

Formelzeichen	iv
Abkürzungen	viii
1 Einleitung und Aufgabenstellung	1
2 Massenstrombasierte Systemsimulation	3
2.1 Motivation	3
2.2 Konzentriert-parametrische Systemsimulation	6
2.3 Basismodelle	7
2.3.1 Hydraulische Kapazitäten	7
2.3.2 Hydraulische Widerstände	13
2.3.3 Hydraulische Induktivitäten	19
2.4 Abgeleitete Komponenten	20
2.4.1 Verdrängereinheiten	21
2.4.2 Ventile	22
2.5 Thermohydraulische Simulation	23
2.6 Flüssigkeitsparameter	24
2.6.1 Dichte	24
2.6.2 Viskosität	26
2.6.3 Wärmekapazität	27
2.6.4 Weitere thermodynamische Kennwerte	28
2.6.5 Phasenbestandteile in Hydraulikflüssigkeiten	30
2.7 Ölzustandsvektor	32
2.8 Bewertung	34
2.8.1 Modellgenauigkeit	34
2.8.2 Rechenzeitvergleich	37
3 Kompressibilität homogener Hydraulikflüssigkeiten	38
3.1 Stand der Wissenschaft	38
3.2 Prüfstands Aufbau	40
3.3 Messung der Flüssigkeitsdichte	42
3.4 Mathematische Modellbildung	43
4 Modellierung hydraulischer Widerstände	44
4.1 Charakteristika	44

4.2	Modellübersicht.....	47
4.2.1	Blende.....	47
4.2.2	Drossel.....	51
4.3	Thermohydraulische Widerstandsmodelle.....	52
4.3.1	Drosselmodell.....	52
4.3.2	Blendenmodell.....	59
4.3.3	Implementierung.....	61
4.4	Strömungssimulation hydraulischer Widerstände.....	63
4.4.1	Vorgehensweise.....	63
4.4.2	Einflussanalyse der Länge.....	70
4.4.3	Einflussanalyse des Einlaufwinkels.....	73
4.4.4	Wechselwirkungen zwischen Einlaufwinkel und Länge.....	75
4.5	Vergleichsstudie.....	80
4.5.1	Strömungssimulation, Blenden- und Drosselgleichung.....	80
4.5.2	Strömungssimulation und 1D-Widerstandsmodell.....	83
4.6	Ähnliche Geometrie.....	89
4.7	Kennfelder realer Widerstände in Hydraulikventilen.....	90
4.7.1	Grundlagen.....	90
4.7.2	Vermessung.....	93
5	Gasphase im Hydraulikmedium.....	96
5.1	Grundlagen.....	96
5.1.1	Gasphase und Kavitation.....	96
5.1.2	Relevanz.....	97
5.1.3	Randbedingungen.....	98
5.2	Modellbildung.....	100
5.2.1	Hydraulische Kapazitäten.....	100
5.2.2	Hydraulische Widerstände.....	112
5.2.3	Rohrleitungen.....	115
5.2.4	Ventile.....	118
5.2.5	Tank.....	118
5.2.6	Zylinder.....	121
5.2.7	Verdrängereinheiten.....	122
5.3	Systemstudien.....	122

5.3.1 Kolbenpumpe	123
5.3.2 Hydraulischer Kreislauf.....	124
6 Zusammenfassung und Ausblick	126
Literaturverzeichnis.....	128