



Andrzej Raganowicz

Renovierung von Anschlusskanälen der Grundstückentwässerung

Statistisch-stochastische
Zustandsprognosen für Anschlusskanäle

EBOOK INSIDE

 Springer Vieweg

Renovierung von Anschlusskanälen der Grundstückentwässerung

Andrzej Raganowicz

Renovierung von Anschlusskanälen der Grundstückentwässerung

Statistisch-stochastische
Zustandsprognosen für Anschlusskanäle

Andrzej Raganowicz
Zweckverband zur Abwasserbeseitigung
im Hachinger Tal
München
Deutschland

ISBN 978-3-658-22975-7 ISBN 978-3-658-22976-4 (eBook)
<https://doi.org/10.1007/978-3-658-22976-4>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer Vieweg

© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2019

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften. Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag, noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen.

Lektorat: Dr. Daniel Fröhlich

Springer Vieweg ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Abraham-Lincoln-Str. 46, 65189 Wiesbaden, Germany

Vorwort

Ein qualifizierter Abschluss von Sanierungsarbeiten beinhaltet stets eine eingehende Analyse nach der Abrechnung und Abnahme der durchgeführten Maßnahmen. Dabei besteht die Möglichkeit, eine Investition aus technischer, finanzieller sowie terminlicher Sicht zu beurteilen und gewisse Vorschläge für die künftigen Planungen auszuarbeiten. Während seiner langjährigen Tätigkeit als Betreiber eines mittelgroßen Entwässerungssystems sammelte der Autor des vorliegenden Buches zahlreiche Daten und Erfahrungen, die unter anderem auch die Exploitation sowie die Renovierung der Anschlusskanäle betreffen. Diese Erfahrungen bilden ein breites Spektrum von der Zustandserfassung und Zustandsbewertung über das Sanierungskonzept, die Sanierungsplanung, Ausführung, Abnahme bis zum Betrieb der renovierten Objekte.

Mit diesem Buch ist beabsichtigt, eine spezielle Art des Nachdenkens über die durchgeführten Sanierungsmaßnahmen – eine analytische, die sich auf statistisch-stochastische Methoden stützt. Die analytische Beurteilung der Korrelation zwischen dem technischen Zustand und dem Alter der Anschlussleitungen erfolgt anhand der statistisch-stochastischen Modellierungen. Dabei werden zwei wichtige Randbedingungen des Kanalbetriebs – die Gründungstiefe sowie das Grundwasser – mit berücksichtigt. Das Objekt der numerischen Modellierungen besteht aus ca. 8500 Grundstücksanschlüssen aus Steinzeug DN 100–200 mm mit einer Gesamtlänge von 95.000 m, die der Zweckverband zur Abwasserbeseitigung im Einzugsgebiet des Hachinger Baches – drei südlich von München gelegene Kommunen umschließend – betreibt. In der Analyse sind die gewerblichen Betriebe (die sog. Indirekteinleiter) nicht enthalten, deren Abwässer vor dem Einleiten in die öffentliche Kanalisation vorgereinigt werden müssen. Die statistische Untersuchungsphase fußt auf der Weibull-Verteilung in Verbindung mit der Monte-Carlo-Methode und generiert die Ausgangsdaten für die stochastischen Modellierungen des technischen Zustandes von Grundstücksanschlüssen nach dem Markov-Modell. Die großen Datenumfänge sowie die homogenen Betriebsbedingungen erlauben, die Untersuchungsergebnisse als repräsentativ zu betrachten.

Alle Modellierungsberechnungen basieren auf den Algorithmen des Programms EXCEL 2010.

Die durchgeführte analytische Bewertung der realisierten Sanierungsmaßnahmen bestätigt prinzipiell die ingenieurmäßigen Renovierungsplanungen und gestattet interessante

