

Entwicklung einer simulationsbasierten Methode zur Unterstützung bei Gestaltung und Organisation von Produktionssystemen zur rentablen Kleinmengenherstellung von Textilien

Rentable Kleinmengenherstellung Textil – ReKleT (IGF 20660 N)

Autoren: Dieter Stellmach
Dr. Jürgen Seibold

Forschungsstelle: DITF – Zentrum für Management Research

Erschienen: 25.11.2022

Bearbeitungszeitraum: 01.02.2020 – 31.05.2022

Zusammenfassung

Die Herstellung kleinerer Mengen in der Textilindustrie ist aufgrund der zunehmenden Fragmentierung der Produkte und Endanwendungen sowie kurzfristiger Aufträge für vernetzte Wertschöpfungsketten eine Notwendigkeit. Gleichzeitig ist damit meist ein hoher Aufwand an Planung, Vorbereitung, Rüsten und Reinigung verbunden, die Kosten steigen überproportional stark, sind aber meist nicht direkt quantifizierbar. Hier setzt das Forschungsvorhaben ReKleT an: Im Rahmen dieses Projekts wurde dazu eine simulationsbasierte Methode entwickelt, mit der die unterschiedlichen Fragestellungen für Textilprozesse untersucht werden können. Die Methode enthält im Kern parametrisierte und vorkonfigurierte Modellbausteine und daraus erstellte generische Prozessstufenmodelle sowie eine Simulationsumgebung. Letztere ermöglicht eine strukturierte Datenbereitstellung und -aufbereitung sowie das Simulieren von Szenarien der textilen Wertschöpfung.

Dabei werden Material, Energie, Anlagen, Personal, Hilfs- und Betriebsstoffe und explizit auch Abfälle und Reste im Modell erfasst und mit Zahlen hinterlegt, um so verschiedene Produktionsszenarien und Losgrößen als Szenarien vergleichend bewerten zu können. Zur Simulation wird auf der Materialflusskostenrechnung nach DIN EN ISO14051 [ISO14051] „Materialflusskostenrechnung (MFKR)“ (englisch: „Material Flow and Cost Accounting - MFCA“) aufgesetzt. Die Modelle sind hierarchisch. Auf oberster Ebene werden die textilen Wertschöpfungsstufen (Garn, Fläche, Ausrüstung) und in der unteren Ebene werden einzelne Maschinen und Aggregate betrachtet. Mit dem so entstandenen Baukasten können Unternehmen Szenarien analysieren und vergleichen. Die Daten werden in Excel-Tabellen verwaltet und automatisiert in die Modelle eingespielt. Damit wird den Unternehmen eine Entscheidungsunterstützung zur Gestaltung der Produktion, zu Prozessänderungen, zu entstehenden Kosten und zu Investitionen gegeben. Entsprechende Services und Dienstleistungen werden von DITF-MR angeboten.

Ergebnisse

Textilien werden häufig in kleinen Mengen benötigt, hergestellt und verarbeitet. Bei Garnen sind etwa Mengen unter 100 kg den Kleinmengen zuzuordnen, bei textilen Flächengebilden, also Geweben, Gewirken oder Gestrickten, spricht man bei Mengen unter 1000 Laufmetern von Kleinmengen. Eine präzise Definition ist nicht möglich.

Die Herstellung kleiner Mengen ist oft mit relativ hohem Aufwand verbunden: Maschinen müssen gereinigt, vorbereitet, gerüstet werden, Aufträge müssen verwaltet, Materialien bereitgestellt werden. Um trotzdem nachhaltig und erfolgreich wirtschaften zu können stehen die Unternehmen, insbesondere die KMUs, der Textilwirtschaft vor Fragen wie etwa: Wie gestalte ich meine dementsprechende Produktion? Welche Kosten entstehen dabei? Wie organisiere ich die Abläufe? Dabei spielen zahlreiche Faktoren eine Rolle: Mindest- und Maximalmengen je Prozessschritt, Abfälle und Reste, Anlagengröße und -konfiguration, Energieart und -kosten, Personalkosten und -flexibilität, Produktionsabläufe und -kontrolle, um nur ein paar zu nennen. Darüber hinaus sind mittlerweile auch Nachhaltigkeitsbetrachtungen erforderlich. Eine Fragestellung dabei ist: Wie wird das Treibhauspotenzial (auch GWP, Global Warming Potential, CO₂-Äquivalent) durch die Produktion von Kleinmengen beeinflusst? Bisherige verfügbare Untersuchungsmethoden liefern meist nur Teillösungen bzw. Teilantworten. Eine integrierte Methode, die sowohl die funktionalen Aspekte (also Kostenbetrachtungen, integrierte Material- und Energieflussbetrachtungen, vor allem bezüglich Resten und Abfällen, als auch alternative stufenübergreifende Prozessfolgen) und die anwendungsorientierten Aspekte integriert und für individuelle Fragestellungen für KMU der Textilindustrie anbietet, existierte nicht.

