

KURZVERÖFFENTLICHUNG

Textilproduktion 4.0: Materialschonende und effiziente Produktionsprozesse für hochelastische sensorische Garne und Gestricke (SensorStrick 4.0)

Autoren:	Bastian Baesch Nora Müllner Uwe Röder Oswald Rieder Christoph Riethmüller Dr.-Ing. Sibylle Schmied
Forschungsstelle:	DITF – Institut für Textil- und Verfahrenstechnik
Erschienen:	31.03.2023
Bearbeitungszeitraum:	01.01.2021 – 31.12.2022

Zusammenfassung

Im Jahr 2017 lag das weltweite, wachsende Marktvolumen für Smart Textiles bei ca. 1,3 Mrd. € und der deutsche Markt bei ca. 230 Mio. € [1]. In diesem Markt stellen textile Sensoren eine Schlüsselkomponente für Smart Textiles dar. Eine vielversprechende Möglichkeit zur individualisierbaren Herstellung anforderungsgerechter, textiler Sensorik sind hochelastische, sensorische Flachgestricke aus hochelastischen, sensorischen Umwindegarnen (IGF 17944N, IGF 17819N, DFG FOR981 HIKETPA4, ZIM-Projekt MucorPrevent, ZIM-Projekt Okalift Superchange+). Die Anwendung flexibler, effizienter und individualisierbarer Fertigungsverfahren ist dabei eine grundlegende Voraussetzung für einen erfolgreichen Marktzugang und eine kostengünstige Produktion. Dies erfordert auch eine sehr hohe Prozesseffizienz mit geringen Fehlerquoten. Bei E-Textiles ist dies besonders wichtig, da Prozessfehler bzgl. der elektronischen Eigenschaften bisher nur durch aufwändige Kontrollen nach den einzelnen Produktionsschritten entdeckt werden können. Der erhöhte und unflexible Kontrollaufwand ist dabei ein erheblicher Preistreiber. Ziel des Projekts SensorStrick 4.0 war es, durch Integration zusätzlicher konventioneller und neuartiger Sensortechnik in den Umwinde- und den Strickprozess sowie einer konsistenten Datenübergabe zwischen den Prozessen einen erheblichen Mehrwert im Hinblick auf Prozesseffizienz und Produktionsqualität zu schaffen. Damit sollten auch

Fehler bzgl. der elektrischen Eigenschaften schon im Prozess entdeckt und rechtzeitig verhindert werden.

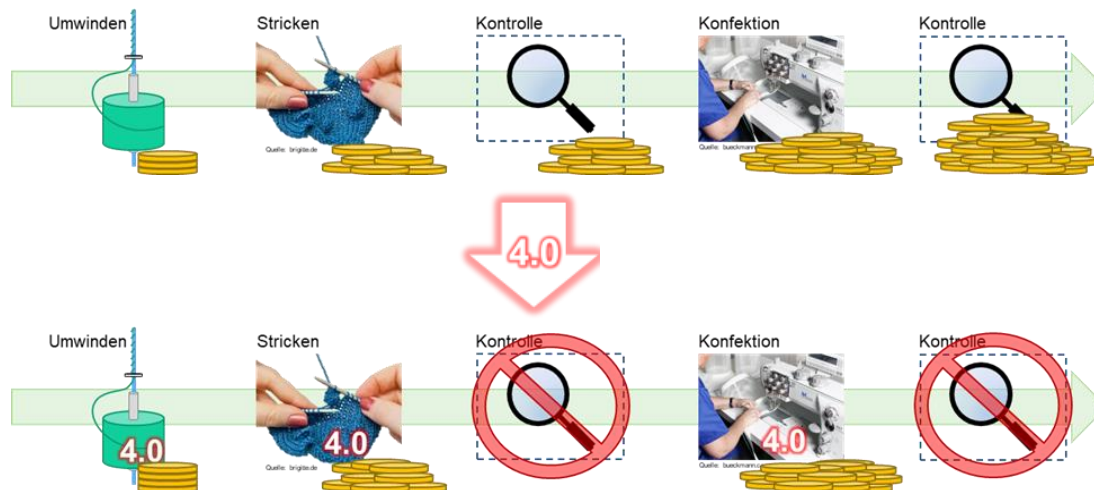


Abbildung 1: Textilproduktion 4.0 im Vergleich zu konventioneller Textilproduktion von hochelastischen sensorischen Garnen und Gestriicken