Ausblicke auf den praktischen Kanalbetrieb. Eine A-priori-Kanalzustandsprognose kann als ein Sanierungsplanungsinstrument verwendet werden, um den Investitionsumfang zuverlässig zu ermitteln. In der Voruntersuchungsphase sind die Zustandserfassung mit den Dichtheitsprüfungen und die Zustandsbewertung der Leitungen durchzuführen. Da die entwickelte Untersuchungsmethodik besonders applikativ und universal ist, kann sie auf andere Entwässerungssysteme ohne notwendige Kalibrierungen übertragen werden. Ihre Anwendung setzt nur die Standardbetriebsdaten wie den baulich-betrieblichen Zustand und das Alter für jede Anschlussleitung voraus. Die Erstellung einer A-priori-Kanalzustandsprognose ermöglicht, viele wichtige Kenntnisse über den Kanalbetrieb zu gewinnen. Eine besonders wichtige Kenntnis ist der notwendige Sanierungsumfang, der die Renovierungsmaßnahmen unter Berücksichtigung der technischen und der finanziellen Aspekte lang- und kurzfristig planen lässt. Bei einer A-posteriori-Kanalzustandsprognose besteht die Möglichkeit, die durchgeführten Sanierungsmaßnahmen analytisch zu beurteilen und das ingenieurmäßig geplante Sanierungsvolumen zu verifizieren. Die Anwendung der Weibull-Verteilung in Verbindung mit den mathematischen Simulationen nach der Monte-Carlo-Methode für die statistisch-stochastischen Modellierungen des Kanalzustandes führt zur Vergrößerung des Sanierungsvolumens und dadurch zu einem nachhaltigen und umweltgerechten Kanalbetriebsmanagement.

Im Rahmen der praktischen Umsetzung der Kanalzustandsprognosen werden die Anschlussleitungen saniert, um die vorgeschrittenen Alterungsprozesse zu stoppen oder zu verlangsamen. Die technische Rehabilitation einer Leitung, die auf einem grabenlosen Einbau eines Kunststoffrohres in das Altrohr ruht, stellt eine günstige Alternative der Kanalrevitalisierung dar. Seit 20 Jahren saniert der Zweckverband zur Abwasserbeseitigung im Hachinger Tal die schadhafte Anschlusskanäle und sammelte inzwischen viele wertvolle Erfahrungen. Die im Hachinger Tal eingesetzten Sanierungstechniken werden vorgeführt und aus der technisch-betrieblichen Sicht kritisch beurteilt.

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung in die Problematik der Anschlusskanäle	1
1.1	Motivation	3
1.2	Rechtliche Grundlagen	4
1.3	Technische Grundlagen	6
1.4	Bau, Sanierung und Unterhalt der Grundstücksanschlüsse im Einzugsgebiet des Hachinger Baches	9
1.4.1	Neubau der Grundstücksanschlüsse	10
1.4.2	Grundstücksanschlussanierung im Hachinger Tal	17
1.4.3	Unterhalt der Anschlusskanäle	38
1.5	Zustandsbewertung der Anschlusskanäle	47
1.5.1	Schadensklassifizierung	48
1.5.2	Zustandsklassifizierung der Anschlussleitungen	48
2	Das Hachinger Kanalsystem	53
2.1	Allgemeine Charakteristik des Hachinger Kanalnetzes	53
2.2	Untergrundverhältnisse	57
2.3	Grundstücksanschlüsse aus Steinzeug	58
3	Statistische Zustandsprognose für Anschlussleitungen	63
3.1	Statistische Beurteilung der empirischen Datenbestände	63
3.1.1	Empirische Dichtefunktion	66
3.1.2	Empirische Verteilungsfunktion	67
3.1.3	Empirische Zuverlässigkeitsfunktion	68
3.2	Statistische Modellierung der empirischen Betriebsdaten	72
3.2.1	Statistische Modellierung des baulich-betrieblichen Zustandes der oberhalb des Grundwassers liegenden Grundstücksanschlüsse	76
3.2.2	Anderson-Darling-Test	82
3.2.3	Statistische Modellierung des kritischen Zustandes der unterhalb des Grundwassers liegenden Grundstücksanschlüsse	84

3.2.4	Statistische Modellierung des kritischen Zustandes der oberhalb des Grundwassers liegenden Grundstücksanschlüsse in Abhängigkeit von der Gründungstiefe	90
3.2.5	Zusammenfassung der statistischen Modellierungen von Grundstücksanschlüssen	92
4	Stochastische Modellierung des technischen Kanalzustandes von Grundstücksanschlüssen mittels mathematischer Simulationen nach Monte-Carlo-Methode	95
4.1	Stochastische Modellierung des technischen Zustandes von Grundstücksanschlüssen	97
4.2	Diskussion der Testergebnisse unter Berücksichtigung der Untergrundverhältnisse und der Gründungstiefe	103
5	Stochastische Modellierung des technischen Kanalzustandes von Grundstücksanschlüssen nach dem Markov-Modell	117
5.1	Mathematische Bedingungen der Markov-Ketten	118
5.2	Stochastische Zustandsprognose für die Hachinger Grundstücksanschlüsse nach dem Markov-Modell	120
5.2.1	Ergebnisse der Modellierung nach dem Markov-Modell	125
5.2.2	Diskussion der stochastischen Kanalzustandsmodellierungen	128
6	Zusammenfassung der statistisch-stochastischen Zustandsprognosen für Grundstücksanschlüsse	129
7	Korrelationsanalyse als Beurteilungsinstrument der Sanierungsqualität. . .	133
7.1	Einführung in die Korrelationsanalyse	133
7.2	Lineare einfache und multiple Korrelationsanalysen.	135
7.3	Mathematische Simulationen der Untersuchungsergebnisse.	140
8	Abschlussbemerkungen	145
	Anhang 1 Graphische Darstellung von Kanaldaten [53]	151
	Literatur.	153

