

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einführung</b>	<b>1</b>
1.1	Zweck .....	1
1.2	Definitionen .....	3
1.3	Einordnung im Computersystem .....	4
1.4	Betriebssystemarten .....	6
1.4.1	Klassische Einteilungen .....	6
1.5	Betriebssystemarchitekturen .....	7
1.5.1	Architekturformen .....	7
1.5.2	Benutzer-/Kernmodus .....	8
1.5.3	Monolithische Systeme .....	10
1.5.4	Geschichtete Systeme .....	10
1.5.5	Mikrokernsysteme .....	11
1.5.6	Beispiele von Systemarchitekturen .....	12
1.5.7	Abstraktionen aus Benutzer- und Entwicklersicht .....	15
<b>2</b>	<b>Grundlagen der Programmausführung und Systemprogrammierung</b>	<b>21</b>
2.1	Programmausführung und Hardware .....	21
2.1.1	Rechner- und Prozessorgrundlagen .....	23
2.1.2	Grundlagen des Adressraums .....	32
2.1.3	Grundlagen der Programmausführung .....	42
2.1.4	Unterprogrammmechanismen .....	50
2.2	Systemprogrammierung .....	63
2.2.1	Wahl der Systemprogrammiersprache .....	63
2.2.2	Laufzeitsystem der Programmiersprache C .....	70
2.2.3	Unterprogrammtechniken .....	71
2.2.4	Grundlagen der Systemprogrammierung .....	72
2.2.5	Systemprogrammierschnittstellen .....	91

<b>3</b>	<b>Prozesse und Threads</b>	<b>97</b>
3.1	Parallelverarbeitung	97
3.1.1	Darstellung von parallelen Abläufen	97
3.1.2	Hardware-Parallelität	98
3.1.3	Software-Parallelität	99
3.1.4	Begriffe	99
3.2	Prozessmodell	102
3.2.1	Grundprinzip	102
3.2.2	Prozesserzeugung und Terminierung	106
3.2.3	Prozesse unter Unix	109
3.2.4	Funktionsweise der Unix-Shell	115
3.2.5	Prozesse & Jobs unter Windows	117
3.2.6	Vererbung unter Prozessen	119
3.2.7	Prozesshierarchie	120
3.2.8	Systemstart	120
3.3	Threads	124
3.3.1	Thread-Modell	125
3.3.2	Vergleich Prozesse zu Threads	125
3.3.3	Implementierung des Multithreading	128
3.3.4	Threads & Fibers unter Windows	133
3.3.5	Threads unter Unix	138
3.4	Prozessorzuteilungsstrategien	140
3.4.1	Quasiparallelität im Einprozessorsystem	140
3.4.2	Prozess- und Thread-Zustände	142
3.4.3	Zuteilungsstrategien	146
3.4.4	Multiprozessor-Scheduling	159
3.4.5	POSIX-Thread-Scheduling	161
3.4.6	Java-Thread-Scheduling	163
3.4.7	Scheduling unter Windows	165
3.4.8	Scheduling unter Unix	171
<b>4</b>	<b>Synchronisation von Prozessen &amp; Threads</b>	<b>177</b>
4.1	Synchronisationsbedarfe und Lösungsansätze	177
4.1.1	Problem der Ressourcenteilung	177
4.1.2	Verlorene Aktualisierung (lost update problem)	178
4.1.3	Inkonsistente Abfrage (inconsistent read)	180
4.1.4	Absicherung mit Selbstverwaltung – naiver Ansatz	181
4.1.5	Absicherung mit Selbstverwaltung – korrekter Ansatz	182
4.1.6	Absicherung mit Systemmitteln	184