Die Sensorintegration erfolgte auf den Funktionsebenen Garnzufuhr, Maschinengeschwindigkeit, Strick-, Umwindewerkzeuge und Hilfsmittel und ist damit in der Lage, systematische Fehlerpotenziale auszuschließen. Die Analyse der ermittelten kapazitiven und konventionellen Sensordaten aus dem Umwinde- und Strickprozess zeigte Zusammenhänge auf, um damit Kausalitäten zwischen einzelnen Prozess- und Strukturparametern zu ermitteln. Bei Variation der Betriebsparameter Spindelfrequenz, Kernzugkraft und Produktionsgeschwindigkeit beim Umwindeprozess konnten unter anderem vorteilhafte Kombinationen bezüglich des Umwindedrahtzustandes ermittelt werden. Es wurde positiv bestätigt, dass der Kontrollaufwand durch die neuen Sensoren minimiert werden kann. Auf Basis der Sensordaten lassen sich die Prozessparameter optimal einstellen und die Qualität verbessern. Die systematische Zusammenführung und Rückführung prozessbestimmender Daten von neuartigen (kapazitiven) und konventionellen Sensoren auf verschiedenen Funktionsebenen ermöglicht hier die ganzheitliche integrale Betrachtung der Prozesse.

Ergebnisse

Für die nachhaltige Steigerung der Prozesssicherheit bei der Fertigung hochelastischer sensorischer Gestricke auf Flachstrickmaschinen ist es notwendig, das komplexe Stricksystem ganzheitlich zu begreifen. Dies bedeutet, die Teilprozesse der Maschine über Sensorik zu messen und mit geeigneten Methoden zu verstehen, um daraus handlungsrelevantes Wissen zu generieren. Ein effizienter Strickprozess kann zukünftig nur über eine systematische Generierung und digitale Verarbeitung systemrelevanter Prozessparameter erfolgen. Dies erfordert ein mehrschichtiges Parametermodell, eine digitale Erfassung von Prozessinformationen sowie komplexe Algorithmen zur Generierung prozessrelevanter Stellgrößen in den Funktionsebenen Garnzufuhr, Maschinengeschwindigkeit, Strickwerkzeuge, Hilfsmittel und systematische Fehlerpotenziale.

Mit Hilfe einer Produktion 4.0 werden nachträgliche Kontrollen wegfallen, da auftretende Fehler direkt detektiert werden können. Die Herstellung der hochelastischen, sensorischen Garne erfolgt, wie im Prozessdiagramm in Abbildung 2 definiert, in 2 Schritten: Dem Umwinden mit Lackdraht und nachfolgendem Covern mit PA 6.6 Multifilamentgarn. Im Anschluss an die Datenaufnahme wurden die Daten der drei Prozesse Umwinden, Covern und Stricken fusioniert.

