

# Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort</b>	.....	V
<b>Autorenverzeichnis</b>	.....	XIII
<b>Kapitel 1</b>	<b>Untersuchungen zur quantitativen und qualitativen Belastung von Boden, Grund- und Oberflächenwasser durch undichte Kanäle</b>	1
1.1	Einleitung .....	1
1.2	Grundlagen.....	2
1.3	Stand der Kenntnisse.....	7
1.3.1	Exfiltration aus undichten Kanälen .....	7
1.3.2	Infiltration in undichte Kanäle .....	9
1.4	Untersuchungen zur Exfiltration .....	12
1.4.1	Untersuchungen zur Exfiltration vor Ort an in Betrieb befindlichen Kanalrohren .....	12
1.4.1.1	Beschreibung der Versuchseinrichtung und Vorgehensweise .....	13
1.4.1.2	Durchgeführte Untersuchungen.....	15
1.4.1.3	Darstellung und Interpretation der Ergebnisse .....	18
1.4.1.4	Zusammenfassung der Vor-Ort-Untersuchungen zur Exfiltration .....	31
1.4.2	Untersuchungen zur Exfiltration an einer Versuchsanlage .....	32
1.4.2.1	Beschreibung der Versuchseinrichtung .....	33
1.4.2.2	Durchgeführte Untersuchungen.....	34
1.4.2.3	Darstellung und Interpretation der Ergebnisse .....	35
1.4.2.4	Zusammenfassung der Untersuchungen an einer Versuchsanlage .....	41
1.4.3	Labortechnische Untersuchungen zur Exfiltration .....	43
1.4.3.1	Beschreibung der Versuchseinrichtung .....	43
1.4.3.2	Durchgeführte Untersuchungen.....	44
1.4.3.3	Darstellung und Interpretation der Ergebnisse .....	45
1.4.3.4	Zusammenfassung der labortechnischen Untersuchungen .....	50
1.5	Untersuchungen zur Infiltration .....	51
1.5.1	Beschreibung der Vorgehensweise .....	51
1.5.2	Darstellung und Interpretation der Ergebnisse .....	52
1.5.3	Zusammenfassung der Untersuchungen zur Infiltration .....	64
1.6	Folgerungen für die Praxis .....	65

1.7	Zusammenfassung der Ergebnisse .....	74
1.8	Ausblick .....	75
<b>Kapitel 2</b>	<b>Untersuchungen zur Erfassung und Bewertung undichter Kanäle im Hinblick auf die Gefährdung des Untergrundes .....</b>	<b>83</b>
2.1	Veranlassung und Aufgabenstellung .....	84
2.2	Anforderungen an Bau und Betrieb von Abwasseranlagen .....	86
2.3	Methodische Grundlagen .....	87
2.3.1	Untersuchungskriterien .....	87
2.3.1.1	Abwasser .....	88
2.3.1.2	Kanalbauwerk .....	90
2.3.1.3	Sediment .....	91
2.3.1.4	Grundwasser .....	92
2.3.2	Stoffverhalten im Untergrund .....	92
2.4	Durchführung der Untersuchungen .....	94
2.4.1	Auswahl der Untersuchungsbeispiele .....	94
2.4.2	Aufnahme des bautechnischen Zustandes .....	97
2.4.3	Probenahmen .....	97
2.4.3.1	Abwasser .....	97
2.4.3.2	Sediment .....	98
2.4.3.3	Grundwasser .....	101
2.4.4	Untersuchungsparameter .....	102
2.5	Datenauswertung .....	105
2.5.1	Grundlagen .....	105
2.5.2	Sediment .....	106
2.5.2.1	Stoffbezogene Auswertung .....	109
2.5.2.2	Schadensbezogene Auswertung .....	111
2.5.2.3	Infiltrationstiefe .....	112
2.5.3	Abwasser .....	112
2.5.4	Grundwasser .....	113
2.5.5	Umweltrelevanz .....	113
2.6	Ergebnisse .....	114
2.6.1	Abwasser .....	115
2.6.2	Leitparameter .....	115
2.6.3	Schäden .....	124
2.6.4	Infiltrationstiefe .....	124
2.6.5	Grundwasser .....	129
2.6.6	Umweltrelevanz .....	129
2.7	Zusammenfassung und Schlußfolgerungen .....	132
2.7.1	Problemstellung und Untersuchungen .....	132
2.7.2	Ergebnisse .....	133
2.7.3	Schlußfolgerungen, Empfehlungen und Handlungsbedarf .....	135