Symbolverzeichnis

a	– konstanter Wert des Zufallszahlgenerators
A_j	– Kriterium der Kanalzuverlässigkeit
AD, AD^*	– Teststatistik des Anderson-Darling-Tests
b	– Formparameter der Weibull-Verteilung
\hat{b}	– Formparameter der Weibull-Verteilung nach beliebiger Schätzungsmethode
B	– Bestimmtheitsmaß der Korrelationsanalyse
B_a	– Breite einer Altersgruppe von Kanalhaltungen
BP	– Bewertungspunkte
BP_j	– Bewertungspunkte für Kriterium j
BZ	– Bewertungszahl
c	– konstanter Wert des Zufallszahlgenerators
d_i	– Durchmesser, m
e_m	– Verbunddicke des Liners, mm
E_f	– Biege-E-Modul, N/mm ²
ESN_{w-v}	– empirisches Signifikanzniveau des Anderson-Darling-Tests
E_{v2}	– Verformungsmodul, MN/mm ²
$f(t)$	– Dichtefunktion
$f^e(t)$	– empirische Dichtefunktion
F^{-1}	– umgekehrte Verteilungsfunktion
F_j	– Faktor für Kriterium j
$F(t)$	– theoretische Verteilungsfunktion
$F^e(t)$	– empirische Verteilungsfunktion
F_{w-v}	– Verteilungsfunktion nach Weibull
G	– Gründungstiefe des Kanals
h_{rel}	– Ausfallhäufigkeit für Altersgruppe i
H_0	– Null-Hypothese
H_1	– Konvergenzhypothese
$H(m)$	– Summe der Ausfallhäufigkeit
i	– natürliche Zahlen 1, 2, ..., n
INT	– Integer-Funktion, die Nachkommastellen eliminiert, z. B. $INT(2,9) = 2$
K_j	– Objektklasse für Kriterium j

K_{ij}	– Zustandsklasse des einzelnen Schadens für Kriterium j
ΔL_i	– Schadenslänge, m
m	– Modul des mathematischen Zufallszahlgenerators
n	– Stichprobenumfang
n_i	– Umfang Altersgruppe i
n_j	– Anzahl der Randbedingungen
N	– Umfang einer großen Stichprobe
OL	– Länge einer Kanalhaltung, m
p, p_{ij}	– Übergangswahrscheinlichkeit
p_0	– Prüfdruck (Luft), kPa
Δp	– Druckabfall, kPa
P, P_{ij}	– Übergangsmatrix
R	– Wahrscheinlichkeitsvektor
$R^{(0)}$	– Anfangswahrscheinlichkeitsvektor
$R^{(n)}$	– Wahrscheinlichkeitsvektor zum Zeitpunkt n
$R(t)$	– theoretische Zuverlässigkeitsfunktion
$R^*(t)$	– empirische Zuverlässigkeitsfunktion
R_{jk}	– Randbedingung
$s_{i,j}$	– Zustand i, j
S	– Zustandsraum
S_{igt}	– logarithmische Standardabweichung
S_x, S_y, S_z	– Standardabweichung für Variable x, y, z ,
SD_j	– gewichtete Schadenshäufigkeit
SZ	– Sanierungszahl,
t, t_i	– Kanalalter, a
t_B	– Beruhigungszeit, min
t_0	– ausfallfreie Nutzungsdauer, a
t_d	– Prüfdauer, min, s
$t_{I, II}$	– Prüfdauer für Grenzwert I und II, s
\bar{t}	– logarithmischer Mittelwert des Kanalalters, a
t^{k*}	– simuliertes Kanalalter, a
t_{max}	– maximales Kanalalter, a
t_{min}	– minimales Kanalalter, a
t_n	– Zeitpunkt des Übergangs in eine schlechtere Zustandsklasse
T	– charakteristische Lebensdauer der Weibullverteilung, a
T_{G1}, T_{G2}	– Glasübergangstemperatur, °C
\hat{T}	– charakteristische Lebensdauer der Weibull-Verteilung nach beliebiger Schätz- methode, a
T_x, T_y, T_z	– Testgrößen der Korrelationsanalyse
U	– gleichverteilte Zufallszahlen
U^{k*}	– gleichverteilte Zufallszahlen aus dem Bereich (0, 1)
V_1, V_2	– Faktoren der vertikalen Momentmethode

