

Inhaltsverzeichnis

Vorbemerkung	1
5. Blockstruktur und dynamische Speicherverteilung	3
5.1 Blöcke und Speicherverteilung	3
5.1.1 Blockstruktur	5
5.1.2 Pulsierende Speicherverteilung	8
5.1.3 Wortorganisierte Speicher	11
5.1.4 Relative Adressierung	12
5.1.5 Felder mit dynamisch errechneten Indexgrenzen	13
5.1.6 Abschließende Bemerkungen	16
5.2 Prozeduren und Blockstruktur	17
5.2.1 Einbeziehung von Prozeduren in die Blockstruktur	17
5.2.2 Ergänzung des Blockstrukturbaums durch Aufrufpfeile	20
5.2.3 Dynamischer Blockstrukturbaum	24
5.2.4 Statische und dynamische Verweisketten	26
5.2.5 Dynamische Speicherverteilung im Falle des Vorkommens von Prozeduren	27
6. Hintergrundspeicher und Verkehr mit der Außenwelt, Datenstrukturen, Speicherorganisation	29
6.1 Technische Charakteristika von Hintergrundspeichern und E/A-Geräten	30
6.1.1 Speicher mit direktem Zugriff	30
6.1.2 Speicher mit indirektem Zugriff	31
6.1.3 Transport- und Übertragungseinheiten	33
6.2 Funktionelle Beschreibung von Hintergrundspeichern und E/A-Geräten	36
6.2.1 Lochkarten und Lochkartenstöße, Lochstreifen / Nicht wiederverwendbare Medien	36

6.2.2	Magnetbandspeicher mit Blöcken wechselnden Umfangs / Wiederverwendbare Medien mit sequentiellm Zugriff auf Blöcke wechselnden Umfangs	39
6.2.3	Magnetband- und Scheibenspeicher mit fester Blockeinteilung / Wiederverwendbare Medien mit sequentiellm Zugriff auf fest eingeteilte Blöcke, organisierte Speicher	44
6.2.4	Magnetplattenspeicher / Wiederverwendbare Medien mit rotierendem Zugriff	45
6.3	Einführung neuer Rechenstrukturen	45
6.3.1	Teilstrukturen	46
6.3.2	Operative Anreicherung	48
6.3.3	Paar- und Tupelbildung	51
6.3.4	Variantenbildung	56
6.3.5	Rekursive Definition von Rechenstrukturen: Rekursive Daten- strukturen	58
6.3.5.1	Stapel	59
6.3.5.2	Beblätterte Binärbäume	60
6.3.5.3	Bezeichnete Binärbäume	61
6.3.5.4	Allgemeine beblätterte Bäume	61
6.3.5.5	Algorithmen auf rekursiven Datenstrukturen	63
6.3.6	Terme und Diagramme	63
6.3.6.1	Aufbau und Auswertung von Termen	64
6.3.6.2	Kantorovic-Bäume und Gabelbilder	64
6.3.6.3	Terme und Schachteldiagramme	68
6.3.6.4	Benutzung des Assoziativgesetzes	69
6.4	Datenorganisation: Listen und Zeiger	71
6.4.1	Listen	71
6.4.1.1	Referenzen	71
6.4.1.2	Unendliche Listen	74
6.4.2	Organisierte Speicher	78
6.4.2.1	Errechnete Variablenbezeichnungen	78
6.4.2.2	Der Übergang von zusammengesetzten Objekten zu organisierten Speichern	82
6.4.2.3	Gleichbesetzungs-Tabu, Seiteneffekte	84
6.4.3	Zeiger	84
6.4.3.1	Zeigergeflechte	85
6.4.3.2	Deklaration einer Zeigersorte	87
6.4.3.3	Schaffung von Variablen und Zeigern	88
6.4.3.4	Gleichheit von Zeigern	90
6.4.4	Geflechtbildende Variabelensätze	90

