

## **Kollaborative datenbasierte Geschäftsmodelle**

**Collaborative Condition Monitoring – Wie durch unternehmensübergreifende Kollaboration Mehrwert generiert werden kann.**

## Impressum

### **Herausgeber**

Bundesministerium für Wirtschaft  
und Energie (BMWi)  
Öffentlichkeitsarbeit  
11019 Berlin  
[www.bmwi.de](http://www.bmwi.de)

### **Redaktionelle Verantwortung**

Geschäftsstelle Plattform Industrie 4.0  
Bülowstraße 78  
10783 Berlin

### **Gestaltung**

PRpetuum GmbH, 80801 München

### **Stand**

Juli 2020

### **Bildnachweis**

greenbutterfly – AdobeStock (Titel)

Diese Broschüre ist Teil der Öffentlichkeitsarbeit des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie. Sie wird kostenlos abgegeben und ist nicht zum Verkauf bestimmt. Nicht zulässig ist die Verteilung auf Wahlveranstaltungen und an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben von Informationen oder Werbemitteln.



**Diese und weitere Broschüren erhalten Sie bei:**  
Bundesministerium für Wirtschaft und Energie  
Referat Öffentlichkeitsarbeit  
E-Mail: [publikationen@bundesregierung.de](mailto:publikationen@bundesregierung.de)  
[www.bmwi.de](http://www.bmwi.de)

### **Zentraler Bestellservice:**

Telefon: 030 182722721  
Bestellfax: 030 18102722721



# Inhalt

<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>3</b>
<b>1. Einleitung</b> .....	<b>4</b>
<b>2. Der Use Case „Collaborative Condition Monitoring“</b> .....	<b>6</b>
<b>3. Derzeitige Hemmnisse für die Umsetzung kollaborativer Geschäftsmodelle</b> .....	<b>10</b>
<b>4. Grundsätzliche Anforderungen an kollaborative Geschäftsmodelle in der Industrie 4.0</b> .....	<b>13</b>
<b>5. Lösungsbausteine am Beispiel von „Collaborative Condition Monitoring“</b> .....	<b>15</b>
<b>6. Zusammenfassung und Ausblick</b> .....	<b>19</b>

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Traditionelles Wertschöpfungsnetzwerk.....	7
Abbildung 2: Dreierfraktal mit Datenbasis.....	9
Abbildung 3: Hemmnisse kollaborativer Geschäftsmodelle.....	11
Abbildung 4: Anforderungen an kollaborative Geschäftsmodelle.....	14
Abbildung 5: Einbettung des Dreierfraktals in ein Daten Ökosystem am Beispiel der Betriebsdatenerfassung einer Komponente X.....	16

# 1. Einleitung

Mit der Digitalisierung, der Bereitstellung, Speicherung und Verarbeitung von Daten im Rahmen von Wertschöpfungsprozessen verschwimmt die Grenze zwischen physischen Produkten und der virtuellen Welt, Daten werden zu einem entscheidenden Teil der Wertschöpfung. Sie entstehen im Engineering, der Produktion und dem Betrieb vernetzter Maschinen, Anlagen und Produkte.

Zur Entwicklung digitaler datenbasierter Geschäftsmodelle werden die Daten vielfach nicht genutzt. Dabei steht ein riesiger Schatz u. a. an Daten aus dem Produktionsprozess sowie an Betriebsdaten von Millionen von gefertigten Maschinen, Anlagen und Produkten zur Verfügung, die Basis neuer datenbasierter Geschäftsmodelle sein können.

Um diesen Datenschatz heben zu können und aus Unternehmenssicht selbstbestimmt datenbasierte Geschäftsmodelle anbieten zu können, sind innovative Kollaborationen über Unternehmens- und Wettbewerbsgrenzen hinweg notwendig. Heutzutage findet der Datenaustausch zwischen verschiedenen Wertschöpfungsakteuren vorrangig über die Marktmacht des Fabrikbetreibers statt. Wie dies jedoch auf selbstbestimmter Basis aussehen könnte, wird in diesem Papier am Beispiel des Condition Monitorings dargestellt.

Der Ansatz von „**Collaborative Condition Monitoring**“ (CCM) beschreibt einen innovativen Ansatz, wonach unterschiedlichste Akteure im Verbund eine erhöhte Zuverlässigkeit und Lebensdauer von Produktionsanlagen erreichen können, um damit einen Mehrwert für alle Beteiligten in der Wertschöpfungskette zu erzeugen.

Demnach kann ein gemeinsamer Profit im Ökosystem realisiert werden, wenn alle Akteure ihre Daten teilen und auf unabhängigen digitalen Plattformen bereitstellen. Der aus der Korrelation und mit KI-Methoden (Datenanalytik) generierte Mehrwert kann sich bspw. in erhöhter Lebensdauer von Maschinen oder Komponenten äußern. Der CCM-Ansatz ist ein Novum, da er auf multilateraler Zusammenarbeit beruht, die sich unternehmens- und wettbewerbsübergreifend erstreckt, und in neuen Geschäftsmodellen resultiert. Dabei ist wesentlich, dass Unternehmen, die im operativen Geschäft im Wettbewerb stehen, jene für die Generierung von digitalen Geschäftsmodellen so wichtigen Daten als nicht marken- und produktdifferenzierend erkennen oder aber – analog zu den physischen Produkten – anbieten.

Das vorliegende Papier adressiert diese Leitfragen:

- Wie sehen die Spielregeln eines derartig kollaborativen Ansatzes aus?
- Wie können die Teilnehmer in einem B2B-Wertschöpfungsnetz motiviert werden ihre Daten zu teilen?
- Wie können Daten, auch gemeinsam genutzte, monetarisiert werden?
- Wer erhält welchen Anteil an dem durch kollektive Datenbereitstellung generierten Profit?
- Wie erfolgt eine sichere Nutzung nur für die Berechtigten?
- Was ist für eine rechtssichere Nutzung der Daten notwendig?

## 2. Der Use Case „Collaborative Condition Monitoring“

Im Folgenden wird ein Use Case beschrieben, der als beispielhafte Anwendung kollaborativer datenbasierter Geschäftsmodelle dient und somit deren Mehrwert an einem konkreten Fallbeispiel diskutiert.

