

future**TEX**

Zukunft unternehmen!

TourAtlas

iTEXFer

Nachwuchssicherung
Maschinen
Umwelt
Zukunftsprodukt
Innovations-
management
Ressourceneffizienz
Industrie 4.0
Wertschöpfungsketten
Arbeitsorganisation
Landwirtschaft
Wissensmanagement
Chemie
Bau
Textil
Medizin

Zukunft unternehmen!

Unsere Anwendungsfelder



Automotive



BuildTech



InduTech



Luftfahrt



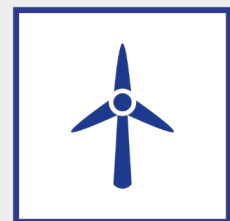
MedTech



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 2021 arbeiten wissenschaftliche Einrichtungen, Unternehmen 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 iTEXFer**

Entwicklung von vernetzten Fertigungssystemen und Wertschöpfungsstufen im Rahmen des Fabriklebenszyklus in der Textilindustrie

Laufzeit: 1. September 2018 – 30. Juni 2021

iTEXFer 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	6
Partner	7
Problemstellung und Motivation	11
Beitrag zur Realisierung der futureTEX-Ziele	12
Lösungsansatz	13
Ergebnisse	17
Verwertung und wirtschaftliche Bedeutung	25
Ausblick	26

➤ Management Summary

Ziel des Vorhabens war es, einen textilspezifischen, erweiterbaren Industrie-4.0-Baukasten aus Software, Methoden und mechanisch-elektronischen Komponenten zu entwickeln, um eine durchgängige Digitalisierung und Automatisierung zu ermöglichen.

Die Entwicklung des Industrie-4.0-Baukastens fand im Rahmen von drei Problemräumen statt, welche im Vorhaben als Teilprojekte fungierten. Der Problemraum „Textiltechnologieentwicklung“ sollte auf Basis der Demonstratorlinie „Scan2Knit“ am Standort Denkendorf beforscht werden. In dieser Demonstratorlinie lag der Schwerpunkt im Vorhaben auf der „Datenaufbereitung und Datenauswertung“, da hier die Hebeleffekte entstehen. Die vorliegenden gescannten 3D-Objekte wurden verwendet, um passgenaue Textilien zu entwickeln. Die Textilien sollten aber nicht durch händische Konstruktion entwickelt werden, sondern durch automatische Konstruktion und Überführung dieser Daten in Maschineneinstellungen. Damit wird eine wiederkehrende Produktentwicklung im Bereich des Auftragsabwicklungsprozesses beschleunigt. Die Partner DITF und Avalution entwickelten Modelle, smarte Bausteine und Methoden, wie 3D-Objekte von einem Scanner in ablauffähige Maschinenprogramme überführt werden können.

Der Problemraum „Textilmaschinenbau“ bezog sich auf die intelligente Instandhaltung am Beispiel einer Luftdüsenwebmaschine. Die Luftdüsenwebmaschine A1 der Lindauer DORNIER GmbH (Lindau) im Technikum des ITA wurde per Bilanzhüllentechnik (Prozessanalyse) in ihre Einzelkomponenten zerlegt. Die Zerlegung diente der Ermittlung kritischer Maschinenkomponenten und -einstellungen, welche per intelligenter Instandhaltung überwacht werden sollten. Nachfolgend diente die Erstellung eines Lasten- und Pflichtenheftes der Konzeption der intelligenten Instandhaltung. Die intelligente Instandhaltung besteht aus Sensorik und Aktorik für die Webmaschine und Programmbibliotheken bzw. einem Algorithmus zur Datenauswertung. Es wurde erforscht, welche Sensorik bzw. Aktorik für Textilmaschinen/Webmaschinen geeignet ist. Für kritische Maschinenkomponenten und -einstellungen wurde ein Konzept für ein Werker-Assistenzsystem für die Instandhaltung entwickelt. Unter Akzeptanz- und Usability-Aspekten wurde erforscht, welche Form der Datenvisualisierung (Graphical User Interface, GUI) für Werker geeignet ist. Das Assistenz-

system gibt Hinweise und Hilfen zur Wartung, Inspektion, Instandsetzung und Verbesserung von Webmaschinen. Sowohl die intelligente Instandhaltung als auch das Werker-Assistenzsystem wurden am ITA umgesetzt und ist in einem Demonstrator einsehbar.

Die Entwicklungen im Problemraum „Textilfabrik“ wurden in der Demonstratorlinie „vernetzte Fertigung“ am futureTEX Forschungs- und Versuchsfeld am STFI realisiert. In dieser Demonstratorlinie wird über einen mehrstufigen Prozess eine individualisierbare Spielmatte hergestellt. Im Forschungs- und Versuchsfeld werden anhand einer Beispielproduktion die Möglichkeiten der Automatisierung und Vernetzung der Textilproduktion aufgezeigt. Die Spielmatte dient dabei als Benchmark zum Vergleich mit aktuellen Prozessen. Der Produktionsprozess ist wie folgt gestaltet:

1. Zu Beginn wird eine flächige Endlosware aus Polyester gewebt, welche im nächsten Schritt rückenbeschichtet wird.
2. Anschließend wird die Endlosware an der Oberfläche lasergestützt trockenvorbehandelt, um folgend optimal 2D- und 3D-bedruckt werden zu können.
3. In den weiteren Bearbeitungsschritten wird die Matte mittels Konturierungssystem und Roboterzelle zur Bandeinfassung konfektioniert.

Die produzierten Halbzeuge (in Form von Endlosware und Einzelflächen) werden über automatisierte Hebe-, Wickel- und Einzugsysteme sowie über autonome Wicklersysteme und mobile Roboter transportiert und gehandhabt. Datentechnisch wird das Gesamtsystem von der agilen Produktionssteuerung der Firma update texware gesteuert, welche mit der maschinennahen Auftragssteuerung, dem Produktkonfigurator, den Drahtloskommunikationssystemen und den Produktionsassistenzsystemen des STFI sowie den Maschinen verschiedener Hersteller vernetzt ist. Die agile Produktionssteuerung nimmt Aufträge vom Produktkonfigurator entgegen, gibt Einstellparameter und weitere Informationen an die Maschinen und Transportsysteme via maschinennaher Auftragssteuerung weiter. Hierbei fungiert ein auf den Einzelflächen aufgedruckter QR-Marker als Referenz. Weiterhin ist die agile Produktionssteuerung vorbereitet, um Anlagenmodelle

der Produktionsumgebung (in Form von Automation Markup Language-Modellen) entgegenzunehmen, welche das System dazu befähigen, automatisiert eine Kommunikation zwischen dem Monitoring (der agilen Produktionssteuerung) und den Anlagen aufbauen zu können. Ergänzt wurde das Monitoring um eine Complex-Event-Pattern-Engine, welche es ermöglicht, ohne Programmierkenntnisse Regeln für Messwerte zu definieren. Im

Rahmen der Demonstratorlinie wurde zusätzlich durch das Fraunhofer IOSB und dem STFI eine Service Plattform aufgebaut, welche an Beispielen die Möglichkeiten von Services für die textile Produktion aufzeigen soll. Durch die Entwicklungen in den drei Problemräumen sollten die Entwicklungszeit von Produktvarianten verkürzt, die Wartungskosten reduziert und die Produktionsdurchlaufzeit verkürzt werden.

➤ Partner



Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V. (STFI)
Annaberger Straße 240 | 09125 Chemnitz
Ansprechpartner: Andreas Böhm
T: +49 371 5274-272 | andreas.boehm@stfi.de

Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V. (STFI)

Das Sächsische Textilforschungsinstitut e.V. (STFI), An-Institut der Technischen Universität Chemnitz, ist mit der fachlichen Kompetenz qualifizierter Mitarbeiter und einer modernen technischen Ausstattung der Ansprechpartner für stetig komplexer werdende Aufgaben im expandierenden Markt der Technischen Textilien. Durch das anwendungsorientierte, industrienahе Forschungs- und Entwicklungsumfeld sowie die enge Zusammenarbeit mit Forschungspartnern können zahlreiche interdisziplinär ausgerichtete Kompetenzfelder abgedeckt werden. Seitens des Produktionsmanagements beschäftigt sich das STFI mit Themen zu intelligenten Produktionssystemen, Modellierung und Prozessmanagement. Die Forschungsschwerpunkte liegen dabei auf der vernetzten Fertigung, Assistenzsystemen, Robotik und künstlicher Intelligenz.



Avalution GmbH
Europaallee 10 | 67657 Kaiserslautern
Ansprechpartner: Dr. Dominik Michel
T: +49 631 343593-70 | dmichel@avalution.net

Avalution GmbH

Die Avalution GmbH arbeitet seit vielen Jahren intensiv an der Forschung und Produktifizierung von 3D-Technologien für den Bekleidungssektor und ist spezialisiert auf das Themenfeld Körper und Passform von Bekleidung. Dadurch verfügt der Projektpartner über umfangreiche technische Kompetenz in Kombination mit bekleidungs-spezifischem Know-how und umfangreichem Wissen der Menschsimulation und -modellierung. Die Grundlage für

die Generierung von 3D-Avataren und den zugehörigen Körpermaßen sowie für die Ermittlung der passenden Größe bei Bekleidung sind die Verfügbarkeit von umfassenden validen 3D-Körperinformationen, wie Körpermaßen, Korrelationen und 3D Körperformen aus Reihenmessungen. Im Bereich der Datenbereitstellung für die Produkt- und Passformoptimierung wurde mit dem Projekt SizeGERMANY in Richtung Online-Datenanalyse nach firmen-, produkt- und zielgruppenspezifischen Gesichtspunkten Neuland für die Bekleidungsindustrie beschritten und mit anschließenden Projekten SizeITALY und SizeNORTHAMERICA fortgesetzt. Mit der langjährigen Erfahrung im Bereich des 3D-Bodyscanning, Untersuchungen zur Anthropometrie und Ergonomie, sowie Lösungen für die Bekleidungsbranche, insbesondere durch Reihenmessungen und MtM-Anwendungen verfügt Avalution, über eine exzellente Basis für die technologischen Herausforderungen des Projekts.



