

TourAtlas

Sel**V**liesPro

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

Zukunft unternehmen!

Unsere Anwendungsfelder



Automotive



BuildTech



InduTech



Luftfahrt



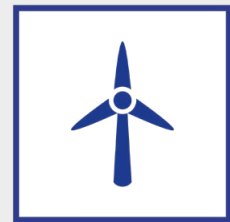
MedTech



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 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 SelVliesPro**

Entwicklung einer smarten kontinuierlichen Fertigungslinie zur Verarbeitung von (rezyklierten) Hochleistungsfasern zu Organoblechen als Basis für Leichtbauanwendungen

Laufzeit: 1. Februar 2018 – 30. Juni 2021

SelVliesPro 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	10
Beitrag zur Realisierung der futureTEX-Ziele	11
Lösungsansatz	11
Ergebnisse	14
Verwertung und wirtschaftliche Bedeutung	18
Ausblick	19

➤ Management Summary

Das Umsetzungsvorhaben SelVliesPro verfolgte das Ziel, den Aufbau einer intelligenten Anlage zur Verarbeitung rezyklierter Hochleistungsfasern unter Integration von Industrie 4.0-Ansätzen umzusetzen. Die Wiederverwertung von Carbonfasern auf dem Niveau von Hochleistungswerkstoffen ist jedoch nur mit geschlossenen technologischen Prozessketten bei hoher Reproduzierbarkeit und ökonomischer Effizienz zu etablieren. Daher verfolgte das Konsortium aus Forschungseinrichtungen und Industriepartnern das Ziel der Entwicklung und den prototypischen Aufbau der Versuchsanlage zur Herstellung von

Organoblechen auf Basis von Vliesstoffen aus rezyklierten Hochleistungsfasern als cyber-physisches Produktionssystem. Die Anlage ist gekennzeichnet durch die kontinuierliche Herstellung eines Faserverbundwerkstoffes durch mehrere aufeinanderfolgende Prozessschritte, welche sowohl prozess- als auch parameterseitig in gegenseitiger Abhängigkeit stehen. Cyber-physische Systeme sind ein Kernelement von Industrie 4.0 und beschreiben die dynamische Vernetzung von physischer Welt, d. h. der spezifischen Produktionsanlage, und einem virtuellen Abbild (Cyberraum).



Abbildung 1: Physische Welt und virtuelles Abbild, Quelle: STFI nach Thiede et al., <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.04.098>

Das virtuelle Abbild wird kontinuierlich mit verschiedensten Maschinen-, Betriebs- oder Umgebungsdaten versorgt und berechnet daraus optimierte Strategien. Diese werden in geeigneter Form Mitarbeitern verschiedener Zielgruppen durch eine dynamische Mensch-Maschine-Interaktion als Entscheidungsunterstützung zur Verfügung gestellt. Es ergeben sich daraus drei wesentliche technologische Handlungsfelder:

1. **Handlungsfeld „intelligente Instandhaltung“:** Aufzeigen von Zusammenhängen zwischen Maschinenverschleiß, Technologiefehlern sowie Maschinen- und Umfelddaten
2. **Handlungsfeld „selbstlernende Fertigungssysteme/Prozessführung“:** technologische, selbstoptimierende

rende und lernende Steuerung unter Nutzung von konstantem Datenlogging zur Ableitung optimaler Einstellparameter zur permanenten Qualitätssicherung

3. **Handlungsfeld „Mensch-Maschine-Interaktion“:** Nutzung von kontext- und rollenspezifischen Assistenzsystemen auf mobilen Endgeräten

Die im Vorhaben geschaffenen Demonstrationsanwendungen zu den Handlungsfeldern werden zum Ergebnistransfer in die Industrie durch ein modular aufgebautes, praxis- und anwendungsorientiertes Lehr- und Schulungskonzept auf andere Bereiche der Textilproduktion übertragen und machen das Thema Industrie 4.0 in der Textilbranche greifbar.

➤ Partner



Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V. (STFI)
Annaberger Straße 240 | 09125 Chemnitz
Ansprechpartner: Thomas Pfaff
T: +49 371 5274-291 | thomas.pfaff@stfi.de

Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V. (STFI)

Das Sächsische Textilforschungsinstitut e.V. (STFI) ist ein An-Institut der Technischen Universität Chemnitz und eine gemeinnützige Forschungseinrichtung im Freistaat Sachsen, die sich den langjährigen Traditionen sächsischer Textilforschung verpflichtet fühlt. In der anwendungsorientierten, industrienahen Forschungs- und Entwicklungsarbeit spiegeln sich sowohl klassische Textiltechnologien als auch innovative, unkonventionelle Lösungen für viele Anwendungsgebiete, wie z. B. Bau-textilien, Medizintextilien, Leichtbau, Automobilbau, Smart Textiles und Industrie 4.0, wider. Aufgrund der engen Zusammenarbeit mit anderen Forschungspartnern können zahlreiche interdisziplinär ausgerichtete Kompetenzfelder abgedeckt werden. Das STFI bringt umfangreiches Know-how zur textilen Produkt- und Technologieentwicklung, zum Produktions- und Prozessmanagement sowie zur Unternehmenskommunikation mit. Es ist mit der fachlichen Expertise qualifizierter Mitarbeiter und einer modernen technischen Ausstattung der Ansprechpartner für die stetig komplexer werdenden Aufgaben im expandierenden Markt der Technischen Textilien und führender Forschungspartner im Bereich der Herstellung von Vliesstoffen aus rezyklierten Carbonfasern (rCF). Seitens des Produktionsmanagements beschäftigt sich das STFI mit Themen der Produktionsorganisation sowie der Digitalisierung und Vernetzung der Produktion.



Technische Universität Braunschweig – Institut für
Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik (IWF)
Langer Kamp 19b | 38106 Braunschweig
Ansprechpartner: Marvin Czarski
T: +49 531 391-7658 | m.czarski@tu-braunschweig.de

Technische Universität Braunschweig – Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik (IWF)

Das Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik (IWF) wird gemeinschaftlich von Prof. Dr.-Ing. Klaus Dröder und Prof. Dr.-Ing. Christoph Herrmann geleitet, welche die Professuren für Fertigungstechnologien & Prozessautomatisierung sowie Nachhaltige Produktion & Life Cycle Engineering innehaben. Das IWF ist an mehreren interdisziplinären Forschungszentren, wie der Battery LabFactory Braunschweig, der Open Hybrid LabFactory



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hof
Institut für Materialwissenschaften (ifm) | Campus Münchberg
Kulmbacher Str. 76 | 95213 Münchberg
Ansprechpartner: Dr. Enrico Putzke
T: +49 9281 409-8623 | enrico.putzke@hof-university.de

oder dem Niedersächsischen Forschungszentrum Fahrzeugtechnik beteiligt, welche heterogene Anwendungsfälle für produktionstechnische Fragestellungen darstellen. In den Forschungszentren laufen in der Professur von Prof. Dr.-Ing. Herrmann verschiedene öffentliche und industriell geförderte Projekte zu den Themen nachhaltige Produktion, Life Cycle Engineering und Systems of Systems Engineering. Zudem betreibt das IWF "Die Lernfabrik", in der wissenschaftliche Mitarbeitende, Studierende und Industriepartner Forschung an Werkzeugmaschinen und Produktionsabläufen durchführen können. Die Lernfabrik hat umfangreiche Sensorik zur Energie-, Zustands- und Umgebungserfassung installiert. Ein zentraler Forschungsbereich der Professur für Nachhaltige Produktion und Life Cycle Engineering des IWF befasst sich mit der energie- und ressourceneffizienten sowie qualitäts- und kostenoptimierten Produktion durch den Einsatz von digitalen Methoden und Technologien. Ein Kernaspekt ist der Einsatz von nachhaltigen cyber-physischen Produktionssystemen. Diese verbinden die reale (Produktions-)Welt mit der digitalen Welt, welche auf Basis von Simulationen oder datenbasierten Analysen gebildet wird.

