

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 Netzinterpretier	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 Ressourcenanforderun- gen bei der Aufgabenexpansion.....	95
6.4.6	Freigabe der Ausführung von Teilschritten durch die Koordinierungsplanung	97
6.4.7	Behandlung von Störungen durch einheitenübergreifende Umlanungen.....	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 Netzinterpretier	114
7.4.1	Anforderungen an den Netzinterpretier	114
7.4.2	Darstellung der zeitbehafteten Petri-Netze	115
7.4.3	Aufbau des Netzinterpretiers	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