

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|-----------|
| 1 Einführung | 1 |
| 1.1 Einleitung..... | 1 |
| 1.2 Zielsetzung dieser Arbeit..... | 4 |
| 1.3 Vorgehensweise | 6 |
| 2 Bestehendes Spektrum automatisierter Produktionsstrukturen beim Einsatz mobiler Roboter | 8 |
| 2.1 Übersicht..... | 8 |
| 2.2 Charakterisierung des typischen Anwendungsbereichs für autonome mobile Roboter..... | 8 |
| 2.3 Zentral gesteuerte Produktionsstrukturen | 9 |
| 2.4 Dezentral gesteuerte Produktionsstrukturen | 12 |
| 2.5 Dezentral gesteuerte Produktionsstrukturen mit zentraler koordinierender Instanz | 17 |
| 2.6 Vergleichender Überblick über die betrachteten Produktionsstrukturen | 22 |
| 2.7 Anforderungen an autonome mobile Roboter in den verschiedenen Produktionsstrukturen | 24 |
| 3 Bekannte Ansätze zur Steuerung autonomer mobiler Roboter | 27 |
| 3.1 Übersicht..... | 27 |
| 3.2 Verhaltensorientierte Architekturen | 29 |
| 3.3 Funktionsorientierte Architekturen..... | 30 |
| 3.3.1 Hierarchisch funktionsorientierte Architekturen | 31 |
| 3.3.2 Verteilte funktionsorientierte Architekturen..... | 32 |
| 3.4 Zusammenfassung und Bewertung der Ansätze..... | 33 |
| 4 Grobkonzept und Struktur eines Führungsrechners zur Steuerung autonomer mobiler Roboter | 35 |
| 4.1 Übersicht..... | 35 |
| 4.2 Grobkonzept des Führungsrechners | 35 |
| 4.3 Struktur des Führungsrechners | 37 |

| | | |
|-------|---|-----------|
| 4.3.1 | Allgemeine Anforderungen an das Steuerungskonzept..... | 37 |
| 4.3.2 | Die hierarchischen Ebenen des Führungsrechners | 38 |
| 4.4 | Die Organisationsebene | 40 |
| 4.4.1 | Aufgaben der Organisationsebene | 40 |
| 4.4.2 | Anforderungen an die Organisationsebene..... | 41 |
| 4.5 | Die Koordinationsebene | 42 |
| 4.5.1 | Aufgaben der Koordinationsebene | 42 |
| 4.5.2 | Anforderungen an die Koordinationsebene | 43 |
| 4.6 | Die Ausführungsebene..... | 46 |
| 4.6.1 | Aufgaben der Ausführungsebene..... | 46 |
| 4.6.2 | Anforderungen an die Ausführungsebene | 46 |
| 5 | Feinkonzept des Führungsrechners | 48 |
| 5.1 | Übersicht..... | 48 |
| 5.2 | Aufbau und Funktionsweise der Organisationsebene..... | 49 |
| 5.2.1 | Strukturierung der Organisationsebene..... | 49 |
| 5.2.2 | Aufgabenübernahme durch die Kommunikationssteuerung..... | 50 |
| 5.2.3 | Aufgabenexpansion durch die Aufgabentransformation | 54 |
| 5.2.4 | Optimierung der Bearbeitungsreihenfolge durch die Aufgabenplanung..... | 54 |
| 5.3 | Aufbau und Funktionsweise der Koordinationsebene..... | 56 |
| 5.3.1 | Strukturierung der Koordinationsebene | 56 |
| 5.3.2 | Die Nachrichtenvorverarbeitung | 59 |
| 5.3.3 | Komplexe Entscheidungsfindung im regelbasierten System | 60 |
| 5.3.4 | Bearbeitung einfacher Teilaufträge im Netzinterpret | 60 |
| 5.3.5 | Unterstützung der Koordinationsebene bei der Speicherung und Verarbeitung von Umgebungsdaten | 61 |
| 5.4 | Elemente der Ausführungsebene | 62 |
| 5.5 | Ablauf der Aufgabenbearbeitung | 63 |
| 5.6 | Ablauf der internen Störungsbehandlung | 64 |
| 6 | Die Kommunikations- und Planungsfunktionalität des Führungs- rechners | 67 |
| 6.1 | Übersicht..... | 67 |

