

<b>1 Einleitung und Aufgabenstellung</b> . . . . .	<b>1</b>
<b>2 Einführung in das Verfahren der Thermoelastischen Spannungsanalyse</b> . . . . .	<b>4</b>
2.1 Theorie . . . . .	5
2.2 Historischer Abriß der Verfahrensentwicklung . . . . .	11
2.3 Gerätetechnik und prinzipielle Versuchsdurchführung . . . . .	14
2.4 Eigenschaften des Meßverfahrens . . . . .	21
2.5 Abgrenzung zu anderen Verfahren der Thermoemissionsanalyse . . . . .	22
2.6 Zukünftige Entwicklungen . . . . .	25
<b>3 Stand der Forschung</b> . . . . .	<b>26</b>
3.1 Ermittlung von Spannungskomponenten aus der Hauptspannungsdifferenz . . . . .	27
3.1.1 Hybride Verfahren . . . . .	27
3.1.2 Experimentelle Verfahren . . . . .	28
3.2 Ermittlung von Spannungskomponenten aus der Hauptspannungssumme . . . . .	32
3.2.1 Hybride Verfahren . . . . .	32
3.2.2 Experimentelle Verfahren . . . . .	39
<b>4 Ein hybrides Verfahren zur Ermittlung der Spannungen von Plattenstrukturen</b> . . . . .	<b>40</b>
4.1 Grundgedanke . . . . .	40
4.2 Differentialgleichung der Platte . . . . .	41
4.2.1 Schubelastische Platte . . . . .	41
4.2.2 Schubstarre Platte . . . . .	47
4.3 Zusammenhang zwischen der Hauptspannungssumme und den Koordinaten- spannungen . . . . .	50
4.3.1 Schubelastische Platte . . . . .	50
4.3.2 Schubstarre Platte . . . . .	53
4.4 Anwendung auf zwei Plattenprobleme . . . . .	54
4.4.1 Untersuchte Strukturen . . . . .	55
4.4.2 Vergleich zwischen gemessener und berechneter Hauptspannungssumme . . . . .	58
4.4.3 Lösung der Spannungsdifferentialgleichung . . . . .	60
4.4.4 Vergleich zwischen aus der Hauptspannungssumme ermittelten und berechneten Spannungskomponenten . . . . .	66
4.5 Zusammenfassung und Beurteilung des Verfahrens . . . . .	77

<b>5 Nutzen von Gestaltanisotropie als experimentelles Verfahren zur Ermittlung der Dehnungen eben belasteter Strukturen</b> . . . . .	79
5.1 Grundgedanke . . . . .	79
5.2 Zusammenhang zwischen thermoelastischer Temperaturänderung und Dehnung . .	80
5.3 Rechnerische Untersuchungen zur Übertragung von Bauteildehnungen . . . . .	82
5.3.1 Übertragung der Dehnung längs des Streifens, Dickeneffekt . . . . .	82
5.3.2 Einleitung der Dehnung längs des Streifens, Übergangslänge . . . . .	93
5.3.3 Übertragung von Dehnungen quer zum Streifen, Höhe-zu-Breite-Verhältnis .	94
5.3.4 Übertragung von Schubverzerrungen . . . . .	97
5.3.5 Dehnungszustand auf der Streifenoberseite . . . . .	99
5.3.6 Übertragung von Dehnungsgradienten quer zum Streifen . . . . .	101
5.4 Rückwirkung auf den Dehnungszustand des Bauteils . . . . .	103
5.5 Streifen-Werkstoff . . . . .	107
5.5.1 Werkstoffauswahl . . . . .	108
5.5.2 Experimentelle Untersuchungen . . . . .	112
5.5.3 Beurteilung der untersuchten Werkstoffe . . . . .	114
5.6 Fügeverfahren . . . . .	115
5.7 Experimentelle Untersuchungen an applizierten Streifen . . . . .	117
5.7.1 Untersuchte Probe und Versuchsaufbau . . . . .	118
5.7.2 Dehnungsverlauf auf der Streifenoberseite . . . . .	120
5.7.3 Vergleich zwischen gemessenem und berechnetem Dehnungsverlauf . . . . .	124
5.8 Zusammenfassung und Beurteilung des Verfahrens . . . . .	126
<b>6 Nutzen von Materialanisotropie als experimentelles Verfahren zur Ermittlung der Dehnungen beliebig belasteter Strukturen</b> . . . . .	128
6.1 Grundgedanke . . . . .	128
6.2 Zusammenhang zwischen der thermoelastischer Temperaturänderung und den Dehnungskomponenten . . . . .	129
6.3 Dehnungsübertragung . . . . .	134
6.4 Wärmeleitung in der Dehnungsmeßfolie . . . . .	135
6.4.1 Mathematisch-thermodynamisches Modell . . . . .	135
6.4.2 Ausgewähltes Lösungsverfahren für die Fouriersche Wärmeleitungsgleichung	138
6.4.3 Ergebnisse der Wärmeleitungsrechnung . . . . .	140
6.5 Folien-Werkstoff . . . . .	143
6.5.1 Werkstoffauswahl . . . . .	143
6.5.2 Experimentelle Untersuchungen . . . . .	147
6.5.3 Beurteilung der untersuchten Werkstoffe . . . . .	151
6.6 Fügeverfahren . . . . .	152

## VII

6.7	Untersuchungen an applizierten Folien . . . . .	153
6.7.1	Untersuchte Probe und Versuchsdurchführung . . . . .	153
6.7.2	Experimentelle Untersuchung der Wärmeleitung in der Dehnungsmeßfolie . .	154
6.7.3	Richtungsabhängigkeit der thermoelastischen Temperaturänderung . . . . .	155
6.8	Zusammenfassung und Beurteilung des Verfahrens . . . . .	157
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick . . . . .</b>	<b>160</b>
 <b>Anhang</b>		
<b>A</b>	<b>Theoretische Grundlagen . . . . .</b>	<b>166</b>
A.1	Elastizitätstheoretische Grundlagen . . . . .	166
A.1.1	Verzerrungszustand . . . . .	166
A.1.2	Spannungszustand . . . . .	170
A.1.3	Materialgesetz . . . . .	173
A.1.4	Differentialgleichungen der Verschiebungen und Spannungen . . . . .	176
A.2	Thermodynamische Grundlagen . . . . .	179
A.2.1	Bilanz der Energie, 1. Hauptsatz . . . . .	180
A.2.2	Bilanz der Entropie, 2. Hauptsatz . . . . .	181
A.2.3	Zustandsgrößen und Zustandsgleichungen . . . . .	182
A.2.4	Spezifische Wärmekapazität . . . . .	183
A.2.5	Wärmeübertragung . . . . .	187
<b>B</b>	<b>Ergänzungen zur Herleitung der Spannungs-Differentialgleichungen der schubelastischen Platte . . . . .</b>	<b>190</b>
	<b>Literaturverzeichnis . . . . .</b>	<b>194</b>