

Zustand der Kanalisation in Deutschland

Ergebnisse der DWA-Umfrage 2015

C. Berger, C. Falk, F. Hetzel, J. Pinnekamp, S. Roder, J. Ruppelt



Zustand der Kanalisation in Deutschland

Ergebnisse der DWA-Umfrage 2015

Christian Berger (Hennef), Christian Falk (Dortmund), Friedrich Hetzel (Hennef), Johannes Pinnekamp, Silke Roder und Jan Ruppelt (Aachen)

Zusammenfassung

Die Ergebnisse der siebten DWA-Umfrage zum Zustand der Kanalisation in Deutschland werden vorgestellt. Die Erhebung basiert auf Daten aus dem Jahr 2013. Es wird deutlich, dass eine Erhöhung des Aufwands zur Kanalsanierung notwendig ist, um den Zustand des Kanalnetzes in Deutschland langfristig zu verbessern. Ergebnisse zur Alters- und Materialverteilung im Kanalnetz sowie zu den angewendeten Sanierungsverfahren werden vorgestellt.

Schlagwörter: Entwässerungssysteme, Kanalisation, Schacht, Zustand, DWA, Umfrage, Kosten, Sanierung, Inspektion, Fremdwasser, Grundstücksentwässerung, Sanierungsverfahren

DOI: 10.3242/kae2016.06.001

Abstract

Status of Sewer Systems Results of the 2015 DWA survey

The results of the seventh DWA survey on the status of sewer systems in Germany will be presented. The data were collected in 2013. The annual refurbishment needs to achieve a long-term improvement of the sewer system. Furthermore, results related to the age and material distribution as well as the applied rehabilitation methods are shown.

Key words: drainage systems, sewer systems, manhole, status, German Association on Water Management, Wastewater and Waste (DWA), survey, cost, rehabilitation, inspection, infiltration water, private sewerage system, rehabilitation methods

1 Veranlassung und Ziele

Die Aufrechterhaltung der Funktionsfähigkeit von Entwässerungssystemen ist zur Sicherstellung der Abwasserentsorgung gemäß DIN EN 752 [1] bzw. prEN 752:2015 [2] unabdingbar. Der Feststellung und Prüfung des Zustands von Entwässerungssystemen kommt hierbei eine zentrale Bedeutung zu.

Die DWA führt seit 1984/85 regelmäßig Umfragen zum Zustand der Kanalisation in Deutschland durch [3–8]. Diese Umfrage ist aktuell die siebte Erhebung dieser Reihe. Ziel ist es, ein möglichst repräsentatives Bild des Zustands der Kanalisation in Deutschland zu erheben. Aus einem Vergleich der Umfragen untereinander können jedoch lediglich Trends abgeleitet werden, da die Grundgesamtheit der teilnehmenden Kanalnetzbetreiber nur in Teilen mit denen vergangener Umfragen übereinstimmt.

Auf der Grundlage von Teilnehmeranmerkungen zur letzten Umfrage, bei denen insbesondere der Umfang des Fragenkatalogs als zu groß eingestuft wurde, wurde der Fragenumfang im Bereich der Versickerung von Niederschlagswasser und dem Zustand von Grundstücksentwässerungsanlagen reduziert.

2 Darstellung der Datenbasis

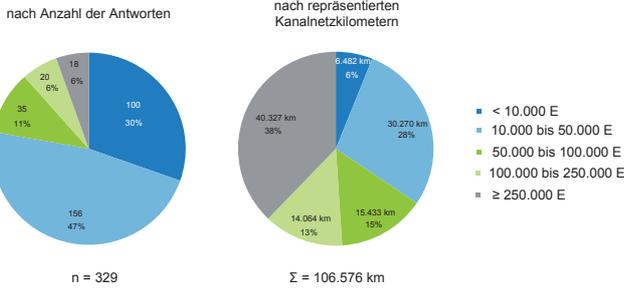
An der Umfrage beteiligten sich 339 Kanalnetzbetreiber aus dem gesamten Bundesgebiet. Diese repräsentieren 22,56 Millionen Einwohner, was 27,9 % der Gesamtbevölkerung Deutschlands entspricht. Somit erhöht sich der Anteil der abgebildeten

Bevölkerung im Vergleich zur Umfrage aus dem Jahr 2009 um etwa 10 %. Da nicht alle Kanalnetzbetreiber sämtliche 123 Fragen des Fragebogens beantwortet haben, wird bei den Auswertungen die jeweilige Anzahl der berücksichtigten Antworten angegeben.

Bei der vorgenannten Beteiligung ist eine sehr große Repräsentanz der Kanalnetzbetreiber bzw. der Bevölkerung gegeben. Dennoch muss darauf hingewiesen werden, dass aus den ausgewerteten Antworten zwar eine Tendenz mit hoher Aussagekraft, nicht aber statistisch abgesicherte, durchschnittliche technische oder wirtschaftliche Kenngrößen, wie zum Beispiel prozentuale Anteile der verwendeten Sanierungsverfahren oder jährliche Investitionen, abgeleitet werden können. So geben die dargestellten Werte die Realität in den beteiligten Netzen, nicht aber den Wert für das gesamte Netz in Deutschland wieder. Ferner wird darauf hingewiesen, dass bei einem Vergleich dieser Ergebnisse mit denen vorheriger Umfragen zu berücksichtigen ist, dass die Teilnahme an den Umfragen freiwillig ist und sich der Teilnehmerkreis daher immer wieder verändert. Zudem ist zu beachten, dass sich in den letzten Jahrzehnten einige Kriterien, beispielsweise für die Einteilung von Haltungen in Zustandsklassen, geändert haben. Insofern ist ein Vergleich der Umfragen nur tendenziell, nicht aber zahlenmäßig möglich.

Zur Beantwortung der Fragen waren alle Kanalnetzbetreiber mit Mitgliedschaft in der DWA aufgerufen. In Abbildung 1

Repräsentanz der Gemeindegrößenklassen in der Umfrage



Repräsentanz der Gemeindegrößenklassen in Deutschland (nach Stat. Bundesamt, 2015)

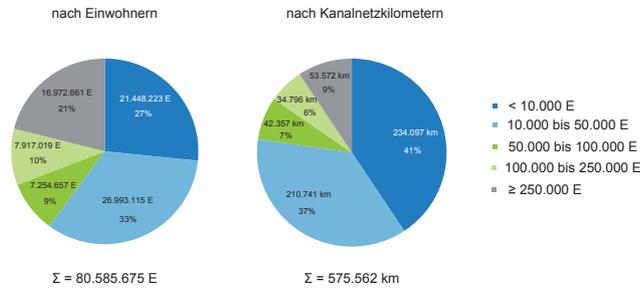


Abb. 1: Gegenüberstellung der in der Umfrage repräsentierten Einwohner und Kanalnetzlängen und entsprechenden Daten des Statistischen Bundesamts für Deutschland [9] (nach Gemeindegrößenklassen)

sind die Teilnehmer der Umfrage nach Gemeindegrößenklassen zum einen nach Anzahl der Antworten der jeweils beteiligten Betreiber und zum anderen nach repräsentierten Kanal-

netzkilometern dargestellt. Darüber hinaus ist abgebildet, wie sich die Gesamteinwohnerzahl und die Gesamtkanalnetzlänge Deutschlands auf die fünf Städte- und Gemeindegrößen verteilen. Grundlage hierfür bilden aktuelle Daten des Statistischen Bundesamts [9].

