

Inhaltsverzeichnis	Seite
1 Einleitung und Problemstellung	1
2 Relationsbasierter Entwurf von Fuzzy-Reglern	5
2.1 Theorie der unscharfen Mengen	5
2.1.1 Algebraische Operationen mit Fuzzy-Mengen	7
2.1.2 Fuzzy-Relationen	9
2.2 Relationen zur Wissensrepräsentation und -verarbeitung	11
2.3 Die Systembeschreibung in Relationsform	14
2.3.1 Beziehung Relation - Fuzzy-Regler	17
2.4 Optimierung des Streckenmodells	20
2.4.1 Formulierung der Optimierungsaufgabe	22
2.4.2 Das Optimierungsverfahren	24
2.5 Bestimmung der Reglerrelation	25
2.5.1 Systembeschreibung auf einem 2-dimensionalen Grundbereich	26
2.5.2 Lösung der kontinuierlichen Relationsgleichung	27
2.5.3 Reglerberechnung auf Basis der Kettenregel	33
2.5.4 Eigenschaften des Entwurfs nach der Kettenregel	40
2.6 Überführung der Reglerrelation in einen Regelsatz	44
2.6.1 Gewährleistung eines vollständigen Regelsatzes	44
2.7 Der bisherige Entwurf im Überblick	51
3 Stabilitätsbetrachtungen	52
3.1 Der Aufbau eines Fuzzy-Reglers	53
3.2 Stabilitätsanalyse mit Hilfe der Methode von Ljapunow	55
3.2.1 Stabilitätskriterien nach Ljapunow	56
3.2.2 Konstruktion von Ljapunow-Funktionen nach Aisermann	57
3.2.3 Modifizierte Aisermann-Methode	58
3.3 Anwendung des Popow-Kriteriums auf Fuzzy-Regelungen	62

3.4 Verwendung des Kriteriums der Hyperstabilität.....	64
3.4.1 Definition der Hyperstabilität.....	64
3.4.2 Hyperstabilitätskriterien.....	67
3.4.3 Überprüfung der Integralungleichung.....	70
3.4.4 Entkopplung der Sektoren.....	72
3.4.5 Entkopplung von Strecken mit Durchgriff.....	75
3.4.6 Hyperstabilitätsuntersuchungen bei instabilen linearen Teilsystemen.....	76
3.4.7 Das Sektorkriterium bei diagonalen Ausgangsrückführungen.....	80
3.4.8 Stabilisierbarkeit mit konstanter diagonalen Ausgangsrückführung.....	82
3.5 Optimierung der Sektoren.....	84
3.5.1 Optimierung mit dem Lagrange-Ansatz.....	84
3.5.2 Nichtlineare Optimierung mit Powell-Verfahren.....	86
3.6 Anwendungsmöglichkeiten der Hyperstabilitätstheorie bei nichtlinearen Strecken.....	86
3.7 Die Stabilitätsanalyse im Überblick.....	87
4 Anwendungen.....	89
4.1 Relationsbasierter Entwurf einer Kupplungsregelung.....	89
4.1.1 Analyse der Strecke.....	91
4.1.2 Durchführung von Anfahrversuchen zum Wissenserwerb.....	94
4.1.3 Formulierung des Wunschverhaltens.....	98
4.1.4 Formulierung des Streckenverhaltens.....	102
4.1.5 Berechnung der Reglerrelation.....	103
4.1.6 Simulation des geschlossenen Kreises.....	105
4.2 Regelung eines Drei-Tank-Systems.....	109
4.2.1 Formulierung des Streckenverhaltens.....	110
4.2.2 Formulierung des Wunschverhaltens.....	114
4.2.3 Bestimmung des Reglerregelsatzes.....	115
4.2.4 Regelung mit dem relationsbasiert entworfenen Regler.....	116

4.2.5	Hyperstabilitätsanalyse der Regelung	120
4.3	Hyperstabile Regelung eines Stabbalance-Systems	123
5	Wertung und Ausblick	129
6	Anhang	131
6.1	Kupplung	131
6.1.1	Relationen für den Entwurf einer Kupplungsregelung	131
6.1.2	Simulationsergebnisse der regulären Anfahrt	135
6.2	Drei-Tank-System	137
6.2.1	Daten der Zugehörigkeitsfunktionen	137
6.2.2	Daten zur Sektoroptimierung	139
6.3	Stabbalance-System	140
7	Literatur	142