

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	I
Inhaltsverzeichnis	II
Symbole und Abkürzungen	IV
Kurzfassung	X
Abstract	XI
1 Einleitung	1
2 Grundlagen	4
2.1 Spanende Formgebung	4
2.1.1 Grundlegende Begriffe und Bezugssysteme	4
2.1.2 Technologie der Spanbildung	6
2.2 Plastische Verformung metallischer Werkstoffe.....	8
2.2.1 Grundlagen der plastischen Verformung	8
2.2.2 Versetzungsbewegung und Mikrostruktureinfluss	11
2.2.3 Verformungsmechanismen bei höheren Temperaturen	11
2.2.3.1 Temperaturbereich I.....	12
2.2.3.2 Temperaturbereich II.....	16
3 Stand der Wissenschaft und Technik	16
3.1 Analytische Beschreibung der Spanbildung.....	17
3.2 Numerische Simulation der Spanbildung	24
3.2.1 Finite Elemente Methode.....	24
3.2.2 FEM-Ansätze in spanbildenden Prozessen	25
3.3 Beschreibung des Werkstoffverhaltens in Zerspannsimulationen	26
3.3.1 Materialbeschreibung	26
3.3.2 Materialgesetze	29
3.3.2.1 Empirische Gleichungen	29
3.3.2.2 Semi-empirische Gleichungen	32
3.3.2.3 Metallphysikalische Gleichungen	33
3.4 Methoden zur Ermittlung von Materialkennwerten.....	34
3.4.1 Direkte Verfahren.....	34
3.4.2 Inverse Methoden	36
3.4.2.1 Inverse analytische Kennwertermittlung	37
3.4.2.2 Inverse numerische Ansätze.....	39
3.4.2.3 Analysemethoden	40
3.5 Zwischenfazit	42
4 Mechanisches Verhalten der Versuchswerkstoffe	44
4.1 Versuchswerkstoffe.....	45
4.1.1 Härtemessungen	48

4.1.2 Gefügeschliffe	49
4.2 Zylinderstauchversuche.....	50
4.2.1 Versuchsbeschreibung.....	52
4.2.2 Fließkurven der Werkstoffe C45E+N und 16MnCr5.....	56
4.2.3 Thermische Erweichung C45E+N und 16MnCr5	61
4.3 Einfluss der Dehnrate	63
4.3.1 Split-Hopkinson Versuch	63
4.3.2 Bestimmung von Spannungs-Dehnungs-Kurven	65
4.3.3 Versuchsauslegung und Probendimensionierung.....	67
4.3.4 Korrektur der Umformwärme.....	74
4.3.5 Anlagenkalibrierung.....	79
4.3.6 Dehnratenabhängige Verfestigung.....	81
4.4 Modellanpassung.....	85
5 Inverse Kennwertermittlung	90
5.1 Analytisches Modell der Kennwertermittlung.....	90
5.1.1 Scherzonenmodell nach Oxley.....	91
5.1.2 Bestimmung der Scherdehnrate in der primären Scherzone	92
5.1.3 Berechnung	95
5.2 Zerspanversuche	99
5.2.1 Versuchsplan und Messgrößen.....	105
5.2.2 Linear-orthogonale Zerspanversuche	106
5.2.3 Einstechdrehversuche	108
5.2.4 Vergleichende Analyse.....	112
5.3 DIC-Analyse der primären Scherzone	118
5.3.1 Messmethodik und Versuchsaufbau	118
5.3.2 Messwerte	123
5.4 Kennwertermittlung.....	128
6 Ergebnisse der Zerspansimulationen.....	137
6.1 Bewertung der Simulationsergebnisse	137
6.2 Vergleich unterschiedlicher Kennwertermittlungsmethoden.....	139
6.2.1 Abgleich mit Einstechdrehversuchen	142
6.2.2 Übertragung auf einen weiteren Werkstoff.....	144
6.3 Vergleich unterschiedlicher Materialgesetze	147
7 Zusammenfassende Diskussion	151
7.1 Kennwertermittlung.....	151
7.2 Auswahl eines Materialgesetzes	154
8 Zusammenfassung und Ausblick	157
A Anhang	160
Literatur	166