

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Verwendete Formelzeichen	IV
Verwendete Abkürzungen	V
1 Einleitung.....	1
2 Stand der Erkenntnisse.....	2
2.1 Die historische Entwicklung der Crashesicherheit im Automobilbau	2
2.2 Unfallforschung und gesetzliche Vorgaben	3
2.2.1 Unfallforschung	4
2.2.2 Gesetzliche Vorgaben.....	4
2.3 Vorgehensweise zur Entwicklung eines crashesicheren Fahrzeugs mit Hilfe der FE-Simulation	6
2.3.1 Werkstoffkennwerte und Materialmodelle	7
2.3.2 Modellierung von Bauteilverbindungen und Berücksichtigung des Verbindungsversagens	10
2.3.3 Folgerungen.....	13
2.4 Problematik bei der Ermittlung von Kennwerten für die FE- Crashsimulation.....	14
3 Aufgabenstellung.....	17
4 Versuchsrandbedingungen.....	19
4.1 Verwendete Probenformen.....	19
4.2 Verwendete Versuchswerkstoffe	21
4.2.1 Dualphasenstahl DP600	21
4.2.2 Tiefziehstahl DX54.....	22
4.2.3 Mirkolegierter Stahl H340LA	22
4.2.4 Werkstoffvergleich hinsichtlich Dehnratenempfindlichkeit.....	23
4.3 Prüfeinrichtungen und Messwerterfassungssystem	25
4.4 Analyse und Optimierung des Prüfsystems.....	28
4.4.1 Experimentelle Analyse des Prüfsystems	29
4.4.2 Optimierung des Prüfsystems mittels numerischer Analysen	33
4.4.3 Numerische Analysen zum Prelleffekt hinsichtlich Ergebnisbewertung.....	50
5 Experimentelle Untersuchungen an KS2-Proben	52
5.1 Ziel.....	52
5.2 Untersuchung von relevanten Einflussfaktoren auf die Verbindungsfestigkeit	52
5.2.1 Einfluss der Fertigungsparameter.....	52

5.2.2	Einfluss der Belastungsgeschwindigkeit und -richtung	61
5.2.3	Einfluss des Werkstoffs.....	71
5.2.4	Folgerungen.....	72
6	Numerische Untersuchungen	74
6.1	Besonderheiten bei der Analyse von hochgradig nichtlinearen dynamischen Vorgängen mit Hilfe der FEM	74
6.2	FE-Analysen zum Crashverhalten von Punktschweißverbindungen	76
6.2.1	Ziel.....	76
6.2.2	FE-Modellerstellung	76
6.2.2.1	Modellierung der KS2-Probe	77
6.2.2.2	Belastungsarten	78
6.2.2.3	Implementierung der Werkstoffeigenschaften	78
6.2.3	Definition eines Versagenskriteriums.....	81
6.2.4	Gegenüberstellung von Simulations- und Versuchsergebnissen der KS2-Proben bei unterschiedlichen Belastungsgeschwindigkeiten und -richtungen	83
6.2.5	Folgerungen.....	94
7	Konzept zur numerischen Abschätzung des Verbindungstragverhaltens in Bauteilen unter Crashbelastung	96
7.1	Entwicklung des Konzepts.....	96
7.2	Ermittlung der Kenndaten.....	97
8	Validierung des entwickelten Konzepts an T-Stoß-Proben.....	103
8.1	Zielsetzung	103
8.2	FE-Modellierung der T-Stoß-Probe und des Prüfsystems	103
8.2.1	Modellierung der Schweißpunkte.....	105
8.2.2	Energiebetrachtungen zur Bewertung der Simulationsqualität.....	106
8.3	Validierung der T-Stoß-Simulationsergebnisse	109
8.3.1	Gegenüberstellung von Simulations- und Versuchsergebnissen bei der Belastung in Längsrichtung ..	109
8.3.1.1	Variation der Belastungsgeschwindigkeiten.....	110
8.3.1.2	Vergleich des Verformungsverhaltens der T-Stoß-Probe	117
8.3.2	Gegenüberstellung von Simulations- und Versuchsergebnissen bei der Belastung in Querrichtung ...	118
8.3.2.1	Variation der Belastungsgeschwindigkeiten.....	119
8.3.2.2	Vergleich des Verformungsverhaltens der T-Stoß-Probe	124
8.3.3	Abschätzung des T-Stoß Verformungsverhaltens mit Simulationen ohne Verbindungsversagen	126
8.3.4	Folgerungen.....	129
9	Zusammenfassung	131

10	Literaturverzeichnis	135
	Anhang A: Kraft-Weg-Verläufe aus Versuchen an KS2-Proben aus den Werkstoffen DX54 und H340LA	141
	Anhang B: Gegenüberstellung von Simulations- und Versuchsergebnissen an KS2-Proben aus den Werkstoffen DX54 und H340LA	145
	Anhang C: Darstellung der Versagensinteraktionskurven aus Untersuchungen an KS2-Proben aus den Werkstoffen DX54 und H340LA	153
	Anhang D: Gegenüberstellung von Simulations- und Versuchsergebnissen an T-Stoß-Proben aus den Werkstoffen DX54 und H340LA	155
	Anhang E: Vergleich des globalen Verformungsverhaltens der T- Stoß-Proben aus den Werkstoffen DX54 und H340LA	167