

# Hier fördern die Europäische Union und der Freistaat Sachsen



## → Projektinformationen

**PROJEKT:** Erforschung eines neuartigen belastungs- und gewichtsoptimierten Faserverbund Drehgestellrahmens in Hybrid Mischbauweise

**PROGRAMM:** EFRE-Technologieförderung 2014- 2020

**KURZNAME:** CarbonBOGIE

**LAUFZEIT:** 01.01.2019 – 30.09.2022

**KOOPERATIONS-  
PARTNER:** –

**PROJEKTIINHALT:** IMA Teilprojekt – Statische und dynamische Tests Drehgestellrahmen

Im Verbundforschungsvorhaben CarbonBOGIE untersuchte ein Sächsisches Konsortium bestehend aus den Forschungspartnern Hörmann Vehicle Engineering GmbH Chemnitz, Fraunhofer Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU Chemnitz, KVB Institut für Konstruktion und Verbundbauweisen GmbH Döbeln und dem IMA Dresden Möglichkeiten einer vorteilhaften Funktionsintegration in einem Fahrwerk für Schienenfahrzeuge. Die Bestrebungen dienen dabei auch dem übergeordneten Ziel der Verbesserung der Umweltbedingungen durch Lärmreduzierung und geringeren spezifischen Energieverbrauch im Betrieb als auch bei Materialeinsatz mittels Leichtbau. Unter dem Gesichtspunkt des Leichtbaus mit kohlefaserverstärktem Kunststoff, kurz CFK, sind seit Mitte der 1980er Jahre vereinzelte Projekte bekannt. Trotz des technischen Erfolgs reichte bisher die Kosten-Nutzen-Betrachtung, anders als in Luftfahrt oder Automobilbau, noch nicht für eine Technologiesubstitution in einem Serienprodukt. Der Entwicklungsansatz im Vorhaben CarbonBOGIE erweitert deshalb den Leichtbaugedanken um Funktionsintegration durch die gezielte Untersuchung von Fertigungstechnologien, geeigneten rechnerischen und experimentellen Nachweisverfahren für hybride Verbundwerkstoffe auf CFK-Basis als wesentliche Schwerpunkte des Vorhabens. Dabei verfügt das Konsortium ab dem Zukauf von Laminierhalbzeugen über die gesamte Prozesstiefe, die für Neuentwicklung, Zulassung und Fertigung eines Drehgestellrahmens erforderlich ist. Die Funktionsintegration selbst besteht in der Substitution konventioneller Federelemente, also separater Bauteile, durch den in Größe und Anzahl maßgeschneiderten Einsatz von schwingungsdämpfenden Elastomerschichten als Laminatbestandteil der lastübertragenden Strukturbauteile. Dadurch verbesserte Schwingungseigenschaften tragen zusätzlich zur Lärmreduzierung bei. Die ebenfalls einhergehende Reduktion der Masse betrifft am Drehgestell schließlich Rahmen, Wiege und Federung. Für all die genannten Belange geht es darum, das Potential des Ansatzes durch materialspezifische Gestaltung, Lastführung und neuartige Schnittstellen, weiterhin der numerischen wie experimentellen Bewertung der Festigkeit unter statischer und zyklischer Belastung sowie, mit Blick auf den Lebenszyklus eines Drehgestells, der Lebensdauerüberwachung durch Inspektionen zu erschließen. Während des Vorhabens CarbonBOGIE konnten entsprechend

# Hier fördern die Europäische Union und der Freistaat Sachsen



## → Projektinformationen

Methoden zur Berechnung und Simulation des Drehgestellrahmens sowie Prozesse für die Herstellung desselben erforscht und in großen Teilen anhand eines Demonstrators verifiziert werden.

