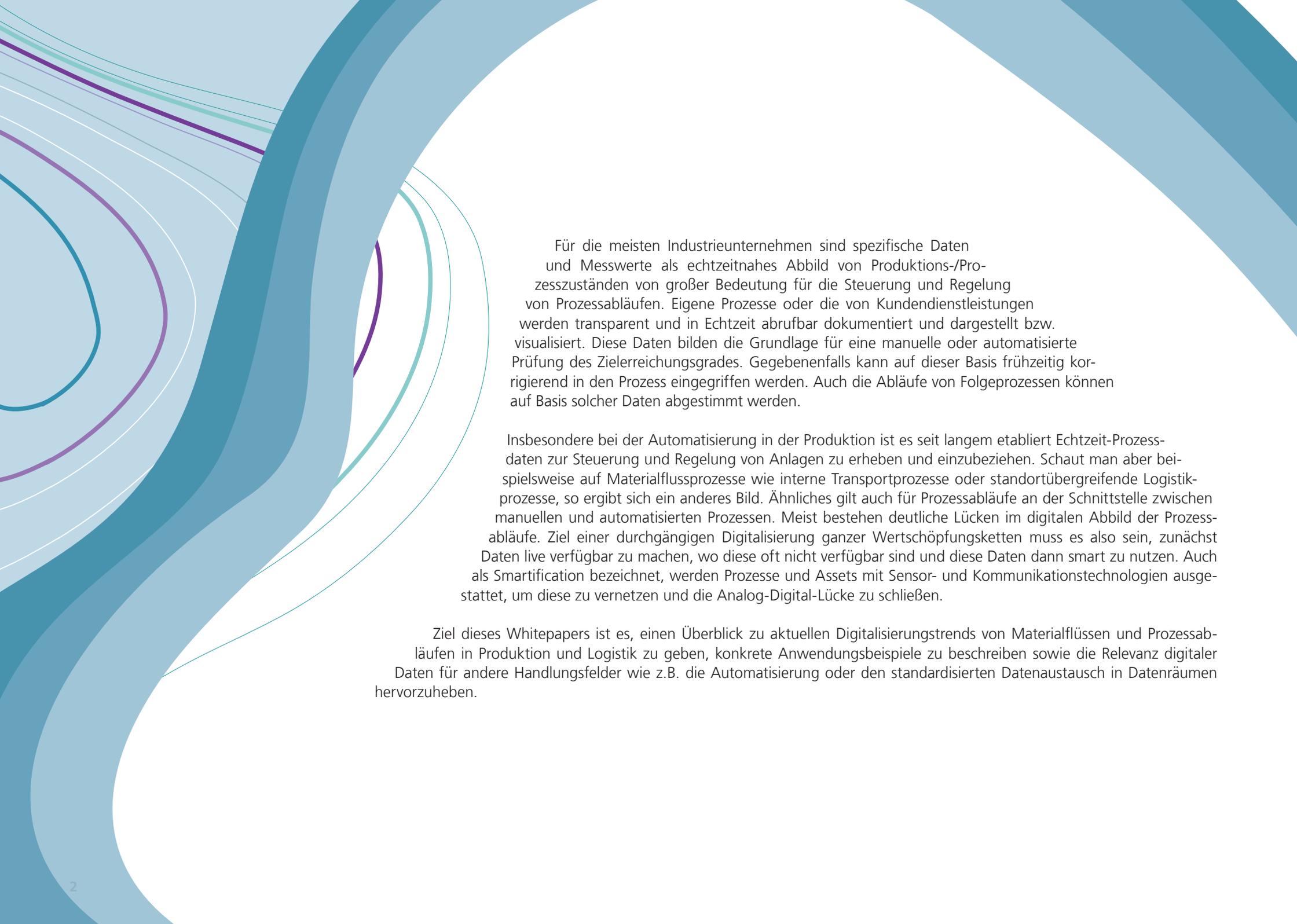




MIT SMARTEN LIVEDATEN

ZU MEHR SICHERHEIT UND PRODUKTIVITÄT
IN DER PRODUKTION UND LOGISTIK



Für die meisten Industrieunternehmen sind spezifische Daten und Messwerte als echtzeitnahes Abbild von Produktions-/Prozesszuständen von großer Bedeutung für die Steuerung und Regelung von Prozessabläufen. Eigene Prozesse oder die von Kundendienstleistungen werden transparent und in Echtzeit abrufbar dokumentiert und dargestellt bzw. visualisiert. Diese Daten bilden die Grundlage für eine manuelle oder automatisierte Prüfung des Zielerreichungsgrades. Gegebenenfalls kann auf dieser Basis frühzeitig korrigierend in den Prozess eingegriffen werden. Auch die Abläufe von Folgeprozessen können auf Basis solcher Daten abgestimmt werden.

Insbesondere bei der Automatisierung in der Produktion ist es seit langem etabliert Echtzeit-Prozessdaten zur Steuerung und Regelung von Anlagen zu erheben und einzubeziehen. Schaut man aber beispielsweise auf Materialflussprozesse wie interne Transportprozesse oder standortübergreifende Logistikprozesse, so ergibt sich ein anderes Bild. Ähnliches gilt auch für Prozessabläufe an der Schnittstelle zwischen manuellen und automatisierten Prozessen. Meist bestehen deutliche Lücken im digitalen Abbild der Prozessabläufe. Ziel einer durchgängigen Digitalisierung ganzer Wertschöpfungsketten muss es also sein, zunächst Daten live verfügbar zu machen, wo diese oft nicht verfügbar sind und diese Daten dann smart zu nutzen. Auch als Smartification bezeichnet, werden Prozesse und Assets mit Sensor- und Kommunikationstechnologien ausgestattet, um diese zu vernetzen und die Analog-Digital-Lücke zu schließen.

