

# futur

VISION | INNOVATION | REALISIERUNG

## Gemeinsam mehr erreichen

Wer heute komplexe Produkte entwickelt, tut das datenbasiert und kollaborativ. Gaia-X soll dafür den Rahmen schaffen.

S. 16

## Weiternutzen statt entsorgen

Durch effektives Rücknahmemanagement und Wiederverwertung können Unternehmen Materialkosten sparen und ihren ökologischen Fußabdruck verkleinern.

S. 40

## Datenauswahl im Fokus

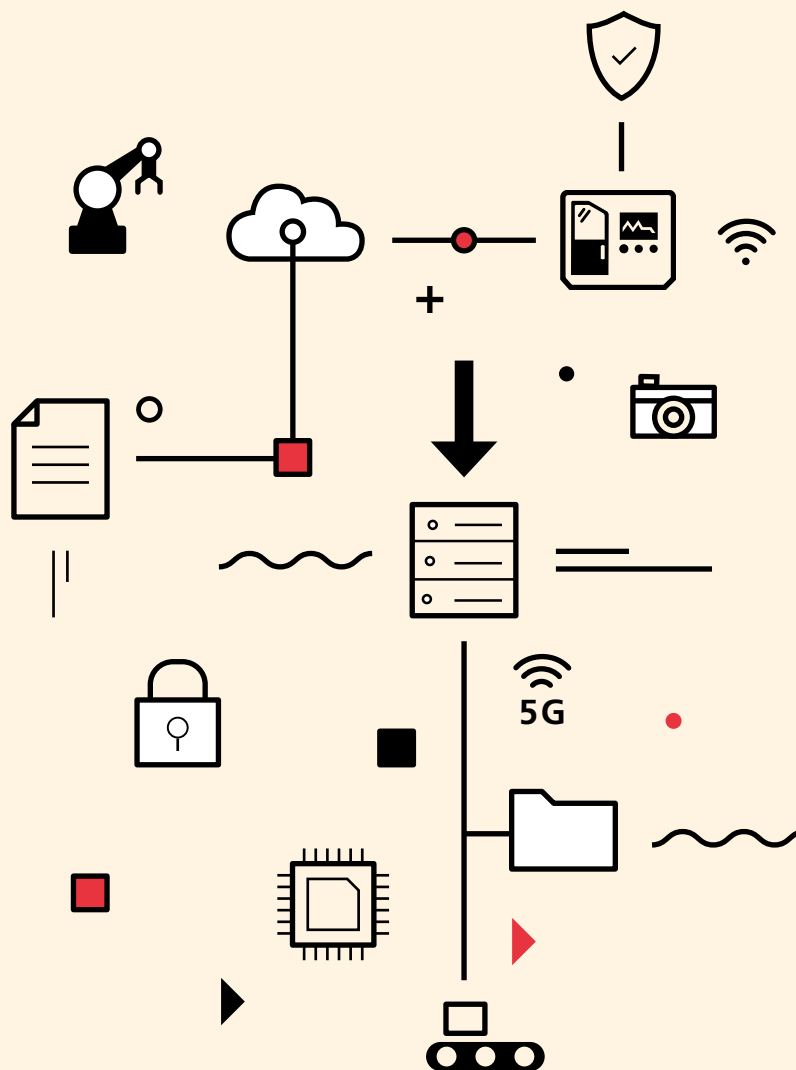
Mit Daten aus Fertigungsprozessen lässt sich die Prozessqualität bewerten. Dazu reicht oft ein Bruchteil der verfügbaren Daten – doch es müssen die richtigen sein.

S. 46

## Kunde wünscht, KI entwirft

Der erste Entwurf ist in der Produktentwicklung selten der letzte. Mithilfe von KI wird dieses arbeitsaufwendige, aber unumgängliche Stadium beschleunigt.

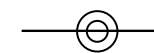
S. 52



**DATEN**



**Wir holen die  
virtuelle Welt auf den  
physischen Shopfloor.**



## Produktionstechnisches Zentrum (PTZ) Berlin

**KURZPROFIL** Das Produktionstechnische Zentrum (PTZ) Berlin beherbergt zwei Forschungseinrichtungen: das Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb IWF der TU Berlin und das Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik IPK. Als produktionstechnische Forschungs- und Entwicklungspartner mit ausgeprägter IT-Kompetenz sind beide Institute international gefragt. Ihre enge Kooperation im PTZ versetzt sie in die einzigartige Lage, die gesamte wissenschaftliche Innovationskette von der Grundlagenforschung über anwendungsorientierte Expertise bis hin zur Einsatzreife abdecken zu können.

Dabei unterstützen wir Unternehmen umfassend entlang der gesamten Wertschöpfung: In enger Zusammenarbeit mit Industriekunden und öffentlichen Auftraggebern entwickeln wir Systemlösungen, Einzeltechnologien und Dienstleistungen für die gesamte Prozesskette produzierender Unternehmen – von der Produktentwicklung, von der Planung und Steuerung der Maschinen und Anlagen, inklusive der Technologien für die Teilefertigung bis hin zur umfassenden Automatisierung und dem Management von Fabrikbetrieben. Zudem übertragen wir produktionstechnische Lösungen in Anwendungsgebiete außerhalb der Industrie, etwa in die Bereiche Verkehr und Sicherheit.

**LIEBE LESERINNEN,  
LIEBE LESER,**

Ende November 2023 fand der Digital-Gipfel der Bundesregierung in Jena statt. Das Thema: »Digitale Transformation in der Zeitenwende. Nachhaltig. Resilient. Zukunftsorientiert.« Die Schwerpunkte, die die Politik hier aufgreift, sind bei uns am PTZ Berlin schon seit geraumer Zeit Programm.

In enger Zusammenarbeit mit der Industrie bringen unsere Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler die Digitalisierung der Produktion auf den Weg. Dabei untersuchen sie auch die kleinsten Bausteine dieser Transformation: die Daten, und wie diese nutzenbringend, abgesichert und hochwertig gesammelt, analysiert und verarbeitet werden können. Kurz, sie verlieren nie aus den Augen, wozu diese Daten eigentlich dienen: konkrete Lösungen für die Herausforderungen von Industrie und Gesellschaft zu schaffen.

Deshalb engagieren sich unsere Forschenden unter anderem in der Gaia-X-Initiative, die auf europäischer Ebene die Sammlung und den Austausch von Daten entlang der Wertschöpfungskette erleichtern soll. In dieser FUTUR-Ausgabe lesen Sie, wie dadurch die Nutzung kollaborativer Digitaler Zwillinge möglich wird. Mit ihrer Hilfe können firmen- und organisationsübergreifende Produktentwicklungsteams zum Beispiel leichter innovative, effiziente und ganzheitlich durchdachte Produkte gestalten und herstellen. Im Gaia-X-Teilprojekt »Catena-X« entwickeln Forschende des Fraunhofer IPK außerdem eine Assistenzsoftware, die Firmen in der Automobilbranche helfen soll, passende Wiederverwertungsstrategien zu entwerfen. Damit leisten sie einen entscheidenden Beitrag zur Kreislaufwirtschaft.



Wie Unternehmen in Bezug auf ihre Treibhausgasemissionen aufgestellt sind, können sie momentan mangels transparenter Daten und Vergleichsmaßstäbe oft selber nur schwer beantworten. Ein am Fraunhofer IPK entwickeltes Benchmarking-Verfahren schafft Klarheit und Übersichtlichkeit, insbesondere für mittelständische Unternehmen.

Eine Software soll künftig auch in der Produktentwicklung dabei helfen, schnell von der Idee zum Prototyp zu gelangen. Sie überträgt Designs 1:1 in virtuelle Umgebungen, erleichtert so die gemeinsame Bearbeitung und hilft, Schwachstellen früher zu erkennen. Ganz im Sinne der »Extended Reality« wirkt so das Virtuelle ins Physische hinein.

Außerdem präsentieren wir Ihnen zwei sehr unterschiedliche Use Cases, die aber eins gemeinsam haben: den schlaun Umgang mit Daten beim Training von Künstlicher Intelligenz. Und wir stellen Ihnen am Fraunhofer IPK entwickelte Ansätze zur Datensparsamkeit in der industriellen Bildverarbeitung sowie in der Qualitätskontrolle additiver Fertigungsprozesse vor.

Eine datenreiche, informative Lektüre wünscht

Ihr

**Eckart Uhlmann**

# Inhalt

## 08 Shortcuts

### 10 Von Rohdaten zur raffinierten Ressource

Während die letzten Wellen der industriellen Revolution durch fossile Brennstoffe geprägt waren, dreht sich im Zeitalter von Industrie 4.0 alles um Daten.

### 16 Gemeinsam mehr erreichen

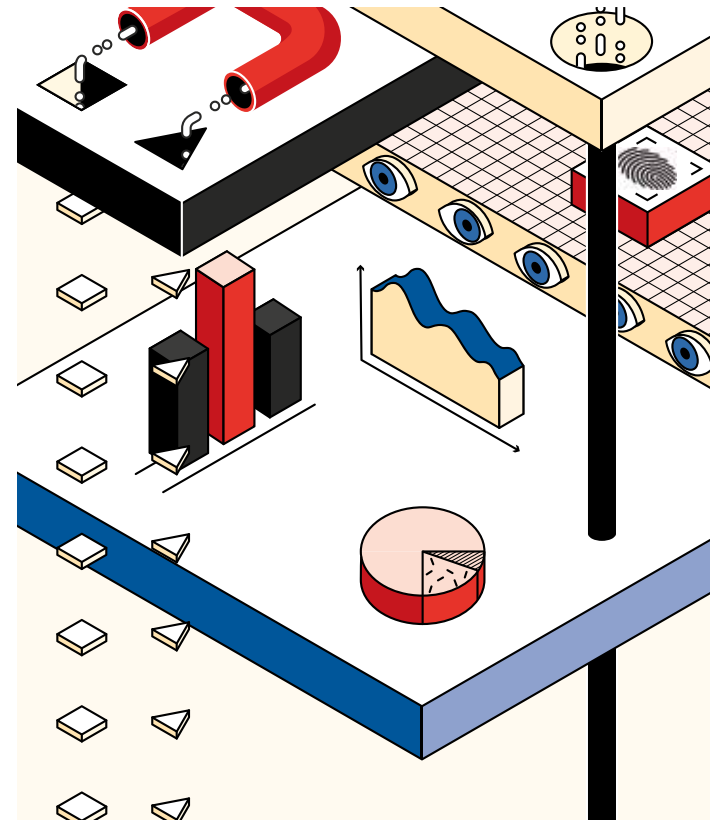
Wer heute komplexe Produkte entwickelt, tut das datenbasiert und kollaborativ. Gaia-X soll dafür den Rahmen schaffen.

### 20 Daten müssen auf der Agenda nach oben

Im FUTUR-Interview erklären Alexander Schirp und Sven Weickert, Geschäftsführer der Unternehmensverbände Berlin-Brandenburg (UVB), wie die Digitalisierung die Automobilbranche verändern wird.

**Daten brauchen Räume, Souveränität und Durchgängigkeit. Wie stellen wir sicher, dass sie die auch bekommen?**

↪ Mehr dazu ab Seite 10



### 24 Unter die Lupe genommen

Eine nicht-invasive Echtzeit-Qualitätskontrolle für additive Fertigungsverfahren war lange Zeit ein frommer Wunsch. Nun können Komponenten während der Bearbeitung zerstörungsfrei geprüft werden.

### 28 Eine Bestenliste der Nachhaltigkeit

Emissionen im Blick: Das Benchmarking von Treibhausgasemissionen ermöglicht eine schnelle Vergleichbarkeit nachhaltiger Unternehmensentwicklungen.

**Ähnlich wie in der Sportwelt, wo eigene Leistungen mit den Besten verglichen werden, wollen Unternehmen ihre Emissionsdaten mit Vorreitern oder zumindest ähnlichen Unternehmen vergleichen.**

↪ Mehr dazu ab Seite 28

Noch kann man Bauteile erst nach der Fertigung prüfen  
↪ Mehr dazu ab Seite 24



### 32 Kompetenz für Komplexität

Effiziente Datenverwaltung und nahtloses Prozessmanagement: Eine Fraunhofer-Weiterbildung vermittelt praxisbezogenes Wissen für PLM Professionals.

### 34 Virtuell testen – real sparen

Per Software schneller von der Idee zum Prototypen: enVAR überträgt Designs 1:1 in eine virtuelle Umgebung und optimiert so die Zusammenarbeit im Team.

### 40 Weiternutzen statt entsorgen

Durch effektives Rücknahmemanagement und Wiederverwertung können Unternehmen Materialkosten sparen und ihren ökologischen Fußabdruck verkleinern.

### 42 Smart recyceln dank Software

Je komplexer ein Produkt, desto anspruchsvoller die Wiederverwertung der Komponenten. Der CE-Assistent des Fraunhofer IPK findet die jeweils optimale Strategie.

### 44 Nachhaltig gefertigte Giganten

Lebenszyklusanalysen von GreenDelta unterstützen Unternehmen beim Zero-Defect Manufacturing – auch bei so gewaltigen Produkten wie Schiffsmotoren.

### 46 Datenauswahl im Fokus

Mit Daten aus Fertigungsprozessen lässt sich die Prozessqualität bewerten. Dazu reicht oft ein Bruchteil der verfügbaren Daten – doch es müssen die richtigen sein.

### 48 Qualität vor Quantität

Big Data gilt als Maß der Dinge, wenn es um KI geht. Doch hochwertige Datensätze führen zu besseren Erkenntnissen als schiere Datenmengen.



Maschinen können jetzt Altteile und OP-Besteck identifizieren  
↪ Mehr dazu ab Seite 48

In der Automobilbranche wird Wiederverwertung immer wichtiger  
↪ Mehr dazu ab Seite 42

### 52 Kunde wünscht, KI entwirft

Der erste Entwurf ist in der Produktentwicklung selten der letzte. Mithilfe von KI wird dieses arbeitsaufwendige, aber unumgängliche Stadium beschleunigt.

### 54 Lernen von der Natur

Am Fraunhofer IPK entstehen datenbasierte Lösungen für eine nachhaltigere und ressourcenschonende Produktion – inspiriert durch Prinzipien aus der Natur.

### 58 5G à la carte

5G ist nicht gleich 5G – denn industrielle Anwendungen müssen unter industriellen Bedingungen erprobt werden. Dafür gibt es am PTZ Berlin ein Campusnetz.

### 60 Ereignisse und Termine

### 61 Mehr Können

### 62 Impressum



© LRP Autorecycling Leipzig

DIE ZAHL DER AUSGABE

98%

aller Altteile konnte ein am Fraunhofer IPK entwickeltes KI-unterstütztes Assistenzsystem korrekt identifizieren und so dem Remanufacturing zuführen.

↳ **Wie die Forschenden das Training der KI vereinfachen können,** erfahren Sie ab Seite 48.

## ZERO WASTE DANK KI



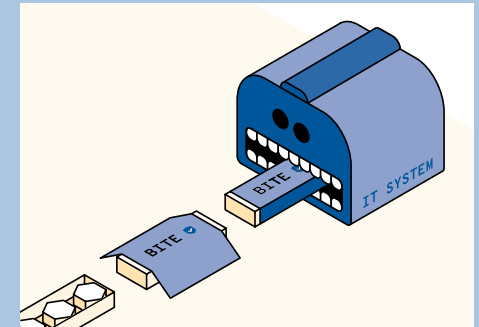
© BSR Berliner Stadtreinigung

»Zu verschenken, leicht gebraucht« – mit dem Kiez-Locker können solche Artikel in zwei Berliner Bezirken bereits praktisch und sicher in der Nachbarschaft verteilt werden. Und das ganz ohne »Zu verschenken«-Boxen auf dem Gehweg oder Hausbesuche von Fremden. Bei der Entwicklung haben Forschende des Fraunhofer IPK die Berliner Stadtreinigung (BSR) mit ihrer Expertise unterstützt.



↳ **Weitere Informationen unter**  
[www.bsr-kiezlocker.de](http://www.bsr-kiezlocker.de)

## IM DETAIL



**Was es mit diesem datenhungrigen Kollegen auf sich hat,** erfahren Sie in unserem Leitartikel

↳ ab Seite 10.

## GUT GESAGT



**»Damit Hersteller, Zulieferer und Infrastrukturbetreiber länderübergreifend miteinander kommunizieren können, braucht es – neben einheitlichen Datenstandards und Rechtssicherheit – entsprechend leistungsfähige digitale Infrastrukturen und eine robuste IT-Sicherheitsarchitektur. Diese Aufgaben müssen ganz oben auf der Agenda der Berlin-Brandenburger Digitalpolitik stehen.«**

**Sven Weickert, Geschäftsführer der Unternehmensverbände Berlin-Brandenburg (UVB)**

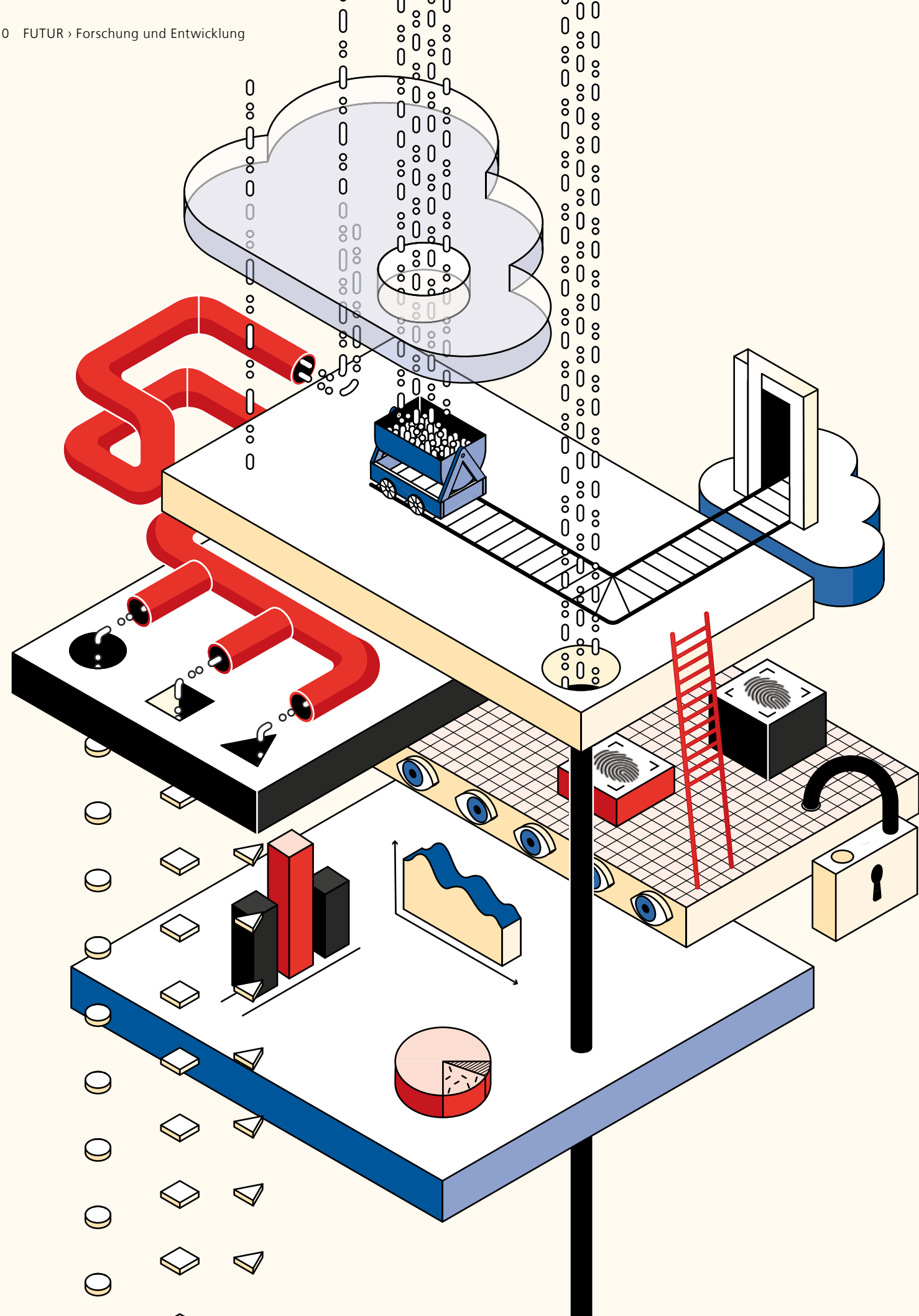
↳ Mehr dazu ab Seite 20



## FRAUNHOFER IPK MIT DEM FRAUNHOFER FAMILIENLOGO AUSGEZEICHNET

Dem Fraunhofer IPK wurde erstmals das »Fraunhofer FamilienLogo« verliehen, eine Auszeichnung der Fraunhofer-Gesellschaft für herausragende Rahmenbedingungen zur Vereinbarkeit von Beruf und Privatleben. Wir zählen zu den 20 Instituten, die unter 44 Einreichungen ausgezeichnet wurden und mit mindestens 80 von 100 möglichen Punkten hervorstechen.

Das Fraunhofer FamilienLogo orientiert sich inhaltlich an vergleichbaren externen Zertifizierungen, wie z. B. dem Audit »Beruf und Familie«. Es deckt sechs Themenbereiche ab, die von flexiblen Arbeitsmöglichkeiten, Kinderbetreuungsangeboten, der Begleitung der Elternzeit bis hin zur Nutzung der Fraunhofer Unterstützungsangebote reichen und für die Umsetzung der Vereinbarkeit von Beruf und Familie von zentraler Bedeutung sind.



# Von Rohdaten zur raffinierten Ressource

»Der wertvollste Rohstoff der Welt ist nicht mehr Öl, sondern Daten« titelte The Economist vor einigen Jahren. Denn während die letzten Wellen der industriellen Revolution durch fossile Brennstoffe geprägt waren, dreht sich im Zeitalter von Industrie 4.0 alles um Daten.