Die Differenz zu den zuvor genannten 339 teilnehmenden Kanalnetzbetreibern ergibt sich aus der Beteiligung von zehn Abwasserverbänden, die ausschließlich Transportkanäle bewirtschaften und somit keine Einwohner repräsentieren. Es wird deutlich, dass der Anteil der Rückläufe, die von Kanalnetzbetreibern aus Kommunen mit weniger als 10000 Einwohnern stammen, mit 30 % – was 100 Rückläufen entspricht – einen großen Anteil ausmacht. Von diesen 100 Kanalnetzbetreibern wird ein Kanalnetz mit einer Gesamtlänge von 6482 km betrieben, was einem Anteil von 6 % des in dieser Umfrage repräsentierten Kanalnetzes entspricht. Aus der Abbildung geht jedoch weiter hervor, dass in ganz Deutschland mit 234097 km ein Anteil von 41 % des Kanalnetzes in Kommunen mit weniger als 10000 Einwohnern liegt. Somit wird in dieser Umfrage nur ein Anteil von 2,8 % des Kanalnetzes in diesen Kommunen repräsentiert. Dies bedeutet, dass die Ergebnisse dieser Umfrage – wie auch die der Vorgängerumfragen – besonders durch die Antworten aus größeren Kommunen geprägt sind, was bei der Interpretation der Ergebnisse zu berücksichtigen ist. In Tabelle 1 sind die eingegangenen Antworten nach Städte- und Gemeindegrößenklassen dargestellt.

Für das Jahr 2013 wurde vom Statistischen Bundesamt eine Gesamtlänge des deutschen Kanalnetzes von 575 580 km ermittelt [9]. Die Verteilung der in der Umfrage erfassten Kanalarten im Bundesvergleich ist in Tabelle 2 dargestellt. Daraus geht hervor, dass die an der Umfrage teilnehmenden Kanalnetzbetreiber einen Längenanteil von 18,2 % des gesamten

Größe der Kommune [E]	Anzahl [n]	Einwohner		Einwohner-gewichteter Anschlussgrad [%]
		repräsentative	angeschlossen	
		[E]		
kleiner 10000	100	562 276	534 612	95,1
10000 bis 50000	156	3 705 744	3 541 950	95,6
50000 bis 100000	35	2 333 070	2 293 641	98,3
100000 bis 250000	20	3 178 783	3 131 419	98,5
größer 250000	18	12 777 949	12 719 170	99,5
Gesamt	329	22 557 822	22 223 966	98,5

Tabelle 1: Datenbasis der Umfrage

Art des Kanals	Erfasste Länge [km]	Gesamtlänge in Deutschland [km]*)	Erfasster Anteil
Mischwasserkanäle	44 203	242 866	18,2 %
Schmutzwasserkanäle	29 210	206 234	14,2 %
Regenwasserkanäle	22 372	126 480	17,7 %
Abwasserdruckleitungen	8 468	k. A.	–
Sonstige (z. B. offene Gerinne)	436	k. A.	–
Gesamt	104 690	575 580	18,2 %

*) [9]

Tabelle 2: Verteilung der erfassten Kanaldaten

Art des Kanals	Durchschnittliche Haltungslänge [m]
Mischwasserkanäle	40,2
Schmutzwasserkanäle	39,1
Regenwasserkanäle	36,8
Gesamt	39,1

Tabelle 3: Durchschnittliche Haltungslängen in Deutschland in Abhängigkeit von der Kanalart

deutschen Kanalnetzes repräsentieren. In Tabelle 3 ist die durchschnittliche Haltungslänge (Kanallänge zwischen zwei Schächten) der einzelnen Kanalarten in Deutschland dargestellt.

3 Ergebnisse der Umfrage

3.1 Anschlussgrad

Die Datenerhebung dieser Umfrage erfolgte erstmals für denselben Zeitraum wie die Erhebung des Statistischen Bundesamts, und zwar für das Jahr 2013. Das Statistische Bundesamt gibt für Deutschland einen Anschlussgrad an die öffentliche Kanalisation von 96,9 % an [9]. Dieser hat sich im Vergleich zum Stand 2009 um 0,9 % erhöht. Aus den Antworten der Umfrage ergibt sich ein Anschlussgrad über alle repräsentierten Einwohner von 98,5 %.

Zu Länge, Baujahr und Art der öffentlichen Kanalisation liegen ebenfalls aktuelle Daten des Statistischen Bundesamts vor. Die Gesamtlänge der Kanalisation in Deutschland ist von 561 581 km im Jahr 2010 auf 575 580 km in 2013 angewachsen. Dies entspricht einem Zuwachs von 2,5 %. Insgesamt ist ein Längenzuwachs der Kanalisation seit 1995 um 176 359 km – also um rund 10 000 km pro Jahr – zu verzeichnen (Abbildung 2). Davon entfallen 29 372 km auf die Erweiterung des Mischwassernetzes, 96 862 km auf die Erweiterung des Schmutzwassernetzes und 50 144 km auf die Erweiterung des Regenwassernetzes. Gründe für die Zunahme sind maßgeblich der zunehmende Ausbau bestehender Misch- und Trennsysteme sowie der Umbau vorhandener Mischsysteme in Trennsysteme. Zudem sind der Bau übergeordneter Verkehrswege sowie erweiterte Kenntnisse über bereits vorhandene Kanäle, die im Zuge der fortschreitenden Zustandserfassung der Kanalisation festgestellt, erfasst und in die Bestandsdatenbanken aufgenommen wurden, untergeordnete Gründe für diesen Anstieg.

Gemeindegrößenklasse [E]	Bevölkerung [E]	Gesamtlänge der Kanäle [km]	Mischwasserkanäle [km]	Schmutzwasserkanäle [km]	Regenwasserkanäle [km]
kleiner 10 000	21 448 223	234 097	97 651	92 883	43 564
10 000–50 000	26 993 115	210 741	86 754	75 232	48 754
50 000–100 000	7 254 657	42 357	17 914	12 801	11 641
100 000–250 000	7 917 019	34 796	15 588	9 630	9 578
größer 250 000	16 972 661	53 572	24 940	15 688	12 944
Insgesamt	80 585 675	575 562	242 847	206 234	126 480

Tabelle 4: Bevölkerung und Kanalisation nach Gemeindegrößenklassen [9]

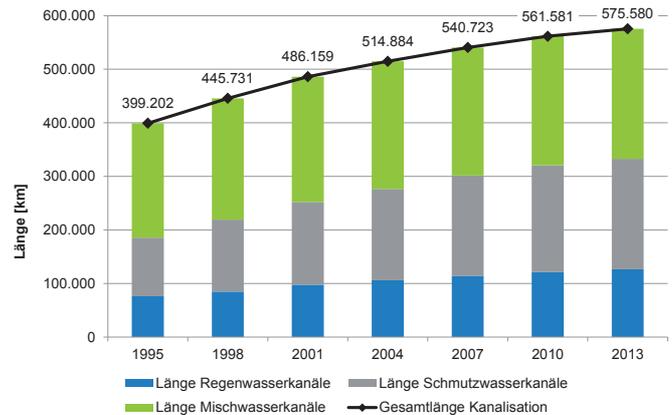


Abb. 2: Längenänderung des Kanalnetzes in Deutschland (1995–2013)

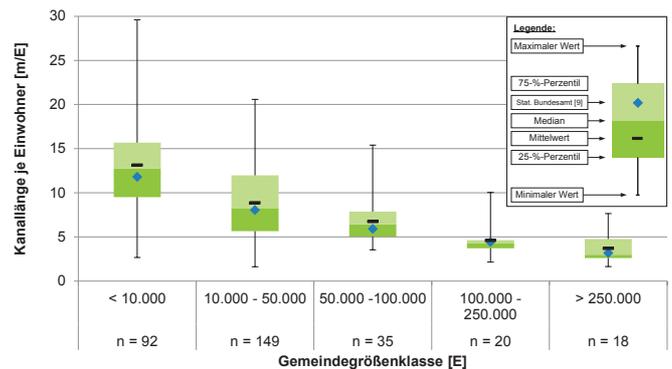


Abb. 3: Kanallänge Gesamt [m] je Einwohner, n = 314

Der Median der öffentlichen Kanalnetzlänge der an der Umfrage beteiligten Städte und Gemeinden, bezogen auf deren Einwohner, beträgt 8,34 m je Einwohner und liegt damit etwas unter dem Mittelwert von 9,31 m je Einwohner. In Abbildung 3 ist die gesamte Kanallänge je Einwohner nach Gemeindegrößenklassen aus den Umfrageergebnissen dargestellt.

