

# "CompoScan" - ZfP von glasfaserverstärkten Großkomponenten im Schienenfahrzeugbau

Moritz KACZMAREK<sup>1</sup>, Marco MÜLLER<sup>1</sup>

<sup>1</sup> RCS GmbH Rail Components and Systems, Königsbrück

Kontakt E-Mail: moritz.kaczmarek@railcomsys-gmbh.de

## Kurzfassung

Großformatige Komponenten, wie die Frontverkleidungen eines Schienenfahrzeuges, sind geprägt von individuellen Designanforderungen mit anspruchsvollen Freiformflächen. Solche Komponenten werden aus Faserkunststoffverbunden (FKV), in der Regel aus glasfaserverstärkten Kunststoffen (GFK), hergestellt. Die Verwendung von FKV bietet im Vergleich zu konventionellen metallischen Werkstoffen Vorteile wie:

- Funktionsintegration,
- Designfreiheit,
- Massereduzierungen,
- Verbesserte spezifische Materialeigenschaften,
- Fertigung in geringen Losgrößen.

Typische GFK-Anwendungen finden sich in Innen- und Außenverkleidungen sowie in Baugruppen, wie Führerpulte und Bordtoiletten. Trotz der opaken Charakteristik für GFK-Aufbauten selbst, sind aufgrund des Anstrichs mit Schutz- und Lackschichten die konventionellen visuellen Überprüfungen in ihrer Aussagefähigkeit erheblich limitiert. So sind keine tiefergehenden, reproduzierbaren Prozesse für die Qualitätssicherung der Komponenten sowie zur Zustandsüberwachung und Schadenseingrenzung vorhanden.

In einem umfangreichen Versuchsprogramm wurde die aktive Thermographie als geeignetes ZfP-Verfahren bei der RCS GmbH identifiziert. In dieser Untersuchung wurden unterschiedliche Composite-Aufbauten und beispielhafte Fehlstellen in einem industriellen Umfeld vergleichend bewertet. Die Ergebnisse der langjährigen Entwicklungstätigkeiten münden in die Anwendung "CompoScan". Mit Hilfe dieser mobilen Teleskop-Prüfeinheit ist es nun möglich, etwaige Schäden oder Defekte an GFK-Großkomponenten zu lokalisieren und einzugrenzen. Dabei ist besonders hervorzuheben, dass für die Inspektion die betreffenden Komponenten nicht vom Wagenkasten des Schienenfahrzeugs demontiert werden müssen. Diese zügige und reproduzierbare Strukturanalyse wird mit dem Spezialwissen zum Aufbau und der Herstellung von Composite-Bauteilen ergänzt. Die abgeleiteten Maßnahmen sind zielorientiert und stellen langfristige Lösungen für unterschiedliche Problem- oder Fragestellungen dar. Somit werden im Vergleich zu den konventionellen Prozessen der Qualitätssicherung oder der Ersatzteilbeschaffung erhebliche Zeit- und Kostenersparnisse generiert - auf Basis fundierter, dokumentierter und reproduzierbarer Prüfergebnisse.

# “CompoScan” – ZfP von glasfaserverstärkten Großkomponenten im Schienenfahrzeugbau

Moritz KACZMAREK<sup>1</sup>, Marco MÜLLER<sup>1</sup>

<sup>1</sup> RCS GmbH Rail Components and Systems, Königsbrück



## Fahrplan

- 1) Kurzvorstellung RCS
- 2) Hintergrund konventionelle Befundung FKV im Schienenfahrzeugbau
- 3) Warum Thermografie
- 4) Erprobung an Musterplatten
- 5) Übertragung auf Großkomponenten
- 6) Industrielles Beispiel