So wie kohlebefeuerte Dampfmaschinen die ersten Fabriken zum Laufen brachten und Städte und ganze Nationen durch Eisenbahnen miteinander verbanden, befeuern heute Daten das Internet of Things (IoT) und die Datenhighways innerhalb und zwischen Unternehmen. Und so wie die Entwicklungen des 19. Jahrhunderts weitreichende Infrastrukturmaßnahmen und soziale und politische Reformen mit sich brachten, sehen sich auch im 21. Jahrhundert Unternehmen und Gesetzgeber mit der Notwendigkeit neuer Investitionen und Regularien konfrontiert, um den rasanten technologischen Entwicklungen Rechnung zu tragen.

In produzierenden Unternehmen nimmt aufgrund der Digitalisierung das unternehmensübergreifende Arbeiten mit Daten über den gesamten Produktlebenszyklus zu. Steigende Anforderungen aus der Regulatorik, wie zum Beispiel Lieferkettengesetze oder Transparenzgebote zur Einhaltung von Umweltstandards, treiben den Datenaustausch weiter voran. Um die enormen Datenmengen aus verschiedenen Quellen effizient nutzen und auswerten zu können, benötigen Unternehmen

und andere gesellschaftliche Stakeholder die richtigen Technologien und Strategien. In diesem Artikel werfen wir deshalb einen Blick auf die wichtigsten Konzepte und Entwicklungen, die für eine digitale Wertschöpfung nötig sind.

## **DATENRÄUME: EFFIZIENTES DATENMANAGEMENT ERMÖGLICHEN**

Datenräume – auch Data Spaces genannt – sind virtuelle Umgebungen oder Plattformen, in denen Daten gespeichert, verwaltet oder ausgetauscht werden können. Sie dienen als sichere und vermehrt auch dezentrale Speicherplätze für verschiedene Arten von produkt-, prozess- und unternehmensbezogenen Daten. Darunter fallen beispielsweise Materialdaten von Produkten, Qualitätsdaten aus Fertigungsprozessen oder aber Finanzdaten zum Nachweis der Geschäftsfähigkeit eines Unternehmens.

Datenräume unterliegen dem Souveränitätsprinzip, mit dem sichergestellt wird, dass Unternehmen die Kontrolle über ihre Daten behalten und entscheiden können, wer diese jeweils wann, wofür und unter welchen Bedin-

gungen nutzen darf. Innerhalb von gemeinsamen oder vernetzten Datenräumen können Unternehmen Daten sicher teilen und verwalten. Beispielsweise können sie mit internen Teams standortübergreifend FuE-Aktivitäten durchführen, mit externen Partnern Daten innerhalb der Entwicklungs- oder Lieferkette teilen oder Kunden Nutzungsdaten von Produkten, Maschinen und Anlagen zur Verfügung stellen. So können produzierende Unternehmen Zeit sparen, ihre Kollaborationen effizienter machen und tatsächlich durchgängige Datenketten vom »Schürfen« des Rohmaterials bis zur Verwertung des Produkts und darüber hinaus befähigen.

#### **DATENNORMIERUNG UND -STANDARDISIERUNG: DATENQUALITÄT GEWÄHRLEISTEN**

Bei der Datennormierung geht es darum, Daten in einem einheitlichen Format zu strukturieren und zu organisieren, sodass sie in den zuvor genannten Datenräumen leicht ausgetauscht und verarbeitet werden können. Die Standardisierung von Datenmodellen bezieht sich auf die Vereinheitlichung der Strukturen, damit produzierende Unternehmen Daten über verschiedene Datenräume hinweg in unterschiedlichen Prozessen verwenden können. Der Anstoß für Aktivitäten zur Standardisierung kommt derzeit häufig von der Europäischen Union, wie zum Beispiel im Fall des Batteriepasses, in dem ab dem Jahr 2026 die technischen Standards für alle neu angeschafften Batterien in Fahrzeugen, stationären Speichern und größeren Industriebatterien festgehalten werden sollen. Diese werden dann auf nationaler Ebene mit der Verwaltungsschale und standardisierten Submodellen für deutsche Unternehmen konkretisiert. Hierfür sind unter anderem das Deutsche Institut für Normung (DIN) oder Organisationen wie die Plattform Industrie 4.0 und die Industrial Digital Twin Association (IDTA) zuständig.

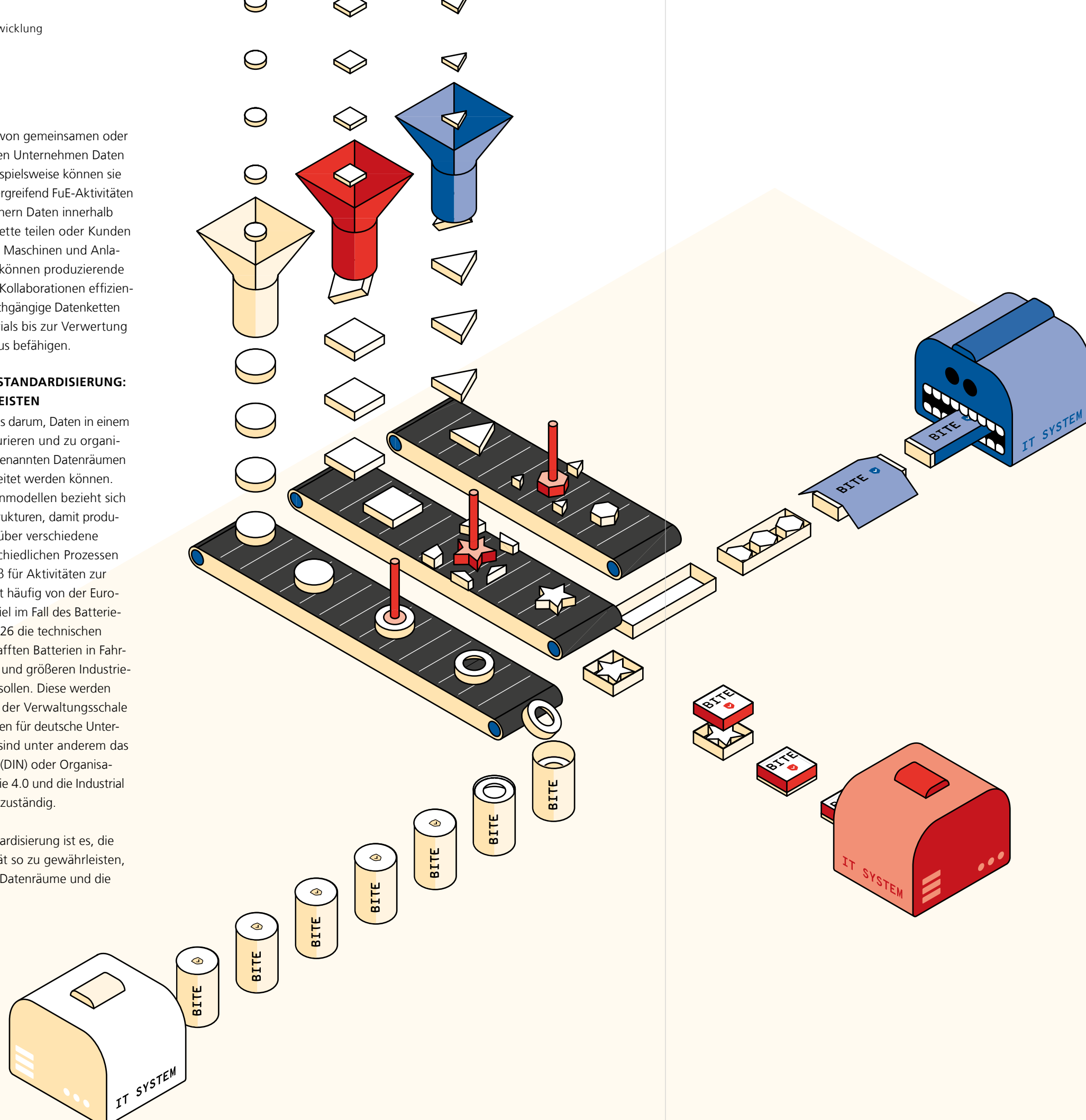
Ziel von Normierung und Standardisierung ist es, die Vernetzungs- und Datenqualität so zu gewährleisten, dass die Daten konsistent über Datenräume und die

darin genutzten Applikationen hinweg verarbeitet werden können. Außerdem ermöglichen sie es, unternehmensübergreifende Berechnungen vorzunehmen, zum Beispiel zum CO<sub>2</sub>-Fußabdruck eines Produkts, und regulatorische Anforderungen einzuhalten. Daten, die in einem einheitlichen Format vorliegen, sind aber auch besser für maschinelles Lernen und Data Analytics geeignet, da IT-Systeme diese Daten verarbeiten können. Dies erleichtert Unternehmen beispielsweise die Auswertung vernetzter Daten, zum Beispiel für Wartungsarbeiten an Maschinen und Anlagen oder die Bewertung des Produktfußabdrucks entlang des gesamten Lebenszyklus auf Basis von Informationen aus der Lieferkette, Produktion und ggf. auch Nutzung und Wiederverwendung in mehreren Kreisläufen.

## Daten sind nicht gleich Daten: Für unterschiedliche Systeme müssen sie unterschiedlich aufbereitet werden.

#### **DATENSOUVERÄNITÄT: KONTROLLE ÜBER DIE EIGENEN DATEN AUSÜBEN**

Zentrale Eigenschaft eines Rohstoffs ist, dass dieser weiterverarbeitet wird. Das gilt für Rohöl genau wie für Rohdaten. Damit Unternehmen bei der Verwertung letzterer ihre Handhabe darüber behalten können, gibt es das Prinzip der Datensouveränität. Wörtlich verstanden meint Datensouveränität den selbstbestimmten Umgang mit den eigenen Daten und umfasst die Kontrolle der Erhebung, Speicherung, Nutzung und Verarbeitung eigener Daten. Oftmals ist damit auch die digitale Souveränität gemeint, also die informationelle Selbstbestimmung im digitalen Zeitalter. Neben der Politik und Gesetzgebung reagieren IT-Anbieter auf allen Ebenen auf dieses Prinzip. Sie integrieren digitale Konzepte und Technologien, die sicherstellen, dass Unternehmen ihre digitale Souveränität umsetzen können. Zu diesen gehören u. a. die Initiativen Gaia-X und Catena-X.



## Für durchgängige Datenflüsse gibt es zahlreiche Erfolgsfaktoren.

Mehr zu Gaia-X und dem Mobilitätssektor lesen Sie im Artikel »Gemeinsam mehr erreichen« auf Seite 16.

Gaia-X ist ein europäisches Vorhaben zum Aufbau sicherer und vernetzter Dateninfrastrukturen, welche die geltenden Gesetze einerseits und die Ansprüche an Souveränität andererseits ins Zentrum rücken. Basis ist dabei die offene Föderation der Protagonisten. Um diese in ihrer Autonomie einerseits und ihrem Kollaborationswunsch andererseits zu unterstützen, werden grundlegende Funktionalitäten bereitgestellt, welche das Auffinden verfügbarer Services ermöglichen, Daten verfügbar machen, Datenmodelle standardisieren und grundlegende Services, beispielsweise zur Authentifizierung bereitstellen. Dieser grundsätzliche Ansatz findet in zahlreichen Domänen, von der öffentlichen Verwaltung über industrielle Branchen und Mobilitätsdienste bis zur Medizin, Anwendung. In der Gaia-X-4-Future-Mobility-Projektfamilie werden beispielsweise Datenverordnungen automatisierter Fahrzeuge, Systemverbünde von Fahrzeugen, Produktlebenszyklen und Digitale Zwillinge für das automatisierte Fahren betrachtet.

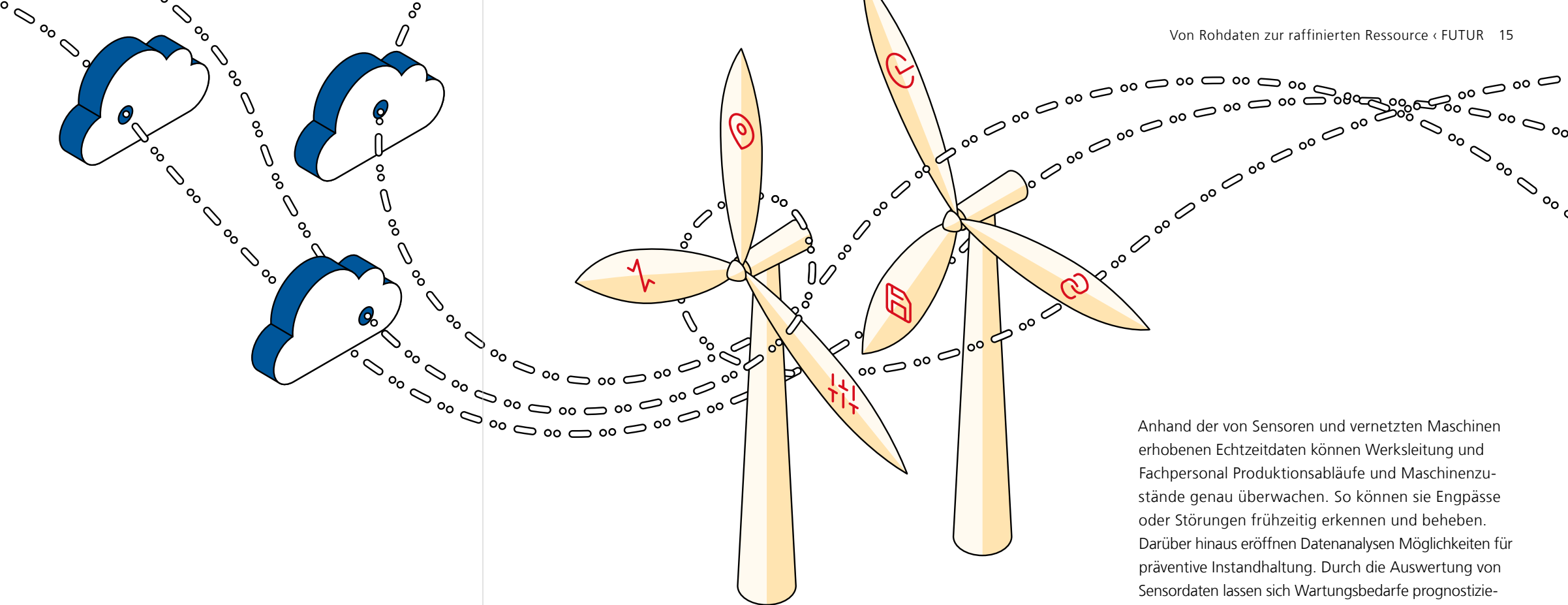
Mehr zu unserer Forschung im Rahmen von Catena-X lesen Sie im Artikel »Smart recyceln dank Software« auf Seite 42.

Catena-X greift die Grundprinzipien von Gaia-X auf und befähigt Unternehmen mittels »Policies« den Zugriff auf ihre Daten nur spezifischen Unternehmen oder Unternehmen, die das Innehaben einer bestimmten Rolle durch ein Zertifikat nachweisen können, zu gewähren. Unternehmen, die keinen Zugriff erhalten haben, erfahren dabei nicht einmal unbedingt, dass die Daten existieren. Neben dem Zugriff können über die Policies die Bedingungen für die Nutzung definiert werden, beispielweise, dass Daten nur in bestimmten Regionen oder für bestimmte Zeitintervalle genutzt werden dürfen. Damit kann beispielsweise gewährleistet werden, dass zugelassene bzw. zertifizierte Verwertungsbetriebe Daten über die in einem Fahrzeug verwendeten Materialien und deren Lieferkette für Verwertungszwecke falls erforderlich einsehen dürfen, Konkurrenzunternehmen die Materialzusammensetzung jedoch nicht einsehen können.

### DATENDURCHGÄNGIGKEIT: NAHTLOS DATEN FLIEßEN LASSEN

Datendurchgängigkeit bezieht sich auf die nahtlose und konsistente Nutzbarkeit von Daten über verschiedene Datenquellen und Anwendungen. Die Quellen sind IT-Systeme, Plattformen oder Datenbanken und finden sich entlang des gesamten Produktlebenszyklus. Dazu gehören beispielsweise PLM-Systeme der Produktentwicklung, ERP-Systeme der Produktion und IoT-Plattformen aus der Nutzungsphase. Zu den Schlüsselaspekten der Datendurchgängigkeit zählen folgende Aspekte:

- ① Integration vielfältiger Datenquellen, z. B. Daten von Legacy-Systemen in aktuelle IT-Umgebungen
- ② Mapping verschiedener Daten, z. B. Mapping von Energiedaten der Fertigung in LCA-Modelle der Produktentwicklung
- ③ Zugriff auf Realdaten oder Echtzeitdaten, z. B. Überwachung und Steuerung von 3D-Druckprozessen
- ④ Einheitliche Datenformate und Standards, z. B. Schaffen von Interoperabilität zwischen Entwicklungs- und Produktionssystemen
- ⑤ Datenqualität und Governance, z. B. Etablieren von Governance für den unternehmerischen Umgang mit produktbezogenen Daten
- ⑥ Managen von Änderungen, z. B. Definieren von technischen und zeitlichen Gültigkeiten von Daten



Eine nahtlose Datendurchgängigkeit wird durch einen nahtlosen Datenfluss in Unternehmen und auch unternehmensübergreifend geschaffen. Der Datenfluss wird dabei durch die vereinheitlichten Datenformate und -modelle erreicht, wie auch durch die notwendigen Schnittstellen zwischen den IT-Systemen. In den vom Fraunhofer IPK durchgeführten Datenflussanalysen wurde deutlich, dass die Datendurchgängigkeit oftmals als isolierte Herausforderung der Informationstechnik verstanden wird. Tatsächlich sollte sie sich jedoch an der digitalisierten Wertschöpfung orientieren. Hier werden neben den Formaten und IT-Systemen auch die wertschöpfenden Aktivitäten, koordinierenden Prozesse der Ablaufstruktur und die strukturierenden Organisationen der Aufbaustruktur adressiert. In dieser Betrachtung wird immer wieder deutlich, dass die Datendurchgängigkeit als Rückgrat der Wertschöpfung zu verstehen ist.

### DATENBASIERTE GESCHÄFTSMODELLE: WERT AUS DATEN SCHÖPFEN

Datenbasierte Geschäftsmodelle sind für produzierende Unternehmen zu einem entscheidenden Wettbewerbsfaktor geworden. Indem sie Daten intelligent sammeln, vernetzen, analysieren und auswerten, optimieren Hersteller nicht nur ihre internen Prozesse, sondern schaffen auch Mehrwerte.

Anhand der von Sensoren und vernetzten Maschinen erhobenen Echtzeitdaten können Werksleitung und Fachpersonal Produktionsabläufe und Maschinenzustände genau überwachen. So können sie Engpässe oder Störungen frühzeitig erkennen und beheben. Darüber hinaus eröffnen Datenanalysen Möglichkeiten für präventive Instandhaltung. Durch die Auswertung von Sensordaten lassen sich Wartungsbedarfe prognostizieren. Dadurch werden ungeplante Ausfallzeiten reduziert und die Lebensdauer von Anlagen verlängert – mit einer verbesserten Effizienz der gesamten Produktionsanlage bei gleichzeitig sinkenden Betriebskosten als Folge.

Dem Unternehmensmanagement können gewonnene Daten zudem als Grundlage für neue Geschäftsmodelle dienen. Produzierende Unternehmen können Datenlösungen als eigenständiges Produkt anbieten oder mit Partnerunternehmen kooperieren, um neue Leistungsangebote am Markt zu platzieren. Sie können beispielsweise ihr Know-how in der Datenanalyse monetarisieren und damit neue Einnahmequellen erschließen. Auch in der Personalisierung von Produkten und Services liegen Potenziale für datenbasierte Geschäftsmodelle. Durch die Auswertung von Kunden- und Nutzungsdaten können Unternehmen individuelle Lösungen anbieten, die auf die Bedürfnisse und Vorlieben ihrer Kundinnen und Kunden zugeschnitten sind. Dadurch steigt nicht nur die Kundenzufriedenheit, sondern es eröffnen sich auch neue Umsatzmöglichkeiten durch maßgeschneiderte Produkte und Serviceleistungen. ♦

IHRE ANSPRECHPERSONEN

**Dr.-Ing. Kai Lindow** | +49 30 39006-214  
kai.lindow@ipk.fraunhofer.de

**Theresa Riedelsheimer** | +49 30 39006-219  
theresa.riedelsheimer@ipk.fraunhofer.de



# Gemeinsam mehr erreichen

Wer heute komplexe Produkte entwickelt,  
tut das datenbasiert und kollaborativ.  
Gaia-X soll dafür den Rahmen schaffen.



»Wir könnten viel, wenn  
wir zusammenstünden.«

Friedrich Schiller

Komplexe Produkte wie zum Beispiel Autos haben heute in der Regel einen nicht unerheblichen »digitalen Anteil«. Wichtige Funktionen entlang ihres gesamten Lebenszyklus haben sich daher von der physischen Welt in virtuelle Datenräume verlagert. In der Automobilbranche werden Produkte fast vollständig virtuell entwickelt, ganze Produktionsstätten werden mittels Digitaler Zwillinge gesteuert, und smarte Produkte zeichnen immer mehr Daten auf. Neue Anforderungen an Nachhaltigkeit und Recycling machen die Nutzung von Daten selbst nach Ablauf der Lebensdauer eines Produkts unumgänglich. Bei einem hohen Grad an organisationsübergreifenden Prozessen müssen diese Daten zunehmend auch gemeinschaftlich genutzt werden. Auch der dezentralisierte Austausch von Daten nimmt dabei durch die Fortschritte beim autonomen Fahren und die damit zunehmende Vernetzung von Fahrzeugen zu. Schließlich spielt die Nutzung von Software unterschiedlicher Hersteller ebenfalls eine bedeutende Rolle, wobei immer komplexere Service- und Funktionsketten abgebildet werden müssen, um Daten effizient verarbeiten und nutzen zu können.