Besonders in den Gemeinden mit weniger als 10 000 Einwohnern zeigt sich eine große Schwankungsbreite der einwohnerbezogenen Kanalnetzlänge zwischen 2,7 und 29,6 m/E. Mit zunehmender Größe der Kommunen wird die Schwankungsbreite geringer. Überdies sind in Abbildung 3 in blau die errechneten Kanalnetzlengthen je Einwohner und Gemeindegrößenklasse dargestellt, die sich aus den Daten des Statistischen Bundesamts (Tabelle 4) ergeben. Diese liegen stets sehr nahe an den Medianen der Ergebnisse aus der aktuellen Umfrage und verifizieren somit die Repräsentanz der erhobenen Daten.

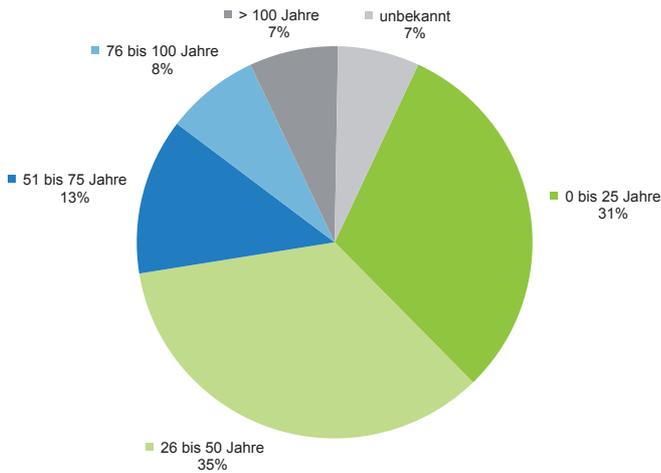


Abb. 4: Altersverteilung des durch die Umfrage erfassten Kanalnetzes (n = 224; Σ = 88 613 km)

Eine Kennzahl, die zum Beispiel für die Belastung der Bürger hinsichtlich zu erwartender Unterhaltungskosten für die Kanalisation herangezogen werden kann, ist der auf jeden Einwohner anfallende Anteil von Schmutz- und Mischwasserkanälen. Dieser liegt im Mittel bei 6,29 m je Einwohner. Bei 75 Prozent der teilnehmenden Kommunen liegt dieser Wert unter 7,51 m je Einwohner.

3.2 Altersverteilung

Die Altersverteilung des durch die Umfrage erfassten Kanalnetzes kann Abbildung 4 entnommen werden. Unter Berücksichtigung des Längenverhältnisses der jeweiligen Altersklassen ergibt sich für die Kanalisation der Teilnehmer ein durchschnittliches Netzalter von 39,8 Jahren. Dieser Wert darf jedoch im Vergleich zu den vorherigen Umfragen dieser Reihe nicht als Verjüngung des Kanalnetzes in Deutschland gewertet werden. Kleinere Kommunen besitzen in der Regel ein jüngeres Kanalnetz als größere Kommunen, wie aus Abbildung 5 hervorgeht. Dort ist die Altersverteilung des Kanalnetzes in den jeweiligen Gemeindegrößenklassen dargestellt.

Es wird deutlich, dass in Kommunen mit einer Einwohnerzahl unter 10 000 Einwohnern mehr als 45 % des Netzes jünger als 25 Jahre ist und das Durchschnittsalter 25,5 Jahre beträgt. Das Durchschnittsalter der Kanalisation steigt mit zunehmender Größe der Städte und Gemeinden stetig an. In Großstädten mit mehr als 250 000 Einwohnern sind schließlich mehr als 40 % des Kanalnetzes älter als 50 Jahre. Hier beträgt das Durchschnittsalter des Kanalnetzes 50 Jahre. Allein aus dem Alter darf jedoch nicht auf den Zustand des Netzes bzw. den Sanierungsbedarf geschlossen werden, da sich beispielsweise Mauerwerkskanäle mit einem Alter von über 100 Jahren häufig noch in einem sehr guten Zustand befinden. Angaben zum Sanierungsbedarf sind Kapitel 4.1 zu entnehmen.

3.3 Materialverteilung

In Abbildung 6 ist die Verteilung der verwendeten Rohrwerkstoffe im Kanalnetz der teilnehmenden Kommunen nach Gemeindegrößenklassen sowie insgesamt dargestellt. Darüber hinaus wurde eine Hochrechnung der Materialverteilung für Deutschland vorgenommen. Hierzu wurden die ermittelten

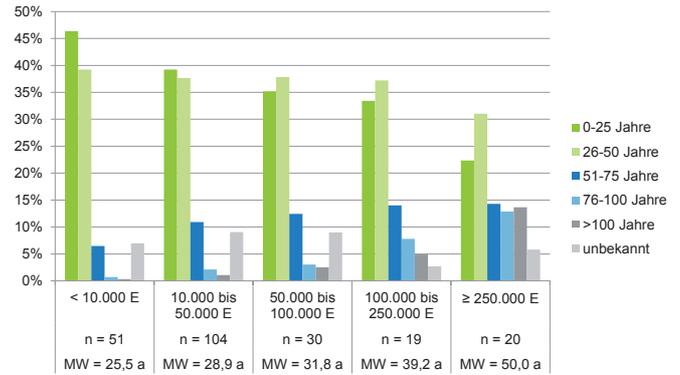


Abb. 5: Altersverteilung nach Gemeindegrößenklassen (n = 224; Σ = 88 613 km)

Materialanteile in den jeweiligen Gemeindegrößenklassen mit dem Anteil des Kanalnetzes der Gemeindegrößenklassen am gesamtdeutschen Kanalnetz multipliziert (siehe Abbildung 1 und Tabelle 4). Es wird deutlich, dass der Steinzeug- und Betonanteil mit zunehmender Größe der Städte und Gemeinden ansteigt. Genau das Gegenteil ist bei den Kunststoffrohren der Fall. Während in Kommunen mit weniger als 10 000 Einwohnern der Kunststoffanteil des Kanalnetzes 18,4 % beträgt, sind es bei den Großstädten mit mehr als 250 000 Einwohnern nur 5,5 %. Es ist möglich, dass zum einen ein Zusammenhang zwischen der Altersstruktur und der Materialverteilung besteht, da in kleineren Kommunen in der Regel ein jüngeres Kanalnetz vorhanden ist und der Einsatz von Kunststoffen erst in den letzten Jahrzehnten zugenommen hat. Zum anderen werden häufig Kanäle kleineren Durchmessers, die vermehrt in kleinen Gemeinden vorkommen, in Kunststoff ausgeführt. Auffällig ist weiterhin der hohe Anteil an sonstigen oder unbekanntem Materialien in Gemeinden mit weniger als 10 000 Einwohnern. Auch dieser Anteil nimmt mit zunehmender Größe der Kommune ab. Eine Hochrechnung der Materialverteilung ergibt – unter Berücksichtigung der Aussagen in Kapitel 2 –, dass der größte Anteil der Kanalisation mit 38,4 % aus Beton und Stahlbeton gefertigt ist. Dahinter folgt der Steinzeuganteil mit 31,0 %. Zu 16,3 % besteht das Kanalnetz in Deutschland aus Kunststoff.