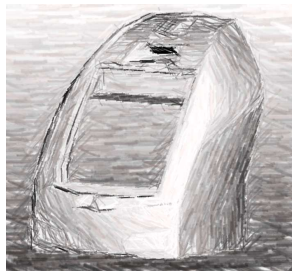
# 1) Unternehmensprofil

- Teil der  **senata** -Gruppe  
Success & Stability
  - 12 Unternehmen in der Kunststoff- und Metallindustrie
  - Über 25 Jahre Erfahrung in der Rail-Branche
- Angesiedelt im Nordosten von Dresden
- RCS hat ca. 210 Mitarbeiter
- Umsatz (2020): 23 Million Euro



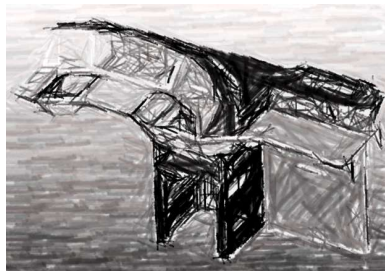
# 1) Unternehmensprofil

## Komponenten

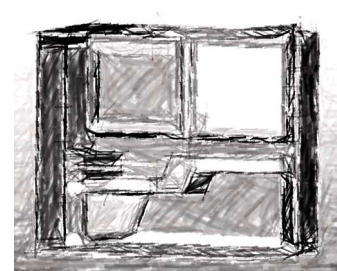


- Frontkabinen
- Außenverkleidungen
- Innenverkleidungen

## Systeme



Führerpulte



Nasszellen, Bordtoiletten

# 1) Unternehmensprofil

## Herstellungstechnologien

- Handlaminat
- RTM
- Prepreg
- SMC Heißpressen
- VARI

→ Werte erschaffen



# 2) Hintergrundwissen

## Werterschaffung

- Geprägt durch händische Arbeitsschritte

Handlaminat



- Einlegen der Fasern
- Tränken der Fasern

RTM



- Einlegen der Fasern

VARI



- Einlegen der Fasern

## 2) Hintergrundwissen

### Werterhaltung

- Klopf- und Sichtprüfung
  - Hoher Zeitbedarf
  - Lokale Prüfung aufgrund Größe der Bauteile (bis zu 25 qm Oberfläche)
  - Keine visuellen Ergebnisse
  - Geringe Dokumentation



→ *Notwendigkeit flächendeckende, effiziente zerstörungsfreie Prüfung*

## 3) Entscheidungsgrundlage Thermografie

### Vergleich der Verfahren auf Grundlage industrieller Anforderungen

	Zielforderungen			Ausschlusskriterien					
	Poren, Porenfelder	Trockenstellen	Delamination	Tiefenwirksamkeit	einseitige Bauteilzugänglichkeit	Kosten	bildgebend	mobil, schnell	kontaktfrei
Röntgen-Verfahren	+	o	o	+	-	-	+	-	+
Ultraschall	+	o	+	+	o	o	+	o	-
Aktive Thermografie	+	+	+	-	+	o	+	+	+

[1], [2], [3], [4], [5]

- Berührungslos
- Schnelle, mobile Durchführung
- Bildgebend
- Attraktive Kostenstruktur
- Einseitige Bauteilzugänglichkeit

