

# Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort</b>	<b>3</b>
<b>Abkürzungen und Formelzeichen</b>	<b>9</b>
<b>Zusammenfassung</b>	<b>17</b>
<b>Abstract</b>	<b>19</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>21</b>
1.1 Motivation . . . . .	23
1.2 Zielsetzung . . . . .	26
<b>2 Stand der Technik</b>	<b>27</b>
2.1 Passive Systeme . . . . .	29
2.1.1 Mechanisch variable Lenkübersetzung . . . . .	29
2.1.2 Elektronisch variable Lenkübersetzung . . . . .	30
2.2 Aktive Systeme . . . . .	31
2.2.1 Variable Lenkübersetzung, Überlagerungseinheit mit Vorübersetzung . . . . .	31
2.2.2 Variable Lenkübersetzung, Überlagerungseinheit ohne Vorübersetzung . . . . .	32
2.3 Bewertung zum Stand der Technik . . . . .	33
<b>3 Konzeption und Bewertung neuartiger Überlagerungssysteme</b>	<b>37</b>
3.1 Morphologie des Systems . . . . .	38
3.2 Neue Konzepte . . . . .	40

3.2.1	Überlagerungseinheit mit Geradverzahnung und Hohlwellenmotor . . . . .	41
3.2.2	Überlagerungseinheit mit Schraubverzahnung und Hohlwellenmotor . . . . .	43
3.2.3	Überlagerungseinheit mit Schneckenradgetriebe und umlaufendem Stellmotor . . . . .	46
3.2.4	Mechanischer Notlauf . . . . .	49
3.3	Vergleich und Bewertung der ausgewählten Systeme . . . . .	50
<b>4</b>	<b>Modellierung, Simulation und Auslegung des Systems</b>	<b>53</b>
4.1	Modell der Überlagerungseinheit mit Geradverzahnung . . . . .	54
4.1.1	Lagrange-Verfahren erster Art . . . . .	54
4.1.2	Lagrange-Gleichungen der Überlagerungseinheit . . . . .	57
4.1.3	Zustandsraumdarstellung der Überlagerungseinheit . . . . .	65
4.2	Gleichstrommodell des Stellmotors und Reglerauslegung . . . . .	67
4.3	Simulation des Gesamtsystems und Wahl der Parameter . . . . .	68
4.3.1	Wahl der Übersetzung der Überlagerungseinheit mit Geradverzahnung . . . . .	69
4.3.2	Bestimmung der Kennlinie des Stellmotors . . . . .	73
4.3.3	Bestimmung der benötigten Auflösung des Positionssensors des Stellmotors . . . . .	73
4.3.4	Simulationsergebnisse . . . . .	75
4.4	Zusammenfassung . . . . .	77
<b>5</b>	<b>Regelung und Sensorüberwachung des Stellmotors</b>	<b>79</b>
5.1	Modellbildung des Stellmotors . . . . .	80
5.1.1	Motormodell in Stator-Koordinaten . . . . .	82
5.1.2	Motormodell in Rotor-Koordinaten . . . . .	84
5.1.3	Zustandsraumdarstellung des Motormodells in Rotor-Koordinaten	91
5.2	Lageregelung des Stellmotors . . . . .	91
5.3	Feldorientierte Strom-Regelung . . . . .	92
5.4	Überwachung des Positionssensors . . . . .	94
5.4.1	Positionsschätzung basierend auf Modellen . . . . .	94

5.4.2	Positionsschätzung basierend auf eingprägten Testsignalen . . .	98
5.4.3	Erweiterte feldorientierte Regelung mit Positionsüberwachung . .	111
5.5	Zusammenfassung . . . . .	111
<b>6</b>	<b>Experimentelle Ergebnisse</b>	<b>113</b>
6.1	Prüftechnik . . . . .	113
6.1.1	Komponentenprüfstand . . . . .	114
6.1.2	Fahrsimulator . . . . .	115
6.1.3	Versuchsfahrzeug und Prototyp der Überlagerungslenkung . . .	119
6.2	Ergebnisse von Komponentenprüfstand und Fahrsimulator . . . . .	121
6.2.1	Wirkungsgradmessung der Überlagerungseinheit . . . . .	121
6.2.2	Geräuschmessung am Gesamtsystem . . . . .	123
6.2.3	Positionsschätzung basierend auf eingprägten Testsignalen . .	124
6.2.4	Lenkvorgang am Fahrsimulator . . . . .	126
6.3	Ergebnisse vom Versuchsfahrzeug . . . . .	128
6.3.1	Systemverhalten beim VDA-Spurwechseltest . . . . .	128
6.3.2	Systemverhalten in der Pylonengasse . . . . .	131
6.4	Zusammenfassung . . . . .	132
<b>7</b>	<b>Schlussbemerkung und Ausblick</b>	<b>135</b>
<b>A</b>	<b>Grundlagen von Umlaufgetrieben</b>	<b>137</b>
A.1	Drehzahlen . . . . .	138
A.2	Drehmomente . . . . .	142
A.3	Wirkungsgrade . . . . .	144
A.4	Leistungen . . . . .	145
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>147</b>
	<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>151</b>
	<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>157</b>