

1	Einführung	11
1.1	Was ist theoretische Informatik?	11
1.2	Zurück zu den Anfängen	14
1.2.1	Die Mathematik in der Krise	14
1.2.2	Metamathematik	18
1.2.3	Die ersten Rechenmaschinen	22
1.2.4	Der Computer wird erwachsen	24
1.2.5	Berechenbarkeit versus Komplexität	26
1.3	Theoretische Informatik heute	32
1.4	Übungsaufgaben	34
2	Mathematische Grundlagen	37
2.1	Grundlagen der Mengenlehre	38
2.1.1	Der Mengenbegriff	38
2.1.2	Mengenoperationen	41
2.2	Relationen und Funktionen	44
2.3	Die Welt der Zahlen	52
2.3.1	Natürliche, rationale und reelle Zahlen	52
2.3.2	Von großen Zahlen	55
2.3.3	Die Unendlichkeit begreifen	57
2.4	Rekursion und induktive Beweise	65
2.4.1	Vollständige Induktion	66
2.4.2	Strukturelle Induktion	68
2.5	Übungsaufgaben	70
3	Logik und Deduktion	81
3.1	Aussagenlogik	82
3.1.1	Syntax und Semantik	82
3.1.2	Normalformen	91
3.1.3	Beweistheorie	96
3.1.3.1	Hilbert-Kalkül	98
3.1.3.2	Resolutionskalkül	104
3.1.3.3	Tableaukalkül	109
3.1.4	Anwendung: Hardware-Entwurf	112
3.2	Prädikatenlogik	117
3.2.1	Syntax und Semantik	118

3.2.2	Normalformen	122
3.2.3	Beweistheorie	124
3.2.3.1	Resolutionskalkül	130
3.2.3.2	Tableaukalkül	135
3.2.4	Anwendung: Logische Programmierung	138
3.3	Logikerweiterungen	145
3.3.1	Prädikatenlogik mit Gleichheit	146
3.3.2	Logiken höherer Stufe	147
3.3.3	Typentheorie	149
3.4	Übungsaufgaben	150
4	Formale Sprachen	161
4.1	Sprache und Grammatik	162
4.2	Chomsky-Hierarchie	168
4.3	Reguläre Sprachen	170
4.3.1	Definition und Eigenschaften	170
4.3.2	Pumping-Lemma für reguläre Sprachen	172
4.3.3	Satz von Myhill-Nerode	174
4.3.4	Reguläre Ausdrücke	176
4.4	Kontextfreie Sprachen	179
4.4.1	Definition und Eigenschaften	179
4.4.2	Normalformen	179
4.4.2.1	Chomsky-Normalform	179
4.4.2.2	Backus-Naur-Form	181
4.4.3	Pumping-Lemma für kontextfreie Sprachen	182
4.4.4	Entscheidungsprobleme	186
4.4.5	Abschlusseigenschaften	188
4.5	Kontextsensitive Sprachen	191
4.5.1	Definition und Eigenschaften	191
4.5.2	Entscheidungsprobleme	192
4.5.3	Abschlusseigenschaften	193
4.6	Phrasenstruktursprachen	193
4.7	Übungsaufgaben	195
5	Endliche Automaten	201
5.1	Begriffsbestimmung	202
5.2	Deterministische Automaten	204
5.2.1	Definition und Eigenschaften	204
5.2.2	Automatenminimierung	206
5.3	Nichtdeterministische Automaten	208
5.3.1	Definition und Eigenschaften	208
5.3.2	Satz von Rabin, Scott	210
5.3.3	Epsilon-Übergänge	212
5.4	Automaten und reguläre Sprachen	216

5.4.1	Automaten und reguläre Ausdrücke	217
5.4.2	Abschlusseigenschaften	218
5.4.3	Entscheidungsprobleme	220
5.4.4	Automaten und der Satz von Myhill-Nerode	221
5.5	Kellerautomaten	223
5.5.1	Definition und Eigenschaften	223
5.5.2	Kellerautomaten und kontextfreie Sprachen	226
5.5.3	Deterministische Kellerautomaten	228
5.6	Transduktoren	230
5.6.1	Definition und Eigenschaften	230
5.6.2	Automatenminimierung	231
5.6.3	Automatensynthese	233
5.6.4	Mealy- und Moore-Automaten	234
5.7	Petri-Netze	238
5.8	Zelluläre Automaten	243
5.9	Übungsaufgaben	246
6	Berechenbarkeitstheorie	253
6.1	Berechnungsmodelle	254
6.1.1	Loop-Programme	254
6.1.2	While-Programme	260
6.1.3	Goto-Programme	264
6.1.4	Primitiv-rekursive Funktionen	269
6.1.5	Turing-Maschinen	277
6.1.5.1	Einband-Turing-Maschinen	277
6.1.5.2	Einseitig und linear beschränkte Turing-Maschinen	285
6.1.5.3	Mehrspur-Turing-Maschinen	286
6.1.5.4	Mehrband-Turing-Maschinen	286
6.1.5.5	Maschinenkomposition	288
6.1.5.6	Universelle Turing-Maschinen	289
6.1.5.7	Zelluläre Turing-Maschinen	293
6.1.6	Alternative Berechnungsmodelle	295
6.1.6.1	Registermaschinen	296
6.1.6.2	Lambda-Kalkül	300
6.2	Church'sche These	302
6.3	Entscheidbarkeit	309
6.4	Akzeptierende Turing-Maschinen	312
6.5	Unentscheidbare Probleme	319
6.5.1	Halteproblem	319
6.5.2	Satz von Rice	322
6.5.3	Reduktionsbeweise	325
6.5.4	Das Post'sche Korrespondenzproblem	326
6.5.5	Weitere unentscheidbare Probleme	330
6.6	Übungsaufgaben	333

7	Komplexitätstheorie	341
7.1	Algorithmische Komplexität	342
7.1.1	O-Kalkül	349
7.1.2	Rechnen im O-Kalkül	352
7.2	Komplexitätsklassen	356
7.2.1	P und NP	359
7.2.2	PSPACE und NPSPACE	365
7.2.3	EXP und NEXP	367
7.2.4	Komplementäre Komplexitätsklassen	369
7.3	NP-Vollständigkeit	371
7.3.1	Polynomielle Reduktion	371
7.3.2	P-NP-Problem	372
7.3.3	Satz von Cook	373
7.3.4	Reduktionsbeweise	380
7.4	Übungsaufgaben	386
A	Notationsverzeichnis	397
B	Abkürzungsverzeichnis	401
C	Glossar	403
	Literaturverzeichnis	419
	Namensverzeichnis	423
	Sachwortverzeichnis	425