DEUTSCHE INSTITUTE FÜR
TEXTIL+FASERFORSCHUNG

Deutsche Institute für Textil- und Faserforschung Denkendorf (DITF) –
Zentrum für Management Research
Körschtalstraße 26 | 73770 Denkendorf
Ansprechpartner: Alexander Artschwager
T: +49 711 9340-406 | alexander.artschwager@ditf.de

Deutsche Institute für Textil- und Faserforschung Denkendorf (DITF) – Zentrum für Management Research

Die Deutschen Institute für Textil- und Faserforschung Denkendorf (DITF) sind das größte Textilforschungszentrum in Europa mit mehr als 250 wissenschaftlichen und technischen MitarbeiterInnen. Unter dem Dach der DITF wird in drei Forschungsbereichen – dem Bereich Textilchemie und Chemiefasern, dem Bereich Textil- und Verfahrenstechnik sowie dem Bereich Management Research an allen textilen Zukunftsthemen gearbeitet. Eine angegliederte Produktservice GmbH, die als Technologietransferzentrum dem Markt ein breites Dienstleistungsangebot zur Verfügung stellt, unterstützt diese Aktivitäten. Die DITF decken die gesamte Produktions- und Wertschöpfungskette von Textilien ab. Dabei umfassen die Betrachtungen die gesamte textile Pipeline von der Herstellung der Faser bis zur Vermarktung des Endproduktes bzw. dessen Einsatz in konventionellen und besonders in nicht-konventionellen Anwendungsgebieten. Forschungen und Entwicklungen mit einem Schwerpunkt in der Digitalisierung ermöglichen eine Flexibilisierung, schnelle und kostengünstige Artikelwechsel bei kurzen Laufzeiten, IT-Vernetzung von Geräten und Maschinen, den durchgängigen Einsatz von Transpondern sowie Mensch-Maschine-Interaktionen. Im Bereich Management Research entwickeln interdisziplinäre Teams Konzepte, Methoden und Instrumente für strategisches und operatives Ma-



Institut für Textiltechnik (ITA) der RWTH Aachen University
Otto-Blumenthal-Straße 1 | 52074 Aachen
Ansprechpartner: M.Sc. Arash Rezaey
T: +49 241 80232-64 | arash.rezaey@ita.rwth-aachen.de

nagement sowie neue Organisationsstrukturen innerhalb und zwischen Unternehmen und Netzwerken in der Textilbranche. Die Arbeitsschwerpunkte sind u. a. durchgängiges digitales Engineering und KI für textile Produktion, Wertschöpfungsmanagement in Netzwerken sowie die Entwicklung und Adaption von Management-Methoden und IT-gestützten Werkzeugen für die Textilindustrie.

Institut für Textiltechnik der RWTH Aachen University (ITA)

Das Institut für Textiltechnik der RWTH Aachen University (ITA) ist mit dem Lehrstuhl für Textiltechnik im Maschinenbau verbunden und wird von Professor Dr.-Ing. Thomas Gries geleitet. Das ITA gehört zum Fachbereich Maschinenbau der RWTH und ist das Kernstück der ITA Group. Die ITA Group versteht sich als ein international agierender Forschungs- und Ausbildungsdienstleister mit insgesamt ca. 350 MitarbeiterInnen für faserbasierte Hochleistungswerkstoffe, textile Halbzeuge und deren Fertigungsverfahren. Die ITA Academy GmbH ist mit den beiden Säulen Digital Capability Center DCC (Digitale Lernfabrik, gemeinsam mit der McKinsey Company) und Textile Training (offen ausgeschriebene Basis-Schulungen und kundenspezifische Trainings) der Bildungsdienstleister innerhalb der ITA Group. Das ITA ist ebenso wie das STFI und das DITF ein Partner im Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum *Textil vernetzt*. Mit dem Kompetenzzentrum unterstützt das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) die Digitalisierung in kleinen und mittleren Unternehmen und dem Handwerk.



Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung (IOSB)
Fraunhoferstraße 1 | 76131 Karlsruhe
Ansprechpartner: Dr. rer. pol. Ljiljana Stojanovic
T: +49 721 6091-287 | ljiljana.stojanovic@iosb.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung (IOSB)

Das Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung (IOSB) ist das größte Fraunhofer-Institut im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologien und fasst alle seine Kompetenzen im Bereich Industrie 4.0 und industrieller Kommunikation zusammen. Am Fraunhofer IOSB existiert auch ein umfassendes Know-how im Bereich offener Systemarchitekturen, Kommunikations- und Informationsmodellierungsstandards, Internet der Dinge, Informationsmanagement und System- und Service-Engineering für Industrie 4.0 in der Abteilung Informationsmanagement und Leittechnik (ILT). Das Ziel der Abteilung ILT ist die Entwicklung von



update texware GmbH
Albert-Schweitzer-Straße 16 | 95326 Kulmbach
Ansprechpartner: Dr. Michael Schiffmann
T: +49 9221 895-900 | schiffmann@texware.de

Komponenten und Gesamtlösungen für den Aufbau, den Betrieb und die Pflege komplexer Informations-, Leit- und Testsysteme. In der Industrie 4.0 müssen die verschiedenen Komponenten eines Produktionssystems und die Produktions-IT eine einheitliche Sprache sprechen und sich gegenseitig verstehen. Das Fraunhofer IOSB setzt hierbei auf Standards wie Automation Markup Language (AutomationML, IEC 62714) und OPC Unified Architecture (OPC UA, IEC 62541).

update texware GmbH

Die update texware GmbH entwickelt und vertreibt seit mehr als 40 Jahren ERP-Software für Unternehmen der gesamten textilen Wertschöpfungskette und ist damit führender Branchensoftware-Anbieter im deutschsprachigen Raum. Ob Garnerzeugung, Flächenerzeugung, Veredlung, Konfektion oder Handel – die ERP-Lösung texware/CS sorgt in jedem Glied der Prozesskette für Transparenz und durchgängigen Datenfluss. Die modular aufgebaute Standardlösung integriert vom Auftragseingang über die Materialwirtschaft, die Produktionsplanung und -steuerung bis hin zum Versand und der Betriebswirtschaft alle Unternehmensbereiche – bei Bedarf auch den Point-of-Sale. Sie deckt die Belange von voll- und mehrstufigen Textilbetrieben und deren Kommunikationsfluss mit Kunden und Lieferanten vollständig ab. Bereichsübergreifende Workflows erleichtern die Arbeitsabläufe im gesamten Unternehmen. texware/CS ist so flexibel konstruiert, dass die Standardmöglichkeiten leicht und somit kostensparend an die Ablauf- und Organisationsstrukturen jedes Unternehmens angepasst werden können.

➤ Problemstellung und Motivation

Die Forderung der Kunden nach immer individueller gestaltbaren Produkten setzt die Produzenten zunehmend unter Druck, wie die futureTEX Basisvorhaben „Mass Customization“ und „Open Innovation“ zeigten. Durch kurze Produktlebenszyklen, kleine Losgrößen und gleichzeitig steigende Variantenvielfalt werden die horizontalen und vertikalen Wertschöpfungsketten zunehmend komplexer und schwieriger handhabbar, wie die folgenden Problemräume zeigen.

Problemraum „Textiltechnologieentwicklung“ – Digitales Engineering:

Zum ersten ist hierbei die Überführung von Konstruktionsdaten in Technologiedaten (Digitales Engineering) wie Maschineneinstellungen zu nennen. Im Vorhaben wurde hierbei die Flächenherstellung fokussiert. Das digitale Engineering erfolgt unter Einbeziehung von programmtechnischen Systemen und notwendigem umfangreichen Erfahrungswissen, wie das futureTEX Basisvorhaben „Arbeitswelt 4.0“ zeigte. Die datentechnische Integration von Wissen wird für das digitale Engineering der Zukunft als zwingend vorausgesetzt. Vor allem die Realisierung komplexer 3D-Strukturen ist bis heute ein Vorgang, der auf dem Versuch-und-Irrtum-Prinzip basiert. Dies heißt konkret, dass die Abbildung einer definierten 3D-Geometrie sich nur rudimentär aus einer gegebenen Konstruktion bzw. aus einem konkreten Programm ableiten lässt. Das Annähern an die 3D-Endkontur erfolgt iterativ und kann je nach Komplexität der Geometrie langwierig sein. Zum jetzigen Zeitpunkt existiert keine durchgängige Lösung, um von 3D-Objekten die Daten zur Steuerung der Produktionsabläufe automatisiert zu generieren.

Problemraum „Textilfabrik“ – Maschinenvernetzung und -kopplung:

Wenn die Maschinen die notwendigen Informationen zur Produktion textiler Produkte erhalten haben, arbeiten sie mit hoher Präzision, Wiederholgenauigkeit und Stabilität. Die Koppelbarkeit und Vernetzbarkeit von Produktionssystemen untereinander bzw. zwischen Prozessstufen durch automatisierte Transport-Umschlag-Lagerungssysteme (TUL-Systeme) und durch IT-Systeme gestaltet sich

hingegen schwierig. Hierbei muss zwischen dem Handling und Transport von Einzelstücken, u. a. im Bereich der kundenindividuellen Fertigung und dem Transport und Handling von Endlosaufmachungen unterschieden werden. Transporttechnisch wird Endlosware in Form von Flächen gewickelt und über Docken manuell von Station zu Station gebracht und die Fläche anschließend händisch eingezogen. Durch die Kundenindividualisierung und die kleineren Losgrößen wird der Transport und Umschlag an Häufigkeit stark zunehmen und damit auch je nach spezifischer Ausgestaltung der TUL-Systeme zum größeren Kostentreiber werden. In Bezug auf die Vernetzbarkeit verwenden aktuelle Maschinen moderne Kommunikationsprotokolle, d. h. Daten können schnell und in großen Mengen ausgetauscht werden. Bei der Interpretation der Daten ist das Erfahrungswissen zu beachten, welches bis dato unzureichend programmtechnisch beschrieben ist. Das bezieht sich sowohl auf die Maschine als auch auf das Produkt. Es ist teilweise unklar, wie Parameterzusammenhänge in den Einzeltechnologien und technologieübergreifend beispielsweise bezüglich der Material- und Produktqualität sind. Dies erschwert u. a. die Planung der Produktion. Durch Schnellläufer, Produktänderungen in der letzten Minute und kleine Losgrößen potenziert sich dieses Problem sogar noch. Weitere Potenziale zur Verbesserung der Produktionsplanung werden in der Vernetzung der Maschinen mit gleichrangigen und unter- sowie übergeordneten Systemen erwartet. Der Transport von Einzelstücken erfolgt in der Prozesskette in unterschiedlichen Aufmachungseinheiten. Hierbei sind bereits zahlreiche Systeme verfügbar, welche in die Betrachtung im Vorhaben einbezogen wurden.

Problemraum „Textilmaschinenbau“ – Instandhaltung:

Es kann nur effizient produziert werden, wenn die Maschinen eine hohe Verfügbarkeit aufweisen, d. h. dass sie nur kurzfristig ausfallen. Die aktuelle Instandhaltung in der Textilbranche ist reaktiv gestaltet. Es werden selbstverständlich Wartungsintervalle eingehalten, dennoch kommt es zu unvorhersehbaren Stillständen. Reaktive bzw. präventive Instandhaltung ist zeit- und kostenintensiv. Je nach Branche betragen die Instandhaltungskosten 15 bis 40

Prozent (Schroll, 2011) der Kosten in einem KMU. Durch die Zunahme an Kundenindividualisierung und kleineren Losgrößen kommt es zum Fahren der Anlage in einem breiten Betriebsspielraum und zur Zunahme an Rüstvorgängen, d. h. Prognosen über potenzielle Stillstände sind

ohne die Nutzung von Data Mining Technologien kaum noch möglich. Eine Lösung für die vorausschauende Instandhaltung von Textilmaschinen scheiterte bisher u. a. am Mangel einer hinreichenden Beschreibung der Technologien mit allen notwendigen Parameterzusammenhängen.