4.2	Semaphore .....	184
4.2.1	Semaphortypen .....	186
4.2.2	Implementierungsfragen .....	186
4.3	Anwendung der Semaphore .....	190
4.3.1	Absicherung kritischer Bereiche (mutual exclusion) .....	190
4.3.2	Synchronisation von Abläufen (barrier synchronization) ..	191
4.3.3	Produzenten & Konsumenten (producer and consumer) ..	193
4.3.4	Leser & Schreiber (readers and writers) .....	196
4.3.5	Problem der Prioritätsumkehrung (priority inversion) ....	201
4.3.6	Weitere Anwendungsprobleme .....	203
4.4	Implementierungen von Semaphoren .....	204
4.4.1	Semaphore unter Unix .....	204
4.4.2	Semaphore unter Windows .....	208
4.5	Unix-Signale .....	215
4.5.1	Idee & Grundprinzip der Unix-Signale .....	215
4.5.2	Programmierung der Signale .....	218
4.5.3	Signale im Multithreading .....	222
4.5.4	Realtime-Signale .....	223
4.6	Verklemmungsproblematik (deadlocks) .....	223
4.6.1	Ursache .....	224
4.6.2	Deadlock-Bedingungen .....	227
4.6.3	Lösungsansätze und ihre Beurteilung .....	228
4.7	Vermeidung von Synchronisationsengpässen .....	235
4.7.1	Granularität der Absicherung .....	236
4.7.2	Replikation der abgesicherten Ressource .....	237
<b>5</b>	<b>Kommunikation von Prozessen &amp; Threads</b>	<b>239</b>
5.1	Überblick über Synchronisation und Kommunikation .....	239
5.2	Nachrichtenbasierte Verfahren .....	241
5.2.1	Allgemeine Aspekte .....	241
5.2.2	Unix-Pipes .....	247
5.2.3	Windows-Pipes .....	255
5.2.4	Unix Message Queues .....	259
5.2.5	Windows-Messages .....	261
5.2.6	Windows-Mailslots .....	263

5.3	Speicherbasierte Verfahren .....	265
5.3.1	Gemeinsamer Speicher unter Windows .....	266
5.3.2	Gemeinsamer Speicher unter Unix .....	266
5.4	Monitor .....	268
5.4.1	Grundprinzip .....	268
5.4.2	Java-Monitor .....	271
5.4.3	Monitornachbildung mit Bedingungsvariablen .....	272
5.5	Rendezvous .....	278
5.5.1	Grundprinzip .....	278
5.5.2	Synchronisation in Client/Server-Systemen (barber shop) ..	279
5.6	Rechnerübergreifende Interprozesskommunikation .....	280
5.6.1	Netzwerksoftware .....	281
5.6.2	Berkeley-Sockets .....	283
5.6.3	Remote Procedure Call (RPC) .....	290
5.6.4	Überblick über Middleware .....	296
<b>6</b>	<b>Ein- und Ausgabe</b>	<b>299</b>
6.1	Peripherie .....	299
6.1.1	Einordnung im Rechnermodell .....	299
6.1.2	Begriffsdefinitionen .....	300
6.2	Ein-/Ausgabeabläufe .....	300
6.2.1	Programmgesteuerte Ein-/Ausgabe .....	301
6.2.2	Ein-/Ausgabe mittels Programmunterbrechungen .....	302
6.2.3	Ein-/Ausgabe mittels DMA .....	309
6.2.4	Ein-/Ausgabearten im Vergleich .....	313
6.3	Ein-/Ausgabesystem .....	314
6.3.1	Treiber .....	314
6.3.2	Geräteverwaltung .....	315
6.3.3	Treiberschnittstelle .....	316
6.3.4	Ein-/Ausgabeschnittstelle .....	317
6.3.5	Ein-/Ausgabepufferung .....	321
6.3.6	Treibermodell in Linux .....	322
6.3.7	Treibermodelle in Windows (WDM & WDF) .....	329

