



Abschlussbericht (Sachbericht zum Verwendungsnachweis)

Teilvorhaben WIR-V1.3-i

Titel: Herstellung von Produkten aus recycelten Fasern – Einsatz von Recyclingfasern für die Herstellung von Verbindungselementen aus rCF-Fasern für Bauteile aus Carbonbeton

Zuwendungsempfänger: SFP Planungsgesellschaft mbH, Leipzig

Projektlaufzeit: 01.11.2023 - 31.10.2025

TEIL I: KURZBERICHT

1 Aufgabenstellung

Ziel des Teilvorhabens WIR-V1.3-i war die Entwicklung, Herstellung und Erprobung von Verbindungselementen aus recycelten Carbonfasern (rCF) für Carbonbeton-Wandbauteile sowie deren Integration in automatisierte Fertigungsprozesse von Betonfertigteilwerken. Im Fokus standen insbesondere Verbindungsmittel für Doppelwände und Fassadenelemente, die sowohl die statischen und bauphysikalischen Anforderungen erfüllen als auch eine verbesserte Demontage- und Rückbaufähigkeit im Sinne der Kreislaufwirtschaft ermöglichen.

2 Voraussetzungen der Durchführung

Das Vorhaben basierte auf der zunehmenden Verfügbarkeit von rCF-Materialien aus industriellen Abfallströmen sowie auf bestehenden Erfahrungen der SFP GmbH im Bereich Planung, Konstruktion und Rückbau modularer Beton- und Fassadensysteme. Die Arbeiten erfolgten im Rahmen des WIR-Bündnisses „WIR recyceln Fasern“ in enger Abstimmung mit Industrie- und Forschungspartnern, insbesondere dem Betonwerk Oschatz, der HTWK Leipzig und der TU Dresden.

3 Planung und Ablauf des Vorhabens

Die Bearbeitung erfolgte entlang mehrerer Arbeitspakete, beginnend mit der Entwicklung von rCF-Verbindungselementen (Spritzguss), über die konstruktive Einbindung in Carbonbeton-Bauteile bis hin zur Erarbeitung von Demontage- und Rückbaukonzepten. Ergänzend wurden Daten für die Bündnispartner bereitgestellt und die Wertschöpfungskette im Hinblick auf Planung, Fertigung und Rückbau analysiert.

4 Wesentliche Ergebnisse

Als zentrales Ergebnis liegen funktionsfähige Konzepte für rCF-Verbindungselemente sowie angepasste Implementierungsprozesse für deren Einsatz in der Umlaufproduktion vor. Darüber hinaus wurden belastbare Rückbau- und Demontagekonzepte für Carbonbeton-Wandbauteile entwickelt, die eine sortenreine Trennung der Hauptmaterialien ermöglichen und damit die Grundlage für ein hochwertiges Recycling schaffen.

TEIL II: EINGEHENDE DARSTELLUNG

5 Ausführliche Darstellung der Arbeiten und Ergebnisse

Die nachfolgende Darstellung spiegelt die im Antrag WIR-V1.3-i definierten Arbeitspakete (AP) und Meilensteine vollständig wider und ordnet die tatsächlich durchgeführten Arbeiten der SFP GmbH systematisch zu.

5.1 AP 1: Entwicklung von rCF-Verbindungselementen und Implementierungstechnologie

AP-Ziel laut Antrag:

Entwurf, Entwicklung und prototypische Herstellung von Verbindungselementen aus recycelten Carbonfasern (rCF) sowie deren prozesssichere Implementierung in die automatisierte Fertigung von Carbonbeton-Wandbauteilen.

Durchgeführte Arbeiten:

Auf Basis bestehender Stahl- und Kunststoffverbindungselemente wurden neue rCF-basierte Verbindungskonzepte entwickelt. Der Fokus lag auf Spritzguss-Verbindungselementen für dünnwandige Carbonbetonbauteile, insbesondere Doppelwände und Fassadenelemente. Wesentliche Entwicklungsschwerpunkte waren:

- konstruktive Auslegung unter Berücksichtigung statischer, bauphysikalischer und logistischer Anforderungen,
- Reduzierung von Wärmebrücken durch nichtmetallische Verbindungsmittel,
- Eignung für den Lastfall Frischbeton sowie für Transport- und Montagebeanspruchungen,
- Anpassung an die Randbedingungen automatisierter Umlaufanlagen.

