

KURZVERÖFFENTLICHUNG

Nachhaltigkeitspotenziale von Microfactories für textile Produktionsnetzwerke erschließen

Autoren: Dr. Jürgen Seibold
Dr. Michael Weiß
Alexander Mirosnicenko
Nemanja Stipic
Dr. Reinhold Schneider
Stefanie Brenner

Forschungsstelle: DITF – Zentrum für Management Research
Erschienen: 11.11.2022
Bearbeitungszeitraum: 01.12.2019 – 31.05.2022

Zusammenfassung

Nachhaltigkeit ist in der globalisierten Textil- und Bekleidungsindustrie ein intensiv diskutiertes und fokussiertes Thema. Schnelllebige Trends, unterjährig häufig wechselnde Kollektionen, ökologisch unvorteilhafte Geschäftsmodelle sind einige Treiber negativer Auswirkungen auf die Umwelt. Microfactories bieten durch eine digital durchgängige Produktentwicklung und Fertigung, in Verbindung mit moderner Informations- und Kommunikationstechnik, große Potenziale zur Optimierung der Wertschöpfungskette. Microfactory-Module für CAD, Raster Image Processing, Digitaldruck, Fixierung, Zuschnitt und Konfektion sind prinzipiell technologisch verfügbar aber in dieser Form noch nicht direkt für ein industrielles Produktionsnetzwerk übertragbar. Die offenen Fragen hinsichtlich Technik, Skalierbarkeit, realisierbarer Produkte, informationstechnischer Abstimmung der Prozesse und Produkte sowie erforderlicher Produktions-Workflows wurden daher untersucht und strukturiert.

Technische Fragestellungen hinsichtlich des Bedruckens unterschiedlicher Substrate (Baumwolle, Polyester, etc.), Farbstoffarten (Pigment, Dispersion, Reaktiv), der Fixierung, dem Konfektionieren und den erzielbaren technischen Eigenschaften von Produkten sowie deren ökonomische und ökologische Nachhaltigkeit wurden untersucht. Dazu wurden Prozessmodelle mittels der Materialflusskostenrechnung (MFCA) modelliert und für erste Produkte bereits bewertet. Der Demonstrator einer weitestgehend interoperablen Produktion unterschiedlicher Services auf Basis einer Microfactory wurde an den DITF erarbeitet. Er basiert auf einer flexiblen Workflow-Lösung um die Bandbreite möglicher Produkte und Produktgruppen in Microfactories deutlich auszubauen. Damit lassen sich spezifische Geschäftsmodelle für KMU sowie deren Nachhaltigkeit sowohl modellieren und evaluieren als auch im praktischen Betrieb unterstützen.

Ergebnisse

Die hohe Produktvielfalt und die breite Varianz an Individualisierungsmöglichkeiten von Produkten im Rahmen einer textilen Microfactory-Produktion führen fast zwangsläufig zu einer Vielfalt an Dateiformaten, welche die im Workflow benötigten Informationen transportieren. Dies ist auf den Einsatz von Maschinen und Software unterschiedlicher Hersteller, die breite Funktionalität der Prozesse einer Microfactory und den Mangel von Produktionsübergreifenden Hard- und Softwarelösungen aus einer Hand zurückzuführen. Diese Problematik wird bei Microfactory-Geschäftsmodellen rund um Produktionsnetzwerke mit vielen kleinen Dienstleistern noch zusätzlich verstärkt, da bereits existierende Maschinen und Software-Tools in den Workflow implementiert werden müssen, bzw. Neuanschaffungen nicht zwangsläufig im Netzwerk abgestimmt werden. Umso wichtiger werden die Identifikation und Abstimmung sinnvoller gemeinsam nutzbarer Standards, um den durchgängig digitalen, in einem Workflow-System steuerbaren, Prozess einer Microfactory-Produktion realisieren zu können.

