

Vorwort .....	VII
Inhaltsverzeichnis .....	XI
<b>Prolog .....</b>	<b>1</b>
0            Motivation .....	3
<b>Teil A: Strukturen nebenläufiger Programmsysteme .....</b>	<b>11</b>
1            Nebenläufigkeit .....	13
1.1        Zusätzliche Eigenschaften von Algorithmen .....	13
1.1.1      Verzicht auf Sequentialität .....	14
1.1.2      Verzicht auf Determinismus .....	17
1.1.3      Nebenläufigkeit, Nichtdeterminismus, Nichtdeterminiertheit .....	18
1.2        Prozesse .....	21
1.2.1      Kooperierende und konkurrierende Prozesse .....	22
1.2.2      Synchronisation und Kommunikation.....	26
2            Modularität .....	29
2.1        Module .....	29
2.2        Modularten.....	32
2.2.1      Abstrakte Datenstrukturen .....	32
2.2.2      Abstrakte Datentypen .....	35
2.2.3      Generische abstrakte Datentypen .....	35
2.3        Modularität in Modula-2 .....	37
2.4        Modularität in Ada .....	41
3            Prozeßbeschreibung .....	47
3.1        Ablauforientierte Prozeßbeschreibung .....	47
3.1.1      Prozeßablösung .....	48
3.1.2      Koroutinen .....	49
3.1.3      Nebenläufige Blöcke .....	50
3.1.4      Prozeßabzweigung .....	54
3.2        Prozeßdeklaration .....	57

3.2.1	Prozesse in PEARL .....	58
3.2.2	Prozesse in Ada .....	60
<b>Teil B: Abwicklung von Prozessen .....</b>		<b>63</b>
4	Prozeßverwaltung .....	65
4.1	Betriebsmittel für Prozesse .....	65
4.2	Zuteilung eines Prozessors .....	67
4.2.1	Zustandsübergänge von Prozessen .....	67
4.2.1.1	Verwaltungsarbeiten bei Zustandsübergängen .....	69
4.2.2	Zustandsübergänge in PEARL .....	75
4.3	Planung .....	75
4.3.1	Planungskriterien .....	76
4.3.2	Planung im prozessorbeschränkten System .....	77
4.3.2.1	Einplanung nach Wartezeit .....	77
4.3.2.2	Einplanung nach Laufzeit .....	78
4.3.2.3	Zyklische Einplanung .....	78
4.3.2.4	Mehrstufige Warteschlangen .....	79
4.3.3	Berücksichtigung zusätzlicher Betriebsmittel .....	80
5	Unterbrechungen .....	83
5.1	Unterbrechungsarten .....	83
5.2	Asynchrone Unterbrechungen .....	84
5.2.1	Beispiel der Unterbrechungsbehandlung beim MC 68000 .....	85
5.2.2	Unterbrechungsbehandlung in PEARL .....	87
5.2.3	Unterbrechungsbehandlung in Ada .....	89
5.3	Ausnahmebedingungen .....	93
5.3.1	Ausnahmebehandlung mit konventionellen Sprachmitteln .....	94
5.3.2	Ausnahmebehandlung mit speziellen Sprachmitteln .....	94
5.3.3	Ausnahmebehandlung in PEARL .....	96
5.3.4	Ausnahmebehandlung in Ada .....	98
6	Echtzeitabhängigkeit .....	103
6.1	Echtzeitbetrieb .....	103
6.2	Zeitbedingungen .....	105
6.2.1	Technische Prozesse .....	105
6.2.2	Verarbeitung von Prozeßdaten .....	106
6.2.3	Maximale Antwortzeiten .....	108
6.2.3.1	Beispiel einer Meßwerterfassung .....	109
6.2.3.2	Beispiel einer Paketverteilanlage .....	110
6.3	Zeitgerechte Einplanung .....	111
6.3.1	Planung für Einprozessorsysteme .....	112
6.3.2	Planung für Mehrprozessorsysteme .....	115
6.4	Zeitangaben in Programmen .....	117
6.4.1	Zeitangaben in PEARL .....	118
6.4.2	Zeitangaben in Ada .....	120
6.5	Zeitüberwachung .....	124