V_p	– Prüfvolumen, m ³
x	– Zufallszahl
xx_1	– zwei letzte Stellen der Kanalzustandsbewertung
Y	– Werte der umgekehrten Verteilungsfunktion
z	– normalverteilte Zufallszahlen
ZK	– Zustandsklasse einer Leitung
Z_i, Z_{n+1-i}	– Hilfsfunktionen des Anderson-Darling-Tests
ZP	– Zustandspunkte
ZP_0	– vorläufige Zustandspunkte bezogen auf eine Zustandsklasse
ZP_j	– Zustandspunkte eines Kanalzustandes
ZP_0	– Startwert abhängig von der Klasse des größten Schadens
ZP_{zj}	– zusätzliche Zustandspunkte eines Kanalzustandes
α	– Irrtumswahrscheinlichkeit
$\lambda(t)$	– Ausfalldichte
ρ	– Korrelationskoeffizient
σ	– empirische Kovarianz



Einführung in die Problematik der Anschlusskanäle

1

Die Anschlusskanäle (Grundstücksanschlüsse) sind die unterirdischen Bauwerke, die den öffentlichen Abwasserkanal mit dem Grundstück verbinden. Sie enden in der Regel in einem Revisionsschacht auf dem Grundstück. Falls kein Revisionsschacht auf dem Grundstück vorhanden ist, verbinden sie direkt den öffentlichen Kanal mit einem Haus oder einem Wohnblock. Eine Grundstücksentwässerungsanlage verbindet hingegen den Revisionsschacht auf dem Grundstück mit dem Haus.

Für die Objekte der Grundstücksentwässerung gelten die gleichen wasserwirtschaftlichen Anforderungen wie für die öffentliche Kanalisation. Diese Leitungen müssen funktionsfähig, dicht und standsicher sein. Aus diesem Grund stellen die Leitungen der Grundstücksentwässerung eine wichtige und integrale Komponente jedes Abwasserkanalnetzes dar. Der baulich-betriebliche Zustand der Anschlusskanäle hat einen bemerkenswerten Einfluss auf die technische Kondition der gesamten Entwässerungsanlage. Der negative Einfluss ist einleuchtend beim Betrieb der Kanäle im Schwankungsbereich des Grundwassers zu erkennen. Die Renovierung eines im Schwankungsbereich liegenden Entwässerungssystems ohne Berücksichtigung der Grundstücksanschlüsse und der Grundstücksentwässerungsanlage liefert keine effiziente Fremdwasserreduzierung. Nach dem Abdichten der öffentlichen Leitungen steigt der Grundwasserspiegel sofort an und erschwert die Sanierung der Grundstücksanschlüsse und der Grundstücksentwässerungsanlagen. Eine Sanierungsstrategie sieht zuerst die Abdichtung der Grundstücksanschlüsse und der Grundstücksentwässerungsanlagen und dann der Straßenkanäle vor. Bei der umgekehrten Reihenfolge werden die Grundstückseigentümer benachteiligt, weil die Sanierung der kleindimensionierten und stark verzweigten Anlagen beim hohen Grundwasserstand eine technisch sehr anspruchsvolle sowie kostspielige Maßnahme darstellt.

Die durchgeführten Untersuchungen deuten darauf hin, dass die Leitungen der Grundstücksentwässerung einen wesentlich schlechteren technischen Zustand als die öffentlichen Kanäle aufweisen, womit ein enormer Sanierungsbedarf verbunden ist. Die

undichten Abwasserleitungen haben negative Auswirkungen auf die Umwelt. Das aus dem Kanal austretende Abwasser verunreinigt Boden und Grundwasser. Die Infiltration des Grundwassers ins Kanallinnere belastet unnötigerweise die Hydraulik des Kanalnetzes, der Pumpwerke sowie der Kläranlage und beeinträchtigt die Reinigungsprozesse negativ.