Unter der Überschrift Statische und dynamische Tests am Drehgestellrahmen behandelte das Teilprojekt des IMA als einen von zwei Schwerpunkten die Entwicklung von Verfahren der zerstörungsfreien Prüfung und einer Methodik zu deren Anwendung in zerstörungsfreien Inspektionen während der Einsatzdauer eines Drehgestells. Die Standardverfahren der zerstörungsfreien Prüfung zur Detektion möglicher Schäden können nicht für das neuartige Drehgestell verwendet werden. IMA forschte daher nach Möglichkeiten, Schäden in solch einem Drehgestell zerstörungsfrei aufspüren zu können. Die CFK-Hybrid-Bauweise mit Funktionsintegration bedarf offensichtlich anderer Inspektionsverfahren als konventionelle Metallkonstruktionen. Ausgehend von etablierten Methoden für CFK-Bauteile anderer Branchen, vordergründig Luftfahrt, erfolgte durch das IMA eine Vorauswahl erfolgversprechender Methoden für die Besonderheiten der neuartigen Bauteile des Projekts. Darüber hinaus erweiterte das IMA anhand der Untersuchungen an ersten Technologiedemonstratoren die Bandbreite an Verfahren nochmals, auch außerhalb von Ultraschallprüfungen und unter dem Aspekt der Qualitätssicherung in der Fertigung.

