

	Seite
	III - VII
1. Einleitung	1 - 3
2. Zielsetzung und Aufgabenstellung	4
3. Stand der Technik	
3.1 Stand der Technik: Innenhochdruckumformen	5
3.1.1 Verfahrenseinteilung, Formenordnung, Kennzeichnungen	5 - 8
3.1.2 Verfahrensvarianten des Innenhochdruckumformens zur Herstellung hohlwellenförmiger Werkstücke	8 - 11
3.1.3 Prozeßparameter und Prozeßführung bei Aufweitverfahren	11
3.1.3.1 Verfahrensgrenzen und Versagensfälle	11 - 13
3.1.3.2 Prozeßführung bei Aufweitverfahren	14 - 15
3.2 Stand der Technik: Prozeßsimulation von Innenhochdruckumformverfahren	15
3.2.1 Definition: Prozeßsimulation	15
3.2.2 Theoretische Methoden der Prozeßsimulation	15 - 16
3.2.2.1 Rückblick auf die Entwicklung der plastizitätstheoretischen Rechenverfahren	16 - 18
3.2.2.2 Simulation von Verfahren der Innenhochdruckumformung mit der FEM	19 - 21
4. Das Aufweiten im geschlossenen Werkzeug: Experimentelle Untersuchungen	22
4.1 Kennzeichnungen und Verfahrensablauf beim Aufweiten im geschlossenen Werkzeug	23 - 26
4.2 Umformmaschine	26
4.2.1 Anforderungen an eine IHU-Maschine	26 - 28
4.2.2 Prozeßsteuerung der IHU-Maschine	29
4.2.3 Aufnahme und Speicherung von Prozeßdaten während der Umformung	30 - 31
4.3 Werkzeugteilung	31
4.4 Abdichten der Rohrenden	31 - 34
4.5 Werkstückgeometrie	34 - 38
4.6 Versuchswerkstoffe	39 - 40
4.7 Vorbereitung der Ausgangsrohre	40
4.8 Schmiersysteme	40 - 41

5.0	Simulation und Verifizierung	42
5.1	Modellbildung "Doppelkegel"	42 - 49
5.2	Modellbildung "Modellhohlwelle"	49 - 50
5.3	Quasistatische Berechnungen	51 - 53
5.4	Simulation des Aufweitens im geschlossenen Werkzeug: Geometrie "Doppelkegel"	53 - 55
5.4.1	Formenwandel	55 - 61
5.4.2	Umformergebnis	61 - 63
5.5	Simulation des Aufweitens im geschlossenen Werkzeug: Geometrie "Modellhohlwelle"	64
5.5.1	Formenwandel	65 - 67
5.5.2	Umformergebnis	67 - 69
6.	Wahl der Prozeßparameter "Axialkraft" und "Innendruck"	70
6.1	Einfluß der Belastungscharakteristik auf den Umformverlauf und die Werkstückeigenschaften	70 - 71
6.1.1	Belastungscharakteristik in der Aufweitphase	72 - 75
6.1.2	Belastungscharakteristik in der Kalibrierphase	75 - 77
6.2	Abschätzung der Belastungscharakteristik	77 - 78
6.2.1	Aufweitphase	78 - 87
6.2.2	Kalibrierphase	88 - 98
6.3	Verifikation am Werkstückbeispiel "Modellhohlwelle"	98 - 106
6.4	Diskussion	107 - 108
7.	Berechnung von Werkzeugbelastungen beim Innenhochdruckumformen mit der FEM	109
7.1	Problemdarstellung	109
7.2	Versuche	109 - 112
7.3	Modellbildung	113 - 114
7.4	Ergebnisse	114 - 118
8.	Ein computergestütztes Optimierungskonzept zur Ent- wicklung von Verfahrensabläufen und Werkstücken des Innenhochdruckumformens	119
8.1	Motivation und Problemstellung	119 - 120
8.2	Grundbegriffe der Optimierung/ Rechnergestützte Optimierungskonzepte	120 - 121
8.3	Ein Optimierungskonzept für das Innenhochdruckumformen	121 - 126
9.	Zusammenfassung und Ausblick	127 - 128
10.	Schrifttum	129 - 135