

## Inhalt

VORWORT . . . . .	5
INHALT . . . . .	9
ABBILDUNGEN . . . . .	13
ABBILDUNGS-NACHWEIS . . . . .	16
KAPITEL 1 EINFÜHRENDE DISKUSSIONEN	
1.1 AUFGABEN EINES BETRIEBSSYSTEMS . . . . .	17
1.1.1 Allgemeine Einführung . . . . .	17
1.1.2 Hardware-Grundlagen und Terminologie . . . . .	18
1.2 AUFBAU EINES EINFACHEN BETRIEBSSYSTEMS . . . . .	21
1.2.1 Konstruktion . . . . .	21
1.2.2 Leistungsabschätzung . . . . .	23
1.3 INTERRUPTS UND PROZESSE . . . . .	25
1.3.1 Umschalten des Prozessors . . . . .	25
1.3.2 Prozesse . . . . .	27
1.4 TYPEN VON BETRIEBSSYSTEMEN . . . . .	28
KAPITEL 2 DAS PROZESS-KONZEPT	
2.1 ZERLEGUNG EINES BETRIEBSSYSTEMS IN PROZESSE . . . . .	32
2.2 AUFBAU UND DARSTELLUNG VON PROZESSEN . . . . .	34
2.2.1 Aufbau . . . . .	34
2.2.2 Darstellung . . . . .	38
2.3 VERWALTUNG DER PROZESSE . . . . .	40
2.3.1 Prozeß-Zustände . . . . .	40
2.3.2 Prozeßwechsel . . . . .	43
2.3.3 Verwaltung und Zuordnung mehrerer Prozessoren . .	45
KAPITEL 3 PROZESS-STEUERUNG	
3.1 KRITISCHE ABSCHNITTE . . . . .	49
3.1.1 Gegenseitige Ausschließung . . . . .	49
3.1.2 Probleme der Koordination kritischer Abschnitte	51
3.1.3 Synchronisation . . . . .	52
3.2 SYNCHRONISATIONSVERFAHREN . . . . .	55
3.2.1 Aktives Warten ("busy waiting") . . . . .	55
3.2.2 Blockierung der Interrupts . . . . .	56
3.2.3 Spezielle Zugriffsoperationen . . . . .	56
3.2.4 Semaphore . . . . .	58
3.2.5 Ereignisse ("events") . . . . .	59
3.2.6 Prozeß-Teilung ("fork") . . . . .	60
3.2.7 Monitore . . . . .	61
3.2.8 Verteilte Prozesse . . . . .	63

3.2.9	Nachrichten-Systeme . . . . .	64
3.2.10	Pfad-Ausdrücke ("path expressions") . . . . .	64
3.2.11	Software-gesteuerte Interrupts (ASTs) . . . . .	65
3.2.12	Komplexe Synchronisationsverfahren . . . . .	66
3.2.13	Spezielle Hardware-Mechanismen . . . . .	68
3.2.14	Synchronisation von Multiprozessoren . . . . .	70
3.3	DEADLOCKS . . . . .	72
3.3.1	Charakterisierung . . . . .	72
3.3.2	Verhinderung . . . . .	74
3.3.3	Entdeckung . . . . .	75
3.3.4	Behebung . . . . .	77
3.3.5	Vermeidung . . . . .	78
3.3.6	Vergleich und Alternativen . . . . .	82
3.4	INTERPROZESS-KOMMUNIKATION . . . . .	84
3.4.1	Techniken . . . . .	84
3.4.2	E/A-Systeme und Interprozeß-Kommunikation . . . . .	85