Im Rahmen dieses Projekts wurde dazu eine simulationsbasierte Methode entwickelt, mit der die unterschiedlichen Fragestellungen für Textilprozesse untersucht werden können. Die Methode enthält im Kern parametrisierte und vorkonfigurierte Modellbausteine und daraus erstellte generische Prozessstufenmodelle sowie eine Simulationsumgebung. Letztere ermöglicht eine strukturierte Datenbereitstellung und -aufbereitung sowie das Simulieren von Szenarien der textilen Wertschöpfung.

Das Modellierungsprinzip besteht aus einer vier Ebenen umfassenden, hierarchischen Modellstruktur. Die unterste Ebene modelliert einen generischen Prozessschritt, bestehend aus Rüsten, Produktion und Reinigung. Jeder dieser Teilaktivitäten wird mit unterschiedlichen Material-, Energie-, Anlagen-, Personal- und Hilfsbedarfen abgebildet. Die beiden mittleren Ebenen stellen Aggregationen auf Anlagenebene und auf Werkstattebene dar. Auf der obersten Ebene finden sich die textilen Prozessstufen für Garne, textile Flächen und Textilveredlung. Da sich die einzelnen Prozessstufen in ihrer Struktur unterscheiden, wurden vorkonfigurierte Prozessstufenmodelle für die Garnherstellung, die Gewebeerstellung und die

Textilveredlung entwickelt. Dabei lassen sich die Prozessstufenmodelle für die Gewebeerstellung auf die Herstellung von Gestrieken und anderen textilen Flächen übertragen. Zur Simulation wird auf der Materialflusskostenrechnung nach DIN EN ISO14051 [ISO14051] „Materialflusskostenrechnung (englisch: „Material Flow and Cost Accounting - MFCA“) aufgesetzt. Damit können Material- und Energieflüsse und die anteiligen Kosten, ebenso für Personal- und Anlagekosten der Produktionssysteme, sowie das Treibhausgaspotenzial in Unternehmen ganzheitlich untersucht, bilanziert und bewertet werden. Dabei werden insbesondere Reste und Abfälle berücksichtigt. Verschiedene Szenarien von Prozessfolgen können stufenübergreifend simuliert und analysiert werden. Als Software-Werkzeug wird Umberto LCA+ der Fa. ifu Hamburg (heute: iPoint-systems gmbh, Reutlingen) genutzt. Für ein benutzerfreundliches Szenariomanagement wurde eine Tabellenkalkulationsstruktur entwickelt. Damit können sowohl Modellkonfiguration als auch Modelldaten komfortabel und konsistent verwaltet werden. Abbildung 1 illustriert diese Struktur beispielhaft für ein Weberei-Szenario.

