

TourAtlas

CNC-**Tex**



Zukunft unternehmen!

Unsere Anwendungsfelder



Automotive



BuildTech



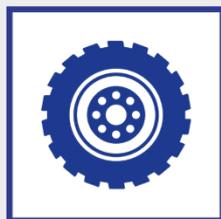
InduTech



Luftfahrt



MedTech



MobilTech



SportTech



Windenergie

➤ Über das Forschungsprojekt futureTEX

Das Projekt futureTEX ist ein Gewinner im Programm „Zwanzig20 – Partnerschaft für Innovation“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung. Bis 2022 arbeiten Unternehmen, wissenschaftliche Einrichtungen und Verbände an der Entwicklung wesentlicher Bausteine eines Zukunftsmodells für Traditionsbranchen. Das Projektkonsortium futureTEX verfolgt das Ziel, die führende Position bei der Umsetzung der vierten industriellen Revolution im Textilmaschinenbau und in der Textilindustrie zu erringen und damit beispielhaft bis 2030 das modernste textilindustrielle Wertschöpfungs-

netzwerk Europas aufzubauen. Mit der Entwicklung eines Zukunftsmodells werden die Forschungsschwerpunkte Ressourceneffizienz und Kreislaufwirtschaft, kundenintegrierte flexible Wertschöpfungsketten, textile Zukunftsprodukte, Wissens- und Innovationsmanagement sowie Arbeitsorganisation und Nachwuchssicherung gemeinschaftlich mit Partnern aus Wissenschaft und Wirtschaft bearbeitet. Das Konsortium umfasst aktuell über 300 Partner, darunter 70 Prozent aus der Industrie. Das Projekt futureTEX ist Preisträger im Wettbewerb „Ausgezeichneter Ort“ im Land der Ideen 2016.

➤ Abschlussdokumentation Umsetzungsvorhaben CNC-TEX

Prototyp zur digitalen Fertigung im dreidimensionalen Raum zur Herstellung textiler Produkte

Laufzeit: 1. August 2019 – 31. Dezember 2021

CNC-TEX war eines von insgesamt 28 Umsetzungsvorhaben des Projekts futureTEX im Rahmen des Programms „Zwanzig20 – Partnerschaft für Innovation“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung.

Inhalt

Management Summary	5
Partner	6
Problemstellung und Motivation	8
Beitrag zur Realisierung der futureTEX-Ziele.....	9
Lösungsansatz	10
Ergebnisse.....	11
Verwertung und wirtschaftliche Bedeutung	18
Ausblick	19

➤ Management Summary

Das Ziel dieses Vorhabens war die Entwicklung eines ganzheitlichen Maschinenkonzeptes sowie eines Prototypen zur integrierten digitalen Fertigung und Bearbeitung dreidimensional vorliegender textiler Halbzeuge. Durch ein neuartiges Bearbeitungskonzept wurde es möglich, intralogistische Vorgänge zu verkürzen (Zeit, Weg), die Handhabung textiler Halbzeuge zu vereinfachen (Spannen, Positionieren, in Form von Zeit und Personal) sowie in Bearbeitungsschritten einen höheren Automatisierungsgrad zu erreichen. Unterstützend wurde ein digitaler Workflow erarbeitet, der eine Ansteuerung der Einzelteile der Fertigungszelle ermöglicht.

Ein Ergebnis aus dem futureTEX-Basisvorhaben Mass Customization belegt einen Bedarf an individuell hergestellten textilen Produkten, der bisher nur teilweise bedient werden kann. Zwar ist bereits heute eine Individualisierung massengefertigter Produkte über digital ansteuerbare Stick- oder Druckverfahren möglich, jedoch mangelt es an einer grundlegend dezentralen und digitalen Fertigung.

Basierend auf den Ergebnissen der Studie „CNC-Textil-Vorlaufstudie zu digitalen Fertigungsstrategien im dreidimensionalen Raum zur Be- und Verarbeitung Technischer Textilien“ wurden in diesem Umsetzungsvorhaben erfolversprechende Bearbeitungswerkzeuge (Effektoren) als Module in einem gemeinsamen Bearbeitungsraum umgesetzt. Der Fokus des Umsetzungsvorhabens lag in der Kombination unterschiedlicher textiler und nichttextiler Technologien in einem 3D-Bearbeitungsraum und damit die Umsetzung digitaler Fertigungsstrategien aus der metall- und kunststoffverarbeitenden Industrie für die Textilindustrie.

Am Beispiel der digitalen Herstellung und Bearbeitung eines biegeschlaff vorliegenden dreidimensionalen Rundgestrickes waren die zentralen Herausforderungen:

- die technologische Entwicklung in der strukturgerechten Übergabe des textilen Halbzeugs,
- die Entwicklung ausgewählter textiler und nichttextiler Bearbeitungswerkzeuge (Effektoren),

- die integrierte Ansteuerung aller einzelnen Komponenten sowie
- die prototypische Darstellung integriert gefertigter Funktionen im und auf einem Rundgestrick.

Dies machte eine gesamtheitliche Betrachtung von der Datenerzeugung bis hin zum physischen Produkt sowie die Integration unterschiedlichster Effektoren und Sensoren zur Herstellung oder Bearbeitung einschließlich der koordinierten Bearbeitung des Halbzeugs notwendig.

Die Integration aller mechatronischen Komponenten und das Zusammenspiel zwischen ihnen erfordert neben einem neu entwickelten Steuerungs- und Regelungsprozess auch einen neuartigen Ansatz der auslegungs- und anwendungsorientierten Produktkonstruktion (CAD), einschließlich der Generation von Fertigungsdaten aus dieser Konstruktion heraus (CAM). Mit diesen kann eine integrierte Fertigung etabliert werden. Parallel hierzu wurden die Erfahrungen aus dem Basisvorhaben Mass Customization genutzt, um Geschäftsmodelle zur Kommerzialisierung des Maschinenkonzeptes und möglicher Endprodukte zu entwickeln.

Basis für diese Entwicklung ist die Möglichkeit zur Adressierung eines jeglichen Punktes in einem vorab definierten Raum über Linearachsensysteme und Roboter. Dieser Bearbeitungsraum musste zudem befähigt werden, mittels Effektoren textile Halbzeuge weiter zu bearbeiten und über den Herstellungsprozess hinweg mittels Sensorik zu überwachen (permanente in-situ Qualitätsüberwachung).

Das Schema von der Datenerzeugung zum Endprodukt ist in *Abbildung 1* dargestellt. Die zentrale (erweiterbare) Fertigungszelle enthält mehrere Module, ausgestattet mit Bearbeitungseffektoren. Jedes Modul wird über eine Handhabungseinrichtung für das dreidimensionale Textil bedient. Das Kernproblem stellte dabei die strukturgenaue (für Rundgestricke bedeutet dies eine maschengerechte) Übergabe der biegeschlaffen textilen Grundkörper von Modul zu Modul dar, um eine wohl definierte Bearbeitungsumgebung vorliegen zu haben. Durch eine mögliche parallele Bearbeitung der textilen Körper können Bearbeitungszeiten reduziert werden.

