

GEFÖRDERT VOM

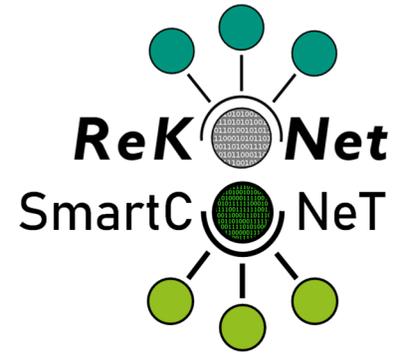


Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

BETREUT VOM



PTKA
Projektträger Karlsruhe
Karlsruher Institut für Technologie



Erfolgreiche Kollaboration in Produktionsnetzwerken

fair, sicher, vernetzt



Impressum

Herausgeberin

Prof. Dr.-Ing. Gisela Lanza
wbk Institut für Produktionstechnik
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Redaktion, Design & Layout

Rainer Silbernagel
wbk Institut für Produktionstechnik
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Erscheinungsjahr

2022

Inhaltliche Beiträge

Siehe Autorenverzeichnis

Copyright

Konsortialpartner der Projekte
ReKoNeT und SmartCoNeT
© CC-BY-SA

Konsortialleitung

Johannes Linzbach, Björn Sautter
Festo SE & Co. KG

Druck

Druckerei Berenz
Waldstraße 8, 76133 Karlsruhe

Grafiken

Nach Autorenverzeichnis

Bildnachweise

Adobe Stock, Fotolia

Piktogramme:

<https://www.flaticon.com/>

@Freepik

@Eucalyp

DOI: 10.5445/IR/1000143395

Die diesem Bericht zugrundeliegenden Arbeiten wurden mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) im Programm „Innovationen für die Produktion, Dienstleistung und Arbeit von morgen“ mit den Förderkennzeichen 02P17D040 bis 02P17D050 gefördert und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut.

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

GEFÖRDERT VOM



Vorwort

In der heutigen Zeit stehen produzierende Unternehmen aufgrund der Unsicherheit und Komplexität von Umwelteinflüssen sowie des wachsenden Wettbewerbsdrucks vielen Herausforderungen gegenüber. Die Pandemie hat uns deutlich veranschaulicht, wie volatil und fragil unsere Lieferketten geworden sind. Eine Möglichkeit, diese Herausforderungen gemeinsam zu überwinden, liegt in der Kollaboration mit anderen Unternehmen des Wertschöpfungsnetzwerkes.

Kollaborationen, also die erfolgreiche Zusammenarbeit mit strategischen Partnern und Kunden zur Erreichung gemeinsamer Ziele, werden weiter an Bedeutung gewinnen. Anstatt einzelner Unternehmen werden zukünftig daher ganze Wertschöpfungsketten und -netzwerke im Wettbewerb zueinanderstehen. Das bedingt einen Wandel hin zu einem schnellen und nahtlosen Datenaustausch zwischen den Akteuren im Wertschöpfungsnetzwerk.

Die fortschreitende Digitalisierung und damit eine allgemein immer stärker vernetzte Welt unterstützen derartige Kollaborationen zunehmend, da das Teilen und die gemeinschaftliche Nutzung von Daten deutlich vereinfacht werden. Gleichzeitig wird der richtige Umgang mit Daten wettbewerbsentscheidend sein. Die Digitalisierung wird vom Wandlungstreiber zum Wandlungsbefähiger. Durch innovative Geschäftsmodelle und das Ausschöpfen des in Daten verborgenen Potenzials lässt sich eine verlässliche, flexible und gleichzeitig ressourcenschonende Wertschöpfung verwirklichen. Der Wirtschafts- und Wissenschaftsstandort Deutschland muss hier eine Führungsrolle einnehmen, um langfristig den heutigen Wohlstand zu erhalten.

Die Menge an vorhandenen, cloudbasierten Kollaborationsplattformen wächst dabei stetig.

Insbesondere kleine und mittlere Unternehmen müssen viele verschiedene Kundenplattformen gleichzeitig bedienen, während sie selbst noch mit internen Digitalisierungsherausforderungen kämpfen. Standardisierungsinitiativen für sichere Datenräume in der Industrie, wie GAIA-X, bergen deshalb ein großes Potenzial.

Zusätzlich zu diesen grundlegenden infrastrukturellen Fragestellungen bestehen weitere Herausforderungen bezüglich Kollaborationsvorhaben. Eine besonders große Bedeutung wird dabei dem souveränen Umgang mit Datenschutz und Datensicherheit zu Teil. Oftmals bestehen Vorbehalte, dass durch die Preisgabe von Daten und Informationen mühsam erarbeitetes Know-how und kontinuierlich aufgebaute Wettbewerbsvorteile verloren gehen. Gleichzeitig können Anwender:innen aus einem ingenieurwissenschaftlichen Umfeld die Risiken digitaler Kollaboration jedoch nur bedingt einschätzen. Um die eigene Wettbewerbsposition nachhaltig zu sichern müssen deshalb digitale Kompetenzen aufgebaut und Kollaborationshemmnisse überwunden werden.

Einen wichtigen Impuls zur Umsetzung erfolgreicher Kollaborationsvorhaben können Erfolgsgeschichten und klare Handlungsempfehlungen geben, die aufzeigen, wie Kollaborationen in der Praxis konkret angegangen werden können und welcher Mehrwert aus ihnen erwächst. Deshalb möchten wir mit dem vorliegenden Handlungsleitfaden produzierenden Unternehmen eine solche Orientierungshilfe geben. Die nachfolgend erläuterten Kollaborationsprojekte und abgeleiteten Best Practices sollen helfen eigene Strategien auf dem Weg zu mehr Kollaboration zu finden. Wir wünschen Ihnen viel Freude beim Lesen und stehen Ihnen für Fragen und Diskussionen jederzeit zur Verfügung.



Prof. Dr.-Ing. Gisela Lanza

wbk Institut für Produktionstechnik

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Prof. Dr. Christof Weinhardt

Institut für Informationswirtschaft und Marketing (IISM)

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Inhalt

Impressum	2
Vorwort	3
Inhalt	4
Grußwort des Projektträgers.....	5
Einführung in die Welt der Kollaboration	7
Vorgehen zur Umsetzung von Kollaboration in Wertschöpfungsnetzwerken	9
Kollaborationsvorhaben im Handlungsleitfaden	11
Kollaboratives Kapazitätsmanagement.....	13
Kollaborative Qualitätsregelung	19
Kollaborative Entwicklung digitaler Geschäftsmodelle	25
Intelligente Logistik durch kollaborativen Datenaustausch	31
Kollaborative Fertigung personalisierter Sportbekleidung.....	37
Best Practices – Was macht erfolgreiche Kollaboration aus?	42
Best Practices – Kollaborationschampions lieben diese einfachen Tricks	43
Die Kollaborationsvision ist der erste Schritt.....	44
Modelle für Kollaboration schaffen Struktur und helfen bei der Kommunikation.....	45
Diese Standards sind ein Must-Have für die Kollaboration.....	46
Kollaborationshindernisse rechtzeitig identifizieren	47
Vertrauensprobleme können gelöst werden	48
Datensicherheit - Dein steter Begleiter	49
Datenschutz ist kein Hindernis für erfolgreiche Kollaborationsvorhaben	50
Geschäftsgeheimnisschutz als nichtfunktionale Anforderung.....	51
Trends und Technologien für den Unternehmenserfolg!.....	52
Wir machen das mit der Cloud!.....	53
Künstliche Intelligenz und die Rolle des Domänenwissens	54
Fazit und Ausblick.....	55
Projektpartner	56
Literatur	58
Autorenverzeichnis	59

Grußwort des Projektträgers

Ein zunehmender Anteil der Wertschöpfung der deutschen produzierenden Industrie findet verteilt in Produktionsnetzwerken statt. Parallel dazu steigen die Anforderungen an die Qualität der erstellten Produkte. Die Lieferzeiten und Reaktionen auf Änderungswünsche der Kunden verkürzen sich immer mehr. Um die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Unternehmen zu sichern, ist daher eine stärkere Kollaboration zwischen den Partnern in ihren Lieferbeziehungen erforderlich. Der Einsatz digitaler Technologien bietet hierfür große Potenziale. Es fehlte bisher jedoch eine ganzheitliche Vorgehensweise, um diese zur Kollaboration in Netzwerken zu nutzen. Bislang konnten durch den Einsatz digitaler Technologien nur lokal verfügbare Daten zielgerichtet und sicher ausgetauscht werden.

Ziel des Forschungsprojekts ReKoNeT war es, Methoden, prototypische Softwarelösungen und Geschäftsmodelle zu entwickeln, durch die eine intensivere Kollaboration in Produktionsnetzwerken gefördert wird. Diese können nun zur Steigerung der Qualität, Lieferfähigkeit und Flexibilität in den Lieferbeziehungen genutzt werden. Die Arbeiten erfolgten am Beispiel von drei Anwendungsfällen des Maschinen- und Anlagenbaus bzw. der Automobilzulieferindustrie. Hier wurden die Methoden zur Kollaboration bei hoher

Variantenvielfalt und kurzen Lieferzeiten, standortübergreifenden Qualitätsregelkreisen für eine netzwerkübergreifende Bauteilpaarung sowie für die Entwicklung digitaler Geschäftsmodelle betrachtet.

Anhand der betrachteten Anwendungsfälle wurde im Projekt gezeigt, wie durch intensiven Datenaustausch und intelligente Analyseverfahren in Kollaboration die Qualität der erstellten Produkte verbessert, Lieferzeiten verkürzt und auf dynamische Auftragsänderungen flexibel reagiert werden kann. Die Methoden konnten im Rahmen des EUREKA SMART Clusterprogrammes für moderne Produktion mit internationalen Partnern aus Spanien und Südkorea auf weitere Branchen, wie die Konsumgüterindustrie, und insbesondere auf Wachstumsmärkte in Asien übertragen werden.

Die Partner in diesem Verbundprojekt wurden im Programm „Innovationen für die Produktion, Dienstleistung und Arbeit von morgen“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert. Allen sei an dieser Stelle gedankt, die mit ihrem Wissen, Engagement und ihren Erfahrungen an dieser richtungsweisenden Forschungs- und Entwicklungsarbeit mitgewirkt haben.

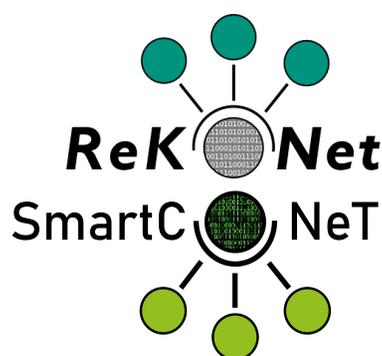
Projektträger Karlsruhe (PTKA)

Produktion, Dienstleistung und Arbeit

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Stefan Scherr

März 2022



BETREUT VOM



PTKA
Projektträger Karlsruhe
Karlsruher Institut für Technologie



Einführung in die Welt der Kollaboration

Wettbewerb findet heutzutage nicht mehr nur zwischen Unternehmen, sondern oft auch zwischen ganzen Wertschöpfungsnetzwerken statt [1, 2]. Um sich als Wertschöpfungsnetzwerk wettbewerbsfähig zu positionieren, ist die Kollaboration aller Netzwerkpartner zur Erreichung eines gemeinsamen, übergeordneten Zieles notwendig [1]. Durch die scheinbar grenzenlosen Möglichkeiten im Informationsaustausch rücken Unternehmen näher zusammen. Die fortschreitende Digitalisierung dient dabei als maßgeblicher Befähiger datenbasierter Kollaborationsprojekte [3]. Gleichzeitig gibt es zahlreiche Herausforderungen bei der Umsetzung solcher Projekte, denen ein gewisses Augenmerk gelten sollte [1, 4].

Anforderungen an Interoperabilität, Datenschutz und Datensicherheit, die sich aus einem unternehmensübergreifenden Datenaustausch ergeben, stellen Unternehmen vor große Hürden. Die Herausforderungen sind jedoch nicht allein technologischer Natur. Besonders hervorzuheben ist die Herausforderung, den resultierenden Kollaborationsgewinn entsprechend der geleisteten Beiträge der Partner fair aufzuteilen. Der vorliegende Handlungsleitfaden soll Unternehmen dabei unterstützen, diese Herausforderungen zu überwinden, um eine faire, sichere und vernetzte Kollaboration erfolgreich umzusetzen.

Um in die Welt der Kollaboration einzuführen, wird im Weiteren ein gemeinsames Verständnis von Kollaboration geschaffen und dargelegt, welche Arten und Formen der Kollaboration möglich sind. Zudem werden Mehrwerte und neue Geschäftsmodelle beschrieben, die sich aus einer Kollaboration ergeben, sowie die Hindernisse, denen sie gegenüberstehen.

Kollaboration - ein Paradigmenwechsel

Kollaboration ermöglicht z. B. die Koordination des Material- und Informationsflusses im gesamten Wertschöpfungsnetzwerk durch die gemeinsame Nutzung von Wissen und Ressourcen von Lieferanten und Kunden. Eine effektive Kollaboration ist deshalb für produzierende Unternehmen unerlässlich. [5]

Aber was bedeutet Kollaboration eigentlich? Die Literatur findet hierfür viele verschiedene Definitionen [6, 7]. Zusammenfassend trifft es die nachfolgende Definition wohl am besten:

Kollaboration ist eine zeitlich begrenzte, verhandelte Partnerschaft zwischen zwei oder mehr unabhängigen Parteien zur Erreichung gemeinsamer Ziele durch eine kollektive Nutzung von Ressourcen und Informationen [8, 9].

Besonders hervorzuheben ist, dass es sich um eine Partnerschaft unabhängiger Parteien handelt. Um dies zu konkretisieren, zeigt Abbildung 1, welche Formen der Kollaboration existieren und wie sie sich von anderen Formen der Zusammenarbeit abgrenzen [10, 11]

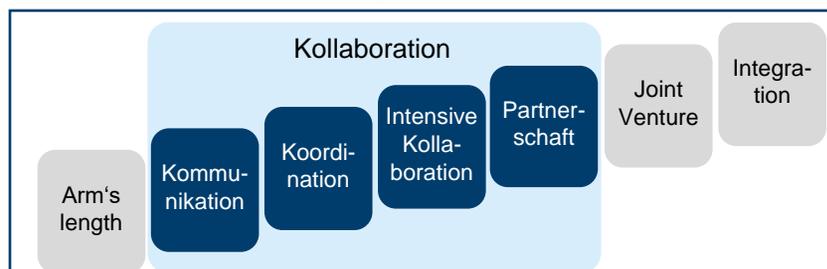


Abbildung 1: Kollaboration nach Intensität der Zusammenarbeit (in Anlehnung an [10, 11])

Als Partnerschaft mehrerer Parteien zur Verfolgung eines gemeinsamen Zieles grenzt sich eine Kollaboration stark von klassischen, rein transaktionalen Geschäftsbeziehungen (Arm's length-Beziehungen) ab, bei welchen die einzelnen Parteien nur sehr wenig interagieren und ausschließlich auf die direkten, eigenen Ziele und Vorteile bedacht sind. Joint Ventures und die Integration gehen hingegen über eine Kollaboration hinaus, da die Zusammenarbeit zum Teil oder auch komplett auf gemeinschaftlichem Eigentum beruht und die Parteien rechtlich somit nicht mehr unabhängig voneinander sind. [11]

Die erste Stufe der Kollaboration ist die (intensive) Kommunikation, welche sich durch das Teilen von Informationen z. B. zur gemeinsamen Produktivitätssteigerung auszeichnet [10]. Synchronisieren die beiden Akteure ihre Produktionsprozesse und Entscheidungen, wird von Koordination gesprochen. Die dritte Stufe ist die intensive Kollaboration, bei der die Akteure vermehrt gemeinsam über strategische Fragen entscheiden. Die letzte Stufe der Kollaboration ist die Partnerschaft. Die Partner sind finanziell eng verbunden und teilen Gewinne und Verluste. Ziel kann es hier z. B. sein, Entwicklungszeiten zu reduzieren und möglichst viel Wissen zu teilen. [10]

Eine weitere Art der Charakterisierung einer Kollaboration ist die Unterscheidung in die horizontale und vertikale Kollaboration (vgl. Abbildung 2) [12].

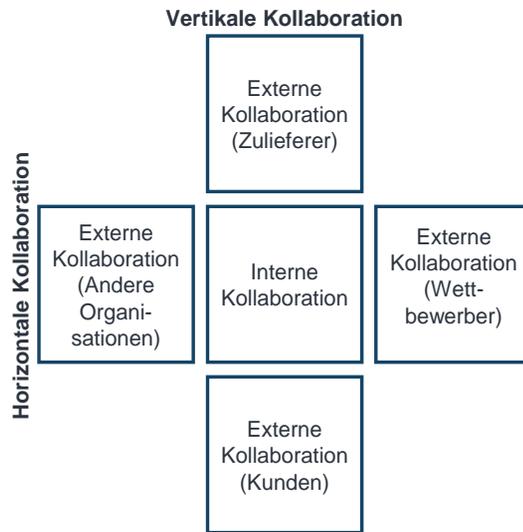


Abbildung 2: Vertikale und horizontale Kollaboration (in Anlehnung an [12])

Als *vertikal* wird die Kollaboration mit vor- oder nachgelagerten Akteuren der Wertschöpfungskette bezeichnet [12]. Während sich die Partner wie in einer klassischen Geschäftsbeziehung auf Ihre Kernkompetenzen im Wertschöpfungsprozess konzentrieren, können in einer Kollaboration gleichzeitig gemeinsame Services angeboten oder durch den Austausch von Mess- und Prozessdaten die Produktqualität gesteigert werden [6, 13–17].

Die horizontale Kollaboration hingegen bezeichnet die Zusammenarbeit mit Akteuren auf der gleichen Stufe der Wertschöpfungskette, d.h. mit Wettbewerbern oder anderen Organisationen [12]. Durch eine horizontale Kollaboration kann die Position kleinerer Unternehmen gegenüber großen Konkurrenten, Lieferanten oder Kunden verbessert werden [18]. Konkret können sich horizontal

kollaborierende Unternehmen beispielsweise Fertigungs- oder Entwicklungsressourcen teilen [12]. Auch die Kollaboration mit unabhängigen Dritten wie z. B. Versicherungen und Start-Ups können dieser Form der Kollaboration zugeordnet werden.

Alles schön und gut, aber was bringt so eine Kollaboration überhaupt?

Die Umsetzung einer Kollaboration zwischen Unternehmen verfolgt immer das Ziel, einen Kollaborationsvorteil zu realisieren. Kollaborationsvorteile sind unternehmensübergreifend und existieren nur durch die Beziehung zwischen den Kollaborationspartnern [7]. In empirischen Studien wurde gezeigt, dass Kollaboration sich vorteilhaft auf Prozesseffizienz, Angebotsflexibilität, Wettbewerbsfähigkeit, Qualität und Innovation auswirkt [7]. Das bekannteste Beispiel für eine erfolgreiche Kollaboration dürfte die Reduzierung des Bull-Whip-Effektes durch ein kollaboratives Auftragsmanagement sein. Doch Kollaborationsvorteile gehen weit darüber hinaus. Durch eine Kollaboration mit einem Versicherungsunternehmen lassen sich beispielsweise komplett neue Geschäftsmodelle wie Pay-Per-Part- oder Maschinen-Leasing-Verträge realisieren [3, 18].

Trotz dieser positiven Effekte gibt es eine Vielzahl verschiedener Hemmnisse und Risiken, die eine erfolgreiche Umsetzung der Kollaborationsvorhaben in der Praxis oft verhindern (vgl. Abbildung 3) [11, 18, 19]. Projekte scheitern beispielsweise schon vor dem eigentlichen Start aus Angst, Daten preiszugeben und der Unsicherheit oder vielmehr dem Unwissen, wem die Daten gehören.

Es fehlen konkrete Handlungsempfehlungen, welche die Anwender:innen auf dem Weg zur Kollaboration begleiten [20]. Der vorliegende Leitfaden soll diese Lücke schließen.



Abbildung 3: Kollaborationshemmnisse und Risiken (in Anlehnung an [11, 18, 19])

Vorgehen zur Umsetzung von Kollaboration in Wertschöpfungsnetzwerken

Entsprechend der erwähnten vielfältigen Kollaborationsmöglichkeiten und -vorteile gibt es auch eine Vielzahl von möglichen Kollaborationsprojekten. Dies wird auch im weiteren Verlauf des Leitfadens anhand der dargestellten Use-Cases verdeutlicht. Die meisten Projekte zur Umsetzung datenbasierter Kollaboration in Wertschöpfungsnetzwerken lassen sich, trotz ihrer Heterogenität hinsichtlich des Kontextes und der Zielsetzung der Zusammenarbeit, auf drei grundlegende Phasen vereinheitlichen (vgl. Abbildung 4): Konzeptphase, Konkretisierungsphase und Implementierungsphase.

Die Phasen sind jedoch keinesfalls sequenziell zu verstehen. Vielmehr empfiehlt es sich, Projekte, insbesondere solche mit einem hohen Anteil an Softwareentwicklung, agil zu gestalten und ab einem gewissen Planungsreife-grad kontinuierlich einzelne funktionsfähige Inkremente zu implementieren, zu validieren und anzupassen. Beim iterativen Durchlaufen des Vorgehens wird somit der Ergebnisraum immer weiter eingeschränkt, sodass am Ende eine Lösung für die Umsetzung einer erfolgreichen Kollaboration erarbeitet wird.

Initiierung der Kollaboration

Initial startet die Kollaboration mit den Ideen zur Kollaboration und der Auswahl geeigneter und erforderlicher Partner. Als geeignete Kollaborationspartner bieten sich an erster Stelle Unternehmen an, zu welchen bereits langfristige Liefer- bzw. Geschäftsbeziehungen bestehen. Die Zusammenarbeit mit bisher

unbekannten Unternehmen (insbesondere Start-Ups) sollte jedoch nicht von vornherein ausgeschlossen werden und kann gerade bei innovativen Projekten, wie der Einführung neuer Geschäftsmodelle entscheidend sein.

Die Erfahrung hat gezeigt, dass besonders kleine und mittlere Unternehmen (KMUs) bereit sind, tiefere Kunden-Lieferanten-Beziehungen einzugehen

Konzeptphase

Wurde die gemeinsame Entscheidung zur Umsetzung eines Kollaborationsprojektes getroffen, sollten in der Konzeptphase die formalen Grundlagen zur Projektierung der Kollaboration (Zusammenarbeitsmodelle, NDAs, etc.) geschaffen und gemeinsame Ziele formuliert werden. Die Ziele können beispielsweise durch eine **Kollaborationsvision** (vgl. S. 44) formuliert werden. Diese stellt eine zunächst abstrakte Lösung der gemeinsamen Problemstellung dar und dient der kontinuierlichen Synchronisierung des Zielverständnisses zwischen den Partnern.

Begleitet werden sollte ein Kollaborationsprojekt von einem funktions- und unternehmensübergreifenden Projektteam. Interdisziplinäre Expertenteams konkretisieren dabei die Kollaborationsvision innerhalb ihres Fachgebiets. Sie entwickeln Lösungen und ermöglichen den Zugang zu einem heterogenen Wissensbestand. Aufbauend auf der



Kollaborationsvision können spezifische Lösungen vorgeschlagen und ausgearbeitet werden.

Konkretisierungsphase

In der darauffolgenden Konkretisierungsphase werden die für die Kollaboration innerhalb des Wertschöpfungsnetzwerkes relevanten Aspekte analysiert und formalisiert. Das zentrale Element der Konkretisierungsphase ist das **Systemmodell** (vgl. S. 45). In diesem werden die Ideen der Kollaborationsvision fortlaufend konkretisiert. Das Systemmodell dient zugleich als Planungs- und als Kommunikationswerkzeug zwischen den Partnern. Es visualisiert beispielsweise die Material-, Informations- und Finanzflüsse zwischen den beteiligten Partnern und stellt die Wirkzusammenhänge dar. In dieser Phase gilt es ebenfalls, mögliche **Kollaborationshemmnisse** (vgl. S. 46f) systematisch zu identifizieren und Lösungen für deren Überwindung zu entwickeln.

Implementierungsphase

In der Implementierungsphase werden die konkretisierten Konzepte schließlich umgesetzt. Bei der Umsetzung spielt die Wahl der richtigen **Technologien** (vgl. S. 52ff) eine besonders wichtige Rolle, da viele Prozesse mithilfe moderner IT-Technologien und IIoT-Lösungen (Industrial Internet of Things)

unterstützt oder erst ermöglicht werden. Dabei gilt es auch, entsprechende **Standards und Referenzarchitekturen** (vgl. S. 46) zu berücksichtigen. Da bei einer Kollaboration zwischen Partnern unterschiedlicher Unternehmen zwangsläufig Daten über die Unternehmensgrenzen hinweg ausgetauscht werden, stellen **Datensicherheit** (vgl. S. 49) und **Datenschutz** (vgl. S. 50f) oft enorme Hürden für eine Kollaboration dar. Für den Erfolg eines Projektes ist es deswegen entscheidend, rechtzeitig die entsprechenden Experten der jeweiligen Partner einzubinden und konkrete Vereinbarungen zu treffen.

Um eine erfolgreiche Kollaboration zu realisieren, müssen viele verschiedene Aspekte berücksichtigt werden, die in der Konzept- und Konkretisierungsphase geplant und entwickelt und in der Implementierungsphase umgesetzt und validiert werden. Zur Unterstützung des Vorgehens stehen zahlreiche Hilfsmittel zur Verfügung, welche in einem **GitHub-Projekt** bereitgestellt und detailliert erläutert werden.

In den folgenden Kapiteln werden beispielhafte Kollaborationsprojekte vorgestellt, die im Rahmen der öffentlich geförderten Verbundprojekte ReKoNeT und SmartCoNeT bearbeitet wurden. Anhand dieser Projekte wurden Best Practices identifiziert, die bei der Umsetzung eigener Kollaborationsprojekte genutzt werden können.



Kollaborationsvorhaben im Handlungsleitfaden

Als Grundlage des Handlungsleitfadens dienen die Ergebnisse des Projektes „**ReKoNeT** - Datenbasierte Regelung kollaborativer Wertschöpfungsnetzwerke mittels geschützter Transparenz“ und des internationalen Schwesterprojektes „**SmartCoNeT** - Smart Control of Customer-Based Collaborative Manufacturing Networks with Secured Transparency“.

In ReKoNeT haben 8 Industrieunternehmen und 2 Institute zusammengearbeitet, um anhand von Industriebeispielen die Umsetzung von Kollaborationen in dynamischen Wertschöpfungsnetzwerken zu testen, und um entsprechende organisatorische und informationstechnische Leitlinien bzw. generelle Handlungsempfehlungen für die Umsetzung solcher Kollaborationen auszuarbeiten. Das Projekt ReKoNeT ist eines von insgesamt 11 Verbundvorhaben der Fördermaßnahme „Industrie 4.0 - Kollaborationen in dynamischen Wertschöpfungsnetzwerken (InKoWe)“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF). Die Fördermaßnahme ist Teil des Forschungsprogramms „Innovationen für die Produktion, Dienstleistung und Arbeit von morgen“.

In SmartCoNeT haben Teile des ReKoNeT-Konsortiums im Rahmen des EUREKA SMART Clusterprogrammes für moderne Produktion mit internationalen Partnern aus Spanien und Südkorea zusammengearbeitet, um die Erkenntnisse zur Umsetzung von kundenbasierten kollaborativen Produktionsnetz-

werken gemeinsam in weiteren Industriekontexten zu validieren.

Als Beispiele für die Umsetzung von Kollaborationen in Wertschöpfungsnetzwerken werden nachfolgend drei industrielle Anwendungsfälle aus dem Projekt ReKoNeT dargestellt – ergänzt um zwei Anwendungsfälle aus dem verbundenen, internationalen Projekt SmartCoNeT.

Die fünf beschriebenen Anwendungsfälle sind ein Querschnitt durch das große Spektrum möglicher Kollaborationsvorhaben in den verschiedenen Industriesektoren (von Textilindustrie bis Maschinenbau) mit unterschiedlichen Kollaborationsvisionen und Zielsetzungen der einzelnen Partner (von Beschleunigung von Produktionsprozessen bis zur Erschließung neuer Geschäftsfelder). Abbildung 5 stellt die Konsortien dar und zeigt, wie sich die Anwendungsfälle in Art und Richtung unterscheiden.

In allen Anwendungsfällen wurden – bei allen inhaltlichen und technischen Unterschieden der jeweiligen Fragestellungen im Detail – gemeinsam die drei Phasen des zuvor beschriebenen, integrierten Vorgehens umgesetzt und validiert. Entsprechend ist die nachfolgende Beschreibung der Anwendungsfälle nach den drei Phasen strukturiert (Konzept, Konkretisierung, Implementierung). Zum Abschluss werden die Erkenntnisse aus den fünf Anwendungsfällen in „Best Practices“ für die Umsetzung von Kollaborationen in Wertschöpfungsnetzwerken zusammengefasst.

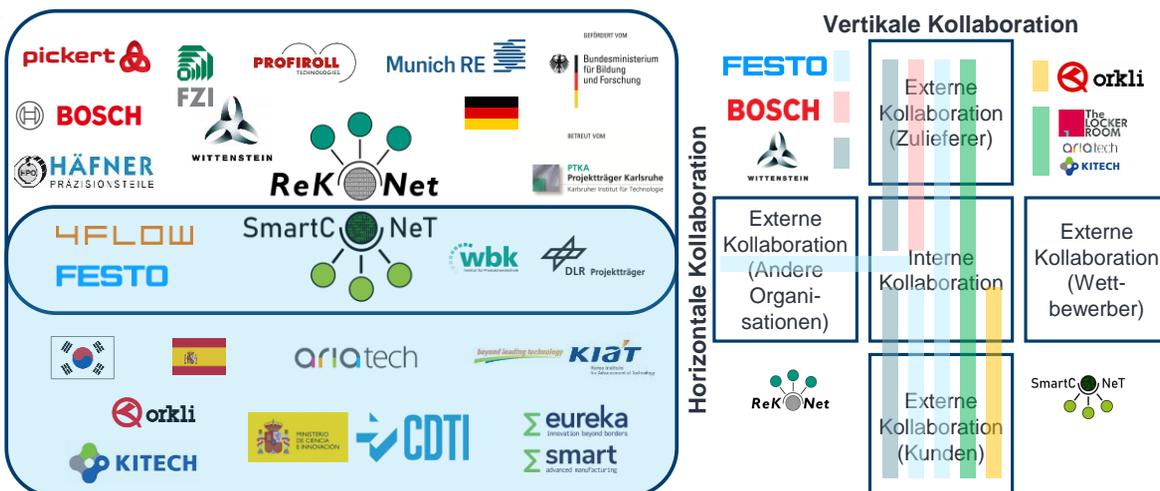
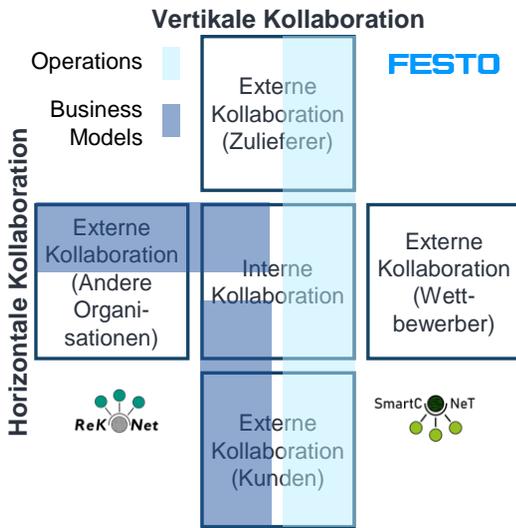


Abbildung 5: Partner des ReKoNeT/SmartCoNeT-Konsortiums und Einordnung in Kollaborationsmatrix



Kollaboratives Kapazitätsmanagement

Anwendung bei der Festo SE & Co. KG



Einführung in den Anwendungsfall

Festo betreibt ein globales Produktionsnetzwerk mit 11 Global Production Centers (GPCs), um die Versorgung der Kunden weltweit sicherzustellen. Im Wertschöpfungsnetzwerk von Festo (vgl. Abbildung 6) entwickeln Leitwerke die Produktionstechnologien für definierte Produktgruppen. Das Wissen über die Prozesse wird bei Bedarf in andere Werke im Verbund transferiert.