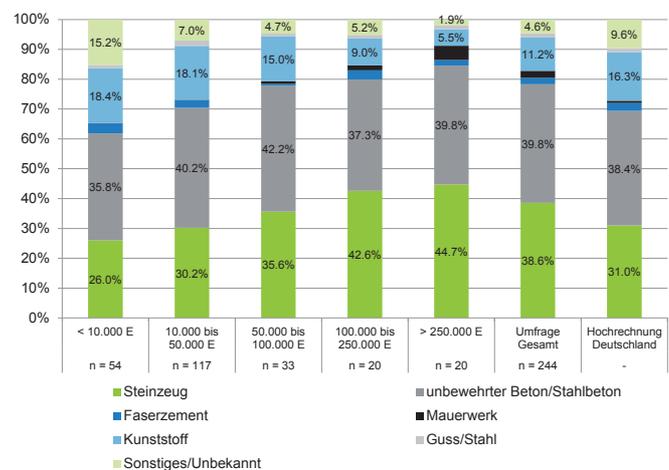


Abb. 6: Materialverteilung nach Gemeindegrößenklassen und Gesamt aus den Umfrageergebnissen sowie Hochrechnung für Deutschland

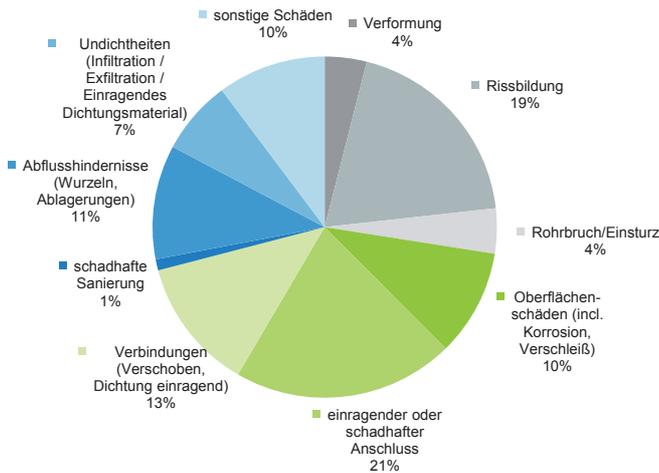


Abb. 7: Schadensverteilung an Kanälen (n = 218)

3.4 Zustandsbeschreibung der Kanalisation

In der Umfrage wurde die Schadensverteilung in Abwasserleitungen und -kanälen abgefragt. Das Ergebnis ist in Abbildung 7 dargestellt.

Es zeigt sich, dass die Schäden „Einragender oder schadhafter Anschluss“ (21 %) gefolgt von „Rissbildung“ (19 %) weiterhin die häufigsten Schadensarten darstellen. Sortiert nach Häufigkeit folgen die Schadensbilder „Verbindung (verschobene oder einragende Dichtung)“ (13 %), „Abflusshindernisse (Wurzeln, Ablagerungen)“ (11 %) und „Oberflächenschäden (inklusive Korrosion und Verschleiß)“ (10 %). Die durchschnittliche Schadenslänge pro Haltung liegt bei den Teilnehmern der Umfrage bei 5,42 m, die durchschnittliche Anzahl der Schäden pro Haltung bei 3,5.

3.5 Zustandsbeschreibung von Schächten

Der Erfassungsgrad und die Kenntnisse über den baulichen Zustand von Schachtbauwerken sind deutlich geringer als Kenntnisse über Haltungen. Die Auswertung der Verteilung von Schäden an Schächten (n = 208; $\Sigma = 1\,809\,861$ repräsentierte Schächte) führt zu dem Ergebnis, dass Schäden an Abdeckung und Rahmen der Schächte (26 %) weiterhin die häufigsten Schadensursachen darstellen. Es folgen nach der Häufigkeit Schäden an den Steighilfen (22 %) und an den Anschlüssen (12 %) der Schächte. Auf die Schäden „Infiltration/Exfiltration/einragendes Dichtungsmaterial“ und „Rissbildung“ entfallen jeweils 9 % der gesamten Schäden an Schächten.

3.6 Zustandsklassifizierung und Zustandsbewertung

Bereits bei den letzten Umfragen wurde nach dem Zeitpunkt des Umstiegs auf die europäische Norm DIN EN 13508-2 „Zustandserfassung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden; Teil 2: Kodiersystem für die optische Inspektion“ [10] gefragt. Diese Norm trat im September 2003 in Kraft, wurde im Jahr 2011 aktualisiert und gilt in Verbindung mit dem Merkblatt DWA-M 149-2 „Zustandserfassung und -beurteilung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden – Teil 2: Kodiersystem für die optische Inspektion“ [11].

In der aktuellen Umfrage wurde nach dem Zeitpunkt des durchgeführten bzw. geplanten Umstiegs auf die Kodierung

gemäß DIN EN 13508-2 gefragt. Aus den Antworten von 182 Kanalnetzbetreibern, die eine Gesamtnetzlänge von 82068 km repräsentieren, geht hervor, dass insbesondere seit dem Jahr 2009 ein großer Anteil des in der aktuellen Umfrage repräsentierten Kanalnetzes nach der DIN EN 13508-2 kodiert wird. Deutlich wird weiterhin, dass viele Kanalnetzbetreiber den Umstieg im Jahr 2016 planen.

Bis zum Jahr 2013, dem Bezugsjahr der vorliegenden Umfrage, kodierten bereits 89 von 182 antwortenden Kanalnetzbetreibern nach dem europäischen Kodiersystem. Dies entspricht einem Anteil von 49 %. Ein ähnlicher Anteil (47,5 %) ergibt sich bei der Auswertung des Umstieges nach der Gesamtnetzlänge. Daraus kann abgeleitet werden, dass bisher etwa die Hälfte aller Kanalnetzbetreiber nach „Euronorm“ kodieren.

Erstmals wurde abgefragt, ob Zustandsprognosen mit Hilfe EDV-gestützter Prognosemodelle erstellt werden. Gewichtet nach der Länge des Kanalnetzes der 214 antwortenden Kanalnetzbetreiber werden solche Prognosen derzeit für 21 % der Kanalisation erstellt.

4 Sanierung des Entwässerungssystems

4.1 Sanierungsbedarf

Ein integrales Entwässerungs- und Kanalmanagement setzt als Grundlage zur Erarbeitung von Sanierungsplänen und -strategien einen guten Kenntnisstand über den Zustand des Netzes und somit auch über den Sanierungsbedarf voraus.

In Abbildung 8 ist das Ergebnis der Befragung nach dem prozentualen Anteil der Zustandsklassen (ZK) am Kanalnetz dargestellt. Außerdem wurde auch hier – unter Berücksichtigung der Rahmenbedingungen des Kapitels 2 – eine Hochrechnung für ganz Deutschland auf Grundlage der Gemeindegrößenverteilung vorgenommen.

Demnach liegt der Anteil von Haltungen, die sich in den Zustandsklassen 0 bis 2 befinden und somit einen kurz- bis mittelfristigen Sanierungsbedarf aufweisen, unter den teilnehmenden Kanalnetzbetreibern bei 23,8 %. Überträgt man diesen Anteil mit den Daten des Statistischen Bundesamts zur Gemeindegrößenverteilung auf Gesamtdeutschland, ergibt sich dieser Anteil zu 19,4 %. Es wird deutlich, dass der unbewertete Anteil des Kanalnetzes in Deutschland größer ist als bei alleiniger Betrachtung der Teilnehmer. Zu dem Schadensumfang und Sanierungsbedarf der noch nicht inspizierten bzw. bewerteten