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hof

Praxisorientierung, Internationalisierung und intelligente Ressourcennutzung stehen im Zentrum von Lehre und Forschung an der Hochschule Hof. Als Hochschule für angewandte Wissenschaften fokussiert diese ihre Kompetenzen innerhalb der Fakultäten Informatik, Ingenieurwissenschaften und Wirtschaftswissenschaften auf die praxisorientierte Forschung und Lehre. Mit einem Angebot von 28 Bachelor- und Masterstudiengängen bietet Hof ein breit gefächertes Studienangebot. Die Studenten lernen von Professoren, aber auch von Fach- und Führungskräften aus Industrie und Forschung, die sowohl über theoretisch-fundierte wissenschaftliche Kenntnisse als auch über praktische Berufserfahrung und Branchenwissen verfügen. Nahezu alle Studiengänge an der Hochschule können auch als duales Studium absolviert werden. Die Aktualität der Lehrinhalte wird durch die Zusammenarbeit der Fakultäten mit den vier Forschungsinstituten der Hochschule (Institut für Materialwissenschaften (ifm), Insf für Informationssysteme (iisys), Institut für angewandte Biopolymerforschung der Hochschule



Safety io GmbH
Franz-Ehrlich-Straße 9 | 12489 Berlin
Ansprechpartner: Dr. Felix Shzu-Juraschek
T: +49 30 403637520 | felix.shzu-juraschek@MSAsafety.com

Hof (ibp) und Institut für Wasser und Energiemanagement (iwe) sichergestellt. Die Internationalisierung wird über Kooperationen mit ausländischen Partnerhochschulen vorangetrieben. In den Kernbereichen der Fakultäten werden jährlich „Summer Schools“ angeboten, in denen die ausländischen Studieninteressenten die Möglichkeit haben, ausgewählte Fächer in englischer Sprache zu belegen. Dieses Angebot umfasst auch die „Textile Summer School“ mit den Kernthemen „Technische Textilien“, „Veredelung“ und „Nachhaltigkeit“.

Safety io GmbH

Die Safety io GmbH ist eine 2018 gegründete hundertprozentige Tochter von MSA Safety (MSA), einer der weltweit führenden Hersteller von Produkten und Dienstleistungen im Bereich Sicherheitstechnik. In dem neuen Unternehmen werden alle Aktivitäten der Entwicklung und des Vertriebs von Software-as-a-Service-Produkten gebündelt. Mitarbeiter der Safety io waren im Rahmen ihrer Tätigkeit bei MSA in einer Vielzahl von Forschungsprojekten aktiv. Hierbei kann MSA auf eine Reihe von projektbezogenen Forschungsarbeiten im Bereich intelligente drahtlos vernetzte Sensorik und Aktorik für Mensch-Maschine-Interaktion verweisen. Von 2008 bis 2010 war MSA Partner in dem vom BMBF geförderten Projekt FeuerWhere. Im Rahmen des F&E-Vorhabens wurde eine Indoor-Lokalisierungslösung für Feuerwehrleute entwickelt, welche die genaue Position und die Gesundheit der Einsatzteilnehmer sowie Umgebungsparameter kontinuierlich erfasst. 2010 führte MSA das Alpha Personal Network Telemetry-System ein. Diese drahtlose Lösung für Feuerwehreinsätze erlaubt die Übermittlung von Statusänderungen der Ausrüstung von Feuerwehrleuten zu einer Basisstation. Die mobile Android-Anwendung Altair Connect wurde im Jahr 2015 veröffentlicht. Mit Altair Connect kann der Zustand eines portablen Gasdetektors via Bluetooth an ein Smartphone in Echtzeit übermittelt werden. Von 2016 bis 2020 arbeitete Safety io in dem vom BMBF geförderten Projekt I3 an informationszentrischen Netzen für das industrielle Internet. Ziel des Projektes war es, die Sicherheit für Infrastruktur und Endgeräte zu verbessern sowie die autonome Selbstkonfiguration und Authentifizierung von Sensoren und Aktoren durch schlanke Sicherheitsverfahren zu erleichtern.

➤ Problemstellung und Motivation

Die Verarbeitung rezyklierter Hochleistungsfasern zu Organoblechen auf Basis von Vliesstoffen gibt eine Antwort auf die immer drängender werdende Frage nach der Wiederverwendung von carbonfaserhaltigen Abfällen.

Trotz entwickelter Verfahren zur endkonturnahen Fertigung ist aktuell ein zunehmender Anfall von Carbonfaserabfällen zu verzeichnen, welcher nicht zuletzt durch das jährliche Wachstum der Branche um ca. 10 Prozent getrieben wird. Vorherrschende Deponieverbote für Faserverbundwerkstoffe in Deutschland sowie bestehende Annahmeverweigerungen von carbonfaserhaltigen Abfällen in Müllverbrennungsanlagen unterstreichen die Notwendigkeit einer technischen Lösung.

Die erfolgreiche Wiederverwertung von Carbonfasern auf dem Niveau von Hochleistungswerkstoffen gewinnt so immer mehr an Bedeutung und ist nur mit geschlossenen technologischen Prozessketten bei hoher Reproduzierbarkeit und ökonomischer Effizienz in der Realwirtschaft zu etablieren. Besonders hohe Anforderungen entstehen beim Einsatz im Bereich der Automobil- und Luftfahrtindustrie. Zu diesem Zweck gilt es, die Prozesse zu optimieren und industrietauglich zu gestalten. Weiterhin besteht die Notwendigkeit der Erschließung neuer Anwendungsfelder für rCF-Produkte und der Betrachtungen zum Arbeitsschutz im Umfeld des Carbonrecyclings.

Der Herstellungsprozess von Organoblechen auf Basis von Vliesstoffen aus rezyklierten Hochleistungsfasern zeichnet sich besonders aus durch:

- einen hohen Automatisierungsgrad,
- die Verknüpfung mehrerer Aggregate zu einer hochkomplexen Linie,
- die vielfältigen Parameter zur Steuerung der Produkteigenschaften,
- den flexiblen Rohstoffeinsatz zur Erzielung differenzierter Produkte sowie
- die Anfälligkeit bei Ausfall einzelner Aggregate (Stillstand der gesamten Linie).

Von besonderer Bedeutung ist die aktive Prozessüberwachung und -steuerung über die Technologiestufen Faserzubereitung und -mischung, Vliesstoffbildung und -verfestigung sowie der Vorkonsolidierung. Die Qualität der Vliesstoffe wird letztendlich an den mechanischen Eigenschaften gemessen, die im Organoblech bzw. im Laminat nachweisbar sind und auch auf die Einstellprozesse der Anlagen zurückgeführt werden können. Die textil-physikalischen Eigenschaften der Vliesstoffe aus recycelten Carbonfasern allein sind dafür nicht ausreichend. Es sollen folglich eine intelligente Instandhaltung und eine permanente Qualitätssicherung integriert und eine Verbesserung des Produktionsprozesses durch datenbasierte Ansätze erreicht werden, die sowohl bei der Anlaufphase als auch in der Produktion vorkommen. Mittels Mensch-Maschine-Interaktion soll unter Beachtung der erschwerten Produktionsbedingungen für Mensch und Maschine bei der Verarbeitung von Hochleistungsfasern ein entsprechendes Feedback an das leitende und technische Personal realisiert werden.