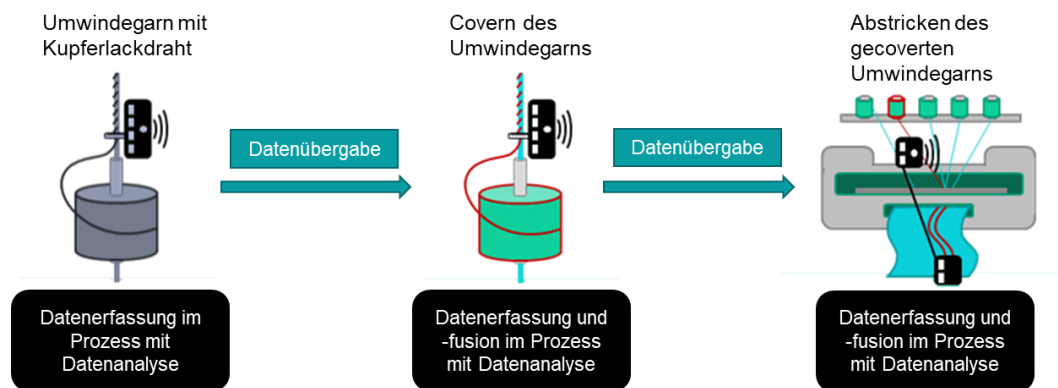


Abbildung 2: Prozessdiagramm für die Herstellung von sensorischen hochelastischen Gestrickstrukturen mit Umwindegarnen mit Sensorintegrationsmöglichkeiten

Als Fehler gilt dabei, wenn die sensorische Funktion, also der Draht im Umwindegarn, nicht mehr intakt ist. Der in diesem Projekt entwickelte prototypische CrC-Sensor ermöglicht über ein kontaktloses kapazitives Messprinzip eine Online-Analyse des hochelastischen sensorischen Umwindegarns. Es konnten charakteristische Messsignale erzeugt und Drahtbrüche und -aufschieber deutlich erkannt und lokalisiert werden.

Die folgende Abbildung 3 zeigt links den charakteristischen Messkurvenverlauf eines Umwindegarns mit intakter leitfähiger Komponente, auf der rechten Seite den Messkurvenverlauf eines Umwindegarns mit einem Drahtbruch, der durch den CrC-Sensor läuft.

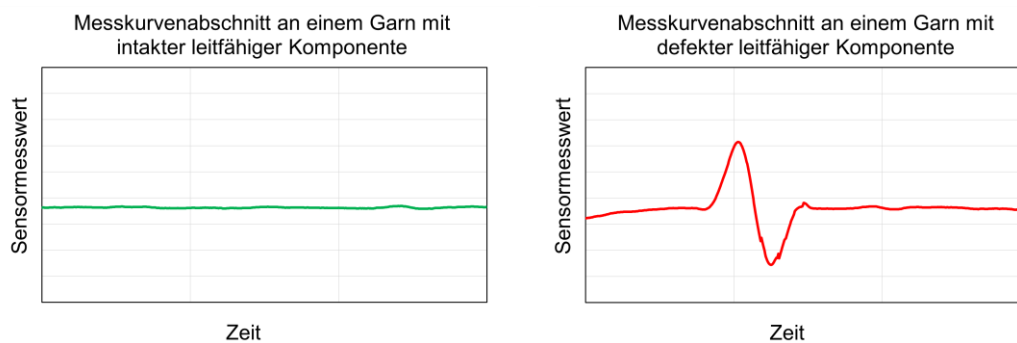


Abbildung 3: Messsignale eines leitenden Garns im CrC-Sensor mit charakteristischem Verlauf einer Fehlstelle

Durch die geschickte Wahl der Geometrie und des Messprinzips des neuartigen Sensors lässt sich dieser ohne aufwändige Umbaumaßnahmen sowohl in die Umwindemaschine als auch in die Strickmaschine integrieren.

Für diese neuen Sensoren erfolgte die Aufnahme der Messwerte mit einem separaten LabVIEW-Basierten Programm. Zur Maximierung der Programmablaufgeschwindigkeit wurden die Messdaten in einer binären TDMS-Datei mit ca. 900 erzeugten Datenpunkten (Spalten) pro Softwaretakt (etwa 2x pro Sekunde) abgespeichert. Zusätzlich wurde in die TDMS-Datei die Produktions-Sollgrößen inkl. Produktionsmaterialien, Spindeldrehzahlen und aller Prozessgrößen mit aufgenommen und abgespeichert. So finden sich auch Änderungen, die im Programmablauf an den Produktionsparametern vorgenommen werden, in den erzeugten Daten wieder.

