

**Verwendete Formelzeichen und Abkürzungen .....IV**

**1 Einleitung ..... 1**

**2 Stand der Erkenntnisse ..... 3**

2.1 Haftungsmechanismen zwischen Klebstoff und Füge teil ..... 3

2.2 Morphologischer Klebschichtaufbau von Reaktionsklebstoffen ..... 5

2.3 Einfluß der Fertigung auf die Eigenschaften von Klebverbindungen ..... 7

2.4 Einsatz der Hochfrequenzerwärmung zur Klebstoffaushärtung ..... 9

2.4.1 Werkstoffspezifische Einflußfaktoren ..... 11

2.4.1.1 Dielektrizitätszahl  $\epsilon_r$  ..... 11

2.4.1.2 Dielektrischer Verlustfaktor  $\tan \delta$  ..... 13

2.4.1.3 Das Dipolmoment  $\mu$  ..... 16

2.4.2 Verfahrensspezifische Einflußfaktoren ..... 18

2.4.2.1 HF-Leistung ..... 18

2.4.2.2 HF-Feldstärke ..... 21

2.4.2.3 HF-Spannung ..... 21

2.4.2.4 Frequenz ..... 23

2.5 Industrielle Anwendungen der Hochfrequenzerwärmung ..... 24

**3 Aufgabenstellung ..... 26**

**4 Versuchs-, Fertigungs- und Meßeinrichtungen ..... 30**

4.1 Dynamische Differenzkalorimetrie ..... 30

4.2 Torsionsschwingungsgerät zu Durchführung  
des Torsionsschwingungsversuches ..... 33

4.3 Rasterelektronenmikroskop ..... 34

4.4 Einrichtungen zur Oberflächenvorbehandlung und Probenfertigung ..... 36

4.4.1 Niederdruckplasma-Oberflächenbehandlung ..... 37

4.4.2 Aufbau der verwendeten Hochfrequenz-Erwärmungsanlage ..... 39

4.4.2.1 Generator ..... 40

4.4.2.2 Spannungssteuerung ..... 41

4.4.2.3 Anpaßgerät ..... 42

4.4.2.4 Diskriminator ..... 44

4.4.2.5 Applikator ..... 45

4.5 Faseroptisches Temperaturmeßgerät ..... 46

4.6 Einrichtung zur Bestimmung der Zugscherfestigkeit ..... 47

4.7 Einrichtung zur Alterung von Klebverbindungen  
mittels Klimawechselbeanspruchung ..... 49

<b>5 Bewertung der Eignung warmaushärtender</b>	
<b>Konstruktionsklebstoffe für die Hochfrequenzaushärtung .....</b>	<b>51</b>
5.1 Eignung von Polyurethanklebstoffen zur Hochfrequenzerwärmung.....	52
5.2 Eignung von Epoxidharzklebstoffen zur Hochfrequenzerwärmung.....	54
5.3 Verwendete Klebstoffe.....	55
5.3.1 Experimentelle Bewertung der Eignung der ausgewählten Klebstoffe zur Hochfrequenzaushärtung.....	59
5.3.2 Auswahl der berücksichtigten Klebstoffe.....	65
<b>6 Bewertung der Eignung unterschiedlicher Fügeteilwerkstoffe</b>	
<b>unter dem Aspekt der Hochfrequenzaushärtung von Klebstoffen.....</b>	<b>66</b>
6.1 Eignung elektrisch leitfähiger Fügeteilwerkstoffe unter dem Aspekt der Hochfrequenzaushärtung von Klebstoffen .....	66
6.2 Eignung elektrisch nicht leitfähiger Fügeteilwerkstoffe unter dem Aspekt der Hochfrequenzaushärtung von Klebstoffen .....	67
6.3 Verwendete Fügeteilwerkstoffe.....	69
6.3.1 Experimentelle Bewertung der Eignung der verwendeten Fügeteilwerkstoffe .....	72
6.3.2 Bewertung der Fügeteileignung anhand von Stoffkennwerten.....	74
