

# Inhaltsverzeichnis

<b>Propädeutik des Algorithmenbegriffs</b>	<b>1</b>
0.1 Etymologie des Wortes Algorithmus	1
0.2 Was charakterisiert Algorithmen?	3
0.3 Programmieren als evolutionärer Prozeß	9
0.4 'How to solve it'	10
<b>1. Kapitel. Rechenvorschriften</b>	<b>13</b>
1.1 Der Parameterbegriff	13
1.2 Vereinbarung einer Rechenvorschrift	16
1.3 Hierarchischer Aufbau von Rechenvorschriften	17
1.3.1 Die Stützrelation und primitive Rechenstrukturen	18
1.3.2 Das Einsetzungsprinzip	21
1.3.3 Alternativen	22
1.3.4 Eingabe und Ausgabe	24
1.4 Rekursive Rechenvorschriften und Systeme	24
1.4.1 Beispiele	24
1.4.2 Nachweis der Terminierung	27
1.4.3 Taxonomie der Rekursivität	28
1.4.4 Die Ebene der applikativen Formulierung	31
1.5 Mathematische Semantik: Fixpunkttheorie	32
1.5.1 Rekursive Rechenvorschriften und Funktionalgleichungen	32
1.5.2 Fixpunkttheorie	36
1.6 Induktionsbeweise für Eigenschaften von Rechenvorschriften	41
1.6.1 Die Berechnungsinduktion	41
1.6.2 Die Parameterinduktion	44
1.7 Operative Semantik: Maschinen	45
1.7.1 Expandieren und Komprimieren	46
1.7.2 Teilberechnung	48
1.7.3 Textersetzungsmaschinen	51
1.7.4 Die Kellermaschine	53
1.8 Einschränkung der Parameterer Streckung	67
1.9 Dijkstras Wächter	69
1.10 Prä-algorithmische Formulierungen mittels Auswahl und Kennzeichnung	74
1.10.1 Der Auswahloperator $\eta$	75
1.10.2 Der Kennzeichnungsoperator $\iota$	77
1.11 Semantik nicht-deterministischer Konstruktionen	78

1.11.1	Prä-Algorithmen und Algorithmen .....	78
1.11.2	Gewinnung von Algorithmen aus Prä-Algorithmen .....	80
1.11.3	Mathematische Semantik nicht-determinierter Rechenvorschriften ....	84
1.11.4	Operative Semantik nichtdeterministischer Algorithmen .....	88
1.12	Rechenvorschriften mit mehrfachem Ergebnis .....	90
1.13	Strukturierung von Rechenvorschriften .....	92
1.13.1	Strukturierung durch Abstraktion und durch Einbettung .....	92
1.13.2	Abschnitte und unterdrückte Parameter .....	97
1.13.3	Objektvereinbarungen .....	101
1.13.4	Resultatparameter und Gleichbesetzungstabu .....	105
1.14	Rechenvorschriften als Parameter und Ergebnisse .....	109
1.14.1	Rechenvorschriften als Ergebnisse .....	110
1.14.2	Funktionale Programmierung .....	112
1.14.3	Die D-Berechnungsregel .....	114
	Anhang: Notationen .....	116
<b>2.</b>	<b>Kapitel. Objekte und Objektstrukturen .....</b>	<b>121</b>
2.1	Bezeichnungen .....	122
2.2	Gültigkeitsbereich einer frei gewählten Bezeichnung .....	124
2.3	Gattungen von Objekten .....	124
2.4	Objektmengen, Arten .....	125
2.5	Zusammengesetzte Arten und Objekte .....	130
2.6	Selektoren, Strukturen mit direktem (Selektor-) Zugriff .....	132
2.6.1	Verbunde .....	133
2.6.2	Reihungen .....	134
2.6.3	Die Selektionsstruktur von Verbund und Reihung .....	136
2.7	Artvarianten .....	138
2.8	Einführung neuer Arten: Zusammenfassung .....	142
2.9	Rekursive Objektstrukturen .....	145
2.9.1	Definition rekursiver Objektstrukturen .....	145
2.9.2	Objektdiagramme .....	150
2.9.3	Operative Detaillierung von Objekten .....	157
2.10	Algorithmen mit linearen Objektstrukturen .....	159
2.11	Sequentielle Dateien .....	166
2.11.1	„Zusammenstricken“ von Sequenzen .....	166
2.11.2	Hefte und Rollen .....	168
2.12	Algorithmen mit kaskadenartigen Objektstrukturen .....	170
2.13	Durchlaufen und Durchmustern rekursiver Objektstrukturen .....	172
2.14	Unendliche Objekte .....	176
2.14.1	Nexen von Objekten .....	177
2.14.2	Verzögerte Auswertung .....	181
2.15	Einige Besonderheiten von Reihungen .....	184
2.15.1	Reihungen mit errechneten Indexgrenzen .....	185
2.15.2	Induzierte Operationen auf Reihungen .....	186
2.16	Nochmals Rechenvorschriften mit mehrfachem Ergebnis .....	186
	Anhang: Notationen .....	188

