

# Inhaltsverzeichnis

<b>Formelzeichen</b>	<b>iii</b>
<b>1 Einleitung und Motivation</b>	<b>1</b>
<b>2 Stand der Technik</b>	<b>3</b>
2.1 Kerbwirkung aufgrund von Fügestellen . . . . .	3
2.2 Fügen von Mischverbindungen . . . . .	5
2.2.1 Fügen durch Halbhohlstanznieten . . . . .	5
2.2.2 Fügen durch Vollstanznieten . . . . .	6
2.3 Experimentelle Untersuchung punktförmiger Fügestellen . . . . .	7
2.4 Modellierung metallischer Werkstoffe für die Crashsimulation . . . . .	10
2.4.1 Modellierung des Verformungsverhaltens . . . . .	11
2.4.2 Modellierung des Versagensverhaltens . . . . .	14
2.5 Numerische Simulation punktförmiger Fügestellen . . . . .	17
2.5.1 Detailmodellierung von Fügestellen . . . . .	18
2.5.2 Ersatzmodellierung von Fügestellen . . . . .	21
2.5.3 Ersatzmodellierung mit dem *CONSTRAINED_SPR3 Element . . . . .	24
<b>3 Zielsetzung und Methodik</b>	<b>27</b>
<b>4 Metallographische Untersuchung der Kerben</b>	<b>29</b>
4.1 Untersuchung des halbhohlstanzgenieteten Loches . . . . .	30
4.2 Untersuchung des vollstanzgenieteten Loches . . . . .	32
4.3 Untersuchung des wasserstrahlgeschnittenen Loches . . . . .	33
4.4 Vergleichende Betrachtung der metallographischen Untersuchungen . . . . .	34
<b>5 Modellierung des Materialverhaltens der Grundwerkstoffe</b>	<b>37</b>
5.1 Randbedingungen der experimentellen Untersuchungen . . . . .	37
5.2 Modellierung des elastisch-plastischen Verhaltens der Blech- und Nietwerkstoffe . . . . .	39
5.3 Modellierung des Versagensverhaltens für 22MnB5 . . . . .	42
5.3.1 Anpassung für Volumenelemente . . . . .	43
5.3.2 Anpassung für Schalelemente . . . . .	46
5.4 Simulation der Materialversuche . . . . .	50
5.4.1 Stahl 22MnB5 . . . . .	51
5.4.2 Weitere Blechwerkstoffe . . . . .	53
5.4.3 Simulation der Stauchversuche an den Nieten . . . . .	54
5.5 Diskussion der Ergebnisse . . . . .	54

<b>6</b>	<b>Simulation des Fügeprozesses</b>	<b>57</b>
6.1	Simulation des Fügeprozesses beim Halbhohlstanzen	57
6.1.1	Modellaufbau	57
6.1.2	Ergebnisse der Fügeprozesssimulation	59
6.2	Simulation des Fügeprozesses beim Vollstanzen	61
6.2.1	Modellaufbau	61
6.2.2	Ergebnisse der Fügeprozesssimulation	62
6.3	Diskussion der Ergebnisse	65
<b>7</b>	<b>Numerische Untersuchung der Kerbeffekte</b>	<b>67</b>
7.1	Modellierung des gestanzten Loches	68
7.2	Simulation der gekerbten Lochzug- und Durchstoßversuche	69
7.2.1	Simulation der halbhohlstanzengeteten Lochzug- und Durchstoßversuche	70
7.2.2	Simulation der vollstanzengeteten Lochzug- und Durchstoßversuche	72
7.3	Simulation der Bauteilversuche	75
7.3.1	Simulation der Versuche am halbhohlstanzengeteten Bauteil	77
7.3.2	Simulation der Versuche am vollstanzengeteten Bauteil	78
7.4	Diskussion der Ergebnisse	79
<b>8</b>	<b>Abbildung der Kerbeffekte im Ersatzmodell</b>	<b>83</b>
8.1	Modellierung der Vorbeanspruchung der Lochkante durch den Fügeprozess	84
8.2	Simulation der gekerbten Lochzug- und Durchstoßversuche	86
8.3	Modellierung des Verbindungstragverhaltens	89
8.3.1	Simulation der halbhohlstanzengeteten Verbindungsversuche	90
8.3.2	Simulation der vollstanzengeteten Verbindungsversuche	91
8.4	Validierung der Modelle auf Bauteilebene	92
8.4.1	Simulation des halbhohlstanzengeteten Bauteils	93
8.4.2	Simulation des vollstanzengeteten Bauteils	95
8.5	Diskussion der Ergebnisse	96
<b>9</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>101</b>
<b>10</b>	<b>Literatur</b>	<b>103</b>