

# HANSER



Inhaltsverzeichnis

Dirk Hoffmann

Theoretische Informatik

ISBN: 978-3-446-42639-9

Weitere Informationen oder Bestellungen unter

<http://www.hanser.de/978-3-446-42639-9>

sowie im Buchhandel.

# Inhaltsverzeichnis

---

<b>1</b>	<b>Einführung</b>	<b>11</b>
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
<b>2</b>	<b>Mathematische Grundlagen</b>	<b>37</b>
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
<b>3</b>	<b>Logik und Deduktion</b>	<b>81</b>
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
<b>4</b>	<b>Formale Sprachen</b>	<b>161</b>
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
<b>5</b>	<b>Endliche Automaten</b>	<b>201</b>
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
<b>6</b>	<b>Berechenbarkeitstheorie</b>	<b>253</b>
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
<b>7</b>	<b>Komplexitätstheorie</b>	<b>341</b>
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
<b>A</b>	<b>Notationsverzeichnis</b>	<b>397</b>
<b>B</b>	<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>401</b>
<b>C</b>	<b>Glossar</b>	<b>403</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>419</b>
	<b>Namensverzeichnis</b>	<b>423</b>
	<b>Sachwortverzeichnis</b>	<b>425</b>