

Digitale Strickmanufaktur PoC GmbH

Verbindung von Textilhandel und automatisierter Textilfertigung mit Hilfe von Cloud-Services

Abschlussbericht über ein Entwicklungsprojekt,
gefördert unter dem Az: 35501/7721/2 von der
Deutschen Bundesstiftung Umwelt

von
Christian Zarbl

Mai 2022

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	6
1.1 Ausgangslage	6
1.2 Zielsetzung	8
2. Hauptteil	10
2.1 Vorgehen im Projekt	10
2.2 Cloud Plattform	12
2.3 3D Technologie	14
2.4 Vernetzte Produktion	16
3. Bewertung der Ergebnisse.....	19

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schlüsselkomponenten des Lösungsansatzes	8
Abbildung 2: Individualisierbare 3D Pullover im Produktionsprozess.....	14
Abbildung 3: Individualisierbarer Pullover in Strickoptik simuliert.....	15
Abbildung 4: Leere Büroräumlichkeiten zu Projektbeginn	16
Abbildung 5: Vernetzte Produktion mit 3D Strickmaschinen, Roboter und digitalem Zwilling	17

Zusammenfassung

Die heutige Textilindustrie ist in hohem Maße ressourcenverschwendend und umweltschädlich. 8 % der weltweiten Treibhausgasemissionen werden durch die Textilindustrie verursacht¹ und bis zu 40% der weltweit produzierten Kleidung wird niemals verkauft.² Dabei setzt die Industrie weitgehend auf eine globalisierte Beschaffung, Produktion & Distribution der Waren auf Basis von Vorhersagen und Erwartungen der Marken und „pushen“ diese in den Markt.

Gleichzeitig sehen mittlerweile 75% der Konsumenten Nachhaltigkeit in der Textilproduktion als extrem- oder sehr wichtig an.³ Diese stark wachsende Kundennachfrage nach nachhaltigen, ökologischen und fair produzierten Textilien wird durch die hohe CO₂-Belastung und geringe Umweltstandards in Asien nicht oder nur in einem geringen Maße abgedeckt und lässt insbesondere den Handel über alternative Konzepte zur aktuellen Lieferkette nachdenken.

Ein Weg, um die Lieferkette agiler zu gestalten, schneller auf aktuelle Trends reagieren zu können und die Produktion nach aktuellen Abverkaufsdaten zu steuern, sind verkürzte Transportwege und die digitale Kopplung von Absatz und Produktion. Dies ermöglicht es, die Produkte entsprechend der tatsächlichen Nachfrage zu produzieren und somit das Problem der Überproduktion zu reduzieren.

Die Rückverlagerung der Lieferketten ist allerdings nur so lange interessant, wie die Kostenstruktur durch einen hohen Automatisierungsgrad geringgehalten werden kann, denn signifikant höhere Produktionskosten, insbes. durch höhere Lohnkosten gelten weiterhin als größte Herausforderung für die Branche bei der Rückverlagerung der Produktion.⁴

Vor diesem Hintergrund war das Ziel des Vorhabens ein Produktions- und Lieferketten Setup zu entwickeln, dass durch eine **agile Steuerung der Produktion nach Abverkaufsdaten** und **verkürzte Transportwege** bei gleichzeitig **hohem Automatisierungsgrad**, gekennzeichnet ist. Dazu wurde eine Technologie entwickelt, um Kleidung in einem automatisierten Workflow via „pull“-Mechanismus erst nach dem Kauf in nahezu Echtzeit und mit Hilfe von 3D Technologie zu produzieren und am nächsten Tag direkt vom lokalen Produzenten zum Kunden zu liefern. Diese On-Demand Technologie ermöglicht eine 100%ige Warenverfügbarkeit (richtige Größe, Style, Farbe immer vorrätig) und reduziert unverkaufte Produkte und die CO₂-Belastung durch den Transport auf ein Minimum.

¹ Ellen MacArthur Foundation, A new textiles economy: Redesigning fashion's future (2017)

² Lodz University of Technology: Circular Economy - Challenges for the Textile and Clothing Industry (2018)

³ Boston Consulting Group: Pulse of the Fashion Industry - 2019 Update (2019)

⁴ McKinsey & Company: Revamping fashion sourcing: Speed and flexibility to the fore (2021)

Das Ziel wurde durch die Entwicklung und Pilotierung einer Software- und Produktionstechnologie erreicht. Dabei wurden insbesondere folgende Aktionsfelder identifiziert und umgesetzt:

- **On-Demand Ordermanagement** durch den Aufbau einer zentralen Cloud Plattform mit digitalen Schnittstellen zum Point-of-Sale (POS) bzw. zu ERP-Systemen des Textileinzelhandels sowie direkt zu den Strickmaschinen der Produktionsbetriebe.
- **Produktion ohne manuelles Zusammennähen** durch die Entwicklung (individualisierbarer) 3D-Strickmodelle.
- **Automatisierte Produktion und Logistik** durch den Aufbau einer vernetzten Produktion mit Strickmaschinen, Roboter und Tracking-Devices.