Ziel dieses Whitepapers ist es, einen Überblick zu aktuellen Digitalisierungstrends von Materialflüssen und Prozessabläufen in Produktion und Logistik zu geben, konkrete Anwendungsbeispiele zu beschreiben sowie die Relevanz digitaler Daten für andere Handlungsfelder wie z.B. die Automatisierung oder den standardisierten Datenaustausch in Datenräumen hervorzuheben.

DURCHGÄNGIGE DATEN

FÜR SICHERE UND ROBUSTE PROZESSE

Die Digitalisierung von Materialflüssen und Prozessabläufen ist ein Lösungsbaustein für vielfältige Herausforderungen, vor denen Unternehmen stehen. Blickt man zunächst auf unternehmensinterne Abläufe, so bietet das digitale Erfassen von Objekten (Identifikation, Ortung, Zustände) und Prozesszuständen die elementare Grundlage für eine verbesserte Steuerung und Regelung von Prozessabläufen. Werden interne Prozesse verknüpft, erhöht dies die Verfügbarkeit von Daten und den Datenaustausch zwischen den Prozessen. Sie werden effizienter und robuster. Fehlende Daten und Informationen sowie mangelnder Datenaustausch sind oft Ursache einer verzögerten Entscheidungs- und Reaktionsfähigkeit sowie von ineffizienten Abläufen. Weiterhin unterstützt die Digitalisierung Unternehmen dabei, Prozesse anhand von Daten in Informationen und somit Wissen, Verstehen und entsprechendes Handeln zu überführen. Dies ist insbesondere vor dem Hintergrund des Fachkräftemangels relevant, da so das Verstehen von Prozessen objektiviert werden kann.

In unternehmensübergreifenden Prozessen unterstützen die Digitalisierung sowie die standardisierte Haltung und der Austausch von Daten die Gestaltung von effizienten und resilienten Wertschöpfungsketten.

Standardisierte Datenformate sind hier entscheidend für den sicheren und effizienten Datenaustausch mit anderen Unternehmen. Eine Herausforderung besteht dabei in der unterschiedlichen Reife und verschiedenen Etablierungsgraden solcher Standards. Diese reichen von langjährig etablierten Standards, zum Beispiel zur Identifikation von Objekten (nach ISO und GS1), bis zu aktuellen Entwicklungen wie zum Beispiel die strukturierte Erfassung von Objektinformationen in Verwaltungsschalen (nach IDTA). Auch im Bereich der Mechanismen für den Datenaustausch besteht eine große Bandbreite von der klassischen, oft limitierten Punkt-zu-Punkt-Kommunikation über moderne oft zentralisierte Datenaustauschplattformen bis hin zu aktuell in der Entwicklung befindlichen Datenräumen (z.B. in den Manufacturing-X-Forschungsinitiativen), die unter Wahrung der Datensouveränität einen dezentralen Datenaustausch organisieren.

Eine weitere Herausforderung für Unternehmen besteht darin, dass aktuell politische wie auch Kundenanforderungen an Dokumentationen und Nachweise steigen, die aber zum Teil noch nicht konkret definiert sind. Hier sind zum Beispiel Anforderungen durch digitale Produktpässe zu nennen, die als Grundlage effizienter Kreislaufwirtschaftsprozesse oder Nachweise zu CO₂-Emissionen (Product Carbon Footprint – PCF) dienen sollen. Für solche Dokumentationen müssen Daten aus unternehmensinternen Teilprozessen wie auch aus unternehmensübergreifenden Abläufen in den Wertschöpfungsketten verfügbar und vernetzt sein.

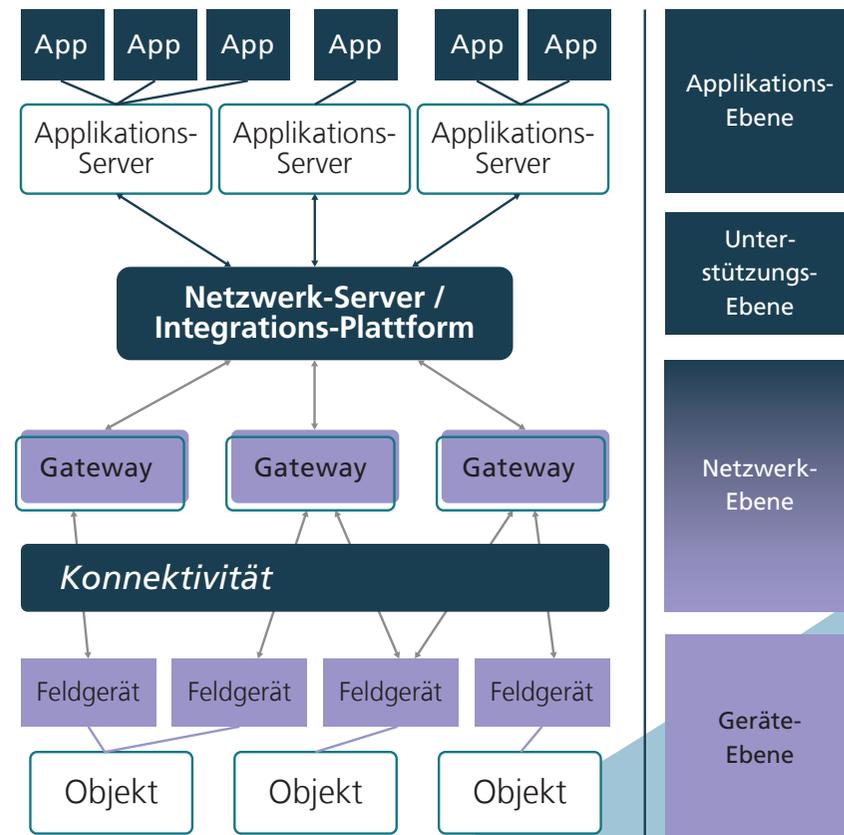
DIGITALISIERUNG GANZHEITLICH VON DER DATENERFASSUNG IM PROZESS BIS ZUR APPLIKATION

