

KURZVERÖFFENTLICHUNG

Funktionalisierte Faser-Kunststoffverbunde auf 3D-Gewebebasis zur Energierückgewinnung aus Vibration und Abwärme (IGF 20278 N)

Autoren: Paul Hofmann
Timo Weimer
Susi Huynh
Metin Caliskan
Dr. Hans-Jürgen Bauder
Dr. Michael Haupt

Forschungsstelle: DITF – Institut für Textil- und Verfahrenstechnik
Erschienen: 13.12.2021
Bearbeitungszeitraum: 01.09.2019 bis 31.08.2021

Zusammenfassung

Getrieben durch immer strengere Restriktionen zur CO₂-Emission und das zunehmende Umweltbewusstsein der Verbraucher werden die Fahrzeughersteller gezwungen immer effizientere Antriebstechnologien zu entwickeln. Da im Bereich des Verbrennungsmotors kaum mehr Einsparpotential besteht, werden Effizienzsteigerungen heutzutage vornehmlich am Gesamtfahrzeug erzielt. Dies geschieht beispielsweise durch Gewichtseinsparung und Energierückgewinnung. Der in diesem Vorhaben verfolgte Forschungsansatz soll es ermöglichen, diese beiden Methoden miteinander zu kombinieren. Die Substitution schwerer Bauteile aus Stahl durch wesentlich leichtere Bauteile aus Faserverstärkten Kunststoffen (FVK) soll das Gesamtgewicht verringern. Gleichzeitig soll die textile Verstärkungsstruktur dabei aus Vibrationen und Ab- bzw. Verlustwärme Energie gewinnen. Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens werden zwei Ansätze verfolgt. Zum einen wird eine textile Verstärkungsstruktur für FVK entwickelt, die basierend auf dem Piezoeffekt aus Schwingungen elektrische Energie erzeugt und eine Verstärkungsstruktur, die basierend auf dem pyroelektrischen Effekt elektrische Energie aus Abwärme erzeugt. Da PVDF sowohl piezo- als auch pyroelektrische Eigenschaften besitzt und als Garn erhältlich ist, sollen für beide Prinzipien „textile Generatoren“ auf Mehrlagengewebebasis entwickelt werden.

Im Rahmen dieses Projekts wird das Funktionsprinzip aufgezeigt. Für eine Umsetzung zum Produkt ist weitere Entwicklungszeit notwendig. Mit faserverstärkten Bauteilen, die gleichzeitig als elektrischer Generator fungieren, kann jedoch spätestens vier bis sechs Jahre nach Projektende gerechnet werden.

Diese Technologie soll sowohl bei herkömmlichen Verbrennungsmotoren als auch bei zukunftsweisenden Elektroantrieben eingesetzt werden können. Vibration entsteht am Fahrzeug durch bewegte Teile und Reibung, Abwärme entsteht bei Elektrofahrzeugen bspw. an der Batterie bzw. bei Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor durch die Verbrennung.

Projekthinhalte und durchgeführte Untersuchungen

Im Rahmen der Projektbearbeitung wurden die beiden folgenden Teilziele verfolgt:

1. Die Entwicklung piezoelektrischer Energy-Harvesting-Systeme auf Mehrlagengewebebasis zur Nutzung von Schwingungen als Energiequelle
2. Die Entwicklung gewebter pyroelektrischer Generatoren zur Nutzung der Abwärme als Energiequelle

Zuerst wurden mehrlagengewebebasierte Piezoelemente als Verstärkungsstruktur für FVK entwickelt und charakterisiert. Diese Struktur soll dann in vibrationsreichen Bereichen des Fahrzeugs eingesetzt und dort elektrische Energie erzeugen. Die an den DITF durchgeführten Versuche zeigen, dass schon kleinste Erschütterungen zu einer nennenswerten Ladungsverschiebung im Material führen und somit elektrische Energie erzeugen.

Aufbauend auf dieser Technik wurden analog zu den aus dem Stand der Technik bekannten Verfahren pyroelektrische Energy-Harvester aus Mehrlagengewebestrukturen aufgebaut und hinsichtlich ihrer Rekuperationseigenschaften charakterisiert.

Gerade weil am Fahrzeug großflächige Bauteile vorhanden sind, die Erschütterungen, Verformungen und Temperaturschwankungen ausgesetzt sind, kann hier durch diese Technologie bisher ungenutzte Energie weiterverwendet werden. Denn umso größer die Fläche, desto mehr Ladung kann verschoben werden.