## Das Szenario

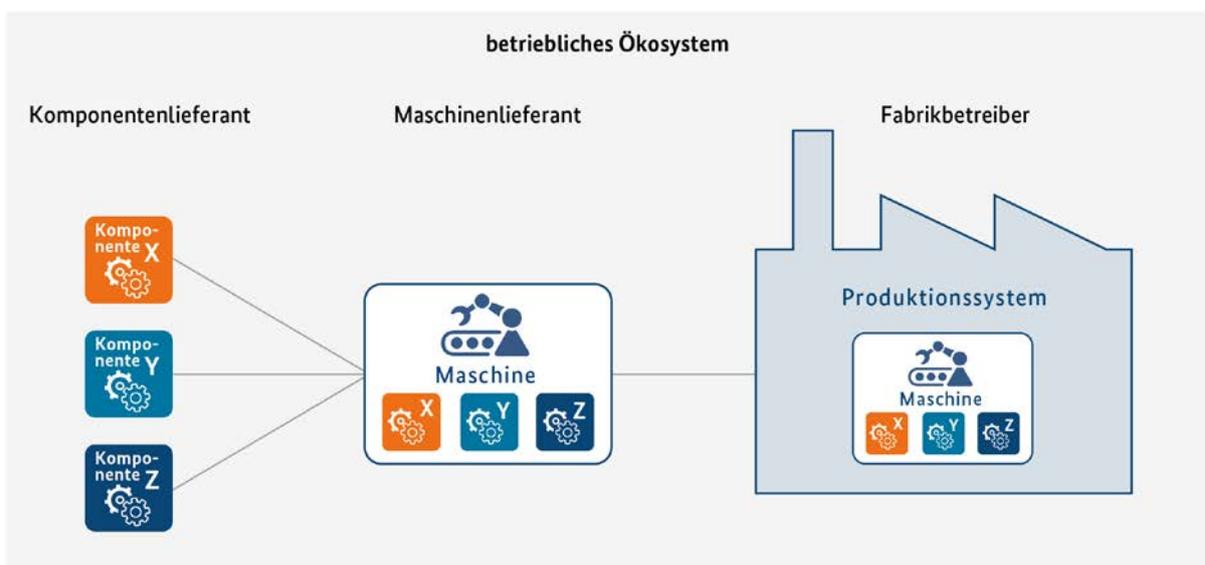
Der Use Case „Collaborative Condition Monitoring“ (kurz: CCM) beschäftigt sich mit der Erhebung und Nutzung von Betriebsdaten u. a. zur Optimierung der Zuverlässigkeit und Lebensdauer von Maschinen sowie deren Komponenten im Betrieb. Als beispielhafter, vereinfachter Prozess eines betrieblichen Ökosystems wird dazu ein dreistufiges Wertschöpfungsnetzwerk mit verschiedenen Akteuren betrachtet (Abbildung 1):

1. Verschiedene **Komponentenlieferanten** produzieren Komponenten, bspw. unterschiedliche Antriebe, die jeweils mit entsprechender Sensorik versehen sind.
2. Ein **Maschinenlieferant** produziert eine Maschine, in die die verschiedenen Komponenten der unterschiedlichen Hersteller verbaut sind.
3. Ein **Fabrikbetreiber** setzt diese Maschine in seinem Produktionssystem ein.

Das klassische Condition Monitoring beschreibt die Darstellung und Analyse von Betriebsdaten. Dabei wird der Maschinenzustand durch die Messung physikalischer Werte, wie Schwingung, Temperatur, o. ä. erfasst. Diese Daten werden klassischerweise bilateral geteilt, bspw. ausschließlich zwischen Integrator und Betreiber.

Die Vision des CCM erweitert das klassische Condition Monitoring um den Aspekt einer weitreichenderen Kollaboration, indem Daten nicht nur bilateral, sondern multilateral über das gesamte Wertschöpfungsnetzwerk gesammelt und geteilt werden. Dies steht im Gegensatz zu der bisher im Allgemeinen üblichen und in der Regel in Vereinbarungen und Verträgen festgelegten Zusammenarbeit zwischen Lieferant und Kunde. Welche Möglichkeiten, aber auch Herausforderungen damit verbunden sind, wird im Folgenden konkretisiert. Das Ziel dabei ist die Vorhersage von Lebenszyklen und Ausfallwahrscheinlichkeiten innerhalb des Gesamtsystems auf Basis einer korrelierten Analyse der zunächst fragmentiert anfallenden Betriebsdaten.

Abbildung 1: Traditionelles Wertschöpfungsnetzwerk



Am Beispiel des CCM könnte das so aussehen:

- Der Komponentenlieferant stellt eine Komponente mit Verwaltungsschale zur Verfügung, die Datenfelder für lebensdauer- bzw. zuverlässigkeitsrelevante Daten enthält.
- Der Maschinenlieferant liefert seine Maschine mit einer eigenen Verwaltungsschale aus, die auch Datenfelder für lebensdauer- bzw. zuverlässigkeitsrelevante Daten enthält. Die Verwaltungsschale der Maschine ist sozusagen eine Komposition aus Verwaltungsschalen der Komponenten. Die während des Betriebs diesbezüglich anfallenden Daten (z. B. Einbaulage, einwirkende Kräfte) werden in den Verwaltungsschalen der Komponenten und der Maschine gespeichert. Die Verwaltungsschale der Maschine wird ertüchtigt, die über die Einsatzdauer der Maschine anfallenden Daten der Maschine und der Komponenten an eine neutrale Plattform weiterzuleiten zu können.
- Der Fabrikbetreiber ergänzt die Daten durch relevante Einsatzdaten der Maschine (z. B. Betriebstemperaturen, Wartungsintervalle) auf Basis der Datenfelder in der Verwaltungsschale.

Alle Beteiligten der Wertschöpfungskette erhalten abhängig von ihren Berechtigungen Zugriff auf die Daten:

- Der Mehrwert für den Komponentenlieferanten besteht in dem Zugriff auf Lebensdauer-/Zuverlässigkeitsdaten seiner Komponente und weiterer relevanter zugehöriger Maschinendaten und Umgebungsparameter des Produktionssystems. Dies ermöglicht die Optimierung der Komponenten oder neue Dienstleistungen, wie proaktives Ersatzteilmanagement.
- Der Maschinenlieferant kann auf der Basis historischer Daten vieler Maschinen in unterschiedlichsten Umgebungen mit Einsatz von KI-Methoden erkennen, wie sich bspw. Verfügbarkeit und Toleranzen in der Produktion verändern. Mit dieser Erkenntnis kann er den Fabrikbetreiber proaktiv mit einem Wartungsangebot kontaktieren und bei diesem eine erhöhte Kundenzufriedenheit generieren.
- Der Fabrikbetreiber profitiert u. a. von erhöhter Verfügbarkeit, planbaren Zeitfenstern Predictive Maintenance für die Wartung, etc. Dies könnte resultieren in einer verbesserten Liefertreue, die mit einer höheren Zufriedenheit („Customer Experience“) beim Endkunden verbunden ist.

