

Inhaltsverzeichnis

Vorwort zur 1. Auflage	xi
Vorwort zur 2. Auflage	xiii
Vorwort zur 3. Auflage	xiv
Vorwort zur 4. Auflage	xv
Vorwort zur 5. Auflage	xvi
Vorwort zur 6. Auflage	xvii
1 Einführung und Übersicht	1
1.1 Ausgangspunkte für das Themengebiet	1
1.2 Anwendungen theoretischer Erkenntnisse	3
1.3 Stoffübersicht und -abgrenzung	4
1.4 Externe Lernhilfen und Web-Seiten	5
1.5 Allgemeine Bibliographische Hinweise	7
I Endliche Automaten und reguläre Sprachen	9
2 Endliche Automaten	11
2.1 Deterministische endliche Automaten	11
2.1.1 Beispiel: Der Automat A_{Eintritt}	12
2.1.2 Alphabete, Wörter, Sprachen	15
2.1.3 Zustände und Zustandsübergänge	21
2.1.4 Deterministische endliche Automaten und reguläre Sprachen .	22
2.1.5 Vollständige Automaten	27
2.1.6 Zusammenfassung	28
2.2 Nichtdeterministische endliche Automaten	28
2.2.1 Definitionen	28
2.2.2 Äquivalenz von deterministischen und nichtdeterministischen endlichen Automaten	34

2.2.3	Zusammenfassung	39
2.3	Endliche Automaten mit ε -Übergängen	39
2.3.1	Definitionen	39
2.3.2	Äquivalenz von ε -Automaten zu nichtdeterministischen endlichen Automaten	40
2.3.3	Zusammenfassung	45
2.4	Verallgemeinerte endliche Automaten	45
2.4.1	Definitionen	45
2.4.2	Äquivalenz von verallgemeinerten und endlichen Automaten	46
2.4.3	Weitere Varianten endlicher Automaten	46
2.5	Minimierung endlicher Automaten	47
2.5.1	Isomorphie endlicher Automaten	48
2.5.2	Der Satz von Myhill und Nerode	49
2.5.3	Verfahren zur Minimierung endlicher Automaten	52
2.6	Anwendungen endlicher Automaten	57
2.6.1	Rechnersysteme und Systemprogrammierung	58
2.6.2	Teilworterkennung	59
2.6.3	Weitere Anwendungen	63
2.7	Bibliographische Hinweise und Ergänzungen	63
2.8	Übungen	65
3	Reguläre Sprachen	69
3.1	Reguläre Ausdrücke	70
3.1.1	Definitionen und Eigenschaften	70
3.1.2	Anwendung regulärer Ausdrücke: Syntaxprüfung von Programm-eingaben	76
3.1.3	Äquivalenz von endlichen Automaten und regulären Ausdrücken	78
3.1.4	Anwendung: Scanner-Generatoren	83
3.1.5	Zusammenfassung	86
3.2	Typ-3-Grammatiken	86
3.2.1	Rechtslineare Grammatiken	87
3.2.2	Linkslineare Grammatiken	91
3.2.3	Äquivalenz rechtslinearer und linkslinearer Grammatiken	91
3.2.4	Verallgemeinerte Typ-3-Grammatiken	93
3.2.5	Äquivalenz von endlichen Automaten und Typ-3-Grammatiken	94
3.2.6	Zusammenfassung	96
3.3	Eigenschaften regulärer Sprachen	97
3.3.1	Abschlusseigenschaften von REG_{Σ}	97
3.3.2	Das Pumping-Lemma für reguläre Sprachen	106
3.3.3	Entscheidbarkeitsprobleme	108
3.3.4	Grenzen endlicher Automaten	111
3.4	Bibliographische Hinweise und Ergänzungen	114
3.5	Übungen	115