<b>3. Kapitel. Rechenstrukturen</b> .....	<b>193</b>
3.1 Konkrete Rechenstrukturen .....	194
3.1.1 Der Abschirmungseffekt .....	194
3.1.2 Eigenschaften von Operationen .....	196
3.1.3 Definition konkreter Rechenstrukturen .....	197
3.1.4 Atomare Beispiele .....	200
3.2 Abstrakte Rechenstrukturen und abstrakte Typen .....	203
3.2.1 Grundlegende Begriffe .....	203
3.2.2 Semantik abstrakter Rechenstrukturen und Typen .....	207
3.2.3 Vollständigkeit der Eigenschaften .....	211
3.2.4 Konkretisierung eines abstrakten Typs .....	213
3.2.5 Notation und erste Beispiele .....	213
3.2.6 Konstruktoren und Selektoren .....	220
3.3 Abstrakt definierte Reihungen .....	222
3.3.1 Einseitig flexible Reihungen .....	222
3.3.2 Zweiseitig flexible Reihungen .....	225
3.3.3 Aggregate .....	228
3.4 Sequenzartige Rechenstrukturen .....	230
3.4.1 Stapel, Deck und Schlange .....	230
3.4.2 Abschweifung: Teilbarkeitstheorie in Halbgruppen .....	233
3.4.3 Sequenz und Wort .....	234
3.4.4 Vergeiß-Funktor .....	239
3.4.5 Mengen .....	241
3.5 Zahlartige Rechenstrukturen .....	245
3.5.1 Peano-Zahlen .....	245
3.5.2 Zykkelzahlen und natürliche Zahlen .....	251
3.5.3 Abschweifung: Erweiterung durch formale Quotienten .....	253
3.5.4 Die ganzen Zahlen .....	254
3.5.5 Die rationalen Zahlen .....	257
3.5.6 Stellenwertsysteme und B-al-Brüche .....	259
3.6 Wechsel von abstrakten Typen und Objektstrukturen .....	261
3.6.1 Typ-Wechsel und Typ-Verwandtschaft .....	262
3.6.2 Konkretisierung .....	263
3.6.3 Implementierung konkreter Rechenstrukturen .....	268
3.6.4 Beispiel: Binarisierung .....	270
3.6.5 Beispiel: Packen von Objekten .....	275
Anhang: Notationen .....	276
 <b>4. Kapitel. Überführung in repetitive Form</b> .....	 <b>279</b>
4.1 Schemata und Transformationen .....	279
4.2 Behandlung linearer Rekursivitäten .....	282
4.2.1 Die Technik der Klammernverschiebung („Um-Klammerung“) .....	282
4.2.2 Die Technik der Operandenvertauschung .....	285
4.2.3 Funktionsumkehrung .....	288
4.2.4 Die Transformation von Paterson und Hewitt .....	292

