

I4PE

Technologie-Steckbriefe

Erstellung:

GREAN GmbH | An der Universität 2 | 30823 Garbsen
Tel.: 0511 762 1829 0 | Fax: 0511 762 1829 2

Inhaltsverzeichnis

1	Assistenzsysteme	1
1.1.1	Technische Beschreibung	1
1.1.2	Konsequenzen für das Management	2
1.2	<i>Technologien</i>	3
»	App-Bedienung	3
»	Autonome fahrerlose Transportfahrzeuge	3
»	Exoskelette	3
»	Mensch-Roboter-Kooperation	3
1.2.1	App-Bedienung	3
1.2.2	Autonome fahrerlose Transportsysteme	4
1.2.3	Exoskelette	6
1.2.4	Mensch-Roboter-Kooperation	7
1.2.5	Wearables	7
1.2.6	Pick-to-Light	9
2	Cloud Computing	10
2.1	<i>Technische Beschreibung</i>	10
2.2	<i>Konsequenzen für das Management</i>	11
3	Additive Fertigung	13
3.1	<i>Technische Beschreibung</i>	13
3.2	<i>Konsequenzen für das Management</i>	14
4	Big Data (Analytics)	15
4.1	<i>Technische Beschreibung</i>	15
4.2	<i>Konsequenzen für das Management</i>	16
4.3	<i>Anwendungsgebiete / Best Practice</i>	16
4.4	<i>Arten der Datenanalyse</i>	17
4.4.1	Deskriptive Analyse	17
4.4.2	Diagnostische Analyse	17
4.4.3	Prädiktive Analyse	17
4.4.4	Präskriptive Analyse	17
5	Künstliche Intelligenz	18
5.1	<i>Technische Beschreibung</i>	18
5.2	<i>Konsequenzen für das Management</i>	18
5.3	<i>Anwendungsgebiete / Best Practice</i>	18
6	Sensornetze	19
6.1	<i>Technische Beschreibung</i>	19
6.2	<i>Konsequenzen für das Management</i>	19
6.3	<i>Anwendungsgebiete / Best Practice</i>	20
7	Track and Trace	21
7.1	<i>Technische Beschreibung</i>	21
7.1.1	Optoelektronische Verfahren	21
7.1.2	Sender-Empfänger Systeme	22
7.1.3	Real Time Location Systeme	23

Inhaltsverzeichnis	I
7.1.4 Blockchain-Technologien	25
7.2 <i>Konsequenzen für das Management</i>	25
8 Digitaler Zwilling und Simulationen.....	26
8.1 <i>Technische Beschreibung</i>	26
8.2 <i>Konsequenzen für das Management</i>	26
8.3 <i>Anwendungsgebiete / Best Practice</i>	27
Quellenangaben	28

1 Assistenzsysteme

Assistenzsysteme sind innovative Technologien und Anwendungen, die den Menschen im Betrieb bei der Ausführung seiner Tätigkeiten unterstützen bzw. entlasten und damit zeitliche Vorteile für das Unternehmen schaffen.

Sie können in ihren unterschiedlichen Einsatzgebieten den Mitarbeiter bei körperlich anstrengenden Arbeiten physisch entlasten, durch eingebaute Sensorik der menschlichen Wahrnehmung als Hilfestellung dienen und kognitiv dem Menschen bei der Entscheidungsfindung unterstützen. Derartige Systeme kombinieren menschliche Fähigkeiten, wie Kreativität und Empathie, mit maschinellen Möglichkeiten, wie Ermüdungsfreiheit und Wiederholgenauigkeit. Der Mitarbeiter wird bei der Ausführung seiner Aufgaben gezielt unterstützt, wodurch sich unter anderem eine höhere Prozessgeschwindigkeit, bessere Qualität der Produkte sowie eine geringere Fehlerrate erreichen lassen.

Durch die Weiterentwicklung von mobilen Endgeräten und der Optimierung in der Mensch-Maschine Interaktion, rückt der Mensch zunehmend in den Mittelpunkt in der Zusammenarbeit mit Maschinen. Treiber dieser rasanten Fortschritte sind u. a. neue Entwicklungen im Bereich der Sensorik, Aktorik, maschinelles Lernen und Echtzeitverarbeitung. Maschinen entwickeln sich immer mehr zu Begleitern des Menschen und können sich an seine individuellen Fähigkeiten anpassen.

Das Spektrum an Technologien ist sehr weit gefächert und umfasst unter anderem:

- » App-Bedienung,
- » Autonome fahrerlose Transportsysteme,
- » Exoskelette,
- » Mensch-Roboter-Kooperationen,
- » Wearables,
- » Pick-to-Light-Systeme.

Auch die Einsatzgebiete innerhalb des Unternehmens sind sehr vielfältig, daher lassen sich Assistenzsysteme in fast allen Unternehmensbereichen unterstützend einsetzen. [1, 2]

1.1.1 Technische Beschreibung

Assistenzsysteme bilden ein sehr großes Technologiespektrum ab und können den Mitarbeiter auf unterschiedlichste Weise unterstützen. Es sind die folgenden Arten von Assistenzsystemen zu unterscheiden:

Physische Assistenzsysteme

Physische Assistenzsysteme bieten dem Menschen Hilfestellung bei anspruchsvollen körperlichen Tätigkeiten, beispielsweise indem Bewegungsabläufe durch Maschinenunterstützung vereinfacht und vollständig übernommen werden. Dies kann langfristig die ergonomische Arbeitsgestaltung verbessern und verhindern, dass hohe Beanspruchung durch eine falsche Körperhaltung entsteht.

Der aktuelle Stand der Technik reicht von mechanisch-motorischer Kraftunterstützung und personalisierten Montagearbeitsplätzen für einfache, regelbasierte Arbeitssituationen bis hin zu adaptiven, kollaborativen Robotersystemen für komplexe Produktions-, Montage- und Wartungsprozesse. Dabei erfolgt vor allem eine Unterstützung des Muskel-Skelett-Systems und der Sinnesorgane.

Sensorische Assistenzsysteme

Sensorische Assistenzsysteme unterstützen die 5 Sinne des Menschen, von denen im industriellen Kontext vor allem visuelle („besser sehen“), auditive („besser hören“) und taktile („besser fühlen“) Wahrnehmung relevant sind. Das Spektrum dieses Anwendungsbereichs ermöglicht durch Informationssysteme die Kompensation funktionaler, oft altersbedingter, Veränderungen der menschlichen Sinnesorgane. Beispielsweise kann der Einsatz von Augmented-Reality-Brillen den Mitarbeiter bei der Ausführung seiner Arbeit führen und ihm z. B. digitale Arbeitsanweisungen anzeigen.

Kognitionsunterstützende Assistenzsysteme

Kognitionsunterstützende Assistenzsysteme dienen vor allem der anwendungsgerechten, echtzeitnahen Informationsbereitstellung zur Entscheidungsunterstützung der Beschäftigten. Zudem können derartige Systeme auch eigenständig und vollkommen automatisiert Entscheidungen treffen. Die funktionale Unterstützung ist je nach Unterstützungsgrad vor allem auf die Reaktions-, Denk-, Merk- und Schlussfolgerungsfähigkeit ausgerichtet. Dazu kommen vor allem mobile Endgeräte und interaktive Visualisierungssysteme zum Einsatz. [3]

1.1.2 Konsequenzen für das Management

Assistenzsysteme dienen vor allem der Unterstützung und Entlastung der Mitarbeiter, wodurch diese effizienter und produktiver ihren Aufgaben nachgehen können. Erfolgsversprechend sind die Technologien in ihrem Einsatz allerdings nur, wenn sie mithilfe einer durchdachten Einführungsstrategie implementiert, die betreffenden Mitarbeiter involviert und in der Anwendung geschult werden. Geschieht dies nicht in ausreichender Weise, können sich schnell Vorbehalte aus der Belegschaft gegenüber der neuen Technologie aufbauen. Unabhängig von der Technologie spielen oftmals ganz profane Themen bei der Mitarbeiterakzeptanz eine bedeutende Rolle. So sind das Aussehen und die Attraktivität der Geräte nicht zu unterschätzen. Ein weiteres Akzeptanz-Thema ist, inwieweit die Technologie störungsfrei bedient werden kann und dem Mitarbeiter einen spürbaren Mehrwert bringt. Zu beachten sind neben den Anschaffungskosten auch die Betriebskosten sowie sonstige Aufwendungen, wie für Schulungen und Prozessanpassungen, die je nach Assistenzsystem sehr unterschiedlich hoch ausfallen können.