4	Endliche Maschinen und Automatenetze	119
4.1	Endliche Maschinen	120
4.1.1	Erweiterung des endlichen Automaten A_{Eintritt}	120
4.1.2	Mealy-Maschinen	122
4.1.3	Ein formales Vorgehensmodell bei der Problemlösung	129
4.1.4	Moore-Maschinen	132
4.1.5	Äquivalenz von Mealy- und Moore-Berechenbarkeit	135
4.1.6	Grenzen endlicher Maschinen	139
4.2	Mealy-Maschinen und Schaltwerke	142
4.3	Endliche Transducer	147
4.4	Beispiele für Automatenetze	149
4.4.1	Synchrone Automaten: Zellulare Automaten	149
4.4.2	Asynchrone Automaten: Petri-Netze	154
4.4.3	Anwendungen und Varianten von Petri-Netzen	163
4.5	Anwendungen endlicher Maschinen	170
4.5.1	Software- und Systementwurf. Statecharts	170
4.5.2	Modellierung von (Geschäfts-) Prozessen	172
4.5.3	Elektronischer Handel	176
4.6	Bibliographische Hinweise und Ergänzungen	177
4.7	Übungen	178
II	Kontextfreie Sprachen und Kellerautomaten	183
5	Kontextfreie Sprachen	185
5.1	Kontextfreie Grammatiken	185
5.1.1	Beispiele und Definitionen	186
5.1.2	Normalformen	188
5.2	Eigenschaften kontextfreier Sprachen	195
5.2.1	Mehrdeutigkeit	195
5.2.2	Das Pumping-Lemma für kontextfreie Sprachen	197
5.2.3	Abschlusseigenschaften	200
5.3	Bibliographische Hinweise	204
5.4	Übungen	205
6	Kellerautomaten	207
6.1	Nichtdeterministische Kellerautomaten	208
6.1.1	Grundlegende Definitionen	208
6.1.2	Akzeptieren mit leerem Keller	212
6.2	Äquivalenz von kontextfreien Grammatiken und Kellerautomaten	213
6.3	Deterministische Kellerautomaten	217
6.4	Bibliographische Hinweise	221
6.5	Übungen	221

7	Anwendungen kontextfreier Sprachen	223
7.1	Ableitungs- und Syntaxbäume	223
7.2	Compilerbau	226
7.3	Syntax von Programmiersprachen	235
7.3.1	Erweiterte Backus-Naur-Form	235
7.3.2	Syntaxdiagramme	239
7.4	Reguläre Definitionen	242
7.5	Beispielanwendung: XML	243
7.6	Bibliographische Hinweise	247
7.7	Übungen	247
III	Berechenbarkeit und Komplexität	249
8	Typ-1- und Typ-0-Sprachen	251
8.1	Die Chomsky-Hierarchie	251
8.1.1	Typ-1-Sprachen (kontextsensitive Sprachen)	252
8.1.2	Typ-0-Sprachen (rekursiv-aufzählbare Sprachen)	260
8.1.3	Die Hierarchie	265
8.1.4	Das Wortproblem	267
8.2	Turingautomaten	269
8.2.1	Definitionen und Beispiele	269
8.2.2	Varianten von Turingautomaten	274
8.2.3	Äquivalenz von deterministischen und nichtdeterministischen Turingautomaten	279
8.2.4	Linear beschränkte Automaten	280
8.2.5	Äquivalenz zwischen Typ-1-Grammatiken und linear beschränk- ten Automaten	281
8.2.6	Äquivalenz zwischen Typ-0-Grammatiken und Turingautoma- ten	283
8.2.7	Entscheidbare Sprachen	283
8.3	Zusammenfassung	284
8.4	Bibliographische Hinweise	287
8.5	Übungen	288
9	Berechenbarkeit	291
9.1	Turing-Berechenbarkeit	291
9.1.1	Definition und Beispiele	292
9.1.2	Die Programmiersprache TURING	296
9.2	Loop-, While- und Goto-Berechenbarkeit	301
9.2.1	Die Programmiersprache LOOP	301
9.2.2	Die Programmiersprache WHILE	307
9.2.3	Die Programmiersprache GOTO	309
9.3	Primitiv rekursive und μ -rekursive Funktionen	312
9.3.1	Primitiv-rekursive Funktionen	312