Über die letzten Jahrzehnte lag der Sanierungsfokus vollkommen auf den öffentlichen Kanälen. Diese Situation resultierte aus den mangelnden leistungsfähigen Kameras für die Leitungen mit dem Durchmesser $DN \leq 200$ mm. Die Wende fand im Jahr 2003 statt, nachdem die DIN 1986-30 [16] in Kraft getreten war. Sie beinhaltete einen für die Sanierungsbranche relevanten Passus, und zwar dass alle privaten Abwasserleitungen bis Ende des Jahres 2015 zu überprüfen sind. Diese klare und bindende Aufforderung mobilisierte die ganze Sanierungsindustrie dermaßen, dass viele leistungsfähige Kameras und Roboter für die Leitungen $DN \leq 200$ mm innerhalb einer Dekade entwickelt wurden. Eine besondere Anerkennung verdient die Entwicklung der TV-Kanal-Kameras, die eine aussagekräftige optische Erfassung der klein dimensionierten Leitungen mit vielen Bögen und Verzweigungen ermöglichen. Diese technischen Durchbrüche haben zu den großen Fortschritten der Sanierungstechniken sehr viel beigetragen. Heutzutage können die Zuläufe $DN 100$ mm zu den mit der Linertechnik sanierten Anschlussleitungen $DN 150$ mm beispielsweise standardmäßig geöffnet und mittels Hutprofilen $DN 150/100$ mm eingebunden werden.

Die zügige Entwicklung der Sanierungsbranche seit 2003 ist generell der europäischen Wasserrahmenrichtlinie 2000/60/EG [56] zu verdanken, die am 22.12.2000 in Kraft trat, um einen Ordnungsrahmen für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik zu schaffen. Sie wurde durch zwei sogenannte Tochterrichtlinien des Europäischen Parlaments ergänzt – die Richtlinie 2006/118/EG [57] vom 12.12.2006 zum Schutz des Grundwassers vor Verschmutzung und Verschlechterung und die Richtlinie 2008/105/EG vom 16.12.2008 [58] über Umweltqualitätsnormen im Bereich der Wasserpolitik.

Das Hauptziel des Gewässerschutzes gemäß der europäischen Wasserrahmenrichtlinie ist der gute Zustand jedes europäischen Wasserkörpers. Dies bedeutet, dass das Gewässer nur wenig vom natürlichen Zustand abweichen sollte. Um dieses Ziel zu erreichen, sind natürliche Gewässer zu erhalten und belastete zu sanieren. Für das Grundwasser gilt ein guter chemischer und mengenmäßiger Zustand. Um den chemischen Zustand zu beurteilen, sind die Schadstoffkonzentrationen und die Leitfähigkeit des Grundwassers zu bewerten. Für den mengenmäßigen Zustand ist das Ausmaß der direkten und der indirekten Entnahme maßgebend.

Die für die deutsche Umsetzung der europäischen Wasserrahmenrichtlinie verantwortlichen Institutionen stellten fest, dass der effektive Gewässer- und Grundwasserschutz ohne Sanierung der privaten Abwasserleitungen nicht denkbar ist. Aus dieser Überlegung resultierte die Aufforderung, dass alle privaten Anlagen bis Ende 2015 gemäß DIN 1986-30 [16] zu überprüfen sind. Dank dieser Norm fand im Zeitraum 2003–2015 nicht nur eine enorme Entwicklung der Sanierungstechniken, sondern auch eine Entwicklung des umweltorientierten Bewusstseins der Deutschen statt. Aufgrund der eigenen Branchendynamik sind diese Prozesse inzwischen so weit fortgeschritten, dass die Überprüfung und

die Sanierung der Grundstücksanschlüsse sowie der Grundstücksentwässerungsanlagen heutzutage eine Selbstverständlichkeit darstellen. Der kleine Passus aus der DIN 1986-30 [16] vom Jahr 2003 hat die gesamte Sanierungsbranche derart in Bewegung versetzt, dass die Sanierung der kleindimensionierten Leitungen heutzutage keine Probleme mehr bereitet. Wenn die Bürger kompetent aufgeklärt werden, sind sie auch bereit, die Sanierung der Grundstücksentwässerung organisatorisch zu unterstützen und die relativ hohen Sanierungskosten zu tragen.

