



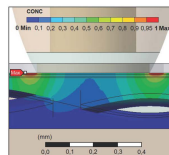
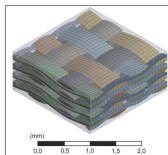
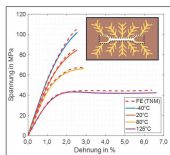
Michael Schmidt (Autor)

# Numerische Modellierung der lokalen mechanischen Beanspruchbarkeit eines epoxidharzbasierten Schaltungsträgersubstrats

Numerische Modellierung der lokalen  
mechanischen Beanspruchbarkeit eines  
epoxidharzbasierten Schaltungsträgersubstrats

Dissertation

Michael Schmidt



Cuvillier Verlag Göttingen  
Internationaler wissenschaftlicher Fachverlag

<https://cuvillier.de/de/shop/publications/8574>

Copyright:

Cuvillier Verlag, Inhaberin Annette Jentzsch-Cuvillier, Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen, Germany

Telefon: +49 (0)551 54724-0, E-Mail: [info@cuvillier.de](mailto:info@cuvillier.de), Website: <https://cuvillier.de>



# Inhaltsverzeichnis

<b>Zeichen, Benennungen, Einheiten.....</b>	<b>I</b>
<b>1 Einleitung und Motivation.....</b>	<b>1</b>
1.1 Trends der elektronischen Aufbau- und Verbindungstechnik für Automotive-Anwendungen.....	1
1.2 Lokale Beanspruchbarkeit organischer Basismaterialien .....	2
1.3 Aufgabenstellung und Gliederung der Thesis.....	4
<b>2 Grundlagen, Analyseverfahren und numerische Modellierung organischer Schaltungsträger .....</b>	<b>7</b>
2.1 Einführung in die Technologie organischer Schaltungsträger.....	7
2.1.1 Basismaterialien organischer Schaltungsträger und deren Eigenschaften ..	8
2.1.2 Herstellungsprozess, Einsatzbereiche und Anforderungen organischer Schaltungsträgersubstrate .....	13
2.1.3 Fehlerbilder organischer Schaltungsträgersubstrate .....	15
2.2 Methoden der Materialcharakterisierung .....	18
2.2.1 Analyseverfahren zur Untersuchung der Werkstoffzusammensetzung .....	18
2.2.2 Charakterisierung des thermomechanischen Werkstoffverhaltens.....	19
2.3 Theorie der numerischen Modellierung von Polymeren .....	22
2.3.1 Elastizität .....	23
2.3.2 Lineare Viskoelastizität .....	24
2.3.3 Nichtlineare Viskoelastizität / Viskoplastizität .....	26
2.4 Modellierungsansätze für Leiterplattenbasismaterialien .....	31
<b>3 Methodik und experimentelles Vorgehen.....</b>	<b>34</b>
3.1 Harzbasierte Prüfkörper .....	34



---

3.1.1	Herstellungsprozess .....	- 35 -
3.1.2	Vergleichbarkeit.....	- 36 -
3.1.3	Optimierung der Prüfkörpergeometrie.....	- 38 -
3.1.4	Prüfkörperpräparation und Qualitätsbewertung.....	- 39 -
3.2	Materialtestprogramm .....	- 40 -
3.3	Versuchsaufbau.....	- 43 -
<b>4</b>	<b>Mikrostrukturelle und thermomechanische Materialcharakterisierung .....</b>	<b>- 45 -</b>
4.1	Mikrostrukturanalyse der Polymermatrix .....	- 45 -
4.2	Thermomechanische Analyse (TMA) der Polymermatrix .....	- 46 -
4.3	Thermomechanisches Verhalten der Polymermatrix (Initialzustand).....	- 47 -
4.3.1	Dynamisch mechanisch thermische Analyse (DMTA).....	- 48 -
4.3.2	Zug- und Relaxationsversuche .....	- 50 -
4.4	Thermische und thermo-oxidative Alterung der Polymermatrix .....	- 53 -
4.4.1	Fortschritt der thermischen und thermo-oxidativen Alterung .....	- 53 -
4.4.2	Änderung der Materialbeanspruchbarkeit .....	- 61 -
4.5	Mechanische Materialcharakterisierung des Glasfaserverbundwerkstoffes.....	- 63 -
<b>5</b>	<b>Numerische Modellierung des thermomechanischen Materialverhaltens .....</b>	<b>- 67 -</b>
5.1	Linear-viskoelastische (LVE) Modellierung der Polymermatrix.....	- 68 -
5.1.1	Modellerstellung anhand Ergebnisse der DMTA.....	- 68 -
5.1.2	LVE-Materialmodell zur Abbildung des Materialverhaltens .....	- 70 -
5.2	Viskoplastische Modellierung der Polymermatrix .....	- 72 -
5.2.1	Parametrisierung und Anwendung des Three Network Models (TNM).....	- 73 -
5.2.2	Three Network Model zur Abbildung des Materialverhaltens .....	- 78 -
5.3	Modellierung des Glasfaserverbundwerkstoffes.....	- 80 -
<b>6</b>	<b>Rissinitiierung in Leiterplattenmodulen .....</b>	<b>- 88 -</b>
6.1	Aufbau des Validierungsmusters.....	- 88 -
6.2	Definition der Erprobungs-Randbedingungen .....	- 89 -
6.3	Validierende Experimente und Simulationen.....	- 91 -
6.3.1	Beschreibung des Simulationsaufbaus .....	- 91 -
6.3.2	Untersuchung des Positionseinflusses.....	- 94 -



6.3.3	Untersuchung des Temperatur- und Geschwindigkeitseinflusses .....	- 96 -
6.3.4	Untersuchung des Alterungseinflusses .....	- 99 -
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung, Schlussfolgerung und Ausblick.....</b>	<b>- 105 -</b>
	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>- 110 -</b>
	<b>Anhang .....</b>	<b>IX</b>
A.1	Materialtestprogramm .....	X
A.2	Messungen: elast. Eindringmodul nach isothermer Auslagerung .....	XI
A.3	DMTA – Verschiebungsfaktoren .....	XII
A.4	DMTA – Prony-Reihe .....	XIII
A.5	FE-Simulation (LVE und TNM) der Zugversuche .....	XIV