9.3.2	μ -rekursive Funktionen	317
9.4	Die Churchsche These	320
9.5	Die Ackermannfunktion	326
9.6	Zusammenfassung	329
9.7	Universelle Turingmaschinen	330
9.7.1	Codierung von Turingmaschinen	330
9.7.2	Nummerierung von Turingmaschinen	333
9.7.3	Eine Standardnummerierung für \mathcal{P}	336
9.7.4	Fundamentale Anforderungen an Programmiersprachen	338
9.7.5	Das utm-Theorem	338
9.7.6	Das smn-Theorem	339
9.7.7	Anwendungen von utm- und smn-Theorem	341
9.7.8	Bedeutung von utm- und smn-Theorem	345
9.8	Bibliographische Hinweise	347
9.9	Übungen	349
10	Entscheidbarkeit	353
10.1	Existenz unentscheidbarer Probleme	353
10.2	Entscheidbare und semi-entscheidbare Sprachen	354
10.3	Reduktion von Sprachen	358
10.4	Entscheidbare und semi-entscheidbare Mengen	359
10.5	Unentscheidbare Mengen	360
10.5.1	Das Halteproblem	360
10.5.2	Anwendungen des Halteproblems: Straßenbahnen, autonome Roboter und fahrerlose Autos	363
10.5.3	Unentscheidbare Sprachen	365
10.5.4	Der Satz von Rice	366
10.5.5	Das Korrektheitsproblem	368
10.5.6	Das Äquivalenzproblem	369
10.5.7	Der erweiterte Satz von Rice	369
10.5.8	Das Postsche Korrespondenzproblem	372
10.5.9	Anwendungen des Postschen Korrespondenzproblems	375
10.6	Zusammenfassung	378
10.7	Bibliographische Hinweise	378
10.8	Übungen	379
11	Komplexität	383
11.1	Die O-Notation	383
11.2	Komplexität von Algorithmen	386
11.3	Wichtige Komplexitätsklassen	389
11.4	Die Klassen P und NP	390
11.4.1	Die Klasse P	391
11.4.2	Die Klasse NP	391
11.4.3	Die Klassen EXPTIME und NEXPTIME	393
11.4.4	Das P-NP-Problem	394

11.4.5	NP-Vollständigkeit	394
11.5	Konkrete NP-vollständige Probleme	397
11.5.1	SAT – Das Erfüllbarkeitsproblem der Aussagenlogik	397
11.5.2	Weitere NP-vollständige Probleme	402
11.6	Weitere Komplexitätsklassen	410
11.6.1	Die Klasse PSPACE	410
11.6.2	Komplementäre Komplexitätsklassen	416
11.7	Zusammenfassung	418
11.8	Bibliographische Hinweise und Ergänzungen	419
11.9	Übungen	420
12	Approximative und probabilistische Ansätze und deren Anwendungen	423
12.1	Approximative Algorithmen für NP-vollständige Probleme	425
12.1.1	Approximierbarkeit	425
12.1.2	Lokale Verbesserung am Beispiel <i>TSP</i>	428
12.1.3	Untere Schranken für das Approximieren	432
12.1.4	<i>TSP</i> in der Praxis	433
12.2	Randomisierte Algorithmen und probabilistische Komplexitätsklassen	434
12.2.1	Die Klasse RP	434
12.2.2	Die Klasse ZPP	440
12.2.3	Die Klasse BPP	443
12.2.4	Anwendung: Verschlüsselung	444
12.3	Interaktive Beweissysteme	453
12.4	Zero Knowledge Beweise. Anwendung: Authentifikation	456
12.5	Probabilistisch überprüfbare Beweise	459
12.6	Bemerkungen zur P-NP-Frage	463
12.7	Zusammenfassung	465
12.8	Bibliographische Hinweise und Ergänzungen	466
12.9	Übungen	468
Literaturverzeichnis		469
Index		479