Der Aufbau der Cloud-Plattform, die Entwicklung eines 3D Strickpullovers und der Aufbau der Produktion wurden erfolgreich in der Projektlaufzeit und in der geplanten Qualität und Umfang bearbeitet und erfolgreich abgeschlossen.

Es zeigt sich, dass durch den Einsatz einer auftragsbezogenen Steuerung der Produktion in kleinen Losgrößen und Rückverlagerung von Geschäftsprozessen bei gleichzeitigem Einsatz digitaler Technologie und Automatisierung neben wirtschaftlichen Vorteilen wie bspw. hoher Warenverfügbarkeit, geringer Kapitalbindung und Reduktion von Lagerkosten ein relevant positiver Umweltbeitrag erzielt wird:

- Durch mehr kurzfristige Produktion in kleinen Losgrößen in der Saison wird der Warenüberhang und damit Bekleidungsmüll von derzeit ca. 40% nahezu vollständig vermieden
- Die 3D Technologie ermöglicht die Produktion nahezu ohne Verschnitt, während beim herkömmlichen manuellen Zusammennähen ca. 25% der Materialien während dem Produktionsprozess verloren gehen und als Abfall anfallen⁵
- 8 % der weltweiten Treibhausgasemissionen werden durch die Textilindustrie verursacht. Durch den direkten Versand vom lokalen Produzenten und den Wegfall der globalen Lieferkette können transportbedingte Treibhausgasemissionen auf ein Minimum reduziert werden

Die entwickelte Software und das Gründungsteam wurden zum Ende des vom DBU geförderten Projekts von einem führenden Marktteilnehmer übernommen mit dem Ziel das Produkt bis zur Marktreife weiterzuentwickeln und einer großen Kundenbasis anzubieten. Somit wird sichergestellt, dass die Entwicklungen weitergetrieben werden und die dargestellten Umweltwirkungen skalierbar in der gesamten Breite der Branche Anwendung finden.

Das Projekt wurde von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt im Rahmen des Green Start Up Sonderprogramms unter dem Aktenzeichen Az: 35501/7721/2 gefördert.

⁵ Ellen MacArthur Foundation, A new textiles economy: Redesigning fashion's future (2017)

1. Einleitung

1.1 Ausgangslage

Die Textilindustrie in Deutschland wird heute zu 90% aus dem Ausland bedient⁶, um sich Kostenvorteile durch niedrige Lohnkosten zu sichern. Die globalisierte Lieferkette trägt jedoch maßgeblich zur weltweiten Treibhausgasemission und zur Umweltverschmutzung bei:⁷

- Die Textilindustrie verursacht über 8% der weltweiten Treibhausgasemissionen.
- 20 Prozent der Wasserverschmutzung durch industrielle Abflüsse geht auf das Färben und Veredeln von Textilien zurück. Damit ist die Textilbranche der zweitgrößte Wasserverschmutzer der Welt.
- Deutschland ist zweitgrößten Importeur von Kleidung weltweit, die zu 90% im Ausland produziert wird.
- 40 Prozent der weltweit produzierten Kleidung wird niemals verkauft.
- 2.500 kg Chemikalien werden durchschnittlich in einer Textilfabrik täglich eingesetzt.

Die existierende Lieferkette wurde entworfen, um saisonale Kollektionen mit hohen Losgrößen, bei gleichzeitig niedrigem Automatisierungsgrad in Billiglohnländern zu produzieren.

Dies führt zu folgenden wirtschaftlichen Nachteilen:

Lange Bestellzyklen

Die aktuelle Lieferkette der Modeindustrie ist auf ein Massengeschäft ausgerichtet mit Bestellmengen von teilweise über einer Millionen Stück pro Bestellung, um die Kosten pro Stück zu reduzieren. Diese Aufträge werden teilweise über sechs Monate im Voraus vergeben. Der Kunde verlangt allerdings immer kürzere Reaktionszeiten, da Modetrends vermehrt kurzfristig in sozialen Medien entstehen. Die heutige Lieferkette, ausgerichtet auf eine globalisierte Massenfertigung kann diese schneller werdenden Trends nicht oder nur noch sehr eingeschränkt abbilden. Allein die Transportzeit eines Kleidungsstücks aus Südostasien beträgt bis zu 30 Tage mit dem Schiff in westliche Märkte⁸.

