



Gerald Reichl (Autor)

## **Optimierte Bewirtschaftung von Kläranlagen basierend auf der Modellierung mit Modelica**



<https://cuvillier.de/de/shop/publications/2334>

Copyright:

Cuvillier Verlag, Inhaberin Annette Jentsch-Cuvillier, Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen,  
Germany

Telefon: +49 (0)551 54724-0, E-Mail: [info@cuvillier.de](mailto:info@cuvillier.de), Website: <https://cuvillier.de>

# Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort</b>	<b>V</b>
<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>VII</b>
<b>Symbolverzeichnis</b>	<b>IX</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Modellierung, Simulation und Optimierung . . . . .	3
1.2 Ziele der Arbeit . . . . .	5
1.3 Überblick über diese Arbeit . . . . .	5
<b>2 Modellierung von Abwasserreinigungsanlagen</b>	<b>7</b>
2.1 Grundprinzipien der biologischen kommunalen Abwasserreinigung . . . . .	7
2.2 Prozesse und Modelle . . . . .	10
2.2.1 Belebtschlammmodelle . . . . .	10
2.2.2 Nachklärbeckenmodelle . . . . .	15
2.2.3 Ein einfaches Modell der Vorklärung . . . . .	19
<b>3 Modelica Bibliothek WasteWater</b>	<b>25</b>
3.1 Objekt-Orientierte Modellierung mit Modelica . . . . .	25
3.1.1 Ein Überblick über Modelica . . . . .	25
3.1.2 Eigenschaften der Modelica Sprache . . . . .	26
3.1.3 Existierende Modelica Bibliotheken . . . . .	27
3.1.4 Modelica Simulationsumgebung . . . . .	28
3.2 Struktur der Bibliothek <i>WasteWater</i> . . . . .	29
3.3 Komponentenschnittstellen . . . . .	29
3.3.1 Konnektoren der Belebungsbeckenmodelle . . . . .	31
3.3.2 Konnektoren innerhalb der Nachklärbeckenmodelle . . . . .	31
3.3.3 <i>WasteWaterUnits</i> . . . . .	32
3.4 Komponentenmodelle für Abwasserreinigungsanlagen . . . . .	33
3.4.1 Vorklärmodelle . . . . .	33
3.4.2 Belebtschlammmodelle . . . . .	36
3.4.3 Nachklärbeckenkomponenten . . . . .	39
3.4.4 Sonstige relevante Komponenten . . . . .	43
3.5 Anwendungsbeispiel der Bibliothek <i>WasteWater</i> . . . . .	46

<b>4</b>	<b>Systemstudien – Simulation und Optimierung</b>	<b>47</b>
4.1	Die Kläranlage der Stadt Jena . . . . .	47
4.1.1	Simulation der Kläranlage Jena . . . . .	48
4.2	Parameterschätzung mittels Genetischem Algorithmus . . . . .	51
4.3	Systemoptimierung und Formulierung eines Optimalsteuerungsproblems . .	53
4.3.1	Problemstellung und Motivation . . . . .	53
4.3.2	Zeitdiskretes Optimalsteuerungsproblem . . . . .	54
4.3.3	Gütefunktional . . . . .	58
4.3.4	Beschränkungen . . . . .	59
4.3.5	Kostenfunktionen . . . . .	62
4.3.6	Bestimmung der Wichtungsfaktoren . . . . .	66
<b>5</b>	<b>Modellprädiktive Regelung einer Kläranlage</b>	<b>69</b>
5.1	Grundlagen der modellprädiktiven Regelung . . . . .	69
5.1.1	Überblick MPR Methoden . . . . .	69
5.1.2	Funktionsweise der modellprädiktiven Regelung . . . . .	70
5.2	Realisierung der modellprädiktiven Regelung . . . . .	73
5.2.1	Anwendung auf die Kläranlage Jena . . . . .	75
5.2.2	Untersuchungszeitraum . . . . .	77
5.3	Simulative Untersuchungen der modellprädiktiven Regelung . . . . .	80
5.3.1	Minimierung der Elektroenergiekosten . . . . .	80
5.3.2	Minimierung der Gesamtkosten . . . . .	87
5.3.3	Reduzierung der Leistungsspitzen der Gebläse . . . . .	92
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>97</b>
6.1	Entwicklung der Bibliothek <i>WasteWater</i> . . . . .	97
6.2	Modellprädiktive Regelung . . . . .	98
6.3	Ausblick . . . . .	99
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>101</b>
	<b>Anhang</b>	<b>107</b>
A.1	Modell der Kläranlage Jena . . . . .	107
A.2	Ergebnis der Parameterschätzung für die Kläranlage Jena . . . . .	109
A.3	Ergänzende Diagramme . . . . .	111
A.3.1	Energieoptimale Gebläsesteuerung . . . . .	111
A.3.2	Energieoptimaler Kläranlagenbetrieb . . . . .	112
A.3.3	Kostenoptimaler Kläranlagenbetrieb . . . . .	113
A.3.4	Reduzierung der Leistungsspitzen der Gebläse . . . . .	114