

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Grundlagen</b>	<b>7</b>
2.1	Grundbegriffe . . . . .	7
2.2	Parallele Rechnerarchitekturen . . . . .	9
2.2.1	Klassifikation . . . . .	9
2.2.2	Parallele Ein-/Ausgabe . . . . .	13
2.2.3	Beispiele paralleler Rechnerarchitekturen . . . . .	15
2.2.4	Leistungsbewertung von Architekturen . . . . .	18
2.3	Parallele Betriebssysteme . . . . .	20
2.4	Umgebungen zur parallelen Programmentwicklung . . . . .	22
2.5	Parallele Programmiermodelle . . . . .	23
2.5.1	Datenparallelität . . . . .	24
2.5.2	Threads . . . . .	26
2.5.3	Nachrichtenaustausch . . . . .	27
2.5.4	Weitere Programmiermodelle . . . . .	34
2.5.5	Leistungsbewertung paralleler Programme . . . . .	36
2.6	Parallele Bibliotheken und Frameworks . . . . .	38
2.7	Parallele Entwurfsmethodik . . . . .	38
2.8	Parallele Algorithmen . . . . .	39
<b>3</b>	<b>Stand der Technik</b>	<b>43</b>
3.1	Objektorientierte Anwendungsentwicklung in C++ . . . . .	44
3.1.1	Zur Wahl der Sprache C++ . . . . .	44
3.1.2	Objektorientierte Analyse und Design . . . . .	45
3.1.3	Objektorientierte Implementierung in C++ . . . . .	46
3.2	Objektorientierte Kommunikation in verteilten Anwendungen . . . . .	49
3.2.1	Java . . . . .	49
3.2.2	Corba . . . . .	50
3.3	Objektorientierte Kommunikation in parallelen Anwendungen . . . . .	51
3.3.1	MPI C++-Bindungen . . . . .	53
3.3.2	MPI++ . . . . .	54
3.3.3	mpi++ . . . . .	55
3.3.4	Para++ . . . . .	56

3.3.5	Object-Oriented MPI . . . . .	57
<b>4</b>	<b>Bewertung des Stands der Technik</b>	<b>59</b>
4.1	Anforderungen an objektorientierte Kommunikationsbibliotheken .	59
4.1.1	Portabilität und Effizienz . . . . .	59
4.1.2	Objektorientierte Modellierung . . . . .	60
4.1.3	Kommunikation objektorientierter Datenstrukturen . . . . .	61
4.2	Bewertung der vorliegenden Kommunikationsbibliotheken . . . . .	61
4.2.1	Portabilität und Effizienz . . . . .	61
4.2.2	Objektorientierte Modellierung . . . . .	63
4.2.3	Kommunikation objektorientierter Datenstrukturen . . . . .	64
4.2.4	Zusammenfassung . . . . .	65
4.3	Zielsetzung für eine neue Kommunikationsbibliothek . . . . .	66
<b>5</b>	<b>Konzept einer objektorientierten Kommunikationsbibliothek</b>	<b>69</b>
5.1	Eine portable und effiziente Architektur . . . . .	69
5.1.1	Portabilität . . . . .	69
5.1.2	Ansatz mit einem objektorientierten Schichtenmodell . . . . .	72
5.1.3	Ansatz mit dem Entwurfsmuster Brücke . . . . .	73
5.1.4	Ansatz mit Schablonenmethoden . . . . .	73
5.1.5	Lösung mit parametrisierter Ableitung . . . . .	74
5.2	Objektorientierte Modellierung . . . . .	77
5.2.1	Typsicherheit . . . . .	77
5.2.2	Funktionsumfang . . . . .	77
5.2.3	Vereinfachung . . . . .	78
5.3	Kommunikation objektorientierter Datenstrukturen . . . . .	82
5.3.1	Kommunikation von Objekten . . . . .	82
5.3.2	Bestimmung von Speicherkategorien . . . . .	84
5.3.3	Kommunikation von Standard-Datenstrukturen in C++ . . . . .	87
5.4	Zusammenfassung . . . . .	87
<b>6</b>	<b>Implementierung des neuen Konzepts</b>	<b>89</b>
6.1	Portable und effiziente Architektur . . . . .	89
6.1.1	Portabilität . . . . .	89
6.1.2	Thread-Sicherheit . . . . .	89
6.2	Objektorientierte Modellierung . . . . .	92
6.2.1	Eine typsichere Nachrichtenklasse . . . . .	92
6.2.2	Kommunikationsanforderungen . . . . .	96
6.2.3	Kommunikationsklassen . . . . .	96
6.3	Kommunikation objektorientierter Datenstrukturen . . . . .	104
6.3.1	Kommunikation von Objekten . . . . .	104

6.3.2	Kommunikation von Standard-Datenstrukturen . . . . .	106
6.3.3	Kollektive Kommunikation . . . . .	107
6.3.4	Zusammenfassung . . . . .	111
<b>7</b>	<b>Ergebnisse und Anwendungen</b>	<b>113</b>
7.1	Bewertung des Produktivitätsgewinns . . . . .	113
7.2	Synthetische Leistungsmessungen . . . . .	115
7.2.1	100 MBit LAN . . . . .	117
7.2.2	Kepler-Cluster . . . . .	118
7.2.3	Cray T3E . . . . .	121
7.2.4	Hitachi SR 8000 . . . . .	124
7.3	sph2000 . . . . .	124
7.3.1	Überblick . . . . .	124
7.3.2	Kommunikation mit TPO++ . . . . .	126
7.3.3	Ergebnisse . . . . .	128
7.4	Particle-in-Cell-Simulation mit Monte-Carlo-Prozessen . . . . .	128
7.4.1	Überblick . . . . .	130
7.4.2	Objektorientierte Parallelisierung . . . . .	133
7.4.3	Ergebnisse . . . . .	137
7.5	Methode der Finiten Massen . . . . .	140
7.5.1	Überblick . . . . .	140
7.5.2	Parallelisierung von FMM . . . . .	142
7.5.3	Ergebnisse . . . . .	144
7.6	Zusammenfassung . . . . .	147
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>149</b>
8.1	Ausblick . . . . .	149