Weiterhin sollte auch das Thema Datenschutz intensive Beachtung finden. Insbesondere interaktive Assistenzsysteme und Wearables speichern oftmals persönliche Daten wie den Standort und jeden Arbeitsschritt eines Mitarbeiters, sodass theoretisch der Mitarbeiter im Betriebsalltag überwacht werden könnte. Der Umgang mit diesen Daten ist daher strikt zu regeln und sensibel zu gestalten.

Ist ein Assistenzsystem erfolgreich eingeführt und wird sinngemäß genutzt, verspricht es eine deutliche Produktivitätssteigerung und Entlastung der Mitarbeiter. Typische Folgen sind weniger Fehler, höhere Geschwindigkeit und eine bessere Dokumentation während der Arbeit. [4, 5]

1.2 Technologien

Folgende Technologien werden im Folgenden näher betrachtet:

- » App-Bedienung
- » Autonome fahrerlose Transportfahrzeuge
- » Exoskelette
- » Mensch-Roboter-Kooperation
- » Wearables
- » Pick-to-Light

1.2.1 App-Bedienung

Mobile Applikationen („Apps“) sind Softwareanwendungen, die in Form von Programmen mit begrenztem Funktionsumfang auf mobilen Endgeräten lauffähig sind. Eine App mit passender Funktionalität sorgt dafür, dass alle benötigten Informationen dort verfügbar sind, wo sie gebraucht werden, beispielsweise direkt vor Ort an der Maschine in der Produktionshalle. Gleichzeitig können die Daten auch wieder von der Linie oder der Maschine zurück ins System gespielt werden. Das bedeutet für alle Mitarbeiter eine enorme Zeitersparnis, da sie keine Daten mehr manuell aus dem oder in das System übermitteln müssen. So können sie nicht nur schneller auf Probleme reagieren, es gibt auch deutlich weniger Übertragungsfehler und die Datenqualität und -aktualität verbessert sich spürbar. [6–8]

1.2.1.1 Technische Beschreibung und Implementierung

Manche Hersteller bieten bereits Steuerungs-Apps für einzelne Maschinen an. Damit kann aber noch kein Gesamtbild der Produktion abgebildet werden. Daher lohnt es sich für produzierende Unternehmen, in eine umfassende App zu investieren, die nicht nur alle relevanten Informationen bereitstellt, sondern auch einen direkten Zugriff auf angebundene Backend-Systeme ermöglicht.

Eine solche App muss jedoch i.d.R. durch externen Spezialisten programmiert werden, was auch mit einem hohen finanziellen Aufwand einhergeht. Die kostengünstige Alternative hierzu ist die Nutzung einer Konfigurationsplattform für Apps. Wie bei einem Baukasten können Unternehmen auf der Plattform einzelne Funktionen bedarfsspezifisch auswählen und zusammenstellen. Auch das Design lässt sich individuell anpassen – Programmierkenntnisse sind dafür nicht erforderlich. Eine solche Softwareplattform, die als Backend-Konnektor zwischen die mobilen Endgeräte und die unternehmenseigene IT geschaltet ist, ermöglicht zudem die einfache Anbindung wichtiger Systeme wie ERP und PPS. Mit wenig Aufwand und geringen Investitionskosten können so auch mittelständische Unternehmen ihre eigene Fertigungssteuerungs-App erstellen und ihre Produktion damit maßgeblich optimieren.

Die einfache, intuitive und damit leicht erlernbare Bedienung mobiler Apps ist ein großer Vorteil im Vergleich zu komplexen Web-Applikationen, daher lassen sich Apps leicht und schnell in bestehende Prozesse integrieren. Allerdings können aufgrund fehlender Funktionalitäten viele Apps die Vollversionen vieler Anwendungen nicht ersetzen. Dies sollte man vor der Implementierung immer beachten. [7]

1.2.1.2 Anwendungsgebiete/Best Practice

Zu den klassischen Einsatzgebieten von Apps zählen der Vertrieb, die Produktion, Prozessoptimierung und Aktivitäten rund um das Produkt, aber auch in anderen Bereichen lassen sich Apps sinnvoll einsetzen.

» Apps in der Produktion

Eine Wartungs-App kann das Unternehmen bei der Instandhaltung wartungs- und kostenintensiver Maschinen unterstützen sowie Maschinenausfälle und Stillstandzeiten vorbeugen. Für jede Maschine können individuell spezifische Maschinendaten (wie Elektromotoren, Pumpen etc.) und Umgebungsdaten (wie Temperatur, Verschmutzung etc.) eingegeben werden, woraufhin die App beispielsweise die nötige Schmiermittelmenge ermittelt und die passende Schmiermittellösung auswählt. Nach erfolgter Kalkulation können die Ergebnisse als PDF gespeichert und per E-Mail versendet werden. So lässt sich die Wartung der Maschine vor Ort vereinfachen und optimieren.

» Apps im Vertrieb

Der Vertrieb, genauer das Marketing, stellt aktuell einer der häufigsten Einsatzgebiete von Apps dar. Beispielsweise werden Apps als Werbeträger für Produkte und Dienstleistungen, ähnlich einem Werbeprospekt, eingesetzt. Um die App allerdings als Marketingkanal nutzen zu können, muss sie entsprechend weit verbreitet sein, was bei der Vielzahl an Apps nicht von allein geschieht. Vor alle KMU müssen sich deshalb Strategien überlegen, wie die App dem Benutzer tatsächlich einen Mehrwert bietet und somit auch genutzt wird. Darüber hinaus ist zu beachten, dass die Etablierung einer App nur ein Teil der Marketingstrategie sein kann. Die Verbreitung über andere Kanäle und das Vorhandensein einer Website bilden das Fundament der Marketingstrategie, das mit der Einführung einer App erweitert wird. [8–10]

1.2.2 Autonome fahrerlose Transportsysteme

Fahrerlose Transportfahrzeuge (FTF) sind Flurförderzeuge, die intralogistische Transportaufträge automatisch oder sogar autonom ausführen können. Während FTF eigenständige Flurförderzeuge darstellen, können sie als fahrerloses Transportsystem (FTS) mit einer Leitsteuerung vernetzt werden, die die Aufgabenverwaltung übernimmt.

Aus der modernen Logistik sind FTS kaum noch wegzudenken, da sie vielseitig einsetzbar und individuell an die jeweiligen Aufgabengebiete angepasst werden können. So können sie sowohl in Arbeitsbereichen mit Personenverkehr als auch in vollständig automatisierten Arbeitsbereichen eingesetzt werden und sind enorm flexibel. Durch die Automatisierung der Arbeitsabläufe lassen sich für das Unternehmen viele Vorteile erzielen. Zum einen kann die durch den Menschen verursachte Fehlerquote deutlich verringert sowie die Produktivität gesteigert werden. Zusätzlich benötigt ein FTS keine Pause, ist nicht an feste Arbeitszeiten gebunden und kann dementsprechend dauerhaft und rund um die Uhr eingesetzt werden. Somit kann eine kontinuierliche Versorgung mit den gewünschten Gütern jederzeit gewährleistet werden.

In den Bereichen Logistik und Produktion lässt sich durch den Einsatz von FTS enorme Produktivitätssteigerungen erzielen, während sich die Personalkosten in diesen Bereichen signifikant verringern. Das Anwendungsspektrum reicht dabei von Transportfahrzeugen, die im Kleinlagerbereich Waren mit nur wenigen Kilogramm transportieren können, bis hin zu großen Systemen, die mit bis zu 50 Tonnen belastet werden können.