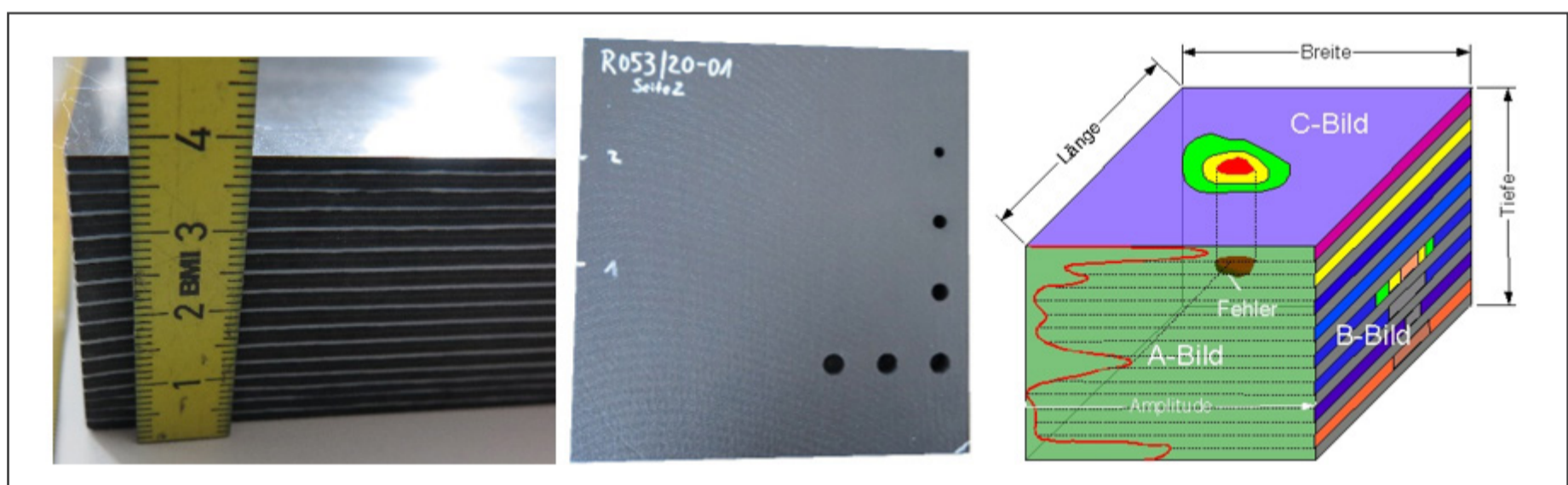


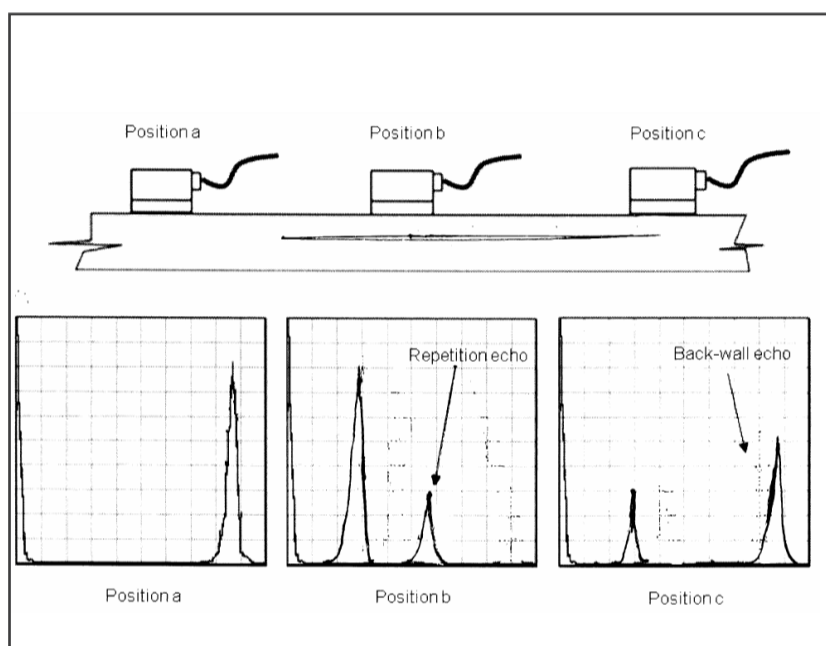
Abb. 1 links: Referenzkörper in Hybridbauweise, mittig: mit exakt definierten Schäden, rechts: Prinzip Ergebnisdarstellung Ultraschallanalyse – A-, B- und C-Scan

Als geeignete wurde die Gruppe der Ultraschallprüfungen, insbesondere die phasengelenkte Prüfung kurz PAUT zur flächigen Prüfung auf Schäden, bestätigt und näher untersucht. Beim Einsatz eines solchen Verfahrens der Ultraschallprüfung am konkreten Bauteil bedarf es eines Prüfkörpers als Referenz. Für den CFK-Hybridverbund existierten bislang keine Prüfkörper noch Referenzmessungen. So definierte IMA zu Beginn der Verfahrensentwicklung den aus hybridem Laminat vom Forschungspartner KVB hergestellten ersten Referenzkörper, als ebene Platte ohne jedes geometrische Detail, wie in Abb. 1 zu sehen. Diese besteht aus einem Laminat mit einer wiederholend, beispielsweise alle 16 Lagen CFK eingebetteten Schicht EPDM-Elastomer mit abweichender Schallgeschwindigkeit. Nach dem Eintrag geo-

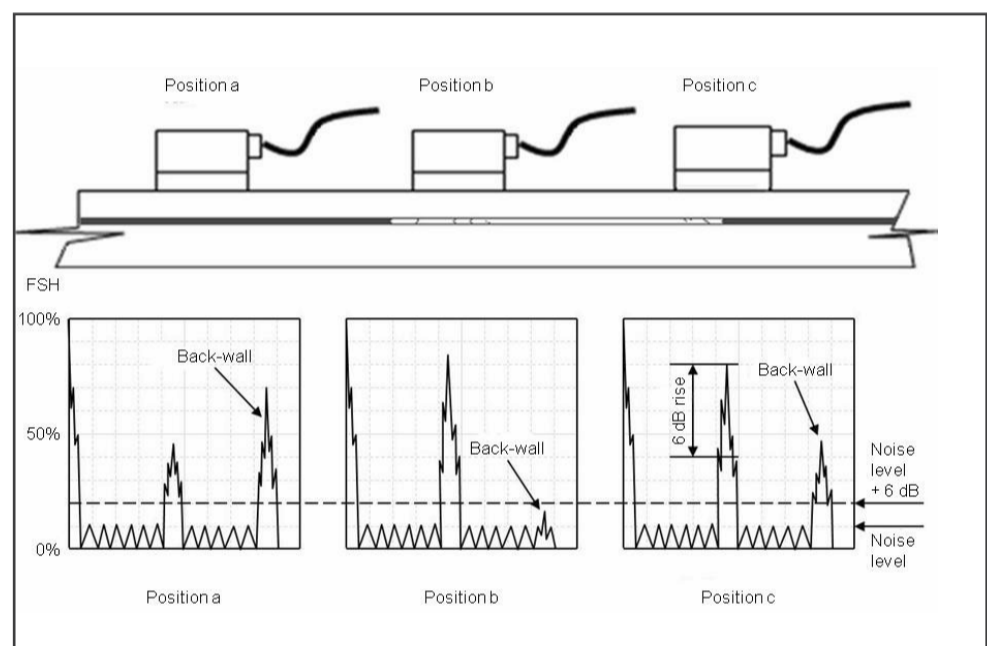
# Hier fördern die Europäische Union und der Freistaat Sachsen

