

# Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort</b>	V
<b>1 Hardware</b>	1
1.1 Prozessoren	4
1.1.1 Das Pipeline-Prinzip	5
1.1.2 RISC-Prozessoren	11
1.1.3 Pipeline-Prinzip in RISC-Prozessoren	13
1.1.4 Vektorprozessoren	16
1.2 Speicher	18
1.2.1 Die Parameter eines Speichersystems	19
1.2.2 Speicherhierarchien	20
1.2.3 Adressierungsarten	23
1.2.4 Register	25
1.2.5 Der Cache-Speicher	26
1.2.6 Cache-Kohärenz	33
1.2.7 Der Hauptspeicher	35
1.2.8 Die Speicherung von Datenstrukturen	39
1.3 Kommunikation	40
1.3.1 Leistung	42
1.3.2 Skalierbarkeit	42
1.3.3 Technologie	43
1.3.4 Verbindungstypen	44
1.3.5 Verbindungsstrukturen	44
1.3.6 Kommunikationsstrukturen	45
1.4 Parallelrechner	45
1.4.1 Grobstruktur von Parallelrechnern	46
1.4.2 Klassifikation von Rechnerarchitekturen	47
1.4.3 Speichergekoppelte Systeme	50
1.4.4 Nachrichtengekoppelte Systeme	53
1.5 Entwicklungstrends	56
<b>2 Leistung</b>	58
2.1 Der Begriff „Leistung“	59
2.1.1 Der Leistungsfaktor Arbeit	61
2.1.2 Der Leistungsfaktor Zeit	74
2.2 Quantifizierung der Leistung	82
2.2.1 Analytische Leistungsbewertung der Hardware	83
2.2.2 Die Leistung von Vektorprozessoren	88
2.2.3 Der Leistungseinfluß des Speichers	92
2.2.4 Empirische Leistungsbewertung	95

2.2.5	Bewertung von leistungssteigernden Maßnahmen . . . . .	102
2.2.6	Das Gesetz von Amdahl . . . . .	109
2.2.7	Das Modell von Gustafson . . . . .	112
2.2.8	Variable Parallelisierbarkeit . . . . .	113
2.3	Benchmarks . . . . .	113
2.3.1	Herkunft von Benchmarks . . . . .	114
2.3.2	Ziele von Benchmarks . . . . .	117
2.4	Beispiele für Benchmarks . . . . .	119
2.4.1	EuroBen . . . . .	120
2.4.2	Flops . . . . .	121
2.4.3	GENESIS Distributed Benchmarks . . . . .	122
2.4.4	LINPACK-Benchmark für einen Prozessor . . . . .	123
2.4.5	LINPACK-Benchmark für Parallelrechner . . . . .	125
2.4.6	Livermore Loops . . . . .	127
2.4.7	LLCbench . . . . .	127
2.4.8	NAS Parallel Benchmarks (NPB) . . . . .	129
2.4.9	PARKBENCH . . . . .	130
2.4.10	Perfect-Benchmark . . . . .	132
2.4.11	SLALOM . . . . .	132
2.4.12	SPEC-Benchmarks . . . . .	133
2.4.13	Whetstone . . . . .	135
2.4.14	Andere Benchmarks . . . . .	136
2.5	Schwächen von Benchmarks . . . . .	136
2.5.1	Kritik an Benchmarkresultaten . . . . .	137
2.5.2	Das Zusammenfassen von Benchmarkresultaten . . . . .	139
2.5.3	Standardisierungen . . . . .	140
2.6	Das Preis-Leistungs-Verhältnis . . . . .	140
2.6.1	Definition des PLV . . . . .	141
2.6.2	Vergleich von Computersystemen . . . . .	142
2.6.3	Der Gordon-Bell-Preis . . . . .	144
<b>3</b>	<b>Algorithmen . . . . .</b>	<b>146</b>
3.1	Grundoperationen der Linearen Algebra . . . . .	146
3.1.1	Vektor-Vektor-Operationen . . . . .	147
3.1.2	Matrix-Vektor-Operationen . . . . .	147
3.1.3	Matrix-Matrix-Operationen . . . . .	148
3.1.4	BLAS . . . . .	148
3.1.5	Geblockte Algorithmen . . . . .	150
3.1.6	Das Aufrollen von Schleifen . . . . .	151
3.2	Die Matrizenmultiplikation . . . . .	152
3.2.1	Matrix-Vektor-Multiplikation . . . . .	152
3.2.2	Matrix-Matrix-Multiplikation . . . . .	156
3.2.3	Die ijk-Form . . . . .	156
3.2.4	Verschiedene Formen der Matrizenmultiplikation . . . . .	157
3.2.5	Maßnahmen zur Leistungsverbesserung . . . . .	160