1.2.2.1 Technische Beschreibung und Implementierung

Fahrerlose Transportsysteme weisen die folgenden Bestandteile auf:

- » Fahrerlose Transportfahrzeuge
- » Eine Leitersteuerung
- » Technik zur Standortbestimmung und Lagererfassung
- » Mittel zur Datenübertragung an und von den Fahrzeugen

- » Infrastruktur und periphere Einrichtungen (wie z.B. Ladestationen)

Für eine erfolgreiche Anwendung dieser Technologie ist vor allem die technische Ausführung und Anpassung der einzelnen Bestandteile an unternehmensspezifische Voraussetzungen entscheidend. Es existiert eine Vielzahl an unterschiedlichen Fahrzeugtypen mit passenden Lastaufnahmemitteln. Viele Anbieter bieten darüber hinaus auch individuell an unternehmenseigene Anwendungsgebiete angepasste Modelle an.

Unternehmen, die bereits handgeführte Flurförderzeuge im Betrieb haben, können diese auch nachrüsten lassen und ebenfalls mit der Leitsteuerung verknüpfen. Vorteil dieser kostengünstigen Variante ist, dass die vorhandenen Geräte weiterverwendet werden können und ein handgeführter Betrieb im Bedarfsfall weiterhin möglich ist.

Bei dem Einsatz eines FTS ist die Navigation und räumliche Orientierung der FTF sowie die klare Kennzeichnung von Lagerflächen und Zuordnung der Waren zu bestimmten Lagerflächen von zentraler Bedeutung. Die FTF können sich mithilfe verschiedener Methoden räumlich orientieren und navigieren, die sich allerdings sowohl in ihrer Effizienz als auch in den Investitionskosten voneinander unterscheiden.

- » **Leitlinien im Bodenbereich**

Die Navigation mittels Leitlinien im Bodenbereich ist die einfachste und günstigste Methode. Das Flurförderzeug erkennt den vorgegebenen Weg anhand einer optischen, induktiven oder magnetischen Führung. Allerdings hat dieses kostengünstige System auch Schwächen, da es im Vergleich zu den anderen Systemen nur mit einem deutlich höheren Aufwand gewartet werden kann. Zusätzlich sind auch Veränderungen des Lagers oder der Fahrstrecken mit höherem Aufwand verbunden.

- » **Rasternavigation**

Bei der Rasternavigation werden anhand von in den Boden eingelassenen Transpondern und Magnete optische Raster erzeugt, welche dem Flurförderzeug die Orientierung ermöglichen. Dieses System ist oftmals kapitalintensiver als die Leitliniensysteme, doch lassen sich Wartungen und Veränderungen an den Fahrtwegen mit deutlich geringerem Aufwand durchführen.

- » **Lasernavigation**

Die aktuell modernste, aber auch teuerste Technologie ist die Navigation mittels Laser. Das FTF wird mit einem modernen Laserscanner ausgestattet, welcher anhand von stationären Referenzpunkten im Raum eine enorm exakte Navigation auf allen Fahrtwegen erlaubt. Durch neue Referenzpunkte lassen sich die Fahrtwege sehr einfach und unkompliziert erweitern und verändern. Flurförderzeuge mit einer solchen Navigationseinheit können somit auch problemlos in neuen Lagern und bestehenden Lagerelementen gleichermaßen eingesetzt werden.

- » **GPS**

Werden fahrerlose Transportsysteme in Lagerflächen unter freiem Himmel eingesetzt, kann auch eine Navigation mittels des GPS-Systems erfolgen. Dieses System arbeitet mittels Funkpeilung, ist in seinen Grundwerten jedoch nur auf +/- 10 Meter genau. Erst durch das Differential Global Positioning System (dGPS) lässt sich die Genauigkeit spürbar erhöhen. Wird das dGPS mit Phasenauswertung eingesetzt, ist es auch problemlos möglich fahrerlose Transportsysteme im Außenbereich mittels GPS zu verorten und zu steuern.

1.2.2.2 Anwendungsgebiete/Best Practice

Klassisch deckt ein FTS Aufgaben im Bereich der Intralogistik ab. Dazu zählen die Organisation, Durchführung und Optimierung der Güter-, Waren- und Materialflüsse innerhalb eines Unternehmens.

Just-in-time Montage mit FTS

In einer Montagelinie werden Teile unterschiedlichster Art und Größe zur richtigen Zeit am dafür vorgesehenen Ort benötigt. Mit der Einführung eines FTS, in das unterschiedliche Fahrzeugtypen integriert sind, lässt sich die Zulieferung der benötigten Teile vollständig automatisieren. Die Leitsteuerung ordnet den unterschiedlichen Fahrzeugtypen die Transportaufträge je nach Größe der zu transportierenden Teile zu und koordiniert die Warenströme, sodass eine zuverlässige Just-in-Time Belieferung ermöglicht wird. Nach Meldung eines Bedarfs wird der Auftrag direkt an ein freies FTF weitergegeben und umgehend ausgeführt. Durch die Übernahme der körperlich anstrengenden Tätigkeiten, wie der Beladung der Flurförderzeuge und Belieferung der Montage durch das FTS, werden die Mitarbeiter entlastet und können an anderer Stelle produktiv eingesetzt werden. Durch die Einsparung der Personalkosten und die Erhöhung der Produktivität in der Intralogistik ergibt sich oftmals eine Amortisationszeit von unter zwei Jahren. [11]

Automatisiertes Lager

Ein bestehendes Lager kann durch die Nachrüstung der Flurförderzeuge vollständig automatisiert werden. Dabei können die ausgereiften Seriengeräte verwendet werden, die mit entsprechenden Automatikkomponenten ergänzt und mit der Leitsteuerung verbunden werden. Mithilfe von Leitdrähten und Transpondern im Boden und im Regal wird eine schnelle und effiziente Orientierung im Lager sichergestellt. Durch die eingebauten Stromschienen am Regal kann das FTF (z.B. ein automatisierter Schmalgangstapler) ohne Pausen rund um die Uhr eingesetzt werden und die ihm zugeordneten Transport- und Lageraufgaben zuverlässig abarbeiten. [12]

1.2.3 Exoskelette

Exoskelette sind am Körper getragene Stützstrukturen, die durch eine (elektro-)mechanische Unterstützung die Belastung auf den Körper reduzieren und die Gefahr von Verletzungen verringern. Beispielsweise können Exoskelette bei Überkopfarbeiten das Gewicht der Arme ableiten oder sie beim Heben von schweren Gegenständen unterstützen. Exoskelette können dementsprechend überall dort eingesetzt werden, wo menschliche Arbeit nicht ergonomisch gestaltet werden oder nicht sinnvoll durch Robotik-Systeme ersetzt werden kann.

Die Entwicklung der Exoskelette befindet sich allerdings noch in einem frühen Stadium. Erste Unternehmen beginnen jedoch mittlerweile den Einsatz im Regelbetrieb.

1.2.3.1 Technische Beschreibung und Implementierung

Grundsätzlich wird unterschieden zwischen passiven und aktiven Exoskeletten:

Passive Exoskelette unterstützen den Träger ausschließlich durch mechanische Hilfsmittel, wie beispielsweise Feder- oder Seilzugsysteme, die auftretende Belastungen wie eine Art Gegengewicht abfangen und so in Energie umwandeln. Speziell beim Heben schwerer Lasten kann die Belastung für den Arbeiter um bis zu 40 % reduziert werden.

Aktive Exoskelette bieten zusätzlich eine externe Kraftunterstützung durch Elektromotoren oder pneumatische Systeme, die an den Gelenken des Trägers einwirken. Diese Systeme erlauben einen wesentlich höheren Unterstützungsgrad. Die zusätzliche Kraft kann allerdings nur bei einem deutlich höheren Eigengewicht des Anzuges aufgrund von Motoren und der Energieversorgung durch Akkus erreicht werden. Diese Energieversorgung ist zwingend erforderlich, was den Einsatz des Anzuges im Akkubetrieb zeitlich begrenzt.

