

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
1.1 Sequentielle Rechnungen	1
1.2 Parallele Rechnungen	12
1.3 Nebenläufige Rechnungen	19
2. Mathematische Grundlagen	27
2.1 Mengen und Relationen	27
2.2 Graphen und Bäume	29
2.3 Ringe und Körper	33
2.4 Erweiterte natürliche Zahlen	36
2.5 Sprachen und Sprachoperationen	38
2.6 Maschinen und Komplexität	41

Teil I. Interleaving Verhalten von Petri-Netzen

3. Grundlegende Eigenschaften	49
3.1 Petri-Netze	49
3.2 Der Feuerbegriff	51
3.2.1 Transitionssysteme	52
3.2.2 Hürde und Zustandswechsel	55
3.2.3 Alternative Petri-Netz-Modelle	58
3.2.4 Erreichbare Markierungen	63
3.2.5 Erreichbarkeits- und Überdeckungsgraphen	64
3.2.6 Reverse Petri-Netze	77
3.3 Invarianten, Lebendigkeit, Sicherheit	79
3.3.1 Invarianten	79
3.3.2 Beschränkte Petri-Netze und Sicherheit	82
3.3.3 Lebendigkeit	85
3.3.4 Einige notwendige Kriterien zur Erreichbarkeit von Markierungen	90

4. Die Entscheidbarkeit der Erreichbarkeit	93
4.1 Zum Erreichbarkeitsproblem EP	93
4.2 Lineare Gleichungssysteme über \mathbb{Z}	94
4.3 Gesteuerte Überdeckungsgraphen und Keime	96
4.4 Die Charakteristische Gleichung	105
4.5 Perfekte Keim-Transition-Folgen	108
4.6 Dekomposition in perfekte Keim-Transition-Folgen	112
5. Berechenbarkeit, Erreichbarkeit, Erzeugbarkeit	119
5.1 Varianten des Erreichbarkeitsproblems	119
5.1.1 Komplexität von Petri-Netzen	119
5.1.2 Varianten des Erreichbarkeitsproblems (EP)	120
5.1.3 Varianten des Lebendigkeitsproblems (LP)	123
5.1.4 Der Zusammenhang EP – LP	126
5.2 Schwache PN-Berechenbarkeit	131
5.2.1 Addition und Multiplikation	134
5.2.2 Die Ackermann-Funktion	137
5.2.3 Komplexität von Überdeckungsgraphen	142
5.2.4 Schwache Graphen	143
5.3 Das Petri-Netz-Gleichheitsproblem	144
5.4 Starke PN-Berechenbarkeit	155
5.4.1 Inhibitorische PN und PN mit Prioritäten	165
5.4.2 Beschränkte Simulation von Registermaschinen	168
6. Petri-Netz-Sprachen	189
6.1 Grundlagen	189
6.1.1 Gleichheit von Petri-Netz-Sprachen	191
6.1.2 Normalformen für Petri-Netze	196
6.2 Abschlußeigenschaften	203
6.2.1 Shuffle, Vereinigung, Konkatenation	206
6.2.2 Durchschnitt und Synchronisation	210
6.2.3 Homomorphismen	215
6.2.4 Inverse Homomorphismen	217
6.3 Algebraische Sprachcharakterisierung	220
6.3.1 Restriktion	220
6.3.2 Sprachen elementarer Netze	224
6.3.3 Freie Petri-Netz-Sprachen	230
6.4 Gegenbeispiele zu Petri-Netz-Sprachen	238

Teil II. True-Concurrency Verhalten von Petri-Netzen

7. Pomset- und Stepsprachen	243
7.1 Pomsets und Steps	243
7.1.1 Stepsprachen	246
7.1.2 Pomsetsprachen	252
7.1.3 Prozesse und Pomsetsprachen von Petri-Netzen	256
7.2 Abschlußeigenschaften	268
7.2.1 Normalform	269
7.2.2 Verallgemeinerbare Operationen	272
7.2.3 Vereinigung und Konkatenation	273
7.2.4 Synchronisation und abgeleitete Operationen	274
7.2.5 Homomorphismen	287
8. Algebraische Charakterisierungen	291
8.1 Kompositionale Semantiken und Algebren	291
8.1.1 Grundlagen kompositionaler Semantiken	291
8.1.2 Ein Basiskalkül für Petri-Netze	295
8.1.3 Petri-Netze mit Interface	302
8.1.4 Spezielle Kalküle für Petri-Netze	305
8.1.5 Ein universeller Kontext	309
8.2 Konkrete Semantiken	311
8.2.1 Zwei kompositionale Pomsetsemantiken	311
8.2.2 Abgeleitete kompositionale Semantiken	323
8.3 Algebraische Charakterisierungen	331
8.3.1 Terminale Sprachen	331
8.3.2 Nicht-terminale Sprachen	336
A. Lineare Gleichungssysteme über \mathbb{Z}	341
B. Bibliographische Hinweise	357
Literaturverzeichnis	361
Sachverzeichnis	367