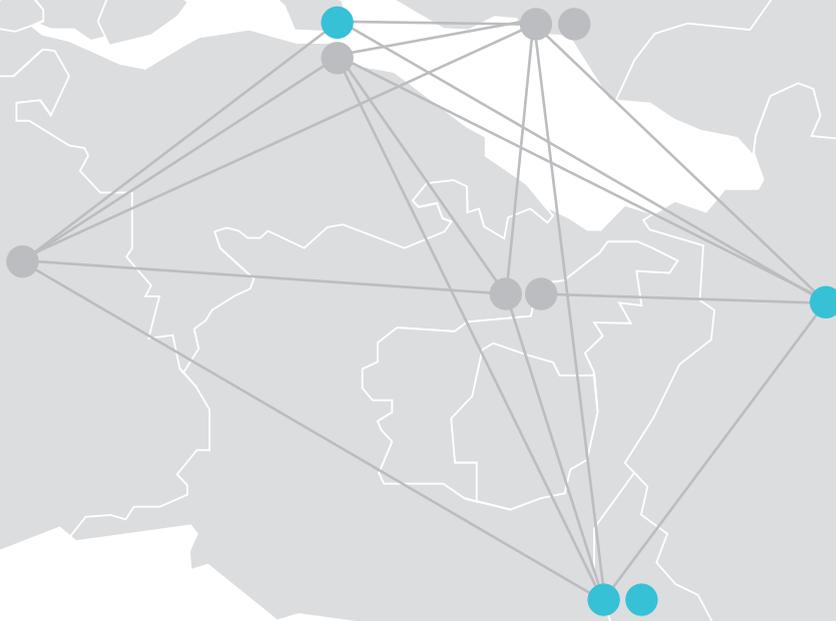




- ■ ■ Internationale
- ■ ■ Bodensee
- ■ ■ Hochschule
- Labs



i4Production

Internationale Musterfabrik Industrie 4.0

Wie KMU ihre Produktion zukunftssicher, effizient und produktiv gestalten können

Inhaltsübersicht

- Editorial
Seite 5
- Projektumfeld - Die Internationale Bodensee-Hochschule (IBH)
Seite 7 - 8
- Das IBH-Lab KMUdigital
Seite 9
- i4Production - Entwicklung einer internationalen Musterfabrik i4.0
Seite 10 - 16
- Projektumsetzung an der HTWG Konstanz
Seite 18 - 23
- Projektumsetzung an der FH Vorarlberg
Seite 24 - 32
- Projektumsetzung an der NTB Buchs
Seite 34 - 47
- Wissenstransfer in der Werkstatt4 (Rhysearch)
Seite 48 - 49
- Impressum
Seite 51



Prof. Dr.
Marcus Kurth
HTWG Konstanz



Prof. Dr.
Carsten Schleyer
HTWG Konstanz



Prof. (FH) Dr.-Ing.
Jens Schumacher
FH Vorarlberg



Prof. Dr.
Jürgen Prenzler
NTB Buchs



Prof.
Guido Piai
NTB Buchs



Bärbel Selm
RhySearch

Editorial

Wer wünscht ihn nicht: den intelligenten, effizienten und wirtschaftlichen Herstellungsprozess? Viele Firmen setzen aktuell auf die Digitalisierung und verbessern so die eigene sowie die mit externen Stellen vernetzte Produktion. Die Digitalisierung bringt einerseits Fortschritt, zeigt aber auch die zunehmende Komplexität der heutigen Produktionsnetzwerke auf. Zahlreiche Entscheidungen sind zu fällen, um einen effizienten und sicheren Austausch mit verschiedenen Betrieben zu gewährleisten.

Ein Blick auf vorhandene Modelle kann da weiterhelfen: Im Projekt i4Production des IBH-Labs KMUdigital haben Teams an drei Standorten in den drei Nachbarländern Deutschland (HTWG Konstanz), Österreich (FH Vorarlberg) und der Schweiz (NTB Buchs, RhySearch) an einer vernetzten Prozesslandschaft gearbeitet. In einem gemeinsamen, standardisierten Automatisierungskonzept wird in der international vernetzten Modellfabrik ein cyberphysisches System (CPS) in Form eines kundenindividualisierten Modellfahrzeuges produziert, das durch den Kunden in diversen Varianten zusammengestellt oder individuell konstruiert werden kann. Die dezentrale Produktion erlaubt eine Datenweitergabe über die Landesgrenzen in Echtzeit und bildet die Simulation eines länderübergreifenden Business-Eco-Systems ab.

Die Erkenntnisse des Projekts i4Production zeigen wie in kleineren und mittleren Unternehmen (KMU) eine verteilte Produktion, inklusive der Einbindung von Mitarbeitenden und Kunden in eine digitalisierte, hochautomatisierte und kundenindividuelle Produktion, organisiert werden kann.

Für Unternehmen wird diese Industrie 4.0-Prozesslandschaft als Modell für die eigene Fertigung in dem neu aufgebauten CNC Präzisionsfertigungslabor „Werkstatt4“ bei RhySearch öffentlich zur Verfügung gestellt. Die „Werkstatt4“ bietet KMU ein digitales Prozessumfeld, in dem getestet werden kann, mit welchen Maßnahmen der eingangs gestellte Wunsch zur optimierten Herstellung, seinen Weg in die Realität finden kann.

Im Folgenden stellen wir Ihnen das Konzept der internationalen Musterfabrik i4Production, die diversen Arbeitsschritte an den beteiligten Hochschulen sowie die wichtigsten Erkenntnisse für KMU der Bodenseeregion vor. Gerne unterstützen wir Sie bei der Gestaltung des Wandels hin zum Unternehmen 4.0: Sprechen Sie uns an.



Abbildung 1: Die Mitgliedshochschulen der Internationalen Bodensee-Hochschule

Projektumfeld

Die Internationale Bodensee-Hochschule

27 Hochschulen – 4 Länder – 1 Verbund

Die Internationale Bodensee-Hochschule (IBH) ist der größte hochschulartenübergreifende Verbund Europas. Sie ermöglicht die Zusammenarbeit von 27 Hochschulen aus Deutschland, dem Fürstentum Liechtenstein, Österreich und der Schweiz in Forschung, Lehre und Transfer.

Die IBH unterstützt grenzüberschreitende Forschungsprojekte zu gegenwärtigen und zukünftigen Herausforderungen für den Bodenseeraum. Sie koordiniert den Dialog zwischen Wissenschaft und Praxis, fördert den wissenschaftlichen Nachwuchs, ermöglicht Innovationen in der Lehre und unterstützt gemeinsame Angebote der Hochschulservices. Mit ihren Projekten leisten die IBH und ihre Mitgliedshochschulen einen international sichtbaren Beitrag für das regionale Innovationssystem Bodensee.

Weitere Informationen zur IBH finden Sie unter:

www.bodenseehochschule.org

Die IBH-Labs

Auf Initiative der IBH und der Internationalen Bodensee-Konferenz (IBK) wurden 2017 drei IBH-Labs ins Leben gerufen. Hierbei handelt es sich um Forschungs- und Innovationsnetzwerke von Hochschulen und Praxispartnern aus Wirtschaft und Gesellschaft aller Anrainerländer des Bodensees (D, A, CH, LI). Die IBH-Labs leisten einen nachhaltigen Beitrag zur Förderung des Wissens-, Innovations- und Technologietransfers und damit zur Standortattraktivität der Bodenseeregion.

Die thematische Ausrichtung der IBH-Labs orientiert sich an den maßgeblichen Themen und den Entwicklungspotenzialen der Bodenseeregion. Die aktuell für die Bodenseeregion relevanten und für IBH-Labs geeigneten Themen wurden in einer vorgeschalteten Potenzialanalyse identifiziert. Als Ergebnis starteten die IBH-Mitgliedshochschulen gemeinsam mit Praxispartnern parallel drei IBH-Labs zu folgenden Themen:

- **IBH-Lab KMUdigital**
Innovation, Digitalisierung und regionale Wettbewerbsfähigkeit
- **IBH Living Lab Active & Assisted Living**
Gesellschaftlicher und wirtschaftlicher Wandel in der Bodenseeregion
- **IBH-Lab Seamless Learning**
Bildungs- und Wissensraum Bodensee

Die drei Labs realisieren insgesamt 21 Einzelprojekte. In einer ersten Runde konnten 2016 neun Projekte bewilligt werden, 2018 kamen 12 weitere hinzu. In den IBH-Labs arbeiten 15 IBH-Hochschulen aus Deutschland, Österreich, Liechtenstein und der Schweiz gemeinsam mit weiteren Hochschul- und einer Vielzahl von Praxispartnern aus Wirtschaft, Sozial- und Gesundheitsdienstleistern sowie Bildungsträgern an der Schaffung von neuen grenzüberschreitenden Lösungen zu gesellschaftlichen Herausforderungen.

Das Interreg V-Programm „Alpenrhein-Bodensee-Hochrhein“, dessen Mittel vom Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) und vom Schweizer Bund zur Verfügung gestellt werden, fördert die drei IBH-Labs mit insgesamt 6,2 Millionen Euro – inklusive eigener Mittel stehen den Labs damit insgesamt rund 10 Millionen Euro zu Verfügung.



Abbildung 2: Logos Interreg V-Programms „Alpenrhein-Bodensee-Hochrhein“

Das IBH-Lab KMUdigital

Kompetenznetzwerk für Digitalisierung in KMU

Die Bodenseeregion als einer der wettbewerbsfähigsten und dynamischsten Wirtschaftsstandorte Europas zeichnet sich durch innovative Weltmarktführer, mittelständische Unternehmen und insbesondere kleine und mittlere Unternehmen (KMU) aus.



Das IBH-Lab KMUdigital bündelt die vorhandene Expertise rund um den See, um die Chancen und Auswirkungen für die KMU der Region ganzheitlich zu untersuchen. Dies betrifft den digitalisierten Produktionsvorgang an sich (Shopfloor), den Einfluss auf Geschäftsprozesse, den Wandel vom Produkt- hin zum Dienstleistungsanbieter, die Aus- und Weiterbildung sowie die Betrachtung der politischen, rechtlichen und personalpolitischen Rahmenbedingungen.

Sieben Konsortialpartner und drei Projektpartner aus drei Ländern erarbeiten dafür in sechs themenbezogenen Einzelprojekten mit und für KMU anwendungsorientierte Antworten auf die Fragen:

- Wie viel Digitalisierung **muss** in die KMU?
- Wie viel Digitalisierung **passt** zu den KMU?

Durch den digitalen Wandel wachsen die Anforderungen an die Unternehmen, aus denen sich insbesondere für KMU Problemstellungen ergeben:

- Wie sehen adäquate Digitalisierungsstrategien für KMU aus?
- Wie können die Anforderungen an eine zukünftige Produktion erfüllt werden?
- Inwieweit sind Organisationsstrukturen und Führungsmodelle anzupassen?
- Welche neuen Erwerbsquellen ergeben sich?
- Wie können KMU Innovationen vorantreiben?
- Welche politischen, rechtlichen und organisationalen Rahmenbedingungen müssen angepasst werden?

In sechs Einzelprojekten erarbeiten die Partner des IBH-Labs KMUdigital anwendungsorientierte Lösungen für und mit KMU:

- Digitale Agenda Bodensee (DAB)
- Nutzenbasierter Digitalisierungsnavigator (DigiNav)
- **Internationale Musterfabrik Industrie 4.0 (i4Production)**
- Data Science für KMU (Data4KMU)
- Digital Transformation Guide (DigiTraG)
- Digitale Landwirtschaft (DigiLand)

i4Production

Entwicklung einer internationalen Musterfabrik Industrie 4.0

Unternehmen der Bodenseeregion zeichnen sich durch innovative Produkte und den weltweiten Vertrieb dieser Produkte aus. Hierbei handelt es sich zum einen um große Global Players, aber viel mehr ist die wirtschaftliche Stärke der Region auf die vielen innovativen KMU zurückzuführen. Zwischen diesen Unternehmen in der Region gibt es oftmals bereits sehr enge Verbindungen. Diese regionale Internationalität führt dazu, dass das grenzüberschreitende Arbeiten oftmals schon zum Alltag gehört. Zugleich fördert diese internationale Alltäglichkeit die globale Aktivität der Unternehmen und verringert die Hürde, global zu agieren. Allen Unternehmen gemein ist die Herausforderung, durch hervorragende Produkte, effiziente Produktion und innovative Geschäftsmodelle sich vom reinen (Lohn-)Kostendruck zu emanzipieren. Hiervon sind die Unternehmen in Deutschland und Österreich genauso betroffen, wie die Unternehmen in der Schweiz und Liechtenstein. Diese Arbeitsplätze in der industriellen Wertschöpfung können jedoch nur erhalten werden, wenn die innovativen Produkte auch in einer innovativen und effizienten Produktion gefertigt werden.

Um die Produktion an Standorten mit hohen Produktionskosten, wie es in der Bodenseeregion gegeben ist, halten zu können, die vorhandenen Produktionsflächen bestmöglich zu nutzen und um auf Komplexität und Unsicherheiten bei der Produktentwicklung, Produktion und bei den Produkten

reagieren zu können, besteht eine Notwendigkeit zu einer intelligenteren, effizienteren, agileren und wirtschaftlicheren Gestaltung des gesamten Produkt-erstellungprozesses. Eine spezielle Thematik hierbei ist die Datenerfassung, -speicherung und -auswertung, die in den unterschiedlichen Ländern rechtlich divergiert. Dies führt dazu, dass der internationale Datenaustausch so gestaltet sein muss, dass trotz der genannten Restriktionen eine grenzüberschreitende Kommunikation der Maschinen, Anlagen und Steuerungsprozesse funktioniert.

Ziel von i4Production war die Entwicklung und Simulation einer vernetzten Prozesslandkarte 4.0, d.h. eines digitalen Business-Eco-Systems im Bodensee-raum auf Basis dreier Modellfabriken in drei Ländern.