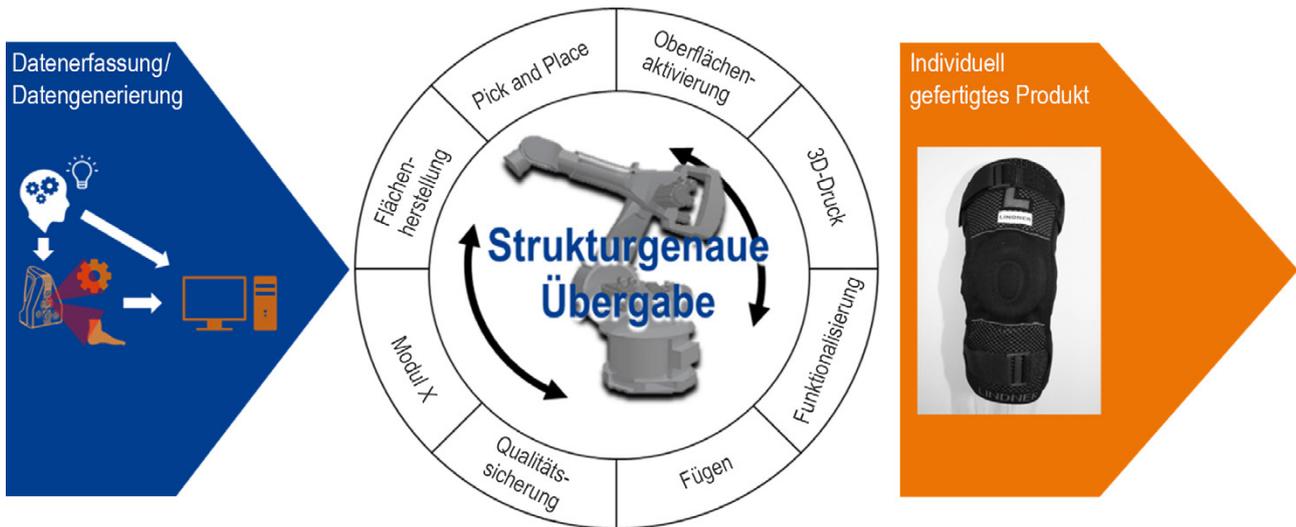


Abbildung 1: Schaubild zum Ablauf und Fertigungszelle, Quelle: STFI/LINDNER

➤ Partner

PFEIL
GmbH

Pfeil GmbH
Neue Straße 2 | 09241 Mühlau
Ansprechpartner: Jens Kühnert
T: +49 3722 402640 | jens.kuehnert@pfeil.gmbh

Pfeil GmbH (Pfeil)

Die Pfeil GmbH, Mühlau, ist Experte für Industrienähmaschinen, Zuschnitt-Technik und Schweiß-Maschinen für textile Anwendungen. Im Portfolio der Firma sind Standardmaschinen für Handwerk und Industrie sowie äußerst komplexe Spezialmaschinen, z. B. für die Automobilbranche, enthalten. Die Firma entwickelt von der Maschinenteknik über die Technologie bis zum Produkt nähtechnische Sonderlösungen.

ORANGE
Engineering

ORANGE Ingenieur- und Konstruktionsdienstleistungsgesellschaft mbH & Co. KG
Niederlassung Zwickau
Gewerbestraße 19 | 08115 Lichtentanne
Ansprechpartner: Andreas Pfeil
T: +49 375 211834-14 | andreas.pfeil@orange-engineering.de

ORANGE Ingenieur- und Konstruktionsdienstleistungsgesellschaft mbH & Co. KG (ORANGE)

Die Entwicklung und Konstruktion individueller Maschinen- und Anlagentechnik für automatisierte Fertigungs- und Montageprozesse ist seit mehr als zehn Jahren die Kernkompetenz von ORANGE. Neben Partnern aus der Automobilindustrie sind bereits mehrere Entwicklungsprojekte gemeinsam mit der Textilindustrie durchgeführt



Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V. (STFI)
Annaberger Straße 240 | 09125 Chemnitz
Ansprechpartner: Jens Mählmann, Dr. Frank Siegel
T: +49 371 5274-240 | jens.maehlmann@stfi.de

worden. Neben Industriaufträgen beteiligt sich ORANGE im Moment an öffentlich geförderten FuE-Projekten wie CNC-TEX (futureTEX) und TOPAS-Covid19.

Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V. (STFI)

Das 1992 gegründete Sächsische Textilforschungsinstitut e.V. (STFI) ist eine gemeinnützige Forschungseinrichtung mit 170 Mitarbeitern. Neben der Prüfung und Zertifizierung von Textilien in eigenen akkreditierten Laboren befasst sich das Institut mit anwendungsorientierten verfahrens- und ergebnisbezogenen Forschungs- und Entwicklungsaufgaben vorrangig für technische Bereiche. Das Institut bildet die textile Kette vollstufig ab, d. h. sowohl Garnbildung als auch die Herstellung von textilen Flächen aus Fasern oder Garnen sowie deren Veredlung kann im eigenen Haus durch die hervorragende Ausstattung mit Labor- und Industriemaschinen erfolgen. Neben diversen Verfahren zur trockenen Vliesstoffherzeugung und thermischen oder mechanischen Verfestigung, der Herstellung von Web- und Maschenwaren, stehen Maschinenzum technischen Sticken und Funktionalisieren zur Verfügung. Zur Realisierung von Strickereierzeugnissen sind neben (Klein-) Rundstrickmaschinen insbesondere RR-Flachstrickmaschinen der Firma H. Stoll GmbH & Co., Reutlingen Typ CMS 740 Knit and Wear (E5.2) und ADF 530-32 (E14/12) vorhanden. Das STFI verfügt ferner über verschiedene Drucktechniken.

Im STFI ist die Entwicklung und Fertigung von Mustern im Versuchsmaßstab sowie eine Anlaufproduktion realisierbar. Bei der Entwicklung von Technischen Textilien durch Integration funktionaler Materialien oder durch Verarbeitung von Hochleistungsmaterialien für unterschiedliche Anwendungsbereiche liegen langjährige Erfahrungen vor.

LINDNER®
S O C K S

Hergestellt in Deutschland seit 1890



Strumpfwerk Lindner GmbH
Goldbachstraße 40 | 09337 Hohenstein-Ernstthal
Ansprechpartner: Thomas Lindner
T: +49 3723 4901-12 | t.lindner@lindner-socks.com

Strumpfwerk Lindner GmbH (LINDNER®)

Die Strumpfwerk Lindner GmbH, Hohenstein-Ernstthal, entwickelt, produziert und handelt mit Strumpfwaren in den Bereichen Mode, Sport und Medizin. Der Standort des Unternehmens kann dabei auf eine über 100-jährige Geschichte zurückblicken. LINDNER®-Produkte werden im stationären Handel, im Versandhandel sowie online in Deutschland und im europäischen Ausland verkauft. Zusätzlich verfügt das Unternehmen über einen eigenen Onlineshop sowie über eine Vertriebslinie (VENOCARE®-MED), die ausschließlich Sanitätshäuser und Apotheken

beliefert. In den vergangenen Jahren hat sich das Unternehmen von einem traditionellen Hersteller von Herrensocken zu einem Produzenten von Spezialprodukten bzw. von individualisierten Produkten entwickelt. Der Fokus liegt auf der Ausweitung des medizinischen Sortimentes, der Einführung von Maßanfertigungen und der Vervollkommnung der bereits vorhandenen Medizinprodukte, wie beispielsweise Stütz- und Kompressionsstrümpfe, Diabetikersocken, Bandagen etc.

LINDNER® ist technisch hervorragend ausgestattet und verfügt über einen modernen Maschinenpark von computergesteuerten Kleinrundstrickmaschinen unterschiedlicher Teilungen.

➤ Problemstellung und Motivation

Die Ergebnisse der „CNC-TEX-Vorlaufstudie zu digitalen Fertigungsstrategien im dreidimensionalen Raum zur Be- und Verarbeitung Technischer Textilien“ zeigten, dass komplexe, dreidimensional vorliegende textile Flächengebilde i. d. R. nicht automatisiert bearbeitbar sind. Aber es gibt eine Vielzahl textiler und nichttextiler Technologien für eine mögliche 3D-Bearbeitung solcher Textilien. Diese müssen jedoch für konkrete textile Anwendungen nutzbar gemacht werden.

Die Motivation dieses Umsetzungsprojektes lag darin, dass es bisher keine verfügbare Technologie gibt, automatisiert und digital sowie individualisiert dreidimensionale textile Körper zu bearbeiten. Die Projektpartner Strumpfwerke Lindner GmbH als Anwender dieser Technologie und die PFEIL GmbH als Sondermaschinenbauer sehen in der Entwicklung im Rahmen von CNC-TEX die Möglichkeit zur Herstellung individueller komplexer Textilprodukte mit geringem handwerklichem Aufwand. Die Kombination unterschiedlicher textiler und nichttextiler Technologien in einer Fertigungszelle zur Bearbeitung der dreidimensional

vorliegenden Textilien ist sowohl ansteuerungstechnisch als auch technologisch herausfordernd. Der Ansatz hierbei ist deshalb, digitale Fertigungsstrategien aus der metall- und kunststoffverarbeitenden Industrie für die Textilindustrie zu nutzen und abzuwandeln. Gemeinsam mit den weiteren Projektpartnern ORANGE Ingenieur- und Konstruktionsdienstleistungsgesellschaft mbH und dem Sächsischen Textilforschungsinstitut e.V. (STFI) wurde ein Konzept sowie dessen prototypische Umsetzung in eine Fertigungszelle entwickelt.