Die Optimierung und Neuorganisation der Produktion ist die wesentliche Basis, um so einen Wandel in der Branche hervorzurufen und für neue Technologien und Ansätze im Rahmen der Digitalisierung zu sensibilisieren. Weiterhin wird auf Vorarbeiten aus den Basisvorhaben aufgebaut, in denen bereits die Thematik Industrie 4.0 und damit verbundene Anwendungen analysiert und ihre Relevanz für die Branche bewertet wurden. Weiterhin werden zentrale Einflüsse auf die Produktion wie kundenseitige Veränderungen und marktseitige Veränderungen beispielsweise durch die globalisierte Produktion berücksichtigt. Somit wird das Risiko minimiert, dass die zu entwickelnden Lösungen nicht dem Branchenbedarf entsprechen.

Die im Vorhaben generierten Ergebnisse sollen nachhaltig und effektiv genutzt und einem umfassenden Personenkreis aus Industrie, Forschung und Lehre durch den Aufbau eines innovativen Schulungskonzepts zur Verfügung gestellt werden. Durch das Aufzeigen von Lösungen an konkreten Demonstratoren werden die neuen Ansätze nachvollziehbar, sodass der Mehrwert verdeutlicht werden kann. Damit können neue Geschäftsfelder auf dem permanent und auch perspektivisch wachsenden Markt der Herstellung Technischer Textilien in Deutschland und im mitteleuropäischen Raum entstehen.

➤ Beitrag zur Realisierung der futureTEX-Ziele

Wie im Strategiekonzept und der Roadmap von futureTEX aufgezeigt, wird sich neben der Ressourceneffizienz und der Nachhaltigkeit der Wertschöpfungsprozess der Zukunft mit den Möglichkeiten von Industrie 4.0 völlig neu definieren. Das Basisvorhaben Smart Factory befasste sich mit grundlegenden Fragestellungen, welche für die futureTEX Strategie und deren Fortschreibung von Bedeutung sind. Aus den Erkenntnissen wurden gezielt die Handlungsfelder, Empfehlungen für Folgevorhaben sowie Impulse für die Anpassung der Strategie und des Forschungs- und Versuchsfeldes erarbeitet.

Das Vorhaben SelVliesPro orientiert sich an den identifizierten Handlungsfeldern der futureTEX-Strategie. Dies 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 verschiedenen Systeme in der Produktion sowie dem weiteren Umfeld werden neue Möglichkeiten entstehen, die Produktion zu optimieren und auch neu zu

organisieren. Auch das futureTEX Forschungs- und Versuchsfeld „Selbststeuernde Vliesstoffproduktion“ zur Herstellung von Organoblechen auf Basis von Vliesstoffen aus rezyklierten Hochleistungsfasern dient dieser Aufgabe. Grundlagen für das Vorhaben SelVliesPro wurden in den Basisvorhaben Smart Factory und Arbeitswelt 4.0 geschaffen. Die bereits geschaffenen Erkenntnisse der Umsetzungsvorhaben „Modellierung Textilfabrik der Zukunft“ und „RecyCarb“ wurden ebenfalls im Vorhaben genutzt.

Die Optimierung und Neuorganisation der Produktion ist die wesentliche Basis, um einen Wandel in der Branche hervorzurufen. Das Vorhaben leistet einen wesentlichen Beitrag zur weiteren Sensibilisierung der Branche für neue Technologien und Ansätze im Rahmen der Digitalisierung. Durch die Zusammensetzung der Partner des Vorhabens wird das Konsortium in hohem Umfang den mit dem Förderprogramm „Zwanzig20 – Partnerschaft für Innovation“ angestrebten Zielen der überregionalen Ausstrahlung und des interdisziplinären Charakters gerecht und gewährleistet eine Kompetenzbündelung sowie einen breiten, effizienten Ergebnistransfer.

➤ Lösungsansatz

Im Umsetzungsvorhaben SelVliesPro wurden verschiedene Lösungsansätze für die Entwicklungen in Bezug auf eine kontinuierliche Fertigungslinie zur Verarbeitung von (rezyklierten) Hochleistungsfasern umgesetzt. Diese sind im Folgenden näher beschrieben.

Intelligente Instandhaltung und Prozessleitsystem

Im Vorhaben wurde der cyber-physische Ansatz verfolgt, d. h. ein cyber-physisches Produktionssystem (CPPS) wird

durch Verknüpfung der physischen Welt (Produktionsanlage) mit der virtuellen Welt (datenbasierte Modelle und Simulation) erschaffen, wie in *Abbildung 1* zu sehen. Für den Aufbau einer Anlage mit Industrie 4.0-Ansätzen zur Verarbeitung rezyklierter Hochleistungsfasern mussten folgende Voraussetzung erfüllt und folglich realisiert werden:

- Verwendung einheitlicher Maschinenschnittstellen (OPC-UA)
- Umsetzung einer aktiven Prozessüberwachung und -steuerung

- Zusammenführung der Daten aller Anlagenteile innerhalb des Fertigungsprozesses
- Zusammenführung aller Daten in einer einheitlichen Datenbank mit Visualisierung und Protokollierung aller aktuellen sowie historischen Werte und Meldungen
- Schaffung von datentechnischen Voraussetzungen für Prozessprognosefunktionen
- Möglichkeit zur Kopplung weiterer Systeme (bspw. MES) in die Fertigung
- Rezeptverwaltung

Das Prozessleitsystem der Produktionsanlage soll durch einen modularen Aufbau wirtschaftlich effizient an künftige Erweiterungen und Veränderungen der Anlagentechnik angepasst werden können. Das Realisierungskonzept beruht auf einer offenen und netzwerkbasierten Architektur des gesamten Prozessleitsystems und seiner Komponenten. Dies entspricht dem aktuell stattfindenden Übergangs-

prozess in der Automatisierungstechnik mit der IIOT-Entwicklung sowie der zunehmenden Verschmelzung von Informations- und Automatisierungstechnik. Durch die hohe Komplexität bei der Betrachtung des gesamten Fertigungsprozesses und den Zusammenhängen zwischen Maschineneinstellungen und Produktparametern stellt die Datenaufnahme und -analyse einen entscheidenden Faktor dar. Auf Grundlage dieser Datenbasis ist die Konzeptionierung, Implementierung und Evaluierung eines Erweiterungsmoduls mit einem Modell für das maschinelle Lernen zur Prädiktion von Maschinenzuständen umzusetzen. Für die Sicherstellung der Datenbasis wurden Nachrüstungen zur Messwerterfassung vorgenommen.

Selbstlernende Fertigungssysteme/Prozessführungen

Um die Produktion nachhaltig durch datenbasierte Modelle zu verbessern, war es notwendig ein Konzept zu wählen, das kontinuierlich Daten aus der Produktion erhält, verarbeitet und zurückgibt. Als Basis hierfür diente ein cyber-physisches Produktionssystem (CPPS).