Dazu mussten in dieser beispielhaften grenzüberschreitenden Lieferkette Daten aus intelligenter Produktion und Logistik in ein Datenökosystem der Industrie 4.0 integriert werden. Die digitale Prozesskette dient einerseits hinsichtlich der Ausbildung junger Studierender und Berufstätiger zur Entwicklung neuer Prozessabläufe und Geschäftsmodelle, andererseits weckt sie bei Vertretern von regionalen KMU Verständnis für die sich ergebenden Chancen und Risiken und begleitet und fördert sie wissenschaftlich.

In einem gemeinsamen, standardisierten Automatisierungskonzept wird in der international vernetzten Modellfabrik ein cyber-physisches System in Form eines kundenindividualisierten Modellfahrzeuges produziert, das durch den Kunden in diversen Varianten zusammengestellt oder individuell konstruiert werden kann. Das fernsteuerbare und kommunikationsfähige Modellauto dient dabei als Beispielprodukt für eine verteilte Produktion. In der Schweiz an der NTB Buchs werden Elektronikkomponenten gefertigt, in Österreich an der Fachhochschule Vorarlberg (FHV) werden Felgen in einer reduzierenden Fertigung hergestellt und in Deutschland an der HTWG Konstanz erfolgt die Endmontage. Die Zulieferkomponenten kommen dabei entweder physisch zur HTWG oder werden direkt von den Projektpartnern an die Rapid-Prototyping-Möglichkeiten der HTWG gesendet. Die Endmontage und die Synchronisation der Haupt- und Nebenmaterialflüsse erfolgen an der HTWG Konstanz.

Dabei wird jedes Einzelteil, von der Elektronikkomponente über benötigtes Rohmaterial für die Reifen bis hin zum Chassis des Modellautos als digitaler Zwilling rechenstechnologisch abgebildet. Die Einzelteile werden hierfür mit den etwaigen benötigten Produkt- und Prozessdaten, sowie Sensordaten der involvierten Maschinen und Fertigungsstationen ausgestattet. Somit kann eine Verschmelzung von Produktions- und Prozesssicht

erwirkt werden, welche eine ganzheitliche Betrachtung des Datenaustausches zum Ziel hat. Der digitale Zwilling steht dabei immer im Mittelpunkt.

Eingangsportale in die internationale Musterfabrik ist eine virtuelle Online-Umgebung des Business-Eco-Systems. Ein Kunde kann über diesen Zugang zur internationalen Musterfabrik online sein Fahrzeug in diversen Varianten zusammenstellen aber auch Teile wie die Felgen völlig individuell konstruieren. Das Resultat kann vom Kunden virtuell betrachtet und mit einem verbindlichen Liefertermin bestellt werden. Vor der Bestellfreigabe werden die Daten durch eine automatische Festigkeitssimulation der NTB Buchs überprüft. D.h. es wird geprüft, ob die kundenindividuelle Konstruktion den Anforderungen wie Festigkeit, Dimensionen u.ä. gerecht wird. Darüber hinaus kann hier eine Design-Überprüfung durchgeführt werden, um beispielsweise schutzrechtliche oder allgemeine designrechtliche Aspekte abzuklären. An diesem Punkt gab es diverse Schnittstellen zu anderen Teilprojekten im IBH-Lab KMUdigital.

Die internationale Musterfabrik stellt also eine dezentrale Produktion dar. Die Grenzen der Globalisierung und Information verschwimmen zusätzlich durch die dezentrale Konstruktion, Übermittlung von Daten und einer physischen und zeitkorrekten Produktion einer Komponente an dem Ort, an dem diese benötigt wird.



Abbildung 3: Standorte der internationalen, vernetzten Musterfabrik Industrie 4.0 (Konstanz, Dornbirn, Buchs)

Projektpartner

Am Teilprojekt i4Production waren drei Hochschulen aus Deutschland, Österreich und der Schweiz sowie eine Schweizer Forschungseinrichtung beteiligt:

Hochschule Konstanz
Technik, Wirtschaft und Gestaltung (HTWG)
Modellfabrik Bodensee



Fachhochschule Vorarlberg GmbH (FHV)
Forschungszentrum Business Informatics



NTB Interstaatliche Hochschule für Technik Buchs*
Institut für Entwicklung Mechatronischer Systeme (EMS)
Institut für Elektronik, Sensorik und Aktorik (ESA)
(seit 09.2020 neue Bezeichnung: OST – Ostschweizer Fachhochschule)*



RhySearch
Forschungs- und Innovationszentrum Rheintal



Unternehmenspartner

Neben den Hochschul- und Forschungspartnern, die eine tiefe Expertise in verschiedenen Bereichen der Digitalisierung, speziell in der Entwicklung, Produktion und Logistik einbrachten, waren in die Gestaltung und Umsetzung der einzelnen Arbeitspakete auch industrielle Sparringspartner wie thyssenkrupp Presta AG, verinco oder Sybit GmbH involviert. Durch die Präsenz industrieller Partner war eine starke Fokussierung auf die Bedürfnisse von KMU strukturbedingt gegeben.

Projektaufbau und Arbeitspakete

Unter Leitung der HTWG Konstanz wurde in enger Absprache mit allen Konsortialpartnern das zugrundeliegende Konzept von i4Production erarbeitet. Die Projektpartner definierten sieben Arbeitspakete (APs siehe Abb. 4), die im Rahmen des Projekts bearbeitet wurden.

AP1: Projektumsetzung und Erstellung des Gesamtkonzepts

Zunächst musste ein gemeinsames, standardisiertes Automatisierungskonzept für die drei beteiligten Shopfloors (Modellfabriken) ausgearbeitet werden. Dabei war es wichtig zu beachten, dass sich unterschiedliche Zeitanprüche der Daten wie Messdaten, Produktionsdaten, Engineering usw. ergeben. Die Einzelstandorte mussten dem gerecht werden und zunächst konzeptionell mittels eines übergeordneten, dezentralen und echtzeitfähigen Datenbanksystems verbunden werden, um Datentransparenz zu schaffen.

Dabei musste die dezentrale, vernetzte Datenspeicherung und -verarbeitung auf unterster Prozessebene sowie die Einbindung konventioneller Automatisierungstechnik nach Industrie 3.0 mit bestehenden Steuerungskonzepten beachtet werden. Denn zukünftig wird es eine häufige Aufgabe von Unternehmen sein, Bestandsanlagen zukunftsfähig zu machen, ohne Wirtschaftlichkeits- oder Gewährleistungsansprüche zu verlieren.

AP2-4: Implementierung des Konzepts am den Standorten Konstanz, Dornbirn und Buchs

Um wettbewerbsfähig zu bleiben, müssen KMU frühzeitig ihre Produktionsansätze untersuchen und unter Umständen an cyberphysikalische Paradigmen wie „Factory of the Future“, „Industrie 4.0“, „Digitale Transformation“, etc. anpassen. Das Thema stellt neue Anforderungen an die KMU, die durch den Paradigmenwechsel wesentlich flexibler werden müssen. Beim Wandel hin zu Produktionsparadigmen der Industrie 4.0 spielen IT und Kommunikationstechniken eine Schlüsselrolle. Insbesondere der Einsatz von cyber-physikalischen Systemen muss auch in den vorhandenen IT Systemen (Legacy Systems) implementiert bzw. weiterentwickelt werden. Dies kann durch die Entwicklung von ganzheitlichen IT&K-Systemen und Architekturen, die die Realisierung von Industrie 4.0 Konzepten unterstützten, realisiert werden. Obwohl sich an der prinzipiellen Bearbeitung von Werkstücken durch Industrie 4.0 nichts ändert, stellt das neue agile Produktionsparadigma Industrie 4.0 trotzdem eine Herausforderung für den Ressourceneinsatz z.B. in der Produktionsplanung dar. Die Beschreibung der Produktions- und Logistikressourcen und deren Steuerung über weltweit verteilte IT&K-Netzwerke stellt neue Anforderungen an die Produktionsplanung und Steuerung.

Das in der internationalen Musterfabrik zu produzierende Produkt, also das Modellfahrzeug, musste in Modulbauweise vorbereitet und auf standort-spezifische Randbedingungen angepasst werden. Die Produktionsabläufe mussten an den einzelnen Standorten an das Produkt und die Anforderungen an die gemeinsame Produktion angepasst bzw. ergänzt werden. Ebenso musste die Logistikkette geplant werden.

Ziel des Arbeitspaketes war es zu zeigen, wie eine zukunftsfähige Prozesslandschaft auf Standortebene effizient und produktiv gestaltet werden kann bzw. wie eine Bestandsproduktion dahin geführt werden kann. Das Automatisierungskonzept soll dabei über ein hoch standardisiertes und optimiertes Fertigungsverfahren gesetzt werden und diese Grundsätze in das Automatisierungskonzept und die Ontologie gespiegelt werden.

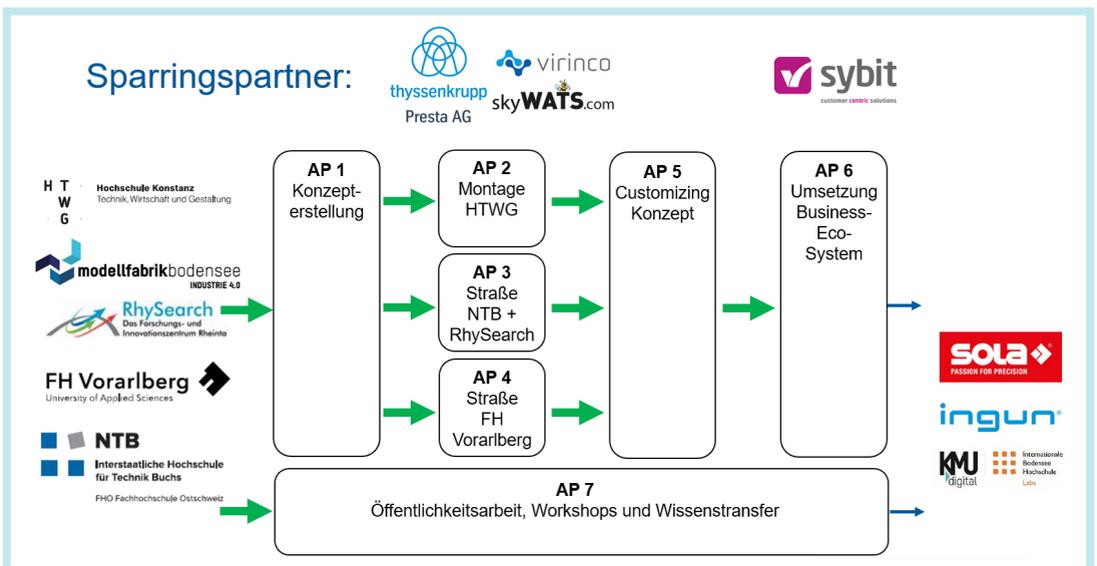


Abbildung 4: Konzept und Arbeitspakete i4Production

AP5: Erstellung Customizing-Konzept

Die Einbindung des Kunden im Zusammenspiel mit den Konstrukteuren an den verschiedenen Standorten muss im Einklang stehen. Die Produktion muss, entsprechend den verschiedenen Möglichkeiten eines Kundenauftrags, gestaltet werden, sodass die Endmontage wie auch der gesamte Produktionsprozess optimal, zeit- und ortsynchron abläuft – gerade im Hinblick auf die Logistikkette mit Zoll. Das Konzept muss auch die softwaretechnische Einbindung einer vollautomatisierten Variantenfertigung und Rapid-Prototyping-Verfahren vorsehen, sodass eine effiziente und korrekte Umsetzung des Kundenwunsches möglich wird.

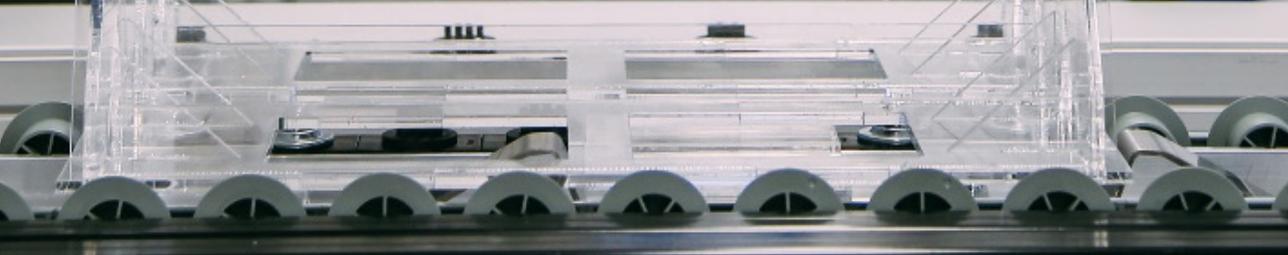
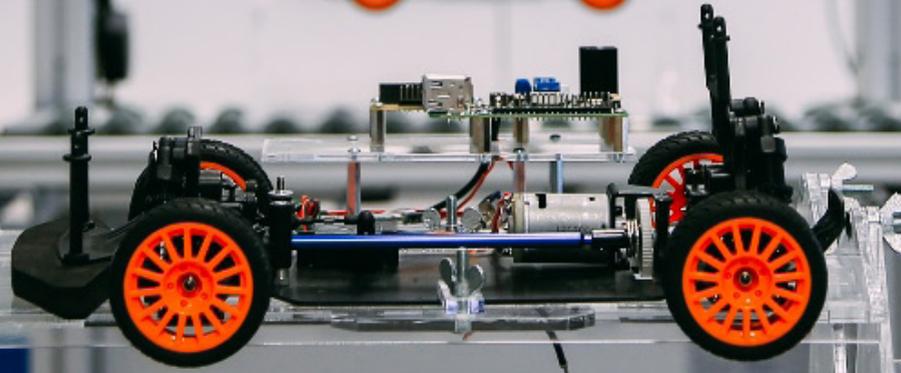
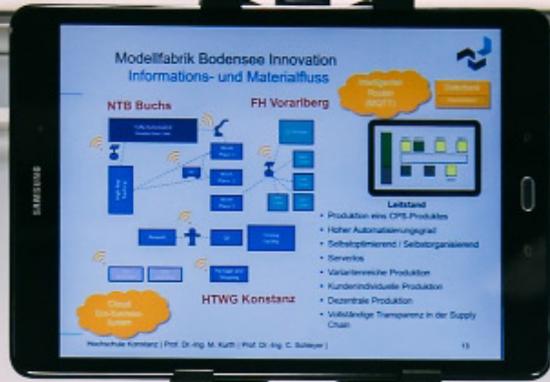
Ziel des Arbeitspaketes war es, eine Durchgängigkeit des grenzüberschreitenden Informations- und Materialflusses zu erreichen, um die Möglichkeiten einer vollständig online transparenten Prozesslandschaft erforschen zu können. Nach der Implementierung in das Business-Eco-System kann der Auftraggeber, in diesem Fall die HTWG, den Status seiner Aufträge an die OEMs (Original-Equipment-Manufacturer) jederzeit kontrollieren. D.h. er findet hier Antworten auf die Fragen: Wie ist der Stand der Aufträge bei einem OEM? Wo befinden sich die damit verbundenen Teile auf dem Transportweg? Wie ist der Status beim Zoll? usw.