➤ Beitrag zur Realisierung der futureTEX-Ziele

futureTEX beinhaltet die Entwicklung eines Zukunftsmodells für Traditionsbranchen unter besonderer Nutzung der sich in der Zukunft bietenden Möglichkeiten der vierten industriellen Revolution und der damit verbundenen, zunehmenden Digitalisierung des gesamten Produktionsumfeldes. Durch Vernetzung der unterschiedlichen Systeme in der Produktion sowie dem weiteren Umfeld werden neue Möglichkeiten entstehen, die Produktion zu optimieren und auch neu zu organisieren.

Die durch den Beirat des futureTEX-Konsortiums bestätigte Strategie verfolgt das Ziel, in der Branche einen Wandel zum Kompetenzpool mit branchenübergreifender Ausprägung zu initiieren, um einerseits eine Spitzenposition im Bereich der Produktion Technischer Textilien zu erreichen, andererseits die weltweit führende Position im Textilmaschinenbau zu erhalten und nachhaltig zu stärken. Durch die Zusammensetzung der Partner des Vorhabens wird in großem Umfang den mit dem Förderprogramm „Zwanzig20 – Partnerschaft für Innovation“ angestrebten Zielen der überregionalen Ausstrahlung und des interdisziplinären Charakters gerecht. Die Kooperation gewährleistet eine Kompetenzbündelung und einen breiten, effizienten Ergebnistransfer.

Die im Rahmen der Strategievorstellung im Konsortium geführte Diskussion hat sehr deutlich aufgezeigt, dass eine große Mehrheit der Unternehmen die Chancen im Rahmen der Digitalisierung bestätigt, aber es werden

nachvollziehbare Beispiele und Lösungen, welche die branchenspezifischen Bedarfe und Eigenheiten berücksichtigen, gesucht und gefordert. Es müssen also Voraussetzungen geschaffen werden, die den effizienten Einsatz der knappen finanziellen und personellen Ressourcen in der Industrie maximal sicherstellen. Hierzu können die entstandenen Demonstratoren einen wichtigen Beitrag leisten und Entscheidungshilfen für Investitionen in der Industrie, sowie Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen werden. Diese stehen in den Forschungsinstituten in Chemnitz (STFI), Denkendorf (DITF) und Aachen (ITA). Sie sind offen zugänglich und dienen als Forschungs- und Versuchsplattform für das futureTEX-Konsortium und darüber hinaus. Die Plattformen entsprechen dem Handlungsfeld „Open-Source-Plattform“ der futureTEX-Strategie, welche besagt, dass zur Stärkung der Innovationskraft und des Entrepreneurship eine Etablierung einer „Open-Source-Plattform“ für die Textilbranche notwendig ist.

Die geplante Offenheit und Wandlungsfähigkeit der Demonstratoren in den Forschungsinstituten bietet darüber hinaus auch die Gewähr, dass der in den Basisvorhaben „Smart Factory“ und „Mass Customization“ festgestellte, teilweise sehr unterschiedliche Industrie-4.0-Reifegrad keine Barriere und Ausgrenzung von Teilbereichen der Textilbranche darstellt. Ferner wurden im Umsetzungsvorhaben „Modellierung Textilfabrik der Zukunft“ theoretische Grundlagen erarbeitet, welche in das Vorhaben einfließen.

➤ Lösungsansatz

Ziel des Vorhabens war es, einen textilspezifischen, erweiterbaren Industrie 4.0-Baukasten aus Software, Methoden und mechanisch-elektronischen Komponenten zu entwickeln, um eine durchgängige Digitalisierung und Automatisierung zu ermöglichen. Die Entwicklung des Industrie-4.0-Baukasten fand im Rahmen von drei Problemräumen statt, welche im Projekt als Teilprojekte fungierten.

Teilprojekt „Scan2Knit“ (DITF, Avalution):

Um flachgestrickte individualisierte Bekleidung im Rahmen eines Made-to-Measure-Prozesses (MtM) herzustellen, ist ein hoher Aufwand in der Datenaufbereitung und -verarbeitung notwendig. Dazu gehören die Erfassung der produktbezogenen Daten durch 3D-Scannen des Kunden, die Erstellung der entsprechenden MtM-Kleidungsstücke und die Implementierung der Strickprogramme. Im Extremfall muss der Prozess für jeden einzelnen Kunden und für jedes Bekleidungsstück separat durchgeführt werden. Das Teilprojekt „Scan2Knit“ adressiert diese Defizite durch die Entwicklung eines Workflows, der eine flexible Produktion von individualisierten Gestriicken auf der Basis des 3D-Körperscans des Kunden ermöglicht und die Vorteile von individualisierten Textilien und digitaler Fertigung für die Bekleidungsindustrie hervorhebt. Made-to-Measure bezieht sich typischerweise auf maßgeschneiderte Bekleidung, die anhand eines Grundmusters in Standardgröße mit individuellen Anpassungen an die Körperform des Kunden zugeschnitten und konfektioniert wird. Maßkonfektion beinhaltet im Allgemeinen eine gewisse Form der Standardisierung im Schnittmuster und in der Fertigung, da Änderungsregeln die Veränderung des Schnittmusters (entlang einiger Maßlinien) beschreiben, wenn einige Körpermaße des Kunden vom Grundmuster

in einer Standardgröße abweichen. Häufig wird erwartet, dass MtM-Produkte teurer sind als Konfektionskleidung, aber eine weitaus bessere Passform für den Körper des Kunden bieten. Da jedoch der Wunsch der Kunden nach immer individuelleren Produkten steigt, bietet die fortschreitende Digitalisierung einen neuen Blickwinkel für Maßanfertigungen. Jedes Schnittmuster kann für MtM-Änderungen vorbereitet werden, wenn die notwendigen Transformationsregeln und -methoden zwischen den Standardgrößen vorhanden sind. Somit können nicht nur Cut & Sew abgedeckt werden, sondern auch Strickwaren. Das Stricken ganzer Kleidungsstücke ohne Nähen – das nahtlose Flachstricken – wurde von den beiden führenden Flachstrickmaschinenherstellern Shima Seiki¹ und Stoll² entwickelt. Während diese Lösungen eine schnelle Annäherung an ein komplettes Kleidungsstück ermöglichen, sind sie nicht für individualisierte Produkte in Losgröße 1 geeignet und können nicht flexibel mit Bekleidungs-CAD und Simulationssoftware kombiniert werden. Die automatische Generierung von Strickmustern für Flachstrickmaschinen aus geometrischen Modellen stellt hierbei einen vielversprechenden Ansatz dar. Besonders für 3D-Geometrien ist die Entwicklung von solchen Algorithmen ein aktives Forschungsthema^{3,4,5}, beispielsweise für Spielzeuge^{6,7} oder Architektur^{8,9}. Einige für 3D-Geometrien entwickelte Konzepte lassen sich jedoch auch auf 2D-Strukturen anwenden. Dies betrifft insbesondere solche Algorithmen, die 2D-Objekte so verändern, dass die Strickbarkeit gewährleistet wird. Um ein Strickprogramm generieren zu können, ist eine materialbezogene Musteranpassung in Form eines 2D-Morphings der individualisierten 2D-Mustergeometrie notwendig. Beim Morphing werden die materialspezifischen Verformungseigenschaften, die im Strickprozess stattfinden, berücksichtigt.

¹ Shima Seiki WHOLEGARMENT, www.shimaseiki.com/wholegarment/, abgerufen am 20.07.2021.

² Stoll knit and wear, www.stoll.com/en/machines/knitwear/, abgerufen am 21.07.2021.

³ J. McCann, L. Albaugh, V. Narayanan, A. Grow, W. Matusik, J. Mankoff, and J. Hodgins, "A Compiler for 3D Machine Knitting" in ACM Transactions on Graphics, Vol. 35, No. 4, 2016, <https://doi.org/10.1145/2897824.2925940>.

⁴ V. Narayanan, L. Albaugh, J. Hodgins, S. Coros and J. McCann, "Automatic Machine Knitting of 3D Meshes," in ACM Transactions on Graphics, Vol. 1, No. 1, 2018, <https://doi.org/10.1145/3186265>.

⁵ V. Narayanan, K. Wu, C. Yuksel, and J. McCann, "Visual knitting machine programming," in ACM Transactions on Graphics, Vol. 38, No. 4, Art. 63, 2019, <https://doi.org/10.1145/3306346.3322995>.

⁶ Y. Igarashi, T. Igarashi and H. Suzuki, "Knitting a 3D Model", in Pacific Graphics, Vol. 27, No. 7, 2008. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8659.2008.01318.x>.

⁷ Y. Igarashi, T. Igarashi and H. Suzuki, "Knitting: 3d Modeling of Knitted Animals with a Production Assistant Interface", in Eurographics 2008 Annex to the Conference Proceedings, 2008, pp. 187–190.

⁸ M. Popescu, M. Rippmann, T. Van Mele and P. Block, "Automated Generation of Knit Patterns for Non-developable Surfaces," in Humanizing Digital Reality, Singapore, Springer Nature Singapore Pte Ltd., 2018, https://doi.org/10.1007/978-981-10-6611-5_56.

⁹ Y. Liu, L. Li. and P. F. Yuan, "A Computational Approach for Knitting 3D Composites Preforms", in Proceedings of the 2019 DigitalFUTURES, Springer Nature Singapore Pte Ltd., 2020, https://doi.org/10.1007/978-981-13-8153-9_21.

Teilprojekt „Textilfabrik der Zukunft“ (STFI, IOSB, update texware):

Das Teilprojekt „Textilfabrik der Zukunft“ hatte das Ziel, eine durchgängige voll automatisierte Industrie-4.0-Demoproduktionslinie zur Herstellung individueller, mattenähnlicher Textilien umzusetzen.