All diese komplexen Zusammenhänge sind mit entsprechend großen Herausforderungen verbunden, die sich anhand einer zukunftsweisenden Technologie illustrieren lassen, die das Mobilitätsfeld nachhaltig beeinflussen könnten: kollaborative Digitale Zwillinge.

#### MASTER, SCHATTEN, ZWILLING

Digitale Zwillinge stellen eine Strategie dar, um Daten effektiv nutzen zu können. Als solche sind sie häufig essentieller Bestandteil der Digitalisierungsstrategie deutscher und europäischer Unternehmen. Digitale Zwillinge sind virtuelle Darstellungen eines realen Objekts, die virtuelle (Master-) und reale (Schatten-)Daten kombinieren, um eine gegebene Funktion zu erfüllen. Nehmen wir Ihr Auto als Beispiel. Es gibt wahrscheinlich tausende Autos wie Ihres. Sie alle wurden basierend auf denselben Zeichnungen und Produktionsanweisungen produziert, und sie haben Wartungszyklen, die auf

Neue Anforderungen an Nachhaltigkeit und Recycling machen die Nutzung von Daten selbst nach Ablauf der Lebensdauer eines Produkts unumgänglich.

einem durchschnittlichen Nutzungsverhalten beruhen. Die Modelle, Simulationen und Daten, aufgrund derer all diese Autos hergestellt werden, nennen wir »Master«. Ihr Auto ist jedoch einzigartig. Vom Moment des Produktionsbeginns an gab es Besonderheiten, denen nur Ihr Auto unterworfen war. Vielleicht gab es Montageabweichungen, oder es wird auf besonders schlechten Straßen oder in sehr heißen, kalten oder nassen Regionen gefahren und benötigt möglicherweise eine frühzeitige Wartung. Diese Daten, die die Realität Ihres einzigartigen Autos darstellen, nennen wir »Schatten«. Durch den Vergleich von Master- und Schattendaten des Autos können Funktionalitäten im Digitalen Zwilling umgesetzt werden und zum Beispiel Vorhersagen zum optimalen Wartungszeitpunkt getroffen werden.

Im gesamten Mobilitätsbereich sind Digitale Zwillinge essenziell. Sie unterstützen Fachkräfte dabei, Anomalien zu erkennen, Qualität zu bewerten, Wartungsbedarf zu prognostizieren, autonomes Fahren zu trainieren und verschiedene Mobilitätssysteme zu überwachen. Zu diesem Zweck müssen die Daten verschiedener Akteure und Quellen kombiniert werden, wie zum Beispiel Sensoren am Fahrzeug selbst, Entwicklungsmodelle des Herstellers, Klima- oder Verkehrsinfos. So entstehen sogenannte kollaborative Digitale Zwillinge, die es firmen-

und organisationsübergreifenden Produktentwicklungsteams ermöglichen, innovative, effiziente und ganzheitlich durchdachte Produkte zu gestalten. Um dabei Datensouveränität und -schutz und letztendlich das Vertrauen aller Beteiligten zu gewährleisten, muss dies alles in einer gut regulierten Umgebung geschehen.

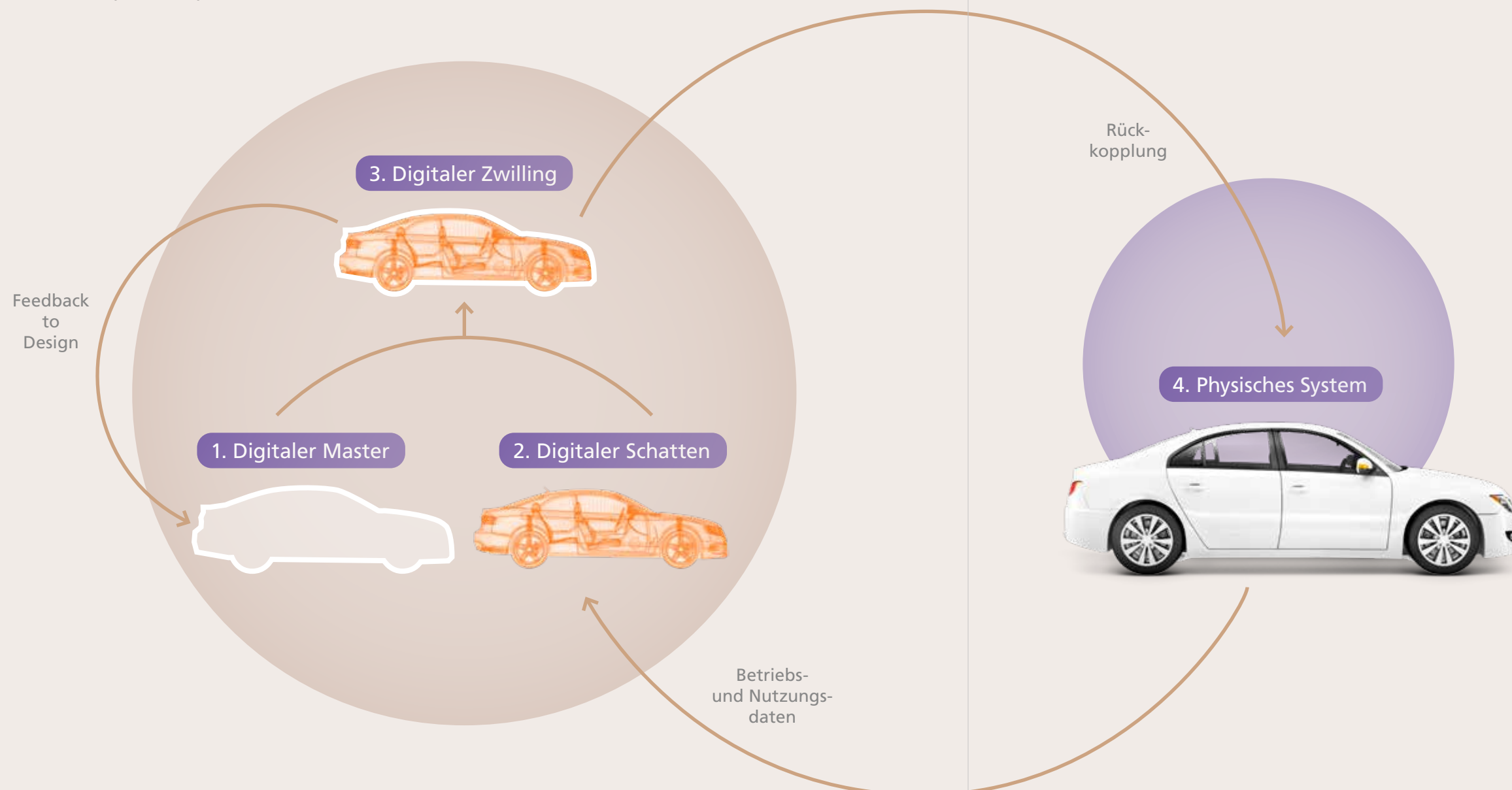
#### GEMEINSAM DATEN NUTZEN DANK GAIA-X

Hier setzt die Initiative »Gaia-X« an. Sie entwickelt ein Open-Source-Framework, das eine föderierte und

sichere Dateninfrastruktur ermöglicht. Diese ermöglicht den Austausch von Daten in einer vertrauenswürdigen Umgebung, während die digitale Souveränität der Datenbesitzer und die Interoperabilität verschiedener Plattformen gewährleistet werden.

Dazu wird eine Open-Source-Toolbox mit sogenannten »Gaia-X Federation Services« (Gaia-X-Föderationsdiensten, GXFS) entwickelt. Diese stellen die technischen Mindestanforderungen dar, die für den Aufbau und den Betrieb eines cloudbasierten, selbstverwalteten Dateninfrastruktur-Ökosystems erforderlich sind. Sie umfassen eine Katalogkomponente, mit der die Datenraumteilnehmer gemeinsame Datenbeschreibungsstandards festlegen und Daten und Services intelligent zu kollaborativen digitalen Zwillingen verknüpfen können. Weitere Regeln und Komponenten für »Compliance«, »Sovereign Data Exchange« und »Identity & Trust« ermöglichen die Definition und Einhaltung von Regeln für kollaborative Datennutzung, zum Beispiel beim Abschließen von Verträgen oder der Verwaltung von Zugriffsrechten im gemeinsamen Datenraum.

Durch das Gaia-X-Ökosystem bricht für die Industrie eine neue Ära der branchenübergreifenden Zusammenarbeit an. Es erleichtert die Entwicklung und Umsetzung fairer und transparenter, datenbasierter Geschäftsmodelle und verringert deren Komplexität und Kosten. Die Vision von Gaia-X ist eine blühende digitale Industrielandschaft, in der die Werte der Datensouveränität, Zusammenarbeit und Innovation harmonisch verschmelzen. Am Fraunhofer IPK forschen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler im Rahmen von Gaia-X gemeinsam mit Unternehmen aus dem Digitalisierungs- und Mobilitätsbereich an Methoden und Technologien, um diese Vision Wirklichkeit werden zu lassen. Dabei untersuchen sie so tiefgreifende Fragestellungen wie die Entwicklung digitaler Geschäftsmodelle, die Strukturierung des Datenflusses, die Entwicklung gemeinsamer Digitaler Zwillinge, den Aufbau geeigneter IT-Systeme oder auch die Erstellung von Ontologien und Informationsmodellen zur Gewährleistung der Datenkompatibilität. ♦



IHRE ANSPRECHPERSON

**Maiara Rosa Cencic** | +49 30 39006-417  
maiara.rosa.cencic@ipk.fraunhofer.de

# Daten müssen auf der Agenda nach oben

**Alexander Schirp und Sven Weickert vertreten im Projekt »ReTraNetz-BB« als Geschäftsführer der Unternehmensverbände Berlin-Brandenburg (UVB) die Perspektive der lokalen Industrie. Im FUTUR-Interview erklären sie unter anderem, wie die Digitalisierung die Automobilbranche verändern wird.**



## Alexander Schirp

Jahrgang 1966, studierte Jura in Passau und Rostock. Seit 1995 arbeitet er für die Unternehmensverbände Berlin-Brandenburg (UVB). Seit Oktober 2023 führt er den Spitzenverband sowie den Verband der Metall- und Elektroindustrie in Berlin und Brandenburg (VME) als Hauptgeschäftsführer.

| futur | **Was sind aus unternehmerischer Sicht die drängendsten Anliegen für die Neuausrichtung der Automobilindustrie, und auf welcher Ebene sollten diese adressiert werden?**

/ SCHIRP / Die Automobilindustrie steht vor der Herausforderung, nachhaltiger zu werden, ihren ökologischen Fußabdruck zu reduzieren und in die Kreislaufwirtschaft einzutreten. Dies betrifft sowohl die Produktion als auch den Betrieb der Fahrzeuge. Hinzu kommen Digitalisierungsthemen wie autonomes Fahren und Konnektivität. Autos, die selbst fahren und mit anderen Autos und der Umwelt vernetzt sind, benötigen innovative und sichere Technologien. Zusätzlich verändert sich die Art und Weise, wie produziert wird. Die Prozesse und die Lieferketten werden digitalisiert, damit die Effizienz steigt und die Kosten sinken. Angesichts dieses intensiven Wandels müssen die Automotive-Unternehmen

## Sven Weickert

Jahrgang 1969, studierte Betriebswirtschaft in Berlin. Nach beruflichen Stationen in Wirtschaft und Wissenschaft wechselte er zu den Unternehmensverbänden Berlin-Brandenburg (UVB). Heute verantwortet er dort als Geschäftsführer die Bereiche Wirtschaft, Bildung und Digitalisierung.



zuallererst die veränderten Bedürfnisse und Wünsche ihrer Kundinnen und Kunden verstehen. Jedes Unternehmen braucht für diese umfassende Transformation eine klare Strategie für die Investitionen in Forschung und Entwicklung, Produktion, Marketing und Vertrieb.

/ WEICKERT / Die Politik muss erkennen, dass gemeinsame Standards bei der Regulierung sowie Entwicklungsziele entscheidend sind für die Zukunftsfähigkeit dieser Branche. Zugleich ist es wichtig, dass sich die Politik auch beim Thema Nachhaltigkeit für ein Level Playing Field, also für weltweit gleiche Wettbewerbsbedingungen, einsetzt. Die klimaneutrale Produktion erfordert gewaltige Investitionen. Das darf sich nicht negativ auf die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Industrie auswirken.

| futur | **Wenn ein so wichtiger Wirtschaftssektor wie die Fahrzeug- und**

**Zulieferindustrie digitalisiert wird, bringt das gigantische Datenströme mit sich, die gemanagt werden müssen. Welchen strategischen Stellenwert haben Konzepte wie Datenstandardisierung, Datensouveränität oder Datensicherheit für die Industriepolitik in Berlin?**

/ WEICKERT / Daten spielen die entscheidende Rolle für die Zukunft der Automobilindustrie, in der Hauptstadtregion wie weltweit. Sie bergen große wirtschaftliche Chancen. Damit Hersteller, Zulieferer und Infrastrukturbetreiber länderübergreifend miteinander kommunizieren können, braucht es – neben einheitlichen Datenstandards und Rechtssicherheit – entsprechend leistungsfähige digitale Infrastrukturen und eine robuste IT-Sicherheitsarchitektur. Diese Aufgaben müssen ganz oben auf der Agenda der Berlin-Brandenburger Digitalpolitik stehen. Beim Thema Fahrzeugda-

ten spielen aber auch Vertrauen und Privatsphäre eine große Rolle. Hier sind die Verbraucherinnen und Verbraucher sehr sensibel. Daher haben die Mitgliedsunternehmen des Branchenverbands VDA – ergänzend zu den bestehenden gesetzlichen Regelungen – gemeinsame Datenschutzprinzipien für vernetzte Fahrzeuge erarbeitet. Sie umfassen die drei Kernpunkte Transparenz, Selbstbestimmung und Datensicherheit.

| futur | **Daten fallen nicht nur bei der Digitalisierung an, sondern auch in der Forschung. Wie tragen die Forschungspartner des Projekts »ReTraNetz-BB«, darunter das Fraunhofer IPK, aus Ihrer Sicht zur Transformation der Automobilbranche am Standort Berlin-Brandenburg bei?**

/ SCHIRP / Ganz grundsätzlich muss bei der Nutzung von Forschungsdaten die Ba-

Weitere  
Informationen  
zu ReTraNetz-BB finden  
Sie hier:  
[www.ipk.fraunhofer.de/  
retranetz](http://www.ipk.fraunhofer.de/retranetz)



»Beim Thema Fahrzeugdaten spielen Vertrauen und Privatsphäre eine große Rolle. Hier sind die Verbraucherinnen und Verbraucher sehr sensibel.«

Sven Weickert



lance zwischen Wissenschaft und Wirtschaft gewahrt sein. Open Access, also der freie Zugang zu Forschungsdaten, ermöglicht die Nachvollziehbarkeit und Replikation von Wissenschaftsergebnissen. Veröffentlichungen tragen ganz wesentlich zur wissenschaftlichen Reputation bei. Dem stehen die Anforderungen der Wirtschaft entgegen, etwa zur Geheimhaltung von Ergebnissen, die im Rahmen von Industriekooperationen erarbeitet werden.

/ WEICKERT / ReTraNetz-BB als gefördertes Projekt stellt Forschungs- und Entwicklungsergebnisse öffentlich zur Verfügung. Neben diversen Analysen zum industriellen Ökosystem im Bereich Automotive unterstützen die Forschungspartner die teilnehmenden Unternehmen bei der Ausgestaltung ihrer strategischen und technologischen Perspektive: Neben der Entwicklung neuer Geschäftsmodelle geht es dabei auch um Produktionsprozesse, Tech-

nologien und Materialien, die für mehr Ressourceneffizienz sorgen und die Kosten senken. Die Forschungspartner bearbeiten auch das Top-Thema Fachkräfteentwicklung, indem sie perspektivisch Bildungs- und Schulungsprogramme entwickeln und anbieten.

| futur | **Herr Schirp, als examinierter Jurist und Hauptgeschäftsführer des Spitzenverbands in der Hauptstadtregion**

»Bei der Nutzung von Forschungsdaten muss die Balance zwischen Wissenschaft und Wirtschaft gewahrt sein.«

Alexander Schirp

#### RETRANETZ-BB

Das Ziel des Projekts »ReTraNetz-BB« ist es, die in der Region Berlin-Brandenburg ansässigen KMU aus der Fahrzeug- und Zulieferindustrie sowie deren Beschäftigte bei notwendigen Transformationsprozessen hin zu klimaneutraler Produktion und nachhaltiger Mobilität zu unterstützen. Im Fokus stehen die Förderung von vorhandenen Stärken, die Definition von neuen Themen, die modellhafte Entwicklung von Maßnahmen und die Begleitung von Tests sowie Anwendungen. Des Weiteren sollen Standortvorteile entwickelt und aufgezeigt sowie externe Einflüsse beachtet werden. Ein länderübergreifendes Konsortium aus Wirtschaftsförderern, Sozial- und Tarifpartnern, Bildungsträgern und wissenschaftlichen Einrichtungen, darunter Fraunhofer IPK und IWF der TU Berlin, treibt diese Vorhaben voran.

**gion sind Sie prädestiniert, dem Gesetzgeber als Ansprechpartner zu dienen. Wie beurteilen Sie den derzeitigen gesetzlichen Rahmen für die digitale Transformation – welche legislativen Lücken müssen geschlossen werden?**

/ SCHIRP / Die rechtlichen Rahmenbedingungen für den digitalen Transformationsprozess gehen über die bekannte Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO) hinaus. Daneben berühren digital relevante Richtlinien und Verordnungen der EU die Bereiche IT-Sicherheit, Urheberrecht, Haftungsrecht und Beihilfe. Der gesetzliche Rahmen muss den Verbraucherschutz im Blick haben, darf aber die Innovations- und Wettbe-

werbsfähigkeit der deutschen und europäischen Industrie nicht beschneiden. Staatliche Regulierung – gerade in neuen Technologiefeldern – muss Flexibilität ermöglichen und Innovationspotenziale berücksichtigen.

| futur | **Herr Weickert, wo steht die regionale Industrie in Sachen digitale Transformation heute und wo voraussichtlich 2030?**

/ WEICKERT / Der digitale Wandel ist, gepaart mit der Notwendigkeit der ökologischen Transformation, eine große Herausforderung für die Industrie. Und er wird – als Twin Transition – auch immer mehr zur Daueraufgabe. Vor allem, da die technologische Entwicklung so rasend voranschreitet. Selbst wenn man aus heutiger Sicht gut aufgestellt ist – schon morgen können neue Technologien und Wettbewerber die Branche grundlegend verändern. Eine Voraussetzung für die permanente Anpassungsfähigkeit der Industrie ist ein funktionierendes industrielles Ökosystem. Hochschulen und Forschungseinrichtungen, Deep-Tech-Startups und Industrieunternehmen – ihr perfektes Zusammenspiel ist die Basis für erfolgreiche Innovation. Und hier ist die Hauptstadtregion gut aufgestellt: In wichtigen industrierelevanten digitalen Technologien spielt die Wissenschaft in Berlin und Brandenburg vorn mit, die Berliner Zukunftsorte und Unternehmensnetzwerke adressieren die richtigen Themen und in Brandenburg schließt sich die Wertschöpfungskette für Elektromobilität. Für Berlin bietet auch das Thema »Urban Production« erhebliche Chancen. Vor diesem Hintergrund trauen wir uns zu, bis zum Ende des Jahrzehnts einen neuen Höchststand von 250 000 Industriearbeitsplätzen in Berlin und Brandenburg zu prognostizieren. ♦



## Unter die Lupe genommen

**Eine nicht-invasive Echtzeit-Qualitätskontrolle für additive Fertigungsverfahren war lange Zeit ein frommer Wunsch. Nun können Forschende zerstörungsfrei Daten sammeln und Komponenten während der Bearbeitung prüfen.**

Digitale Bestandsaufnahmen, kundenindividuelle Massenproduktion und intelligentere Produkte dank optimierter Designs: Die Industrie ist sich des Potenzials der additiven Fertigung durchaus bewusst. Vor allem bei sicherheitskritischen Anwendungen wie in der Luft- und Raumfahrt, der Automobilindustrie und im Energiesektor stehen der breiten Einführung dieser Technologie jedoch noch einige Herausforderungen bei der Qualitätssicherung im Weg.

Um eine Vorstellung davon zu vermitteln, wie komplex die Entwicklung zuverlässiger additiver Verfahren ist, genügt ein Blick auf das Pulverbettbasierte Laserstrahlschmelzen (L-PBF), die derzeit von der Industrie am häufigsten eingesetzte additive Fertigungstechnologie: Hier gibt es mehr als 50 Parameter, die die Qualität der finalen Bauteile direkt beeinflussen können. Von der Beschaffenheit des Metallpulvers und dem Kalibrierungszustand der Maschine bis hin zur Festlegung geeigneter Laserparameter und Scanning-Strategien – einen stabilen Prozess einzurichten, ist immer noch eine sehr zeitaufwendige empirische Aufgabe. Die Tatsache, dass die zur Verfügung stehenden Simulationsmodelle noch nicht ausgereift sind, macht diese Aufgabe noch schwieriger.