<b>Teil C: Abhängigkeiten zwischen Prozessen .....</b>	<b>127</b>
7            Synchronisation .....	129
7.1        Synchronisationsbedarf .....	129
7.1.1     Vermeiden von Nichtdeterminiertheit .....	130
7.1.2     Vermeiden von Inkonsistenz .....	131
7.1.3     Gewährleisten einer logischen Abfolge .....	132
7.2        Synchronisationsarten .....	132
7.2.1     Einseitige Synchronisation .....	135
7.2.2     Mehrseitige Synchronisation .....	137
7.3        Typische Synchronisationsprobleme .....	140
7.3.1     Betriebsmittelnutzung .....	140
7.3.2     Leser und Schreiber .....	141
7.3.3     Speisende Philosophen .....	142
 8            Petri-Netze .....	 145
8.1        Petri-Netze ohne Marken .....	145
8.1.1     Kanal-Instanz-Netze .....	147
8.1.2     Netzmorphismen .....	148
8.2        Petri-Netze mit Marken .....	150
8.2.1     Stellen-Transitions-Netze .....	151
8.2.2     Beispiele für die Synchronisation in Petri-Netzen .....	154
8.2.2.1    Produzenten und Konsumenten .....	156
8.2.2.2    Leser und Schreiber .....	157
8.2.2.3    Speisende Philosophen .....	159
8.2.3     Petri-Netze mit unterscheidbaren Marken .....	159
 9            Verklemmungen .....	 163
9.1        Ursachen für Verklemmungen .....	163
9.2        Verklemmungsvermeidung durch Regeln .....	166
9.3        Verklemmungsvermeidung durch Bedarfsanalyse .....	168
9.4        Verklemmungserkennung .....	171
 <b>Teil D: Kommunikation über gemeinsame Variablen .....</b>	 <b>175</b>
10        Schlovariablen .....	177
10.1      Gegenseitiger Ausschlu mit Schlovariablen .....	177
10.2      Schloalgorithmen mit unteilbaren Operationen .....	179
10.3      Schloalgorithmen ohne spezielle Operationen .....	182
10.3.1     Schloalgorithmen für zwei Prozesse .....	182
10.3.1.1    Lösungsansatz 1 .....	183
10.3.1.2    Lösungsansatz 2 .....	184
10.3.1.3    Lösungsansatz 3 .....	185
10.3.1.4    Lösungsansatz 4 .....	187
10.3.1.5    Lösungsansatz 5 .....	189
10.3.1.6    Lösungsansatz 6 .....	190
10.3.1.7    Lösungsansatz 7 .....	191
10.3.2      Schloalgorithmen für eine beliebige feste Prozezahl .....	194
10.3.2.1     Lösungsansatz 1 .....	194
10.3.2.2     Lösungsansatz 2 .....	196
10.3.2.3     Lösungsansatz 3 .....	197
10.4        Aktives Warten und andere Probleme .....	199

11	Semaphore .....	201
11.1	Synchronisation mit Semaphoren .....	201
11.1.1	Gegenseitiger Ausschluß mit Semaphoren .....	202
11.1.2	Einseitige Synchronisation mit Semaphoren .....	203
11.2	Implementierung von Semaphoren .....	203
11.3	Beispiele für die Synchronisation mit Semaphoren .....	205
11.3.1	Produzenten und Konsumenten .....	206
11.3.2	Produzenten und Konsumenten mit binären Semaphoren .....	207
11.3.3	Leser und Schreiber .....	211
11.3.4	Speisende Philosophen .....	213
11.3.5	Zigarettenraucher .....	217
11.4	Erweiterungen von Semaphoren .....	220
11.4.1	Additive Semaphore .....	221
11.4.2	Mehrach-Semaphoroperationen .....	223
11.5	Semaphore in PEARL .....	224
11.5.1	Gewöhnliche Semaphore .....	224
11.5.2	Eingeschränkte additive Semaphore .....	225
<b>Teil E: Abstraktion von Semaphoren .....</b>		227
12	Bedingte kritische Abschnitte .....	229
12.1	Bindung von Bedingungen an kritische Abschnitte .....	229
12.2	Implementierung bedingter kritischer Abschnitte .....	231
12.3	Synchronisation mit bedingten kritischen Abschnitten .....	235
12.4	Bedingte kritische Abschnitte in Edison .....	236
13	Monitore .....	239
13.1	Synchronisation mit Monitoren .....	240
13.1.1	Gegenseitiger Ausschluß im Monitor .....	240
13.1.2	Ereignisvariablen .....	241
13.2	Implementierung von Monitoren .....	242
13.3	Beispiele für die Synchronisation mit Monitoren .....	244
13.3.1	Produzenten und Konsumenten .....	244
13.3.2	Leser und Schreiber .....	246
13.4	Monitorvarianten .....	247
13.4.1	Einelementige Warteschlangen in Concurrent Pascal .....	248
13.4.2	Priorisiertes Warten in Concurrent Euclid .....	250
13.4.3	Bedingungsgebundene Ereignisvariablen .....	251
13.4.4	Signale als Hinweise in Mesa .....	253
13.4.5	Geschachtelte Aufrufe von Monitorprozeduren .....	255
14	Pfadausdrücke .....	257
14.1	Synchronisation mit Pfadausdrücken .....	257
14.1.1	Pfadoperatoren .....	258
14.1.2	Geschlossene Pfadausdrücke .....	259
14.1.3	Offene Pfadausdrücke .....	261
14.2	Beispiele für die Synchronisation mit Pfadausdrücken .....	263
14.2.1	Ringpuffer .....	263
14.2.2	Speisende Philosophen .....	264
14.3	Probleme mit Pfadausdrücken .....	266