Zu Beginn gestaltet der Kunde anhand eines webbasierten Produktkonfigurators (Abb. 1, 1., STFI) sein individuelles Produkt (Spielmatte) mittels 2D- und 3D-Elementen. Anschließend wird dieser Kundenauftrag an das agile Produktionsplanungs- und -steuerungssystem (Abb. 1, 2., update texware) übermittelt, welches die Produktion plant und die terminierten Fertigungsaufträge an die maschinen-nahe Auftragssteuerung (Abb. 1, 3., STFI) übergibt. Diese erzeugt die Maschinenprogramme (Abb. 1, 4.) und übernimmt die Kommunikation mittels automatischer Maschinenparametrisierung (Abb. 1, 5.) mit den Textilmaschinen sowie Transportsystemen und verteilt die Aufträge. Zur schnellen Vernetzung mit ganzen Produktionslinien hat das Fraunhofer IOSB einen Mechanismus konzipiert, um auf Basis von einzelnen Anlagenmodellen (Automation Markup Language (AML)) automatisiert eine hierarchische

OPC UA-Server-Struktur generieren zu können. Neben der Verteilung der Aufträge erzeugt das Auftragssteuerungssystem (STFI) auch Maschinenprogramme (Abb. 1, 4.) für die 2D- und 3D-Druck-Systeme und parametrisiert die Maschinen (Abb. 1, 5.) entsprechend der vorliegenden Aufträge. Um den jeweiligen Auftrag an der Maschine detektieren (Abb. 1, 6.) zu können, wird für jedes konfigurierte Produkt ein QR-Tag auf der konfektionierten Ware am Inkjet-System aufgedruckt, welcher über die digitale Veredlungsstrecke (als Teilsystem des Gesamtprozesses) an den Maschinenein- und -ausgängen verfolgt werden kann. Hierzu besitzt das mobile Robotersystem entsprechende Kameratechnik. Der Fertigungsauftrag durchläuft nacheinander entsprechend der definierten Arbeitsfolge (Abb. 1, 7.) die Maschinen der Flächenbildung, Veredlung und Konfektion. In der Produktionslinie wird u. a. eine robotergestützte Bandeinfassung eingesetzt, welche von der Pfeil GmbH Mühlau zusammen mit dem STFI entwickelt wurde. Zur Realisierung eines automatisierten Materialflusses (Abb. 1, 8.) hat das STFI in Zusammenarbeit mit weiteren Industriepartnern ein autonomes Wicklersystem (Beldrive Engineering GmbH Chemnitz, Suchy Textilmaschinenbau GmbH Korbußen), ein Handlingsystem (Suchy Textilmaschinenbau GmbH Korbußen)

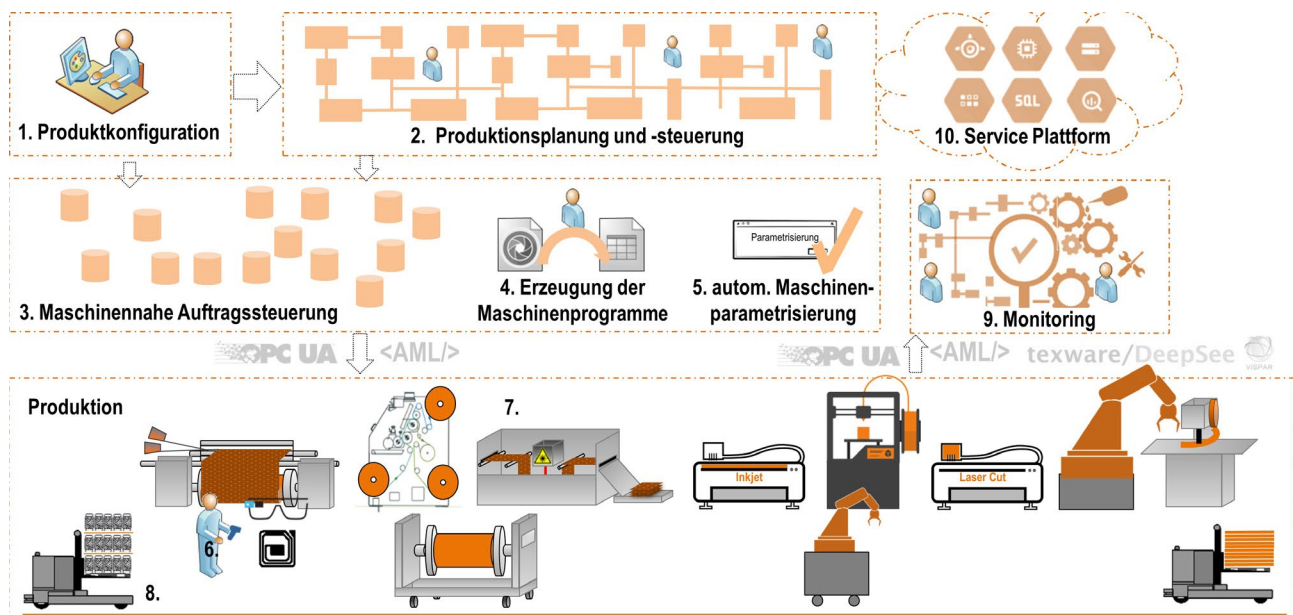


Abbildung 1: Ablaufschema des Zusammenspiels der entwickelten iTEXFer-Systeme im Teilprojekt „Textilfabrik der Zukunft“, Quelle: STFI

zum Heben und Fügen sowie zum automatisierten Aufrollen und Schneiden und ein mobiles Robotersystem (FusionSystems GmbH Chemnitz) entwickelt. Bevor der Gesamtprozess im Produktionsbetrieb automatisiert stattfinden kann, sind die Anlagen zu rüsten. Für die Webmaschine wurden Assistenzsysteme (Abb. 1, 6.) zum Rüsten, zur Unterstützung von Komponenteneinstellungen und zum Einfahren der Anlage entwickelt. Das Assistenzsystem für Komponenteneinstellungen ist darüber hinaus über eine eigens entwickelte Service Plattform (Abb. 1, 10., Fraunhofer IOSB, STFI) buchbar. Darüber könnten theoretisch auch Datenanalysealgorithmen gebucht werden

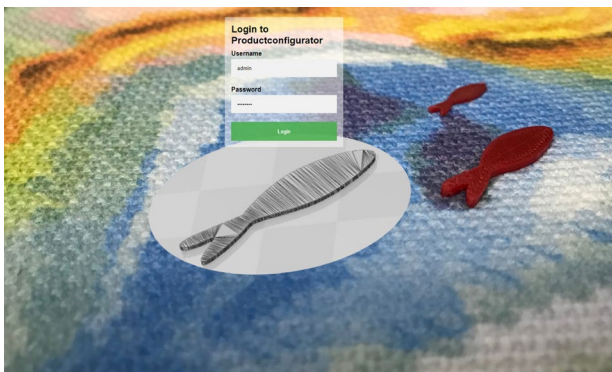


Abbildung 2: Webbasierter Produktkonfigurator, Quelle: STFI

und im Rahmen des Produktionsmonitorings zum Einsatz kommen. Die Überwachung (Abb. 1, 9.) der Demo-Produktionslinie wird im Kern mit Hilfe des Monitoringtools von update texware realisiert. Um das Monitoringtool schnell integrieren zu können, kommt wiederum die Automation Markup Language zum Einsatz, welche mittels eines entwickelten Generierungsmechanismus (IOSB) das automatisierte Vernetzen der Anlagen mit dem Monitoringsystem ermöglicht. Ergänzt wird das Produktionsmonitoring durch das Complex Event Processing Tool VISPAR vom Fraunhofer IOSB. Es erlaubt Datenmuster zu definieren, ohne dafür Programmiersprachen nutzen zu müssen.

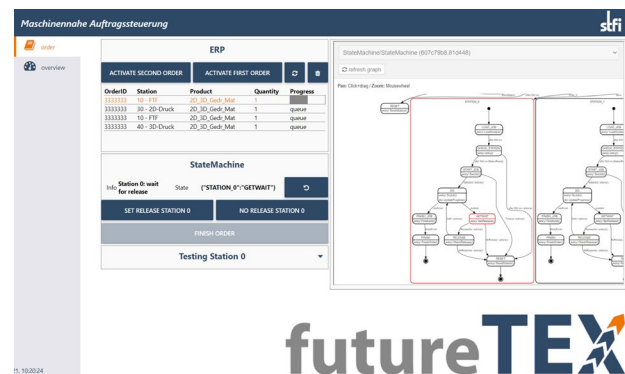


Abbildung 3: Maschinennahe Auftragssteuerung, Quelle: STFI

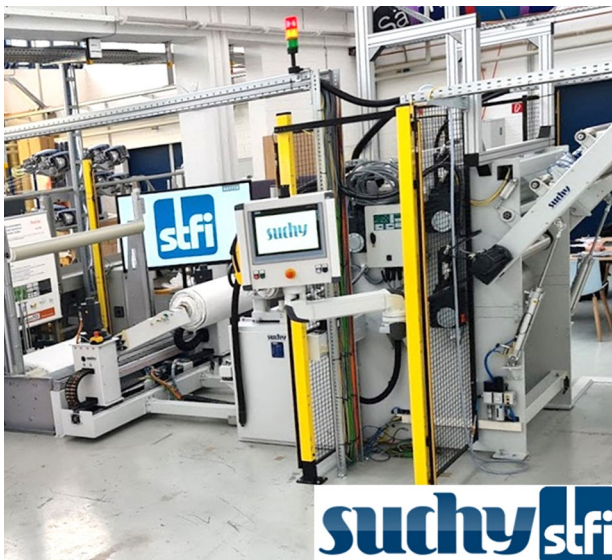


Abbildung 4: Handlungssysteme und autonomes Wicklersystem für Rollenware, Quelle: STFI





Abbildung 5: Mobiler Roboter und robotergestützte Bänderfassung für konfektionierte Textilien, Quelle: STFI

Teilprojekt „Intelligente Instandhaltung“ (ITA):

Die wartungsbedingten Maschinenstillstände verursachen Kosten in der Produktion. In der bestehenden Konkurrenz mit der Produktion in Niedriglohnländern weisen die Digitalisierungstechnologien große Potenziale zur Kostenreduzierung auf. Das Teilprojekt zur intelligenten Instandhaltung hatte das Ziel, durch modellbasierte Ansätze die Wartungsarbeiten hinsichtlich der Effektivität und Effizienz zu optimieren. Vorhersagende Informationen über die Restlebensdauer der Verschleißteile im Webprozess – wie Greiferzahnstange im Greiferweben – steigern die Wartungseffektivität, indem ein frühzeitiger Austausch des Bauteils vermieden wird.

Durch bessere Planungsmöglichkeiten können die Wartungsarbeiten für die Maschinen effizienter durchgeführt werden. Nach Expertengesprächen mit den Webmaschinenherstellern und textilproduzierenden Unternehmen

wurden die verschleißbehafteten Bauteile der Greiferwebmaschine mit den geschätzten gemittelten Lebensdauern bestimmt. Die Greiferzahnstange wurde zur Validierung der Konzepte zur intelligenten Instandhaltung ausgewählt. Die Gründe dazu sind die hohe dynamische Beanspruchung mit hohem Verschleiß und unvorhersehbarer Ausfall. Zur Minimierung des Ausfallrisikos wird momentan die Greiferzahnstange frühzeitig (nach etwa 85 Prozent der nutzbaren Lebensdauer) ausgetauscht, um einen Bauteilbruch im laufenden Prozess zu vermeiden. Da das Verschleißverhalten des Bauteils schwer analytisch modelliert werden kann, wurde ein datenbasierter Modellierungsansatz zur Bestimmung der Korrelationen zwischen Prozesseingangsgrößen und dem Verschleißzustand des Bauteils genutzt. Um die voraussagenden Instandhaltungsmodelle in der Produktion integrieren zu können, wurden in einer übergeordneten Analyse der Datenlebenszyklus und die Integrationsmöglichkeiten in den bestehenden service-orientierten Plattformen (MES/ERP) betrachtet.

➤ Ergebnisse

Im Folgenden werden die erzielten Einzelergebnisse in den Teilprojekten im Detail dargestellt.

Teilprojekt „Scan2Knit“ (DITF, Avalution):

Für eine gute Passform ist eine präzise Abbildung und Modellierung des menschlichen Körpers notwendig. Der menschliche Körper in Bewegung erschwert den Messvorgang und stellt erhebliche Anforderungen an die Scan-

zeit. Die Kenntnis der genauen Körpermaße stellt die Voraussetzung für die nachfolgenden Workflow-Schritte dar. Das 3D-Scannen dient als Basis für die Erstellung von Avataren mit homologen, invarianten Netzen, aus denen semantische und topologische Informationen für die Extraktion von Körpermaßen ausgewertet werden können. Alle Scanoptionen führen zu einer standardisierten Netzdarstellung des Kunden, aus der individuelle Körpermaße extrahiert werden.