Innerhalb dieses Netzwerkes stellt Festo industrielle Automatisierungsprodukte in Großserie bis hin zu kundenspezifischen Sonderlösungen her. Um die hohe Variantenvielfalt insbesondere in der zerspannenden Fertigung abzubilden, hat Festo einen heterogenen, spezialisierten Maschinenpark aufgebaut. Produktionskonzepte werden dabei oft standort-

spezifisch und für ein definiertes Spektrum von Produkten aufgebaut und betrieben.

Da eine gleichmäßige Auslastung der Anlagen nicht produkt- und standortübergreifend möglich ist, können Situationen entstehen in denen Anlagen im Netzwerk unterausgelastet sind, die theoretisch die Produktion eines stark ausgelasteten Produkts unterstützen könnten. Bisher ist eine kurzfristige Nivellierung der Auslastungen nur mit hohem manuellem Aufwand und Erfahrung möglich, da nicht alle Maschinen einheitlich in den Informationssystemen abgebildet sind. Im Kollaborationsvorhaben sollen neue Lösungsansätze für die standort- und unternehmensübergreifende Allokation von Kundenaufträgen im Netzwerk schaffen.

Phase I Konzeptphase

In der Konzeptphase war es entscheidend, mit den beteiligten Projektpartnern bei Festo ein gemeinsames Verständnis der gesamten Problemstellungen aufzubauen. In einem explorativen, workshopbasierten Vorgehen konnten drei Anwendungen abgegrenzt werden. Jede Anwendung fokussiert dabei auf einen anderen Ausschnitt des Wertschöpfungsnetzwerkes (vgl. Abbildung 7).

In der ersten Anwendung liegt der Fokus auf dem internen Produktionsnetzwerk von Festo. Das Ziel ist der Aufbau einer automatisierten Entscheidungsunterstützung für eine effektive, funktionsübergreifende Zusammenarbeit verschiedener Abteilungen bei der Neueinführung von Produkten in das Produktions-

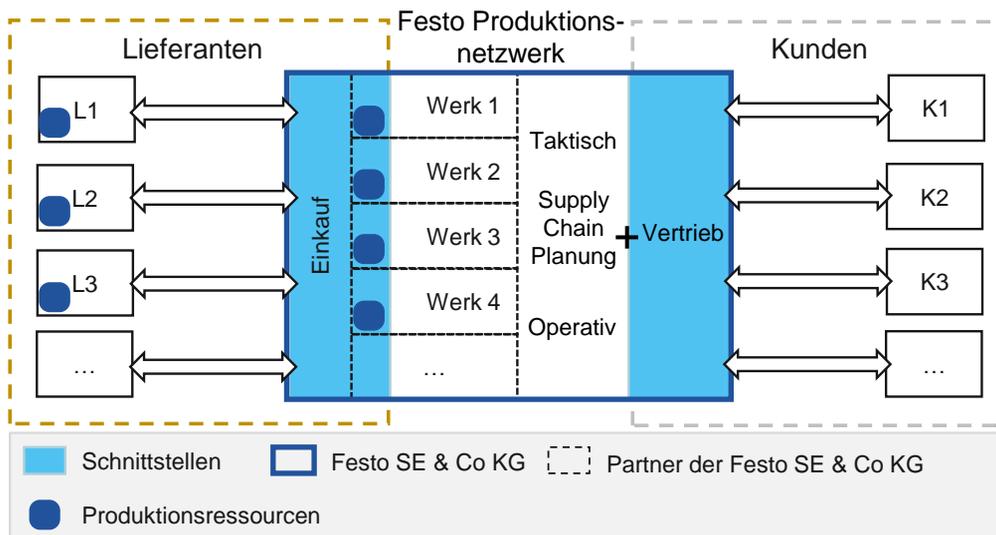


Abbildung 6: Wertschöpfungsnetzwerk bei Festo



Abbildung 7: Scope der Anwendungen

netzwerk von Festo. Die Entscheidungsunterstützung basiert auf einem Recommender System [21]. Dieses soll zukünftig basierend auf Kapazitäten, Fähigkeiten und Kosten automatisiert Produktionsszenarien für neue Halbdteile vorschlagen. Dadurch werden zeit-aufwändige, manuelle Abstimmungen zwischen dem Supply Chain Management und den Werken vereinfacht und unterstützt. Zusätzlich werden Produktionsressourcen identifiziert, die aktuell durch bestehende Beschränkungen nicht betrachtet würden [21].

In der zweiten Anwendung, der dynamischen Angebotserstellung mithilfe eines Preiskonfigurators, wird eine effiziente, automatisierte Abstimmung mit dem Kunden unter Berücksichtigung der Fähigkeiten und Verfügbarkeiten des Produktionsnetzwerkes angestrebt. Dem Kunden werden dazu preisliche Anreize geboten seine Lieferzeitpräferenzen an die aktuelle Auslastungssituation des Wertschöpfungsnetzwerkes anzugleichen. Methoden aus dem Revenue Management in Kombination mit Reinforcement Learning halten dafür Lösungsansätze bereit. Diese integrative Betrachtung ermöglicht es die Präferenzen des Kunden bezüglich Preis und Lieferzeit ideal

abzubilden. Gleichzeitig wird der Auslastungszustand des Produktionsnetzwerkes im Preis widerspiegelt wird. Damit kann über den Produktpreis Einfluss auf Engpasssituationen im Netzwerk genommen werden.

Im der dritten Anwendung wird die automatisierte Verhandlung in dezentralen Fertigungsmarktplätzen untersucht. Teilnehmer können dabei Maschinen, Produktionslinien, oder Unternehmen im Netzwerk sein. Der Preis für die Produktion von Aufträgen wird über Auktionsmechanismen von den Produktionsressourcen ermittelt und an den Kunden weitergegeben. Um realitätsnahe Aussagen über diese Netzwerk- und Markteffekte treffen zu können, werden Daten eines 3D-Drucker-Parks bei Festo zugrunde gelegt. Dabei wird das Bestellverhalten auf Kundenseite durch historische Daten genähert und als Eingang für das dezentrale Netzwerk von Produktionsressourcen genutzt. Die Erkenntnisse helfen dabei abzuschätzen, wie flexibel Wertschöpfungsnetzwerke um Teilnehmer erweitert werden können.

Die beschriebenen Anwendungen sind in der Kollaborationsvision zusammengefasst (vgl. Abbildung 8). Diese hat sich als äußerst hilfreich erwiesen. Auf Grundlage dieser Darstellung war es möglich, allen Beteiligten in den Anwendungen eine Übersicht der benötigten Services und Netzwerkentitäten zu kommunizieren.

Phase II Konkretisierungsphase

In der Konkretisierungsphase wurden die beschriebenen Anwendungen mithilfe des Systemmodells weiter ausgearbeitet. In der weiteren Beschreibung wird das Recommender System vertieft behandelt. Die Beschreibung der beiden anderen Anwendungen werden auf die Ergebnisse beschränkt.

Anwendung 1: Recommender System zur Generierung von Supply Chain Szenarien

Bei der Einführung neuer Produkte in das Festo Produktionsnetzwerk werden mehrere Supply Chain Szenarien erarbeitet. Sie dienen der Auswahl geeigneter Standorte und Produktionsprozesse und bilden eine Entscheidungsgrundlage für Make-or-Buy-Fragen. In diesem Prozess sind in der Regel mehrere Standorte eingebunden, um die lokalen Produktionskonzepte zu erstellen, die dann von einem Zentralbereich um logistische Faktoren erweitert und zu Szenarien zusammengefasst

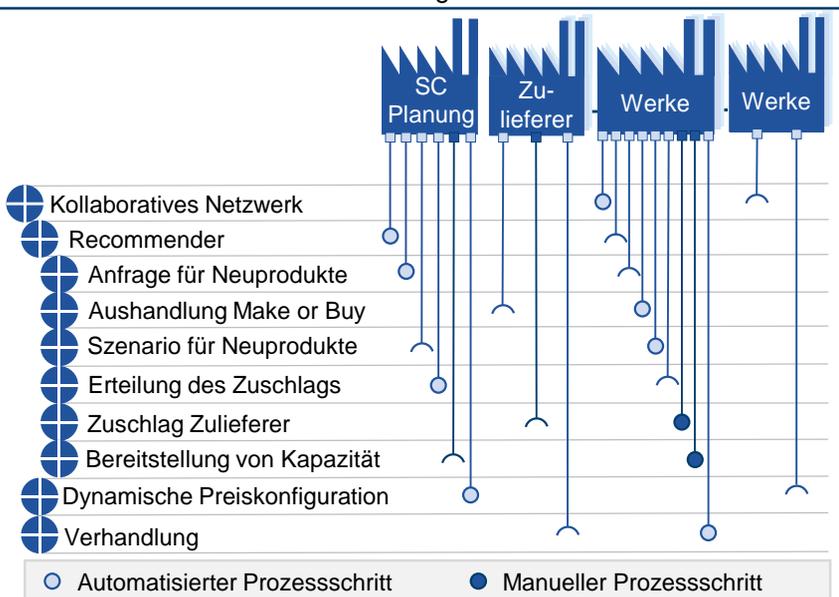


Abbildung 8: Kollaborationsvision bei Festo

werden. Wegen des hohen personellen Koordinationsaufwands und der kombinatorischen Komplexität bei der Maschinenauswahl werden standortübergreifende und regionale Konzepte nicht immer in Betracht gezogen. Auch Bestandsanlagen aus dem gesamten Maschinenpark von Festo können nicht in vollem Umfang in die Betrachtungen mit einbezogen werden. Das Recommender System zielt darauf ab, dieses Koordinationsproblem zu lösen. Limitierungen in Zuständigkeiten, durch konkurrierende Zielsetzungen oder begrenztes Wissen über Fertigungsoptionen werden durch den datenbasierten Ansatz reduziert.

Mithilfe des Systemmodells (vgl. Abbildung 9) konnten bestehende Prozesse analysiert und Teilfunktionen des Recommender Systems definiert werden, die im Weiteren erläutert werden. Dabei wird der Fokus auf die zerspannende Fertigung von vier Produktionsstandorten mit mehreren hundert Maschinen gelegt.

Recommendation Engine zur Identifikation von Produktionsressourcen

Die große Anzahl und das unterschiedliche Alter der Anlagen im Maschinenpark bei Festo führen dazu, dass es keine einheitliche digitale Beschreibung der Produktionsressourcen gibt. Eine konsistente Modellierung aller Maschinen mit ihren Produktionsfähigkeiten ist nicht vorhanden und wäre mit einem hohen, manuellen Aufwand verbunden. Deshalb sollen mittels einer „Recommendation Engine“ Maschinen für ein zu fertigendes Produkt vorgeschlagen werden [21]. Diese Klasse von Algorithmen ist im Consumer-Umfeld verbreitet und wird häufig von digitalen Plattformen genutzt, um Nutzern relevante Inhalte aufgrund ihres Nutzerverhaltens vorzuschlagen. Übertragen auf die industrielle Fragestellung ergibt sich die Möglichkeit, statt auf Grundlage der Maschinenfähigkeiten, Teile auf Basis vergangener Aufträge einer Maschine zuzuordnen. Die genutzte Datenbasis besteht aus historischen Produktionsdaten die im ERP über einen langen Zeitraum verfügbar sind (u.a. ID des Materials, ID der Maschine, Produktionszeit und Fertigungstechnologie). Der Algorithmus kann mit den historischen Daten trainiert werden und daraus Vorschläge für Maschinen-Teilenummern-Kombinationen errechnen. Die Einschränkung des Zeitraumes, der Lokation oder der Fertigungstechnologien in den Trainingsdaten legt dabei fest welche Aussagen vom System erzeugt werden können. Ein webbasierter Prototyp gibt auf

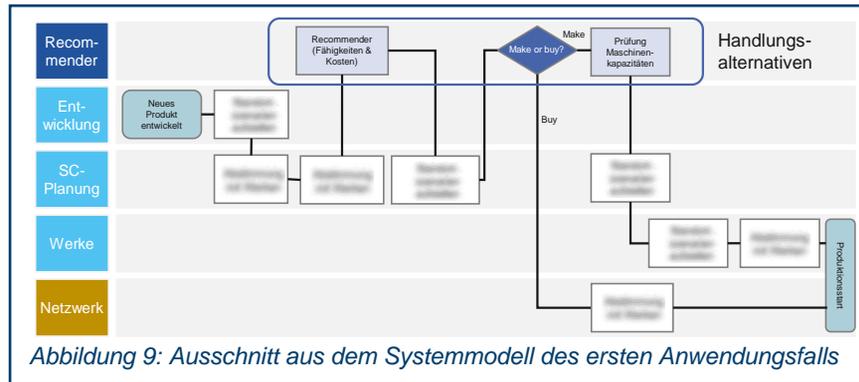


Abbildung 9: Ausschnitt aus dem Systemmodell des ersten Anwendungsfalls

Anfrage von Teile- oder Anlagennummer potentiell passende Vorschläge aus.

Einführung neuer zu fertigender Teile

Eine Limitierung der Recommendation Engine ist es, dass nur gelernte Interaktionen zwischen Teilen und Maschinen in den Empfehlungen berücksichtigt werden. Da ein neues Produkt noch nicht auf einer vorhandenen Anlage produziert worden ist, kann das System keine Empfehlungen dazu geben. Im Kern des Produktneueinführungsprozesses steht jedoch genau diese Fragestellung.

Um dieser Einschränkung zu begegnen, kann neben einem manuellen Einpflegen ähnlicher Teilenummern ebenfalls mit einem lernenden Verfahren gearbeitet werden. Dabei werden die CAD-Dateien vorhandener Teilenummern mittels eines Autoencoder-Verfahrens geclustert (vgl. Abbildung 10) [22]. Neue Teile können dann einem Cluster zugeordnet werden und entsprechende Vorschläge für Anlagen generiert werden [22].

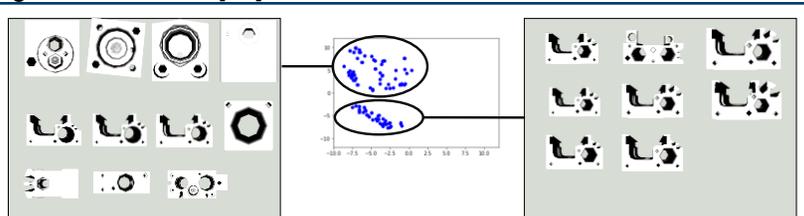


Abbildung 10: Bestimmung ähnlicher Teile Clustering von CAD-Modellen

Erzeugung der Supply Chain Szenarien

Um im letzten Schritt zu den Supply Chain Szenarien zu gelangen, werden Kosten- und Verfügbarkeitsdaten mit den Ergebnissen der Recommendation Engine zusammengeführt. In einem webbasierten Prototypen werden zusätzlich Filtermöglichkeiten implementiert, die die verschiedenen Standort- und Netzwerkkonfigurationen zulassen, sowie Make-or-Buy-Entscheidungen integrieren. Neben Szenarien die nur einen Standort abbilden kann nun eine standortübergreifende Allokation von Ressourcen erfolgen. Außerdem können mit

dem Recommender System auch Alternativen für kurzfristige Engpässe identifiziert werden.

Anwendung 2: Automatisierte Preiskonfiguration unter Berücksichtigung des Produktionsnetzwerkes

Das Recommender System zielt darauf ab, den Zustand des Wertschöpfungsnetzwerkes zu optimieren. Doch auch der Einfluss auf die Nachfrageseite ist ein Hebel, um Nivellierungseffekte im Produktionsnetzwerk zu erzielen. Änderungen des Preises von Leistungen, unter Berücksichtigung der aktuellen Situation auf Angebotsseite, sind bspw. in der Tourismusbranche bereits Realität. Preise werden mithilfe von Verhaltensinformationen an die erwartete Kaufbereitschaft des Kunden nach oben oder unten angepasst. Dieses sogenannte Revenue Management ist im industriellen Umfeld schwieriger umzusetzen. Zum einen unterscheidet sich das Kaufverhalten von professionellen Einkäufern von Konsumenten. Auf der anderen Seite muss eine ungleich komplexere Ressourcensituation in einem Wertschöpfungsnetzwerk berücksichtigt werden.

Durchgeführte Simulationsstudien geben jedoch Hinweise darauf, dass ein Übertrag in das industrielle Umfeld bei weiterer Erprobung möglich ist. Eine Simulation des Produktionsnetzwerkes und des Kaufverhaltens von Kunden wird dazu als Trainingsumgebung für einen Reinforcement Learning-Agenten aufgesetzt. Auf dieser Grundlage lassen sich Preis-anpassungsstrategien untersuchen ohne die Kundenbeziehung negativ zu beeinträchtigen.

Das Simulationsergebnis zeigt, dass Gewinne und Liefertreue positiv beeinflusst werden können. In der aktuellen Fassung führt der Ansatz zu einer nicht vernachlässigenden Anzahl abgelehnter Aufträge. Dies spricht für eine weitere Evaluation mit bspw. detaillierteren Simulations- und Verhaltensmodellen des aussichtsreichen Ansatzes.

Anwendung 3: Autonome Verhandlung in dezentralen Fertigungsmarktplätzen

In der dritten Anwendung wird die Sicht auf das gesamte Wertschöpfungsnetzwerk erweitert. Dabei wird insbesondere die flexible Erweiterung oder Verringerung von physischen Produktionsressourcen interessant, um mit volatilen Auftragslasten umzugehen.

Die Daten, welche die effiziente Nutzung eines globalen Produktionsnetzwerkes sicherstellen, werden entlang der gesamten

Wertschöpfungskette dezentral erfasst, verarbeitet und gespeichert. Meist sind sie jedoch nicht für alle Teilnehmer in einem Wertschöpfungsnetzwerk einsehbar. Viele dieser Daten unterliegen organisatorischen, technischen oder rechtlichen Einschränkungen. Ein Weg mit diesen Hürden umzugehen, ist die Modellierung des Wertschöpfungsnetzwerkes nach Konzepten dezentraler, agentenbasierter Marktplätze.

Märkte sind sehr effizient darin Informationen aus vielen Quellen zu aggregieren und über den Preis wiederzugeben. Mittels eines transparenten Marktmechanismus können Aufträge im Produktionsnetzwerk vergeben werden, wobei auf die Einhaltung weicher Nebenbedingungen durch die produzierenden Einheiten geachtet wird. Die Einheiten übernehmen Aufträge aus dem Markt zu selbst definierten Minimalkonditionen und handeln auf eigenes Risiko. Damit ein solches System verlässlich und kostengünstig zusammenarbeitet ist es notwendig, dass die Produktionseinheiten und Kunden von jeder Transaktion profitieren (individuelle Rationalität) und ihre wahren Kosten bzw. Zahlungsbereitschaften dem Mechanismus offenlegen (Anreizkompatibilität). Außerdem sollte sichergestellt sein, dass der Netzwerkbetreiber den Markt nicht bezuschussen muss (Budget Balance).

Um die Handlungsoptionen für die Flexibilisierung von Wertschöpfungsnetzwerken zu erarbeiten wird eine Simulation aufgebaut, die auf realen Bestelldaten eines 3D-Drucker-Parks bei Festo basieren. Die Koordination von Aufträgen und Agenten wird mit einer Zweitpreisauktion umgesetzt und die approximative Einhaltung der vorgenannten Bedingungen unter geeigneten Annahmen gezeigt. Aus den Ergebnissen werden Regeln abgeleitet für die Preisfindung mittels Auktion und die Budgetierung einzelner Agenten. Eine Verfeinerung ist allerdings bei der Modellierung des Angebotsverhaltens der Agenten notwendig, da bisher mit rationalen Annahmen gearbeitet wurde. Hier ist mit Risiken aus dem Verhalten von Agenten zu rechnen, welche Einfluss auf die Budget Balance haben können.

Phase III Implementierung

Das Recommender System konnte einen direkten operativen Mehrwert schaffen bei geringen Implementierungshürden und wurde deshalb in die IT-Infrastruktur von Festo überführt. Das Recommender System ist ebenfalls über das [Github-Projekt](#) verfügbar.

Die Studien aus den Anwendungen zwei und drei werden als Grundlage für weitere Entwicklungen herangezogen, befinden sich also noch in der Konkretisierungsphase. Darüber hinaus wurden neue Geschäftsmodelle im kollaborativen Umfeld bewertet.

Operatives Deployment des Recommender Systems

Das Recommender System ist nicht nur auf die Entscheidungsunterstützung für die strategische und operative Allokation von Ressourcen begrenzt. Nach der Evaluation mit den Fachbereichen bei Festo wurden weitere Einsatzfelder identifiziert. Darunter Standardisierung und Benchmarking von Produktionsequipment sowie die Unterstützung bei generellen Änderungen von Produktionskonzepten.

Allerdings zeigt die Evaluation auch Grenzen auf. Das Verfahren geht mit einer Unschärfe der Vorschläge einher, welche die Akzeptanz bei Experten schmälert. Es ist naheliegend den rein datenbasierten Ansatz um Feedbackfunktionen und detailliertere Fähigkeitsmodellierung von Maschinen zu ergänzen. Damit kann der Vorteil, Entscheidungen unter Beachtung des gesamten Maschinenparks von Festo zu treffen, optimal unterstützt werden.

Das Design der Prototypen als Services zu gestalten hat sich als Erfolgsrezept für Einbindung in die flexible IT-Architektur bei Festo herausgestellt (Abbildung 11). Schnittstellen und Laufzeitumgebungen sollten bereits bei Prototypisierung so gestaltet werden, dass sie an die produktiven IT-Systeme angebunden werden können. Auch eine zukünftige Erweiterbarkeit um Netzwerkteilnehmer außerhalb von Festo und die Einbindung von IoT-Daten ist damit technologisch abbildbar.

Entwicklung von Produkten und Bewertung neuer Geschäftsmodelle

Neben der Unterstützung der Produktionsaktivitäten wurden im Anwendungsfall Festo auch neue Geschäftsmodelle zur Absicherung von Risiken für aktive Produktions-Assets auf Grundlage steigender Transparenz durch IoT-Technologien bewertet.

Im Rahmen des Recommender Systems wurde eine Risikoanalyse durchgeführt. Dabei wurden unter anderem Risiken, wie die Datenverfügbarkeit aus sicheren Datenquellen und volatile Verfügbarkeiten im Netzwerk identifiziert. Diese Risiken können durch die Erweiterung der Produkt- und Serviceangebote

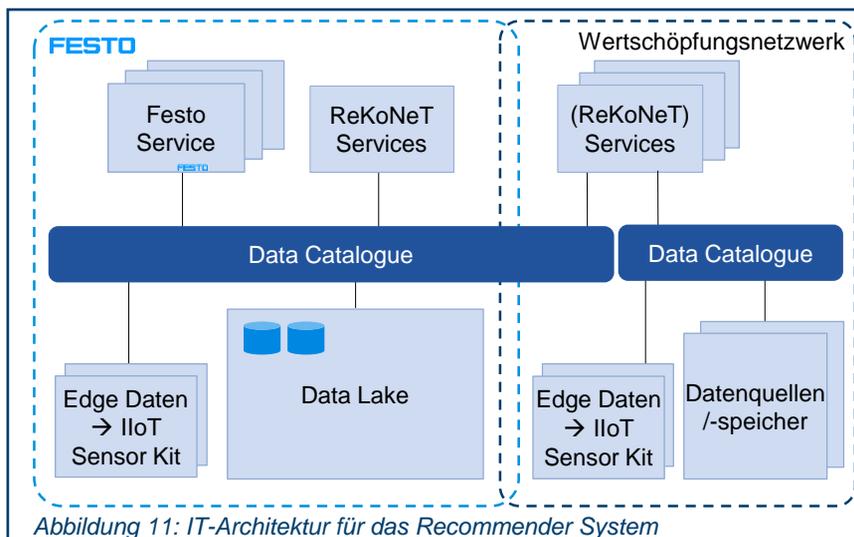
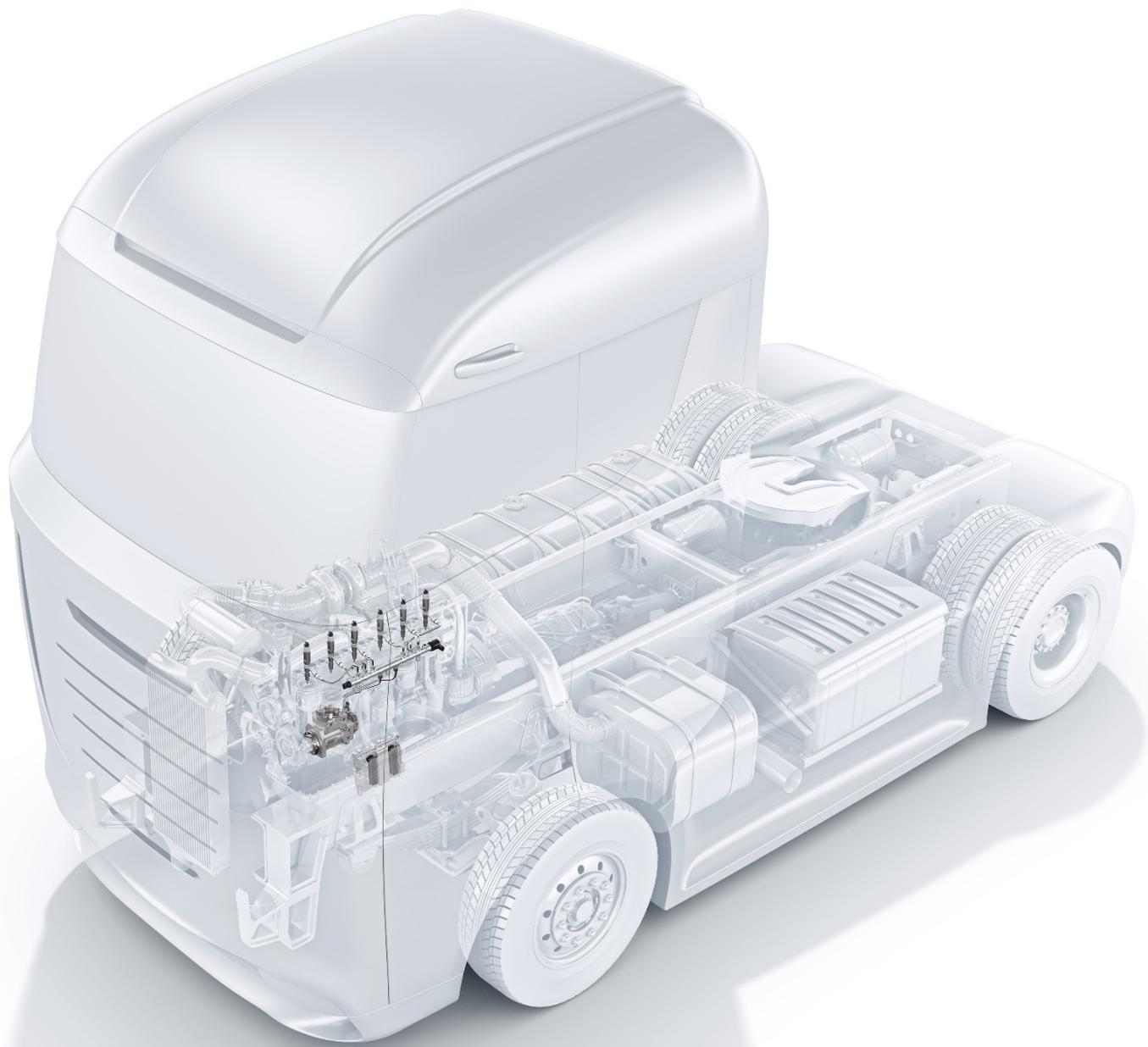


Abbildung 11: IT-Architektur für das Recommender System

reduziert werden, auch durch die horizontale Kollaboration mit Organisationen außerhalb des klassischen Produktionsökosystems. Insbesondere der Einsatz von IIoT-Technologien und Risikotransferlösungen stellen Mechanismen zur Reduktion der Risiken für Teilnehmer im Wertschöpfungsnetzwerk dar.

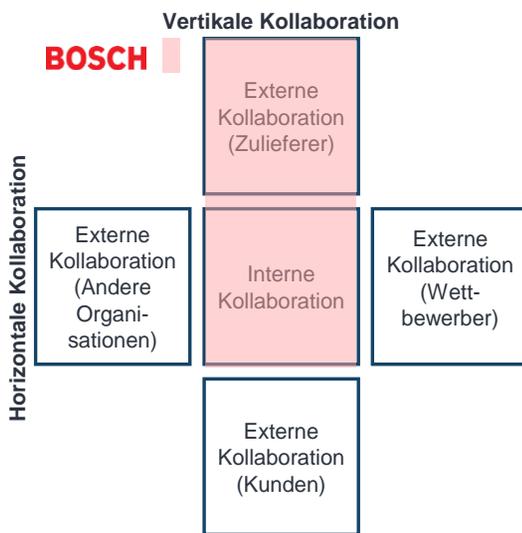
Aus den gewonnenen Einblicken konnten zum einen Anforderungen an einen Prototyp zur Erfassung von operativen Maschinendaten abgeleitet werden. Das entwickelte IIoT-Sensor-Kit kann einfach in einer Produktionsumgebung installiert und programmiert werden. Damit lassen sich schnell Kennwerte von Maschinen dezentral aggregieren und übertragen. Die Machbarkeit von produktionsnahen KI-Applikationen kann ebenfalls risikoarm implementiert und abgeschätzt werden.

Zum anderen stellen Risikotransferlösungen auf Grundlage von IIoT-Daten einen weiteren interessanten Bereich für technologiebasierte Serviceangebote dar. Geschäftsmodelle bedienen dabei nicht nur die Kollaboration in bestehenden Lieferketten, sondern werden auch kollaborativ von mehreren Partnern mit komplementären Kompetenzen angeboten. Die Munich Re und Festo haben ein kollaboratives Geschäftsmodell im Rahmen einer Pilotapplikation in der Technologiefabrik Scharnhausen von Festo bewertet. Aus der Kombination von Wartungsinformationen und finanziellen Daten konnten Angebote für den datenbasierten Risikotransfer während des Betriebs von Maschinen abgeleitet werden. Gemeinsam mit Anlagenherstellern können bspw. Maintenance-as-a-Service-Konzepte und andere Leistungsgarantien angeboten werden. Anlagenbetreiber profitieren von besserer Planbarkeit von Wartungskosten und der Steigerung der Anlagenverfügbarkeiten.



Kollaborative Qualitätsregelung

Anwendung bei der Robert Bosch GmbH



Einführung in den Anwendungsfall

Durch die zunehmenden Anforderungen an die Qualität und dem gleichzeitigen Kostendruck in der Produktion, stehen Hersteller von Hochpräzisionsbauteilen vor großen Herausforderungen. Die notwendigen Qualitätsanforderungen lassen sich meist nur durch sehr enge Toleranzen für einzelne Komponenten und Vorprodukte realisieren. Trotz dieser engen Toleranzen können selbst konforme Bauteile, die nahe an ihren Toleranzgrenzen liegen, am Ende zu nicht konformen Produkten führen. Beispielsweise wenn diese mit Komponenten kombiniert werden, die ebenfalls nahe einer Toleranzgrenze angesiedelt sind. Durch gezielte Bauteilpaarungen oder ähnliche datenbasierte Qualitätsregelstrategien, können derartige, ungünstige Kombinationen vermieden werden.

In globalen Produktionsnetzwerken wird die Verantwortung für die Produktion hochpräziser Komponenten auch an Zulieferer weitergegeben. Dabei mangelt es aber oft an Transparenz und Rückverfolgbarkeit durch einen fehlenden Daten- und Informationsaustausch zwischen dem Lieferanten und dem fokalen Unternehmen. Aufgrund des fehlenden Datenaustausches können Qualitätsregelstrategien oft nicht unternehmensübergreifend angewandt werden. Die Toleranzen zugelieferter Bauteile müssen entsprechend noch enger definiert werden, um die Funktionsfähigkeit des Endproduktes sicherzustellen. Durch eine datenbasierte Kollaboration könnten in diesem Beispiel Ineffizienzen im Wertschöpfungsnetzwerk durch zu enge Toleranzen und zu hohe Produktionskosten beim Zulieferer vermieden werden (vgl. Abbildung 12).

