



Technische Universität Hamburg-Harburg

Modulares Steuerungssystem für Autonome Mobile Roboter

Vom Promotionsausschuss der
Technischen Universität Hamburg-Harburg
zur Erlangung des akademischen Grades
Doktor-Ingenieur (Dr.-Ing.)
genehmigte Dissertation

von
Michael Prange
aus Kiel

2010

1. Gutachter: Prof. Dr.-Ing. K. Rall

2. Gutachter: Prof. Dr. F. Mayer-Lindenberg

Tag der mündlichen Prüfung: 24. Juni 2010

Schriftenreihe des Instituts für
Werkzeugmaschinen, Roboter und Montageanlagen
der Technischen Universität Hamburg-Harburg

Band 21

Michael Prange

**Modulares Steuerungssystem
für Autonome Mobile Roboter**

Shaker Verlag
Aachen 2010

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Zugl.: Hamburg-Harburg, Techn. Univ., Diss., 2010

Copyright Shaker Verlag 2010

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8322-9279-9

ISSN 1868-7105

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	i
1 Einleitung	1
1.1 Motivation und Zielsetzung	1
1.2 Beitrag der Arbeit	3
1.3 Aufbau der Arbeit	4
2 Autonome mobile Roboter	7
2.1 Anforderungen und Einsatzgebiete	7
2.2 Sensoren und Aktoren	9
2.3 Wissenschaftliche Projekte	11
2.4 Forschungsplattform	13
2.4.1 Mechanischer und elektrischer Aufbau	15
2.4.2 Sensor-Ausstattung	16
2.4.3 Steuerungssystem	18
3 Umweltrepräsentation	21
3.1 Weltmodelle	21
3.2 Kartenerstellung	25
3.3 Selbstlokalisierung	27
3.4 Umweltrepräsentation der Forschungsplattform	29
3.4.1 Weltmodell	32
3.4.2 Kartenerstellung	36
3.4.3 Diskussion	44
4 Navigation	47
4.1 Lokale Navigation	47
4.2 Globale Navigation	52
4.3 Navigation der Forschungsplattform	55
4.3.1 Navigationsverfahren	56
4.3.2 Auftragssteuerung	62
4.3.3 Diskussion	68
5 Steuerungsarchitektur	71
5.1 Deliberative Modelle	72
5.2 Reaktive Modelle	73

5.3	Hybride Modelle	74
5.4	Steuerungsarchitektur der Forschungsplattform	76
5.4.1	Client-Server-Kommunikation	77
5.4.2	Systemkomponenten	84
5.4.3	Diskussion	94
6	Implementierung und Test	97
6.1	Antriebssteuerung	97
6.1.1	Kommunikation zwischen PC und Motorsteuerung	98
6.1.2	Einstellung der Achsparameter	100
6.1.3	Einstellung der Regelungsparameter	103
6.1.4	Vorgabe der Achsgeschwindigkeiten	103
6.1.5	Bestimmung der Achspositionen	104
6.1.6	Bewegungssteuerung	108
6.2	Fahrzeugsteuerung	110
6.2.1	Gerade fahren	112
6.2.2	Kurve fahren	113
6.2.3	Drehen	115
6.2.4	Anhalten	116
6.3	Positionsbestimmung	116
6.3.1	Koppelnavigation	117
6.3.2	Selbstlokalisierung	119
6.3.3	Kollisionsvermeidung	123
6.4	Verhaltensmuster	128
6.4.1	Fahrverhalten im freien Raum	129
6.4.2	Fahrverhalten entlang einer Wand	130
6.4.3	Fahrverhalten an einer Abzweigung	131
6.4.4	Fahrverhalten für eine Tür	133
6.5	Auftragssteuerung	135
6.5.1	Weltmodell und Kartenerstellung	136
6.5.2	Fahrauftrag und Wegeplanung	138
6.5.3	Ablaufsteuerung	140
6.6	Bewertung und Ausblick	142
7	Zusammenfassung	145
8	Literatur	149

9	Anhang.....	161
9.1	Begriffserklärungen und Definitionen.....	161
9.2	Abkürzungen und Formelzeichen	166
9.3	Algorithmen und Formeln	167