## KAPITEL 4 SCHEDULING

4.1	ZIELE, STRATEGIEN, ALGORITHMEN UND REALISIERUNG . . . . .	87
4.2	DETERMINISTISCHE MODELLE . . . . .	88
4.2.1	Einführung . . . . .	89
4.2.2	Optimales Scheduling von Doppelprozessoren . . . . .	91
4.2.3	Optimales Scheduling von Präzedenz-Bäumen . . . . .	95
4.2.4	Scheduling unabhängiger Tasks . . . . .	97
4.2.5	Scheduling nach Prioritätslisten . . . . .	99
4.2.6	Scheduling mit Preemption und Prozessor-Sharing . . . . .	101
4.2.7	Systeme verschiedener Prozessoren . . . . .	106
4.2.8	Minimisierung der Verweilzeit . . . . .	107
4.3	WAHRSCHEINLICHKEITS-MODELLE . . . . .	109
4.3.1	Warteschlangen . . . . .	109
4.3.2	Das M/M/1-System . . . . .	113
4.3.3	Scheduling-Verfahren . . . . .	115
4.3.3.1	First-Come-First-Serve (FCFS) . . . . .	116
4.3.3.2	Shortest-Job-First (SJF) . . . . .	117
4.3.3.3	Shortest-Remaining-Time (SRT) . . . . .	118
4.3.3.4	Externe Prioritäten . . . . .	118
4.3.3.5	Dynamische Prioritäten . . . . .	119
4.3.3.6	Round-Robin (RR) und Processor-Sharing (PS) . . . . .	119
4.3.3.7	Highest-Response-Ratio-Next (HRN) . . . . .	122
4.3.3.8	Shortest-Elapsed-Time (SET) . . . . .	123
4.3.3.9	Shortest-Attained-Service-First (SASF) . . . . .	124
4.3.3.10	Strategie-Kurven . . . . .	125
4.3.4	Scheduling von Timesharing-Systemen . . . . .	127
4.4	SCHEDULING VON PERIPHERIE-SPEICHER-ZUGRIFFEN . . . . .	131
4.4.1	Latenz durch Rotation . . . . .	131
4.4.2	Latenz durch Positionierung . . . . .	132
4.5	BEISPIEL EINES SCHEDULERS . . . . .	134

## KAPITEL 5 HAUPTSPEICHER-VERWALTUNG

5.1	PROBLEMSTELLUNG . . . . .	138
5.2	GRUNDLAGEN DER SPEICHERVERWALTUNG . . . . .	141
5.2.1	Speicher-Hierarchie . . . . .	141
5.2.2	Virtueller Speicher . . . . .	143
5.2.3	Segmentierung . . . . .	146
5.2.4	Paging . . . . .	148

5.2.5	Kombinierte Verfahren	149
5.3	STRATEGIEN ZUR SPEICHERVERWALTUNG	150
5.3.1	Speicherbelegung	150
5.3.2	Kompaktifizierung	152
5.3.3	Fragmentierung	153
5.3.4	Einfluß der Seitenlänge	155
5.3.5	Der Kompressionsfaktor	159
5.3.6	Vergleich von Paging und Segmentierung	160
5.3.7	Einfluß der Lade-Strategie	161
5.3.8	Einfluß der Ersetzungs-Strategie	163
5.3.9	Das Erweiterungs-Problem	166
5.4	DAS WORKING-SET-MODELL	169
5.4.1	Lokalität	169
5.4.2	Das Working-Set-Prinzip	171
5.4.3	Eigenschaften von Working Sets	172
5.4.4	Thrashing	174
5.5	BEISPIEL EINER SPEICHERVERWALTUNG	177
5.5.1	Mechanismen	177
5.5.2	Strategien	181
5.5.3	Zusammenfassung	184