Im Anwendungsfall der Robert Bosch GmbH wird der Datenaustausch von Qualitätsdaten zur Anwendung datenbasierter unternehmensübergreifender Qualitätsregelstrategien demonstriert. Als Basis für die Untersuchungen dient das internationale Produktionsnetzwerk (IPN) zur Herstellung von Common Rail Diesel Injektoren für Nutzkraftfahrzeuge.

Im weiteren Verlauf des Kapitels wird der Anwendungsfall anhand des zuvor beschriebenen Vorgehens zur Umsetzung erfolgreicher Kollaborationsvorhaben beschrieben.

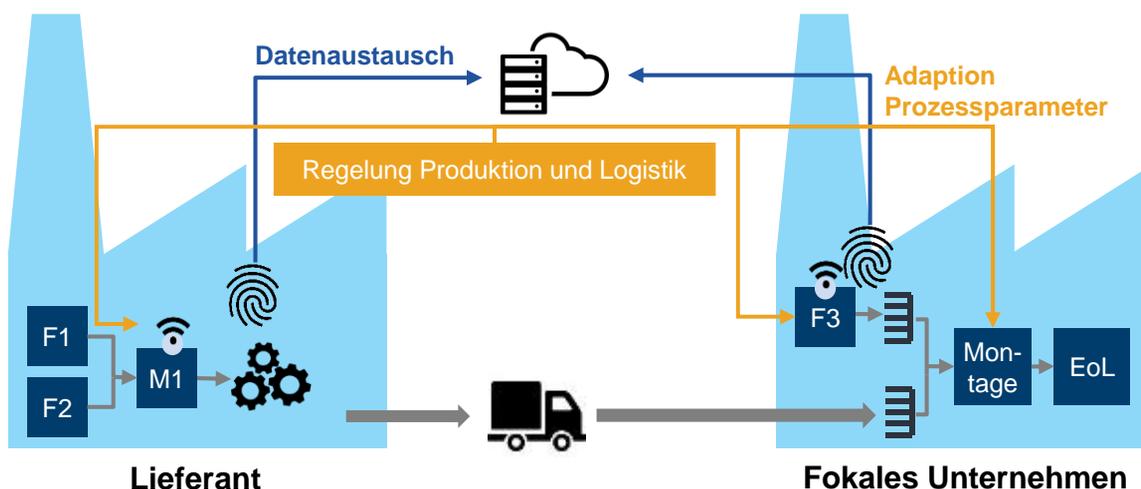


Abbildung 12: Zielbild der unternehmensübergreifenden Qualitätsregelung ([15, 16])

Phase I Konzeptionierung

Die funktionsorientierte Qualitätsregelung von Hochpräzisionsbauteilen in Wertschöpfungsnetzwerken ist eine sehr vielschichtige Problemstellung. In der Konzeptphase war es deshalb von entscheidender Bedeutung zunächst ein gemeinsames Verständnis der fachlichen Fragestellungen unter den beteiligten Projektpartnern zu entwickeln. Um dies nachvollziehbar zu machen, werden im Weiteren die Paradigmen der funktionsorientierten Qualitätsregelung sowie die Motivation und Zielstellung des Anwendungsfalles erläutert. Darauf aufbauend wird die resultierende Kollaborationsvision abgeleitet.

Funktionsorientierte Qualitätsregelung in Wertschöpfungsnetzwerken

Wie bereits erwähnt, ermöglicht die funktionsorientierte Qualitätsregelung die Herstellung von Hochpräzisionsprodukten aus weniger präzisen Komponenten. Die weitverbreitetste Strategie ist die selektive Montage. Hierbei erfolgt die Paarung zweier Komponenten anhand zuvor festgelegter Klassen. Darüber hinaus gibt es viele weitere unterschiedliche Qualitätsstrategien (vgl. Abbildung 13). Kernbestandteil des Ansatzes ist ein prozessübergreifender Qualitätsregler, der über die erfassten Daten aus der In-line-Messung auf Basis eines Funktionsmodells zur Vorhersage der Funktionsprüfung die Regelungsparameter anpasst und optimiert. [23]

Fertigung) für einzelne Chargen. Werden die zuvor genannten Strategien beherrscht, können schließlich die Toleranzen der Vorprodukte aufgeweitet werden. [23]

Motivation & Zielsetzung

Bei Injektoren bestehen hohe Funktionsanforderungen, die sich aus den steigenden Marktanforderungen (niedriger Kraftstoffverbrauch) und regulatorischen Anforderungen (niedrige Emissionswerte) ergeben. Diese Funktionsanforderungen spiegeln sich in den benötigten Passungen im Submikrometerbereich und entsprechend engen Toleranzen für die einzelnen Komponenten wieder. Um diesen fertigungstechnischen Anforderungen kostengünstig gerecht zu werden, können die Bauteile hinsichtlich Ihrer Funktionsparameter gepaart werden. Dadurch können hochpräzise Produkte auch aus weniger präzisen Subkomponenten produziert werden. Es gibt dabei eine Vielzahl an Parametern, die gleichzeitig für die Paarung relevant sind, wovon einzelne auch in zugelieferten Komponenten vorkommen.

Ziel des Anwendungsfalles ist eine wertschöpfungsnetzwerkweite Paarung von Bauteilen mit kollaborativer Echtzeit-Produktionsregelung zu demonstrieren. Durch die Verwendung von individuellen Bauteildaten aus den Herstellprozessen beim Zulieferwerk und durch die modellbasierte, individuell berechnete Auswahl der idealen Paarungskomponente ist das Ziel, die Ausschussquote zu reduzieren und idealerweise die Spezifikation der Vorprozesse aufzuweiten. Hieraus lassen sich eine signifikante Steigerung der Produktionseffizienz sowie sinkende Aufwände der Qualitätssicherung in der Lieferkette erwarten. Um die Datenintegration zu vereinfachen und zunächst auf die Verdeutlichung des großen Potenzials der wertschöpfungsnetzwerkweiten Paarung zu fokussieren, wurde als Zulieferwerk ein Bosch-interne Werk gewählt.

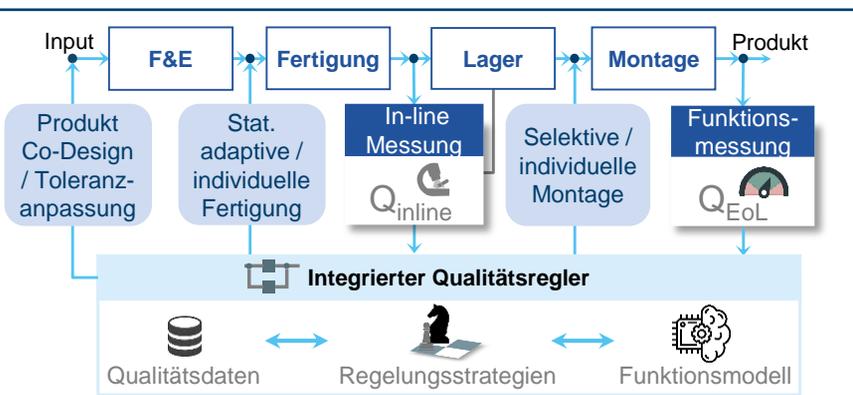


Abbildung 13: Funktionsorientierte Qualitätsregelung (nach [23])

In der Montage kann die Paarung von Bauteilen statt selektiv auch individuell anhand der jeweils gemessenen Daten erfolgen (individuelle Montage). Erweitert man den Regelkreis in die Fertigung der Bauteile, kann durch Parameteranpassung eine bessere Paarung erfolgen. Dies kann einerseits individuell erfolgen, indem zu jedem Bauteil das passende Gegenteil gefertigt wird oder durch die Anpassung von Nennwerten (stat. adaptive

Kollaborationsvision

Im Anwendungsfall soll eine unternehmensübergreifende Qualitätsregelung zwischen dem Düsenwerk (hier: Düse = Zulieferteil) und dem Restinjektor demonstrieren werden. Für die Umsetzung einer effizienten Strategie werden eine bauteilindividuelle Zuordnung der vermessenen Bauteile und eine durchgängige Bauteilrückverfolgbarkeit im Montagewerk benötigt. Zudem müssen die konkrete Regelstrategie und das Funktionsmodell erarbeitet und abgesichert werden.

Ziel einer solchen Kollaboration ist es, das globale Optimum zu erarbeiten, also die Qualitätskosten im gesamten Wertschöpfungsnetzwerk zu optimieren. Oft kann ein solches Optimum nur erreicht werden, indem ein Partner höhere Aufwände hat als zuvor (z.B. durch zusätzliche Infrastrukturkosten). Diese vermeintlichen zusätzlichen Aufwände, sowie die resultierenden Einsparungen müssen im Wertschöpfungsnetzwerk fair verteilt werden. Abbildung 14 stellt die Kollaborationsvision dar.

Phase II Konkretisierung

In der Konkretisierungsphase wurde mithilfe des Systemmodells ein verfeinertes Prozessverständnis geschaffen. Anhand des Systemmodells konnten mögliche Qualitätsregelstrategien simulativ beurteilt und konkrete Kollaborationshemmnisse identifiziert und Lösungen dafür konzipiert werden.

Mithilfe des Systemmodells wurde ausgehend vom Ist-Zustand ein Komponentendiagramm und ein Aktivitätsdiagramm modelliert. Im Komponentendiagramm wurden die Wechselwirkungen und Datenströme zwischen den relevanten Komponenten dargestellt. Es wurde nach physischen Komponenten (Werke, Produktmodule und Stationen) und IT-Infrastrukturellen Komponenten unterschieden. Am Ende konnte klar nachvollzogen werden, welches Produktmodul an welcher Station in welchem Werk seine Merkmale erhält und wie die Informationen zu diesen Merkmalen in Wechselwirkung zur Regelung stehen. Hierfür war es sehr hilfreich zunächst auf Werksebene zu beginnen und sukzessive den Detaillierungsgrad zu erhöhen:

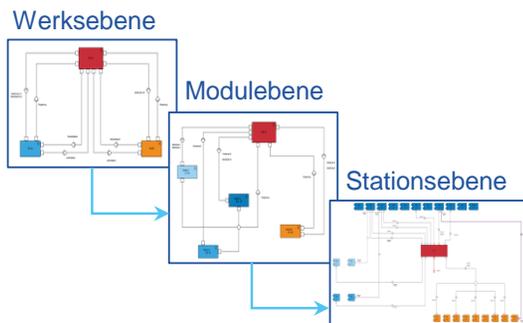


Abbildung 15: Konkretisierung des Komponentendiagramms

Ausgehend vom Komponentendiagramm wurde der konkrete Material- und Informationsfluss in einem Aktivitätsdiagramm dargestellt. Zur Gestaltung derartiger Diagramme bietet es sich an auf bestehende Dokumente im Unternehmen wie z.B. Wertstromdiagramme zurückzugreifen. Als Ergebnis konnte

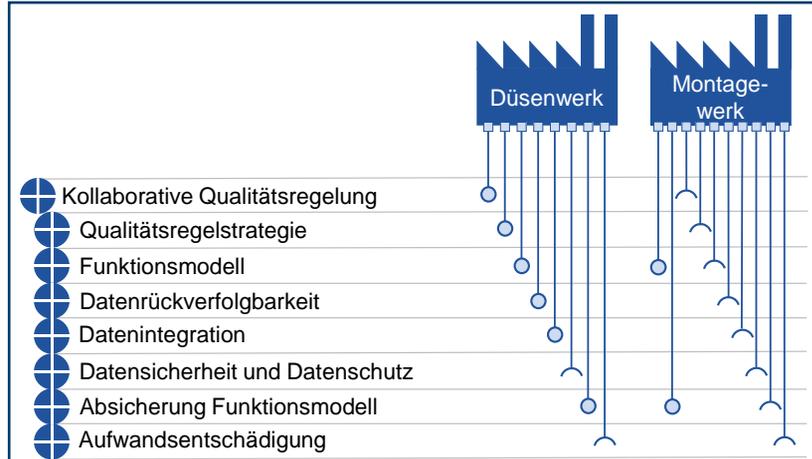


Abbildung 14: Kollaborationsvision kollaborative Qualitätssicherung

für jede betrachtete unternehmensübergreifende Qualitätsregelstrategie genau dargestellt werden, welche Daten unter welchen Bedingungen geteilt werden müssen, um die Strategie umzusetzen.

Abbildung 16 stellt beispielsweise ein Aktivitätsdiagramm einer kollaborativen Qualitätsregelstrategie zur impliziten Aufweitung der Toleranzen in Echtzeit dar. Dabei wird dem Lieferanten auf Basis der von ihm übermittelten Daten aller Teile ein Angebot für Teile außerhalb der Toleranz (B-Ware) gemacht, die durch eine individuelle Montage noch verwendet werden könnten. Diese und weitere visionäre Qualitätsregelstrategien wurden im Rahmen des Projektes in Workshops hinsichtlich möglicher auftretender Herausforderungen und Kollaborationshemmnisse untersucht. Das Systemmodell hat dabei geholfen, die Diskussionen möglichst konkret zu gestalten.

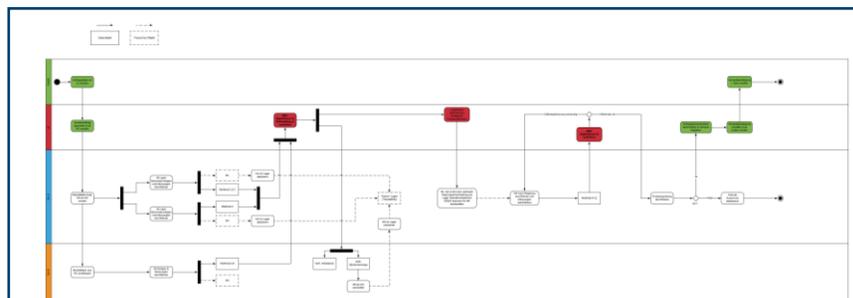


Abbildung 16: Aktivitätsdiagramm Echtzeit-Toleranzaufweitung

Aufbauend auf dem Systemmodell wurde eine ereignisdiskrete Ablaussimulation entwickelt zur technischen und wirtschaftlichen Bewertung der Qualitätsregelungsstrategien. Es ist entscheidend durch derartige Entscheidungsunterstützungssysteme die vermeintlichen eingesparten Qualitätskosten den zusätzlichen Kosten für die organisatorische Umsetzung der Regelungsstrategie

gegenüberzustellen und die Strategien nicht nur aus technischer Sicht (Verbesserung der Produktfunktion) zu beurteilen.

Phase III Implementierung

In der Implementierungsphase wurden ein datengetriebenes Funktionsmodell und ein Entscheidungsunterstützungssystem entwickelt, welches die Chargen zugelieferter Teile anhand Ihres Einflusses auf die Produktfunktion bewertet. Das Kollaborationssystem konnte prototypisch im laufenden Serienbetrieb validiert werden. In diesem Kapitel werden auch Implikationen für die technische Implementierung der Modelle diskutiert.

Grundlage der betrachteten Qualitätsregelstrategien sind Funktionsmodelle, welche die Produktfunktion sowohl der einzelnen Bauteile als auch des kompletten Injektors anhand bauteilindividueller Daten vorhersagen. Diese Modelle bilden im Sinne eines digitalen Zwilings des Produktes die Produktfunktion ab und lassen mittels Sensitivitätsanalysen erkennen, welche Parameter einen Einfluss auf die Funktion des Endproduktes haben. Um derartige Modelle zu erstellen bieten sich allerlei Methoden des maschinellen Lernens an. Abbildung 17 zeigt ein allgemeines Vorgehen zum Training von Funktionsmodellen.

Mithilfe der zuvor beschriebenen ereignisdiskreten Ablaufsimulation wurde eine individuelle Montage des Düsenmoduls in Kombination mit einer Chargenallokation als beste Qualitätsregelstrategie identifiziert. Bei der Chargenallokation handelt es sich um eine neuartige logistische Qualitätsregelstrategie für die unternehmensübergreifende Qualitätsregelung. Die Idee besteht darin, die Reihenfolge der Chargen der zu montierenden Komponenten vor dem Eintritt in die Montage umzusortieren auf Grundlage der chargenspezifischen Streuung der Komponenten. So wird die Montage jeweils mit den am besten geeigneten der verfügbaren Chargen versorgt, um gegenläufige Effekte zu kompensieren. [17]

Zur Umsetzung der Chargenallokation wurde der Prototyp einer Kollaborationsplattform entwickelt. Dieses Entscheidungsunterstützungssystem bewertet auf Basis der übermittelten chargenspezifischen Daten des Zulieferers in Abhängigkeit der verfügbaren Teile in der Montagelinie den Einfluss der jeweiligen Charge auf die Qualitätskosten. Hierfür wird mithilfe des Funktionsmodells die Performance des Produktes im End of Line Prüfstand prognostiziert und der zu erwartende Ausschuss berechnet.

Dem Zulieferer wird eine eigene Schnittstelle zur Plattform bereitgestellt. Über eine speziell für ihn angepasste Oberfläche, hat er die Möglichkeit, seine chargenspezifischen Daten hochzuladen. Anschließend kann er für jede Charge sehen, wie sich diese im Vergleich zu einer Standardcharge auf die Qualitätskosten auswirkt (vgl. Abbildung 18). Die dargestellten Kosten entspringen einem Beispieldatensatz und stimmen nicht mit den real anfallenden Kosten und Funktionstoleranzen überein.



Abbildung 17: Allgemeiner Prozess zur Ableitung von Funktionsmodellen

Die Daten zum Training der Modelle können dabei sowohl aus einem multiphysikalischen Entwicklungsmodell (digitaler Master) als auch aus historischen Mess- und Prozessdaten aus dem Serienbetrieb (digitaler Schatten) stammen. Zum Einsatz der Modelle in realer Linienumgebung sollte allerdings immer die Performance des Gesamtsystems im Blick behalten werden, um Produktionsabläufe und den Linientakt nicht durch Wartezeiten von Datenbankabfragen oder Berechnungsvorgängen zu unterbrechen.

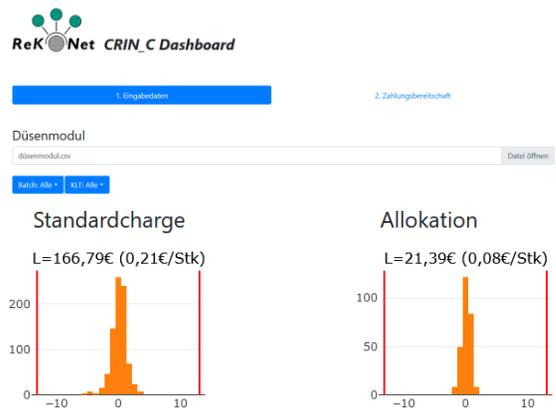


Abbildung 18: Kollaborationsplattform Schnittstelle Lieferant (Abbildung zeigt fiktive Werte)

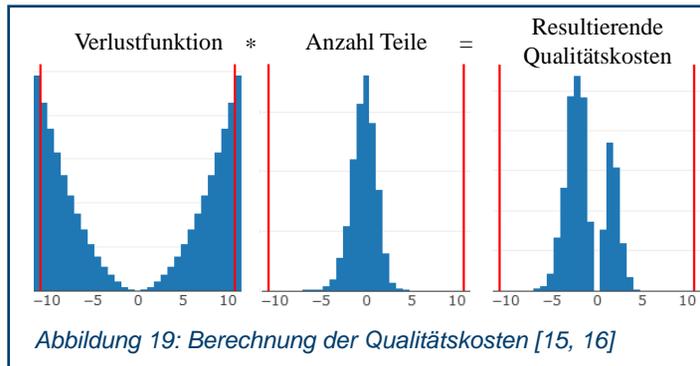
Um die Qualitätskosten besser abschätzen zu können, werden diese anhand Taguchi's Verlustfunktion berechnet. Hierbei steigen die Qualitätskosten mit zunehmender Entfernung der prognostizierten Abweichung des Bauteils vom Nennwert des EoL Prüfstands. Multipliziert mit der Verteilung der Bauteile in einer Charge ergeben sich die resultierenden Kosten (vgl. Abbildung 19). Durch die geschaffene Transparenz der Auswirkung verschiedener Chargen auf die Produktfunktion könnten in einem nächsten Schritt Anreize gesetzt werden, die Verteilung bestmöglich anzupassen.

Aus Kundensicht dient die Plattform als Entscheidungsunterstützungssystem für die Logistiksteuerung. Anhand der übertragenen Zulieferdaten und der Daten zu den verfügbaren eigengefertigten Teilen wird die ideale Reihenfolge der Chargen des Düsenmoduls für die Chargenallokation angegeben. Anschließend werden die Daten entsprechend im MES für die individuelle Echtzeit-Paarung des Düsenmoduls zum Restinjektor an der Montagestation bereitgestellt.

Das Kollaborationssystem wurde in einem Versuch prototypisch unter realen Serienbedingungen getestet. Dabei konnte die Streuung im betrachteten Prüfpunkt innerhalb der Toleranz signifikant um bis zu 20% reduziert werden, was die Erwartungen an das System noch einmal übertroffen hat. Die Ergebnisse zeigen eindeutig, dass durch den Austausch von Qualitätsdaten innerhalb des Wertschöpfungsnetzwerkes eine deutliche Verbesserung der Produktqualität erreicht werden kann.

Im Anwendungsfall ist die Qualität des konkret betrachteten Endproduktes aufgrund der sehr engen Toleranzen und der hohen Prozesssicherheit der Vorprodukte bereits sehr hoch. Es kommt somit nur vereinzelt zu Ausschuss oder Nacharbeit. Im Umkehrschluss bedeutet das, dass mit dem vorgestellten Kollaborationssystem die Toleranzen einzelner, auch extern zugelieferter Vorprodukte, bei welchen der Ausschuss auf Zuliefererseite unwirtschaftlich hoch ist, bei gleichbleibender oder besserer Qualität des Endproduktes aufgeweitet werden könnten.

Da das Kollaborationssystem bisher jedoch nur prototypisch entwickelt wurde, gilt es für einen Einsatz unter Serienbedingungen noch zahlreiche Hürden zu überwinden. Beispielsweise müssen zunächst Entwicklungsaufwand und Investitionskosten einer stabilen

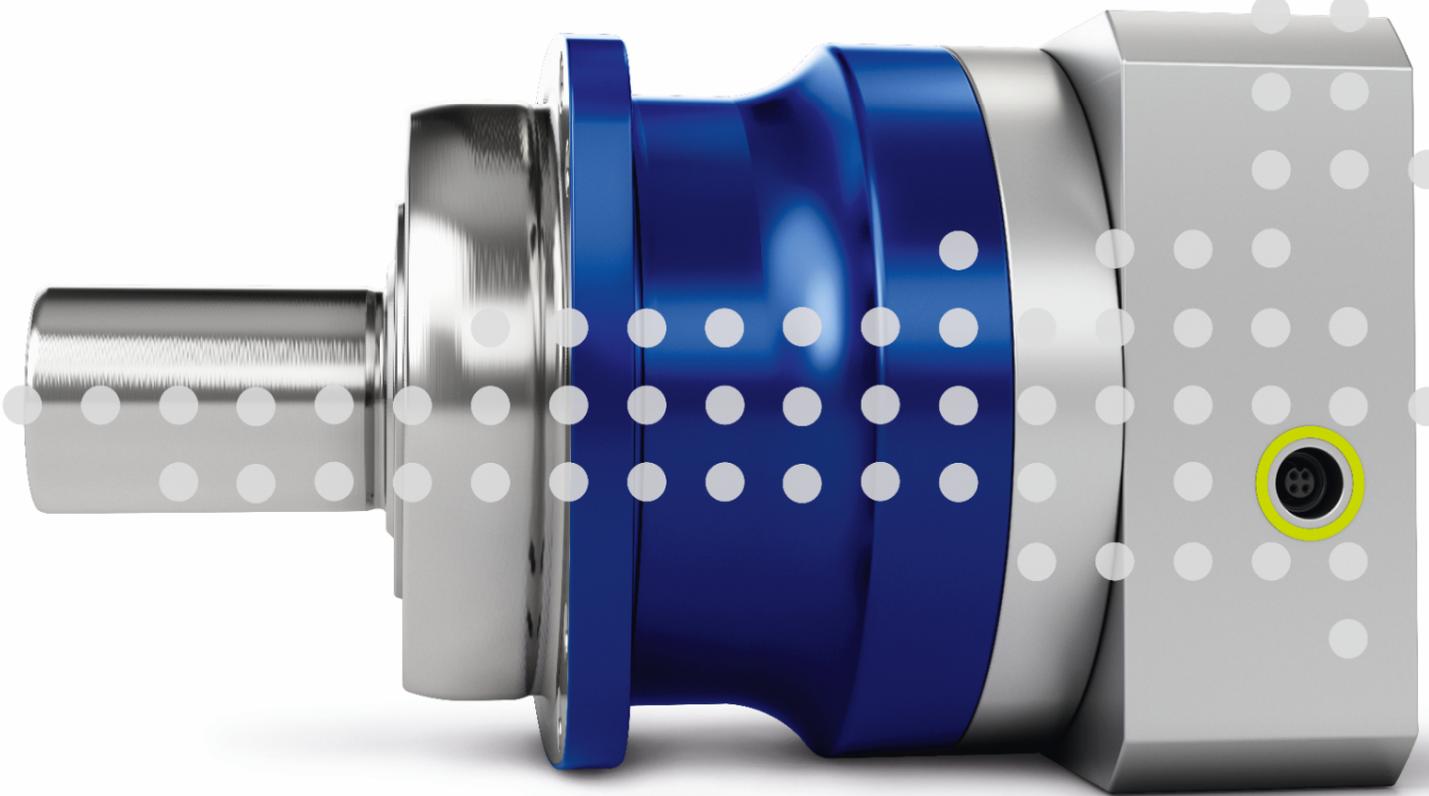


Lösung den zu erwartenden Kosteneinsparungen gegenübergestellt werden. Weiterhin muss abgesichert werden, dass das Funktionsmodell auch unter wechselnden Bedingungen belastbare Vorhersagen trifft.

Nichtsdestotrotz dient der Anwendungsfall und die darin demonstrierten Methoden und Paradigmen als Leuchtturmprojekt für zukünftige Kollaborationsprojekte mit externen Zulieferern. Die Besonderheit ist, dass durch die Verknüpfung der Daten mit der Produktfunktion über das Funktionsmodell der Wert der Daten klar quantifizierbar wird. Einerseits kann das bloße Vorhandensein der Daten und deren Bedeutung für das Funktionsmodell direkt als geldwerter Gegenwert dargestellt werden (z.B. durch vermiedenen Ausschuss). Dieser erwartete Mehrwert kann dann den Aufwänden für Messtechnik und IT Infrastruktur für den Datenaustausch beim Zulieferer gegenübergestellt werden. Darüber hinaus kann sogar die optimale Datenqualität (z.B. durch präzisere Messtechnik) über die verbesserte Prognosegüte und den damit einhergehenden eingesparten Qualitätskosten abgewogen werden.

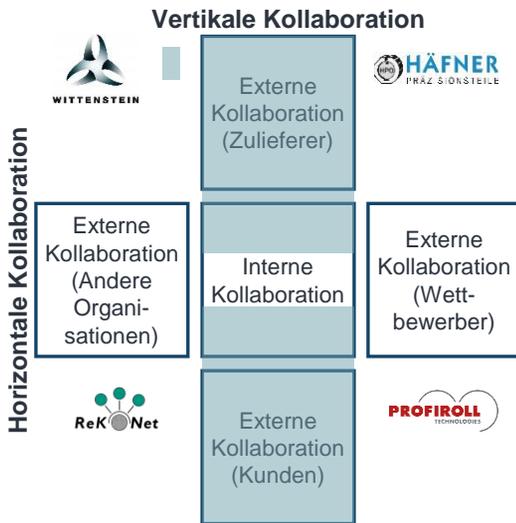
Für eine Umsetzung des Kollaborationssystems mit externen Partnern bedarf es im Vorfeld jedoch weitreichender Überlegungen und Abstimmungen. Dies beinhaltet einerseits Vertragsfragen, aber ebenso Abstimmungen zu den technischen Anforderungen der Datenübertragung und Vernetzung, gerade auch im Hinblick auf Gewährleistung des Datenschutzes, Sicherstellung von individuellem Know-How und Schutz der Daten vor interner und externer Manipulation.

Was bei diesen Themen zu beachten ist kann im Best Practice Abschnitt nachgelesen werden. Das Entscheidungsunterstützungssystem wird nach Projektende ebenfalls im bereits erwähnten [GitHub-Projekt](#) verfügbar gemacht.



Kollaborative Entwicklung digitaler Geschäftsmodelle

Anwendung bei der WITTENSTEIN SE



Einführung in den Anwendungsfall

Die Digitalisierung ermöglicht immer höhere Grade der Vernetzung zwischen Komponenten und Produktionssystemen - vom Lieferanten bis zum Kunden. Trotzdem ist die Kommunikation und der Datenaustausch häufig geprägt von händischen Tätigkeiten und zahlreichen Medienbrüchen. Es existiert keine Datenintegrität End-to-End, vom Kunden zum Kunden in der Wertschöpfungskette.

Auf der anderen Seite steht der WITTENSTEIN SE eine robuste Systemlandschaft mit vielen Gestaltungsmöglichkeiten und nutzbaren Standards zur Verfügung, deren volles Potenzial nicht ausgeschöpft ist. 2016 wurde eine eigene Abteilung gegründet, das Digitalisierungscenter, welches Herausforderungen bei Smart Products, Data Driven Services, Smart Factory und Smart Operations bearbeitet. Flankiert wird dies von Fachbereichen die exzellent in einzelnen Domänen aufgestellt sind, z.B. Anlagenbau und IT. Entlang der Wertschöpfungskette des Galaxie® Antriebssystems wurden die theoretischen Erkenntnisse des Projektes an zwei Anwendungen bei der WITTENSTEIN SE erprobt.

Phase I Konzeptphase

Die erste Phase befasst sich mit der Ausgangslage des Unternehmens und der Motivation sich mit dem Thema Kollaboration zu beschäftigen. Von der Unternehmensstrategie wurde eine Kollaborationsvision und eine erste Zielsetzung abgeleitet.

Motivation

Um die eigenen Leistungsangebote zu erweitern und bestehende Leistungen zu immer geringeren Kosten anzubieten, ist eine zunehmende Einbindung von Partnern nötig. Bezogen auf intelligente Produkte belegt dies auch eine Studie des Fraunhofer IPK [24]. 71% der Unternehmen erwarten durch smarte Produkte eine Zunahme an Kollaborationspartnern. Um die Beherrschbarkeit und die Stabilität des Gesamtsystems dennoch sicherzustellen, müssen dafür bestehende Integrationskonzepte überdacht und erweitert werden.

Zielsetzung

Die Zielsetzung ist zweigeteilt. Zunächst gilt es die klassische Produkt-Wertschöpfungskette mit smarten Produkten, um daten- und servicebasierte Wertschöpfungsprozesse anzureichern und neue Angebote mit dem Ziel einer Produktivitätssteigerung und Ressourcenschonung zu entwickeln. Zum Zweiten sollen im Wertschöpfungsnetzwerk bereits lokal vorhandene Daten allen Partnern zur Verfügung stehen und hierdurch entstehende lokale Mehrwerte gleichmäßig verteilt werden.

Ein wesentlicher Erfolgsfaktor für eine erfolgreiche Kollaboration ist die Schaffung gemeinsamer Mehrwerte durch Kollaboration. In vorliegendem Fall soll besonders durch den bidirektionalen Datenaustausch (aus Sicht jeden Partners) Mehrwert an verschiedenen Stellen im Wertschöpfungsnetzwerk generiert werden (vgl. Abbildung 20).

