

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>12</b>
1.1	Problemstellung	12
1.2	Stand der Technik	13
1.2.1	Bauarten von Robotern	13
1.2.2	Antriebe für Industrieroboter	14
1.2.3	Grenzen herkömmlicher elektromechanischer Antriebssysteme	15
1.2.4	Direktantriebe für Roboterachsen	17
<b>2</b>	<b>Nebenbedingungen für die Entwicklung von Direktantriebsrobotern</b>	<b>20</b>
2.1	Konstruktion und Kinematik	20
2.2	Steuerungstechnik	21
2.3	Regelungstechnik	23
2.4	Nachgiebigkeiten im Roboteraufbau	24
2.5	Zielsetzung und Vorgehensweise der Arbeit	25
<b>3</b>	<b>Modellbildung für die regelungstechnische Auslegung der Roboterachsen</b>	<b>27</b>
3.1	Bewegungsgleichung eines Mehrmassenschwingers	29
3.2	Dreimassenschwinger-Modell	30
3.3	Übertragungsfunktion des Dreimassenschwingers	32
3.4	Parameterschwankungen	36
3.5	Einfluß eines Unterstellungsgetriebes	37
<b>4</b>	<b>Regelung direktantriebener Roboterachsen</b>	<b>39</b>
4.1	Auswahl der Regelgrößen	40
4.2	Auslegungsverfahren	44
4.3	Regelungsauslegung	47
4.3.1	Dominanter Motor	47
4.3.2	Dominante Mechanik	51
4.4	Dimensionierung des Integralanteils	65

<b>4.5</b>	<b>Einfluß von Zeitkonstanten im Regelungskreis</b>	<b>66</b>
4.5.1	Dominanter Motor	68
4.5.2	Dominante Mechanik	74
4.6	Vorsteuerung	77
4.7	Störverhalten	81
4.7.1	Koppelmomente	82
4.7.2	Abweichungen durch Störmomente	84
4.8	Zusammenfassung	84
<b>5</b>	<b>Robuste Regelungsauslegung</b>	<b>86</b>
5.1	Stellungsabhängigkeit des Streckenverhaltens	86
5.2	Stellungsabhängige Regelungsparameter	90
5.3	Stellungsunabhängige Regelungsparameter	91
<b>6</b>	<b>Optimierung der Mechanik und der Regelung</b>	<b>94</b>
6.1	Optimierung der Mechanik	94
6.2	Optimierung der Regelung	102
<b>7</b>	<b>Praxisbeispiel</b>	<b>107</b>
7.1	Aufbau und Daten des untersuchten Roboters	107
7.2	Regelungs- und Steuerungssystem	110
7.3	Mechanische Parameter der ersten Roboterachse	111
7.4	Regelung der ersten Achse	114
7.5	Verringerung überlagerter Schwingungen mittels Vorsteuerung	116
7.6	Bahnverhalten des Roboters	117
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>123</b>
<b>Literatur</b>		<b>127</b>