

Dipl.-Ing. Oliver Kunze, Kassel

**Eine Untersuchung  
zur Back-Up-Versorgung  
hydraulischer Ruder-  
stellantriebe**

Reihe **12**: Verkehrstechnik/  
Fahrzeugtechnik

Nr. **341**

# Inhaltsverzeichnis

<b>Liste der verwendeten Bezeichnungen</b>	<b>VIII</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Einführung und Aufgabenstellung . . . . .	1
1.2 Bisherige Untersuchungen . . . . .	3
<b>2 Konzeption des BPM</b>	<b>6</b>
2.1 Stand der Technik von Flugsteuerungssystemen . . . . .	6
2.2 Prinzip des BPM und Systemeinbindung . . . . .	11
2.3 Anforderungen an das zu entwickelnde BPM . . . . .	15
2.4 Entwicklung der erforderlichen Komponenten . . . . .	23
2.4.1 Pumpen/Motor-Baugruppe . . . . .	23
2.4.2 Ventilbaugruppe . . . . .	30
2.4.3 Ölreservoir . . . . .	33
<b>3 Experimentelle Untersuchungen</b>	<b>37</b>
3.1 Pumpen/Motor-Kombination . . . . .	38
3.2 Prüfstand für BPM-Ventilblock . . . . .	43
3.3 Stellsystemprüfstand . . . . .	49
3.4 Meßtechnik und Prüfstandssteuerung . . . . .	55

<b>4</b>	<b>Auslegung mit dynamischer Simulation</b>	<b>58</b>
4.1	Nichtlineare Beschreibung . . . . .	59
4.1.1	Pumpe des BPM . . . . .	59
4.1.2	Antriebsmotor . . . . .	74
4.1.3	Komponenten des Stellantriebs . . . . .	76
4.1.4	Ergänzende Gleichungen . . . . .	81
4.1.5	Zusammenfassung der mathematischen Gleichungen des Simulationsmodells . . . . .	81
4.2	Bestimmung der Komponentendaten . . . . .	86
4.2.1	Bestimmung der dimensionierenden Lastfälle . . . . .	89
4.2.2	Dimensionierung der Komponentenleistungsdaten . . . . .	89
4.2.3	Festlegung des Anlaufmoments . . . . .	96
<b>5</b>	<b>Dynamisches Verhalten</b>	<b>105</b>
5.1	Das System LS-Regelung/Servoventil . . . . .	106
5.1.1	Linearisierung des mathematischen Modells . . . . .	106
5.1.2	Übertragungsverhalten zwischen Servoventilöffnung und -durchfluß . . . . .	112
5.2	Positionsregelkreis im BPM-Betrieb . . . . .	115
5.2.1	Führungsverhalten des Lageregelkreises . . . . .	121
5.2.2	Dynamische Leistungen bei variiertem $\Delta p_{SV \text{ Soll}}$ . . . . .	127
5.2.3	Störverhalten des Lageregelkreises . . . . .	131
<b>6</b>	<b>Thermische Bilanz</b>	<b>136</b>
6.1	Einführung . . . . .	136
6.2	Grundlage der Modellbildung . . . . .	137
6.3	Verlustleistungsentstehung . . . . .	143
6.4	Wärmeabfuhr an die Umgebung . . . . .	150
6.4.1	Wärmedurchgang . . . . .	150
6.4.2	Koeffizienten der konvektiven Wärmeübertragung . . . . .	153
6.4.3	Einfluß der Flughöhe auf die konvektive Wärmeabfuhr . . . . .	156
6.4.4	Experimentelle Bestimmung der Wärmedurchgangs- widerstände . . . . .	159

6.5	Gleichungen des Simulationsmodells . . . . .	161
6.6	Temperaturentwicklung . . . . .	164
6.6.1	Temperaturverläufe bei Belastungsprofilen . . . . .	164
6.6.2	Temperaturen in stationären Betriebspunkten . . . . .	173

<b>Zusammenfassung</b>	<b>176</b>
------------------------	------------

<b>Literatur</b>	<b>179</b>
------------------	------------