Die entscheidende Frage ist allerdings, ob die Systeme tatsächlich den Körper unterstützen oder lediglich die Last verteilen, da die Belastungen meistens an anderer Stelle wieder in den Körper geleitet

werden. Aufgrund der Neuheit der Technik, gibt es noch keine Einschätzungen, welche Auswirkungen die veränderte Verteilung der Last auf den menschlichen Körper haben. [13–20]

1.2.4 Mensch-Roboter-Kooperation

Die Mensch-Roboter-Kooperation (MRK) beschreibt die unmittelbare Zusammenarbeit von Mensch und Roboter im gemeinsamen Arbeitsraum ohne trennende Schutzeinrichtungen. Der Mensch steuert und überwacht die Produktion, der Roboter übernimmt die körperlich anstrengenden Arbeiten. Dabei steht die Steigerung der Produktivität und Effizienz durch Zusammenführung der Stärken von Menschen, wie dessen kognitiven Fähigkeiten und hohe Flexibilität, und den Alleinstellungsmerkmalen von Robotern, wie hohe Handhabungslasten und Präzision bei nahezu unbeschränkter Betriebslaufzeit, im Vordergrund. Eine wichtige Aufgabe dabei ist, die richtige Organisation der Teamarbeit zwischen Mensch und Roboter zu finden, sodass beide sich optimal ergänzen. [21–24]

1.2.4.1 Technische Beschreibung und Implementierung

Das Spektrum bei der Zusammenarbeit von Mensch und Roboter reicht von der klassischen Roboterzelle, bei der der Roboter hinter einem Schutzzaun untergebracht bis hin zu kollaborierenden Robotern, die mit dem Werker zusammen gleichzeitig eine Aufgabe an demselben Bauteil durchführen.

1.2.4.2 Anwendungsgebiete/Best Practice

Wo eine Vollautomatisierung von Produktions- oder Montagelinien zu teuer oder nur bedingt umsetzbar ist, bietet es sich an, Teilprozesse herauszulösen und sie zwischen Mensch und Roboter aufzuteilen. Dadurch wird eine gleitende Automatisierung in vielen praktischen Anwendungsfällen interessant, deren vollständige Automatisierung bisher unrealistisch oder unwirtschaftlich erschien. Zudem können Werker im Bedarfsfall umgehend eingreifen und die Gesamtverfügbarkeit der Anlage erhöhen, indem Komplettstillstände vermieden werden.

Auch zur Übernahme monotoner Tätigkeiten, die eine hohe Präzision erfordern, eignet sich die Mensch-Roboter-Kooperation, ebenso für konzentrationsintensive und mitunter gefährliche Tätigkeiten, die von einem Produktionsassistenten übernommen werden können. Dadurch werden Facharbeiter entlastet und die Fertigungsqualität verbessert, weil sich typische Fehler in Folge der Monotonie bei einem Roboter nicht einschleichen.

1.2.5 Wearables

Wearables sind Geräte, die zur Anwendung am Körper getragen werden können und in die ein Computer eingebaut ist. Im Vergleich zum mobilen, tragbaren Computer zeichnen sie sich dadurch aus, dass der Anwender bei seinen Tätigkeiten unterstützt wird, ohne dass er bei der Durchführung seiner Kernaufgabe abgelenkt oder seine Aufmerksamkeit an etwas Unwichtigem gebunden wird. Vor allem bei händischer Arbeit soll der Mitarbeiter durch den Einsatz von Wearables dauerhaft beide Hände zur Ausführung seiner Tätigkeit frei haben und nicht durch die Nutzung von beispielsweise Handskannern oder anderen tragbaren Endgeräten eingeschränkt werden. Wearables sollen daher eigenständig spezielle Tätigkeiten und Abläufe erkennen und den Mitarbeiter mit einer bedarfsgerechten Bereitstellung verschiedener Dienste unterstützen. [25]

1.2.5.1 Technische Beschreibung und Implementierung

Ein Wearable Computing System setzt sich in der Regel aus vier Komponenten zusammen: eine Systemeinheit, ein Energiespeicher und dem Ein- bzw. Ausgabegerät.

Im Zentrum steht die Systemeinheit, welche Prozessor, Grafikkarte, Speicher sowie Schnittstellen zum Anschluss entsprechender Peripheriegeräte enthält. Der Energiespeicher sorgt für eine mobile Benutzung des Systems und ist ebenfalls integriert. Zur Informationsausgabe dient in den meisten Fällen eine

visuelle Anzeige in Form eines Displays, das beispielsweise am Arm des Anwenders befestigt werden kann oder mithilfe einer Datenbrille direkt im Sichtfeld eingebracht wird. Kombiniert oder auch als einzige Ausgabefunktion, kann der Benutzer auch über eine akustische Schnittstelle, wie einem Kopfhörer, mit dem System verbunden sein. Damit der Anwender seinerseits mit dem System kommunizieren kann, verfügen die Systeme über Tastaturen oder Scanner, die am Arm befestigt werden können. Andere Systeme können über Sprach- oder Gestensteuerung verfügen.

Bei der Einführung von Wearables ist vor allem die Akzeptanz der Benutzer von großer Bedeutung, da die Geräte direkt am Körper getragen werden und die Arbeitsweise unmittelbar beeinflussen. Dabei sind fünf wesentliche Faktoren zu nennen. Der erste Faktor ist die Tragbarkeit selbst. Das System muss an das natürliche Verhalten der benutzenden Person angepasst und in seine üblichen Arbeitsabläufe integriert sein. Es sollte die Mobilität der benutzenden Person fördern und nicht beeinträchtigen. Der zweite Faktor ist die Benutzerfreundlichkeit. Die Systeme müssen einfach bedienbar und unaufdringlich sein. Der dritte Faktor ist eine überzeugende ästhetische Gestaltung. Sofern Teile des Systems sichtbar sind, sollten sie den ästhetischen Vorstellungen der benutzenden Person entsprechen. Weder das Mitführen noch das Benutzen des Systems darf aus ästhetischen Gründen unangenehm oder gar peinlich sein. Der vierte Faktor ist die Funktionalität. Das System muss einen erkennbaren Mehrwert für die benutzende Person bieten. Verfügbarkeit und Leistungsfähigkeit müssen den Anforderungen der Person genügen. Der fünfte Faktor ist der Preis für die Beschaffung und Unterhaltung des Wearable Systems.

Die Investitionskosten und der Implementierungsaufwand für die verschiedenen Wearable Technologien unterscheiden sich stark voneinander. So ist beispielsweise die Implementierung von Datenbrillen teurer und aufwändiger als die von einfachen Datenhandschuhen. [26, 27]

1.2.5.2 Anwendungsgebiete/Best Practice

Die Vielfalt an unterschiedlichen Wearable Technologien ist riesig. Das Spektrum reicht von Datenbrille und Headset über Datenhandschuh, Smart Watch und NFC Ring, bis zu einem Magic Shoe. Im Folgenden werden einige Technologien kurz vorgestellt.

Datenbrille

Mithilfe einer Datenbrille wird das natürliche Sichtfeld über ein transparentes Display oder Laserprojektion im Auge des Anwenders mit zusätzlichen Informationen erweitert. Über WLAN, Bluetooth oder in Verbindung mit dem Smartphone kann die smarte Brille Informationen mit anderen Systemen austauschen. Die Meldungen werden häufig symbolisch oder in Form von Piktogrammen dargestellt, um dem Anwender zu unterstützen, ohne ihn zu sehr abzulenken.