6.4	Massenspeicher	335
6.4.1	Verfahren der Datenaufzeichnung	335
6.4.2	Wichtigste Massenspeicher	338
6.4.3	Eigenschaften von Plattenspeichern	339
6.4.4	Eigenschaften von Festkörperlaufwerken (SSD)	342
6.4.5	Zugriffsplanung für Plattenspeicher (disk I/O scheduling)	343
6.4.6	Pufferung von Plattendaten (disk cache)	347
6.5	Benutzerinteraktion aus Systemsicht (Benutzeroberflächen)	348
6.5.1	Allgemeines	348
6.5.2	Systemarchitekturen	350
6.5.3	Programmiermodelle	355
6.5.4	Die Unix-Shell als Kommandointerpreter	357
6.5.5	Funktionsweise & Programmierung des X-Window-Systems	359
6.5.6	Funktionsweise und Programmierung des Windows-GUI	373
<b>7</b>	<b>Speicherverwaltung</b>	<b>387</b>
7.1	Speichersystem	388
7.1.1	Einordnung im Rechnermodell	388
7.1.2	Grundlegende Speicherprinzipien	389
7.1.3	Speicherhierarchie & Lokalitätsprinzip	393
7.1.4	Cache-Funktionsweise	397
7.2	Verwaltungsgrundlagen	402
7.2.1	Abstraktionen mittels Abbildungsfunktionen	403
7.2.2	Aufgaben der Systemsoftware	407
7.2.3	Dynamische Speicherbereitstellung	409
7.3	Verwaltung von Prozessadressräumen	429
7.3.1	Adressraumnutzung durch Programme	429
7.3.2	Adressraumverwaltung durch das Betriebssystem	432
7.4	Realer Speicher	435
7.4.1	Monoprogrammierung	435
7.4.2	Multiprogrammierung mit Partitionen	436
7.4.3	Verfahren für knappen Speicher	440
7.5	Virtueller Speicher	444
7.5.1	Adressumsetzung	445
7.5.2	Seitenwechselverfahren (demand paging)	458
7.5.3	Speicherabgebildete Dateien	486
7.5.4	Gemeinsamer Speicher (shared memory)	487

<b>8</b>	<b>Dateisysteme</b>	<b>491</b>
8.1	Aufgaben des Dateisystems	491
8.2	Dateisystemkonzepte	492
8.2.1	Logische Organisation	492
8.2.2	Dateisystemfunktionen	503
8.2.3	Gemeinsame Dateinutzung	518
8.2.4	Speicherabgebildete Dateien	522
8.3	Realisierung von Dateisystemen	522
8.3.1	Konzeptionelles Modell	522
8.3.2	Blockspeicher als Grundlage	523
8.3.3	Organisationsprinzipien	524
8.4	UFS – traditionelles Unix-Dateisystem	531
8.5	FAT– traditionelles Windows-Dateisystem	535
8.5.1	Struktur der Gesamtplatte	536
8.5.2	Aufbau der Belegungstabelle (FAT)	537
8.5.3	Verzeichnisdaten	538
8.5.4	Lange Dateinamen (VFAT)	540
8.6	NTFS – modernes Windows-Dateisystem	542
8.7	Netzwerkdateisysteme	545
8.7.1	Logische Sicht	545
8.7.2	Implementierung	547
8.7.3	NFS – Network File System in Unix	550
8.7.4	SMB – Netzwerkdateisystem in Windows	551
8.8	Spezielle Dateisystemtechnologien	552
8.8.1	Protokollierende Dateisysteme	552
8.8.2	Schattenkopie	554
8.8.3	Disk Scheduling	555
8.9	Festplattenpartitionierung	556
8.9.1	Anwendungsbereiche	556
8.9.2	Festplattenpartitionierung der PC-Systeme	557
<b>9</b>	<b>Programmentwicklung</b>	<b>561</b>
9.1	Software-Entwicklungswerkzeuge	561
9.1.1	Ablauf der Programmübersetzung	562
9.1.2	Darstellung von Übersetzungsvorgängen mittels T-Notation	566
9.1.3	Automatisierte Übersetzung	569
9.1.4	Versionenkontrolle	571

