich der Abwasserinfrastruktur eine ausfallbedingte Instandhaltungsstrategie bevorzugt. Maßnahmen wurden erst ergriffen, wenn die Betriebssicherheit nicht mehr gegeben, d. h. eine Störung bereits eingetreten war.

Dagegen hat die Präventivstrategie (vorbeugende Instandhaltung) den Vorteil, dass eine höhere Betriebssicherheit erreicht werden kann, dies jedoch zu Lasten eines erhöhten Personal- und Kostenaufwandes. Zudem kann durch den vorzeitigen Austausch von Bauteilen nicht immer die mögliche Lebensdauer ausgeschöpft werden.

Für eine Inspektionsstrategie (zustandsabhängige Instandhaltung) fehlte häufig die Datenbasis. Dort, wo die Datenbasis durch eine flächendeckende optische

Inspektion des Kanalnetzes geschaffen wurde, stellten die Netzbetreiber fest, dass sie weder personell, noch finanziell in der Lage waren, die ermittelten Daten zeitnah zu verarbeiten, ohne dass sie bereits wieder veraltet waren.

Ein zukunftsweisender Weg, den einige Netzbetreiber zwischenzeitlich gehen, ist die Kombination zwischen einer risikobasierten und zuverlässigkeitsorientierten Instandhaltung. Hier wird versucht, anhand von Erfahrungswerten und einer selektiven Inspektion, Netzteile zu ermitteln, die ein erhöhtes Risikopotenzial hinsichtlich der Betriebssicherheit und Umweltverschmutzung aufweisen, um letztlich die zur Verfügung stehenden personellen und finanziellen Ressourcen sinnvoll einsetzen zu können.

6.2 Berücksichtigung und Förderung des technischen Fortschritts

Ein Großteil der Sanierungsverfahren ist zwischenzeitlich in technischen Regelwerken beschrieben oder verfügt über bauaufsichtliche Zulassungen, unterliegt also den allgemein anerkannten Regeln der Technik. Dies darf jedoch nicht dazu führen, nur mit dieser Begründung, technologischen Fortschritt zu verhindern, wenn dadurch ökonomische, ökologische oder soziale Vorteile erreicht werden können. Hier ist unter Mitwirkung von Herstellern, Bauherren, Planern und Behörden zu prüfen, unter welchen Bedingungen eventuell eine Zulassung im Einzelfall erteilt werden kann.

Als Beispiel wurde in einem Industriebetrieb der Einsatz eines mit geruchsfreiem Harz getränkten Liners, für den zum Einbauzeitpunkt noch keine bauaufsichtliche Zulassung vorlag, vereinbart. So konnte eine Geruchsbelästigung der Mitarbeiter des Industriebetriebes vermieden werden. Grundlage des Einsatzes war eine zwischen Bauherren, Bieter und Bauüberwacher abgestimmte engmaschige Überwachung von Installation und fertigem Produkt über mehrere Jahre.



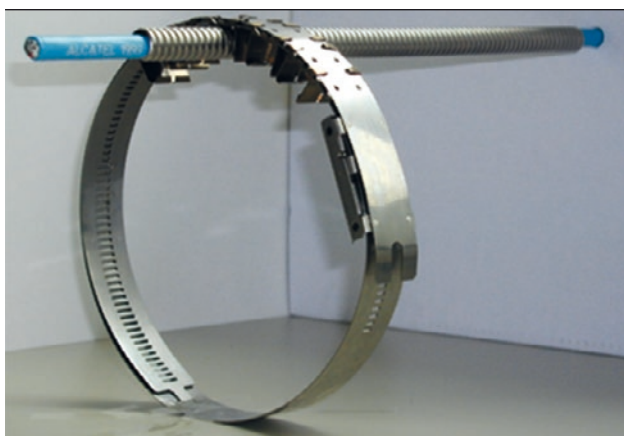
6.3 Mitnutzung

6.3.1 Kabel im Kanal

Im November 2016 trat aufgrund einer EU-Richtlinie (Richtlinie 2014/61/EU 2014) das Gesetz zur Erleichterung des Ausbaus digitaler Hochgeschwindigkeitsnetze (DigiNetzG 2016) in Kraft. In Verbindung mit dem Telekommunikationsgesetz (Telekommunikationsgesetz (TKG) 2004) werden die Eigentümer oder Betreiber öffentlicher Ver- und Entsorgungsnetze verpflichtet, Eigentümern oder Betreibern öffentlicher Telekommunikationsnetze die Mitnutzung ihres Netzes zu gestatten. Ziel dieses Gesetzes ist die Kostensenkung und Effizienzsteigerung beim Auf- und Ausbau digitaler Hochgeschwindigkeitsnetze. Eine Alternative zum klassischen Tiefbau stellt die Verlegung von Leerrohren und Glasfaserkabeln in nicht begehbaren Kanälen mittels Verlegerobotern (s. Abbildung 7, hier ein Beispiel eines Kabelführungsmoduls im nicht begehbaren Kanal) oder im Rahmen einer Renovierung mittels speziellen Schlauchlinern dar. Diese alternativen Verlegungsmethoden haben den Vorteil, dass Tiefbauarbeiten und damit verbundene Verkehrsbeeinträchtigungen weitgehend vermieden werden können und sich somit, je nach örtlicher Gegebenheit, Preisvorteile zwischen 30 % und 50 % gegenüber einer Verlegung im klassischen Tiefbau erreichen lassen (Ministerium für Wirtschaft, Energie, Industrie, Mittelstand und Handwerk NRW Breitband. NRW 2017). Hauptanwendungsgebiet ist das Überwinden längerer Strecken im innerstädtischen oder halbstädtischen Raum. In der Stadt Hamburg wurden im Rahmen des Netzausbaus 55 % der Trassen in Kanälen verlegt (Zinnecker 2017).

Abbildung 7

Kabelführungsmodul



Quelle: servTEC – HAMBURG WASSER Service und Technik GmbH, 2017

Der Einbau von Kabeln kann nur dann erfolgen, wenn das Entwässerungssystem dafür geeignet ist. Vor dem Einbau müssen daher eine Zustandsbewertung des Kanals erfolgt und vorhandene Schäden beseitigt worden sein. Bereits durchgeführte oder für diesen Abschnitt geplante Sanierungsverfahren sollten so ausgewählt sein, dass während der Nutzungsdauer des Kabels im Kanal die Sanierung nicht wiederholt werden muss, da dies sonst zu erhöhten Aufwendungen führen kann (DWA-M 137-1 2018).

Für die Errichtung des Teilnehmeranschlusses gilt die Technik wegen der geringen Größe der Grundstücksentwässerungsleitungen als weniger geeignet.

6.3.2 Heizen und Kühlen mit Abwasser

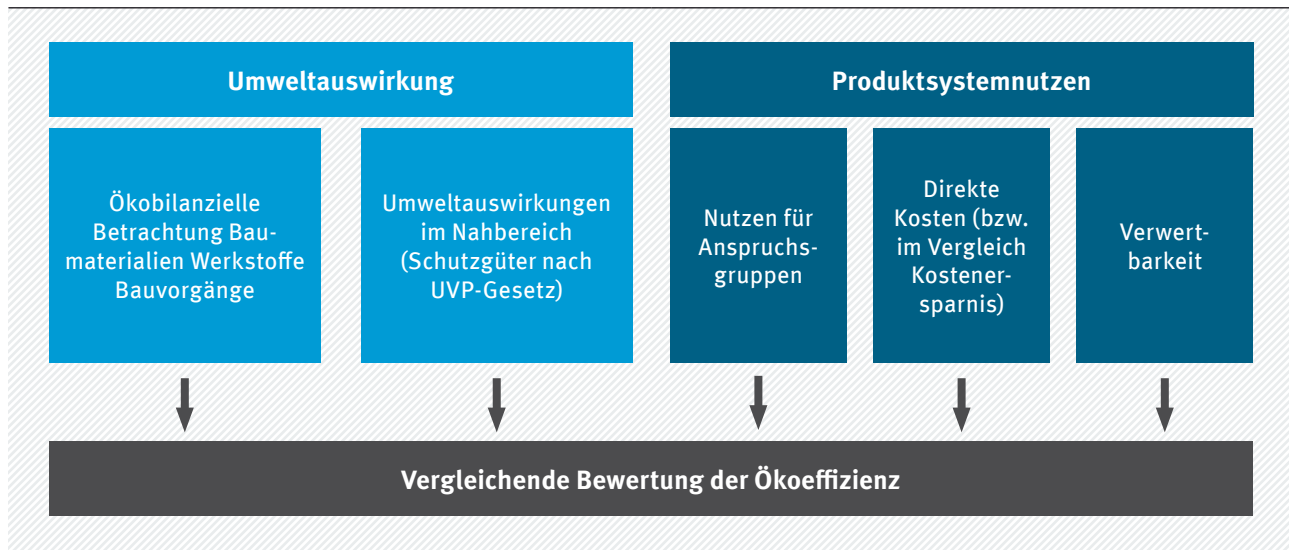
Abwasserwirtschaftliche und umweltpolitische Dimensionen weist die Gewinnung von Energie aus Abwasserwärme auf. Sie kann über Wärmetauscher, die in geeignete Kanalabschnitte eingebaut werden, erfolgen. Zeitgleich mit einer Kanalsanierung lassen sich der Planungsaufwand und die Umsetzung reduzieren. Für die Abwasserwärmenutzung bedarf es grundsätzlich einer Kooperation zwischen Netzbetreibern, Energieversorgern und Liegenschaftsbesitzern. Entscheidend für die Wirtschaftlichkeit einer solchen Anlage ist die räumliche Nähe zwischen Wärme-gewinnung und Verbraucher.

Bisher wird die Technologie vornehmlich in größeren Wohnanlagen, Bürogebäuden und Schulen genutzt. Zu beachten sind mögliche Auswirkungen auf den Wirkungsgrad der Abwasserbehandlungsanlage. Grundsätzlich besteht beim Einsatz von Wärmetauschern auch die Möglichkeit, das System invers zu betreiben und somit zur Gebäudeklimatisierung zu nutzen. Ein Berliner Möbelhaus nutzt das Verfahren auch zur Raumkühlung und kann so auf eine konventionelle Klimatisierung verzichten (Diermann 2016).

6.4 Öko-Bilanzen

Um zu erkennen, welche Kanalsanierungsmaßnahmen umweltverträglicher möglich sind, werden Ökobilanzen aufgestellt. Diese betrachten sämtliche Stoff- und Energieflüsse innerhalb eines Systems über die gesamte Lebenszeit und können für Produkte, Standorte, Prozesse und Betriebe erstellt werden. Ökobilanzen sind geeignet,

Abbildung 8

Vorgehensweise zur Bewertung der Ökoeffizienz von Kanalsanierungstechniken

Quelle: Bosseler et al. 2014

Umweltaussagen zur Überlegenheit oder Gleichwertigkeit eines Produktes gegenüber einem Wettbewerbsprodukt zu treffen. Die Normenreihe DIN EN ISO 14000 ff (DIN EN ISO 14000 ff Umweltmanagementsysteme) gibt Rahmenbedingungen vor. Nachfolgend sollen einige Möglichkeiten der ökologischen Bewertung von Sanierungsverfahren vorgestellt werden.

6.4.1 Ökoeffizienz

Gemäß DIN EN ISO 14045 (DIN EN ISO 14045:2012-10 2012) wird bei der Betrachtung der Ökoeffizienz die Umweltleistung eines Produktsystems mit dem zugehörigen Nutzen des Produktsystems in Beziehung gesetzt.

Im konkreten Fall der Kanalsanierung wird die Umweltleistung der Kanalsanierungstechniken (ökobilanzielle Betrachtung der verwendeten Baumaterialien und Werkstoffe, die Umweltauswirkungen im Nahbereich der Baustelle) mit dem zugehörigen Produktsystemnutzen (Nutzen für Anspruchsgruppen der Kanalsanierung, direkte Kosten der Kanalsanierung, durchschnittliche technische Nutzungsdauer, Verwertbarkeit des sanierten Abwasserkanals) in Beziehung gesetzt (s. Abbildung 8) (Bosseler et al. 2014).

Im Forschungsprojekt „Kanalabdichtungen – Auswirkungen auf die Reinigungsleistung der Kläranlagen und der Einfluss auf den örtlichen Wasserhaushalt“ (Bosseler et al. 2014) wurden anhand von Fallbeispielen Ökoeffizienzbetrachtungen für verschiedene Kanalsanierungsverfahren durchgeführt.

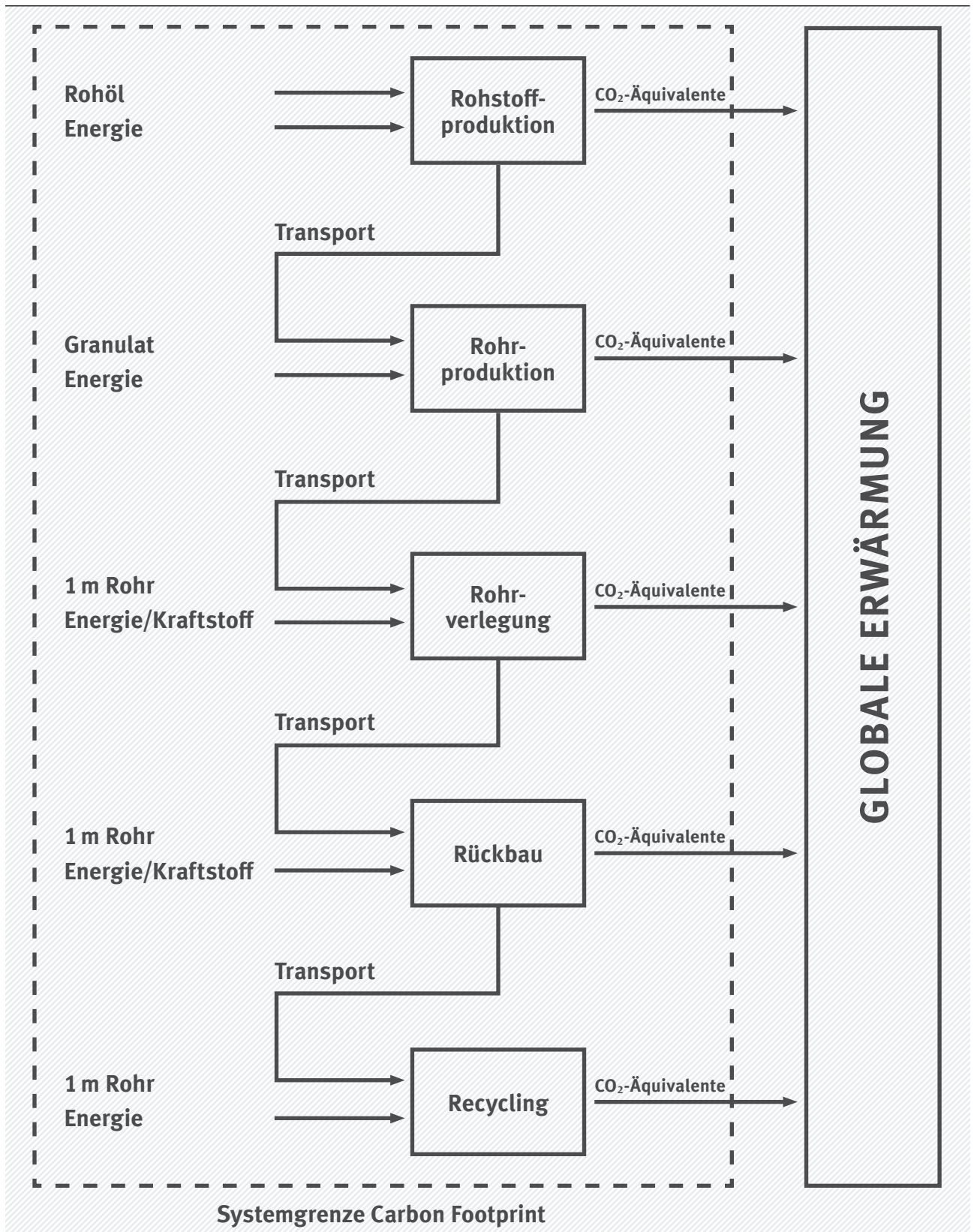
Die Studie kommt zu dem Schluss, dass die Betrachtungen nicht verallgemeinert werden können, da sie sich immer auf die jeweils vorzufindenden Randbedingungen beziehen und somit für jeden Sanierungsfall erneut durchzuführen wären (Bosseler et al. 2014).