Der Forschungsschwerpunkt lag dabei auf der Entwicklung der textilen Verstärkungsstrukturen auf Mehrlagengewebebasis mit Energierekuperationsfunktion, die dann entsprechend der physikalischen Einflussgrößen Vibration, Verformung und Temperaturschwankung charakterisiert wurden.

Energierekuperation mithilfe des piezoelektrischen Effekts

Mechanische Belastungen, wie Vibration oder Durchbiegen, führen zu mechanischen Spannungen im Innern der Bauteile. Dynamische, mechanischen Spannungen lassen sich

mithilfe des piezoelektrischen Effekts in eine elektrische Spannung umwandeln. So kann durch den Einsatz von piezoelektrischen Garnmaterialien auch bei faserverstärkten Kunststoffen aus mechanischer Belastung elektrische Energie erzeugt werden.

Um die textilen piezoelektrischen Energierекuperatoren im FVK zu untersuchen, wurden dynamische Dreipunkt-Biegeprüfungen anlehnend an die die DIN EN ISO 14125 durchgeführt. Die Proben wurden zyklisch mit einer Frequenz von 5 Hz in Schwingung versetzt. Die Verformung fand im elastischen Bereich statt, d. h. die Proben wurden nicht zerstört.

Energierекuperation mithilfe des pyroelektrischen Effekts

Temperaturänderungen erzeugen bei pyroelektrischen Materialien, wie PVDF, eine elektrische Spannung, die mithilfe von Elektroden abgegriffen werden kann. So kann durch den Einsatz von piezoelektrischen Garnmaterialien auch bei faserverstärkten Kunststoffen, die starken Temperaturschwankungen ausgesetzt sind, elektrische Energie erzeugt werden.

Zur Messung des pyroelektrischen Effekts wurden die Proben mithilfe eines Peltierelements erwärmt und aktiv abgekühlt. Die durch die Temperaturschwankungen erzeugte Ladungstrennung wurde als Spannung mithilfe eines Multimeters abgegriffen und zusammen mit der Temperatur mit einem Messrechner aufgezeichnet

Abbildungen

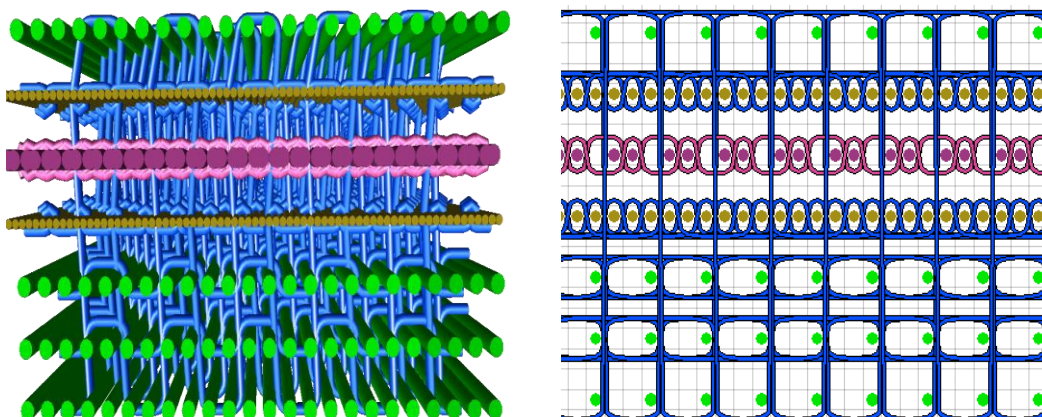


Abbildung 1: Schematische Darstellung der Bindung des textilen Kraftwerks in Through-Thickness-Bindung