AP6: Implementierung Business-Eco-System

Zur Umsetzung musste ein dem ERP (Enterprise-Resource-Planning) der einzelnen Produktionsstandorte übergeordneter, grenzüberschreitender Informationsfluss von der Auftragseingangs-umgebung der HTWG zu den OEM-Standorten NTB Buchs und FH Vorarlberg eingerichtet werden. Hierbei war das Implementieren vorhandener Schnittstellen entscheidend. Jede Produktionsstraße besitzt andere Schnittstellen zu den zentralisiert abgespeicherten Daten der Aufträge, die das Gesamtsystem abdecken.

AP7: Wissenstransfer

Das erworbene Wissen und die Konzepte wurden in einem weiteren Schritt aufbereitet und in das Konzept der „Werkstatt 4“ bei RhySearch eingebunden. Das Business-Eco-System soll zur Präsentation und Diskussion der Forschungsergebnisse dienen – aber auch die Schnittstelle zu interessierten Unternehmen darstellen und die Verbindung zu den dezentralen, physischen Produktionsstandorten der Projektpartner in der Bodenseeregion als Demonstrationsräume herstellen. Die Demonstrationszentren dienen als Informations-, Trainings- und Schulungspunkte für KMU. Gleichzeitig ergibt sich für die – dem jeweiligen Demonstrationszentrum nahen – Unternehmen die Möglichkeit, sich mit anderen Unternehmen und Forschungseinrichtungen in der gesamten Region zu vernetzen.



Projektumsetzung an der HTWG Konstanz

Kapitelinhalt

- Ausarbeitung der Prozesslandkarte
Seite 19 - 20
- Arbeiten an der Montagelinie
Seite 21 - 23

Ausarbeitung der Prozesslandkarte

Nach der Implementierung der Produktionslinien (individuelle mechanische Produktion an der FHV, Varianten-Fertigung elektronischer Komponenten an der NTB Buchs und Endmontage an der HTWG) wurde eine gemeinsame Basis für Daten und deren Austausch geschaffen sowie die Fertigungs- und Montageabläufe intern und extern abgestimmt. Die Vernetzung der Prozesslandschaft wurde konzeptioniert und für die individuelle Fertigung der Felge als Produkt ausgelegt, um eine kundenindividuelle und vom Kunden selbst ausgeführte Konstruktion der Felge möglich zu machen.

Zur Synchronisation der Fertigung, zur Vermeidung von systemdynamischen Effekten in der Lieferkette und zur Schaffung einer gemeinsamen Datenbasis – die auch für neue Geschäftsmodelle genutzt werden kann – wurde ein hoch standardisiertes Automatisierungskonzept entworfen. Das Konzept baut auf einem nach Lean-Kriterien optimierten Produktionsprozess auf. Die Datenerfassung und Speicherung finden dabei dezentral an den einzelnen Standorten selbst statt, das heißt mittels einer Cloud.

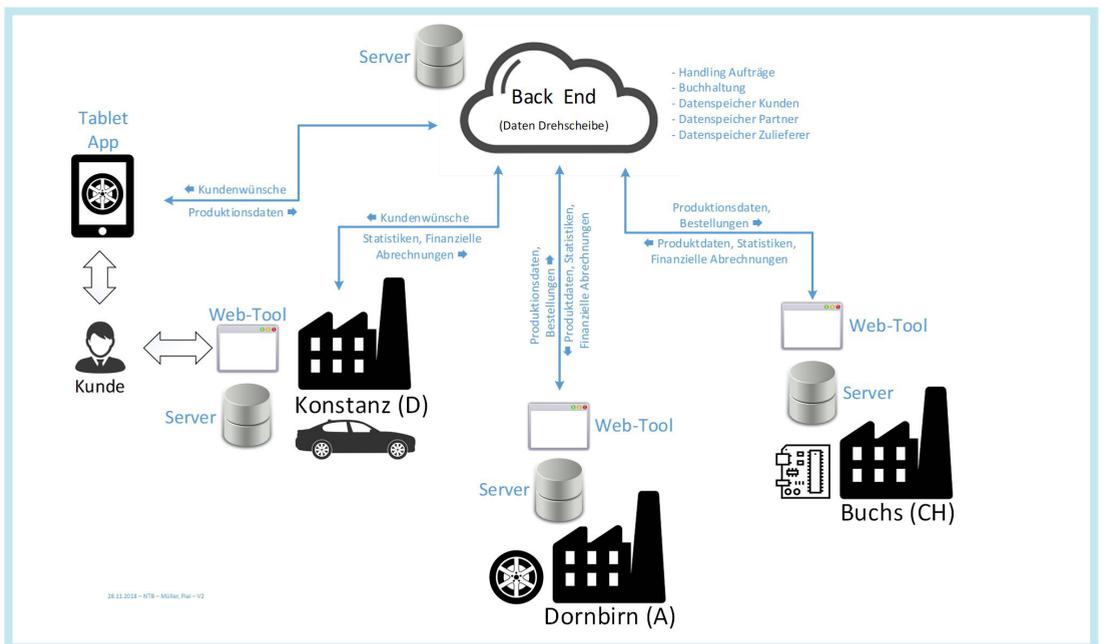


Abbildung 8: Prozesslandkarte Automatisierungssystem i4Production

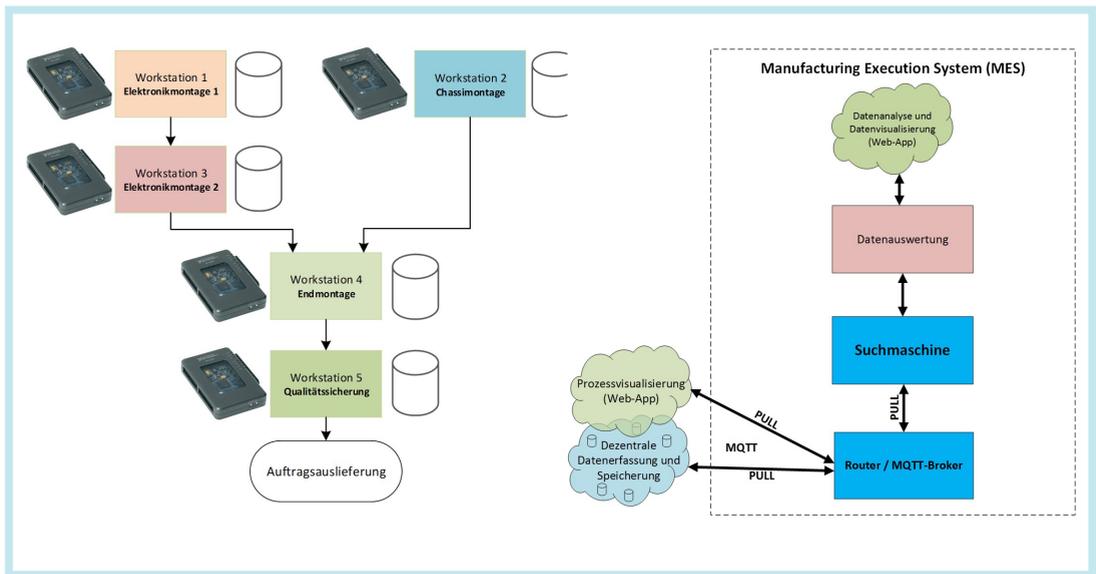


Abbildung 9: Dezentrale Datenerfassung und Speicherung

Neben der Endmontage widmete sich die HTWG Konstanz vor allem auch der Datenorganisation und deren Kommunikation. Das bereits erwähnte Automatisierungssystem wird in Form einer Prozesslandkarte (vgl. Abbildung 8) visualisiert. Für die Ausarbeitung dieser Prozesslandkarte sind einige wesentliche Faktoren zu beachten:

- Echtzeitfähigkeit
- Zuverlässigkeit
- Redundanzen
- Security, etc.

Die Funktionen werden von einem überlagerten Business-Eco-System gesteuert, das übergeordnet Daten sammelt, diese verwaltet und Aufträge plant. Die Datenerfassung und Speicherung im Produktionsprozess finden dezentral an den einzelnen Arbeitsstationen statt (vgl. Abbildung 9). Bei Bedarf werden die benötigten Daten nach dem Pull-Prinzip gezogen, vergleichbar mit der Organisation des Materialflusses bei der Endmontage. Für die M2M-Kommunikation wird das Nachrichtenprotokoll „Message Queuing Telemetry Transport“ (MQTT) eingesetzt. MQTT zeichnet sich besonders durch Zuverlässigkeit und einen sparsamen Umgang mit Bandbreite und Ressourcen aus.

Arbeiten an der Montagelinie

Ausgehend von einem relativ niedrigen Automatisierungsgrad wurde zunächst eine papierlose Produktion umgesetzt. Darauf aufbauend kann der Automatisierungsgrad weiter gesteigert werden, z.B. durch Werkerführungs- oder Effizienz-erfassungssysteme. Damit bildet sich auf unterster Prozessebene bis zur Standortprozessumgebung eine durchgehende Informationskette aus, auf deren Basis z.B. Selbstoptimierungsmaßnahmen zur effizienten Auftragsumsetzung gestaltet werden können. In diesem Arbeitspaket waren viele Detail-lösungen auf unterster Prozessebene notwendig. Am Standort Konstanz wurde die Endmontage umgesetzt.

Entsprechend kritisch ist hier die Synchronisation der grenzüberschreitenden Informations- und Material-flüsse. D.h. die vielfältigen Customizing-Varianten und Serienteile mussten dem Auftrag entsprechend, zeitgerecht und richtig zusammengeführt und für die Montage finalisiert werden. Die Rapid-Prototyping-Verfahren wie 3D-Druck oder Lasercutter mussten so mit der jeweiligen herstellerseitigen Steuerung in das Automatisierungskonzept eingebunden werden, sodass ein hochautomatisierter Produktionsablauf möglich wurde. Die Prozessabläufe mussten entsprechend den Fahrzeugmodulen hinsichtlich Effizienz und Produktivität optimiert werden.

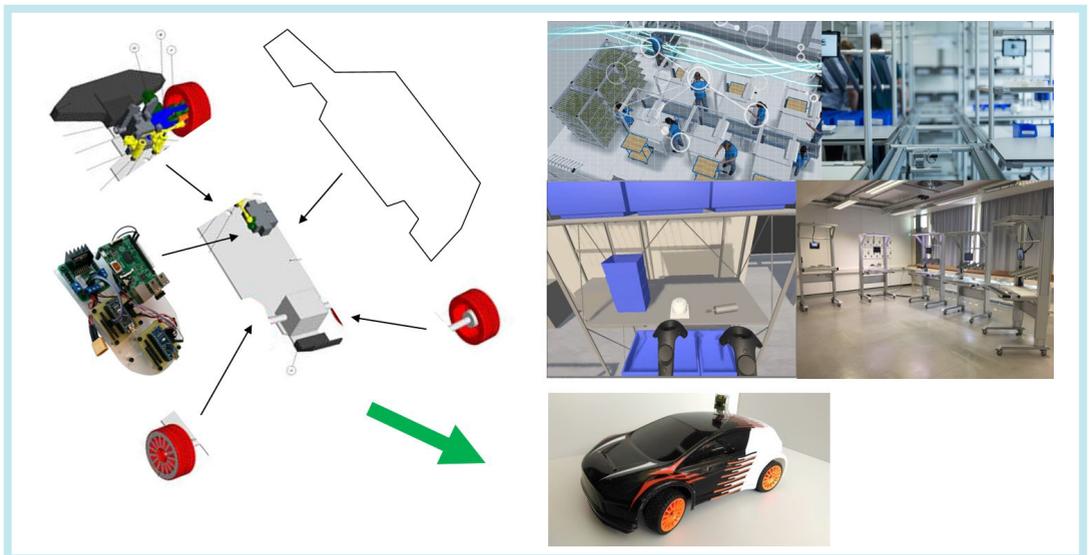


Abbildung 5: Endmontage an der HTWG Konstanz

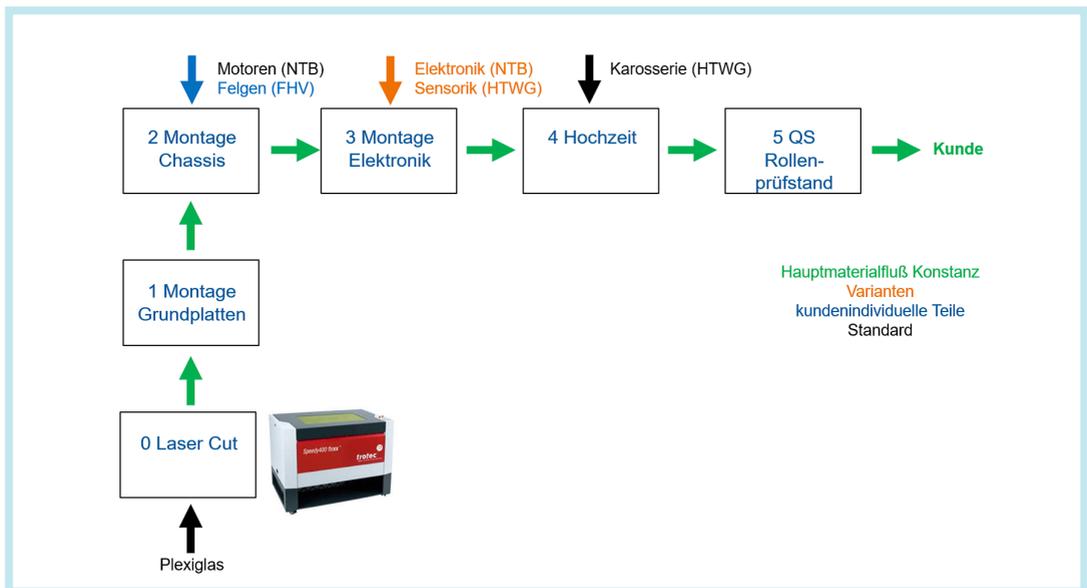


Abbildung 6: Montagekonzept Modellfabrik HTWG Konstanz

Die Herausforderung bei der Montage lag im Aufbau eines Systems, das den Werker bestmöglich unterstützt: einerseits ergonomisch, andererseits mittels Werkerführung zur Fehlervermeidung. Im Labor der Modellfabrik Bodensee an der HTWG Konstanz wurden fünf individuelle Arbeitsstationen eingerichtet.