6.4.2 CO₂-Bilanzen (Carbon Footprint)

Bei nahezu allen Sanierungsverfahren werden überwiegend Kunststoffe verarbeitet, die in der Herstellung energieintensiv sind. Bei der Installation werden nochmals Energieströme aufgewendet, die aber im Vergleich zu denen des Herstellungsprozesses je nach Verfahren teilweise vernachlässigt werden können (Wobbe 2012). Als primäres Ziel des Klimaschutzes ist die Verringerung der Erderwärmung definiert, welche untrennbar mit der Reduzierung der Treibhausgasemissionen verbunden ist. Der Product Carbon Footprint (PCF) ermöglicht es, verschiedene Produkte hinsichtlich ihrer Treibhausgasemission zu vergleichen und das klimaneutralste Produkt auszuwählen. Einen wesentlichen Faktor bildet das Kohlendioxid (CO₂); andere Treibhausgasemissionen werden in Äquivalenten erfasst und zum Product Carbon Footprint als Vergleichswert addiert (Läufe und Frank 2013). Je nach Definition der Systemgrenzen (s. Abbildung 9) wird zwischen dem sogenannten Corporate Carbon Footprint (CCF) und dem Product Carbon Footprint (PCF) unterschieden (Harms 2015). Der Corporate Carbon Footprint (CCF) betrachtet die Emission eines Unternehmens in Tonnen CO₂-Äquivalenten pro Jahr, am Standort eines

Abbildung 9

Systemgrenzen des Product Carbon Footprint



Quelle: Beikert 2010



Unternehmens sowie entlang der Wertschöpfungskette. Der Product Carbon Footprint (PCF) definiert die Emissionen in Tonnen CO₂-Äquivalenten für eine individuell definierte funktionelle Einheit (Produkt) entlang der Wertschöpfungskette.

Zwischenzeitlich gibt es von verschiedenen Herstellern Berechnungen des Product Carbon Footprint für einzelne Produkte (Linerverfahren s. Wobbe 2012), (Vergleich zwischen grabenlosem und geschlossenem Vortrieb s. GSTT-26 2011): (Verschiedene Rohrwerkstoffe s. Läufe und Frank 2013) jedoch werden die Systemgrenzen (z. B. Abbildung 9) innerhalb derer die Ökobilanzen erstellt werden, unterschiedlich gesetzt, da es hier noch keine einheitlichen Regeln gibt.

Allerdings hält das Bundesumweltministerium den Carbon Footprint für Zwischenprodukte, wie Bauprodukte als alleiniges Kriterium für eine Nachhaltigkeitsbetrachtung für nicht geeignet, da diese erst im Zusammenhang mit einem Gesamtbauwerk sinnvoll bewertet werden können (Berger 2014).

6.4.3 Wasser-Bilanzen (Product Water Footprint)

In Ökobilanzen ist die Erfassung und Bewertung des Wasserverbrauchs noch relativ jung. Umfassende Wasserbilanzen entlang der gesamten Wertschöpfungskette, die neben der eigentlichen Wassernutzung auch die lokale Wasserknappheit beispielsweise bei der Rohstoffgewinnung, sozio-ökonomische Faktoren, die Qualität des verbrauchten Wassers und die Gewässerart, aus der das Wasser entnommen wurde, berücksichtigen, erfordern eine umfangreiche Datenermittlung, so dass für viele praxisorientierte Anwendungen die Durchführbarkeit infrage steht (Berger 2014).

Betrachtet werden kann jedoch der Wasserverbrauch bei der Herstellung des Produktes, bei den vorbereitenden Arbeiten (z. B. Reinigungswasser) und bei der Durchführung der Kanalsanierung (Prozesswassers). So ist beispielsweise bei den warmwasserhärtenden Schlauchlinerverfahren zu berücksichtigen, dass für die Installation, die Aushärtung und die Abkühlung Trinkwassermengen in der Größenordnung des zwei- bis dreifachen Volumens der zu sanierenden Strecke benötigt werden, die zudem mit Styrol kontaminiert sind und über eine Abwasserbehandlungsanlage geführt werden müssen.

7 Vorgehensweise und Grundlagenermittlung

Für eine fachgerechte Planung müssen folgende Informationen vorliegen:

- /// Generalentwässerungsplan*
 - /// Ortsentwicklungsplan*
 - /// Kanalbestandsplan*
 - /// Optische Inspektion*
 - /// Auswertung der optischen Inspektion (Schadensermittlung)*
-

Basis jeder erfolgreichen Planung ist das Vorliegen der entsprechenden Grundlagen:

7.1 Generalentwässerungsplan

Ein Kanalnetzbetreiber sollte über ein detailliertes Abwasserkonzept verfügen (Generalentwässerungsplan „GEP“). Der GEP enthält erste allgemeine Aussagen zur Verwirklichung von Planungsabsichten bei größeren Entwässerungsgebieten. Er ist ähnlich wie ein Bebauungsplan als Grundlage weiterer Planungsleistungen zu verstehen. Mit ihm kann auch der Nachweis einer geordneten, den gesetzlichen Anforderungen entsprechenden Abwasserableitung erbracht werden.

7.2 Ortsentwicklungsplan

Ein Ortsentwicklungsplan (OEP) stellt dar, wie sich eine Gemeinde insgesamt, nicht nur in Bezug auf die Bauleitplanung, entwickeln will. Damit „steuert“ die Gemeinde den weiteren Fortgang der baulichen Entwicklung; dieser wird als eine Selbstverpflichtung ohne rechtliche Bindewirkung angesehen. Er ist wie der GEP unverzichtbare Voraussetzung für eine Sanierungsplanung.



7.3 Ermittlung des Kanalbestandes

Das WHG § 61 (2) verpflichtet die Netzbetreiber (kommunale/öffentliche Netzbetreiber oder private/gewerbliche Netzbetreiber) allgemein u. a. den Zustand und die Funktionsfähigkeit ihres Kanalnetzes selbst zu überwachen. Konkretisiert wird die Pflicht durch die teilweise in den Ländern vorhandenen Eigenkontrollverordnungen. Bei großen kommunalen und gewerblichen Netzen sind in der Regel die Daten in Form eines Kanalkatasters oder einer Kanaldatenbank vorhanden. Das Kanalnetz kann in Form einer Lageplandarstellung visualisiert werden und für weitere Planungen und Arbeiten in Papierform oder digitaler Form dargestellt werden. Tabelle 5 stellt dar, welche Angaben eine Kanaldatenbank mindestens enthalten muss. Ist bei Netzbetreibern kein oder nur ein unvollständiger Datenbestand vorhanden, sind die notwendigen Daten zu erheben und ein digitaler Lageplan zu erstellen.

Für kommunale Netze gilt in Verbindung mit dem Generalentwässerungsplan (GEP) (siehe Kap 7.1), dass folgende Daten zusätzlich erhoben werden:

- ▶ Hydraulische Kanalnetzberechnung, welche die Leistungsfähigkeit des Netzes nachweist
- ▶ Ermittlung der max. zulässigen Einleitmengen in den Abwasserkanal
- ▶ Bewertung des baulichen Zustands der Kanäle (Schadensermittlung – siehe Kap. 7.4)
- ▶ Überlagerung der hydraulischen Berechnung mit der Schadensermittlung und Erstellung eines Sanierungskonzepts für das Kanalnetz

Tabelle 5

Mindestangaben einer Kanaldatenbank

Haltungsbezeichnung
Schachtnummern
Kanalart (SW = Schmutzwasser, MW = Mischwasser, RW = Regenwasser)
Vermessungskordinaten der Schächte: (Schachtmittelpunkt, Schachtdeckelmittelpunkt, Zu- und Abläufe)
Länge
Neigung
Material
Dimension
Höhen (Sohlhöhe Zulauf und Ablauf – soweit bekannt x-, y- und z-Koordinaten)
Baujahr (soweit bekannt)
Ortsteil
Straßenname

Quelle: eigene Darstellung

7.4 Schadensermittlung

Die unter Punkt 7.3 beschriebene Pflicht zur Selbstüberwachung erfolgt in der Freispiegelentwässerung in der Regel durch eine optische Inspektion. Die Untersuchungen erfolgen mit ferngesteuerten fahrbaren Kanalkameras im nicht begehbaren Bereich oder tragbaren Kameras im begehbaren Bereich nach dem Merkblatt DWA-M 149 bzw. der DIN EN 13508.

In Abwasserdruckleitungen sind optische Inspektionen meist nicht möglich und in Wasserschutz-zonen sind sie in der Regel nicht ausreichend, so dass in diesen Fällen Dichtheitsprüfungen durchzuführen sind. Die Auswertung der optischen Inspektion erfolgt durch computer-gesteuerte Auswerteprogramme in Verbindung mit der Prüfung durch einen Sanierungsfachmann.

Die festgestellten Schäden werden klassifiziert. Jeder Haltung wird entsprechend dem höchsten Einzelschaden eine Zustandsklasse (ZK 0 bis ZK 4 nach DWA oder ZK 5 bis ZK 1 nach ISYBAU) zugewiesen (siehe hierzu Tabelle 14). Unter Berücksichtigung weiterer Einflussfaktoren wird eine Prioritätenliste für die untersuchten Netze erstellt, die die zeitliche Reihenfolge der Kanalsanierungen festlegt. Schäden an Grundleitungen im Bereich von Grundstücksent-

wässerungen können nach dem gleichen System untersucht und bewertet werden. Hierzu gibt es länderspezifische und gemeindespezifische Regelungen.

Schächte sind mit zu untersuchen und zu bewerten. Eine manuelle Schadensaufnahme mittels optischer Prüfung durch eine Kanalinspektionsfachkraft ist zurzeit gängige Praxis. Eine Bewertung erfolgt nach dem Regelwerk der DWA-M 149 bzw. der DIN EN 13508 (Tabellenangabe zur Klassifizierung von Schächten). Es gibt jedoch auch hier Untersuchungsmöglichkeiten mit Spezialkameras, die den Schacht vertikal abbilden.

Aus der Zustandsbewertung und der Überlagerung der Ergebnisse mit der hydraulischen Berechnung wird ein Sanierungskonzept abgeleitet, dass sowohl der baulichen Situation als auch der tatsächlichen oder zukünftigen hydraulischen Belastung des Netzes gerecht wird.

7.5 Qualitätssicherung bei der Sanierung von Abwasserkanälen

Folgende Punkte haben sich in der Praxis als wesentlich für die Qualität einer Sanierungsmaßnahme erwiesen:

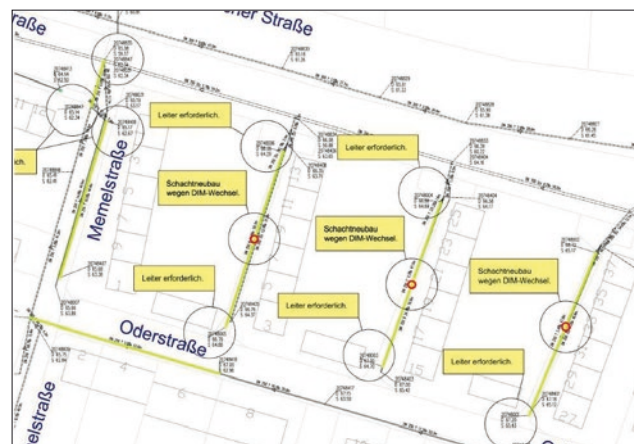
- /// *Qualität der Planung (Prüfung der Schadensbilder und Auswertung der optischen Inspektion)*
- /// *Qualität der Ausschreibung (Wahl des Verfahrens und der zugelassenen Materialien)*
- /// *Fachliche Eignung der bauausführenden Sanierungsfirma (speziell des eingesetzten Personals und Geräts)*
- /// *Qualität der Bauüberwachung (Überwachungsintervalle)*
- /// *Bauabnahme*
- /// *Belastungen im Betrieb*

7.5.1 Planung

Im Allgemeinen ist sicherzustellen, dass die Daten der Grundlagenermittlung nach den Punkten 7.1 bis 7.4 vollständig vorliegen. Sie sind Voraussetzung für eine fachgerechte Planung. Im Speziellen muss die optische Inspektion darauf geprüft werden, ob sie eine Schadensauswertung zweifelsfrei ermöglicht.

Ein zu empfehlender Ablauf einer Sanierungsplanung wird in Abbildung 10 dargestellt. Teilweise können die in dieser Abbildung aufgeführten Prozessschritte durch Softwareprogramme abgewickelt werden.

Werden die Daten nicht vollständig vor einer Sanierungsplanung erhoben, besteht die Gefahr einer Fehlplanung oder von Nachträgen sowie der Nichteinhaltung eines veranschlagten Kostenrahmens. Nur mit den hier erhobenen Daten und Prüfungen ist eine fachgerechte Leistungsbeschreibung und Ausschreibung möglich.



7.5.2 Ausschreibung und Vergabe

- Qualitätssichernde Maßnahmen sind bereits im Ausschreibungs- und Vergabeverfahren zu berücksichtigen.
- Wertungskriterien und die Wichtung müssen bereits zwingend im Ausschreibungsverfahren definiert werden

Ein Großteil der an Abwasserleitungen und -kanälen entstandenen Schäden ist nicht auf natürliche Alterung oder Fremdeinwirkung zurückzuführen, sondern auf Planungsfehler oder Ausführungsmängel, begünstigt durch Mängel in der Bauüberwachung. Hier muss daher ein hoher Maßstab gelten.

Grundsätzlich sind für Ausschreibung und Vergabe neben der VOB Teil A und B auch die einschlägigen Teile der VOB Teil C – Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) im Rahmen der Angebotseinholung zu beachten.

Insbesondere sei verwiesen auf:

- ▶ DIN 18299: Allgemeine Regelungen für Bauarbeiten jeder Art
- ▶ DIN 18326: Renovierungsarbeiten an Entwässerungskanälen

Beide Regelwerke geben u. a. Hinweise für das Aufstellen der Leistungsbeschreibung, auf Anforderungen an Baustoffe, die Ausführung, Nebenleistungen und besondere Leistungen sowie die Abrechnungsmodalitäten.

Wichtig ist, dass gemäß VOB Teil A jede Leistung eindeutig und so erschöpfend zu beschreiben ist, dass alle Bewerber die Beschreibung im gleichen Sinne verstehen müssen. Dies bedeutet, dass alle zur Kalkulation notwendigen Grundlagen mit den Ausschreibungsunterlagen den Bietern zur Verfügung zu stellen sind. Dies umfasst auch den Bereich der Abwasser- und Verkehrslenkung.

Dies bedeutet weiterhin, dass der in der Praxis noch häufig anzutreffende Fall, dass den Ausschreibungsunterlagen mehrere zum gleichen Thema sich teilweise widersprechende technische Beschreibungen beigelegt sind, unbedingt vermieden werden muss.