## Die Hypothese

Durch „Collaborative Condition Monitoring“ lässt sich innerhalb des digitalen Ökosystems ein ökonomischer Vorteil erwirtschaften („digitales Geschäftsmodell“), indem Zuverlässigkeit und Lebensdauer von Komponenten und Maschinen steigen. Erreicht werden kann dies allerdings nur durch die konsequente, durchgängige Erfassung von Betriebsdaten der Komponenten und Maschinen über das gesamte Wertschöpfungsnetzwerk, d. h. von verschiedenen und vielen Herstellern, Integratoren und Betreibern und deren kollaborativen Auswertung.

## Der kollaborative Aspekt

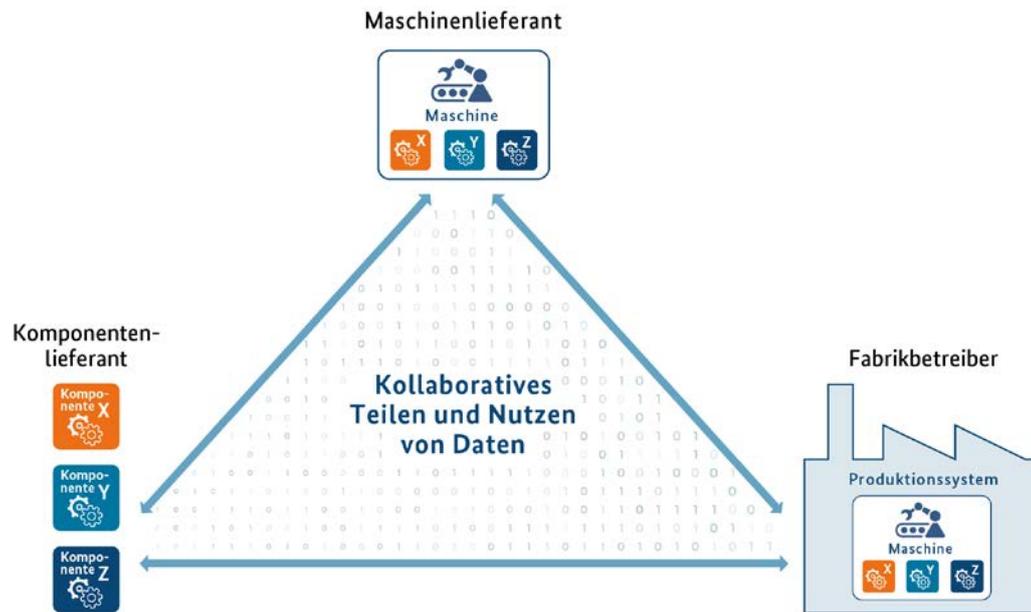
Das kleinstmögliche Fraktal (Abbildung 2) einer multilateralen Struktur ist eine Dreierstruktur, hier abgebildet als Komponentenlieferant, Maschinenlieferant und Fabrikbetreiber. Die Skalierung zu Wertschöpfungsketten, -netzen und -ökosystemen ist dann einfach möglich durch Kombination des Dreierfraktals als Baustein von Ketten und Netzen, in denen die im Nachgang beschriebenen Erkenntnisse und Gesetzmäßigkeiten weiterhin gelten.

Um die Lebensdauer von Komponenten und Maschinen zu erhöhen, bedarf es einer umfassenden Datenbasis. Dies bedeutet, dass sowohl Daten über den Zustand aller relevanten Komponenten und der Maschine verfügbar sein müssen als auch die Semantik der sonst herstellerspezifischen Daten bekannt sein muss. Erst durch Verarbeitung ausreichend großer Datenmengen mit einer ausreichenden Datenqualität wird es möglich, zum Beispiel wiederkehrende Muster im Betriebsverhalten einzelner Komponenten und der Maschine zu erkennen oder den langfristigen Verschleiß unter betriebsspezifischen Bedingungen zu analysieren. Denn die Lebensdauer von Komponenten oder Maschinen lässt sich nicht an einzelnen Variablen oder Messgrößen festmachen. Vielmehr ist diese in der Praxis von einer Kombination verschiedener Daten abhängig, die sich je nach Anwendungsfall unterscheiden können und typischerweise nicht von einem Akteur allein bereitgestellt werden können. Auch Kontextdaten, bspw. über den Standort der Fabrik und die Umgebung der Maschine, können in diesem Zusammenhang eine Rolle spielen.

Vereinfacht lässt sich dabei sagen: Je umfassender semantisch standardisierte Daten von verschiedenen Akteuren verfügbar sind, umso aussagekräftiger sind die aus den Daten gewonnenen Erkenntnisse, welche für alle Akteure im Wertschöpfungsnetzwerk von Vorteil sind.

Allerdings können diese Vorteile nur durch weitreichende Kollaboration erreicht werden. Dazu müssen Komponentenlieferanten, Maschinenlieferanten und Fabrikbetreiber über Unternehmensgrenzen und Wettbewerbsgrenzen

Abbildung 2: Dreierfraktal mit Datenbasis



Quelle: Plattform Industrie 4.0

hinweg zusammenarbeiten. Nur so, nämlich durch „**Collaborative Condition Monitoring**“, kann eine entsprechend umfassende Datenbasis entstehen, von der potenziell alle Akteure profitieren.

### Die Leitfrage

Die aus den bereitgestellten Daten gewonnenen Erkenntnisse können beispielweise für die Optimierung bzw. das Redesign von Komponenten herangezogen werden oder dazu dienen, die Rahmenbedingungen für den effizientesten Betrieb einer Maschine auszuloten. Beide Beispiele bedeuten für den Lieferanten oder den Betreiber einen ökonomischen Vorteil – der jedoch nur erreicht werden kann, indem viele Akteure ihre Daten auf einer Plattform bereitstellen und teilen.

Die Leitfrage dieses Szenario ist, wie sich dieser Profit innerhalb des gesamten Ökosystems realisieren lässt? Damit verknüpft sind viele weitere Fragen, bspw. wie Anreizsysteme für die unterschiedlichen Akteure gestaltet sein müssen, damit diese ihre Daten bereitstellen bzw. welche Geschäftsmodelle mit diesem kollaborativen Ansatz verbunden sind. Auch die technische Umsetzung stellt eine grundsätzliche und elementare Frage dar. Welche rechtlichen Aspekte müssen zudem beachtet werden, wenn bspw. aus gemeinsam bereitgestellten Daten ein Mehrwert generiert wird. Und nicht zuletzt stellt sich die Frage, welche veränderten Kompetenzanforderungen CCM an die Mitarbeitenden stellt.