9.2	Adressraumbelegung und Relokation .....	573
9.2.1	Storage Class .....	573
9.2.2	Programmorganisation in Sektionen .....	574
9.2.3	Relokation von Programmen .....	575
9.3	Programmbibliotheken .....	582
9.3.1	Grundlagen und Begriffe .....	582
9.3.2	Programmbibliotheken unter Unix .....	584
9.3.3	Programmbibliotheken unter Windows .....	588
9.4	Skriptprogrammierung unter Unix .....	593
9.4.1	Anwendungsbereiche .....	594
9.4.2	Die Shell als Programminterpret .....	595
9.4.3	Portabilität und Kompatibilität .....	596
9.4.4	Erstellung von Skriptprogrammen .....	596
9.4.5	Elemente der Skriptsprache .....	597
9.4.6	Shell-Befehle .....	597
9.4.7	Shell-Variablen .....	599
9.4.8	Metazeichen .....	604
9.4.9	Synonyme und Funktionen .....	606
9.4.10	Bedingte Tests (conditional tests) .....	607
9.4.11	Arithmetik .....	610
9.4.12	Kontrollstrukturen für Skripte .....	610
<b>10</b>	<b>Sicherheit</b>	<b>617</b>
10.1	Schutzziele .....	617
10.2	Autorisierung und Zugriffskontrolle .....	618
10.2.1	Grundlagen und Begriffe .....	619
10.2.2	Schutzdomänenkonzept .....	621
10.2.3	Schutzstrategien .....	629
10.3	Hochsichere Betriebssysteme .....	631
10.4	Sicherheit unter Unix .....	632
10.5	Sicherheit unter Windows .....	636
<b>11</b>	<b>Spezielle Technologien</b>	<b>639</b>
11.1	Multiprozessorsysteme .....	639
11.1.1	Einprozessorsysteme .....	640
11.1.2	Multiprozessorsysteme (Klassifikation nach Flynn) .....	642
11.1.3	Rechenleistung paralleler Prozessoren (Amdahl's Law) ...	645
11.1.4	Strukturen von Multiprozessorsystemen .....	648
11.1.5	Leistungsbewertung von Computern .....	654

11.2	Handheld-Computing .....	655
11.2.1	Allgemeines .....	656
11.2.2	Spezielle Anforderungen an das Betriebssystem .....	657
11.2.3	Windows CE .....	659
11.2.4	Embedded Linux .....	663
11.2.5	Android, Maemo und WebOS .....	663
11.2.6	Symbian OS .....	665
11.3	Virtualisierungskonzepte und ihre Anwendung .....	670
11.3.1	Anwendungsbereiche .....	670
11.3.2	Virtuelle Prozessoren .....	671
11.3.3	Virtuelle Prozessumgebungen .....	671
11.3.4	Virtuelle Ressourcen .....	672
11.3.5	Virtuelle Computer (Stufe Computerhardware) .....	672
11.3.6	Virtuelle Sekundärspeicher (storage virtualization) .....	676
11.3.7	Virtuelle Netzwerke (network virtualization) .....	676
<b>A</b>	<b>Anhang</b>	<b>677</b>
A.1	Maßeinheiten und Darstellungen .....	677
A.1.1	Maßeinheiten in der Informatik .....	677
A.1.2	Darstellung von Bitmustern .....	678
A.1.3	Oktal- und Hexadezimalzahlen .....	678
A.1.4	Kennzeichnung der Zahlensysteme .....	679
A.1.5	Rechnerinterne Zahlendarstellungen .....	679
A.1.6	Textzeichensätze .....	683
A.2	Instruktionssatz der Intel iA32-Prozessoren .....	688
	<b>Literaturhinweise</b>	<b>693</b>
	<b>Index</b>	<b>699</b>