<b>Teil F: Kommunikation über Nachrichten .....</b>	<b>271</b>
15           Nachrichten .....	273
15.1        Nachrichtenaustausch .....	273
15.1.1      Senden von Nachrichten .....	274
15.1.2      Empfangen von Nachrichten .....	275
15.1.3      Kopieren beim Nachrichtenaustausch .....	276
15.1.3.1     Synchroner Nachrichtenaustausch .....	276
15.1.3.2     Asynchroner Nachrichtenaustausch .....	277
15.1.3.3     Dualität beim Nachrichtenaustausch .....	278
15.2        Selektiver Nachrichtenaustausch .....	279
15.2.1      Selektives Empfangen .....	280
15.2.2      Selektives Senden .....	280
15.2.3      Erweiterungen des selektiven Nachrichtenaustauschs .....	282
15.3        Nachrichtenaustausch in CSP .....	283
15.3.1      Sprachelemente von CSP .....	284
15.3.1.1     Kommunikationsanweisungen .....	284
15.3.1.2     Nichtdeterministische Auswahl .....	285
15.3.1.3     Prozesse .....	287
15.3.2      Beispiele für die Synchronisation mit CSP .....	288
15.3.2.1     Rückkehr in den Zoo .....	288
15.3.2.2     Speisende Philosophen .....	289
15.3.2.3     Sieb des Eratosthenes .....	290
15.3.3      Korrektheitsbeweise für CSP-Programme .....	294
15.4        Nachrichtenaustausch in Occam .....	295
15.4.1      Kommunikationsanweisungen .....	295
15.4.2      Replikatoren .....	296
15.4.3      Beispiel einer einfachen Steuerung .....	297
<b>16           Kommunikationskanäle .....</b>	<b>301</b>
16.1        Adressierung .....	301
16.1.1      Direkte Benennung .....	301
16.1.2      Briefkästen .....	304
16.1.3      Ports .....	306
16.1.3.1     Rückmeldungen .....	307
16.1.3.2     Synchronisation von Prozeßklassen mit Ports .....	308
16.1.3.3     Synchronisationsverhalten beim Zugriff auf Ports .....	311
16.1.4      Verbindungen .....	313
16.1.4.1     Einrichten von Verbindungen .....	314
16.1.4.2     Verbindungen in Mehrrechner-PEARL .....	316
16.2        Dynamische Kommunikationskanäle .....	319
<b>Teil G: Abstraktion von Nachrichten .....</b>	<b>321</b>
<b>17           Prozedurfernaufrufe .....</b>	<b>323</b>
17.1        Aktionsorientierte Kommunikation .....	323
17.1.1      Prozeduren als Kommunikationsmittel .....	324
17.1.2      Nebenläufigkeit bei Prozedurfernaufrufen .....	325
17.2        Implementierung von Prozedurfernaufrufen .....	326
17.3        Lokale und ferne Prozeduren .....	328
17.3.1      Ausführen ferner Prozeduren .....	328