3.2.6	Matrix-Matrix-Multiplikation auf Parallelrechnern . . . .	164
3.3	Die Lösung linearer Gleichungssysteme . . . . .	168
3.3.1	LU-Zerlegung . . . . .	169
3.3.2	Schleifenreihenfolgen . . . . .	170
3.3.3	Komplexität der LU-Zerlegung . . . . .	171
3.3.4	Pivotstrategien . . . . .	172
3.3.5	Geblockte LU-Zerlegung . . . . .	173
3.3.6	LU-Zerlegung auf Parallelrechnern . . . . .	175
3.3.7	Cholesky-Zerlegung . . . . .	178
<b>4</b>	<b>Fortran 95</b> . . . . .	182
4.1	Felder . . . . .	182
4.1.1	Die Darstellung von Literalen . . . . .	183
4.1.2	Die Vereinbarung von Feldern . . . . .	184
4.2	Belegung und Verknüpfung von Feldern . . . . .	186
4.2.1	Die Speicherung von Feldern . . . . .	186
4.2.2	Der Zugriff auf Felder . . . . .	188
4.2.3	Die Wertzuweisung . . . . .	190
4.2.4	Operatoren . . . . .	191
4.3	Die Verarbeitung von Feldern . . . . .	192
4.3.1	Elementweise Operationen auf Feldern . . . . .	192
4.3.2	Auswahl mit Feld-Bedingungen . . . . .	194
4.3.3	Speicherverwaltung . . . . .	196
4.3.4	Felder als Parameter . . . . .	201
4.3.5	Funktionen mit Feldresultaten . . . . .	202
4.3.6	Vordefinierte Unterprogramme . . . . .	203
4.4	Unterprogrammschnittstellen . . . . .	205
4.4.1	Explizite Schnittstellen . . . . .	206
4.4.2	Implizite Schnittstellen . . . . .	206
4.4.3	Schnittstellenblöcke . . . . .	206
4.5	FORALL . . . . .	207
4.5.1	Die FORALL-Anweisung . . . . .	208
4.5.2	Der FORALL-Block . . . . .	213
4.6	PURE-Unterprogramme . . . . .	216
4.6.1	Syntaxregeln für das PURE-Präfix . . . . .	218
4.6.2	Einschränkungen . . . . .	218
<b>5</b>	<b>High Performance Fortran – HPF</b> . . . . .	223
5.1	Die Entwicklung von HPF . . . . .	224
5.2	Die Konzeption von HPF . . . . .	226
5.2.1	HPF und Fortran . . . . .	226
5.2.2	Das Programmiermodell von HPF . . . . .	228
5.2.3	Die syntaktische Struktur von HPF . . . . .	228
5.3	Datenverteilung und Datenausrichtung . . . . .	231
5.3.1	Das Modell der Datenabbildung . . . . .	231

