

FORSCHUNGSBERICHTE

aus dem Faserinstitut Bremen | Band 60



SCHMUHL



EISSMANN | COTESF
automotive carbon

Holger Fischer
Katharina Heilos
Marcel Hofmann
Andrea Miene
Michael Ziller
Cordula Cleff
Jan Maidorn
Hagen Hohmuth
René Schaarschmidt
Knut Bauer

RecyCarb — Ganzheitliche verfahrenstechnische Betrachtung und prozessbegleitendes Monitoring von Qualitätsparametern bei der Aufbereitung von Carbonfaserabfällen und deren hochwertigen Wiedereinsatz in textilen Flächengebilden als Basismaterial für Faserverbundwerkstoffe der Zukunft.

Herausgeber:

Faserinstitut Bremen e.V.



Universität Bremen
FB Produktionstechnik



RECYCARB
futureTEX

GEMEINSAMER SCHLUSSBERICHT ZU NR. 3.2

Vorhabenkonsortium: Faserinstitut Bremen e.V. —
FIBRE Sächsisches
Textilforschungsinstitut e.V. —
STFI TENOWO GmbH —
TENOWO Eissmann Cotesa
GmbH — COTESA Schmuhl FVT
GmbH & Co. KG — SCHMUHL
Autefa Solutions Germany
GmbH — AUTEFA

Förderkennzeichen: 03ZZ06xx

Vorhabenbezeichnung: „RecyCarb — Ganzheitliche
verfahrenstechnische
Betrachtung und
prozessbegleitendes Monitoring
von Qualitätsparametern bei
der Aufbereitung von
Carbonfaserabfällen und deren
hochwertigen Wiedereinsatz in
textilen Flächengebilden als
Basismaterial für
Faserverbundwerkstoffe der
Zukunft.“

**Laufzeit des
Vorhabens:** 01.12.2016 - 30.11.2018

Berichtszeitraum: 01.12.2016 - 30.11.2018

Bremen, 2019-04-30



Ort, Datum

Vorhabenkoordinator

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit
Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung
unter dem Förderkennzeichen 03ZZ0608 gefördert. Die

Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

Zusammenfassung

Danksagung

I. Einleitung

I.1 Ausgangssituation / Motivation

I.2 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

I.3 Planung und Ablauf des Vorhabens

I.4 Wissenschaftlicher und technischer Stand

I.5 Zusammenfassung der Problemstellung

II. Durchführung des Projekts

II.1 Arbeitsteilung im Vorhaben

II.2 Arbeitspaket 1 / Rahmenbedingungen für Q-Monitoring, Prüfparameter

II.3 Arbeitspaket 2 / Applikation / Neuentwicklung von Prüfverfahren und -vorschriften

II.3.1 Sammlung der rCF

II.3.2 Anpassung / Neuentwicklung von Prüfverfahren

II.3.3 Untersuchung der rCF auf mögliche lungengängige Partikel

II.3.4 Applikation der Prüfverfahren / erste Resultate

II.3.5 Entwicklung der online-Messung

II.4 Arbeitspaket 3 / Untersuchungen zur Weiterentwicklung der Aufbereitungstechnologie als Basis für das Upscaling in den industriellen Maßstab

II.4.1 Pyrolysefasern

II.4.2 Verschnittabfall

II.4.3 Rovingreste / Absaugreste aus der Gelegerherstellung

II.5 Arbeitspaket 4 / Verarbeitungstests der in AP 3 gewonnenen rCF mittels verschiedener Vliesstofftechnologien im Technikumsmaßstab

II.5.1 Weiterverarbeitung der Pyrolysefasern

II.5.2 Weiterverarbeitung der Verschnittabfälle

II.5.3 Weiterverarbeitung der Rovingreste /Absaugreste

II.5.4 Input/Output-Betrachtung/Stoffstromanalyse

II.5.5 Verwendung eigene Vliesstoffabfälle im Prozess „rrCF“

II.6 Arbeitspaket 5 / Integration der in AP 2 ausgewählten Prüfverfahren und -vorschriften in die modifizierte Prozesskette und erste Feldtests zur Halbzeugherstellung

II.6.1 Faserorientierung der unterschiedlichen Prozessstufen

II.6.2 Faserorientierung über gesamte Warenbreite

II.6.3 Abhängigkeit der Faserorientierung von der Flächenmasse

II.6.4 Faserorientierung der rrCF-Vliesstoffvarianten

II.6.5 Online Messung der Faserorientierung

II.7 Arbeitspaket 6 / Compositeherstellung, Nachweis erreichbarer Effekte und Zuordnung zu den Anforderungen der verschiedenen Produktgruppen

II.7.1 Compositeherstellung am STFI

II.7.2 Herstellung von Verbundwerkstoffen bei der Firma Schmuhl Faserverbundtechnik

II.7.3 Herstellung von Verbundwerkstoffen bei der Firma Eissmann Cotesa

II.8 Arbeitspaket 7 / Entwicklung einer qualifizierten, industriell umsetzbaren Wertschöpfungskette sowie Verifizierung bei den Industriepartnern

II.9 Verwertung und Wirtschaftliche Bedeutung

II.10 Öffentlichkeitsarbeit

II.10.1 Veröffentlichungen in der Vorhabenlaufzeit

II.10.2 Veröffentlichungen nach Ende des Vorhabens

III. Ausblick

IV. Literaturverzeichnis

V. Beteiligte Institutionen und Ansprechpartner

V.1 Faserinstitut Bremen e.V.