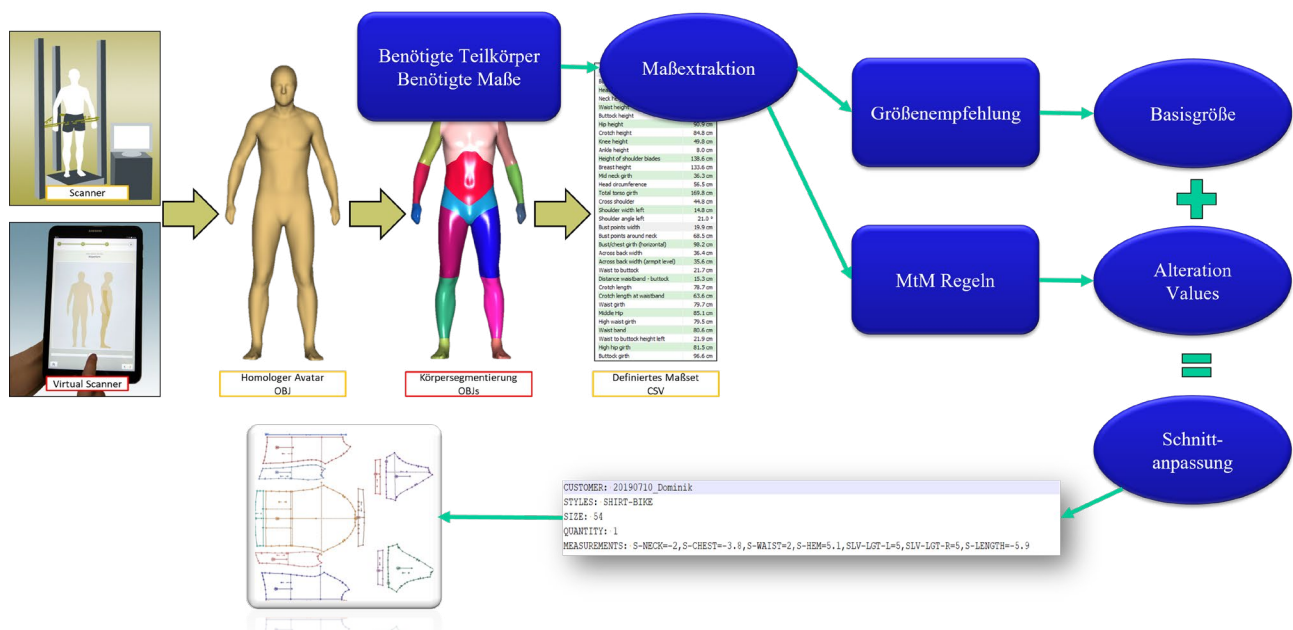


Abbildung 6: Scan2Knit Workflow – Teil 1, Quelle: Avalution

Für ein Made-to-Measure (MtM) Kleidungsstück existiert ein definierter Satz von Körpermaßen, die für Maßänderungen benötigt werden. Zunächst wird eine Standardgröße ermittelt. Dies erfolgt durch eine Größenempfehlung, welche die Körpermaße des Kunden mit der Größentabelle des Kleidungsstücks vergleicht und die beste Größe berechnet. Ausgehend von der Basisgröße werden Änderungswerte ermittelt, die sich aus der Differenz zwischen den Größenreferenzwerten und den Körpermaßen des Kunden ergeben. In Kombination mit den Änderungsregeln des Schnittmusters bilden diese Änderungswerte den zweiten Schritt im Scan2Knit-Workflow.

Die vorangegangenen Schritte stellen eine Grundlage für die automatische Modifikation des zugrunde liegen-

den MtM-gradierten Bekleidungsmustern gemäß den Referenzgrößen und Änderungswerten dar. Durch diese Transformation wird das Schnittmuster von Standardgrößen an die individuellen Merkmale des Kunden angepasst und die MtM-Änderungen dargestellt. Welche Schnittmaße geändert werden können, hängt vom Schnittmuster selbst, den zugrunde liegenden Gradierregeln und den Körpermaßen ab, die aus dem 3D-Scan gewonnen wurden. Der nächste Schritt im Scan2Knit-Workflow sind der Import und die Bearbeitung der Order-Datei durch das MtM-Tool der Assyst CAD Software Suite. Die Software lädt den MtM-Gradierschnitt inklusive der vordefinierten MtM-Regeln für die Basisgröße in das CAD-Programm und generiert eine Wertetabelle mit Änderungswerten aus der Order-Datei. Anschließend werden die Änderungs-

werte aus der Wertetabelle zu den MtM-Schnittmusterendmaßen der Grundgröße addiert. Das Ergebnis ist ein Bekleidungsschnittmuster in einer individuell geänderten Referenzgröße.

Im letzten Vorbereitungsschritt wird mit dem Datenexport-Tool der Assyst CAD Software Suite das Schnittmuster des

individuell modifizierten Bekleidungsstücks in das standardisierte ASTM-Dateiformat¹⁰ für Bekleidung konvertiert und gespeichert. Der Hauptvorteil des ASTM-Formats, eines DXF-Dialekts, besteht darin, dass verschiedene Konstruktionselemente und Metadaten des Schnittmusters, wie z. B. Randkonturen und Nahtlinien, in separaten und klar definierten Ebenen gespeichert werden.

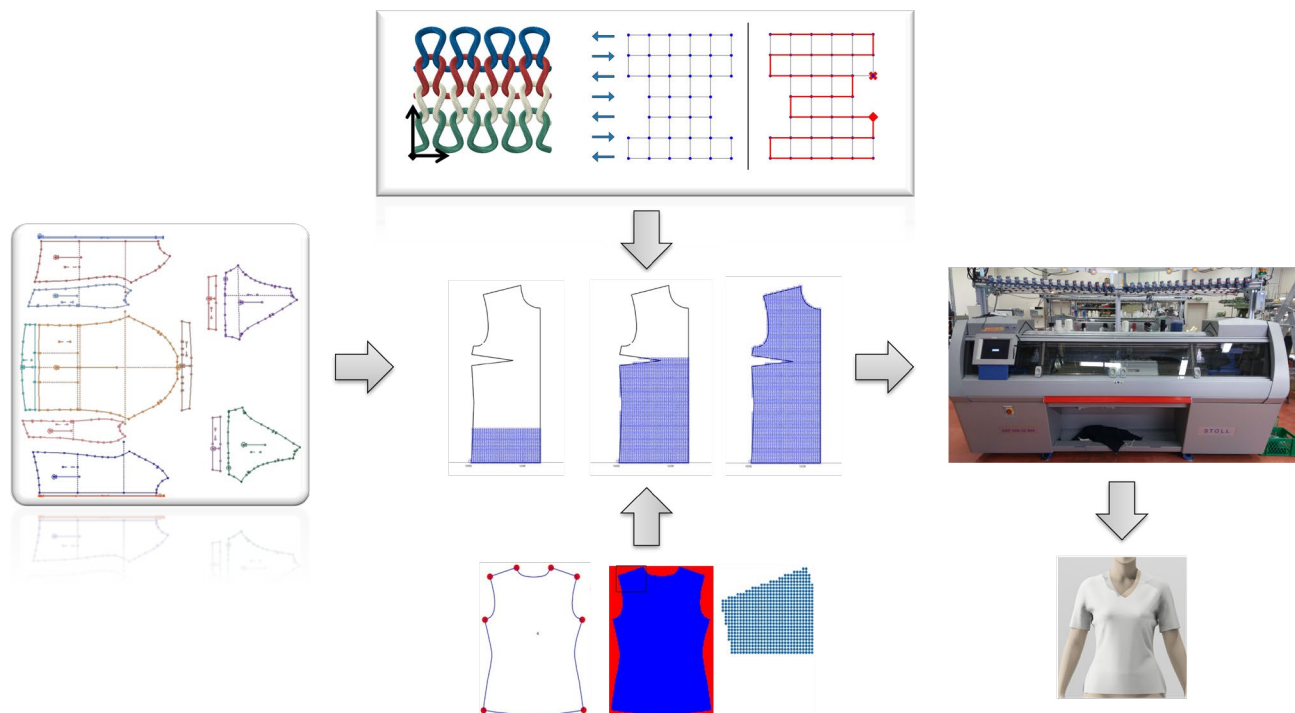


Abbildung 7: Scan2Knit Workflow – Teil 2, Quelle: DITF

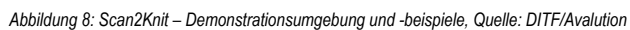
Der zweite Hauptbestandteil des Scan2Knit-Prozesses ist die automatische algorithmische Generierung von Jacquard-Strickmustern aus Schnittlagendateien. Zunächst importiert das Verfahren eine Kleidungsstück-DXF-Datei im ASTM-Format. Material und Gestrickkonstruktion werden berücksichtigt, indem dem Algorithmus die Maschenparameter zugewiesen, d. h. ein Tupel aus Maschenbreite und Maschenhöhe bereitgestellt wird. Im Zusammenhang mit dem Algorithmus stellen diese Parameter eine Abtast-rate für die Diskretisierung der Fläche innerhalb der Randkontur des Schnitts dar. Die diskretisierte Geometrie wird in 2D weiter manipuliert, um den Strickprozess zu optimieren. Eine Tracing-Subroutine stellt die Strickbarkeit des Teils sicher, das schließlich in einen Satz von ASCII-Zeichen umgewandelt wird, die von der Stoll-Strickmaschinensoftware importiert und interpretiert werden können.

Die Scan2Knit-Methode wurde an verschiedenen Kleidungsstücken getestet und mit mehreren Maschenkonstruktionen mit unterschiedlichen haptischen und Dehnungseigenschaften gestrickt und mit drei verschiedenen Garntypen hergestellt. Die Strickanweisungen wurden für die Stoll M1plus Software programmiert und für eine Stoll ADF V-Bett-Flachstrickmaschine mit 899 Nadeln und der Feinheit E18 angepasst.

Zusammenfassend wurden die ausgewählten MtM-Kleidungsstücke basierend auf 3D-Körperscans von Probanden abgeändert und die entsprechenden Order-Dateien generiert. Die resultierenden Schnittlagendateien im ASTM-Format wurden mithilfe des Strickinterpreters in Strickprogramme umgewandelt. Die Teile wurden dann gefertigt, gewaschen, getrocknet und konfektioniert. Zum

¹⁰ ePattern ASTM Standard dorthehansen.com/wp-content/uploads/2014/10/ePattern-ASTM-Standard.pdf, abgerufen am 21.7.2021.

für die Validierung ausgewählt. Alle Messungen wiesen im Vergleich zu den zugeschnittenen und genähten Kleidungsstücken einen Fehler von weniger als 3 Prozent auf.