Dem Montageprozess (Abb. 6) ist die Verwendung eines Lasercutters vorgelagert, sodass ein modulares Trägersystem für die benötigte Elektronik im Modellauto angefertigt werden kann. Anschließend folgen die fünf Arbeitsstationen. Diese sind an den jeweiligen Werker individuell anpassbar. So kann jede Arbeitsstation mittels Höhenverstellung auf die Körpergröße des Werkers abgestimmt und

das Arbeitslicht individuell eingestellt werden. Die Einstellungen werden gespeichert und können durch einen personalisierten RFID-Chip an jeder Arbeitsstation abgerufen werden.

An der Arbeitsstation 1 werden die zuvor mit dem Lasercutter hergestellten Grundplatten montiert. Parallel dazu wird in Arbeitsschritt 2 das Chassis montiert. Hierbei werden ein Servo für die Lenkung sowie ein Antriebsmotor integriert. Anschließend werden an den Grundplatten kundenindividuell konfigurierte Elektronikkomponenten montiert. Im Arbeitsschritt 4 wird das Chassis von Arbeitsstation 2 und die montierte Elektronik von Arbeitsstation 3 bei der sogenannten „Hochzeit“ zusammengeführt und verbaut. Im letzten Arbeitsschritt 5 wird

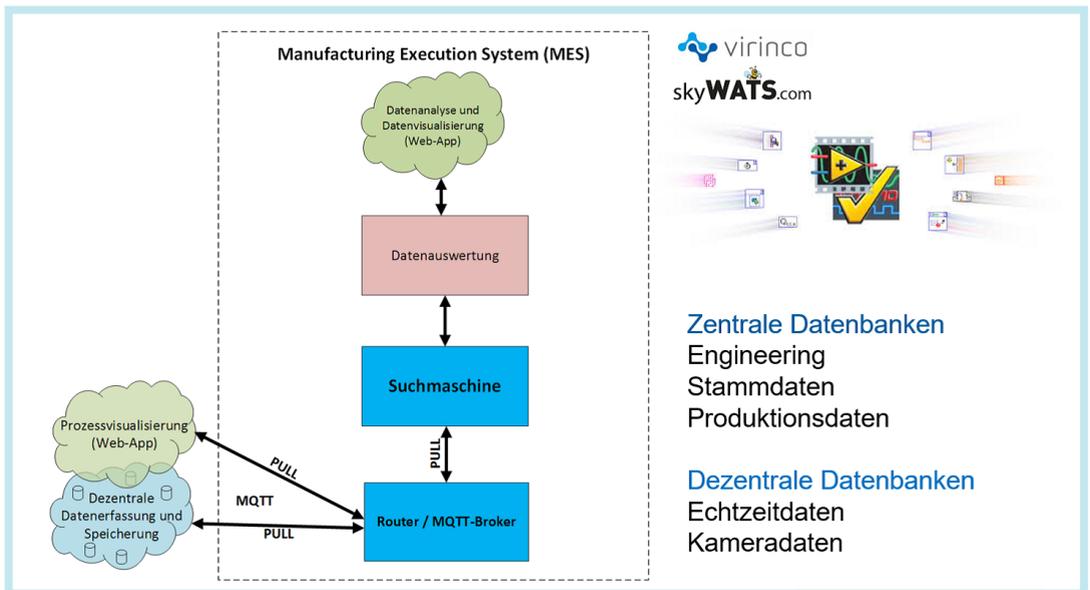


Abbildung 7: Manufacturing Execution System (MES)

die Karosserie montiert und mittels Rollenprüfstand eine Qualitätsendprüfung des Modellautos durchgeführt. Durch die modulare Struktur der Arbeitsstationen wird die Fließbandproduktion aufgebrochen. Zur Verwaltung der Arbeitsstationen wurde ein Manufacturing Execution System (MES) derart implementiert, dass eine dezentrale Datenspeicherung und -verwaltung realisiert werden konnte. Das Konzept dieses MES ist in Abbildung 7 dargestellt.

Das MES ist an der Lean-Production-Methode „Pull-Prinzip“ orientiert. Das bedeutet, dass sich der Werker das benötigte Material von vorangegangenen Arbeitsstationen „zieht“. Diese vorgelagerten Arbeitsstationen beginnen erst nach

Abnahme der Werkstücke einen neuen Auftrag. Analog hierzu sind die jeweiligen Produktionsdaten an den Arbeitsstationen dezentral gespeichert. Erst auf Befehl werden diese Daten mittels MQTT-Übertragungsprotokoll in das System übertragen. Die übergeordnete Suchmaschine erleichtert die Datensammlung, indem ein spezifischer Suchbegriff bei der Abfrage nicht exakt getroffen werden muss.

Eine globale Datenauswertung wurde übergreifend mittels skyWATS von virinco verwirklicht. Diese Visualisierung der Produktionsdaten ermöglicht eine deutliche Transparenzsteigerung der Produktionsabläufe und wirkt sich so positiv auf die Produktionsplanung aus.

Projektumsetzung an der FH Vorarlberg

Kapitelinhalt

- Organisation der verteilten Produktion
Seite 25
- Entwicklung des Backends
Seite 26
- Auftragskonfigurator
Seite 26
- Digitale Abbildung und
Integration der Logistikprozesse
Seite 28 - 30
- Die wichtigsten Erkenntnisse
Seite 31
- Handlungsempfehlungen
Seite 32

Organisation der verteilten Produktion

Die Fachhochschule Vorarlberg (FHV) hat sich im Projekt i4Production insbesondere auf die Organisation der verteilten Produktion (siehe Abb. 10) für i4Production in Zusammenarbeit mit den Projektpartnern konzentriert. Die Herausforderung hierbei lag bei der hochgradig automatisierten Verarbeitung des zentralisierten CAD-Modells bis hin zur Erzeugung des zugehörigen Maschinencodes zur Fertigung. Das mLab der FHV verfügt über den notwendigen Maschinenpark, für reduzierende (CNC)

und additive Fertigung (3D-Druck), um die Fertigung der benötigten Stückgüter durchzuführen. Eine entscheidende Rolle spielten die Erfassung von Datenformaten für den Austausch der zu fertigenden Stückgüter, die automatisierten Datenkontrollen für CAD-Daten, die internen personellen Ressourcen-Anforderungen, die Notwendigkeit der Nachbearbeitung der Daten sowie die monetäre als auch quantitative Erfassung der benötigten Materialien (Aluminium, Harze für 3D-Druck, etc.).

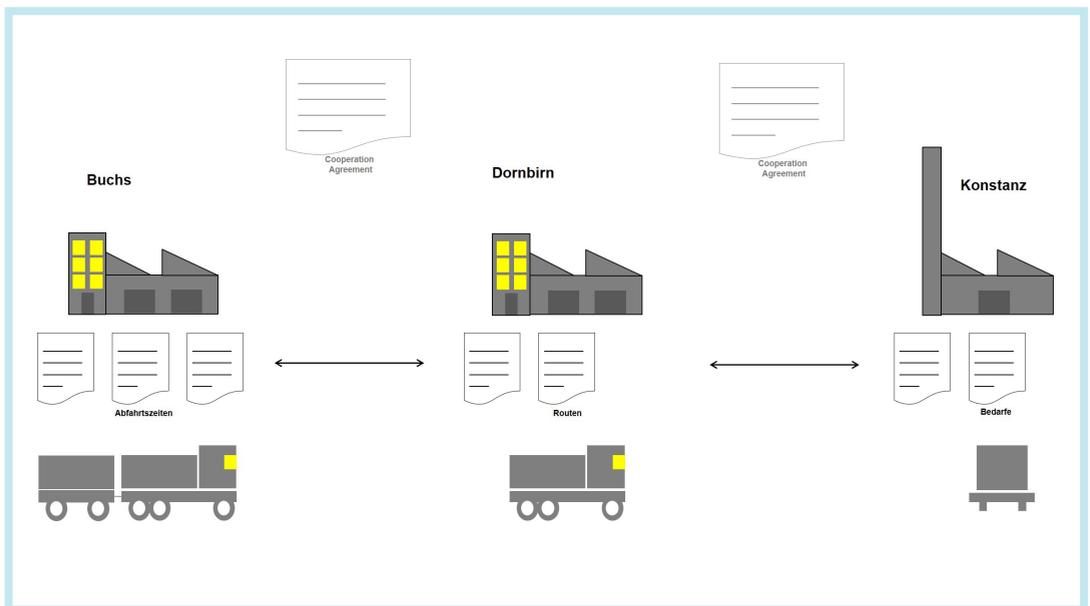


Abbildung 10: Organisation der verteilten Produktion

Entwicklung des Backends

Das Team der FHV entwickelte die digitalisierte Darstellung des Produktionsprozesses und das Design für das digitale Business-Eco-System. Dabei mussten bestimmte Anforderungen berücksichtigt werden:

- **Digitale Abbildung der Felgen (CPS) sowie der dazugehörigen Prozesse (Auftragskonfigurator)**
- **Integration der Daten in die zugrunde liegenden ERP Systeme**
- **Fertigung der Felge: Reduzierend (CNC) und additiv (3D-Druck)**
- **Aufbau des digitalen Business-Eco-Systems und Services**

Das entworfene Backend (Abb. 11) wurde auf einen neuen Server portiert, wobei das Backend-System für das Business-Eco-System weiterentwickelt, debuggt (Fehlersuche bei Computersystemen) und deployt (Software einführen) wurde.

Die Software-Entwicklungen für das Backend-System konnten durchgeführt werden, sowie die Festigkeitsberechnung in das Backend-System integriert werden. Um die Festigkeitsberechnung zu testen, wurden eigene Testserver aufgesetzt (Virtuelle Maschinen, lokale Server).

Um eine größere Bandbreite nutzen zu können, wurden Erkenntnisse aus anderen Teilprojekten des IBH-Labs KMUdigital (insbesondere Data4KMU) in das Backend integriert.

Das Backend musste schließlich in das Open Source ERP Odoo integriert werden. Odoo ist eine ERP-Software-Lösung mit einem dualen Lizenzmodell, das unter anderem für Website/E-Commerce, Abrechnung, Finanzbuchhaltung, Produktion, Lagerverwaltung, Projektmanagement oder Dokumentenmanagement gebraucht wird. Zu all diesen Arbeitsschritten wurden im Vorfeld ausführliche Recherchen durchgeführt – angefangen von der Programmierung über ERP-Systeme bis hin zum digitalen Business-Eco-System.

Auftragskonfigurator

Die Schnittstellen zur Programmierung des Systems (APIs) wurden so erweitert, dass externe IT-Systeme, inklusive der Cloud Services, darauf zugreifen und sogenannte digitale Avatare darin abgebildet werden können. Ein digitaler Avatar ist dabei eine Abbildung eines realen Produkts, Stückguts oder Prozesses in einem IT-Umfeld (Abbildung 12). Der digitale Avatar kann zur digitalisierten und automatisierten Entscheidungsfindung im IT-Umfeld beitragen.

