

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	209
6.2.3 Homomorphismen	215
6.2.4 Inverse Homomorphismen	217
6.3 Algebraische Sprachcharakterisierung	221
6.3.1 Restriktion	221
6.3.2 Sprachen elementarer Netze	225
6.3.3 Freie Petri-Netz-Sprachen	231
6.4 Gegenbeispiele zu Petri-Netz-Sprachen	239

Teil II. True-Concurrency Verhalten von Petri-Netzen

7. Pomset- und Stepsprachen	245
7.1 Pomsets und Steps	245
7.1.1 Stepsprachen	248
7.1.2 Pomsetsprachen	254
7.1.3 Prozesse und Pomsetsprachen von Petri-Netzen	258
7.2 Abschlußeigenschaften	270
7.2.1 Normalform	271
7.2.2 Verallgemeinerbare Operationen	274
7.2.3 Vereinigung und Konkatenation	275
7.2.4 Synchronisation und abgeleitete Operationen	276
7.2.5 Homomorphismen	289
8. Algebraische Charakterisierungen	293
8.1 Kompositionale Semantiken und Algebren	293
8.1.1 Grundlagen kompositionaler Semantiken	293
8.1.2 Ein Basiskalkül für Petri-Netze	297
8.1.3 Petri-Netze mit Interface	304
8.1.4 Spezielle Kalküle für Petri-Netze	307
8.1.5 Ein universeller Kontext	311
8.2 Konkrete Semantiken	313
8.2.1 Zwei kompositionale Pomsetsemantiken	313
8.2.2 Abgeleitete kompositionale Semantiken	325
8.3 Algebraische Charakterisierungen	333
8.3.1 Terminale Sprachen	333
8.3.2 Nicht-terminale Sprachen	338
A. Lineare Gleichungssysteme über \mathbb{Z}	343
B. Bibliographische Hinweise	359
Literaturverzeichnis	363
Sachverzeichnis	369