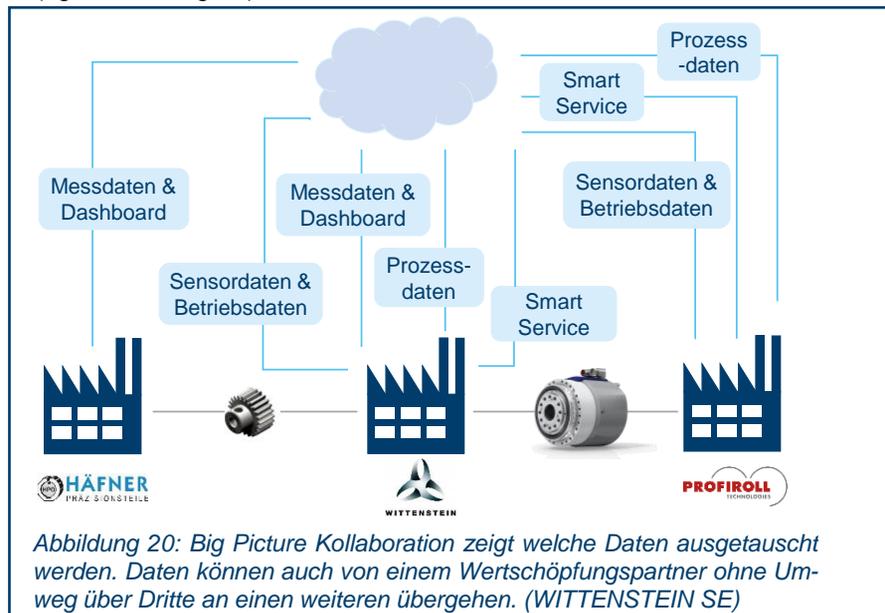


Abbildung 20: Big Picture Kollaboration zeigt welche Daten ausgetauscht werden. Daten können auch von einem Wertschöpfungspartner ohne Umweg über Dritte an einen weiteren übergehen. (WITTENSTEIN SE)

Phase II Konkretisierung

In der Konkretisierungsphase wurden aufbauend auf der Kollaborationsvision zwei Anwendungen entwickelt und modelliert. Diese werden nachfolgend erläutert

Anwendung 1 – Verteilter Mehrwert durch lokal vorhandene Daten

Die erste Anwendung teilt sich wiederum in zwei Teile. Zum einen stehen die Eliminierung von doppelten Qualitätskontrollen von selben Bauteilen in Wertschöpfungsnetzwerken im Fokus. Auf der anderen Seite sollen Änderungen im Lieferstatus in Echtzeit innerhalb des Netzwerkes kommuniziert werden, um die Reaktionszeit aller Partner zu erhöhen. Konkret demonstriert wird dies zwischen dem WITTENSTEIN-Produktionswerk am Standort Fellbach und dem Zulieferer Häfner Präzisionsteile Oberrot (HPO). Seitens HPO werden im Fertigungsverlauf der Vordrehteile sowie der Wareneingangskontrolle Messdaten erfasst, die jedoch nur lokal verfügbar sind. Eine unmittelbare Kommunikation nach außen erfolgt nicht.

In vielen Unternehmen sind Prozesse zur Qualitätssicherung mit hohen Kosten verbunden und stellen zudem einen Engpass dar. In der Anbahnungsphase des Projektes hat sich hier die Wareneingangskontrolle bei der Firma WITTENSTEIN als besonders attraktiv für Digitalisierung herausgestellt. Speziell im Falle des Standorts in Fellbach, in dem Ritzel für die Antriebssysteme hergestellt werden, konnte ein Optimierungspotenzial identifiziert werden. Gemeinsam mit der Firma HPO sollen hier die Prozesse zur Wareneingangskontrolle durch den Austausch relevanter Daten verschlankt werden. Ziel ist es Qualitätsdaten die bei der Wareneingangskontrolle durch die Firma HPO erfasst werden ebenso für die Wareneingangskontrolle durch WITTENSTEIN genutzt werden. So können der Engpassbereich Qualitätssicherung entlastet und Maschinenkosten reduziert werden.

Auf der einen Seite soll mittels Plattformtechnologien ein Austausch der Qualitätsdaten erfolgen, damit WITTENSTEIN diese für eine Wareneingangskontrolle verwenden kann. Auf der anderen Seite soll die gleiche Technologie genutzt werden, um bei Anpassungen der Lieferbedingungen direkt den richtigen Ansprechpartner zu informieren. Manuelle Aufwände entstehen nicht, WITTENSTEIN kann dann entscheiden, ob HPO bzgl. einer Lösungsfindung kontaktiert werden soll.

Nutzen für die Partner

Durch den Austausch von Qualitätsdaten ergeben sich eine Reihe von Vorteilen für die Parteien HPO und WITTENSTEIN. Zunächst vereinfacht die Digitalisierung von z.B. Prüfberichten die Dokumentation und die unternehmensübergreifende Verfügbarkeit. Im Falle eines Lieferantenaudits der Firma HPO durch WITTENSTEIN sind diese im Vorfeld abrufbar und Statistiken zu Ausschüssen sowie dokumentierte Maßnahmen können mit einbezogen werden. So können Audits zukünftig beschleunigt und weniger Verbesserungsmaßnahmen müssen kurzfristig umgesetzt werden. Zudem liegt der Grundstein für eine weitere Integration der Daten in Stammsysteme bei WITTENSTEIN. Die vorher als PDF oder in gedruckter Form verfügbaren Dokumente lassen sich nur mit hohem manuellen Aufwand einpflegen, die Übertragung per Hand ist fehleranfällig. Somit kann HPO ein attraktives, digitales Feature anbieten, welches Kunden wie WITTENSTEIN einen direkten und perspektivischen Nutzen bringt. Aus der starken Fokussierung von digitalen Dokumentationen in Firmen, kann diese Funktion zusätzlich zu einer Voraussetzung bei der Lieferantenauswahl werden. Als technische Grundlage kann die Übertragung zudem für weitere Dokumentationen und Informationen genutzt werden, in weiteren Projekten kann so die Bindung zwischen Lieferant und Kunde intensiviert werden.

Der größte Mehrwert entsteht auf der Seite von WITTENSTEIN als Kunde. Zum einen können Teile durch die frühe Informationsbereitstellung schneller freigegeben und in der Produktion verwendet werden. Auf der anderen Seite spart sich die Firma WITTENSTEIN die doppelte Messung bei der Wareneingangskontrolle. Da es sich hier um einen Engpassbereich handelt ist dieser Vorteil einer engeren Kollaboration mit HPO sehr stark zu gewichten.

Bezogen auf die vorhandene Problematik bei Lieferterminänderungen hilft die digitale Bereitstellung der notwendigen Informationen zeitliche Verluste in der Kommunikation zu verringern. So können z. B. Lieferverzögerungen früher bearbeitet werden und die verfügbare Reaktionszeit steigt, auch durch die automatische Bereitstellung des richtigen Ansprechpartners. Die Anbindung an die Stammsysteme bei HPO gewährleistet, dass Entscheidungen immer auf dem aktuellsten Informationsstand getroffen werden. So stellt

sich ein Sicherheitsgefühl bei den Mitarbeitern ein, auch weil sie sicher sind informiert zu werden, wenn gravierende Probleme auftreten. Für HPO bedeutet dies eine Entlastung, da der Kunde aktiv wird sollte ein Problem relevant genug sein. Im Falle einer leichten Verzögerung des Liefertermins kann dieser z.B. ohne großen Aufwand durch WITTENSTEIN bestätigt werden. Erhält der zuständige Disponent jedoch eine hohe Verzugsmeldung kann er direkt in Kontakt mit HPO treten, um gemeinsam eine Lösung zu erarbeiten.

Systemmodell

Aufbauend auf der Kollaborationsvision wurde die Anwendung mithilfe eines Funktionsdiagrammes konkretisiert. Ein Ausschnitt daraus ist in Abbildung 21 dargestellt.

Ausgangspunkt des Datentransfers ist immer HPO's ERP-System. In diesem werden die Stammdaten zu Kundenaufträgen, Fertigungsaufträgen, Teilen, etc. angelegt. Diese werden regelmäßig automatisiert in ein CAQ System, dem RQM der Firma Pickert übertragen. So ist sichergestellt, dass die Informationen zwischen ERP und CAQ deckungsgleich sind.

Sobald ein neuer Kundenauftrag bei HPO eingeht, wird dazu ein neuer Fertigungsauftrag angelegt. Über einen Scheduler werden diese Daten in eine Zwischentabelle geschrieben. Aus dieser Zwischentabelle liest das RQM zyklisch die neuen Daten aus und legt die entsprechenden Entitäten in den eigenen Datenbanken an.

Dies löst ein WFCL-Skript aus, dass die neuen Fertigungsaufträge an die REST-Schnittstellen eines Integration Hubs sendet. Der Integration Hub transformiert die Daten und sendet sie weiter an das Portal des ZERO defects Systems, welches ebenfalls von der Firma Pickert gehostet wird. Hier werden die Daten an die verschiedenen ZERO defects Core Services übergeben. Der Zugriff des Kunden, in diesem Fall WITTENSTEIN, erfolgt nun über einen passwortgeschützten Zugang in das Portal von ZERO defects. Um einen Fertigungsauftrag anzuzeigen, werden bei ZERO defects im HPO Mandanten Teile, Stücklisten, Produktdiagramme, etc. erzeugt. Über einen Freigabemechanismus kann HPO entscheiden welche dieser Datensätze im Wittenstein Mandanten sichtbar sein sollen und welche nicht.

Wann immer nun HPO Teile aus den geteilten Aufträgen gefertigt werden, werden die bei der

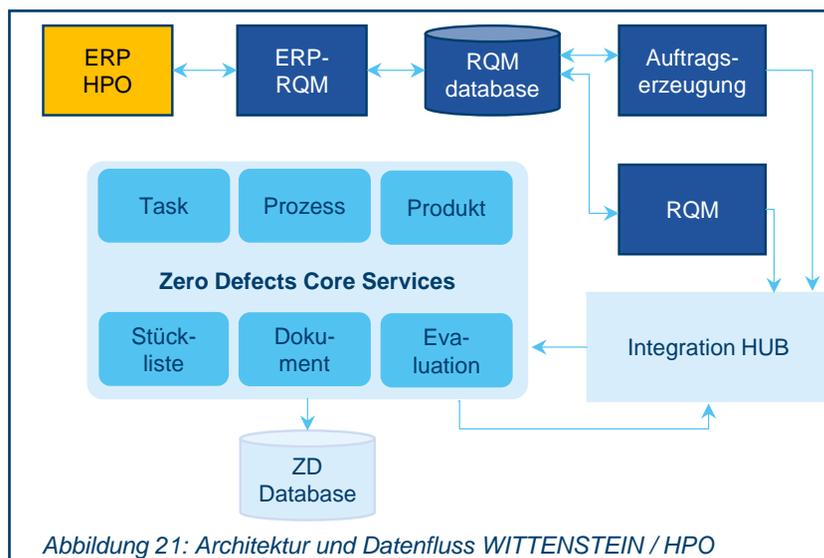


Abbildung 21: Architektur und Datenfluss WITTENSTEIN / HPO

Qualitätsprüfung anfallenden Daten über die o.g. WFCL-Skripte an den ZERO core gesendet. Dort stehen sie dann für HPO und WITTENSTEIN zur Ansicht und weiteren Auswertung zur Verfügung. Informationen können über Dashboards und Widgets vom jeweiligen Betrachter individuell konfiguriert werden.

Anwendung 2 – Kollaboration durch Smart Services

Ausgangslage bei WITTENSTEIN ist ein smartes Getriebe (Getriebe mit cynapse®), welches eigenständig Informationen erfassen, verarbeiten und kommunizieren kann. Die darauf aufbauenden digitalen Mehrwertdienste (Smart Services) werden von WITTENSTEIN bislang als eigenständige Software-Services in Kundenapplikationen und Plattformen zum Einsatz gebracht. Der Grund für die fehlende Integration mit anderen Services oder in eine Maschinenplattform ist nicht die fehlende technische Interoperabilität, sondern die fehlende Verzahnung von Geschäftsmodellen zwischen Komponenten- und Maschinenhersteller. Erst mit dieser Verzahnung wird eine ressourcenschonende, skalierbare und Mehrwert stiftende I4.0-Lösung für Maschinenbetreiber möglich.

Im Zuge der Anwendung wird zwischen der WITTENSTEIN SE und der Profiroll Technologies GmbH ein bidirektionales Datastreaming aufgebaut. So ist es möglich Betriebsdaten der Antriebssysteme aus der realen Einsatzumgebung im Feld zu empfangen und Services, teilweise basierend auf diesen Daten bereitzustellen und zu konsumieren.

In vorliegendem Fall wurde eine Edge Komponente gewählt, welche Daten des IO Link Masters empfängt und diese über den Azure IoT Hub für WITTENSTEIN verfügbar macht.

Diese Betriebsdaten können dann durch statistische Methoden oder höhere Algorithmen ausgewertet werden. Mit der Installation, der von WITTENSTEIN bereitgestellten Edge Komponente, erhält Profiroll direkten Zugang zu bereits vorinstallierten und offline-fähigen Services, bspw. der Schwellwertüberwachungen. Ziel ist es neben dem reinen Datenstreaming und der Bereitstellung von Standardservices, die aufgebaute Infrastruktur zur gemeinsamen Entwicklung neuer, auf den Kunden zugeschnittener Services, zu nutzen. Nachhaltig wird die Kollaboration durch neue Geschäftsmodelle von denen sowohl Komponentenhersteller, OEM und Betreiber profitieren. Kennzeichnend für die neuen kollaborativen Geschäftsmodelle ist es, dass der bisherige produktbezogene Wertfluss um den Wertfluss der Daten und Smart Services ergänzt werden (siehe Abbildung 22).

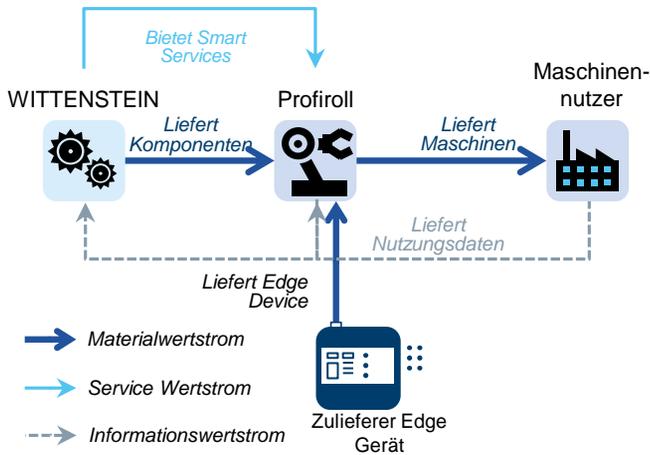


Abbildung 22: Wertschöpfung durch Smart Services (WSE)

Nutzen für die Partner

Auch in dieser Anwendung entstehen an verschiedenen Stellen Mehrwerte für die Partner. Der Maschinenbetreiber profitiert beispielsweise von reduzierten Stillständen, optimierten Prozessen und einer verbesserten Qualität. Der Bezug und die Nutzung der Services sind dabei flexibel und spielend leicht für den Betreiber gestaltet. Zielsetzung für WITTENSTEIN und Profiroll war es außerdem, die benötigte IT-Infrastruktur gemeinschaftlich zu nutzen und Skalierungseffekte zu heben. In weiteren Iterationen wird eine Ausweitung der durchgängigen Informationstransparenz auf weitere Partner des Wertschöpfungsnetzwerks angestrebt.

Naheliegender ist hier die Vision des „digitalen Zwillings“ des Produktes. Dieser beinhaltet

nicht nur physikalische Informationen eines Gegenstandes, z.B. Maße und Spezifikationen. Sondern auch Informationen die während des Entstehungsprozesses erfasst werden, z.B. Qualitätsdaten. Cynapse® als „Connectivity-Baustein“ ist zum Eintrittstor in ein serviceorientiertes Geschäftsfeld geworden und unterstützt die Nutzung des digitalen Zwillings von der Entstehung über Betrieb und Recycling eines Produktes

Phase III Implementierung

Grundbaustein der Geschäftsmodelle ist der durchgängige Datenfluss von der Komponente im Feld zum digitalen Service, welcher innerhalb der Anlage oder in einer Cloud lokalisiert sein kann. Für die Machine-to-Cloud und Cloud-to-Cloud Kommunikation konnte auf die Arbeiten der DIN SPEC 92222 „Referenzmodell für die industrielle Cloud Federation“ aufgesetzt werden. Die Spezifikation sieht es vor, die Geräte im Feld einem Edge-Gateway zuzuordnen und darüber eine oder mehrere Cloud Verbindungen aufzubauen.

Innerhalb der Profiroll Maschine wurden daher die Antriebssysteme mit cynapse® über einen IO-Link Master sowohl mit der Speicherprogrammierbaren Steuerung (SPS), als auch mit einem Industrie PC verbunden (vgl. Abbildung 23). Über den Industrie PC wird dann eine Verbindung zur Cloud-Plattform aufgebaut.

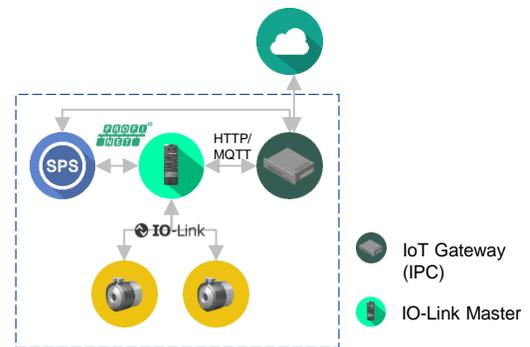


Abbildung 23: Einbindung smarter Antriebssysteme

Um sowohl dem Inbetriebnehmer als auch dem Benutzer eine einfache Interaktion mit den Services zu ermöglichen, wurde ein Smart Service Management Front End (vgl. Abbildung 24) entwickelt. Im Front-End werden die einzelnen Komponenten innerhalb der Maschine aufgelistet und das digitale Typenschild der ausgewählten Komponente angezeigt. Unterhalb der Produktinformation sind die verfügbaren und bereits installierten Services zur einzelnen Komponente dargestellt.

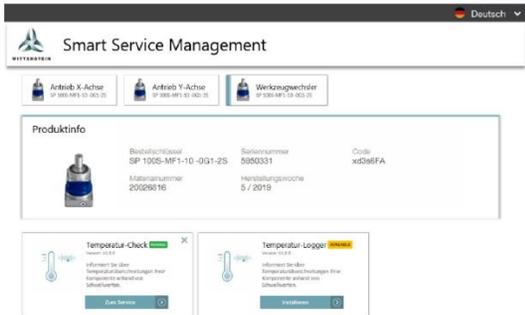


Abbildung 24: Smart Service Management Front End

Weiterer Grundbaustein innerhalb der Architektur ist das Data Gateway, welches die Kommunikationsflüsse innerhalb der Maschine zu den Smart Services steuert, aber auch die Verbindung zu Cloud Systemen hält (vgl. Abbildung 25). Mit dem Data Gateway sind künftige Erweiterungen oder auch schrittweise Update-Szenarien einzelner Services und smarter Produkte denkbar, da diese nun entkoppelt voneinander betrieben werden können. Im Projekt konnten drei Arten alternativer, kollaborativer Geschäftsmodelle für Komponentenhersteller identifiziert werden, welche im Anwendungsfall validiert wurden: Smart Component Provider, Smart Service Provider und Data Driven Solutions for individual problems. Die Konzepte sind den in Abbildung 26 - Abbildung 28 dargestellt.

Die erste Alternative ist sehr nahe am bestehenden Geschäftsmodell des Komponentenverkaufs. Zusätzliche Kompetenzen sind jedoch notwendig, da Antriebssysteme in der Regel keine Firmware enthalten.

Im Falle der zweiten Alternative bestehen besondere Anforderungen an die Kollaboration im Wertschöpfungsnetzwerk. Mehr Vertrauen bezogen auf Datenaustausch und Verständnis der Kundenapplikation ist notwendig. Trotzdem konnte die WITTENSTEIN SE bereits erste Kunden in diesem Geschäftsmodell bedienen.

Die dritte Alternative wurde noch nicht erprobt, ist dem Lösungsgeschäft der WITTENSTEIN SE jedoch ähnlich. Da sich die Lösungen jedoch weniger auf Hardware beziehen erfordert dieses Modell auch die größte Veränderung, die sich durch alle Unternehmensprozesse ziehen wird.

Im Zuge der Realisierung ist somit eine modulare Architektur entstanden, die mit dem passenden Geschäftsmodell auf die individuelle Situation bei den Anwender:innen implementiert werden kann.

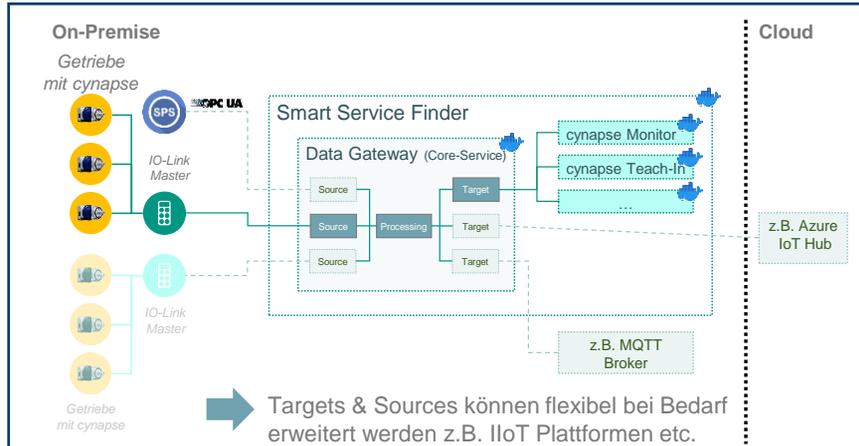


Abbildung 25: Gesamtarchitektur smart Service Finder



Abbildung 26: Smart Components Provider

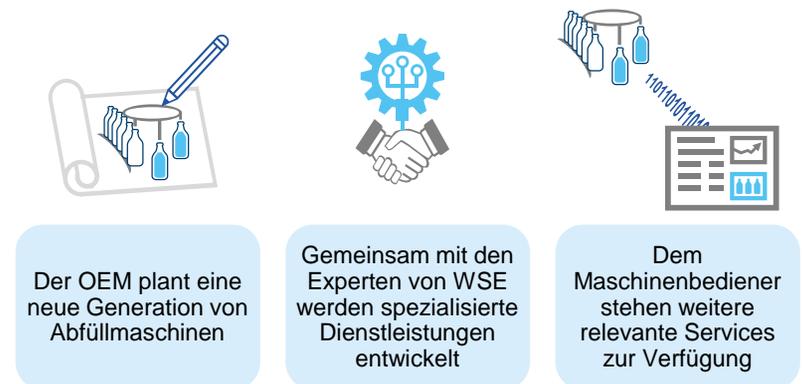


Abbildung 27: Geschäftsmodell Smart Service Provider

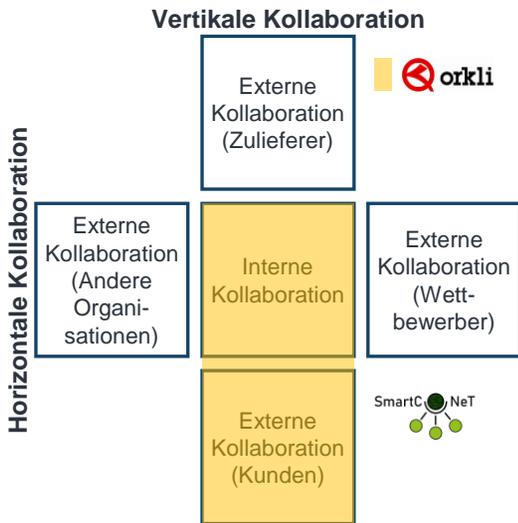


Abbildung 28: Data-driven Solutions for individual problems



Intelligente Logistik durch kollaborativen Datenaustausch

Anwendung bei ORKLI S. COOP



Einführung in den Anwendungsfall

Orkli, S.Coop - Teil der Mondragon Corporation Group - ist ein 1982 gegründetes Unternehmen mit rund 1.000 Beschäftigten. Das Unternehmen fertigt und vertreibt weltweit Komponenten für Heizungs- und Gasgeräte und ist führend im Bereich der Gassicherheit. 80% der Produktion des Unternehmens mit Hauptsitz in Ordizia, Spanien gehen in den Export. Orkli ist an zwei italienischen Unternehmen beteiligt und besitzt zwei weitere Produktionsstätten in China und Brasilien.

Der Anwendungsfall von Orkli bezieht sich auf den Bereich der Beschaffungslogistik im Investitionsgüterbereich, in dem es, wie auch in vielen anderen Branchen, sehr häufig noch immer an Daten und Transparenz der logistischen Prozesse mangelt. Fehlende Daten behindern die Prozessoptimierung und führen z.B. zu Überlastungsmanagement in der Lagerhaltung. Verstärkt wird dies durch wachsende und komplexer werdende Lieferketten.

Phase I Konzeptionierung

Mit einer Eigenentwicklung, dem Ekanban-System, wollte Orkli die Situation bei seinen Kunden verbessern. Daten sollen generiert und geteilt werden, um den Logistikprozess neu zu definieren, Kosten zu senken und einen direkten Informationsaustausch zwischen den Kunden und ORKLI zu etablieren.

Primäres Ziel des Anwendungsfalles war es, eine umfassende Lösung für die Optimierung der Lieferkette durch Ekanban zu installieren. Diese Lösung sollte einfache Zusatzgeräte mit künstlicher Intelligenz umfassen, die in der

Lage sind, Verbrauch, Bestellungen und Lagerbestände zu verwalten, sie aktiv zu reduzieren und die fixen und operativen Verwaltungskosten zu eliminieren. Die KPIs für dieses Projekt umfassten daher unter anderem die Reduzierung der Lagerbestände um mindestens 20 %, die Verkürzung der Lieferzeiten um 5 %, eine verbesserte Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen Akteuren der Lieferkette, die Automatisierung der Komponentenbereitstellung sowie die Gewährleis-

In der praktischen Arbeit von SmartCoNeT hat sich gezeigt, dass das Denken in dienstleistungsorientierten, sich verändernden Geschäftsmodellen hilft, spezifische Wertangebote für die beteiligten Akteure zu diskutieren.

tung einer reibungslosen Produktion.

Die Motivation von Orkli für diesen Anwendungsfall war es, sein Geschäftsmodell von einem Komponentenlieferanten für Haushaltsgerätehersteller zu einem Mehrwertdienstleister im Bereich der Produktionslogistik zu verändern.

Die Strategie von Orkli war auf die Skalierbarkeit und Erweiterbarkeit von Ekanban ausgerichtet. Ekanban in relevanten Unternehmen zu implementieren bedeutet, auch Zugang zu deren Kunden und Lieferanten zu erhalten. Die Erfassung von mehr Verbrauchs-

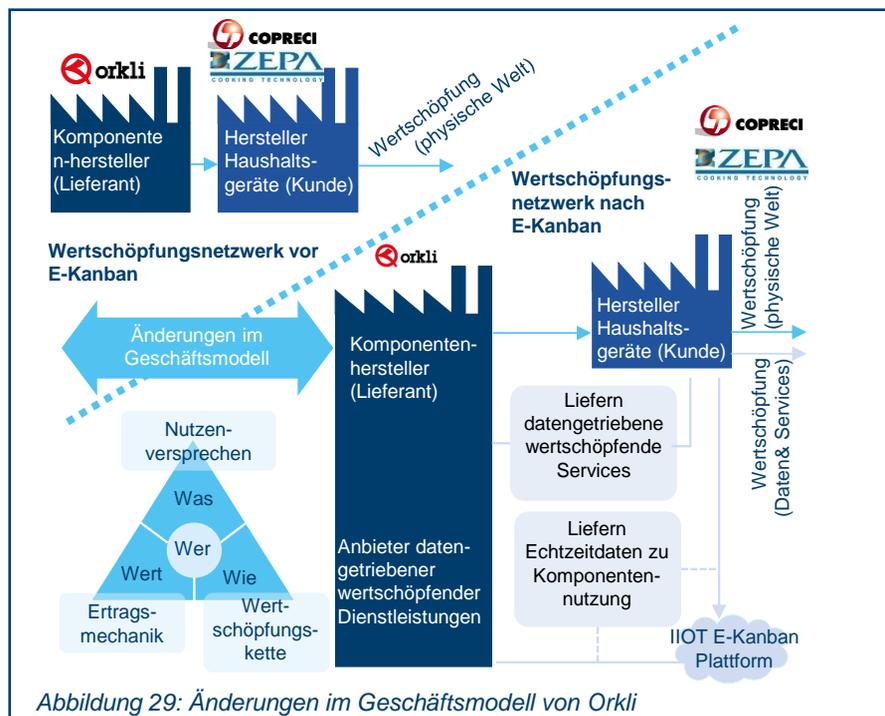


Abbildung 29: Änderungen im Geschäftsmodell von Orkli



Abbildung 30: Anwendungsszenario für intelligente Logistik durch kollaborativen Datenaustausch

ereignissen bedeutet zudem, dass Ekanban um ein Vorhersagemodul als zusätzliche Funktionalität erweitert werden kann.

Orkli begann die Entwicklung des Anwendungsfalls mit einer Analyse der beteiligten Akteure und ihrer jeweiligen Rollen und Bedürfnisse, um eine Lösung zu entwickeln, die die Bedürfnisse und Erwartungen der Beteiligten bestmöglich erfüllt.

In einem ersten Schritt wurden Workshops und Treffen mit den verschiedenen Interessengruppen organisiert, um eine gemeinsame Kollaborationsvision bzw. ein entsprechendes Anwendungsszenario zu entwickeln.

Phase II Konkretisierung

Auf der Grundlage des gemeinsam entwickelten Anwendungsszenarios begann Orkli mit der Entwicklung des Systemmodells. Ausschnitte der dabei entwickelten Diagramme werden im Weiteren dargestellt und erläutert.

werden, so dass sowohl der Lieferant als auch der Kunde die Verbräuche in Echtzeit visualisieren kann. Sind die Verbräuche erfasst und ist ein direkter Kommunikations- und Informationsfluss zwischen dem Lieferanten, dem Kunden und dem Transporteur hergestellt, kann das Produkt in Echtzeit durchgängig über die Ekanban-Plattform rückverfolgt werden. Dank der Plattform ist es möglich, den Zustand eines Produkts (verbraucht, in der Produktion, im Transport, im Lager) in Echtzeit zu visualisieren.

Darüber hinaus bietet die Ekanban-Plattform weitere zusätzliche Informationen und Funktionen, wie z. B. historische Verbrauchsdaten, personalisierte Berichte, E-Mail-Versand und ein Alarmsystem für Produkte, die sich in einem Alarmzustand befinden (z.B. nicht vorrätig), sowie den Vorschlag von Ekanban-Optimierungskarten.

Über das **Kommunikationsdiagramm** konnten die relevanten Kommunikations- und Informationsflüsse zwischen den Akteuren der Lieferkette (Kunden, Lieferanten, Transporteur) dargestellt werden. Die Ekanban-Cloud steht im Zentrum der Kommunikation und Datenverarbeitung.

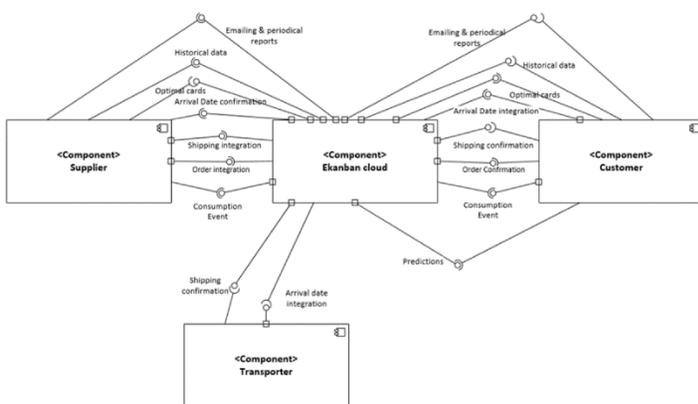


Abbildung 31: Komponentendiagramm Ekanban

Wie das **Komponentendiagramm** zeigt, gibt es im Anwendungsfall zwei Hauptakteure (Lieferant und Kunde) und zwei weitere wichtige "Komponenten" (Ekanban-Cloud und Transporteur). Mit Hilfe von IoT-Geräten sollen die Verbräuche des Kunden in Echtzeit erfasst und in der Ekanban-Cloud geteilt

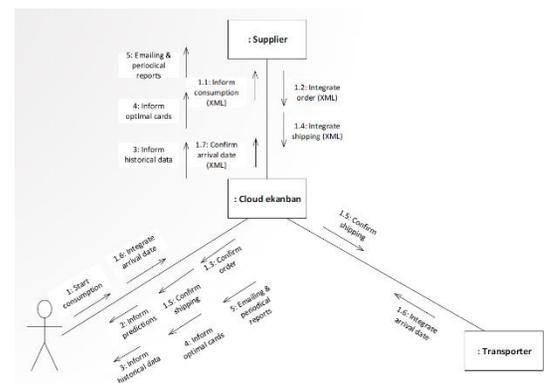


Abbildung 32: Kommunikationsdiagramm Ekanban

Im **Aktivitätsdiagramm** wurden die erforderlichen Interaktionen zwischen den zentralen Komponenten identifiziert.