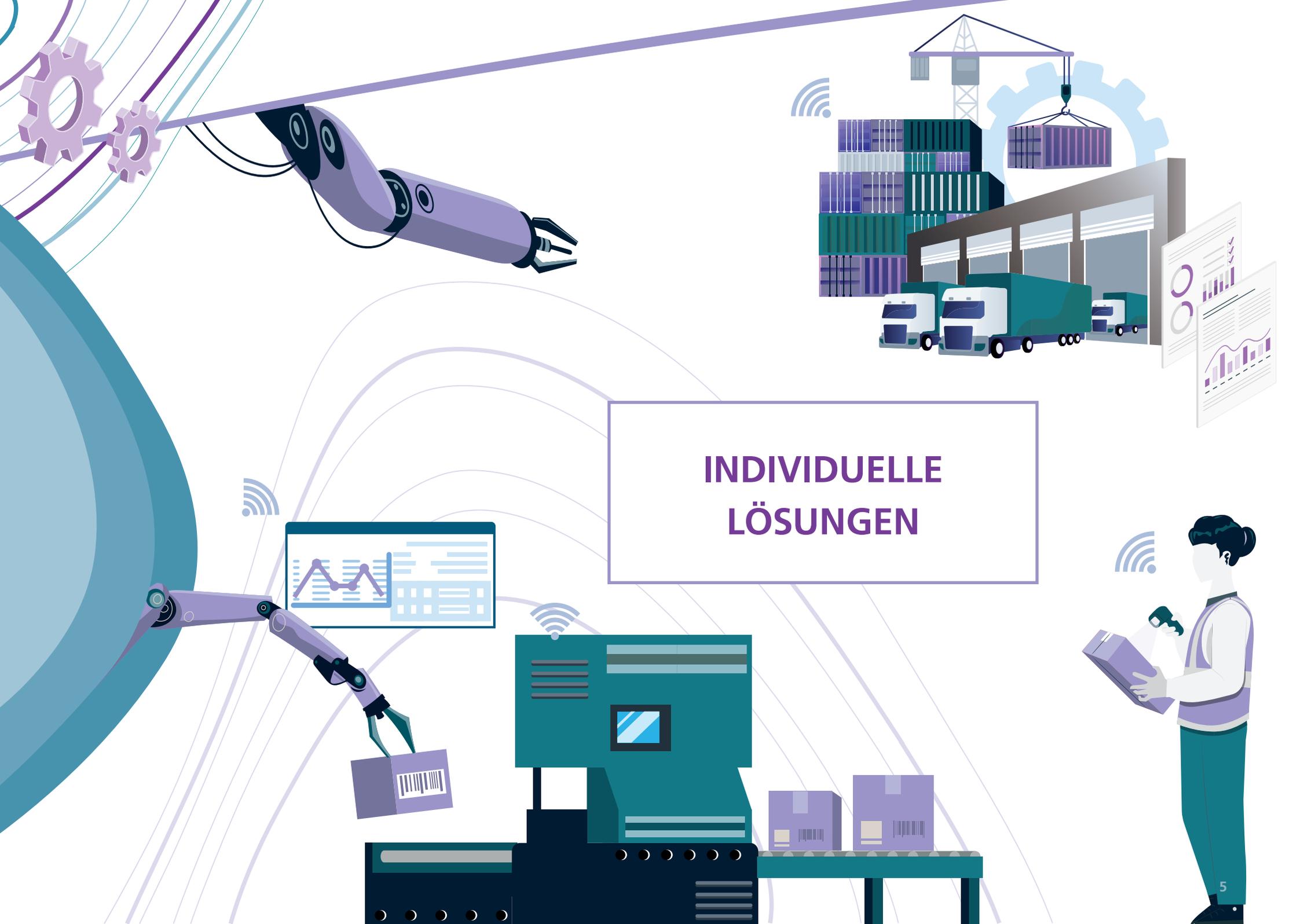
Wie anhand der vielfältigen Herausforderungen für Unternehmen beschrieben, stellt die Digitalisierung und damit die Verfügbarkeit von Daten zu Produkten, Anlagen und Prozessen die elementare Grundlage dar, um Abläufe zu dokumentieren, zu verstehen und zu steuern. Dies ist gleichermaßen für die Unterstützung manueller Abläufe als auch für die Automatisierung relevant.

Im Kontext der Digitalisierung verfügt das Fraunhofer IFF über eine breite Expertise und technisches Knowhow auf allen Ebenen typischer IoT-Architekturen. Dies reicht von zahlreichen technologieoffenen Lösungen auf der Feldebene zur Gewinnung von Daten zu Produkten, Anlagen und Prozessen in den Abläufen über die Zusammenführung und Aufbereitung von Daten verschiedenster Quellen durch Kommunikationstechnologien und IoT-Plattformen bis zur Entwicklung und Umsetzung anwendungsspezifischer Applikationen zur Analyse von Daten oder optimierten Steuerung und Regelung von Abläufen.