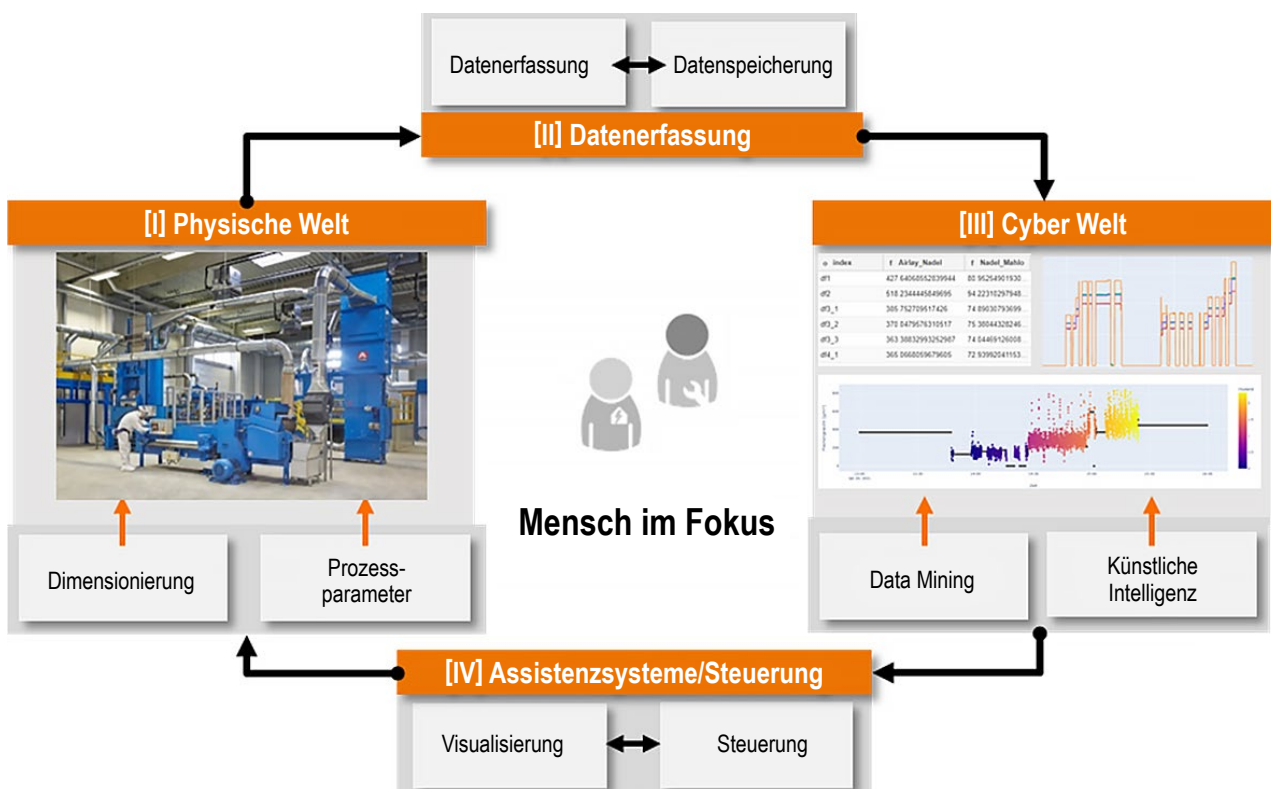


Abbildung 2: Cyber-physisches Produktionssystem, Quelle: STFI nach Thiede et al., <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.04.098>.

Durch Rückführung der Erkenntnisse der Cyber-Welt in die physische Welt ist es möglich, direkten Einfluss auf die Steuerung zu nehmen oder dem technischen Perso-

nal eine nutzgerechte Visualisierung mit einem geeigneten Medium bereitzustellen. Das CPPS unterstützt in einem immer komplexer werdenden Produktionsumfeld

den Menschen in seinen Tätigkeiten. Für die systematische Durchführung des Data-Minings und der Ausgestaltung der Cyber-Welt des CPPS wird sich an dem Cross Industry Standard Process for Data Mining (CRISP-DM) orientiert. In den ersten Phasen werden die Projektziele aus ökonomischer Sicht definiert und es wird geprüft, ob die Daten für die Zielerfüllung geeignet sind. Im Anschluss werden die Daten vorbereitet, gereinigt, sowie formatiert und es wird ausgewählt, welche Datenteilmenge in der Modellbildung berücksichtigt werden. Danach können datenbasierte Modelle gebildet und evaluiert werden. Hierzu sollen verschiedene statistische Methoden (z. B. Regression), sowie Methoden des maschinellen Lernens (z. B. künstliche neuronale Netzwerke) eingesetzt werden. In der letzten Phase wird das ausgewählte Modell mittels eines Server-Client Systems in die Produktion gebracht.

Die Ergebnisse der Modelle auf dem Server werden gefiltert und/oder grafisch aufbereitet an das Endgerät (Client) geschickt, welcher dadurch einen kleinen Formfaktor aufweisen und mobil ausgeführt werden kann.

Mensch-Maschine-Interaktion

Grundlage für die Entwicklung einer neuartigen Anwendung zur Mensch-Maschine-Interaktion (MMI) bildeten:

- eine Untersuchung der existierenden Schnittstellen/Interaktionsmöglichkeiten,

- Interviews mit Anwendern der Anlage und
- eine Analyse existierender Ansätze/Literaturrecherche von innovativen MMI-Anwendungen im industriellen Umfeld.

Mit Hilfe von Interviews auf Basis des entwickelten Fragenkatalogs wurden Probleme und Möglichkeiten zur Verbesserung mit den aktuellen Interaktionsansätzen identifiziert und Ansätze zur Kollaboration erarbeitet. Schwerpunkt der Analyse/Literaturrecherche bildeten neuartige Mixed-Reality-Ansätze in industriellen Szenarien, die es mit Hilfe von speziellen Brillen ermöglichen, 3D-Projektionen in der direkten Umgebung darzustellen. Von besonderem Interesse dabei war es, eine Einschätzung zu gewinnen, welche Visualisierungen und Interaktionsansätze, wie zum Beispiel Gesten oder Sprache, sich für die umzusetzende Anwendung eignen.

Es wurden in Workshops konkrete Fragestellungen, wie beispielsweise die Funktionsweise der Prozesskette mit Fokus auf Anlagen, Produkte und qualitätsentscheidende Parameter oder die Konzeption von konkreten Anwendungsszenarien, bearbeitet. Zusätzlich wurde mit Hilfe von Photogrammetrie ein 3D-Modell der Anlage erstellt. Hierbei wurden in einer festgelegten Reihenfolge unzählige Fotos der Anlage und des umgebenden Raums gemacht und mittels eines aufwändigen Verfahrens ein 3D-Modell erstellt.

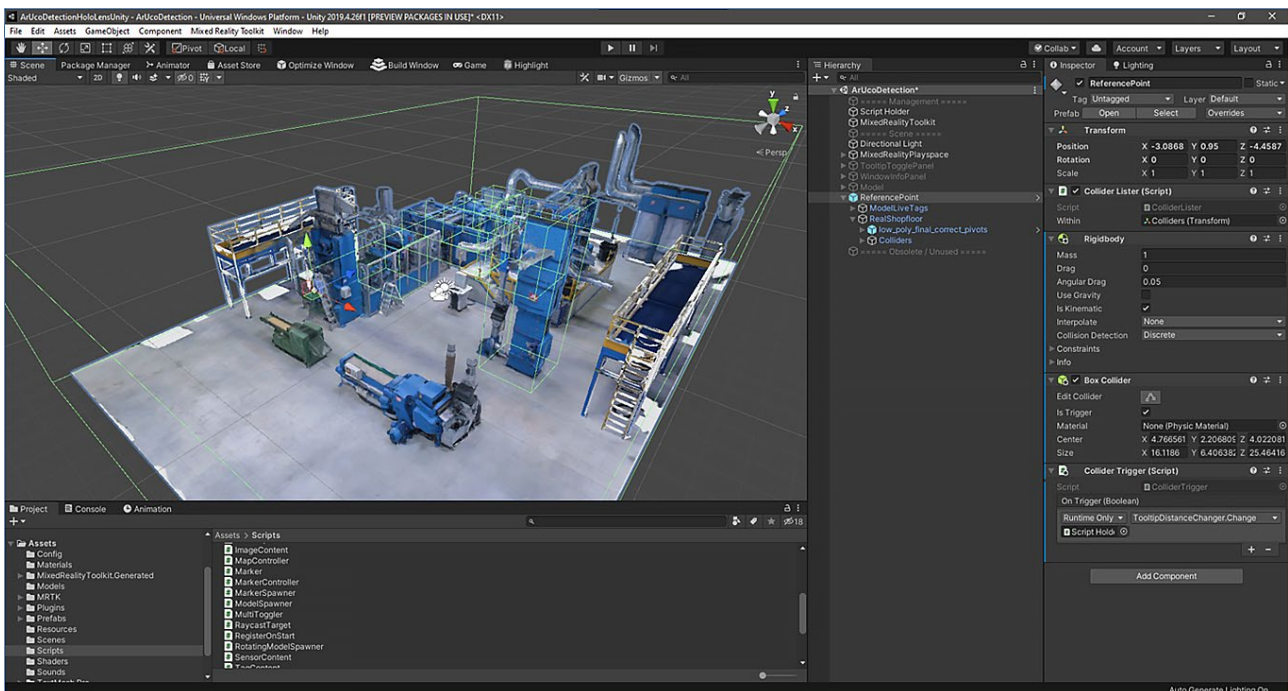


Abbildung 3: Überarbeitetes 3D-Modell der Vliesstoffanlage im Forschungs- und Versuchsfeld, Quelle: STFI

Das 3D-Modell wurde in weiteren Schritten manuell nachbearbeitet, um zum einen Fehler in der automatischen Konvertierung zum 3D-Modell zu beheben und zum anderen, um den benötigten Speicherplatz zu minimieren.