Datenbrillen lassen sich vor allem im Support, bei einer Live Anleitung, für Zusatzinformationen während des Arbeitsprozesses oder zur Navigation sinnvoll einsetzen. Dabei ist die hohe Flexibilität durch die Ortsungebundenheit und freie Hände zum Ausführen von Tätigkeiten ein großer Vorteil. Damit Datenbrillen produktiv genutzt werden können, benötigt der Anwender allerdings eine umfangreiche Schulung, um sich mit den Funktionen und Applikationen vertraut zu machen. Nachteile entstehen dem Anwender vor allem durch das leicht eingeschränkte Sichtfeld, weshalb es verboten ist mit Datenbrille ein Fahrzeug zu steuern. Zusätzlich tritt teilweise eine Mehrbelastung des Trägers durch die notwendige erhöhte Aufmerksamkeit auf.

Datenhandschuh

Bei einem Datenhandschuh handelt es sich um einen mit Sensoren ausgestatteten Handschuh, der mit einem kleinen Computer verbunden ist. Durch die Bestimmung der Position und Lage des Handschuhs relativ zur Umgebung sowie der Fingerstellung interpretiert der Handschuh einprogrammierte Befehle. Eingesetzt werden kann ein solcher Handschuh vor allem im Zusammenspiel mit Virtual Reality (VR)

oder in lauten Umgebungen, in denen Sprache kein sinnvolles Kommunikationsmittel darstellt. Allerdings erfordert der Umgang mit dieser Technologie viel Übung, da das Zusammenspiel von VR und Datenhandschuh kompliziert ist und ein umfangreiches Verständnis der Technologie voraussetzt.

1.2.6 Pick-to-Light

Mit der Einführung einer Pick-to-Light-Kommissionierung wird jedes Lagerfach mit einer Leuchteinheit versehen, die dem Kommissionierer den nächsten Pickplatz anzeigt. Hierdurch kann die Fehlerquote verringert und die Kommissioniergeschwindigkeit gesteigert werden. Beginnt der Kommissionierer mit der Bearbeitung eines Auftrags, signalisieren ihm die Leuchteinheiten durch Blinken oder permanentes Leuchten die anzulaufenden Regalfächer. Auf einer elektronischen Fachanzeige wird die Pickmenge angezeigt, dessen Entnahme der Kommissionierer durch Bestätigen einer Taste an der Pick-to-Light-Einheit quittiert. Zusätzlich hat der Kommissionierer die Möglichkeit durch weitere Tasten eine Mengenkorrektur der im Fach befindlichen Artikel durchzuführen, wodurch er auch eine Inventuraufgabe übernimmt.

Wird in einem großen Lager mit einer Vielzahl an unterschiedlichen Teilen belegorientiert mit Papierlisten gearbeitet, müssen die Mitarbeiter sehr gute Kenntnisse über die einzelnen Positionen im gesamten Lager haben. Die Anlernung kann dabei je nach Lagergröße teilweise Monate dauern. Zudem lassen sich Fehler, die erst zu einem späteren Zeitpunkt auffallen, nicht immer vermeiden. Durch die Einführung eines Pick-to-Light-Systems kann den Mitarbeitern eine intuitive Orientierungshilfe geboten werden, wodurch die lange Anlernzeit fast vollständig entfällt. Die Mitarbeiter müssen nicht mehr alle Positionen im Kopf haben, sondern werden mithilfe der Lichtsignale zu den richtigen Entnahmepunkten geleitet. Neben der verringerten Anlernzeit kann somit auch die Fehlerquote reduziert und die Produktivität, durch den Wegfall von überflüssigen Wegen infolge von Suchen, gesteigert werden. [28, 29]

1.2.6.1 Technische Beschreibung und Implementierung

Jeder Lagerort wird mit einer Leuchteinheit und einer (alpha-)numerischen Fachanzeige ausgestattet, die über oder unter dem Bereitstellungsplatz angeordnet und mit einem Rechner verbunden ist. Die Anzeige besteht aus einer Anzeigeeinheit, durch die der Kommissionierer die Mengenangabe erhält, einer Bedientaste zur Orientierung sowie Korrekturtasten mit denen die Entnahmemenge angepasst werden kann.

Pick-to-Light-Systeme lassen sich neben dem direkten Einbau in neue Lagerstätten auch bequem in bereits bestehenden Lagern nachrüsten. Die nötigen Bausteine werden einfach pro Regalzeile aneinandergesteckt und am Regalrahmen auf einem Trägerprofil befestigt.

1.2.6.2 Anwendungsgebiete/Best Practice

Pick-to-Light-Systeme werden typischerweise zur Kommissionierung in Lagern mit schnell drehenden Waren und Durchlaufregalen, in denen jeder Kommissionierer seinen eigenen Entnahmebereich hat, eingesetzt. So sind die aufleuchtenden Lampen immer eindeutig einem Mitarbeiter zuzuordnen. Sind doch einmal mehrere Kommissionierer in einem Bereich tätig, können Leuchteinheiten mit unterschiedlichen Farben verwendet werden. So ist Kommissionierer A beispielsweise nur die Farbe Rot und dem Kommissionierer B die Farbe Grün zugeordnet. [28–30]

2 Cloud Computing

In einer Cloud (dt.: Datenwolke) können Computingressourcen über das Internet bereitgestellt werden. Die Einsatzmöglichkeiten gehen dabei über die Nutzung eines Online-Speicherplatzes (wie z.B. OneDrive) hinaus. Das Unternehmen kann über das Internet beispielsweise ein Server, Datenbanken, die neuste Software sowie Analyse- und andere intelligente Funktionen nutzen. Dies kann die IT-Infrastruktur von kleinen und mittelständischen Unternehmen im Bedarfsfall unterstützen und erweitern oder sogar ersetzen.

Die Beschaffung und der Unterhalt neuer IT-Systeme ist oft mit großen Kosten und Aufwand verbunden, wie beispielsweise die Durchführung von Wartungsarbeiten und die stetige Aktualisierung der Sicherheitsvorkehrungen. Bei der Nutzung von Cloudbasierten Ressourcen zahlt der Benutzer in der Regel nur für die Dienste, die er auch wirklich benutzt. Aufwendige Wartungs- und Aktualisierungsarbeiten werden vom Systemhost übernommen.

Allerdings ist bei der Entscheidung für eine Cloud genau darauf zu achten, welche Art von Cloud und Clouddiensten sowie welcher der vielen Anbieter genutzt werden soll, damit die Umstellung auf Online-Ressourcen dem Unternehmen einen wirklichen Mehrwert bringt.

2.1 Technische Beschreibung

Es gibt verschiedene Arten der Cloud-Bereitstellung und der Clouddienste, die jeweils Vor- und Nachteile ausweisen und für unterschiedliche Anwendungsfälle eingesetzt werden.

Arten der Cloud-Bereitstellung

Für die Bereitstellung von Clouddiensten gibt es drei Möglichkeiten: öffentliche Cloud, private Cloud und Hybrid Cloud. Da nicht jede Bereitstellungsart für jedes Unternehmen sinnvoll ist, müssen die Vor- und Nachteile für jedes Unternehmen individuell abgewägt werden.

Öffentliche Cloud

Bei einer öffentlichen Cloud werden die Computingressourcen nicht nur einzelnen Organisationen, sondern einer Vielzahl von Anwendern über das Internet zur Verfügung gestellt. Kunden können Services wie Rechenleistung, Infrastruktur, Speicherplatz oder Anwendungen mieten und über einen Webbrowser abrufen. Dabei verbleiben allerdings stets alle Komponenten im Besitz externer Cloudanbieter, die die Cloud betreiben und verwalten. Die Abrechnung der Leistungen erfolgt nutzungsbezogen. Kunden zahlen nur für die vom Provider bereitgestellten Leistungen, die sie tatsächlich in Anspruch nehmen.