Für die prototypische Umsetzung wurde eine Spritzgussform entwickelt und eingesetzt. Die hergestellten rCF-Verbindungselemente wurden in Demonstratorbauteilen integriert und hinsichtlich ihrer Funktionalität, Verarbeitbarkeit und Robustheit bewertet.

Ergebnis:

Es liegen funktionsfähige Prototypen von rCF-Verbindungselementen sowie validierte Implementierungsprozesse für den Einsatz in der Fertigteilproduktion vor. Damit wurde das Entwicklungsziel des AP 1 vollständig erreicht.

5.2 AP 2: Bauteilkonstruktion und Entwicklung von Demontage- und Rückbaukonzepten

AP-Ziel laut Antrag:

Entwicklung konstruktiver Konzepte für Carbonbeton-Wandbauteile mit rCF-Bewehrung und -Verbindungselementen unter besonderer Berücksichtigung der Demontier- und Rückbaufähigkeit.

Durchgeführte Arbeiten:

Auf Grundlage typischer Wand- und Fassadensysteme des Hochbaus wurden konstruktive Leitdetails für rCF-Carbonbetonbauteile erarbeitet. Dabei stand ein modularer, schichtweiser Aufbau im Vordergrund, der eine spätere Trennung der Hauptmaterialien (Beton, Bewehrung, Verbindungselemente) ermöglicht.

Es wurden Rückbau- und Demontageszenarien entwickelt, die sowohl planerisch als auch praktisch umsetzbar sind. Besonderes Augenmerk lag auf:

- der konstruktiven Trennbarkeit der Schichten,
- der Vermeidung irreversibler Fügeverbindungen,
- der Übertragbarkeit der Konzepte auf unterschiedliche Wand- und Fassadentypen.

Ergebnis:

Erstmals liegen strukturierte, CAD-fähige Rückbaukonzepte für Carbonbeton-Wandbauteile mit rCF-Komponenten vor. Diese stellen eine wesentliche Voraussetzung für eine spätere sortenreine Wiederverwertung dar.

5.3 AP 4: Bereitstellung von Daten und Vernetzung innerhalb des WIR-Bündnisses

AP-Ziel laut Antrag:

Aufbau einer belastbaren Datenbasis zur Unterstützung von Herstellung, Nutzung und Rückbau von rCF-Carbonbetonbauteilen sowie Bereitstellung dieser Daten für das WIR-Netzwerk.

Durchgeführte Arbeiten:

Im Projektverlauf wurden relevante Prozess-, Material- und Konstruktionsdaten systematisch erfasst. Diese betreffen insbesondere:

- Eigenschaften und Einsatzbedingungen der rCF-Verbindungselemente,
- Randbedingungen der Implementierung in Umlaufanlagen,
- Rückbau- und Klassifizierungsparameter für rCF-Bauteile.

Die Daten wurden so aufbereitet, dass sie für andere Teilvorhaben des Bündnisses nutzbar sind und perspektivisch eine digitale Rückverfolgbarkeit über den Lebenszyklus ermöglichen.

Ergebnis:

Es wurde eine strukturierte Datengrundlage geschaffen, die eine Reduzierung aufwendiger Analysen im Rückbau erlaubt und die Bündnisarbeit nachhaltig unterstützt.

5.4 AP 5: Betrachtung der Wertschöpfungskette und Abbau von Marktbarrieren

AP-Ziel laut Antrag:

Analyse und Harmonisierung der Wertschöpfungskette für rCF-Verbindungselemente und Carbonbetonbauteile von der Planung über die Fertigung bis zum Rückbau.

Durchgeführte Arbeiten:

Die bestehenden Wertschöpfungsketten wurden hinsichtlich ihrer Eignung für rCF-basierte Produkte analysiert. Dabei wurden insbesondere Schnittstellen identifiziert, die bislang auf metallische Verbindungsmittel ausgelegt sind. In Zusammenarbeit mit den Projektpartnern wurden Ansätze zur Harmonisierung und Vereinfachung dieser Schnittstellen entwickelt.

Ergebnis: Es liegen belastbare Grundlagen für eine wirtschaftlich umsetzbare Implementierung rCF-basierter Verbindungselemente in bestehende Prozesse vor. Damit wurden zentrale Marktbarrieren adressiert.