### Der konzeptionelle Startpunkt einer Lösung

Die Betriebsdaten von Komponenten und Maschinen werden technologieübergreifend und in einem herstellereutralen und möglichst komponentenunabhängigen Format gesammelt, erarbeitet und zentral bereitgestellt, bspw. auf einer digitalen Plattform. Somit stehen sie bidirektional zur Verfügung, um Ausfallwahrscheinlichkeiten zu berechnen, Predictive Maintenance zu betreiben und allgemein die Zuverlässigkeit von Komponenten und Maschinen zu verbessern. Der konzeptionelle Hintergedanke dabei ist, dass Daten, die bei den einzelnen Akteuren anfallen, für sich jeweils zu unspezifisch sind und damit keine Vorhersage der Lebensdauer erlauben. Erst durch die Zusammenführung der Daten aus unterschiedlichsten Einsatzbedingungen werden Korrelationen und Zusammenhänge sichtbar – und somit Prognosen erst möglich. Durch dieses Zusammenschalten der Betriebsdaten und die entsprechenden Korrelationen erhalten die Betriebsdaten einen Wert und führen zu einer verbesserten Zuverlässigkeit und Lebensdauer von Komponenten und Maschinen. Eine wesentliche Voraussetzung dafür ist die Anwendung eines übergreifenden Datenmodells, implementiert in Form einer Verwaltungsschale.

Im Rahmen dieses White Papers werden die Herausforderungen dieses Ansatzes aufgezeigt, die Anforderungen an das digitale Ökosystem dahinter konkretisiert und schließlich Lösungsansätze aufgezeigt.

### 3. Derzeitige Hemmnisse für die Umsetzung kollaborativer Geschäftsmodelle

Der kollaborative Ansatz von CCM hat Vorteile für alle Akteure. Trotzdem wird CCM heutzutage in der betrieblichen Praxis nicht umgesetzt. Die Gründe für die fehlende Umsetzung sind vielfältig.

### Fehlende Kooperation

Die Kooperation heutzutage erfolgt vorrangig bilateral, bspw. wenn der Fabrikbetreiber und der Maschinenlieferant Betriebsdaten austauschen. Die im Betrieb generierten Maschinendaten werden dabei bspw. herangezogen, um Betriebsstörungen zu analysieren oder Wartungsarbeiten zu organisieren. Diese Kooperation erfolgt in der Regel zwischen zwei Partnern und wird über das Kunde/Lieferantenverhältnis (u. a. Marktmacht) initiiert und durchgesetzt.

### Fehlende Skalierung

Nur große Datenmengen liefern eine aussagefähige Basis, die notwendig ist um die Lebensdauer und Zuverlässigkeit von Maschinen und Komponenten präziser zu analysieren. Durch die vorrangig bilaterale Kooperation stehen diese Daten jedoch nur jeweils zwei Partnern zur Verfügung. Zum anderen sind es nur Daten, die aus einer Quelle stammen. Um überhaupt qualifizierte Datenanalysen und KI-Anwendungen zu ermöglichen, bedarf es folglich einer Skalierung über viele Akteure hinweg.

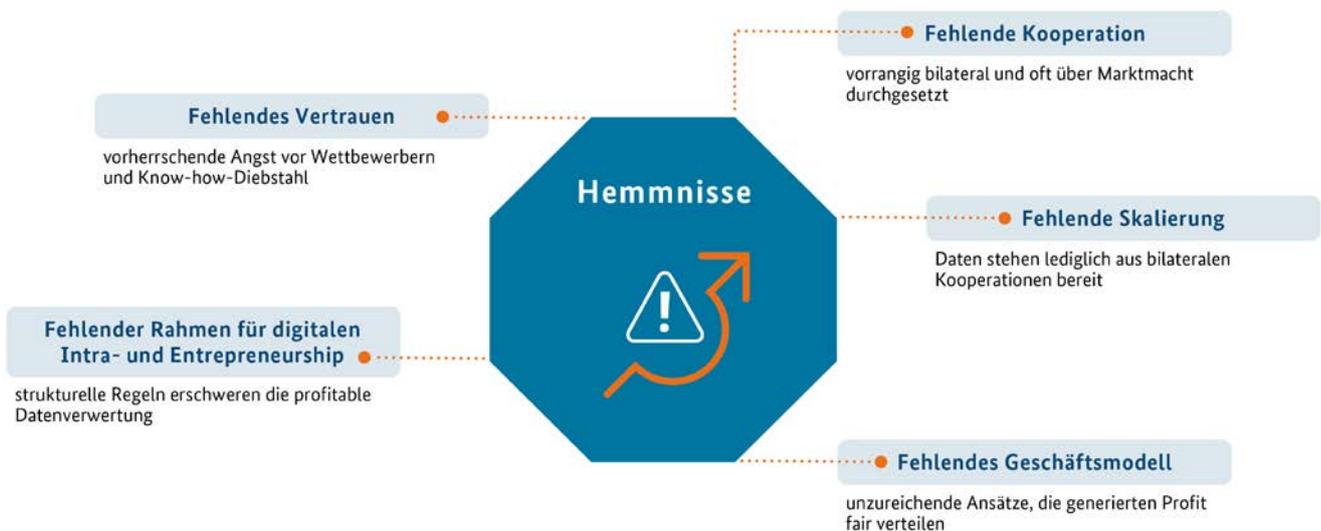
### Fehlendes Vertrauen

Damit Akteure ihre Daten teilen, bedarf es einer sicheren Datenübertragung, -speicherung und Zugriffsberechtigungen, um Daten vor Wettbewerbern oder vor Know-how-Diebstahl (sensible Produktionsdaten) zu schützen. Jeder Akteur möchte die Nutzung und Verwendung und den Grad der Öffentlichkeit (privat, halb-öffentlich, öffentlich) seiner Daten bestimmen (Datensouveränität). Digitale Plattformen, auf denen die für CCM notwendigen Daten bereitgestellt werden, müssen entsprechende Zugriffsberechtigungen ermöglichen und adäquaten Sicherheitsstandards gerecht werden, um das Vertrauen ihrer Nutzer zu gewinnen.