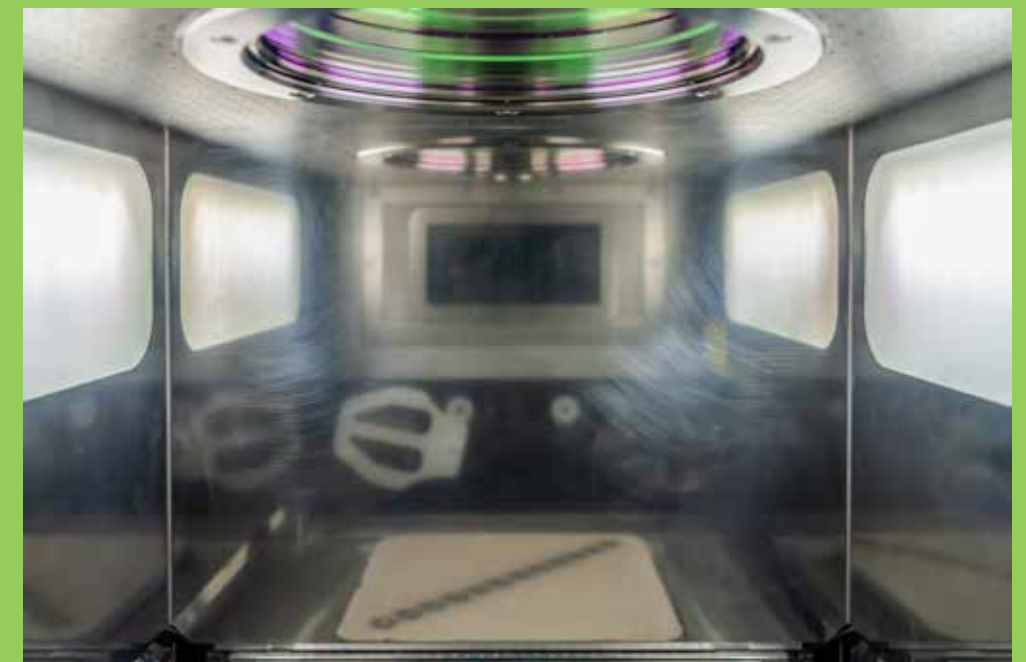
### JEDE SCHICHT IM AUGE BEHALTEN

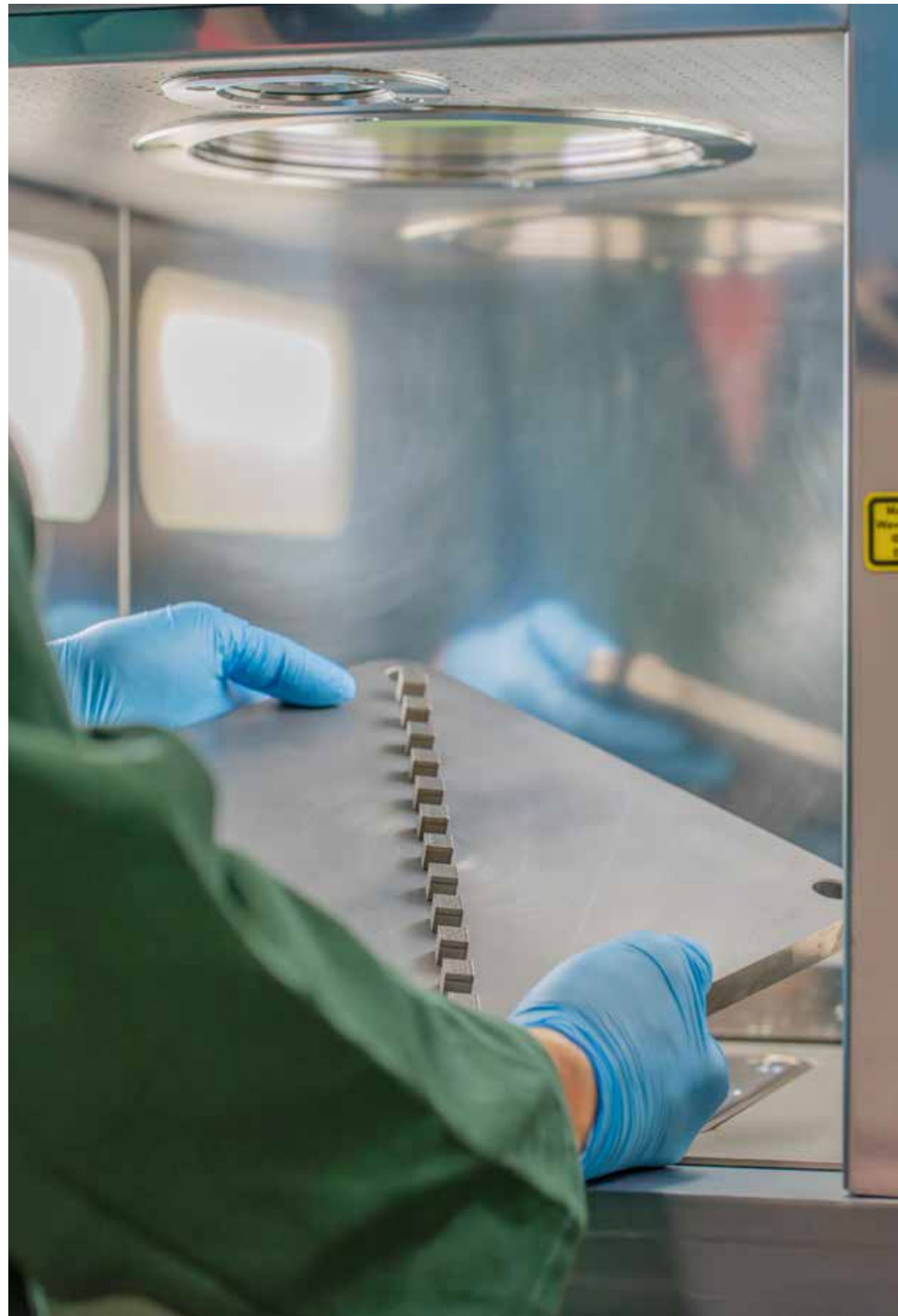
Es gibt zahlreiche Arten von Fehlern, die bei additiv gefertigten Teilen auftreten können, wie z. B. Gasporosität und Bindefehler. Je nach Größe und Lage der Defekte können sie komplette Komponenten unbrauchbar machen, deren Herstellung mehrere Stunden in Anspruch genommen hat. Deshalb gilt: Je früher Prozessunregelmäßigkeiten erkannt werden, desto besser. Forschende des Fraunhofer IPK arbeiten im Projekt »PipeNDT« (Pipe ist kurz für »Pipeline«, NDT steht für »non-destructive testing«, also zerstörungsfreie Prüfung) an der Entwicklung eines Überwachungssystems, das in der Lage ist, Fehler bereits während ihrer Entstehung im Bauprozess zu erkennen. Dazu wurden Prozesssignaturen durch den Einsatz von Hochgeschwindigkeitsphotodioden für jede Scan-Spur in jeder Schicht erfasst, wobei mehrere Gigabyte an Daten anfielen. Die Forschungsfrage dabei lautet: Wie lässt sich diese riesige Menge an Überwachungsdaten in verwertbare Qualitätsinformationen umwandeln? Das Team wählte den Ansatz, das Innere der fertigen Teile mithilfe zerstörungsfreier Methoden eingehend auf seine Qualität hin zu untersuchen, um Grunddaten für die Entwicklung des Überwachungsmodells zu gewinnen.

**Wie lässt sich eine riesige Menge an Überwachungsdaten in verwertbare Qualitätsinformationen umwandeln?**

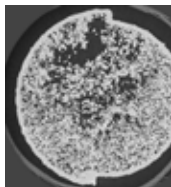
### Bilder:

Komplexe Baujobs in der metallischen additiven Fertigung sind besonders fehleranfällig





6 mm hoch  
8 mm Ø



2

#### Bilder:

1

Die optische Qualitätskontrolle bei der Probenentnahme offenbart oft Defekte, die sich während der Fertigung noch hätten vermeiden lassen

2

In den digitalen Aufnahmen aus dem Synchrotron können beliebige Schnitte zerstörungsfrei abgebildet werden. So können Proben zum Beispiel auf ihre Dichte hin untersucht werden.

© XPLORAYTION GmbH

3

Der experimentelle Aufbau am Synchrotron ermöglicht es, Mikrotomogramme der Proben mit einem hohen Durchsatz anzufertigen

© XPLORAYTION GmbH

#### DAS INNERE NACH AUSSEN KEHREN

Nachdem die Forschenden des Fraunhofer IPK genügend Proben hergestellt hatten, wurden diese an die Projektpartner von XPLORAYTION übergeben, ein Unternehmen, das auf hochpräzise Bildgebungstechnologien und modernste 3D-Datenanalyse spezialisiert ist. Anschließend wurden sie zu einem Teilchenbeschleuniger, dem sogenannten Synchrotron, gebracht, um mithilfe von Röntgenmikrotomographie analysiert zu werden. Diese nicht-invasive Technik ist der Goldstandard, um die Integrität eines Materials zu bewerten, ohne die Proben zu zerstören, sodass sie für die weitere Verwendung intakt bleiben. Im Synchrotron wird bis zu hundert Milliarden Mal mehr Strahlung erzeugt als in einer herkömmlichen Laborröntgenröhre. Diese extreme Röntgenintensität ermöglicht eine schnellere und bessere Bildgebung. Im Rahmen von PipeNDT entwickelten die Forschenden einen optimierten Probenwechsler sowie eine Hochdurchsatz-Pipeline, um die Mikro-Computertomographie von Dutzenden bis Hunderten von Proben pro Messkampagne zu ermöglichen. Mithilfe fortschrittlicher Bildverarbeitungstechniken wurde jedes einzelne Voxel – ein dreidimensionaler Bildpunkt – der Proben analysiert und entsprechend gekennzeichnet, wenn Defekte von Interesse entdeckt werden konnten. Die Menge der digitalen Informationen kann je nach Auflösung, mit der die Proben gescannt wurden, leicht mehrere Gigabyte pro Probe überschreiten.

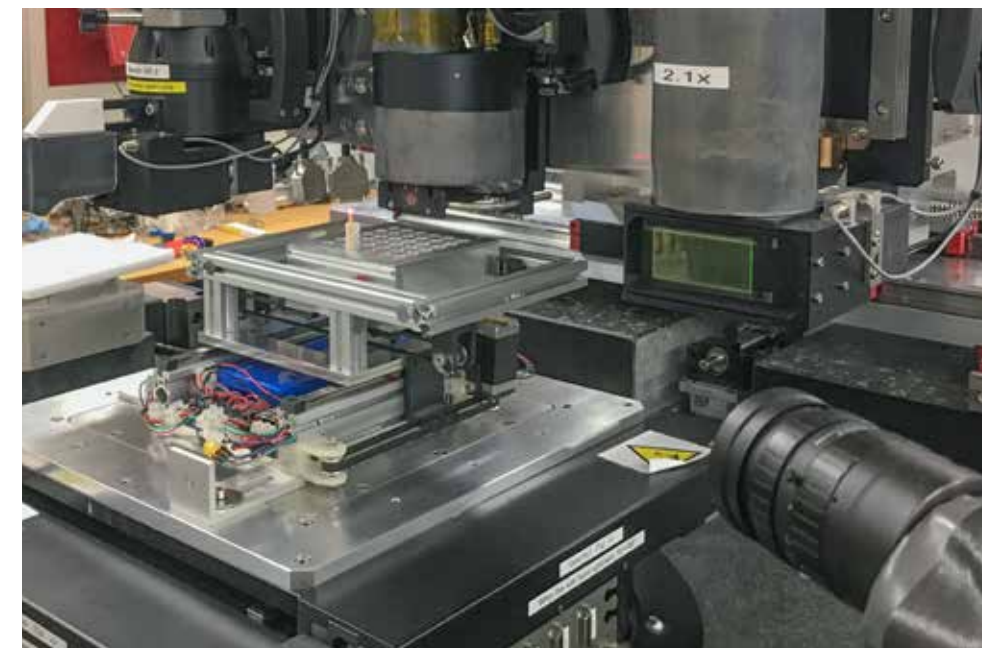
**In der Kombination von Daten aus Prozessüberwachung und zerstörungsfreier Prüfung liegt die Lösung.**

#### DATENFUSION FÜR DIE QUALITÄTSKONTROLLE

In der Kombination von Daten aus Prozessüberwachung und zerstörungsfreier Prüfung liegt die Lösung für eine ganzheitliche Qualitätskontrolle in der additiven Fertigung. Das PipeNDT-Team hat dafür eine Methode entwickelt, um Informationen von verschiedenen Sensoren zu registrieren. Auf diese Weise wird eine Art digitale ID für jeden einzelnen Punkt eines Bauteils erstellt, die Informationen darüber enthält, welche Parameter bei der Herstellung verwendet wurden, wie die Prozesssignaturen aussehen und in welchem Ausmaß Defekte in diesem Bereich vorhanden sind. Diese strukturierte Datenbank ebnet den Weg für statistische Analysen, anhand derer maschinelle Lernmodelle zur Vorhersage der Qualität von additiv gefertigten Bauteilen entwickelt werden können. Obwohl einzelne Fehler mit dem in PipeNDT getesteten Überwachungssystem noch nicht erkannt werden können, sollen weitere Sensoren eingesetzt werden, um zusätzliche Prozesssignaturen in die Pipeline mit aufzunehmen. Die gemeinsame Forschung von Fraunhofer IPK und XPLORAYTION trägt dazu bei, den Reifegrad der additiven Fertigung durch eine innovative und industriegerechte Qualitätskontrolle entlang der gesamten Prozesskette zu erhöhen. ♦

#### IHRE ANSPRECHPERSON

**Gustavo Reis de Ascencao** | +49 30 39006-474  
gustavo.reis.de.ascencao@ipk.fraunhofer.de



3

Das Projekt »PipeNDT« wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestags im Rahmen des Zentralen Innovationsprogramms Mittelstand (ZIM) gefördert.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

# Eine Bestenliste der Nachhaltigkeit

Emissionen im Blick: Das Benchmarking von Treibhausgasemissionen ermöglicht eine schnelle Vergleichbarkeit nachhaltiger Unternehmensentwicklungen.

Wer zu einer Dienstreise von Berlin nach München fliegt, verursacht hin und zurück etwa 308 Kilogramm CO<sub>2</sub>. Umweltfreundlicher ist die Bahn: Mit dem ICE emittieren Reisende auf derselben Strecke lediglich 34 Kilogramm CO<sub>2</sub> (mit durchschnittlichem Strommix, inklusive Ökostrom). Wenn man als Geschäftsreisender während der Zugfahrt aber noch am Laptop arbeitet, sieht die Klimabilanz schon wieder anders aus: Elektrogeräte benötigen Strom, genauso wie die Rechenzentren, die die Cloud samt Digitaler Zwillinge am Laufen halten. Und je nachdem, wie der Energiemix ist, beeinflusst das den CO<sub>2</sub>-Ausstoß. Doch woher weiß ein Unternehmen, wie groß der ökologische Fußabdruck seiner Angestellten ist? Wie viele klimaschädliche Treibhausgase (THG) stecken in Vorprodukten? Wo lassen sich in der Lieferkette Emissionen einsparen?

## WIE VIEL CO<sub>2</sub> IST ZU VIEL?

Die weitreichenden Folgen des Klimawandels stellen Unternehmen vor die Herausforderung, ihre negativen Umweltauswirkungen zunächst zu identifizieren und daraufhin zu minimieren. In dieser Hinsicht spielen insbesondere die Emissionen von THG eine entscheidende Rolle. Ihre umfassende Reduktion bis hin zur Klimaneutralität wird seitens der Wissenschaft und Politik eingefordert. Doch was genau bedeutet das und wie ist die Transformation zur CO<sub>2</sub>-

freien Wirtschaftsweise für kleine und mittlere Unternehmen zu erreichen? Emittiere ich als Unternehmen für meine Größe zu viel? Wie stehe ich im Vergleich zu meinen Wettbewerbern da?

Diesen Fragen widmet sich das derzeit laufende Projekt »KliMaWirtschaft«, an dem der Bundesverband »Der Mittelstand«, BVMW sowie das Fraunhofer IPK beteiligt sind. Mithilfe einer dreiteiligen Workshopreihe, Online-Sprechstunden sowie einer Klimaschutztoolbox werden teilnehmende Unternehmen befähigt, ihre THG-Emissionen in einer Bilanz darzustellen, Klimaziele zu definieren und die Emissionen anschließend wirksam zu reduzieren. Insgesamt verfolgt KliMaWirtschaft das ehrgeizige Ziel, eine messbare Reduktion von 333 000 Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalenten (CO<sub>2</sub>e) innerhalb von drei Jahren zu erreichen.

## AUF DER SUCHE NACH VERGLEICHBARKEIT

Als Vergleichsmaßstab dient das Greenhouse Gas Protocol: Der internationale Standard für die Bilanzierung und Berichterstattung von Treibhausgasemissionen differenziert zwischen drei Bereichen, sogenannten Scopes. Die erste Klasse, Scope 1, betrifft die unmittelbaren Emissionen am Standort eines Unternehmens, zum Beispiel durch Öl- oder Gasheizungen, die sich durch Zähler-

stände oder Stromrechnungen präzise ablesen lassen. Scope 2 umfasst die indirekten Emissionen: eingekaufte, leitungsgebundene Energie wie Strom oder Fernwärme. Unter Scope 3 werden sonstige indirekte Emissionen gefasst, die entlang der Wertschöpfungskette verursacht werden, zum Beispiel durch eingekaufte Güter, den Pendelweg der Arbeitnehmenden, Dienstreisen und die Nutzung der verkauften Geräte. Die Bilanzierung dieser Emissionen ist naturgemäß schwieriger und basiert häufig auf Modellrechnungen und Schätzungen.

Eine geeignete Methode, Emissionen in den Kontext zu setzen und sinnvoll zu bewerten, ist das sogenannte Benchmarking. Ähnlich wie in der Sportwelt, wo eigene Leistungen mit den Besten verglichen werden, wollen Unternehmen ihre Emissionsdaten mit Vorreitern oder zumindest ähnlichen Unternehmen vergleichen. Dieser Ansatz ermöglicht nicht nur eine bessere Einschätzung der eigenen Einsparziele, sondern bringt auch wertvolle Erkenntnisse aus den Erfahrungen anderer, um gemeinsam eine nachhaltigere Zukunft zu gestalten.

So entstand eine von Fachleuten des Fraunhofer IPK entwickelte Applikation zur Auswertung und Analyse realer Emissionsdaten. Sie basiert auf knapp 70 eingereichten THG-Bilanzen von teilnehmenden Unternehmen – größtenteils Mittelständler – des Projekts »KliMaWirtschaft«. Das überraschende Ergebnis: Die Emissionen sind schwerpunktmäßig in Scope 3 zu finden – also außerhalb der eigentlichen Produktion.

Die Analyse zeigt also, für wie viele bisher unbewusste THG-Emissionen die Unterneh-

# Der Mittelstand als Ganzes kann einen großen Beitrag für eine klimafreundliche Wirtschaftsweise leisten, indem er die Verantwortung für die Reduktion seiner Emissionen übernimmt und konkrete Klimaschutzmaßnahmen durchführt.

men entlang der gesamten Wertschöpfungskette verantwortlich sind. Daraus folgt gleichzeitig, dass der Mittelstand als Ganzes einen großen Beitrag für eine klimafreundliche Wirtschaftsweise leisten kann, indem er die Verantwortung für die Reduktion seiner Emissionen übernimmt und konkrete Klimaschutzmaßnahmen durchführt.

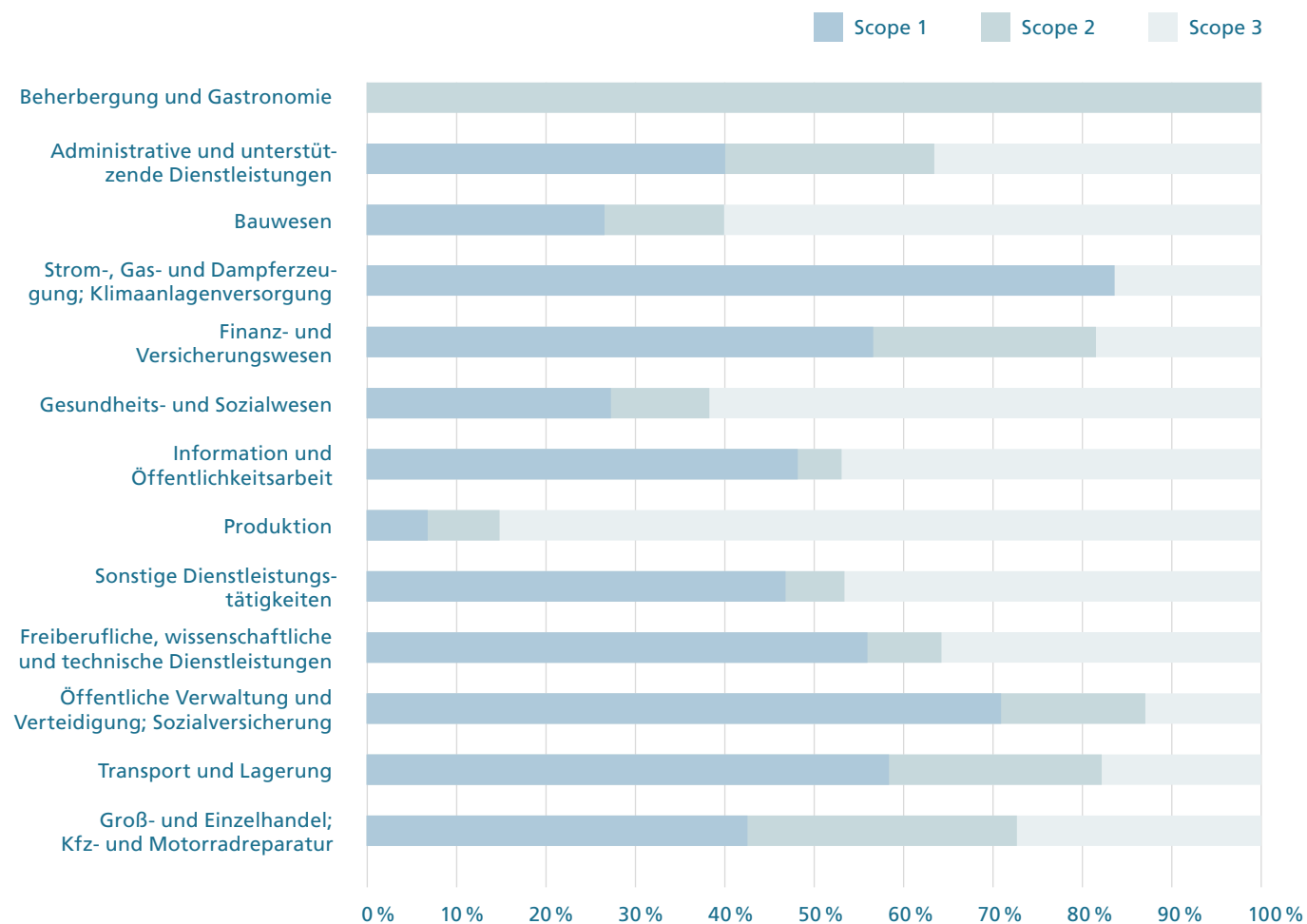
## BRANCHENSPEZIFISCHE UNTERSCHIEDE BEIM CO<sub>2</sub>-AUSSTOSS

Zudem lohnt ein genauer Blick auf die unterschiedlichen Verteilungen der THG-Emissionen in den Industriezweigen: Produktionsunternehmen etwa verbrauchen klassischerweise viel Energie und haben einen hohen Materialumsatz. Und das schlägt sich auch in den THG-Emissionen nieder, die in Scope 2 und 3 sehr hoch sind. Unternehmen aus dem Dienstleistungssektor weisen dagegen aufgrund ihrer primären Bürotätigkeit höhere Emissionen in Scope 1 und 2 auf. Etwas aus dem Raster fallen die Energieversorgungsunternehmen: Als Primärerzeuger von Strom oder beispiels-

weise Fernwärme, die dann leitungsgebunden bei den abnehmenden Unternehmen ankommt, haben sie sowohl absolut überdurchschnittlich hohe THG-Emissionen als auch anteilig sehr hohe Scope-1-Emissionen.