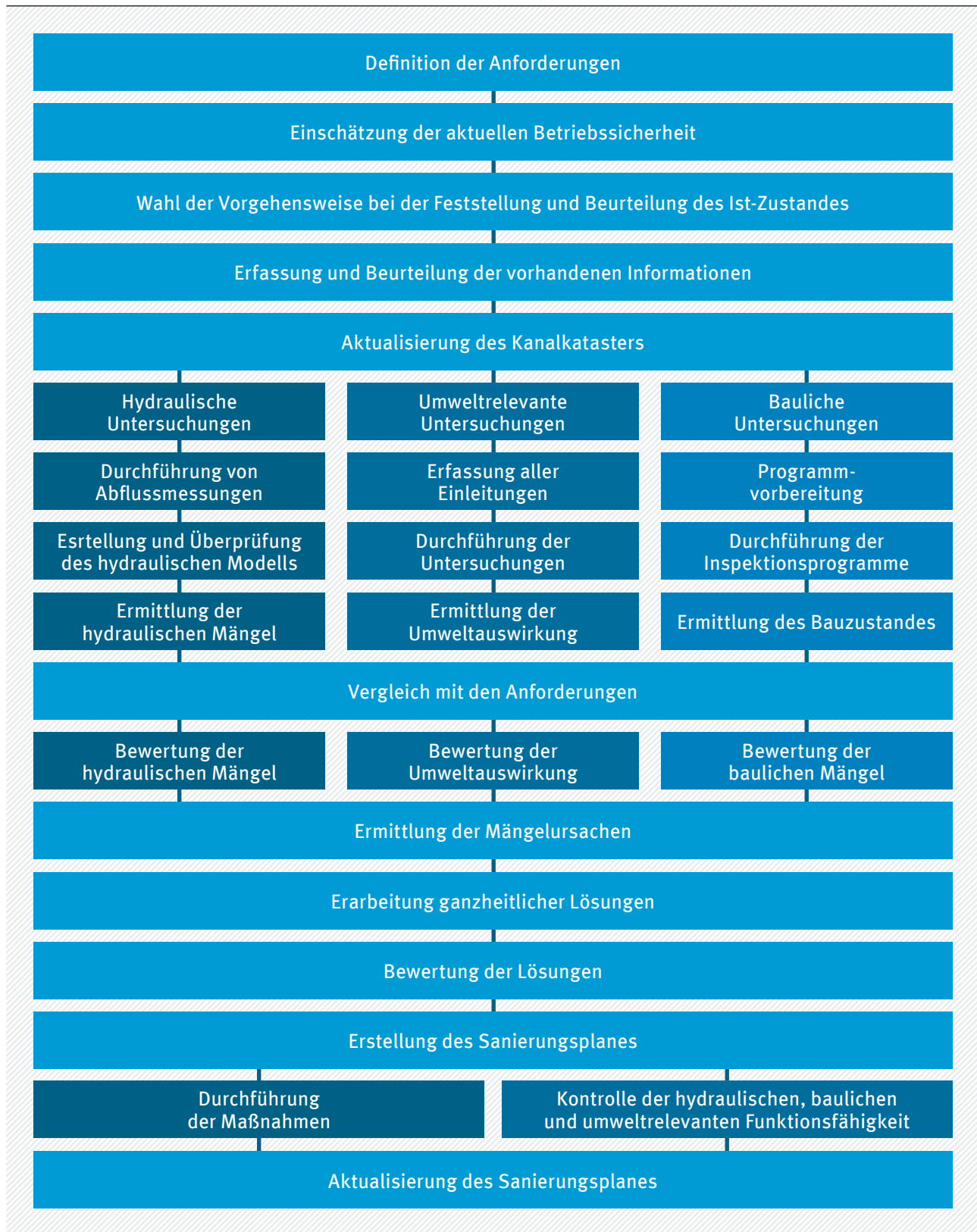
Seitens des Bauherrn sollte daher darauf geachtet werden, dass die Ausschreibungsunterlagen von einem mit den Techniken und Bedingungen der Kanalsanierung vertrauten Fachmann zusammengestellt werden. Architekten- und Ingenieurleistungen fallen zwar ausdrücklich nicht unter die Vergabe nach VOB oder VOL, sie sind jedoch in der Vergabeverordnung geregelt.

Auch hier besteht die Möglichkeit bei Fremdvergabe der Planung und Ausschreibungsleistung, die Eignung des Ingenieurbüros oder des planenden Ingenieurs als Qualitätskriterium zu definieren (Bundesregierung/Bundesrat 18.04.2016).

Zahlreiche Bauherren haben die Erfahrung gemacht, dass die Missachtung der Mindestanforderungen für Bauleistungen und Bauprodukte zu unübersehbaren Folgekosten, Nachbesserungen, Reparaturen, höherem Instandhaltungsaufwand bis hin zur Notwendigkeit eines vorzeitigen Neubaus führen kann. Die VOB sieht daher vor, dass nicht allein der Angebotspreis vergabeentscheidend sein muss. Liegen dem Bauherrn die Angebote vor, so sieht die VOB im Bereich der öffentlichen Ausschreibungen vier Wertungsstufen zur Prüfung von Angeboten vor, wobei die Prüfung der Qualifikation Bestandteil der Wertung ist (s. Abbildung 11). Dazu ist es notwendig, die Wertungskriterien und die Wichtung bereits im Ausschreibungsverfahren zu definieren.

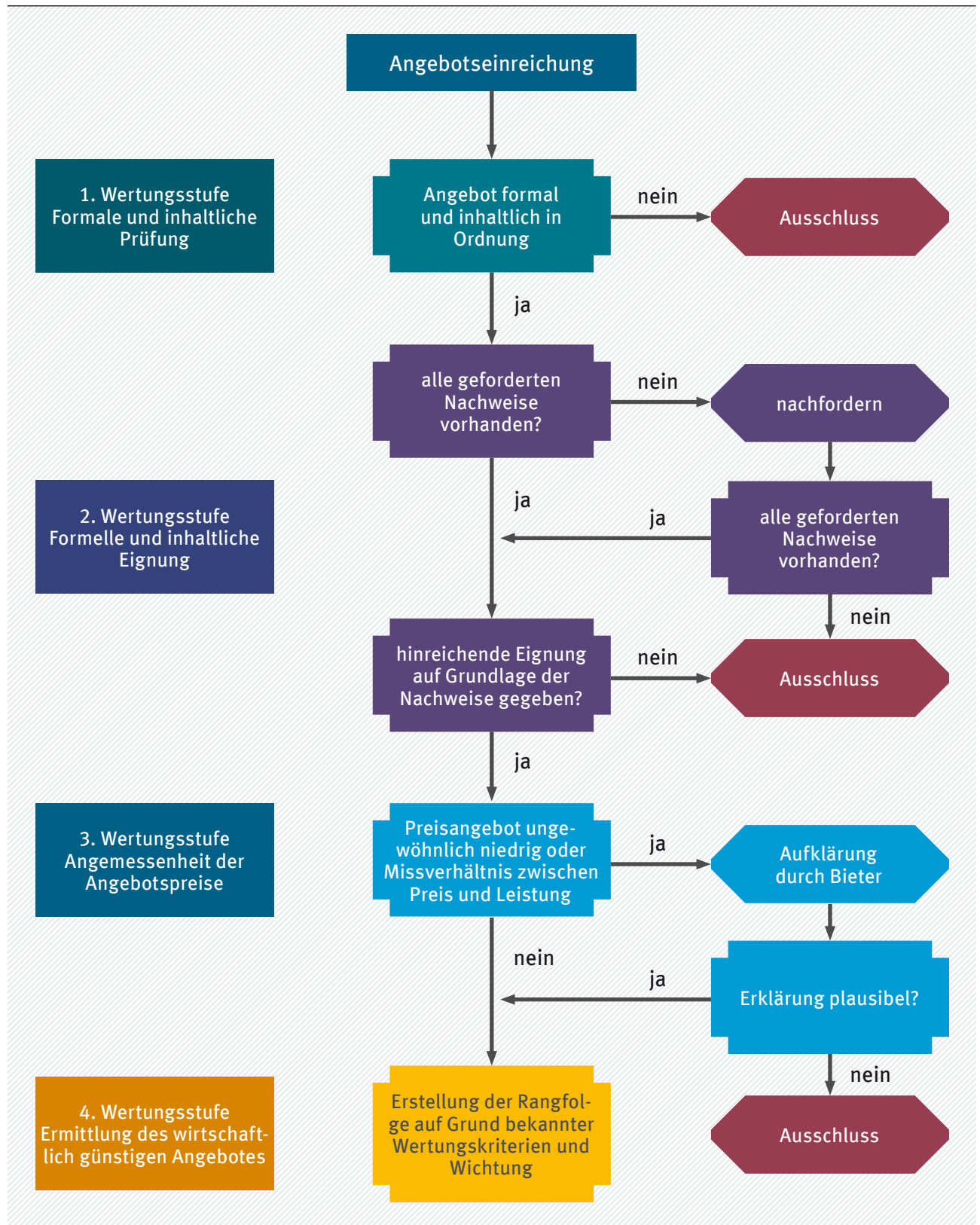
Abbildung 10

Ablaufdiagramm einer Sanierungsplanung



Quelle: Sanierungsplanung (Wasser und Umwelt Bauhaus-Universität Weimar (Hg.) 2015)

Abbildung 11

Angebotswertung

Quelle: Verordnung über die Vergabe öffentlicher Aufträge (Vergabeverordnung -VgV) 2016

7.5.3 Bauausführendes Sanierungsunternehmen

Das bauausführende Unternehmen muss die für eine fachgerechte Ausführung erforderliche Eignung besitzen. Dies betrifft sowohl die Eignung des Unternehmens in formalrechtlicher Hinsicht als auch im Hinblick auf die technische Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit (Güteschutz Kanalbau 2015).

Der Auftraggeber kann sich eines Systems zur Prüfung von Lieferanten oder Unternehmen gemäß EU-Richtlinie 2014/25/EU (EU-Richtlinie 2014/25/EU 2014) (Auszug auch in DIN EN 1610, Anhang B (DIN EN 1610 2016)) bedienen. Hier sind die Ver- gabebedingungen an Firmen, die in den Bereichen Wasser, Energie, Verkehr und Telekommunikation tätig sind, benannt. Andere Qualitätssicherungssysteme können RAL-Gütegemeinschaften sein. Berücksichtigt werden sollte zudem, ob das ausführende

Unternehmen über ein Umweltmanagement, z. B. gemäß Reihe ISO 14000, und ein Arbeits- und Ge- sundheitsschutzmanagement verfügt sowie ob für die eingesetzten Verfahren Nachhaltigkeitsbetrachtun- gen, beispielsweise Ökobilanzen, angestellt wurden.




Um die Qualität einer Sanierungsmaßnahme sicher zu stellen, ist ein wesentlicher Baustein, dass von der ausführenden Firma Fachpersonal mit langjähriger Sanierungserfahrung eingesetzt wird.

7.5.4 Bauüberwachung

Genau wie zur Auswahl des ausführenden Unterneh- mens kann sich der Auftraggeber auch bei der Wahl der Bauüberwachung eines Systems zur Prüfung von Lieferanten und Unternehmen bedienen. Auch hier ist ein wesentlicher Baustein, dass der Bauüberwacher über eine langjährige Erfahrung im Umgang mit den eingesetzten Techniken verfügt.

7.5.5 Bauabnahme

Grundsätzlich sollen

-  *die optische Inspektion zur Abnahme*
-  *die Dichtheitsprüfungen nach der Sanierung*
-  *die Materialprüfungen*

durch den Auftraggeber als eigenständiger Auftrag separat und unabhängig vom Sanierungsauftrag an einen unabhängigen Dritten vergeben oder bei vorhandener Sach- und Fachkenntnis selbst durchgeführt werden.

Das Werkvertragsrecht nach VOB und BGB kennt verschiedene Arten der Bauabnahme (s. Tabelle 6).

Tabelle 6

Verschiedene Abnahmearten

Förmliche Abnahme

Erklärte Abnahme

Stillschweigende Abnahme

Fiktive Abnahme (nur VOB)

Quelle: eigene Darstellung

Mit der Abnahme erklärt der Auftraggeber, dass er die erbrachte Leistung als vertragskonform anerkennt und entgegennimmt, womit die Erfüllung des Vertrages eintritt (s. Tabelle 7). Eine Abnahmeverweigerung kann nur bei Vorliegen wesentlicher Mängel erfolgen. Zu beachten ist, dass auch Teilabnahmen hinsichtlich der abgenommenen Leistungen gleiche Wirkungen nach sich ziehen wie eine Gesamtabnahme.

Sowohl eine stillschweigende wie auch eine fiktive Abnahme sollten unbedingt vermieden werden. Idealerweise wird bereits im Bauvertrag die förmliche Abnahme vereinbart.

Nach Vorbringen des Abnahmeverlangens durch einen der Vertragspartner wird – in der Regel nach gemeinsamer Baubegehung – ein Abnahmeprotokoll erstellt und von beiden Vertragspartnern unterzeichnet.

Neben der technischen Fertigstellung des Bauwerkes sind eine Dokumentation der Arbeiten (s. Tabelle 8) und die Übergabe dieser Dokumentation Mindestvoraussetzung für eine Abnahme. Die Art der Dokumentation sollte bereits im Bauvertrag, spätestens aber in der Bauanlaufbesprechung detailliert festgelegt werden.

Tabelle 7

Folgen der Bauabnahme

Fälligkeit des Werklohnes
Übergang des Unterangsrisikos des Werkes auf den Auftraggeber
Beginn der Gewährleistungsfristen
Verfallen nicht vorbehaltenen Ansprüche auf Vertragsstrafe
Gefahr- und Beweislastumkehr
Untergang von Mängelansprüchen wegen bekannter Mängel

Quelle: eigene Darstellung

7.5.6 Belastung im Betrieb

Für einen langjährigen, nachhaltigen Betrieb einer Infrastrukturanlage ist es notwendig, die Belastungen, für die die Bauwerke ausgelegt sind, nicht zu überschreiten. Sollte es sich im Betrieb ergeben, dass die Belastungsgrenzen eines Kanals (z. B. wegen baulicher Eingriffe im Umfeld) möglicherweise überschritten werden, dann ist eine Beweissicherung dringend anzuraten, und gegebenenfalls sind Gegen- oder Schutzmaßnahmen zu ergreifen. Dies erspart nachträglich „böse Überraschungen“, Kosten und rechtliche Auseinandersetzungen zur Klärung von Schadensursachen.

Tabelle 8

Mindestinhalt einer Abnahmedokumentation

Rückverfolgbare Aufzeichnung sämtlicher Arbeitsschritte
Rückverfolgbare Aufzeichnung verwendeter Materialien
Bautages- und Arbeitsberichte
Optische Voruntersuchung (im Vorlauf zur baulichen Sanierung)
Nachweis der statischen Tragfähigkeit (bei Renovierungs- und Erneuerungsverfahren)
Nachweis der Dichtheit nach der Sanierung (Dichtheitsprüfung bei Renovierungs- und Erneuerungsverfahren; bei Reparaturverfahren nicht die Regel)
Nachweis der optischen Mängelfreiheit und Betriebssicherheit nach der Sanierung durch eine optische Inspektion als Abnahme (bei allen Verfahren)
Nachweis von Materialprüfungen (bei Renovierungsverfahren; bei Reparaturverfahren nicht die Regel)
Automatisierte Aufzeichnungen von Anlagen und Geräten

Quelle: eigene Darstellung

8 Prüfungsumfang von Abwassernetzen

- /// *Festlegung der Art der Zustandserfassung*
 - /// *Öffentliches Netz*
 - /// *Kanalkataster*
 - /// *Einleiterkataster*
 - /// *Überprüfungszeiträume von öffentlichen Netzen*
-

8.1 Festlegung der Art der Zustandserfassung

Aus der Betrachtung der anerkannten Regeln der Technik, der Entwässerungssatzungen, bereits vorhandener Eigenkontrollverordnungen und der Wasserhaushaltsgesetze, lassen sich nachfolgende Mindeststandards definieren:

- ▶ Eine Zustandserfassung dient dazu, festzustellen, ob Abwasserkanäle und -leitungen einschließlich der Anschlusseinbindungen und Schächte den allgemein anerkannten Regeln der Technik entsprechen.
- ▶ Bei Freispiegelkanälen und -leitungen genügt in der Regel eine optische Inspektion, bei Druckleitungen ist eine Druckprüfung erforderlich.
- ▶ Private Abwasserleitungen, die nicht häusliches Abwasser (z. B. Produktionsabwasser) ableiten, sind einer Dichtheitsprüfung zu unterziehen. Sollte dies aus betrieblichen Gründen nicht möglich sein, sind ersatzweise Muffendichtheitsprüfungen sowie eine optische Inspektion durchzuführen. Die Prüfpflicht beginnt bei diesen Kanälen am Beginn der Leitung und endet an der Übergabestelle in das öffentliche Netz.