+ gut/gering  
 o mittel/bedingt  
 - schlecht/beschränkt

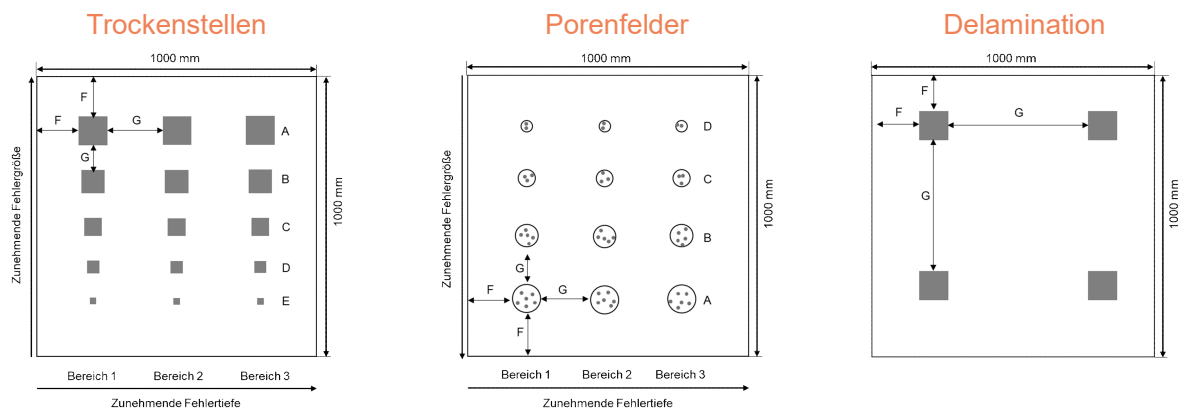
## 4) Thermografie an Musterplatten

### Primäre Ziele der Versuche

- Detektion relevanter Defekte
  - Trockenstellen, Porenfelder, Delamination
- Erkennen typischer Schaumverstärkung im Laminat
- Ermittlung Parametersatz unter Einhaltung der Rahmenbedingungen
  - Berührungslose, schnelle Durchführung
  - Ausreichende Auflösung notwendiger Informationen

## 4) Thermografie an Musterplatten

### Aufbau der Referenz-Musterplatten



#### Legende

A bis E... Fehlergrößen von 10x10 [cm] bis 2x2 [cm]

F... Randabstand min. 10 cm

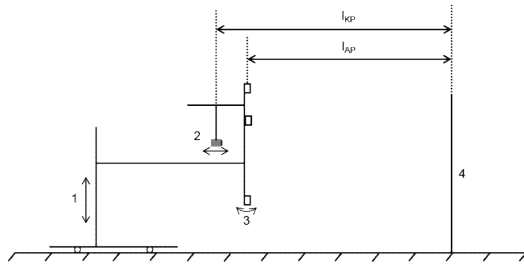
G... Fehlerabstand min. 15 cm

Bereich 1 bis 3... Defekttiefe ca. 2,5 mm bis ca. 5 mm

# 4) Thermografie an Musterplatten

## Aufbau der Versuche

Prinzipskizze



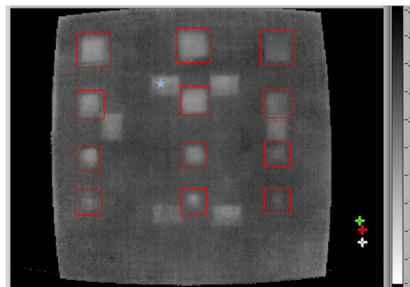
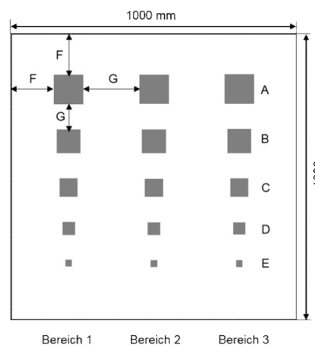
- 1 – Arretierung zur Höhenverstellbarkeit
- 2 – Arretierung zur Verstellbarkeit der Kameraposition
- 3 – Heizkranz mit Vorrichtung zur Verstellbarkeit des Neigungswinkels
- 4 – Prüfobjekt (Musterplatte)
- $l_{KP}$  – Abstand zwischen Anregungsquelle und Prüfobjekt
- $l_{AP}$  – Abstand zwischen Infrarotkamera und Prüfobjekt