Am Beispiel der digitalen Herstellung und Bearbeitung eines biegeschlaff vorliegenden dreidimensionalen Rundgestrickes waren die technologische Entwicklung in der strukturgerechten Übergabe des textilen Halbzeugs, der Entwicklung ausgewählter textiler und nichttextiler Bearbeitungswerkzeuge (Effektoren), der integrierten Ansteuerung aller einzelnen Komponenten sowie der prototypischen Darstellung integriert gefertigter Funktionen im und auf dem Rundgestrick zentrale Themen des Projekts. Mit dieser technologischen Entwicklung ist ein weiterer

Schritt gemacht, um neben bereits angebotenen Serienprodukten aus den Bereichen der Medizin- und Sporttextilien zukünftig individuell maßgefertigte Produkte herstellen zu können. Das geplante Angebot von rundgestrickten kundenindividuellen und funktionalisierten Maßanfertigungen, die möglichst in kürzester Zeit rentabel herzustellen sind, wird weiter an Bedeutung gewinnen. Logistische Herausforderungen und Unwägbarkeiten machen deutlich, dass diese Produkte und eine entsprechen-

de Fertigungstechnologie zukünftig für den deutschen Standort außergewöhnlich wichtig sein werden. Zum einen ist eine Verlagerung dieser kleinteiligen Produktion nach Asien schon aufgrund der Entfernung und der daraus resultierenden CO₂-Bilanz aufgrund der Logistik nicht vorstell- und sozial vertretbar. Zum anderen wird der Bedarf von Maßanfertigungen allein durch die demographische Entwicklung in Europa weiter ansteigen.

➤ Beitrag zur Realisierung der futureTEX-Ziele

Die Informationstechnologie nimmt zunehmend einen größeren Stellenwert in der Arbeitswelt und Produktion ein. Kernpunkte bleiben die Automatisierung und (Vor-)Berechnung von Prozessen, die digitale Abbildung und überwachte Prozessführung (*Abbildungen 1 und 2*).

Die Erfahrung der letzten Jahrzehnte hat gezeigt, dass die Digitalisierung Prozessschritte in der textilen Wertschöpfungskette betreffen wird, um ein hohes Maß an Produktionskontrolle, Fertigungsflexibilität und Wandelbarkeit in der Produktion zu erreichen. Zusätzlich ist eine rechnergestützte Fertigung die Basis für einen hohen Automatisierungsgrad bis hin zu einer intelligenten individuellen Fertigung im Sinne des Industrie 4.0-Gedankens. Weiterhin ist diese Fertigung eine Notwendigkeit für den Erhalt von Arbeitsplätzen in Hochlohnländern, wie Deutschland bzw. ganz Europa.

Das Vorhaben CNC-Text befasse sich mit digitalen Fertigungsstrategien, der Herstellung, Ver- und Bearbeitung textiler bereits drapierter, vorgeformter Strukturen. Durch die Kombination unterschiedlicher textiler und nicht-textiler Verfahren und Materialien können hybride, indivi-

duelle Produkte entstehen, die ein breites Anwendungsfeld abdecken, z. B. Sport, Medizin/Rehabilitationsbereich, Interieur Design (Automobil, Innenarchitektur) und der textilverstärkte Leichtbau.

Neben diesem technologischen Ansatz wurden zudem digitale Geschäftsmodelle zur individuellen Fertigung solcher Bauteile konzeptionell umgesetzt. Das Vorhaben bezieht sich deshalb nicht nur auf eine reine Technologieentwicklung, sondern auf eine holistische Betrachtung von Datengenerierung, Datenverarbeitung und Fertigungstechnologie. Die in diesem Vorhaben adressierten strategischen Ziele sowie Handlungsfelder des futureTEX-Konsortiums sind in *Abbildung 2* dargestellt.

Im Rahmen der futureTEX-Strategie werden mit diesem Vorhaben die Forschungsräume Technologien und Produkte sowie das strategische Ziel der Weltmarktführerschaft im Textilmaschinenbau adressiert. Des Weiteren unterstützen die Ergebnisse aus diesem Verbundvorhaben die Handlungsfelder Use Cases und neue Geschäftsmodelle und fokussieren die Bereiche der Funktionellen Technischen Textilien (FTT) sowie Composites.

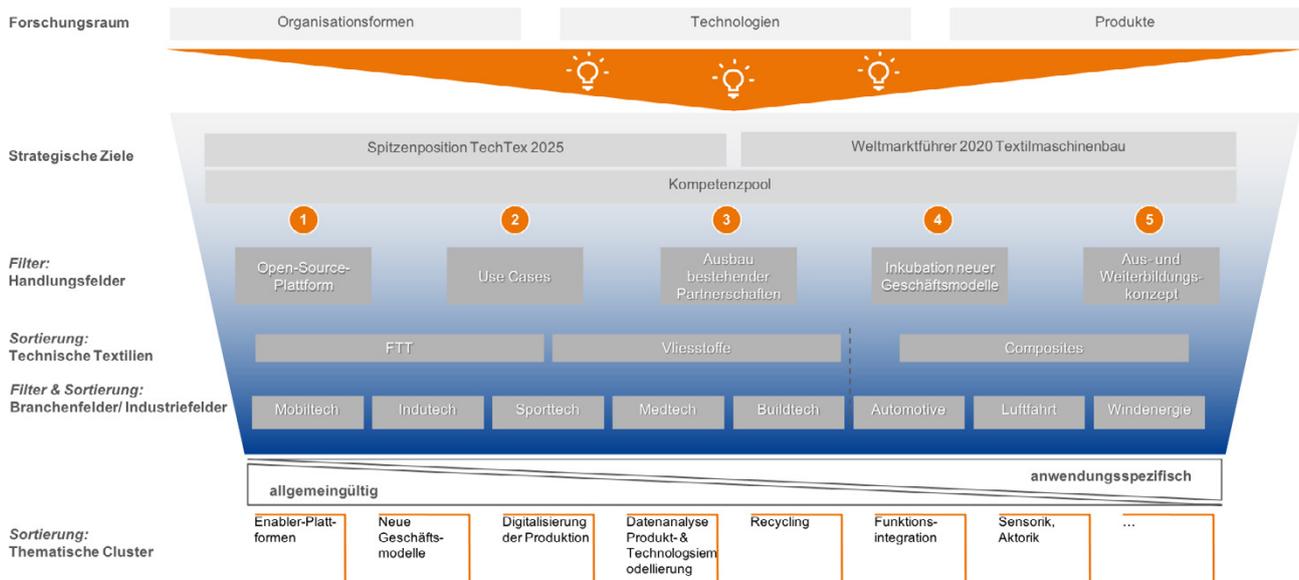


Abbildung 2: Platzierung von CNC-Textil in der futureTEX-Strategie, Quelle: futureTEX/STFI

➤ Lösungsansatz

Als grundlegendes Problem wurde die Handhabung des biegeschlaffen Materials Textil identifiziert. Daraus ableitend ergab sich die Notwendigkeit, Textilkenneigenschaften, die Handhabung des Textils und die Entwicklung von Basisfunktionalitäten zu definieren. Es erfolgten Untersuchungen zur Herstellung von Rundgestriicken mit definierten textilphysikalischen Eigenschaften, die für die weitere Bearbeitung als Modell-Material eingesetzt wurden. Materialtechnisch wurde sich auf potenzielle spätere Produkte im Bekleidungsbereich in der Verwendung von Baumwolle (CO) in Kombination mit Elasthan (EL) festgelegt. Als Herstellungstechnologie kam die Rundstrickerei zum Einsatz. Es folgten entsprechende Textilkonstruktionen für Rundgestricke unter besonderer Berücksichtigung von Bindung, Legung und Material. Auf dieser Grundlage war eine strukturierte Untersuchung der physikalischen Eigenschaften des Demonstrationstextils möglich.

