

Inhaltsverzeichnis

Formelverzeichnis	xi
Abkürzungsverzeichnis	xiv
1 Einleitung	1
2 Stand der Technik und Forschung	4
2.1 Navigation in der mobilen Robotik	4
2.2 Lenkungen in der Bahnfolgeregelung	7
2.2.1 Lenkungsarten in der Fahrzeugtechnik	7
2.2.2 Kinematische Modelle und deren Anwendungsbereiche	8
2.2.3 Fehlermodell und seine Erweiterungen	14
2.3 Regelung linearer und nichtlinearer Systeme	15
2.3.1 Beschreibung und Stabilität dynamischer Systeme	15
2.3.2 Methoden zur Regelung	19
2.3.3 Weitere Verfahren im Regelkreis	29
2.3.4 Beurteilung der Performance von Regelungen	33
2.4 Literaturübersicht zu Bahnfolgeregelungen	34
2.4.1 Klassischer Regelungspunkt	34
2.4.2 Beliebiger Regelungspunkt	38
2.5 Vorgehensmodelle in der Produkt- und Software-Entwicklung	39
3 Forschungsfrage	43
3.1 Definition der Forschungsfrage	43
3.2 Methodisches Vorgehen bei der Beantwortung der Forschungsfrage	45
4 Roboter in Simulation und Erprobung	47
4.1 Simulationsumgebungen zur Analyse der Regelkreismodule	47
4.2 Roboter zur Validierung der Entwurfsmethode	50
4.3 Einsatz von Software-Module und -Bibliotheken	54
5 Evaluation der Module im Regelkreis von Bahnfolgeregelungen	55
5.1 Vorausschaulänge	55
5.2 Vorsteuerung	58
5.3 Bahnregler	61
5.3.1 Nichtlineare Regelgesetze	62
5.3.2 Zustandsraumbasierte Regelungen	65
5.3.3 Stationäre Genauigkeit durch Integratoren	67
5.3.4 Reglervergleich	69
5.4 Bahnplanung	71

5.5 Adaptive Module	72
5.5.1 Zentrale Verfahren der adaptiven Regelung	72
5.5.2 Geschwindigkeitsadaption	73
5.5.3 Störgrößenbeobachter	75
5.5.4 Parameterschätzung	76
6 Vorgehen beim Entwurf einer Bahnfolgeregelung	79
6.1 Analysephase	79
6.2 Implementierungsphase	82
6.3 Testphase	86
7 Validierung der Entwurfsmethode	88
7.1 Ankoppeln an Anbaugeräte mit einem Ackermann-gelenkten Traktor	88
7.2 Navigation mit einem differentialgelenkten Entmistungsroboter	95
7.3 Fahren eines Y-Zyklus mit einem knickgelenkten Radlader	98
7.4 Diskussion	103
8 Zusammenfassung und Hinweis für die Praxis	105
Literaturverzeichnis	108
Anhang	
A Bahnfolgeregler für beliebige Regelungspunkte	121
A.1 LQ-Regelung mit exakter Zustandslinearisierung	121
A.2 Pure-Pursuit	124
A.3 Sliding-Mode-Regler	127
B Vorsteuerung in der Bahnfolgeregelung	129
B.1 Ackermann-Lenkung	129
B.2 Differentiallenkung	131
B.3 Knicklenkung	133