Prüfung



# 4) Thermografie an Musterplatten

## Prüfergebnisse Trockenstellen



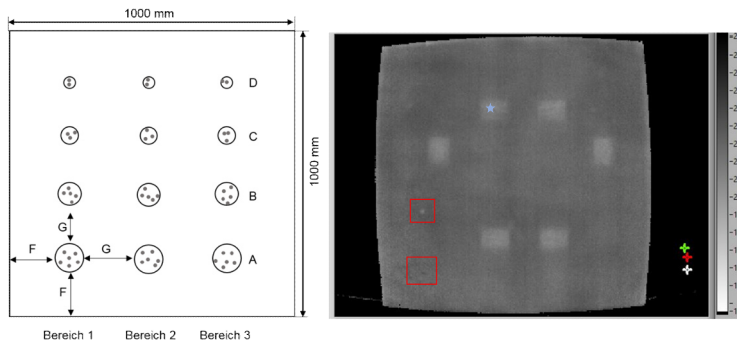
★ Reflexion Anregungsquelle

- Trockenstellen detektiert
- Auflösungsgrenze: Reihe D



## 4) Thermografie an Musterplatten

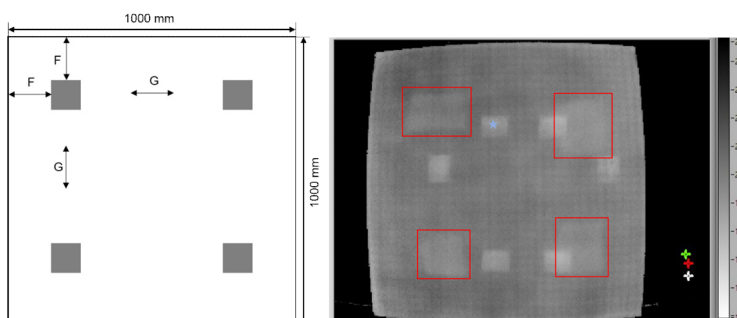
### Prüfergebnisse Porenfelder



- 2 Porenfelder grundsätzlich detektiert
- Möglicherweise fehlerhafte Einbringung der Poren, nochmalige Begutachtung an einer realen Komponente

## 4) Thermografie an Musterplatten

### Prüfergebnisse Delamination



- Delamination vollständig detektiert



## 4) Thermografie an Musterplatten

### Zusammenfassung der Ergebnisse

- Trockenstellen sowie Delamination eindeutig detektiert
  - Porenfelder nur unzureichend detektiert
    - Möglicher Grund fehlerhafte Erzeugung von Poren im Bauteil
  - Schaumverstärkung im Laminat teilweise zu erkennen
  - Effizienter Parametersatz ermittelt
  - Machbarkeit nachgewiesen, Rahmenbedingungen erfüllt
- *Übertragung auf Großkomponenten*

## 5) Übertragung auf Großkomponenten

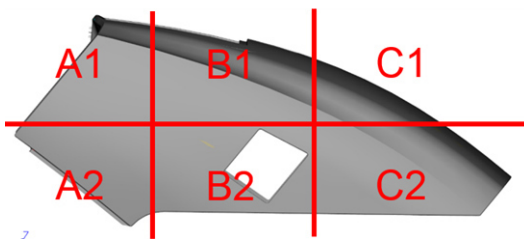
### Ziele der Übertragung

- Beibehaltung der Prüfparameter
- Detektion der unterschiedlichen Defekte
- Darstellung verschiedener Laminatbereiche (monolithisch vs. Sandwich)
- Prüfung der gesamten Komponente

## 5) Übertragung auf Großkomponenten

### Aufbau der Prüfung

- Einteilung der Fläche in Raster



## 5) Übertragung auf Großkomponenten

### Prüfergebnisse (Beispiele) Porenfelder

- Bilder aus Geheimhaltungsgründen ausschließlich in der Präsentation zu sehen
- Porenfelder eindeutig detektiert
- Darstellung verschiedener Laminataufbauten
- Darstellung der Schaumstruktur

## 5) Übertragung auf Großkomponenten

### Prüfergebnisse (Beispiele) Delamination

- Bilder aus Geheimhaltungsgründen ausschließlich in der Präsentation zu sehen
- Delamination eindeutig detektiert
- Darstellung verschiedener Laminataufbauten
- Teilweise Darstellung der Schaumstruktur

## 5) Übertragung auf Großkomponenten

### Prüfergebnisse (Beispiele) Trockenstellen

- Bilder aus Geheimhaltungsgründen ausschließlich in der Präsentation zu sehen
- Trockenstellen eindeutig detektiert
- Darstellung verschiedener Laminataufbauten
- Teilweise Darstellung der Schaumstruktur