8.2 Öffentliches Netz

Die Betreiber von öffentlichen Abwasseranlagen sollten ein Abwasserkataster führen, in dem die wesentlichen Informationen über das Kanalnetz (Kanalkataster) und die Einleiter in die Abwasseranlagen (Einleiterkataster) in jeweils aktualisierter Form enthalten sind. Das Abwasserkataster erleichtert den Vollzug der Eigenüberwachung, der Entwässerungssatzungen und der Wasserschutzgebietsverordnungen (Jacobs et al. 2005). Zum Teil ist die Pflicht zur Führung des Abwasserkatasters in den Landeswassergesetzen verankert.

8.2.1 Kanalkataster

Im Kanalkataster des öffentlichen Netzes werden vom Betreiber alle wichtigen Kanal- und Schachtdaten gesammelt. Es wird für den Kanalbetrieb und die Planung von Instandhaltungsmaßnahmen benötigt und hilft dem Netzbetreiber, sein Kanalnetz zuverlässig zu betreiben (Jacobs et al. 2005). Eine laufende Aktualisierung der Daten (s. Tabelle 9) ist damit unerlässlich.

Tabelle 9

Mindestinhalt eines Kanalkatasters

Kanalbestand
Sonderbauwerke
maschinelle Einrichtungen
Messeinrichtungen
wesentliche Einleitungen in die Kanalisation
Einleitungsstellen in die Gewässer
Zustand der Anlagen
Übersichtspläne
Bescheide
Dokumente

Quelle: in Anlehnung an DWA Leitfaden Nr. 3-1, 5/2005

8.2.2 Einleiterkataster

Im Einleiterkataster werden die wesentlichen Einleitungen namentlich und in der Lage erfasst, um das Gefährdungspotenzial für Kanal bzw. Kläranlage beurteilen zu können. Es bezieht sich auf genehmigungspflichtige oder den Kanal- bzw. Kläranlagenbetrieb beeinflussende Einleitungen und betrifft somit in erster Linie Gewerbe- und Industriebetriebe sowie vergleichbare Einrichtungen, die nicht häusliches Abwasser einleiten.

Das wesentliche Ziel des Einleiterkatasters ist die Erfassung und Kontrolle der Indirekteinleiter. Es bildet die Grundlage für eine effektive Kontrolle zum Schutz der Kläranlage und der Reststoffe sowie der Kanalisation vor zu starken Belastungen, den Schutz des Betriebspersonals vor Gesundheitsschäden und trägt letztlich zur Kosteneinsparung bei der Unterhaltung der Abwasserinfrastruktur bei (Sammelmann 2017).

8.2.3 Überprüfungszeiträume von öffentlichen Netzen

Für öffentliche Kanalisationen gibt es keine einheitlichen Angaben zu Überprüfungsintervallen und zu Prüfverfahren. Diese werden meist in Eigenkontrollverordnungen der Bundesländer geregelt und sind unterschiedlich in den Anforderungen.

Die in Tabelle 10 aufgeführten Bundesländer haben Regelungen in Eigenkontrollverordnungen oder Verwaltungsvorschriften für Kanalisationsanlagen:

Hier sind in der Regel auch Angaben zu Überprüfungszeiträumen für Abwasserkanäle und -leitungen festgelegt. Beispielhaft finden Sie im Anhang 12.2 einen Auszug aus der Eigenkontrollverordnung EKVO, Hessen (Land Hessen 05.08.2010).

Tabelle 10

Eigenkontrollverordnungen oder Verwaltungsvorschriften für Kanalisationsanlagen

Baden-Württemberg	Eigenkontrollverordnung (EKVO)
Bayern	Eigenüberwachungsverordnung (EÜV)
Brandenburg	Technische Regeln zur Selbstüberwachung von Abwasseranlagen (TRSüw)
Hessen	Abwassereigenkontrollverordnung (EKVO)
Mecklenburg-Vorpommern	Selbstüberwachungsverordnung (SÜVO M-V)
Nordrhein-Westfalen	Selbstüberwachungsverordnung Abwasser (SüwVO Abw)
Rheinland-Pfalz	Landesverordnung über die Selbstüberwachung von Abwasseranlagen (SÜVOA)
Sachsen	Eigenkontrollverordnung (EigenkontrollVO)
Sachsen-Anhalt	Eigenüberwachungsverordnung (EigÜVO)
Thüringen	Thüringer Abwassereigenkontrollverordnung (ThürAbwEKVO)

Quelle: eigene Darstellung

8.3 Abwasserleitungen für häusliches und gewerbliches Abwasser

Bei der Betrachtung nicht öffentlicher Abwassernetze ist grundsätzlich zwischen Netzen,

- // die gewerbliches Abwasser führen (und somit ein höheres Gefährdungspotenzial bilden)*
- // den Indirekteinleitern, die auch eigene Abwasserbehandlungsanlagen betreiben*
- // Grundstücksentwässerungsanlagen, die häusliches Abwasser ableiten, zu unterscheiden.*

Die Betreiber großer gewerblicher Kanalnetze sollten ein Kanalkataster führen, in dem die Informationen über das Netz in jeweils aktualisierter Form enthalten sind. Für Grundstücksentwässerungsanlagen muss ein aktueller Entwässerungsplan vorhanden sein, in dem auch die Einleitpunkte in das öffentliche Netz dargestellt sind.

Die Art der Zustandserfassung und Überprüfungszeiträume von Entwässerungsanlagen von Gebäuden und Grundstücken sind in der DIN 1986-30 festgelegt. Hier wird vorrangig nach häuslichem und gewerblichem Wasser unterschieden. Die Zeitspannen für häusliches Abwasser sind mit 20 Jahren, bei Neuanlagen mit nachweislich durchgeführter Prüfung DR 1 erstmalig nach 30 Jahren angegeben.

Das gewerbliche Abwasser wird unterschieden in „Abwasser vor einer Abwasserbehandlungsanlage“ und „Abwasser nach einer Abwasserbehandlungsanlage“. Für Kanäle und Leitungen vor einer Behandlungsanlage wird eine Dichtheitsprüfung mit Wasser im zeitlichen Abstand von fünf Jahren gefordert. Nach der Abwasserbehandlungsanlage wird die Prüfung mit Kanalfernsehung untersuchen alle 20 Jahre, bei Neuanlagen mit nachweislich durchgeführter Erstprüfung erstmalig nach 30 Jahren gefordert. Weitere Prüfungen der DIN 1986-30 werden in Anhang 12.3 aufgeführt.

8.4 Kanäle und Leitungen in Wasserschutzgebieten

Besondere Anforderungen werden an Kanäle in Wasserschutzgebieten bezugnehmend auf die jeweilige Wasserschutzzone gestellt.

Die Wasserschutzzonen sind in den DVGW-Arbeitsblättern Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete; I. Teil: Schutzgebiete für Grundwasser (DVGW Arbeitsblatt W 101 2006) und Richtlinien für

Trinkwasserschutzgebiete; II. Teil: Schutzgebiete für Talsperren DVGW Arbeitsblatt W 102 2002) beschrieben. Die Anforderungen an Kanäle in Wasserschutzgebieten sind im Arbeitsblatt „Abwasserleitungen und -kanäle in Wassergewinnungsgebieten“ (DWA-A 142 2016) dargestellt (s. auch Engelhardt et al. 2005) (Zusammenfassung in Tabelle 11).

Tabelle 11

Wasserschutzzonen

Schutzzone	Bereich	Anforderungen	Konsequenzen
I	Grundwasser (Fassungsbereich) und Talsperren	muss den Schutz der Wassergewinnungsanlage und ihrer unmittelbaren Umgebungen vor jeglichen Verunreinigungen und Beeinträchtigungen sichern	das Durchleiten von Abwasser ist mit dem Grundwasserschutz unvereinbar
II	Grundwasser (engere Schutzzone) und Talsperren	muss den Schutz vor Verunreinigungen durch pathogene Mikroorganismen sowie vor sonstigen Beeinträchtigungen sichern, die bei geringer Fließzeit und -strecke zur Wassergewinnungsanlage gefährlich sind	Das Durchleiten von Abwasser ist grundsätzlich nicht tragbar und nur in Ausnahmefällen möglich
III	Grundwasser (weitere Schutzzone) und Talsperren	sollte den Schutz vor weitreichenden Beeinträchtigungen, insbesondere vor nicht oder nur schwer abbaubaren chemischen oder vor radioaktiven Verunreinigungen gewährleisten	Bau und Betrieb von Abwasserleitungen sind grundsätzlich zulässig

Quelle: in Anlehnung an DWA-A 142 2016

Hinweise zu Planung, Neubau, Material, Unterhalt und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen in Wassergewinnungsgebieten können dem DWA-Arbeitsblatt 142 (DWA-A 142 Tabelle 4 2016) entnommen werden. Auszüge daraus finden sich in der

Anlage 12.4. Hinweise u. a. zur Gefährdabschätzung gibt das DWA-Merkblatt „Abwasserleitungen und -kanäle in Wassergewinnungsgebieten – Hinweise und Beispiele“ (DWA-M 146 2018).

9 Sanierungsumfang

- /// *Prioritäten, Gefährdungspotenzial eines schadhaften Kanals*
- /// *Sanierungsfristen*
- /// *Sanierungsverfahren*



9.1 Prioritäten

Für die Beurteilung des gesamten Gefährdungspotenzials eines schadhafte Kanals ist es sinnvoll, neben den ermittelten Schäden weitere Aspekte wie z. B. Abwasserart und Abwasserinhaltsstoffe (s. Tabelle 12) sowie die Lage des Kanals (s. Tabelle 13) zu betrachten (DWA-M 149-3 2015, Beurteilung nach optischer Inspektion), da diese in die Prioritätenbeurteilung eingehen.

Tabelle 12

Abwasserarten und Behandlungsarten

Abwasserart	Erfordernis zur Behandlung
Industrie-, Produktions-Abwasser und gewerbliches Abwasser	zu behandeln; evtl. vor Ableitung in das öffentliche Kanalsystem vorzubehandeln
Schmutzwasser	zu behandeln
Mischwasser	zu behandeln
Niederschlagswasser	die Behandlung richtet sich nach dem Grad der Verschmutzung; unbelastetes Niederschlagswasser kann ohne Vorbehandlung in ein Oberflächengewässer eingeleitet oder versickert werden; belastetes Niederschlagswasser muss vor einer Einleitung oder Versickerung vorbehandelt werden oder wie Schmutzwasser behandelt werden

Quelle: eigene Darstellung

Tabelle 13

Anforderungen an den Kanal bei der Priorisierung in Abhängigkeit von der Lage

Lage des Kanals	Anforderungen
Wasserschutzzone	besondere Anforderungen (s. 8.4):
Altlastenflächen/Bodenbelastung: Exfiltrationen führen zu einer aktiven Bewegung der Bodenbelastung und einem möglichen Austragen in unbelastete Bodenregionen; durch Infiltration können Schadstoffe in den Abwasserkreislauf gelangen und die Kläranlage zusätzlich belasten	erhöhte Anforderungen an die Prüfintervalle, Baumaterialien etc.
Böden mit hydrogeologischen Eigenschaften: sensible Bodenschichten, stark durchlässige Böden, Grundwasserströmungen	wegen möglicher Exfiltration erhöhte Anforderungen an die Dichtheit
AwSV-Flächen (Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen): Bereiche, in denen mit wassergefährdenden Stoffen umgegangen wird	wegen möglicher Exfiltration erhöhte Anforderungen an die Dichtheit
Bergsenkungsgebiete und andere geologische Zonen, in denen sich starke Bodenbewegungen vollzogen haben bzw. zu erwarten sind	erhöhte Anforderungen an den Sanierungswerkstoff, hinsichtlich statischer Tragfähigkeit, Flexibilität und Dichtheit

Quelle: DWA-M 149 2015

9.2 Sanierungsfristen

Das technische Regelwerk gibt hinsichtlich der Sanierungszeiträume keine exakten Angaben vor. Für die Praxis werden entsprechend den Zustandsklassen bzw. Prioritäten folgende Zeitrahmen für eine Sanierung empfohlen (s. Tabelle 14):

Tabelle 14

Empfohlene Sanierungsfristen

Dringlichkeit	Zustandsklasse DWA	Zustandsklasse ISYBAU	Empfohlene Sanierungsfristen
Sofortmaßnahme	0	5	< 1 Jahr
Kurzfristige Maßnahme	1	4	1 bis < 2 Jahre
Mittelfristige Maßnahme	2	3	2 bis < 5 Jahre
Langfristige Maßnahme	3	2	5 bis 10 Jahre
Kein Handlungsbedarf	4	1	-

Quelle: eigene Darstellung

Alle Schäden, bei denen durch die Möglichkeit von Exfiltrationen von einer erhöhten Gefährdung des Grundwassers und des Bodens auszugehen ist und Schäden, die die statische Tragfähigkeit des Kanals soweit beeinträchtigen, dass die Gefahr von Rohrbrüchen und Straßeneinbrüchen besteht, sind sofort zu beseitigen (Sofortmaßnahme).

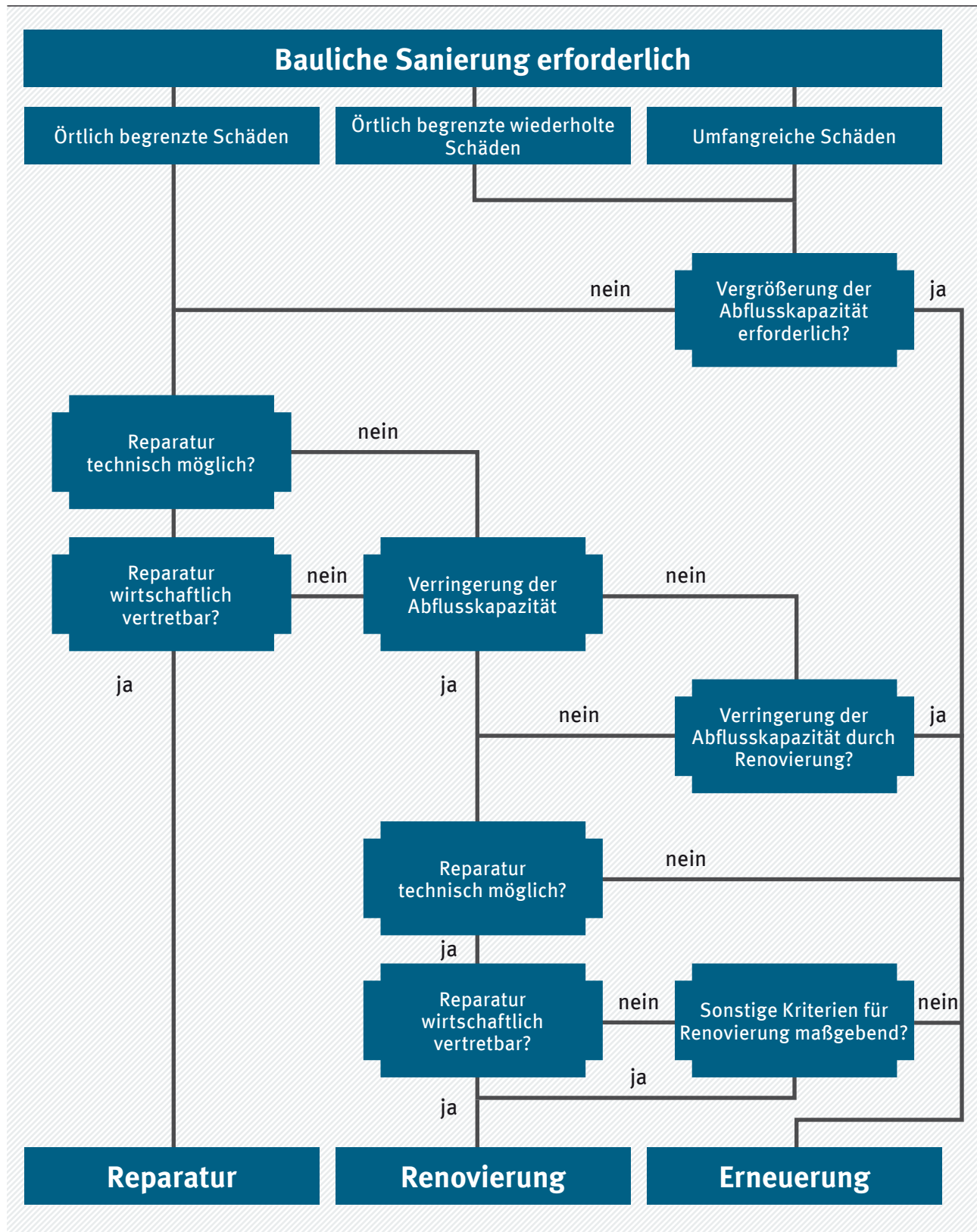
Für Schäden mit geringerem Gefährdungspotenzial gelten die anderen oben genannten Zeiträume. Sie ermöglichen es den Netzbetreibern, die Sanierungskosten sorgfältig zu planen, und gegebenenfalls im Budget der nächsten Jahre die notwendigen Mittel bereit zu stellen.