Typischerweise werden zunächst bestehende Abläufe, vorhandene Systeme zur Digitalisierung dieser sowie die Anforderungen an eine weitergehende Digitalisierung analysiert. Auf dieser Basis werden Lösungsoptionen konzipiert und bewertet. Teil dieser Bewertung können technische Machbarkeitsuntersuchungen sein, um im jeweiligen Prozessumfeld zu überprüfen, ob eine spezifische Technologie zur Datenerhebung geeignet ist. Weiterführend wird üblicherweise eine Systemlösung aus Datenerfassung und Datenverarbeitung (sowie je nach Kontext auch weitergehenden Funktionen wie zum Beispiel Prozesssteuerung oder -regelung) entwickelt, implementiert und im Rahmen eines Proof-of-Concept (POC) erprobt.

Abbildung:
Typische IoT-Architekturen
für die Digitalisierung





INDIVIDUELLE LÖSUNGEN

INDIVIDUELLE LÖSUNGEN MIT ECHTZEIT-DATEN

Die nachfolgenden Projektthemen zeigen die Erfassung und Nutzung von Livedaten, um Prozesse effizienter und sicherer zu gestalten. Beide Beispiele zeigen auf, wie durch die Verfügbarkeit von Daten typische industrielle Herausforderungen wie mangelnde Transparenz oder Risiken auf Basis fehlender Informationen bewältigt werden.

Smarte RFID-Paletten von CABKA

Das Unternehmen CABKA, einer der führenden Hersteller von Paletten und Großladungsträgern aus Kunststoff, stellt die Heilbronner Halbpalette (HHP) her, bereitet diese in Kreislaufprozessen auf und recycelt sie. Die Besonderheit dieser Paletten ist die Integration von RFID-Tags zur eindeutigen Identifizierbarkeit. Mittels RFID wird für CABKA das gesamte Leben einer Palette nachvollziehbar, von der Herstellung über Prüfungen und Reparaturen bis zum Recycling. Für die Nutzenden der Paletten wird durch den RFID-Einsatz die produktive Waren- und Ladungsträgerverfolgung im Einzelhandel ermöglicht.

Das Reparieren und Recycling der Palette spielen dabei eine große Rolle. Paletten, die den Anforderungen an den Logistikprozess im Einzelhandel nicht mehr genügen, werden an CABKA zurückgeschickt, dort befundet, repariert oder wenn eine Reparatur nicht mehr möglich ist, demontiert und geschreddert. Das Kunststoffgranulat steht dann wieder zur Herstellung neuer Paletten zur Verfügung. Durch die RFID-basierte Dokumentation des Paletten-Lebenszyklus wird somit auch die Nutzung und Wiederverwendung des eingesetzten Materials nachvollziehbar.

Seit der Entwicklung der HHP unterstützt das Fraunhofer IFF die Firma CABKA in langjähriger Partnerschaft bei der Integration der RFID-Technologie in Paletten und anderen Ladungsträgern. Dabei stehen drei Aspekte im Vordergrund:

1 Analysen zur Auswahl und Integration geeigneter RFID-Transponder:

Hierbei spielen zum Beispiel Lebenszyklusuntersuchungen zur Bewertung der Langlebigkeit der Transponder unter verschiedenen klimatischen Bedingungen (Klimakammertests und Klebkrafttests) sowie zur funktchnischen Performance eine Rolle. Dadurch wird abgesichert, dass die RFID-Transponder auch nach mehreren Jahren im Einsatz noch gut lesbar sind.

2 Entwicklung und Integration RFID-technischer Lösungen in die Produktions-, Logistik- und Kreislaufprozesse:

Hier werden zum Beispiel Arbeitstische zur Montage der Paletten entwickelt, bei denen im Montageprozess automatisiert eine Inline-Initialisierung und Qualitätsprüfung der RFID-Transponder erfolgt. Ein weiteres wichtiges Element sind RFID-Gates in unterschiedlichen Ausführungen für die sogenannte Pulk-erfassung von Palettenstapeln im Logistikprozess. Dies sichert eine durchgängige Transparenz der Palettenbestände beim Übergang zwischen den verschiedenen Teilprozessen in Echtzeit.

3 Gestaltung der Datenerfassung und des Datenmanagements:

Dies umfasst die Auswahl geeigneter nach GS1 standardisierter Nummernkreise zur eindeutigen Identifizierbarkeit der Paletten und für den effizienten und sicheren unternehmensübergreifenden Datenaustausch. Dazu gehören weiterhin die Konzipierung des Datenmanagements zur Dokumentation des Palettenstatus, mit dem der Lebenszyklus einer Palette von der Produktion bis zum Recycling nachvollzogen werden kann sowie die Implementierung entsprechender Datenbanken mit Anbindung an die technischen Initialisierungs-, Erfassungs- und Prüfprozesse.



RFID (Radio Frequency Identification) ist eine Technologie zur funkbasierten Identifikation von Objekten. Diese werden dabei mit sog. Transpondern ausgestattet, welche die Identifikationsnummer enthalten. Im Falle der Palettenanwendung kommen passive Transponder im UHF-Bereich zur Anwendung, die keinen eigenen Energiespeicher besitzen, so dass die Identifikationsnummer explizit an definierten Erfassungspunkten der Prozesskette durch RFID-Lesegeräte ausgelesen wird. Im beschriebenen Anwendungsfall wird insbesondere auch die Möglichkeit zur RFID-Pulk-erfassung – also der quasi-zeitgleichen Erfassung mehrerer RFID-markierter Objekte genutzt.