## 5) Übertragung auf Großkomponenten

### Zusammenfassung der Ergebnisse

- Fertigungsspezifische Auffälligkeiten reproduzierbar detektiert
- Beibehaltung der Prüfparameter
- Darstellung der verschiedenen Laminat- / Materialaufbauten
- Zweckmäßige Bauteil-Rasterungen abgeleitet
- Erfüllung der Rahmenbedingungen

→ Anwendung „CompoScan“ in der Schienenfahrzeugindustrie

## 6) Industriebeispiel

### Schadensbild

- Kollision des Fahrzeuges mit einem Baum



- Große Rissbildung
- Delamination
- Genaue Schadensausbreitung unbekannt



**SCHADEN /  
AUSSER BETRIEB**

**DAMAGE /  
OUT OF SERVICE**

## 6) Industriebeispiel

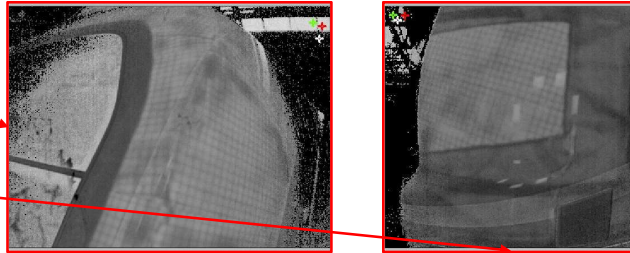
### Befundung des Fahrzeuges

- **Vergleichsmessung der i.O.-Seite:**

Optisches Bild der i.O.-Seite



ZfP-Aufnahmen



→ **Keine tieferliegenden strukturellen Beschädigungen**



ZERSTÖRUNGSFREIE  
PRÜFUNG (ZFP)

NON DESTRUCTIVE  
TESTING (NDT)

## 6) Industriebeispiel

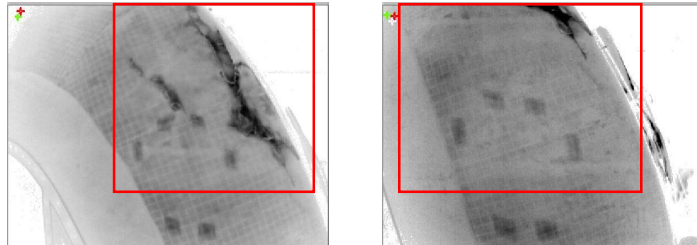
### Befundung des Fahrzeuges

- **Prüfung der Schadstelle:**

Optisches Bild der n.i.O.-Seite



ZfP-Aufnahmen



→ **Exakte Eingrenzung des schadhaften Bereiches über den äußerlich sichtbaren Schaden hinaus**

→ **Ableitung geeignetes Reparaturkonzept (ohne Demontage der Frontmaske)**



ZERSTÖRUNGSFREIE  
PRÜFUNG (ZFP)

NON DESTRUCTIVE  
TESTING (NDT)

## 6) Industriebeispiel



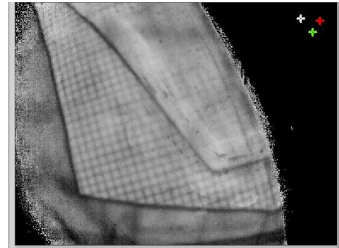
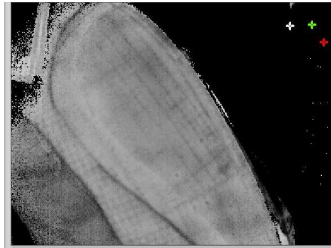
### Reparatur des Fahrzeuges