6.4 Auswahl der berücksichtigten Fügeteilwerkstoffe .....	74
<b>7 Analyse der ausgewählten Klebstoffe zur Ermittlung</b>	
<b>ihrer thermischen und mechanischen Eigenschaften .....</b>	<b>76</b>
7.1 Bestimmung der reaktionskinetischen Eigenschaften in Abhängigkeit der Aushärtebedingungen .....	76
7.2 Viskoelastisches Verhalten von Reaktionsklebstoffen in Abhängigkeit der Aushärtebedingungen .....	80
<b>8 Ermittlung der Hochfrequenzerwärmung der</b>	
<b>verwendeten Fügeteilwerkstoffe und Klebstoffe .....</b>	<b>87</b>
8.1 Hochfrequenzerwärmung von Fügeteilwerkstoffen .....	87
8.1 Hochfrequenzerwärmung von Reaktionsklebstoffen.....	98
<b>9 Fertigung von Klebverbindungen mittels Hochfrequenzerwärmung</b>	
<b>und Bestimmung der Verbindungseigenschaften.....</b>	<b>107</b>
9.1 Hochfrequenzaushärtung von Reaktionsklebstoffen unter Verwendung des Fügeteilwerkstoffes PUR-SRIM.....	110
9.1.1 Kleben von PUR-SRIM unter Verwendung des Klebstoffes EP 166 .....	111
9.1.2 Kleben von PUR-SRIM unter Verwendung des Klebstoffes PU 79.....	116
9.1.3 Kleben von PUR-SRIM unter Verwendung des Klebstoffes PU 81 .....	122

9.2 Hochfrequenzaushärtung von Reaktionsklebstoffen	
unter Verwendung des Fügeleitwerkstoffes Bayblend T85 .....	127
9.2.1 Kleben von Bayblend T85 unter Verwendung des Klebstoffes EP 166 .....	128
9.2.2 Kleben von Bayblend T85 unter Verwendung des Klebstoffes PU 79 .....	134
9.2.3 Kleben von Bayblend T85 unter Verwendung des Klebstoffes PU 81 .....	140
9.3 Hochfrequenzaushärtung von Reaktionsklebstoffen	
unter Verwendung des Fügeleitwerkstoffes Float-Glas.....	145
9.3.1 Kleben von Float-Glas unter Verwendung des Klebstoffes EP 166 .....	147
9.3.2 Kleben von Float-Glas unter Verwendung des Klebstoffes PU 79 .....	152
9.4 Vergleich der zur Hochfrequenzaushärtung der verwendeten	
Reaktionsklebstoffe erforderlichen Erwärmungszeiten .....	157
9.5 Einfluß der Fügezonengeometrie auf die	
Hochfrequenzaushärtung .....	160
9.5.1 Einfluß der Klebschichtdicke .....	160
9.5.2 Einfluß der Fügeleitdicke.....	163
<b>10 Rasterelektronenmikroskopische</b>	
<b>Untersuchungen zur Polymerstrukturausbildung.....</b>	<b>165</b>
10.1 Analyse der Polymerstrukturen des Klebstoffes EP 166 .....	166
10.2 Analyse der Polymerstrukturen des Klebstoffes PU 79.....	170
10.3 Beeinträchtigung der Polymerstruktur unterschiedlich	
ausgehärteter Klebungen infolge einer Klimawechselbeanspruchung .....	173
10.4 Schädigungen der Klebschicht infolge übermäßiger HF-Erwärmung.....	176
<b>11 Allgemeine Hinweise und Regeln für die Anwendung der</b>	
<b>Hochfrequenzerwärmung zur Aushärtung von Reaktionsklebstoffen .....</b>	<b>177</b>
<b>12 Zusammenfassung .....</b>	<b>183</b>
<b>13 Literatur.....</b>	<b>187</b>