### Fehlendes Geschäftsmodell

Durch die Bereitstellung und Nutzung von Daten der unterschiedlichen Akteure im CCM können Mehrwerte generiert werden, die sich bspw. in einer höheren Lebensdauer der Maschine, geringeren Ersatzteil und Wartungskosten, geringeren geplanten und ungeplanten Stillstandzeiten und damit positiv auf eine Total Cost of Ownership auswirken können. Allerdings werden in der Regel die zugehörigen Kosten- und Nutzenrechnungen der beteiligten Akteure bzgl. Profitabilität sehr unterschiedlich ausfallen. Damit jeder Partner ausreichend Motivation für die Partnerschaft aufbringen kann, muss der erzielbare

Abbildung 3: Hemmnisse kollaborativer Geschäftsmodelle



Gesamtprofit im Rahmen eines definierten „kollaborativen Geschäftsmodells“ in geeigneter Weise verteilt werden. Die so entstehende Win-Win-Win-Situation ist erfolgskritisch für die profitable Kollaboration. Dies gilt umso mehr, da mit CCM neue Bezahlmodelle, wie Equipment as a Service (EaaS) oder Pay as Used (PaU), kombiniert mit Verfügbarkeitsgarantien auf jeder Ebene möglich werden.

### **Fehlender Rahmen für digitalen Intra- und Entrepreneurship**

Die Erschließung der Wertschöpfungspotenziale von industriellen Daten wird wesentlich über die künftige Konkurrenzfähigkeit des Wirtschaftsstandortes Deutschland und Europa entscheiden. Beim Teilen, der Handhabung und der Nutzung von Daten werden vor allem Risiken gesehen, wie Know-how-Verlust oder fehlende Datensicherheit. Kollaborative datengetriebene Geschäftsmodelle eröffnen allerdings große Chancen und bieten Vorteile für alle Akteure. Es bedarf dazu jedoch struktureller und kultureller Rahmenbedingungen und Regeln, die gleichzeitig Intra- und Entrepreneurie fördern und wertschätzen, Risiken kontrolliert managen sowie die profitable Nutzung von Daten ermöglichen.

## 4. Grundsätzliche Anforderungen an kollaborative Geschäfts- modelle in der Industrie 4.0

Die Frage ist, welche Anforderungen ein derartig kollaborativer Ansatz an das digitale Ökosystem stellt. Dabei muss ggf. differenziert werden, wie sich die spezifischen Anforderungen der verschiedenen Akteure der Wertschöpfungskette, also im CCM-Szenario Komponentenlieferant, Maschinenlieferant und Fabrikbetreiber, ausgestalten.

## Nachhaltiges Geschäftsmodell

Das Potential von CCM kann nur dann ausgenutzt werden, wenn möglichst viele Akteure teilnehmen und ihre Daten teilen. Dies umfasst auch Akteure, die durch die Bereitstellung ihrer Daten vielleicht keinen unmittelbaren Mehrwert haben. Folglich bedarf es eines Anreizsystems, welches diese Akteure berücksichtigt und sie motiviert zu partizipieren. Ein Geschäftsmodell, welches genau dies berücksichtigt und den durch CCM generieren Profit, der primär den Fabrikbetreibern mit einer verbesserten Lebensdauer ihrer Assets zugutekommt, fair über alle Akteure verteilt, ist essenziell.

## Vertrauenswürdigen Umfeld

Elementare und grundlegende Anforderung für die Verwirklichung von CCM ist zuallererst ein akzeptiertes Umfeld, das vertrauenswürdig und verlässlich die Erwartungen aller handelnden Akteure erfüllt. Nur wenn dieses Umfeld, d.h. der Kollaborations-Kontext, entsprechend gestaltet ist, wird sich die Bereitschaft und der Mut zum Teilen der Daten vergrößern und damit das gemeinsame Ziel erreicht, die Verfügbarkeit wertvoller Daten für volkswirtschaftliche Wertschöpfung zu erhöhen.

## Souveränität über eigene Daten

Grundsätzlich eint alle Akteure des CCM-Szenarios der Wille, souverän über ihre eigenen Daten zu bestimmen. Dies bedeutet zuallererst, dass die Hoheit über die Daten beim jeweiligen Datenerzeuger liegt. Bei genauer Betrachtung

des CCM-Szenarios wird jedoch deutlich, dass diese grundsätzliche Anforderung differenziert betrachtet werden muss. Wenn bspw. eine Maschine im Betrieb Daten generiert, obliegt dem Fabrikbetreiber demnach die Souveränität über diese. In der klassischen bilateralen Kooperation (Industrie 3.0) teilt der Fabrikbetreiber diese Betriebsdaten lediglich bei Bedarf mit dem Maschinenlieferanten. Im CCM hingegen müsste gewährleistet werden, dass auch der Komponentenlieferant auf die Betriebsdaten seiner Komponenten zugreifen kann, um deren Lebensdauer zu optimieren. Dazu benötigt dieser jedoch zwingend Kontextdaten, die bspw. die Produktion oder Lokation umfassen. Folglich muss für CCM gewährleistet werden, dass der Komponentenlieferant auf diese Daten zugreifen kann und trotzdem die Datensouveränität beim Fabrikbetreiber bleibt. Entsprechende Zugriffs- und Sicherheitskonzepte müssen dermaßen konzipiert sein, dass sensible Informationen wie z.B. Rezepte, Produktionsdaten, o. Ä. nur in dem Umfang und Detaillierungsgrad geteilt werden, wie es der Datenerzeuger (in diesem Fall der Fabrikbetreiber) zulässt.

## Interoperable und barrierefreie technische Lösung

Technologisch werden vorrangig zwei grundlegende Anforderungen an den CCM-Ansatz gestellt. Dies ist zum ersten das Thema technische und semantische Interoperabilität. Damit alle Akteure ihre Daten nicht nur bereitstellen, sondern vor allem nutzen können, bedarf es eines gemeinsamen Standards. Dieser Standard muss hersteller- und domänenneutral sein sowie alle Formen von Assets, egal ob Komponenten, Maschinen oder sonstige, auch nicht-intelligente Assets, abbilden können und die Speicherung und Verarbeitung ihrer Daten ermöglichen. Zum zweiten ist das Thema Partizipation zu nennen. Dies bedeutet, dass grundsätzlich alle Akteure am CCM teilnehmen können und es keine technologischen oder wettbewerblichen Barrieren gibt. Dies bedeutet auch, dass Datennutzung idealerweise auf neutralen Standards basieren sollte.

Abbildung 4: Anforderungen an kollaborative Geschäftsmodelle



## 5. Lösungsbausteine am Beispiel von „Collaborative Condition Monitoring“

Viele verschiedene Lösungsbausteine von Teilaspekten eines digitalen kollaborativen B2B-Ökosystem existieren bereits. Diese umfassen sowohl technische als auch nicht-technische Aspekte. Im Folgenden wird dargestellt, wie sich diese am Beispiel des CCM zu einem Gesamtansatz zusammenfügen.