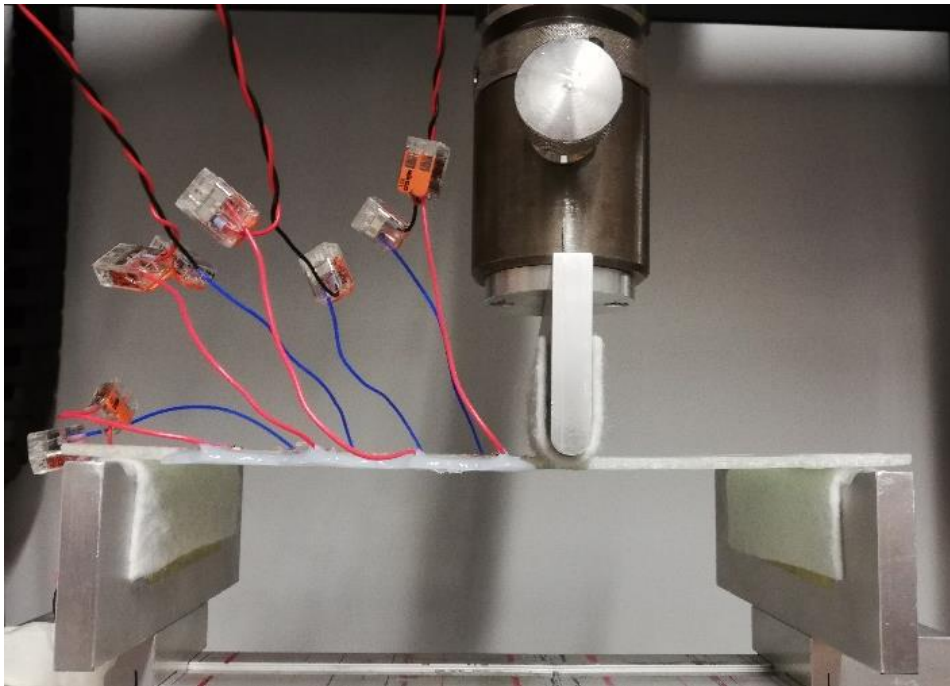


Abbildung 2: Gewebter Energiereducer in der Prüfmaschine zur mechanischen Prüfung