Im Rahmen dieses Projekts wurde nun ein Konzept entwickelt, welches eine hohe Flexibilität für Microfactories ermöglicht, die komplexe Überarbeitung von Workflowmodellen aber stark vereinfacht. Dazu wurden die zulässigen Pfade von den Workflowmodellen entkoppelt. Normalerweise besteht ein Workflow aus den Ablaufstrukturen, die im Workflowmodell definiert ist sowie Formularen für die Eingabe von Informationen. Diese Informationen dienen dann zur Ansteuerung der zulässigen Pfade im Workflowmodell. Im nun entwickelten Konzept kommt eine dritte Komponente hinzu, eine Konfigurationsdatei. Die Konfigurationsdatei beschreibt nun zulässige Pfade im Workflowmodell. Das eigentliche Workflowmodell enthält nun alle denkbaren Pfade und nicht nur die für die aktuellen Produkte relevanten Pfade. Damit die Ansteuerung des Workflowmodells durch die Formulare trotzdem nur zulässige Pfade ermöglicht, müssen die Formulare dynamisch aus der Konfigurationsdatei zur Laufzeit generiert werden. Abbildung 1 zeigt nun die Abhängigkeiten der drei Komponenten Workflowmodell, Formular und Konfigurationsdatei auf.

Im Gegensatz zu dem bisherigen Vorgehen bei Workflows kann jederzeit ein neuer zulässiger Pfad durch das Workflowmodell definiert werden, der in der Konfigurationsdatei hinterlegt wird. Durch die dynamischen Formulare, welche die Konfigurationsdatei auslesen und interpretieren, kann dann der Workflow gesteuert werden und stellt sicher, dass nur zulässige Pfade ausgeführt werden können.

Die Stärke des neuen Konzepts kommt bei Änderungen im Workflow zum Tragen. Neue Produkte und auch neue Produktgruppen können ohne großen Aufwand mit der Konfigurationsdatei realisiert werden. Dazu kommt, dass Ergänzungen neuer Produktgruppen und Produkte keine Auswirkungen auf bestehende Gruppen und Produkte haben. Damit reduziert sich der Testaufwand, der bei solchen Änderungen notwendig ist, deutlich.

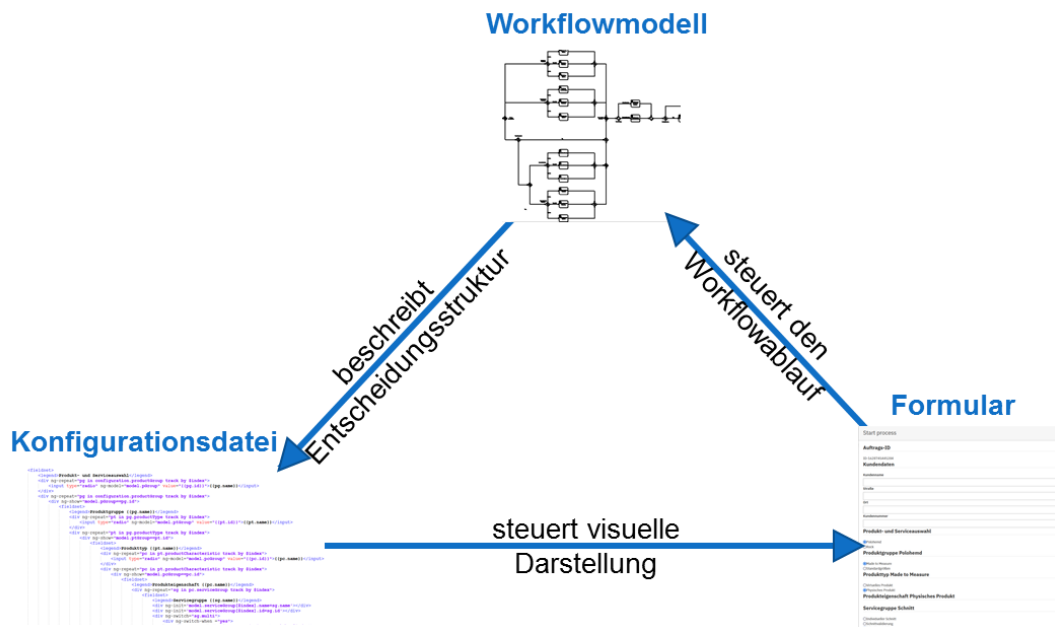


Abbildung 1: Neues Konzept zur Ansteuerung eines Workflows mithilfe einer Konfigurationsdatei

