

# Inhalt

<b>1 Einführung .....</b>	<b>13</b>
<b>2 Basistechniken .....</b>	<b>19</b>
2.1 Formen der Nebenläufigkeit .....	20
2.1.1 Hard- und Software – eine Kurzeinführung.....	20
2.1.1.1 Computer-Hardware .....	20
2.1.1.2 Computer-Software .....	21
2.1.2 Nebenläufigkeit in Hardware .....	22
2.1.3 Nebenläufigkeit in Software .....	24
2.2 Die Rolle des Betriebssystems .....	25
2.2.1 Systemarchitekturen.....	25
2.2.1.1 Aufgaben und Schnittstellen .....	25
2.2.1.2 Virtualisierung .....	28
2.2.1.3 Netzdienste und verteilte Systeme .....	30
2.2.2 Betriebsarten .....	32
2.2.3 Prozesse und Threads.....	34
2.2.3.1 Prozesse .....	34
2.2.3.2 Threads .....	36
2.2.3.3 Der Lebenszyklus .....	37
2.2.4 Implementierungsaspekte.....	39
2.2.4.1 Buchführung.....	39
2.2.4.2 Dispatching.....	40
2.2.4.3 Scheduling.....	40
2.3 Prozesse und Threads in UNIX/Linux .....	42
2.3.1 Kommandos der Benutzerschnittstelle.....	42
2.3.2 Grundlegende API-Funktionen für Prozesse .....	45
2.3.2.1 Die Funktion fork() .....	46
2.3.2.2 Weitere Funktionen .....	48
2.3.2.3 Programmebeispiele.....	50
2.3.3 Grundlegende API-Funktionen für Threads .....	55
2.3.3.1 Pthreads: pthread_create(), pthread_exit() .....	55
2.3.3.2 Pthreads: pthread_join(), pthread_cancel() .....	58
2.3.3.3 vfork() und clone() .....	59

2.4 Threads in Java.....	60
2.4.1 Die Klasse Thread.....	60
2.4.1.1 run() und start() .....	61
2.4.1.2 join() .....	63
2.4.1.3 Weitere Methoden .....	64
2.4.2 Grundlegende Programmieretechniken .....	64
2.4.2.1 Zugriff auf gemeinsame Variablen .....	64
2.4.2.2 Beenden von Threads .....	65
2.5 Zusammenfassung und Ausblick .....	67
<b>2A Basistechniken: Aufgaben .....</b>	<b>69</b>
2A.1 Wissens- und Verständnisfragen .....	69
2A.2 Sprachunabhängige Anwendungsaufgaben .....	71
2A.3 Programmierung unter UNIX/Linux .....	73
2A.4 Programmierung in Java .....	75
<b>3 Synchronisation.....</b>	<b>79</b>
3.1 Synchronisationsbedingungen .....	79
3.1.1 Elementare Bedingungen .....	79
3.1.1.1 Wechselseitiger Ausschluss .....	80
3.1.1.2 Reihenfolgebedingung .....	81
3.1.2 Komplexere Probleme.....	82
3.1.2.1 Erzeuger-Verbraucher-Problem .....	83
3.1.2.2 Leser-Schreiber-Problem .....	83
3.1.2.3 Philosophenproblem.....	84
3.2 Einfache Synchronisationsmechanismen.....	84
3.2.1 Grundlegende Eigenschaften .....	85
3.2.2 Interruptsperrern .....	85
3.2.3 Spinlocks.....	86
3.2.4 Signale und Events.....	90
3.3 Synchronisation durch Semaphore.....	91
3.3.1 Arbeitsprinzip von Semaphoren.....	91
3.3.1.1 Datenstrukturen und Operationen .....	91
3.3.1.2 Semaphoroperationen in Bild und Notation .....	93
3.3.1.3 Varianten und Erweiterungen.....	95
3.3.2 Einsatz bei Standardproblemen.....	96
3.3.2.1 Wechselseitiger Ausschluss .....	96

3.3.2.2 Reihenfolgebedingung .....	97
3.3.2.3 Erzeuger-Verbraucher-Problem .....	98
3.3.2.4 Leser-Schreiber-Problem .....	99
3.3.2.5 Philosophenproblem .....	101
3.3.3 Systematische Lösung von Problemen .....	102
3.3.4 Fehlerquellen .....	105
3.3.4.1 Deadlocks: Problematik .....	106
3.3.4.2 Deadlocks: Lösungen .....	107
3.3.4.3 Missachtung der Atomarität .....	108
3.3.4.4 Einsatz von sleep() .....	109
3.3.4.5 Mangelnde Fairness .....	109
3.4 Synchronisation durch Monitore .....	110
3.4.1 Grundprinzip von Monitoren .....	110
3.4.1.1 Definition des Monitorbegriffs .....	110
3.4.1.2 Beispiel: Einfacher Ringpuffer mit Überschreiben .....	111
3.4.2 Bedingungsvariablen .....	112
3.4.2.1 Zweck und Einsatz .....	112
3.4.2.2 Beispiel: Ringpuffer für Erzeuger/Verbraucher .....	114
3.4.3 Lösung weiterer Standardprobleme .....	115
3.4.3.1 Reihenfolgebedingung .....	115
3.4.3.2 Leser-Schreiber-Problem .....	116
3.4.3.3 Philosophenproblem .....	117
3.5 Mechanismen in UNIX/Linux .....	118
3.5.1 Signale .....	118
3.5.2 Lock-Dateien .....	120
3.5.3 Semaphore .....	121
3.5.3.1 Erzeugen von Semaphorgruppen .....	121
3.5.3.2 Initialisieren und Löschen .....	123
3.5.3.3 P- und V-Operationen .....	125
3.5.3.4 Programmstrukturen und -beispiele .....	127
3.5.4 Mutexe mit Bedingungsvariablen .....	132
3.5.4.1 Mutexe .....	132
3.5.4.2 Bedingungsvariablen .....	132
3.5.4.3 Beispiel: Erzeuger-Verbraucher mit Ringpuffer .....	133
3.6 Mechanismen in Java .....	135
3.6.1 Atomare Operationen .....	135
3.6.1.1 Basistypen .....	135
3.6.1.2 Collections .....	136