17.3.2	Parameter ferner Prozeduren .....	329
17.4	Prozedurfernaufufe in DP .....	330
17.4.1	Prozesse und Prozeduren .....	330
17.4.2	Bewachte Anweisungen .....	331
17.4.3	Beispiele für die Synchronisation mit DP .....	331
<b>18</b>	<b>Rendezvous .....</b>	<b>335</b>
18.1	Eingehen eines Rendezvous .....	335
18.1.1	Selektives Eingehen von Rendezvous .....	336
18.1.2	Nebenläufigkeit beim Rendezvous .....	337
18.2	Beispiele für die Synchronisation mit Rendezvous .....	338
18.2.1	Ringpuffer .....	339
18.2.2	Leser und Schreiber .....	340
18.3	Rendezvous in Ada .....	345
18.3.1	Anbieten von Rendezvous .....	345
18.3.2	Beantragen von Rendezvous .....	349
18.3.3	Zeitüberwachung von Rendezvousausführungen .....	350
<b>Teil H: Strukturen verteilter Programmsysteme .....</b>	<b>353</b>	
<b>19</b>	<b>Verteiltheit .....</b>	<b>355</b>
19.1	Verteilte Systeme .....	355
19.1.1	Physikalische Verteiltheit der Hardware .....	355
19.1.2	Physikalische Verteiltheit der Software .....	357
19.1.2.1	Dezentralisierung .....	357
19.1.2.2	Gemeinsame Nutzung von Betriebsmitteln .....	358
19.1.2.3	Erhöhen der Zuverlässigkeit .....	358
19.1.3	Von der physikalischen zur logischen Verteiltheit .....	360
19.2	Unschärfen in verteilten Systemen .....	360
19.3	Architektur verteilter Systeme .....	362
19.3.1	Dienste und Protokolle .....	362
19.3.2	Typische Schichtenstruktur verteilter Systeme .....	364
19.3.2.1	Anwendungssystem .....	366
19.3.2.2	Programmiersystem .....	366
19.3.2.3	Betriebssystem .....	367
19.3.2.4	Kommunikationssystem .....	367
<b>20</b>	<b>Konfiguration .....</b>	<b>371</b>
20.1	Topographie verteilter Systeme .....	371
20.1.1	Physikalische Topographie .....	372
20.1.2	Logische Topographie .....	374
20.1.3	Abilden der Topographien .....	374
20.2	Konfiguration in Occam .....	376
20.3	Konfiguration in Mehrrechner-PEARL .....	377
20.3.1	Beschreibung der physikalischen Topographie .....	377
20.3.1.1	Stationsteil .....	378
20.3.1.2	Netzteil .....	378
20.3.1.3	Systemteil .....	379
20.3.2	Logische Topographie und Konfiguration .....	380
20.4	Benennung in verteilen Systemen .....	381
20.4.1	Namensbildung .....	382

20.4.2	Namensverwaltung .....	383
20.4.2.1	Namensvergabe .....	383
20.4.2.2	Namensverteilung .....	384
21	Protokolle .....	387
21.1	Aufgaben von Protokollen .....	387
21.1.1	Fehlererkennung .....	388
21.1.2	Reihenfolgeerhaltung .....	389
21.1.3	Flußkontrolle .....	390
21.1.4	Nachrichtenbestätigung .....	391
21.2	Abwicklung von Protokollen .....	391
21.2.1	Protokolle als Spielregeln .....	392
21.2.2	Protokollmaschinen .....	394
21.2.2.1	Protokollspezifikation .....	395
21.2.2.2	Protokollanwendung .....	397
21.3	Protokollspezifikation mit RSPL-Z .....	400
21.3.1	Sprachelemente von RSPL-Z .....	400
21.3.1.1	Sequenzausdrücke .....	400
21.3.1.2	Werdegang .....	402
21.3.2	Spezifikation eines einfachen Protokolls .....	404
21.4	Ein Protokoll zur datenorientierten Kommunikation .....	405
21.4.1	Protokoll auf Empfängerseite .....	406
21.4.2	Protokoll auf Senderseite .....	407
21.5	Ein Protokoll zur aktionsorientierten Kommunikation .....	407
21.5.1	Semantik von Prozedurfernaufufen .....	408
21.5.1.1	Aufruf ferner Prozeduren .....	408
21.5.1.2	Ausführen ferner Prozeduren .....	409
21.5.2	Beispiel einer Fernauf Rufimplementierung .....	411
21.5.2.1	Starten eines Fernauf rufs .....	412
21.5.2.2	Verwaltung von eigenen und fremden Fernauf rufen .....	413
21.5.2.3	Weiterleitung von Fernauf rufen an fremde Rechner .....	414
21.5.2.4	Empfang von fremden Fernauf rufen im eigenen Rechner .....	415
	<b>Epilog .....</b>	<b>419</b>
22	Schlußbeispiel .....	421
22.1	Aufgabenstellung .....	421
22.2	Programmstruktur .....	422
22.3	Programminitialisierung .....	425
22.4	Steuerung der Kabinen .....	428
22.4.1	Fahrt einer Kabine über die Strecke .....	429
22.4.2	Fahrt einer Kabine in den Bahnhof .....	433
22.5	Sicherung der Streckenabschnitte .....	436
22.6	Verteilen von Fahraufträgen .....	441
22.7	Fahrgäste .....	443
	<b>Nachwort .....</b>	<b>447</b>
	<b>Literatur .....</b>	<b>449</b>
	<b>Index .....</b>	<b>457</b>