Private Cloud

Bei einer privaten Cloud werden Computingressourcen exklusiv für ein Unternehmen bereitgestellt. Die Cloud kann sich lokal auf firmeneigenen Rechnern befinden oder von externen Dienstleistern gehostet werden. Hier werden die Anwendungen und Infrastrukturkomponenten im privaten Netzwerk verwaltet und sind nicht für die Allgemeinheit über das Internet zu erreichen. Der Zugriff auf die Cloud Services erfolgt entweder über das abgegrenzte Intranet oder über ein abgeschlossenes Virtual Private Network (VPN). Dadurch bietet diese Art der Cloud-Bereitstellung ein hohes Maß an Kontrolle und Sicherheit.

Hybrid Cloud

Hybrid Clouds stellen eine Kombination aus öffentlicher Cloud und privater Cloud dar, die die jeweiligen Vorteile der beiden Arten verbinden. Die Hybrid Cloud ermöglicht es Daten und Anwendungen zwischen privaten und öffentlichen Clouds zu bewegen. Datenschutzkritische Dokumente können sicher in der privaten Cloud abgelegt werden. Für unkritische Daten bietet die öffentliche Cloud volle

Flexibilität, da sie über das Internet von überall erreichbar ist und die Rechen- und Speicherkapazität im Bedarfsfall nahezu in Echtzeit hochskalierbar ist. Damit lassen sich selbst unvorhergesehene Lastspitzen leicht abdecken, ohne hohe Investitionskosten für Hard- und Software aufwenden zu müssen.

Arten der Clouddienste

Neben den unterschiedlichen Arten der Cloud-Bereitstellung, gibt es auch verschiedene Arten von Cloud-Diensten. Die meisten Cloud Computing-Dienste lassen sich in drei grundlegende Kategorien unterteilen: Infrastructure-as-a-Service (IaaS), Platform-as-a-Service (PaaS) und Software-as-a-Service (SaaS):

Infrastructure-as-a-Service (IaaS)

Dies ist die einfachste Kategorie von Cloud-Computing, da der Cloud Provider als Service die gesamte Recheninfrastruktur zur Verfügung stellt, wartet und pflegt. Zu den Komponenten der bereitgestellten Infrastruktur gehören beispielsweise Server, Rechenkapazitäten, Kommunikationsgeräte wie Router oder Firewalls sowie Systeme zur Sicherung von Daten.

Optimal eignet sich IaaS für Anwendungen mit stark schwankendem Bedarf an Server-, Netzwerk- oder Speicherkapazität. Daher ist es besonders für kleine und mittelständische sowie schnell und dynamisch wachsende Unternehmen eine interessante Alternative zum Kauf und Betrieb eigener Hardware.

Platform-as-a-Service (PaaS)

Platform-as-a-Service baut auf dem Konzept von IaaS auf und fügt noch ein weiteres Feature hinzu. Der Cloudservice ist mit allem ausgestattet, was für die Entwicklung, Tests und Bereitstellung von Softwareanwendungen benötigt wird. So wird eine Umgebung bereitgestellt, in der eine schnelle Entwicklung von beispielsweise Apps zur webbasierten oder mobilen Anwendung möglich ist. Dabei entfällt die zeit- und kostenintensive Einrichtung, Verwaltung sowie Wartung der zugrundeliegenden Infrastruktur.

Software-as-a-Service (SaaS)

Software-as-a-Service kann als ein Vertriebsmodell zur Bereitstellung von Softwareanwendungen über das Internet beschrieben werden. Die Bereitstellung erfolgt je nach Bedarf und in der Regel in Form eines Abonnements. Nutzer verwenden Bürosoftware, wie beispielsweise die Office-Lösungen von Microsoft (Office 365), online über den Webbrowser. Daraus ergibt sich der Vorteil, dass die Software nicht installiert werden muss und das Investitionsrisiko entfällt. Teure Softwarelizenzen müssen nicht gekauft werden, sondern werden über den SaaS-Betreiber über den Nutzungszeitraum abgerechnet. Die Nutzer können in der Regel von Smartphones, Tablets und Desktop-PCs von überall auf die Software zugreifen, sofern eine Internetverbindung besteht.

Bei der Implementierung einer Cloud-Lösung muss also im Vorfeld ausführlich abgewägt werden, welche Art der Cloud-Bereitstellung und welche Art des Cloud-Dienstes zum eigenen Unternehmen und den vorgesehenen Anwendungen passt. [31–36]

2.2 Konsequenzen für das Management

Die Nutzung von cloudbasierten Ressourcen kann KMU viele Vorteile gegenüber einer unternehmens-eigenen IT-Infrastruktur bringen. Bei der Umstellung auf eine Cloud müssen allerdings vorher die unternehmensspezifischen Vor- und Nachteile abgewägt werden, da sich neben den Chancen auch einige nicht zu vernachlässigbare Risiken ergeben.

Chancen

Einer der größten Vorteile von Cloud-Lösungen ist die Skalierbarkeit der IT-Infrastruktur. Selbst zu Spitzenzeiten kann sichergestellt werden, dass die Mitarbeiter immer auf die benötigten Daten und Anwendungen zugreifen können, während in Zeiten geringen Bedarfs ungenutzte Rechenkapazität und Speicherplatz vermieden wird. Dies kann erhebliche Kostenvorteile bieten, da Anschaffung, Betrieb und Wartung einer unternehmenseigenen IT wegfällt. Die Kosten für die Cloud-Ressourcen ergeben sich in der Regel nach Höhe der tatsächlichen Nutzung.

Das Cloud-Computing eröffnet den Unternehmen ganz neue Arbeitsmodelle, da auf die Daten und Anwendungen über einen Internetanschluss von überall zugegriffen werden kann. Dies ermöglicht den Zugriff bei auswärtigen Kundenterminen und Dienstreisen sowie die mobile Arbeit von zu Hause. Arbeitsmodelle, die Home Office vorsehen können hiermit umgesetzt werden und den Mitarbeiter entlasten.

Die Entwicklungszyklen von Hard- und Software werden immer schneller. Daher kann es für KMU zunehmend zu einer (finanziellen) Belastung werden, die IT auf dem neusten Stand zu halten, um schwerwiegende Sicherheitslücken zu vermeiden. Bei der Nutzung von IT-Komponenten, bereitgestellt über eine Cloud, ist der Cloud Provider für die Wartung und Aktualisierung sowie Bereitstellung der neusten Software zuständig.

Risiken

Die Möglichkeit der Nutzung uneingeschränkter Ressourcen über die Cloud, kann Unternehmen dazu verleiten, mehr Leistung zuzukaufen, als sie tatsächlich benötigen. Zusätzlich werden oftmals ausschließlich Cloud-Pakete angeboten, die ein festgelegte Rechenleistung und Speicherkapazität beinhalten. Im Fall, dass viel Speicher benötigt wird, aber gleichzeitig nicht so viel Rechenleistung, bleibt diese ungenutzt. Daher ist auf ein abgestimmtes Cloud-Paket oder eine Bezahlung, die sich nach tatsächlicher Benutzung der Ressourcen richtet, zu achten.

Standortunabhängige Arbeit, beispielsweise im Home Office, kann bei einer optimalen Internetverbindung durchaus ein Vorteil sein, sich aber bei schlechter Verbindung zu einem schwerwiegenden Nachteil entwickeln. Ohne eine gewisse Bandbreite kann der Mitarbeiter in seiner Arbeit stark eingeschränkt werden oder diese gar nicht mehr ausführen.