1.1 Motivation

Die Anschlussleitungen, die fachlich auch Zuläufe oder Grundstücksanschlüsse genannt werden, stellen einen integralen Teil jedes Kanalnetzes dar, dessen technischer Zustand den Zustand der Hauptkanäle auf eine bedeutende Weise beeinflusst. Dieses Phänomen ist am deutlichsten bei den Kanälen, die im Schwankungsbereich des Grundwassers funktionieren, zu beobachten. Die schadhafte Anschlussleitungen verursachen Grundwasserinfiltrationen ins Kanalinnere, wodurch das Netz, die Pumpwerke sowie die Kläranlage zusätzlich hydraulisch belastet werden. Eine Sanierung der unterhalb des Grundwassers liegenden Hauptkanäle ohne Berücksichtigung der Anschlüsse kann unter ungünstigen Randbedingungen zu einer Zunahme des Fremdwasservolumens führen. Bei der Kanalsanierung im Grundwasser, die eine komplexe und anspruchsvolle Ingenieuraufgabe darstellt, sind entsprechende Fachkenntnisse und betriebliche Erfahrungen gefragt.

Da die Schadensrate der Grundstücksanschlüsse doppelt so hoch wie die Schadensrate der Hauptkanäle ist, ist deren baulich-betrieblicher Zustand mit einer entsprechend großen Sorgfalt zu analysieren und zu bewerten.

Im Jahr 2000 wurde im Einzugsgebiet des Hachinger Baches die erste komplette optische Inspektion des Kanalnetzes abgeschlossen. Sie lag einer Grundsanierung zugrunde, die auch die Grundstücksanschlüsse in einem beschränkten Ausmaß umfing. Um die realisierten Maßnahmen analytisch zu beurteilen, wurden auf Basis der Korrelation zwischen dem technischen Zustand und dem Alter der Leitungen statistisch-stochastische Kanalzustandsprognosen erstellt, die zusätzlich Randbedingungen wie Untergrundverhältnisse und Gründungstiefe beachteten. Eine repräsentative Datenbasis formieren zwei Stichproben. Die erste umfängt 673 Grundstücksanschlüsse aus Steinzeug DN 100–200 mm, die oberhalb des Grundwassers verlaufen. Die zweite besteht aus 100 unter dem Grundwasser liegenden Anschlussleitungen, ebenfalls aus Steinzeug DN 100–200 mm. In der ersten Untersuchungsphase wurden die vorhandenen Daten anhand der empirischen Verteilungs- und Dichtefunktion statistisch beurteilt und aufgrund dessen die zweiparametrische Weibull-Verteilung für die theoretische Interpretation der Alterungsprozesse der untersuchten Anschlussleitungen gewählt.

Die statistischen Übergangskurven beschreiben die Übergänge der Leitungen zur jeweils nächstschlechteren Zustandsklasse und erlauben, alle für den Kanalbetrieb wichtigen Informationen zu gewinnen. In der zweiten Modellierungsphase wurden anhand der

Weibull-Verteilung in Verbindung mit der Monte-Carlo-Methode die Übergangskurven modelliert. Die Anwendung der Monte-Carlo-Methode und der Zufallszahlen lässt es zu, die vorhandenen Datenbestände beliebig zu erweitern und genauere Modellierungsergebnisse zu erzielen. Die letzte Phase umfasste eine Kanalzustandsprognose nach dem Markov-Modell, die auf den Ergebnissen der statistischen Forschungen basierte. Anhand der aufgestellten Modelle ist es möglich, konkrete Aussagen über die Alterung der untersuchten Anschlussleitungen zu treffen. Die entscheidende Feststellung betrifft den Umfang der notwendigen Kanalsanierung, die eine maßgebende Komponente des wirtschaftlichen und nachhaltigen Kanalbetriebs darstellt.

Da die untersuchten Stichproben sehr homogen (Abwasserleitungen aus Steinzeug DN 100–200 mm) sind, große Umfänge aufzeigen und als repräsentativ zu betrachten sind, können die entworfenen Prognosen bei anderen Entwässerungssystemen aus Steinzeug ohne aufwendige Kalibrierungen angewendet werden. Die aufgestellten Prognosen zeichnen sich durch ihren applikativen Charakter aus. Für die Modellierung der Übergänge zur jeweils nächstschlechteren Zustandsklasse werden allein die standardmäßigen Betriebsdaten wie die aktuelle Zustandsklasse bezogen auf die letzte optische Inspektion und das Alter pro Anschlussleitung benötigt.