Einen weiteren Schwerpunkt bildeten die Untersuchungen zur Handhabung des biegeschlaffen 3D-Gestrickes. Für eine optimale Weiterverarbeitung in der (geplanten) Fertigungszelle war eine strukturgenaue (bindungsgerechte) Übergabe rundgestrickter textiler Halbzeuge notwendig. Dazu musste eine Vorrichtung entwickelt werden, die das automatisierte Aufziehen des Textils auf einen Handhabungskörper erlaubte. Ein Qualitätsmodul ermöglichte über eine optische Analyse der Übergabe mögliche Strukturveränderungen des Textils zu erkennen und diese entsprechend zu korrigieren.

Eine Funktionalisierung erfolgte durch das additive Aufbringen von aufgenähten, gestickten oder gedruckten Funktionselementen, wie Versteifungsstrukturen oder leitfähigen Strukturen, vor allem auch über Maschenreihen hinweg.

Maschinentechnisch wurde ein Prototyp einer Fertigungszelle entworfen und umgesetzt. Nach einer konzeptionellen Phase zur Erstellung eines definierten Bearbeitungsraumes erfolgte die mechanische und elektrische Integration bestehender und neuartiger Komponenten und Effektoren. Dabei wurde Wert darauf gelegt, die Nutzung bestehender Schnittstellen an vorhandenen Maschinen zu ermöglichen. Wo das nicht möglich war, schuf man offene Koppelschnittstellen zur Steuerung und Betriebsdatenerfassung. In einer entsprechenden Steuerung wurde bestehende Sensorik aufgenommen sowie die Auswahl zusätzlicher Sensoren auf das Maschinenkonzept abgestimmt. Im Rahmen der Vorhabenbearbeitung wurden erste beispielhafte Module zur additiven Bearbeitung des Textils entworfen. Es handelt sich um einen kombinierten Nähkopf (Blindstichnähkopf) mit einer Druckmodul-Einheit zur Applikation von thermoplastischen Materialien und Funktionsdispersionen. Im Rahmen einer übergeordneten entwickelten Anlagensteuerung realisierte ein weiteres, eingebundenes Modul die optische Analyse und Quali-

tätsprüfung. Konzeptionell wurde ein digitaler Workflow erarbeitet. Dieser realisiert, beginnend mit einer Informationsgenerierung, als Datenaufnahme über 3D-Scanner die Erhebung entsprechend digital verarbeitbarer Daten. In der folgenden Informationsverarbeitung wurde eine Flächenrückführung vorgenommen und die Datenübergabe zur Weiterkonstruktion sichergestellt. Schließlich erfolgte eine Umsetzung der 3D-Konstruktionsdaten in einen Handhabungskörper. Der Schwerpunkt lag hier in der Generierung von maschinenlesbaren Daten sowohl aus 2D- als auch aus 3D-Planungssoftware zur Entwicklung von zwei- und dreidimensionalen Funktionsstrukturen. Im Arbeitsfluss wurden daraus Steuerdaten (z. B. G-Code) für den Nähprozess und 3D-Druck auf 3D-Körpern erstellt. Dieser Workflow erlaubte so die in der Entwicklung notwendige Simulation der Bewegungsabläufe bereits in der Planungsphase. Das Konzept schloss mit der permanenten Qualitäts- und Prozessüberwachung und dem kontinuierlichen Abgleich mit den erstellten Modellen.

➤ Ergebnisse

Unabhängig von der späteren Ver- und Bearbeitung muss zunächst ein Halbzeug hergestellt (z. B. gestrickt, Rundstrickmaschine), auf einer Handhabungsvorrichtung (z. B. Rohr mit Greiferaufnahme) aufgenommen und schließlich innerhalb der Maschine (z. B. Roboter oder 3-Achs-Portal) transportiert werden. Neben diesen grundlegenden Maschinenkomponenten (Funktionen) muss die Form- und Lageorientierung des Halbzeugs zum Referenz-Koordinatensystem des Handlingsystems in einer Messstation geprüft und ausgerichtet werden. Jede weitere Ver- und Bearbeitung ist als modulare Erweiterung der Grundmaschine mit den oben beschriebenen Komponenten zu verstehen. Dieser Grundgedanke der modularen Maschine beeinflusst die Anordnung der Grundkompo-

nenten und Modulerweiterungen. Außerdem stellt diese Modulbauweise spezielle Anforderungen an eine universelle Verbindung (Mechanik, Elektrik, Steuerung, ...) aller Modulkomponenten zur Grundmaschine, bietet aber im Gegenzug eine universell einsetzbare und individuell anpassbare Gesamtmaschine.

Mit dieser Anforderung der modularen Bauweise wurden drei unterschiedliche, konzeptionelle Maschinenlayouts entwickelt. Neben den grundlegenden Komponenten Rundstrickmaschine, Handhabungssystem (hier noch Roboter), Messstation und dem notwendigen Schaltschrank wurde hier als Beispiel für ein optionales Modul ein kombinierter Näh-Druck-Automat vorgesehen.

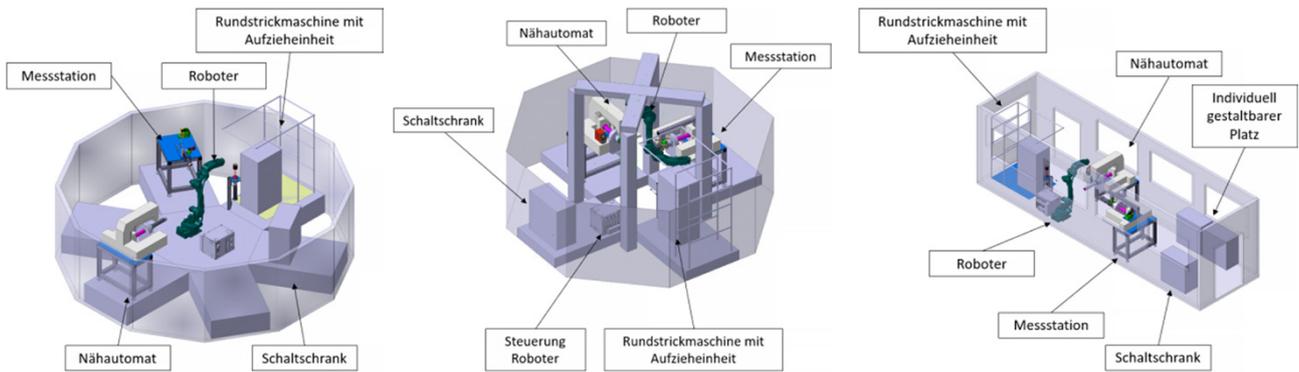


Abbildung 3: Konzepte zur Anordnung aller Module, finales Maschinenlayout ganz rechts, Quelle: ORANGE

Aufgrund des geringeren Bauraums und der niedrigeren Herstellungskosten entschied man sich für das Maschinenlayout 3 (Abbildung 3, rechts) als Konzept für den Prototypen.

Aus der Fülle der erzielten Ergebnisse wurden für diese Darstellung wichtige Teilschritte ausgewählt:

Konstruktion und Fertigung der Iris (ORANGE)

Die erste Herausforderung beim Handling von biegeschlaffen Halbzeugen besteht in der nicht definierten und schwer reproduzierbaren Endlagenposition und -ausrichtung. Die beste Möglichkeit zur Entnahme des Halbzeugs aus der Rundstrickmaschine (RSM) besteht im Eingriff in das Absaugsystem der RSM (Abbildung 4). Dieses Absaugsystem dient zur Straffung des Halbzeugs während des Strickprozesses und zum Austransport desselben, wenn nicht gekettelt werden soll. Das notwendige Absaugsystem muss während des Strickprozesses aktiv sein und für die Halbzeugentnahme kurz unterbrochen werden. Wenn das Halbzeug gestrickt wurde, muss sich an Stelle des Absaugschlauchs eine Halbzeugaufnahmevorrichtung befinden.

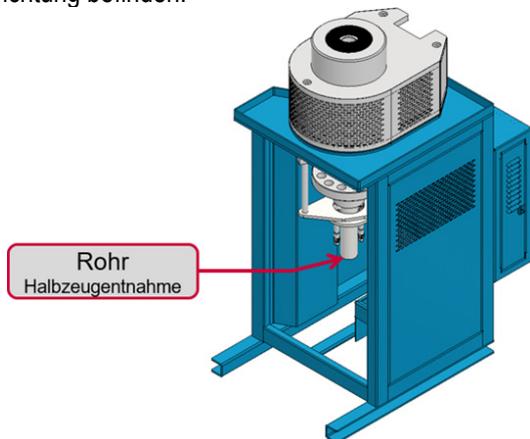


Abbildung 4: Rundstrickmaschine und Übergabestelle des textilen Halbzeugs, Quelle: ORANGE

Die zweite Herausforderung besteht in der Übergabe des aufgenommenen Halbzeugs auf eine Verarbeitungsvorrichtung. Für diese Problematik wurde eine Iris-Kinematik entwickelt, die im eingefahrenen Zustand das Halbzeug im Entnahmerohr aufnimmt und im nächsten Schritt das Halbzeug aufweitet (Abbildung 5). Damit kann es im nächsten Schritt auf eine Aufnahmevorrichtung für die weitere Ver- und Bearbeitung aufgezogen werden.