⁶ Ellen MacArthur Foundation, A new textiles economy: Redesigning fashion's future (2017)

⁷ Nachhaltige Textilien, Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (2019)

⁸ McKinsey & Company: Is apparel manufacturing coming home (2018)

Überschüssige Waren

40 Prozent der weltweit produzierten Kleidung wird niemals verkauft, da Händler die Kundennachfrage mit Hilfe von Absatzprognosen prognostizieren. Das aktuelle Kundenbedürfnis nach Farben, Formen und Größen lässt sich jedoch nur schwer abschätzen und so bleiben die Händler am Ende der Saison teilweise auf unverkaufter Ware sitzen. Hohe Preisnachlässe zum Losschlagen nicht verkaufter Ware sind daher eine lang eingeführte Praxis.

Wechselnde Konsumentennachfrage

75% der Konsumenten sehen Nachhaltigkeit in der Textilproduktion als extrem- oder sehr wichtig⁹. Diese stark wachsende Kundennachfrage nach nachhaltigen, ökologischen und fair produzierten Textilien wird durch die hohe CO₂-Belastung und geringe Umweltstandards in Asien nicht abgedeckt bzw. etabliert sich nur langsam in der Branche. Als Konsequenz berichten 38% der Konsumenten, dass sie ihre bevorzugte Marke aufgrund von Umweltstandards wechseln.¹⁰

Hohe Kapitalbindung und Lagerhaltung

Eine hohe Kapitalbindung und damit einhergehend eine entsprechend aufwändige Lagerhaltung sind die direkte Konsequenz von langen Bestellzyklen, da ein Teil der Ware zum Bestellzeitpunkt vorfinanziert werden muss bzw. die Ware oftmals in einer großen Lieferung geliefert wird. Wenn die Ware in kleinen Losgrößen in einer kurzen Zeit nachgeliefert werden (Lean-Ansatz), kann sowohl die Lagerhaltung als auch die Kapitalbindung reduziert werden, sodass dies nicht nur positive Umweltaspekte hervorbringt, sondern auch direkte finanzielle Vorteile bringt.

⁹ Boston Consulting Group: Pulse of the Fashion Industry 2019 Update (2019)

¹⁰ Boston Consulting Group: Pulse of the Fashion Industry 2019 Update (2019)

1.2 Zielsetzung

Vor dem Hintergrund der oben skizzierten Herausforderungen einer globalisierten Lieferkette mit lange Vorlaufzeiten und einem hohen ökologischen Fußabdruck, ist es die Zielsetzung des Projekts ein Lieferketten Setup mit der entsprechenden Technologie zu entwickeln, die eine auftragsbezogene und agile Steuerung der Produktion nach Abverkaufsdaten ermöglicht und dabei durch kurze Transportwege und einen hohen Automatisierungsgrad gekennzeichnet ist.

Dazu verbindet die Digitale Strickmanufaktur industrielle 3D Strickmaschinen direkt mit dem Textileinzelhandel bzw. Versandhandel/ Onlinehandel über die Cloud, um Produktion und Absatz von Textilien digital miteinander zu koppeln. Die Waren werden durch die 3D-Technologie in einem Vorgang produziert, sodass ein manuelles Zusammennähen der einzelnen Teilbereiche entfällt. Zusätzliche Automatisierungslösungen und eine vernetzte Produktion unterstützen den skizzierten Prozess.

Ein beispielhafter Prozess von der Bestellung des Kunden im Internet bis zur direkten Lieferung innerhalb weniger Tage sieht dabei wie folgt aus:

1. Der Kunde bestellt online in einem Shopify basierten Webshop.
2. Der Auftrag wird digital und automatisiert über die Cloud an die Strickmaschine übermittelt.
3. Die Strickmaschine erhält über eine IT-Schnittstelle automatisch den Auftrag zur Produktion und startet die Fertigung eines 3D Kleidungsstückes.
4. Das Produkt wird produziert und direkt an den Endkunden versendet.

