

Inhaltsverzeichnis

Notation	IX
1 Einleitung	1
1.1 Motivation	1
1.2 Intelligente Regelungen	2
1.3 Stand von Wissenschaft und Technik	3
1.4 Zielsetzung und Beiträge dieser Dissertation	6
1.5 Beispielsysteme	7
1.6 Publikationen und Patentanmeldungen	8
2 Grundlagen der iterativ lernenden und modellprädiktiven Regelung	9
2.1 Iterativ lernende Regelung	9
2.1.1 Zeitdiskrete iterativ lernende Regelung	12
2.1.2 Inversionsbasierte Entwurfsverfahren	17
2.1.3 Robustheit	22
2.1.4 Vor- und Nachteile	28
2.2 Modellprädiktive Regelung	29
2.2.1 Unbeschränktes Optimierungsproblem	30
2.2.2 Beschränktes Optimierungsproblem	33
2.2.3 Robustheit	35
2.2.4 Vor- und Nachteile	38
3 Iterativ lernende modellprädiktive Regelung	39
3.1 Ideen und Herausforderungen	39
3.2 Betrachtete Systemklassen	43
3.2.1 Lineare Systeme	43
3.2.2 Flache nichtlineare Systeme	45
3.2.3 Lineare Systeme mit unterlagerter flacher Dynamik	46
3.2.4 Systemannahmen	47
3.3 Optimierungsentwurf	48
3.3.1 Konzept	48
3.3.2 Kostenfunktion	50
3.3.3 Reduzierter Entwurf	52
3.3.4 Konvergenz und Lösbarkeit	57
3.3.5 Robustheit	63

3.4	Beobachterentwurf mit Störgrößenbetrachtung	64
3.4.1	Rekursive Störgrößenberechnung	64
3.4.2	Diskreter zyklischer Beobachterentwurf	65
3.4.3	Kontinuierlicher zyklischer Beobachterentwurf	68
3.4.4	Klassischer Störgrößenbeobachter	68
3.4.5	Vor- und Nachteile	69
4	Reduktion von Speicher- und Rechenbedarf	71
4.1	Ideen und Herausforderungen	71
4.2	Entwurfsseitige Ansätze	74
4.2.1	Variable Abtastzeiten	74
4.2.2	Dynamisch fokussiertes Lernen	78
4.2.3	Modellprädiktive iterativ lernende Regelung	80
4.2.4	Vergleich der Ansätze	82
4.3	Algorithmenseitige Ansätze	84
4.3.1	Optimierungsaufbau	84
4.3.2	Optimierungslöser	92
5	Robuster Entwurf am Beispiel eines Schwimmbadsystems	109
5.1	Modellierung	109
5.1.1	Systemaufbau	109
5.1.2	Systembeschreibung	111
5.2	Identifikation	112
5.2.1	Totzeitbestimmung	112
5.2.2	Systemdynamik	112
5.2.3	Störprofile	114
5.3	Regelungsentwurf	114
5.4	Robuste ILMPC	115
5.5	Ergebnisse	118
6	Energiebasierter Entwurf am Beispiel einer Verdrängerpumpe	121
6.1	Modellierung	121
6.1.1	Systemaufbau	121
6.1.2	Systembeschreibung	122
6.2	Identifikation	125
6.2.1	Identifikation der magnetischen Widerstände	125
6.2.2	Identifikation der mechanischen Parameter	126
6.2.3	Identifikation der elektrischen Parameter	127
6.3	Reglerentwurf	127
6.4	Energiebasierte ILMPC	129
6.5	Ergebnisse	132

7	Prozesszeitenoptimierung über ILC am Beispiel einer Balancierplattform	135
7.1	Modellierung	135
7.1.1	Systemaufbau	135
7.1.2	Systembeschreibung	136
7.2	Identifikation	138
7.2.1	Identifikation des elektrischen Teilsystems	138
7.2.2	Identifikation des mechanischen Teilsystems	139
7.3	Regler- und Beobachterentwurf	139
7.4	Prozesszeitenoptimierung	142
7.4.1	Ortsabhängige Kostenfunktion	142
7.4.2	Trajektorienberechnung	143
7.4.3	Prozesszeitenreduktion	145
7.5	Ergebnisse	147
8	Zusammenfassung und Ausblick	149
8.1	Zusammenfassung	149
8.2	Ausblick	152
A	Mathematische Grundlagen	153
A.1	Normen	153
A.2	Matrizen	155
A.3	Mengen und Polyeder	158
A.3.1	Mengen	158
A.3.2	Polyeder	159
A.4	Systeme und Funktionen	159
A.4.1	Systeme	159
A.4.2	Funktionen	162
A.4.3	Optimalitätsbedingungen	165
A.4.4	Problempermutation	170
B	Veröffentlichungen, Patentanmeldungen und studentische Arbeiten	171
B.1	Veröffentlichungen	171
B.2	Patentanmeldungen	171
B.3	Studentische Arbeiten	172
	Literaturverzeichnis	173
	Lebenslauf	185