| | |
|---|------------|
| 6.2 Kommunikationssteuerung für die Aufgabenübernahme..... | 67 |
| 6.2.1 Problemstellung bei der Kommunikation | 67 |
| 6.2.2 Grundlagen einer bewerteten Verhandlungsführung | 68 |
| 6.2.3 Aufgabenausschreibung | 71 |
| 6.2.4 Angebotserstellung | 72 |
| 6.2.5 Auswahl des besten Angebots | 74 |
| 6.3 Transformation der Aufträge in Teilschritte..... | 77 |
| 6.3.1 Problemstellung bei der Auswertung und Transformation von Aufgaben..... | 77 |
| 6.3.2 Die Aufgabenbeschreibungen in den verschiedenen Abstraktionsstufen | 79 |
| 6.3.3 Grunddaten für die Aufgabentransformation..... | 81 |
| 6.3.4 Darstellung von Bearbeitungsbedingungen der Teilaufgaben.... | 83 |
| 6.3.5 Ablauf der Aufgabentransformation | 85 |
| 6.4 Planung der Aufgabenbearbeitung | 87 |
| 6.4.1 Problemstellung bei der Planung in einem mobilen Roboter | 87 |
| 6.4.2 Aufteilung der Planungsaufgaben..... | 88 |
| 6.4.3 Die lokale Kapazitätsplanung | 89 |
| 6.4.4 Die Koordinierungsplanung..... | 91 |
| 6.4.5 Behandlung von Bedingungen und Ressourcenanforderungen bei der Aufgabenexpansion..... | 95 |
| 6.4.6 Freigabe der Ausführung von Teilschritten durch die Koordinierungsplanung | 97 |
| 6.4.7 Behandlung von Störungen durch einheitenübergreifende Umplanungen..... | 98 |
| 6.5 Zusammenfassung | 100 |
| 7 Die Steuerungsfunktionalität des Führungsrechners | 101 |
| 7.1 Übersicht..... | 101 |
| 7.2 Die Nachrichtenvorverarbeitung | 102 |
| 7.2.1 Anforderungen an die Nachrichtenvorverarbeitung | 102 |
| 7.2.2 Aufbau der Nachrichtenvorverarbeitung | 102 |
| 7.3 Komplexe Entscheidungsfindung im regelbasierten System..... | 104 |
| 7.3.1 Anforderungen an das regelbasierte System..... | 104 |

| | | |
|-------|--|------------|
| 7.3.2 | Unterteilung der Aufgaben des regelbasierten Systems in unabhängige Teilbereiche | 104 |
| 7.3.3 | Darstellung des Regelwissens..... | 106 |
| 7.3.4 | Der Schlußfolgerungsmechanismus der Inferenzmaschine | 108 |
| 7.3.5 | Steuerung der Aufgabenbearbeitung im regelbasierten System | 111 |
| 7.3.6 | Anpassungen des wissensbasierten Systems zum Einsatz als Prozeßsteuerung | 112 |
| 7.4 | Bearbeitung einfacher Teilaufträge im Netzinterpret | 114 |
| 7.4.1 | Anforderungen an den Netzinterpret | 114 |
| 7.4.2 | Darstellung der zeitbehafteten Petri-Netze | 115 |
| 7.4.3 | Aufbau des Netzinterpreters | 117 |
| 7.5 | Interne Behandlung von Störungen | 118 |
| 7.5.1 | Überblick über die Störungsbehandlung..... | 118 |
| 7.5.2 | Erkennung von Störungen..... | 118 |
| 7.5.3 | Aufstellung von Hypothesen über die Störungsursache | 120 |
| 7.5.4 | Verifikation von Hypothesen | 121 |
| 7.5.5 | Behebung von Störungen | 123 |
| 7.6 | Organisation der Kommunikation während der Aufgabenausführung | 125 |
| 7.7 | Zusammenfassung | 128 |
| 8 | Realisierung und beispielhafte Anwendung | 129 |
| 8.1 | Übersicht..... | 129 |
| 8.2 | Die Versuchsumgebung | 129 |
| 8.2.1 | Der mobile Roboter MOBROB | 129 |
| 8.2.2 | Das Produktionsumfeld | 131 |
| 8.3 | Die programmtechnische Realisierung von <i>PetRIS</i> | 133 |
| 8.4 | Die kooperierende Planung mit <i>PetRIS</i> | 135 |
| 8.5 | Darstellung der Fähigkeiten des mobilen Roboters durch Aufgabenschablonen | 137 |
| 8.6 | Darstellung gleichbleibender Ablaufsequenzen mit einem Ablaufnetz | 138 |
| 8.7 | Intelligente Aufgabenbearbeitung anhand eines Beispiels | 139 |

| | |
|---|------------|
| 8.8 Die kooperierende Störungsbehandlung mit anderen autonomen Einheiten | 141 |
| 8.9 Diskussion der Ergebnisse | 142 |
| 9 Zusammenfassung und Ausblick..... | 144 |
| 10 Literaturverzeichnis | 147 |
| 11 Stichwortverzeichnis..... | 163 |