Lehr- und Schulungskonzept

Das Schulungskonzept gewährleistet die Vermittlung von Lehrinhalten im Themenbereich Industrie 4.0 und ist speziell auf die Anforderungen der Textilindustrie mit ihren kontinuierlichen Fertigungsprozessen zugeschnitten. Zur Sicherstellung eines praxisnahen Wissenstransfers werden Versuche auf der mit moderner Sensortechnik ausgestatteten Vliesstoffanlage im Forschungs- und Versuchsfeld integriert. Auf diese Weise können die Erkenntnisse aus der Konzeptionierung der Anlage und der Umgang mit der neuen Technik effektiv in die Praxis übertragen und dadurch nachhaltig nutzbar gemacht werden. Der Fokus ist entgegen bereits angebotener Schulungsprogramme im Bereich Industrie 4.0 auf die konkrete technische Umsetzung am Beispiel der Anlage zur Verarbeitung von Hochleistungsfasern gelegt. Das erarbeitete Schulungsprogramm soll durch den modularen Aufbau sowohl auf das technische Personal als auch auf das Management ausgerichtet werden. Durch die bedarfsgerecht angepassten Lehrinhalte ist es das Ziel, ein gesamtheitliches Verständnis von Industrie 4.0 in den Betrieben zu erreichen. Konkrete Zielgruppen der Schulung sind dabei Produktionsleiter, Industriemeister und Anlagenführer,

Mitarbeiter des Qualitätsmanagements, der Produktionsplanung und der Instandhaltung sowie Geschäftsführer, welche die Implementierung von Industrie 4.0 vorantreiben. Des Weiteren wird eine Nutzung im Rahmen der Lehrlingsausbildung angestrebt, um die zukünftigen Verantwortlichen auf die neuen Anforderungen vorzubereiten. Diese Zielstellungen werden durch ein innovatives und praxisnahes Schulungskonzept erreicht. Durch moderne Methoden des Wissenstransfers, funktionsübergreifende Perspektiven und die enge Integration der Teilnehmer wird ein nachhaltiges Bewusstsein für Anforderungen und Umsetzungsstrategien für Industrie 4.0 erreicht.

Die Veranstaltungen werden zusätzlich durch online abrufbare Inhalte (Webinare) zur Wiederholung und Festigung des Wissens ergänzt. Neben den technischen Aspekten in den drei Handlungsfeldern werden auch die rechtlichen Gesichtspunkte vermittelt, welche von besonderer Relevanz für die Unternehmen bei der Integration von Industrie 4.0 sind. Durch die im Mai 2018 in Kraft getretene Datenschutzgrundverordnung ist jeder Nutzer von personenbezogenen Daten verpflichtet, ein präventives Datenschutz-Compliance-Management-System einzurichten und die Aspekte des Datenschutzes schon bei der Produktentstehung mit einzubeziehen. Zur Einhaltung von Recht und Gesetz ist die Konzeption und Prozessintegration des Daten- und Rechtemanagements sowie die Risikoprävention mit Fokus auf Qualitätssicherung und Produkthaftung notwendig.

➤ Ergebnisse

Intelligente Instandhaltung und Prozessleitsystem

Im Mittelpunkt des Verbundvorhabens SelVliesPro stand der Aufbau einer intelligenten Anlage zur Verarbeitung rezyklierter Hochleistungsfasern unter Integration von Industrie 4.0-Ansätzen. Industriell eingesetzte Anlagen und die damit verbundenen Prozesse erzeugen aufgrund steigender Komplexität zunehmend größere Datenmengen

während der Produktion. Die Datenauswertung im Sinne der Prozessüberwachung, -analyse und -optimierung sowie der Vorhersage von Qualitätsparametern und anstehenden Wartungsarbeiten mit entsprechender Alarmgenerierung benötigt eine ganzheitliche Datengrundlage. Hierfür ist ein System erforderlich, welches die Daten aller in den Prozess (Faservorbereitung, Vliesbildung und -verfestigung sowie Konsolidierung) eingebunden Anlagen bündelt. Die existierenden Insellösungen einzelner

Anlagenteile wurden durch eine SCADA-Gesamtlösung (Supervisory Control and Data Acquisition) ersetzt.

Für die Realisierung wurden die datentechnischen Voraussetzungen für die spätere Prozessprognosefunktionen in Bezug auf Qualität und Wartung durch zusätzliche Sensorik in der Anlagenmesswerterfassung geschaffen. Die Sicherstellung der vollumfänglichen Datenbereitstellung war Voraussetzung für alle Teilvorhaben innerhalb des Gesamtvorhabens SelVliesPro. Die Integration von Messsystemen zur kontinuierlichen Messung der Qualitätsparameter im Produktionsprozess, wie unter anderem der Flächenmasse, Dicke und Faserorientierung, führen in Verbindung mit der Datenauswertung anderer Anlagensensorik zur Erhöhung der Prozessqualität.

Durch die Einbindung der Messwerte von Schwingungs- und Energiedatenmessung in das Prozessleitsystem können einzelne Wartungsfälle vorzeitig erkannt werden, um Schäden und Stillstände an der Anlage zu verhindern. In der Fertigungslinie werden Fasern mittels Luftstrom-Röhrensystemen zwischen den Anlagenteilen transportiert. Während des Betriebes kann es zu Faserablagerungen in dem Transportsystem kommen, die eine Querschnitts-

verringern in den Rohrsystemen und durch die Fördermengenreduzierung einen Produktionsausfall der folgenden Teilanlagen bewirken können. Um dies zu verhindern, wurde mittels maschinellen Lernens, einem Teilgebiet der künstlichen Intelligenz, eine Vorhersage des Verstopfungsgrades auf Basis von Anlagenmesswerten integriert. Für die bestmögliche Performance des Gesamtsystems wurde der Machine Learning Service des SQL-Servers genutzt. Im Rahmen des Vorhabens ist ein Teil der Applikation mit LabVIEW™ realisiert worden. LabVIEW™ ist eine grafische Entwicklungsumgebung von der National Instruments Corporation (NI). Dies gewährleistet selbstständige Systemerweiterungen durch den modularen Aufbau der Software. Durch die grafische Programmierung nach dem Datenfluss-Modell ist die Programmausführung datengesteuert bzw. datenabhängig. Aus diesem Grund ist LabVIEW™ in der Mess-, Prüf-, Steuer- und Regelungstechnik weit verbreitet. Das mit LabVIEW™ realisierte Bedienerinterface ist mit dem iSCADA-Basissystem gekoppelt und ermöglicht neben der Prozessvisualisierung der gesamten Anlage auch deren Automatisierung auf Grundlage der integrierten Rezeptverwaltung, welche die Parametrierung der einzelnen Prozessanlagen für unterschiedliche Produktionen realisiert.