Nur durch eine zeitliche Abstimmung von Sanierungsmaßnahmen im öffentlichen Netz mit denen von Grundstücksentwässerungsanlagen, kann ein ganzheitlicher Sanierungserfolg erreicht werden. Bündelung und Betreuung von Sanierungsmaßnahmen im öffentlichen und privaten Netz führt in aller Regel zu Kosteneinsparungen für alle Parteien und fördert zudem die Akzeptanz der Bürger für die durchzuführenden Maßnahmen.



Abbildung 12

Entscheidungsprozess zur Ermittlung der baulichen Lösung



Quelle: DIN EN 752 20176

9.3 Sanierungsverfahren

In einem Entwässerungsnetz sind verschiedene Systeme vorhanden, die bei der Planung einer Sanierungsmaßnahme zu beachten sind:

- ▶ Kanäle im nicht begehbaren Bereich
- ▶ Kanäle im begehbaren Bereich
- ▶ Abwasserleitungen
- ▶ Schächte
- ▶ Grundleitungen

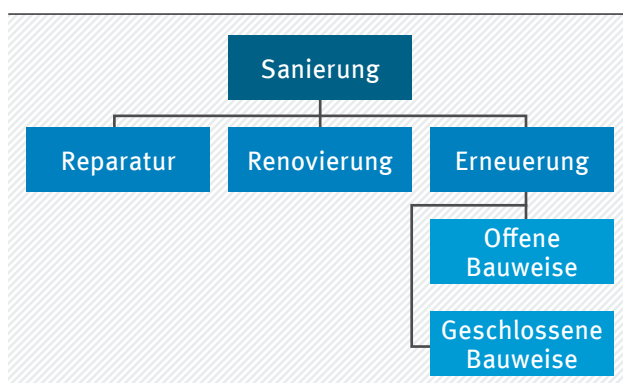
Diese verschiedenen Systeme erfordern unterschiedliche Planungsansätze und in der Regel unterschiedliche Sanierungsverfahren. So werden zum Beispiel in Kanälen wie auch in Leitungen Schlauchliner eingebaut, die sich allerdings in den Anforderungen hinsichtlich Bogengängigkeit und Verklebung mit dem Altrohr unterscheiden. Ein Ablaufplan (s. Abbildung 12) enthält beispielhaft DIN EN 752 (DIN EN 752 2017).

In den Arbeitshilfen „Abwasser“ (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit und Bundesministerium der Verteidigung 2015) sind umfassende Auflistungen der Sanierungsverfahren wiedergegeben, auf die an dieser Stelle verwiesen wird. Nachfolgend wird eine grundsätzliche Einteilung der Sanierungshauptgruppen und Sanierungsverfahren dargestellt, siehe hierzu Abbildung 13 bis 16. Vor der baulichen Sanierung wird die hydraulische Leistungsfähigkeit geprüft.

Bei der Sanierung werden die Bereiche Reparatur, Renovierung und Erneuerung unterschieden (s. Abbildung 13).

Abbildung 13

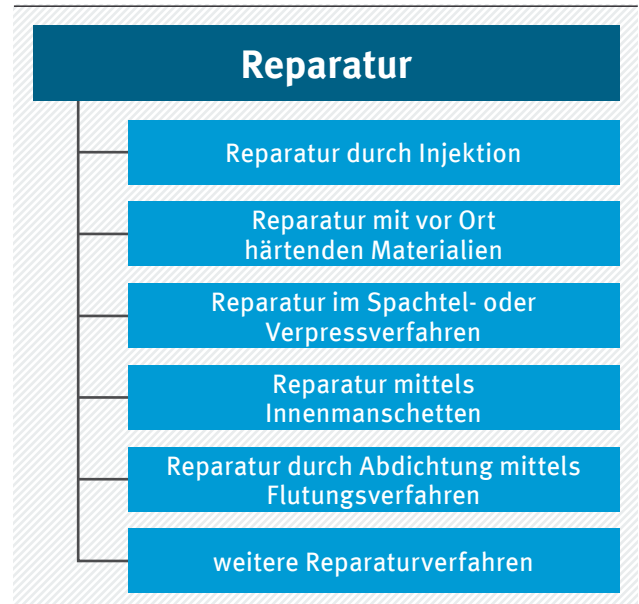
Systematik Sanierungsgruppen



Quelle: DIN EN 752 2017

Abbildung 14

Übersicht Reparaturverfahren



Quelle: in Anlehnung an die DIN EN 15888:2011-03 2011

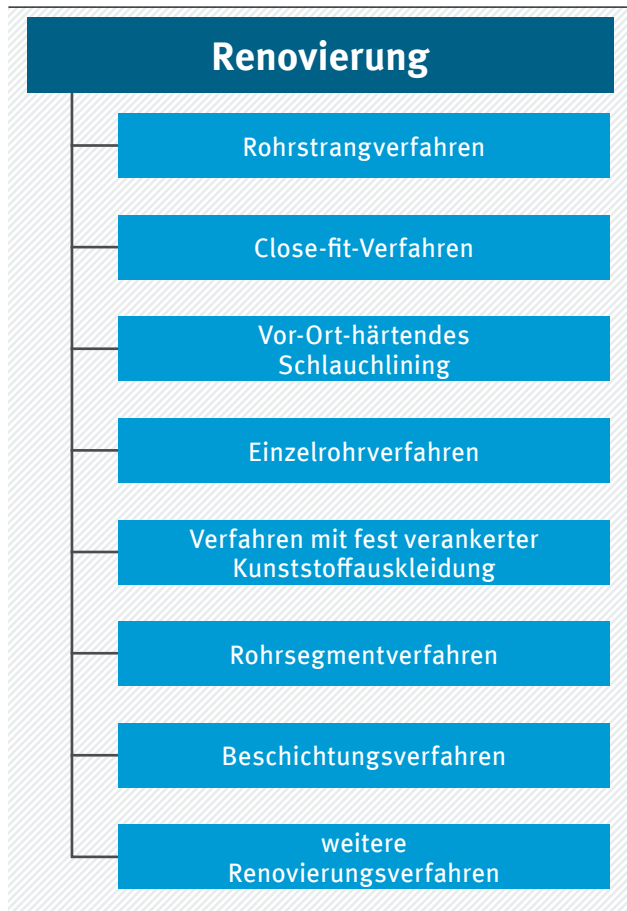
Maßnahmen zur Behebung örtlich begrenzter Schäden werden als **Reparatur** bezeichnet. Zu den Reparaturverfahren gehören Roboterverfahren, partielle Sanierungsverfahren und Injektionsverfahren, aber auch örtlich begrenzte Erneuerungen in offener Bauweise (s. Abbildung 14). Die durchschnittliche Lebensdauer beträgt 4–15 Jahre.

Als **Renovierung** werden alle Maßnahmen bezeichnet, die sich auf die ganze Haltung beziehen und die Substanz der Leitung erhalten (s. Abbildung 15). Dazu gehören insbesondere alle Arten von Liningverfahren. Die Fachmeinung geht in der Regel von einer durchschnittlichen Nutzungsdauer von 25–50 Jahren aus.

Als **Erneuerung** (Abbildung 16) wird die Herstellung neuer Abwasserleitungen und -kanäle in der bisherigen oder einer anderen Trassenführung verstanden, wobei die neuen Anlagen die Funktion der ursprünglichen Abwasserleitungen und -kanäle einbeziehen (DIN EN 752). Dabei wird zwischen der Erneuerung in offener und in geschlossener Bauweise unterschieden. Die Fachmeinung geht von einer durchschnittlichen Nutzungsdauer von 50–100 Jahren (in Abhängigkeit u. a. vom gewählten Material) aus.

Abbildung 15

Übersicht Renovierungsverfahren

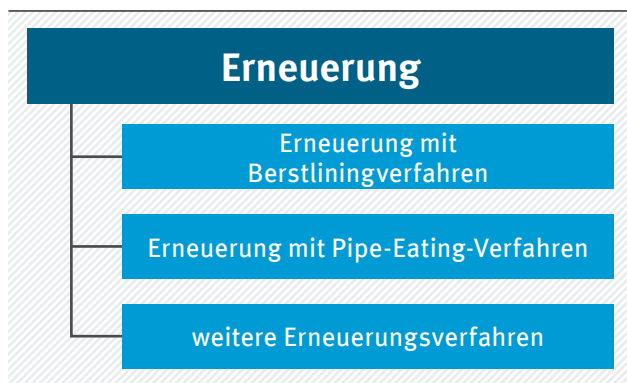


Quelle: in Anlehnung an die DIN EN 15888:2011-03 2011

Der Einsatz eines Renovierungsverfahrens bedingt in der Regel mindestens einen geringen Querschnittsverlust. Dies kann zu einer geringeren hydraulischen Leistung des Kanals führen. Daher empfiehlt es sich zu prüfen, ob die Abwassermenge im Abwassersystem durch zusätzliche Maßnahmen verringert werden kann (Rückhaltung, Versickerung, Fremdwasserreduzierung) und somit auch eine geringe Querschnittsverringerung in Kauf genommen werden kann.

Abbildung 16

Übersicht Erneuerungsverfahren



Quelle: in Anlehnung an die DIN EN 15888:2011-03 2011

10 Handlungsempfehlungen

Der vorliegende Leitfaden kann viele Themen nur in Kürze darstellen. Hinweise zu weiterführender Literatur finden sich im Anhang.

Eine generelle Handlungsempfehlung würde der individuellen Situation der verschiedenen Netzbetreiber häufig nicht entsprechen. Im technischen Regelwerk gibt es eine solche Empfehlung zum Beispiel im Arbeitsblatt der DWA „Entwicklung einer

Sanierungsstrategie“ (DWA-A 143-14 2016). Hier sind die wichtigen Schritte der Sanierungsplanung benannt, die im Einzelfall zu überprüfen sind.

Gerade in den Regelwerken werden ausführliche Beschreibungen der Sanierungsverfahren vorgenommen, die bei entsprechender Einhaltung auch eine lange Nutzungsdauer bei Renovierungs- und Erneuerungsverfahren gewährleisten.

10.1 Generelles Vorgehen

Die folgende generelle Vorgehensweise empfiehlt sich:

1. Organisation der Kanalunterhaltung/-sanierung schaffen bzw. stärken

- ▶ Prüfen, ob eigene Fachleute zur Verfügung stehen
- ▶ ggf. Aus-/Fortbildung eigener Mitarbeiter
- ▶ ggf. externe Fachleute (Ing.-Büros) hinzuziehen
- ▶ Mittelbereitstellung planen
- ▶ Fördermöglichkeiten ermitteln
- ▶ Strategie und Zeitrahmen der optischen Inspektion planen
- ▶ Kanaldatenbankstruktur schaffen
- ▶ Strategie und Zeitrahmen der Kanalsanierung planen

2. Sanierungsstrategie umsetzen

- ▶ Hydraulische Berechnung des Netzes durchführen
- ▶ Generalentwässerungsplan (GEP) und Gemeinde-/Ortsentwicklungsplan (OEP) berücksichtigen
- ▶ Verknüpfung mit Versorgungsträgern und Straßen-Oberflächenneubau
- ▶ Frühzeitige Information und Beteiligung der Öffentlichkeit und der Grundstücksbesitzer
- ▶ Enge zeitliche Abfolge von optischer Inspektion, Sanierungsplanung und Bauleistung sicherstellen
- ▶ Langlebige Verfahren (50–100 Jahre Lebensdauer) wählen

3. Erfolg der Sanierungsstrategie und Zustandsverbesserung des Netzes darstellen

- ▶ Dichtheitsnachweise für sanierte Kanäle einfordern
- ▶ Kanaldatenbank mit Abnahmedokumentation aktualisieren
- ▶ Verbesserung des Netzzustandes darstellen und diskutieren, z. B. Erfolg der Bemühungen dem Bürger und dem Stadt-/Gemeinderat vermitteln

Idealerweise wird das Vorgehen eines Abwassernetzbetreibers in einem Abwasserkonzept dokumentiert. Beispiele sind im Anhang 12.5 dargestellt.

10.2 Empfehlung zur Beteiligung der Öffentlichkeit

Um die Akzeptanz von Sanierungsmaßnahmen in der Öffentlichkeit allgemein und im Projektumfeld speziell zu verbessern, ist eine breit gefächerte Öffentlichkeitsarbeit sowie die direkte Unterstützung der betroffenen Grundstückseigentümer durch verschiedene Angebote sinnvoll (Ministerium für Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes NRW 2007).

Die Darstellung der Problematik der undichten Kanäle sollte durch Beiträge in den Tagesprintmedien erbracht werden. Zudem sind Anschreiben an die Eigentümer mit allen wichtigen Informationen bezüglich des Ablaufes, der Förderung bzw. Unterstützung der Sanierungsmaßnahmen notwendig.

Um in einem Teilnetz/Ortsnetz einen ganzheitlichen Sanierungserfolg zu erreichen und Kosten für den Grundstückseigentümer zu sparen ist es empfehlenswert, den Zeitpunkt der Sanierungsmaßnahme mit denjenigen von Grundstücksentwässerungsleitungen (GEA) zu verbinden.

Die Erfahrungen von Kommunen mit der gleichzeitigen Sanierung des öffentlichen und privaten Netzes zeigen, dass es wichtig ist, die Eigentümer oder die Abwasserbeseitigungspflichtigen von Beginn an und bis zum Abschluss der Maßnahme zu beteiligen. Um Misstrauen vorzubeugen muss sich der Grundstückseigentümer sicher sein, dass ein Fachmann die Arbeiten und die entstehenden Kosten beurteilt.

Wichtig ist auch, dass der Eigentümer erkennt, dass von Seiten der Kommune oder des Landes aus Gründen des Gemeinwohls ein Interesse an der ganzheitlichen Sanierung besteht (z. B. durch einen Zuschuss oder durch das Angebot von Dienstleistungen) und dadurch das Interesse am Zustand der Abwasserleitungen geweckt wird (Ministerium für Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes NRW 2007).

11 Fallbeispiele für Kanalsanierungskonzepte

In der Anlage 12.5 sind Erfahrungen dreier Kommunen mit der Kanalunterhaltung und Sanierung detailliert dargestellt.

Es handelt sich dabei um zwei Städte (Stadt Unna und Stadt Barsinghausen – beide im Einzugsgebiet von Großstädten) und eine Gemeinde (Gemeinde Schwalmthal – mit ländlicher Struktur). Unna und Schwalmthal liegen in Nordrhein-Westfalen und unterliegen der Selbstüberwachungsverordnung „Abwasser des Landes NRW“. Barsinghausen liegt in Niedersachsen und unterliegt dem Wasserhaushaltsgesetz als rechtliche Grundlage für die Kanalunterhaltung.

