

# 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>