

# Modellierung des thermomechanischen Verhaltens einer Leiterplatte

Diplomand



Dominik Moritz Müller

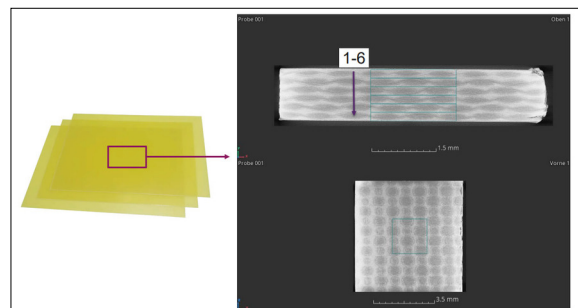
**Ausgangslage:** Hexagon entwickelt eine Vielzahl von Messgeräten und Sensoren für industrielle Anwendungen. Diese Komponenten sind meistens auf einer gedruckten Leiterplatte (PCB) angeordnet, welche aus einem Verbund aus Kupferschichten und einem Prepreg-Material aus glasfaserverstärktem Epoxidharz bestehen. Durch das direkte Verbauen der Komponenten auf der Leiterplatte wirken sich Deformationen, Temperaturschwankungen etc. direkt auf die Genauigkeit der Geräte aus. Aufgrund aktuell unbekannter Materialeigenschaften kann der Einfluss des thermo-mechanischen Verhaltens der Leiterplatte auf die Geräte erst am Ende des Entwicklungszyklus in aufwändigen experimentellen Tests ermittelt werden, was allfällige Optimierungen einschränkt. Mit Hilfe eines digitalen Zwillings könnten Änderungen am PCB-Stack-up bereits im Entwicklungsprozess optimiert und berücksichtigt werden.

**Ziel der Arbeit:** In dieser Arbeit soll das thermo-mechanische Verhalten einer beispielhaften Leiterplatte modelliert werden. In einem ersten Schritt sind dazu Aufbau, Zusammensetzung, thermisches und thermomechanisches Verhalten eines Prepreg-Layers experimentell zu quantifizieren und durch Anwendung richtungsabhängiger Materialmodelle in Marc/Mentat nachzubilden. Anschliessend soll der gesamte Plattenverbund generiert und anhand eines aussagekräftigen Lastfalles validiert werden.

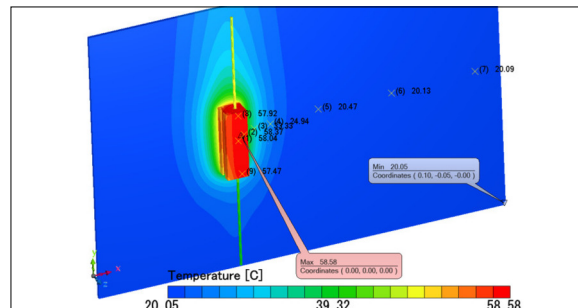
**Ergebnis:** Die richtungsabhängigen Materialeigenschaften liessen sich anhand von Messungen (CT-Scan, Zugversuch, CTE-Messung) und mikromechanischen Berechnungen ermitteln. Basierend auf den gewonnenen Materialparametern konnten FE-Modelle erzeugt werden, mit welchen sich das Verhalten der Leiterplatte simulieren lässt. Die FE-Resultate wurden durch ein

thermo-mechanisches Validierungsexperiment bestätigt. Dazu wurden PCBs mit beid- und einseitiger Kupferbeschichtung erwärmt und die relative Absenkung zwischen den zwei Platten gemessen. Die besten Simulationsergebnisse hinsichtlich Genauigkeit und Rechenzeit wurden mit einem Quad4-Schalenelement vom Elementtyp 75 erzielt.

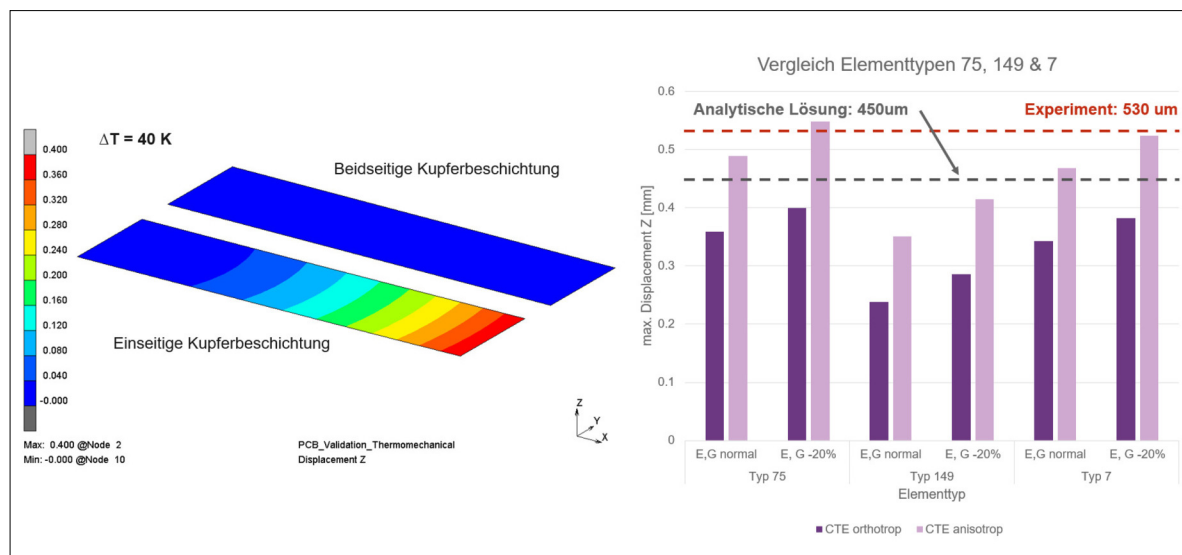
**Aufnahmen CT-Scan zur Bestimmung des PCB-Stack-ups**  
www.multi-circuit-boards.eu; IWK, Philipp Zahner



**Simulation zur Validierung der thermischen Materialparameter (punktuelle Erwärmung PCB durch elektrischen Widerstand)**  
Hexagon, Karl Plangger



**Simulation zur Validierung des thermomechanischen Verhaltens (Erwärmung PCB im eingespannten Zustand)**  
Eigene Darstellung



Referent  
Prof. Dr. Mario Studer

Korreferent  
Daniel Marty,  
Weidmann Medical  
Technology AG,  
Rapperswil SG, SG

Themengebiet  
Simulationstechnik

Projektpartner  
Hexagon AG,  
Heerbrugg, SG