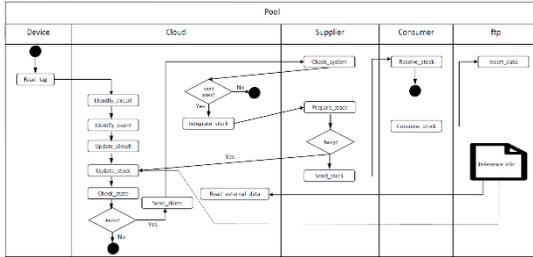


Abbildung 34: Aktivitätsdiagramm Ekanban

Mit Hilfe der IoT-Geräte ist der Kunde in der Lage, die Echtzeit-Verbrauchsdaten mit der Ekanban-Cloud zu teilen. Die Cloud empfängt und verarbeitet die Daten und bietet dem Lieferanten und dem Kunden die erforderlichen Informationen, um in jeder Situation die beste Entscheidung treffen können. So sendet die Cloud beispielsweise eine Warnmeldung per E-Mail an den Lieferanten, wenn es Anzeichen für einen Bestandsmangel gibt. Dank dieser Warnung kann der Lieferant rechtzeitig reagieren und die notwendigen Entscheidungen treffen, um das Problem zu lösen, indem er in diesem Fall eine neue Lieferung an den Kunden vornimmt.

Im **Klassendiagramm** wurden alle erforderlichen Daten zur Umsetzung des Anwendungsszenarios klassifiziert (organization, user, circuit, stock_state, card_state und device), mit den entsprechenden Merkmalen versehen und in Beziehung zueinander gesetzt.

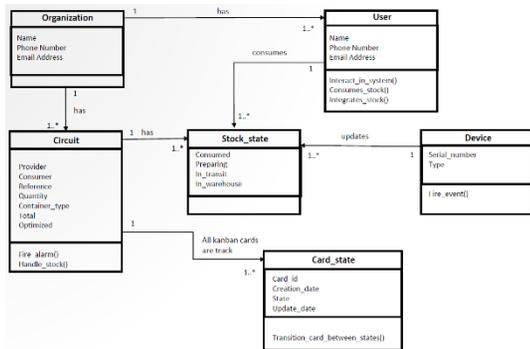


Abbildung 35: Klassendiagramm Ekanban

Nach der Entwicklung des Systemmodells mit seinen vier Diagrammen wurde die relevante **IT-Architektur und -Infrastruktur** analysiert.

Bei der Umsetzung des spanischen Anwendungsfalls sollten im Shopfloor des Kunden und des Lieferanten Verbrauchsdaten über QR-Codes oder RFID-Tags erfasst und über ein IoT-Gateway an die Ekanban-Datenbank übermittelt werden. Außerdem kommuniziert

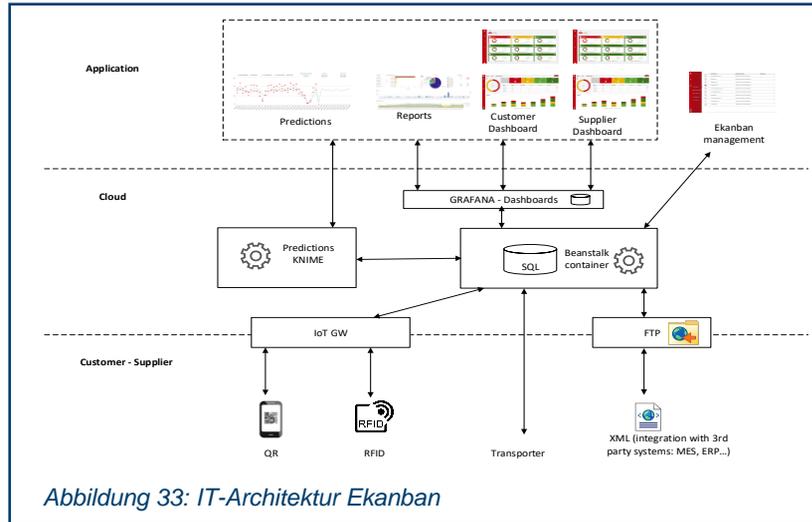


Abbildung 33: IT-Architektur Ekanban

der Transporteur über die Versandinformationen an die Datenbank (in diesem Fall erfolgt die Kommunikation zwischen dem Transporteur und der Ekanban-Cloud direkt). Für Informationen aus Drittanbieter-Systemen (MES, ERP...) sollte XML verwendet werden. Der Informationsaustausch sollte über das FTP- oder Dateiübertragungsprotokoll erfolgen.

In der Cloud-basierten Ekanban-Datenbank (Beanstalk-Container) werden alle Daten des Kunden und des Lieferanten gespeichert und verarbeitet. Sobald die Daten verarbeitet und die Informationen generiert sind, wird die Grafana Software verwendet, um nützliche Informationen in Grafiken oder Dashboards zu visualisieren. Mithilfe von Knime werden Verbrauchsvorhersagen berechnet und grafisch dargestellt, indem digitale Algorithmen auf die Echtzeit-Verbrauchsdaten des Kunden angewendet werden.

Auf der Anwendungsseite werden verschiedene Dashboards sowohl für den Kunden als auch für den Lieferanten verwendet, um unter anderem die Rückverfolgbarkeit der Produkte in Echtzeit, regelmäßige Berichte und verschiedene Prognosen zu präsentieren. Außerdem können die Nutzer im Verwaltungsbereich die Organisationen, Benutzer, IoT-Geräte, etc. im System selbst definieren und verwalten.

Auf der Grundlage der ermittelten praktischen Anforderungen für die Umsetzung dieses Anwendungsszenarios wurden die folgenden Aufgaben ermittelt:

- Erfassen von Verbrauchsdaten mit **einfachen, fernsteuerbaren IoT-Geräten** unter Verwendung von RFID-Technologien, gemeinsam entwickelt

mit dem technologischen Kooperationspartner Embeblue

- Erfassen von Verbrauchsdaten mit der **mobilen Ekanban-App**, gemeinsam entwickelt und verbessert mit dem Partner Batura Mobile Solutions
- Entwicklung einer neuen **Visualisierungsplattform** einschließlich eines neuen **Sicherheits- und Datenverschlüsselungssystems** zusammen mit Magnet.
- Analyse der Verbrauchsdaten mit neuen **prädiktiven Algorithmen**, gemeinsam entwickelt mit dem Technologiepartner Lis Solutions
- **Testen und Implementieren** der Mehrwertdienste mit den beiden Kunden Copreci und Zepa.

Die gute Zusammenarbeit und Kommunikation mit Technologiepartnern war ein Erfolgsrezept, um eine korrekte Entwicklung der gewünschten Ergebnisse zu gewährleisten. Vor Beginn der technischen Entwicklungen, wurden zunächst die Bedürfnisse, Erwartungen und Ziele der Partner spezifiziert. Mit Hilfe gemeinsamer Gantt-Diagramme und regelmäßiger Besprechungen steuerte Orkli die gemeinsamen Projekte. Zusammenarbeit, Kommunikation und Partnerschaft waren die wichtigsten Voraussetzungen für die erfolgreiche Umsetzung der technischen Errungenschaften.

Phase III Implementierung

Im Rahmen des Projektes konnte das Ekanban-System erfolgreich entwickelt und bei gleich zwei Kunden implementiert werden. Damit konnte Orkli sein Geschäftsmodell erfolgreich von einem Komponentenanbieter zu einem Mehrwertdienstleister im Bereich der Produktionslogistik verändern.

Beide Pilotkunden schätzen die intelligenten Serviceangebote von Ekanban zur Optimierung der Lieferkette durch die Steuerung des Verbrauchs in Echtzeit und die Optimierung des Informations- und Materialflusses zwischen Kunden und Lieferanten im Produktionsnetzwerk. Erste Zahlen zu den angestrebten KPIs zeigen, dass das Ekanban-System einen wesentlichen Beitrag zur Optimierung der Lieferkette in kollaborativen Fertigungsnetzwerken leistet: 30 % Bestandsreduzierung (ursprünglich angestrebte 20 %) konnten bereits nachgewiesen werden. Das Potenzial ist sogar noch höher. Eine weitere

beeindruckende Zahl ist die Reduzierung von dringenden Materialtransporten um 75 %.

Die ersten erfolgreichen Implementierungen und Erfahrungen haben das Interesse weiterer Unternehmen, auch aus anderen Branchen, geweckt. So werden in nächster Zeit einige weitere Implementierungen folgen. Abschließend lässt sich sagen, dass der Smart-CoNeT-Ansatz auch zum längerfristigen Ziel von Orkli beigetragen hat, Kunden außerhalb der Haushaltsgerätebranche anzusprechen und zusätzliche Einnahmen in neuen Märkten zu generieren.

Im Folgenden werden einige im Projekt realisierte technische Lösungen des Ekanban-Systems kurz beschrieben.

Autarkes RFID-Gerät

Orkli hat zusammen mit Embeblue ein autarkes, einfach zu implementierendes RFID-Gerät entwickelt, das 100% der Verbrauchsvorgänge der Kunden erfasst. Da Kunden oft keine fremden Geräte in ihre Infrastruktur integrieren möchten, ist es wichtig, dass die Geräte über ein eigenes Kommunikationsnetz verfügen. Darüber können die Geräte vor Fehlfunktionen warnen und Orkli kann aus der Ferne mit diesen Geräten kommunizieren und vorausschauende Wartungsaufgaben durchführen.



Abbildung 36: Autarkes Ekanban RFID Gerät

Visualisierungsplattform mit Sicherheitssystem

In Zusammenarbeit mit Magnet wurde eine dynamische und einfach zu bedienende Ekanban-Anzeigeplattform entwickelt. Über die Plattform können die Kunden selbstständig Probleme melden und haben die Möglichkeit, Änderungen an ihrer Geschäftslogik vorzunehmen. Eine Panel-Steuerung erleichtert die Durchführung von Änderungen oder die Verwaltung von Ekanban, ohne dass die Datenbank direkt angesprochen werden muss. Die Plattform ist in der Cloud gehostet (Amazon AWS). Somit haben die Kunden jederzeit und von überall die wichtigsten KPIs Ihres Lagers über das Business Intelligence Modul der Ekanban Plattform im Blick (vgl. Abbildung 37).

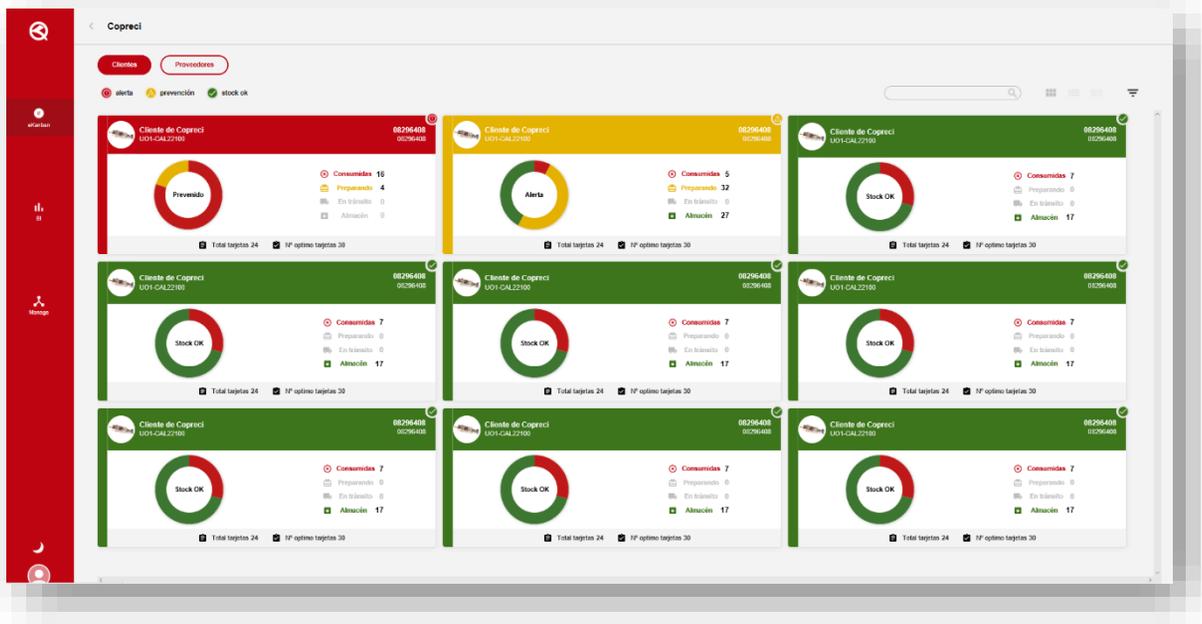


Abbildung 37: Business Intelligence Modul der Ekanban Plattform

Vorhersagealgorithmen für den Verbrauch

Das Hauptziel des Anwendungsfalles war die Entwicklung fortschrittlicher Vorhersagealgorithmen, um den künftigen Verbrauch der Kunden mit größtmöglicher Zuverlässigkeit vorherzusagen. Dadurch erhält das Unternehmen mehr Flexibilität und Reaktionszeit. Zudem können die Produktionsplanung und der Einkauf von Rohstoffen optimiert werden, was zu kürzeren Durchlaufzeiten und einer höheren Kundenzufriedenheit führt.

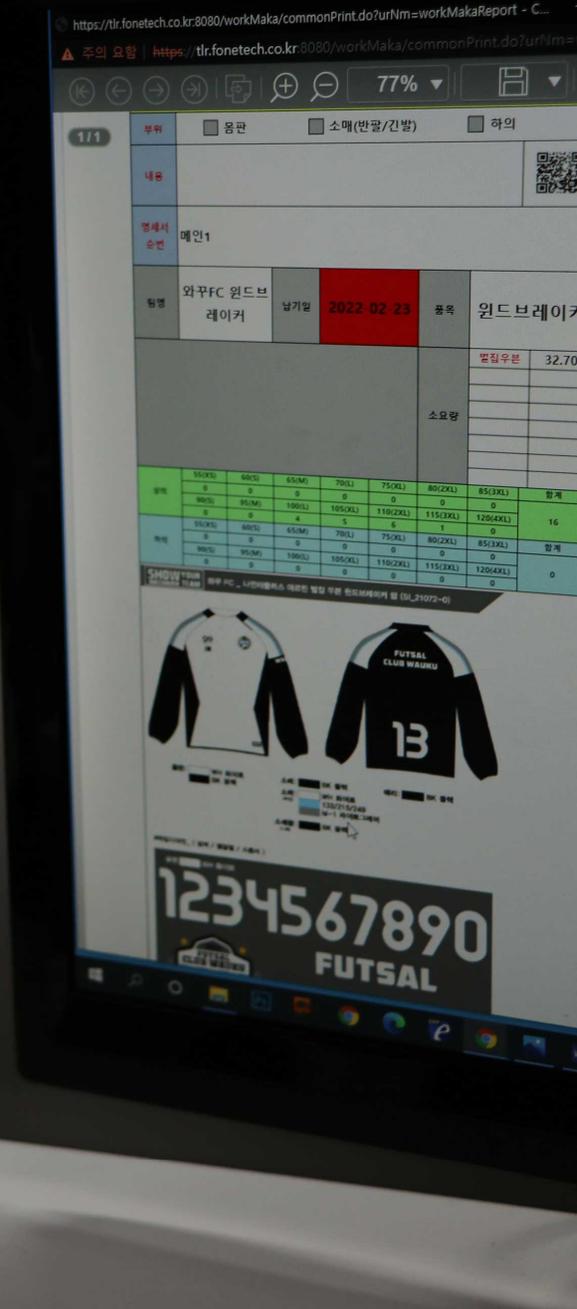
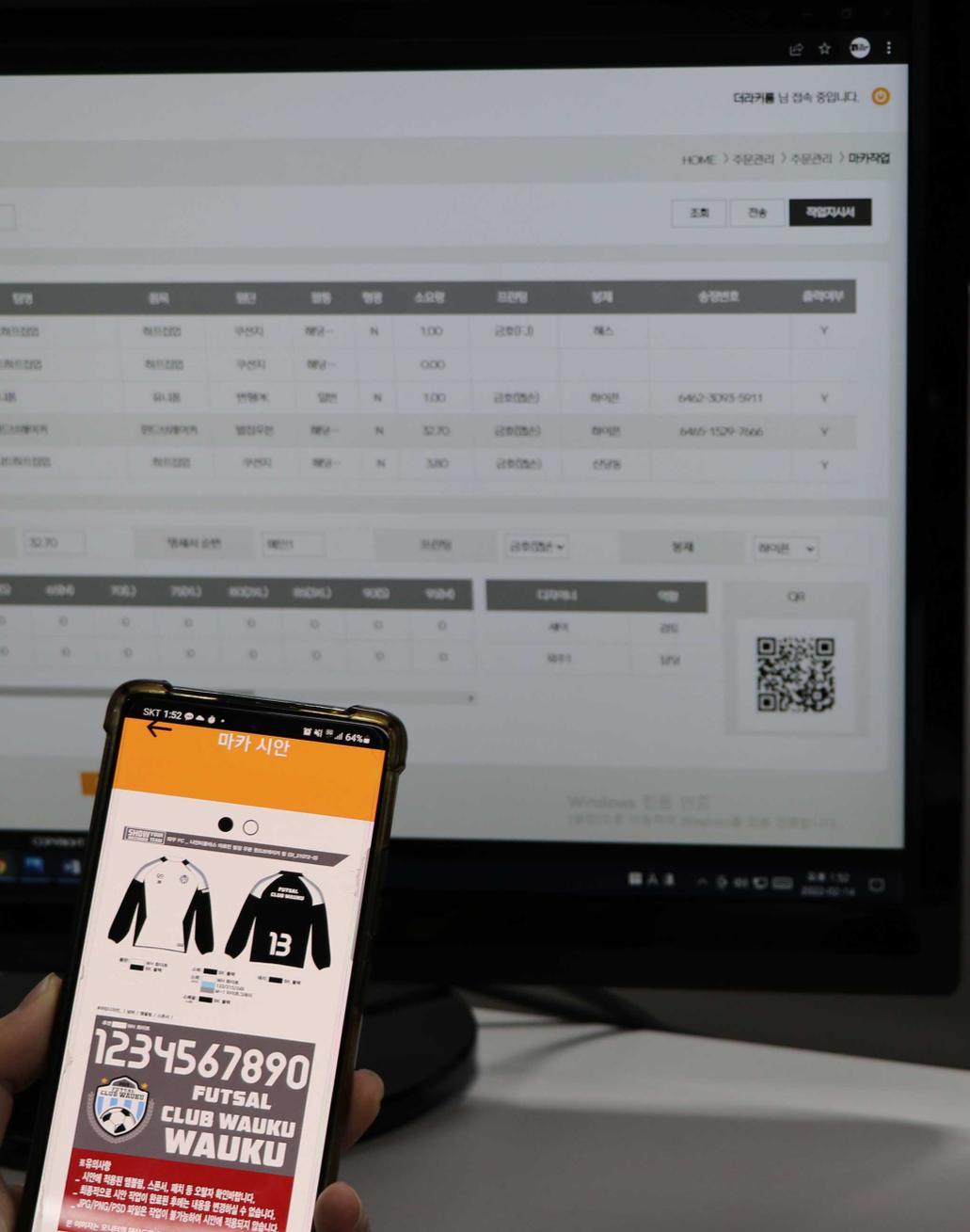
Zur Entwicklung der Vorhersagealgorithmen wurden verschiedene klassische und

neuartige Vorhersagetechniken aus der Zeitreihenanalyse betrachtet (Arima, Deep Long-Short-Term-Memory (LSTM), ...). Das Modul wurde derart erweitert, dass für jeden spezifischen Anwendungsfall und Kunden, der beste Algorithmus zur Berechnung der Top-Prognose ausgewählt wird, basierend auf dem Verbrauchstrend, der jedem spezifischen Artikel folgt.

Die Algorithmen wurden nach erfolgreicher Erprobung in das Ekanban-System integriert, um alle Daten und Informationen in einer einzigen Plattform zu speichern.

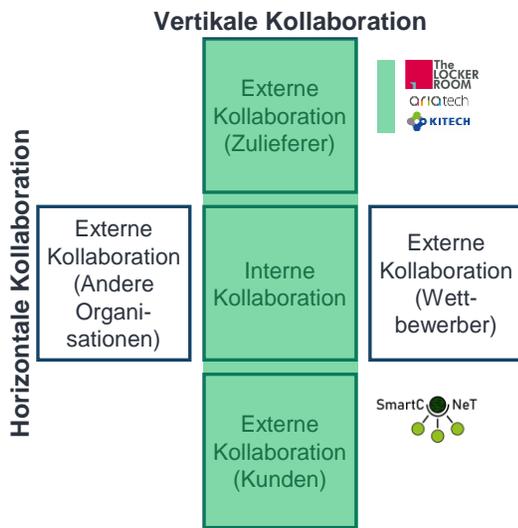


Abbildung 38: Vorhersage Verbräuche in der Ekanban Plattform



Kollaborative Fertigung personalisierter Sportbekleidung

Anwendung von *ariatech Inc.* & *KITECH*



Einführung in den Anwendungsfall

Der südkoreanische Anwendungsfall befasst sich mit einer kollaborativen Wertschöpfungskette in der Sportbekleidungsbranche mit besonderem Schwerpunkt auf Produktdesign, Materialversorgung, Druck- und Nähprozessen. Eine echte Herausforderung in solchen Lieferketten ist die gemeinsame Nutzung von Produktionsaufträgen und Designinformationen, die von Markenherstellern in Echtzeit erstellt werden. Äußerst selten werden Prozessinformationen zwischen den Gewerken Rohmaterial, Druck und Nähen echtzeitnah ausgetauscht, was eine genaue Produktionssteuerung erschwert. Infolgedessen ist es für Markenhersteller schwierig, Aufträge zu erweitern und auf Kunden mit schwankenden Produktionsplänen zu reagieren.

Um solche Probleme zu lösen, konzentrierte sich der Anwendungsfall auf den Aufbau einer Cloud-Plattform, die Daten entlang der gesamten Wertschöpfungskette sammelt und gemeinsam verfügbar macht. Der Anwendungsfall zielte darauf ab, die Integration der Produktentwicklung in der Wertschöpfungskette zu unterstützen, indem ein System für ein integriertes Produktionssystem (MachineIoT-MES-Cloud) entwickelt wurde. Es sollte eine integrierte Plattform entwickelt werden, die als Kollaborationssystem für verschiedene Stakeholder in Bezug auf die Wertschöpfungskette von der Produktentwicklung bis zur Auslieferung an den Kunden (Engineer-to-order) genutzt werden kann.

Phase I Konzeptionierung

Das übergeordnete Ziel des koreanischen Anwendungsfalls war es, die Gesamteffizienz der kollaborativen Wertschöpfung rund um den Markenhersteller (The Locker Room) zu verbessern, wobei die Wertschöpfungskette für die Herstellung personalisierter Sportbekleidung im Mittelpunkt stand. Bei dem Markenhersteller handelt es sich um ein auf individualisierbare Sportbekleidung spezialisiertes Online-Einkaufszentrum, das über kein eigenes Produktionssystem verfügt. Das Kollaborationssystem sollte daher vier Unternehmen umfassen (Markenhersteller, Stofflieferant, Stoffdruckerei und Näherei) und die Kunden einbeziehen, die das Endprodukt (z. B. ein personalisiertes Sportshirt) erwerben.

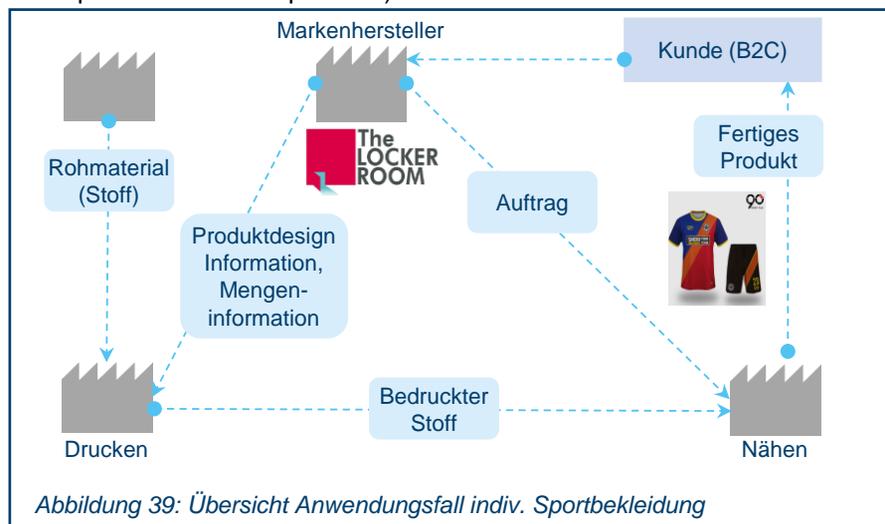


Abbildung 39: Übersicht Anwendungsfall indiv. Sportbekleidung

Das Kollaborationssystem um den Markenhersteller sollte Smart Services wie ein Prozessmanagement in Echtzeit und Qualitätsmanagement in der Nähindustrie umfassen. Zu den angestrebten KPIs gehörten der Anlagendurchsatz, die Durchlaufzeit und die Kapazitätsauslastung, anhand derer sich die Wirkung eines verbesserten Linienmanagements bewerten lässt. Die Kollaborationsvision ist in Abbildung 41 dargestellt.

Die koreanischen Partner KITECH und ariatech begannen die Entwicklung des Anwendungsfalls mit einer Analyse der beteiligten Akteure und ihrer jeweiligen Rollen und Bedürfnisse. Als relevante Stakeholder-Gruppen für das Kollaborationsszenario wurden die Produktionsmanager und Mitarbeiter der vier

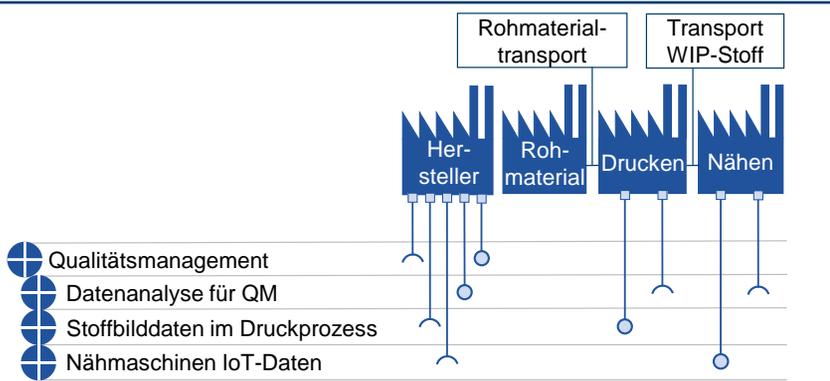


Abbildung 41: Kollaborationsvision zur cloudbasierten Produktionssteuerung in der Sportbekleidungsindustrie

Unternehmen im Produktionsnetzwerk identifiziert. Echtzeit-Prozessinformationen (Auftragsinformationen) und Informationen zu Qualitätsproblemen (insbesondere für die Druck- und Nähbetriebe) wurden als die Hauptbedürfnisse dieser Stakeholder identifiziert.

Phase II Konkretisierung

Auf der Grundlage des gemeinsam entwickelten Kollaborationsszenarios begannen die koreanischen Partner mit der Entwicklung des Systemmodells. Ausschnitte der dabei entwickelten Diagramme werden im Weiteren dargestellt und erläutert.

"Wir hatten vorher keine Erfahrung mit der Erstellung solcher Systemmodelle. Daher brauchten wir anfangs einige Zeit, um das Modell zu verstehen und uns damit vertraut zu machen. [...] Nachdem wir jedoch einige Beispiele gesehen hatten, stellten wir fest, dass das grundlegende Systemmodell recht intuitiv ist und es hilft, die Anwendungsfälle besser zu verstehen und zu visualisieren. Nachdem wir unser eigenes Systemmodell erstellt hatten, stellten wir außerdem fest, dass wir dank dieses Modells in der Lage sind, einige der Grundlagen unseres Falles besser zu visualisieren. Daher glauben wir, dass es sich lohnt, Zeit darauf zu verwenden, und dass es in Zukunft auch unter anderen Umständen nützlich sein könnte."

Wie das **Komponentendiagramm** veranschaulicht, sind insgesamt 6 Komponenten enthalten mit der Cloud-Plattform als fokaler Komponente:

- Cloud - Central Repository Actor, in dem alle Informationen über den Produktionsprozess gespeichert sind.
- Kunde (Einzelpersonen) - Benutzer des Webshops, der Produkte bestellt.

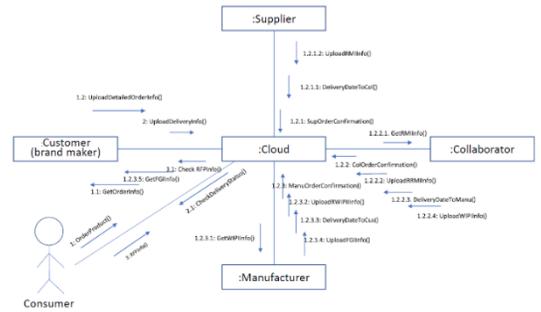


Abbildung 40: Kommunikationsdiagramm individualisierbare Sportbekleidung

- Kunde (Markenhersteller) - Akteur, der die Produktion anweist, indem er die Kundenbestellung bestätigt.
- Lieferant (Rohmaterial) - Akteur, der die Stoffe liefert.
- Hersteller (Druck) - Unternehmen für Thermotransferdruck - Akteur, der den Stoff erhält und bedruckt.
- Hersteller (Montage) - Akteur des Unternehmens, der nach Erhalt des bedruckten Stoffes die Näharbeiten durchführt.

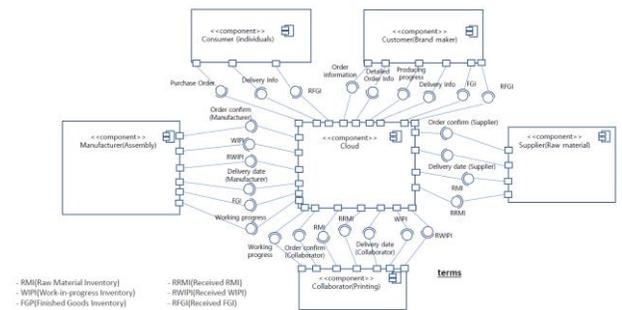


Abbildung 42: Komponentendiagramm individualisierbare Sportbekleidung

Wichtige Informationen, die in diesem Kollaborationsszenario ausgetauscht werden, umfassen Rohmaterialinformation des Bekleidungsstoffes (RMI), Work-In-Progress (WIP) z.B. für Kleidung mit Sublimationsdruck oder den Fertigwarenbestand (FGP) für die Kleidung, die an den Kunden geliefert werden soll.

Wenn ein Markenhersteller eine Bestellung über den Webshop erhält, stellt er nicht nur eine Reihe von Informationen zur Verfügung, um die Bestellung zu bearbeiten, sondern erhält auch Informationen über den Status der Warenein- und -ausgänge von der Materialbestellung bis zum Produktionsprozess über das Dashboard in Echtzeit. Dabei ist es möglich, effiziente und flexible Produktionspläne zu erstellen, indem der Informationsfluss zwischen

den Unternehmen über die Cloud gewährleistet wird und ein System aufgebaut wird, das aktiv auf Störungen reagieren kann.

