

# Inhaltsverzeichnis

<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
EFC-Netze	4
Aufbau der Arbeit	9
Mathematische Notationen und Ergebnisse	10
<b>1 Netze, Systeme und ihr Verhalten</b>	<b>13</b>
1.1 Das Verhalten markierter Netze	14
1.1.1 Netze	16
1.1.2 Systeme	18
1.1.3 Erreichbarkeitsgraphen	20
1.1.4 Schaltfolgen	23
1.2 Vektornotationen	24
1.2.1 Die Inzidenzmatrix eines Netzes	24
1.2.2 Reproduktion und T-Invarianten	26
1.3 Vertauschen und Mischen in Schaltfolgen	29
1.3.1 Das Vertauschungslemma	29
1.3.2 Das Mischlemma	31
1.3.3 Der Zusammenhangssatz	32
1.4 Erreichbarkeit von Markierungen	34
1.4.1 Stabile und invariante Prädikate von Markierungen	35
1.4.2 Deadlocks und Traps	39
1.4.3 S-Invarianten	42
1.4.4 Markierungsäquivalenz bezüglich S-Invarianten	44
1.4.5 Markierungsäquivalenz in S- und T-Graphen	46
1.5 Zyklische Systeme und Grundmarkierungen	49
1.5.1 Reversible Markierungen und zyklische Systeme	50
1.5.2 Grundmarkierungen	52

<b>2 EFC-Systeme</b>	<b>55</b>
2.1 EFC-Netze, EFC-Systeme und Auswahlfunktionen . . . . .	56
2.1.1 Free-Choice-Netze und EFC-Netze . . . . .	57
2.1.2 Prozessoren . . . . .	59
2.1.3 Auswahlfunktionen . . . . .	62
2.2 Charakterisierung lebendiger EFC-Systeme . . . . .	64
2.2.1 Kreisfreie Auswahlfunktionen . . . . .	64
2.2.2 Der Satz von Commoner . . . . .	66
2.2.3 Zielgerichtete Auswahlfunktionen . . . . .	69
2.2.4 Lebendigkeit und Verklemmungsfreiheit in beschränkten EFC-Systemen . . . . .	71
2.2.5 Lebendige Markierungen stark zusammenhängender S- und T-Graphen . . . . .	74
2.3 Überdeckung wohlgeformter EFC-Netze mit T-Komponenten .	76
2.3.1 T-Komponenten und minimale T-Invarianten . . . . .	77
2.3.2 Zyklische Auswahlfunktionen . . . . .	79
2.3.3 T-Surinvarianten und T-Subinvarianten . . . . .	81
2.3.4 Der Überdeckungssatz . . . . .	84
2.3.5 Lebendige Aktivierung von T-Komponenten . . . . .	86
<b>3 Lebendige beschränkte EFC-Systeme</b>	<b>89</b>
3.1 Charakterisierung wohlgeformter EFC-Netze . . . . .	90
3.1.1 Positive Invarianten wohlgeformter EFC-Netze . . . . .	92
3.1.2 Die Rang-Gleichung . . . . .	94
3.1.3 Untere Schranken für den Rang der Inzidenzmatrix .	96
3.1.4 Eine obere Schranke für den Rang der Inzidenzmatrix .	98
3.1.5 Der Rangsatz . . . . .	102
3.2 Lebendige beschränkte EFC-Systeme . . . . .	103
3.2.1 Dualität . . . . .	104
3.2.2 Beobachter von Systemen . . . . .	105
3.2.3 Charakterisierung lebendiger Markierungen wohlgeformter EFC-Netze . . . . .	108
3.3 S-Komponenten . . . . .	109
3.3.1 Überdeckbarkeit wohlgeformter EFC-Netze mit S-Komponenten . . . . .	110
3.3.2 Maximale Markierungen von Stellen . . . . .	112
3.3.3 Lebendige und sichere EFC-Systeme . . . . .	115

<b>4 Erreichbarkeit in zyklischen EFC-Systemen</b>	<b>117</b>
4.1 Äquivalente lebendige und beschränkte Markierungen . . . . .	119
4.1.1 Private Teilnetze . . . . .	122
4.1.2 Maximale Schaltfolgen in privaten Teilnetzen . . . . .	127
4.1.3 Lebendigkeit und Beschränktheit des komplementären Systems . . . . .	129
4.1.4 Gleiche Markierungen im privaten Teilnetz . . . . .	130
4.1.5 Markierungsäquivalenz im komplementären System . .	133
4.1.6 Das Ergebnis . . . . .	136
4.2 Konsequenzen des Ergebnisses von Kapitel 4.1 . . . . .	137
4.2.1 Polynomielle Verfahren . . . . .	138
4.2.2 Die Church-Rosser-Eigenschaft der Erreichbarkeitsrelation . . . . .	139
4.3 Charakterisierung von Grundmarkierungen . . . . .	141
4.3.1 Charakterisierung reversibler Markierungen . . . . .	143
4.3.2 Aktivierte T-Invarianten . . . . .	145
4.3.3 Umkehrbare Schaltfolgen . . . . .	147
4.3.4 Die Beweisidee . . . . .	148
4.3.5 Konstruktion einer Auswahlfunktion . . . . .	150
4.3.6 Der Trapsatz . . . . .	152
4.3.7 Konsequenzen des Trapsatzes . . . . .	153
<b>5 Blockierungsfreie EFC-Systeme</b>	<b>155</b>
5.1 Charakterisierungen blockierungsfreier EFC-Systeme . . . . .	157
5.1.1 Äquivalente Definitionen von Blockierungsfreiheit .	158
5.1.2 Strukturelle Charakterisierung von Blockierungsfreiheit	162
5.2 Reduktion von EFC-Systemen . . . . .	165
5.2.1 Die Reduktionsregeln . . . . .	166
5.2.2 Ein Beispiel . . . . .	168
5.2.3 Eigenschaftserhaltung durch Reduktion . . . . .	170
5.2.4 Endliche Reduktionssequenzen . . . . .	174
5.3 Irreduzible EFC-Netze . . . . .	178
5.3.1 Eigenschaften irreduzibler wohlgeformter EFC-Netze .	179
5.3.2 Vollständigkeit der Reduktionsregeln . . . . .	181
5.3.3 Polynomielle Entscheidbarkeit blockierungsfreier EFC-Systeme . . . . .	184

<b>Abschließende Bemerkungen</b>	<b>185</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>189</b>
<b>Stichwortverzeichnis</b>	<b>195</b>