<b>Kapitel 3</b>	<b>Feststellung und Bewertung von Schäden an Abwasserkanälen und -leitungen unter besonderer Berücksichtigung der Standsicherheit und Funktionsfähigkeit der Kanäle.....</b>	143
3.1	Einleitung .....	143
3.1.1	Allgemeines .....	143
3.1.2	Erfassung und Bewertung von Schäden nach ATV - M 143 .....	145
3.2	Kriterien zur Bewertung der Standsicherheit .....	146
3.2.1	Allgemeines .....	146
3.2.2	Grundlagen der statischen Berechnung.....	147
3.2.3	Beurteilungskriterien für die Standsicherheit.....	148
3.2.3.1	Allgemeines .....	148
3.2.3.2	Rohre.....	148
3.2.3.3	Baugrund.....	150
3.2.3.4	Belastungen.....	153
3.3	Undichtigkeiten.....	157
3.4	Abflußhindernisse .....	159
3.5	Lageabweichungen.....	160
3.6	Mechanischer Verschleiß.....	162
3.7	Korrosion .....	163
3.7.1	Allgemeines .....	163
3.7.2	Ursachen und Ausmaß der Innenkorrosion .....	165
3.7.2.1	Allgemeines .....	165
3.7.2.2	Chemische Vorgänge .....	166
3.7.2.3	Mikrobiologische Vorgänge.....	170
3.7.2.4	Ausmaß der Innenkorrosion .....	173
3.7.3	Theoretische Untersuchungen .....	174
3.7.3.1	Allgemeines .....	174
3.7.3.2	Ausmaß und Verteilung der Korrosion .....	175
3.7.3.3	Statische Berechnung.....	177
3.7.3.4	Tragfähigkeitsdiagramme.....	183
3.7.4	Laborversuche.....	185
3.7.5	Bauliche Klassifizierung .....	188
3.8	Verformung .....	191
3.8.1	Allgemeines .....	191
3.8.2	Die Vertikalverformung $\delta$ als Kennwert der Schadensbeurteilung .....	191
3.8.2.1	Entwicklung des Kennwertes $\delta$ .....	191
3.8.2.2	Schwächen des Kennwertes $\delta$ .....	193
3.8.2.3	Zusammenfassung und Beurteilung .....	194
3.9	Risse .....	195
3.9.1	Allgemeines .....	195
3.9.2	Längsrisse .....	197
3.9.2.1	Allgemeines .....	197
3.9.2.2	Baustellenuntersuchungen.....	198