6.5	Zeiger-Implementierungen organisierter Speicher	93
6.5.1	Implementierung von Stapeln	93
6.5.1.1	Stapel als Einweg-Listen	93
6.5.1.2	Verkettung zweier Einweg-Listen	94
6.5.1.3	Prozeduren des Moduls <i>KELLER</i>	96
6.5.2	Implementierung von Sequenzen	98
6.5.2.1	Sequenzen als lineare Zweiweg-Listen	99
6.5.2.2	Kopieren von linearen Zweiweg-Listen	102
6.5.2.3	Prozeduren mit Sequenz-Variablen	104
6.5.3	Implementierung von beblätterten Bäumen	104
6.5.3.1	Beblätterte Binärbäume als Listen mit varianten Zeigern	104
6.5.3.2	Allgemeine beblätterte Bäume als Listen mit varianten Zeigern	106
6.6	Implementierung organisierter Speicher mittels linearer Speicher	110
6.6.1	Gestreute Speicherung	110
6.6.2	Sequentielle Speicherung	110
7.	Formale Sprachen	113
7.1	Relationen und formale Systeme	113
7.1.1	Dyadische Relationen und gerichtete Graphen	114
7.1.1.1	Mengeneigenschaft der Relationen	115
7.1.1.2	Das Produkt zweier Relationen	116
7.1.1.3	Die konverse Relation	117
7.1.1.4	Maximale und größte, minimale und kleinste Elemente	118
7.1.1.5	Reflexivität	118
7.1.1.6	Transitivität	119
7.1.1.7	Hüllen	121
7.1.1.8	Äquivalenzklassen	123
7.1.2	Noethersche und konfluente Relationen	124
7.1.2.1	Wege	125
7.1.2.2	Noethersche Relationen und Graphen	125
7.1.2.3	Hüllen einer Noetherschen Relation	126
7.1.2.4	Irreduzible Elemente, terminierende Wege	127
7.1.2.5	Der nichtdeterministische Ersetzungsalgorithmus	127
7.1.2.6	Konfluente Relationen, eindeutige Normalformen	129
7.1.2.7	Church-Rosser-Eigenschaft	130
7.1.3	Formale Sprachen – allgemeine Begriffe	132
7.2	Formale Sprachen über Zeichenfolgen	133
7.2.1	Kompatible Ersetzungssysteme	133

7.2.2	Semi-Thue-Systeme	135
7.2.3	Semi-Thue-Algorithmen	138
7.2.4	Chomsky-Sprachen und -Grammatiken	140
7.2.4.1	Kontext-sensitive Chomsky-Grammatiken	141
7.2.4.2	Kontextfreie Chomsky-Grammatiken	144
7.2.4.3	Reguläre Grammatiken	150
7.2.4.4	Endliche Grammatiken	154
7.2.5	Backus-Notation und erweiterte Backus-Notation	155
7.2.5.1	Varianten	155
7.2.5.2	Syntax-Diagramme	156
7.2.5.3	Replikationsstern	157
7.2.5.4	Verallgemeinerte Syntax-Diagramme	158
7.2.5.5	Adjunktion und Elimination von Hilfszeichen	160
7.2.6	Reguläre Ausdrücke	162
7.2.7	Substitution von Grammatiken	165
7.3	Strukturgraph und Strukturbaum eines Ersetzungswegs	167
7.3.1	Bipartite Graphen	167
7.3.2	Strukturgraphen und Strukturbäume	167
7.3.3	Konstruktion des Strukturgraphen	170
7.3.4	Eindeutigkeit	171
7.3.5	Ein Eindeutigkeitskriterium	174
7.3.6	Die Strukturgrammatik einer Grammatik	176
7.4	Das Zerteilungsproblem	177
7.4.1	Sackgassen	178
7.4.1.1	Abschneiden von Sackgassen	178
7.4.1.2	Kontext-sensitive Grammatiken mit konfluenter Ersetzungsrelation	180
7.4.1.3	Sackgassen in regulären Grammatiken	181
7.4.2	Sequentielle Zerteilungsverfahren für reguläre Grammatiken	181
7.4.2.1	Zustands-Übergänge	182
7.4.2.2	Der Äquivalenzsatz von KLEENE	185
7.4.2.3	Endliche Automaten	188
7.4.3	Sequentielle Zerteilungsverfahren für kontextfreie Grammatiken	189
7.4.3.1	Kellerzustands-Übergänge	189
7.4.3.2	Keller-Automaten	191
7.4.3.3	LR(k)-Grammatiken	193
7.4.4	Sequentielle zielbezogene Zerteilungsverfahren	194
7.4.4.1	Konverse Zustandsübergänge	195
7.4.4.2	LL(k)-Grammatiken	196
7.4.5	Verfahren des rekursiven Abstiegs	197