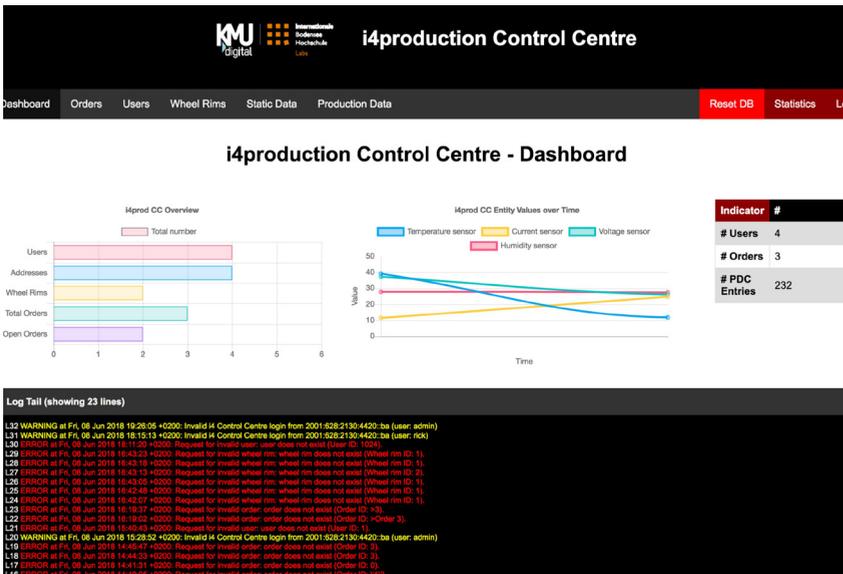


Abbildung 11: i4Production Control Centre (Backend)

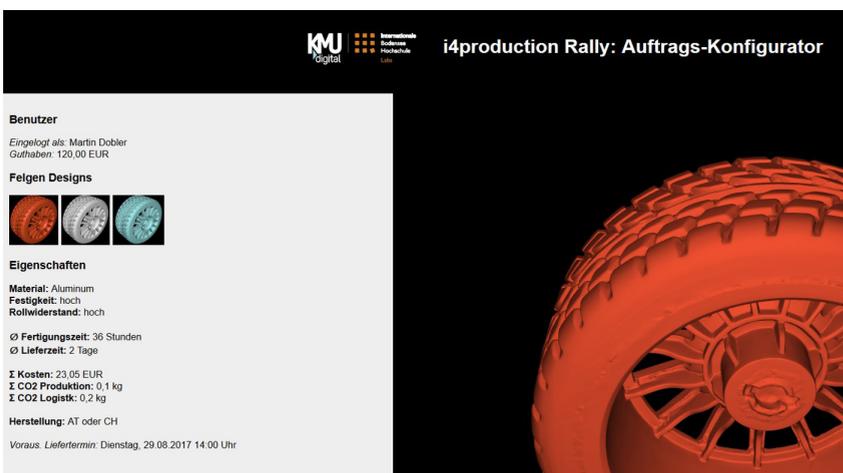


Abbildung 12: Auftragskonfigurator i4Production

Digitale Abbildung und Integration der Logistikprozesse

Die Trends der Logistik- und Produktionsindustrie der letzten zwei Jahrzehnte sehen die intelligente Integration bewährter, datengetriebener, schlanker und agiler Anforderungen an dynamische Produktion, Tracking & Tracing, multimodale Transportketten und prädiktives (Re-)Routing von Gütern und Transportmitteln vor. Allerdings konzentrieren sich diese Konzepte - bei weitgehendem Fokus auf eine ganzheitliche Betrachtung der gesamten Supply Chain - in der Regel auf die Logistik, wobei wesentliche Anforderungen aus der Sicht der Produktion und der Fertigung wegfallen.

Mit dem Aufkommen der jüngsten Industrie 4.0-Bewegung wird die Datenintegration nun auch entlang der Produktionslinie vorangetrieben, was vor allem durch die Verwendung etablierter Konzepte intelligenter Lieferketten möglich wird. Beispiele hierfür sind der digitale Avatar, der in ganzheitlichen Systemen für intelligente Transport-Ökosysteme erfolgreich verwendet wird oder der Einsatz von Big Data und Künstlicher Intelligenz-Technologien, die mit modernen Produktions- und Lieferketten verflochten sind.

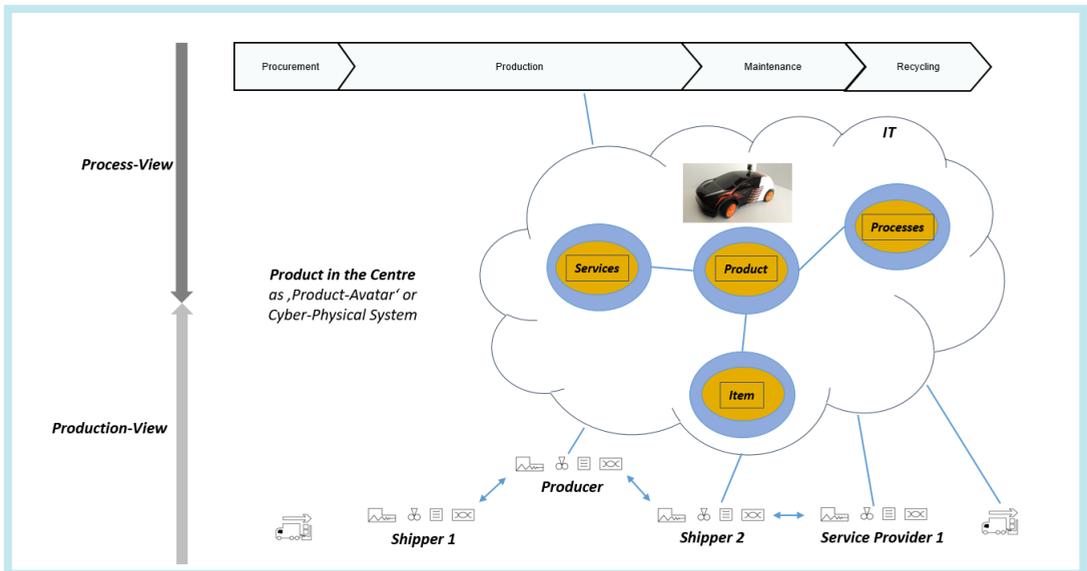


Abbildung 13: Supply Chain und Prozessdaten werden im Produktavatar 'verschmolzen'

Zum Zweck der digitalisierten Überwachung der Logistik wurde bestehende interne Software angepasst, die für die Überwachung des Logistikprozesses zukünftig genutzt werden kann. Die Software übernimmt sowohl die Statusüberwachung (z.B. Ankunft, Produktionsstatus, geschätzte Ankunfts- und Lieferzeiten, etc.) als auch ein Geofencing, also die Standortüberwachung, der sich im Transit befindlichen Güter.

Die Integration der internen Software sowohl in das ERP, das Backend-Kontrollmodul sowie der digitalen Avatare hat aus Sicht der Logistik und des Supply-Chain Managements folgende Unterziele:

- Digitale Abbildung von Routen, Bedarfe und Zeittabellen, Abfahrtszeiten
- Digitales Rahmenwerk für grenzüberschreitende Logistik
- Tracking und Tracing auf der Straße und in der Produktion

Dabei wird jedes Einzelteil, von der Elektronikkomponente über benötigtes Rohmaterial für die Reifen bis hin zum Chassis des Modellautos als digitaler Zwilling in IKT-Komponenten logisch abgebildet. Die Einzelteile werden hierfür mit den etwaigen benötigten Produkt- und Prozessdaten, sowie Sensordaten der involvierten Maschinen und Fertigungsstationen ausgestattet. Somit kann eine Verschmelzung von Produktions- und

Prozesssicht erwirkt werden, welche eine ganzheitliche Betrachtung des Datenaustausches zum Ziel hat. Der digitale Zwilling, auch Produkt-Avatar genannt, steht dabei immer im Mittelpunkt (vgl. Abb.13).

In der Fertigung sind eine Vielzahl von IKT-Systemen involviert. Dies reicht von einer Shop-Plattform über welche Kunden das Modellauto konfigurieren können, einer Einbettung von Daten und Sensoren der produzierenden Maschinen (z.B. für predictive Maintenance Anwendungsfälle), Berechnung der 3D-Modelle sowie der Festigkeit der Reifen, Sendungs- und Logistiksysteme für die Bereitstellung von Echtzeitinformationen zu Lieferzeiten und etwaigen Abweichungen davon, sowie RFID-getriebene Echtzeitdaten aus der Endmontage in Konstanz. Die Daten können dabei entweder individuell bei Bedarf abgefragt werden oder – bei größeren Datenmengen wie 3D-Modellen oder Resultaten zur Festigkeitsberechnung – in der Cloud gespeichert werden.

Ein zentrales Servermodul (i4production Backend oder Control Centre) an der FHV gleicht Auftragsdaten zentral ab. Unterstützt wird dieses digitale Ökosystem durch ein ERP System, welches die Sicht auf die dahinterliegenden Geschäftsprozesse darstellt. Ziel war es hierbei nachzuweisen, dass intelligente Produktdaten aus dem digitalen Zwilling mit der gebräuchlichen Umgebung von Geschäftsprozessen auch digital verschmolzen werden können.

Zur digitalen Vernetzung der Standorte im Sinne einer digitalisierten Supply Chain und als Kundenzugangsportal zur verteilten Fabrik mit Variantenauswahl und kundenindividueller Konstruktion wurde ein digitales Business-Eco-System erschaffen. Dieses zeigt einen Musterfall für die Umsetzung neuer Dienstleistungen.

Die digitale Prozesskette soll bei Vertretern regionaler KMU ein Verständnis für die sich ergebenden Chancen und Risiken wecken. Auf Wunsch werden die KMU bei der Umsetzung wissenschaftlich begleitet und gefördert.

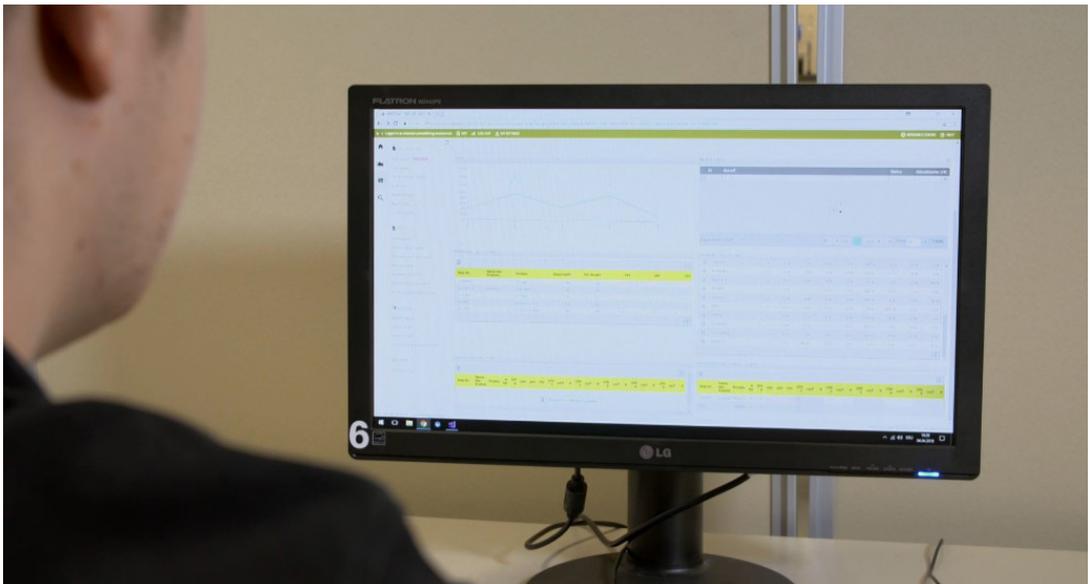


Abbildung 13: Nutzer des i4Production Control Centre

Die wichtigsten Erkenntnisse

Das übergeordnete Ziel des Projektes i4Production war es, zu beschreiben, wie Daten aus den intelligenten Lieferketten in die Datenökosysteme der Industrie 4.0 integriert werden können. Dabei spielen die Selektion und Darstellung der eruierten Daten eine erhebliche Rolle. Dies ist insbesondere dann als wesentlich zu betrachten, wenn wir bedenken, dass Daten der Industrie 4.0 nicht nur vielfältig sind (im Sinne von "Big" wie in Big Data), sondern auch an vielen Stellen den Nutzerinnen und Nutzern zugeführt werden. Das reicht von einer Vielzahl produzierender Maschinen, über mobile Endgeräte wie Scanner von Transportgütern, bis hin zu Mitarbeitenden im Controlling oder Backoffice-Bereich.

Längerfristig zielen wir deshalb darauf ab, die folgenden aktuellen Forschungsfragen integriert zu betrachten:

- Wie gestaltet man branchenübergreifende Kontextinformationen für Logistik und Produktion (Wo, wann und wie werden die Daten gespeichert und verarbeitet? Wo werden sie schlussendlich dargestellt)?
- Wie kann automatisiertes Wissen über Business Services und die zugrunde liegenden Geschäftsprozesse aufgebaut werden? Wie kann das Wissen dargestellt werden, ohne den konkret Anwendenden im aktuellen Kontext zu überfordern?
- Wie lässt sich die sich abzeichnende Selbsterkenntnis einzelner Güter oder Gegenstände einbeziehen, die von Produkten (Materiallisten, Stücklisten, Konfigurationsbeschreibungen) über Intelligenz zum Auffinden von (Re-) Routing-Entscheidungen bis hin zu Ad-hoc-übergreifendem ICT-Kommunikationsdesign reicht?
- Wie baut man automatische Vertrauensnetzwerke auf, um sicherzustellen, dass intelligente Avatare von Waren und Gegenständen über Unternehmensgrenzen hinweg und in Echtzeit kommunizieren können? Wie kann die Qualität eines solchen automatisierten Vertrauensnetzwerkes sinnvoll dargestellt werden, sodass auf einen Blick erkennbar ist, ob die Information vertrauenswürdig ist oder nicht?

Die wichtigsten Ergebnisse des Projektes können als Grundlage für eine weitere Diskussion auf der Grundlage der zuvor genannten Anforderungen und des Vergleichs mit etablierten und vorgeschlagenen Datenaustauschdesigns dienen, zeigen zukünftige Herausforderungen auf und liefern Hintergrundinformationen darüber, wie die vorgeschlagenen Änderungen in das Tagesgeschäft integriert werden können.

Handlungsempfehlungen für KMU

- Branchenübergreifende Kontextinformationen für Logistik und Produktion dürfen nicht nur aus dem Kontext des Datensammelns gesehen werden. Es muss berücksichtigt werden, wer diese Daten wo, wann und wie speichert und verarbeitet. Außerdem ist der Empfänger relevant, für den die Informationen letztlich aufbereitet werden.
- Daten müssen es erlauben, automatisiertes Wissen über Business Services und zugrunde liegende Geschäftsprozesse ableiten zu können. Dabei müssen die Daten so dargestellt werden, dass Anwendende nicht überfordert werden.
- Entscheidungslogik kann auch im Sinne einer Selbsterkenntnis einzelner Güter oder Gegenstände betrachtet werden. Vereinfacht bedeutet das, dass die Entscheidungslogik immer näher zum Gut rückt.
- Automatisierte Vertrauensprozesse zum Datenaustausch über Unternehmensgrenzen hinweg stellen immer noch eine große Herausforderung dar. Dasselbe gilt für die transparente, längerfristige (> 20 Jahre) Speicherung von Daten zu Produkten und Stückgütern.
- Sorgfältige Planung bei Datenaustauschformaten ist das A und O für eine nachhaltige Einsetzbarkeit. Da der Erfolg von automatisierten, dezentralen Produktionsketten in der Regel nicht an der Verfügbarkeit der Daten sondern am Fehlen von Datenaustauschverfahren scheitert, muss eine gemeinsame "digitale Sprache" für KMU geschaffen werden.
- Open-Source kann dabei helfen, rasch Prototypen zu entwickeln. Für die meisten Anwendungsfälle gibt es bereits Ansätze am Markt, sehr oft sogar mit entsprechenden Open-Source-Lösungen. Prototypen können somit rasch entwickelt werden, um die Machbarkeit und die monetäre Rentabilität abzuklären.
- Nur Daten sammeln alleine ist zu wenig. Es müssen auch immer die Fragen gestellt werden: Wer, wann, wo und vor allem wie wieder auf die Daten zugegriffen wird. Datenaustauschformate, standardisierte Ontologien und (ERP-) APIs können helfen, diese Herausforderungen kontrolliert zu bewältigen.