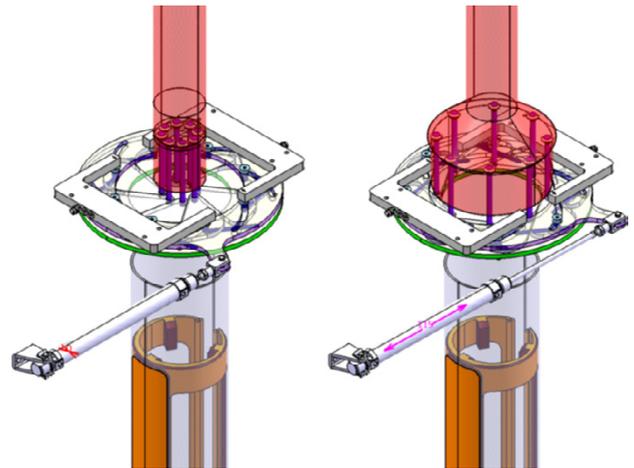
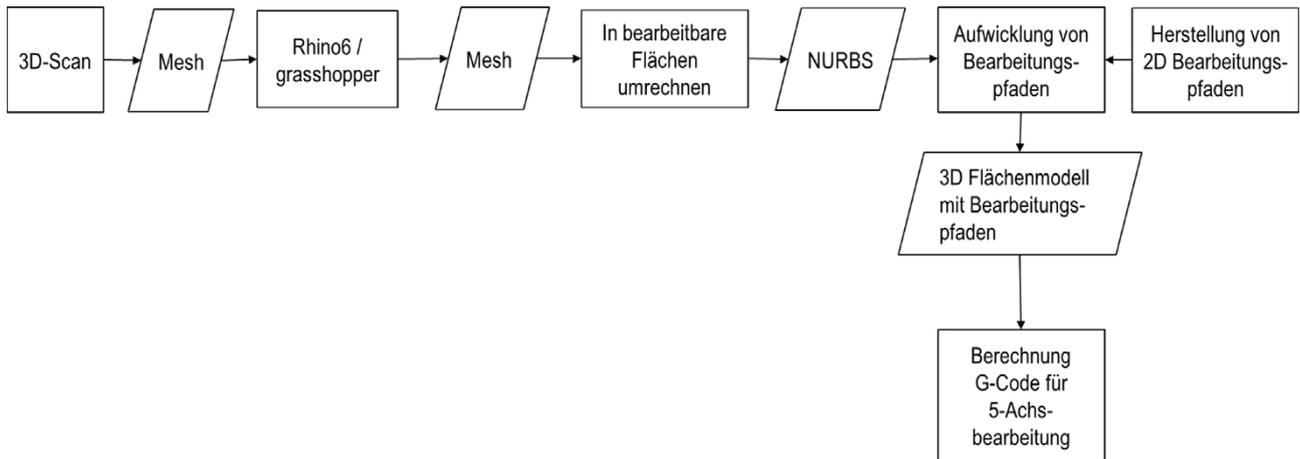


Abbildung 5: Prozess des Aufweitens des Rundgestrickes mittels entwickelter Iris-Kinematik vor dem Aufziehen auf die Transport- und Bearbeitungseinheit (Fertigungszyylinder), Quelle: ORANGE

Entwicklung der Steuerungssoftware (Pfeil)

Für das Gesamtkonzept des Fertigungsprozesses (Workflow) wurden zwei Ansätze (Abbildung 6) herausgearbeitet. Ansatz A ermöglicht direkt die Fertigung auf Basis von 3D-Scan Modellen, während Ansatz B einen weniger komplexen 2D-Ansatz verfolgt, der sich für die Bearbeitung eines zylindrischen Rundgestrickes jedoch als ausreichend erwies. Neben der digitalen Abbildung und Verfügbarkeit des Workflows war eine Steuerungssoftware zu entwickeln, die den gesamten Herstellungsprozess überwacht und alle (zukünftigen) Module zentral ansteuerbar macht.

Ansatz A



Ansatz B

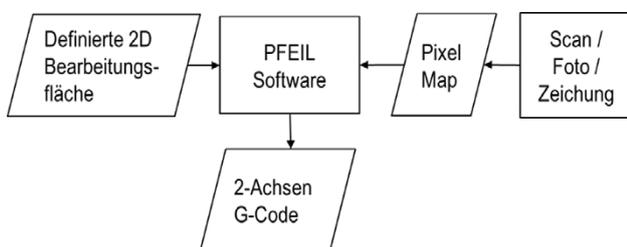


Abbildung 6: Workflowansätze von der Konstruktion/Design zum maschinenlesbaren Code, Quelle: Pfeil

Aufgrund der besseren Ansteuerbarkeit bei individueller Fertigung sowie aus Kostengründen wurde auf Baugruppen der CNC-Technik (Bosch-Rexroth) zurückgegriffen. Der numerische Code ist zudem weit verbreitet und herstellerübergreifend genormt. Damit war es möglich, bis zu 250 Achsen in 16 Kanälen (im vorliegenden Fall Module) zentral zu steuern. Über verschiedene Schnittstellen kann weitere Peripherie eingebunden werden. Darüber hinaus ermöglicht das System die Ansteuerung von Dreh- und Linearachsen mittels G-Code.

Anbau eines Modulträgers für die verschiedenen Komponenten (Dispenser-Modul sowie UV-Lampe) (Pfeil)

Eine sinnvolle Anordnung der Einzelmodule unter Berücksichtigung der Repositionierung und Genauigkeit der Prozesse wurde in einer Gruppierung um einen zentralen zylindrischen Träger gefunden (Satellitenbauweise). Hierbei liegt das Rundgestrick zentral ausgerichtet auf einem Rundkörper auf. Um eine kompakte Bauweise und

keine zusätzlich notwendigen Positionierprozesse zu provozieren, wurden die Fertigungsmodule (Nähmodul und Druckmodul) um diesen Rundkörper (Abbildungen 7 und 8) platziert.

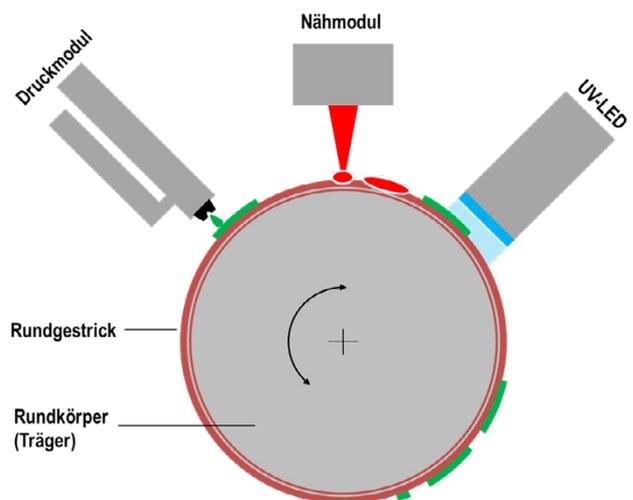


Abbildung 7: Anordnung der Bearbeitungsmodule rund um einen zentralen Rundkörper (Satellitenbauweise), Quelle: STFI

