

# Zerstörungsfreie Prüfmethoden zur Merkmalsextraktion für den digitalen Zwilling der Thermoplast-Composite Wertschöpfungskette

Jannik SUMMA<sup>1</sup>, Ute RABE<sup>1</sup>, Sergey PUDOVNIKOV<sup>1</sup>, Christian JUNGSMANN<sup>1</sup>, Dirk KOSTER<sup>1</sup>, Hans-Georg HERRMANN<sup>1</sup>, Tobias LINK<sup>2</sup>, Marianne JOHN<sup>3</sup>, Frank NAGEL<sup>3</sup>, Ralf SCHLIMPER<sup>3</sup>, Ahmad DELFOROUZI<sup>4</sup>, Josef ROGGENBUCK<sup>4</sup>, Klaus WOLF<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Fraunhofer-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren IZFP, Saarbrücken, Campus E3 1

<sup>2</sup> Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT, Pfinztal

<sup>3</sup> Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS, Halle (Saale)

<sup>4</sup> Fraunhofer-Institut für Algorithmen und Wissenschaftliches Rechnen SCAI, Sankt Augustin

Kontakt E-Mail: [jannik.summa@izfp.fraunhofer.de](mailto:jannik.summa@izfp.fraunhofer.de)

## Kurzfassung

Während digitale Zwillinge bereits zu deutlichen Effizienzsteigerungen im industriellen Umfeld führen, ist ihr Potenzial für die wertschöpfungsstufenübergreifende Prozesssteuerung noch weitgehend ungenutzt. Dies gilt insbesondere für die zunehmende Serienproduktion von kunststoffbasierten Composite-Strukturen. Der digitale Zwilling für thermoplastische Composite soll dieses anhand der großserientauglichen Hybridspritzgusstechnologie, bei der kontinuierlich faserverstärkte Thermoplast-Composite-Halbzeuge umgeformt und hinter-spritzt werden, demonstrieren. Dabei stellen die komplexen Einflüsse der Teilprozessschritte auf die Mikrostruktur des Werkstoffes und die Merkmale des finalen Bauteils eine enorme Herausforderung zur Prozesskontrolle und Qualitätssicherung dar, was eine durchgängige Digitalisierung des kompletten Produktionsprozesses erfordert. Das Ziel der übergreifenden, ganzheitlichen Betrachtung aller Teilprozessschritte von der Halbzeug- bis zur Bauteilherstellung erfolgt durch die Rückkopplung der Herstellungsparameter mit den Qualitätsmerkmalen, welche durch den Einsatz geeigneter prozessintegrierter Sensorik in den Teilprozessschritten erfasst werden. Der Beitrag zeigt experimentelle Ergebnisse aus verschiedenen zerstörungsfreien Prüfverfahren, welche die Qualitätsmerkmale entlang der Wertschöpfungsstufen „unidirektional kohlenstofffaserverstärkter Tapes“ und der anschließend daraus hergestellten „Lamine“ widerspiegeln. Anhand der Ergebnisse werden die Verfahren (Dickenmessung, Wirbelstromprüfung, Thermografie und Luft-Ultraschall) hinsichtlich ihres Detektionsvermögens qualitätskritischer Merkmale bewertet und unter Berücksichtigung der Online-Tauglichkeit in den digitalen Zwilling eingeordnet. Hierbei werden zur Einbindung in moderne Informationsmanagement Architekturen Ontologiekonzepte angewendet.



# Zerstörungsfreie Prüfmethoden zur Merkmalsextraktion für den digitalen Zwilling

Jannik Summa, Ute Rabe, Sergey Pudovikov, Christian Jungmann, Dirk Koster, Hans-Georg Herrmann  
Fraunhofer IZFP

Tobias Link  
Fraunhofer ICT

Marianne John, Frank Nagel, Ralf Schlimper  
Fraunhofer IMWS

Ahmad Delforouzi, Josef Roggenbuck, Klaus Wolf  
Fraunhofer SCAI

## PROBLEMSTELLUNG

Zur Effizienzsteigerung der Thermoplast-Composite Wertschöpfungskette bedarf es einer übergreifenden Prozesssteuerung. Dabei stellen die komplexen Einflüsse der Teilprozessschritte auf die Mikrostruktur eine Herausforderung hinsichtlich der Prozesskontrolle und Qualitätssicherung dar.

## ZIEL

Zur Optimierung der Prozesskontrolle und Qualitätssicherung werden spezifische Daten aus den Teilprozessen in einen ganzheitlichen digitalen Zwilling eingebunden. Zur Rückkopplung von Herstellungsparametern mit Qualitätsmerkmalen werden geeignete Sensoren in der Prozessumgebung eingesetzt.

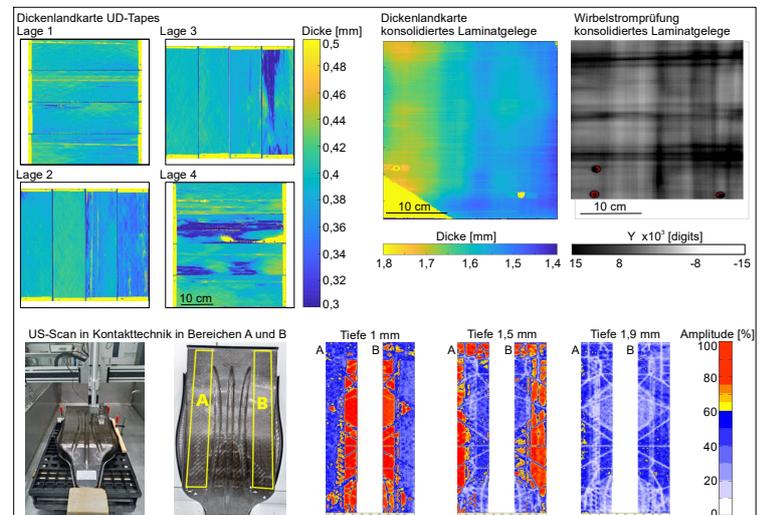
## ZUSAMMENFASSUNG

- Die prozessintegrierte Sensorik soll exemplarisch anhand der UD-Tapes, der konsolidierten Lamine und der fertigen Bauteile die Entwicklung der Qualitätsmerkmale erfassen
- Der Einsatz von Dickenprüfung und Thermografie, Wirbelstromprüfung und Ultraschallprüfung ermöglicht die Erfassung von Qualitätsmerkmalen und die Betrachtung ihrer Entwicklung entlang der einzelnen Wertschöpfungsstufen
- Die Einbindung von ZfP-Daten und Metadaten im DICONDE-Standard, Maschinen- und Simulationsdaten erfolgt gemäß einer umfassenden Ontologie
- Im Zusammenspiel mit Simulations- und Datenanalysemethoden ermöglicht der digitale Zwilling der kompletten Wertschöpfungskette die Aufklärung von komplexen Material-Prozess-Wechselwirkungen

## ERGEBNIS



Einbindung der ZfP-Verfahren in die Prozesskette und den digitalen Zwilling



Prüfergebnisse entlang der Prozesskette: Dickenlandkarte der hergestellten UD-Tapes (o.l.), Dickenlandkarte und Wirbelstromprüfung des konsolidierten Laminatgeleges (o.r.) sowie Ultraschallprüfung des Bauteils (u.)