1.2 Rechtliche Grundlagen

Die Anschlusskanäle zwischen dem Straßenkanal und der Grundstücksgrenze sind in der Regel Bestandteile der öffentlichen Anlage. Aus diesem Grund unterliegen sie den rechtlichen Regelungen, die für das öffentliche Kanalnetz gelten. Zu den rechtlichen Hauptregelwerken gehören: das Wasserhaushaltsgesetz (WHG) [30] und auf der Landesebene Landeswassergesetze (LWG) sowie Eigenüberwachungsverordnungen (EÜV). Im Wasserhaushaltsgesetz werden die rechtlichen Rahmen des Gewässer- und Grundwasserschutzes dargestellt, deren Umsetzung in den Landeswassergesetzen detailliert geregelt ist. Nach dem Wasserhaushaltsgesetz (WHG) [30] ist das Abwasser so zu beseitigen, dass das Wohl der Allgemeinheit nicht beeinträchtigt ist. Die Abwasseranlagen sind nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik zu errichten, zu betreiben und zu sanieren. Diese Regeln werden als allgemein bekannte und erprobte Verfahren, Systeme oder Bauarten definiert. Im Wesentlichen geben die DIN-EN-Normen, DIN-Normen und DWA-Arbeits- und -Merkblätter den Stand der Technik oder die allgemein anerkannten Regeln der Technik wieder. Die Missachtung dieser Regelwerke kann zu Gewässer-, Boden- und Grundwasserverunreinigungen führen, die Straftatbestände gemäß den §§ 324 und 324a des Strafgesetzbuches [62] darstellen.

Die Abwasserleitungen, die im privaten Bereich verlaufen, werden Grundstücksentwässerungsanlagen genannt. Jeder Grundstückseigentümer ist verpflichtet, seine Entwässerungsanlage ordnungsgemäß zu betreiben. In jeder Entwässerungssatzung wird die rechtliche Zuständigkeitsgrenze definiert. Eine häufig anzutreffende Variante, die in Bayern sehr populär ist, sieht die Grundstücksgrenze als Zuständigkeitsgrenze (privat/

öffentlich) vor (Abb. 1.1). Da somit oftmals zwei Parteien für einen Grundstücksanschluss zuständig sind, bereitet diese Situation vorwiegend bei Sanierungsmaßnahmen gewisse finanzielle sowie technische Probleme.

Eine besondere Form der rechtlichen Zuständigkeit ist die sog. Anliegerregie (Abb. 1.2), die den öffentlichen Kanal mit dem Haus direkt verbindet und für die der Grundstückseigentümer allein zuständig ist. Diese Lösung bringt den Betreibern von großen Kanalnetzen bedeutende organisatorische und finanzielle Vorteile, weil sie ausschließlich für die Straßenkanäle zuständig sind. Jedoch bereiten die Sanierungen solcher Leitungen sowohl dem Grundstückseigentümer als auch dem Betreiber des öffentlichen Kanalnetzes gewisse Probleme. In der Regel sind die Sanierungsmaßnahmen bis zum Straßenkanal durchzuführen und sollten mit einer Anbindung enden. Vorwiegend werden die Anbindungen mittels Verpressroboter oder Hutprofilen ausgeführt. Eine nicht fachgerecht ausgeführte Anbindung kann den Kanalbetrieb dementsprechend erschweren. Deswegen müssen die Netzbetreiber private Sanierungsmaßnahmen intensiv betreuen. Es wird per Entwässerungssatzung geregelt, dass der Betreiber des öffentlichen Kanalnetzes für die erste Muffe (Rohrverbindung) im Bereich des Anschlusskanals direkt am Straßenkanal zuständig ist, um derartige Anbindungsprobleme möglichst auszuschließen.

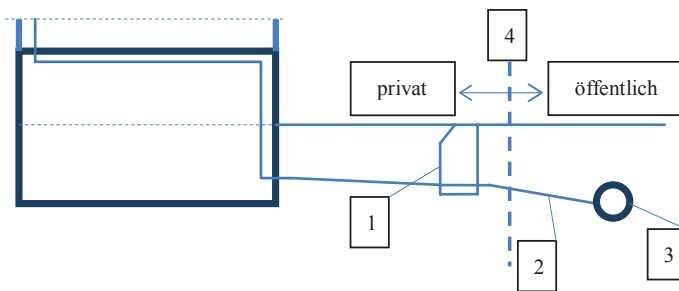


Abb. 1.1 Grundstücksgrenze als Zuständigkeitsgrenze: 1 – Revisionschacht, 2 – Grundstücksanschluss (Anschlusskanal), 3 – öffentlicher Kanal, 4 – Grundstücksgrenze. (Quelle: Raganowicz)

