

# Inhaltsverzeichnis

<b>Verwendete Formelzeichen und Abkürzungen .....</b>	<b>iv</b>
<b>1. Einleitung .....</b>	<b>1</b>
<b>2. Grundlagen .....</b>	<b>3</b>
2.1 Fließlöcher .....	3
2.2 Gewindefurchende Schrauben .....	6
2.3 Fließloch- und gewindeformendes Schrauben .....	9
<b>3. Stand der Technik .....</b>	<b>11</b>
3.1 Mechanische Füge­technik im Automobilbau .....	11
3.2 Loch- und gewindeformendes Schrauben im automobilen Karosserierohbau 13	
3.2.1 Verfahrenseinordnung .....	13
3.2.2 Verfahren­scharakterisierung .....	14
<b>4. Zielsetzung und Vorgehensweise .....</b>	<b>27</b>
<b>5. Versuchsrandbedingungen .....</b>	<b>29</b>
5.1 Referenzschraube .....	29
5.2 Verwendete Füge­teilwerkstoffe .....	30
5.2.1 Stahlwerkstoffe .....	31
5.2.2 Aluminiumwerkstoffe .....	32
5.3 Verwendetes Klebstoffsystem .....	33
5.4 Setz- und Prüfeinrichtungen .....	34
<b>6. Analyse des FLS-Prozesses und Auswahl der Schraubenvarianten .....</b>	<b>37</b>
6.1 Analyse des Füge­vorgangs Fließloch und gewindeformender Schrauben ....	37
6.2 Erarbeitung von Schraubenvarianten zur Optimierung der Elementeigenschaften .....	42
6.2.1 Variation der Schraubenspitze .....	42
6.2.2 Variation des Furchensystems .....	44

6.2.3	Variation der Schaftgeometrie .....	46
6.2.4	Variation der Schraubendimension .....	47
6.2.5	Variation der werkstofflichen Eigenschaften .....	48
6.2.6	Variation der Schraubenbeschichtung .....	49
<b>7.</b>	<b>Experimentelle Weiterentwicklung der Eigenschaften von FLS-Fügeelementen .....</b>	<b>53</b>
7.1	Varianten der Schraubenspitze .....	53
7.1.1	Versuchsplanung und Versuchsdurchführung .....	53
7.1.2	Versuchsergebnisse .....	54
7.1.3	Schlussfolgerung .....	61
7.2	Varianten des Furchsystems .....	61
7.2.1	Versuchsplanung und Versuchsdurchführung .....	61
7.2.2	Versuchsergebnisse .....	61
7.2.3	Schlussfolgerungen .....	68
7.3	Varianten der Schaftgeometrie .....	68
7.3.1	Versuchsplanung und Versuchsdurchführung .....	68
7.3.2	Versuchsergebnisse .....	69
7.3.3	Schlussfolgerungen .....	72
7.4	Varianten der Elementgröße .....	73
7.4.1	Versuchsplanung und Versuchsdurchführung .....	73
7.4.2	Versuchsergebnisse .....	73
7.4.3	Schlussfolgerungen .....	81
7.5	Varianten des Elementwerkstoffes .....	82
7.5.1	Versuchsplanung und Versuchsdurchführung .....	82
7.5.2	Versuchsergebnisse .....	82
7.5.3	Schlussfolgerungen .....	91
7.6	Varianten der Elementbeschichtung .....	92
7.6.1	Versuchsplanung und Versuchsdurchführung .....	92
7.6.2	Versuchsergebnisse .....	93

7.6.3	Schlussfolgerungen .....	98
7.7	Zusammenfassung und Bewertung der Erkenntnisse.....	99
<b>8.</b>	<b>Qualitätssicherung von FLS-Verbindungen.....</b>	<b>102</b>
8.1	Inline Qualitätssicherung von FLS-Fügeprozessen.....	103
8.1.1	Eindrehmomente .....	103
8.1.2	Fließlochzeiten .....	103
8.2	Grenzmuster für die zerstörende Qualitätsprüfung von FLS-Verbindungen	110
8.2.1	Bauteildistanzierung bei hybriden Verbindungen.....	110
8.2.2	Gewindefüllgrad.....	111
<b>9.</b>	<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>114</b>
<b>10.</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>118</b>