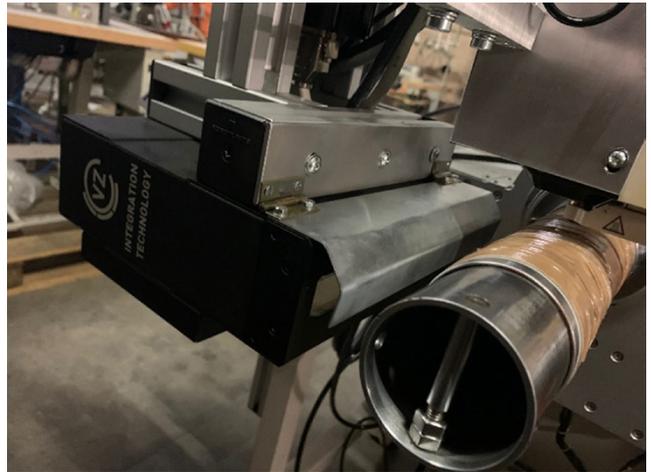
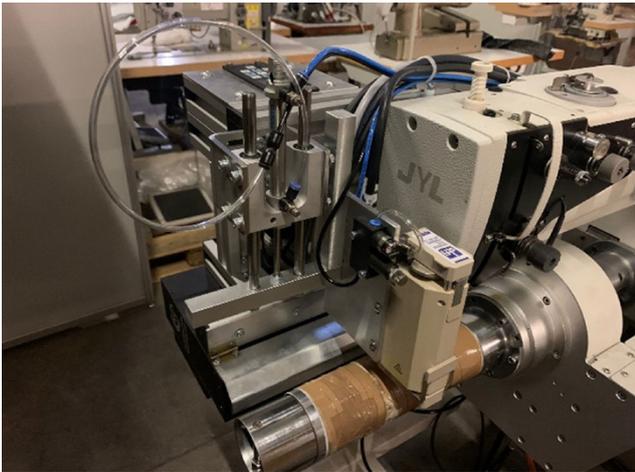


Abbildung 8: Umsetzung der Bearbeitungsmodule für 3D-Druck, Nähen und UV-Härten an einem modifizierten Nähautomaten, Quelle: Pfeil

Für das Druckmodul wurden Jet-Ventile ausgewählt, die sich vor allem in der Handhabbarkeit (Stößelneuausrichtung bei Materialwechsel), Materialflexibilität (Heizung und maximaler Stößelhub) und applizierbare Materialmenge sowie Preis als vorteilhaft erwiesen.

Umsetzung des Druckvorgangs am Halbzeug an der Nähmaschine (ORANGE)

Die Konzeption des 3D-Druckmoduls umfasste die Ermittlung der notwendigen Schnittstellen (im einfachsten Fall Triggersignale mit definierter Spannung) zur Ansteuerung des 3D-Druckkopfes, die notwendige Peripherie, wie Kühlluft (Pneumatik), sowie gegebenenfalls Endlagenschalter für eine gesonderte Kinematik. Der Einsatz eines

beheizten Jetventils (VERMES Microdispensing GmbH, Holzkirchen) im Zusammenspiel mit thermoplastischen Kunststoffen zeigte ein nur in einem begrenzten Umfang mögliches Jetten, da die Kunststoffe bereits in langen Polymerketten vorliegen. Untersucht wurden unterschiedliche Kunststoffe von LDPE (Hochdruckpolyethylen, Abifor 1020, Abifor AG, Zürich, Schweiz) und coPES (Co-Polyester, z. B. UNEX T7M, Dakota Group, Nazareth, Belgien) mit negativem Erfolg (Abbildung 9, A). Erfolgreich hingegen war die Verarbeitung von Wachsen, nachvernetzenden Hotmelts (die vollständige Polymerisation findet hier erst nach dem Auftrag statt), UV-härtenden Systemen und normalen Dispersionen. Für die Verarbeitung UV-härtbarer Materialien musste eine UV-LED Einheit in das Näh- und Druckmodul (Abbildung 9, B) integriert werden.

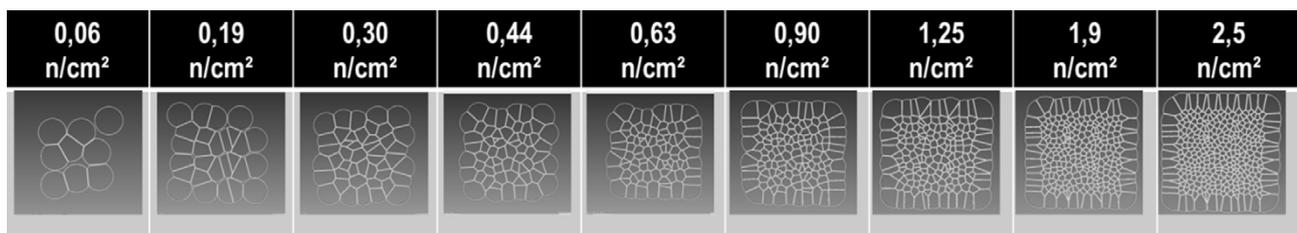


Abbildung 9: Jetventil in einem Versuchsaufbau A bei erfolglosem Test des LDPE Abifor 1020; keine Tropfenbildung und Tropfenablösung im Versuchsaufbau B, Quelle: STFI

Die Konstruktion von (3D-gedruckten) Verstärkungsstrukturen auf dem textilen Träger erfordert viel Know-how, Zeit und dadurch Kosten. Gerade für die individuelle Fertigung bedeutet es, dass diese Kosten auf nur ein Bauteil umgelegt werden können. Mittels der Software Rhinoceros3D und einer graphischen Programmieroberfläche grasshopper® der Firma Robert McNeel & Associates Barcelona, Spanien, war es möglich, algorithmenbasierte parameterflexible Konstruktionen durchzuführen.

Dieses Konzept nutzt ein mathematisches Verfahren zur Ausbildung der Verstärkungsstruktur. Damit gelang es, au-

tomatisiert Zonen mit geringer Versteifung (Stabilisierung) oder hoher Versteifung zu erzeugen. Erprobt wurden hierfür die Dirichlet-Zerlegung oder Voronoi-Strukturen. Dazu wird eine Ebene mit Initialpunkten belegt, welche die Basis der Strukturberechnung bilden. Die Struktur bildet sich radial um einen Initialpunkt aus und stößt ab einem gewissen Durchmesser an eine angrenzende radiale Struktur, welche sich ebenfalls um einen Initialpunkt ausgebildet hat. Die Grenzfläche wird in Form einer Geraden ausgebildet. Dadurch entstehen schaumartige 2D-Strukturen. Je höher die Initialpunktdichte (*Abbildung 10*) ist, desto enger wird die Verstärkungsstruktur ausgebildet.



Zone mit geringer Versteifung/Stabilisierung

Zone mit hoher Versteifung/Stabilisierung

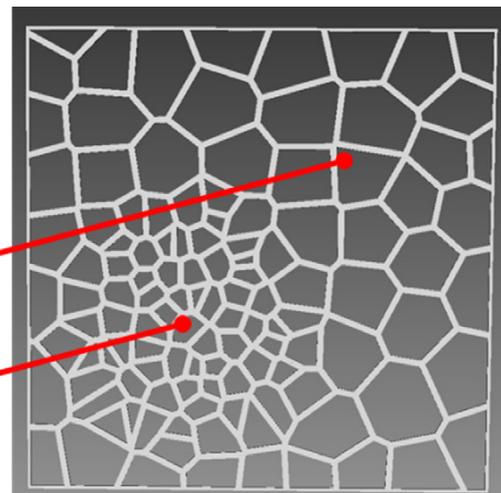


Abbildung 10: Einfluss der Initialpunktdichte auf die Ausbildung der Voronoi-Struktur, Quelle: STFI

Mit diesem Konzept lassen sich Zonen mit unterschiedlichem Versteifungsgrad generieren, wie in *Abbildung 10* unten zu erkennen ist.

Nach Parameterstudien hinsichtlich der automatischen Generierung der Bearbeitungspfade (Slicing) und der Materialauftragsmenge (Kanüldurchmesser, Druck) wurden Verstärkungsstrukturen und leitfähige Strukturen

unterschiedlicher Konstruktion hergestellt und die wesentlichen Eigenschaften (Geometrien, Auftragsmenge, Biegesteifigkeit) ermittelt. Beispielhaft sind in *Abbildung 11* makro- und mikroskopische Aufnahmen einer Silikonverstärkungsstruktur zusammengestellt. Mittels der Kartuschendispenser war es möglich, in einem Schritt Materialdicken bis zu mehreren Millimetern aufzutragen.