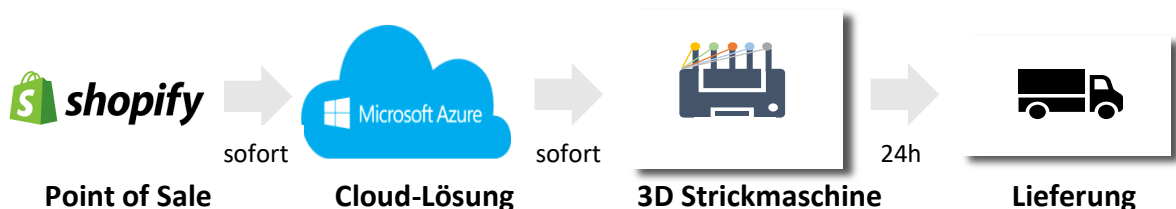


Abbildung 1: Schlüsselkomponenten des Lösungsansatzes

Abbildung 1 zeigt die Schlüsselkomponenten des Lösungsansatzes, der folgende Vorteile bietet:

Bestellzyklen von wenigen Tagen

Klassische Bestellzyklen von ca. 6-9 Monaten können auf wenige Tage reduziert werden. Dies löst das Problem, dass der zukünftige Bedarf insb. an Menge, Größe und Trends vorab nur schwer geschätzt werden kann. Zudem können Kollektionen agil an aktuelle Kundenpräferenzen angepasst werden.

On-Demand Produktion

Es kann ein unlimitiertes Angebot an Modellen, Größen, Farben und Formen angeboten werden, weil keine Ware auf Lager gehalten wird. Die Ware wird erst unmittelbar nach der Bestellung produziert – somit werden nur Waren hergestellt, die auch tatsächlich verwendet werden und es gibt kaum überschüssige Ware.

Geringe Transportkosten und hohe Nachhaltigkeitsstandards

Sowohl der Handel als auch der Kunde erlangen eine hohe Transparenz der zugehörigen Lieferkette, wobei bspw. der Handel Live den aktuellen Produktionsfortschritt abrufen kann. Der CO₂ Ausstoß wird zudem deutlich reduziert, weil die Waren am Ort des Verbrauchs hergestellt werden und auf direktem Weg zum Endkunden versendet werden. Ein erhöhtes Umwelt- und Sozialbewusstsein der Kundschaft und Anstrengungen zur Vermeidung von CO₂ unterstützen zusätzlich die Idee einer lokalen Fertigung.

Geringe Kapitalbindung

Die Kapitalbindung ist durch reduzierte Lagerhaltung und eine Reduktion der Vorfinanzierung gering. Zudem fallen Transportkosten und Einfuhrzölle weg. Durch den hohen Grad an Automatisierung wird die Abhängigkeit von Lohnkosten reduziert, sodass dies eine lokale Produktion auch in Hochlohnländern wie Deutschland erleichtert.

2. Hauptteil

2.1 Vorgehen im Projekt

Signifikant höhere Produktionskosten gelten als größte Herausforderung der Branche bei der Rückverlagerung der Lieferkette. Um die Produktionskostensteigerung insb. durch höhere Lohnkosten langfristig zu senken, müssen Hersteller daher konsequent auf eine Automatisierung des gesamten Workflows setzen.

Vor diesem Hintergrund wurden für das Projekt drei Aktionsfelder identifiziert, um einen hohen Automatisierungsgrad über den gesamten On-Demand Workflow zu erreichen und die Produktionskostensteigerung einer rückverlagerten Lieferkette zu mindern:

1. Automatisiertes, digitales und auftragsbezogenes Ordermanagement vom Kauf bis zur Produktion.
2. Produktion ohne manuelles Zusammennähen im 3D Knit & Wear Verfahren.
3. Vernetzte Produktion und direkte Belieferung des Kunden.

Durch diese Automatisierungslösungen sollen manuelle Arbeitsschritte reduziert, die Zuverlässigkeit der Produktion erhöht und Vorlauf-, Produktions- und Lieferzeiten reduziert werden.

Im Rahmen des Projektes wurde daher eine Software und Produktionstechnologie entwickelt, um einen automatisierten Workflow vom Onlinekauf, über On-Demand Auftragssteuerung, 3D Produktion bis zum Transport zum Kunden in wenigen Tagen zu ermöglichen. Für die Implementierung setzt die Digitale Strickmanufaktur drei zentrale Entwicklungsschritte mit den folgenden Arbeitspaketen um:

1. Die Entwicklung einer zentralen **Cloud Plattform** inklusive digitaler Schnittstellen vom Onlinehandel bis zur Strickmaschine der Produktionsbetriebe. Dies ermöglicht ein auftragsbezogenes, automatisiertes und digitales Ordermanagement.
 - Pilotierung eines Minimum Viable Product (MVP) mit digitaler Verbindung eines Shopify Shopsystems zu einer 3D Strickmaschine und automatisiertem Workflow nach Bestellung durch den Kunden
 - Ausbau der Software zu einem cloudbasierten Webportal für Produktionsbetriebe und den Modehandel: Produktionsbetrieben ermöglicht das Portal die Vernetzung ihres Maschinenparks mit den zugehörigen Dateien zur Maschinensteuerung und eingerüsteten sowie verfügbaren Garnen. Dem Modehandel wird ermöglicht sich über die Plattform mit den angeschlossenen Produktionsbetrieben zu verbinden und auftragsbezogen zu produzieren
 - Kontinuierliche Erweiterung der Funktionalität um Produktmanagement, Individualisierungstools und Anbindung externer Dienste wie DHL und Datev

2. Die Entwicklung von **3D-Strickmodellen**, die ohne ein manuelles Zusammennähen produziert werden können.
 - Entwicklung einer 3D Strickmütze
 - Entwicklung eines individualisierbaren 3D Strickpullovers
3. Der Aufbau einer vernetzten Produktion mit Robotern, Tracking Devices und digitalem Zwilling, die eine Produktion der Textilien in einer Pilotfabrik ermöglicht.
 - Verbindung einer 3D Strickmaschine mit dem entwickelten Cloud Portal und Inbetriebnahme der Produktion
 - Ausbau der Produktion und Integration einer weiteren Strickmaschine für die Produktion des 3D Pullover
 - Integration von Robotertechnologie
 - Integration von Tracking Devices, um den Produktionsstatus jedes Artikels und der Status aller Maschinen zu jeder Zeit erkennbar zu machen
 - Erweiterung um einen digitalen Zwilling

Nach erfolgreicher Pilotierung des *Minimum Viable Product (MVP)* wurde anschließend die Technologie über die Projektlaufzeit in der Funktionalität kontinuierlich verbessert und erweitert. Die entwickelte Lösung wurde im Rahmen des Projektes für die eigene Produktion entwickelt. Im Folgenden werden nun die entwickelte Cloud Plattform, 3D Strickmodelle und die vernetzte Produktion beschrieben.

2.2 Cloud Plattform

Die cloudbasierte Software ermöglicht eine auftragsbezogene und automatisierte Produktionssteuerung. Dazu verbindet sie den Endkunden des Textilonline / Einzelhandels direkt mit Strickbetrieben: Eine Bestellung im Online-Shop wird über eine digitale Schnittstelle durch die Software entgegengenommen, relevante Produktionsdateien werden automatisiert erzeugt und über eine VPN Verbindung und eine im lokalen Netzwerk laufende Software direkt an eine 3D Strickmaschine übertragen.

Über die Projektlaufzeit wurde die beschriebene Grundfunktionalität um die folgenden Funktionalitäten erweitert und die Software zu einer Plattform für Marken und Strickbetriebe ausgebaut:

- **Webbasiertes Portal:** Browserbasiertes Nutzerportal für Marken bzw. den Textilhandel und Strickbetriebe mit Identity & Access Management und digitaler Steuerung der Produktion, Produkterstellung, uvm.
- **Produktionsmanagement:** Umfangreiche Funktionalität für Strickbetriebe zur Vernetzung ihres Maschinenparks mit den zugehörigen Dateien zur Maschinensteuerung und eingerüsteten sowie verfügbaren Garnen, sowie Unterstützung durch Rüstalgorithmen zur ggf. notwendigen Umrüstung der Maschinen.
- **Anbindung der vernetzten Produktion und externe Dienste:** Schnittstellen zu Robotik und Tracking Devices aus der Produktion und externen Diensten wie bspw. DHL, DATEV, etc.

Im Laufe des Projektes wurde so der Funktionsumfang der Software sukzessive in agilem Vorgehen erweitert. Das bedeutet im konkreten, dass Erkenntnisse und Marktanforderungen aus dem Betrieb stetig in die Softwareentwicklung eingeflossen sind, in der parallelen Entwicklungsumgebung ausgetestet und simuliert werden sowie bei erfolgreicher Simulation in die Live-Produktivumgebung freigegeben werden.

Auf der entwickelten Plattform kann sich der Modehandel digital mit Strickproduzenten vernetzen und verkaufte Produkte auftragsbezogen fertigen lassen. Die entwickelte Software erstellt nach dem Kauf durch den Kunden automatisiert alle für die Produktion notwendigen Dateien, insbes. auch die Dateien zur automatisierten Steuerung der Strickmaschine, sowie alle für die Auslieferung erforderlichen Dokumente (Rechnung, DHL-Versandlabel, ...).

