
Lutz Priese · Katrin Erk

Theoretische Informatik

Eine umfassende Einführung

4., aktualisierte und erweiterte Auflage



Springer Vieweg

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
2. Begriffe und Notationen	3
2.1 Logische Formeln und Konnektoren	3
2.2 Grundkonzepte aus der Mengenlehre	6
2.2.1 Relationen	9
2.2.2 Funktionen	11
2.2.3 Isomorphie, Abzählbarkeit	13
2.3 Grundbegriffe aus der Algebra	17
2.4 Grundbegriffe aus der Graphentheorie	22
2.5 Grundbegriffe aus der Informatik	27
2.6 Probleme und Algorithmen	32
2.7 Zusammenfassung	33
3. Eine kurze Einführung in die Aussagenlogik	35
3.1 Syntax der Aussagenlogik	35
3.2 Semantik der Aussagenlogik	37
3.3 Wahrheitstabellen	40
3.4 SAT und TAUT	41
3.5 Äquivalenz von Formeln	42
3.6 Konjunktive und disjunktive Normalform	45
3.7 Zusammenfassung	48

Teil I. Formale Sprachen

4. Grammatiken und formale Sprachen	53
4.1 Grammatiken	53
4.2 Die Sprachklassen der Chomsky-Hierarchie	56
4.3 Automaten	60
4.4 Zusammenfassung	61

5. Reguläre Sprachen und endliche Automaten	63
5.1 Verschiedene Automatentypen	63
5.1.1 Endliche Automaten	63
5.1.2 Indeterminierte endliche Automaten	67
5.1.3 Automaten mit ε -Kanten	75
5.1.4 Endliche Automaten mit Ausgabe: gsm	77
5.2 Rationale Sprachen und \mathcal{L}_3	81
5.3 Abschlusseigenschaften von \mathcal{L}_3	82
5.4 Eine weitere Charakterisierung von \mathcal{L}_3 : über reguläre Ausdrücke	83
5.5 Eine weitere Charakterisierung von \mathcal{L}_3 : über die Kongruenz $\sim_{\mathbf{L}}$	87
5.6 Minimale Automaten	92
5.7 Das Pumping-Lemma für \mathcal{L}_3	102
5.8 Entscheidbare Probleme für \mathcal{L}_3	105
5.9 Zusammenfassung	106
6. Kontextfreie Sprachen	109
6.1 Darstellung von kontextfreien Ableitungen in Baumform ...	109
6.2 Umformung von Grammatiken	113
6.3 Chomsky- und Greibach-Normalform	121
6.4 Das Pumping-Lemma für \mathcal{L}_2	128
6.5 Abschlusseigenschaften von \mathcal{L}_2	132
6.6 Push-Down-Automaten (PDA)	133
6.7 Determiniert kontextfreie Sprachen (DCFL)	144
6.8 Probleme und Algorithmen zu cf-Sprachen	154
6.8.1 Das Wortproblem	154
6.8.2 Andere Probleme	159
6.9 Zusammenfassung	163
7. Turing-Maschinen	165
7.1 Determinierte Turing-Maschinen	166
7.2 TM-Flussdiagramme	169
7.3 Entscheidbarkeit, Akzeptierbarkeit, Aufzählbarkeit	172
7.4 Variationen von Turing-Maschinen	174
7.5 Universelle Turing-Maschinen	183
7.5.1 Gödelisierung	184
7.5.2 Eine konkrete universelle Turing-Maschine	186
7.6 Zusammenfassung	192
8. Die Sprachklassen \mathcal{L}, \mathcal{L}_0 und \mathcal{L}_1	195
8.1 \mathcal{L}_1 und beschränkte Grammatiken	195
8.2 Linear beschränkte Automaten und Turing-Maschinen	196
8.3 Entscheidbare Sprachen	202
8.4 \mathcal{L}_0 und \mathcal{L}	207

8.5	Typ-1-Sprachen sind abgeschlossen gegen Komplement	208
8.6	Zusammenfassung	214
9.	Abschlusseigenschaften von Sprachklassen	215
9.1	Überblick	215
9.2	Beweise der Abschlusseigenschaften	216
9.3	Zusammenfassung	223