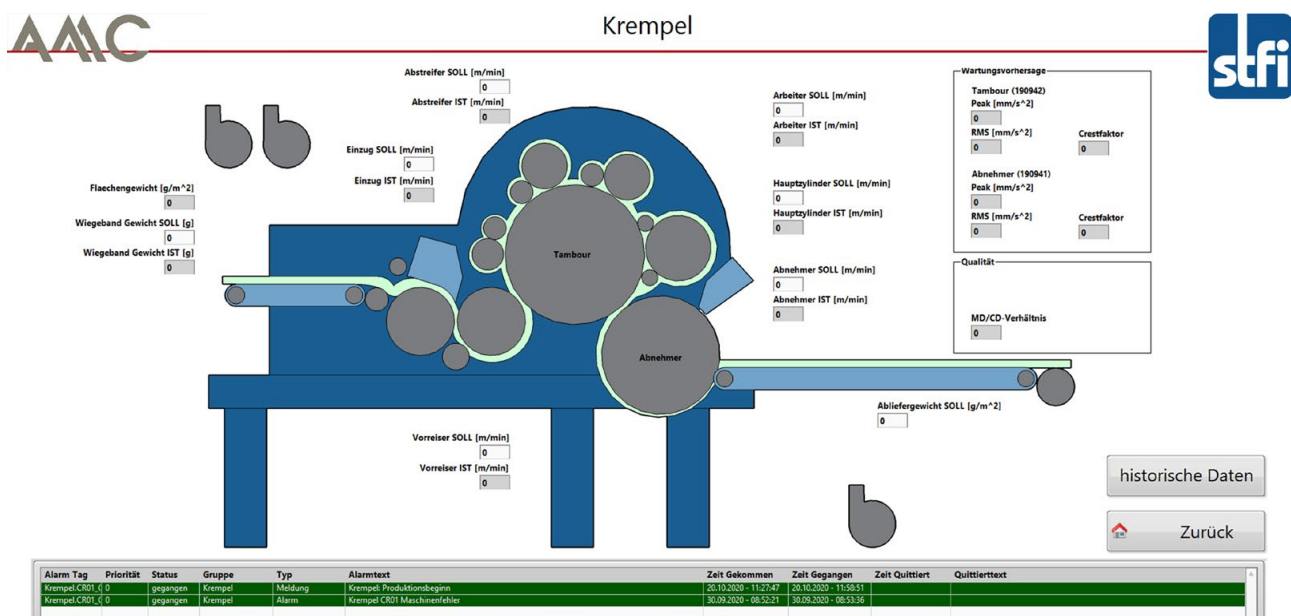


Abbildung 4: Teilanlagen-Ansicht im PLS, Quelle: STFI

Die Umsetzung der Berechtigungsstrukturen und damit die rollenspezifischen Bedienberechtigungen für die einzelnen Bereiche und Funktionen der Visualisierung erfolgen innerhalb der Benutzeroberfläche durch Gruppenzugehörigkeiten. Diese Authentifizierung erfolgt über die Domäne des Unternehmensnetzwerks und bildet so eine durchgängige IT-Integration ab.

Selbstlernende Fertigungssysteme/Prozessführungen

Im ersten Schritt des CRISP-DM werden die Ziele des Data-Minings definiert. Für den vorliegenden Prozess ist das wichtigste Qualitätskriterium die Einhaltung der korrekten Flächenmasse, welche die Masse pro Quadratmeter

Vliesstoff definiert. Hier gibt es prinzipiell zwei Arten datenbasierte Ansätze einzusetzen: a-priori (vor Beginn der Produktion) oder in-situ (während der Produktion). Der a-priori Fall hat das Ziel, auf Basis der vorher bekannten Daten die optimale Einstellung der Maschinen zu bestimmen, um die Anlaufphase zu verkürzen. Der in-situ Fall hingegen nutzt Daten aus der Produktion, um die Flächenmasse am Ende der Produktionskette vorausszusagen, um somit ein früheres Eingreifen in den Prozess zu ermöglichen.

Zum Erreichen der gesetzten Ziele stehen Daten aus verschiedenen Quellen zur Verfügung. Die sekundlichen Maschinen- und Equipmentdaten liegen in einer SQL-Datenbank vor. Sie lassen sich in Live-Werte, Statuswerte und inkrementelle Werte unterteilen. An einem Versuchstag entstehen ca. 30.000 Datenpunkte für jeden der über 70 Datenkanäle, die den Prozess und das Produkt beschreiben. Als weitere Quelle liegen die Versuchspläne in Tabel-

lenform vor, in der die Zeiträume der einzelnen Versuche festgehalten sind.

Nach der Analyse der verfügbaren Daten wurden diese vorverarbeitet, um einen Datensatz zu erzeugen, mit dem die a-priori und in-situ Modelle gebildet wurden. So konnten die Daten zu Proben vereinfacht werden, die jeweils einem Quadratmeter des Vliesstoffes entsprechen. Dies unterstützt die Vergleichbarkeit zwischen den einzelnen Messungen und Versuchen. Damit nur für die Modellbildung nutzbare Proben gesammelt werden, muss während der Versuchsphase auf der Vliesstoffanlage das Messsystem zur Bestimmung der Flächenmasse in Betrieb sein. In *Abbildung 5* sind die aktiven Bereiche des Messsystems in Rot dargestellt. Ist das System nicht aktiv (konstante Bereiche), ist es blau dargestellt. Darüber ist der Zielwert grün dargestellt.

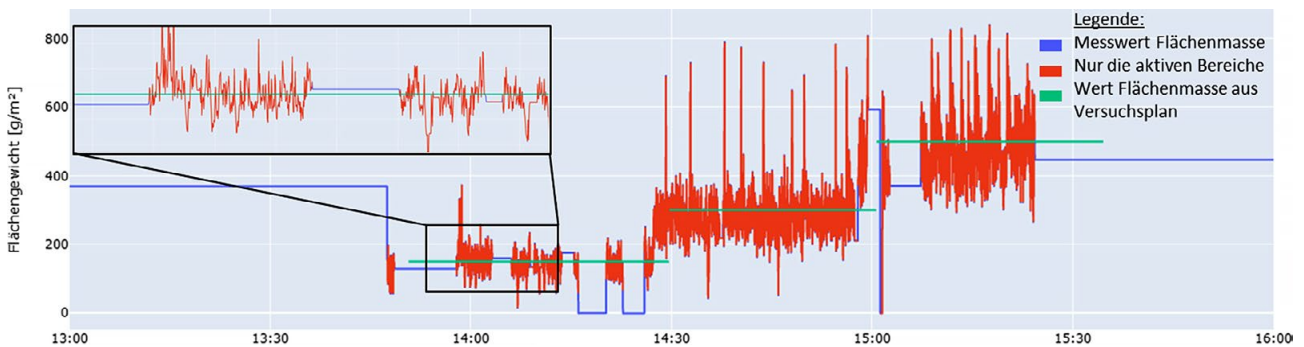


Abbildung 5: Beispielhaftes Diagramm der Messwerte mit Betriebszustand und Daten aus dem Versuchsplan, Quelle: STFI

Die durch die Bedingungen definierten Bereiche mussten im nächsten Schritt aus dem gesamten Datensatz mittels Clustering-Algorithmen identifiziert werden. Für den vorliegenden Datensatz wurde das hierarchische Clustering als geeignetste Methode genutzt. Auf Basis der Bandgeschwindigkeit, welche den Vorschub des Vliesstoffes auf dem Transportband beschreibt, können die Cluster in quadratmetergroße Proben unterteilt werden.

