

5.5 - ZMS 24

Forschungsberichte Mechatronik & Maschinenakustik

**Ascan Klein**

**Entwicklung eines elektrohydraulischen Lenkventils**

Inv.-Nr. 10/2524

Mechatronische Systeme im Maschinenbau  
Technische Universität Darmstadt  
Prof. Dr.-Ing. Stephan Rinderknecht  
Petersenstraße 30  
64287 Darmstadt  
Telefon: +49 61 51 16-20 74  
Telefax: +49 61 51 16-53 32

D 17 (Diss. TU Darmstadt)

**Shaker Verlag**  
Aachen 2000

<b>1</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>1</b>
1.1	<b>Funktionsweise konventioneller Zahnstangen - Servolenkungen .....</b>	<b>3</b>
1.2	<b>Aufbau der Arbeit .....</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Beschreibung des Prüfstandes.....</b>	<b>8</b>
2.1	<b>Anforderungen .....</b>	<b>8</b>
2.2	<b>Konzept .....</b>	<b>8</b>
2.3	<b>Konstruktive Ausführung .....</b>	<b>12</b>
2.4	<b>Regelkreise und Prozeßbrechner .....</b>	<b>15</b>
<b>3</b>	<b>Fahrzeugmodell .....</b>	<b>18</b>
3.1	<b>Aufbau des Fahrzeugmodells .....</b>	<b>18</b>
3.1.1	<b>Geometrie und Kinematik des Fahrzeugs.....</b>	<b>19</b>
3.1.2	<b>Reifenmodell .....</b>	<b>22</b>
3.1.3	<b>Validierung des Fahrzeugmodells .....</b>	<b>26</b>
3.1.3.1	<b>Fahrversuche.....</b>	<b>26</b>
3.1.3.2	<b>Simulation.....</b>	<b>27</b>
3.1.3.3	<b>Vergleich der Meß- und Simulationsergebnisse.....</b>	<b>27</b>
3.2	<b>Implementierung .....</b>	<b>30</b>
3.2.1	<b>reduziertes Fahrzeugmodell.....</b>	<b>31</b>
3.2.2	<b>Integrationsalgorithmus .....</b>	<b>33</b>
<b>4</b>	<b>Aktor für Spurstangenkräfte .....</b>	<b>35</b>
4.1	<b>Aufbau des Aktors .....</b>	<b>35</b>
4.2	<b>Kraftregelung .....</b>	<b>36</b>
4.2.1	<b>Eigenschaften des Kugelgewindetriebes .....</b>	<b>37</b>
4.2.2	<b>Elektromotor.....</b>	<b>38</b>
4.2.3	<b>Kraftregelung mit einem PD - Regler.....</b>	<b>39</b>
4.2.4	<b>Führungsgrößenvorsteuerung.....</b>	<b>41</b>
4.2.5	<b>Führungsgrößenvorsteuerung und Reibkompensation .....</b>	<b>42</b>
4.2.6	<b>PD - Regelung mit Führungsgrößenvorsteuerung und Reibkompensation .....</b>	<b>44</b>
<b>5</b>	<b>Entwicklungsumgebung.....</b>	<b>46</b>

<b>6</b>	<b>Elektrohydraulisches Lenkventil.....</b>	<b>48</b>
	<b>6.1 Aufbau und Funktionsweise des elektrohydraulischen Lenkventils .....</b>	<b>48</b>
	6.1.1 4/3-Wege-Proportionalventil.....	49
	6.1.2 Druckbegrenzungsventil.....	50
	<b>6.2 Regelungskonzept .....</b>	<b>51</b>
	<b>6.3 Druckregelung .....</b>	<b>53</b>
	6.3.1 Druckregelstrecke.....	53
	6.3.2 Eigenschaften der Druckregelstrecke.....	54
	6.3.2.1 Hysterese und nichtlineare Verstärkung .....	54
	6.3.2.2 Einschwingverhalten und Totzeit .....	56
	6.3.3 Entwurf des Druckreglers.....	56
	6.3.4 Modell der Regelstrecke.....	59
	6.3.5 Identifikation der Regelstrecke .....	60
	6.3.5.1 Identifikation und Approximation der Totzeit .....	62
	6.3.5.2 Identifikation des dynamischen Verhaltens .....	63
	6.3.5.3 Nominalmodell und Modellunsicherheiten.....	70
	6.3.5.4 Modellgüte .....	71
	6.3.6 Vorüberlegungen zum $H_{\infty}$ -Entwurf des Druckreglers .....	72
	6.3.6.1 Anforderungen an den Regelkreis.....	72
	6.3.6.2 Entwurf eines $H_{\infty}$ -Reglers.....	76
	6.3.6.3 Robustheit des Reglers .....	82
	6.3.7 $H_{\infty}$ -Entwurf des Druckreglers .....	84
	6.3.8 Verhalten des Druckregelkreises auf dem Prüfstand .....	87
	6.3.9 Realisierung der Druckregelung auf dem HiL-Prüfstand .....	89
<b>7</b>	<b>Versuchsergebnisse .....</b>	<b>91</b>
	7.1 Ventilkennlinie .....	91
	7.2 Kreisfahrt .....	92
	7.3 Lenken im Stand .....	93
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick.....</b>	<b>94</b>
<b>9</b>	<b>Literatur.....</b>	<b>98</b>
<b>10</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>102</b>
	10.1 Technische Daten des Versuchsfahrzeugs .....	102
	10.2 Sensorik des Versuchsfahrzeugs .....	104
	10.3 Reifenparameter .....	105