

# Inhaltsverzeichnis

|   | Seite     |
|---|-----------|
| <b>Abkürzungen und Formelzeichen</b>                        | <b>12</b> |
| <b>1 Einleitung</b>   | <b>15</b> |
| 1.1 Problemstellung   | 15        |
| 1.2 Zielsetzung   | 16        |
| 1.3 Vorgehensweise  | 17        |
| <b>2 Stand der Technik</b>                                  | <b>18</b> |
| 2.1 Begriffe und Definitionen                               | 18        |
| 2.2 Ausgangssituation                                       | 19        |
| 2.2.1 Programmierverfahren im Überblick                     | 19        |
| 2.2.2 Eingabegeräte zur prozeßnahmen Bahnprogrammierung     | 21        |
| 2.2.3 Verfahren und Geräte zur prozeßfernen Programmierung  | 24        |
| 2.2.4 Ein- und Ausgabegeräte zur graphischen Simulation     | 27        |
| 2.3 Analyse der eingesetzten Geräte                         | 32        |
| 2.3.1 Eingabegeräte zur prozeßnahmen Programmierung         | 32        |
| 2.3.2 Eingabegeräte zur graphischen Simulation              | 33        |
| 2.3.3 Ausgabegeräte zur graphischen Simulation              | 35        |
| <b>3 Entwicklungsschwerpunkte und Anforderungen</b>         | <b>37</b> |
| 3.1 Folgerungen aus der Analyse der Ausgangssituation       | 37        |
| 3.2 Allgemeine Anforderungen an die Bewegungsprogrammierung | 38        |
| 3.3. Anforderungen an das prozeßnahe Programmiersystem      | 39        |
| 3.4. Anforderungen an das prozeßferne Programmiersystem     | 40        |

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>4</b> | <b>Entwicklung der Bedienstation</b>                                     | <b>42</b> |
| 4.1      | Vorauswahl der Ein- und Ausgabegeräte                                    | 42        |
| 4.2      | Eingabekonzept zur Bahnprogrammierung durch Bewegungsvorgabe             | 45        |
| 4.2.1    | Festlegung des Funktionsumfangs  | 45        |
| 4.2.2    | Modifikation der Eingabebewegungen                                       | 49        |
| 4.3      | Bedienstation zur prozeßnahen Programmierung                             | 50        |
| 4.4      | Bedienstation für die prozeßferne Programmierung                         | 51        |
| 4.4.1    | Auswahl der Ein- und Ausgabegeräte                                       | 51        |
| 4.4.2    | Festlegung des Bedienkonzeptes   | 54        |
| <b>5</b> | <b>Mathematische Herleitung der Bewegungs- und Steuerungsabläufe</b>     | <b>57</b> |
| 5.1      | Verfahren zur prozeßnahen Bahnprogrammierung                             | 57        |
| 5.2      | Verfahren zur Steuerung des Sichtvektors in der Simulation               | 61        |
| 5.3      | Verfahren zur direkten Bewegungsvorgabe eines Roboters in der Simulation | 65        |
| <b>6</b> | <b>Entwicklung des graphischen Simulationssystems</b>                    | <b>68</b> |
| 6.1      | Schnelles Darstellungsverfahren durch Modellvereinfachung                | 68        |
| 6.2      | Navigation in der graphischen Simulation                                 | 73        |
| <b>7</b> | <b>Realisierung der Bedienstation</b>                                    | <b>77</b> |
| 7.1      | Beschreibung und Konfiguration der Systemkomponenten                     | 77        |
| 7.2      | Hardwarearchitektur zur prozeßnahen Programmierung                       | 79        |
| 7.3      | Hardwarearchitektur zur prozeßfernen Programmierung                      | 80        |
| 7.4      | Software-Realisierung  | 82        |
| 7.4.1    | Software für die prozeßnahe Programmierung                               | 83        |
| 7.4.2    | Software für die prozeßferne Programmierung                              | 84        |

|           |   |            |
|-----------|---|------------|
| <b>8</b>  | <b>Erprobung der Mensch-Maschine-Schnittstellen</b> | <b>88</b>  |
| 8.1       | Erprobung im prozeßnahmen Betrieb                   | 90         |
| 8.2       | Erprobung im prozeßfernen Betrieb                   | 92         |
| 8.3       | Erprobung des Renderers                             | 93         |
| 8.4       | Diskussion der Ergebnisse                           | 95         |
| <b>9</b>  | <b>Zusammenfassung und Ausblick</b>                 | <b>97</b>  |
| <b>10</b> | <b>Literaturverzeichnis</b>                         | <b>100</b> |