

# Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung .....	10
Abbildungsverzeichnis .....	11
Tabellenverzeichnis .....	16
Abkürzungsverzeichnis und Formelzeichen .....	18
1 Einleitung .....	21
1.1 Ausgangssituation .....	21
1.2 Anlass für das Forschungsvorhaben .....	23
2 Stand der Technik .....	24
2.1 Hybride FVK-Metall-Verbunde .....	24
2.1.1 Eigenschaften und Einsatz hybrider Verbunde .....	24
2.1.2 Herstellung hybrider Verbunde .....	25
2.1.3 Trennende Bearbeitung hybrider Verbunde .....	26
2.1.4 Schädigung hybrider Verbunde durch trennende Bearbeitung .....	29
2.2 Grundlagen des Scher- und Messerschneidens .....	32
2.2.1 Verfahrenseinteilung .....	32
2.2.2 Begriffsklärung und Verfahrensprinzip des Scherschneidens .....	34
2.2.3 Kräfte und Momente beim Scherschneiden .....	38
2.2.4 Begriffsklärung und Verfahrensprinzip des Messerschneidens .....	39
2.2.5 Schnittflächenqualität und -ausprägung .....	41
2.3 Grundlagen der Schwingungslehre .....	43
2.3.1 Grundbegriffe der Schwingungslehre .....	43
2.3.2 Analyse von Schwingungssignalen .....	44
2.3.3 Dämpfungsverhalten am Ein-Massen-Schwinger .....	45
2.4 Weitere zerstörungsfreie Prüfverfahren .....	48
2.4.1 Shearografie .....	48
2.4.2 Computertomographie .....	49
2.5 Fazit zum Stand der Technik .....	50
3 Forschungsziel und Vorgehensweise .....	51
3.1 Forschungsziel .....	51
3.1.1 Forschungsergebnisse .....	51
3.1.2 Innovativer Beitrag der Forschungsergebnisse .....	52
3.2 Methodischer Ansatz zur Erreichung des Forschungsziels .....	53
4 Versuchsanlagen, -werkzeuge und Messeinrichtungen .....	55

<b>4.1</b>	<b>Versuchsanlagen .....</b>	<b>55</b>
<b>4.1.1</b>	Mechanische Schnellläuferpresse zum Scherschneiden .....	55
<b>4.1.2</b>	Stanz und Clinch-Laborpresse zum Messerschneiden .....	56
<b>4.2</b>	<b>Versuchswerkzeuge .....</b>	<b>57</b>
<b>4.2.1</b>	Modulares Lochwerkzeug zum Scherschneiden.....	57
<b>4.2.2</b>	Entwicklung des Werkzeugs zum Messerschneiden .....	58
<b>4.3</b>	<b>Anlagen zur Probenherstellung.....</b>	<b>63</b>
<b>4.3.1</b>	Wasserstrahlschneidanlage .....	63
<b>4.3.2</b>	Trockenschrank Binder .....	63
<b>4.3.3</b>	Laborpresse Vogt.....	64
<b>4.4</b>	<b>Anlagen zur Probenuntersuchung .....</b>	<b>65</b>
<b>4.4.1</b>	Universal Zug/Druck Prüfmaschine.....	65
<b>4.4.2</b>	Profilmessgerät .....	66
<b>4.4.3</b>	3D-Koordinatenmessmaschine .....	66
<b>4.5</b>	<b>Software .....</b>	<b>67</b>
<b>4.5.1</b>	CAD .....	67
<b>4.5.2</b>	FEM .....	67
<b>4.6</b>	<b>Versuchsstand zur Charakterisierung des Schwingungs- und Dämpfungsverhaltens .....</b>	<b>67</b>
<b>4.7</b>	<b>FEM-Modell zur Ermittlung der Eigenfrequenzen und die Auswirkungen der Schädigung.....</b>	<b>73</b>
<b>5</b>	<b>Werkstoffe und Probengeometrien .....</b>	<b>75</b>
<b>5.1</b>	<b>Verwendete Werkstoffe .....</b>	<b>75</b>
<b>5.1.1</b>	Stahlwerkstoff .....	75
<b>5.1.2</b>	Haftvermittler.....	76
<b>5.1.3</b>	Faserverstärkte Kunststoffe .....	77
<b>5.1.4</b>	Trennmittel .....	79
<b>5.2</b>	<b>Probengeometrien und Herstellung .....</b>	<b>80</b>
<b>5.2.1</b>	Herstellung ungeschädigter Proben.....	82
<b>5.2.2</b>	Herstellung definiert geschädigter Proben .....	85
<b>5.2.3</b>	Sonstige Proben .....	86
<b>6</b>	<b>Ergebnisse und Ausblick .....</b>	<b>87</b>
<b>6.1</b>	<b>Simulative Betrachtung der Schwingungseigenschaften der hybriden Proben.....</b>	<b>87</b>
<b>6.2</b>	<b>Ergebnisse des Schwingungs- und Dämpfungsverhaltens .....</b>	<b>90</b>
<b>6.2.1</b>	Untersuchungen an definiert geschädigten Proben .....	90
<b>6.2.2</b>	Untersuchungen an geschnittenen Proben .....	97

6.3	Ergebnisse zum Lochen durch Scherschneiden .....	100
6.3.1	Einfluss der Probengeometrie .....	101
6.3.2	Einfluss der Prozessparamater.....	105
6.3.3	Untersuchung weiterer Schneidvarianten .....	114
6.4	Ergebnisse zum Freistellen durch Messerschneiden .....	122
6.4.1	Prozessentwicklung des Messerschneidens .....	122
6.4.2	Probenbezogene Einflussfaktoren.....	125
6.4.3	Werkzeugbezogene Einflussfaktoren .....	128
7	Ergebnisse und Ausblick .....	131
8	Wissenschaftlich-technischer und wirtschaftlicher Nutzen der Ergebnisse für KMU .....	133
9	Literatur .....	135