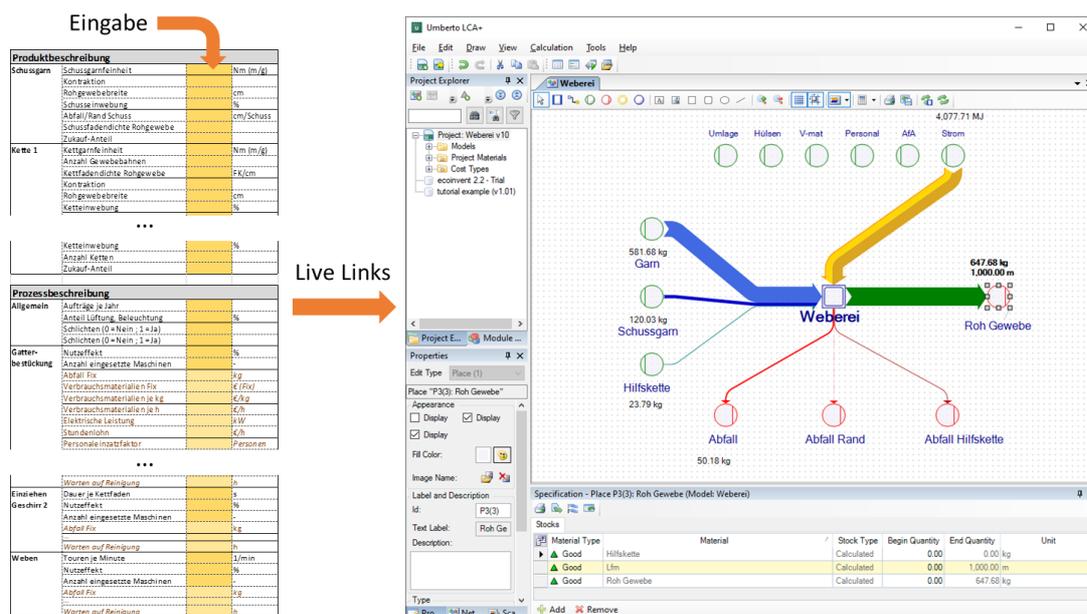


Abbildung 1: ReKleT Modellparameter- und Simulationsstruktur beispielhaft zur Gewebeerstellung

Abbildung 2 zeigt beispielhaft für die Prozessstufe Weben die ReKleT-Modellansichten „Masse“, „Kosten“ und „CO₂“ bei der Herstellung von 10.000 m (mit einem Gewicht von 1.699 kg) eines fiktiven Gewebes. Die Daten werden in den Tabellen zusammengestellt und dann mittels so genannter Live Links direkt in die Simulationssoftware übertragen.

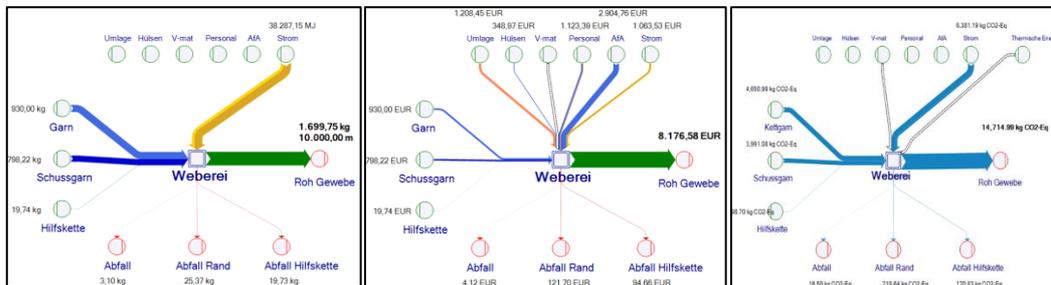


Abbildung 2: Prozessstufenmodellansichten: Massenansicht (links), Kostenansicht (Mitte) und CO₂-Ansicht (rechts) für die Prozessstufe Weben

Die hierarchische Modellierung wird am Prozess des Webens deutlich. Hinter dem Gesamtprozess aus Abbildung 2 liegt ein detaillierteres Prozessmodell (Abbildung 3). Die Gewebherstellung erfolgt dabei auf einer Schaftwebmaschine mit einer Kette. Die Ketttherstellung wird als Schärvorgang durchgeführt, und zum Rüsten der Webmaschine wird das Webgeschirr im Vorwerk vorbereitet, mit den Kettfäden bestückt, und anschließend die Webmaschine mittels konventionellen Geschirrwechsel gerüstet.

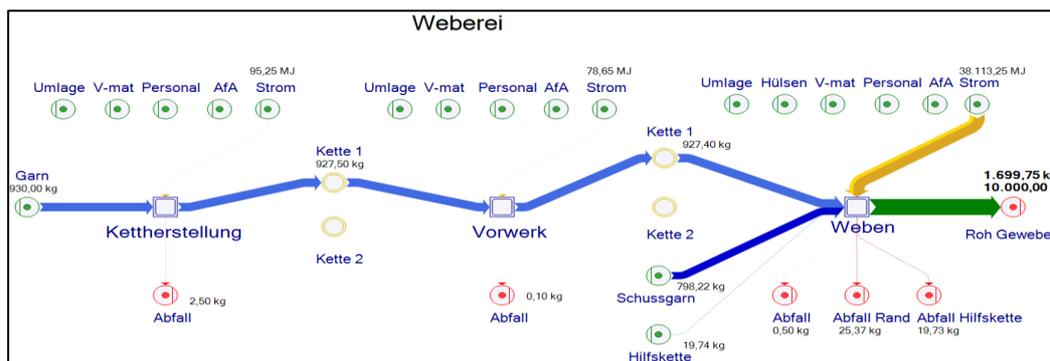


Abbildung 3: Prozess-Teilmodell: Massenansicht für Teilprozesse der Gewebherstellung

Jede Modellansicht beinhaltet dabei nicht nur die Massen (in diesen Fall von Garnen und Geweben), sondern auch die für den Prozess erforderlichen Bedarfe an Energie, Personal, Hilfs- und Betriebsstoffe sowie die anteiligen Anlagenkosten. Ebenfalls abgebildet sind die Kennwerte für Abfälle.