Dem Modehandel wird ermöglicht sich über die Plattform mit den angeschlossenen Produktionsbetrieben zu verbinden. Auf Basis der hinterlegten Strickdateien können eigene Produkte erstellt, konfiguriert und individualisiert werden. Diese können mittels digitaler Schnittstelle auf die für den Modehandel relevanten Online-Vertriebskanäle hochgeladen werden. Durch Konfiguration des Online-Kassensystems übersendet dieses wiederum mittels digitaler Schnittstelle Informationen an die entwickelte Plattform, sobald eines der Produkte gekauft wird. Die Informationen werden verarbeitet und der zuständigen Strickerei im Online-Portal dargestellt. Wird der Auftrag durch die Strickerei bestätigt, überträgt das System die notwendigen Dateien an eine geeignete Maschine, die automatisiert mit der Produktion startet. Zusätzlich können Aufträge nicht nur über einen

Webshop, sondern auch über das Portal oder ein ERP System an den Produktionsbetrieb gesendet werden.

Strickbetrieben ermöglicht die Software die Vernetzung ihres Maschinenparks mit den zugehörigen Dateien zur Maschinensteuerung und eingerüsteten sowie verfügbaren Garnen. Der Strickbetrieb wird durch eine sichere VPN-Verbindung mit der Cloud-basierten Plattform verbunden, sodass Produktionsaufträge von der Plattform direkt an eine geeignete Maschine übertragen werden. Nach Ordereingang und Produktionsfreigabe ordnet die Software dem Auftrag die korrekte Strickmaschine zu und wählt die entsprechende Fadenführerbelegung aus. Sollte die Maschine so belegt sein, dass eine Produktion nicht möglich ist (bspw. falsch eingerüstete Garne), erstellt das System auf Knopfdruck einen eigenen Rüstvorschlag, sodass das Produkt gefertigt werden kann. Um einen möglichst automatisierten Workflow von Bestellung bis zur Produktion und Versand zu erzielen, erzeugt die Software automatisch die der Bestellung zugehörige Rechnung und DHL-Label. Nutzer können darüber hinaus eine autorisierte Versandadresse für ihren Datev Export hinterlegen, sodass alle Rechnungen direkt aus dem Kundenportal an die eigene (Datev-basierte) Buchhaltung mit einem Klick übergeben werden können.

In der Produktion können über eine digitale Schnittstelle Roboter und Tracking Devices integriert und der Zustand im Portal angezeigt werden. Über den gesamten Produktionsprozess ist der Produktionsstatus jedes Artikels und der Status aller Maschinen zu jeder Zeit erkennbar und wird über einen digitalen Zwilling im Webportal angezeigt.

2.3 3D Technologie

Noch hinkt die Bekleidungsindustrie anderen Branchen in der Automatisierung hinterher. Insbesondere die Technologie für die Automatisierung der arbeitsintensiven Näharbeiten ist insgesamt noch nicht marktreif. Das manuelle Zusammennähen mit Meterware stellt somit in Hochlohnländern einen bedeutenden Teil der Herstellungskosten da.

Um eine Rückverlagerung der Lieferkette zu ermöglichen, ist daher die umfassende Automatisierung des direkten Produktionsprozesses eine große Chance – und unumgängliche Voraussetzung, um bei höheren Lohnkosten konkurrenzfähig zu bleiben.

Im Rahmen des Projektes wurde daher in Kooperation mit der KARL MAYER STOLL Textilmaschinenfabrik GmbH ein 3D Strickpullover entwickelt. Die eingesetzte Knit & Wear Technologie ermöglicht die automatisierte Produktion in nur einem Vorgang. Im Gegensatz zu herkömmlicher Produktion mit Meterware entfällt das manuelle Zusammennähen der einzelnen Teilbereiche. In Abbildung 2 ist ein individualisierbarer 3D Pullover im direkten Produktionsprozess der Strickmaschine zu sehen.



Abbildung 2: Individualisierbare 3D Pullover im Produktionsprozess

Der Pullover wird in einem Vorgang produziert: Das Ergebnis ist ein nahtlos gestricktes Kleidungsstück, bei dem komplexe händische Bearbeitungsschritte entfallen. Abbildung 3 zeigt den fertigen Pullover mit in Strickoptik simuliertem Logo.



