

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
<hr/>		
Teil II. Berechenbarkeit		
<hr/>		
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	φ 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	315
13.6.3	Entscheidbare und unentscheidbare Probleme für \mathcal{L}_2	320
13.6.4	Eine weitere Anwendung der Unentscheidbarkeit von K_0	321
13.7	Zusammenfassung	323
14.	Alternative Berechnungsmodelle	325
14.1	Ein-Register-Maschinen	325
14.2	Zwei-Register-Maschinen	330
14.3	Variationen über Zwei-Register-Maschinen	334
14.3.1	Turing-Maschinen mit eingeschränktem Alphabet	334
14.3.2	Ein System mit zwei Stapeln von leeren Blättern	335
14.3.3	Push-Down-Automaten mit Queue oder zwei Stapeln	335
14.3.4	Ein Stein im \mathbf{N}^2	336
14.4	Wang-Maschinen	336
14.5	Tag-Systeme	340
14.6	Rödding-Netze	349
14.7	Eine extrem kleine universelle zweidimensionale Turing-Maschine	376
14.8	Reversible Rechnungen	385
14.8.1	Abstrakte Rechenmodelle	385
14.8.2	Asynchrone Automaten und Netze	390
14.8.3	Berechnungsuniverselle chemisch reversible Netze	397
14.8.4	Chemisch reversible Grammatiken	403
14.8.5	Physikalisch reversible Schaltwerke	408
14.8.6	Physikalisch reversible Turing-Maschinen	415
14.9	Zusammenfassung	418
15.	Komplexität	421
15.1	Abschätzung mit dem O-Kalkül	421
15.2	Aufwandberechnung und Turing-Maschinen	424
15.3	Abschätzung für determinierte und indetermierte Maschinen	428
15.4	NP-vollständige Probleme	432
15.5	Zusammenfassung	454
	Bibliographische Hinweise	455
	Literaturverzeichnis	457
	Sachverzeichnis	463