



Andrzej Raganowicz

Renovierung von Anschlusskanälen der Grundstückentwässerung

Statistisch-stochastische
Zustandsprognosen für Anschlusskanäle

EBOOK INSIDE

 Springer Vieweg

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.

München 2018

Andrzej Raganowicz

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	Grundstücksanschlusssanierung 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
$f^*(t)$	– empirische Dichtefunktion
F^{-1}	– umgekehrte Verteilungsfunktion
F_j	– Faktor für Kriterium j
$F(t)$	– theoretische Verteilungsfunktion
$F^*(t)$	– 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_{lgt}	– 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 Schätzungsmethode, 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

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