Die Kommunen sind von der Einwohnerzahl (20.000 bis 60.000 Einwohner) und der Netzgröße (130 km bis 400 km Netzlänge) her als klein bis mittelgroß einzustufen. Alle drei Kommunen sind in einer Rechtsform des Eigenbetriebs organisiert (entweder als Stadtbetriebe oder Anstalt öffentlichen Rechts).

Einige wesentliche Aspekte aus den Fallbeispielen sind nachfolgend zusammengefasst:

- ▶ das Thema Kanalunterhaltung wird seit langem bearbeitet
- ▶ die Umsetzung erfolgt mit einem strukturierten Vorgehen für Untersuchung und Sanierung
- ▶ eigenes Personal koordiniert die Tätigkeiten
- ▶ externe Fachbüros führen die Planung aus (Hydraulik, TV-Auswertung, Datenbank-pflege, GIS-Systeme, Sanierungsplanung)
- ▶ Kanalkataster mit Datenbanksystem sind vorhanden
- ▶ Aufteilung des Netzes in sinnvolle Teilbereiche für Untersuchung und Sanierung wurde vorgenommen
- ▶ Ganzheitliche Betrachtungsweise (Zustand, Alter, Hydraulik, Oberfläche, Stadtentwicklung)
- ▶ Koordiniertes Abarbeiten von Sanierungsmaßnahmen in Verbindung mit Tiefbau
- ▶ Kontinuität von Optischer Inspektion – Auswertung – Sanierungsplanung – Ausführung innerhalb eines überschaubaren Zeitrahmens (ca. zwei Jahre) pro Untersuchungsgebiet sollte eingehalten werden
- ▶ Weitergehende Betrachtungen betreffen die Lebensdauer der Verfahren
- ▶ Ziele sind die Dichtheit der Kanäle, die Gebührenstabilität und die Verbesserung der hydraulischen Leistungsfähigkeit
- ▶ Nachhaltiges Bauen (siehe Kapitel 6) und Wärme aus Abwasser sind von untergeordneter Bedeutung
- ▶ Koordination mit der Sanierung von privaten Grundstücksentwässerungen findet nicht statt

12 Anhänge

12.1 Schadensmatrix (Berger et al. 2016)

Schäden	Ursache	Planungsfehler	Ausführungsfehler	Instandhaltungsfehler	Fehler im Betrieb	Wechsel der Beanspruchung	Missachtung des Regelwerkes	Alterung	Folgefehler	Sonstiges
Undichtigkeiten	Nicht beachten von Regeln, Werkstoffnormen und Richtlinien bei Planung, Werkstoff- und Bauteil-auswahl, Bauausführung, Betrieb	x	x				x			
Undichtigkeiten	Verwendung ungeeigneter Werkstoffe	x	x				x			
Undichtigkeiten	Verwendung fehlerhafter oder beschädigter Bauteile		x							
Undichtigkeiten	Nicht fachgerechte Bauausführung		x							
Undichtigkeiten	Werkstoffalterung							x		
Abflusshindernisse	Nicht beachten von Regeln, Werkstoffnormen und Richtlinien bei Planung, Werkstoff- und Bauteil-auswahl, Bauausführung, Betrieb	x	x		x					

Schäden	Ursache	Planungsfehler	Ausführungsfehler	Instandhaltungsfehler	Fehler im Betrieb	Wechsel der Beanspruchung	Missachtung des Regelwerkes	Alterung	Folgefehler	Sonstiges
Abflusshindernisse	Planungsfehler (Gefälle)	x								
Abflusshindernisse	Fehlerhafte Bauausführung		x							
Abflusshindernisse	ungenügende Reinigung			x						
Abflusshindernisse	Nicht wurzelfeste Dichtstoffe oder Rohrverbindungen	x	x							
Abflusshindernisse	Einleitung ablagerungs- und/oder abbindefähiger Stoffe				x					
Abflusshindernisse	Betriebsfremde Einflüsse									x
Abflusshindernisse	Folge von Undichtigkeiten								x	
Fehler an Rohrverbindungen	Fehlerhafte Planung und Bauausführung	x	x							
Fehler an Rohrverbindungen	Hydrogeologische Veränderungen					x				
Fehler an Rohrverbindungen	Belastungsänderungen					x				
Fehler an Rohrverbindungen	Setzungen					x				
Fehler an Rohrverbindungen	Bergsenkungen					x				
Fehler an Rohrverbindungen	Folge von Undichtigkeiten								x	
Oberflächenschäden	Spülverschleiß			x				x		
Oberflächenschäden	Tropfenschlagerosion	x								
Oberflächenschäden	Kavitationserosion	x								
Oberflächenschäden	Flüssigkeitserosion	x								
Oberflächenschäden	Werkstoffunverträglichkeit	x								
Oberflächenschäden	Korrosionszementgebundener Bau-/Werkstoffe	x			x			x		
Oberflächenschäden	Aggressive Böden	x						x		
Verformung	Fehlende oder fehlerhafte statische Berechnung	x								
Verformung	Einbau ungeeigneter oder fehlerhafter Rohre	x	x							
Verformung	Belastungsänderungen					x				
Verformung	Unsachgemäße Bauausführung		x							
Verformung	Fehlerhafte Bettung		x							

Schäden	Ursache	Planungsfehler	Ausführungsfehler	Instandhaltungsfehler	Fehler im Betrieb	Wechsel der Beanspruchung	Missachtung des Regelwerkes	Alterung	Folgefehler	Sonstiges
Verformung	Unsachgemäße Verdichtung		x							
Verformung	Temperatureinwirkung	x			x					x
Risse, Rohrbruch, Einsturz	Linienlagerung		x							
Risse, Rohrbruch, Einsturz	Folge von Undichtigkeiten, Lageabweichungen, mechanischem Verschleiß, Korrosion oder Verformung								x	
Risse, Rohrbruch, Einsturz	Punktlagerung		x							
Risse, Rohrbruch, Einsturz	Reiten der Muffe		x							
Risse, Rohrbruch, Einsturz	Nicht steinfreies Material in der Bettungszone	x	x							
Risse, Rohrbruch, Einsturz	Nicht gelenkig ausgebildeter Bauwerksanschluss	x	x							
Risse, Rohrbruch, Einsturz	Temperatureinwirkungen	x				x				x
Risse, Rohrbruch, Einsturz	Einzellasten	x	x							
Risse, Rohrbruch, Einsturz	Wurzeleinwuchs	x	x						x	
Risse, Rohrbruch, Einsturz	Kriegseinwirkungen									x
Risse, Rohrbruch, Einsturz	unsachgemäße (nachträgliche) Einbindungen		x							
Risse, Rohrbruch, Einsturz	Alterung							x		
Schadhafte Anschlüsse	Unsachgemäße Bauausführung		x							
Schadhafte Anschlüsse	Alterung							x		
schadhafte Sanierung	Unsachgemäße Bauausführung		x							
schadhafte Sanierung	Alterung							x		
schadhafte Sanierung	Fehlerhafte Materialauswahl	x	x							
schadhafte Sanierung	Belastungsänderungen					x				

12.2 Überprüfungszeiträume (Auszug aus der Abwasser Eigenkontrollverordnung EKVO, Hessen 2010)

	Abwasserkanäle und -leitungen	Wiederholungsintervall (a)
1.	Abwasserkanäle und -leitungen für gewerbliches Abwasser, für das im jeweils maßgeblichen Anhang der Abwasserverordnung Anforderungen an das Abwasser vor Vermischung oder für den Ort des Anfalls festgelegt worden sind, bis zur Behandlungsanlage	10
2.	Abwasserkanäle und -leitungen, die dem allgemeinen Gebrauch dienen	15
3.	Abwasserkanäle und -leitungen für gewerbliches Abwasser, für das im jeweils maßgeblichen Anhang der Abwasserverordnung Anforderungen an das Abwasser vor Vermischung oder für den Ort des Anfalls festgelegt worden sind, nach der Behandlungsanlage oder wenn diese Anforderungen im unbehandelten Abwasser bereits eingehalten sind	20
4.	Abwasserkanäle und -leitungen für gewerbliches Abwasser, für das keine Anforderungen an das Abwasser vor Vermischung oder für den Ort des Anfalls festgelegt worden sind	
5.	Kühlwasserkanäle und -leitungen	20
6.	Niederschlagswasserkanäle im Trennsystem, die dem allgemeinen Gebrauch dienen	

12.3 Prüfverfahren, Zeitspannen und Anlässe für die Dichtheitsprüfung (DIN 1986-30 2012)

Nr.	Zeitspannen und Anlässe der Prüfung in/spätestens nach Jahren für Nr. 1 bis Nr. 2 und Prüfmart											
1	Wiederkehrende Prüfung von Grundleitungen und Anlagen nach Abschnitt 10, in den nachstehenden Jahresintervallen											
	Anlass/ Prüfobjekt	Häusliches Abwasser				Gewerbliches Abwasser						
						a) vor einer Abwasserbehandlungsanlage			b) nach einer Abwasserbehandlungsanlage			
		KA	DR ₂	DR ₁	Zeitspanne	KA	DR ₁	Zeitspanne	KAe	DR ₂ ^e	DR ₁	Zeitspanne
1.1	Anlage zur Ableitung von Abwasser	x	-	-	20 Jahre, 30 Jahre erstmalig bei Neuanlagen mit nachweislich durchgeführter Prüfung DR ₁	-	-	x	5	x ^a	-	20 Jahre, 30 Jahre erstmalig bei Neuanlagen mit nachweislich durchgeführter Prüfung DR ₁
1.2	Total-Umbauten Entkernungen	-	-	x	im Zuge der Baumaßnahmen	-	x	im Zuge der Baumaßnahmen	-	-	x	im Zuge der Baumaßnahmen
1.3	Bei wesentlichen baulichen Veränderungen	-	x	-		-	x		-	x	-	im Zuge der Baumaßnahmen
1.4	bei Überbauung der vorhandenen Grundleitungen	x	-	-		-	x		-	x	-	im Zuge der Baumaßnahmen
1.5	Abläufe und Zuleitungen/ Auffangvorrichtungen in Verbindung mit Abwasseranlagen nach § 62 WHG ^{b,c} nach 10.1.2, d) und e)			-	-	x	5 Jahre ^{b,c}	x	bei Anlässen nach Zeile 1.2 bis 1.4 im Zuge der Baumaßnahmen			20 Jahre, 30 Jahre erstmalig bei Neuanlagen mit nachweislich durchgeführter Prüfung DR ₁
2	In Wasserschutzgebieten (siehe Abschnitt 7 und 10.1.1) ist die Erstprüfung bestehender Anlagen entsprechend der Regelungen in den Wasserschutzgebietsverordnungen bzw. den behördlichen Festlegungen durchzuführen. Wiederkehrende Prüfungen für Grundleitungen in Wasserschutzgebieten sind in den nachstehenden Jahresintervallen durchzuführen.											
2.1	Schutzzone II Anlagen zur Ableitung von Abwasser									KA	DR ₁	wiederkehrende Prüfung
										-	x	mindestens 5
2.2	Schutzzone III	Anlagen zur Ableitung von häuslichem Abwasser								x	-	10 ^d
		Anlagen nach Abschnitt 13, Nr. 2 a) zur Ableitung von gewerblichem Abwasser und Abwasseranlagen als Auffangvorrichtung nach DWA-A 787								-	x	mindestens 5
		Anlagen nach Abschnitt 13, Nr. 2 b)								x	-	10 ^d

Nr.	Zeitspannen und Anlässe der Prüfung in/spätestens nach Jahren für Nr. 1 bis Nr. 2 und Prüfmethode
a	<p>Das Prüfverfahren KA für Grundleitungen und Schächte, über die gewerbliches Abwasser nach einer Abwasserbehandlungsanlage (siehe Abschnitt 13, Absatz 4) abgeleitet wird, gilt nur unter der Voraussetzung, dass für diese Leitungen und Schächte nachweislich eine Erstprüfung DR₁ durchgeführt wurde.</p> <p>b Weitere Anforderung zur Inspektion und Instandsetzung zu den in der Tabelle genannten Maßnahmen ergeben sich für Abwasserrohre, die gleichzeitig der Aufnahme von Abwasser aus Auffangsystemen im Sinne von § 62 WHG (z. B. Rückhaltesysteme für Feuerlöschwasser oder in besonderen Fällen Leitungen für die Tankfeldentwässerung) dienen. Das heißt Anlagen über den Anwendungsbereich der DWA-A 787 hinaus, müssen innerhalb einer Zeitspann von fünf Jahren nach der letzten Prüfung wiederkehrend einer Dichtheitsprüfung (DR₁) unterzogen werden, soweit in der jeweiligen Genehmigung nach Landesrecht nichts anderes bestimmt ist.</p> <p>c Als erstmalig geprüft gelten Abwasseranlagen mit einem planmäßigem Volumenstrom von mehr als 1 m³/h ohne Rückstau nach DWA-A 787, 5.4.3, wenn eine Dichtheitsprüfung nicht länger als zehn Jahre zurückliegt und diese nach Prüfkriterien der DWA-A 787 ohne Druckverluste bei der Dichtheitsprüfung mit Wasser oder Luft erfolgte, d. h. bei der Wasserdichtheitsprüfung nach der Vorbereitungszeit entsprechend DIN EN 1610, Wasserzugabewert = 0. Der Nachweis dieser Prüfung muss dokumentiert sein. Soweit von der zuständigen Behörde nichts anderes festgelegt ist, ist in diesen Fällen eine wiederkehrende Prüfung nach zehn Jahren vorzunehmen.</p> <p>Bei Anlagen nach DWA-A 787:2009-07, 5.4.2, mit einem planmäßigen Volumenstrom von weniger als 1 m³/h ohne Rückstau und häufigeres Trockenfallen der Abwasserleitung und damit geringer Vermischung des Abwasser, ist die Dichtheitsprüfung ebenfalls nach DIN EN 1610 mit Wasser oder Luft durchzuführen, Wasserzugabewert = 0 nach der normalen Vorbereitungszeit.</p> <p>Wird eine Abwasserleitung allein als Auffangeinrichtung mit einer Absperrschieberabsicherung betrieben und liegt damit im Sinne der DWA-A 787:2009-07, 5.4.1, bei einem Schadensfall im Rückstau durch den geschlossenen Schieber, ist diese Leitung nach DIN EN 1610 als Druckleitung nach DIN EN 805 zu prüfen. Die Anforderungen aus DIN EN 805 sind in DVGW-W 400-3 für die Planung, den Bau, die Prüfung, den Betrieb und die Instandhaltung von Wasserversorgungsanlagen enthalten. DVGW-W 400-1 bis DVGW-W 400-3 können ergänzend zu DIN EN 805 auch für Abwasserdruckleitungen angewendet werden.</p> <p>d Sofern nach der ersten wiederkehrenden Prüfung keine baulichen oder verkehrstechnischen Änderungen mit Auswirkung auf die Entwässerungsanlage (statisch/dynamisch) erfolgt sind und die abwassertechnische Belastung nicht verändert wurde, können im Einvernehmen mit der Überwachungsbehörde die Intervalle für die Prüfung verlängert oder auch verkürzt werden. Ebenso sind Änderungen des Prüfverfahrens durch die zuständige Behörde möglich. Siehe auch ATV-DVWK-A 142 [1].</p> <p>e Die optische Inspektion (KA) und die vereinfachte Dichtheitsprüfung (DR₂) für Leitungen und Schächte, die gewerbliches Abwasser nach einer Abwasserbehandlungsanlage ableiten, gilt nur, wenn nachweislich eine Dichtheitsprüfung DR₁ erfolgte, die nicht älter als fünf Jahre ist.</p>

Tabelle wurde mit freundlicher Genehmigung des DIN e. V. zur Verfügung gestellt. Es handelt sich um eine geschützte Abbildung, deren Vervielfältigung untersagt ist.