### Kooperative Integrationsplattform

Das technologische Fundament von CCM bilden neutrale Plattformen. Dabei handelt es sich um Plattformen, die zum einen auf der Nutzung internationaler Standards, sowie auf von allen Akteuren akzeptierten Spielregeln basieren. Auf diesen Plattformen werden die Betriebsdaten von Komponentenlieferanten, Maschinenlieferanten und Fabrikbetreibern gesammelt und verarbeitet. Sie können als eigenständiges Angebot realisiert werden, oder als eine föderierte Cloud, die existierende Cloud- und Edge/Edgecloud-Lösungen zusammenführt. Konzeptionelle Ansätze für diese zweite Variante werden derzeit im Projekt GAIA-X entwickelt, welches durch Zusammenschluss vieler einzelner Cloud- und Edge/Edgecloud-Plattformen eine vernetzte Dateninfrastruktur schafft. GAIA-X schafft eine vernetzte und anbieter-

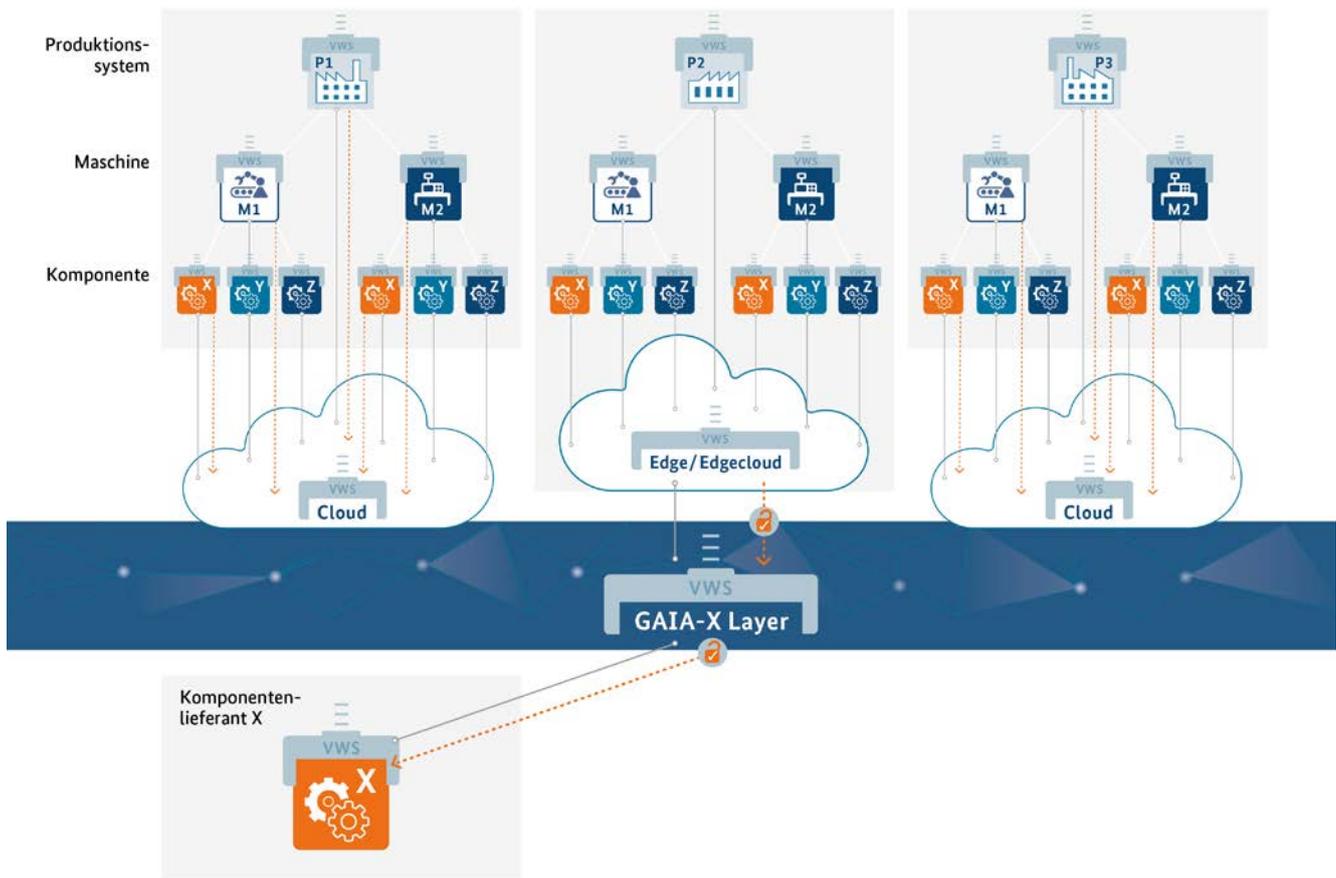
neutrale Dateninfrastruktur, mit der eine sichere Speicherung (Data at rest), ein souveräner Austausch sowie die kollaborative Nutzung von Daten und Diensten ermöglicht werden soll. Die von dem Datenerzeuger gewünschte Klassifizierung („Privatheit“) und Nutzung der Daten muss gewährleistet werden. Mögliche Klassifizierungsstufen können sein: öffentlich, privat und halböffentlich.

Abbildung 3 zeigt eine abstrakte Darstellung eines Dreierfraktals in ein Daten Ökosystem mit Teilnehmern in drei Sicherheitsdomänen, deren Daten in einer Cloud bzw. Edge/ Edgecloud gespeichert werden. Ergänzt wird die Abbildung um einen Komponentenhersteller X mit der Möglichkeit des Zugriffs auf die Daten seiner ausgelieferten Komponenten in der Betriebsphase über den GAIA-X-Layer.

### Digitale Standards

Um den Zugriff und die Nutzung der Daten auf den berechtigten Kreis zu beschränken muss definiert werden, mit welchen semantisch interoperablen Attributen die Daten versehen werden müssen. Dazu bedarf es internationaler und domänenübergreifender Standards.

**Abbildung 5: Einbettung des Dreierfraktals in ein Daten Ökosystem am Beispiel der Betriebsdatenerfassung einer Komponente X**



Dieser ist auch insbesondere notwendig, weil CCM branchenunabhängig ist und somit verschiedenste Komponenten- und Maschinenarten umfasst. Zudem erleichtern einheitliche semantisch interoperable Datenstandards die Realisierung von KI-Anwendungen auf der Plattform. Ein branchen- und technologieübergreifender Ansatz hierfür ist die Verwaltungsschale. Mit dieser werden Assets digital abgebildet im Sinne eines Digitalen Zwillings. Dabei stellt die Verwaltungsschale die Schnittstelle für Industrie 4.0-Kommunikation zur Verfügung. Zudem ermöglicht sie durch das durchgängige Vorhandensein digitaler Abbilder der Assets neue Geschäftsmöglichkeiten und mit dem Produktkauf verbundene Wertversprechen.

