

Inhaltsverzeichnis

Formelzeichen- und Abkürzungsverzeichnis	ix
1 Einleitung	1
2 Stand der Technik und Forschung	3
2.1 Werkstoffe für den Karosseriebau	3
2.2 Umformprozesse im Automobilbau.....	5
2.3 Modellierung des plastischen Werkstoffverhaltens.....	6
2.3.1 Eignung von Fließortkurven zur Abbildung relevanter Werkstoffkennwerte	6
2.3.2 Abbildung der Werkstoffverfestigung.....	12
2.4 Methoden für die Charakterisierung mechanischer Kennwerte	16
2.4.1 Kennwertermittlung bei uniaxialer Zugbelastung	18
2.4.2 Versuche zur Kennwertermittlung unter biaxialer Dehnung.....	21
2.4.3 Kennwertermittlung unter ebener Dehnung	28
2.5 Zusammenfassende Bewertung des Stands der Technik und Forschung.....	30
3 Zielsetzung und methodische Vorgehensweise	33
4 Versuchswerkstoffe, Prüfeinrichtungen, mathematische Modelle und FE-Methode	37
4.1 Werkstoffe.....	37
4.2 Prüfverfahren und Methoden zur Auswertung.....	39
4.2.1 Optische Messsysteme	39
4.2.2 Uniaxialer Zugversuch.....	41
4.2.3 Kerbzugversuch.....	42
4.2.4 Scherzugversuch	43
4.2.5 Hydraulischer Tiefungsversuch	43
4.2.6 Schichtstauchversuch	45
4.2.7 Nakajima-Versuch	46
4.2.8 Kreuznapf.....	47
4.3 Werkstoffmodelle	48

4.4	FE-Analyse	49
5	Erarbeitung einer Methode für eine effiziente Kategorisierung von Werkstoffeigenschaften	51
5.1	Werkstoffverhalten bei uniaxialer Belastung	51
5.1.1	Fließverhalten im Zugversuch	51
5.1.2	Uniaxiale senkrechte Anisotropie r	53
5.1.3	Mikrostrukturelle Validierung des Gültigkeitsbereichs	55
5.2	Kennwertermittlung im äquibiaxialen Spannungszustand	60
5.2.1	Kennwertermittlung im hydraulischen Tiefungsversuch	60
5.2.2	Plastisches Werkstoffverhalten im Schichtstauchversuch	62
5.3	Erarbeitung von Prüfmethoden für die Charakterisierung des plastischen Werkstoffverhaltens bei ebener Dehnung	66
5.3.1	Erarbeitung eines Prüfkonzpts zur Charakterisierung der Werkstoffverfestigung unter ebener Dehnung	67
5.3.2	Erarbeitung eines Kreuzzugversuchs zur Ermittlung des Fließbeginns bei zum hydraulischen Tiefungsversuch mit elliptischer Matrize vergleichbaren Dehnpfaden	74
5.3.3	Bewertung der Prüfverfahren bei ebener Dehnung über die resultierende Fließspannung	78
5.4	Ableitung von Methoden zur ganzheitlichen Beurteilung des plastischen Werkstoffverhaltens	83
5.5	Zusammenfassende Beurteilung des plastischen Werkstoffverhaltens	91
6	Sensitivitätsanalyse der Eingangsparameter auf die numerische Bauteilprognose	95
7	Maßgeschneiderte Werkstoffmodellierung und Einflussanalyse auf die resultierende Bauteilgeometrie	111
7.1	Anforderungsdefinition	111
7.2	Verbesserung der Abbildungsgenauigkeit durch Integration des Fließortes bei ebener Dehnung	123
7.3	Analyse der Prognosequalität mit einem Fehlerschätzer für die Fließspannung	129
7.4	Definition eines prozessabhängigen Indikators	138

	7.5 Bewertung der maßgeschneiderten Werkstoffmodellierung...	142
8	Handlungsempfehlungen auf Grundlage der Untersuchungsergebnisse	149
9	Zusammenfassung und Ausblick.....	155
10	Summary and outlook.....	159
11	Literaturverzeichnis.....	163