Von der HHP wurden mittlerweile über 6 Millionen Paletten produziert. Der aktiv genutzte Palettenpool im Einzelhandel umfasst mehr als 4 Millionen Paletten, die sich täglich im Einsatz zwischen Produktionsstätten, Lagern und Einzelhandelsfilialen befinden. Mit den Livedaten des RFID-basierten Trackings der Paletten sind die Warenströme transparent nachvollziehbar. Auf Basis der Bestandstransparenz werden Warenströme zielgenau und effizient gesteuert. Auch die Rückflüsse leerer Paletten werden für die zielgenaue Bereitstellung von Paletten getrackt. Weiterhin sind die Paletten über die RFID-basierte Nachvollziehbarkeit der Lebenszyklen sowie das gezielte Recycling des Palettenmaterials wesentlich nachhaltiger. Mit den Lebenszyklusdaten ist CABKA auf Anforderungen an die PCF-Berechnung und auf digitale Produktpässe bestens vorbereitet.

Smarte Analyse von 3D-Prozesslivedaten

Der Bereich der Vision-Technologien hat sich in den letzten Jahren auf Seiten der Hardware und auch bei der Datenauswertung rasant weiterentwickelt. Auf Basis von Skaleneffekten sind die Kosten für Vision-Lösungen gesunken, so dass zunehmend auch Anwendungen bei produktionsinternen Materialflüssen sowie in der Logistik entwickelt werden können. Etabliert sind zum Beispiel bereits Lösungen, klassische Kameras für die Dokumentation des Warenumschlags in Lagern zu nutzen.

Mit 3D-bildgebenden Sensoren wie LiDAR oder TOF können zusätzlich zu klassischen Kamerabildern auch dynamische 3D-Abbilder von Prozessabläufen und -situationen erfasst werden. Diese ermöglichen neben typischen Funktionen wie dem Lokalisieren und Tracken von Objekten auch Anwendungen wie die Vermessung dieser, die Analyse verfügbarer Flächen oder die fortlaufende Kartierung von Prozessumgebungen. Um dynamische 3D-Daten zu verarbeiten und zu interpretieren also, um daraus smarte Livedaten zu machen, können verschiedene Methoden genutzt werden. Anhand der beiden folgenden Projektbeispiele werden zwei verschiedene Ansätze zur Nutzung smarter 3D-Livedaten in produktiven Anwendungsumgebungen beschrieben.

Intelligenter Prozessbeobachter für die Kranautomatisierung

Prozesskrane sind auf das Kundenunternehmen in der Stahl- und Prozessindustrie zugeschnittene Hebezeuge, die individuell geplant und gefertigt werden. Aufgrund eingeschränkter Sichtmöglichkeit ist es für den Kranführer oft schwer, die gefährliche Last mithilfe der Kranhaken sicher anzuhängen. Es droht ein Kippen oder sogar Herunterfallen der Gießpfanne mit mehreren Tonnen flüssigem Stahl.

3D-LiDAR-Sensoren können den Arbeitsraum solcher Krananlagen mit einer hohen Auflösung und Präzision unter schwierigen Umgebungsbedingungen robust scannen und sind deshalb geeignet, den Umschlagprozess in Echtzeit detailliert zu erfassen. Die kranführende Person kann das richtige Einhängen in den Kranhaken in Echtzeit kontrollieren und entsprechend nachsteuern.

Das Fraunhofer IFF hat hierfür zusammen mit der Kranbau Köthen GmbH ein Assistenzsystem für Kranführer entwickelt, das berührungslos und verschleißfrei den Lastaufnahme- bzw. Lastabsetzvorgang kontrolliert. Dabei wird der Arbeitsbereich eines Prozesskrans mittels 3D-LiDAR-Sensoren erfasst. Insbesondere das Lastaufnahmesystem, bestehend aus Traverse und Kranhaken, sowie die Last in ihrer Bewegungsdynamik werden in Echtzeit analysiert. Vier 3D-LiDAR-Sensoren an den Kopfenden der Kranbrücke erzeugen ein hochgenaues dreidimensionales Abbild vom Arbeitsraum mit einer Scangenaugigkeit von unter 2 cm auf 20 m Entfernung.

Aus den vier Sensoren werden 3D-Punktewolken fusioniert. Aus diesen Daten wird nach den bekannten Geometrien des Lastaufnahmesystems gesucht. Diese Komponenten, für die 3D-Modelldaten vorliegen, werden mittels Geometry-Fitting in die 3D-Punktewolke eingepasst (»fitten«). Dadurch kann die genaue Lage dieser Komponenten im Arbeitsraum bestimmt werden.