Abbildung 3: Individualisierbarer Pullover in Strickoptik simuliert

Die eingesetzte 3D Technologie reduziert das zeitintensive, repetitive und manuelle Zusammennähen. Zudem wird kaum Verschnitt produziert, während beim herkömmlichen manuellen Zusammennähen ca. 25% der Materialien während dem Produktionsprozess verloren gehen und als Abfall anfallen.¹¹ Darüber hinaus kann durch die digitale Integration eine automatisierte Individualisierung des Designs über die entwickelte Software abgebildet werden.

Unterm Strich bietet das 3D Verfahren trotz vorhanden Designeinschränkungen und aufwändiger Programmierung der Strickdateien für die Maschinensteuerung somit das Potenzial für erhebliche Produktivitätssteigerungen, reduzierte Kosten und einen effizienten Ressourceneinsatz.

¹¹ Ellen MacArthur Foundation, A new textiles economy: Redesigning fashion's future (2017)

2.4 Vernetzte Produktion

Das aktuelle Produktions-Setup der Modeindustrie ist durch eine Produktion in hohen Losgrößen bei gleichzeitig niedrigem Automatisierungsgrad gekennzeichnet. Aktuelle Technologielösungen fokussieren sich daher insbesondere auf eine Produktivitätssteigerung der Massenproduktion in Asien.

Um eine lokale on-Demand Produktion zu ermöglichen, brauchen Produktionsbetriebe jedoch ein integriertes Produktionssystem mit automatisierten Workflows für kleine Losgrößen. Solche Automatisierungslösungen im Bereich der Produktion, Logistik und Versand sind ein Muss für die Rückkehr der Branche nach Europa.

Ziel der entwickelten Produktionstechnologie ist daher die Unterstützung der Produktion individualisierbarer Waren ab Stückzahl 1. Zudem soll über den gesamten Produktionsprozess der Produktionsstatus jedes Artikels und der Status aller Maschinen in der Software angezeigt werden. Der entwickelte Produktionsansatz konzentriert sich zusammenfassend auf zwei zentrale Bereiche:

- Auslegung der Produktion auf Stückzahl 1, um Mass-Customization der Waren zu ermöglichen.
- Digitales Tracking zum Zustand der Aufträge, produzierter Waren und Maschinen zu jedem Zeitpunkt.

Zum Aufbau der Produktion wurden Büroräumlichkeiten angemietet, die sich in einen Büroraum und eine gewerbliche Produktionsfläche aufteilen (siehe Abbildung 4).



Abbildung 4: Leere Büroräumlichkeiten zu Projektbeginn

Die Produktionshalle wurde mit zwei Flachstrickmaschinen, Roboter, Roboterschiene und Tracking Devices ausgestattet und wird durch eine im lokalen Netzwerk laufende Software vernetzt und gesteuert (siehe Abbildung 5).



Abbildung 5: Vernetzte Produktion mit 3D Strickmaschinen, Roboter und digitalem Zwilling

Ein beispielhafter Prozess von Kundenorder, die über die Cloud und eine VPN Verbindung in den Produktionsbetrieb übertragen wird, und anschließender Produktion bis zum Versand sieht dabei wie folgt aus:

1. Die Produktionsorder wird über die Cloud und eine VPN-Verbindung an den Produktionsbetrieb übertragen.
2. Die Software zur Steuerung der Produktion (On-Premise Software) kennt zu jedem Zeitpunkt den aktuellen Zustand von Strickmaschinen, Roboter und bereits produzierten Waren und steuert den gesamten Workflow.
3. Die Ansteuerung und der Start der Maschine erfolgt automatisiert.
4. Nach der Produktion entnimmt der Roboter die produzierte Ware und überführt sie in einer mit einem Barcode versehenen Box in den Nachbearbeitungsprozess. Somit kann jeder individuell produzierte Artikel zu jedem Zeitpunkt eindeutig zugeordnet werden.
5. In der Nacharbeit kann die Box eingescannt werden, sodass Informationen zur Nacharbeit, Logistik und Versand angezeigt werden sowie automatisiert erzeugte Rechnungen und DHL Label gedruckt werden können.



Zum Monitoring zeigt zudem ein digitaler Zwilling den aktuellen Produktionsstatus jedes Artikels an. Von der automatisierten Erzeugung, bis zur Entnahme, Nachbearbeitung, Verpackung und Versand ist somit der Produktionsstatus jedes Artikels jederzeit erkennbar. Auf diese Weise kann schneller und effizienter auf Produktionsabweichungen reagiert werden.