5.5 Meilensteine

Meilenstein 1 (Monat 12):

Alle Anforderungen an rCF-Verbindungselemente lagen vor, und angepasste Implementierungsprozesse für Umlaufanlagen wurden erfolgreich umgesetzt.

Meilenstein 2 (Monat 18):

Die Voraussetzungen für Rückbaukonzepte sowie die Fertigung von Muster- und Demonstratorbauteilen mit rCF-Verbindungselementen wurden geschaffen und validiert.

6 Notwendigkeit und Angemessenheit der Projektarbeiten

Die durchgeführten Arbeiten waren erforderlich, um die technologische Machbarkeit und die Rückbaufähigkeit von rCF-Carbonbeton-Bauteilen nachzuweisen. Sie stellen eine wesentliche Grundlage für die Weiterentwicklung kreislaufgerechter Bauweisen dar.

7 Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit

Die Ergebnisse ermöglichen der SFP GmbH, rCF-basierte Verbindungselemente und zugehörige Planungskonzepte in zukünftigen Projekten einzusetzen. Darüber hinaus bieten sie Ansatzpunkte für eine industrielle Umsetzung im Betonfertigteilbau sowie für weiterführende FuE-Vorhaben.

8 Fortschritte bei anderen Stellen

Während der Projektlaufzeit wurden keine vergleichbaren externen Entwicklungen bekannt, die den hier erarbeiteten Lösungsansatz ersetzen oder wesentlich einschränken.

9 Veröffentlichungen

Neben dem vorliegenden Abschlussbericht sind keine weiteren Veröffentlichungen vorgesehen. Die Ergebnisse fließen jedoch in die Weiterentwicklung der Strategien des WIR-Bündnisses ein.

Schlussbetrachtung und Einordnung der Zusammenarbeit

Der vorliegende Schlussbericht dokumentiert die im Teilvorhaben WIR-V1.3-i durch die SFP Planungsgesellschaft mbH erbrachten Forschungs- und Entwicklungsarbeiten und stellt diese in komprimierter Form dar. Der Fokus liegt dabei auf den eigenständig verantworteten Beiträgen der SFP zur Entwicklung von rCF-basierten Verbindungselementen, konstruktiven Bauteilkonzepten sowie Rückbau- und Demontagestrategien für Carbonbeton-Wandbauteile.

Die im Teilvorhaben bearbeiteten Inhalte waren in hohem Maße in die arbeitsteilige Struktur des Verbundvorhabens eingebunden. Insbesondere bestanden enge inhaltliche Verknüpfungen zu den Arbeiten der wissenschaftlichen Partner, unter anderem der Technischen Universität Dresden, beispielsweise bei der Ableitung konstruktiver Randbedingungen, der Bewertung von Rückbau- und Trennbarkeitspotenzialen sowie bei der Einordnung der entwickelten Verbindungselemente in übergeordnete material- und bautechnische Fragestellungen. Die von der SFP erarbeiteten konstruktiven Konzepte, Implementierungsansätze und Rückbauszenarien



bildeten dabei eine planerisch-technische Grundlage, die von den Forschungspartnern für vertiefende Analysen, Bewertungen und weiterführende Untersuchungen genutzt wurde. Umgekehrt flossen wissenschaftliche Erkenntnisse und methodische Ergebnisse der beteiligten Forschungseinrichtungen kontinuierlich in die Arbeiten der SFP ein, insbesondere bei der Auslegung der Verbindungselemente, der Definition bautechnischer Anforderungen sowie der Entwicklung rückbaufähiger Bauteilaufbauten. Die im Schlussbericht dargestellten Ergebnisse sind daher als integraler Bestandteil einer abgestimmten Gesamtentwicklung zu verstehen und nicht als isolierte Einzelleistungen.

Der Schlussbericht fokussiert auf die Darstellung der von der SFP erbrachten vorwettbewerblichen Forschungs- und Entwicklungsleistungen. Die weiterführende wissenschaftliche Auswertung, Validierung und Gesamtsynthese der im Verbund erzielten Ergebnisse erfolgt in den Schlussberichten der beteiligten Forschungspartner sowie im Gesamtabschluss des Verbundvorhabens.

Leipzig, 05.02.2026

.....

Johannes Steinbruch
Geschäftsführer
SFP Planungsgesellschaft mbH