Moderne 3D-Sensorik wie beispielsweise LiDAR (Light Detection And Ranging) oder TOF (Time of Flight) stellen dynamische 3D-Bilddaten zur Verfügung. In jeder einzelnen Messung werden dabei Signale (z.B. ein Laserpuls) durch den Sensor ausgesandt. Durch Oberflächen in der Umgebung wird dieses Signal reflektiert und anschließend vom Sensor wieder empfangen. Aus der daraus berechenbaren Signallaufzeit lässt sich die Entfernung der Objektoberfläche zum Sensor ableiten – es entsteht ein Messpunkt mit einer 3D-Koordinate. Auf diese Weise tasten die 3D-Sensoren ihre Umgebung mehrfach pro Sekunde ab, so dass über die Zeit dynamische 3D-Punktewolken entstehen, aus denen auch Objektbewegungen abgeleitet werden können. Insbesondere LiDAR-Sensorik ermöglicht die hochgenaue 3D-Erfassung auch über größere Entfernungen, so dass sich große Arbeitsbereiche damit erfassen lassen.



««« KLICK HIER

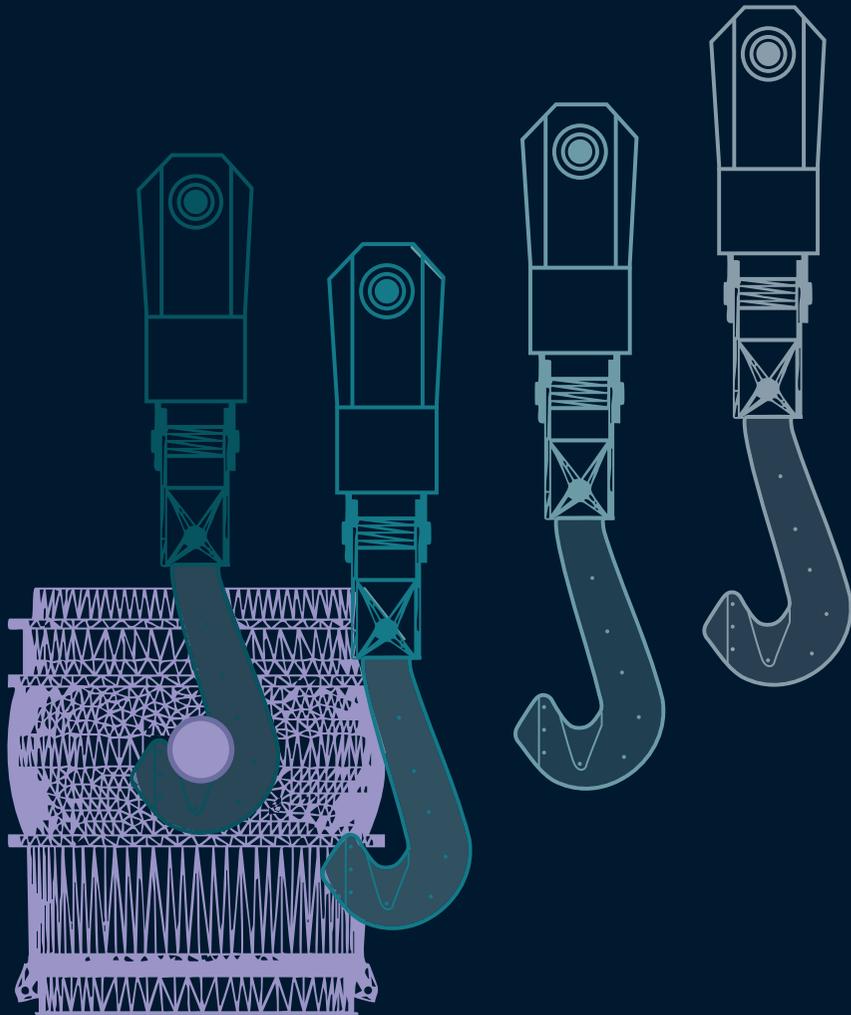


Abbildung:
Detektion der Punktwolke mit anschließendem Geometry-Fitting
von Kranhaken und Traverse (Quelle: Fraunhofer IFF)

Auf Basis dieser Informationen werden der kranführenden Person die genauen Positionen von Kranhaken und aufzunehmender Last in einem Assistenzsystem angezeigt, um Aufnahme- und Absetzvorgänge abzusichern. Durch die Echtzeit-Bereitstellung der Lage- und Kontextinformationen wird die Sicherheit solcher Kranoperationen maßgeblich gesteigert. Das entwickelte Sensor- und Assistenzsystem wird durch Kranbau Köthen ihren Kunden als Nachrüstsystem sowie Zusatzsystem für Neu-Krananlagen angeboten. Das Verfahren ist auf andere Stückgut-Krananlagen übertragbar.

KI-basierte Arbeitsraumanalyse in industriellen Umgebungen

In anderen Projekten im Bereich der Intralogistik produzierender Industrie wurden durch die Forschenden am Fraunhofer IFF Lösungen entwickelt, um aus dynamischen 3D-Daten, KI-basiert Kontextinformationen abzuleiten. Diese können zum Beispiel ortsbezogen Events generieren, die in Steuerungssystemen wie einer Speicherprogrammierbaren Steuerung (SPS) definierte Handlungen auslösen. Der Ansatz, dafür KI-Methoden zu nutzen, resultiert daraus, Menschen und andere bewegte Objekte (zum Beispiel Gabelstapler, AGVs, Ladungsträger) im Arbeitsraum detektieren und voneinander unterscheiden zu können. Gegenüber der oben beschriebenen Lösung ist hier eine deutlich komplexere Erkennung verschiedenster Objekte und Menschen sowie Bewegungszuständen erforderlich.

Schwerpunkte der Entwicklung lagen neben der Auswahl geeigneter Sensorik vor allem auf der Aufbereitung (Annotation) von 3D-Daten für das KI-Training, die Entwicklung von KI-Modellen sowie einer latenzarmen Daten-Pipeline, in der umfangreiche Punktedaten mit mehr als 1 Millionen Punkten innerhalb weniger Millisekunden verarbeitet werden können.



