

Inhaltsverzeichnis

1 Einführung	1
1.1 Veranlassung und Problemstellung	1
1.2 Zielsetzung und Schwerpunkt der Arbeit	2
1.3 Vorgehensweise	3
2 Siedlungswasserwirtschaft im Wandel	5
2.1 Veränderte Zielvorstellungen und Rahmenbedingungen	5
2.2 Ressourcenorientierte Abwasserbewirtschaftung	9
2.2.1 Regenwasserbewirtschaftung	12
2.2.2 Neuartige Sanitärsysteme	25
2.2.3 Potenziale ressourcenorientierter Abwasserbewirtschaftung	49
2.2.4 Erfahrungen aus großräumigen Pilotprojekten und Implementierungen	51
2.3 Umgestaltungs- und Transformationsprozesse der urbanen Wasserinfrastruktur	55
2.3.1 Grundlagen von Transformationsprozessen	56
2.3.2 Strategien zur technischen und funktionalen Anpassung und Umgestaltung der Wasserinfrastruktur	59
2.3.3 Bewertung von Systemübergängen	63
2.4 Abgrenzung des Themas	73
3 Entwicklung eines Mathematischen Optimierungsmodells	75
3.1 Grundlagen und Anforderungen für ein Optimierungsmodell zur Umgestaltung von Wasserinfrastrukturen	75
3.1.1 Erforderliche Modellziele und -eigenschaften	75
3.1.2 Mathematische Werkzeuge zur Optimierung von Transformationsprozessen	78
3.2 Systemaufbereitung für die mathematische Modellierung	91
3.2.1 Istzustand	91
3.2.2 Zielzustand	97
3.2.3 Bewertungs- und Optimierungskriterien	98
3.2.4 Maßnahmen zur Umgestaltung und Auswirkungen	107
3.3 Mathematisches Optimierungsmodell	115
3.3.1 Modellstruktur	115

3.3.2	Modellformulierung	120
3.3.3	Lösungsfindung, Lösungsverfahren	131
3.3.4	Programmier- und Software-technische Implementierung.....	133
3.3.5	Voruntersuchungen zur Eingrenzung der Optimierungsmethoden und -parameter	133
4	Modellanwendung zur Transformationsplanung	141
4.1	Siedlungsspezifische Implementierung des mathematischen Modells.....	141
4.1.1	Datenanalyse und -aufbereitung	141
4.1.2	Mathematische Modellierung	143
4.1.3	Auswertung	143
4.2	Untersuchungsgebiete zur Modellanwendung	144
4.2.1	Untersuchungsgebiet 1 – fiktives repräsentatives Beispielgebiet	144
4.2.2	Untersuchungsgebiet 2 – reales Siedlungsgebiet	145
4.3	Basisszenarien und Variationen.....	151
5	Ergebnisse und Diskussion	157
5.1	Ergebnisse der Basisszenarien in den Untersuchungsgebieten.....	157
5.1.1	Untersuchungsgebiet 1.....	157
5.1.2	Untersuchungsgebiet 2(32)	167
5.1.3	Untersuchungsgebiet 2(6).....	181
5.1.4	Zusammenfassung der Ergebnisse in den Untersuchungsgebieten ...	191
5.2	Ergebnisse der Variation der Optimierungskriterien	194
5.2.1	Variation des Untersuchungszeitraums	195
5.2.2	Variation der ökonomischen Zielkriterien	198
5.2.3	Variation der ökologischen Zielkriterien.....	202
5.2.4	Variation der Zielgewichtung	210
5.2.5	Zusammenfassung der Einflüsse der untersuchten Optimierungs- parameter	216
5.3	Diskussion und Fazit	218
5.3.1	Bewertung der Ergebnisse und des Modellansatzes	218
5.3.2	Empfehlungen zur Modellanwendung und Systemumgestaltung	225
6	Schlussfolgerungen und Ausblick.....	233
6.1	Zusammenfassung der Erkenntnisse	233
6.2	Folgerungen für die Umgestaltung siedlungswasserwirtschaftlicher Systeme	236
6.3	Forschungsbedarf und Ausblick	238
	Literaturverzeichnis	243

Anhang	267
Anhang A 1 Neuartige Sanitärsysteme	267
A.1.1 Erfassung des Schwarzwasserstroms	267
Anhang A 2 Mathematische Optimierungsmethoden	268
A 2.1 Matrix-Schreibweise linearer Optimierungsprobleme	268
A 2.2 Verfahren zur Lösung (gemischt-)ganzzahliger Optimierungsprobleme	268
A 2.3 Graphentheorie	270
Anhang A 3 Mathematisches Optimierungsmodell	276
A 3.1 Modellstruktur	276
A 3.2 Nachschlagetabellen zur linearen Approximation	282
A 3.3 Ökologische Zielfunktion	291
Anhang A 4 Mathematische Modellformulierung	295
A 4.1 Parameter	295
A 4.2 Variablen	302
A 4.3 Nebenbedingungen	303
A 4.4 Zielfunktionen	307
A 4.5 Erweiterungen	309
Anhang A 5 Dekompositionsmethoden	310
A 5.1 Raum-Dekomposition	310
A 5.2 Zeit-Dekomposition	311
Anhang A 6 Auswahl der Lösungsmethoden	313
A 6.1 Diskretisierung der Raum-Dekomposition	313
A 6.2 Ergebnisse der Anwendung der Methode der Beschränkung	313
Anhang A 7 Eingangsdaten Untersuchungsgebiet 1	315
Anhang A 8 Eingangsdaten Untersuchungsgebiet 2	316
A 8.1 Datengrundlage	316
A 8.2 Einzugsgebietskenndaten	318
A 8.3 Kapazitäten zur Flussaufteilung	330
Anhang A 9 Ergebnisse	334
A 9.1 Untersuchungsgebiet 2(32)	334
A 9.2 Untersuchungsgebiet 2(6)	336
A 9.3 Zusammensetzung des Trockenwetterabflusses beim Basissze- nario Schwarzwasserseparation	337
A 9.4 Variation der Kostenanteile in der K(1)-Zielfunktion	338