7.5 Berechenbarkeit und Entscheidbarkeit	200
8. Syntaktische und semantische Definition algorithmischer Sprachen	205
8.1 Syntax algorithmischer Sprachen	206
8.1.1 Syntaktische Beschreibung zusammengesetzter Objekte	210
8.1.2 Syntaktische Beschreibung von Kantorovic-Bäumen	213
8.2 Operative Semantik	214
8.2.1 Aufbau und Berechnung von Formeln	215
8.2.2 Partielle Definiertheit	218
8.2.3 Nicht-strikte Operationen	219
8.2.4 Nichtdeterminismus	221
8.2.5 Semantik der Parameterübergabe bei Rechenvorschriften	221
8.2.6 Operative Semantik der Rekursion	223
8.2.7 Reduktionsmaschinen	226
8.3 Zustandssemantik	226
8.3.1 Zustandskalkül nach McCARTHY	226
8.3.2 Zusicherungskalkül nach FLOYD, HOARE und DIJKSTRA	229
8.3.2.1 Das Zuweisungsaxiom	230
8.3.2.2 Das Zusammensetzungsaxiom	232
8.3.2.3 Die Fallunterscheidungs-Axiome	233
8.3.2.4 Das Wiederholungs-Axiom	235
8.3.2.5 Allgemeine Regeln	238
8.3.2.6 Verifikation von Programmen	239
8.3.2.7 Sprünge und Schleifeninvarianten	242
8.4 Mathematische Semantik	242
8.4.1 Fixpunkttheorie	244
8.4.1.1 Fixpunkttheorie der Rekursion	244
8.4.1.2 Fixpunkttheorie im wp-Kalkül	246
8.4.1.3 Rekursive Definition der Semantik einer algorithmischen Sprache	246
8.4.2 Abstrakte (Daten-)Typen	247
8.4.2.1 Der Signaturgraph	248
8.4.2.2 Die Termalgebra eines abstrakten Typs	250
8.4.2.3 Rechenstrukturen als endlich erzeugte Modelle eines abstrakten Typs	252
8.4.2.4 Beispiele polymorpher Typen	254
8.4.3 Abstrakte Typen und die Charakterisierung primitiver Rechenstrukturen	257
8.4.4 Abstrakte Typen und die Charakterisierung der Syntax und Semantik von Programmiersprachen	260

Anhang C: Korrespondenzen und Funktionen	268
C.1 Spezielle Eigenschaften von Korrespondenzen	268
C.1.1 Funktionen	268
C.1.2 Abbildungen	270
C.1.3 „Mehrdeutige“ Funktionen	270
C.1.4 Darstellungen von Korrespondenzen und Funktionen	270
C.2 Diagramme für Korrespondenzen und Funktionen	271
C.3 Mengenpotenzierung	274
Anhang D: Datenendgeräte	275
D.1 Anforderungen und Möglichkeiten	275
D.2 Ausgabe	276
D.2.1 Zeichendrucker	276
D.2.2 Zeilendrucker	277
D.2.3 Zeichengeräte	279
D.2.4 Bildschirmgeräte	280
D.2.5 Sprachausgabe	281
D.3 Eingabe	282
D.3.1 Tastaturen	282
D.3.2 Positionseingabe am Bildschirm	283
D.3.3 Markierungsleser	284
D.3.4 Belegleser	284
Anhang E: Zur Geschichte der Informatik	288
E.1 Einleitung	288
E.1.1 LEIBNIZ	289
E.1.2 Die Wurzeln der Informatik	290
E.2 Geschichte des Rechnens mit Ziffern und Symbolen	291
E.2.1 Das Ziffernrechnen	291
E.2.1.1 Mechanisierung des Rechnens	291
E.2.1.2 Das Rechnen im Dualzahlssystem	293
E.2.1.3 Gleitpunktrechnung	294
E.2.2 Das Rechnen mit Symbolen	294
E.2.2.1 Kryptologie	295
E.2.2.2 „Künstliche Intelligenz“	297
E.2.2.3 Das logische Rechnen	299
E.3 Geschichte des Signalwesens	300
E.3.1 Nachrichtenübertragung	300
E.3.2 Das Prinzip der Binärcodierung	301

E.3.3	Codierungs- und Informationstheorie, Prädiktionstheorie	302
E.3.4	Regelung	303
E.4	Automaten und Algorithmen	303
E.4.1	Das Automatenprinzip	304
E.4.2	Programmsteuerung	304
E.4.3	Algorithmen	305
E.4.4	Algorithmische Sprachen	306
E.4.5	Rekursivität	307
Ergänzende Literatur		309
Namen- und Sachverzeichnis		312
Syntaxdiagramme für die im Buch verwendeten Varianten von ALGOL 68 und PASCAL		327