3. Bewertung der Ergebnisse

Die gesamte Lieferkette der globalen Mode- bzw. Textilindustrie steht durch lange Vorlaufzeiten, einem hohen ökologischen Fußabdruck und Lieferkettenprobleme unter Druck. Ein Weg, um flexibler auf Risiken in der Lieferkette zu reagieren, Produkte agiler auf den Markt zu bringen und lange Transportwege und damit Treibhausgase zu reduzieren sind radikal verkürzte Transportwege und die digitale Kopplung von Abverkaufsdaten und Produktion.

Signifikant höhere Produktionskosten gelten jedoch als größte Herausforderung der Branche bei der Rückverlagerung der Lieferkette. Ein Schub für die Rückkehr geht von der Automatisierung aus, da sie die Produktionskosten senkt. In dem Projekt wurden daher drei Aktionsfelder und Entwicklungsschritte identifiziert, um einen hohen Automatisierungsgrad über eine auftragsbezogene, digitale und lokale Lieferkette zu etablieren:

1. Ein digitales, auftragsbezogenes und automatisiertes Auftragsmanagement via Cloud Plattform.
2. Die Produktion von Textilien ohne manuelles Zusammennähen im 3D Knit & Wear Verfahren.
3. Der Aufbau einer vernetzten Produktion und der Direktversand von der Produktion direkt zum Endkunden.

Ziel des Projektes war die Entwicklung und Pilotierung der zugehörigen Technologielösung, wie in den Kapiteln 2.2 - 2.4 dargestellt.

Im Gesamten kann das Projekt als erfolgreich eingeordnet werden. Der Aufbau der Cloud-Plattform, die Entwicklung des 3D Strickpullovers und der Aufbau der Produktion wurden erfolgreich in der Projektlaufzeit und in der geplanten Qualität und Umfang bearbeitet und erfolgreich abgeschlossen.

Die entwickelte Lösung wurde im Rahmen des Projektes für die eigene Produktion entwickelt. Die Nachhaltigkeit der Produktion konnte durch radikal kurze Transportwege und die digitale Kopplung von Abverkaufsdaten und Produktion signifikant verbessert werden:

- Durch Produktion in Stückzahl 1 erst nach dem Kauf konnten Warenüberhang und damit Bekleidungsmüll nahezu vollständig vermieden werden.
- Der entwickelte 3D Pullover konnte mit nahezu keinem Verschnitt produziert werden, während beim herkömmlichen manuellen Zusammennähen ca. 25% der Materialien während dem Produktionsprozess verloren gehen und als Abfall anfallen¹².

¹² Ellen MacArthur Foundation, A new textiles economy: Redesigning fashion's future (2017)

- Alle Waren wurden direkt von der Produktion zum Kunden versendet, sodass die transportbedingten Treibhausgasemissionen einer globalen Lieferkette deutlich reduziert werden.

Als besonders geeignet hat sich die direkte Vernetzung der Strickmaschinen erwiesen. Als weniger praxistauglich hat sich die Nutzung von Robotern in Produktionsbetrieben erwiesen, da sich die Robotertechnik in der tatsächlichen Anwendung als komplex darstellt und die Akzeptanz bei der Einführung eines solchen Konzeptes in Strickbetrieben reduziert.

Die größte Herausforderung, um ein solches Produktions-Setup in der gesamten Industrie zu etablieren und erfolgreich zu betreiben ist das aktuell nur sehr gering vorhandene Know-How zum Entwurf und zur Produktion von 3D Strickwaren verbunden mit den zugehörigen Design-technischen Einschränkungen. Dieses Knowhow muss zukünftig sowohl in den Designer Teams als auch bei den verantwortlichen Stricktechnikern etabliert werden, da die Produktion in Deutschland langfristig nur mit Hilfe eines 3D-Strick-Ansatzes Erfolg verspricht.

Zusätzlich muss eine entsprechende Softwarelösung im Markt verfügbar sein, sodass sich Produktionsbetriebe ohne großes IT-Verständnis direkt mit den Absatzmärkten verbinden können.

Die entwickelte Software und das Gründungsteam wurden dazu zum Ende des vom DBU geförderten Projekts von einem führenden Marktteilnehmer übernommen mit dem Ziel das Produkt bis zur Marktreife weiterzuentwickeln und einer großen Kundenbasis anzubieten. Somit wird sichergestellt, dass die Entwicklungen weitergetrieben werden und die dargestellten Umweltwirkungen skalierbar in der gesamten Breite der Branche Anwendung finden.