REPARATUR  
REPAIR

- **Erstellung & Durchführung Reparatur:**

*Optisches Bild der wiederhergestellten FM*

*ZfP-Aufnahmen des reparierten Bereiches*



→ *Strukturintegrität wiederhergestellt*

→ *Projektdauer bis zur wieder-Inbetriebnahme des Fahrzeuges 3-4 Monate*

## 6) Industriebeispiel

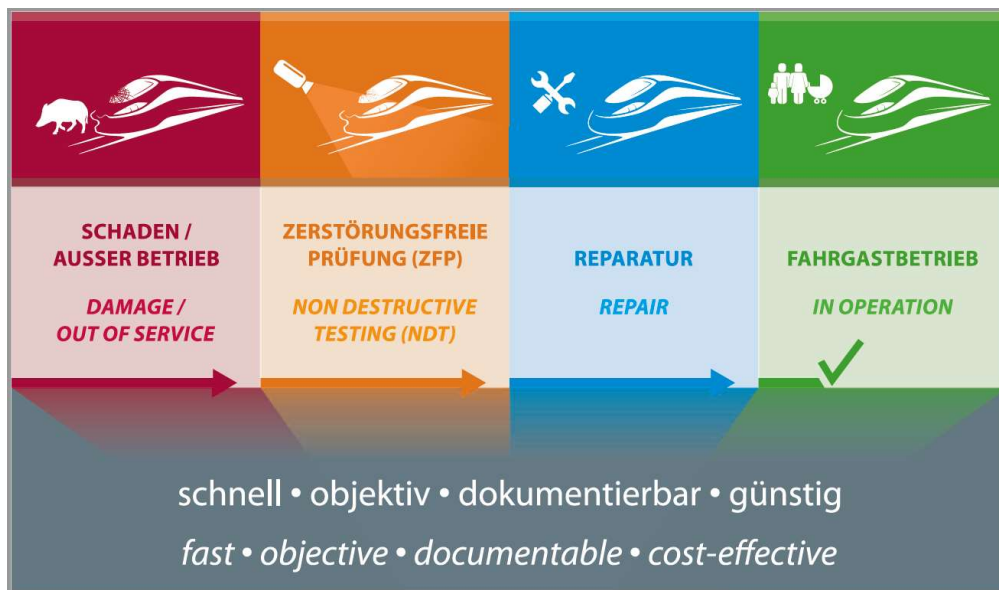


### Zusammenfassung

FAHRGASTBETRIEB  
IN OPERATION

- Schnelle und **zuverlässige** ZfP-Methode
- **Kosten-** und **Zeitersparnis**
- Ableitung von zweckdienlichen **Reparaturmaßnahmen**
- **Kein Aktionismus** (z. B. Tausch einer Großkomponente)
- **Keine Zweifel** an der **Beschaffenheit** des Objektes

→ **Werte erhalten** mittels „CompoScan“



**Get in contact**

[www.linkedin.com/company/rcs-rail](http://www.linkedin.com/company/rcs-rail)  
[service@railcomsys-gmbh.de](mailto:service@railcomsys-gmbh.de)

## Quellenverzeichnis

- [1] V. Carl, Prinzip der Lockin-Thermografie, Dinslaken, 2015
- [2] S. Gholizadeh, A review of non-destructive testing methods of composite materials, in Procedia Structural Integrity, 2016, pp. 50-57.
- [3] G. Busse, Zerstörungsfreie Kunststoffprüfung, in Kunststoffprüfung, München, Carl-Hanser-Verlag, 2015, pp. 461-527.
- [4] M. Alder, Einfluss von Materialschäden auf Merkmalscharakteristika von zerstörungsfreien Prüfverfahren an dynamisch belastetem CFK, Master Thesis, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, Department Fahrzeugtechnik + Flugzeugbau, 2011.
- [5] C. Garnier, The detection of aeronautical defects in situ on composite structures using Non Destructive Testing, Composite Structures , pp. 1328-1336, April 2011.



## “CompoScan” – ZfP von glasfaserverstärkten Großkomponenten im Schienenfahrzeugbau

Moritz KACZMAREK<sup>1</sup>, Marco MÜLLER<sup>1</sup>

<sup>1</sup> RCS GmbH Rail Components and Systems, Königsbrück