4.2.5	Funktionsumkehrung unter Einführung von Stapeln . . . . .	293
4.3	Behandlung nichtlinearer Rekursivitäten . . . . .	297
4.3.1	Methode des allgemeinen Ansatzes . . . . .	298
4.3.2	Arithmetisierung des Ablaufs . . . . .	304
4.3.3	Spezielle Fälle geschachtelter Rekursion . . . . .	307
4.3.4	Die Technik der Wertverlaufs-Tabellierung . . . . .	310
4.4	Entflechtung des Ablaufs . . . . .	312
4.4.1	Entflochtene Rechenvorschriften . . . . .	312
4.4.2	Entflechtung rekursiver Rechenvorschriften mittels Funktionsumkehrung . . . . .	314
4.4.3	Umformung des Ablauftyps . . . . .	318
<b>5.</b>	<b>Kapitel. Programmvariable . . . . .</b>	<b>321</b>
5.1	Ursprung von Programmvariablen . . . . .	321
5.1.1	Spezialisierung der Kellermaschine . . . . .	323
5.1.2	Spezialisierung der Wertverlaufsmaschine . . . . .	327
5.2	Formale Einführung der Programmvariablen . . . . .	330
5.2.1	Sequentialisierung von Objektvereinbarungen . . . . .	331
5.2.2	Programmvariable als Mittel zur Bezeichnungsersparnis . . . . .	333
5.2.3	Ausdruck mit Seiteneffekt . . . . .	337
5.2.4	Vollständige Sequentialisierung von kollektiven Zuweisungen . . . . .	339
5.3	Prozeduren . . . . .	342
5.3.1	Programmvariable als Parameter . . . . .	342
5.3.2	Gleichbesetzungstabu, Alias-Verbot und unterdrückte Variablenparameter . . . . .	347
5.3.3	Gemeinbenutzung von Variablen . . . . .	350
5.3.4	Initialisierung . . . . .	351
5.3.5	Eigenschaften von Programmvariablen . . . . .	353
5.4	Axiomatische Beschreibung von Programmiersprachen . . . . .	354
5.4.1	Prädikattransformationen . . . . .	354
5.4.2	Programmverifikation . . . . .	359
5.5	Variable für strukturierte Objekte . . . . .	362
5.5.1	Selektive Änderung . . . . .	363
5.5.2	Bemerkungen zur Ein-/Ausgabe . . . . .	364
	Anhang: Notationen . . . . .	365
<b>6.</b>	<b>Kapitel. Ablaufbestimmende Elemente . . . . .</b>	<b>367</b>
6.1	Entparametrisierung und formale Behandlung der Wiederholung . . . . .	367
6.1.1	Entparametrisierung . . . . .	367
6.1.2	Semantik der Wiederholung . . . . .	372
6.1.3	Analytische Behandlung des Protokollkellers . . . . .	374
6.2	Sprünge . . . . .	376
6.2.1	Schlichter Aufruf als ablaufbestimmendes Grundelement . . . . .	376
6.2.2	Einführung von Sprüngen . . . . .	379

6.3	Die allgemeine <b>do-od</b> -Konstruktion .....	383
6.4	Schleifen .....	385
6.4.1	Abweisende und nicht-abweisende Wiederholung .....	385
6.4.2	Gezählte Wiederholung .....	388
6.5	Schleifen und repetitive Systeme .....	389
6.6	Sequentielle Schrittschaltwerke .....	390
6.7	Ablaufdiagramme .....	393
6.7.1	Klassische Ablaufdiagramme .....	394
6.7.2	Aufspaltung und Sammlung .....	396
6.7.3	Koordinierte Ablaufdiagramme .....	401
6.8	Petri-Netze .....	406
6.8.1	Theorie der Petri-Netze .....	406
6.8.2	Aufbau von Petri-Netzen, Zusammenhang mit koordinierten Ablaufdiagrammen .....	409
6.9	<b>bool</b> -Petri-Netze, Signale .....	412
6.10	<b>nat</b> -Petri-Netze, Semaphore .....	418
	Anhang: Notationen .....	421
<b>7.</b>	<b>Kapitel. Organisierte Speicher und Geflechte .....</b>	<b>423</b>
7.1	Organisierte Speicher .....	423
7.1.1	Selektive Umbesetzung .....	424
7.1.2	Kollektion und Zusammensetzung von Variablen .....	426
7.1.3	Errechnete Variablen .....	427
7.1.4	Aufbau organisierter Speicher und Erzeugung von Variablen .....	429
7.1.5	Vor- und Nachteile organisierter Speicher .....	433
7.2	Nochmals: Identität von Variablen und Alias-Verbot .....	433
7.2.1	Revision des Zuweisungsaxioms .....	434
7.2.2	Überprüfung des Besetzungstabus .....	435
7.3	Implementierung von Objektstrukturen durch organisierte Speicher .....	436
7.4	Geflechtimplementierung organisierter Speicher .....	440
7.4.1	Verweise auf Variable: Zeiger .....	440
7.4.2	Wirths Kopplung .....	446
7.4.3	Leit-Variable .....	447
7.4.4	Implementierung von Rechenstrukturen mit Hilfe von Geflechten .....	450
7.4.5	Eigenschaften von Zeigern .....	452
7.5	Meliorierung von Algorithmen mit Geflechten durch selektive Umbesetzung ..	453
7.5.1	Algorithmen für Einweglisten .....	453
7.5.2	Algorithmen für Zweiweglisten .....	456
7.6	Adressierung .....	458
7.6.1	Variablenadressen .....	459
7.6.2	Sprungadressen .....	460
7.6.3	Echte Adressen .....	461
7.6.4	Ausblick auf die Systemprogrammierung .....	464
	Anhang: Notationen .....	464

<b>Schluß. Programmieren als Entwicklungsprozeß</b> .....	467
Programmspezifikation und -entwicklung in einheitlicher Sprache .....	467
Begrifflicher Aufbau der algorithmischen Sprache .....	471
Methodik des Programmierens .....	474
 Literaturverzeichnis .....	 475
Quellenangaben .....	486
Sach- und Namenverzeichnis .....	487
Glossar .....	510