V.2 Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V.

V.3 Autefa Solutions Germany GmbH

V.4 TENOWO GmbH

V.5 Eissmann Cotesa GmbH

V.6 Schmuhl Faserverbundtechnik GmbH & Co. KG

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Überblick über Verwertungsoptionen von C-Faser-Rezyklaten [2].
Tabelle 2	Analyseschema und Messmethoden für rCF
Tabelle 3	Ergebnisse Stoffstromanalyse Airlayverfahren
Tabelle 4	Ergebnisse Stoffstromanalyse Krempelverfahren
Tabelle 5	MD/CD-Verhältnisse Airlayverfahren
Tabelle 6	MD/CD - Verhältnisse Krempelverfahren
Tabelle 7	Übersicht Verbundwerkstoffe aus Pyrolysefasern
Tabelle 8	Übersicht Verbundwerkstoffe aus Verschnittresten
Tabelle 9	Übersicht rCF- und rrCF-Airlay-Verbundwerkstoff
Tabelle 10	Übersicht rCF- und rrCF-Verbundwerkstoff aus kardierten Vliesstoffen
Tabelle 11	Vergleich Zugfestigkeit und offline Bildanalyse rCF- und rrCF-Verbunde
Tabelle 12	Übersicht Laminatvarianten online Messung
Tabelle 13	Vergleich MD/CD-Verhältnis Laminat zu MD/CD-Verhältnis der online Messung
Tabelle 14	Übersicht rCF-Vliesstoffe für die Prepregherstellung

- Tabelle 15 Übersicht Verbundplatten u.a. aus Prepregs hergestellt
- Tabelle 16 Übersicht Versuchsplatten der Firma Schmuhl
- Tabelle 17 Übersicht Prüfplatten hergestellt bei der Firma Eissmann Cotesa

Abbildungsverzeichnis

Abbildung Projektlogo RecyCarb.

1:

Abbildung Entwicklung der weltweiten Carbonfaser-
2: Produktion

Abbildung Marktanteile der C-Faserhersteller

3:

Abbildung Übersicht der Arbeitspakete des Vorhabens
4: RecyCarb

Abbildung Balkenplan des Vorhabens RecyCarb

5:

Abbildung Schematische Darstellung der Zusammenarbeit
6: im Vorhaben

Abbildung Carbonvliesstoffanlage am STFI.

7:

Abbildung Übersicht der Probenahmestellen im
8: Kardierverfahren (mittels Krempel)

Abbildung Ergebnisse der Umfrage von Composites
9: Germany

Abbildung Rezyklatsammlung mit Rovings, Gelegen,
10: Kurzschnitt und Glasfaserfraktion

Abbildung Rezyklatsammlung verunreinigt mit
11: Einmalhandschuhen, Holzspatelresten etc.

Abbildung in der Rezyklatsammlung enthaltene Metallteile

12:

Abbildung Längenverteilung vs. Probenumfang für
13: geschnittene rCF als Box-and-Whisker Plots

Abbildung Längenverteilung vs. Probenumfang für rCF aus
14: Absaugung Airlay (Histogramme)

- Abbildung 15: Längenverteilung vs. Probenumfang für rCF aus Absaugung Airlay als Box-and-Whisker Plots
- Abbildung 16: REM-Analyse der rCF auf Partikel nach WHO-Klassierung
- Abbildung 17: kürzeste gefundene Partikel im Detail
- Abbildung 18: Filamentfestigkeit verschiedener rCF als Box-and-Whisker Plots
- Abbildung 19: E-Moduln verschiedener rCF als Box-and-Whisker Plots
- Abbildung 20: Querschnittsflächen der gemessenen rCF als Box-and-Whisker Plots
- Abbildung 21: REM-Aufnahmen der Proben V1 (links) und V2 (rechts)
- Abbildung 22: Messpunkte „Reste 1“ (links) und „Reste 3“ (rechts) im Detail; oben Zugfestigkeit, unten E-Modul
- Abbildung 23: REM-Aufnahmen der Proben „Reste 1“ (links) und „Reste 3“ (rechts)
- Abbildung 24: Originalbild, Kantenoperator und resultierendes Histogramm der bildanalytischen Orientierungsanalyse
- Abbildung 25: Ableitung von MD und CD in der Bildanalyse aus der Filamentorientierungsverteilung
- Abbildung 26: TENOWO Probe 5133/3 mit und ohne Maskierung der Vernähung in der Bildverarbeitung
- Abbildung 27: Erster Ansatz zur Prozesskontrolle mit NOS 200 in offline-Anordnung