««« KLICK HIER

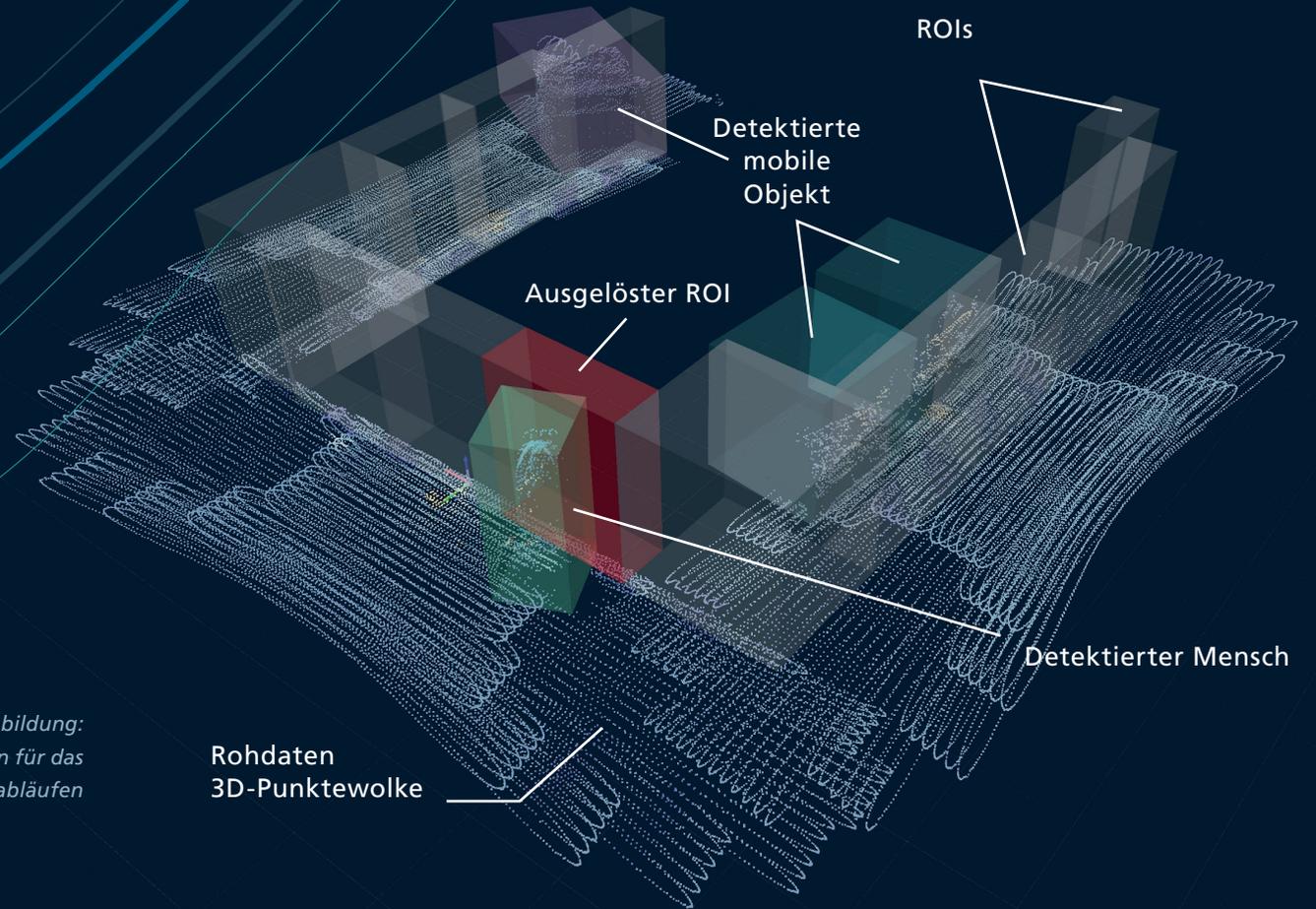


Abbildung:
 KI-basierte Analyse von 3D-Livedaten für das
 automatisierte Prozessverständnis von Prozessabläufen

Die Abbildung zeigt exemplarisch wie KI-basiert Menschen und Betriebsmittel differenziert und im Arbeitsraum lokalisiert werden. Damit können Prozessabläufe nachvollzogen werden (zum Beispiel die korrekte Bereitstellung eines Ladungsträgers) sowie kritische Anwesenheiten von Menschen oder Objekten in definierten Bereichen (sog. ROIs – Region of Interest) kontrolliert werden. Wird beispielsweise ein Mensch in einem ROI detektiert, so wird ein entsprechendes Event generiert und an das Steuersystem weitergegeben.

Die beschriebenen Beispiele verdeutlichen, wie sich in verschiedenen Prozessumgebungen durch Identifikations- und Sensortechnologien erhobene Live-Daten nutzen lassen, um Prozessabläufe smarter zu machen und damit besser steuern und regeln zu können. Dabei spielen über die beschriebenen Beispiele hinaus noch deutlich mehr Technologien zur Erhebung von Livedaten sowie Methoden zur Umwandlung der Daten in nutzenbringende Informationen eine Rolle. Entscheidend für den Erfolg ist es, die für die jeweilige Anwendung am besten geeignete Kombination aus Datenerhebungstechnologien und weiterverarbeitenden Methoden zu verwenden.