Projektumsetzung an der NTB Buchs

Kapitelinhalt

- Gestaltung des Business-Eco-Systems
Seite 36
- Digitalisierung der Elektronikfertigung
Seite 37
- Weiterentwicklung des
Baugruppenfertigungsportals
Seite 38 - 39
- Fertigung Motor und Leistungselektronik
Seite 40
- Vernetzung von Maschinen
Seite 41
- Einarbeitung von neuen Mitarbeitern
Seite 42
- Entwicklung eines Tools zur kunden-
individuellen Konstruktion einer Felge
Seite 43 - 44
- Funktionen des Felgenkonfigurators
Seite 45
- Die wichtigsten Erkenntnisse und
Handlungsempfehlungen
Seite 46 - 47

Autoren: Prof. Dr. Jürgen Prenzler, Prof. Dr. Guido Piai (NTB Buchs)

In das Projekt i4Production waren zwei Institute der NTB Buchs involviert – das EMS (Institut für Entwicklung Mechatronischer Systeme) und das ESA (Institut für Elektronik, Sensorik und Aktorik).

Das EMS positioniert sich in Rahmen von i4Production als Entwicklungspartner. Das EMS deckt die Strecke, startend mit der Erfassung der Marktanforderungen

bis zur automatisierten Schnittstelle zur Produktion ab. Ein «durchgängiges Engineering» (Abb. 15) mit aktuellen Methoden und Tools wurde realisiert.

Das ESA integrierte und digitalisierte die bestehende Elektronikfertigung der NTB und untersuchte dabei die Digitalisierungsmöglichkeiten von kleinen, manuellen Fertigungsbetrieben.

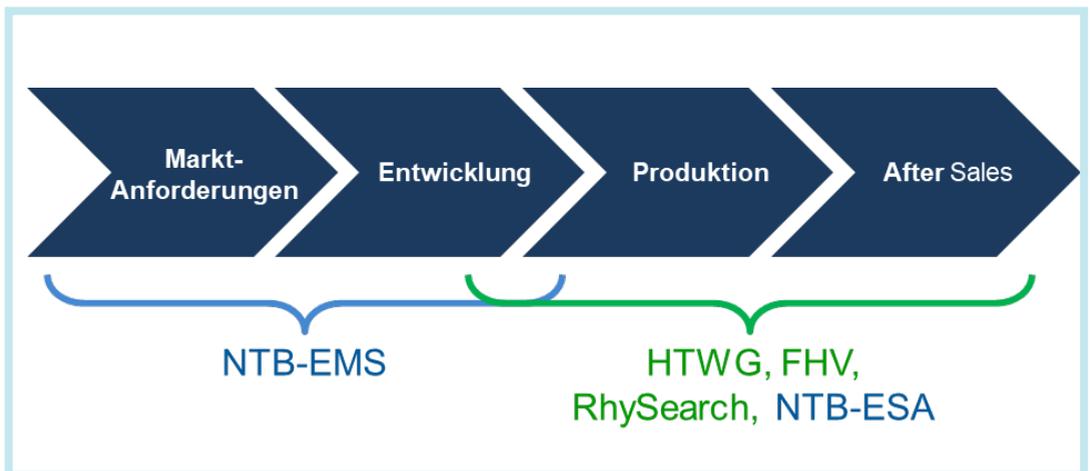


Abbildung 15: Aufgabenverteilung im durchgängigen Engineering

Gestaltung des Business-Eco-Systems

Der in Abb. 16 dargestellte Entscheidungsbaum des cyber-physischen Produkts, dokumentiert den Weg des Modellautos vom Kundenwunsch bis hin zur erhofften Kundenzufriedenheit am Ende des Produktionsprozesses. Es werden folgende Abläufe dargestellt: die Konfiguration des Modellautos, die individuelle Gestaltung der Felge, die Fertigung der Einzelteile, bis zur Montage und Inbetriebnahme des Modellautos in der Modellfabrik an der HTWG Konstanz und der darauffolgenden Auslieferung.

Im orangenen Feld sind die Aufgaben der NTB Buchs dargestellt. Falls während der Konfiguration eines

Fahrzeugs eine kundenspezifische Konstruktion nötig oder gewünscht ist, wird diese über den entwickelten Konfigurator an das Fertigungsportal des Instituts EMS weitergeleitet. Sobald die Konstruktion der kundenspezifischen Teile (der Felge) abgeschlossen ist, stehen die Daten mittels des Backends der FHV allen Partnern zur Verfügung und die Produktion der kundenspezifischen, mechanischen Teile kann gestartet werden. Die Elektronikfertigung an der NTB Buchs erhält automatisiert über das Back-End der FHV einen Auftrag in das Baugruppenfertigungsportal.

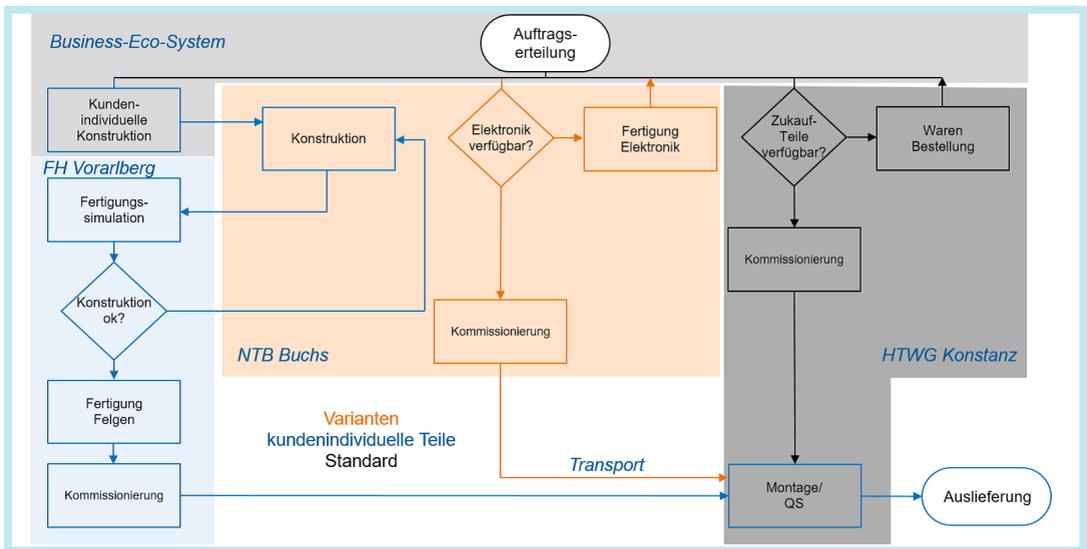


Abbildung 16: Entscheidungsbaum cyber-physisches Produkt: Bestellung bis Produktion

Digitalisierung der Elektronikfertigung

Das Institut ESA der NTB Buchs beschäftigte sich mit der Aufgabe, die eigene Elektronikfertigung zu digitalisieren. Es handelt sich um eine kleine Fertigung, in der verschiedene Abläufe manuell durch Einsatz von professionellen Tools durchgeführt werden. Ein Webportal, über das Leiterplatten bestellt werden können, war bereits vorhanden. Im Jahr 2017 beschäftigte sich das ESA im Rahmen von I4Production mit der Erarbeitung des Konzepts für die Digitalisierung dieser Fertigungsanlage.

Das Leiterplattenportal wurde so erweitert, dass der Kunde sowohl Leiterplatten, als auch ganze Baugruppen abfragen und bestellen kann. Die Fertigungsdaten können hochgeladen und ein Angebot automatisch abgefragt werden. Wenn die Bestellung platziert wurde, kann der Auftrag online verfolgt werden und Lieferzeiten abgefragt werden. Zudem ist auch eine M2M- Kommunikation (machine to machine) möglich, sodass das Abfragen und die Verwaltung des Auftrags auch von einer Maschine (z. B. im ERP-System) erfolgen kann.

Für die Realisierung dieser Funktionen kommen Identifikationssysteme (z. B. RFID oder QR-Codes) zum Einsatz, die eine eindeutige Zuordnung der Lose und der einzelnen Leiterplatten erlauben. Die Informationen werden dann in eine Datenbank geladen und stehen zur weiteren Verarbeitung zur Verfügung. Mittels dieser Prozesskette wurden Erfahrungen gesammelt, wie die Digitalisierung einer kleinen manuellen Fertigung ablaufen kann.

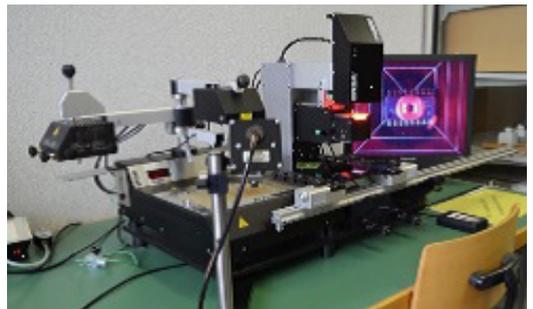
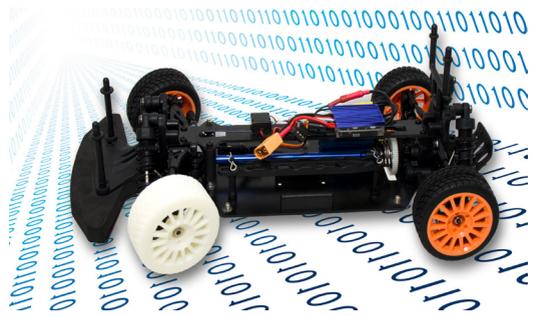


Abbildung 17.1-3: Einige Maschinen der Baugruppenfertigung am ESA

Weiterentwicklung des Baugruppenfertigungsportals

Das ESA hat die Digitalisierung der eigenen manuellen Elektronikfertigung im Projekt i4Production fortgesetzt. Das Web-Portal für die Leiterplattenfertigung wurde erweitert, sodass nun ganze Baugruppen bestellt werden können. Sowohl interne als auch externe Kunden erhalten Zugriff und werden als Kunden erfasst.

Der Auftraggeber platziert einen Auftrag und liefert die Fertigungsdaten. Nach Erhalt des Angebots und der Bestellung, kann der Auftraggeber den Status der Produktion, Temperaturprofile und Bilder einer Kontrolle oder Reparatur einsehen. Die generierten Daten bleiben in der Datenbank dem Auftrag zugeordnet. Über das Back-End steht den Partnern ein automatischer Zugriff zur Verfügung.

The screenshot shows the 'webPCBA Assembly' portal. The main interface includes a search bar, a table of orders, and a detailed view of a selected order.

Legende:

- grün: offen
- gelb: überfällig
- blau: in Bearbeitung
- rot: Lötvorgang abgeschlossen
- orange: erledigt
- rosa: unbrauchbar

Aufträge | [Neuen Auftrag aufgeben](#)

ID	Bezeichnung	Bearbeiter	Fällig	Gesendet	Anzahl
10	Power Supply		2019-05-24 00:00:00	2019-05-10 16:23:08	1
15	Steuerungsboard		2019-05-24 00:00:00	2019-05-10 16:22:27	10
14	Motortreiber		2019-05-24 00:00:00	2019-05-10 16:18:06	1

PCB Assembly

Auftraggeber intern
 Guido Platt
 guido.platt@ntb.ch
 004917512345

Leiterplatten Bestellung:

- Leiterplatten in Buche abholen bei Leiterplattenfertigung (Zimmer 2046)
- Transportversicherung liegt beim Besteller
- Bei Transportausfälle immer 5% zusätzliche Menge liefern

Stückliste (pdf)
 1) Stückliste.pdf (1,10 MB)

Bestückungsplan (pdf)
 1) Bestückungsplan.pdf (1,19 MB)

Bezeichnung: Steuerungsboard
Konto: 0102
Anzahl der Leiterplatten: 10
Fälligkeits: 24.05.2019

Campan: Campus Buche: Abholung bei der Leiterplattenangabe

Notizen:

Mit dem Prozesse:
 aufst. direkt finanziert

Speichern und Schließen | Abbrechen

Abbildung 18: Realisierung des Baugruppenfertigungsportals i4Production

Während für die Produktion von Leiterplatten nur Layout-Daten benötigt werden, sind für eine Baugruppenfertigung weitere Datensätze bereitzustellen. Dies sind beispielsweise Stücklisten, Bestückungspläne, Koordinaten-Dateien, Hinweise für eine korrekte Produktion, Inbetriebnahme-Prozeduren, Test-Prozeduren, etc. Diese Informationen sind bei einer Angebotsanfrage im Portal elektronisch hochzuladen. Wird ein neuer Auftrag angelegt, kennzeichnet das System diesen zunächst mit dem Status "offen". Ein Mitarbeiter der Baugruppenfertigung prüft, ob alle Voraussetzungen erfüllt sind und klärt offene Punkte direkt mit dem Auftraggeber. Wenn alle Produktanforderungen bekannt sind, wird dem Kunden ein Angebot übermittelt. Nach der Bestellung, startet der

Produktionsvorgang (Auftragstatus "in Bearbeitung"). Sobald die Produktion abgeschlossen ist und die Baugruppen versendet wurden, erhält der Auftrag den Status "erledigt". Der Auftraggeber kann den gesamten Prozess verfolgen und wird automatisch über Statusänderungen seines Auftrags informiert.