3.6.2 Semaphore.....	136
3.6.2.1 Die Klasse Semaphore .....	136
3.6.2.2 Beispiel: Reihenfolgebeziehung.....	137
3.6.3 Monitore.....	138
3.6.3.1 synchronized.....	138
3.6.3.2 wait() und notify() .....	140
3.6.3.3 Die Interfaces Lock und Condition .....	142
3.6.4 Weitere Mechanismen.....	143
3.7 Zusammenfassung und Ausblick .....	144
<b>3A Synchronisation: Aufgaben.....</b>	<b>147</b>
3A.1 Wissens- und Verständnisfragen.....	147
3A.2 Sprachunabhängige Anwendungsaufgaben .....	150
3A.3 Programmierung unter UNIX/Linux.....	155
3A.4 Programmierung in Java .....	158
<b>4 Kommunikation .....</b>	<b>161</b>
4.1 Grundlegende Begriffe.....	161
4.1.1 Arten der Kommunikation .....	161
4.1.2 Sender-Empfänger-Beziehungen .....	163
4.1.2.1 Ein oder mehrere Sender und Empfänger .....	163
4.1.2.2 Direkte vs. indirekte Kommunikation.....	164
4.1.2.3 Enge vs. lose zeitliche Kopplung .....	165
4.1.3 Kommunikation in Rechnernetzen.....	166
4.1.3.1 Schnittstellen: Sockets.....	166
4.1.3.2 Protokolle und Protokollstacks.....	167
4.1.3.3 Der Protokollstack des Internets .....	169
4.2 Techniken in UNIX/Linux .....	170
4.2.1 Shared Memory.....	171
4.2.1.1 API-Funktionen.....	171
4.2.1.2 Programmbeispiel: Erzeuger-Verbraucher-System.....	173
4.2.2 Pipes .....	174
4.2.2.1 Benannte Pipes .....	175
4.2.2.2 Unbenannte Pipes.....	176
4.2.3 Message Queues.....	177
4.2.3.1 API-Funktionen: Erzeugen und Löschen .....	177
4.2.3.2 API-Funktionen: Senden und Empfangen.....	178
4.2.3.3 Programmbeispiel: Erzeuger-Verbraucher-System.....	181

4.2.4 Sockets .....	182
4.2.4.1 Domains und Typen .....	182
4.2.4.2 API-Funktionen: Übersicht .....	183
4.2.4.3 API-Funktionen: Erzeugen und Schließen .....	185
4.2.4.4 API-Funktionen: Verbinden und Kommunizieren .....	187
4.2.4.5 Programmbeispiel: Stream-Sockets .....	188
4.2.4.6 Programmbeispiel: Datagram-Sockets .....	191
4.3 Techniken in Java.....	193
4.3.1 Übersicht .....	193
4.3.2 Piped Streams.....	194
4.3.3 Sockets .....	196
4.3.3.1 Stream-Sockets.....	197
4.3.3.2 Datagram-Sockets .....	200
4.4 Zusammenfassung und Ausblick .....	202
<b>4A Kommunikation: Aufgaben .....</b>	<b>205</b>
4A.1 Wissens- und Verständnisfragen.....	205
4A.2 Sprachunabhängige Anwendungsaufgaben .....	208
4A.3 Programmierung unter UNIX/Linux.....	209
4A.4 Programmierung in Java .....	213
<b>5 Kooperation .....</b>	<b>217</b>
5.1 Modelle und Techniken .....	217
5.1.1 Das Client-Server-Modell .....	217
5.1.1.1 Grundlegende Struktur .....	218
5.1.1.2 Zeitliche Abläufe.....	218
5.1.1.3 Implementierungsaspekte.....	220
5.1.2 Das Peer-to-Peer-Modell.....	221
5.1.3 Programmiertechniken .....	222
5.1.3.1 Prozedurorientierte Kooperation .....	222
5.1.3.2 Objektorientierte Kooperation.....	224
5.1.3.3 Webbasierte Kooperation .....	225
5.2 Techniken in UNIX/Linux .....	226
5.2.1 Kooperation über Sockets .....	226
5.2.2 Remote Procedure Call (RPC) .....	228
5.2.2.1 Komponenten und ihr Zusammenspiel .....	228
5.2.2.2 Schritte der Programmierung .....	230

---

5.3 Techniken in Java.....	234
5.3.1 Remote Method Invocation (RMI) .....	234
5.3.1.1 Komponenten und ihr Zusammenspiel .....	234
5.3.1.2 Schritte der Programmierung .....	235
5.3.2 Dynamische Webseiten.....	238
5.3.2.1 Applets .....	238
5.3.2.2 Servlets und Java Server Pages .....	240
5.3.3 Web Services.....	241
5.4 Zusammenfassung.....	243
<b>5A Kooperation: Aufgaben .....</b>	<b>245</b>
5A.1 Wissens- und Verständnisfragen.....	245
5A.2 Sprachunabhängige Anwendungsaufgaben .....	247
5A.3 Programmierung unter UNIX/Linux.....	249
5A.4 Programmierung in Java .....	250
<b>Literatur und Internet.....</b>	<b>253</b>
<b>Index.....</b>	<b>255</b>