Dabei werden die Werte der obersten Ebene – die Prozessstufenebene wie in Abbildung 2 dargestellt - auf der untersten Modellebene für jeden einzelnen Prozessschritt berechnet, und über die beiden Detailebenen bis zur obersten Ebene kumuliert. So zeigt Abbildung 3 beispielhaft den detaillierten Massenfluss und Energiebedarf für Kettherstellung, Vorwerksarbeiten und Webvorgang als Teilprozesse in bei der Gewebherstellung.

Noch detailliertere Modelle bieten die darunterliegende Modellebene 3 (mit Teilmodellen z.B. zur Kettherstellung wie etwa Gatterbestückung, Schären, oder Bäumen) sowie die Basis-ebene für jede einzelne Prozessaktivität, bestehend aus dem Grundmodell Rüsten-Produzieren-Reinigen. Damit können die Herstellungsprozesse sehr detailliert modelliert werden, und gleichzeitig hochaggregiert visualisiert werden, aus Sicht von Massen, Kosten und Treibhausgaspotenzial.

Wie oben ausgeführt, werden die Modellparameter und die Prozess- und Produktdaten mittels Tabellenkalkulation verwaltet und für die Simulation aufbereitet. Damit wird auch das Management von verschiedenen Szenarien ermöglicht. Dies ist für die Untersuchung von mengenabhängigen Kosten elementar. So können z.B. Szenarien mit einem Weberei-Modell und einem Gewebe-Modell für unterschiedliche Produktionsmengen und unterschiedlichen Teilabläufen abgebildet und simuliert werden, und die Ergebnisse vergleichend dargestellt werden. Abbildung 4 zeigt eine Auswertung von 5 Szenarien mit Produktionsmengen von 10.000 m eines fiktiven Gewebes bis zu 100 m. (Zahlen wurde verfremdet).

		Version 1 - unterschiedliche Menge				
		V1.1	V1.2	V1.3	V1.4	V1.5
Gesamt	Laufmeter (m)	10.000,00	3.000,00	1.000,00	300,00	100,00
	Menge (kg)	1.699,75	509,93	169,98	50,99	17,00
	Gesamtpreis (€)	8.397,06	2.962,14	1.409,81	868,29	718,73
	€/kg	4,94	5,81	8,29	17,03	42,28
Kett-herstellung	Gesamtpreis (€)	1.291,20	603,30	407,33	340,74	327,45
	€/kg	0,76	1,18	2,40	6,68	19,26
Vorwerk	Gesamtpreis (€)	158,04	158,02	157,95	157,72	157,08
	€/kg	0,09	0,31	0,93	3,09	9,24
Weben	Gesamtpreis (€)	6.947,82	2.200,82	844,53	369,83	234,20
	€/kg	4,09	4,32	4,97	7,25	13,78

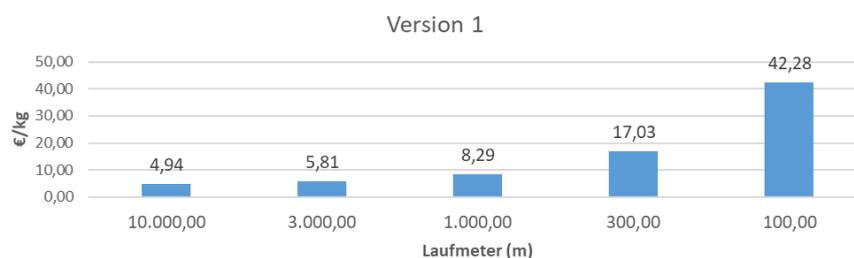


Abbildung 4: Beispielhafte vergleichende Ergebnisdarstellung von Webereiszenarien

Daraus kann beispielhaft analysiert werden, dass bei einer Reduktion der Produktionsmenge auf 10 % (von 10.000 m auf 1.000 m) der kg-Preis um ca. 80 % steigt, was im Wesentlichen an Kostensteigerungen in der Kettherstellung und im Vorwerk begründet liegt.

Dabei wurden hier nur die Mengen geändert; die Vorgehensweisen bei Kettherstellung, Vorwerksarbeiten und Gewebeherstellung blieben unverändert. Denkbare Strategieänderungen in der Webereistufe können etwa Auftragszusammenfassung, Zwischenlagerung von

Geschirr mit bestücktem Kettbaum oder auch ein Stillstand von Webmaschinen sein. Entsprechende Änderungen sind mit den Simulationsmodellen abbildbar.