Zur Bildung der Modelle zur Vorhersage der Flächenmasse wurden drei unterschiedliche Algorithmen ausgewählt: Regressionsanalyse, künstliche neuronale Netzwerke (KNN) und automatisiertes Maschinelles Lernen (AutoML). Zur Evaluation der Ergebnisse wurde der mittlere absolute Fehler als zentrale Metrik ausgewählt. Für den a-priori Fall ist das KNN mit einem mittleren absoluten Fehler von 20,1 g/m² am besten geeignet und für den in-situ Fall AutoML mit einem absoluten Fehler von 22,0 g/m². Vor dem Training, dem Anlernen der Modelle durch Daten, erfolgte die Unterteilung in Trainings- und Testdaten. Die Zusammen-

setzung der Testdatensätze wurde anschließend für die Modellbildung variiert. Die Werte geben den Mittelwert des absoluten Fehlers aus zehn Variationen für das Vorhersagen der Flächenmasse von vorher ungesehenen Daten (Testdatensatz) wieder. Bei einer Flächenmasse in dem Bereich zwischen 200 und 600 g/m² ergibt sich ein durchschnittlicher, relativer Fehler von 10 bis 3,3 Prozent.

Um die Ergebnisse in der Produktion als Entscheidungsunterstützung zur Verfügung zu stellen, wurde eine Anwendung für Smart-Wearables entwickelt. Es gibt Smart Wearables grundsätzlich in den Formen Smart Watches, Smart Glasses, oder Hearables. Diese können von den Mitarbeitenden getragen werden, ohne ein Hindernis bei deren Tätigkeiten zu sein. Auf Basis der Anforderungen wurde eine Smart Watch-Anwendung entwickelt. Der Server mit den datenbasierten Modellen erstellt die Diagramme und aggregiert alle Daten im geeigneten Format, um eine Darstellung auf der Smart Watch zu ermöglichen (vgl. *Abbildung 6*).



Abbildung 6: Smart Watch Anwendung, Quelle: STFI

Mensch-Maschine-Interaktion

Ziel des Teilvorhabens war die Implementierung einer neuartigen MMI-Anwendung für die Interaktion mit der vorhandenen Anlagentechnik des Forschungs- und Versuchsfeldes am STFI. *Abbildung 7* gibt einen Überblick über die Komponenten. Ein grundlegender Baustein für die Entwicklung der Anwendung bildet die Softwarekomponente (Middleware) für den Zugriff und die Interpretation von sekundengenaue Sensordaten, die vom SCADA-System der Anlage bereitgestellt werden. Mit Hilfe der Daten wird der aktuelle Zustand der Anlage in einer

Augmented-Reality-Anwendung (AR-Anwendung) für die Microsoft HoloLens visualisiert. Die Middleware liest hierzu die Daten aus der Datenbank aus, generiert Grafiken und stellt sie der AR-Anwendung per REST-Schnittstelle zur Verfügung. Die HoloLens ist eine spezielle Brille, die es ermöglicht, 3D-Projektionen im Sichtfeld ihres Trägers darzustellen. Der Status der einzelnen Anlagenteile wird als miniaturisierte Ampel in einem 3D-Modell der Anlage angezeigt, wodurch sich der Gesamtzustand der Anlage auf einen Blick erfassen lässt. Zusätzlich können verschiedene Kenngrößen als zeitlicher Verlauf oder als Einzelwerte in Infokarten angezeigt werden.

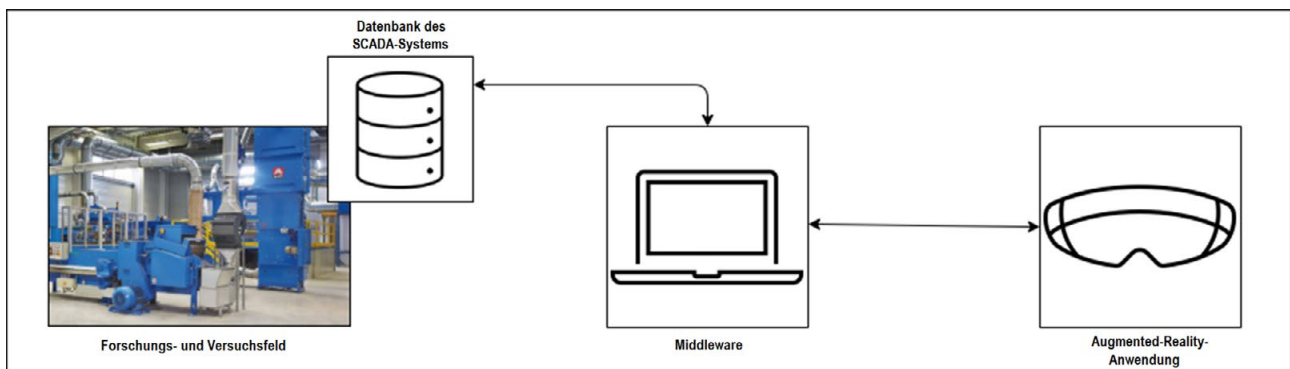


Abbildung 7: Komponenten bestehend aus Middleware zur Kommunikation mit der Anlage und der Augmented-Reality-Anwendung, Quelle: STFI

Weiterhin unterscheidet die Anwendung zwischen zwei Szenarien: zum einen dem Demobetrieb außerhalb des STFI, wie beispielsweise auf Messen. Dabei wird ein 3D-Modell in Sichtfeld der Nutzer eingeblendet. Per virtueller Schaltfläche können die Infokarten zu den einzelnen Maschinenteilen ein- und ausgeblendet werden und per Interaktion kann das Modell zur besseren Übersicht auch gedreht und skaliert werden. Die initiale Positionierung des Modells erfolgt durch das Scannen eines sogenannten ArUco-Markers über die integrierte Webcam der HoloLens. Die Nutzung dieser QR-Code ähnlichen Codes ermöglicht die Arbeit mit mehreren HoloLenses, da sich das Modell für alle Nutzer an der exakt gleichen Stelle be-

findet. Das zweite Szenario ermöglicht die Visualisierung der Infokarten in der Vliesstoffanlage im Forschungs- und Versuchsfeld. Hierbei werden zwei ArUco-Marker gescannt, die an den Fenstern im Konferenzraum oberhalb der Anlage angebracht sind. Es können die Infokarten nun virtuell an den echten Maschinenteilen angezeigt werden, da die relative Position der Marker zur Anlage genutzt wird. Das ermöglicht dem Anwender, einen schnellen Überblick über den aktuellen Zustand der Anlagentechnik zu gewinnen. Die AR-Anwendung wurde mithilfe der Unity3D Engine erstellt, die eine Modularisierung des Programmcodes ermöglicht. Im Ergebnis wurden mehrere wiederverwendbare Komponenten entwickelt, welche die einzelnen

Aufgaben innerhalb der Anwendung abstrahieren. Der Zweck dieser Komponenten reicht von der automatischen Konfiguration der Verbindung zur Middleware, über Hilfsfunktionen zur automatischen Aktualisierung der Daten im Hintergrund bis hin zur Anzeige von Diagrammen und anderen Daten in den Infokarten.

Lehr- und Schulungskonzept

Durch die verbesserte Qualifizierung des wissenschaftlichen Nachwuchses und der Verbreitung des Know-hows wird der Grundstein für die nachhaltige Integration von Industrie 4.0 in den Betrieben gelegt. Hierfür ist ein angepasstes Lehr- und Schulungskonzept notwendig. Für das Konzept selbst wurden 41 Themenblöcke ausgearbeitet. Die Schulungsunterlagen wurden in einzelne Blöcke unterteilt, was vor allem die Zusammenstellung eines individuellen Schulungsprogramms wesentlich fördert. Diese können folglich, je nach Schwerpunkt der Zielgruppe, kombiniert und angepasst werden. Mit diesem Konzept können Umfänge von bis zu 50 Stunden realisiert werden. Es wurde die Evaluierung des Lehr- und Schulungskonzepts mit Industrievertretern erfolgreich abgehalten. Nach Abstimmung mit dem Konsortium und auf Basis der Rückmeldung befragter Unternehmen wurde die Evaluation als Bewertung des Konzepts der Schulungsmaßnahme mit

den entsprechenden Inhalten aller Module vor der Erarbeitung der Demonstrationsstruktur durchgeführt. Zusätzlich erfolgte die Evaluation von Inhalten und Struktur. Die Forschungsgruppe Recht erarbeitete die Themenblöcke des rechtlichen Teils der Schulungsunterlagen. Die Konzeptionierung von Inhalten, Didaktik und Methodik speziell für das Schulungsmodul ist erfolgt und umgesetzt.