Vernetzung von Systemen: Es wurden Vernetzungslösungen entwickelt, um die Maschinen und Transportsysteme mit dem übergeordneten Auftragsmanagementsystem mittels OPC UA zu vernetzen. Hierzu lagen drei unterschiedliche Grundbedingungen vor. Es gab Maschinen, welche OPC UA-fähig, netzwerkfähig oder nicht netzwerkfähig waren. Die OPC UA-fähigen Maschinen können über einen vom STFI entwickelten Vernetzungsadapter mit der maschinennahen Auftragssteuerung kommunizieren. Der softwarebasierte Vernetzungsadapter wird auf Seiten der maschinennahen Auftragssteuerung betrieben und ist dafür geeignet, um eine definierte Signalabfolge zwischen Maschine und Auftragssteuerung (in Bezug auf Maschinenstatus, Jobstatus und Auftrag) realisieren zu können. Für die netzwerkfähigen Maschinen war es notwendig, das vorhandene Protokoll in OPC UA zu übersetzen und wiederum den entwickelten softwarebasierten Vernetzungsadapter auf Maschinen-seite zu implementieren. Für die Protokollübersetzung kamen Middleware-systeme zum Einsatz. Für die Maschinen, welche keine Netzwerkschnittstelle hatten, musste mittels displaybasierter, optischer Zeichenerkennung und Technologien zur Interaktion mit Hotfoldern, Datenbanken und Systemregistrierungen sowie Smart Sensors auf die Maschinen zugegriffen werden.

Im Folgenden werden die im Teilprojekt „Textilfabrik der Zukunft“ entwickelten Teilsysteme kurz vorgestellt.

Anlagenmodellierung: Im Verlauf des Projekts konnte gezeigt werden, wie in AutomationML vorhandene Anlagenmodelle in OPC UA-Serverstrukturen überführt werden können. Dies beinhaltet einerseits die Repräsentation einzelner Maschinen oder Roboter in OPC UA, andererseits die Abbildung des gesamten Produktionssystems in einer hierarchischen Struktur aus OPC UA-Servern, wie in *Abbildung 9* zu sehen. Zur Erzeugung der hierarchischen Strukturen wurde ein Algorithmus entwickelt, welcher automatisiert die einzelnen OPC UA-Server zusammenfasst und über einen überlagerten Server erreichbar macht. Die so verfügbar gemachten Daten können von Anwendungen (Apps) für die Prozesssteuerung und -überwachung genutzt werden.

Drahtloskommunikation: Weiterhin wurden in die Demoproduktionslinie verschiedene Identifikations- und Ortungslösungen implementiert. Diese dienen zur Absicherung der Produktion und Logistikprozesse. Mittels ID-Code-Integration und kamerabasiertem Tracking kann das Demoprodukt Spielmatte entlang der digitalen Veredlungsstrecke (als Teil Demoproduktionslinie) verfolgt werden. Mittels Inkjetsystem wird ein QR-Marker aufgebracht, welcher durch das Kamerasystem des mobilen Roboters identifiziert werden kann. So kann nachvollzogen werden, wo sich das Halbzeug befindet. Zur Prozessabsicherung besitzt neben dem mobilen Roboter auch das autonome Wicklersystem einen Ortungstag. Auch Maschinenbedie-

ner können einen Ortungstag tragen, um nachvollziehen zu können, wer welchen Arbeitsschritt bspw. beim Rüsten durchführt. Im Speziellen für die Webmaschine, welche das Grundgewebe für die Spielmatte herstellt, wurde ein System zur Unterstützung des Rüstprozesses mittels RFID-Technik entwickelt. Mit diesem System wird sichergestellt, dass nur passendes Material auf das Schusspulenlengatter aufgesteckt wird.

Assistenzsysteme für die Produktion: Weiterhin wurde für die Webmaschine ein Assistenzsystem für den Rüstprozess entwickelt, um Komponenteneinstellungen und das Anfahren der Anlagen zu unterstützen. Mittels QR-Marker können einzelne Komponenten der Webmaschine identifiziert werden. Weiterhin wird der Assistenzsystemnutzer mittels NFC-Tag identifiziert. So können kontext- und rollenspezifisch Anweisungen zu den Komponenten visualisiert und mittels Sprachsynthese ausgegeben werden. Ergänzend zu den Komponentenanweisungen werden sensorische Daten (wie die Fadenzugkraftspannung in den Kettfäden) angezeigt. Auch in diesem Assistenzsystem kommen Ortungstechnologien in Form der Bluetooth-Low-Energy-Technologie zum Einsatz, um entlang der Anlage nachvollziehen zu können, wo sich der Anlagenbediener aufhält. So könnte im Assistenzsystem festgelegt werden, dass die Visualisierung der Fadenzugkraftspannung nur in der Nähe der Kettbäume angezeigt wird.

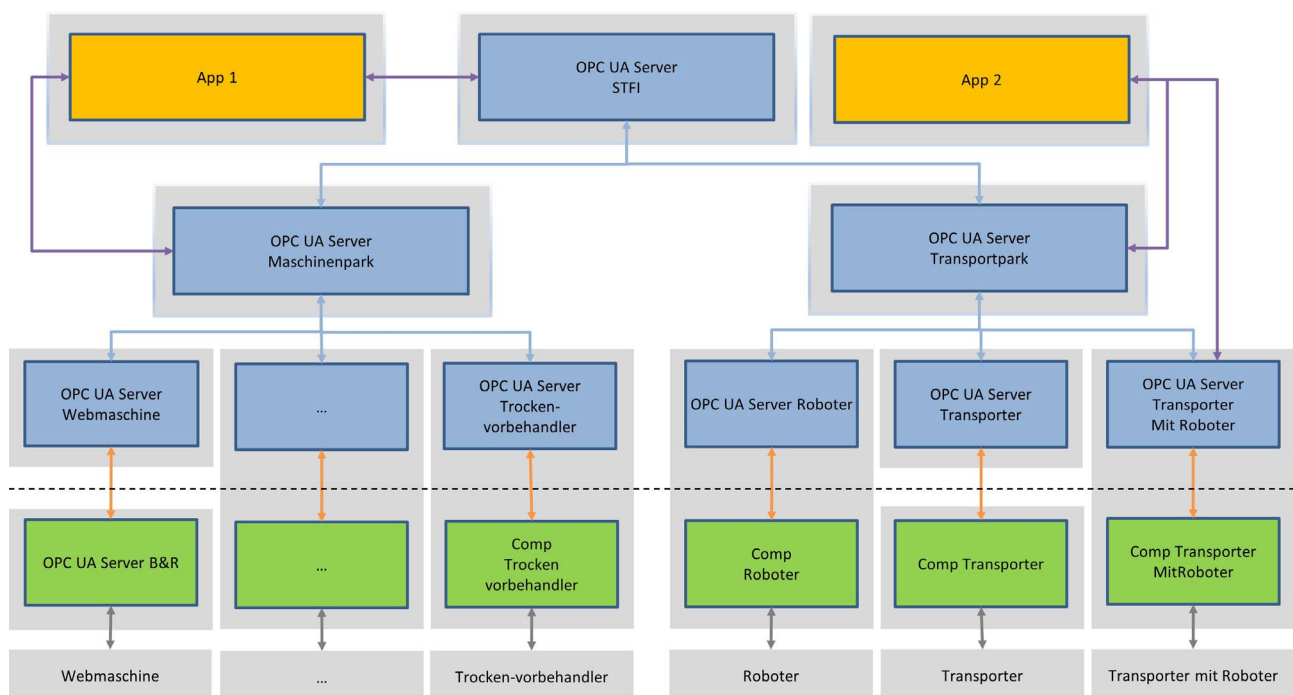


Abbildung 9: Automatisch generierte Repräsentation des Produktionssystems basierend auf OPC UA, Quelle: Fraunhofer IOSB

Maschinendatenanalyse: Daten, die entweder über die Repräsentation des Produktionssystems oder über dezentralisierte Sensoren im Produktionsumfeld erfasst werden, können zur Analyse der Maschinen- beziehungsweise Prozessdaten genutzt werden. Im Vorhaben wurde gezeigt, wie Daten in die Datenanalyseplattform „Apache Streampipes“, sowie in die Complex Event Processing (CEP)-Lösung des Fraunhofer IOSB eingelesen und ausgewertet werden können. Beide Datenverarbeitungswerkzeuge zeichnen sich durch einen Low- beziehungsweise No-Code-Ansatz aus. Dies erlaubt den Einsatz von Datenanalyse in der Produktionsüberwachung ohne die Notwendigkeit spezieller Programmier- oder Datenanalysekenntnisse.

Produktkonfigurations- und Musterextraktionsworkflows: Es wurde ein webbasierter Produktkonfigurator entwickelt, mit dem das Demoprodukt „Spielmatte“ konfigurierbar ist. Nach dem Login (siehe Abb. 2) stehen im Konfigurator Musterelemente und 3D-Elemente zur Verfügung, welche frei platziert werden können. Anschließend gibt der Nutzer seinen Namen und seine Artikelbezeichnung ein, bevor er auf „Auftrag absenden“ geht. Im folgenden Schritt wird für die individuelle Spielmatte ein QR-Code erzeugt und in das Druckbild integriert, so dass das Produkt in der Produktion verfolgt werden kann. Der vom Kunden versendete Auftrag umfasst anschließend das fertig generierte Druckbild und die Metadaten, welche in Form eines Rest-Calls an die agile Produktionssteuerung (ERP-System) oder an die maschinen-nahe Auftragssteuerung gehen. Es hängt davon ab, ob der Kundenauftrag warenauswirtschaftlich verwaltet werden soll oder nicht. Im agilen Produktionssteuerungssystem wurden entsprechend der Fertigungsstufen verschiedene Produktvarianten hinterlegt. Bevor das Druckbild auf den Anlagen umgesetzt werden kann, ist es entsprechend aufzubereiten. Das Druckbild wird hierzu in Musterelemente und 3D-Elemente zerlegt. Die Musterelemente werden darauf folgend als Imagedatei auf einem Netzlaufwerk abgelegt und stehen nun für den Druckprozess auf dem Inkjetsystem bereit. Für die 3D-Elemente sind mehrere Zwischenschritte notwendig. Die 3D-Elemente entsprechen im Produktkonfigurator einzelnen Imagedateien, d. h. diese sind so nicht dreidimensional druckbar. Es sind die Koordinaten der Imageelemente der Produktkonfiguration zu extrahieren und nachfolgend die 3D-Modelle entsprechend zuzuordnen, um anschließend automatisiert ein 3D-Modell für die konfigurierte Matte erstellen zu können. Nachdem dieses erstellt wurde, wird mittels 3D-

Slicer ein Maschinenprogramm generiert und ebenfalls auf einem Netzlaufwerk für das 3D-Materialauftragssystem abgelegt. Für den Administrator des Produktkonfigurators wurde des Weiteren die semigrafische Programmiersprache Blockly integriert. Diese ermöglicht es, einfach und schnell ohne Programmierkenntnisse Abhängigkeiten im Produktkonfigurationsprozess hinterlegen zu können.