Ein weiteres Risiko besteht im Datenschutz und der Abhängigkeit von Cloud Providern. Alle europäischen Cloud-Anbieter unterliegen den strikten Bestimmungen der DSGVO. Viele Anbieter agieren jedoch aus dem EU-Ausland und sind nicht an diese Bestimmungen gebunden. Hier ist Vorsicht bei der Auswahl des Anbieters geboten, um datenschutzrelevanten Dokumente und Firmengeheimnisse zu schützen. Zusätzlich verbleibt je nach Cloud-Modell die Infrastruktur oder auch Software im Besitz des Providers. Eine zu große Abhängigkeit von einem Anbieter sollte hier vermieden werden. [37]

3 Additive Fertigung

Unter Additiver Fertigung, auch als Generative Fertigung oder 3D-Druck bezeichnet, werden alle Fertigungsverfahren zusammengefasst, bei denen dreidimensionale Gegenstände durch schichtweises Auftragen von Materialien erzeugt werden. Der Gegenstand wird anhand einer CAD-Konstruktion automatisiert Schicht für Schicht erstellt und grenzt sich dadurch von Subtraktiven Fertigungsverfahren (wie Fräsen oder Drehen) und Formativen Fertigungsverfahren (wie Gießen oder Schmieden) ab. Der 3D-Druck gilt als Schlüsseltechnologie innerhalb der Industrie 4.0, da bei dem Einsatz dieses Fertigungsverfahrens die Prozesskette zur Erstellung der Produkte vollständig digitalisiert werden kann und damit prädestiniert ist, die Chancen und Möglichkeiten von Industrie 4.0 zu nutzen. Zusätzlich ermöglicht diese Technologie, kleine Losgrößen wirtschaftlich herzustellen sowie auf individuelle Kundenwünsche schnell und flexibel zu reagieren.

3.1 Technische Beschreibung

Zu Additiver Fertigung zählen unterschiedliche Fertigungsverfahren, die die Verwendung von zahlreichen Materialien ermöglichen und dabei auf verschiedene chemische und physikalische Schmelz- bzw. Härtingsprozesse zurückgreifen. Zu den verbreitetsten Verfahren zählen das „Fused Layer Manufacturing (FLM)“, „Selektives Lasersintern (SLS)“, „Selektives Laserschmelzen (SLM)“ sowie „Stereolithographie (SLA)“.

Stereolithographie (SLA)

Stereolithographie ist die älteste Technologie der additiven Fertigung und beruht auf dem Prinzip der Polymerisation. Ein zunächst flüssiges, monomeres Harz (z.B. Epoxid- oder Acrylharz) wird schichtweise aufgetragen und mittels UV-Strahlung (durch Polymerisation) lokal ausgehärtet. Dabei existieren verschiedene Arten der Erzeugung der UV-Strahlung, beispielsweise ist hier ein UV-Laserstrahl zu nennen. Mittels Laser-Stereolithographie werden Teile mit sehr guten Oberflächen und feiner Detaillierung sowie hoher Fertigungsgenauigkeit hergestellt. Der Laserstrahl erzeugt die Kontur und sorgt zeitgleich für die Aushärtung jeder Schicht und die feste Verbindung zu der vorherigen Lage. Einschränkungen dieser Technologie ergeben sich, da ausschließlich Kunststoffe und Harze verwendet werden können, die unter UV-Einstrahlung aushärten. Zusätzlich können ausschließlich einfarbige Modelle gefertigt werden und im Vergleich zu anderen Verfahren wird nur eine relativ geringe Fertigungsgeschwindigkeit erreicht.

Selektives Lasersintern (SLS)

Als (Selektives) Lasersintern wird das selektive Schmelzen eines thermoplastischen Pulvers durch Lasereinstrahlung und die Rückverfestigung des Materials zu einer festen Schicht genannt. An den Stellen, an denen der Laserstrahl auf das Pulver trifft, werden die Partikel örtlich aufgeschmolzen und erstarrten, nachdem der Laserstrahl weitergewandert ist. Die Bezeichnung Lasersintern wird bevorzugt für Maschinen verwendet, die Kunststoffe verarbeiten. Materialarten wie Metalle und Keramiken können ebenfalls verarbeitet werden. Die Maschinen zur Bearbeitung der verschiedenen Materialien sind grundsätzlich sehr ähnlich und werden durch Softwareanpassungen und eventuell kleinere Hardwareänderungen an die verschiedenen Materialien angepasst. Gesinterte Kunststoffteile verfügen über Eigenschaften, die denen von Kunststoff-Spritzgussteilen nahekommen. Allerdings weisen die Produkte leicht raue Oberflächen auf, es sind ausschließlich einfarbige Modelle möglich und die Fertigungsgeschwindigkeit ist relativ langsam.

Selektives Laserschmelzen (SLM)

Das (Selektive) Laserschmelzen ist dem Lasersinter-Prozess grundsätzlich sehr ähnlich, wurde aber speziell zur Herstellung sehr dichter metallischer Bauteile entwickelt. Ein Faserlaser mit sehr hoher Strahlqualität schmilzt das Material vollständig auf und erzeugt damit ein örtliches Schmelzbad, das nach dem Erstarren zu einem dichten Material führt. In allen metallverarbeitenden Maschinen ist ein breites

Spektrum von Metallen einsetzbar: Kohlenstoffstähle, rostfreie Stähle, CoCr-Legierungen, Titan, Aluminium, Gold sowie herstellereigene Legierungen.

Fused Layer Manufacturing (FLM)

Fused Layer Manufacturing (FLM), auch als Fused Deposition Modeling (FDM) bezeichnet, beschreibt die schichtweise Auftragung extrudierter Kunststoffe. Aus technischer Sicht entspricht FLM damit einem Extrusionsprozess. Ein vorgefertigter, dünner Kunststoffdraht (Filament) wird dem Extruderkopf kontinuierlich zugeführt, in geheizten Düsen aufgeschmolzen und durch die Düse extrudiert. Für diese Technologie sind zahlreiche Kunststoffmaterialien erhältlich, beispielsweise Konstruktionsmaterialien wie ABS und PC sowie eine Vielzahl an Farben. Die gefertigten Bauteile weisen charakteristische Eigenschaften von Spritzgussteilen sowie eine typische Oberflächenstruktur auf, die vom Extrusionsprozess herrührt. Abhängig von der Schichtdicke und der Ausrichtung des Teils in der Fertigungskammer, sind die Oberflächenstrukturen mehr oder weniger deutlich sichtbar und Stützstrukturen notwendig. Insgesamt zeichnet sich FLM als eine kostengünstige Fertigungstechnologie aus, mit der allerdings nur eine mittlere Fertigungsgenauigkeit erreicht werden kann.

Weitere Verfahren innerhalb der additiven Fertigung sind das Layer Laminate Manufacturing (LLM) und das Pulver-Binder-Verfahren.

Neuere Entwicklungen ermöglichen zusätzlich Mehrkomponentenverfahren, bei denen das simultane Drucken von Kunststoffen unterschiedlicher Härte und Farbe möglich ist, sowie Hybridverfahren, bei denen die additive Fertigung mit anderen Fertigungstechnologien (z. B. Fräsen) kombiniert wird. Dadurch muss das Werkstück nur einmal eingespannt werden, was zu einer höheren Genauigkeit in der Bearbeitung beitragen kann.

3.2 Konsequenzen für das Management

Welche Produkte sind für die Herstellung in einem 3D-Drucker geeignet? Und wie muss gegebenenfalls die Produkt- und Produktions-Strategie angepasst werden? Das sind entscheidende Fragen bei der Einführung von Additiven Fertigungssystemen. Im Zentrum der Überlegungen stehen natürlich die Produkte. Welche wirtschaftlichen Potentiale ergeben sich und können bzw. müssen die Produkte im Design an die Voraussetzungen der additiven Fertigung angepasst werden? Werden verschiedene Varianten konstruiert, ist es in der Regel nur ein Wechsel der digitalen Konstruktionszeichnung im Hintergrund des Produktionsprozesses, um schnell auf eine Nachfrage zu reagieren. Somit kann unmittelbar auf individuelle Kundenwünsche eingegangen und eine größere Variantenvielfalt angeboten werden, beides zentrale Wettbewerbskriterien der heutigen Wirtschaft.

Da die Ausgangsmaterialien bei metallischen Produkten entsprechende Pulver sind, ergeben sich zusätzlich andere Beschaffungskanäle und neue Lieferanten müssen ausgewählt werden. Welche Veränderungen ergeben sich dadurch für die eigene Wertschöpfung und die Supply-Chain?