Teil II. Berechenbarkeit

10.	Einleitung	227
10.1	Immer mächtigere Automaten	227
10.2	Die Churchsche These	228
10.3	Was es außer Turing-Maschinen noch gibt	228
10.4	Unentscheidbare Probleme	229
10.5	Komplexitätstheorie	230
10.6	Zusammenfassung	231
11.	Registermaschinen	233
11.1	Registermaschinen und LOOP-Programme	234
11.2	WHILE-Programme	238
11.3	GOTO-Programme	241
11.4	GOTO-Programme und Turing-Maschinen	244
11.5	LOOP-Programme und Turing-Maschinen	247
11.6	Zusammenfassung	251
12.	Rekursive Funktionen	253
12.1	Primitiv rekursive Funktionen	254
12.2	Arithmetische Funktionen, primitiv rekursiv ausgedrückt	255
12.3	\varnothing und LOOP	262
12.4	μ -rekursive Funktionen	271
12.5	μ -rekursive Funktionen gleichmächtig wie Turing-Maschinen	274
12.6	Übersicht über die verschiedenen Berechenbarkeitsbegriffe	286
12.7	Eine weitere universelle Turing-Maschine, die auf Kleenes Theorem basiert	287
12.8	Zusammenfassung	288
13.	Unentscheidbare Probleme	291
13.1	Entscheidbarkeit, Akzeptierbarkeit, Aufzählbarkeit	292
13.2	Eine Liste unentscheidbarer TM-Probleme	294
13.3	Das spezielle Halteproblem	297
13.4	Unentscheidbarkeits-Beweise via Reduktion	298
13.5	Der Satz von Rice	303

13.6	Unentscheidbarkeit und formale Sprachen	306
13.6.1	Semi-Thue-Systeme und Postsche Normalsysteme	307
13.6.2	Das PCP und unentscheidbare Probleme für \mathcal{L}_2	317
13.6.3	Entscheidbare und unentscheidbare Probleme für \mathcal{L}_2	322
13.6.4	Eine weitere Anwendung der Unentscheidbarkeit von K_0	322
13.7	Zusammenfassung	324
14.	Alternative Berechnungsmodelle	327
14.1	Ein-Registermaschinen	327
14.2	Zwei-Registermaschinen	332
14.3	Variationen über Zwei-Registermaschinen	336
14.3.1	Turing-Maschinen mit eingeschränktem Alphabet	336
14.3.2	Ein System mit zwei Stapeln von leeren Blättern	337
14.3.3	Push-Down-Automaten mit Queue oder zwei Stapeln	337
14.3.4	Ein Stein im \mathbf{N}^2	338
14.4	Wang-Maschinen	338
14.5	Tag-Systeme	342
14.6	Rödding-Netze	351
14.7	Eine extrem kleine universelle zweidimensionale Turing-Maschine	378
14.8	Reversible Rechnungen	387
14.8.1	Abstrakte Rechenmodelle	387
14.8.2	Asynchrone Automaten und Netze	392
14.8.3	Berechnungsuniverselle chemisch reversible Netze	399
14.8.4	Chemisch reversible Grammatiken	405
14.8.5	Zweidimensionale Thue-Systeme	411
14.8.6	Physikalisch reversible Schaltwerke	424
14.8.7	Physikalisch reversible Turing-Maschinen	432
14.9	Splicing	435
14.9.1	H-Systeme	435
14.9.2	Test-tube-Systeme	444
14.10	Zusammenfassung	450
15.	Komplexität	453
15.1	Abschätzung mit dem O-Kalkül	453
15.2	Aufwandberechnung und Turing-Maschinen	456
15.3	Abschätzung für determinierte und indetermierte Maschinen	460
15.4	NP-vollständige Probleme	464
15.5	Zusammenfassung	486
	Bibliographische Hinweise	487
	Literaturverzeichnis	491
	Sachverzeichnis	495