Es steht auch eine REST-basierte M2M-Schnittstelle zur Verfügung, sodass auch maschinelle Anfragen bearbeitet werden können (Bestellung, Status Abfrage, etc.). Die Verbindung mit dem von der FHV entwickelten Backend wurde erstellt (Abb.19). Damit ist die Elektronikfertigung Bestandteil des digitalen Supply-Chain-Management (SCM) und ermöglicht allen Partnern des i4Production-Verbundes auf die Auftragsdaten zuzugreifen.

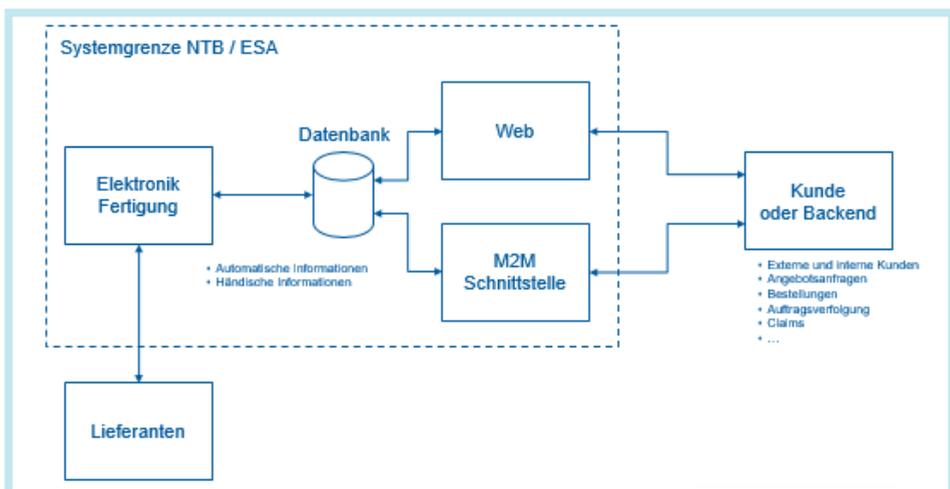


Abbildung 19: Konzept Baugruppenfertigungsportal i4Production

Fertigung Motor und Leistungselektronik

Als Use Cases von kundenspezifischen elektrischen und elektronischen Komponenten wurden im Projekt i4Production der Elektromotor und die Leistungselektronik des Modellautos betrachtet.

Die kundenspezifische Leistungselektronik wird an der NTB Buchs produziert und in der Montagelinie an der HTWG Konstanz montiert. Der Produktionsauftrag wird von der HTWG, wie im vorangegangenen

Abschnitt dargestellt, über das Back-End der FHV an die Baugruppenfertigung der NTB Buchs übermittelt. Sobald alle auftragsrelevanten Daten vorliegen, kann die Produktion gestartet werden. Die produzierten Leistungselektronikbaugruppen werden nach der Fertigung per Post oder mittels Kurier nach Deutschland an die HTWG gesendet. An der Grenze findet eine reale Zollabfertigung statt.

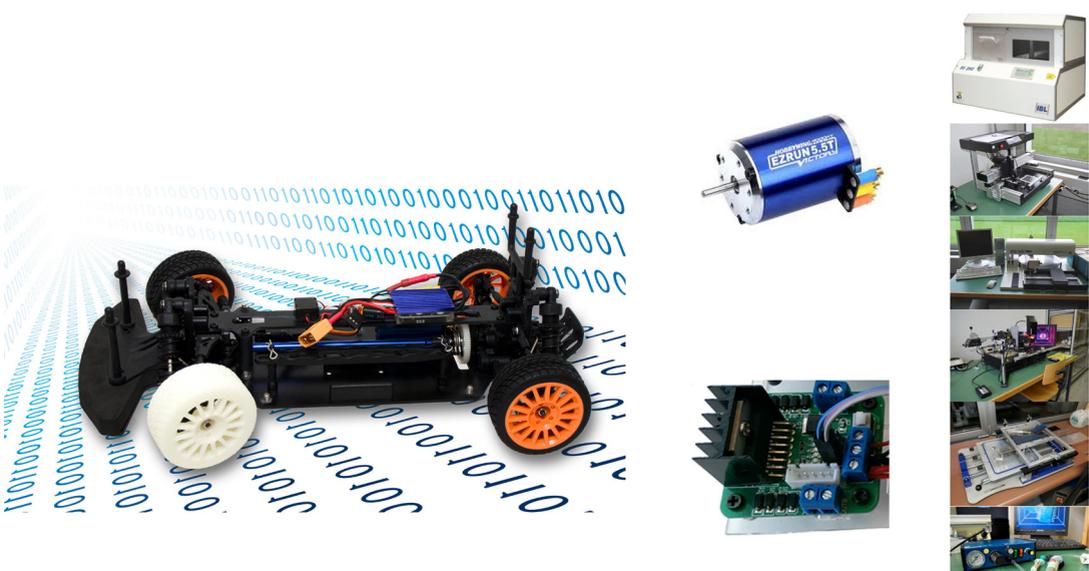


Abbildung 20: Fertigung Motor und Leistungselektronik

Vernetzung von Maschinen

Im Fertigungsportal der NTB Buchs werden alle auftragsrelevanten Daten verwaltet: Auftraggeber, Stücklisten, Layout, Koordinaten-File, Bestückungsplan, Inbetriebnahme-Anleitung, Testspezifikation, Temperaturprofile während der Produktion, Fotos und Protokolle der Inbetriebnahme, Testprotokolle, Wunschliefertermin, Status des Auftrags, etc. Die Daten werden sowohl vom Auftraggeber geliefert als auch während der Produktion generiert sowie manuell ergänzt. Die korrekte Verknüpfung zwischen digitalem Zwilling (Avatare in der Datenbank) und der realen Welt (hergestellte Baugruppen) wird von den Mitarbeitenden gewährleistet.

Im ersten Schritt galt es zu verstehen, welche Geräte mit dem Fertigungsportal vernetzt und welche Prozessschritte digitalisiert werden müssen. Da die geforderte Flexibilität der Fertigung sehr hoch ist, wurde eine hybride Lösung gewählt: Die Informationen werden zunächst nur teilweise digitalisiert. Ein Teil der Daten wird weiter manuell bearbeitet. So wurde z.B. die Nutzung von QR-Codes oder von RFID-Tags für die Verfolgung der Aufträge als zu aufwendig eingestuft, da sich die Anzahl an Aufträgen in Grenzen hält und diese immer von

einer einzelnen Person bearbeitet werden. Steigt die Anzahl von Aufträgen und Mitarbeitenden, muss diese Festlegung neu abgewogen werden.

Es hat sich gezeigt, dass eine Vernetzung des Bestückungsautomats, der Dampfphasenlötanlage und der Rework-Station sinnvoll ist. Im Bestückungsautomat werden die Bauteil-, Layout- und Positionierungsdaten des Auftrags eingesetzt und entsprechend vorbereitet. Diese Daten werden direkt aus dem Portal in den Computer des Bestückungsautomats eingespeist.

Zwei Maschinen wurden mit der Datenbank des Web-Portals verbunden, sodass Produktionsdaten (z.B. Temperaturprofile, Aufnahmen der zu fertigenden Baugruppe, etc.) gespeichert werden können. Ein Retrofit-Kit, basierend auf einem Arduino-Modul in Verbindung mit einem Verstärker für Thermoelemente und einem WLAN-Modul wurden entwickelt (Elektronik, Gehäuse, Befestigung) und an der Dampfphasenlötanlage angebracht, inklusive Software und Webserver. Damit werden die Daten jedes Lötvorgangs automatisch über das lokale Netz gespeichert.

Einarbeitung von neuen Mitarbeitern

In gewissen Abständen ist es notwendig, neue Mitarbeiter zur Nutzung der Geräte der Baugruppenfertigung einzuarbeiten. Zudem brauchen die Bediener immer wieder die Bedienungsanleitungen der Geräte, um spezifische Fragen zu klären.

Dafür wurde eine digitale Bibliothek mit allen relevanten Unterlagen angelegt. Die Maschinenbediener können über einen an den Maschinen angebrachten QR-Code direkt auf die relevanten Dokumente zugreifen (Abb. 21). Darüber hinaus können in einer solchen Online-Bibliothek auch

Videos zur Verfügung gestellt werden, die zum Beispiel die Bedienung einer Maschine oder bestimmte Arbeitsabläufe erläutern.

Durch eine solche Bereitstellung sind die Informationen jederzeit für alle Mitarbeitenden verfügbar. Die Einführung neuer Mitarbeitenden kann so deutlich vereinfacht und effizienter gestaltet werden. Auch bereits eingearbeitete Mitarbeitende können ohne Zeitverzögerung über die Online-Bibliothek Informationen zu Fragestellungen beziehen und so ihre Arbeitsprozesse verbessern.



Abbildung 21: Online-Bibliothek für Mitarbeitende der Baugruppenfertigung an der NTB

Entwicklung eines Tools zur kundenindividuellen Konstruktion einer Felge

Am Institut für Entwicklung Mechatronischer Systeme (EMS) wurde das Konzept für ein Werkzeug entwickelt, mit dem eine Komponente des Modellautos durch den Kunden frei gestaltet werden kann, sodass ein individualisiertes Produkt generiert wird. Anhand des Zubehörteils „Felge“ wurde ein Tool (Abb. 22) entwickelt, das es dem Kunden nicht nur ermöglicht, sein eigenes Produkt zu gestalten, sondern auch Informationen hinsichtlich wirtschaftlicher und technischer Aspekte (Kosten der Fertigung, Festigkeit der Felge, etc.) zu erhalten.

Anders als bei einem reinen Konfigurator erhält der Kunde im realisierten Felgen-Editor die vollständige Designfreiheit, wie zum Beispiel durch freies Zeichnen oder Materialplatzierung und -auswahl. Es werden individuelle Produkte (Einzelstücke) designt und für die Fertigung in der Industrie 4.0 vorbereitet, weshalb man von der sogenannten „Mass Customization“ spricht. „Mass Customization“ bezeichnet allgemein die Verknüpfung von Massenproduktion mit individuellen Produkten, die nach Anforderungen des Kunden hergestellt werden.

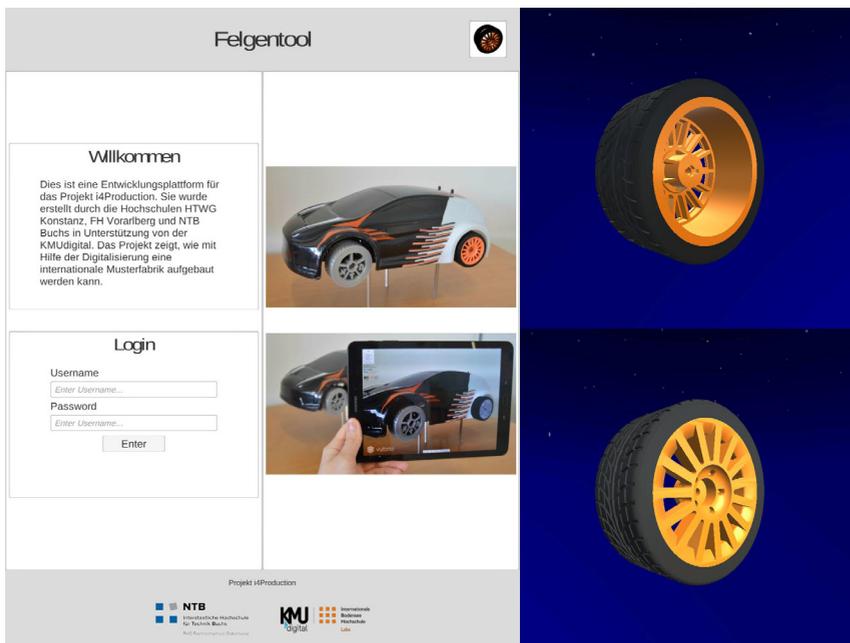


Abbildung 22: Startbildschirm des Online-Felgentool mit Informationen zum Benutzer-Login und der Auftragsauswahl

Für den Felgen-Editor wurde eine Android-Applikation entwickelt, die auf vielen Endgeräten im Consumer-Bereich in Betrieb genommen werden kann. Aufgebaut wurde das Felgen-Tool in der Game Engine Unity. Das Tool verfügt über mehrere Modi, wobei einer zur Betrachtung, einer zur eigentlichen Erstellung des Designs und einer zur Visualisierung mittels Augmented Reality dient (Abb. 24.1-4).

Das Felgendesign wird durch einfaches Zeichnen auf dem Tablet erstellt. Hier war es die Herausforderung, eine geeignete Art der Modellierung durch den Benutzer zu finden und diese unter Einhaltung der geometrischen Einschränkungen zu implementieren. Weiter wurde eine Visualisierungsfunktion mittels Augmented Reality realisiert. Hierdurch ist es möglich, ein Tablet gegen ein bestehendes Modellauto zu halten und die neu designte Felge über dem bestehenden Modell überlagert darzustellen.

Eine Festigkeitssimulation auf einem externen Server erlaubt es, eine Aussage über die zulässige Belastung zu treffen. Es handelt sich um eine Berechnung der neuen Felgengeometrie nach der Finite-Elemente-Methode.

Neben der eigentlichen Implementierung musste das Felgen-Tool in das Business-Eco-System eingebunden und die Kommunikation mit dem Backend aufgebaut werden (Abb. 23). Der Ablauf des Gesamtprozesses sowie die eigentlichen Schnittstellen waren hierfür gemeinsam mit den Projektpartnern zu definieren. Hinzu kam die eigentliche Implementierung der Datenübertragung.

Im Felgen-Editor können somit Benutzerdaten, die im Front-End erstellt wurden, abgerufen werden sowie Geometriedaten und weitere Parameter der Felge für die nachgelagerte Fertigung abgespeichert werden.