Die im Rahmen des Forschungsvorhabens entwickelten virtuellen Modelle (siehe Beispiel in Abbildung 2) und das digitale Rückgrat in Form von flexiblen Workflowstrukturen für Microfactories können dazu genutzt werden, Microfactories flexibler und nachhaltiger zu gestalten. Die Ergebnisse können dazu genutzt werden, schon bestehende textile Microfactories nach verschiedenen Kriterien, einschließlich der Nachhaltigkeit, zu bewerten und die Strukturen und Prozesse besser an die Anforderungen der Unternehmen anzupassen. Darüber hinaus eignet sich dieser Ansatz als Ausgangspunkt für Fertigungsmodelle, die eine lokale, flexible, bedarfsorientierte Fertigung unter Berücksichtigung der Nachhaltigkeit außerhalb der bisherigen Nischenmärkte der Microfactories bedienen. Diese neuen Fertigungsmodelle können dann die Herausforderungen und notwendigen Transitionen, wie sie im Leitfaden Perspektiven 2035 des Forschungskuratoriums Textil e.V. identifiziert wurden, entsprechend unterstützen.

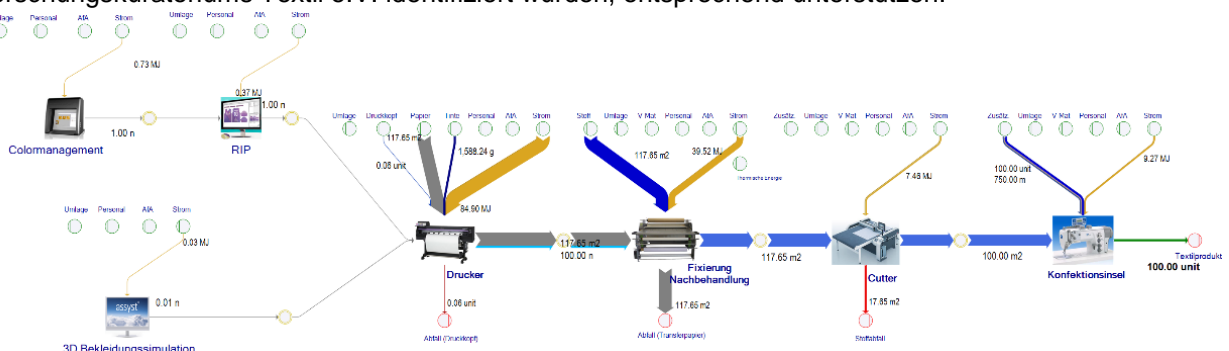


Abbildung 2: Beispielmodell für digitalen Transferdruck (Stoff- und Energieströme)

Das hierarchische und parametrisierte MFCA-Modell der Microfactory erlaubt eine sehr detaillierte Differenzierung verschiedenster Ausprägungen und Anwendungsszenarien. Daher sind die im Beispiel

dargestellten Werte nicht als typische Durchschnittswerte zu verstehen. Vielmehr ist die spezifische Modellierung anhand des erforderlichen Workflows erforderlich, um zu aussagefähigen Kosten und eines korrekten CO₂-Fußdrucks zu gelangen. Der Umfang der relevanten Modellparameter sowie die aufgezeigte Sensitivität des Modells zeigen dies eindringlich.

Im Rahmen des Projektes wurden technische, ökologische und ökonomische Aspekte kombiniert betrachtet und mittels Multi-Kriterien-Analyse ausgewertet. Sie hilft die beste Lösung zu finden, wenn es mehrere Varianten oder Alternativen gibt, die mittels unterschiedlicher Bewertungskriterien bewertet und miteinander verglichen werden sollen. Außerdem ist sie in der Lage, Zielkonflikte in einer Nachhaltigkeitsbewertung abzubilden, sowie qualitative und quantitative Daten zu berücksichtigen. Insgesamt werden die zu vergleichenden Varianten, die abzuwägenden Kriterien und weitere Faktoren wie Gewichtungen, Präferenzfunktionen für die einzelnen Kriterien modelliert. Aus diesen Eingabedaten leitet die Software die Analyse her, veranschaulicht die Vor- und Nachteile der Entscheidungsalternativen, wertet sie aus und hilft somit bei der Entscheidungsfindung.

