

Inhaltsverzeichnis	Seite
Verzeichnis der wichtigsten Abkürzungen	V
1. Einleitung	1
2. Stand der Technik	2
2.1 Verfahren zur Formgebung von Stirn- radverzahnungen	2
2.1.1 Fließpreßverfahren	3
2.1.2 Walzverfahren	4
2.1.3 Verfahrenskombination Sintern - Umformen	6
2.1.4 Zusammenfassende Wertung der Verfahren	7
2.2 Nachbearbeitungsverfahren für Stirnrad- verzahnungen	7
2.2.1 Spangebende Verfahren	7
2.2.2 Umformende Verfahren	8
2.2.2.1 Walzverfahren	8
2.2.2.2 Ziehverfahren	9
2.2.2.3 Preßverfahren	12
2.3 Theoretische Arbeiten zur umformenden Herstellung verzahnter Werkstücke	12
3. Aufgabenstellung	15
4. Betrachtungen zur Genauigkeit fließgepreßter Verzahnungen	16

	Seite
4.1 Physikalisch - technische Ursachen von Verzahnungsfehlern	17
4.2 Maßnahmen zur Verbesserung der Verzahnungsgenauigkeit	19
5. Untersuchungen zur Auslegung eines geeigneten Kalibrierverfahrens	20
5.1 Pilotversuche	20
5.2 Anwendung von Kalibrierhypothesen auf die Herstellung von Verzahnungen	23
5.2.1 Graphisches Verfahren nach Preußler	23
5.2.2 Elektrodynamische Analogie	24
6. Untersuchungen des Fließpreßverfahrens zur Erzeugung einer Vorverzahnung	26
6.1 Versuchsaufbau	26
6.2 Ergebnisse zur Untersuchung der Vorverzahnung	27
6.2.1 Maß- und Formfehler in Längsrichtung und im Querschnitt der Vorverzahnung	27
6.2.2 Gemessene und berechnete Umformkräfte bei der Herstellung der Vorverzahnung	29
7. Untersuchung des Kalibrierverfahrens	32
7.1 Versuchsprogramm	33
7.2 Kalibrierwerkzeug	33
7.3 Methoden zur Stoffflußuntersuchung	34
7.4 Stofffluß bei ausgewählten Werkzeugmaßen	36

	Seite
7.4.1 Anwendbarkeit der Kalibrierhypothesen	36
7.4.2 Stofffluß im Querschnitt des Werkstückes	40
7.4.3 Stofffluß im Längsschnitt des Werkstückes	43
7.5 Ermittlung der optimalen Werkzeug- und Prozeßparameter	47
7.5.1 Auswahl eines geeigneten Schmierstoffsystems	47
7.5.2 Ermittlung einer optimalen Werkzeuggeometrie	51
7.5.3 Umformkräfte bei unterschiedlichen Gefügezuständen	52
7.6 Mechanisch - technologische Eigenschaften	53
8. Berechnung der Umformkraft nach dem Verfahren der oberen Schranke	55
8.1 Modellbildung	55
8.2 Berechnung der Umformkraft	58
9. Erreichte Genauigkeit der Verzahnung	79
9.1 Messung der Verzahnungsfehler	79
9.2 Einflußgrößen auf die Verzahnungsgenauigkeit	79
9.2.1 Werkzeugparameter	79
9.2.2 Prozeßparameter	80
9.2.2.1 Schmierstoffsystem	80
9.2.2.2 Gefügezustand	82
9.3 Werkzeugauslegung	83

9.3.1 Berechnung des elastischen Matrizenverhaltens mit Hilfe der Finite Elemente Methode	83
9.3.2 Vorschläge zur Korrektur der elastischen Dehnungen der Matrize	84
10. Zusammenfassung und Ausblick	86
11. Schrifttum	90
12. Tabelle, Bilder	96