## → Projektinformationen

metrisch exakter künstlicher Schäden in Form von Grundbohrungen wurde die prinzipielle Eignung der Ultraschallprüfung verifiziert und konnte die Verfahrensentwicklung an den Bauteilen beginnen. Die Expertise mit genormten Prüfverfahren der Luftfahrt nach beispielsweise AIM 6-4005 2018-01 (Abb. 2), wie sie für Schienenfahrzeugtechnik bisher nicht vorliegen, bestätigte sich als gut übertragbar.



Delamination



Ablösung: Abb. 2 Schadensdetektion in FVK, A-Scan

Konkrete Prüfbereiche für Detailprüfungen wurden am gesamten Drehgestellrahmen bauteilspezifisch identifiziert, mit einer festen Abfolge anzuwendender Verfahren assoziiert sowie Merkmale zur Lebensdauerüberwachung auf Basis der Schadensentstehung und des potenziellen Schadenswachstums definiert, vgl. Abb. 3. Durch mehrfache Anwendung der Verfahren in verschiedenen systematischen Untersuchungen entstand ein erfolgversprechender Gesamtansatz über die komplette Einsatzdauer eines Drehgestellrahmens. Daraus ließen sich als Ergebnis praxistaugliche Prüfanweisungen für Drehgestellrahmen in CFK-Hybrid-Bauweise ableiten.