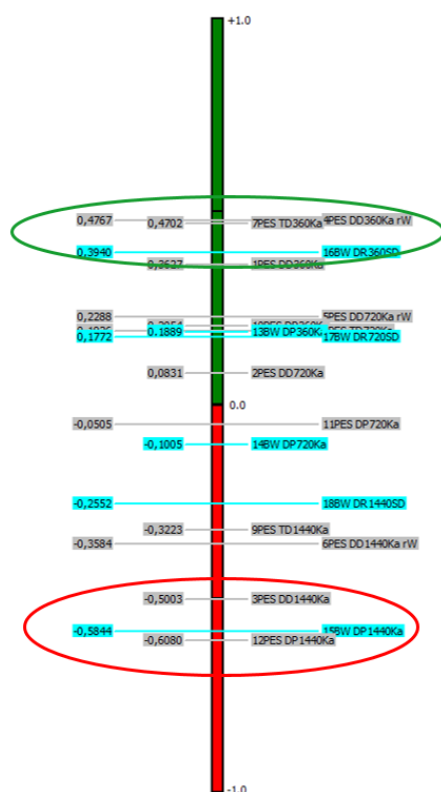


Abbildung 3: Ergebnis einer Multi-Kriterien-Analyse

Im Projekt war das Ziel, achtzehn Druckversuche mit unterschiedlich behandelten Substraten, Tinten und Druckverfahren im Rahmen der Microfactory zu vergleichen, um ihre spezifischen Vorteile und Nachteile gegenüber zu stellen. Die untersuchten Varianten weisen verschiedene Eigenschaften bezüglich ihres Substrattyps (Polyester, Baumwolle), angewandtes Druckverfahren (Direkt, Transfer), der Art der Tinten (Dispersion, Pigment, Reaktiv), der Druckauflösung (360 dpi, 720 dpi, 1440 dpi), Fixierung (Kalandern, Satttdampf) und der optionalen Nachbehandlung mit reduktiver Wäsche auf. Ausführlich sind diese achtzehn Varianten in **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** zu sehen.

Die Ergebnisse der Multi-Kriterien-Analyse sind Werte ohne Einheiten von -1 bis 1. Das bedeutet, dass zum Gesamtvergleich der Alternativen die Bewertungen zu einem positiven und einem negativen Outrankingfluss zusammengefasst werden. Der positive Outrankingfluss Phi+ (grüner Streifen) gibt an, wie stark diese Alternative im Vergleich mit den anderen Alternativen (ggf. auch gegeben, bei welchen Kriterien) besser abschneidet als bei den anderen. Der negative Outrankingfluss Phi- (roter Streifen) hingegen gibt an, bei welchen Kriterien sie schlechter abschneidet als die anderen Alternativen (siehe Abbildung 3).

Diese Analysen zeigen, dass es keine alleinige optimale Lösung für solche Probleme gibt, und es notwendig ist, die technischen, ökologischen und ökonomischen Präferenzen des Entscheidungsträgers zu verwenden, um Lösungen zu bewerten und zu differenzieren.

Die Forschungsergebnisse ermöglichen auch neue Geschäftsmodelle, beispielsweise durch kurzfristige Nachbestellungen als Reaktion auf Abverkaufszahlen am Point of Sale. Damit kann die Produktionsmenge flexibel an die tatsächlichen Bedarfe angepasst werden, wodurch die Überproduktion von Bekleidung, mit immensen negativen Umweltfolgen als auch Abschreibungen saisonaler Ware, erheblich reduziert werden kann. Die Microfactory-Module zusammen mit den virtuellen Modellen und dem flexiblen Workflow, als digitales Rückgrat ermöglichen nun die Herstellung komplexer Produkte und eines breiten Produktspektrums in Microfactories.

Die virtuellen Modelle und das entwickelte digitale Rückgrat können sowohl zur Bewertung, Gestaltung und Betrieb von Microfactories als auch, durch entsprechende Anpassungen, für konventionelle Produktionen herangezogen werden. Die Erprobung der im Rahmen des Projektes entwickelten bzw. erweiterten Software-Werkzeuge erfolgte in der Microfactory-Demonstratorumgebung an den DITF.

Die erarbeiteten konzeptionellen und technischen Lösungen versetzen nun die Unternehmen in die Lage, die Ergebnisse der Forschungsarbeiten schnell und einfach für eigene Geschäftsmodelle zu nutzen.

Danksagung

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Das IGF-Vorhaben 20534 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.

Unser Dank gilt außerdem den Firmen, die als Industriepartner der Fallstudien mitgewirkt haben, und auch allen (weiteren) Mitgliedern im Projektbegleitenden Ausschuss für die freundliche Unterstützung. Der Abschlussbericht des Forschungsvorhabens (IGF-Nr. 20534 N) ist an den Deutschen Instituten für Textil- und Faserforschung Denkendorf erhältlich.

Ansprechpartner

Dr.-Ing. Jürgen Seibold, juergen.seibold@dif.de