## Digitale Identitäten

Die verschiedenen Akteure des CCM benötigen digitale Identitäten, die unternehmensübergreifend auf der neutralen Plattform nutzbar und authentifizierbar sind. Die digitale Identität sorgt dafür, den Zugriff und die Nutzung der Daten auf den berechtigten Kreis zu beschränken.

## Datensouveränität

Dateneigentümer wollen selbst entscheiden, welche Daten mit welchen Zugriffsrechten mit welchen Nutzern geteilt werden und zu welchem Zweck sie verarbeitet werden. Datensouveränität wird als Grundlage des Ökosystems genannt. Insbesondere soll die Lokalisation von (besonders) vertrauenswürdigen Daten, beispielsweise mit Bezug zu Personen, Know-how oder Produktionsgeheimnissen, wählbar und kontrollierbar sein. Ebenso wird gefordert, dass auf jeder Ebene der Wertschöpfungskette für jeden Teilnehmer, also vom Datenerzeuger über den Datenverarbeiter bis zum Datenkonsument, individuell wählbar ist, welche Daten geteilt werden sollen. Daten sollen je nach Entscheidung des Dateneigentümers im Einzelfall selektiv auf jeder Ebene privat sein, bestimmten dezidierten Konsumenten zur Verarbeitung überlassen werden („Share“, Teilen mit benanntem Anwenderkreis) oder öffentlich, d. h. für alle einsehbar und/oder nutzbar sein. Die Benutzung der Daten und Dienste soll nachvollziehbar sein, z. B. durch einen für den Dateneigner jederzeit einsehbaren Logging Mechanismus für Zugriffe bis hin auf den singulären Datensatz.

Die standardisierte und sichere Kommunikationsschnittstelle der Verwaltungsschale ermöglicht mit einer attributbasierten Zugriffsteuerung (attribute-based access control, ABAC) eine fein-granulare Festlegung des Zugriffs und der Nutzung der Daten in einem Industrie 4.0-Netzwerk. Im Sinne einer neutralen Plattform ist dabei zu klären, wo die Policy-Instanzen von ABAC zu verorten sind. Zur technischen Umsetzung leisten die Konzepte des IDSA (International Data Spaces Association) einen wertvollen Beitrag, insbesondere wenn es um das Enforcement der Datennutzung geht. Die IDS-Initiative bietet hierfür eine Referenzarchitektur (IDS-RAM), welche Datengebern das Teilen von Daten unter Wahrung der Datensouveränität ermöglicht. Diese Architektur spezifiziert ein verteiltes Netzwerk von Datenendpunkten (IDS-Connectoren) und stellt eine wesentliche Komponente der von GAIA-X angestrebten vernetzten, offenen Dateninfrastruktur dar. Sowohl die Verwaltungsschale als auch der IDS Connector ergänzen einander und haben gemeinsame Anforderungen an eine digitale Infrastruktur. Eine Integration beider Konzepte erlaubt die Definition und Implementierung von Zugriffssteuerung und Datennutzungskontrolle.

## Assetspezifische Daten zu Zuverlässigkeit und Lebensdauer

Das Konzept der Verwaltungsschale ermöglicht es, anwendungsspezifische Teilmodelle zu generieren. Für den Use Case CCM würde ein solches Teilmodell relevante Daten für die Zuverlässigkeit und Lebensdauer eines Assets beinhalten, deren Interpretation nur mit entsprechenden Zugriffsrechten möglich wäre. So können bspw. die Betriebsdaten des Fabrikbetreibers vollständig über den gesamten Lebenszyklus einer Maschine samt Komponenten standardisiert verfügbar gemacht werden. Mithilfe von Datenanalysemethoden und Zugriff auf die relevanten Daten könnten Zuverlässigkeit und Lebensdauer verbessert werden.

## Governance

Jeder Akteur in dem Ökosystem benötigt eine digitale Identität, mit der er sich ausweisen kann und die ihn gegenüber den anderen Akteuren ausweist und eine Authentifikation seiner Identität ermöglicht (Federated Identity Management). Die Rechte von Datenerzeugern, Datenkonsumenten, Plattformbetreiber und ggfs. weiteren Akteuren, wie Brokern oder KI-Dienstleistern, müssen über ein Policy-Management eindeutig definiert werden. Diesem kommt nicht nur bei CCM eine besondere Bedeutung zu, um die vertrauenswürdige Kollaboration aller Akteure zu ermöglichen.

## Recht

Neben der technischen Interoperabilität bedarf es einer Interoperabilität der jeweiligen Rechtsrahmen (z. B. Intellectual Property, Vertragsrecht, etc.) hinsichtlich automatisierter Verträge (Smart Contracts) und Datennutzung.

## Services, Datenmarktplatz und Geschäftsmodell

Die auf der neutralen Plattform gesammelten Daten können in Form CCM-spezifischer Services verwertet werden. Das können bspw. Applikationen zur Zustandsüberwachung oder der Performance von Komponenten sein. Ein weiterer Aspekt ist die Monetarisierung der Daten. Die neutrale Plattform kann auch gleichzeitig als Datenmarktplatz fungieren, auf der Daten angeboten und gehandelt werden können, mit entsprechenden Geschäftsmodellen.

## Mut zu Daten-Unternehmertum: Handlungsfeld der Industrie

Wenn es um digitale Geschäftsmodelle geht, muss die deutsche Industrie mutiger agieren, wie es im Unternehmertum eigentlich typisch ist. Mutiges Voranschreiten in Richtung Daten-Unternehmertum können Bedenken und Übervorsichtigkeit bewusst überwinden. Riesige Mengen an Daten liegen brach und warten auf eine passende Nutzung. Die Chancen für neue Geschäftsmodelle wurden dargestellt. Alle Akteure sind ermutigt, diese wahrzunehmen, indem sie eine ausgewogene Balance zwischen den damit verbundenen Nutzen und Risiken finden.