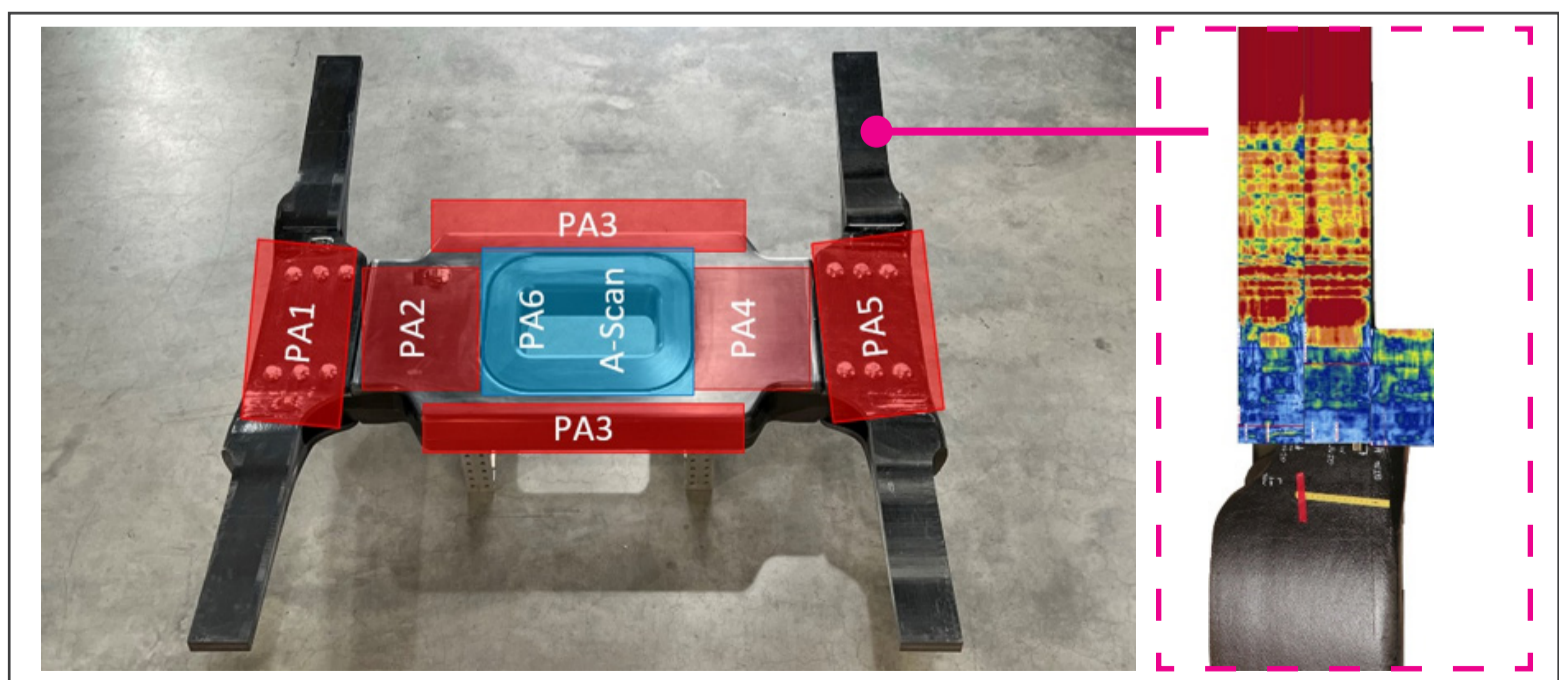


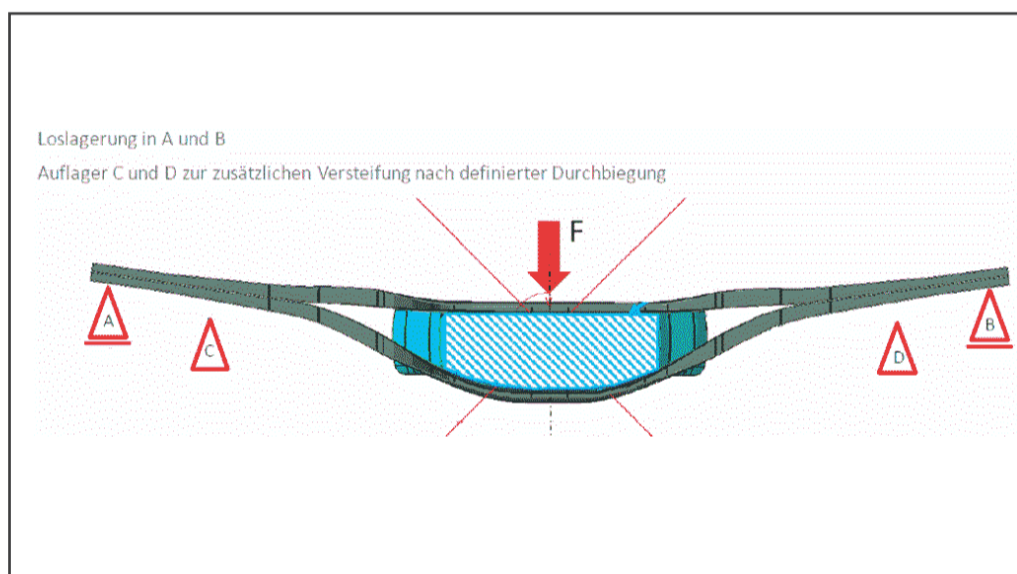
Abb. 3 Drehgestell-Demonstrator, Inspektionsabschnitte Querträger, rechts: C-Scan Längsträger