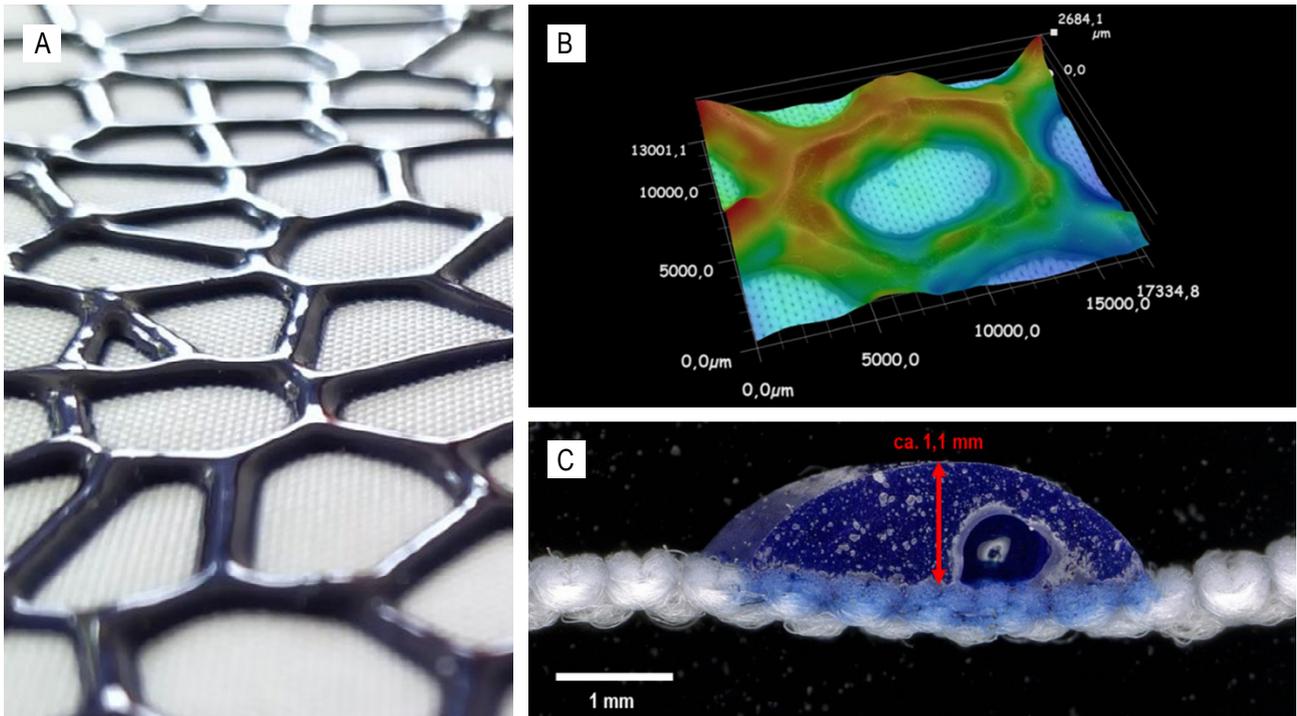


Abbildung 11: Ergebnisse Druck Verstärkungsstruktur (Silikon), Quelle: STFI

Neben den Verstärkungsstrukturen wurden auch leitfähige Funktionsstrukturen hergestellt. Ziel war es hierbei, in einem ersten Schritt ohne zusätzliche Nivellierungsschichten zu arbeiten, die gegebenenfalls die Funktionsperformanz erhöhen, sich aber negativ auf die Gesamtflexibilität der Struktur auswirken. Alle Muster wurden mit einer Schicht hergestellt. Ein mehrfaches Überdrucken ist bei der Anwendung der Dispensetechnik nicht notwendig, wenn genügend Volumenstrom erzeugt werden kann. Die dehnbare Paste der Firma Saralon GmbH,

Chemnitz, weist bessere Werte auf als das Produkt von Dupont de Nemours and Company, Wilmington, USA. Bei ausreichender Schichtdicke und Linienbreiten von mehr als 1 mm war außerdem kaum ein Unterschied im elektrischen Widerstand zwischen Quer- bzw. Längsrichtung zu erkennen. Es konnten Werte um die 0,1 Ohm/cm auf einem PES/EL-Gestrick erreicht werden. *Abbildung 12* zeigt ein gedrucktes Muster, bestehend aus unterschiedlichen Mustergeometrien, Interdigitalstrukturen und mittig angeordneten Zugprüflingen.

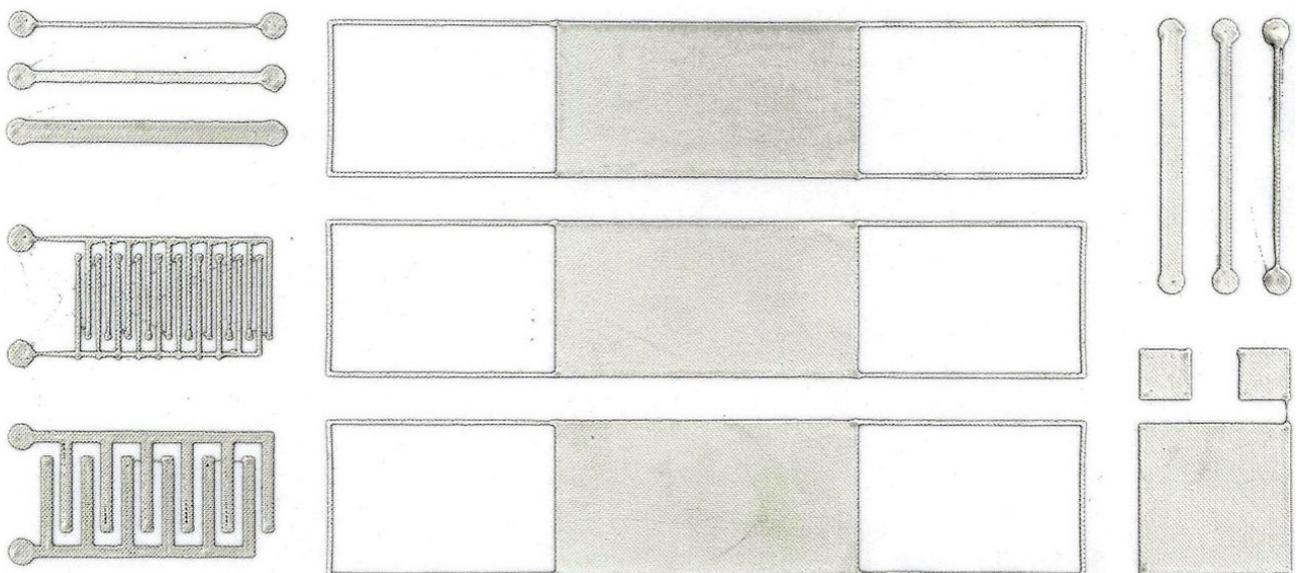


Abbildung 12: Gedruckte, dehnbare, elektrisch leitfähige Testgeometrien, Quelle: STFI

Prüf- und Ausricht-Modul sowie Prüftextil

Das konzeptionell entwickelte Halbzeug liegt als Rundgestrick in zylindrischer Form beidseitig mit Bund als Abschluss vor. Das Grundmaterial aus schwarzem Garn diente als Tragstruktur für Funktionsflächen. Ein Referenzmuster aus kontrastreichem Garn in Form von zusätzlichen eingestrickten Maschen (Abbildung 13) dient zur Erkennung von Fehlstellen und zur Ausrichtung der Form- und Lageorientierung des Halbzeugs auf der Auf-

nahmevorrichtung. Der beidseitige Bund begrenzt und befestigt das Grundmaterial. Der zusätzlich angestrickte Hilfsbund dient zur Unterstützung des Montage- und Fertigungsprozesses. Eine bildauswertungs-basierte Ermittlung der Differenz zwischen tatsächlicher und idealer Halbzeugausrichtung erlaubt das Beheben von Ausrichtungsfehlern mittels Dreh- und Lineargebern auf der Transport- und Verarbeitungseinheit und ermöglicht so eine kontinuierliche Qualitätskontrolle auch für nachfolgende positionsgenaue Prozessschritte.



