

# Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort</b>	<b>5</b>
<b>1 Grundbegriffe</b>	<b>15</b>
1.1 Notationen . . . . .	15
1.2 Halbgruppen und Monoide . . . . .	19
1.3 Homomorphismen und Erzeugendensysteme . . . . .	23
1.4 Quotienten von Monoiden . . . . .	31
1.5 Einfache Programme . . . . .	34
1.6 Aufgaben . . . . .	41
<b>2 Mathematische Modelle</b>	<b>47</b>
2.1 Definition einer mathematischen Maschine . . . . .	47
2.1.1 Eine erste Gliederung der Maschine . . . . .	48
2.1.2 Beschreibung des Programm- und Rechenspeichers . . . . .	49
2.1.2.1 Der Programmspeicher . . . . .	50
2.1.2.2 Der Rechenspeicher . . . . .	51
2.1.3 Beschreibung des Schaltwerkes . . . . .	52
2.1.3.1 Einige Operationen und ihre Wirkungen . . . . .	53
2.1.3.2 Bedeutung der Schalter $\omega_1$ und $\omega_2$ . . . . .	58
2.1.4 Ausbau des Befehlsvorrats, Indexregister, Adressenrechnung, Programmbeispiele . . . . .	58
2.1.4.1 Das HornerSchema als Programmbeispiel . . . . .	58
2.1.4.2 Adressenrechnung und Adressenmodifikation . . . . .	67
2.1.5 Ein Sortierprogramm . . . . .	80
2.2 Die formale Definition der Maschine . . . . .	86
2.2.1 Abstrakte Maschinen und Berechnungen . . . . .	86
2.2.2 Simulationen . . . . .	89
2.2.3 Beispiele von Simulationen und Weiterentwicklung des Begriffes . . . . .	91
2.2.4 Partielle und relationelle Simulationen . . . . .	102
2.2.5 Spezielle Simulationen und Abschlußeigenschaften . . . . .	115
2.2.6 Verschiebbarkeit von Programmen im Programmspeicher	119

<b>2.3</b>	<b>Unterprogrammtechnik</b>	<b>125</b>
2.3.1	Anforderungen an eine Unterprogrammtechnik	125
2.3.1.1	Realisierungsidee	127
2.3.2	Erweiterung der Maschinenkonfiguration	128
2.3.3	Dycksprachen und Klammerausdrücke	130
2.3.3.1	Analyse von Klammerausdrücken	133
2.3.3.2	Listen und Programme	139
2.3.4	Der Kellerautomat oder Push-Down-Automat	143
2.3.5	Syntaktisch korrekte Programme	145
2.3.5.1	Syntaxregeln	146
2.3.5.2	Automatische Überprüfung der Kriterien	150
2.3.5.3	Abfolge der Befehle	155
2.3.6	Organisation der Maschine	157
2.3.6.1	Definition der erweiterten Konfiguration	157
2.3.6.2	Die Syntaxanalyse	160
2.3.7	Seitenorientierte Verwaltung des Rechenspeichers	170
2.3.8	Ein Beispiel	187
2.3.8.1	Aufgabenstellung	188
2.3.8.2	Beschreibung des Programmes $u$ zur Berechnung von $\varphi(w)$ für $w \in \mathcal{A} - Z^+$	189
2.3.9	Dynamische Verwaltung des Rechenspeichers	197
<b>2.4</b>	<b>Aufgaben</b>	<b>201</b>
<b>3</b>	<b>Schaltkreise und Schaltwerke</b>	<b>207</b>
3.1	Einleitung	207
3.2	Die boolesche Algebra der Schaltfunktionen	211
3.2.1	Definition der Schaltfunktionen und ein Beispiel	211
3.2.2	Die Boolesche Algebra der Schaltfunktionen	215
3.2.3	Boolesche Ausdrücke und Schaltkreise	220
3.2.3.1	Bemerkungen zum Bausteinsystemen	228
3.2.4	Berechnungsnetze und Laufzeiten	229
3.2.4.1	Berechnungsdauer in einem Berechnungsgraphen	232
3.2.5	Minimalpolynome	235
3.2.6	Schaltfunktionen, n-dimensionaler Würfel, Diagramme	241
3.2.7	Boolesche Netze	247
3.2.7.1	Simultane Berechnung zweier Übertragsfunktionen	247
3.2.7.2	Eine Bemerkung zur Berechnung unterer Schranken für die Kosten von Realisierungen	257
3.3	Sequentielle Schaltkreise	257
3.3.1	Das D-Flipflop	257
3.3.1.1	Ein Zähler modulo 10	261
3.3.2	Das (R,S)-Flipflop	263