Zur Unterstützung der Bediener wurden verschiedene Anwendungsfälle, basierend auf den Umfrage- und Evaluationsergebnissen, als Praxisbeispiele an der Hochschule Hof im Technikum definiert und umgesetzt. Darüber hinaus erfolgte im Rahmen der Optimierungsmaßnahmen ebenso die Einarbeitung der Use-Cases im Forschungs- und Versuchsfeld in das Lehr- und Schulungskonzept. So wurde auch ein SCADA-System an der Hochschule Hof zur Einbindung der neuen Rundnadelmaschine basierend auf dem System der Vliesstoffanlage installiert. Die Auswertung der Evaluation mit Industriepartnern ergaben, dass viele Unternehmen ihre Schwerpunkte auf unterschiedliche Bereiche der Digitalisierung setzen und die Bedürfnisse der zukünftigen Schulungsteilnehmer sehr unterschiedlich sind. Dies verdeutlicht die Notwendigkeit eines modularen Lehr- und Schulungskonzepts, welches auf die unterschiedlichen Schwerpunkte individuell angepasst werden kann.

➤ Verwertung und wirtschaftliche Bedeutung

Das Forschungsvorhaben hat Demonstratoren für branchenspezifische Industrie 4.0-Anwendungen in dem Forschungs- und Versuchsfeld „Selbststeuernde Vliesstoffproduktion“ zur Herstellung von Organoblechen auf Basis von Vliesstoffen aus rezyklierten Hochleistungsfasern geschaffen und steht interessierten Partnern zur Verfügung. Mit der Erweiterung der Anlagentechnik kann der gesamte Prozess des Recyclings von Hochleistungsfasern von der Faseraufbereitung bis zur Bauteilherstellung für Folgevorhaben abgebildet werden.



Abbildung 8: Vliesstoffanlage im Forschungs- und Versuchsfeld, Quelle: STFI/Dirk Hanus

Für die Forschungspartner stand unter anderem die Kompetenzerweiterung im Bereich Industrie 4.0 im Fokus. Mit der Schaffung der umfassenden Datengrundlage für die datenbasierten Auswertungen durch die Erweiterung der Anlagentechnik auf Basis von Industriestandards konnte ein virtuelles Abbild der Produktionsanlage aus der physischen Welt geschaffen werden (Cyber-physisches System). Auf Grundlage der erhaltenen Ergebnisse konnte ebenso ein Know-how-Zugewinn im Bereich der Verarbeitung von rezyklierten Hochleistungsfasern geschaffen werden. Die Anlage zum Recycling von Carbonfaserabfällen als Arbeitsumgebung birgt einige besondere Herausforderungen, da zur Vermeidung gesundheitlicher Schäden unter Vollschutz gearbeitet werden muss. Es wurden durch neue Konzepte im Rahmen der Digitalisierung Lösungen zur Unterstützung der Mitarbeiter unter derart erschwerten Arbeitsbedingungen entwickelt. Hohe Investitionskosten und zusätzliche Umgebungsanforderungen bestimmter Messsysteme, wie bspw. ein traversierendes System zur Bestimmung von Flächenmasse und Dicke mit radioaktiven Messköpfen (vgl. *Abbildung 8*) können zukünftig gemindert werden, da diese durch datenbasierte Modelle der erweiterten Mess- und Auswertedaten der Produktionsanlage bei einer ausreichend umfangreichen Datenbasis substituiert werden könnten (virtual quality gate). Mit dem ganzheitlichen Prozessleitsystem mit einheitlicher Datenbasis und Kommunikationsschnittstellen

aller Produktionsanlagenteile sind vielfältige Untersuchungen bei der Entwicklung und Produktion von Vliesstoffen möglich. Auch im Bereich des Qualitätsmanagements und -monitorings ergeben sich Synergien, welche durch die Übertragung der datenbasierten Ansätze und Mensch-Maschine-Interaktionen auf andere Produktionslinien einen Fortschritt in der Textilbranche erzeugen werden. Aktual- und Prognosewerte der Anlagentechnik können mit Smart-Wearables und durch Augmented-Reality-Anwendungen im Sichtfeld des Mitarbeiters visualisiert werden.

Die geschaffenen Lösungen können im Rahmen des Forschungs- und Versuchsfeldes und des ausgearbeiteten Schulungskonzepts mit aktuellen Forschungsergebnissen und rechtlichen Gegebenheiten branchenübergreifend demonstriert werden, sodass ein breiter Ergebnistransfer möglich wird. Es können die aufgezeigten Lösungen auf die spezifischen Anforderungen weiterer Produktionsanlagen mit kontinuierlichen Fertigungsprozessen von Unternehmen übertragen werden. So wird eine anschließende und langfristige Kooperation mit Industriepartnern sichergestellt. Dem Open Innovation-Gedanken wird hierbei insbesondere im futureTEX-Konsortium Rechnung getragen, sodass die Nutzung von (Teil-)Ergebnissen für eigene Weiterentwicklungen im Rahmen nachfolgender Vorhaben im Bereich des Recyclings von Hochleistungsfasern als auch im Bereich der Digitalisierung gegeben ist.

➤ Ausblick

Das Umsetzungsvorhaben SelVliesPro hat gezeigt, wie ein cyber-physisches Produktionssystem (CPPS) einer Produktionsanlage zur Herstellung von Organoblechen auf Basis von Vliesstoffen aus rezyklierten Hochleistungsfasern geschaffen werden kann. Die umgesetzten technologischen Handlungsfelder von Industrie 4.0-Ansätzen führen zu einem kontinuierlichen Vliesstoffherstellungsprozess mit stetiger Überwachung und Prognose der Produktionsparameter.

Das Potenzial der datengetriebenen Modelle kann durch eine umfassende Datenbasis zur Erhöhung der Genauigkeit und Robustheit ausgeschöpft werden und letztlich als auto-

nom agierendes Element in das CPPS integriert werden. Die Konzepte zur Mensch-Maschine-Interaktion mit Smart Wearables und in Augmented-Reality-Anwendungen in sicherheitskritischen Umgebungen werden weitergeführt. Das Lehr- und Schulungskonzept wird als Ergebnistransfer mit auf das entsprechende Publikum abgestimmten Inhalten auf Veranstaltungen präsentiert werden.

Das Vorhaben unterstreicht die Wichtigkeit eines virtuellen Abbilds auf Basis einer durchgängigen und einheitlichen Kommunikations- und Softwareumgebung zur Sicherung der Qualität der Wiederverwertung von Carbonfasern auf dem Niveau von Hochleistungswerkstoffen.

➤ 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

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

Verbundkoordinator Umsetzungsvorhaben SelVliesPro:

Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V.
Annaberger Straße 240
09125 Chemnitz
Ansprechpartner: Thomas Pfaff
Tel.: +49 371 5274 291
E-Mail: thomas.pfaff@stfi.de

Autoren:

Dipl.-Ing. (FH) Thomas Pfaff,
Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V.

Dipl.-Ing. (BA) Marcel Hofmann,
Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V.

M. Sc. Marvin Czarski,
Technische Universität Braunschweig

Dr.-Ing. Enrico Putzke,
Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hof

B. Sc. Tim Scheuermann,
Safety io GmbH

Dipl.-Inf (FH), M. Sc. Michael Frey,
Safety io GmbH

Dr. Felix Shzu-Juraschek,
Safety io GmbH



11/2021