Im **Kommunikationsdiagramm** wurden die zentralen Informationsflüsse erfasst. Der Hauptkommunikationsfluss stellt die Interaktion von der Kundenbestellung (Einzelpersonen) über die prozessspezifischen Produktionsinformation bis hin zur Auslieferung dar.

Der Hauptkommunikationsfluss eines jeden Objekts ist wie folgt:

- 1) Der Kunde meldet eine Bestellung für ein Produkt an. Anhand dieser Bestellung erstellt der Markenhersteller einen Designvorschlag und erzeugt Bestell- sowie Designinformationen und Arbeitsaufträge, die an die kooperierenden Unternehmen gehen.
- 2) Über die Cloud prüft der Stofflieferant die Informationen zur Stoffbestellung und ergänzt die Informationen zur Stofflieferung. Die Druckerei dokumentiert die Menge des verbrauchten Stoffes (inkl. WIP). Die Näherei fragt die WIP-Informationen ab und ergänzt über die Cloud eigene Informationen zum Stoffverbrauch (inkl. WIP) sowie zur Produktlieferung.
- 3) Der Markenhersteller prüft den Status der Auftragsabwicklung jedes kooperierenden Unternehmens über die Cloud, prüft die Informationen zur Produktlieferung, und der Kunde erhält das fertige Produkt.

Über ein **Aktivitätsdiagramm** wurden die erforderlichen Interaktionen zwischen den zentralen Komponenten identifiziert. Die von den Barcodesystemen, Sensoren und verschiedenen IoT-Geräten generierten Daten werden vom Cloud-System erfasst und die erforderlichen Informationen den Kooperationsunternehmen zur Verfügung gestellt (vgl. Abbildung 44).

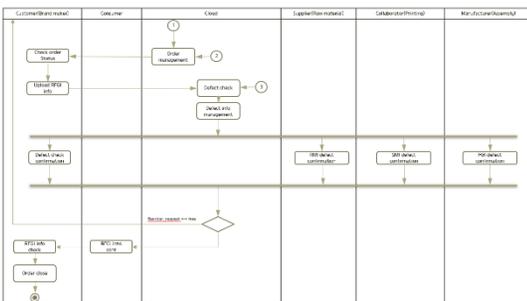


Abbildung 44: Aktivitätsdiagramm individualisierbare Sportbekleidung

Durch diesen Informationsaustausch können die kooperierenden Unternehmen auf einfache Weise intelligente Produktionspläne erstellen und verwalten. Zu jedem Auftrag kann eine Statusabfrage zu den ausgetauschten Auftrags-, Konstruktions- und Prozessinformationen erfolgen. Aufgrund der durchgehenden Erfassung von Produktionsfehlern über den gesamten Produktionsprozess hinweg können alle Mängel bis zum Abschluss der Kundenaufträge behoben werden.

Das **Klassendiagramm** stellt die im Komponentendiagramm definierten Akteure als unabhängige Klassen dar. Darüber hinaus gibt es Klassen für die Auftragsverwaltung, Klassen für die Fehlerverwaltung und Klassen für die RMI & WIP-Fehlerprüfung. Das Diagramm wurde durch die Definition von Austauschdaten und Schnittstellen zwischen allen Klassen zusammengesetzt (vgl. Abbildung 43).

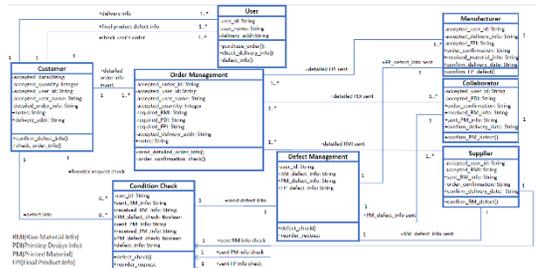


Abbildung 43: Klassendiagramm individualisierbare Sportbekleidung

Nach der Entwicklung des Systemmodells wurde die erforderliche **IT-Architektur und -Infrastruktur** analysiert.

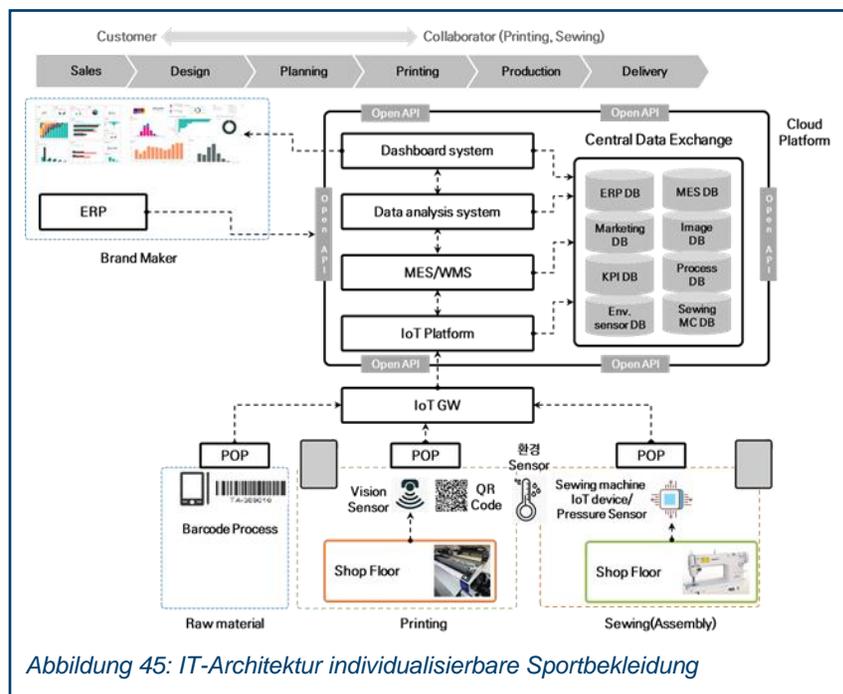


Abbildung 45: IT-Architektur individualisierbare Sportbekleidung

Um den Anwendungsfall implementieren zu können, benötigte jedes Unternehmen ein Traceability-System, um Daten zum Materialfluss an das MES-System liefern zu können. Informationen zur Arbeitsleistung sollten über ein IoT-Gerät der Nähmaschine, Informationen zum Status der Auftragsbearbeitung über den Vision-Sensor (QR-Code-Erkennung) und Informationen zu Messdaten über den Temperatur- und Feuchtigkeitssensor generiert und über das IoT-Gateway in der Datenbank gespeichert werden. Das MES-System muss dabei mit dem ERP-System vernetzt sein, um Kundenauftragsinformationen zu speichern sowie Konstruktionsinformationen und Arbeitsauftragsinformationen zu verwalten.

Eine Big-Data--Engine soll Machine Learning basierte Analysedaten liefern, unter Verwendung verschiedener von IoT-Plattformen gesammelter Fertigungsdaten. Über die Cloud soll für jeden Kollaborationspartner ein User Interface erstellt werden, das eine rollenbasierte Datenverarbeitung und -verwaltung ermöglicht. Dabei soll eine Trennung von gemeinsam genutzten und nicht gemeinsam genutzten Informationen stattfinden.

In der Analyse wurden folgende Lücken und praktische Anforderungen für die Realisierung des Kollaborationsszenarios ermittelt:

- Integration von Auftrags-, Kunden- und Produktinformationen sowie Informationen über Arbeitsaufträge und Qualitätsprobleme
- Integration Chargeninformationen (QR, Barcode usw.), IoT-Daten von Nähmaschinen, Bildverarbeitungsdaten von Druckmaschinen, Daten von Umweltsensoren
- Lösung der Frage des Dateneigentums (Auftrags-Kunden-Informationsmanagement nach dem Personal Information Protection Act)
- Anwendungsspezifische Lösungen für die Realisierung des IoT-Systems, mit besonderem Schwerpunkt auf Sensorintegration, Barcode-System, IoT-Gateway, IoT-Plattform, MES/WMS, ERP-Integration, Cloud-Technologien, Datenanalyse-Engine usw. (einschließlich IT-Sicherheitsfragen wie Kanal- und Datenverschlüsselung und Zugangskontrollmanagement)

Zu den wichtigsten technischen Aufgaben der Roadmap für die Umsetzung des Szenarios gehörten daher:

- Entwicklung eines cloudbasierten MES zur Unterstützung der Zusammenarbeit in der Wertschöpfungskette mit Fonetech Inc.
- Entwicklung eines Nähmaschinen-IoT-Geräts zur Datenerfassung mit Ari Info Tech Inc.
- Entwicklung eines rollenbasierten Visualisierungssystems mit integrierter IT-Sicherheit
- Test und Implementierung des Kollaborationssystems mit The Locker Room Inc.

Phase III Implementierung

Mit der Realisierung des kollaborativen Systems für effiziente Produktion im Textilproduktionsnetzwerk rund um den Markenhersteller "The Locker Room" konnten die angestrebten Ziele erreicht werden: Den Kunden wurde ein Service zur Verfolgung des Auftragsstatus bereitgestellt. Alle Kollaborationspartner können nun in Echtzeit den Status des Herstellprozesses abrufen und die Auftragsverwaltung in der Näherei wurde deutlich verbessert.

Erste Tests des entwickelten und implementierten Kollaborationssystems bei den vier Kollaborationspartnern (Design, Stoff, Druck, Nähen) haben gezeigt, dass das System den Grad der Prozessautomatisierung grundlegend erhöht (7 von 13 Produktentwicklungsprozessen konnten bereits automatisiert werden). Somit konnten die Effizienz und Qualität des Prozesses gesteigert und die Lieferzeit des Endprodukts reduziert werden.

Weitere Unternehmen (eine Druckerei und zwei Nähereien) haben sich bereits an das System angeschlossen. Es wird erwartet, dass die Zahl neuer Kooperationspartner weiter zunimmt. Zukünftig könnte die entwickelte Plattformlösung auch in weiteren Branchen für eine effizientere Fertigung in Produktionsnetzwerken eingesetzt werden.

Einige der technischen Lösungen, die im Rahmen des Projekts umgesetzt wurden, werden im Folgenden kurz beschrieben.

Cloud-basiertes MES und mobiles System zur Verwaltung von Arbeitsaufträgen

Das entwickelte cloudbasierte MES-System zur Integration der Wertschöpfungskette "Design-Stoff-Druck-Nähen" besteht aus

Systemmanagement, Standardinformationen, Auftragsmanagement, Bestandsmanagement und Berichtsfunktionen. Zusätzlich zu diesem MES-System wurde ein mobiles System mit einer Funktion zur Verwaltung von Arbeitsaufträgen entwickelt. Dieses mobile System hilft den Arbeitern in der Näherei, ihre Arbeitsaufträge leichter zu verwalten.



Abbildung 46: Cloud basiertes MES und mobile Werkerunterstützung

Datenerfassungssystem

Für die spezifischen Anforderungen im textilen Produktionsnetzwerk wurde ein Datenerfassungssystem entwickelt. Das entwickelte Nähmaschinen-IoT-Gerät sowie weitere Sensoren in der Fertigung senden periodisch (über MQTT / http) Daten an das IoT-Gateway, das die notwendigen Daten wiederum an die IoT-Plattform weitergibt.

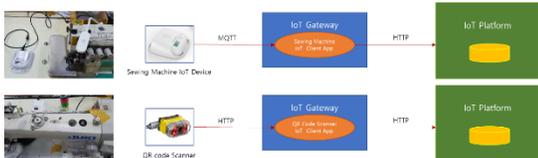
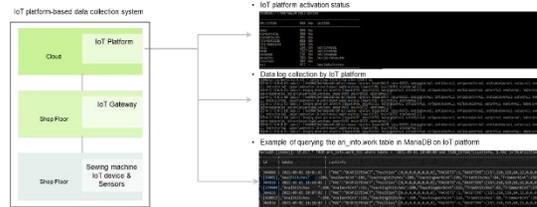


Abbildung 47: Vertikale Sensoranbindung an IOT Plattform

Das Datenerfassungssystem ist über ein IoT-Gateway vertikal in eine IoT-Plattform integriert. Die Serverknoten der IoT-Plattform verwenden Apache zookeeper zur Koordinierung der Dienste. Der IoT-Plattform-Cluster benötigt MongoDB- und MariaDB-Datenbankinstanzen zur Speicherung der Endpunktdaten.



Rollenbasiertes Visualisierungssystem

Es wurde ein rollenbasiertes Visualisierungssystem für die verschiedenen Partner in der kollaborativen Wertschöpfungskette realisiert. Das rollenbasierte Visualisierungssystem verwaltet die RBAC-Engine (Role-Based Access Control), die eine Liste der zulässigen Menüs auf der Grundlage der spezifischen Benutzerrolle bereitstellt. Zum Beispiel werden die Informationen über den monatlichen Umsatz nach Produkten nur für den CEO und den Manager des Markenherstellers angezeigt.

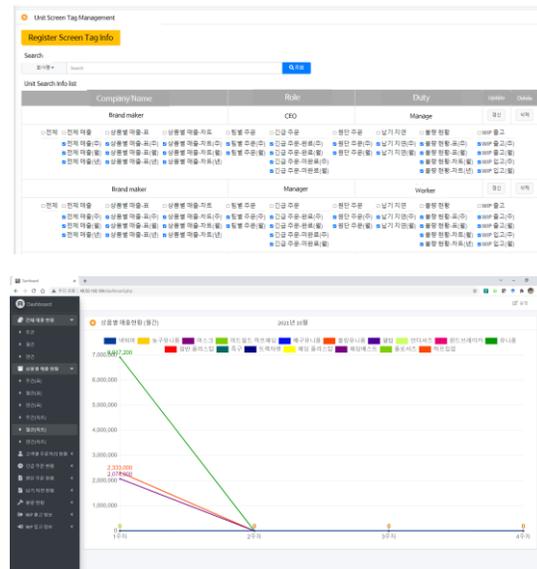


Abbildung 48: rollenbasiertes Visualisierungssystem

Best Practices – Was macht erfolgreiche Kollaboration aus?

Die fünf beschriebenen Anwendungsfälle stellen einen Querschnitt durch das große Spektrum von kollaborativen Use Cases in den verschiedenen Industriesektoren (von Textilindustrie bis Maschinenbau) mit unterschiedlichen Kollaborationsvisionen und Zielsetzungen der einzelnen Partner (von Beschleunigung von Produktionsprozessen bis zur Erschließung neuer Geschäftsfelder) dar.

Ein Großteil der beschriebenen Use Cases ist der vertikalen Kollaboration von Akteuren entlang der Wertschöpfungskette zuzuordnen (vgl. Abbildung 49), was auch der aktuellen Verbreitung von Kollaborationen in der allgemeinen Praxis entspricht. Dennoch gibt es auch zunehmend Tendenzen zur horizontalen Kollaboration von Akteuren, wie es auch im Anwendungsfall von Festo und Munich Re beschrieben wird. Bei Kollaborationen mit Wettbewerbern sollte insbesondere das Kartellrechts beachtet werden.

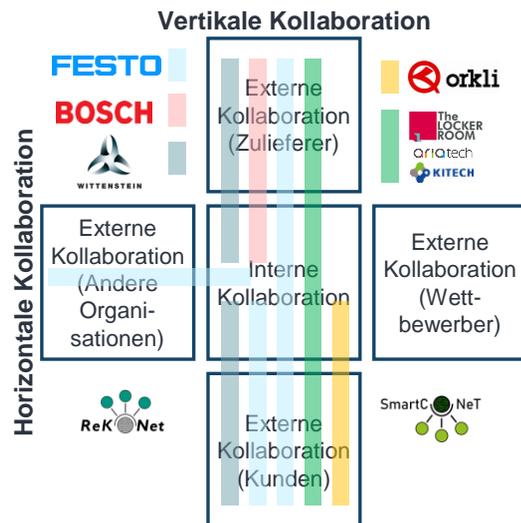


Abbildung 49: Einordnung der Anwendungsfälle

Unabhängig von der Art der Kollaboration lassen sich einige Erfolgsfaktoren und Best Practices für die Anbahnung und Umsetzung von erfolgreichen Kollaborationen in Wertschöpfungsnetzwerken festhalten (vgl. Abbildung 50) [25]:

Vertrauen und Zielkongruenz sind die Grundlage für eine erfolgreiche zwischenbetriebliche Zusammenarbeit. Dabei gilt es von vorneherein, **Informations- und Machtasymmetrien zu vermeiden** bzw. abzubauen.

Der erfolgreiche Aufbau einer längerfristigen Kollaboration benötigt **Zeit** und ein **schrittweises, iteratives Vorgehen**. Erste kleine Erfolge – z.B. in einem kleinen ausgewählten Bereich/Segment, wo der Mehrwert einer Zusammenarbeit für alle Akteure sofort ersichtlich ist – ebnen den Weg für eine weitergehende Kollaboration. Zu erkennen ist das beispielsweise an den gezeigten Anwendungsfällen.

Die Konzentration auf wenige, **sorgfältig ausgewählte Partner**, die von ihrer strategischen Ausrichtung und Unternehmenskultur zum eigenen Unternehmen passen, hilft dabei, schnell das Kollaborationspotenzial zu erkennen und gemeinsam erste Erfolge zu erzielen. Erste Projekte sollten mit gut bekannten Partnern erfolgen. Ist eine Kollaboration erfolgreich umgesetzt, können die Methoden auch auf weitere Partnerschaften ausgeweitet werden.

Langfristiges Engagement bzw. die **dauerhafte Erzielung gemeinsamer Vorteile** sollten stets im Vordergrund der Kollaboration stehen. Opportunistisches Verhalten einzelner Akteure soll dadurch vermieden werden.

Eine erfolgreiche Kollaboration mit externen Partnern basiert auf einer offenen **Kollaborationskultur in den Unternehmen** (kein „Silo-Denken“). Ohne Transparenz, Kommunikation und Zusammenarbeit innerhalb der eigenen Unternehmen gibt es auch keine erfolgreiche Kollaboration zwischen den Unternehmen.

Eine erfolgreiche Kollaboration baut auf den vorhandenen **Stärken der einzelnen Partner** auf, die sich idealerweise gegenseitig ergänzen. Dabei ist es wichtig, die Bedürfnisse der jeweiligen Partner genau zu kennen, um die die vorhandenen Kompetenzen zielgenau und wirksam einsetzen zu können.

Eine kontinuierliche, flexible und transparente **Kommunikation mit allen beteiligten Partnern** verhindert Missverständnisse und Fehler. Gemeinsame Projektteams oder Hilfsinstrumente wie z.B. das **Systemmodell** zur gemeinsamen Konkretisierung der **Kollaborationsvision** bzw. der erforderlichen Spezifikationen sind dazu geeignet, zielgerichtet miteinander zu diskutieren und zu kommunizieren.

Der Erfolg von Kollaborationen ist ein Werk vieler Hände und hängt vom persönlichen Engagement der beteiligten Menschen ab. Deswegen ist die Entwicklung einer gemeinsamen **Kultur des Vertrauens und der Offenheit** zwischen den beteiligten Organisationen und Personen ein zentraler Treiber für die Problemlösungs- und Innovationsfähigkeit im Rahmen der Kollaboration.

Im nachfolgenden Kapitel werden einige der genannten Themen weiter vertieft und konkrete „Tipps und Tricks“ für die Umsetzung von Kollaborationen in Wertschöpfungsnetzwerken aufgeführt.



Abbildung 50: Faktoren erfolgreicher Kollaborationsprojekte (vgl. [25])

Best Practices – Kollaborationschampions lieben diese einfachen Tricks

Angelehnt an die reißerischen Titel aus den digitalen Medien wollen wir Ihnen ganz ohne Bezahlschranke die wichtigsten Tipps und Tricks mitgeben, die Sie bei der erfolgreichen Umsetzung Ihres eigenen Kollaborationsvorhabens beachten sollten. Die Tipps sollen

jeweils einen kurzen Impuls geben. Nähere Informationen zu den jeweiligen Inhalten finden sich auch im verlinkten **GitHub-Projekt**, beispielsweise eine umfassende Analyse zum Datenschutz in kollaborativen Wertschöpfungsnetzwerken.

Die Kollaborationsvision ist der erste Schritt

Aufgrund der vielen Bereiche, die eine Kollaboration in der Regel tangiert, wie z.B. Einkauf, Verkauf, Engineering, IT, ist ein dahinterstehendes Team ebenso divers. Folglich ist eine zentrale Aufgabe **ein gemeinsames Zielverständnis zwischen allen Beteiligten** herzustellen, welches das notwendige Fundament bietet. **Diesen Zweck verfolgt die Kollaborationsvision.** Wichtig zu beachten ist, dass die Planung eines Kollaborationsvorhabens nach dem Wasserfallmodell nicht gelingen kann. Zu ungewiss ist das endgültige Zusammenspiel zu Beginn des Unterfangens. Folglich ist auch die Kollaborationsvision nicht eine einmalige Sache, sondern ein lebendes Dokument, welches stetig im Projektlauf zu aktualisieren ist. Hierdurch ist gewährleistet, dass alle Partner in den wesentlichen Punkten synchronisiert bleiben. Die Kollaborationsvision kann darüber hinaus als Diskussionsgrundlage dienen, um verschiedene Aspekte eines Kollaborationsvorhabens kritisch zu hinterfragen und anzupassen [26].

Das Format einer Kollaborationsvision kann viele Gestalten annehmen. Im Rahmen des Forschungsprojekts ReKoNeT wurde eine Darstellungsform ausgearbeitet, die im Folgenden exemplarisch erläutert wird [26]. Zwei grundlegende Gedanken waren bei der Erarbeitung der Darstellungsform zentral: Erstens sollte, soweit hilfreich, auf bekannte Modellierungsformen aufgebaut werden. Hierbei sollte jedoch einschränkend auch eine gewisse Anschaulichkeit geboten werden. Ein Beispiel für ein anschauliches Symbol ist das Fabriksymbol. Der zweite grundlegende Leitgedanke war, die Darstellungsform so zu wählen, dass ein organisches Wachstum der Kollaborationsvision möglich ist. Einschränkend sei

jedoch darauf hingewiesen, dass eine zu umfangreiche Darstellung innerhalb der Kollaborationsvision auch hinderlich sein kann.

In Abbildung 51 findet sich das Ergebnis der Überlegungen [26]. Es handelt sich hierbei um ein abstraktes Beispiel. Die Kollaborationsvision beginnt oben im Bild mit der stilisierten Darstellung der Wertschöpfungskette. Es sind die zentralen Akteure über Fabriksymbole repräsentiert und mit Namen benannt. Darunter befindet sich die Interaktionslogik. Die erste Bahn der Interaktionslogik ist hierbei das Kollaborationsziel. Alle weiteren Bahnen sind dem Kollaborationsziel untergeordnet. Jede Bahn repräsentiert einen Baustein zur Umsetzung des Kollaborationsziels. Mithilfe der fortlaufenden Unternennung von Bahnen kann eine beliebige Aufspaltung und Konkretisierung der einzelnen Interaktionsbausteine gebildet werden. Es obliegt hierbei dem Kollaborationsteam, eine geeignete Unterteilung zu finden. Wie jedoch bereits angesprochen, kann der Umfang auch zu groß werden. Ein Vorschlag ist, für verschiedene Diskussions Ebenen verschieden detaillierte Ausschnitte der Kollaborationsvision zu verwenden.

Neben den Bahnen wird auch dargestellt wer eine Nehmer-Rolle und wer eine Geber-Rolle einnimmt. Diese explizite Darstellung erzwingt die Diskussion des Teams, wer von einzelnen Bausteinen direkt profitiert und wer hauptsächlich Aufwände hat. Es ist möglich die erste Bahn, das Kollaborationsziel, frei von den Rollen zu belassen.

Zusätzlich zu der gesamten Darstellung kann es hilfreich sein, zu jeder Bahn einen Steckbrief zu erstellen, um die weitere Ausarbeitung zu unterstützen.

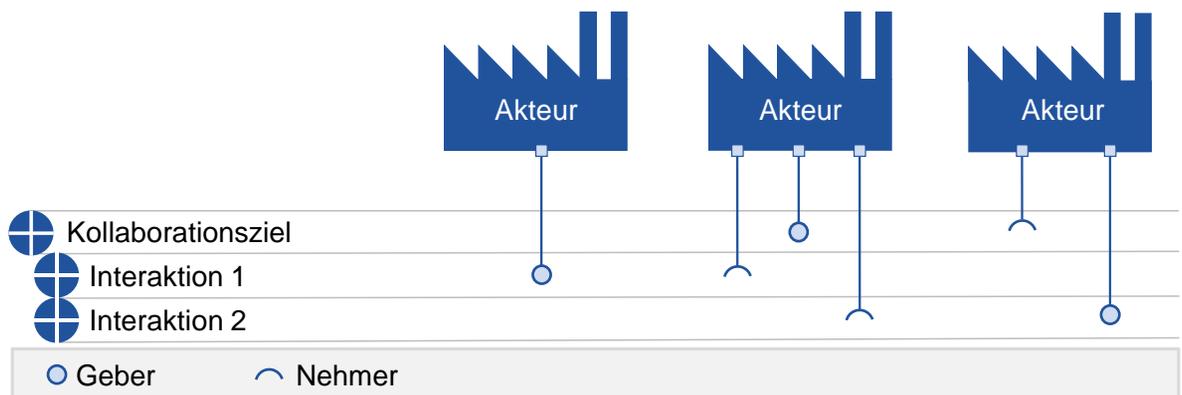


Abbildung 51: Schematischer Aufbau der Kollaborationsvision (vgl. [26])

Modelle für Kollaboration schaffen Struktur und helfen bei der Kommunikation

Wie in den Anwendungsfällen anschaulich erläutert, ist das **Systemmodell** als zentrales Planungswerkzeug das **Herzstück der Konkretisierungsphase**. Die abstrahierte Darstellung der Prozesse, Daten und Verantwortlichkeiten erzeugt **Transparenz**, ein **gemeinsames Verständnis** und **Verbindlichkeit** über den Kollaborations-Use-Case bei allen beteiligten Partnern. Darüber hinaus ermöglicht das Systemmodell auch fachfremden Personen wichtige Sachverhalte zu verstehen und im Laufe der Konkretisierungs- und Implementierungsphase zu diskutieren. Aus diesem Grund empfiehlt es sich für ein kollaborationswilliges Konsortium gleich zu Beginn der Konkretisierungsphase die Kollaborationsvision in einen ersten Entwurf des Systemmodelles zu überführen [26].

Indem das Systemmodell in einer vereinfachten Form die Details zusammengehöriger Prozesse veranschaulicht schafft es nicht nur ein gemeinsames Verständnis zwischen den Partnern, sondern unterstützt auch bei der **Ausgestaltung und Dokumentation** der Ideen. Das Systemmodell zeigt die Beschaffenheiten und Zusammenhänge der Prozesse auf, indem es zum einen hinreichend detailliert alle kollaborationsrelevanten Komponenten, wie beispielsweise Unternehmen, Maschinen oder auch IT-Infrastrukturelemente, beschreibt. Zum andern visualisiert es die gegenseitigen **Wechselwirkungen** dieser Komponenten, die in Form von transferierten Daten und/oder Materialien stattfinden.

Die späteren Phasen des Projektes unterstützt das Systemmodell mit weiteren, auf die jeweils relevanten Fragestellungen spezialisierten, Teilmodellen. Somit entwickelt sich das Systemmodell kontinuierlich weiter und erfasst in einem iterativen Vorgehen immer weitere Teilaspekte, die zusammengenommen das System als Ganzes abstrahieren. Dabei liegt der Fokus durchgehend auf dem Hervorheben anwendungsfallbezogener Daten. Das bedeutet, dass alle Teilmodelle vereint sichtbar machen, welche Daten zu welchen Zeitpunkten geteilt werden, wie sie verwendet werden, für wen sie einsehbar sind und welche Entscheidungen aus ihnen abgeleitet werden können.

Im Folgenden sind die Eigenschaften verschiedener Sichten des Systemmodells erläutert (vgl. Abbildung 52) [26]. Es bietet sich an, das Systemmodell mit UML zu modellieren, zu jeder Sicht wird deshalb der passende Diagrammtyp genannt.

Die **Struktursicht** zeigt alle Komponenten inklusive ihrer Beziehungen untereinander auf. Komponenten sind Bestandteile des gesamten Systems, die einen relevanten Beitrag zur Kollaboration leisten. Hierunter fallen beispielsweise handelnde Akteure, Unternehmen, Maschinen oder auch Cloud Systeme. Die Struktursicht wird mit einem **Komponentendiagramm** visualisiert.

Die **Verhaltenssicht** stellt die sequenzielle Kommunikation unter den bereits in der Struktursicht beschriebenen Komponenten dar. Sie hebt die Initiatoren einer Kommunikation hervor und zeigt im weiteren Verlauf alle möglichen Entscheidungswege beim Kommunikationsprozess auf. Die Verhaltenssicht wird mit einem **Kommunikationsdiagramm** visualisiert.

Die **Prozesssicht** beschreibt das innere Verhalten einer einzelnen Komponente bzw. eines Verbunds von Komponenten. Sie stellt eine wesentliche Erweiterung zur Struktur- und Verhaltenssicht dar, indem sie detailliert den Verlauf sowie die Kausalitäten der kollaborationsrelevanten Prozesse aufzeigt. Wichtige Elemente dieser Sicht sind Entscheidungswege, Abbruchkriterien, Gabelungen und Zusammenführungen. Die Prozesssicht wird mit einem **Aktivitätsdiagramm** visualisiert.

Die **Klassensicht** stellt eine Konkretisierung zur Struktursicht dar und beschreibt die zur Kollaboration verwendeten Daten. Sie umfasst die Klassen der zur Kollaboration notwendigen Daten, ihre Merkmale sowie die Beziehungen zwischen ihnen. Grundsätzlich kann die Klassensicht zur Diskussion verschiedener Fragestellungen verwendet werden, beispielsweise um datenschutzrechtliche Fragestellungen zu klären. Die Klassensicht wird mit einem **Klassendiagramm** visualisiert.

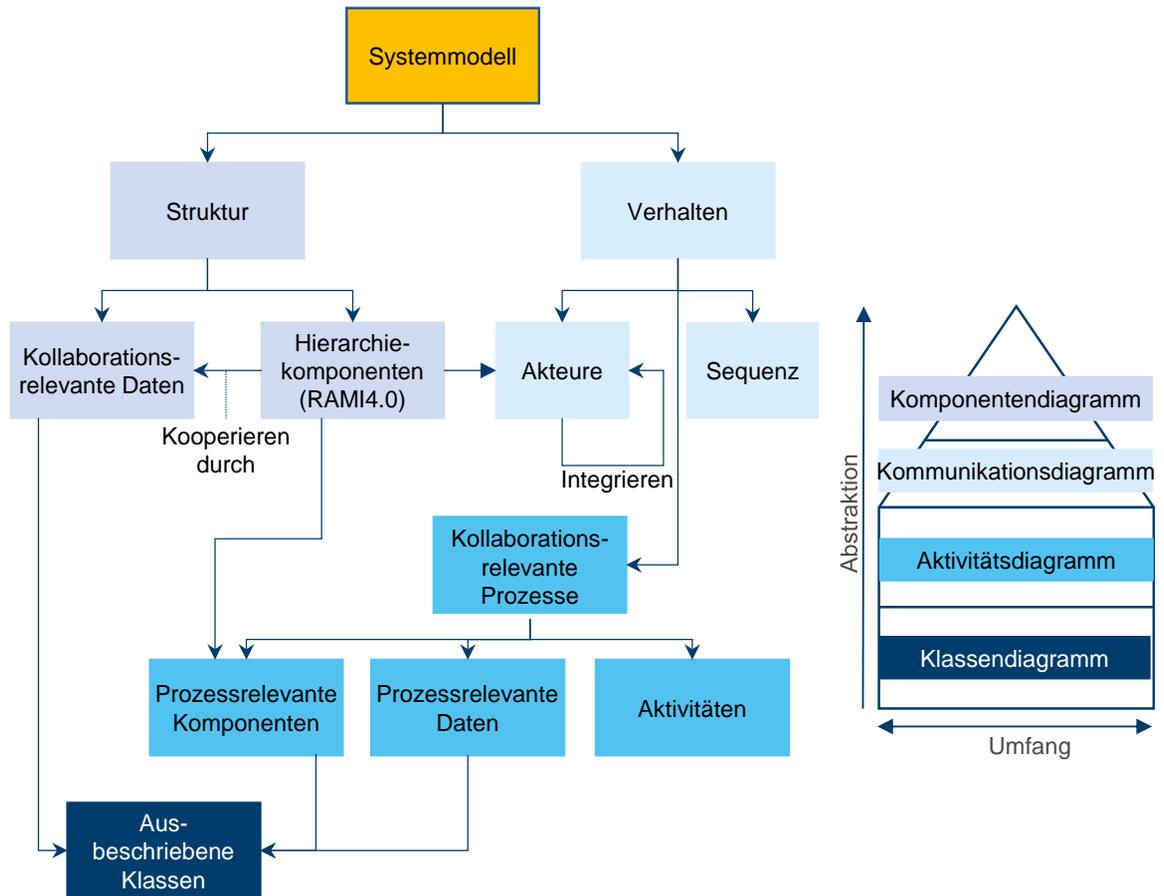


Abbildung 52: Darstellung der verschiedenen Sichten des Systemmodells zur Verdeutlichung der Wechselwirkung zwischen den verschiedenen Diagramme (vgl. [26])

Diese Standards sind ein Must-Have für die Kollaboration

Standards schaffen ein gemeinsames Grundverständnis und stellen einen stabilen Kern für Innovationen dar. Das Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI 4.0) ist eine dreidimensionale Landkarte, die eine strukturierte Herangehensweise an das Thema „Industrie 4.0“ beschreibt. Es sorgt dafür, dass alle Teilnehmer von Industrie 4.0 sich untereinander verstehen und auf diese Weise effizient kommunizieren können.

