

T-IMPRESS

Thermoplastische Schmelzeimprägnierung von Faserhalbzeugen für druckbelasteten Verbundwerkstoffen in Energieanwendungen

Programm / Ausschreibung	Dissertationen FH OÖ, Dissertationsprogramm FH OÖ, Dissertationsprogramm der FH OÖ 2026	Status	laufend
Projektstart	01.10.2026	Projektende	31.03.2029
Zeitraum	2026 - 2029	Projektlaufzeit	30 Monate
Barwert der Projektförderung	€ 120.000		
Keywords	Composite; Imprägnierung; Druckbeständigkeit; Faserverstärkte Kunststoffe; Wasserstoffspeicher		

Projektbeschreibung

Wasserstoff gilt als zentraler Energieträger für eine klimaneutrale Energieversorgung und spielt eine Schlüsselrolle bei der Dekarbonisierung von Industrie, Mobilität und Energiespeicherung. Für den sicheren und effizienten Einsatz von Wasserstoff sind leistungsfähige, leichte und zugleich zuverlässige Materialien erforderlich. Faserverstärkte polymerbasierte Composites (FVK) sind aufgrund ihres hervorragenden Leichtbaupotenzials prädestiniert für wasserstoffführende Anwendungen wie Drucktanks, Rohrleitungen und strukturell beanspruchte Hüllsysteme.

Der zunehmende Einsatz von FVK in Wasserstoffsystemen offenbart jedoch wesentliche wissenschaftlich-technische Fragestellungen: Herstellungsbedingte Mikrostruktureffekte wie Porosität und unvollständige Imprägnierung beeinflussen Dichtheit, Permeation, strukturelle Stabilität sowie die Beständigkeit gegenüber wasserstoffinduzierten Schädigungsmechanismen. Trotz hoher Marktreife einzelner Produkte besteht hier ein signifikanter Wissens- und Innovationsbedarf.

Ziel des Dissertationsprojekts T-IMPRESS (Thermoplastic Impregnation for Pressurized Structures) ist es, den Einfluss von Porosität und Imprägnierungsqualität auf das mechanische, funktionale und strukturmechanische Verhalten von CFK unter Wasserstoffdruck systematisch zu untersuchen. Der Innovationsgehalt liegt in der integrierten Betrachtung von Herstellungsprozessen, Mikrostruktur und wasserstoffspezifischer Beanspruchung.

Während der Stand der Technik Imprägnierung überwiegend aus prozesstechnischer Sicht betrachtet, verfolgt dieses Projekt einen neuartigen Ansatz, bei dem Porosität gezielt als struktur- und funktionsrelevanter Parameter analysiert wird. Im Fokus stehen dabei Wasserstoffpermeation, Dichtigkeit, rapid gas decompression sowie Stabilitätsphänomene wie Buckling. Durch die Kombination experimenteller Untersuchungen mit vereinfachten Prozess- und Materialmodellen werden kausale Zusammenhänge zwischen Herstellung, Mikrostruktur und Funktionsverhalten erstmals systematisch erschlossen.

Als Ergebnis werden belastbare, mikrostrukturabhängige Erkenntnisse zur sicheren Auslegung und Herstellung von

CFK-Strukturen für Wasserstoffanwendungen erwartet. Das Projekt liefert quantitative Kenngrößen zur Imprägnierbarkeit, Permeabilität und Schädigungsanfälligkeit unter Wasserstoff und ermöglicht eine verbesserte Vorhersagbarkeit des Werkstoff- und Strukturverhaltens. Damit leistet die Dissertation einen wesentlichen Beitrag zur Erhöhung der Sicherheit, Materialeffizienz und Lebensdauer von FVK-basierten Wasserstoffsystemen und unterstützt unmittelbar die technologische Umsetzung der Energiewende durch innovative Leichtbau- und Werkstoffkonzepte.

Abstract

Hydrogen is regarded as a key energy carrier for a climate-neutral energy system and plays a central role in the decarbonization of industry, mobility, and energy storage. The safe and efficient use of hydrogen requires high-performance, lightweight, and reliable materials. Fiber-reinforced polymer-based composites (FRPs) are particularly well suited for hydrogen applications such as pressure vessels, pipelines, and structurally loaded containment systems due to their outstanding lightweight potential.

However, the increasing use of FRPs in hydrogen systems reveals significant scientific and technological challenges. Manufacturing-induced microstructural effects such as porosity and incomplete impregnation strongly influence tightness, permeation, structural stability, and resistance to hydrogen-induced damage mechanisms. Despite the high market maturity of individual products, there remains a substantial need for further knowledge generation and innovation in this field.

The objective of the doctoral project T-IMPRESS (Thermoplastic Impregnation for Pressurized Structures) is to systematically investigate the influence of porosity and impregnation quality on the mechanical, functional, and structural behavior of carbon fiber-reinforced composites (CFRP) under hydrogen pressure. The innovative character of the project lies in the integrated consideration of manufacturing processes, microstructure, and hydrogen-specific loading conditions. While the current state of the art mainly addresses impregnation from a process-engineering perspective, this project pursues a novel approach by deliberately analyzing porosity as a structure- and function-relevant parameter. The focus is placed on hydrogen permeation, tightness, rapid gas decompression, and stability phenomena such as buckling. By combining experimental investigations with simplified process and material models, causal relationships between manufacturing, microstructure, and functional behavior are systematically established for the first time.

As a result, the project is expected to deliver robust, microstructure-dependent insights for the safe design and manufacturing of CFRP structures for hydrogen applications. The dissertation will provide quantitative metrics for impregnation quality, permeability, and hydrogen-induced damage susceptibility, thereby enabling improved predictability of material and structural performance. Consequently, the work makes a significant contribution to enhancing the safety, material efficiency, and service life of FRP-based hydrogen systems and directly supports the technological implementation of the energy transition through innovative lightweight and material concepts.

Projektpartner

- FH OÖ Forschungs & Entwicklungs GmbH