3.9.2.3	Theoretische Untersuchungen .....	199
3.9.2.4	Laborversuche .....	205
3.9.2.5	Ergebnisse .....	206
3.10	Rohrbruch und Einsturz .....	208
<b>Kapitel 4</b>	<b>Entwicklung von Verfahren zur Quantifizierung des Wasseraustritts und der Wasser- und Stoffausbreitung in der Umgebung undichter Kanäle .....</b>	<b>213</b>
4.1	Einleitung .....	213
4.2	Forschungsziel des Teilprojektes .....	214
4.3	Meßverfahren .....	215
4.3.1	Neutronensonden-Verfahren .....	215
4.3.2	Tensiometer-Verfahren .....	216
4.3.3	Gesichtspunkte im Hinblick auf den Einsatz an Kanälen .....	216
4.4	Versuchsanlagen .....	217
4.4.1	PVC-Rohrleitung DN 100 .....	217
4.4.2	Modell einer Kanalstrecke DN 200 .....	219
4.5	Untersuchungen über Menge und Qualität von exfiltriertem Abwasser .....	220
4.5.1	Messungen an der PVC-Rohrleitung DN 100 .....	220
4.5.2	Messungen am Modell einer Kanalstrecke DN 200 .....	223
4.5.2.1	Sickerwassermengen .....	223
4.5.2.2	Sickerwasserqualität .....	227
4.6	Untersuchungen mit der Neutronensonde .....	235
4.6.1	Einfluß des Materials der Sondenschutzrohre .....	235
4.6.2	Störungen des Sondesignals durch Abwasserinhaltsstoffe .....	236
4.6.3	Messungen am Modell einer Kanalstrecke DN 200 .....	236
4.6.3.1	Eichung der Neutronensonde .....	236
4.6.3.2	Feuchte-Messungen mit der Neutronensonde am Kanalmodell .....	237
4.6.4	Messungen an bestehenden Kanälen .....	238
4.6.4.1	Vorgehen beim Messen mit der Neutronensonde .....	238
4.6.4.2	Untersuchungsstandorte .....	238
4.7	Zusammenfassung .....	246
<b>Kapitel 5</b>	<b>Entwicklung von Kriterien zur Erfassung und Beurteilung der Schäden in Kanalisationen und Erarbeitung eines Modells zur Abschätzung des von defekten Kanälen ausgehenden Gefährdungspotentials .....</b>	<b>249</b>
5.1	Einleitung .....	249
5.2	Rechtliche Grundlagen .....	251
5.3	Anforderungen an ein Bewertungsmodell für undichte Kanäle .....	253
5.4	Vorhandene Bewertungsmodelle .....	254
5.4.1	ATV Arbeitsblatt A 149 .....	255
5.4.2	ISYBAU .....	256

5.4.3	KAPRI .....	257
5.4.4	KAIN .....	258
5.5	Grundlagen für das entwickelte Bewertungsmodell .....	259
5.6	Ablauf der Bewertung .....	260
5.6.1	Bewertung der Einzelschäden .....	262
5.6.2	Einstufung der Schäden in Schadenklassen.....	262
5.6.3	Auswirkungen der Schäden auf Umwelt, Funktionsfähigkeit und Standsicherheit .....	263
5.7	Bewertung der Einflußgrößen .....	265
5.7.1	Umwelt.....	266
5.7.2	Funktionsfähigkeit.....	271
5.7.3	Standsicherheit .....	273
5.7.4	Bewertung aller Schäden einer Haltung .....	275
5.7.5	Zusammenfassende Bewertung einer Haltung.....	276
5.8	Modellanwendung: Kanalisation der Stadt Detmold.....	282
5.8.1	Daten zum Kanalnetz Detmold .....	282
5.8.2	Ergebnisse der Modellanwendung .....	283
5.9	Zusammenfassung.....	286

<b>Kapitel 6</b>	<b>Auswirkungen von Schäden an öffentlichen Schmutz- und Mischwasserkanälen auf Grundwasser und Boden .....</b>	<b>291</b>
6.1	Einleitung.....	291
6.2	Versuchsprgramm .....	292
6.2.1	Versuchsanlage im Maßstab 1:1 .....	292
6.2.2	Begleitende Feldversuche im Gebiet der Stadt Braunschweig .....	295
6.2.3	Leitparameter zum Nachweis von Abwasserexfiltrationen .....	295
6.3	Ergebnisse .....	296
6.3.1	Hydraulische Verhältnisse an Schadstellen .....	296
6.3.2	Physikalisch-chemische Untersuchungen im Bereich der Schadstellen .....	297
6.3.2.1	Sickerwasser .....	298
6.3.2.2	Boden.....	299
6.4	Vergleich der Versuchsergebnisse mit Naturuntersuchungen .....	300
6.4.1	Allgemeines .....	300
6.4.2	Vergleich mit den Sickerwasser - Versuchsergebnissen .....	300
6.4.3	Vergleich der Bodenproben mit den Versuchsergebnissen .....	301
6.5	Zusammenfassung und Folgerungen für die Praxis.....	303