Generelle oder gar allgemeingültige Aussagen zu Kosten-Mengen-Verhältnissen lassen sich nicht machen, dazu sind die Prozesse und Produkte zu unterschiedlich und die Gegebenheiten in den Unternehmen zu wenig vergleichbar. Gerade hier aber kommt die ReKleT-Methode wirkungsvoll zum Einsatz, da sich die unterschiedlichsten Szenarien abbilden lassen und diese simuliert werden können. Ein Textilunternehmen kann seine individuellen Sachverhalte abbilden, künftige Konfigurationen berechnen und bewerten, und daraus Entscheidungen über Preisgestaltung, Prozessabläufe, Investition oder Produktportfolio ableiten.

Analoge Aussagen gelten auch für die Spinnereistufe. Im Rahmen des Projektes wurde in derselben 4-Ebenen-Struktur die Spinnerei generisch modelliert. Ebenso werden die Daten mittels Tabellenkalkulation verwaltet. Auch für die Veredelungsstufe, sowie für die Gestrickherstellung und die Produktion von Vliesstoffen wurden die prinzipiellen Modelle entwickelt. Die hierarchischen, parametrisierten und validierten Modelle der Textilherstellungstufen Spinnen, Weben und Veredeln, sowie das entwickelte System zur Simulation können sowohl zur Analyse, Bewertung und Auslegung von Produktionssystemen nicht nur für kleine Textilmengen (etwa Garne oder textile Flächen), sondern auch für konventionelle Produktionsmengen genutzt werden. Auch zur Untersuchung von Schwachstellen oder von „Hot Spots“, also Stellen mit großen Mengen oder Kosten, ist die ReKleT-Methode geeignet. Eine sehr detaillierte Differenzierung verschiedenster Ausprägungen und Anwendungsszenarien ist möglich. Daher sind die im Beispiel dargestellten Werte nicht als typische Durchschnittswerte zu verstehen, sondern nur exemplarisch gedacht. Die Methode und die zugrunde liegenden Modelle können darüber hinaus zur Sensitivitätsanalyse eingesetzt werden und so aufzeigen, wo kleine Veränderungen große Auswirkungen hervorrufen.

Wichtig dabei ist, dass die Modelle einfach auf unternehmensindividuelle reale oder fiktive Konfigurationen von Produkten und Prozessen angepasst werden können. Allerdings ist – wie bei allen Simulationen und Berechnungen – die Qualität der Daten ein elementares Thema. Ungenaue, unvollständige oder veraltete Daten liefern falsche Ergebnisse. Gleichzeitig stehen oftmals reale Daten gar nicht zur Verfügung, von daher muss mit Schätzungen oder Annahmen gearbeitet werden.

Ökonomische Nachhaltigkeit, also wirtschaftlich rentable Produktion, und ökologische Nachhaltigkeit müssen Hand in Hand gehen und können nicht getrennt betrachtet werden. Deswegen ermöglichen es die Ergebnisse, nicht nur Mengen und Kosten, sondern auch gleichzeitig mögliche Umweltauswirkungen, hier mit Fokus auf den CO₂-Fußabdruck, zu betrachten.

Damit werden die Textilunternehmen, und insbesondere die KMUs, in die Lage versetzt, die Ergebnisse der Forschungsarbeiten schnell und einfach für eigene

Rentabilitätsuntersuchungen zu Kleinmengen, und darüber hinaus auch für Nachhaltigkeitsanalysen, zu nutzen. Auch aktuelle Schwankungen bei den Energiekosten können damit sehr gut abgebildet und analysiert werden, um im Spannungsfeld ökologischer Anforderungen und ökonomischer Herausforderungen in Deutschland rentabel produzieren zu können. Dieser Trend zum so genannten Nearshoring erfordert Methoden, Konzepte und Modelle wie diejenigen, die im vorliegenden Forschungsvorhaben erarbeitet wurden.

Der im Forschungsbericht enthaltene Anwendungsleitfaden unterstützt dabei, weitere Informationen oder Beratungsangebote sind bei DITF-MR verfügbar.

Danksagung

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Das IGF-Vorhaben 20660 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 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 20660 N ist an den Deutschen Instituten für Textil- und Faserforschung Denkendorf (DITF) erhältlich.

Ansprechpartner

Dieter Stellmach, dieter.stellmach@ditf.de