Das Messsignal des CrC-Sensors wird mit der Kapazität über der Messdauer ausgewertet und ermöglicht eine direkte Fehleranalyse anhand des beschriebenen Verlaufs eines Fehlers. Ein Beispiel der mit dem CrC-Sensor aufgezeichneten Messkurve an einem Umwindegarn ist in Abbildung 4 dargestellt. Hier wird eine gemessene Vergleichskapazität C_0 sowie der dimensionslose Teiler zweier Vergleichskapazitäten (C_1/C_0) dargestellt.

Durch Teilen der Kapazitäten können Störeinflüsse wie z.B. Aufladung, Luftfeuchtigkeit oder zusätzliches Aufbringen von Masse minimiert werden.

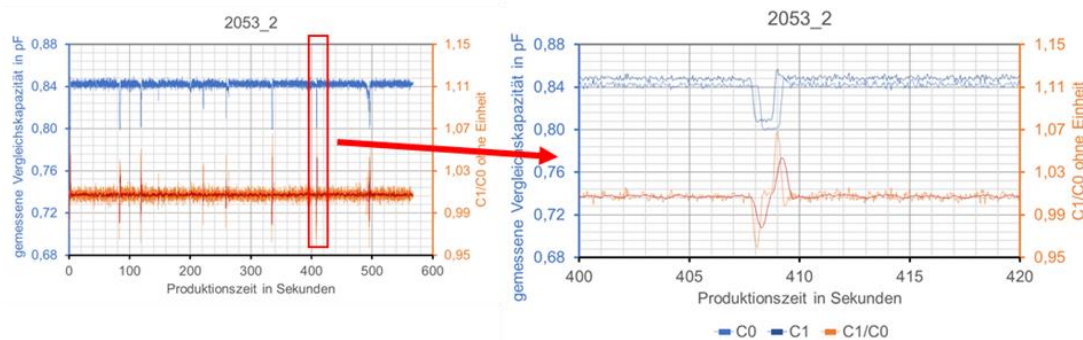


Abbildung 4: Messergebnis CrC-Sensor an einem Umwindegarn

Die Ergebnisse der durchgeführten Umwindeparameter-Variationen sind in nachfolgender Tabelle zusammengefasst. Hierfür wurden für jedes Muster Fehler ausgezählt. Die ausgezählten Fehleranzahlen wurden in diesem AP anschließend auf gleiche Produktionszeiten „normiert“. Mit Hilfe dieser Werte lassen sich die einzelnen Spulen bewerten und vergleichen. In Abhängigkeit von der Produktionsgeschwindigkeit lassen sich die Parameter Spindelfrequenz und Kernzugkraft spezifizieren.

Produktionsgeschw./Indigkeitt = 4 m/min	Eingestellte Kernzugkraft in cN	Spindelfrequenz in Hz							
		50	100	150	200	250	300	350	400
80									
40		100	100	100	100	100	100	100	100
20		100	44	19	21	100	26	100	100
15		100	16	14	23	25	100	100	100
10		100	36	27	6	100	35	29	100
5		100							

Produktionsgeschw./Indigkeitt = 8 m/min	Eingestellte Kernzugkraft in cN	Spindelfrequenz in Hz							
		50	100	150	200	250	300	350	400
80		26	100	100					
40		100	32	33	100	27	100	36	33
20		30	46	38	22	100	100	100	100
15		18	23	14	100	100	100	100	100
10		16	6	23	21	100	100	13	100
5		15	8	19	24	100	100	100	100

Abbildung 5: Fehleranalyse Umwindegarne pro 15 Produktionsminuten (beim Covern)

Die Abbildungen zeigen die Unterschiede der beiden Produktionsgeschwindigkeiten deutlich. Für die Produktionsgeschwindigkeit von 8 m/min halbieren sich die Fehler im Vergleich zu 4m/min, da die doppelte Produktionsgeschwindigkeit gefahren wurde.