Abbildung 13: Rundgestrick mit Referenzmuster zur optischen Analyse (entwickelt und gefertigt von Strumpfwerk Lindner GmbH), Quelle: ORANGE/LINDNER®

Einrichtung der Fertigungszelle (Pfeil)

Mit fortschreitendem Entwicklungsstand wurde eine sehr kompakte Konstruktion der Fertigungszelle (Abbildung 14) entworfen, die das Ziel verfolgt, als mobile Fertigungseinheit mit einem Fußabdruck von ca. zwei Palettengrößen auch selbst einen hohen Mobilitätsgrad abzubilden. Innerhalb der Fertigungszelle wurden der Transport und die

Weiterbearbeitung des textilen Halbzeugs durch das Aufziehen des Rundgestrickes und nachfolgender Ausrichtung auf einer Transport- und Bearbeitungseinheit, dem Fertigungszyylinder, gewährleistet. Die Bearbeitungsmodulare wurden daher um den Fertigungszyylinder herum angeordnet und bei Bedarf mittels Pneumatikzylinder angeschwenkt.

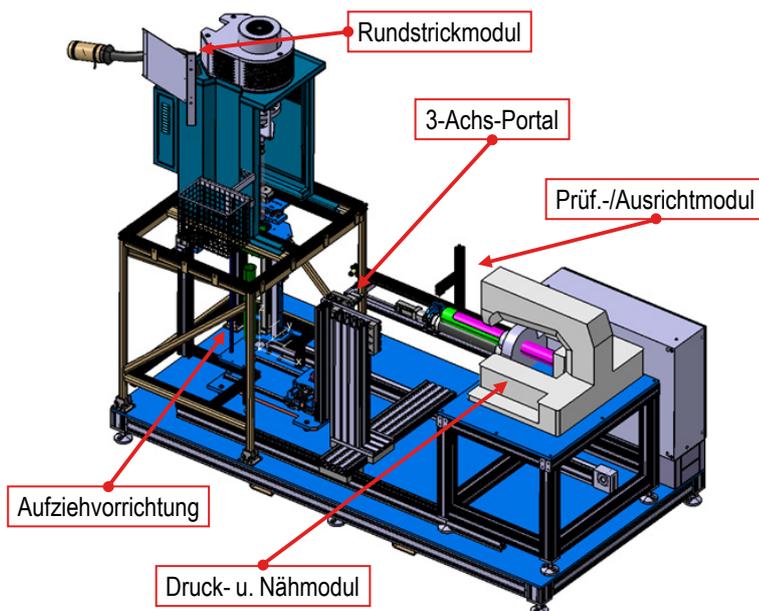


Abbildung 14: Umsetzung der Fertigungszelle auf einer Grundfläche von zwei Paletten, bestehend aus Rundstrickmodul, einer Aufziehvorrichtung, dem Transportsystem als 3-Achs-Portal, dem Prüf- und Ausrichtmodul sowie dem kombinierten Druck- und Nähmodul, Quelle: ORANGE/Pfeil

➤ Verwertung und wirtschaftliche Bedeutung

Mit einer zukünftigen effizienten Einzelfertigung von textilen Produkten in einer modularen Bearbeitungszelle ergeben sich wirtschaftliche Effekte im Bereich der ressourcenschonenden Fertigung. So kann durch die Minimierung von Verschnitt bis zu 25 Prozent Material eingespart werden. Zusätzlich reduzieren sich die Logistikkosten. Weiter können Rüstzeiten minimiert werden, da die Programmierung der Bearbeitungszelle über einen digitalen Zwilling parallel zur Bearbeitung eines aktuellen Fertigungsauftrages durchgeführt werden kann.

Aktuelle Kundenanfragen belegen den Bedarf nach individuell hergestellten, mittels additiver Fertigung funktionalisierter Socken/Beinkleidern oder aber Funktionswäsche für die Extremitäten. So wurden, beispielsweise aus dem Reitsport, Downhill-Fahren, Rudern und Fußball, Socken mit Dämpfungs- und Schutzzonen angefragt. In der Medizin und Rehabilitationstechnik können Bandagen für Ellenbogen und Knie über allein rundgestrickte Strukturen nicht allen Bedürfnissen entsprechen. Weitere Anfragen bedienen den Bereich der Schutztextilien, z. B. für spezielle Aufgaben des Arbeitsschutzes bei Polizei, Feuerwehr und Katastrophenschutz, aber auch in der Bauwirtschaft.

Das Ergebnis des Verbundvorhabens ist ein Prototyp zur digitalen Fertigung bzw. Bearbeitung dreidimensional vorliegender Textilien. Mit Hilfe des entwickelten Konzeptes sowie des Prototyps ist es möglich, eine individuelle Bearbeitung (mass customized) eines dreidimensionalen Textils vorzunehmen. Die Ableitungen der Vorhaben-

ergebnisse finden in folgenden wirtschaftlich relevanten Bereichen potenziell Verwendung:

1. **Textilmaschinenbau:** Verbreitung einer Technik und dazugehöriger Technologie,
2. **Textilproduktion:** Teilautomatisierte und individuelle Produktion für direkt am Markt ausgerichtete, kundenspezifische Produkte.

Kurzfristig werden in den Folgejahren eine Erhöhung des Technologiereifegrades auf sieben bis acht angestrebt sowie konkrete Anwendungen und erste Umsetzungen in Form von Produkten beim Vorhabenpartner LINDNER® erfolgen.

Mittelfristig kann der Technologiereifegrad auf eine Stufe zwischen acht und neun erhöht werden. Das ermöglicht die Entwicklung weiterer Bearbeitungsmodule, um zusätzlich konkrete Anwendungsfälle abzudecken, welche als neuartige Produkte angeboten werden können. Zudem wird ein europaweiter Vertrieb der Anlagentechnik angestrebt.

Diese Entwicklung führt langfristig zu einer Sicherung des innovativen Textilmaschinenbaus in Europa. Durch die entwickelte Technik wird eine automatisierte, dezentrale Produktion komplexer Textilprodukte auch in Hochlohnregionen ermöglicht. Des Weiteren können Produktionsstandorte nach Europa und Deutschland zurückgeführt werden.

➤ Ausblick

Die anwendungsnahen und wissenschaftlich anspruchsvollen Erkenntnisse, die durch das Vorhaben gewonnen wurden, sollen in die betriebliche Praxis übernommen werden und tragen zur Steigerung der Unternehmensattraktivität für Nachwuchskräfte bei. Die zunehmende Komplexität und die Notwendigkeit einer ganzheitlichen Betrachtung (auch für den Maschinenführer) machen Schulungsmaßnahmen erforderlich. Eingebunden in ein gemeinsames (regionales) Forschungs- und Entwicklungsnetzwerk wird so eine Entwicklungsgrundlage zukünftiger Module geschaffen und die Region aus sich selbst heraus gestärkt.

Aufbauend auf den erzielten Ergebnissen kann in Zukunft das Maschinenkonzept um weitere Fertigungstechnologien erweitert werden, um so das Spektrum der zu verarbeitenden Produktentwürfe zu vergrößern. Das könnten z. B. eine Zuführung, Fixierung und Befestigung von textilen oder elektronischen Komponenten sein. Grundsätzlich können mit Hilfe der Forschungsergebnisse Konzepte für automatisierte Herstellungsprozesse von textilen Produkten erstellt werden.

➤ Impressum

Konsortialführer Projekt futureTEX:

Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V. (STFI)
An-Institut der Technischen Universität Chemnitz
Vorstandsvorsitzender: Dipl.-Ing.Ök. Andreas Berthel
Geschäftsführender Direktor: Dr. Heike Illing-Günther

Postanschrift:

Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V. (STFI)
Postfach 13 25
09072 Chemnitz

Besucheradresse:

Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V. (STFI)
Annaberger Straße 240
09125 Chemnitz

Kontakt:

Projektleitung: Dirk Zschenderlein
E-Mail: dirk.zschenderlein@stfi.de
Tel.: +49 371 5274-283
Fax: +49 371 5274-153
www.futuretex2020.de

Verbundkoordinator Umsetzungsvorhaben CNC-Tex:

Pfeil GmbH
Neue Straße 2
09241 Mühlau
Ansprechpartner: Jens Kühnert
Tel.: +49 3722 402640
E-Mail: jens.kuehnert@pfeil.gmbh

Lektorat und Gestaltung:

P3N MARKETING GMBH
Deubners Weg 10
09112 Chemnitz
Tel.: +49 371 243509-00
Fax: +49 371 243509-19
E-Mail: info@p3n-marketing.de



06/2022