## Digitales Know-how in Unternehmen

Die Vision des CCM wird technisch durch KI realisiert, mithilfe der große Datenmengen verarbeitet werden. Das Potential des CCM kann jedoch nur durch einen grundlegenden Mindshift im geschäftlichen Handeln ausgeschöpft werden. Denn es reicht nicht, das Gesamtsystem technisch zu optimieren. Nur durch eine entsprechend hohe Anzahl an Akteuren, fairen Bedingungen und interoperablen Standards entsteht eine ganzheitliche Optimierung. Vernetztes Denken und Handeln, das technisches, digitales und unternehmerisches Know-how kombiniert, ist der Schlüssel zum Erfolg für die Verbreitung von CCM auf breiter Front. Gute unternehmerische Entscheidungen werden nur getroffen, wenn alle Ebenen der Unternehmen das entsprechende Know-how haben und damit Chancen und Risiken abwägen können. Daher sind umfangreiche Weiterbildungen für die heute Beschäftigten und eine Integration dieser Inhalte in die zukünftigen Ausbildungsgänge notwendig.

## Verprobung im Labor

Unter Federführung des Fraunhofer IOSB-INA werden gemeinsam mit regionalen Unternehmen sowie Netzwerkpartnern innovative KI-Technologien unter unterschiedlichen Rahmenbedingungen der Industrie 4.0 erforscht. Für dieses KI-Reallabor werden Realdaten aus einer komplexen Prozesskette herangezogen, anhand denen die technischen Aspekte des CCM wissenschaftlich untersucht werden. Das Ziel ist die Evaluierung und Weiterentwicklung von KI-Methoden in einer realitätsnahen industriellen Umgebung, dabei werden Daten aus unterschiedlichen Quellen semantisch interoperabel zusammengeführt. Die somit unter Laborbedingungen gewonnenen Erkenntnisse sind eine wichtige Voraussetzung für die verlässliche Anwendung von KI in realen Produktionsanlagen.

## 6. Zusammenfassung und Ausblick

Digitalisierung bietet durch datengetriebene Wertschöpfungsnetzwerke für die Industrie ein hohes wirtschaftliches Potenzial.

Neue Kollaborationsmodelle, flexible und resiliente Strukturen und die kooperative Nutzung von Daten ermöglichen innovative Betriebs- und Geschäftsmodelle und versprechen einen wesentlichen Mehrwert für alle Akteure innerhalb des Netzwerks. Ein auf gemeinsamen Regeln basierter offener Austausch von Daten in einer multilateralen Zusammenarbeit, die sich unternehmens- und wettbewerbsübergreifend erstreckt, kann dieses Potenzial deutlich erhöhen.

Mit dem vorliegenden Modell des „Collaborative Condition Monitoring“ wird exemplarisch ein solcher kollaborativer, übergreifender Ansatz vorgestellt und deren potenzieller Nutzen für die Akteure innerhalb des Ökosystems beschrieben. Zentrales Element ist dabei der offene Austausch von Daten in einem dreistufigen Netzwerk – und damit jenseits klassischer, bilateraler Partnerschaften.

Das dreistufige Netzwerk bildet die strukturelle Basis für den Aufbau multilateraler Netzwerke. Damit ist prinzipiell jeder Use-Case mit Hilfe des dreistufigen Modells abbildbar, nicht nur der hier dargestellte CCM Use Case.

Der CCM-Ansatz ist ein Novum, da er auf und in neuen Geschäftsmodellen resultiert. Dabei ist wesentlich, dass Unternehmen, die im operativen Geschäft im Wettbewerb stehen, jene für die Generierung von digitalen Geschäftsmodellen so wichtigen Daten als nicht marken- und produkt-differenzierend erkennen oder aber – analog zu den physischen Produkten – anbieten.

Die Umsetzung eines solchen Modells bedingt zahlreiche technische, regulatorische, wirtschaftliche und soziökonomische Herausforderungen und ist innerhalb konventioneller Ansätze heute nicht (wirtschaftlich sinnvoll) darstellbar. Zentrale Anforderungen für eine erfolgreiche Implementierung sind eine offene und interoperable Infrastruktur, die den souveränen, selbstbestimmten Datenaustausch im CCM-Ökosystem ermöglicht, sowie ein regulatorischer und kultureller Rahmen, der übergreifende Kooperationen effizient fördert und unterstützt.

Diese grundlegenden Voraussetzungen werden derzeit in verschiedenen Initiativen und Projekten entwickelt und stellen das Fundament für zukünftige „smarte, digitale Services“ in der Industrie dar: Mit GAIA-X und dem International Data Space entsteht eine grundlegende Dateninfrastruktur für einen souveränen Umgang und Austausch von Daten in verschiedenen Anwendungsdomänen und mit der Verwaltungsschale liegt ein einheitlicher Kommunikationsstandard zur interoperablen Vernetzung aller Akteure und Assets in der Industrie 4.0 vor. Darüber hinaus beschreiben weiterführende Projekte, wie das Industrie 4.0 Recht-Testbed, die rechtlichen Anforderungen an eine technisch vertrauensvolle und juristisch belastbare Zusammenarbeit in digitalen Ökosystemen.

Für eine erfolgreiche Umsetzung „smarter digitaler Services“ in der Industrie 4.0 müssen diese Ergebnisse zu einer gemeinsamen digitalen Basisinfrastruktur zusammen geführt und integriert werden. In Verbindung mit zielgerichteten Programmen zur Aus- und Weiterbildung ergibt sich so der nötige Nährboden zur Entwicklung digitaler Geschäftsmodelle für die Industrie in Deutschland und Europa.

Das vorliegende Modell des „Collaborative Condition Monitoring“ bietet hierfür ein praxisrelevantes Experimentierfeld, um bestehende Ansätze und Aspekte in einem definierten Ökosystem zusammenzubringen und in der Interaktion miteinander zu verproben.

## AUTOREN

Klaus Bauer, TRUMPF Werkzeugmaschinen GmbH + Co. KG | Maria Christina Bienek, IoTOS GmbH | Hendrik Haße, Fraunhofer ISST | Prof. Dr. Martin Hill, ifm solutions GmbH | Gerd Hoppe, Beckhoff Automation GmbH & Co. KG | Thomas Hübsch, SupplyOn AG | Michael Jochem, Robert Bosch GmbH | Matthias Lieske, Hitachi Europe GmbH | Dr. Alexander Maier, Fraunhofer IOSB-INA | Dr. Oliver Niehörster, Fraunhofer IOSB-INA | Dr. Reinhard Pittschellis, Festo Didactic SE | Stefan Pollmeier ESR, Pollmeier GmbH Servo-Antriebstechnik | Dr. Christian Rapp, SICK AG | Dr. Julius Rückert, ABB Corporate Research Center Germany | Dr. Karsten Schweichhart, Deutsche Telekom AG

Das vorliegende Papier basiert auf Ergebnissen der Arbeitsgruppen der Plattform Industrie 4.0, zu deren Erarbeitung die Mitglieder aller Arbeitsgruppen beigetragen haben.