Als optimale Betriebspunkte lassen sich damit aus den CrC-Sensormessdaten folgende Maschineneinstellungen (Produktionsgeschwindigkeit, Kernfadenspannung, Spindelfrequenz) festhalten:

- 8 m/min, ≤ 15 cN, ≤ 150 Hz
- 8 m/min, 10 cN, 350 Hz
- 4 m/min, 10 cN, 200 Hz

Die Garnfehler die im Umwindeprozess eindeutig erkennbar sind lassen sich in umgekehrter Reihenfolge (Garn läuft Aufgrund der Spulprozesse in umgekehrter Richtung durch den Sensor) auch beim Strickprozess eindeutig erkennen. Die Fehler sind als Ausschläge der blauen Messkurve nach unten, bzw. Peaks in der orangenen Messkurve zu erkennen. In Abbildung 5 sind in den Messdaten aus der Strickmaschine im Anschluss weitere Fehler in der Messkurve zu erkennen, die im Umwindeprozess noch nicht vorhanden waren. Diese lassen sich dadurch erklären, dass durch das Aufwickeln und Abziehen der Spule weitere Drahtbrüche in den unteren Spulenwicklungen ergaben. (Es wurde bei der Herstellung der Umwindegarne extra sehr kritische Garnkonfigurationen mit einem sehr dünnen Ultrafeinstdraht von $17\ \mu\text{m}$ hergestellt, um möglichst viele Fehler zu produzieren, die später erkannt werden konnten).

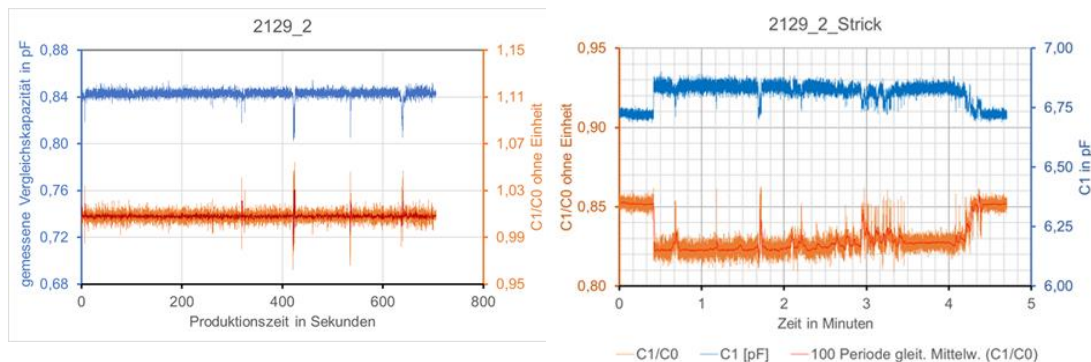


Abbildung 6: Messergebnisse CrC-Sensors an einem Versuchsgarn an der Umwindemaschine (links) und Strickmaschine (rechts)

Somit konnte gezeigt werden, dass sich das neue Sensorprinzip sehr gut eignet, um Garnfehler bzgl. der Leitfähigkeit sowohl im Umwinde- als auch Strickprozess zu detektieren.

Literatur

[1] J. Ohnemus und F. Rasel, „FashionTech - Smart Textiles, Kurzexpertise im Auftrag des BMWi“. Zentrum für Europäische Wirtschaftsförderung (ZEW), Mannheim 8. Januar 2018



DEUTSCHE INSTITUTE FÜR
TEXTIL+FASERFORSCHUNG

Deutsche Institute für Textil- und Faserforschung Denkendorf

Körschtalstraße 26
73770 Denkendorf
www.ditf.de

Bibliothek

Bernd Janisch
bibliothek@ditf.de
T +49 (0)711 93 40-505 | F +49 (0)711 93 40-297

Danksagung

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Das IGF-Vorhaben 21262 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 (IGF) vom
Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines
Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Der Abschlussbericht des Forschungsvorhabens 21262 N ist an den Deutschen Instituten für
Textil- und Faserforschung Denkendorf (DITF) erhältlich.

Ansprechpartner: Bastian Baesch, bastian.baesch@ditf.de