

# Inhaltsverzeichnis

<b>Verwendete Formelzeichen und Abkürzungen</b>	<b>II</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2 Stand der Technik</b>	<b>3</b>
2.1 Halbhohlstanznieten . . . . .	3
2.1.1 Verfahrenseinordnung . . . . .	3
2.1.2 Verfahrensablauf . . . . .	4
2.1.3 Verbindungscharakterisierung . . . . .	5
2.2 Einführung in die Kerbspannungslehre . . . . .	8
2.2.1 Spannungsüberhöhung durch Kerbwirkung . . . . .	8
2.2.2 Plastifizierung im Kerbgrund . . . . .	10
2.3 Ersatzmodellierung von Verbindungselementen in der Crashberechnung . . . . .	14
2.3.1 Modellierungsstrategien . . . . .	14
2.3.2 Mechanische Beschreibung Punkt-Punkt-Verbindung mit Feder-Balkenelement	16
2.3.3 Funktionalanalytische Beschreibung des Trag-Verformungsverhaltens von Halbhohlstanznietverbindungen . . . . .	17
2.3.4 Überprüfung des Konzepts zur Beschreibung des Trag-Verformungsverhalten von Punkt-Punkt-Verbindungen . . . . .	19
2.3.5 Berücksichtigung von Kerbwirkungseffekten an Punkt-Punkt-Verbindungen	21
<b>3 Zielsetzung und Methodik</b>	<b>23</b>
<b>4 Versuchswerkstoffe und -einrichtungen</b>	<b>25</b>
4.1 Fügeiteilwerkstoffe . . . . .	25
4.1.1 Aluminiumwerkstoff . . . . .	25
4.1.2 Stahlblechwerkstoff . . . . .	26
4.2 Charakterisierungsproben . . . . .	26
4.2.1 Werkstoffcharakterisierungsprobe . . . . .	27
4.2.2 Blindzugprobe . . . . .	27
4.2.3 Gestanzte Lochzugprobe . . . . .	28
4.2.4 Gebohrte Lochzugprobe . . . . .	29
4.3 Validierungsproben . . . . .	30
4.3.1 S-Schlagprobe . . . . .	30
4.3.2 Doppel-L-Probe . . . . .	31
4.4 Charakterisierung der Stanznietverbindung und Lochausprägung . . . . .	32
4.4.1 Verwendetes Hilfsfügeelement und Matrize . . . . .	32

4.4.2	Fügeelement- und Lochausprägung . . . . .	33
4.5	Fügeeinrichtung, Versuchseinrichtungen und Prüfverfahren . . . . .	34
4.5.1	Fügeeinrichtung . . . . .	34
4.5.2	Prüfung unter einachsiger Zugbelastung . . . . .	34
4.5.3	Prüfung unter Dreipunkt-Biegebelastung . . . . .	35
4.5.4	Lokale Verformungsmessung . . . . .	36
<b>5</b>	<b>Tragverhalten von Stanznietverbindungen unter einachsiger Zugbelastung</b>	<b>38</b>
5.1	Einfluss des zugbelasteten Fügeteils . . . . .	38
5.2	Einfluss des Setzlochs . . . . .	42
5.3	Einfluss des Randabstands . . . . .	46
5.4	Einfluss der Dehnrate . . . . .	48
<b>6</b>	<b>Detailmodellierung und -simulation des Materialversagens durch Kerbwirkung</b>	<b>50</b>
6.1	Materialverhalten . . . . .	50
6.1.1	Elastisches Verhalten . . . . .	50
6.1.2	Plastisches Verhalten . . . . .	50
6.1.3	Bruchverhalten . . . . .	52
6.2	Gebohrte Lochzugprobe . . . . .	55
6.2.1	Modellaufbau . . . . .	55
6.2.2	Vergleich zwischen Detailsimulation und Experiment . . . . .	56
6.3	Blindzugprobe . . . . .	57
6.3.1	Modellaufbau . . . . .	57
6.3.2	Vergleich zwischen Detailsimulation und Experiment . . . . .	60
<b>7</b>	<b>Ersatzmodellierung und -simulation des Kerbwirkungsversagens</b>	<b>63</b>
7.1	Modellierungskonzept . . . . .	63
7.2	Kerbspannungsverhalten einer Scheibe mit Kreisloch unter einachsiger Zugbelastung	65
7.2.1	Elastische Kerbspannungskorrektur . . . . .	67
7.2.2	Kerbspannungskorrektur ohne vollständige Plastifizierung des Nettoquerschnitts . . . . .	68
7.2.3	Kerbspannungskorrektur mit vollständiger Plastifizierung des Nettoquerschnitts . . . . .	69
7.2.4	Überprüfung der Kerbspannungskorrektur durch eine Detailsimulation . . . . .	72
7.2.5	Versagensfläche Scheibe mit Loch . . . . .	74
7.3	Versagensfläche Scheibe mit Halbhohlstanznietverbindung . . . . .	76
7.4	Übertragung in Ersatzmodellumgebung . . . . .	79
7.4.1	Definition der Modellumgebung . . . . .	79
7.4.2	Berechnung der nominalen Strukturspannung . . . . .	80
7.4.3	Berücksichtigung der Dehnrate . . . . .	83
7.4.4	Berechnungsroutine mit Ein- und Ausgabegrößen . . . . .	84

---

7.5	Verifikation des Ersatzmodells . . . . .	86
7.5.1	Gebohrte Lochzugprobe . . . . .	88
7.5.2	Blindzugprobe unter quasistatischer Zugbelastung . . . . .	91
7.5.3	Blindzugprobe unter schlagartiger Zugbelastung . . . . .	93
<b>8</b>	<b>Validierung des Ersatzmodells</b>	<b>95</b>
8.1	S-Schlagversuch . . . . .	95
8.1.1	Modellaufbau und Parametrisierung . . . . .	95
8.1.2	Vergleich zwischen Experiment und Ersatzsimulation . . . . .	96
8.2	Dreipunkt-Biegeversuch mit Doppel-L-Profil . . . . .	98
8.2.1	Modellaufbau und Parametrisierung . . . . .	98
8.2.2	Vergleich zwischen Experiment und Ersatzsimulation . . . . .	99
<b>9</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>102</b>