«« KLIКK HIER

DATEN GEZIELT ERHEBEN UND SMART NUTZEN

Um Prozesse durchgängig zu digitalisieren und verfügbare Daten smart nutzen zu können, sollten Unternehmen gezielte Maßnahmen ergreifen. Hier sind drei konkrete Empfehlungen, die Ihnen helfen, die Digitalisierung Ihrer Prozesse erfolgreich voranzubringen:

1 Analyse digitaler Lücken und Identifikation geeigneter Technologien:

Schaffen Sie durch digitale Daten Transparenz in Ihren Abläufen. Analysieren Sie, wo Ihnen digitale Daten zu Produkten und Prozessen fehlen und identifizieren Sie, welche Technologien technisch und wirtschaftlich geeignet sind, um Daten zu diesen Produkten und Prozessen zu erheben und an IT-Systeme zu kommunizieren. Nutzen Sie dafür die Expertise von Entwicklungspartnern, die über langjährige Erfahrungen mit verschiedensten Technologien in unterschiedlichen Branchen verfügen.

2 Nutzung von Datenstandards und Datenräumen:

Benutzen Sie Standards für die Strukturierung von Daten, um Ihre digitalen Prozesse zukunftsfähig zu machen. Damit wird insbesondere auch die Austauschbarkeit von Daten und Informationen mit Ihren Partnern gewährleistet, ohne dass für jeden Partner individuelle Datenschnittstellen erforderlich sind. Hier spielen lang etablierte Standards zur Identifikation von Objekten nach ISO oder GS1 eine Rolle, aber auch neu entstehende Formate wie Verwaltungsschalen nach IDTA.

3 Mehrwerte von Daten und Informationen im Blick haben:

Denken Sie daran, dass Daten, die Sie gezielt zu einzelnen Prozessen erheben auch für andere Fragestellungen relevant sein können. Daten haben oft mehrfaches Nutzenpotenzial und können auch für zukünftige Anforderungen wie zum Beispiel das Tracking und Tracing von Abläufen und Produkten oder für LCA-Analysen (Life Cycle Assessment) relevant sein. Oft ergeben sich weitere Mehrwerte durch die Kombination verschiedener verteilt erhobener Daten, um zum Beispiel komplexe Prozessabläufe besser verstehen und somit besser steuern und regeln zu können.

PROZESSABLÄUFE

FRÜHZEITIG UND DURCHGÄNGIG DIGITALISIEREN

Die Verfügbarkeit smarter Livedaten in Unternehmensprozessen und auch entlang von Wertschöpfungsketten steigert die Effizienz sowie die Reaktionsfähigkeit und somit auch die Resilienz von Prozessabläufen. Die in diesem Whitepaper beschriebenen Themen bieten Anschluss an zahlreiche andere Themenfelder – sei es zur standardisierten Erfassung und dem Datenaustausch mittels Verwaltungsschalen, als Grundlage zur Automatisierung von Prozessen oder auch neuen Ansätzen zur KI-basierten Datenauswertung .

Unternehmen, die ihre Prozessabläufe frühzeitig digitalisieren, sichern sich nicht nur einen aktuellen Wettbewerbsvorteil, sondern sind auch besser auf zentrale Herausforderungen unserer Zeit, wie etwa den Fachkräftemangel oder die Transformation zu nachhaltigen Produktionsweisen, vorbereitet.

Die Zukunft der Industrie liegt in der Fähigkeit effizienter, flexibler und sicherer zu produzieren. Dies erfordert nicht nur technologische Innovationen, sondern auch eine Anpassung der Unternehmensstrategien und -kulturen. Unternehmen müssen bereit sein, in neue Technologien zu investieren und gleichzeitig ihre Belegschaft für den Umgang mit diesen Innovationen zu befähigen. Die Zusammenarbeit mit führenden Forschungseinrichtungen wie dem Fraunhofer IFF bietet dabei eine Möglichkeit, die neuesten Entwicklungen zu nutzen und so die eigene Wettbewerbsfähigkeit zu sichern.

Der erfolgreiche Übergang in eine durchgängig digitalisierte Zukunft erfordert Mut zur Veränderung und die Bereitschaft, neue Wege zu gehen. Unternehmen, die diesen Wandel aktiv gestalten, werden nicht nur ihre Marktposition stärken, sondern auch einen nachhaltigen Beitrag zur Weiterentwicklung der Industrie leisten. Die Zukunft gehört denen, die bereit sind, diese neuen Technologien zu integrieren und so die Grundlage für den Erfolg von morgen zu legen.

Kontakt

Sandtorstraße 22
39106 Magdeburg, Deutschland
Telefon +49 391 4090-0
Fax +49 391 4090-596
ideen@iff.fraunhofer.de



Kontaktperson

Dr.-Ing. Olaf Poenicke
Fertigungsmesstechnik und
digitale Assistenzsysteme,
Gruppenleiter IIoT-Lösungen und
Sensornetzwerke

Tel. +49 391 4090-337
olaf.poenicke@iff.fraunhofer.de

An der Umsetzung dieses Whitepapers wirkten außerdem mit:

Hon.-Prof. Dr.-Ing. Klaus Richter
Dipl.-Ing. Martin Kirch

Redaktion

Dr.-Ing. Pio Alessandro Lombardi
Dr. rer. nat. Marina Zempeltzi
M.Sc. Niels Schmidtke
Dr. rer. nat. Aida Hajizadeh
Anita Fricke, M.A.

Grafik/Layout

Maral Hanna-Luft
Bettina Rohrschneider