12.4 Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen in Wassergewinnungsgebieten (DWA-A 142 2016)

Prüfanlass	Prüfaufwand	Prüfverfahren	Prüfintervall
Abnahme bei Neubau, Erneuerung und Renovierung		DIN EN 1610, DWA-A 139	
Abnahme vor Ablauf der Gewährleistung bei Neubau, Erneuerung und Renovierung		DIN EN 1610, DWA-A 139	
Wiederkehrende Prüfung im Bestand in Abhängigkeit vom Gefährdungspotenzial und der Wahl des Entwässerungssystems	Standard z. B. Schutzzone III weniger hohes Gefährdungspotenzial	Mindestens optische Inspektion	Schmutzwasser: 10 Jahre Behandlungsbedürftiges Niederschlagswasser: 15 Jahre
	Erweitert z. B. Schutzzone II hohes Gefährdungspotenzial	Haltungsweise Prüfung nach DIN EN 1610, DWA-A 139 Ersatzweise Muffenprüfung nach DIN EN 1610, DWA-A 139	5 Jahre
	Deutlich erweitert z. B. Schutzzone I sehr hohes Gefährdungspotenzial	Haltungsweise Prüfung nach DIN EN 1610, DWA-A 139 Ersatzweise Muffenprüfung nach DIN EN 1610, DWA-A 139	1 bis 3 Jahre

Tabelle wurde mit freundlicher Genehmigung der DWA zur Verfügung gestellt und ist Teil des Arbeitsblattes DWA-A 142 „Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen in Wassergewinnungsgebieten“, Januar 2016.

12.5 Fallbeispiele für Kanalsanierungskonzepte

12.5.1 Schwalmthalwerke AÖR



A) Allgemeine Angaben	
Stadt/Gemeinde	Gemeinde Schwalmthal
Bundesland	Nordrhein-Westfalen
Netzbetreiber	Schwalmthalwerke AÖR
Adresse	Markt 1, Schwalmthal
Rechtsform	Anstalt Öffentlichen Rechts
Netzlänge	
Einwohnerzahl	19.150
Fläche	48 km²
Geltende EKVO	SüwVO Abwasser NRW
Falls keine EVKO, welche rechtliche Grundlage gilt	
B) Optische Inspektion:	
Strategie der optischen Inspektion	Jährlich Teilgebiete untersuchen
Aufteilung in sinnvolle Teilnetze: wenn ja, wie ist es aufgeteilt	Ja; Spülbezirke 1–15
Erstuntersuchungszeitraum	1995–1996
jährliche optische Inspektion Abschnitte (km)	15 km–20 km (je nach Größe der Spülbezirke)
jährliche Auswertung der optischen Inspektion maschinell/ PC-gestützt (km)	Maschinelle Auswertung am/ durch PC-Programm: 15 km–20 km
Intern/extern?:	Externes Ing.-Büro
jährliche Auswertung der optischen Inspektion manuell/optische Prüfung (km)	Manuelle Auswertung durch ZKS-Berater: 15 km–20 km
Intern/extern?:	Externes Ing.-Büro
Struktur der Untersuchung: Kontrolle: eigenes Personal	Ja, ein Mann im Büro für Datenpflege und Katasterpflege
Fachfirma/Arbeiten durch ...?	Fachfirma führt TV-Untersuchung im Auftrag durch
Ist eine Datenbank vorhanden? Intern gepflegt? Extern gepflegt?	Ja, extern gepflegt durch Ing.-Büro
Datenbanksystem?	ARES

C) Sanierungskonzept:

Welche Strategie wird verfolgt? (Stadtteile, Ortsnetze) (Jahresvolumen/Sonstiges)	Kanäle prioritär nach Zustandsklassen auswählen; Spülbezirke oder übergreifend (wenn Überhang aus Vorjahr vorhanden ist)
Welche ZK's werden primär betrachtet	ZK 0 und ZK 1 (nach DWA M-149)
Welche ZK's werden sekundär betrachtet	ZK 2 und ZK 3 (nach DWA M-149)
Was hat keine Priorität	Gewässer und Regenwasserkanäle
Welche Kanalarten werden bevorzugt saniert?	Mischwasser- und Schmutzwasserkanäle
Welche Verfahrensgruppen werden bevorzugt?	Renovierung (Investitionsbudget) und Reparatur (Unterhaltungsbudget)
Welcher Umfang der jährlichen Detailsanierung findet statt?	Zwischen 3 und 5 km; 200 bis 300 Stück Schächte.

D) Gesamtkonzept-Betrachtung

Zusätzliche Planungstools nach DWA	Nein
Hydraulische Berechnung des Netzes	Ja
GEP	Ja
Ortsentwicklungsplan/Gemeinde-entwicklungsplan	Ja
Neubauplanung Straßenoberbau	Ja
Neubauplanung Gas, TW, Elektro, Sparten	Ja
Planungsvorgaben (Wünsche) in Bezug auf Sanierung	Lange Nutzungsdauer der Sanierung ist gewünscht
Bevorzugte Verfahren	
REN	Schlauchliniungsverfahren und Schachtliner
REP	Roboterverfahren und Kurzliner
ERN	Konventioneller Tiefbau (aus hydraulischen Gründen oder aus Gründen der Gemeindeentwicklung)

E) Langfristige Entwicklung des Netzes

Zielvorgaben	- Gebühren: - ZK's: - sonstiges:
Zeithorizont	Bis 2020 soll die Wiederholungsbefahrung erfolgt sein
Mitteleinsatz	Ca. 1,0 Mio. brutto Sanierungsbudget pro Jahr
Wiederholungsuntersuchung	laufend
Wann ist das saniert? Geschätzter Zeithorizont?	Bis 2025 sollen die ZK 0 und ZK 1 saniert sein; Teil der ZK 3 Soll dann begonnen werden.

F) Personalbedarf:

Mitarbeiter für Unterhaltung u. Sanierung	2 Personen
Fremdbüros für Unterhaltung u. Sanierung	2 externe Ing.-Büros
Kolonneneinsatz für Betrieb/Unterhaltung (eigenes Personal)	5 Mann

G) Erfahrungen aus der bisherigen Arbeit

Was hat gut funktioniert

Was hat nicht gut funktioniert

Was würden Sie unbedingt raten

Was würden Sie heute anders machen

Mittelbedarf für Sanierungsarbeiten/Jahr

Mittelbedarf für Personal- und Verwaltungskosten/Jahr

Mittelbedarf für Planungsbüro/Jahr

Einbindung von GEAs (Hauseigentümern)	Findet zurzeit nicht statt
---------------------------------------	----------------------------

H) Bemerkungsfeld:



12.5.2 Stadtbetriebe Unna

A) Allgemeine Angaben	
Stadt/Gemeinde	Stadt Unna
Bundesland	Nordrhein-Westfalen
Netzbetreiber	Stadtbetriebe Unna
Adresse	Viktoriastraße 12, Unna
Rechtsform	Eigenbetrieb
Netzlänge	300 km
Einwohnerzahl	58.000
Fläche	89 km ²
Geltende EKVO	SüwVO Abwasser NRW
Falls keine EVKO, welche rechtliche Grundlage gilt	. / .
B) Optische Inspektion:	
Strategie der optischen Inspektion	5 % der Gesamtlänge werden jährlich mittels optischer Inspektion untersucht
Aufteilung in sinnvolle Teilnetze: wenn ja, wie ist es aufgeteilt	Die Aufteilung erfolgt nach Stadtteilen, bzw. nach dem GEP
Erstuntersuchungszeitraum	1995–2005
jährliche optische Inspektion Abschnitte (km)	15–20 km
jährliche Auswertung der optischen Inspektion maschinell/ PC-gestützt (km)	15–20 km
Intern/extern?:	extern
jährliche Auswertung der optischen Inspektion manuell/optische Prüfung (km)	15–20 km
Intern/extern?:	extern
Struktur der Untersuchung: Kontrolle: eigenes Personal	intern
Fachfirma/Arbeiten durch ...?	. / .
Ist eine Datenbank vorhanden? Intern gepflegt? Extern gepflegt?	Intern gepflegte Datenbank
Datenbanksystem?	

C) Sanierungskonzept:

Welche Strategie wird verfolgt? (Stadtteile, Ortsnetze) (Jahresvolumen/Sonstiges)	Sanierung der jährlich festgestellten Mängel (ca. 750.000€)
Welche ZK's werden primär betrachtet	ZK 0 und ZK 1
Welche ZK's werden sekundär betrachtet	ZK 2 bis ZK 4
Was hat keine Priorität	Bisher wurden Reparaturmaßnahmen nicht durchgeführt (Kosten/ Aufwand). Ab 2018 erfolgen auch Reparaturen.
Welche Kanalarten werden betrachtet?	Trenn-/und Mischsystem/alles wird betrachtet, auch Regenwasser wegen der Gefahr von Unterspülung.
Welche Verfahrensgruppen werden bevorzugt?	Renovierung (Auskleidungsverfahren und Rohr-in-Rohr-Verfahren)
Welcher Umfang der jährlichen Detailsanierung findet statt?	Ca. 3 km Liner pro Jahr (seit 2018 auch ca. 2 km Reparaturhaltungen pro Jahr).

D) Gesamtkonzept-Betrachtung

Zusätzliche Planungstools nach DWA	
Hydraulische Berechnung des Netzes	ja
GEP	ja
Ortsentwicklungsplan/Gemeinde-entwicklungsplan	ja
Neubauplanung Straßenoberbau	ja
Neubauplanung Gas, TW, Elektro, Sparten	Ja, übergreifende Betrachtung für Neubau.
Planungsvorgaben (Wünsche) in Bezug auf Sanierung	Lange Lebensdauer der Verfahren
Bevorzugte Verfahren	
REN	Prio 1: Schlauchliner und Rohr in Rohr
REP	Prio 3: Reparaturverfahren
ERN	Prio 2: Neubau/Erneuerung

E) Langfristige Entwicklung des Netzes

Zielvorgaben	- Gebühren: - ZK's: - sonstiges:	ZK's © dichte Kanäle
Zeithorizont		Alle 20 Jahre
Mitteleinsatz		20 Jahre a ca. 800.000€
Wiederholungsuntersuchung		Alle 20 Jahre
Wann ist das saniert? Geschätzter Zeithorizont?		Nach 20 Jahren

**F) Personalbedarf:**

Mitarbeiter für Unterhaltung u. Sanierung	2
Fremdbüros für Unterhaltung u. Sanierung	1
Kolonneneinsatz für Betrieb/Unterhaltung (eigenes Personal)	3

G) Erfahrungen aus der bisherigen Arbeit

Was hat gut funktioniert	Kontinuierliche jährliche optische Inspektion und Sanierung
Was hat nicht gut funktioniert	Reparaturen
Was würden Sie unbedingt raten	Zeitliche Abfolge, Optische Inspektion – Planung – Sanierung
Was würden Sie heute anders machen	Nichts; das System hat sich bewährt.
Mittelbedarf für Sanierungsarbeiten/Jahr	750.000 € für Ausführung, 50.000 € für Planung.
Mittelbedarf für Personal- und Verwaltungskosten/Jahr	160.000 €
Mittelbedarf für Planungsbüro/Jahr	50.000 €

H) Bemerkungsfeld:

Die kontinuierliche Abfolge optischen Inspektion, der Auswertung, der Sanierungsplanung und der Bauausführung innerhalb von 2 Jahren pro Untersuchungsgebiet sollten unbedingt eingehalten werden.



12.5.3 Stadtentwässerungsbetrieb Barsinghausen

A) Allgemeine Angaben	
Stadt/Gemeinde	Stadt Barsinghausen
Bundesland	Niedersachsen
Netzbetreiber	Stadtentwässerungsbetrieb Barsinghausen
Adresse	Poststraße 3, Barsinghausen
Rechtsform	Eigenbetrieb
Netzlänge	400 km
Einwohnerzahl	34.000
Fläche	103 km²
Geltende EKVO	
Falls keine EVKO, welche rechtliche Grundlage gilt	
B) Optische Inspektion:	
Strategie der Optischen Inspektion	Vollständige optische Inspektion, Bildung von Teilnetzen
Aufteilung in sinnvolle Teilnetze: wenn ja, wie ist es aufgeteilt	Teilnetze, Stadtteile Nord, Süd, Ost und 14 Ortsnetze
Erstuntersuchungszeitraum	2010–2017
jährliche optische Inspektion Abschnitte (km):	43 km/Jahr
jährliche Auswertung der optischen Inspektion maschinell/ PC-gestützt (km):	Auswertung maschinell in 4 Abschnitten (Nord 51 km, Süd 82 km, Ost 69 km, Ortsteile 142 km)
Intern/extern?:	Extern; maschinell mit PC – Programm
jährliche Auswertung der optischen Inspektion manuell/optische Prüfung (km):	Zwischen 20–40 km
Intern/extern?:	Extern; manuell mit in Augenscheinnahme
Struktur der Untersuchung: Kontrolle: eigenes Personal	Eigenes Fachpersonal zur Koordination der Aufgaben
Fachfirma/Arbeiten durch ...?	Ingenieurbüro
Ist eine Datenbank vorhanden? Intern gepflegt? Extern gepflegt?	Ja, Extern
Datenbanksystem?	Sagis-Web, Oracle



C) Sanierungskonzept:		
Welche Strategie wird verfolgt? (Stadtteile, Ortsnetze) (Jahresvolumen/Sonstiges)		Stadtteile und Ortsnetze abarbeiten.
Welche ZK's werden primär betrachtet		ZK 5 und ZK 4 (nach ISYBAU)
Welche ZK's werden sekundär betrachtet		ZK 3 und ZK 2 (nach ISYBAU)
Was hat keine Priorität		ZK 1
Welche Kanalarten werden betrachtet?		Schmutzwasser- und Regenwasserkanäle
Welche Verfahrensgruppen werden bevorzugt?		Renovierung und Erneuerung (Investitionen); Reparatur aus dem Unterhaltungsbudget.
Welcher Umfang der jährlichen Detailsanierung findet statt?		Zwischen 3 km und 10 km
D) Gesamtkonzept-Betrachtung		
Zusätzliche Planungstools nach DWA		NEIN
Hydraulische Berechnung des Netzes		JA
GEP		JA
Ortsentwicklungsplan/Gemeinde-entwicklungsplan		JA
Neubauplanung Straßenoberbau		JA
Neubauplanung Gas, TW, Elektro, Sparten		JA
Planungsvorgaben (Wünsche) in Bezug auf Sanierung		Langlebige Verfahren; GFK- und PE-Material
Bevorzugte Verfahren		
REN		Schlauchlining mit GFK
REP		Roboter und Quick-Lock-Manschetten, Kopflöcher
ERN		Konventioneller Tiefbau
E) Langfristige Entwicklung des Netzes		
Zielvorgaben	- Gebühren: - ZK's: - sonstiges:	ZKs deutlich verbessern; Dichtheit der Kanäle, Gebührenstabilität, Verbesserung der hydraulischen Leistungsfähigkeit
Zeithorizont:		2025 im ersten Durchlauf
Mitteleinsatz:		2 Mio. €/Jahr
Wiederholungsuntersuchung:		Alle 10 Jahre
Wann ist das saniert? Geschätzter Zeithorizont?		2025

**F) Personalbedarf:**

Mitarbeiter für Unterhaltung u. Sanierung	2
Fremdbüros für Unterhaltung u. Sanierung	3
Kolonneneinsatz für Betrieb/Unterhaltung (eigenes Personal)	1 Person

G) Erfahrungen aus der bisherigen Arbeit

Was hat gut funktioniert	Koordiniertes Arbeiten Inliner + Tiefbau in Kombination
Was hat nicht gut funktioniert	Einige Reparaturverfahren sind nicht nachhaltig genug.
Was würden Sie unbedingt raten	Ganzheitliche Betrachtungsweise (Zustand, Alter, Hydraulik, Oberflächen, Entwicklung Städtebau ...)
Was würden Sie heute anders machen	Nichts
Mittelbedarf für Sanierungsarbeiten/Jahr	2 Mio. €/Jahr
Mittelbedarf für Personal- und Verwaltungskosten/Jahr	180.000 €/Jahr
Mittelbedarf für Planungsbüro/Jahr	60.00–100.000 €/Jahr

H) Bemerkungsfeld:

Koordiniertes Arbeiten Liner + Tiefbau in Kombination ist wichtig für die Abarbeitung starker Schäden

Literaturverzeichnis

- Abwasser Eigenkontrollverordnung (EKVO) (2010). (EKVO vom 05.08.2010). Land Hessen.
- Beikert, T. C. (2010): Bestimmung des Product Carbon Footprint von PE Rohren mit anschließendem Werkstoffvergleich. Bachelorarbeit. Hochschule Darmstadt, Darmstadt.
- Berger, C.; Falk, C.; Hetzel, F.; Pinnekamp, J.; Roder, S.; Ruppelt, J. (2016): Zustand der Kanalisation in Deutschland. Ergebnisse der DWA-Umfrage 2015. Sonderdruck. In: KA Korrespondenz Abwasser, Abfall (6).
- Berger, J. et al. (2014): Umweltinformationen für Produkte und Dienstleistungen. Anforderungen - Instrumente - Beispiele. 6. überarbeitete Auflage. Hg. v. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB), Bundesverband der Deutschen Industrie e.V. und Umweltbundesamt. Berlin.
- Bosseler, B.; Brüggemann, T.; Dyrbusch, A.; Beck, D.; Kohler, T.; Kramp, T. et al. (2014): Kanalabdichtungen – Auswirkungen auf die Reinigungsleistung der Kläranlagen und der Einfluss auf den örtlichen Wasserhaushalt. Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit. FKZ 37 11 26 326. Unter Mitarbeit von IKT. Hg. v. Umweltbundesamt.
- Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR), Bonn (Hg.) (2015): Überflutung- und Hitzevorsorge durch die Stadtentwicklung. Strategien und Maßnahmen zum Regenwasser Management gegen urbane Sturzfluten und überhitzte Städte. Ergebnisbericht der fallstudiengestützten Expertise Klimaanpassungsstrategien zur Überflutungsvorsorge verschiedener Siedlungstypen als kommunale Gemeinschaftsaufgabe. Bonn.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit; Bundesministerium der Verteidigung (2015): Arbeitshilfen Abwasser. Planung, Bau und Betrieb von abwassertechnischen Anlagen in Liegenschaften des Bundes. Hannover.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (Hg.) (2016): Leitfaden Nachhaltiges Bauen, Ausgabe 2016. Berlin.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2001): Gefährdungspotenzial von undichten Kanälen bei industriellen und gewerblichen Grundstücksentwässerungsleitungen und die Ableitung von Empfehlungen zur Revitalisierung defekter Entwässerungsleitungen. Forschungsbericht 297 28 528. Berlin.
- Diermann, R. (2016): Wärme aus der Kloake. Abwasser-Verwertung. Hg. v. SPIEGEL ONLINE. Hamburg. Online verfügbar unter <http://www.spiegel.de/wissenschaft/technik/waerme-aus-abwasser-gewinnen-die-nudelwasser-heizung-a-1119345.html>, zuletzt geprüft am 10.10.2017.
- DIN 1986-30 (2012): Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke. Instandhaltung. Beuth Kommentar unter Mitarbeit von Franz-Josef Heinrichs, Bernd Rickmann, Klaus-Dieter Sondergeld, Karl-Heinz Störrlein und Robert Thoma. 1. Aufl. Deutsches Institut für Normung e. V. Beuth Verlag GmbH, Berlin.
- DIN 31051:2012-09, (2012): Grundlagen der Instandhaltung. Deutsches Institut für Normung e. V. Beuth Verlag GmbH, Berlin.
- DIN EN 752 (2017): Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden. Deutsches Institut für Normung e. V. Beuth Verlag GmbH, Berlin.
- DIN EN 2016, (2015): Einbau und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen. Deutsches Institut für Normung e. V. Beuth Verlag GmbH, Berlin.
- DIN EN 13508-2:2011-08 (2011): Untersuchung und Beurteilung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden - Teil 2: Kodiersystem für die optische Inspektion; Deutsche Fassung EN 13508-2:2003+A1:2011. Deutsches Institut für Normung e. V. Beuth Verlag GmbH, Berlin.
- DIN EN 15885:2011-03 (2011) Klassifizierung und Eigenschaften von Techniken für die Renovierung und Reparatur von Abwasserkanälen und -leitungen; Deutsche Fassung EN 15885:2010. Deutsches Institut für Normung e. V. Beuth Verlag GmbH, Berlin.
- DIN EN ISO 14000 ff Umweltmanagementsysteme - Anforderungen mit Anleitung zur Anwendung Deutsche und Englische Fassung. Deutsches Institut für Normung e. V. Beuth Verlag GmbH, Berlin.
- DIN EN ISO 14001:2015-11 Umweltmanagementsysteme - Anforderungen mit Anleitung zur Anwendung (ISO 14001:2015); Deutsche und Englische Fassung EN ISO 14001:2015. Deutsches Institut für Normung e. V. Beuth Verlag GmbH, Berlin.
- DIN EN ISO 14045:2012-10 (2012) Umweltmanagement - Ökoeffizienzbewertung von Produktsystemen - Prinzipien, Anforderungen und Leitlinien (ISO 14045:2012); Deutsche und Englische Fassung EN ISO 14045:2012. Deutsches Institut für Normung e. V. Beuth Verlag GmbH, Berlin.
- DVGW Arbeitsblatt GW 9, (1986): Beurteilung von Böden hinsichtlich ihres Korrosionsverhaltens auf erdverlegte Rohrleitungen und Behälter aus unlegierten und niedriglegierten Eisenwerkstoffen.
- DVGW Arbeitsblatt W 101 (2006): Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete; I. Teil: Schutzgebiete für Grundwasser. DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V. Bonn.
- DVGW Arbeitsblatt W 102 (2002): Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete; II. Teil: Schutzgebiete für Talsperren. DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V. Bonn.
- DWA (2012): Positionen zu Grundstücksentwässerung. (DWA-Positionen). Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. Hennef.

- DWA-A 110 (2006): Hydraulische Dimensionierung und Leistungsnachweis von Abwasserleitungen und -kanälen. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft Abwasser und Abfall e.V. Hennef.
- DWA-A 118 (2006): Hydraulische Bemessung und Nachweis von Entwässerungssystemen. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft Abwasser und Abfall e.V. Hennef.
- DWA-A 138 (2005): Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft Abwasser und Abfall e.V. Hennef.
- DWA-A 142 (2016): Abwasserleitungen und -kanäle in Wassergewinnungsgebieten. (Arbeitsblatt).: Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft Abwasser und Abfall e.V. Hennef.
- DWA-A 143-14 (2016): Arbeitsblatt Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden Teil 14: Sanierungsstrategien. Gelbdruck. (Arbeitsblatt). Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. Hennef.
- DWA Leitfaden Nr. 3-1 (2005): Betrieb von Abwasseranlagen; Aufbau eines Abwasserkatasters. Stand: 5/2005. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall. Thomas Jacobs, Herrsching; Hardy Loy, München; Martin Wolf, München.
- DWA-M 137-1 (2018) Einbauten Dritter in Abwasseranlagen. Teil 1: Elektronische Kommunikationseinrichtungen. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. Hennef.
- DWA-M 146 (2018): Abwasserleitungen und -kanäle in Wassergewinnungsgebieten - Hinweise und Beispiele - (Merkblatt). Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. Hennef.
- DWA-M 149-3 (2015): Zustandserfassung und -beurteilung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden. Teil 3: Beurteilung nach optischer Inspektion. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. Hennef.
- DWA-M 149-2 (2014): Zustandserfassung und -beurteilung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden Teil 2: Kodiersystem für die optische Inspektion. (Merkblatt). Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. Hennef.
- DWA-M 149-7 (2016) Zustandserfassung und -beurteilung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden – Teil 7: Beurteilung der Umweltrelevanz des baulichen/ betrieblichen Zustands. (Merkblatt). Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. Hennef.
- DWA-M 159 (2005): Kriterien zur Materialauswahl für Abwasserleitungen und -kanäle. (Merkblatt). Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. Hennef.
- DWA-M 182 (2012): Fremdwasser in Entwässerungssystem außerhalb von Gebäuden. (Merkblatt). Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. Hennef.
- Engelhardt, P.; Haller, B.; Lampe, R.; Klein, F.; Köpf, W.; Krumm, A. et al. (2005): Abwasserleitungen in Wasserschutzgebieten. Grundlagen - Anforderungen - Hinweise für häusliches Abwasser in Baden-Württemberg. Karlsruhe.
- Exner, M. (2013): Aus medizinischer Sicht müssen Kanäle dicht sein. Interview mit Professor Dr. med. Martin Exner, Direktor des Hygieneinstitutes der Uni Bonn: bei Trinkwasser stärker an Krankheitserreger denken. In: Infodienst Grundstück und Wasser (1/2), S. 7. IKT. Gelsenkirchen.
- Gesetz zur Erleichterung des Ausbaus digitaler Hochgeschwindigkeitsnetze. DigiNetzG (2016), vom 04.11.2016.
- Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushaltes, Wasserhaushaltsgesetz. WHG. (2017) Gesamtausgabe. Fundstelle: BGBl I 2017, S 2771.
- GSTT-26 (2011): Vergleich der CO₂-Emissionen bei grabenloser und offener Verlegung von Vortriebsrohren De 3000 für das Projekt Czajka Warschau Polen. GSTT German Society for Trenchless Technology e.V. Berlin.
- Günthert, F. W.; Faltermaier, S. (2016): Studie Niederschlagswasser Anpassung der quantitativen Niederschlagswasserbeseitigung an den Klimawandel. -Urbane Sturzfluten-. Hintergründe – Risiken - Vorsorgemaßnahmen. Hg. v. Bundesverband Deutscher Baustoff- Fachhandel e.V. (BDB). München.
- Güteschutz Kanalbau (2015): Auftragsvergabe und Bieterqualifikation. Unter Mitarbeit von Dipl.-Ing. Jörg Junkers und Dipl.-Ing. Hans-Christian Möser. Güteschutz Kanalbau Gütegemeinschaft Herstellung und Instandhaltung von Abwasserleitungen und -kanälen e.V., Bad Honnef.
- Harms, S. (2015): Leitfaden: Corporate Carbon Footprint. Hg. v. Dienstleistungsgesellschaft der Norddeutschen Wirtschaft mbH. Hannover.
- Jacobs, T.; Loy, H.; Wolf, M. (2005): Betrieb von Abwasseranlagen. Aufbau eines Abwasserkatasters. Leitfaden Nr. 3.1. Hg. v. DWA Landesverband Bayern. München.
- Kalusche, W. (2004): Technische Lebensdauer von Bauteilen und wirtschaftliche Nutzungsdauer eines Gebäudes. Festschrift zum 60. Geburtstag von Professor Dr. Hansruedi Schalcher Eidgenössische Technische Hochschule Zürich. Brandenburgische Technische Universität Cottbus. Eidgenössische Technische Hochschule Zürich. Cottbus, 12.03.2004.
- Läufe, B.; Frank, T. (2013): Product Carbon Footprint – Vergleich verschiedener Rohrwerkstoffe. In: 3R (3/2013), S. 46–49. Vulkan-Verlag GmbH. Essen.
- Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (2012): LANUV-Fachbericht 43 - „Grundwassergefährdung durch undichte Kanäle Literaturliteraturauswertung und Auswertung der Analyseergebnisse der landesweiten Grundwassermessstellen in NRW“. 2012. Recklinghausen.

- Ministerium für Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes NRW (Hg.) (2007): Durchführung der Zustandserfassung und Sanierung von Abwasserleitungen auf Grundstücken und Empfehlungen für akzeptanzfördernde Maßnahmen. Abschlussbericht. RWTH Aachen. Aachen.
- Ministerium für Wirtschaft, Energie, Industrie, Mittelstand und Handwerk NRW Breitband.NRW (2017): Alternative Verlegungsmethoden für den Glasfaserausbau. Hinweise für die Praxis. 1. Aufl. Düsseldorf.
- Rechenberg, B. (2014): Anforderungen an die Kanalsanierung aus der Sicht des Umweltbundesamtes. Praxistage Kanalsanierung und Kanalreparatur, 17.09.2014. Gelsenkirchen.
- Redmann, A.; Bosseler, B. (2000): Infektionsgefahr durch Austrag von Krankheitserregern aus Einstiegschächten von Kanalisation und durch Aerosole. Endbericht. Hg. v. IKT. Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen. Gelsenkirchen.
- Richtlinie 91/271/EWG (2008): Richtlinie über die Behandlung von kommunalem Abwasser. Richtlinie des Rates vom 21. Mai 1991 über die Behandlung von kommunalem Abwasser (91/271/EWG), geändert durch die Verordnung (EG) Nr. 1137/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 22. Oktober 2008.
- Richtlinie 2000/60/EG (2000): Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik.
- Richtlinie 2006/118/EG (2006): Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates zum Schutz des Grundwassers vor Verschmutzung und Verschlechterung.
- Richtlinie 2008/105/EG (2008): Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates über Umweltqualitätsnormen im Bereich der Wasserpolitik.
- Richtlinie 2014/25/EU (2004): Richtlinie über die Vergabe von Aufträgen durch Auftraggeber im Bereich der Wasser-, Energie- und Verkehrsversorgung sowie der Postdienste und zur Aufhebung der Richtlinie 2004/17/EG, Richtlinie 2014/25/EU des Europäischen Parlaments und des Rates.
- Richtlinie 2014/61/EU (2014): Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates über Maßnahmen zur Reduzierung der Kosten des Ausbaus von Hochgeschwindigkeitsnetzen für die elektronische Kommunikation.
- Telekommunikationsgesetz (TKG) (2004). TKG, vom 13.04.2017.
- Semmelmann, A. (2017): Abwasserkataster/Einleiterkataster. Grundlage zur Indirekteinleiter Überwachung. Hg. v. Chemisch-Technische Umweltberatung GmbH. Eching am Ammersee. Online verfügbar unter www.ctu-online.de, zuletzt geprüft am 01.08.2018.
- Statistisches Bundesamt (2015): 2013: 97 % der Einwohner leiten Abwasser über öffentliche Kanäle ab. Pressemitteilung vom 22. Oktober 2015 – 390/15. Wiesbaden.
- Stein, D.; Stein, R. (2014): Instandhaltung von Kanalisationen. 4. Auflage. Bochum: Stein & Partner Germany.
- Verband der Netzbetreiber - VDN – e. V. beim VDEW (Hg.) (2006): Technische Richtlinie für die Instandhaltung von Betriebsmitteln und Anlagen in Elektrizitätsversorgungsnetzen. Berlin.
- Verordnung über die Vergabe öffentlicher Aufträge (Vergabeverordnung -VgV), (2016): VgV, vom 18. April. In: www.juris.de, zuletzt geprüft am 01.08.2018.
- Verordnung über Anforderungen an das Einleiten von Abwasser in Gewässer -Abwasserverordnung - AbwV. (2017).
- Wasser und Umwelt Bauhaus-Universität Weimar (Hg.) (2015): Rehabilitation von Rohrleitungen - Sanierung und Erneuerung von Ver- und Entsorgungsnetzen. Weiterbildendes Studium. Bauhaus Universitätsverlag. Weimar.
- Wobbe, T. (2012): Vergleichende Ökobilanzierung zweier Linerverfahren zur Kanalsanierung. Bachelorarbeit. Fachhochschule Münster Fachbereich Energie, Gebäude, Umwelt. Münster.
- Zech, H. (2018): Schadstoffe im Abwasser. Leitparameter, Bakterien, Viren-Telefoninterview mit dem Bayerischen Landesamt für Umwelt. Interview mit Hardy Loy. Mitschrift. Lingen (Ems).
- Zinnecker, J. (2017): Kabel im Kanal. Rechtlicher Hintergrund. TA Hannover. Hannover, 04/2017.



► **Unsere Broschüren als Download**
Kurzlink: bit.ly/2dowYYI

 www.facebook.com/umweltbundesamt.de
 www.twitter.com/umweltbundesamt
 www.youtube.com/user/umweltbundesamt
 www.instagram.com/umweltbundesamt/