Die Teilnahme am Projekt »KliMaWirtschaft« ist für interessierte Unternehmen weiterhin möglich. Auch das CO<sub>2</sub>-Benchmarking steht jedem Unternehmen offen, das den Weg zu einer nachhaltigen Produktion gehen möchte. Das Analysetool ist hier ein exzellenter Startpunkt – selbst wenn es zunächst nur darum geht einzuschätzen, wie der eigene Betrieb im Vergleich zu anderen Unternehmen dasteht. ♦

## Durchschnittliche Treibhausgasemissionen verschiedener Industriesektoren



Weitere Informationen  
www.klimaschutz-wirtschaft.de/



Dieses Forschungs- und Entwicklungsprojekt wird durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) im Rahmen des Förderaufrufs für innovative Klimaschutzprojekte der Nationalen Klimaschutzinitiative (NKI) gefördert. Förderkennzeichen: 67KF0166B.

Gefördert durch:



IHRE ANSPRECHPERSON  
**Felix Budde** | +49 30 39006-346  
felix.budde@ipk.fraunhofer.de



# Kompetenz für Komplexität

In der sich stetig wandelnden Landschaft des Produktentwicklungsmanagements haben das Product Lifecycle Management (PLM) und das Product Data Management (PDM) einen unverzichtbaren Platz eingenommen. In einer Ära, in der Technologie und Wettbewerb ständig voranschreiten, spielen effiziente Datenverwaltung und nahtloses Prozessmanagement eine entscheidende Rolle für den Erfolg von Unternehmen – erst recht, wenn die zunehmende Integration in Datenökosysteme wie Gaia-X nach höchst effizienten und agil erweiterbaren Entwicklungsumfeldern verlangt.

Das Fraunhofer IPK definiert das Product Lifecycle Management als eine strategische Herangehensweise, die den gesamten Lebenszyklus eines Produkts umspannt – von der Konzeption über die Produktion bis hin zur Entsorgung. Dieses umfassende Verständnis bildet das Fundament für eine verbesserte Zusammenarbeit zwischen Abteilungen, eine optimierte Nutzung von Ressourcen und eine beschleunigte Markteinführung.

Für alle, die ihre PLM-Kenntnisse vertiefen möchten, bieten Fraunhofer IPK, Fraunhofer IAO und Fraunhofer Academy die Weiterbildung »PLM Professional« an. Diese maßgeschneiderte Schulung vermittelt praxisnahe Einblicke in modernste PLM-Methoden und -Werkzeuge. Die Teilnehmenden werden befähigt, die Komplexität des PLM zu beherrschen und in ihren Organisationen innovative Lösungen umzusetzen. Das Zusammenspiel von Daten, Menschen und Prozessen wird beleuchtet, um ein tieferes Verständnis für die Notwendigkeit eines ganzheitlichen PLM-Ansatzes zu vermitteln.

IHRE ANSPRECHPERSON

**Pascal Lünemann** | +49 30 39006-188  
pascal.luenemann@ipk.fraunhofer.de



**Regine Wolters**

CONTACT SOFTWARE  
PLM PROFESSIONAL-REFERENTIN

»Der PLM Professional-Lehrgang bietet Inhalte zur zukunftsorientierten Produktentwicklung, die so in keiner Ausbildung und keinem Studienfach adressiert werden.«



**Dr.-Ing. Kai Lindow**

FRAUNHOFER IPK  
PLM PROFESSIONAL-KURSLEITER UND -REFERENT

»PLM ist schön, macht aber viel Arbeit. PLM Professionals lernen bei uns, wie diese Arbeit an den richtigen Stellen im Unternehmen geleistet wird.«



**Zeno Ispan**

LAYTEC AG  
PLM PROFESSIONAL-ALUMNUS

»PLM verkürzt Time-to-Market, minimiert nicht wertschöpfende Aufgaben, fördert die Digitalisierung und kann unternehmensintern die Zusammenarbeit über Abteilungsgrenzen hinweg verbessern.«



**Marcus Klug**

ACONEXT STUTTGART GMBH  
PLM PROFESSIONAL-ALUMNUS

»Seit meiner Ausbildung zum PLM Professional habe ich erfolgreich PLM-Beratungen zu den Themen Digital Twin und Leichtbau durchgeführt.«



**Thomas Maiti**

DASSAULT SYSTÈMES  
PLM PROFESSIONAL-ALUMNUS

»Mit der Ausbildung zum zertifizierten PLM Professional kann ich einen offiziell anerkannten Abschluss erlangen, der von unserem universitären Bildungssystem in dieser Form nicht angeboten wird.«

**Weitere Informationen**  
zum Zertifikatsprogramm  
»PLM Professional«  
finden Sie hier:  
[www.ipk.fraunhofer.de/  
plm-professional](http://www.ipk.fraunhofer.de/plm-professional)

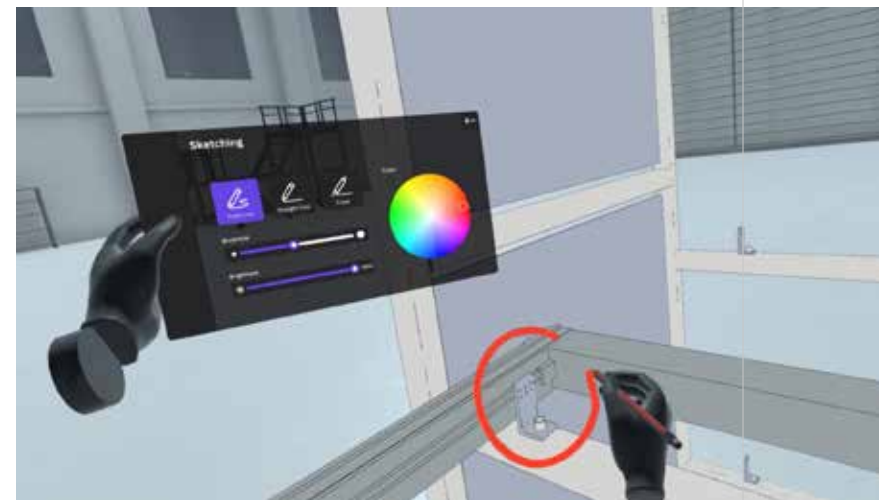




## Virtuell testen – real sparen

Per Software schneller von der Idee zum Prototypen: enVAR überträgt Designs 1:1 in eine virtuelle Umgebung und optimiert so die Zusammenarbeit im Team.

Produktentwicklungskosten sind für die deutsche und europäische Wirtschaft zu einer existenziellen Frage geworden. Ob im Maschinenbau, in der Automobilindustrie, der Mobilitätsbranche oder im Baugewerbe: Je später Planungsfehler entdeckt werden und je weiter sich Projekte verzögern, desto gravierender die Folgen im Wettbewerb. Mithilfe von Extended-Reality-Methoden wie zum Beispiel Virtual Reality (VR) unterstützen Forschende am Fraunhofer IPK Unternehmen dabei, solche Risiken zu minimieren. Sie haben eine niedrigschwellige Virtual-Reality-Plattform entwickelt, auf der sich Designs, Prototypen und Entwürfe wirklichkeitsgetreu testen und adaptieren lassen. Die Plattform heißt enVAR und beruht auf den Prinzipien der sogenannten immersiven Technologien.



### SCHWACHSTELLEN FRÜH ERKENNEN

enVAR ermöglicht es Ingenieurinnen und Ingenieuren, Daten aus dem PLM-System (Product Lifecycle Management) in eine VR-Umgebung zu importieren und maßstabsgetreue 3D-Modelle ihrer Konzepte zu visualisieren. Das hilft beispielsweise dabei, Schwachstellen aufzudecken. Darüber hin-

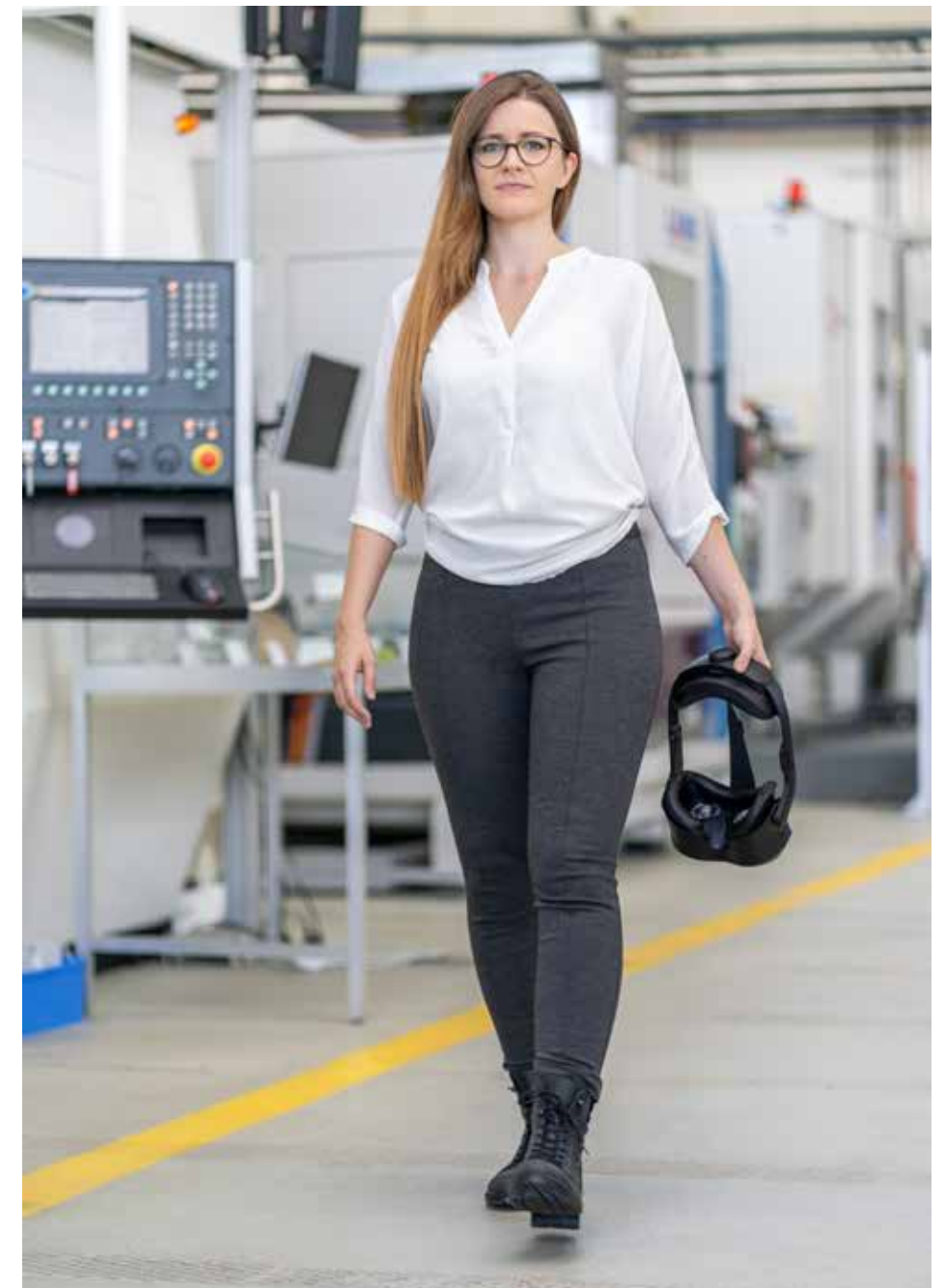
aus können sich andere Teammitglieder im wahrsten Sinne des Wortes ein Bild vom Projektstand machen, ohne selbst über CAD-Kenntnisse zu verfügen (Computer-Aided Design). Dazu gehören etwa Trainees, die per integrierter Notizfunktion Aufträge entgegennehmen, oder Mitglieder der Geschäftsführung, die Korrekturen vorschla-

### KOLLABORATIVES ENGINEERING DANK IMMERSION

Das Fraunhofer IPK findet Lösungen zu Fragestellungen der Industrie rund um die Zukunft des Engineerings und entwickelt ganzheitliche Methoden und Technologien für die Produktentstehung. Unter anderem befassen sich die Forschenden mit den sogenannten immersiven Technologien. Der Begriff Immersion leitet sich vom lateinischen »immersio« ab und bedeutet wörtlich »Eintauchen«. Beim kollaborativen Engineering auf Plattformen wie enVAR tauchen ganze Teams gemeinsam in virtuelle Welten ein. Weitere immersive Lösungen finden sich als industriennahe Anwendungen in der virtuellen Inbetriebnahme von Anlagen, in Absicherungsmethoden, Assistenzsystemen und Trainingsumgebungen.



**Bilder:**  
Anhand von Extended-Reality-Methoden unterstützt das Team des Fraunhofer IPK seine Partner



gen und ausprobieren möchten. Statt also umständlich per Screenshots zu erläutern, können Mitarbeitende auf Augenhöhe Ideen austauschen und Arbeitsstände abgleichen. Hat sich das Team auf Änderungen geeinigt, werden sie ins PLM-System zurückgespielt. Auf diese Weise kann die Arbeit am Produkt nahtlos weitergehen.

#### PLANEN, PRÜFEN, OPTIMIEREN

Die Einsatzszenarien von enVAR umfassen unter anderem Einbauuntersuchungen, Machbarkeitsstudien und Bedarfsanalysen zur Ressourcenminimierung. Projektteams können beispielsweise

- das komplexe Innenleben eines Fahrzeugs so modellieren, dass bestimmte Bauteile noch weniger Platz einnehmen,
- das ideale Kosten-Komfort-Verhältnis für Fernverkehrszüge ermitteln – von der Sitzanordnung und der Gepäckaufbewahrung über die Kabelführung und die Gestaltung der Wirtschaftsräume bis zur Einrichtung von Schlafabteilen,
- den jeweils richtigen Standort für Regale, Monitore und Sitzmöbel einer Universitätsbibliothek herausfinden, oder
- virtuell in einem Bürokomplex Glasfaserkabel verlegen, um den Bedarf exakt zu bestimmen.

Die Software lässt sich intuitiv bedienen und liefert zugleich präzise Ergebnisse. Sollen zum Beispiel Rohre verlegt werden, definiert das Team unter anderem den Durchmesser und den minimalen Biegeradius und liest die entstandene Konfigurationsdatei in enVAR ein. In der Software lässt sich der entsprechende Leitungstyp auswählen und mittels Kontrollpunkten an den Oberflächen des Modells platzieren. So kann das Team exakt visualisieren, wo die Rohre mit den vordefinierten Eigen-

## Entwicklungsteams werden in die Lage versetzt, in der virtuellen Umgebung mit realen Bauteilen zu hantieren.

**Bilder:**  
Mithilfe immersiver Technologien verschmelzen virtuelle und physische Realität



schaften verlaufen sollen. Die Kontrollpunkte lassen sich jederzeit verschieben oder löschen – und mit ihnen die virtuellen Rohre.

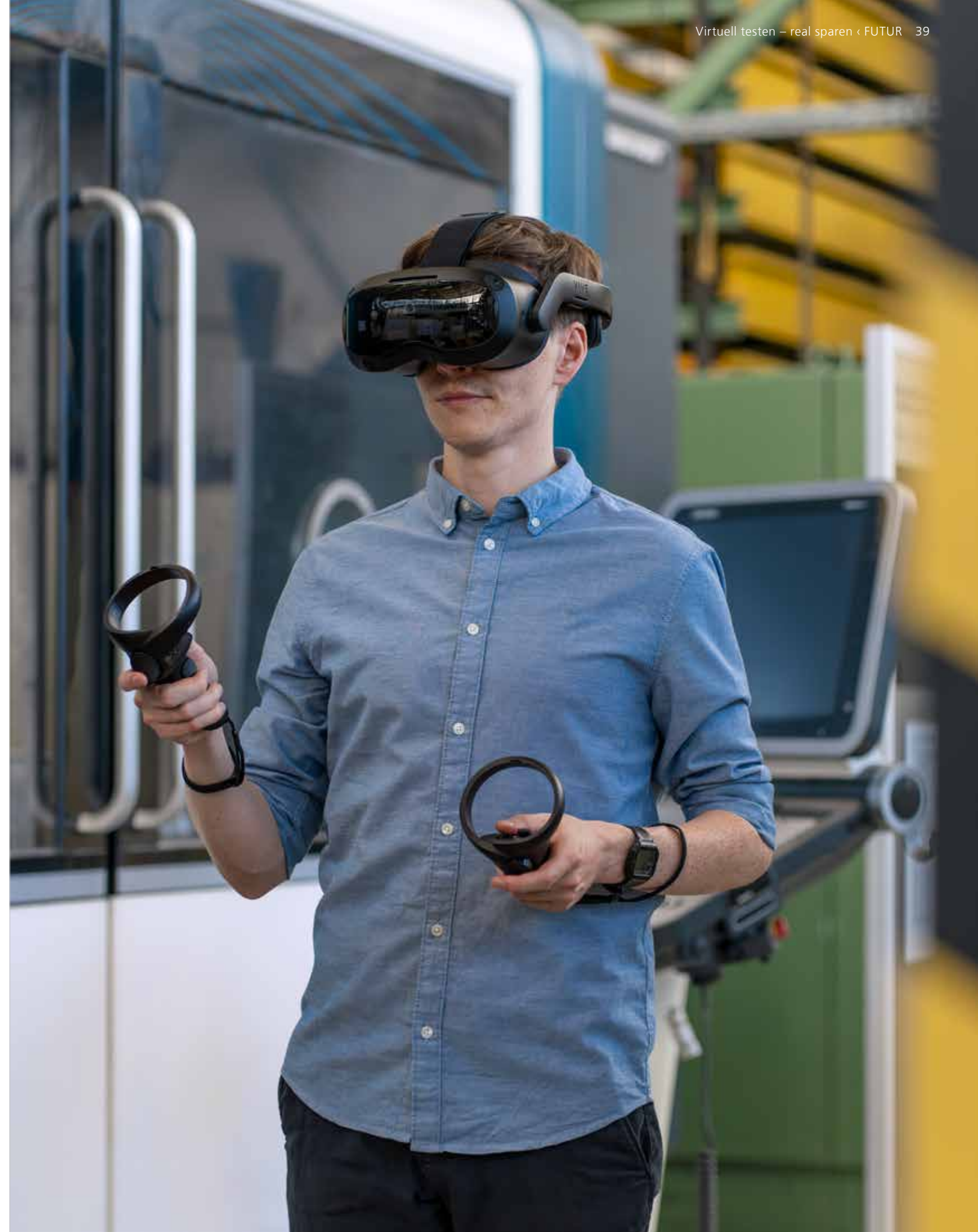
#### REALE BAUTEILE IN VIRTUELLER UMGEBUNG

Das Fraunhofer IPK bereitet enVAR bereits auf weitere Aufgaben vor. Denkbar sind beispielsweise virtuelle Kollisionstests in der Fahrzeugentwicklung, Ergonomieprüfungen im Prototypenbau und Sichtkontrollen. Darüber hinaus kann die Fraunhofer-Software perspektivisch durch die Anbindung einer Augmented-Reality-Applikation profitieren, da die bereits in VR erprobten Nutzerinteraktionen und PLM-Schnittstellen in diese integriert werden können. Das bedeutet beispielsweise: Entwicklungsteams werden in die Lage versetzt, in der virtuellen Umgebung mit realen Bauteilen zu hantieren. ♦

#### IHRE ANSPRECHPERSONEN

**Kathrin Konkol** | +49 30 39006-382  
kathrin.konkol@ipk.fraunhofer.de

**Erik Freydank** | +49 30 39006-108  
erik.freydank@ipk.fraunhofer.de





# Weiternutzen statt entsorgen

**Kreislaufwirtschaft: Durch effektives Rücknahmemanagement und Wiederverwertung können Unternehmen nicht nur Materialkosten sparen, sondern auch ihren ökologischen Fußabdruck verkleinern.**

Jedes Jahr landen in Deutschland 11 Millionen Tonnen Lebensmittel im Müll: zu viel gekaufte Joghurts, die achtlos im Kühlschrank verschimmeln, oder noch genießbares Obst, das kistenweise von Supermärkten entsorgt wird, weil das Haltbarkeitsdatum abgelaufen ist. Auch bei anderen Produkten geht die Wegwerfgesellschaft verschwenderisch mit Ressourcen um. Kleidung, die noch gut erhalten ist und kaum getragen wurde, wird weggeworfen, weil die nächste Billigmode schon im Schaufenster steht. Auch die Wirtschaft produziert jede Menge Abfall: Verpackungen, Metalle, Altgeräte. Statt repariert zu werden, landen unter anderem defekte IT-Geräte häufig im Container – samt wertvoller Rohstoffe wie Kupfer oder Kobalt.