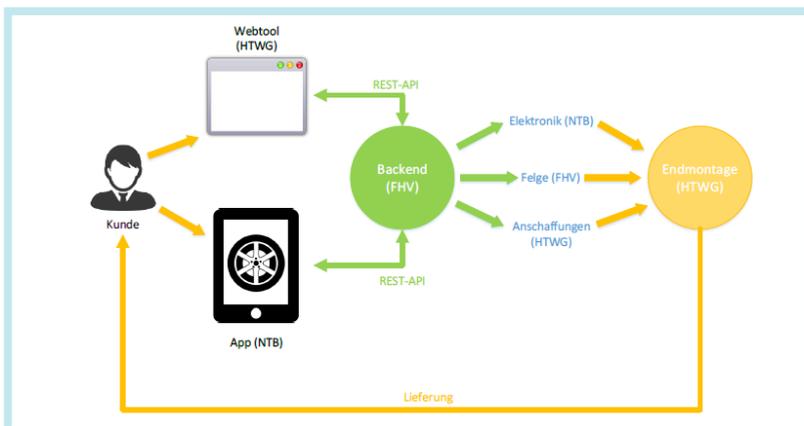


Abbildung 23: Einbindung des Felgen-Tools in das Business-Eco-System

Funktionen des Felgenkonfigurators

Viewer-Modus

- Ansichtsmodus zur Betrachtung der Felge
- Möglichkeit verschiedener Berechnungen (Kosten, Festigkeit, ...)
- Auftragspeicherung



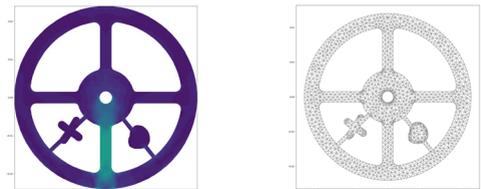
Design-Modus

- Gestaltung durch Zeichnen auf einem Tablet
- Zusätzliche Konfigurationen (Material, Anzahl Speichen, ...)



Festigkeitsberechnung

- Simulation auf externem Server und Integration in die Plattform
- Statische Berechnung
- Ausgabe der Vergleichsspannung bei einfacher Belastung (Kosten, Festigkeit, ...)
- Auftragspeicherung



Visualisierung mittels Augmented Reality (AR)

- Abbildung der designten Felge auf dem realen Modellauto

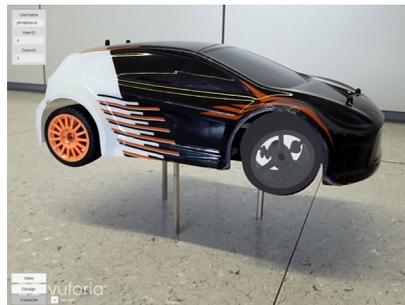


Abbildung 24.1 - 4: Funktionen des Felgenkonfigurators

Die wichtigsten Erkenntnisse

- Gerätetechnisch hat sich gezeigt, dass speziell KMU offene und günstige Lösungen des Massenmarktes benötigen, so wie es an den drei Standorten des Projektes bislang umgesetzt wurde. Die großen Automatisierungslieferanten können die angebotenen Industrie4.0-Lösungen teilweise nicht liefern und wenn, dann als geschlossene Systeme, deren hohen Investitionskosten sich in einem KMU nicht wirtschaftlich darstellen lassen.
- Nachteile der Lösungen des Massenmarktes sind allerdings bei der Sicherheit und dem mangelnden Bewusstsein bei der Nutzung solcher Geräte zu finden. Letzteres ist beim Kauf teurer Industrielösungen eher vorhanden. Zudem begibt man sich mit den Gerätschaften zumindest teilweise, da länderspezifisch, in rechtlich unklare Bereiche (Datenspeicherung, Kameras etc.).
- Eine kleine manuelle Produktion sollte sinnvoll automatisiert und digitalisiert werden. Die Analyse und Optimierung der Prozesse ist dafür eine Voraussetzung. Es wird dann nur genau so viel digitalisiert, wie es gewinnbringend ist. Der äußeren Welt kann eine Web- oder eine M2M-Schnittstelle angeboten werden, die den Betrieb aus Sicht der Kunden und / oder Lieferanten als digitalisiert erscheinen lässt.
- Auch für eine kleine manuelle Produktion ist der Einsatz von verschiedenen Werkzeugen der IKT von Vorteil: Datenbanken, Identifikationsverfahren (z. B. QR-Codes, RFID, etc.), Schnittstellen zur internen und zur externen Welt, Online Bibliotheken und Dokumentenablagen, etc.
- Das Entstehen und das Weiterentwickeln eines digitalen Zwillings mit dem Zweck der Optimierung des Betriebs, Reduktion von Durchlaufzeiten, Erhöhung von Qualität und Vernetzung, ist aus heutiger Sicht nicht nur sinnvoll, sondern zwingend und muss von jedem KMU de facto angegangen und in seiner zukünftigen Entwicklung verfolgt werden.
- Die Vernetzung von existierenden Maschinen (in diesem Kontext oft auch als Retrofit bezeichnet) kann in sehr unterschiedlichen Weisen realisiert werden. Entscheidend ist die Definition der Daten, die tatsächlich notwendig sind, und die Auswahl einer Lösung, die kostengünstig und schnell zum Erfolg führt. Da der Markt im Moment viele Möglichkeiten bietet, sollten die IT-Mitarbeitenden des KMU definieren, welcher Baukasten eingesetzt werden soll. Eine Modularisierung der Software und damit eine Wiederverwendbarkeit von Codes sind von Vorteil.
- Visualisierungstools generieren Kundennutzen
- Benutzerfreundlichkeit des Systems ist erfolgsentscheidend
- Datenhandling gewinnt an Bedeutung
- Datenhoheit und Rechte sind neue Aspekte
- Frühe Kundeneinbindung als Chance für KMU
- Bestehende mobile Endgeräte sind verfügbar

Handlungsempfehlungen für KMU

- Kundenwünsche in Echtzeit darstellen
- Auf Standardlösungen am Markt zurückgreifen
- Datensituation im eigenen Umfeld betrachten
- Datensicherheit gewährleisten
- Thema in die Unternehmensstrategie einbetten
- Hardwareentwicklung muss nicht selbst geleistet werden
- Optimierung von Datenflüssen, Materialflüssen und Prozessen mittels Methoden des Lean Management anstreben: zuerst Lean und dann Digitalisierung
- Passenden und zweckmäßigen Grad an Digitalisierung für das KMU wählen
- Retrofitting von existierenden Maschinen abwägen und mit zweckmäßigen Mitteln realisieren. Eine Daten- und Prozessanalyse muss vorangehen.

Wissenstransfer in der Werkstatt4 (Rhysearch)

Autorin: Bärbel Selm (Rhysearch)

Die digitale Transformation der Produktionsbetriebe und deren Wertschöpfungsnetzwerke rückte immer stärker in den Fokus. Die frühzeitige Sensibilisierung der Nutzergruppen für moderne Lösungen und Systeme ist entscheidend, um sie bei Entwicklung und Simulation analoger Systeme in ihren Betrieben unterstützen zu können.

Der Projektpartner RhySearch überführt die in i4Production gesammelten Erkenntnisse in die Modellwerkstatt „Werkstatt4“, die regionalen Unternehmen und den angegliederten Kooperationspartnern als moderne Fertigungsorganisation dienen soll - mit vernetzten Maschinen, digital identifizierten Werkstücken und intelligenter Steuerung.

2017 wurde an der NTB Buchs das RhySearch-Labor für die Präzisionsfertigung baulich so eingerichtet, dass es die Anforderungen zum Betrieb einer Ultrapräzisionsdrehmaschine erfüllt. RhySearch beschaffte aus eigenen Investitionsmitteln eine solche Spezialmaschine für Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten mit Unternehmen. Mit der Installation der Ultrapräzisionsdrehmaschine erhielt die Werkstatt4 eine der modernsten CNC-Fertigungsmaschinen und ist so in der Lage, Teile höchster Präzision herzustellen. Die Inhalte der Real-Life-CNC-Fertigung der Werkstatt4 wurden analog der im Projekt erarbeiteten Modellfabrik umgesetzt.

So wurden die Konzepte der i4Production-Demo-fabrik sukzessive in dieser CNC Modellfertigung umgesetzt. Für RhySearch steht neben der hochpräzisen Fertigung die Automatisierung der Ultrapräzisionsmaschine im Fokus, um den Einfluss des Menschen auf die Werkstückwechsel zu reduzieren und damit die Prozesssicherheit zu erhöhen. Die Ultrapräzisionsdrehmaschine wurde für automatisierten Werkstückwechsel mit einem kollaborativen Roboterarm kombiniert, um den mann-losen Schichtbetrieb und damit einen effizienten Betrieb zu fördern.

Ein wichtiger Bereich zukünftiger Zusammenarbeit ist die «Machine-to-Machine-Kommunikation» (M2M). Das Projekt i4Production zeigt dazu einen ersten Lösungsansatz auf: die automatische Bestellung. Das Backend (siehe Kapitel Projektumsetzung an der NTB Buchs) steht zur Weiterverwendung in der Werkstatt4 zur Verfügung und soll, mit dem zugehörigen Konfigurator verbunden, als Vorlage für die Zusammenarbeit im Unternehmensnetzwerk dienen.

Neben den reinen Maschinendaten muss eine Übersicht über die Art der Daten, die Kommunikationsstrukturen (der Anlagen), der Funktionsebenen und der anvisierten Datennutzung erstellt werden. Auch Speicherort sowie die Sicherheit (safety and security)

werden dabei berücksichtigt. Die Zusammenstellung wird die modernen Schnittstellen auflisten und funktionierende Beispiele aufzeigen. Auch generelle Fragestellungen wie die Sicherstellung der Arbeitssicherheit bei Einsatz kollaborativer Roboter oder der Nutzung einer Blockchain in einer automatischen Fertigung werden zukünftig behandelt.

Speziell um verständlich zu machen, wie die Blockchain-Technologie für die fertige Industrie anzuwenden ist, wie das Modell einer Blockchain aussehen könnte, um Präzisionsteile grenzübergreifend zu fertigen und den digitalen Zwilling via Blockchain sowohl effizient über die Wertschöpfungskette hinweg als auch buchhalterisch über Zollgrenzen hinweg abzuwickeln, wurden Anleitungen erarbeitet.

Mit dem Projekt i4Production wurde die regionale Vernetzung der Partner mit relevanten Stakeholdern aus Wirtschaft Wissenschaft und Politik, insbesondere mit denen aus dem IBH-Verbund sowie mit den im Projekt KMUdigital mitwirkenden Unternehmen und Hochschulen, im Bodenseeraum gestärkt.

Mit der Werkstatt4 wird KMU aus der Bodenseeregion nun eine Plattform zum Lernen und Weiterentwickeln geboten. Sie erhalten neben dem Zugang zu einer Testumgebung, Handlungsempfehlungen zum Vorgehen bei eigenen Digitalisierungsprojekten. Die Hürde zur Umsetzung von Digitalisierungsprojekten wird so gesenkt.

Die Website www.werkstatt4.ch stellt der wissenschaftlichen und wirtschaftlichen Community eine Netzwerkplattform mit seinem Business-Eco-System sowie den erarbeiteten Projektergebnissen sukzessive zur Verfügung und fördert die Weiterentwicklung der erarbeiteten Resultate. Die in den Produktionsprozessen der Wertschöpfungskette generierten Informationen werden dort gebündelt und sind für alle beteiligten Unternehmen einsehbar. Für interessierte Personen wurde ein Glossar zu Begriffen der Digitalisierung erarbeitet und eine Anleitung zum „Einstieg in die Digitalisierung“ verfasst und veröffentlicht.

www.werkstatt4.ch

WERKSTATT4



Impressum

An diesem Projekt beteiligte Hochschulen:

- Hochschule Konstanz Technik, Wirtschaft und Gestaltung (HTWG)
- Fachhochschule Vorarlberg (FHV)
- NTB Interstaatliche Hochschule für Technik Buchs (NTB)*
- Rhysearch - Forschungs- und Innovationszentrum Rheintal

**seit 09.2020 neue Bezeichnung: OST – Ostschweizer Fachhochschule*

Herausgeber:

Hochschule Konstanz Technik, Wirtschaft und Gestaltung (HTWG)

Redaktion:

Prof. Dr. Marcus Kurth, Prof. Dr. Carsten Schleyer (HTWG Konstanz)
Prof. (FH) Dr.-Ing. Jens Schumacher, Martin Dobler (Fachhochschule Vorarlberg)
Prof. Dr. Jürgen Prenzler, Prof. Guido Piai, Markus Wüst (NTB Buchs)
Bärbel Selm (Rhysearch)

Konzeption und Gestaltung:

Sibylle Koch, Lena Felsen, Lea Benz (Bodenseezentrum Innovation 4.0 | HTWG Konstanz)

Förderung:

Das Projekt IBH-Lab KMUdigital ABH 45 «i4Production» wird aus Mitteln des Interreg-Programms «Alpenrhein-Bodensee-Hochrhein», dessen Mittel vom Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) und vom Schweizer Bund zur Verfügung gestellt werden, gefördert.

IBH-Lab KMUdigital
i4Production

Hochschule Konstanz Technik, Wirtschaft und Gestaltung

Modellfabrik Bodensee
Alfred-Wachtel-Straße 8
78462 Konstanz, Deutschland
www.htwg-konstanz.de

Fachhochschule Vorarlberg

Forschungszentrum Business Informatics
Hochschulstraße 1
6850 Dornbirn, Österreich
www.fhv.at

NTB Interstaatliche Hochschule Buchs*

Institut für Entwicklung Mechatronischer Systeme (EMS)
Institut für Elektronik, Sensorik und Aktorik (ESA)
Werdenbergstraße 4
9470 Buchs, Schweiz
www.ntb.ch

RhySearch

Forschungs- und Innovationszentrum Rheintal
Werdenbergstraße 4
9471 Buchs, Schweiz
www.rhysearch.ch

**seit 09.2020 neue Bezeichnung: OST – Ostschweizer Fachhochschule*

www.kmu-digital.eu

www.bodenseehochschule.org

