

# Inhaltsverzeichnis

|   |           |
|---|-----------|
| <b>I. Übersicht</b>                     | <b>1</b>  |
| 1. Einführung                           | 1         |
| 2. Problemstellung                      | 3         |
| 3. Bedeutung der Arbeit                 | 12        |
| 4. Inhalt der Arbeit                    | 13        |
| <br>                                    |           |
| <b>II. Parallelrechnerarchitekturen</b> | <b>17</b> |
| 1. Methoden zur Parallelverarbeitung    | 18        |
| 1.1 Funktionales Trennen                | 19        |
| 1.2 Pipelining                          | 20        |
| 1.3 Feldrechner                         | 21        |
| 1.4 Multiprozessoren                    | 21        |
| 1.5 Datenflußrechner                    | 25        |
| 2. Klassifikation                       | 25        |
| 3. Historischer Überblick               | 31        |
| 3.1 Funktionales Trennen/Pipelining     | 32        |
| 3.2 Feldrechner                         | 33        |
| 3.3 Multiprozessoren                    | 34        |
| 4. Pipeline-Strukturen                  | 35        |
| 4.1 Aufbau eines Pipeline-Rechners      | 38        |
| 4.2 Aufbau einer Pipeline               | 42        |
| 4.3 Datenspeicherung                    | 44        |
| 5. Feldrechnerstrukturen                | 47        |
| 5.1 Gemeinsame Merkmale                 | 47        |

|   |            |
|---|------------|
| 5.2 Ausgewählte Beispiele                               | 52         |
| ILLIAC IV   | 52         |
| DAP   | 53         |
| BSP   | 65         |
| STARAN  | 71         |
| <b>6. Multiprozessorstrukturen</b>                      | <b>74</b>  |
| 6.1 EGPA  | 75         |
| 6.2 DIRMU   | 78         |
| 6.3 HEP   | 79         |
| 6.4 SUPRENUM  | 81         |
| 6.5 Transputer  | 84         |
| <b>7. Zukunftsaussichten</b>                            | <b>86</b>  |
| 7.1 Der optische Computer                               | 86         |
| <br>  |            |
| <b>III. Kommunikation in Parallelerechnerstrukturen</b> | <b>89</b>  |
| <b>1. Begriffsbestimmung</b>                            | <b>89</b>  |
| <b>2. Direkte Kopplung</b>                              | <b>90</b>  |
| 2.1 Registerkopplung                                    | 90         |
| 2.2 Speicherkopplung                                    | 91         |
| 2.3 Kanalkopplung                                       | 92         |
| <b>3. Bussysteme</b>                                    | <b>92</b>  |
| <b>4. Verbindungsnetzwerke</b>                          | <b>95</b>  |
| 4.1 Permutationen                                       | 95         |
| 4.2 Statische Netzwerke                                 | 101        |
| 4.3 Dynamische Netzwerke                                | 105        |
| <b>5. Kommunikationsbeispiele</b>                       | <b>112</b> |
| 5.1 Direkte Kopplung                                    | 112        |
| 5.2 Buskopplung   | 123        |
| 5.3 Netzwerkkopplung                                    | 124        |

|  |     |
|--|-----|
| <b>IV. Algorithmen für Parallelrechner</b>               | 126 |
| 1. Der Algorithmusbegriff                                | 126 |
| 2. Komplexitätsmaße                                      | 128 |
| 2.1 Statische Komplexitätsmaße                           | 129 |
| 2.2 Dynamische Komplexitätsmaße                          | 129 |
| 2.3 Definition   | 130 |
| 2.4 Beispiel   | 130 |
| 3. Konzepte für effiziente Algorithmen                   | 131 |
| 3.1 Rekursion  | 131 |
| 3.2 Teile und Herrsche (Divide et impera)                | 131 |
| 4. Elemente paralleler Algorithmen                       | 134 |
| 4.1 Definition des Idealprozessors                       | 134 |
| 4.2 Satz von Munro und Paterson                          | 135 |
| 4.3 Satz von Brent                                       | 137 |
| 4.4 Konstruktionsprinzipien für parallele<br>Algorithmen | 138 |
| 5. Algorithmen der linearen Algebra                      | 144 |
| 5.1 Berechnung von $x^n$                                 | 144 |
| 5.2 Berechnung von $x, x^2, x^3, \dots, x^n$             | 145 |
| 5.3 Matrizenmultiplikation                               | 147 |
| 5.4 Transponieren von Matrizen                           | 158 |
| 5.5 Lösung von Gleichungssystemen                        | 159 |
| <b>V. Leistungsbewertung von Parallelrechnern</b>        | 179 |
| 1. Definitionen  | 182 |
| 1.1 Bearbeitungszeit                                     | 184 |
| 1.2 Maximalleistung                                      | 185 |
| 1.3 Durchschnittsleistung                                | 188 |
| 1.4 Vektoreffizienz                                      | 189 |

|              |   |     |
|--------------|---|-----|
| 1.5          | Speed-up  | 190 |
| 1.6          | Systemeffizienz   | 190 |
| 1.7          | Synchronisation und Kommunikation                               | 191 |
| <b>2.</b>    | <b>Benchmarks</b>   | 191 |
| 2.1          | Whetstone-Benchmark   | 191 |
| 2.2          | Dhrystone-Benchmark   | 192 |
| 2.3          | Das LINPACK-Paket   | 192 |
| 2.4          | Bewertung der Benchmarks  | 193 |
| <b>3.</b>    | <b>Leistungsvergleiche</b>                                      | 194 |
| 3.1          | Forderungen an zukünftige Benchmarks                            | 196 |
| <b>VI.</b>   | <b>Bitalgorithmen</b>   | 197 |
| 1.           | Überblick   | 197 |
| 2.           | Reihenentwicklung von Standardfunktionen                        | 199 |
| 2.1          | Taylor-Reihe  | 199 |
| 2.2          | MacLaurin-Reihe   | 199 |
| 2.3          | Tschebyschew-Entwicklung  | 201 |
| 2.4          | $r$ -Methode  | 202 |
| 3.           | Bitalgorithmen für Standardfunktionen                           | 203 |
| 3.1          | Theorie   | 203 |
| 3.2          | Konvergenz  | 206 |
| 3.3          | Leistungsmerkmale und Realisierungen                            | 209 |
| 4.           | Übertragung des Prinzips Bitalgorithmus auf<br>serielle Rechner | 221 |
| 4.1          | Anpassung der Methode an Bytemaschinen                          | 222 |
| 4.2          | Implementierungskonzepte  | 223 |
| 4.3          | Leistungsvergleich  | 230 |
| 4.4          | Fehlerabschätzung   | 231 |
| <b>VII.</b>  | <b>Zusammenfassung</b>  | 233 |
| <b>VIII.</b> | <b>Literaturverzeichnis</b>                                     | 235 |