## KAPITEL 6 E/A-SYSTEME

6.1	EINFÜHRENDE DISKUSSIONEN	185
6.1.1	Aufgaben von E/A-Systemen	185
6.1.2	Technologie von Peripherie-Speichern	187
6.1.3	Einige Begriffe	188
6.1.4	Programmier-Schnittstellen der E/A	190
6.1.5	Beispiel eines E/A-Systems	191
6.2	ELEMENTE VON E/A-SYSTEMEN	193
6.2.1	Interrupts	194
6.2.1.1	Programmierte E/A	194
6.2.1.2	Charakteristika von Interrupt-Systemen	194
6.2.1.3	Vektorisierung	195
6.2.1.4	Interrupt-Bearbeitung	196
6.2.1.5	Beispiel eines Interrupt-Systems	196
6.2.1.6	Beispiel einer Interrupt-Bearbeitung	198
6.2.1.7	Allgemeine Bemerkungen	200
6.2.2	Bus-Systeme	201
6.2.2.1	Rechner-Architekturen	201
6.2.2.2	Aufgaben eines Bus	203
6.2.2.3	Beispiel eines Bus	204
6.2.3	Kanäle	208
6.2.4	Controller	212
6.2.5	Treiber-Programme	214
6.2.5.1	Aufgaben eines Treibers	214
6.2.5.2	Die E/A-Datenbasis	215
6.2.5.3	Aufbau eines Treibers	216
6.2.5.4	Treiber-Hierarchien	217
6.2.6	Verteilte Systeme	220
6.2.6.1	Verteilte Rechner-Architekturen	220
6.2.6.2	Rechnernetze und das ISO-Referenzmodell	223
6.2.6.3	Funktionale Leistungen eines Rechnernetzes	226
6.3	ALLGEMEINE VERFAHREN	227
6.3.1	Unterteilung in Ebenen	227
6.3.2	Synchronisierung	229
6.3.3	Puffer-Verwaltung	230
6.3.4	Datenstrukturen	231

6.4	BEISPIELE VON E/A-SYSTEMEN . . . . .	232
6.4.1	FORTRAN-77 . . . . .	232
6.4.2	E/A unter UNIX . . . . .	234
6.4.3	Das Multics-E/A-System . . . . .	235
KAPITEL 7 DATEI-SYSTEME		
7.1	DATEI-TYPEN . . . . .	238
7.1.1	Grundlagen . . . . .	238
7.1.2	Physikalische Dateien . . . . .	239
7.1.3	Dateien mit Satzstruktur . . . . .	241
7.1.4	Verwaltung des Speicher-Mediums . . . . .	245
7.2	DATEI-VERWALTUNG . . . . .	246
7.2.1	Datei-Identifikation . . . . .	246
7.2.2	Datei-Kataloge . . . . .	248
7.2.3	Zugriffsschutz . . . . .	250
7.3	DATENTRÄGER-VERWALTUNG . . . . .	252
7.3.1	Datenträger-Kennsätze . . . . .	252
7.3.2	Datensicherheit . . . . .	254
7.4	BEISPIELE VON DATEI-SYSTEMEN . . . . .	255
7.4.1	Ein modulares Datei-System . . . . .	255
7.4.2	Das Datei-System von TENEX . . . . .	259
7.4.3	Das Datei-System von UNIX . . . . .	259
7.4.4	Das Datei-System von VMS . . . . .	260
KAPITEL 8 DATENSCHUTZ		
8.1	DER BENUTZER . . . . .	264
8.1.1	Problemstellung . . . . .	264
8.1.2	Identifikation des Benutzers . . . . .	266
8.1.3	Authentisierung . . . . .	266
8.2	SCHUTZ VON DATEN-AGGREGATEN . . . . .	269
8.2.1	Das Referenz-Monitor-Konzept . . . . .	269
8.2.1.1	Das allgemeine Modell . . . . .	269
8.2.1.2	Subjekte . . . . .	271
8.2.1.3	Objekte . . . . .	271
8.2.1.4	Die Autorisations-Datenbasis . . . . .	272
8.2.1.5	Das Audit-Log . . . . .	273
8.2.2	Schutz von Dateien . . . . .	273
8.2.3	Schutz von Speicherbereichen . . . . .	274
8.2.3.1	Speicherschutz im Hauptspeicher . . . . .	274
8.2.3.2	Beispiel eines Speicherschutzes . . . . .	276
8.2.3.3	Speicherschutz auf Peripherie-Speichern . . . . .	279
8.3	BENUTZERPROFILE . . . . .	280
8.3.1	Benutzer-Umgebungen . . . . .	280
8.3.2	Schutzprofile . . . . .	281
8.3.3	Berechtigungs-Profile . . . . .	282
8.4	WECHSEL DER SCHUTZ-STUFE . . . . .	284
8.4.1	Bedeutung der Schutz-Stufe . . . . .	284
8.4.2	Speicher-orientierter Schutz . . . . .	285
8.4.3	Prozessor-orientierter Schutz . . . . .	286
8.4.4	Beispiel eines Modus-Wechsels . . . . .	287
LITERATUR . . . . .		291
INDEX . . . . .		294