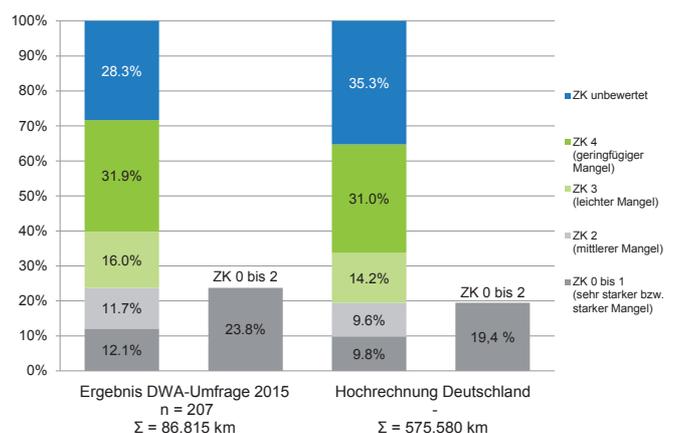


Abb. 8: Zustandsklassen, bezogen auf Kanalnetzlänge

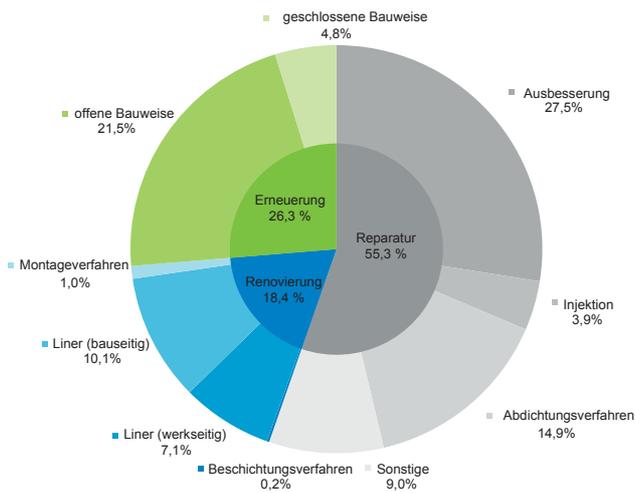


Abb. 9: Verteilung der Sanierungsverfahren (n = 194; Σ = 85 289 km)

teten Kanalnetzlängen (28,3 % bzw. 35,3 %) kann keine belastbare Aussage getroffen werden. Wenn auch davon auszugehen ist, dass vielfach Kanäle jüngerer Herstellungsdatums sowie sanierte Kanäle noch nicht inspiziert bzw. ausgewertet sind, ist tendenziell jedoch mit einer weiteren Erhöhung des kurz- bis mittelfristig zu sanierenden Anteils der Kanalisation zu rechnen.

Ein quantitativer Vergleich zu den Zahlenwerten vorheriger Umfragen ist wegen der in Kapitel 2 erläuterten unterschiedlichen Teilnehmerkreise der Umfragen nicht möglich. Dennoch kann aus dem Umfrageergebnis die Trendaussage abgeleitet werden, dass eine Zunahme des Anteils geschädigter Haltungen des deutschen Kanalnetzes erkennbar ist und etwa ein Fünftel aller Haltungen kurz- bis mittelfristig zu sanieren sind (Zustandsklasse ZK0 bis ZK2).

Aus dem Schadensumfang der Hochrechnung auf die Gesamtlänge des öffentlichen Kanalnetzes ergibt sich unter Berücksichtigung der mittleren Schadenslänge je Haltung (Kapitel 3.4) sowie der durchschnittlichen Haltungslänge (Kapitel 2)

eine tatsächlich sanierungsbedürftige Gesamtschadenslänge von rund 3 % der Länge des Kanalnetzes in Deutschland.

4.2 Verteilung der Sanierungsverfahren

Die Aufteilung der verwendeten Sanierungsverfahren und -verfahrenshauptgruppen liefert eine Marktübersicht zwischen 2009 und 2013 und zeigt, inwieweit eine Sanierung, verbunden mit der Aufgabe der Substanz (Erneuerung) oder vielmehr unter Aufrechterhaltung und Nutzung der Substanz (Renovierung und Reparatur) erfolgt ist. In den Umfragen aus den Jahren 2001, 2004, 2009 und in der aktuellen Umfrage wurde nach dieser Verteilung gefragt.

Das Reliningverfahren bleibt auch in der aktuellsten Erhebung mit 93,5 % das am häufigsten eingesetzte Renovierungsverfahren. Die aktuelle Verteilung der Sanierungsverfahren, die in Deutschland bei den Teilnehmern der Umfrage im Jahr 2013 eingesetzt wurden, ist Abbildung 9 zu entnehmen. Insgesamt wurde im Erhebungszeitraum der aktuellen Umfrage ein Anteil von 5,5 % des Kanalnetzes saniert, was einem jährlich sanierten Anteil von 1,1 % bzw. 6331 km Kanalnetz entspricht.

In Tabelle 5 sind die Ergebnisse der Befragungen seit 2001 detailliert zusammengestellt und in Abbildung 10 die Hauptgruppen grafisch dargestellt. Es wird deutlich, dass der Sanierungsanteil durch Erneuerung sukzessive zurückgeht. Der Anteil der Renovierungsverfahren blieb mit knapp unter 20 % nahezu gleich. Auffällig ist der hohe Anteil der Reparaturverfahren, die mit 55,3 % den größten Anteil der Sanierungsverfahren ausmachen. Mit 49,8 % ist das Ausbesserungsverfahren das am häufigsten eingesetzte Reparaturverfahren.

Einschränkend muss auch hier auf den unterschiedlichen Teilnehmerkreis zwischen der aktuellen und den früheren Umfragen hingewiesen werden. Dennoch wird deutlich, dass zum einen immer häufiger die Strategie der Verlängerung der Nutzung und Aufrechterhaltung oder Verbesserung der Substanz verfolgt wird. Zum anderen kann der vermehrte Einsatz von Reparaturverfahren in der häufiger verfolgten Zustandsstrategie gemäß DWA-M 143-14 [12] begründet sein, bei der nicht immer ein völlig schadensfreier Zustand nach Abschluss der

	Erneuerung		Renovierung			Reparatur			
	offene Bauweise	geschlossene Bauweise	Beschichtungsverfahren	Reliningverfahren	Montageverfahren	Ausbesserungsverfahren	Injektionsverfahren	Abdichtungsverfahren	Sonstige
2001	53,0 %		17,0 %			30,0 %			
	48,0 %	5,0 %	1,0 %	15,0 %	1,0 %	18,0	7,0 %	5,0 %	
	90,6 %	9,4 %	5,9 %	88,2 %	5,9 %	60,0	23,3 %	16,7 %	
2004	48,9 %		26,1 %			25,0 %			
	40,1 %	8,8 %	3,1 %	21,3 %	1,8 %	9,3 %	6,6 %	9,2 %	
	82,0 %	18,0 %	11,7 %	81,6 %	6,8 %	37,2 %	26,2 %	36,6 %	
2009	43,7 %		20,1 %			36,2 %			
	35,6 %	8,1 %	0,5 %	17,9 %	1,7 %	15,7 %	2,1 %	9,7 %	8,7 %
	81,5 %	18,5 %	2,4 %	89,1 %	8,5 %	43,4 %	5,7 %	26,9 %	24 %
2013	26,3 %		18,4 %			55,3 %			
	21,5 %	4,8 %	0,2 %	17,2 %	1,0 %	27,5 %	3,9 %	14,9 %	9,0 %
	81,7 %	18,3 %	1,0 %	93,5 %	5,5 %	49,8 %	7,1 %	26,9 %	16,3 %

Tabelle 5: Verteilung der Sanierungsverfahren

		Sanierungskosten [€]	Länge [km]	Kosten [€ je m]	Repräsentierte Netzkilometer	Anzahl Kommunen
Reparatur	2004–2008 ^{*)}	71 202 284	549	130	31 994	36
	2009–2013	208 547 641	1852	113	53 453	106
Renovierung	2004–2008 ^{*)}	312 798 892	404	773	40 019	37
	2009–2013	302 507 583	734	411	56 231	97
Erneuerung	2004–2008 ^{*)}	1 188 111 147	778	1526	43 540	42
	2009–2013	1 311 741 035	828	1584	60 585	104

*) [3]

Tabelle 6: Sanierungskosten

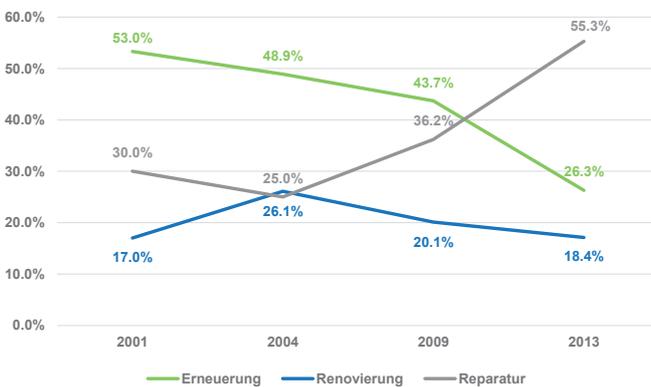


Abb. 10: Veränderung des Anteils der Sanierungsverfahrenshauptgruppen in Deutschland 2001 bis 2013

Sanierung erzielt wird, sondern vielmehr zunächst schwere Einzelschäden durch Reparaturen beseitigt werden können.