Obwohl die Folgen dieses unbedachten Umgangs mit Ressourcen hinlänglich bekannt sind, verfolgen die derzeitigen Produktions- und Konsumgewohnheiten weiterhin die Logik der Linear- beziehungsweise Wegwerfwirtschaft – es wird produziert, konsumiert und deponiert oder verbrannt. Dabei ist zu bedenken: Die Förderung und Verarbeitung natürlich vorkommender Ressourcen verursacht 50 Prozent der Treibhausgasemissionen und bis zu 90 Prozent des Biodiversitätsverlusts sowie Wasserstress. Eine Abkehr von dieser Wirtschaftsweise birgt daher das große Potenzial, das Wirtschaftswachstum vom Ressourcenverbrauch zu entkoppeln und somit eine nachhaltige Zukunft zu ermöglichen.

## KREISLAUFWIRTSCHAFT ALS CHANCE

Einen Ausweg bietet die sogenannte Kreislaufwirtschaft, englisch Circular Economy. Die Idee: Produkte und Geschäftsprozesse werden in Kreisläufen organisiert. Wie das konkret in der Praxis aussieht, zeigt eins der Teilprojekte des Forschungsprojekts »BioFusion 4.0«. Dort wird mithilfe von 3D-Druck eine Orthese als Montagehilfe gefertigt, die am Lebenszyklusende wieder biologisch abbaubar ist. Der Clou: Als Grundstoff dienen alte Speisefette. Kostbare Ressourcen, die sonst auf Deponien gelandet und verbrannt worden wären, werden so dem wirtschaftlichen Kreislauf wieder zurückgeführt. Die Circular Economy eröffnet somit eine Chance, unsere Wirtschaftsweise neu zu denken und einen

wegweisenden Ansatz für wirtschaftliches Handeln einzuschlagen, der den Schutz von Klima, Umwelt und Artenvielfalt fördert.

Gleichwohl: Insbesondere im Mittelstand fehlen häufig die finanziellen, zeitlichen und vor allem personellen Ressourcen, um die Prinzipien der Circular Economy nicht nur auf technologischer Ebene, sondern auch aus ganzheitlicher, systemischer Perspektive auf Unternehmensebene umzusetzen. Wie aber kann ein Unternehmen sein Geschäftsmodell zirkulär gestalten?

## GESCHÄFTSMODELLE BETRACHTEN

An dieser Stelle bietet das Fraunhofer IPK Unterstützung an. Ein zentraler Teil des Projekts »BioFusion 4.0« besteht darin, Geschäftsmodelle für die biologische Transformation zu entwickeln – dieser Aspekt bildet ein gedankliches Verbindungsnetz über alle Teilprojekte von BioFusion 4.0 hinweg. Dabei wird unter anderem ein allgemeines Vorgehensmodell, inklusive Maßnahmenplan für die nachhaltige und kreislauffähige Transformation von bestehenden Geschäftsmodellen erprobt.

Dieses Vorgehensmodell bildet die Basis, um im jeweiligen Unternehmenskontext geeignete, zirkuläre Geschäftsmodellmuster für die Stärkung der Kreislaufwirtschaft zu identifizieren. Im Gegensatz zum sehr spezifischen Geschäftsmodell eines einzelnen Unternehmens handelt es sich bei Geschäftsmodellmustern um allgemeine Instrumente, die sich durch geschickte Anpassung in jeder Organisation anwenden lassen. Beispiele wären hier das Rücknahmemanagement oder die Herstellung langlebiger und reparaturfähiger Produkte. Geschäftsmodellmuster können also in das individuelle Geschäftsmodell eines Unternehmens integriert werden.

Am Anfang der Begleitung wird zunächst gemeinsam das aktuelle Geschäftsmodell erarbeitet: Was ist das Wertangebot – ein physisches Produkt oder eine Dienst-

leistung? Was braucht das Unternehmen dafür – welche Ressourcen, Prozesse, Partner und Zulieferer? An wen richtet sich das Angebot – welche Kundensegmente, Kundenbeziehungen oder Wettbewerber existieren? Welche Einnahmequellen gibt es? Wie sieht die Kostenstruktur aus?

Im zweiten Schritt werden mittels spezifischer Fragen die Potenziale zur zirkulären Weiterentwicklung des Geschäftsmodells ausgelotet. So lassen sich beispielsweise im produzierenden Gewerbe durch ein effektives Rücknahmemanagement Materialkosten sparen und Abhängigkeiten von hohen Rohstoffpreisen auf den Weltmärkten reduzieren. Diese Potenziale bilden das Fundament für die abschließende Auswahl von Maßnahmen zur Stärkung der Kreislaufwirtschaft in dem teilnehmenden Unternehmen.

## ZIRKULARITÄT SYSTEMISCH DENKEN

Als Werkzeug zur Ausweitung der Kreislaufwirtschaft in Unternehmen dient ein von Fachleuten des Fraunhofer IPK entwickelter Geschäftsmodellmusterkatalog – eine Sammlung bewährter Geschäftsmodellmuster und Instrumente zur Analyse und Gestaltung des Geschäftsmodells anhand der Kreislaufprinzipien:

- Rethink (umdenken)
- Reduce (reduzieren)
- Reuse (wiederverwerten)
- Repair (reparieren)
- Refurbish (überholen/auffrischen)
- Remanufacture (wiederaufarbeiten)
- Repurpose (umnutzen/weiterverwenden)
- Recycle (recyclen)
- Recover (rückgewinnen)

Anhand dieser sogenannten R-Strategien werden im letzten Schritt der Begleitung geeignete zirkuläre Geschäftsmodellmuster aus dem Katalog gewählt, die an einem spezifischen Punkt in der Wertschöpfungskette implementiert werden: Die Reparaturfähigkeit beispielsweise muss schon am Anfang im Designprozess berücksichtigt werden.

**Bild:**  
Beispiel für Kreislaufkonzepte: Wiederaufbereitung verlängert den Lebenszyklus von Altteilen  
© Circular Economy Solutions GmbH

**Weitere Informationen**  
[www.ipk.fraunhofer.de/biofusion40](http://www.ipk.fraunhofer.de/biofusion40)



Dieses Forschungs- und Entwicklungsprojekt wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) innerhalb des Rahmenkonzepts »Forschung für die Produktion von morgen« gefördert und vom Projektträger Forschungszentrum Karlsruhe, Bereich Produktion und Fertigungstechnologien (PTKA-PFT), betreut.

GEFÖRDERT VOM



Der Musterkatalog hilft Unternehmen, zirkulärer zu werden – und leistet damit einen wertvollen Beitrag für die Bestrebungen Deutschlands, die inländische Wirtschaft zur Circular Economy zu transformieren und den Wandel zu nachhaltigen Produkten sowie Dienstleistungen zu vollziehen. Dank der Methodik des Fraunhofer IPK haben auch kleine und mittlere Unternehmen die Möglichkeit, diese Transformation auf Geschäftsmodellebene zu gestalten – und am Ende ressourcenschonender zu wirtschaften. ♦

IHRE ANSPRECHPERSON

**Benjamin Gellert** | +49 30 39006-397  
[benjamin.gellert@ipk.fraunhofer.de](mailto:benjamin.gellert@ipk.fraunhofer.de)

## Smart recyceln dank Software

**Je komplexer ein Produkt, desto anspruchsvoller die Wiederverwertung der Komponenten. Der CE-Assistent des Fraunhofer IPK findet die jeweils optimale Strategie.**

Schon während der Entwicklung speichern die Hersteller beispielsweise Informationen darüber, woraus sich ein Gegenstand zusammensetzt, woher die Rohstoffe stammen, welche Stückzahl geplant ist und welche Recyclingquoten angestrebt werden. Auf diese Weise entsteht ein virtuelles Abbild des realen Produkts, ein Digitaler Zwilling, der den Soll-Zustand 1:1 widerspiegelt. Außerdem erhält jedes einzelne Exemplar einer Produktlinie eine Identifikationsnummer. Die Daten werden somit instanzspezifisch und der CE-Assistent kann sie am End of Life (EoL) zweifelsfrei zuordnen.

### »LEBENSGESCHICHTE« IM DIGITALEN SCHATTEN

Genau wie menschliche eineiige Zwillinge entwickeln sich der Digitale Zwilling und das reale Produkt allerdings im Laufe ihres Lebens auseinander. Ein ausgemusterter Gebrauchtwagen beispielsweise enthält nach zahlreichen Reparaturen sehr wahrscheinlich nicht mehr nur Originalteile. Zudem altern Komponenten unterschiedlich schnell, abhängig von der Nutzung und den äußeren Bedingungen. Das macht viele Produkte am EoL für den verwertenden Betrieb zur Black Box. Die Lösung besteht darin, den Digitalen Zwilling um einen Digitalen Schatten zu ergänzen. Darunter fallen alle Veränderungen, die dem Produkt in den Händen der Nutzerin oder des Nutzers widerfahren. Zu diesem Zweck muss der CE-Assistent beispielsweise auf Informationen möglichst aller Hersteller zurückgreifen können, die Ersatzteile liefern könnten. Das klingt ehrgeizig. Dank Catena-X wird ein solch umfassender »Produkt-Reisepass« aber bereits zur Realität – vorerst für die automobilen Wertschöpfungskette.

### KRITERIEN FÜR DEN SOFTWARE-STANDARD

Damit der CE-Assistent die Kreislaufwirtschaft unterstützt wie gewünscht, haben die Forschenden des Fraunhofer IPK bestimmte Kriterien integriert. Die Empfehlung, Komponenten wiederzuverwenden,

Lithium, Kupfer, seltene Erden – um Rohstoffe wie diese herrscht ein harter globaler Wettbewerb, in dem Industrieunternehmen fieberhaft nach resilienten Lieferketten streben. Dazu gehört auch die Wiedergewinnung von Materialien aus Produkten, die ausgedient haben. Eine der Herausforderungen dabei: Zu zahlreichen Komponenten fehlen die wesentlichen Informationen. Welche Rohstoffe sind in welcher Menge enthalten? Welche Arbeitsschritte sind notwendig, um sie voneinander zu trennen? Was kann wiedergewonnen, was muss sachgerecht entsorgt werden? Welche Maschinen sind erforderlich und wo stehen sie bereit? Im Rahmen des Projekts »Catena-X« entwickelt das Fraunhofer IPK gemeinsam mit Partnern eine Software, die Antworten auf all diese Fragen zulässt. Sie trägt den Namen CE-Assistent (CE = Circular Economy, Kreislaufwirtschaft) und wird Verwertern helfen, die jeweils geeignete Strategie zu definieren.

### DIGITALER ZWILLING SPEICHERT PRODUKT-DNA

Die Basis dafür sind Daten, die über den gesamten Lebenszyklus eines Produkts erhoben werden. Das bedeutet zunächst:

aufzubereiten, zu recyceln oder zu entsorgen, leitet sich unter anderem daraus ab, welche Gesetze und Bestimmungen gelten, ob es Schadstoffe zu berücksichtigen gilt und ob die Bauteile grundsätzlich kreislauffähig sind. Sicherheitsrelevante Komponenten wie Airbags dürfen beispielsweise nicht wiederverwendet werden. Außerdem berücksichtigt der CE-Assistent den Kilometerstand, die Funktionstüchtigkeit und die mutmaßliche Restlebensdauer. Eine weitere Grundlage für die Kreislaufstrategie, die der CE-Assistent empfiehlt, sind die zu erwartenden Umweltauswirkungen gemäß ISO-Norm 14044. Und nicht zuletzt berechnet die Software unter anderem den potenziellen Beitrag einer jeden CE-Strategie zum CO<sub>2</sub>-Fußabdruck. Der Assistent wird also beispielsweise ermitteln, ob ein Bauteil tatsächlich noch aufbereitet werden sollte. Unter Umständen könnte es für den Klimaschutz besser sein, ein baugleiches Ersatzteil herzustellen, als die Komponente in einen Spezialbetrieb zu transportieren.

Weitere Informationen zu Catena-X erhalten Sie unter [www.ipk.fraunhofer.de/catena-x](http://www.ipk.fraunhofer.de/catena-x)



© LRP Autorecycling Leipzig

### ZUSAMMENARBEITEN UND LERNEN

Die standardisierte Logik, der die Software folgt, macht Entscheidungsprozesse reproduzierbar. Der Vorteil besteht darin, sie auf Produkte anderer Unternehmen übertragen zu können. Zu diesem Zweck übermittelt der CE-Assistent seine Ergebnisse, Empfehlungen und Rechenwege an Catena-X. Darüber hinaus können die Partnerunternehmen aus den Erfahrungen lernen, die der CE-Assistent teilt. Angenommen, am EoL eines Fahrzeugs stellt sich heraus, dass sich Steckverbindungen schwer lösen lassen. Dann können die Hersteller ihre Zulieferer beauftragen, das Design zu optimieren. Durch dieses Feedback-to-Design wird die neue Produktgeneration langlebiger, reparaturfreundlicher und kreislauffähiger. Das reduziert den Bedarf an Primärmaterialien und trägt zur Nachhaltigkeit bei. ♦

### IHRE ANSPRECHPERSON

**Janine Mügge** | +49 30 39006-299  
janine.muegge@ipk.fraunhofer.de

### CATENA-X

Die Wertschöpfung rund um Fahrzeuge soll nachhaltiger und klimafreundlicher werden – mit diesem Ziel haben sich 28 namhafte Forschungsinstitutionen, Fahrzeughersteller, Zulieferer und weitere Unternehmen unter dem Dach von Catena-X zu einem Entwicklungskonsortium zusammengeschlossen. Catena-X wird es ermöglichen, Daten entlang der automobilen Wertschöpfungskette unternehmensübergreifend auszutauschen. Dabei behalten die Beteiligten die volle Kontrolle über ihre Daten und entscheiden, wer zu welchem Zeitpunkt zugreifen kann. Zum Konsortium zählen neben der Fraunhofer-Gesellschaft beispielsweise Siemens, Bosch, BASF und Henkel. Für den CE-Assistenten, der im Rahmen von Catena-X entwickelt wird, kooperiert das Fraunhofer IPK mit LRP Autorecycling Leipzig, BMW, SAP und tec4U. In Zukunft wollen die Forschenden die Software für weitere Branche öffnen.

# Nachhaltig gefertigte Giganten

**Zero-Defect Manufacturing ist ein Schlüssel für nachhaltiges Wirtschaften. Lebenszyklusanalysen von GreenDelta unterstützen Unternehmen dabei – auch bei so gewaltigen Produkten wie Schiffsmotoren.**

Ein Gastbeitrag von Dr.-Ing. Friedrich Halstenberg, GreenDelta GmbH

Die Umstellung der Industrie auf ein nachhaltiges Wirtschaften erfordert weitreichende systemische Veränderungen in Organisationen, Produkten und Dienstleistungen. Um diese Veränderungen zu steuern, müssen die relevanten Indikatoren und Wirkungskategorien systematisch auf der Grundlage der verfügbaren Informationen bewertet werden. Hier hilft die Lebenszyklusanalyse (LCA), die auch als Umwelt- oder Ökobilanz bekannt ist. Dabei handelt es sich um eine bewährte datenbasierte Methode zur Quantifizierung von Umweltauswirkungen.

Bei GreenDelta haben wir die Open-Source-LCA-Software openLCA entwickelt. Sie wird weltweit von Unternehmen, Universitäten und Regierungseinrichtungen genutzt, um schnell und effizient diverse Nachhaltigkeitsindikatoren zu errechnen, beispielsweise Product Environmental Footprints (PEFs) und CO<sub>2</sub>-Fußabdrücke oder Environmental Product Declarations (EPDs). Während wir openLCA kostenfrei zur Verfügung stellen, führen wir diverse Beratungs- und Softwareentwicklungsprojekte mit Unternehmen und öffentlichen Einrichtungen durch, schulen Anwendende und sind in verschiedenen Forschungsprojekten aktiv.

Eine dieser Forschungsaktivitäten ist das EU-geförderte Konsortialprojekt ENGINE (Zero-Defect Manufacturing for Green Transition in Europe). Darin entwickeln wir ein System, mit dem Metallerzeugnisse

**Kombiniert man Lebenszyklusanalysen mit System-Dynamics-Modellen, können die Folgen von Entscheidungen über einen definierten Zeitraum hinweg aufgezeigt werden.**



**Dr.-Ing. Friedrich Halstenberg**

promovierte an der TU Berlin zum Thema »Entwicklung zirkulärer Systeme«. Zuvor war er wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer IPK und am IWF der TU Berlin, wo er sich auf Produktlebenszyklusmanagement (PLM) und die Entwicklung nachhaltiger Produkte und Dienstleistungen konzentrierte. Bei GreenDelta arbeitet Dr. Halstenberg in Forschungs- und Beratungsprojekten mit den Schwerpunkten LCA, Circular Economy und Produktentwicklung. Er betreut Kunden in den Branchen Maschinenbau, Schiffsantriebe, Plastikrecycling und in der Bauwirtschaft.

entworfen und defektarm hergestellt werden können. Die Anwendung wird in der Lieferkette von Schiffsmotoren demonstriert. Der Projektbeitrag von GreenDelta besteht darin, auf Basis von openLCA den Einfluss der Zuverlässigkeit in Produktion und Betrieb auf die Nachhaltigkeit dieser Produkte zu bewerten. Wir befassen uns insbesondere mit der Herausforderung unvollständiger und unsicherer Daten, beispielsweise in frühen Phasen des Systementwurfs. Klassische LCA-Methoden und Werkzeuge stoßen hier an Grenzen, weil sie auf eine hohe Datenqualität angewiesen sind. Dieses Problem adressieren wir mit einer Kombination von LCA und System-Dynamics (SD)-Modellen.

SD ist ein Ansatz zum Verständnis des nichtlinearen Verhaltens komplexer Systeme im Zeitverlauf. Dabei werden Datenelemente wie Bestände, Flüsse, interne Rückkopplungsschleifen, Tabellenfunktionen und Zeitverzögerungen genutzt, um Wirkungsketten zu simulieren. So werden die Folgen von Entscheidungen über einen definierten Zeitraum hinweg aufgezeigt. Im Idealfall wird das Verhalten eines Systems deutlich, während nur Ursache und Wirkung modelliert werden. Typischerweise wird die Struktur des Modells in einer Benutzeroberfläche dargestellt. Während LCA-Modelle die Erhebung präziser Daten erfordern, was zeitaufwändig und

weitgehend von der Verfügbarkeit von Informationen abhängig ist, können SD-Modelle schneller erstellt werden, wobei der Schwerpunkt auf den wesentlichen Daten liegt.

Zusammen mit 16 weiteren Projektpartnern integrieren wir diese Modelle mit weitreichenden Materialsimulationsmodellen in eine Entwicklungsmethodik, die auf Modellbasiertem Systems Engineering (MBSE) basiert. So sollen die Modelle untereinander verknüpft und aus diversen Datenquellen nützliche Informationen destilliert werden. Das Gesamtergebnis unterstützt Hersteller von Metallwaren bei der Entwicklung nachhaltigerer und zugleich wettbewerbsfähigerer Produkte. ♦



## Datenauswahl im Fokus

**Mit Daten aus Fertigungsprozessen lässt sich die Prozessqualität bewerten. Dazu reicht oft ein Bruchteil der verfügbaren Daten – doch es müssen die richtigen sein.**



Wenn es im Bauraum ungewöhnlich stark qualmt, ist wahrscheinlich mit dem Prozess etwas nicht in Ordnung. Das klingt simpel und logisch. Wenn solche Aussagen zur Prozessqualität aber im Rahmen eines automatisierten Monitorings getroffen werden sollen, stellt sich die Frage: Mit welchen Daten kann man die Prozessgüte geeignet beziffern? Wie unterscheidet man »normal« von »geht noch« und »nicht tolerabel«?

Prozessdaten sind in der Produktionswelt zu einem wertvollen Gut geworden. Wer sie korrekt zu interpretieren versteht, gewinnt vertiefende Einblicke in Prozesse und kann fundiertere Entscheidungen treffen. Trotz des enormen Potenzials steckt die Nutzung von Prozessdaten aber noch in den Kinderschuhen – denn Daten effektiv zu erfassen, zu analysieren und zu interpretieren ist nach wie vor eine Herausforderung. Für die Umsetzung datengetriebener Strategien ist vor allem die richtige Balance zwischen dem Nutzen und dem investierten Aufwand ein Schlüssel zum Erfolg.

Ein aktuelles Forschungsprojekt am Fraunhofer IPK befasst sich mit der Bewertung

der Prozessgüte beim pulverbettbasierten Laserstrahlschmelzen, bekannt als PBF-LB/M. Prozessabweichungen wie zum Beispiel Schwankungen im Energieeintrag sollen mittels Sensorik erkannt werden. Dabei stellt bereits die Auswahl geeigneter Ausgangsdaten eine zentrale Aufgabe dar.

### EIN KLARES ZIEL VOR AUGEN

Wenn Daten einen Mehrwert für Analysen, Prognosen, Optimierungen oder andere geschäftliche Ziele bieten sollen, muss jede Aktivität im Smart-Data-Bereich mit der Frage beginnen: Was genau will ich eigentlich? Und mit welchen Daten erreiche ich dieses Ziel? Dieser Schritt mag trivial wirken, doch allzu oft scheitern Smart-Data-Aktivitäten schon daran, dass die Datenbasis zu groß gewählt wird. Eine gezielte Auswahl minimiert nicht nur die Datenmenge, die verwaltet und verarbeitet werden muss, sondern erleichtert zum Beispiel auch die Einhaltung von Datenschutzbestimmungen. Unternehmen können sich auf die Qualität der erfassten Daten konzentrieren, um fundierte Entscheidungen zu treffen, ohne von unwichtigen oder redundanten Informationen überfordert zu werden.

