

# Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	IX
Tabellenverzeichnis	XI
Notation	XIII
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Motivation . . . . .	1
1.2 Stand von Wissenschaft und Technik . . . . .	2
1.2.1 Stand der Technik in der Pumpenregelung . . . . .	2
1.2.2 Verwandte Arbeiten . . . . .	4
1.3 Zielsetzung und Beiträge dieser Dissertation . . . . .	6
1.4 Publikationen . . . . .	8
<b>2 Regelungstechnische Modellierung von Pumpensystemen</b>	<b>9</b>
2.1 Komponentenmodellierung . . . . .	9
2.1.1 Rohrleitung . . . . .	9
2.1.2 Ventile . . . . .	11
2.1.3 Druckspeicher . . . . .	13
2.1.4 Kreiselpumpe . . . . .	14
2.1.5 Elektromotor mit Frequenzumrichter . . . . .	18
2.2 Einpumpensystem . . . . .	20
2.2.1 Systemübersicht . . . . .	20
2.2.2 Modell des Einpumpensystems . . . . .	21
2.3 Gekoppeltes Mehrpumpensystem . . . . .	21
2.3.1 Systemübersicht . . . . .	21
2.3.2 Analyse der gekoppelten Fluidodynamik . . . . .	22
2.3.3 Gekoppeltes Mehrpumpenmodell . . . . .	25
<b>3 Regler- und Schätzerentwurf für Pumpensysteme</b>	<b>27</b>
3.1 Systemanalyse . . . . .	27
3.1.1 Stand der Technik . . . . .	27
3.1.2 Beitrag dieser Arbeit . . . . .	28

3.2	Reglerentwurf . . . . .	29
3.2.1	Grundlagen zur Ein- Ausgangslinearisierung . . . . .	29
3.2.2	Anwendung im Einpumpensystem . . . . .	31
3.2.3	Anwendung im MIMO-Pumpensystem . . . . .	33
3.3	Zustandsschätzung mittels Extended-Kalman-Filter . . . . .	36
3.3.1	Grundlagen zur Zustandsschätzung . . . . .	36
3.3.2	Anwendung im Einpumpensystem . . . . .	37
3.3.3	Anwendung im gekoppelten MIMO-System . . . . .	38
3.4	Simulationsstudien . . . . .	39
3.4.1	Einpumpensystem . . . . .	39
3.4.2	Gekoppeltes Mehrpumpensystem . . . . .	39
<b>4</b>	<b>Prüfstandsaufbauten und -untersuchungen</b>	<b>45</b>
4.1	Prüfstand eines Einpumpensystems . . . . .	46
4.1.1	Aufbau des Prüfstands . . . . .	46
4.1.2	Parameteridentifikation . . . . .	47
4.1.3	Ergebnisse . . . . .	51
4.1.4	Vergleich mit bestehenden Regelungsverfahren . . . . .	54
4.2	Prüfstand eines gekoppelten Mehrpumpensystems . . . . .	56
4.2.1	Aufbau des Prüfstands . . . . .	56
4.2.2	Parameteridentifikation . . . . .	60
4.2.3	Ergebnisse . . . . .	66
4.2.4	Vergleich mit bestehenden Regelungsverfahren . . . . .	72
4.2.5	Schlussfolgerungen . . . . .	80
<b>5</b>	<b>Energiemanagement</b>	<b>83</b>
5.1	Statische Optimierung . . . . .	85
5.1.1	Dimensionierung des Systems . . . . .	85
5.1.2	Wahl der Arbeitspunkte . . . . .	90
5.2	Trajektorienoptimierung . . . . .	94
5.2.1	Problemformulierung . . . . .	95
5.2.2	Implementierung . . . . .	98
5.2.3	Ergebnisse der Optimierung . . . . .	103
5.3	Schlussfolgerungen . . . . .	116
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>117</b>
6.1	Zusammenfassung . . . . .	117
6.2	Ausblick . . . . .	117
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>119</b>
	<b>Lebenslauf</b>	<b>125</b>