5.3.2	Die PROCESSORS-Anweisung . . . . .	234
5.3.3	„*“ in ALIGN- und DISTRIBUTE-Anweisungen . . . . .	236
5.3.4	Die DISTRIBUTE-Anweisung zur Datenverteilung . . . . .	237
5.3.5	Die ALIGN-Anweisung zur Datenausrichtung . . . . .	244
5.3.6	Die TEMPLATE-Anweisung . . . . .	251
5.3.7	Der Kommunikationsaufwand . . . . .	252
5.4	Datenabbildung in Unterprogrammen . . . . .	254
5.4.1	Vorschreibendes ALIGN und DISTRIBUTE . . . . .	255
5.4.2	Transkriptive Datenabbildung . . . . .	256
5.4.3	Die INHERIT-Anweisung . . . . .	257
5.4.4	Änderungen im Vergleich zu HPF 1 . . . . .	259
5.4.5	Abstrakte Prozessoren in Unterprogrammen . . . . .	260
5.4.6	Templates in Unterprogrammen . . . . .	261
5.5	Datenparallele Verarbeitung . . . . .	262
5.5.1	PURE-Unterprogramme . . . . .	262
5.5.2	Die INDEPENDENT-Anweisung . . . . .	263
5.6	EXTRINSIC-Unterprogramme . . . . .	269
5.6.1	Das EXTRINSIC-Präfix . . . . .	273
5.6.2	Der Aufruf von EXTRINSIC-Unterprogrammen . . . . .	274
5.6.3	HPF und Numerische Software . . . . .	275
5.7	Speicher- und Abfolgeasoziiierung . . . . .	287
5.7.1	Die SEQUENCE-Anweisung . . . . .	289
5.7.2	Parameterübergabe und Abfolgeasoziiierung . . . . .	290
<b>6</b>	<b>Anerkannte Erweiterungen von HPF . . . . .</b>	<b>291</b>
6.1	Erweiterungen für die Datenabbildung . . . . .	291
6.1.1	Dynamische Datenabbildung . . . . .	292
6.1.2	Neue Verteilungsformate . . . . .	295
6.1.3	Erweiterungen der DISTRIBUTE-Anweisung . . . . .	297
6.1.4	Die RANGE-Anweisung . . . . .	298
6.1.5	Die SHADOW-Anweisung . . . . .	299
6.2	Daten- und Funktionsparallelismus . . . . .	300
6.2.1	Aktive Prozessoren . . . . .	300
6.2.2	Die ON-Anweisung . . . . .	301
6.2.3	Die RESIDENT-Anweisung . . . . .	302
6.2.4	Die TASK_REGION-Anweisung . . . . .	303
6.3	Erweiterungen für extrinsische Unterprogramme . . . . .	304
6.3.1	Das LOCAL-Modell . . . . .	304
6.3.2	Das SERIAL-Modell . . . . .	304
6.3.3	Einbindungen verschiedener Programmiersprachen . . . . .	305
6.4	Neue und erweiterte Unterprogramme . . . . .	305
6.4.1	Vordefinierte Unterprogramme . . . . .	305
6.4.2	Erweiterungen der HPF-Bibliothek . . . . .	305
6.5	Asynchrone Ein-/Ausgabe . . . . .	305

<b>7</b>	<b>Andere Arten der Programmierung von Parallelrechnern . . .</b>	<b>307</b>
7.1	Expliziter Nachrichtenaustausch . . . . .	307
7.1.1	Parallel Virtual Machine (PVM) . . . . .	308
7.1.2	Message Passing Interface (MPI) . . . . .	309
7.2	Programmierung speichergekoppelter Mehrprozessoren . . . . .	311
7.2.1	OpenMP . . . . .	311
7.2.2	Thread-Pakete . . . . .	311
7.2.3	SHMEM . . . . .	311
7.3	Virtual Shared Memory . . . . .	312
7.4	Paralleles Programmieren mit Java . . . . .	312
<b>A</b>	<b>HPF-Unterprogramme . . . . .</b>	<b>314</b>
A.1	Vordefinierte Unterprogramme . . . . .	314
A.2	Bibliotheksunterprogramme . . . . .	315
A.2.1	SUBROUTINEs zur Datenabbildungsabfrage . . . . .	315
A.2.2	Bit-Manipulationsfunktionen . . . . .	315
A.2.3	Feld-Sortierfunktionen . . . . .	315
A.2.4	Feld-Reduktionsfunktionen . . . . .	315
A.2.5	Feld-Streufunktionen . . . . .	316
A.2.6	Präfix- und Suffix-Feldfunktionen . . . . .	318
	<b>Literatur . . . . .</b>	<b>324</b>
	<b>Index . . . . .</b>	<b>337</b>

Hochleistungsrechnen mit HPF

Gansterer, W.; Überhuber, C.

2001, XII, 344 S. 9 Abb., Softcover

ISBN: 978-3-540-42366-9