Zu Beginn gilt es daher, den Anwendungsfall genau zu beschreiben und nur die dafür notwendigen Informationen zu identifizieren. Im genannten Projekt soll die Prozessgüte auf Basis des beim PBF-LB/M auftretenden Schweißrauchs bewertet werden. Für die Rauchererkennung bieten sich verschiedenste Wege an. Optische Detektoren eignen sich ebenso wie Laser-Rauchmelder. Aber auch thermische Verfahren mit Wärmemeldern oder chemische Detektion sind interessante Optionen.

### WAS KANN DIE ANLAGE VON HAUSE AUS?

Immer mehr Anlagenhersteller rüsten ihre Maschinen ab Werk mit umfangreicher Sensorik und Monitoringsystemen aus. Die ersten Überlegungen sollten sich daher immer auf die Maschinenausstattung richten: Welche Prozessdaten stellt die Fertigungsmaschine von sich aus bereit? Informationen können beispielsweise aus eingebauter Sensorik, aus Steuerungssystemen, aus den Leistungsdaten der Maschine oder auch über die Prozessparameter und -einstellungen gewonnen werden – wobei selbstverständlich wiederum nur die Datenquellen

betrachtet werden sollten, die für den Anwendungsfall relevant sind.

Im Fraunhofer IPK-Projekt offenbarte eine ausführliche Analyse der Fertigungsmaschine ein integriertes Monitoringsystem, das mittels Fotodioden die Prozessemissionen in verschiedensten Wellenlängenbereichen aufnimmt. Die Intention des Anlagenherstellers hinter diesem System ist zwar die Analyse der im Schmelzbad auftretenden Emissionen. Jedoch können die Informationen auch zur Identifikation der vom Schweiß-

rauch emittierten Strahlung verwendet werden. Dieses System dient als erste Datenquelle zur Beschreibung des Schweißrauchverhaltens.

### SINNVOLLE ERGÄNZUNGEN

Aus der Maschine oder der vorhandenen Peripherie können keine weiteren Informationen gewonnen werden. Daher soll zusätzliche Sensorik die Aussagefähigkeit der Analyse unterstützen. Entsprechende Lösungen müssen immer anlagenspezifisch gewählt werden, dürfen den Fertigungspro-

zess nicht beeinflussen und sollen möglichst kostengünstig im Betrieb sein. Bei der PBF-LB/M-Fertigung ist beispielsweise das Thema Zugänglichkeit eine Herausforderung, da keine Messgeräte direkt im Bauraum angebracht werden können. Abhilfe schaffen Systeme, die außerhalb der Anlage positioniert werden.

Für eine bildbasierte Analyse des Schweißrauchs ist heutzutage keine Spezialtechnik mehr erforderlich. Technologische Fortschritte im Bereich derameratechnik und Bildverarbeitung sorgen mittlerweile dafür, dass handelsübliche Kameras als Sensorik ausreichen. Digitalkameras können zudem außerhalb der Anlage, vor deren Sichtfenster platziert werden. Trotzdem können sie den sichtbaren Schweißrauch auf geeignete Weise erfassen.

Zusätzlich wird in Anlehnung an die Aufnahme der Prozessemissionen durch Fotodioden eine auf Fotodioden basierende Lichtschranke in die Anlage integriert. Das Messsystem wird in den Abluftkanal der Anlage eingebaut. Passieren Rauchpartikel die Lichtschranke, kann ein Intensitätsabfall angenommen werden.

In Summe existieren damit drei verschiedene Datenquellen, auf deren Basis sich das Prozessverhalten anhand des auftretenden Schweißrauchs charakterisieren lässt: Strahlungsmessung, Kamera und Lichtschranke. Die smarte Nutzung dieser Prozessdaten als Monitoring-System führt zu einer signifikanten Verbesserung des Fertigungsprozesses. Ähnliche Lösungen sind für jeden anderen Fertigungsprozess denkbar – ausgehend von einer klaren Definition des Anwendungsfalls. ♦

## Versuchsaufbau für kamerabasierte Inspektion



Sichtfenster

LED-Strahler

Kamera auf einem Stativ

IHRE ANSPRECHPERSON

**Manuel Bösing** | +49 30 39006-186  
manuel.boesing@ipk.fraunhofer.de



# Qualität vor Quantität

**Big Data gilt als Maß der Dinge, wenn es um KI geht. Doch hochwertige Datensätze führen zu besseren Erkenntnissen als schiere Datenmengen.**

Künstliche Intelligenz ernährt sich von Daten und besonders Neuronale Netze sind nimmersatt. Wenn man sie nur ausreichend füttert, erhält man am Ende auch das gewünschte Ergebnis. Oder nicht? Mittlerweile machen immer öfter Begriffe wie »Small Data«, »Little Data« oder »Smart Data« die Runde. Dahinter verbirgt sich zwar keine feste Definition, doch der gemeinsame Ansatz, Machine-Learning-Modelle auch mit kleinen Datenmengen und kurzen Trainingszeiten zu brauchbaren Erkenntnissen zu führen. Denn damit ein KI-System »intelligent« wird, braucht es nicht zwingend reichlich, sondern vor allem hochwertige Datennahrung. Salopp gesagt: Der ausgefeilteste Algorithmus bringt nichts, wenn die Datenqualität schlecht ist.

Hauptgrund für das Umdenken ist der rasant wachsende Energiehunger der KI-Modelle. Zwar sind Neuronale Netze und Deep Learning stets rechenintensiv, doch ihr Stromverbrauch hängt stark von der Menge und Qualität der Daten ab. Neue Forschungsansätze, unter anderem der sogenannten Green AI, beschäftigen sich daher vermehrt mit Methoden zur Verbesserung der Datenqualität und der Balance zwischen Genauigkeit und (Energie-)Effizienz der Modelle. Diese Entwicklungen kommen nicht nur der Umwelt zugute, sondern auch Unternehmen, die nur wenig Trainingsdaten zur Verfügung haben und diese dennoch gewinnbringend nutzen möchten.

## ORIENTIERUNG IM DATENDSCHUNDEL

Doch was genau zeichnet hochwertige Trainingsdaten aus? Datenqualität wird von zahlreichen Faktoren beeinflusst, hängt aber entscheidend von der Erfassungsmethode ab: Für die Gewinnung hochwertiger Daten ist ein akkurater Aufnahmeprozess unerlässlich.

Im nächsten Schritt muss dann in den so gewonnenen, noch unsortierten Daten die Teilmenge gefunden werden, die das Zeug zu erstklassigen Trainingsdaten hat, sprich exakt die Informationen enthält, die die KI zum Lernen braucht. Die große Kunst besteht darin, aus einer Datenmenge genau diese Informationsmerkmale und -muster im genau richtigen Mengenverhältnis herauszufiltern.

## ALTEIL-IDENTIFIZIERUNG PER KI

Mit dieser Herausforderung haben sich Forschende des Fraunhofer IPK im Projekt »EIBA« beschäftigt. Dabei wurde gemeinsam mit Technologiepartnern ein KI-basiertes Assistenzsystem entwickelt, das alte Kfz-Bauteile identifiziert und ihren Zustand bewertet – ganz ohne QR- oder Barcodes. Der Hintergrund: Zahlreiche (Industrie-)Alteile landen jährlich zum Recycling auf dem Schrottplatz. Ökologisch und ökonomisch sinnvoller wäre das sogenannte Remanufacturing, bei dem das verschlissene Bauteil wieder an seinen Neuzustand angeglichen wird. Voraussetzung hierfür ist jedoch, dass das Produkt eindeutig identifiziert wird – und das ist mühsam, wenn es verschmutzt, verrostet oder überlackiert ist und sich viele Produkte ohnehin nur geringfügig unterscheiden. Durch das neue Assistenzsystem werden die Mitarbeitenden bei der schwierigen Alteil-Beurteilung deutlich entlastet.

## SCHNELLSTART MIT WENIG DATEN

Aufgabe des Fraunhofer IPK-Teams war es, neuronale Netze und spezielle Algorithmen für das Maschinelle Sehen der Alteile zu trainieren. Bei der Datenerfassung wählten die Forschenden einen multimodalen Ansatz, der bewusst auf mehrere Datenquellen zugreift. Denn ein einzelnes Bild ist für die KI oft nicht ausreichend,

**Bilder:**  
Das EIBA-Assistenzsystem zur Identifizierung von Alteilen ist multisensorisch: Der Sortierarbeitsplatz verfügt über mehrere Kameras sowie eine Waage.



um ein Objekt eindeutig zu identifizieren. Im menschlichen Vergleich dazu greifen wir das Objekt auf, betrachten es aus verschiedenen Blickwinkeln, suchen nach charakteristischen Merkmalen und beziehen weitere Informationen ein, die unabhängig von Farbe und Form sind. Inspiriert von dieser multisensorischen menschlichen Wahrnehmung umfasst die am Fraunhofer IPK entwickelte Lösung Stereokameras und eine Waage, um das Gewicht und optische Eigenschaften in 2D und 3D zu erfassen. Zudem werden auch bereits aus den Logistik- und Dokumentationsprozessen vorhandene Geschäfts- und Lieferdaten miteinbezogen.

Da es gerade für kleinere Firmen aufwendig und teuer ist, im Vorfeld große Datenbestände zu generieren – das heißt, sämtliche Alteile bildhaft zu erfassen – wurde die Datenerhebung durch fest installierte Kameras am Arbeitsplatz in den laufenden Betrieb des Anwendungspartners C-ECO, eines Dienstleisters für die Kreis-

laufwirtschaft, integriert. Auf diese Weise kamen in einem ersten Proof-of-Concept rund 200 000 Bilddaten zusammen. Trainingsdaten hatte die KI folglich mehr als genug – aber genügte das, um effektive Ergebnisse zu erzielen? Womit die Forschenden nicht gerechnet hatten, war die häufig schlechte Qualität der Bilddaten. Auf vielen Aufnahmen waren Hände, Kaffeetassen oder andere Utensilien im Bild, war das Bauteil abgeschnitten, verschattet oder nur der leere Arbeitstisch zu sehen.

Ein erheblicher Teil der Daten erwies sich nicht nur als unbrauchbar für das Training, sondern schadete ihm sogar. Denn der Algorithmus versuchte zu lernen, Objekte auf Bildern zu erkennen – obwohl diese Objekte zum Teil verdeckt waren, mit einem unordentlichen Hintergrund verschmolzen oder ganz fehlten. Dadurch wurden Korrelationen in den Daten erfasst, die keinen Sinn ergaben, zugleich konnten wichtige Klassen oder Muster nicht ausreichend gelernt werden.

#### BEVOR ES LOSGEHT: DATEN AUFRÄUMEN!

Um die neuen Herausforderungen zu meistern, vollzogen die Forschenden einen grundlegenden Paradigmenwechsel. Sie verwarfen das Prinzip »mehr Daten liefern bessere Ergebnisse« und ersetzten es durch »die sinnvolle Anordnung von Daten liefert bessere Ergebnisse«. Doch jedes Bild per Hand pixelgenau zu korrigieren, wäre ein enormer Aufwand. Die Datenexperten des Fraunhofer IPK entwickelten deshalb eine Methode, die wiederum KI und Statistik nutzt, um die Bildqualität zu bewerten. Dadurch ist es ihnen gelungen, die Flut an Bildern hinsichtlich ihrer Eignung für den Trainingsprozess automatisch vorzusortieren.

Konkret bedeutete das, dass die Datensätze gesäubert – also von falschen, doppelten, unwichtigen, ungenauen oder unvollständigen Werten befreit – und in eine statistisch repräsentative Verteilung gebracht wurden. Ein Datensatz mit einer hohen Informationsdiversität



**Bilder:**  
Für die KI-basierte Bildverarbeitung gibt es viele mögliche industrielle Anwendungsfälle



#### PROJEKTERFOLGE IN ZAHLEN

**Um 60 % konnte die KI-Trainingsdatenmenge reduziert werden.**

**Über 98 % aller Altteile konnte das KI-Assistenzsystem richtig identifizieren.**

**Pro richtig sortiertem und anschließend instandgesetztem Bauteil werden 8,8 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalente eingespart.**

entsteht, wenn alle Datenklassen enthalten sind und zugleich jede Klasse bestmöglich repräsentiert ist. Die Schwierigkeit liegt darin, die richtige Balance zwischen Datenreduktion und Informationsgewinnung zu finden: Denn werden zu viele Daten herausgefiltert, leidet wiederum die Performance der KI.

#### KI-DATENDETEKTIVE: AUFSPÜREN VON FEHLERN

Ein Verfahren, mit dem ein großer Datensatz organisiert und in Klassen eingeteilt werden kann, ohne, dass diese Klassen vorher bekannt sind, ist das Clustering. Es stellt eine Form des unüberwachten Maschinellen Lernens dar, bei dem nicht gekennzeichnete Daten allein aufgrund ihrer »räumlichen Ähnlichkeit« gruppiert werden: Die Zuordnung hängt davon ab, wie weit ein Datenpunkt von einem sogenannten Cluster-Zentrum entfernt ist. Mit dieser Technik gelang es den Forschenden, Gruppen mit gleichen und ähnlichen visuellen Mustern zu bilden. Dadurch konnten sie »Ausreißer« sowie Daten mit redundantem Informationsgehalt erkennen und aus dem Datensatz entfernen.

#### KLEINE MENGE – GROSSE WIRKUNG

Durch die entwickelte Methode der automatisierten Datenvorverarbeitung gelang es dem Forscherteam, die relevantesten Bilddaten zu isolieren und die Trainings-

datenmenge um 60 Prozent zu reduzieren. Dies führte nicht nur zu deutlich genaueren Vorhersagen der KI-Assistenz – bei Leistungstests wurden über 98 Prozent der Kfz-Altteile richtig identifiziert, sondern reduziert auch den Energieverbrauch: In den vorsortierten Daten kann der Algorithmus schneller Muster erkennen, da er weniger Zeit für die Analyse irrelevanter Informationen aufbringt. Dadurch sinken Trainingsaufwand und Rechenleistung.

Zu guter Letzt: im Mittelpunkt steht stets der Mensch, der das Assistenzsystem nutzt. Je präziser es arbeitet, desto motivierter ist er, es mit neuen Daten zu füttern. Durch die kontinuierliche Digitalisierung und gleichzeitige Nutzung und Bewertung der Daten entsteht eine Art KI-Lebenszyklus: ein Kreislauf, bei dem das Wissen über jedes Altteil stetig erweitert und dadurch die KI-Anwendung immer weiter verbessert wird. ♦

#### IHRE ANSPRECHPERSONEN

**Clemens Briese** | +49 30 39006-443  
clemens.briese@ipk.fraunhofer.de

**Paul Koch** | +49 30 39006-436  
paul.koch@ipk.fraunhofer.de

Das Projekt »EIBA« wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung im Rahmen des Förderprogramms »Ressourceneffiziente Kreislaufwirtschaft – Innovative Produktkreisläufe (ReziProK)« gefördert.

GEFÖRDERT VOM



**Weitere Informationen** zu unserer FuE für die industrielle Bildverarbeitung finden Sie unter [www.ipk.fraunhofer.de/industrielle-bildverarbeitung](http://www.ipk.fraunhofer.de/industrielle-bildverarbeitung)



# Kunde wünscht, KI entwirft

**Der erste Entwurf ist in der Produktentwicklung selten der letzte. Mithilfe von Künstlicher Intelligenz kann dieses arbeitsaufwendige, aber unumgängliche Stadium beschleunigt werden.**

Egal ob Elektroauto oder Benziner, SUV oder Kleinwagen, Sportflitzer oder Familienkutsche – der Fahrkomfort ist beim Autokauf ein ausschlaggebendes Argument. Entscheidend ist dafür das Dämpfungssystem, bestehend aus Stoßdämpfern und Zusatzfedern. Um letztere möglichst ideal an die unterschiedlichen Bedürfnisse bestimmter Autos anzupassen und so den bestmöglichen Komfort zu erreichen, waren bisher iterative Abstimmungsprozesse und Expertenwissen vonnöten. Beauftragt von BASF Polyurethanes GmbH, einem Hersteller von Zusatzfedern im Automobilbereich,

haben Forschende am Fraunhofer IPK nun einen Prozess entwickelt, der das Entwerfen solcher Zusatzfedern mit dem Einsatz von Künstlicher Intelligenz vereinfachen soll. Das Ziel: Eine KI soll direkt aus den Anforderungen des Kunden ein geeignetes Bauteil ableiten.

Als methodische Vorgehensweise zum Training einer KI nutzten die Forschenden den Standardprozess CRISP-DM. Dabei werden nach einer anfänglichen Situationsanalyse die vorliegenden Daten begutachtet und konkrete Ziele abgeleitet. Diese dienen als Grundlage, um ein KI-Modell zu trainieren und zu testen.

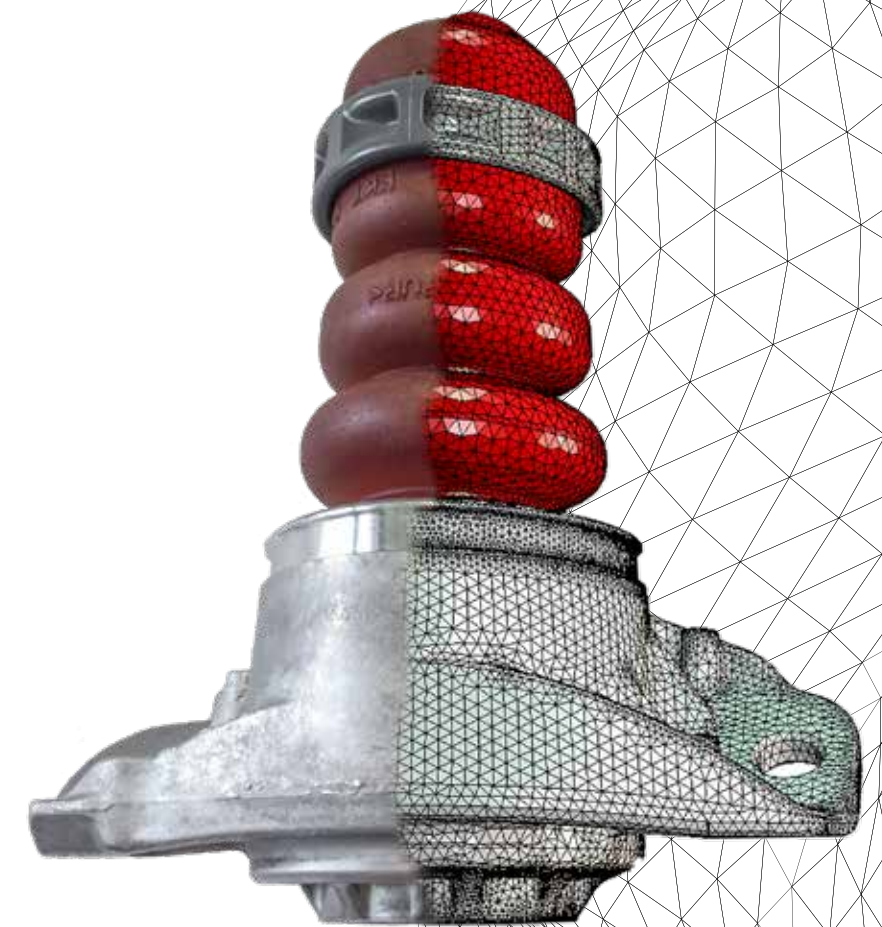
Zusatzfedern sind rotationssymmetrisch und können deshalb mit wenigen Parametern in einem vereinfachten Modell dargestellt werden. Im Vergleich zu anderen Trainingsätzen mit komplexeren historischen Daten vereinfacht dieses Vorgehen das Training der KI deutlich. An den simplen Modellen nahmen die Forschenden systematische kleine Änderungen vor. So konnten sie aus einem einzigen Modell über 10 000 verschiedene Designs generieren. Anschließend simulierte das Team, wie diese vereinfachten und neu justierten virtuellen Federn sich unter verschiedenen Belastungen verhalten. Die aus den Simulationen gewonnenen Daten nutzten die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler dann als Trainingsgrundlage für ein neuronales Netz.

In einem ersten Stichprobentest konnte gezeigt werden, dass das KI-Modell in der Lage ist Bauteile zu generieren, die schon

nahe an die vorgegebenen Anforderungen herankommen. Für die Praxis bedeutet das, dass Entwicklungsteams beispielsweise das Lastenheft eines Neukunden in die KI »füttern« und so einen funktionalen ersten Entwurf für eine Zusatzfeder erhalten könnten. Anschließend könnten sie dem Design durch Detailanpassungen den letzten Schliff geben. ♦

IHRE ANSPRECHPERSON

**Jörg Brünnhäußer** | +49 30 39006-475  
joerg.bruennhaeusser@ipk.fraunhofer.de



**Bild:** Neben Stoßdämpfern sind solche Zusatzfedern essenziell für den Fahrkomfort eines Autos. Ihr Design soll künftig wesentlich erleichtert werden – mithilfe von KI.  
© BASF

# Lernen von der Natur

**Im Rahmen des Forschungsprojekts »BioFusion 4.0« entstehen am Fraunhofer IPK datenbasierte Lösungen für eine nachhaltigere und ressourcenschonende Produktion – inspiriert durch Prinzipien aus der Natur.**



## Bilder:

**1**  
Bei der Hannover Messe 2023 brachten Christopher Mühlich (rechts) und das Fraunhofer IPK-Team vielen Interessierten das Projekt BioFusion 4.0 live näher, so wie hier der damaligen BMBF-Ministerialdirektorin Prof. Dr. Ina Schieferdecker und Fraunhofer IAO-Direktor Prof. Dr. Wilhelm Bauer (Mitte)

**2 und 3**  
Als Produktbeispiel werden Fingerorthesen im 3D-Druckverfahren aus kompostierbarem Biokunststoff hergestellt. Sie werden als orthopädische Hilfsmittel eingesetzt, beispielsweise zur Stabilisierung der Fingergelenke bei der Montage von Fahrzeugkomponenten.