4.3 Investitionen zur Kanalsanierung

Wie auch in vorherigen Umfragen wurden die getätigten Investitionen für die Sanierung erfragt. Die Ergebnisse der letzten und der aktuellen Umfrage sind in Tabelle 6 zusammengestellt.

Eine Hochrechnung auf das Gesamtnetz ist hier nicht vorzunehmen. Festzustellen ist, dass eine Vielzahl von Kanalnetzbetreibern erhebliche Investitionen zur Sanierung vornehmen.

Es wird deutlich, dass die Kosten je Meter Kanalsanierung für die Verfahrensgruppe Reparatur gering und für die Verfahrensgruppe Renovierung erheblich gesunken sind. Die Kosten für Erneuerungen veränderten sich dagegen kaum. Mögliche Ursachen für die deutliche Reduzierung des Meterpreises der Renovierungsverfahren sind eine Weiterentwicklung der Techniken der Renovierung, einhergehend mit einer Steigerung der Effizienz, sowie unter Umständen eine Veränderung der Nennweiten der sanierten Kanäle. Entsprechende Daten wurden aber in der Umfrage nicht erfragt.

Erschließung	Investitionen [€]	Länge [km]	Kosten [€ je m]
2004–2008 ^{*)}	469 315 237	850	552
2009–2013	603 681 167	909	610

*) [3]

Tabelle 7: Investitionen für Ersterschließungen

Aus Tabelle 7 wird deutlich, dass die Kanalbaukosten für die Ersterschließung angestiegen sind, aber weiterhin deutlich unter den Kosten der Erneuerung liegen. Dies ist mit den im Allgemeinen höheren Kosten beim Bauen im Bestand im Vergleich zum Neubau „auf der grünen Wiese“ zu erklären.

Unter Kapitel 4.1 wurde der Sanierungsbedarf aus den zu sanierenden Haltungen der Zustandsklassen ZK0 bis ZK2 abgeleitet. Dass entsprechende Schäden sanierungsbedürftig sind, ist unbestritten.

Auf eine Ermittlung zukünftig erforderlicher Gesamtkosten zur Kanalsanierung wird hier verzichtet. Es wird darauf hingewiesen, dass die Zugrundelegung des Schadensumfangs gemäß der Darstellungen aus Kapitel 4.1 hierfür nicht richtig wäre, da die Zielstellung, dass das Kanalnetz vollständig frei von Schäden sein soll, wirtschaftlich und wasserwirtschaftlich fraglich ist. Vielmehr ist nach Einschätzung der Verfasser ein gewisser verbleibender Schadensumfang auch vor dem Hintergrund wasserrechtlich zulässiger Fristen und erforderlicher Prioritätenbildung nach erfolgter Feststellung von Schäden bis zur Umsetzung von Sanierungsmaßnahmen realistisch. Belastbare Aussagen zu Kosten können allein nach Festlegung der Sanierungsstrategie entsprechend dem Merkblatt DWA-M 143-14 [12] getroffen werden. Darüber hinaus wäre jede Angabe von konkreten Kosten mit zu großen Unsicherheiten verbunden.

4.4 Fremdwasseraufkommen

Die Funktionsfähigkeit der öffentlichen Kanalisation und der Abwasserbehandlung kann durch ein erhöhtes Fremdwasseraufkommen beeinträchtigt werden. Eine Abschätzung der Fremdwassermenge erfolgte von 203 Kanalnetzbetreibern für eine Gesamtkanalnetzlänge von 74 891 km. Das einschlägige Normen- und Regelwerk sowie die üblichen Bemessungsansätze betrachten 100 % der Jahresschmutzwassermenge als zulässige Fremdwassermenge bzw. berücksichtigen diese bei der Dimensionierung von Abwasserableitungs- und -behandlungsanlagen. Der längengewichtete Mittelwert des Fremdwasseranteils an der Jahresschmutzwassermenge liegt für die Angaben von 180 Kanalnetzbetreibern, die eine Gesamtnetzlänge von

74891 km Kanal bewirtschaften, bei 24,1 %. 3 % der Befragten geben an, kein Fremdwasseraufkommen zu haben. Etwa die Hälfte der Teilnehmer (53 %) nennt einen Fremdwasseranteil von bis zu 25 %, 38 % beziffern ihn auf zwischen 25 und 50 %. Einen Fremdwasseranteil von über 50 % geben nur 6 % der Kanalnetzbetreiber an.

5 Kanalmanagement

5.1 Arbeitssicherheit

In der vorliegenden DWA-Umfrage zum Zustand der Kanalisation wurde erstmals auch die Anzahl der meldepflichtigen Arbeitsunfälle abgefragt. Diese wurden im Hinblick auf einen Zusammenhang mit Vorhandensein eines Arbeitssicherheitssystems nach OHSAS 18001 (Occupational Health and Safety Assessment Series) [13] untersucht. Das Ergebnis zeigt, dass bei Kanalnetzbetreibern, die solch ein Arbeitssicherheitssystem verwenden (acht Antworten in der vorliegenden Umfrage), im Mittel 8,9 Arbeitsunfälle pro 1000 km Kanalnetz und Jahr vorgefallen sind (Median: 6,2). Bei Kanalnetzbetreibern ohne ein zertifiziertes Arbeitssicherheitssystem wurden im Mittel 14,1 Arbeitsunfälle pro 1000 km Kanalnetz und Jahr verzeichnet. Die Grundgesamtheit lag hier bei 64 Kommunen und der Median bei 7,5 Arbeitsunfällen pro 1000 km Kanalnetz und Jahr. Zum einen zeigt diese Auswertung, dass die Verbreitung von Arbeitssicherheitssystemen noch sehr gering ist. Zum anderen kann daraus abgeleitet werden, dass solche Systeme dazu beitragen können, die Anzahl der meldepflichtigen Arbeitsunfälle sichtbar zu verringern.

5.2 Beschwerden

Ebenfalls abgefragt wurden erstmals Angaben zu Beschwerden, die zur Abwasserbeseitigung bei den Kanalnetzbetreibern eingingen. Unabhängig davon, ob diese Beschwerden von den jeweiligen Kommunen zu vertreten sind, sollte die Anzahl der mündlich, schriftlich oder telefonisch eingegangenen Beschwerden angegeben werden. Dazu zählen Beschwerden zur Termineinhaltung, zu Geruchsbelästigungen sowie zu Kundeninformationen. Nicht berücksichtigt wurden Beschwerden zur Abrechnung. Das Ergebnis der Befragung ist in Abbildung 11 dargestellt. Hierzu gingen 169 Antworten ein. Es wird deutlich, dass bei nahezu der Hälfte der Kanalnetzbetreiber 0,1 Beschwerden pro km Kanalnetz eingingen. Bei 17 % gingen 0,2 Beschwerden pro km Kanalnetz ein.

