

VERWENDETE FORMELZEICHEN UND ABKÜRZUNGEN.....	IV
1 EINLEITUNG	1
2 STAND DER ERKENNTNISSE	2
2.1 Innovative Leichtbaukonzepte im Automobilbau	2
2.1.1 Karosseriekonzepte in Monobauweise	3
2.1.2 Karosseriekonzepte in Mischbauweise.....	4
2.1.3 Anforderungen an die Fügetechnik im Karosseriebau	6
2.2 Grundlagen des Bolzensetzens	7
2.2.1 Eintreibprinzipien von Bolzensetzwerkzeugen.....	9
2.2.2 Prozesse beim Bolzensetzen	11
2.2.3 Einfluss der Setzbolzenbeschichtung	12
2.3 Grundlagen der Fügeelementbeschichtung	13
2.3.1 Korrosionsmechanismen und -schutz.....	14
2.3.2 Schüttgutbeschichtungsverfahren	16
2.3.3 Besonderheiten bei der Beschichtung hochfester Stähle	17
3 ZIELSETZUNG UND VORGEHENSWEISE	21
4 WERKSTOFFE UND PROBENGOMETRIEN	23
4.1 Versuchswerkstoffe	23
4.1.1 Aluminiumlegierung AlMg0,5Si0,6Cu (EN AW-6014)	23
4.1.2 Mikrolegierter Stahl HC340LA	24
4.2 Hilfswerkstoffe	25
4.2.1 RIVTAC® - Setzbolzen.....	25
4.2.2 FDS® - Schraube	27
4.2.3 Klebstoff BETAMATE 1620	27
4.3 Probengeometrien.....	28
4.3.1 Scher- und Kopfzugproben.....	28
4.3.2 7-Punkt - Langprobe.....	29
5 VERSUCHSEINRICHTUNGEN UND PRÜFVERFAHREN.....	31
5.1 Versuchseinrichtungen	31
5.1.1 Bolzensetzeinrichtung.....	31
5.1.2 Fließlochschaubenanlage.....	33
5.2 Prüfverfahren zur Beurteilung der Beschichtungs- und Verbindungseigenschaften	35
5.2.1 Charakterisierung der Verbindungsausbildung.....	35
5.2.2 Verbindungskennwerte bei quasistatischer Belastung.....	37
5.2.3 Verbindungskennwerte bei schlagartiger Belastung.....	39
5.2.4 Verbindungskennwerte bei schwingender Belastung	40

5.2.5	Prüfung unter korrosiver Belastung	40
6	CHARAKTERISIERUNG DER SETZBOLZENBESCHICHTUNGSEIGENSCHAFTEN	43
6.1	Anforderungen an die Setzbolzenbeschichtung	43
6.2	Charakterisierung der Setzbolzenbeschichtung	45
6.2.1	Aluminium - Zink - Zinn (Mechanische Plattierung).....	45
6.2.2	Zink - Nickel (Galvanische Beschichtung)	47
6.2.3	Zink (Diffusionsbeschichtung).....	50
6.3	Untersuchung der Reibeigenschaften.....	52
6.3.1	Eintreibversuch in Aluminiumvollprofil	52
6.3.2	Untersuchung der Abriebbeständigkeit.....	54
6.4	Salzsprühnebelprüfung nach DIN EN ISO 9227.....	57
6.4.1	Untersuchung von unbelasteten Setzbolzen nach Alterung	57
6.4.2	Untersuchung von abrasiv belasteten Setzbolzen nach Alterung	59
6.5	Entwicklung und Durchführung des Wasserstoffversprödungstest... 61	
6.5.1	Versuchsaufbau und Prüfmethodik des Wasserstoffversprödungstests .61	
6.5.2	Durchführung und Auswertung des Wasserstoffversprödungstests	64
6.5.3	Bewertung des Wasserstoffversprödungstests.....	69
6.6	Zusammenfassende Bewertung der Setzbolzenbeschichtungseigenschaften	70
7	UNTERSUCHUNG DES FÜGEPROZESSES BEIM BOLZENSETZEN	72
7.1	Ermittlung der optimalen Fügeparameter	72
7.1.1	Artreine Stahlkombination HC340LA (2,0 mm) / HC340LA (2,0 mm)	74
7.1.2	Mischbauverbindung EN AW 6014 (1,5 mm) / HC340LA (2,0 mm).....	75
7.1.3	Artreine Aluminiumverbindung EN AW-6014 (1,5 mm) / EN AW-6014 (3,0 mm)	77
7.2	Messtechnische Erfassung der charakteristischen Prozessgrößen ... 79	
7.2.1	Versuchsaufbau zur kraftmesstechnischen Erfassung des Fügevorgangs.....	79
7.2.2	Verifizierung der Treiberkolbenkraft als Prozessüberwachung.....	82
7.2.3	Messung der Reaktionskraftverläufe	84
7.2.4	Einfluss der Setzbolzenbeschichtung auf die Deformationstiefe	88
7.3	Metallurgische Untersuchung der Verbindungsqualität..... 93	
7.3.1	Optische Bewertung der Verbindungsausbildung.....	93
7.3.2	Beurteilung der Verbindungsausbildung anhand der Querschliffanalyse96	
7.4	Zusammenfassende Bewertung der Fügeprozessuntersuchungen.. 101	
8	ERGEBNISSE DER TRAGFÄHIGKEITSUNTERSUCHUNGEN	103
8.1	Versagensarten bei Setzbolzenverbindungen.....	103

8.2 Quasistatische Tragfähigkeitsuntersuchungen	105
8.2.1 Versagens- und Tragfähigkeitsverhalten unter quasistatischer Kopfzugbelastung	105
8.2.2 Versagens- und Tragfähigkeitsverhalten elementargefügter Verbindungen unter quasistatischer Scherzugbelastung	109
8.2.3 Versagens- und Tragfähigkeitsverhalten hybridgefügter Verbindungen unter quasistatischer Scherzugbelastung	111
8.2.4 Verifizierung eines Ausdrücktests	113
8.3 Untersuchung von Setzbolzenverbindungen unter dynamischer Belastung	114
8.3.1 Verhalten bei schlagartiger Scherzugbelastung	115
8.3.2 Verhalten bei schwingender Scherzugbelastung	117
8.4 Zusammenfassende Bewertung der Tragfähigkeitsuntersuchungen	119
9 ERGEBNISSE DER KORROSIONSUNTERSUCHUNGEN	120
9.1 Optische Beurteilung der gealterten Proben	121
9.1.1 Korrosionswirkung an unbehandelten Bauteilen	121
9.1.2 Korrosionswirkung an KTL - beschichteten Bauteilen	123
9.2 Tragfähigkeit der gealterten Proben	125
9.2.1 Tragfähigkeitsvergleich mittels Ausdrücktest	126
9.2.2 Tragfähigkeitsvergleich unter Scherzugbelastung	127
9.3 Zusammenfassende Bewertung der Korrosionsuntersuchungen	128
10 BEWERTUNG DER ERGEBNISSE	130
11 ZUSAMMENFASSUNG	133
12 LITERATURVERZEICHNIS	137