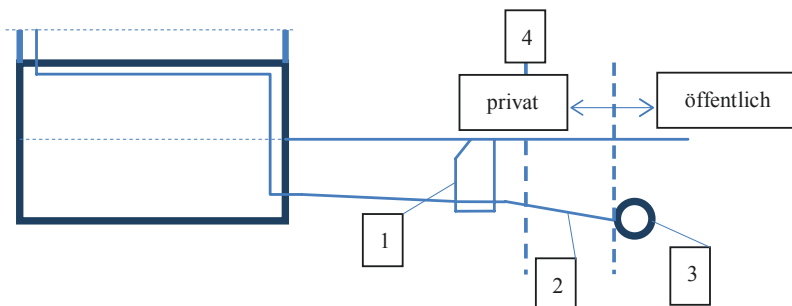


Abb. 1.2 Zuständigkeitsgrenze nach der Anliegerregie: 1 – Revisionschacht, 2 – Grundstücksanschluss (Anschlusskanal), 3 – öffentlicher Kanal, 4 – Grundstücksgrenze. (Quelle: Raganowicz)

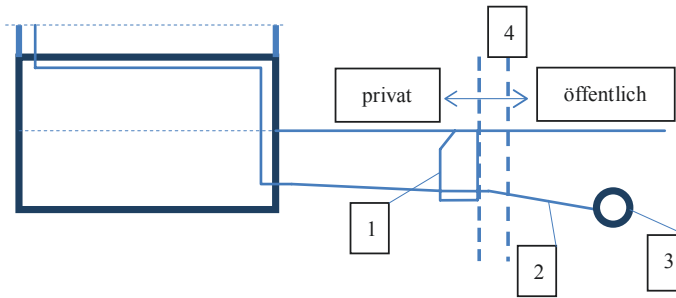


Abb. 1.3 Zuständigkeitsgrenze nach der Kommunalregie: 1 – Revisionschacht, 2 – Grundstücksanschluss (Anschlusskanal), 3 – öffentlicher Kanal, 4 – Grundstücksgrenze. (Quelle: Raganowicz)

Bei der Variante der Kommunalregie verläuft die Zuständigkeitsgrenze direkt an der Außenkante des Revisionschachtes (Abb. 1.3). Sie ist für den Betreiber des öffentlichen Kanalnetzes vorteilhaft, weil sich die rechtliche mit der technischen Zuständigkeit deckt.

Die rechtlichen Regelungen mit Gesetzescharakter für Grundstücksentwässerung werden auf Basis der Landesgesetze und Gemeindeverordnungen der Länder in den kommunalen Entwässerungssatzungen (EWS) konkretisiert. Sie regeln neben der Zuständigkeit für Grundstücksanschlüsse bzw. der Baulastgrenze zwischen öffentlichem Kanal und privater Abwasserleitung auch Untersuchungsfristen sowie Anforderungen an die ausführenden Firmen. Die Entwässerungssatzungen weisen darauf hin, dass die Grundstücksentwässerungsanlagen nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik herzustellen, zu unterhalten und zu sanieren sind. Wesentliche bauliche Änderungen an den bestehenden Anlagen sind der Kommune mit Planungsunterlagen vorzulegen und von dieser genehmigen zu lassen.

Alle Bestandteile der Grundstücksentwässerung sind nach § 1 der Musterbauordnung (MBO) [49] bauliche Anlagen und unterliegen deshalb dem Bauordnungsrecht. Unabhängig davon, dass die Abwasserleitungen außerhalb von Gebäuden im Sinne der Bayerischen Bauordnung (BayBO) [5] keine baulichen Anlagen sind, gelten für sie die europäischen Bauproduktenrichtlinien. Sie werden in Deutschland in Form des Bauproduktengesetzes (BauPG) [29] umgesetzt, das gewisse Anforderungen nach dem § 41 f. des Bayerischen Wassergesetzes [6] für Abwasserleitungen auf dem Grundstück stellt. Deswegen werden die Anlagen der Grundstücksentwässerung logischerweise auch den Regelungen der BayBO (Abschnitt III – Bauprodukte und Bauarten) [5] unterworfen. Die harmonisierte Europäische Norm [29] besagt, dass nur die Bauprodukte eingebaut werden dürfen, die mit dem CE-Zeichen gekennzeichnet sind.

1.3 Technische Grundlagen

Alle Abwasserleitungen einschließlich der Anschlusskanäle sind gemäß dem Wasserhaushaltsgesetz (WHG) [30] nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik zu errichten, zu betreiben und zu sanieren. Die baulichen Regeln, die die europäischen