5.3 Zertifizierte oder bestätigte Managementsysteme

Die Bedeutung von zertifizierten oder bestätigten Managementsystemen nimmt auch im Kanalnetzbetrieb eine immer größere Rolle ein. Aus diesem Grund wurde bei der aktuellen Umfrage auch das Vorhandensein verschiedener Managementsysteme abgefragt. 234 Kanalnetzbetreiber machten hierzu Angaben. Ein Managementsystem nach DIN EN ISO 9001 [14] benutzen demnach 11 % der antwortenden Kanalnetzbetreiber. Das Qualitätsmanagement EMAS (Eco-Management and Audit Scheme der Europäischen Union) [15] wird von 2 % der Kanalnetzbetreiber eingesetzt. 7 % nutzen ein Umweltmanagementsystem nach DIN EN ISO 14001 [16] und 8 % das Technische Sicherheitsmanagement System (TSM) nach dem Merkblatt

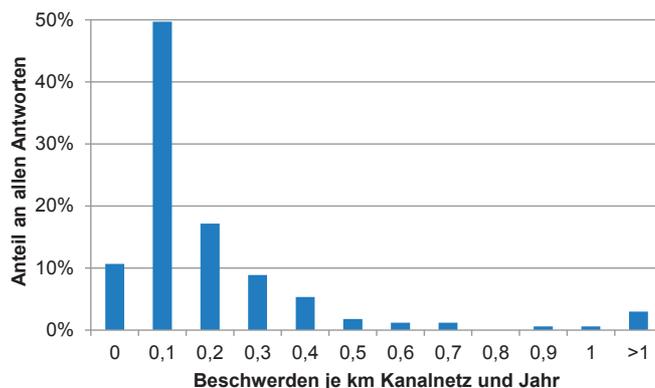


Abb. 11: Beschwerden zur Abwasserbeseitigung im Jahr 2013 (n = 169)

DWA-M 1000 [17]. Weitere 11 % geben an, ein anderes außer den zuvor erwähnten Managementsystemen zu nutzen. Der überwiegende Anteil von 61 % nutzt jedoch bisher kein zertifiziertes oder bestätigtes Managementsystem.

6 Länge und Zustand des privaten Entwässerungsnetzes

6.1 Länge des privaten Entwässerungsnetzes

Die Länge des privaten Entwässerungsnetzes wird häufig auf ein Vielfaches der Länge des öffentlichen Kanalnetzes geschätzt. Um diese Schätzungen zu aktualisieren, wurde bei dieser Umfrage die Gesamtlänge der Grundstücksentwässerungen abgefragt. Aus den Antworten von 72 Kanalnetzbetreibern, die Angaben zur Länge der Grundstücksentwässerungsanlagen machten, ergibt sich sowohl ein Median als auch ein Mittelwert für das Verhältnis zur Länge des jeweiligen öffentlichen Kanalnetzes von etwa 2.

Dieses Verhältnis liegt in den mittleren 50 Prozent der Teilnehmer zwischen dem 1,2-fachen (25 %-Perzentil) und dem 2,6-fachen (75 %-Perzentil) der öffentlichen Kanalisation. Insgesamt lässt sich ableiten, dass die Länge der Grundstücksentwässerungsanlagen etwa doppelt so groß ist wie die des öffentlichen Kanalnetzes. Damit kann die derzeitige Gesamtlänge der Grundstücksentwässerungsanlagen in Deutschland auf etwa 1,1 Millionen km hochgerechnet werden.

6.2 Abnahmen (privater) Grundstücksentwässerungsanlagen

In der vorliegenden Umfrage wurde erstmals erfragt, ob Abnahmen der (privaten) Grundstücksentwässerungsanlagen nach Neubaumaßnahmen oder Sanierungen stattfinden. Hierzu machten 212 Kanalnetzbetreiber Angaben. Der größte Teil (41 %) gab an, dass bei allen Neubaumaßnahmen und umfangreichen Sanierungen Abnahmen durchgeführt werden. Bei 17 % der Betreiber werden Abnahmen nur bei Neubaumaßnahmen gefordert. In 15 % der Fälle werden Abnahmen nur stichprobenartig durchgeführt und in 27 % der Fälle überhaupt nicht. Die DWA weist darauf hin, dass zukünftig verstärkt – wie im öffentlichen Bereich durch Wahl von gütegesicherten Firmen des Güteschutz Kanalbau – auch im privaten Bereich auf eine gütegesicherte Bauweise (Güteschutz Grundstücksentwässerung) gesetzt werden sollte.

Wer ist rechtlich für die Untersuchung der GEA vollzugsverantwortlich?	
Wasserbehörde	3,5 %
Abwasserbeseitigungspflichtiger	11,6 %
Eigentümer	73,4 %
nicht geregelt	10,4 %
sonstige	1,2 %

Tabelle 8: Rechtliche Vollzugsverantwortlichkeit für Grundstücksentwässerungsanlagen (n = 173)

6.3 Untersuchungsgrad des Zustands privater Leitungen

Die erhobenen Umfrageergebnisse zeigen, dass der Kenntnisstand über den Zustand der Anschlusskanäle und Grundstücksentwässerungsanlagen seitens der Kanalnetzbetreiber weiterhin relativ gering ist. Der Median des Untersuchungsgrades der Anschlusskanäle liegt bei den Antworten von 146 Kanalnetzbetreibern bei 9,5 %. Für die Untersuchung der Grundstücksentwässerung liegt der Median mit 2,0 % deutlich darunter (137 Antworten). Der wesentliche Grund dafür ist, dass die Kommunen in der Regel nicht für die private Kanalisation zuständig sind. Bisher wird nur in 10 % der Fälle die Grundstücksentwässerungsanlage vom Abwasserbeseitigungspflichtigen (oder in seinem Auftrag) untersucht (169 Antworten). In 90 % der Fälle ist dies Aufgabe des Eigentümers. Eine Aufsichtspflicht in Sinne einer Kontrollinstanz wurde den Kommunen – länderspezifisch unterschiedlich – bislang vorwiegend entweder nicht oder erst in jüngster Zeit durch den Gesetzgeber zugewiesen.

Die rechtliche Verantwortlichkeit zum Vollzug und zur Veranlassung der Zustandserfassung liegt mit 73 % der Antworten mehrheitlich beim Eigentümer (Tabelle 8).

6.4 Dichtheitsprüfung

326 Kanalnetzbetreiber, die insgesamt 23,5 Millionen Einwohner repräsentieren, machten Angaben zur Dichtheitsprüfung der Grundstücksentwässerungsanlage. Eine Dichtheitsprüfung für die privaten Abwasserleitungen und -kanäle wird bei den

antwortenden Kommunen in 39 % der Fälle durch die Kommunalsatzung, in 37 % der Fälle durch das Landeswassergesetz, die Landesbauordnung oder sonstige landesrechtliche Verordnung gefordert; in 23 % der Fälle gibt es hierfür keine Vorgaben. Berücksichtigt man den in Fachkreisen unbestrittenen hohen Anteil undichter Grundstücksentwässerungsanlagen, leitet sich hieraus ein erheblicher Handlungsbedarf in den kommenden Jahrzehnten ab.

Betrachtet man die Anforderungen an die Zustandserfassung der Grundstücksentwässerungsanlagen, zeigt sich, dass außerhalb von Wasserschutzgebieten überwiegend die optische Inspektion als ausreichend angesehen wird. Innerhalb von Wasserschutzgebieten ist dagegen mehrheitlich eine Dichtheitsprüfung nach DIN 1986 Teil 30 [18] in Verbindung mit dem Arbeitsblatt DWA-A 142 [19] als Dichtheitsnachweis gefordert (Tabelle 9). 129 Kanalnetzbetreiber machten Angaben darüber, ob der Abwasserbeseitigungspflichtige, oder ein von ihm Beauftragter, anhand der Prüfprotokolle individuelle Sanierungspflichten für die Grundstücksentwässerungsanlage festlegt. Aus den Antworten geht hervor, dass dies bei der Mehrheit der Betreiber (57 %) nicht der Fall ist.