Abbildung 28: Vergleich direkte (Blitz) vs. Dornbeleuchtung

Abbildung 29: Eingehaustes online-Messsystem an der Anlage

Abbildung 30: Faseraufbereitung mittels Schneid- und Reißmaschine am STFI

Abbildung 31: vernetzte Abfälle vor der Pyrolyse und nach der Pyrolyse

Abbildung 32: Abfallbetrachtung Pyrolyseabfall

Abbildung 33: Carbonfaseranteil

Abbildung 34: Rest

Abbildung 35: pyrolysierte Gelegeflakes

Abbildung 36: geöffnetes Fasermaterial

Abbildung 37: Herstellung des Faserflors

Abbildung 38: Pyrolysefasern vor Faseröffnung
(Probenpräparation für FibreShape)

Abbildung 39: Pyrolysefasern nach Faseröffnung
(Probenpräparation für FibreShape)

Abbildung 40: Schnittlänge 50 mm

Abbildung 41: Schnittlänge 70 mm

Abbildung: Schnittlänge 100 mm

42

Abbildung Vergleich angestrebte Kantenlänge und mittlere
43 Faserbündellänge

Abbildung Flakes auf Materialzuführband zur
44 Reißmaschine

Abbildung Materialzuführung und Aufreißprozess
45

Abbildung geöffnete Faserflakes
46

Abbildung Vergleich Schnittlänge und gemessene mittlere
47 Faserbündellänge

Abbildung Rovingreste vor der Faseröffnung
48

Abbildung geöffnete Rovingreste
49

Abbildung Vliesbildung mittels Airlayverfahren und
50 anschließender Vernadelung am STFI

Abbildung Vliesbildung mittels Krempelverfahren und
51 anschließender Vernadelung am STFI

Abbildung Verarbeitung des pyrolysierten Abfalls aus EoL
52 von Eissmann Cotesa

Abbildung Verschnittreste vor Faseröffnung
53

Abbildung Verschnittreste nach Faseröffnung
54

Abbildung vernadelter Vliesstoff mit Fehlstellen
55

Abbildung Airlayflor
56

- Abbildung Transport zur Vernadelung
57
- Abbildung vernadelter Airlayvliesstoff, 300 g/m²
58
- Abbildung Faserflor nach der Krempel
59
- Abbildung gestapelter Faserflor nach Leger
60
- Abbildung vernadelter Vliesstoff, 300 g/m²
61
- Abbildung Probenahmestellen im Krempelverfahren
62
- Abbildung Probenahmestellen im Airlayverfahren
63
- Abbildung Zuführung des Vliesstoffes zur Reißmaschine
64
- Abbildung geöffneter Vliesstoff
65
- Abbildung Airlayflor
66
- Abbildung mittlere Faserbündellänge rrCF-Airlayvliesstoff
67
- Abbildung mittlere Faserbündellänge rrCF-
68 Krempelvliesstoff
- Abbildung Versuchsaufbau offline Messung der
69 Faserorientierung
- Abbildung Faserorientierung eines Krempelvliesstoffes
70 (200 g/m²), MD/CD-Verhältnis: 0,57

- Abbildung 71 Faserorientierung der einzelnen Prozessschritte im Krempelverfahren
- Abbildung 72 Airlayflor und vernadelter Vliesstoff während der Ermittlung der Faserorientierung
- Abbildung 73 Faserorientierung der einzelnen Prozessschritte im Airlayverfahren
- Abbildung 74 Faserorientierung über die gesamte Warenbreite im Krempelverfahren
- Abbildung 75 Faserorientierung vernadelter, kardierter rCF-Vliesstoffe über die gesamte Warenbreite
- Abbildung 76 Faserorientierung vernadelter Airlayvliesstoffe über gesamte Warenbreite
- Abbildung 77 Abhängigkeit der Faserorientierung und Flächenmasse bei dem Krempelverfahren
- Abbildung 78 Faserorientierung im Krempelverfahren
- Abbildung 79 Faserorientierung im Airlayverfahren
- Abbildung 80 Faserorientierung rCF-Airlayvliesstoff und rrCF-Airlayvliesstoff
- Abbildung 81 Faserorientierung rCF-Krempelvliesstoff und rrCF-Krempelvliesstoff
- Abbildung 82 Faserorientierung kardierte, übernähte Vliesstoffe
- Abbildung 83 On-line Analyse der Orientierungsverteilung im laufenden Prozess am Airlayflor
- Abbildung 84 On-line Analyse der Orientierungsverteilung im laufenden Prozess am Krempelflor
- Abbildung Faserorientierung nach der Vernadelung