Innerhalb des RAMI4.0 Würfels werden „Vorzugsstandards“ verortet, die sich sowohl im deutschen, als auch im internationalen Kontext bewährt haben. Betrachtet werden hierzu nicht nur Datenformate und Kommunikationsprotokolle, sondern beispielsweise auch rechtliche Aspekte oder System- und Rollenverständnisse einzelner Akteure. Eine

Kollaboration auf Basis dieses Ordnungsrahmens setzt somit Ressourcen für die eigentliche Wertschöpfung und Innovation frei.

Must-Haves aus diesem Forschungsprojekt sind:

- Die Trennung von Feldgeräte, Edge-Devices und Cloud bzw. IT
- Die Verwaltungsschale als standardisierter digitaler Zwilling
- OPC UA als Informationsträger für die Kommunikation während der Nutzungsphase eines smarten Devices. Sowohl als Client/Server als auch Pub/Sub via MQTT Architektur
- DIN SPEC 92222 „Referenzarchitektur für industrielle Cloud Federation“

Kollaborationshindernisse rechtzeitig identifizieren

Die aktive Auseinandersetzung mit Kollaborationshemmnissen und deren Überwindung ist entscheidend für die erfolgreiche Umsetzung eines Kollaborationsprojektes. In diesem Kapitel wird deshalb ein im Projekt erprobtes Workshop-Konzept vorgestellt. Dieses Workshop-Konzept soll Ihnen dabei helfen, die potentiellen Hemmnisse und Risiken des eigenen Kollaborationsvorhabens zu identifizieren, um diese im Anschluss zu beseitigen oder zumindest minimieren zu können. Das Workshop-Konzept ist in Abbildung 53 dargestellt.

Zunächst werden in einem Keynote-Vortrag bekannte Kollaborationshemmnisse und Risiken vorgestellt. Um ein generelles Bewusstsein zu schaffen, sollten diese zu Beginn des Workshops ausführlich erklärt und auf die Hintergründe und Zusammenhänge eingegangen werden. Anschließend folgt eine wiederholte Diskussion und Sammlung möglicher Kollaborationshemmnisse und Risiken, die es im eigenen Kollaborationsvorhaben zu überwinden gilt. Dabei wird der Fokus immer weiter geschärft. Um möglichst ergebnisoffen zu bleiben, soll zunächst im Sinne des Brainstormings alles genannt werden, was den Teilnehmenden in den Sinn kommt.

In einem ersten Schritt sollten allgemeine Hemmnisse und Risiken diskutiert werden, die auf die Art des Kollaborationsvorhabens zutreffen. In einer gemeinsamen Produktentwicklung werden Aspekte des Geschäftsgeheimnisschutzes beispielsweise stärker ins Gewicht fallen als beim Austausch auftrags-

bezogener Daten. Bei Letzterem hingegen könnten Vorbehalte bestehen, dass geteilte Informationen opportunistisch für spätere Preisverhandlungen missbraucht werden.

Im nächsten Schritt wird der Fokus geschärft und der Blick wird von der allgemeinen Art des Kollaborationsvorhabens auf die konkrete Geschäftsbeziehung geworfen. Hierbei sollte anhand der gemeinsamen Kollaborationsvision intensiv diskutiert werden, welche Hemmnisse und Risiken konkret im vorliegenden Kollaborationsvorhaben auftreten können.

In einem letzten Schritt geht es darum, die möglichen Probleme weiter zu konkretisieren und zu lokalisieren. Als Hilfsmittel wird hierfür das Systemmodell zur Hand genommen. Anhand des konkreten Informations- und Materialflusses werden die bisher identifizierten Hemmnisse und Risiken konkret lokalisiert und den jeweiligen Komponenten zugeordnet. Darüber hinaus können in diesem Schritt auch weitere potenzielle Probleme identifiziert werden, die in den höheren Flugebenen bisher nicht aufgefallen sind.

Anschließend werden die gesammelten Hemmnisse und Risiken in einer Liste zusammengefasst und hinsichtlich Relevanz, Kritikalität und Auftretenswahrscheinlichkeit bewertet. Anhand der priorisierten Liste der Kollaborationshemmnisse können im weiteren Verlauf des Kollaborationsvorhabens gezielt Lösungen entwickelt werden .

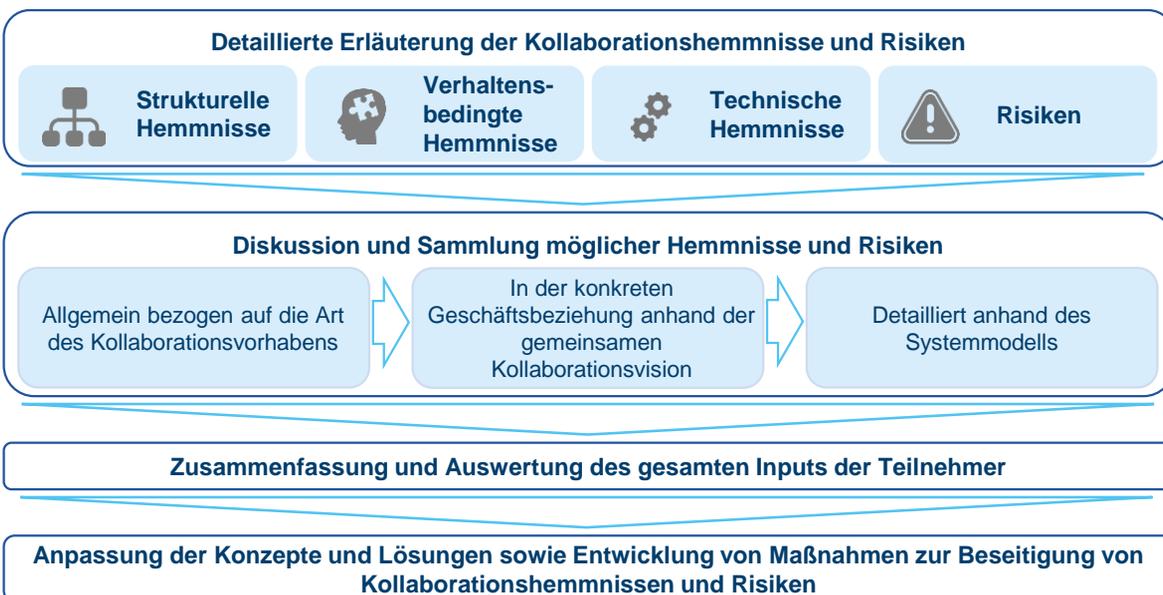


Abbildung 53: Workshop-Konzept zur Identifikation von Kollaborationshemmnissen

Vertrauensprobleme können gelöst werden

Nachdem die potenziellen Kollaborationshemmnisse systematisch identifiziert wurden ist es natürlich umso wichtiger, diese auch zu lösen. Ein wichtiger Punkt in Kollaborationsvorhaben ist das Schaffen von Vertrauen und Zielkongruenz, um opportunistisches Verhalten zu verhindern.

Hierzu gibt es viele Wege. Ein wichtiger Erfolgsfaktor ist eine offene Kommunikation. Viele Vorbehalte und Sorgen können und sollten jedoch insbesondere mit klaren vertraglichen Regelungen festgehalten werden. Dies beinhaltet einerseits Verschwiegenheitserklärungen für die Sicherstellung des Schutzes von Geschäftsgeheimnissen. Andererseits sollten auch Anreizsysteme bzw. Bonussysteme beispielsweise für die Aufteilung der Aufwände und Ausgleichzahlung des Kollaborationsgewinns festgehalten werden. Für diese Themen empfiehlt es sich in der Konzeptphase die entsprechenden Rechtsabteilungen und Spezialisten rechtzeitig einzubinden.

Neben diesen vertrauensfördernden Maßnahmen möchten wir in diesem Tipp zusätzlich auf weitere Lösungen eingehen, mit deren Hilfe Vertrauensprobleme technologisch oder durch Dritte abgesichert werden können.

Risikomanagementlösungen für KI-Modelle

Durch die Digitalisierung im Allgemeinen und die Datengewinnung durch Sensorik im Speziellen werden relevante Prozessschritte in der Produktion und in Kollaborationsvorhaben durch Künstliche Intelligenz (KI) und Maschinelles Lernen übernommen. Diese Anwendungen bergen enormes Potenzial für beschleunigte Abläufe, Kosteneinsparungen oder erhöhte Ergebnisqualität. Allerdings entstehen durch die Fehlergefahr von KI auch neue Risiken, welche gezielten Risikomanagements bedürfen.

Im operativen Risikomanagement muss die Entscheidung getroffen werden, ein KI-Modell selbst zu entwickeln oder einzukaufen. Eine Eigenentwicklung bietet volle Kontrolle und Transparenz - bedarf jedoch der nötigen Kompetenz. Risiken externer Modelle lassen sich durch detaillierte Prüfung und Testphasen reduzieren. Wie dargelegt lässt sich das Risiko

von Fehlern durch KI jedoch nicht vollständig abstellen.

KI-Anbieter geben meist das Risiko einer hohen Fehlerrate an ihre Kunden weiter, da sie die Haftung für Fehler der KI vertraglich ausschließen. Es bieten allerdings mehr und mehr Firmen zusätzlich zu ihrem Produkt eine gezielte Leistungsgarantie an: Hierbei wird ein Versprechen zur Genauigkeit des Modells abgegeben. Wird das Versprechen nicht eingehalten, erhält der KI-Anwender eine vertraglich festgelegte finanzielle Kompensation für den Schaden. Solche Garantien kann der KI-Anbieter im Hintergrund versichern, um im Schadenfall ausreichend Kapital bereitzustellen zu können.

Diese Konstellation kombiniert den KI-Service mit einem Risikotransfer. Sie bietet finanzielle Sicherheit für den KI-Anwender. Diese Sicherheit kann vom KI-Anbieter als ein zusätzliches Kaufargument für sein KI-Produkt verwendet werden, da es eine Absicherung des Investments für den KI-Anwender darstellt. Für den KI-Anbieter bietet das Versprechen den Vorteil, einen beschleunigten Rollout durch kürzere Testphasen durchzuführen.

Für die Risikoanalyse bedarf es einiger Informationen: Detaillierter Einblick in die Entwicklungs-, Monitoring- und Updateprozesse der KI. Beispielsweise ist entscheidend, wie repräsentativ die Trainingsdaten sind und wie deren Qualität sichergestellt wird. Ein weiteres Kriterium sind bisherige Erfahrungswerte, bspw. Leistungskennzahlen von in der Vergangenheit ausgerollten Modelle.

Versicherte Leistungsgarantien speziell für KI-Modelle lassen sich in fast allen Industrien und KI-Prozessen anwenden. Für eine erfolgreiche Risikoanalyse und einen ökonomisch sinnvollen Einsatz sollte das KI-Modell bereits eine gewisse Robustheit aufzeigen, in einer Anwendung mit häufigem Einsatz genutzt werden, und bei Minderleistung eine finanzielle Gefahr für den Anwender bergen. Ist dies gegeben, kann die Entscheidung für den passenden KI-Anbieter durch eine versicherte Leistungsgarantie vereinfacht und der erwartete finanzielle Nutzen des Einsatzes von KI geschützt werden.

Datensicherheit - Dein steter Begleiter

Mit der Öffnung von IT-Systemen im Rahmen eines Kollaborationsvorhabens öffnet man sich nicht nur vertrauenswürdigen, sondern potentiell auch nicht vertrauenswürdigen Akteuren. Neue Schnittstellen zur Außenwelt werden geöffnet und Systeme, die vorher rein intern liefen, kommunizieren nun auch mit externen Systemen.

Bei diesen Veränderungen ist es wichtig, den Einfluss auf die IT-Sicherheit zu erkennen und passende Maßnahmen zu verwenden, damit das System das Sicherheitsniveau halten kann. Die vorgestellten Konzepte und Technologien werden laufend aktualisiert und beispielsweise gegen neue Arten von Angriffen abgesichert. Ein einmal erstelltes Datensicherungskonzept sollte daher in regelmäßigen Abständen neu evaluiert und ggfs. angepasst werden. Dies bezieht sich insbesondere auf spezifische Technologien und Produkte,

Für die praktische Realisierung eines sicheren, also integritätsgeschützten wie auch vertraulichen, Austauschs von Daten ist es entscheidend Kosten und Nutzen einer Maßnahme gegeneinander abzuwägen. In einem separaten Leitfaden, welcher auf dem [GitHub-Projekt](#) bereitgestellt ist, werden verschiedene Methoden erläutert, die es ermöglichen Bedrohungen aufzulisten und anhand ihrer Schwere zu kategorisieren.

Zu Beginn müssen die Bedrohungen aufgelistet werden. Wichtig ist hierbei, dass eine Aufzählung der schützenswerten Güter als Ergebnis existiert. Diese können die Produktionsleistung, den Unternehmensruf und das geistige Eigentum umfassen. Auch erste mögliche Angriffe auf diese Schützenswerten Güter sollen ermittelt werden. Hierzu gehören Denial of Service Angriffe, die Manipulation von Daten, das Ausspähen von Daten und weitere Angriffsziele.

Sind Bedrohungen und die Architektur des Systems bekannt, kann man sogenannte Angriffsbäume erstellen um sich verschiedene Angriffe zu visualisieren und deren Eintrittswahrscheinlichkeiten zu ermitteln, sowie gegebenenfalls Gegenmaßnahmen zu definieren. Ziel der Angriffsbäume ist es ebenfalls, die noch groben Angriffsideen aus einer unstrukturierteren Betrachtungsweise detaillierter zu beschreiben. Dies impliziert auch einen detaillierten Überblick über die angewandten Techniken eines Angriffs. Nur auf dieser Basis

lassen sich geeignete Schutzmaßnahmen empfehlen bzw. umsetzen.

Es können verschiedene Angreifermodelle unterschieden werden. Bei einem Angreifermodell handelt es sich um eine abstrakte Definition eines Angreifertypus, auf dessen Grundlage Angriffe ermittelt und detailliert ausmodelliert, sowie entsprechende Schutzmaßnahmen bewertet werden können. Archetypische Angreifermodelle können Angreifer aus dem Internet, Angreifer aus Partnerunternehmen, Angreifer aus dem eigenen Unternehmen oder staatliche Angreifer sein.

Insbesondere durch diese unterschiedlichen Angreifermodelle ist es schwierig pauschale Aussagen zu treffen. Beispielsweise müssen für den gesicherten Datenaustausch zwischen zwei Unternehmen über den Server eines Cloud-Storage Unternehmens nicht zwangsläufig alle Daten Ende-zu-Ende verschlüsselt werden, sofern dem Storage Provider hinsichtlich der eigenen organisatorischen Fähigkeit zur Datensicherheit vertraut wird. Sollte dieser jedoch als nicht-vertrauenswürdig eingestuft werden oder möchte man sich zusätzlich dagegen absichern, dass ein Angreifer den Cloud-Storage Anbieter kompromittiert, kann auf eine Ende-zu-Ende-Verschlüsselung nicht verzichtet werden.

Im Kontext der Kollaboration kann es sich ergeben, dass Berechnungen vorgenommen werden müssen, die auf Daten von mehreren Teilnehmern beruhen. Diese Daten sind aber teilweise nicht zur Weitergabe gedacht. Hier gibt es zwei Möglichkeiten, Funktionen zu berechnen, ohne dass die anderen Teilnehmer Kenntnis über die Daten erlangen. Die Multi-Party-Computation (MPC) ist ein kryptographisches Paradigma, dessen Protokolle eben dies gewährleisten. Implementierungen von MPC-Protokollen sind jedoch in vielen Fällen noch nicht praxistauglich, weswegen wir hier eine andere Möglichkeit auf Basis von Trusted Execution Environments (TEE) vorstellen wollen. Die Verwendung von TEEs ermöglicht es innerhalb des Computers isolierte Abschnitte, Enklaven genannt, zu erstellen. Die Identität und Integrität des Codes in diesen Enklaven kann verifiziert werden, die verarbeiteten Daten können aber nicht ausgelesen werden. Beispiele für TEEs in modernen Prozessorarchitekturen sind Arm TrustZone und Intel SGX.

Datenschutz ist kein Hindernis für erfolgreiche Kollaborationsvorhaben

Datenschutzrechtliche Aspekte als nichtfunktionale Anforderungen zu verstehen, die bei einer Systementwicklung von Anfang an mitgedacht werden müssen, ist ein erster wichtiger Schritt, um die vielschichtigen Vorgaben zur Umsetzung datenschutzrechtlicher Pflichten zielgerichtet begegnen zu können. Führt man sich vor Augen, dass schon die allgemein zu erfüllenden datenschutzrechtlichen Anforderungen in einem Industrieunternehmen viele Betriebe seit Wirksamwerden der Datenschutzgrundverordnung (DSGVO) teilweise vor große Herausforderungen stellen, so kann man sich unschwer vorstellen, dass diese Herausforderungen durch den verstärkten Einsatz von IT im Zuge gegenwärtiger Digitalisierungsanstrengungen nur noch größer werden. Dabei anzuerkennen, dass Datenschutz weder ein Hemmnis noch ein Hinderungsgrund sein muss, neuartige Wege einzuschlagen und bis dahin in diesen Bereichen nicht gekannte Technologien einzusetzen, ist elementar.

Die Verarbeitung von personenbezogenen Daten im Unternehmenskontext bei der Planung, Entwicklung und Umsetzung eines Kollaborationsvorhabens ist möglich und bedarf der umsichtigen und vorausschauenden Planung. Wie jede andere Einführung von Verarbeitungsprozessen mit personenbezogenen Daten wird eine gewisse Vorlaufzeit und die Beteiligung zentraler Bereiche als auch der jeweiligen Fachverantwortlichen benötigt. Damit wird letztendlich sichergestellt, dass ein entwickeltes und in Betrieb genommenes System schlussendlich datenschutzrechtskonform betrieben werden kann und zeit- und kostenintensive Nachbesserungen im späteren Einsatz vermieden werden können.

Bevor man mit der Planung der Umsetzung datenschutzrechtlicher Anforderungen beginnt, gilt es sich zunächst einen Überblick über die Art der Daten, die verarbeitet werden sollen sowie die geplanten Datenflüsse zu verschaffen. Was sich zunächst wie eine triviale Anforderung anhört, entpuppt sich bei näherer Betrachtung als komplexes Unterfangen, denn diese erste Bestandsaufnahme

dient als Startpunkt und Fundament aller weiteren einzuleitenden Maßnahmen.

Bei jedem kollaborativen Austausch von personenbezogenen Daten ist zudem die Frage nach der Erforderlichkeit zu stellen. Dies ergibt sich schon aus dem Datenminimierungsgrundsatz. Bereits bei der Gestaltung von technischen Systemen sollte die Verarbeitung personenbezogener Daten begrenzt oder ganz vermieden werden. Technische Möglichkeiten wie Anonymisierung könnten dabei helfen mit Betriebsdaten Prozesse zu optimieren ohne in Gefahr zu laufen, durch die Verarbeitung personenbezogener Daten die Rechte und Freiheiten von Mitarbeitern zu gefährden. Zudem findet bei einem Einsatz anonymer Daten das Datenschutzrecht keine Anwendbarkeit.

Als Praxistipp empfehlen wir, eine systematisch-strukturierte Vorgehensweise zur Ermittlung der Datenarten und Datenflüsse als Grundlage für einen iterativen Prozess der Konkretisierung rechtlicher Anforderungen. Das entwickelte Systemmodell kann hierfür als Ausgangspunkt dienen.

Dokumentieren Sie alle datenschutzrelevanten Datenverarbeitungsprozesse sorgfältig. Ein Datenschutzmanagementsystem ist Grundvoraussetzung jeder Unternehmensdatenschutzorganisation. Prozesse die durch das Kollaborationsvorhaben entstehen sollten in bereits vorhandene Datenschutzrichtlinien integriert werden. Es ist entscheidend, die entsprechenden Abteilungen und Ansprechpartner der beteiligten Unternehmen frühzeitig zu Beginn der Konzeptphase in das Projektteam mit einzubinden.

Auf dem verlinkten [GitHub-Verzeichnis](#) ist ein sehr ausführlicher Leitfaden hinterlegt, der Entscheidungsträger:innen in Unternehmen unterstützt, damit ein System schlussendlich datenschutzrechtskonform betrieben werden kann.

Geschäftsgeheimnisschutz Anforderung

Neben dem Datenschutz kann auch der Schutz von Geschäftsgeheimnissen durch die Kollaboration in Wertschöpfungsnetzwerken tangiert sein. Zu Überlappungen kommt es, wenn Geschäftsgeheimnisse ebenfalls über Personenbezug verfügen. Organisatorische und technische Schutzmaßnahmen erfüllen dann eine Doppelfunktion, da Geschäftsgeheimnisse per Definition angemessene Geheimhaltungsmaßnahmen erfordern [27]. Tabelle 1 skizziert Parallelen und Unterschiede.

Der Schutz von Daten mit Personenbezug unterliegt dem Datenschutzrecht und stellt verbindliche Vorgaben an die Datenverarbeitung im Rahmen von Kollaborationsformaten. Der Schutz von Daten mit Unternehmensbezug kann im Eigeninteresse liegen, um wertvolles Know-How des Unternehmens nicht nach außen zu offenbaren. Daneben können vertragliche Verpflichtungen den Schutz der Geschäftsgeheimnisse Dritter erforderlich machen. Beide Aspekte sollten bei der Konzeption einer Kollaboration in Produktionsnetzwerken von Beginn an mitbedacht werden, damit diese in der Praxis erfolgreich umsetzbar sind.

als nichtfunktionale

Ähnlich wie bei der Herangehensweise im Datenschutzrecht, wird ein strukturiertes Vorgehen empfohlen, um relevante Daten zu identifizieren und je nach Schutzbedürftigkeit in Schutzklassen zu kategorisieren. Denn vergleichbar zum risikobasierten Ansatz im Datenschutzrecht, gilt auch beim Schutz von Geschäftsgeheimnissen ein relativer Maßstab. Insbesondere bei umfangreichem Datenaustausch im Rahmen von Kollaborationsnetzwerken sollten pauschale Klassifizierungen vermieden werden, da sie die notwendige Differenzierung vermissen lassen und die Gefahr einer „Verwässerung“ des Geheimnisschutzes besteht. Letztere ist zu befürchten, wenn aufgrund mangelnder Akzeptanz in den Reihen der Beschäftigten die erforderliche Sorgfalt nachlässt.

Folglich bestehen im Hinblick auf den Schutz personenbezogener Daten und den Schutz von Geschäftsgeheimnissen die Notwendigkeit Datenströme zu sichten, Personenzug bzw. Geheimhaltungsinteressen festzustellen und entsprechende Maßnahmen einzuleiten. Geeignete Schutzmaßnahmen können auf organisatorischer Ebene, technischer Ebene und / oder vertraglicher Ebene ansetzen. In der Regel wird eine Kombination sinnvoll sein.

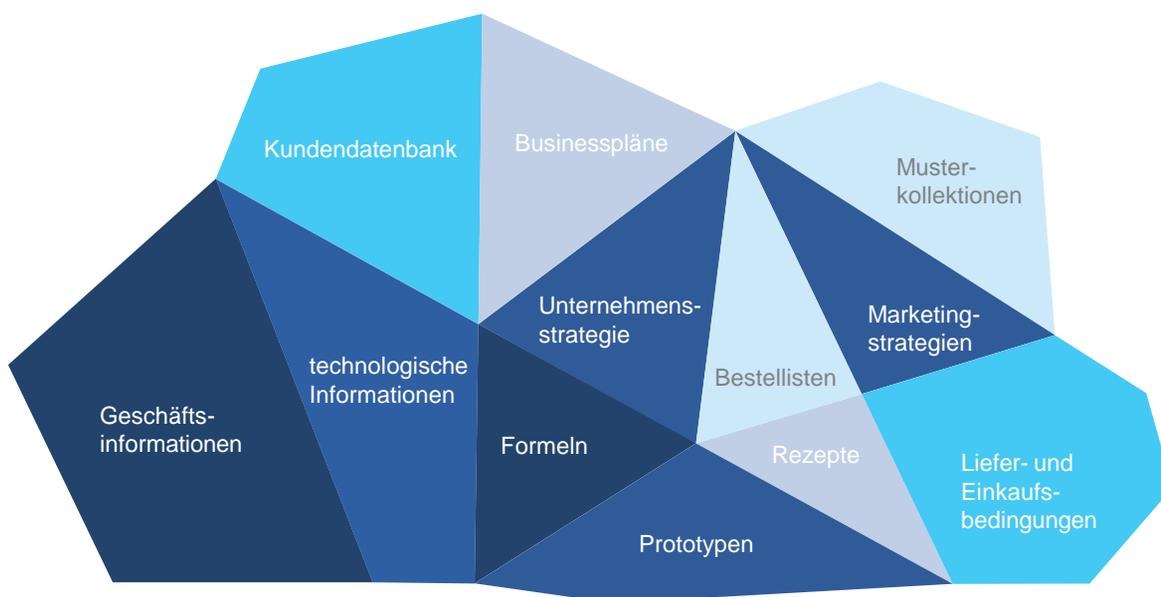


Abbildung 54: Beispiele für Geschäftsgeheimnisse

Trends und Technologien für den Unternehmenserfolg!

Industrielle Digitale Zwillinge

Eine Schlüsseltechnologie für erfolgreiche Kollaboration in der Industrie 4.0 sind digitale Zwillinge und der damit einhergehende Paradigmenwechsel zum Umgang mit Daten. In vielen Unternehmen besteht keine Transparenz über die heutige Datenbasis, da viele Daten verteilt im Unternehmen liegen und nur singular genutzt werden (Siloeffekt). Die fehlende prozessuale Betrachtung der Daten über die Geschäftseinheiten hinweg, Defizite in der Datenqualität und fehlende Interoperabilität erschweren zudem die Datennutzung. Innerhalb einzelner Unternehmen werden daher große Anstrengungen unternommen, „durchgängige Gesamtsysteme“ zu schaffen. Dies löst zwar die Datenprobleme intern, stößt aber bei der wertschöpfungspartnerübergreifenden Kollaboration an seine Grenzen bzw. baut hier sogar Barrieren auf, wenn eine Vielzahl von „durchgängigen Gesamtsystemen“ miteinander verwoben werden sollen.

Mit dem Konzept eines digitalen Zwillings werden alle relevanten Daten, Modelle und Prozessschritte auf ein einzelnes Asset (bspw. ein Produkt) heruntergebrochen und beschrieben. Der digitale Zwilling wird somit befähigt, mit IT-Systemen, Fertigungsmaschinen und anderen digitalen Zwillingen zu sprechen und die Geschäftsprozesse zu lenken. Übergreifende und semantische Datenmodelle im Sinne der Verwaltungsschale spielen eine herausragende Rolle, um die nötige Interoperabilität zu schaffen. Organisationen wie die Plattform Industrie 4.0, VDMA oder ZVEI auf

nationaler Ebene und Gaia-X und Catena X auf europäischer Ebene bilden hierfür den Rahmen, um zu der nötigen Interoperabilität zu gelangen.

Künstliche Intelligenz (KI)

KI kann die Abläufe und Prozesse dynamischer, flexibler und effizienter machen und so die Wertschöpfung steigern. In den in diesem Forschungsprojekt aufgezeigten Anwendungsfällen findet die Datenanalyse und KI auf begrenzten Datensätzen und oftmals on-edge, nahe am Sensor, eine punktuelle Anwendung. Die bisher entwickelten Werkzeuge in der Datenanalyse und in der Künstlichen Intelligenz werden jedoch, durch die digitalen Zwillinge und die damit einhergehende Datenökonomie, auf ein neues Level gehoben und können zunehmend skalierbarer eingesetzt werden. In einer künftigen erfolgreichen Kollaboration, in der KI nicht nur punktuell eingesetzt wird, ist somit nicht nur das Vertrauen in den Partner, sondern auch das Vertrauen in die Transparenz, die Robustheit und die Genauigkeit von KI-Systemen ausschlaggebend.

Produktentwicklung in Ökosystemen

Verwobene Geschäftsprozesse, Datenaustausch und vernetzte KI-Systeme führen auch zu einer kollaborativen Produktentwicklung und -nutzung. Produkte werden nicht mehr aus einer Hand für einen Einsatzzweck entwickelt, sondern können im weiteren Lebensweg durch funktionale Erweiterungen im digitalen Zwilling oder mit neuen KI-Algorithmen individuell optimiert werden.

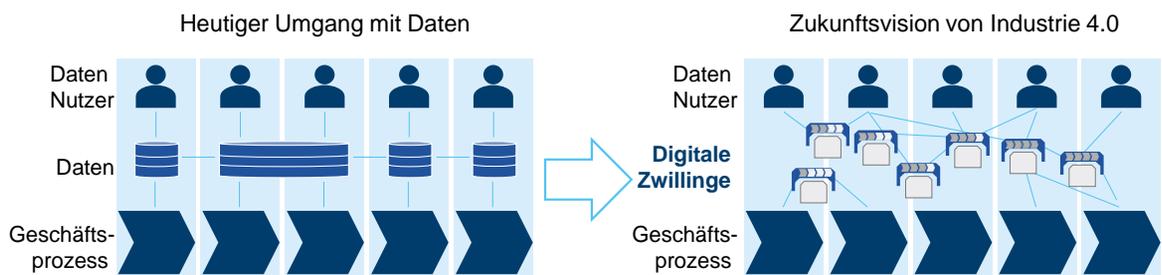


Abbildung 55: Schlüsseltechnologien befeuern einen Paradigmenwechsel im Umgang mit Daten (WITTENSTEIN SE)

Wir machen das mit der Cloud!

Innerhalb des Forschungsprojekts wurden in jedem Anwendungsfall Cloudlösungen genutzt, daher kann sie als ein Baustein für eine erfolgreiche Kooperation benannt werden.

Unter Cloud-Computing versteht man die Übertragung von Daten und Programmen auf Rechner entfernter Dienstleister, um deren Infrastruktur und darauf aufbauenden Services zu nutzen. Gerade für eine Kooperation in Wertschöpfungsnetzwerken, die ja auch immer eine Übertragung von Daten und die Nutzung von Programmen außerhalb der eigenen Organisation bedeutet, ist nach dieser vorangegangenen Definition eine Nutzung der „Cloud“ unumgänglich. Die weitere Differenzierung, ob private, hybrid oder public Cloud und welche darauf aufbauenden Applikationen genutzt werden, gilt es anhand der gemeinsam definierten Anforderungen zwischen den Kooperationspartnern als Rahmenwerk festzulegen. Auf Grundlage des Rahmenwerks erfolgt dann die Auswahl des geeigneten Mix an Cloud-Computing-Ressourcen und -Angeboten. Sofern die benötigten Cloud-Computing-Ressourcen und -Angebote nicht bereits von einem der Kooperationspartner eingebracht werden, ist die Einbindung eines weiteren Partners ratsam.