3.3.3	Ausnutzung der funktionalen Eigenschaften des (R,S)-Flipflops . . . . .	267
3.3.3.1	Ein Multiplizierer modulo 7 . . . . .	269
3.3.4	Auflösung boolescher Gleichungssysteme . . . . .	271
3.3.5	Endliche Automaten und sequentielle Schaltkreise . . . . .	278
3.3.5.1	Der Zustandsgraph eines endlichen Automaten . . . . .	281
3.3.6	Reguläre Mengen . . . . .	286
3.3.6.1	Abschlußeigenschaften der regulären Mengen . . . . .	286
3.3.6.2	Ein Erzeugendensystem der Kleene-Algebra . . . . .	293
3.3.6.3	Eine Realisierung endlicher Akzeptoren durch Schaltwerke . . . . .	296
3.3.7	Produkte endlicher Automaten . . . . .	300
3.3.8	Lineare Schaltwerke . . . . .	304
3.3.9	Alternative Beschreibung von Schaltwerken . . . . .	311
3.4	Mikroprogrammierung . . . . .	312
3.4.1	Vorläufiges über Programmiersprachen . . . . .	312
3.4.2	Die Datenstrukturen der Mikroprogramme . . . . .	313
3.4.3	Die Elementaroperationen der Mikroprogrammierung . . . . .	315
3.4.4	Die Struktur der Mikroprogramme . . . . .	319
3.4.4.1	Mikroprogramm für die Addition nach der Schulmethode . . . . .	320
3.4.5	Die Syntax der Mikroprogramme . . . . .	326
3.4.6	Die Semantik der Mikroprogramme . . . . .	329
3.4.7	Realisierung der Mikroprogramme durch Schaltwerke . . . . .	330
3.4.8	Ein Mikroprogramm für die Multiplikation . . . . .	334
3.4.9	Das Speicherwerk . . . . .	340
3.4.10	Mikroprogrammwerk . . . . .	349
3.4.11	Schlußbemerkungen . . . . .	350
3.5	Aufgaben . . . . .	351
4	<b>Programmiersprachen</b>	363
4.1	Grundlegende Konzepte . . . . .	363
4.1.1	Einleitung . . . . .	363
4.1.2	Programmbeispiele und Anweisungen . . . . .	365
4.1.3	Der Datentyp Real . . . . .	371
4.1.4	Der Datentyp String . . . . .	378
4.1.5	Der Datentyp List . . . . .	384
4.1.6	Der Datentyp Sentence . . . . .	394
4.1.7	Die Datentypen Boolean und Set . . . . .	404
4.2	Unstrukturierte Programme . . . . .	404
4.2.1	Wertzuweisungen, Variablen, Konstanten und Typen . . . . .	405
4.2.1.1	Einfache Zuweisungen und einfache Prädikate . . . . .	409
4.2.2	Ausdrücke . . . . .	412

4.2.2.1	Arithmetische Ausdrücke . . . . .	412
4.2.2.2	Arithmetische Prädikate . . . . .	417
4.2.2.3	Allgemeinere Interpretationen . . . . .	420
4.2.2.4	Allgemeine Ausdrücke . . . . .	421
4.2.2.5	Wertzuweisung . . . . .	424
4.2.3	Einfache Programme . . . . .	425
4.2.3.1	Endgültige Definition der "einfachen Programme" . . . . .	435
4.2.4	Elimination von Kontrollanweisungen . . . . .	437
4.2.5	Elimination von Ausdrücken . . . . .	441
4.3	Prozeduren . . . . .	453
4.3.1	Einleitung . . . . .	453
4.3.2	Die Syntax von Prozeduren und Programmen . . . . .	454
4.3.2.1	Prozeduren . . . . .	454
4.3.2.2	Die Syntax der Programme von PSp . . . . .	459
4.3.3	Die Semantik der Programme aus PSp . . . . .	460
4.3.3.1	Aufspannende Bäume und Wege in Graphen . . . . .	461
4.3.3.2	Definition der Semantik der Programme . . . . .	464
4.3.3.3	Prozeduren als Prozedurparameter . . . . .	470
4.4	Datenstrukturen . . . . .	473
4.4.1	Felder oder Arrays . . . . .	474
4.4.1.1	Darstellung von Matrizen als lineare Arrays . . . . .	483
4.4.2	Verbunde oder Records . . . . .	485
4.4.2.1	Definition des Verbundes . . . . .	487
4.4.2.2	Konstruktion des zu dem Verbund gehörigen Graphen . . . . .	491
4.4.2.3	Definition der Variablen des Verbundes . . . . .	493
4.4.2.4	Definition der Operationen für Verbundvariablen . . . . .	493
4.4.3	Der Datentyp <i>flexibles Array</i> . . . . .	494
4.4.4	Das Modulkonzept . . . . .	498
4.4.4.1	Der Modul List . . . . .	499
4.5	Reduktionen . . . . .	502
4.5.1	Elimination von Prozeduren . . . . .	502
4.5.1.1	Die formale Konstruktion . . . . .	503
4.6	Reguläre Datentypen und Wörterbücher . . . . .	506
4.6.1	Hierarchische Verfeinerung regulärer Datentypen . . . . .	508
4.7	Unvollständigkeit von Programmiersprachen . . . . .	508
4.7.1	Die Antinomie des Barbiers . . . . .	510
4.7.2	Die Nichtabzählbarkeit der unendlichen Dualbrüche . . . . .	510
4.7.3	Die Unvollständigkeit der Programmiersprachen . . . . .	511
4.8	Aufgaben . . . . .	511
<b>Literatur</b>		<b>515</b>
<b>Ergänzende und weiterführende Literatur</b>		<b>515</b>

<b>Index</b>	<b>518</b>
<b>Liste der Tabellen</b>	<b>531</b>
<b>Liste der Abbildungen</b>	<b>532</b>
<b>Verzeichnis der Maschinenbefehle</b>	<b>538</b>
<b>Verzeichnis der Programme</b>	<b>540</b>
<b>Symbolverzeichnis</b>	<b>541</b>