6.5 Bürgerberatung

Eine wichtige Grundlage für die Sanierung der privaten Kanalisation ist die Bürgerberatung. Die Frage, ob es gesetzliche Vorgaben für eine Bürgerberatung, also eine Bürgerberatungs-

		Dichtheitsnachweis ist gefordert als eine Dichtheitsprüfung mittels...	Anteil
Wasserschutzgebiet	innerhalb	optischer Dichtheitsprüfung	35,8 %
		physikalischer Dichtheitsprüfung mit Wasserdruck	5,7 %
		physikalischer Dichtheitsprüfung mit Luftdruck	7,5 %
		physikalischer Dichtheitsprüfung nach DIN 1986 Teil 30 in Verbindung mit Arbeitsblatt DWA-A 142	50,9 %
	außerhalb	optischer Dichtheitsprüfung	52,1 %
		physikalischer Dichtheitsprüfung mit Wasserdruck	4,2 %
		physikalischer Dichtheitsprüfung mit Luftdruck	4,2 %
		physikalischer Dichtheitsprüfung nach DIN 1986 Teil 30 in Verbindung mit Arbeitsblatt DWA-A 142	39,5 %

Tabelle 9: Wiederkehrende Dichtheitsprüfungen für Grundstücksentwässerungsanlagen innerhalb (n = 106) und außerhalb (n = 119) von Wasserschutzgebieten

pflicht gäbe, trifft für 12 % der über die Antworten repräsentierten Einwohner zu.

Für 86 % der repräsentierten Einwohner wird eine freiwillige Bürgerberatung angeboten. Für 2 % gibt es derzeit keine Beratung. Für die meisten Bürger besteht also die Möglichkeit, eine Beratung bei der Zustandserfassung und Sanierung ihrer Grundstücksentwässerungsanlage in Anspruch zu nehmen.

7 Fazit

Die Umfrage zeigt, dass in Deutschland sehr umfangreiche Kenntnisse über den Zustand der öffentlichen Kanalisation vorliegen und ein Kanalmanagement im Sinne des Werterhalts und der Erhaltung der Betriebsfähigkeit umfassend umgesetzt wird. Dennoch weist rund ein Fünftel aller Kanalhaltungen Schäden auf, die kurz- bis mittelfristig zu sanieren sind. Die Ergebnisse dieser Umfrage zeigen somit weiterhin einen hohen Investitionsbedarf für die nachhaltige Bewirtschaftung der „unsichtbaren“ Infrastruktur der Siedlungsentwässerung auf. Es ist erforderlich, die vorhandenen oder zu erstellenden Sanierungsstrategien umzusetzen, um einem dauerhaften Substanzverlust des öffentlichen Kanalnetzes entgegenzuwirken. Hierfür ist die Information und Sensibilisierung kommunaler Entscheidungsträger notwendig.

Zu den wesentlichen Ergebnissen der DWA-Umfrage zum Zustand der Kanalisation 2015 gehören:

Öffentliches Kanalnetz:

- Der Kenntnisstand der öffentlichen Kanalisation ist umfassend.
- Das durchschnittliche Alter der Kanalisation in Deutschland liegt unter 40 Jahren.
- Beton und Steinzeug sind die am häufigsten eingesetzten Materialien. Der Anteil der Kunststoffrohre nimmt weiter zu.
- Etwa ein Fünftel der Kanalhaltungen im öffentlichen Bereich weist Schäden auf, die kurz- bzw. mittelfristig sanierungsbedürftig sind. Dies entspricht einer Schadenslänge von etwa 3 % der Gesamtkanalnetzlänge.
- Der Anteil der Erneuerung an den Sanierungsverfahren nimmt weiter ab; der Anteil der Reparaturverfahren nimmt zu; der Anteil der Renovierungsverfahren ist unverändert.
- Jährlich werden 1,1 % des Kanalnetzes in Deutschland saniert.

Grundstücksentwässerung:

- Der Kenntnisstand zum Zustand der Grundstücksentwässerungsanlagen ist weiterhin gering.
- Die Gesamtlänge der Grundstücksentwässerungsanlagen in Deutschland kann auf etwa 1,1 Millionen km hochgerechnet werden.
- Für die meisten Bürger besteht die Möglichkeit, über den Betreiber der öffentlichen Kanalisation eine Beratung bei der Zustandserfassung und Sanierung ihrer Grundstücksentwässerungsanlage zu erhalten.

Dank

An dieser Stelle sei all denjenigen gedankt, die durch die Beteiligung an der Umfrage diese Auswertung möglich gemacht haben.

Literatur

- [1] DIN EN 752: *Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden; Deutsche Fassung EN 752:2008*, Beuth, Berlin, 2008
- [2] prEN 752: *Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden – Kanalmanagement; Deutsche und Englische Fassung prEN 752:2015; Entwurf*, Beuth, Berlin, 2015
- [3] Zustand der Kanalisation – Ergebnisse der DWA-Umfrage 2009, KA 1/2011, 24–39
- [4] Zustand der Kanalisation – Ergebnisse der DWA-Umfrage 2004, KA 5/2005, 528–539
- [5] Zustand der Kanalisation in Deutschland – Ergebnisse der ATV-DVWK-Umfrage 2001, KA 3/2002, 302–311
- [6] Der Zustand der Kanalisation in der Bundesrepublik Deutschland – Ergebnisse der ATV-Umfrage 1997, KA 5/1998, 865–874
- [7] Der Zustand der öffentlichen Kanalisation in der Bundesrepublik Deutschland – Ergebnisse der ATV-Umfrage 1990, KA 10/1990, 1148–1153
- [8] Ergebnisse einer Umfrage zur Erfassung des Istzustandes der Kanalisation in der Bundesrepublik Deutschland, KA 2/1987, 118–122
- [9] Statistisches Bundesamt: *Umwelt: Fachserie 19, Reihe 2.1.3: Öffentliche Wasserversorgung und Abwasserentsorgung 2013*, Wiesbaden, 2015
- [10] DIN EN 13508-2: *Untersuchung und Beurteilung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden – Teil 2: Kodiersystem für die optische Inspektion; Deutsche Fassung EN 13508-2:2003+A1:2011*, Beuth, Berlin, 2011
- [11] DWA-M 149-2: *Zustandserfassung und -beurteilung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden; Teil 2: Kodiersystem für die optische Inspektion*, Hennef, 2013
- [12] DWA-M 143-14: *Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden; Teil 14: Sanierungsstrategien*, Hennef, 2005
- [13] BS OHSAS 18001: *Arbeits- und Gesundheitsschutz – Managementsysteme – Anforderungen*, Beuth, Berlin, 2007
- [14] DIN EN ISO 9001: *Qualitätsmanagementsysteme – Anforderungen*, Beuth, Berlin, 2015
- [15] EMAS: Verordnung (EG) Nr. 1221/2009 des europäischen Parlaments und des Rates vom 25. November 2009 über die freiwillige Teilnahme von Organisationen an einem Gemeinschaftssystem für Umweltmanagement und Umweltbetriebsprüfung und zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 761/2001, sowie der Beschlüsse der Kommission 2001/681/EG und 2006/193/EG, Amtsblatt der Europäischen Union, 22. Dezember 2009, L 341/1–45
- [16] DIN EN ISO 14001: *Umweltmanagementsysteme – Anforderungen mit Anleitung zur Anwendung*, Beuth, Berlin, 2015
- [17] DWA-M 1000: *Anforderungen an die Qualifikation und die Organisation von Betreibern von Abwasseranlagen*, Hennef, 2012
- [18] DIN 1986-30: *Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke – Teil 30: Instandhaltung*, Beuth, Berlin, 2012
- [19] DWA-A 142: *Abwasserleitungen und -kanäle in Wassergewinnungsgebieten*, Hennef, 2016

Autoren

Dipl.-Ing. Christian Berger, Dr. Friedrich Hetzel
DWA-Bundesgeschäftsstelle
Theodor-Heuss-Allee 17, 53773 Hennef
E-Mail: berger@dwa.de

Dr.-Ing. Christian Falk
Eigenbetrieb Stadt Dortmund
Stadtentwässerung
Untere Brinkstraße 81–83, 44141 Dortmund

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Johannes Pinnekamp
Dipl.-Ing. Silke Roder, Jan Ruppelt, M. Sc.
Institut für Siedlungswasserwirtschaft der RWTH Aachen
52056 Aachen



Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA)

Theodor-Heuss-Allee 17 · 53773 Hennef

Telefon: +49 2242 872-333 · Fax: +49 2242 872-100

info@dwa.de · www.dwa.de