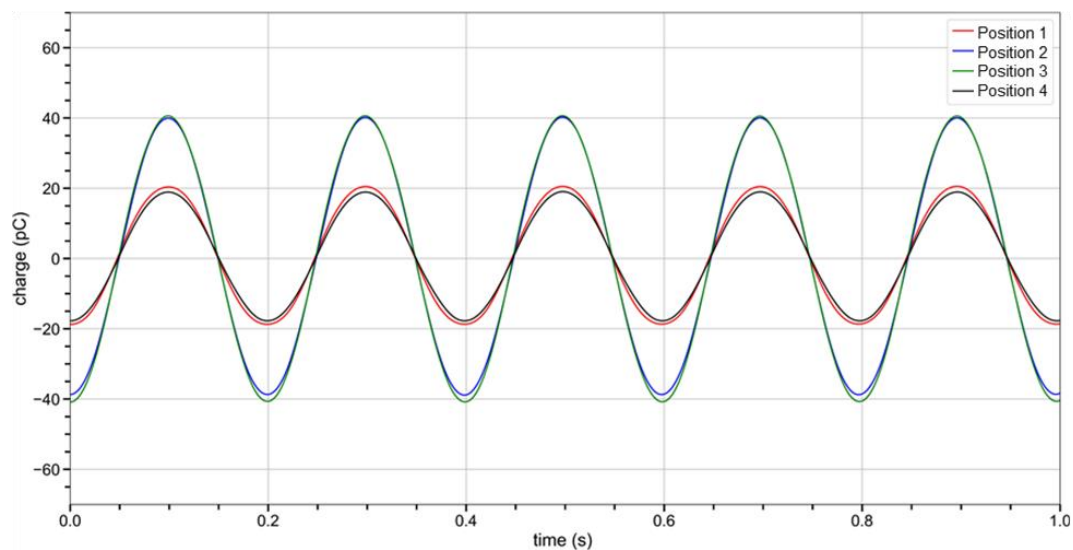


Abbildung 3: Verschobene Ladung bei verschiedenen Rekuperatorpositionen

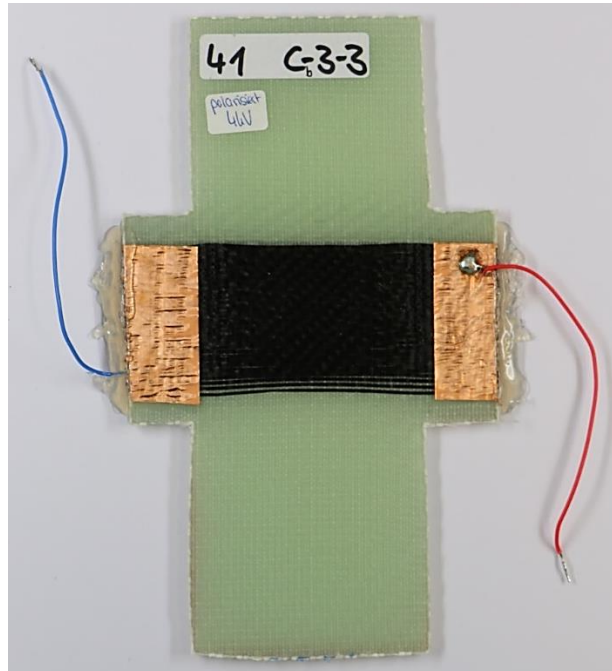


Abbildung 4: Prüfkörper zur pyroelektrischen Rekuperation mit Kohlenstoffaserelektroden

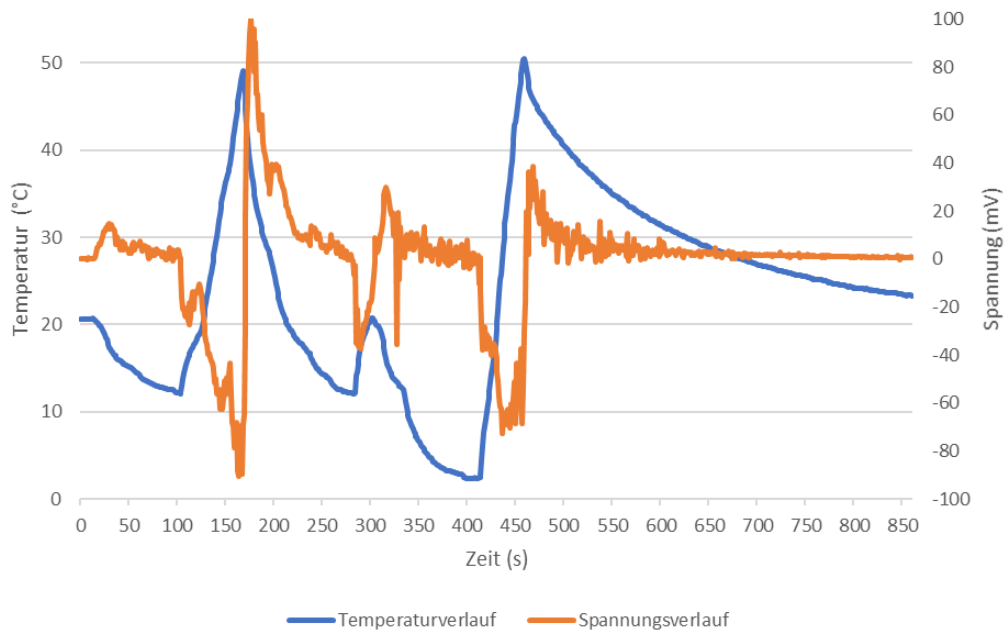


Abbildung 5: Pyroelektrische Energierikuperation einer Probe mit PVDF-Funktionsschicht

Danksagung

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Das IGF-Vorhaben 20278 N der Forschungsvereinigung
Forschungskuratorium Textil e.V., Reinhardtstraße 14-16,
10117 Berlin wurde über die AiF im Rahmen des
Programms zur Förderung der industriellen
Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom
Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund
eines Beschlusses des Deutschen Bundestages
gefördert.

Unser Dank gilt außerdem folgenden Firmen für die freundliche Unterstützung:

- AIRBUS Defence and Space GmbH
- Allianz Faserbasierte Werkstoffe Baden-Württemberg e.V.
- AMOHR Technische Textilien GmbH
- CHT Germany GmbH
- Dienes Apparatebau GmbH
- EAT GmbH "The DesignScopeCompany"
- ETTLIN Spinnerei und Weberei Produktions GmbH & Co
- Gustav Gerster GmbH & Co KG
- IVGT Industrieverband Veredlung - Garne - Gewebe - Technische - Textilien e.V.
- J.H. vom Baur Sohn GmbH & Co. KG
- Maschinenfabrik Lauffer GmbH & Co KG
- Nanoedge GmbH
- Rökona Textilwerk GmbH & Co. KG
- Saurer Spinning Solutions GmbH & Co. KG

Der Abschlussbericht des Forschungsvorhabens IGF 20278 N ist an den Deutschen
Instituten für Textil- und Faserforschung Denkendorf (DITF) erhältlich.

Ansprechpartner

Paul Hofmann, paul.hofmann@ditf.de