Auch wenn Fraunhofer-Institute für ihre Innovationskraft bekannt sind – auch wir müssen das Rad nicht immer neu erfinden. Manchmal ist es sinnvoller, altbewährte Prinzipien auf neue Anwendungsfälle zu übertragen. Das ist die Grundidee des Forschungsprojekts »BioFusion 4.0«, in dem sich 13 Partner aus Wissenschaft und Industrie unter der Leitung des Fraunhofer IPK zusammengeschlossen haben, um Lösungen für die nachhaltige biologische Transformation der Produktion zu entwickeln. Um die Produktion zukunftsfähiger, digitaler und umweltfreundlicher zu gestalten, untersuchen sie gemeinsam, wie biologische Prinzipien auf die Industrie übertragen und in anwendbare Lösungen überführt werden können.

Bei der Bearbeitung der industriellen Anwendungsfälle hat das Projektteam bereits eindrucksvolle Ergebnisse vorzuweisen. Sie zeigen, wie essenziell Daten bei der Umsetzung einer nachhaltigen, ressourcenschonenden Produktion sind. Einen Vorgeschmack auf die konkreten Lösungen, die im Projekt entwickelt werden, erhielten Interessierte unter anderem bereits auf der Hannover Messe 2023 und im Rahmen des XVII. Internationalen Produktionstechnischen Kolloquiums (PTK 2023).

## AUTONOM UND VERNETZT

Was kann eine moderne Produktion von natürlichen Ökosystemen lernen? Ein Ökosystem in der Natur, in dem verschiedene Arten von Lebewesen, Pflanzen und



Mikroorganismen miteinander interagieren und voneinander abhängig sind, ist äußerst komplex. Auch in der Produktion gibt es zahlreiche Akteure: Menschen, Maschinen, IT-Systeme. Deren Interaktionen spielen eine entscheidende Rolle für das Funktionieren des Gesamtsystems. Getreu der Idee der biologischen Transformation modelliert das BioFusion 4.0-Team diese Akteure des Produktionsprozesses als autonom handelnde Agenten – inspiriert von der Natur. Sie sind intelligent miteinander vernetzt, kommunizieren miteinander, verhandeln Aufgaben und koordinieren sich. Bioinspirierte Multiagentensysteme bilden das Grundgerüst einer nachhaltigen Produktion und passen sich den sich wandelnden Anforderungen flexibel an.

Wie Fertigungsunternehmen dank einer solchen selbstorganisierten Prozessbearbeitung flexibel und resilient werden, zeigen Forschende des Fraunhofer IPK anhand von Demonstratoren. Einer davon steht am Fraunhofer IPK und veranschaulicht Entwicklung, Produktion und Lebenszyklus von Orthesen – orthopädischer Hilfsmittel, die beispielsweise zur Stabilisierung der Fingergelenke bei der Montage von Fahrzeugkomponenten oder für medizinische Zwecke eingesetzt werden können. Solche Orthesen können im 3D-Druckverfahren aus biogenem Material hergestellt und nach dem Lebensende vollständig kompostiert werden.

Das Konzept der dezentralen Produktionssteuerung wird anhand eines interaktiven Fabriklayouts veranschaulicht, das die Bearbeitung verschiedener Produktvarianten der Orthese simuliert. Die mit kleinen Bildschirmen dargestellten Arbeitsstationen sind miteinander vernetzt und bilden so ein von natürlichen Öko-

Dieses Forschungs- und Entwicklungsprojekt wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) innerhalb des Rahmenkonzepts »Forschung für die Produktion von morgen« gefördert und vom Projektträger Forschungszentrum Karlsruhe, Bereich Produktion und Fertigungstechnologien (PTKA-PFT), betreut.



**Weitere Informationen**  
zum Projekt »BioFusion 4.0«  
finden Sie hier:  
[www.ipk.fraunhofer.de/  
biofusion40](http://www.ipk.fraunhofer.de/biofusion40)



systemen inspiriertes Multiagentensystem, in dem Produktionsaufträge automatisiert abgestimmt und gesteuert werden. Über die Bildschirme bekommen Besucherinnen und Besucher des Demonstrators angezeigt, welche Arbeitsstation das System festgelegt hat, um den aktuell eingegangenen Auftrag auszuführen. Mithilfe verschiedener Hebel, die die unterschiedlichen Produktvarianten symbolisieren, können sie die ausgewählte Station dann anfahren. Per Tastendruck können die Nutzenden außerdem den Ausfall einzelner Arbeitsstationen simulieren und spielerisch erleben, wie das Multiagentensystem prompt reagiert und die Produktionsaufträge neu verteilt. Dabei kann der Prozessfortschritt eingegangener Aufträge sowie der aktuelle Betriebszustand der Arbeitsstationen auf einem Dashboard mitverfolgt werden. Der Demonstrator zeigt, wie Unternehmen die Anpassungsfähigkeit und Ressourceneffizienz ihrer Produktionsprozesse durch das biologische Prinzip der Selbstorganisation verbessern können.

### TRANSPARENZ SCHAFFEN DURCH DIGITALE ZWILLINGE

Analog zu Ökosystemen in der Natur, gibt es auch »Produkt-Ökosysteme«, die neben physischen Produkten und deren Subkomponenten auch digitale Services und die zu deren Betrieb benötigte Infrastruktur, aber auch die Interaktion mit anderen Produkten involvieren. Erfolgreiche natürliche Ökosysteme müssen ihre Resilienz immer wieder unter Beweis stellen und sich im Einklang mit ihrer Umwelt optimieren. Das bedeutet, dass sie einerseits zeitnah und flexibel auf sich verändernde Umgebungsbedingungen reagieren und sich andererseits selbst optimieren müssen. Analog hierzu können Digitale Zwillinge »Produkt-Ökosysteme« überwachen und ihnen auf Basis von spezifischen Informationen, beispielsweise Echtzeitdaten, dazu verhelfen, optimierte Zustände zu erreichen. Im Rahmen von BioFusion 4.0 untersuchen Forschende des Fraunhofer IPK, wie das Konzept des Digitalen Zwillings die produktindividuelle Berechnung, Nachverfolgung und später auch Optimierung des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks über den gesamten Lebenszyklus unterstützen kann.

In einem Dashboard werden – wiederum am Beispiel der Fingerorthese und des sie umgebenden Produkt-Ökosystems – die relevanten Daten lebenszyklusübergreifend abgebildet. Der so entstandene Digitale Zwilling integriert verschiedene nachhaltigkeitsrelevante



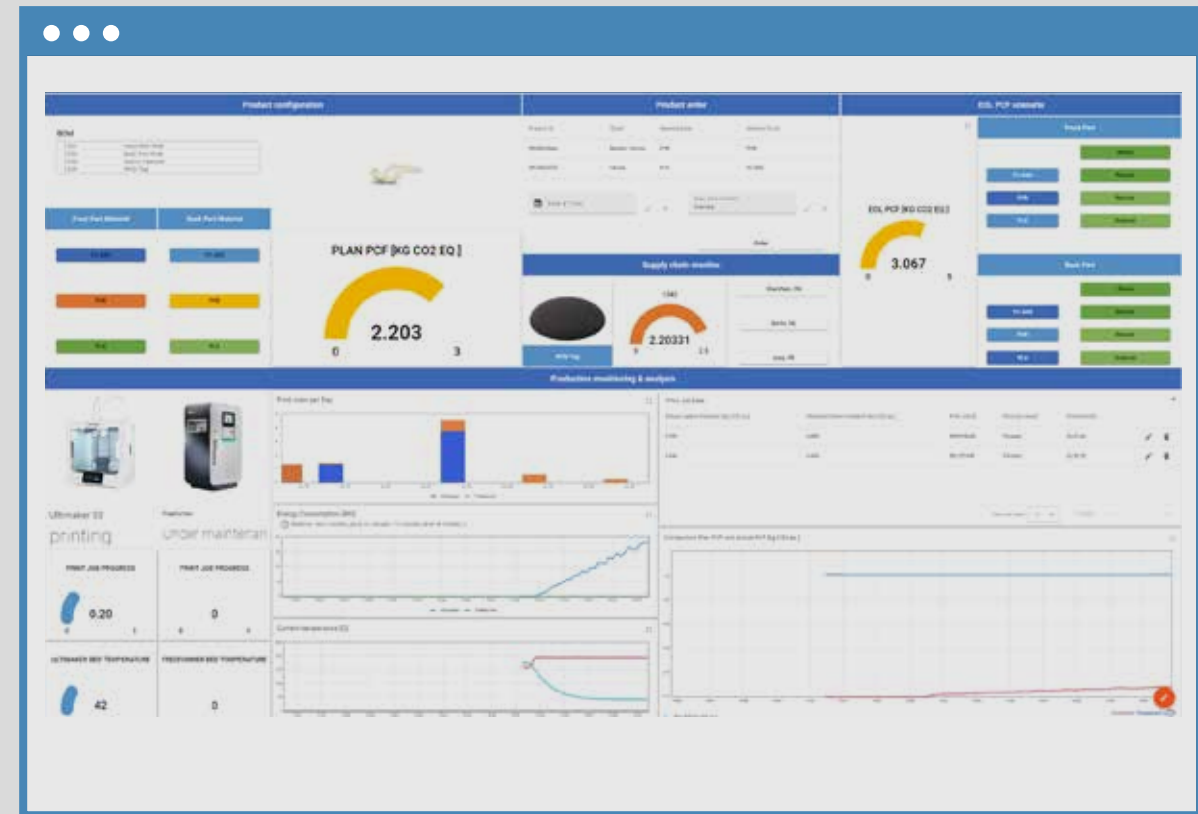
1



2

Daten entlang des Produktlebenszyklus. So können sich beispielsweise Produktentwicklungs- oder Produktionsplanungsteams die Plandaten wie CAD-Modell, Bill of Material oder Plan-LCA-Daten unterschiedlicher Produktvarianten direkt anzeigen lassen. Während der Produktion, der Nutzung und auch am Lebensende zeigt das Dashboard dann Realdaten in Echtzeit an, zum Beispiel zu Energieverbräuchen. Durch die intelligente Vernetzung von Plan- und Realdaten kann eine Echtzeit-Ökobilanz berechnet werden. Abweichungen und kritische Werte werden im Dashboard sichtbar gemacht. Auf dieser Basis können Optimierungsmaßnahmen abgeleitet und im Sinne eines Feedback to Design auch am physischen Produkt umgesetzt werden.

**Bilder: 1 und 2**  
Der Demonstrator zur selbstorganisierten Produktion zeigt ein interaktives Fabriklayout. Die kleinen Bildschirme stellen einzelne Arbeitsstationen dar, die sich selbstständig untereinander abstimmen und dann mithilfe der Hebel angefahren werden können, um Produktionsaufträge umzusetzen.



**Bilder:**  
In einem Dashboard werden Produktökosystemdaten abgebildet. Der zugrundeliegende Digitale Zwilling ermöglicht das Monitoring der Umweltwirkungen entlang des Produktlebenszyklus.

### DEN GANZEN PRODUKTLEBENSZYKLUS MITGEDACHT

Der Digitale Zwilling zur Nachhaltigkeitsbewertung und sich selbst organisierende Produktionsprozesse sind nur einige Beispiele für Lösungen zur biologischen Transformation der Industrie. Bis zum offiziellen Projektende im Jahr 2024 bearbeiten die Forschenden im Projekt »BioFusion 4.0« noch viele weitere konkrete Teilprojekte, deren Ergebnisse auf der nächsten Hannover Messe 2024 zu erleben sein werden. Die im Projekt gewonnenen Daten sollen als Grundlage für potenzielle Geschäftsmodelle der biologischen Transformation, die intelligente Rückführung von Wertstoffen, die bionische Integration von vernetzten Produktionssystemen, biointelligente Werker-Assistenzsysteme sowie die additive Fertigung mit biogenen und abbaubaren Polymeren dienen – für eine nachhaltige Produktion im Einklang mit der Natur. ♦

IHRE ANSPRECHPERSONEN

**Anne Seegrün** | +49 30 39006-407  
anne.seegrue@ipk.fraunhofer.de

**Theresa Riedelsheimer** | +49 30 39006-219  
theresa.riedelsheimer@ipk.fraunhofer.de

# 5G à la carte

**5G ist nicht gleich 5G – denn industrielle Anwendungen müssen unter industriellen Bedingungen erprobt werden. Dafür gibt es am PTZ Berlin ein Campusnetz.**

Im Jahr 2022 nahmen die Berliner Fraunhofer-Institute offiziell eine gemeinsame, echtzeitfähige 5G-Kommunikationsinfrastruktur in Betrieb. Im Versuchsfeld des Produktionstechnischen Zentrums (PTZ) Berlin wurde dazu eine 5G-Funkzelle eingerichtet, die aus einer Basisbandeinheit und acht Antennen besteht. Nun soll das Netz mit einem frei verfügbaren Core (Open5GS) ausgestattet werden. Dieser wird am Fraunhofer HHI in der Fraunhofer Edge Cloud (FEC) laufen und mit der Infrastruktur am PTZ Berlin verbunden. Bei dem so aufgebauten Netz handelt es sich um ein sogenanntes Standalone-Netz (5G-SA), wie es die Industrie zum Beispiel im Bereich Hallenlogistik benötigt. In Kontrast zu den öffentlichen 5G-Netzen setzt es nicht auf einem bestehenden 4G-Netz auf (5G-NSA, Non-Standalone). So können Anwendungsfälle für industrielle 5G-Standalone-Netzwerke am PTZ Berlin unter realistischen, industrienahen Bedingungen erprobt werden.

Bei der Bearbeitung ihrer Forschungsaufträge können die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler auf den umfangreichen Maschinenpark des PTZ Berlin zurückgreifen. Daneben kann auch kundeneigene Hardware an die 5G-Infrastruktur angeschlossen werden, um im Direktauftrag einen Proof-of-Concept zu erarbeiten. Bei spezifischen Fragen zu 5G-Parametern, wie zum Beispiel einer für konkrete Anwendungen optimalen Einstellung von Upload- und Downloadbandbreiten, können die Forschenden des Fraunhofer IPK gemeinsam mit den 5G-Expertinnen und -Experten der anderen Berliner Fraunhofer-Institute eine gezielte Beratung anbieten.

Momentan entsteht am Fraunhofer IPK ein Demonstrator, an dem ein autonomes Fahrzeug mit eingebautem Roboterarm über die FEC gesteuert wird – ein Projekt, das zeigen wird, inwieweit die Kommunikationsinfrastruktur hohen Anforderungen aus dem Industrieumfeld gerecht wird, inklusive einer geringen Latenz und geringen Paketfehlerraten. ♦



**Bilder:**  
Im Versuchsfeld des PTZ Berlin wurde eine 5G-Funkzelle mit acht Antennen eingerichtet. Darüber wird unter anderem ein autonomes Fahrzeug mit Roboterarm betrieben.

Im Leistungszentrum Digitale Vernetzung forschen die vier Fraunhofer-Institute Fraunhofer FOKUS, Fraunhofer HHI, Fraunhofer IPK und Fraunhofer IZM an Technologien und Lösungen, die der zunehmenden Digitalisierung und Vernetzung aller Lebensbereiche Rechnung tragen.

**Weitere Informationen**  
zum Leistungszentrum Digitale Vernetzung finden sie hier:  
[www.ipk.fraunhofer.de/lzdv](http://www.ipk.fraunhofer.de/lzdv)



Das Leistungszentrum Digitale Vernetzung wird kofinanziert durch den Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE).



EUROPÄISCHE UNION  
Europäischer Fonds für regionale Entwicklung

IHRE ANSPRECHPERSON  
**Moritz Chemnitz** | +49 30 39006-127  
[moritz.chemnitz@ipk.fraunhofer.de](mailto:moritz.chemnitz@ipk.fraunhofer.de)

# PTK 2023

**Rethinking Production: Produktion als Treiber für eine Industriegesellschaft im Wandel – unter diesem Motto hatten Fraunhofer IPK und IWF der TU Berlin vom 14. bis 15. September nach Berlin eingeladen. Mehr als 200 Gäste aus Wirtschaft, Wissenschaft und Politik kamen, um branchenübergreifend die großen Herausforderungen für den Industriestandort Deutschland zu diskutieren.**



Die Konferenz rückte die konkreten Themen und Aufgaben, die mit der Digitalisierung und Dekarbonisierung des Industriesektors verbunden sind, in den Fokus und präsentierte innovative Technologien, Methoden und Geschäftsmodelle, mit denen eine nachhaltige und CO<sub>2</sub>-neutrale Produktion erreicht werden kann. Renommierte Keynote Speaker, darunter Dr. Ansgar Kriwet, Vorstand Research and Development bei Festo SE & Co. KG, Prof. Dr. Helmut Schramm, Leiter Produktion BMW Motorrad sowie Leiter Werk Berlin der BMW Group, Dr. Hubert Lettenbauer, Geschäftsführer von Carl Zeiss MultiSEM GmbH sowie Dr. Timm Neu, Associate Office Lead@Software Innovation & Development Berlin, Volkswagen AG erläuterten aktuelle Strategien, mit denen ihre Unternehmen die Transformation managen. Referentinnen und Referenten aus dem Maschinen- und Anlagenbau, der Automobil- und Zulieferindustrie, der Elektro- und Energietechnik sowie der Luft- und Raumfahrt stellten in sechs Fachsessions erfolgreiche Praxisbeispiele für eine ressourcenschonende und emissionsfreie Produktion sowie aktuelle Industrie-4.0-Lösungen vor. Mit technologieorientierten Transferpfaden durch ihre Versuchsfelder boten Fraunhofer IPK und IWF der TU Berlin außerdem praktische Einblicke in ihre aktuellen FuE-Arbei-

ten. Unterstützt wurde die Konferenz von Berlin Partner für Wirtschaft und Technologie GmbH, BWA Deutschland, CONTACT Software, Global Production Engineering, IWF e. V., PreZero Deutschland und dem Verband der Metall- und Elektroindustrie in Berlin und Brandenburg e. V..



**MEHR  
KÖNNEN**

Weitere Informationen zu unseren zukünftigen Veranstaltungen finden Sie unter [www.ipk.fraunhofer.de/weiterbildung](http://www.ipk.fraunhofer.de/weiterbildung)



IHRE ANSPRECHPERSON

**Prof. Dr.-Ing. Holger Kohl** | +49 30 39006-233  
holger.kohl@ipk.fraunhofer.de

## IMPRESSUM

**FUTUR 2 / 2023**  
**25. Jahrgang**  
**ISSN 1438-1125**

### HERAUSGEBER

Prof. Dr. h. c. Dr.-Ing. Eckart Uhlmann

### MITHERAUSGEBER

Prof. Dr.-Ing. Holger Kohl  
Prof. Dr.-Ing. Jörg Krüger  
Dr.-Ing. Kai Lindow  
Prof. Dr.-Ing. Michael Rethmeier

Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen  
und Konstruktionstechnik IPK  
Institut für Werkzeugmaschinen und  
Fabrikbetrieb IWF der TU Berlin

### KONTAKT

Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen  
und Konstruktionstechnik IPK  
Claudia Engel  
Pascalstraße 8–9  
10587 Berlin  
Telefon: +49 30 39006-140  
Fax: +49 30 39006-392  
pr@ipk.fraunhofer.de  
www.ipk.fraunhofer.de

### REDAKTION

Claudia Engel (V.i.S.d.P.)  
Ruth Asan (Chefredaktion):  
S. 8–10, 10–15, 16–19, 20–23, 24–27,  
32–33, 52–53, 54–57, 58–59  
Adrian Lobe:  
S. 28–29, 40–41  
Martina Rennschmid:  
S. 48–51  
Katharina Strohmeier:  
S. 44–45, 46–47  
Hendrik Werner:  
S. 34–39, 42–43

### REDAKTIONSASSISTENZ

Alexander Graskamp:  
S. 52–53  
Bernardo Hierneis de Rezende:  
S. 16–19

### GESTALTUNG

Larissa Klassen (Artdirektion)  
Antonia Schreiber:  
S. 8–9

### FONT-GESTALTUNG FUTUR-LOGO

Elias Hanzer

### FOTOGRAFIEN UND GRAFIKEN

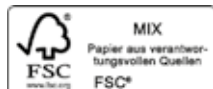
Soweit nicht am Bild anders vermerkt:  
© Adobe Stock:  
S. 28/29  
© Maria Capelo:  
S. 57  
© DGA\* design for changemakers:  
S. 6 (oben), 9 (rechts oben), 10–15  
© iStock:  
S. 16–19  
© Fraunhofer IPK/Andy King:  
S. 58 / 59 (oben)  
© Fraunhofer IPK/Larissa Klassen:  
S. 6 (unten), 7 (oben), 24–26, 32 (unten),  
34–39, 46/47, 49/50, 55, 59 (unten rechts  
und links), 60 (unten), 61 (Nr. 4)  
© Fraunhofer IPK/Antonia Schreiber:  
S. 60 (oben)  
© Fraunhofer IPK/Katharina Strohmeier:  
S. 54, 56, 60 (mitte), 61 (Nr. 1, 2, 3, 5)

### BILDBEARBEITUNG

Larissa Klassen

### HERSTELLUNG

Druckstudio GmbH





**Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen  
und Konstruktionstechnik IPK**

Pascalstraße 8–9 | 10587 Berlin | Telefon: +49 30 39006-140  
pr@ipk.fraunhofer.de | www.ipk.fraunhofer.de



[instagram.com/fraunhofer\\_ipk](https://www.instagram.com/fraunhofer_ipk)  
[linkedin.com/company/fraunhofer-ipk](https://www.linkedin.com/company/fraunhofer-ipk)  
[youtube.com/FraunhoferIPK](https://www.youtube.com/FraunhoferIPK)