Durch den optimalen Mix an Cloud Ressourcen kann, zumindest was die technische Basis angeht, eine schnelle, performante und stabile Umsetzung zu geringeren Fixkosten erfolgen. Die Anbindung der Cloud-Ressourcen zur Übertragung der Daten kann sich hierbei jedoch als komplexitätssteigernd und kostentreibend herausstellen. Bei dem Rahmenwerk zur Nutzung von Cloud-Diensten sollte daher immer die bestehende IT-Enterprise-Architektur berücksichtigt und der Cloud-Dienst mithilfe einer klaren Schnittstellenbeschreibung in die Geschäftsprozesse und IT-Systeme eingebunden werden. Neben der Übertragung der Daten sollte für eine Authentifizierung und Autorisierung innerhalb des Cloud-Dienstes über eine Integration in das Benutzer-Management eines Unternehmens nachgedacht werden, um Zugriffe auf Daten und Programme zu verwalten.

Plattformen stellen eine einheitliche Grundlage für Cloud-Ressourcen dar, um deren Nutzung einfacher und skalierbarer abzubilden. Über Plattformen können Integrationsaufwände einmalig durchgeführt und dann für alle

Ressourcen auf der Plattform genutzt werden. Die IT-Schnittstelle, das Benutzermanagement oder Abrechnungsmechanismen werden somit nur noch einmal eingerichtet und können im Weiteren dann einfach genutzt werden. Plattformen wirken somit der Komplexitätssteigerung entgegen und können im Rahmenwerk zur Nutzung von Cloud-Diensten als eine Anforderung aufgenommen werden, um Kooperationen nochmals schneller und skalierbarer aufzusetzen.

Es lässt sich zudem beobachten, dass sich Plattformen und Rahmenwerke für Kooperationen bereits in einem größeren Kontext, wie dem des europäischen Wirtschaftsraums (GAIA-X) oder der Automobilindustrie und deren Zulieferer (CATENA-X), bilden. Mit GAIA-X ist ein souveränes Daten- und Service-Ökosystem geschaffen, innerhalb derer sich die Akteure bereits auf ein Rahmenwerk und gemeinsame Grundlagen verständigt haben. Ähnliches gilt für CATENA-X als Cloud für die Automobilindustrie und deren Zulieferer. Eine Integration des eigenen Kooperationsvorhabens in bestehende (Cloud-)Plattformen ermöglicht somit eine einfache Übertragung auf weitere Partner.

„Wir machen das mit der Cloud!“, lässt sich anhand der umgesetzten Anwendungsfälle in diesem Projekt als zielführender Ansatz bestätigen und auch auf weitere Kooperationen übertragen. Zur Verdeutlichung und zum Abschluss dieses Best Practice Tipps werden einige der realisierten Anwendungsfälle dargestellt:

Quelldaten im ERP-System in der private-Cloud eines Partners werden über einen "Integration Hub" auf die für die Kollaboration entscheidende "Zero Defects" Applikation in der public Cloud übertragen.

On-Edge eingesetzte Applikationen verarbeiten Daten aus smarten Produkten und leiten diese an ein Analysewerkzeug in der private-Cloud des Anlagenbetreibers weiter und zusätzlich über die public-Cloud an den Hersteller des Produkts, wodurch in der Kollaboration die Anlagenverfügbarkeit gesteigert werden konnte.

Ein Datenkatalog als Plattform in der private-cloud ermöglicht einen skalierbaren Zugriff einer Vielzahl von Applikationen.

Künstliche Intelligenz und die Rolle des Domänenwissens

Eine große Herausforderung jeder Kollaboration kann der operative organisatorische Aufwand sein, der den Mehrwert einer Kollaboration in Frage stellt. Durch die zunehmende Digitalisierung und Fortschritte im Bereich der künstlichen Intelligenz (KI) sehen wir jedoch einen Wendepunkt gekommen, an dem bei der Beurteilung vieler Projekte am Ende eine positive Bilanz herauskommt. Diese Entwicklung spiegelt sich auch deutlich in den zuvor beschriebenen Anwendungsfällen wider, in denen der Einsatz von KI wesentlich zum Erfolg geführt hat.

Die Bandbreite des Einsatzes im Rahmen der Kollaboration ist hierbei groß. Neben der Aggregation und Aufbereitung notwendiger Daten, bietet KI Möglichkeiten von der individuellen Entscheidungsunterstützung, über die Vorhersage der Produktqualität, bis hin zu autonomen Märkten mit Smart Contracts.

Wie auch immer der Einsatz von KI geplant ist, unsere Erfahrung im Rahmen der Projekte ReKoNeT und SmartCoNeT hat gezeigt, dass ein wesentlicher Baustein für die erfolgreiche Umsetzung Domänenwissen ist. Dieser Umstand dürfte eine Erleichterung sowohl für industrielle Großkonzerne aber vor allem auch für kleine und mittlere Unternehmen sein.

Nun stellt sich jedoch die Frage, wie ein sinnvoller Einsatz von KI im Rahmen einer Kollaboration angegangen werden kann – Denn das Domänenwissen allein reicht nicht aus.

Klar ist, dass das notwendige Fachwissen aus den Bereichen Data Science und Softwareentwicklung im Kollaborationsteam prinzipiell vorhanden sein muss. Hierzu können die beteiligten Unternehmen entweder entsprechende Mitarbeiter zur Verfügung stellen oder es müssen entsprechende Dienstleister aufgenommen werden. Diese Ausgangslage vorausgesetzt, sollen die nachfolgenden Ausführungen helfen, das weitere Vorgehen zu strukturieren und Themen, die erfahrungsgemäß schnell aus dem Fokus geraten, zu sensibilisieren.

Im Zentrum steht das White Box Modell, welches aus den Erkenntnissen im Laufe des Projekts ReKoNeT entstanden ist (vgl. Abbildung 56). Das Modell ordnet sich selbst zeitlich nach der Erstellung der Kollaborationsvision und vor der Implementierung des Kollaborationssystems ein. Dazwischen stehen vier Verständnisse, die es bei der Umsetzung aufzubauen gilt. Es findet also Anwendung in der Konkretisierungsphase und wird durch das Systemmodell unterstützt. Das Modell erweitert bekannte Data Mining Vorgehensmodelle (vgl. CRISP-DM) um ein Kollaborationsverständnis (Erweiterung Geschäftsverständnis) und um das Anreizverständnis. Letzteres zielt darauf ab, die Motivation jedes Partners transparent zu machen. Das geschaffene Verständnis und die geschaffene Transparenz unterstützen ebenfalls bei der Überwindung der identifizierten Kollaborationshemmnisse.

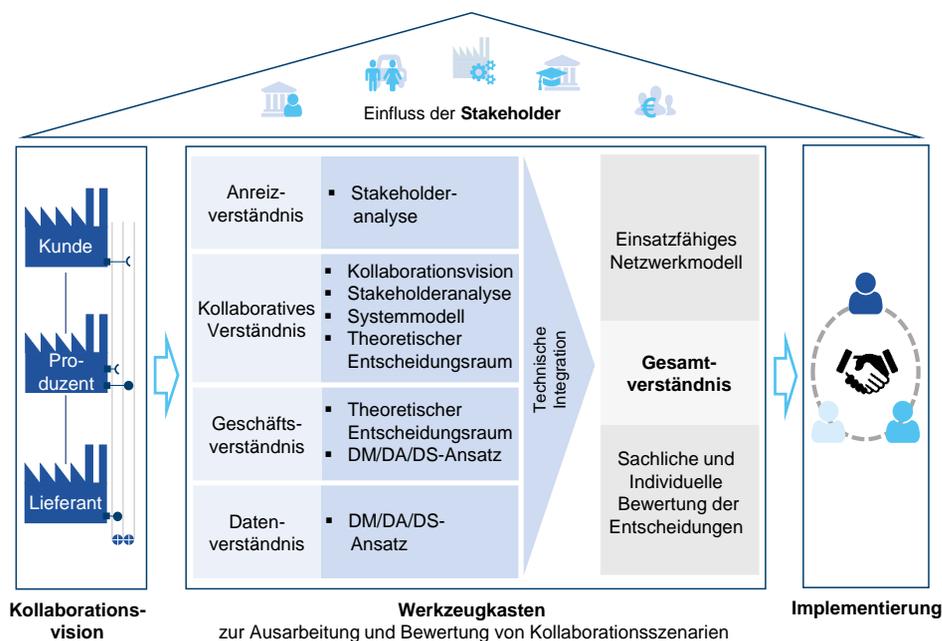


Abbildung 56: Whitebox Modell zur Entwicklung datengestützter Kollaborationsmodelle

Fazit und Ausblick

Mit diesem Handlungsleitfaden für die erfolgreiche Umsetzung kollaborativer Produktionsnetzwerke leisten die Projekte ReKoNeT bzw. SmartCoNeT einen wichtigen Beitrag zur Gestaltung einer fairen, sicheren und vernetzten Wertschöpfung in zukünftigen Produktionssystemen.

Unabhängig von ihren unterschiedlichen industriellen Kontexten und Zielen haben die fünf beschriebenen Kollaborationsvorhaben gezeigt, wie wichtig eine vertrauensvolle Zusammenarbeit der beteiligten Partner und ein sicherer Datenaustausch über Unternehmensgrenzen hinweg für die kollaborative Wertschöpfung sind. Der Handlungsleitfaden identifiziert relevante Erfolgsfaktoren und Best Practices und zeigt wertvolle Tipps und Tricks für die Anbahnung und Umsetzung von erfolgreichen Kollaborationen in Wertschöpfungsnetzwerken.

Das beschriebene iterative Vorgehen zur erfolgreichen Realisierung einer Kollaborationsvision, die genannten methodischen Werkzeuge, wie das Systemmodell zur Strukturierung und Konkretisierung der Kollaborationsvision oder das White-Box-Modell zur Entwicklung datengestützter Kollaborationsmodelle, geben Praktikern wichtige Hilfestellungen bei der Umsetzung eigener Kollaborationsprojekte.

Rückblickend können wir sagen, dass insbesondere zu Beginn eines Kollaborationsvorhabens, im Rahmen der Entwicklung der Kollaborationsvision und später bei der Konkretisierung im Systemmodell, ausreichend viel Zeit eingeplant werden sollte, um unter anderem die folgenden Fragen zu beantworten:

- Welche Interessen gibt es im Projekt? Wer erhofft sich was von der Kollaboration?
- Woher kommen die Daten / welche Daten sind geeignet / wie können die Daten „barrierefrei“ ausgetauscht werden / wie komme ich zu datenbasierten „intelligenten“ Entscheidungen für die Steuerung von kollaborativen Wertschöpfungsnetzwerken?
- Welche IT-Infrastruktur bzw. IoT-Umgebung benötige ich für den sicheren Datenaustausch über Unternehmensgrenzen hinweg?

- Welche rechtlichen Rahmenbedingungen sind beim Datenaustausch über Unternehmensgrenzen hinweg zu berücksichtigen?
- Welche Geschäftsmodelle sind im Kontext der „datenbasierten Regelung kollaborativer Wertschöpfungsnetzwerke“ möglich?

In Zukunft wird die kollaborative Wertschöpfung in Produktionsnetzwerken und insbesondere die kollaborative Nutzung von Produktionsdaten in digitalen Ökosystemen – sozusagen in Produktionsdatenräumen – weiter zunehmen [28, 29]. Dabei nimmt nicht nur die vertikale Vernetzung entlang der klassischen Supply Chains, sondern insbesondere auch die horizontale Vernetzung mit Marktbegleitern und Befähigern (z.B. mit Versicherungs- und Finanzdienstleistern) zu. Austausch, Aufbereitung und Nutzung produktionsrelevanter Daten mit diesen Kollaborationspartnern ermöglichen gänzlich neue Geschäftsmodelle.

Der zentrale Treiber wird dabei jedoch nicht allein der Wettbewerbsdruck sein, sondern auch die zunehmenden gesellschaftspolitischen Anforderungen an die Unternehmen, nachhaltige, zirkuläre und resiliente Wertschöpfungsnetzwerke zu erschaffen [28]. Insbesondere im Rahmen der Diskussionen um den zukünftig erforderlichen digitalen Produktpass und eine durchgängige Kohlenstoffdioxidbilanzierung ergeben sich große Herausforderung für produzierende Unternehmen. Auch technische Ansätze, wie ein durchgängiger digitaler Zwilling, welcher in diesem Kontext häufig als Lösung (u.a. von der Plattform Industrie 4.0 und dem VDMA / IDTA) angesehen wird, impliziert letztendlich eine Kollaboration der beteiligten Unternehmen.

Wir hoffen, Ihnen mit diesem Handlungsleitfaden eine Orientierungshilfe für die Kollaboration in sicheren Datenräumen gegeben zu haben. Entsprechend laden wir Sie herzlich ein, sich ausführlich mit den bereitgestellten Unterlagen im [GitHub-Verzeichnis](#) auseinanderzusetzen. Scannen Sie hierfür einfach den QR Code auf S. 10 oder gehen Sie auf <https://github.com/ReKoNeT-Collection>. Sollten Sie an einer Stelle nicht weiterkommen, würden wir uns sehr freuen, wenn Sie mit uns Kontakt aufnehmen. Wir helfen Ihnen gerne weiter.

Projektpartner

Festo SE & Co. KG

Die Festo SE & Co. KG ist ein international agierendes Familienunternehmen aus dem Bereich der Fabrik- und Prozessautomatisierung mit mehr als 20.000 Mitarbeitern. Festo ist weltweit führend in der Automatisierungstechnik und Weltmarktführer in der technischen Aus- und Weiterbildung. Mit innovativen Produkten und digitalen Services für die Automatisierungstechnik, unterstützt das Unternehmen die höchste Produktivität und Wettbewerbsfähigkeit seiner mehr als 300.000 Kunden.

Robert Bosch GmbH

Die Bosch-Gruppe ist ein international führendes Technologie- und Dienstleistungsunternehmen. Die Aktivitäten gliedern sich in die vier Unternehmensbereiche Mobility Solutions, Industrial Technology, Consumer Goods sowie Energy and Building Technology. Als führender Anbieter im Internet der Dinge (IoT) bietet Bosch innovative Lösungen für Smart Home, Industrie 4.0 und Connected Mobility. Strategisches Ziel der Bosch-Gruppe sind Lösungen und Produkte für das vernetzte Leben, die entweder über künstliche Intelligenz (KI) verfügen oder mit ihrer Hilfe entwickelt oder hergestellt werden. Die Bosch-Gruppe umfasst die Robert Bosch GmbH sowie ihre rund 440 Tochter- und Regionalgesellschaften in 60 Ländern.

WITTENSTEIN SE

Mit weltweit rund 2.800 Mitarbeitern und einem Umsatz von 373 Mio. € im Geschäftsjahr 2020/21 steht die WITTENSTEIN SE national und international für Innovation, Präzision und Exzellenz in der Welt der cybertronischen Bewegung. Die Unternehmensgruppe besitzt eine überragende Kompetenz zur Beherrschung und Weiterentwicklung aller relevanter Technologien der mechatronischen Antriebstechnik und umfasst sechs innovative Geschäftseinheiten. Entwickelt, produziert und vertrieben werden unter anderem hochpräzise Servoantriebe und Linearsysteme, Servosysteme und -motoren sowie cybertronische Antriebssysteme, u. a. für den Maschinen- und Anlagenbau, die Luft- und Raumfahrt oder die Öl- und Gas-Exploration. Nanotechnologie und Softwarekomponenten ergänzen das Portfolio. Die WITTENSTEIN gruppe ist an 25 Standorten und in mehr als 45 Ländern in

allen wichtigen Technologie- und Absatzmärkten vertreten.

Profiroll Technologies GmbH

Profiroll ist ein weltweit agierender Werkzeugmaschinenhersteller im Bereich Gewinde- und Profilwalzen. Das Profiroll Geschäftsmodell ist darauf ausgerichtet, technologische Aufgabenstellungen seiner Kunden zur Profilierung rotationssymmetrischer Werkstücke mittels modernster Kaltmassivumformtechnologie aufzugreifen und ein wirtschaftliches Produktionsverfahren durch Einsatz des Profilwalzens zu entwickeln. Es werden dem Kunden Maschinen, Zuführsysteme, dazu erforderliche Walzwerkzeuge (Rollwerkzeuge), als auch zuverlässige Produktionsverfahren geliefert. Und das alles aus einer Hand. Darüber hinaus übernimmt Profiroll für seine Kunden Entwicklungsaufträge bis hin zur Anlaufproduktion einer zukünftigen Serienfertigung. Profiroll kann auf eine sehr erfolgreiche Innovationsgeschichte zurückblicken. Ihre Entwicklungsingenieure verfügen über einen großen Fundus an technologischen Lösungen und Ingenieurkompetenz sowie Erfahrung.

HPO Häfner Präzisionsteile Oberrot GmbH

HPO Häfner Präzisionsteile Oberrot GmbH ist ein Hersteller von kundenindividuellen Präzisionsbauteilen in Klein- bis Großserien mittels mechanischer Bearbeitung (Drehen, Fräsen, Schleifen, Polieren). Gegründet wurde das Unternehmen im Jahre 1990 und hat sich über die Jahrzehnte zu einem renommierten Produktionsunternehmen in der Umgebung entwickelt und zählt mittlerweile mehr als 20 Mitarbeiter.

Orkli S. Coop

Orkli, S. Coop fertigt und vertreibt weltweit Komponenten für Heizungs- und Solarsysteme und ist Innovationsführer im Bereich der Gassicherheit. Das Unternehmen mit Hauptsitz in Spanien hat sich mit seinem digitalen Tool Ekanban am SmartCoNeT Projekt beteiligt. Für den Anwendungsfall hat Orkli mehrere Lösungen entwickelt, um den Informations- und Materialfluss zwischen Kunden und Lieferanten mit Ekanban zu optimieren.

4flow AG

4flow vereint in einem einzigartigen Geschäftsmodell Logistikberatung, Logistiksoftware und 4PL-Dienstleistungen. 4flow

consulting begleitet Unternehmen im Bereich von Logistik und Supply Chain Management von der Strategie bis zur Umsetzung. 4flow bietet Software zur Netzwerk- und Transportoptimierung sowie zur Lieferoptimierung an. 4flow management übernimmt als neutraler 4PL- und Outsourcing-Partner die tägliche Optimierung von Logistiknetzwerken und Transporten.

Ariatech Inc.

Ariatech Inc. ist ein koreanisches Softwareunternehmen, das 2003 von LG Electronics gegründet wurde, um Mobilfunksysteme zu entwickeln. In den letzten Jahren hat sich das Unternehmen auf industrielle IoT-Plattformen, IoT-Geräte und Gateways sowie auf die Entwicklung von Factory Energy Management und Manufacturing Execution Systems konzentriert. Im Rahmen des SmartCoNeT Projekts hat Ariatech Inc. verschiedene IoT-Lösungen für den koreanischen Anwendungsfall entwickelt.

Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft

Die Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft ist eine der weltweit führenden Rückversicherungsgesellschaften. Ihr Teilbereich „Strategic Innovation & Business Development“ verfolgt das Ziel, mit Industriepartnern ganzheitliche, auf IKT basierende Versicherungsprodukte zu entwickeln.

Pickert & Partner GmbH

Pickert & Partner ist ein erfolgreicher, ISO-zertifizierter Softwarehersteller aus Pfinztal bei Karlsruhe. Das Familienunternehmen wurde 1981 gegründet und beschäftigt derzeit über 50 Mitarbeiter. Unsere über 380 Kunden mit über 215.000 Usern sind in 28 Ländern zuhause. Den internationalen Markt erschließen wir uns durch ein stabiles und langjähriges Partnernetzwerk. Pickert ist erster Ansprechpartner für KMU der Metall- und Kunststoffindustrie und darüber hinaus besonders spezialisiert auf die diskrete Fertigung. Seit Jahren engagieren wir uns in diversen Forschungsprojekten, Arbeitskreisen und Verbänden, um Themen wie Industrie 4.0 voranzutreiben.

FZI Forschungszentrum Informatik

Das FZI Forschungszentrum Informatik (FZI) ist mit vier Forschungsschwerpunkten am Vorhaben beteiligt. Das Kompetenzzentrum IT-Sicherheit (FZI-KIS) bringt Expertise zu Mechanismen und Architekturen für nachvollziehbare sichere und vertrauenswürdige

Datenverarbeitung ein. Darüber hinaus verfügt es über langjährige Erfahrung mit der juristischen Analyse komplexer IKT-Infrastrukturen.

Der Forschungsbereich Information Process Engineering (FZI-IPE) verfügt im Projekt über Expertise in den Bereichen Data Mining sowie Predictive und Prescriptive Analytics. Hinzu kommt die Kompetenz im Design und der Konzeption von Anreizsystemen und digitalen Geschäftsmodelle im Gefüge moderner Marktmechanismen.

Korea Institute of Industrial Technology

Das Korea Institute of Industrial Technology - KITECH wurde mit dem Ziel gegründet, die technologische Leistungsfähigkeit und internationale Wettbewerbsfähigkeit der kleineren und mittleren Unternehmen in Südkorea zu stärken und damit einen wichtigen Beitrag zum industriellen Wachstum zu leisten. Zu den KITECH Schwerpunkten gehören die Erforschung und der Transfer von Fertigungstechnologien. Im Rahmen des SmartCoNeT-Projekts entwickelte KITECH für den koreanischen Anwendungsfall technologische Lösungen unter anderem in den Bereichen Simulation, Dashboard und Analysemodule.

wbk Institut für Produktionstechnik

Das wbk Institut für Produktionstechnik am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) ist eine der deutschlandweit führenden wissenschaftlichen Einrichtungen auf dem Gebiet der Produktionstechnik und Industrie 4.0. Die drei Bereiche Fertigungs- und Werkstofftechnik, Maschinen, Anlagen und Prozessautomatisierung sowie Produktionssysteme widmen sich der anwendungsnahen Forschung, der Lehre und Innovation im Bereich Produktionstechnik. Sie werden von den drei Professoren Prof. Dr.-Ing. habil. Volker Schulze, Prof. Dr.-Ing. Jürgen Fleischer und Prof. Dr.-Ing. Gisela Lanza geleitet. Dabei wird das Ziel verfolgt, das integrative Verständnis von den Prozessen über die Anlagen und Automatisierung bis hin zu vernetzten Fabriken zu vermitteln. In Kooperation mit Industriepartnern erarbeitet das wbk Lösungen für vielfältige Problemstellungen der Produktionstechnik und entwickelt mit Blick in die Zukunft neuartige Methoden und Prozesse für die Produktion von morgen.

Zentrale Ansprechpartnerin für Fragen:

Prof. Dr.-Ing. Gisela Lanza (KIT)

Gisela.Lanza@kit.edu

Literatur

- [1] Silbernagel, R.; Stamer, F.; Häfner, B. et al.: Kollaboration in globalen Wertschöpfungsnetzwerken. *ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb* 114 (2019), Nr. 5, S. 314–317.
- [2] Lanza, G.; Ferdows, K.; Kara, S. et al.: Global production networks: Design and operation. *CIRP Annals* 68 (2019), Nr. 2, S. 823–841.
- [3] Plattform Industrie 4.0: Digital Business Models for Industrie 4.0. Berlin: Federal Ministry for Economic Affairs and Energy 2019.
- [4] Cao, M.; Vonderembse, M. A.; Zhang, Q. et al.: Supply chain collaboration: conceptualisation and instrument development. *International Journal of Production Research* 48 (2010), Nr. 22, S. 6613–6635.
- [5] Völker, R.; Neu, J.; V Lker, R.: Supply Chain Collaboration : Kollaborative Logistikkonzepte Für Third- und Fourth-Tier-Zulieferer. Heidelberg, GER-MANY: Physica-Verlag 2008.
- [6] Cao, M.; Zhang, Q.: Supply Chain Collaboration. Roles of Interorganizational Systems, Trust, and Collaborative Culture. London: Springer 2013.
- [7] Roschelle, J.; Teasley, S. D.: The Construction of Shared Knowledge in Collaborative Problem Solving. In: O'Malley, C. (Hrsg.): Computer Supported Collaborative Learning, S. 69–97. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg 1995.
- [8] Chan, F. T.; Prakash, A.: Inventory management in a lateral collaborative manufacturing supply chain: a simulation study. *International Journal of Production Research* 50 (2012), Nr. 16, S. 4670–4685.
- [9] Kampstra, R. P.; Ashayeri, J.; Gattorna, J. L.: Realities of supply chain collaboration. *The International Journal of Logistics Management* 17 (2006), Nr. 3, S. 312–330.
- [10] Lambert, D. M.; Emmelhainz, M. A.; Gardner, J. T.: So You Think You Want a Partner? *Marketing Management* 5 (1996), Nr. 2, S. 24–41.
- [11] Barratt, M.: Understanding the meaning of collaboration in the supply chain. *Supply Chain Management: An International Journal* 9 (2004), Nr. 1, S. 30–42.
- [12] Albach, H.: Strategische Allianzen, strategische Gruppen und strategische Familien. WZB, Forschungsschwerpunkt Marktprozess und Unternehmensentwicklung 1992.
- [13] Schulteis, G.: Die Bedeutung der Informations- und Kommunikationstechnologie für vertikale Unternehmenskooperationen und deren Potenzial bei der Gestaltung unternehmensübergreifender Geschäftsprozesse. Dargestellt am Beispiel kommerzieller Standardanwendungssoftware. Zugl.: Chemnitz, Techn. Univ., Diss, 1998. Wiesbaden: Dt. Univ.-Verl. 2000.
- [14] Stamer, F.; Steinke, M.; Silbernagel, R. et al.: Using Smart Services as a Key Enabler for Collaboration in Global Production Networks. *Procedia CIRP* 93 (2020), S. 730–735.
- [15] Silbernagel, R.; Wagner, R.; Haefner, B. et al.: Qualitätsregelstrategien in Wertschöpfungsnetzwerken. *wt Werkstatttechnik* 109 (2019), 11-12, S. 802–806.
- [16] Silbernagel, R.; Wagner, C.; Albers, A. et al.: Data-Based Supply Chain Collaboration – Improving Product Quality in Global Production Networks by Sharing Information. *Procedia CIRP* 104 (2021), S. 470–475.
- [17] Stenum GmbH: Netzwerke und Kooperationen: Ein Informations- und Arbeitsheft für UnternehmerInnen.
- [18] Plattform Industrie 4.0: Collaborative data-driven business models. Federal Ministry for Economic Affairs and Energy: Berlin 2020.
- [19] Stamer, F.; Buschle, J.; Lanza, G.: Identification and Root Cause Mapping of Supply Chain Collaboration Resistors. Internetadresse: <https://doi.org/10.5445/IR/1000143394>.
- [20] Fawcett, S. E.; Magnan, G. M.; McCarter, M. W.: A Three-Stage Implementation Model for Supply Chain Collaboration. *Journal of Business Logistics* 29 (2008), Nr. 1, S. 93–112.
- [21] Badewitz, W.; Stamer, F.; Linzbach, J. et al.: Recommender Systems for Capability Matchmaking. In: 2021 IEEE 23rd Conference on Business Informatics (CBI). 2021 IEEE 23rd Conference on Business Informatics (CBI), Bolzano, Italy, 01.09.2021 - 03.09.2021, S. 87–96. IEEE 2021.
- [22] Krahe, C.; Bräunche, A.; Jacob, A. et al.: Deep Learning for Automated Product Design. *Procedia CIRP* 91 (2020), S. 3–8.
- [23] Wagner, R.; Haefner, B.; Lanza, G.: Function-Oriented Quality Control Strategies for High Precision Products. *Procedia CIRP* 75 (2018), S. 57–62.
- [24] Lünemann, P.; Wang, W. M.; Lindow, K.: Smart Industrial Products. *Smarte Produkte und ihr Einfluss auf Geschäftsmodelle, Zusammenarbeit, Portfolios und Infrastrukturen*. Berlin: Fraunhofer IPK 2019.
- [25] Silbernagel, R.; Gese, S.; Krupa, C. et al.: Interfirm Collaboration in Global Production Networks – Maturity Model for Managing Interfirm Relationships 2021.
- [26] Stamer, F.; Korczok, A.; Leschinski, G. et al.: Smart Services in Produktionsnetzwerken modellieren/Modeling smart services in production networks. *wt Werkstatttechnik online* 110 (2020), 07-08, S. 541–544.
- [27] Wagner, M.; Tran, H.; Pieper, M. et al.: Daten- und Geheimnisschutz bei der Kommunikation im Unternehmenskontext. Eine Studie zur Rechtslage mit Fokus auf Messengerdienstlösungen. Karlsruhe: FZI Forschungszentrum Informatik 2021.
- [28] Sautter, B.: Shaping Digital Ecosystems for Sustainable Production: Assessing the Policy Impact of the 2030 Vision for Industrie 4.0. *Sustainability* 13 (2021), Nr. 22, S. 12596.
- [29] Plattform Industrie 4.0: Der Datenraum Industrie 4.0. Die Plattform Industrie 4.0 lädt ein, die digitalen Ökosysteme von morgen zu gestalten. Internetadresse: https://www.plattform-i40.de/IP/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/PositionPaper-Da-taSpace.pdf?__blob=publicationFile&v=7.

Autorenverzeichnis

Kapitel	Beteiligte Autoren
Einführung in die Welt der Kollaboration	R. Silbernagel, F. Stamer (KIT)
Vorgehen zur Umsetzung von Kollaboration in Wertschöpfungsnetzwerken	R. Silbernagel, F. Stamer (KIT); B. Sautter (Festo)
Kollaborationsvorhaben im Handlungsleitfaden	B. Sautter (Festo); R. Silbernagel (KIT)
Kollaboratives Kapazitätsmanagement	J. Linzbach (Festo); F. Stamer (KIT); W. Badewitz (FZI); A. Reichbauer (Munich Re)
Kollaborative Qualitätsregelung	F. Schüßler (Bosch); R. Silbernagel (KIT)
Kollaborative Entwicklung digitaler Geschäftsmodelle	B. Vojanec, M. Kuehnert (WITTENSTEIN); B. Bokun (Pickert); T. Lehmann (Profiroll); E. Turan (HPO)
Intelligente Logistik durch kollaborativen Datenaustausch	L. Oiarbide, Jon Solis (Orkli); B. Sautter (Festo)
Kollaborative Fertigung personalisierter Sportbekleidung	Yongju Cho (KITECH); Yoon, S (Ariatech); B. Sautter (Festo)
Best Practices – Was macht erfolgreiche Kollaboration aus?	B. Sautter (Festo); R. Silbernagel (KIT)
Die Kollaborationsvision ist der erste Schritt	F. Stamer (KIT); A. Korczok, W. Groß (4flow)
Modelle für Kollaboration schaffen Struktur und helfen bei der Kommunikation	A. Korczok, W. Groß (4flow); F. Stamer, R. Silbernagel (KIT)
Kollaborationshindernisse rechtzeitig identifizieren	R. Silbernagel (KIT)
Vertrauensprobleme können gelöst werden	J. Prosiegel, A. Reichbauer (Munich Re); R. Silbernagel (KIT)
Datensicherheit - Dein steter Begleiter	R. Groell, J. Herr, W. Beskorovajnov (FZI)
Datenschutz ist kein Hindernis für erfolgreiche Kollaborationsvorhaben	M. Wagner, D. Vonderau (FZI)
Geschäftsgeheimnisschutz als nichtfunktionale Anforderung	M. Wagner, D. Vonderau (FZI)
Diese Standards sind ein Must-Have für die Kollaboration	B. Vojanec (WITTENSTEIN)
Habt diese Trends und Technologien im Blick!	B. Vojanec (WITTENSTEIN)
Wir machen das mit der Cloud!	B. Vojanec (WITTENSTEIN)
Künstliche Intelligenz und die Rolle des Domänenwissens	F. Stamer, R. Silbernagel (KIT)
Fazit und Ausblick	B. Sautter (Festo); R. Silbernagel (KIT)