Automatisierungssysteme (siehe Abbildungen zu den Automatisierungssystemen): Es wurden Systeme zum Handling, Transport und zum Bearbeiten von Warenbäumen und konfektionierter Ware entwickelt. Das Handlingssystem entnimmt die Webware in Form eines Warenbaumes automatisiert von der Webmaschine, trennt die Ware und führt den Warenbaum der folgenden Beschichtungsanlage zu. Die auf dem Warenbaum befindliche Warenbahn wird mit dem in der Beschichtungsanlage befindlichen Vorläufer gefügt. Nach dem Beschichtungsprozess wird die Warenbahn auf einem autonomen Wicklersystem aufgewickelt, vom Nachläufer getrennt und anschließend automatisiert zur lasergestützten Trockenvorbehandlungsanlage transportiert. Folgend findet wie bei der Beschichtungsanlage der automatisierte Einzugsprozess statt, indem die angelieferte Warenbahn mit dem Vorläufer verbunden wird. In der Trockenvorbehandlungsanlage wird die Warenbahn u. a. in 70 x 70 cm große Textilhalbzeuge getrennt. Diese werden anschließend über einen mobilen Roboter von Maschine zu Maschine transportiert. Den Abschluss der Produktionslinie übernimmt wiederum ein Robotersystem, welches automatisiert die Matte mit einem Band einfasst.

Planung und Steuerung von Produktions- und Logistikaufträgen: Ziel war die Realisierung eines agilen Planungs- und Steuerungssystems für Produktions- und Logistikaufträge. Das System besteht aus einem angepassten ERP/PPS-System und einer maschinennahen Auftragssteuerung. Das ERP- und PPS-System der Firma update texware wurde zur Realisierung einer agilen Produktionssteuerung wie folgt weiterentwickelt: Das ERP/PPS-System ist eine ganzheitliche Unternehmenssteuerung. Die Auftragsbearbeitung erfolgt in Produktionsstufen unter Verwendung von mehrstufigen Stücklisten, Artikelstämmen mit Variantenlogik (entsprechend der Spielmattevariationsmöglichkeiten) und Materialwirtschaftsfunktionen. Im ERP/PPS-System werden des Weiteren die Anlagen der Demoproduktionslinie verwaltet und die Produktionskapazitäten geplant. Im grafischen Leitstand kann

die Maschinenbelegung via Drag&Drop vorgenommen werden, wobei eine szenariobasierte Simulation die manuelle Auftragsverteilung unterstützt. Im Rahmen des Demolinienprozesses werden die Maschinen hingegen automatisiert belegt. Im Leitstand werden demnach die Planung der Belegung pro Ressource auf allen Produktionsstufen sowie die Anzeige des Auftragsfortschrittes durchgeführt. Über farbliche Kennzeichnung wird ersichtlich, welche Maschinen in welchem Zustand ist. Mittels Frühwarnsystem können am Prozess beteiligte Mitarbeiter informiert werden. Das ERP- und PPS-System der Firma update texware wurde zur Realisierung einer agilen Auftragssteuerung wie folgt weiterentwickelt:

1. Der Ablauf der agilen Steuerung wird getriggert durch den Produktkonfigurator, der in Form einer Bestellung die Daten (im JSON-Format) zur konfigurierten Matte an das update texware System übergibt, d. h. Kunde X konfiguriert 1 Spielmatte X zum Preis von Y mit Eigenschaften Z. Grundvoraussetzung für die Anbindung eines Produktkonfigurators war das Anlegen der mögliche Produktvarianten. Hierbei beziehen sich die Produktvarianten auf die möglichen Fertigungskombinationen. Als Bindeglied zwischen PPS-System und maschinennaher Auftragssteuerung fungiert die Referenznummer. Der Arbeitsplan und die Stückliste des aus der Bestellung erzeugten Produktionsauftrages ergibt sich durch die Parameter des Auftrages vom Produktkonfigurator. Die Parameter werden beim Import validiert.
2. Nach erfolgreichem Generieren des Produktionsauftrages wird in einem definierten Verzeichnis eine XML oder JSON-Datei mit dem Status des Produktionsauftrages abgestellt. So können externe Systeme den Status des Produktionsauftrages stetig verfolgen.
3. Der Produktionsleitstand von update texware zeigt den Produktionsverlauf an. Wird der Leitstand aktualisiert, erscheint der Produktionsauftrag (PA) zur Feinplanung im Leitstand. Das Monitoringsystem der Firma update texware unterstützt den Leitstand zusätzlich.
4. Um die Maschinen letztlich anzusteuern, wurde gemeinschaftlich unter Führung des STFI die maschinennahe Auftragssteuerung (siehe Abb. 3) entwickelt. Die maschinennahe Auftragssteuerung kann als

Middleware oder Stand-alone-System zur Steuerung betrieben werden. Letzteres bedeutet, dass die Auftragssteuerung auch ohne ERP-System selbstständig arbeiten kann. Wenn sie hingegen als Middleware zur Steuerung verwendet wird, gibt das PPS-Modul des ERP-Systems die Aufträge pro Maschine bzw. Logistiksystem vor und die maschinennahe Auftragssteuerung übernimmt das gesamte Datenhandling mit der Anlage und gibt entsprechend Rückmeldung an das PPS-Modul des ERP-Systems. Die maschinennahe Auftragssteuerung überwacht demnach die Maschinen permanent, lädt Aufträge und übernimmt das Datenhandling mittels gesicherter State-Machine („Zustandsautomat“).

Service Plattform: Die Service-Plattform adressiert zwei Nutzergruppen: einerseits Software-Entwickler und andererseits Anlagenbetreiber. Den Entwicklern erlaubt die Plattform Zugriff auf eine Entwicklungsumgebung, in der sie eigene Software schreiben können. Zusätzlich kann die entwickelte Software über die Plattform veröffentlicht werden. Für den Anlagenbetreiber bietet die Service-Plattform Zugriff auf die im Projekt entwickelten und angewandten Software-Lösungen wie das Assistenzsystem für die Produktion oder die Werkzeuge zur Maschinendatenanalyse, sowie die von den Entwicklern veröffentlichte Software. Dies dient einem einfacheren Zugang zu Lösungen für eine digitalisierte Produktion.

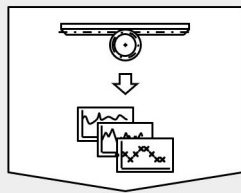
Teilprojekt „Intelligente Instandhaltung“ (ITA):

Nach der Auswahl der Greiferzahnstange als die relevante Maschinenkomponente wurde mit Betrachtung des Verschleißverhaltens ein Programmablauf nach Jardine et al.¹¹ für die voraussagende Instandhaltung ausgelegt. Ein Schema des Ablaufs ist in der Abbildung zum Programmablauf der voraussagenden Instandhaltung dargestellt.

Die einzelnen Schritte werden wie folgt beschrieben:

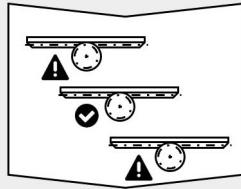
1. **Entwicklung eines Systems zur Zustandsüberwachung:** Im ersten Schritt erfolgte die Entwicklung und Inbetriebnahme des Prüfstands zur Zustandsüberwachung der Greiferzahnstange. Die physikalischen Zustandsänderungen, die als Folge des Bauteilverschleißes zu erwarten sind, wurden definiert. Ein Messsystem, bestehend aus Vibrations-, Temperatur-

¹¹ Jardine, A. K. S., Lin, D., Banjevic, D.: A review on machinery diagnostics and prognostics implementing condition-based maintenance; Mechanical Systems and Signal Processing 20; 2005.



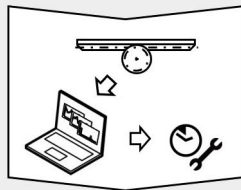
1. Entwicklung eines Systems zur Zustandsüberwachung

- Auswahl der Überwachungstechnik
- Auswahl und Entwicklung geeigneten Sensor- und Messtechnik
- Aufbau und Inbetriebnahme des Prüfstands



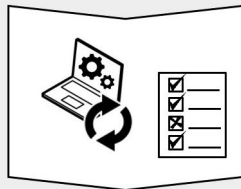
2. Festlegung der Datenkennzeichnungsmethode

- Beschreibung der Zustandsentwicklung von Greiferzahnstange
- Erstellung eines Datenkennzeichnungskonzepts



3. Entwicklung eines Software-Tools zur voraussagenden Instandhaltung

- Auswahl und Einsatz von Signalanalysemethoden
- Trainieren und Anwenden der Machine-Learning-Modelle
- Entwicklung einer graphischen Oberfläche



4. Erstellung eines Validierungsplans

- Beschreibung und Bewertung der Szenarien zur Validierung des Systems
- Festlegung eines Bewertungsschema

Abbildung 10: Programmablauf zur voraussagenden Instandhaltung, Quelle: STFI

und Beschleunigungssensoren, wurde entwickelt. Zur Auswahl des Messkonzeptes bei den Messgrößen wurde das im „Nine-Step-Tool“ angewendet. Der Gesamtprüfstand wurde in Anlehnung an die VDI-Richtlinie 2221 entwickelt. Die entsprechende Funktionsstruktur des Prüfstands ist in der Abbildung dargestellt.

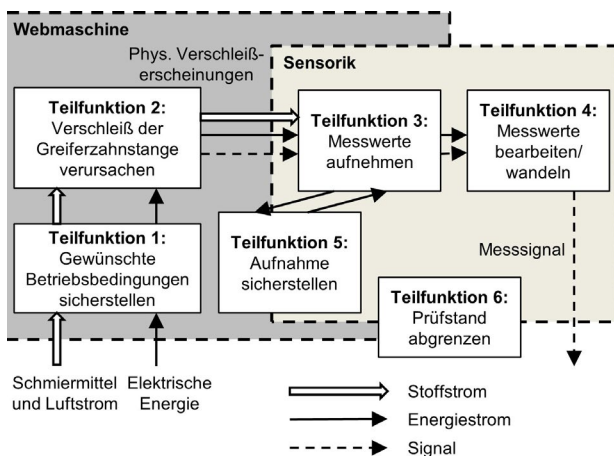


Abbildung 11: Funktionsstruktur des Prüfstands zur voraussagenden Instandhaltung, Quelle: STFI

2. Festlegung der Datenkennzeichnungsmethode:

Damit die aufgenommenen Daten dem Zustand der Greiferzahnstange korreliert werden können, muss eine Kennzeichnungsmethode festgelegt werden. Die zustands- und die restnutzungsdauerbezogenen Datenkennzeichnungsmethoden wurden in einer vergleichenden Analyse vorgestellt und die Anwendungsszenarien wurden für den bestehenden Problemraum konkretisiert.

3. Entwicklung eines Software-Tools zur voraussagenden Instandhaltung:

Im dritten Schritt wurde ein Software-Tool zur Analyse der gemessenen Daten und gekennzeichneten Zustandsdaten entwickelt, um die Diagnostik bzw. Prognostik des Komponenten Zustands durchführen zu können. Das Software-Tool beinhaltet separate Module zur (1) Datenanalyse mit den relevanten Merkmalsextraktionsalgorithmen für die importierten Messdaten, (2) Modelltraining, um die Modellierungsansätze schnell durchzuführen und vergleichen zu können, und (3) Modellanwendung zur

Prognose des Verschleißzustandes oder der Restnutzungsdauer, abhängig davon, welche Datenkennzeichnungsmethode gewählt wurde (siehe Abb. 12).

