

Inhaltverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	11
Tabellenverzeichnis	15
Formelzeichen	17
Abkürzungen.....	23
1 Einleitung	25
2 Stand der Technik.....	27
2.1 Servopressen.....	27
2.1.1 Entwicklung der Servopressentechnik	27
2.1.2 Charakteristik von Servoantrieben	31
2.1.3 Servo-Spindelpresse.....	35
2.2 Kenngrößen von Pressen	41
2.2.1 Genauigkeitskenngrößen der statisch belasteten Presse	41
2.2.2 Genauigkeitskenngrößen der quasistatisch belasteten Presse.....	46
2.2.3 Genauigkeitskenngrößen der thermisch belasteten Presse.....	48
2.2.4 Übertragbarkeit von Kenngrößen	52
2.3 Dynamisches Verhalten von Pressen	55
2.3.1 Schwingungsarten und Einflussgrößen.....	55
2.3.2 Einmassen- und Mehrmassenschwinger	57
2.3.3 Experimentelle Modalanalyse und Betriebsschwingungsanalyse	67
2.3.4 Korrelationsanalyse.....	73
2.3.5 Methoden zur Bestimmung von Dämpfungskennwerten	76
2.4 Modellierung mechanischer Pressen	78
2.4.1 Simulationswerkzeuge	78
2.4.2 Modellgrundlagen.....	83
2.5 Verformungs- und Dehnungsanalyse	85
2.5.1 Optische Verformungsanalyse	85
2.5.2 Dehnungsanalyse	87
3 Zielstellung der Arbeit	95
4 Statische Pressenanalyse.....	97

4.1	Versuchsaufbau	97
4.2	Genaugkeitskenngrößen des Stoßels	101
4.2.1	Mittiger Belastungsfall	101
4.2.2	Außermittiger Belastungsfall	104
4.3	Analyse des Stoßelantriebs	106
4.3.1	Steifigkeit des Antriebsstrangs	106
4.3.2	Tragverhalten der mechanisch verkoppelten Einzelantriebe	111
4.4	Genaugkeitskenngrößen des Ziehkissens	112
4.4.1	Mittiger Belastungsfall	112
4.4.2	Außermittiger Belastungsfall	113
4.5	Optische Verformungsanalyse der Servo-Spindelpresse	115
4.5.1	Messaufbau und -ergebnisse	115
4.5.2	Kennwertermittlung	118
4.6	Experimentelle Dehnungsanalyse des Pressengestells	121
4.6.1	Dehnungsanalyse	121
4.6.2	Kennwertermittlung	128
4.7	Linear-elastisches Pressenmodell	128
4.7.1	Modellaufbau	129
4.7.2	Einflussanalyse statischer Lastfälle	134
4.7.3	Kennwertermittlung	139
4.8	Diskussion der statischen Pressenanalyse	139
5	Dynamische Pressenanalyse	147
5.1	Experimentelle Modalanalyse	147
5.1.1	Messaufbau	147
5.1.2	Diskussion der Messergebnisse	148
5.1.3	Abschätzung der dynamischen Führungssteifigkeit	152
5.2	Numerische Modalanalyse	153
5.2.1	Verifizierung des FE-Modells	153
5.2.2	Korrelationsanalyse	158
5.2.3	Anpassung der Materialparameter	166

5.2.4	Diskussion der Ergebnisse.....	168
5.3	Experimentelle Betriebsschwingungsanalyse	170
5.3.1	Versuchsaufbau	170
5.3.2	Verformung des Gestells im Betriebsfall	174
5.3.3	Verformung der Zuganker im Betriebsfall.....	176
5.3.4	Vertikale Verlagerung des Stoßels.....	178
5.4	Diskussion der dynamischen Pressenanalyse.....	179
6	Thermische Pressenanalyse.....	181
6.1	Analyse des thermoelastischen Verhaltens	181
6.1.1	Versuchsaufbau	181
6.1.2	Temperaturverteilung	183
6.1.3	Dehnungen am Pressengestell	187
6.1.4	Berechnung der Gestellverformung und Temperatur am Lagerring	189
6.2	Diskussion der thermischen Pressenanalyse	195
7	Übertragbarkeit von Maschinenkenngrößen	199
7.1	Diskussion ermittelter Maschinenkennwerte für den Betriebsfall	199
7.1.1	Lastfallanalyse	199
7.1.2	Tiefziehen	204
7.2	Skalierbarkeit der Presseneigenschaften.....	208
7.2.1	Theoretische Vorbetrachtungen	208
7.2.2	Experimentelle Analyse.....	211
7.2.3	Evaluierung der experimentellen Ergebnisse	215
7.2.4	Diskussion der Skalierbarkeit dynamischer Eigenschaften	220
7.3	Diskussion zur Übertragbarkeit von Maschinenkenngrößen.....	227
8	Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	231
	Literaturverzeichnis.....	235