# Hier fördern die Europäische Union und der Freistaat Sachsen

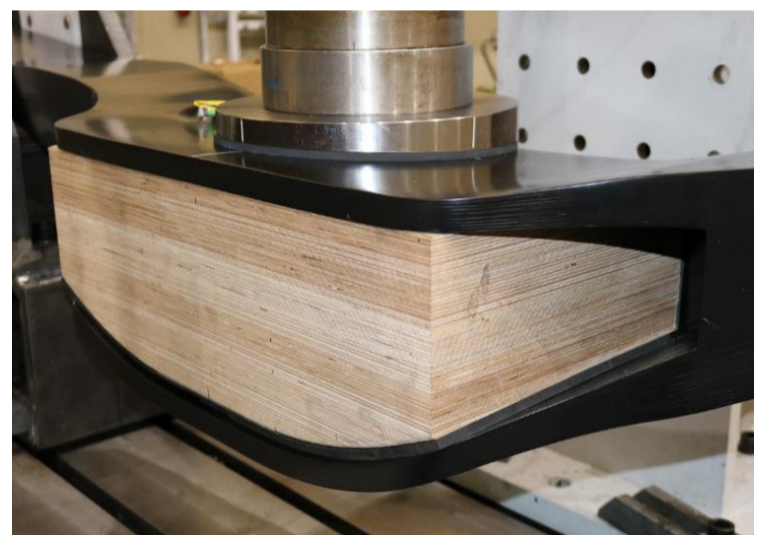


## → Projektinformationen

Der zweite Schwerpunkt des Teilprojekts betrifft die Entwicklung und Durchführung statischer und zyklischer Nachweisversuche unter Berücksichtigung neuartiger Bauteilschnittstellen und der Anwendung der zerstörungsfreien Inspektionen. Zunächst sollten die Eigenschaften der Bauteile des Drehgestellrahmens anhand der Belastungstests ermittelt werden. Diese Ergebnisse fanden bei den Forschungspartnern Eingang in die Methoden zur Bauteilberechnung, um die Theorie der Simulation den praktischen Tests anzunähern. IMA trug dabei koordiniert mit HVE nicht unerheblich zur Versuchslastdefinition und Spezifikation der Testphasen bei.



Lagerung und Hauptbelastung des Drehgestells



CFK-gerechte Lasteinleitung/-durchleitung  
Abb. 4 Versuchsanordnung, Details

Mit reichhaltigen Referenzen an konventionellen Drehgestellen verschiedener Konstruktionsprinzipien als Ausgangspunkt wurden erweiterte und besonders in der Lasteinleitung angepasste strukturmechanische, nichtlineare Prüfverfahren, siehe Beispiel in Abb. 4, zur experimentellen Bewertung entwickelt. Die Konzeption und Definition für experimentelle Untersuchungen an Bauteilen bedurfte im Verlauf des Vorhabens zusätzlich statischer Versuche für eines der Hauptbauteile, den Längsträger. Diese begleiteten die Iterationen in dessen Entwicklungsprozess. So reichten die forschungsbegleitenden Versuche im Unterschied zu einer reinen Drehgestellprüfung von einerseits technologisch iterierten Hauptbauteilen bis andererseits zum vollständigen Drehgestellrahmen im Testlabor.

Während der Testphasen führte IMA die Testreihen für die Belastungen und die zerstörungsfreien Inspektionen am Demonstrator aus. Die ausgewerteten Daten dienten parallel als Grundlage für die Anpassung der Konstruktion [Redesign], aus dem sich zum Abschluss des Vorhabens ein Baumuster ableitete.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, IMA realisierte die Planung, die Vorbereitung und die Durchführung der experimentellen strukturmechanischen Untersuchungen. Die Einsatzfähigkeit des weiter- und besonders an den Lasteinleitungen neu entwickelten Versuchsaufbaus für Drehgestellprüfungen an neuartigen Leichtbaustrukturen mit Funktionswerkstoffen konnte erfolgreich nachgewiesen werden. In der gezeigten Kombination mit erstmals

# Hier fördern die Europäische Union und der Freistaat Sachsen



## → Projektinformationen

praxistauglichen zerstörungsfreien Inspektionen, insbesondere für Faserverbunde mit integrierten Elastomerschichten, konnte IMA im Ergebnis des Verbundvorhabens CarbonBOGIE seine Dienstleistungen passend zu Anforderungen der Bahntechnik neuer Technologie erweitern sowie neue Anwendungsfälle innerhalb der Technologieentwicklung bei Herstellern identifizieren.

## → Projektträger

Sächsische Aufbaubank



Europäische Union

Europa fördert Sachsen.



Diese Maßnahme wird mitfinanziert durch Steuermittel auf Grundlage des von den Abgeordneten des Sächsischen Landtags beschlossenen Haushaltes.