4. **Validierungsphase:** Im letzten Schritt wurde ein Validierungsplan erstellt und durchgeführt, um das ent-

wickelte Software-Tool validieren zu können. Dabei handelt es sich um die Festlegung der Einsatzbedingungen beim Betrieb und messtechnischen Untersuchungen sowie Kennzahlen zur Bewertung der Systemleistung unter den realen Einsatzbedingungen im industriellen Betrieb.

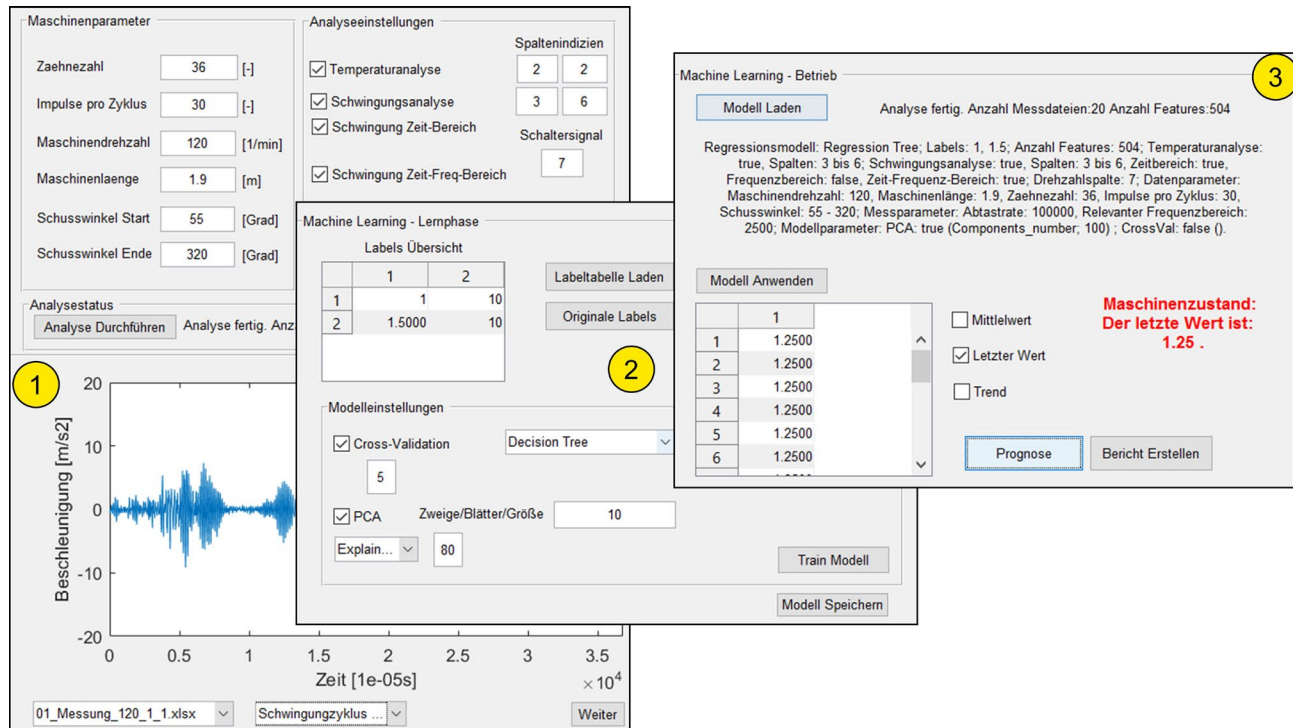


Abbildung 12: Funktionsstruktur des Prüfstands zur voraussagenden Instandhaltung, Quelle: STFI

Bei der Umsetzung und Anpassung der Systeme zur intelligenten Instandhaltung wurde ein serviceorientiertes ERP/MES-System am Institut für Textiltechnik der RWTH Aachen University (ITA) in Betrieb genommen. Hierzu wurde eine detaillierte Anforderungsbeschreibung bezüglich der Aufnahme der relevanten auftrags- und zustandsbezogenen Daten durchgeführt. Die Vernetzung des ERP/MES-Systems mit den angrenzenden Assistenz- und Produktverfolgungssystemen wurde in der Anforderungsanalyse betrachtet. Eine serverbasierte Lösung mit einem MES/ERP-System wurde danach im Betrieb genommen. Zur Anpassung der Bausteinkombination der intelligen-

ten Instandhaltung (Assistenzsystem und modellbasierte voraussagende Wartung) wurde ein methodischer Fragebogen zur Bewertung der Effektivität, Effizienz und Nutzerfreundlichkeit entwickelt und für die Durchführung der Nutzertests vorbereitet. Bei den übergeordneten Arbeiten (zusammen mit anderen iTEXFer-Teilprojekten) wurde nach Absprache mit anderen Partnern eine Lebenszyklusbetrachtung für die gesamtheitliche Serviceplattform in Fabrik-, Maschinen- und Produktebenen thematisiert. Hierbei wurden die relevanten Datenschnittstellen der intelligenten Instandhaltung zwischen Prozess-, Produkt- und Produktionsebene betrachtet.

➤ Verwertung und wirtschaftliche Bedeutung

Im Rahmen des Vorhabens iTEXFer wurden durch die Forschungsinstitute und industriellen Entwicklungspartner textilspezifische, erweiterbare Softwaremodule und mechanisch-elektronische Komponenten entwickelt und Methoden erarbeitet.

Mit dem Scan-2-Knit-System ist es möglich, per Klick ein individuelles Gestrick auf Basis eines gescannten Körperteils zu generieren. Mit dem ITA-Instandhaltungssystem bestehend aus Maschinendigitalisierung, Sensorintegration, smarte Algorithmen, Methode und einem Entscheidungstool ist es möglich, die Instandhaltung vorhersehbar zu gestalten. Auf Grundlage einer beispielhaften Produktion von Spielmatten (Textilfabrik der Zukunft) entwickelt wurden:

- eine echtzeitfähige Regel-Engine für die Verarbeitung komplexer Ereignisse in der Maschine bzw. Produktion,
- ein agiles Produktionsplanungs- und -steuerungssystem mit hoher Vernetzbarkeit und einfacher Integrierbarkeit von smarten Systemen der Produktion,
- eine Vernetzungsart mit unterschiedlichen Maschinenarten und Steuerungen,
- eine Art zur Ansteuerung und Maschinenparametrisierung für die individualisierte Produktion mittels Laser-, Druck- und Robotertechnik sowie Produktkonfiguration mit automatisierter Musterextraktion und
- autonome Transportsysteme mit Handlingsfunktion (mittels Robotik bzw. Übergabeautomatik) für textile Anwendungen.

Durch die Lösungen sollen die Entwicklungszeit von Produktvarianten verkürzt, die Wartungskosten reduziert werden und die Produktionsdurchlaufzeit verkürzt werden.

Kurz-, mittel- und langfristig sollen die iTEXFer-Lösungen für die Forschungsinstitute dazu beitragen, die Forschungsqualität zu erhöhen und die Durchführung komplexer, mehrstufiger Experimente in den Produktionsumgebungen der Institute zu ermöglichen. Die im Rahmen des Projekts angeschaffte und programmierte Technik erhöht darüber hinaus die Flexibilität in den Technika. Weiterhin wurde durch das Projekt die Kompetenz der Institutsmitarbeiter in den Bereichen Textilfertigung, automatisierte Prozesse, Prozessanalyse, Sensorik, Aktorik und Datenanalyse erweitert. Damit trägt das Vorhaben iTEXFer auch dazu bei, neue Demonstratoren, neue Dienstleistungen und Beratungsleistungen rund um Industrie 4.0 anbieten zu können, wie das Mittelstand 4.0 Kompetenzzentrum *Textil vernetzt* zeigt. Durch die Demonstrationsumgebungen wird des Weiteren erwartet, dass neue Industriekontakte generiert werden und Entwicklungsprojekte entstehen.

Die industriellen Entwicklungspartner prognostizieren für die iTEXFer-Lösungen eine Umsatzsteigerung und Steigerung der Verkaufszahlen, welche zur Festigung der Marktposition und zur Standortsicherung beiträgt. Durch die Weiterentwicklung des bestehenden Produktportfolios, die Steigerung des Beratungsniveaus und die Know-how-Erweiterung im Bereich Industrie 4.0 wird erwartet, nicht nur die Marktposition zu festigen, sondern sogar den Einfluss auf die Textilbranche erhöhen zu können. Die entwickelten iTEXFer-Lösungen können auch dazu beitragen, neue Geschäftsmodelle zu entwickeln.

➤ Ausblick

Die deutsche Textil- und Bekleidungsindustrie ist mit ca. 1.400 Unternehmen einer der größten Industriezweige in Deutschland (Gesamtverband der deutschen Textil- und Modeindustrie e.V., 2017). Besonders Klein- und Mittelständische Unternehmen (KMU) sind mit einem sehr hohen Anteil vertreten. Die Textilindustrie ist durch kontinuierliche und effiziente Prozesse mit hohen Durchsatzraten gekennzeichnet. Der Trend geht allerdings hin zu kundenindividuellen Produkten in kleinen Losgrößen mit immer kürzer werdenden Lebenszyklen und zu einem Wandel des Produktportfolios in Richtung Technische Textilien. Die Digitalisierung wird diesen Wandel unterstützen. Unternehmen der deutschen Textil- und Bekleidungsindustrie bekommen hierbei Unterstützung vonseiten des Verbandes und der Forschung bspw. mit dem Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum *Textil vernetzt*, wo das STFI, das DITF und das ITA mitwirken. Grundsätzlich stehen im Mittelpunkt der Betrachtung meist die Prozessabläufe und die Produktion, welche es zu flexibilisieren und transparenter

zu gestalten gilt, um letztlich neue Marktsegmente bspw. im Bereich Technische Textilien zu erschließen.

Wie die Studie von Bayern Innovativ berichtet, sind alle Stufen der textilen Kette von der Digitalisierung betroffen. Entsprechend war auch das Vorhaben iTEXFer breit aufgestellt und adressierte die Textiltechnologieentwicklung, den Textilmaschinenbau und die Textilfabrik. Im Rahmen des Vorhabens wurde ein textilspezifischer, erweiterbarer Industrie-4.0-Baukasten aus Software, Methoden und mechanisch-elektronischen Komponenten entwickelt. Mit den Modulen des Baukastens wurden an den Forschungsinstituten in Denkendorf, Aachen und Chemnitz Demonstratoren entwickelt, um den Einsatz und die Effekte der Module für eine durchgängige Digitalisierung und Automatisierung zu zeigen. Die Demonstratoren und die entstandenen Module und Systeme sind Grundlage für weitere zukünftige Forschungen im Bereich kundenindividueller, vernetzter Fertigung und künstlicher Intelligenz.

➤ 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 iTEXFer:

Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V. (STFI)
Annaberger Straße 240
09125 Chemnitz
Ansprechpartner: Andreas Böhm
Tel.: +49 371 5274-272
E-Mail: andreas.boehm@stfi.de

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



10/2021