Neben den Potentialen, die mit additiver Fertigung gehoben werden können, sind die hohen Investitionskosten nicht zu vernachlässigen. Diese können durchaus im 6- 7-stelligen Eurobereich liegen, wobei die zu fertigende Bauteilgröße ein entscheidender Kostenfaktor ist. Zurzeit ist eine Bauteilgröße von einem Meter Länge und Breite die Obergrenze. Größere Teile können aktuell nicht gefertigt werden. Weiterhin werden oftmals weniger operative Mitarbeiter in der Fertigung benötigt, da ein Großteil der Prozesse automatisiert ablaufen kann. Allerdings steigt der Bedarf an gut ausgebildeten Konstrukteuren, denn die Bauteile können nur so gut gefertigt werden bzw. eine gute Funktionalität aufweisen, wie die Konstruktion es zulässt. [38–41]

4 Big Data (Analytics)

Big Data, auch Analytics genannt, ermöglicht, große Datenmengen verschiedener Formate aus unterschiedlichen Quellen zu analysieren. Dadurch lassen sich Informationen gewinnen oder Muster erkennen, um beispielsweise Unternehmensprozesse zu optimieren. Unternehmen und Systeme werden mit der Analyse immer größerer, heterogener Datenmengen konfrontiert, mit denen die klassischen Business-Intelligence-Strukturen (BI) überfordert sind. Mit Big Data können Manager erheblich mehr Daten verarbeiten und diese für Ihre Entscheidungsfindung nutzen. Informationen und Erkenntnisse zum eigenen Unternehmen, zum Unternehmensumfeld und zu aktuellen Trends können zu besseren Entscheidungen und letztendlich zu gesteigerten wirtschaftlichen Ergebnissen verhelfen. Wichtig ist das Erkennen von Mustern, also Zusammenhängen zwischen den aufgenommenen Daten.

4.1 Technische Beschreibung

Technisch gesehen ist Big Data eine Software, die riesige Datenmengen schnell verarbeiten kann und nach Mustern und Zusammenhängen analysiert. Allerdings ist zu beachten, dass es sich bei Big Data nicht um eine singuläre Technologie handelt, sondern ein Bündel aus Technologien, die zusammenwirken. Die analytische Verarbeitung der Daten bildet dabei den Kern des Technologiebündels.

Insgesamt geht es bei Big Data Anwendungen um die Beherrschung der 5 Vs:

Volume (Datenumfang)

Mit dem Begriff Volume wird der immense Datenumfang beschrieben, der mithilfe von Big Data Systemen ausgewertet werden kann. Daten im Tera- bis Zettabytebereich (10^{12} Byte bis 10^{21} Byte) können verarbeitet werden.

Variety (Datenvielfalt)

Unter Variety versteht man die Speicherung von strukturierten, semi-strukturierten und unstrukturierten Daten wie Text-, Audio-, Bild- und Videodateien. Unstrukturiert werden beispielsweise Sensor-, Maschinen-, Nutzer- und Marktdaten gespeichert. Die Aufgabe von Big Data besteht darin, aus dieser Vielfalt Muster und Zusammenhänge zu erkennen.

Velocity (Geschwindigkeit)

Bei Big Data Analysen besteht der Anspruch, die Ergebnisse möglichst schnell, also in Sekunden oder sogar Millisekunden, zu erhalten. Da zur Verarbeitung der riesigen, heterogenen Datenmengen aufwendige Rechenoperationen notwendig sind, müssen Technologien und Verfahren entwickelt werden, die die geforderte Geschwindigkeit erreichen können.

Validity (Datenqualität)

Je höher die Datenqualität, desto aussagekräftiger das Berechnungsergebnis. Daher ist es für eine Big Data Analyse entscheidend, dass die zugrundeliegenden Daten eine ausreichende Qualität aufweisen und Daten ohne informativen Mehrwert sowie unvollständige und beschädigte Daten vor der Analyse entfernt werden.

Value (Informationswert)

Big Data Analysen sollen dem Unternehmen einen Mehrwert bringen und den Entscheidern eine solide datenbasierte Entscheidungsgrundlage bieten. Investitionen in Personal und technische Infrastruktur sollen dort gemacht werden, wo eine Hebelwirkung besteht und die Investition dem Unternehmen einen wirklichen Mehrwert bieten kann.

Wichtig bei Big Data Analysen ist auch die Visualisierung und richtige Interpretation der Ergebnisse durch Fachexperten. Big Data ist kein Selbstläufer, der im Anschluss an die Analyse Handlungsanweisungen gibt. Erst durch die Auswertung lassen sich entsprechende Zusammenhänge erkennen und die richtigen Schlüsse ziehen. Dieser Punkt darf bei entsprechenden Projekten nicht unterschätzt werden.

4.2 Konsequenzen für das Management

Es ist zu beachten, dass die Einführung von Big Data Systemen eine erhebliche technische Herausforderung darstellt. Stabile Prozesse, die valide Daten hervorbringen sind absolute Voraussetzung für derartige Analysen. Eine Herausforderung stellt allerdings auch dar, dass Big Data die Art und Weise verändert, wie Entscheidungen getroffen werden. Jedes Big Data Projekt bedeutet eine Managementrevolution. Erfahrung und Intuition, die in vielen Unternehmen noch immer bei der Entscheidungsfindung ausschlaggebend sind, werden durch datengetriebene Entscheidungen und das bewusste Hinterfragen der eigenen Intuition abgelöst. Generell, aber besonders in der Anfangsphase von Big Data Projekten, sollte man den Ergebnissen und Daten nicht blind vertrauen. Manager und Führungskräfte müssen den richtigen Umgang mit den Ergebnissen derartiger Analysen erst erlernen und die Balance zwischen datenbasierten Entscheidungen und Fachwissen bzw. Erfahrung finden. Die eigene Kreativität oder Visionen können die Systeme nicht ersetzen, jedoch können sie zur Validierung dieser dienen. Es gilt die richtigen Fragen zu stellen, die Antworten zu interpretieren und in Managemententscheidungen zu überführen. Dann kann die Nutzung von Big Data Analysen wettbewerbsdifferenzierende Vorteile hervorbringen.

Bei der Einführung von Big Data Projekten sollte ein agiler Ansatz gewählt werden, um eine schnelle Umsetzung zu gewährleisten sowie erste Ergebnisse zeitnah vorweisen zu können. Dies kann dazu beitragen, die Akzeptanz von Big Data innerhalb des Unternehmens zu steigern.

4.3 Anwendungsgebiete / Best Practice

Big Data Analytics wird häufig im BI-Umfeld eingesetzt, um mit den aus der Datenanalyse gewonnenen Erkenntnissen Unternehmensabläufe zu optimieren und Wettbewerbsvorteile zu erzielen. Einsatzgebiete lassen sich im ganzen Unternehmen finden, einige Anwendungsbeispiele werden im Folgenden vorgestellt.

Verbesserung der Fertigungsprozesse

Durch die Analyse von Maschinendaten lassen sich Prozesse in der Fertigung optimieren und unterschiedliche Prozesse besser aufeinander abstimmen. Diese Aufgabe lässt sich oft noch durch klassische Analysensysteme erfüllen. Da in der Fertigung aber nicht nur Maschinen eingesetzt werden, sondern auch Menschen arbeiten, müssen auch diese und weitere Faktoren miteinbezogen werden. Die Menge an zu verarbeitenden Daten steigt dabei rasant an und macht es Analysten quasi unmöglich, ganzheitlich optimierte Prozesse zu planen. Mithilfe von Big Data Anwendungen lassen sich alle Faktoren miteinander verbinden und nach der Interpretation der Ergebnisse bestimmte Muster erkennen, die für die Optimierung der Fertigungsprozesse genutzt werden können.

Qualitätskontrolle und -sicherung

Die Qualitätskontrolle und -sicherung im Fertigungsprozess können sowohl operativ, durch den Einsatz von Sensoren und frühzeitiges Messen, verbessert werden, als auch langfristig strategisch. Um langfristig die Qualität der Prozesse zu sichern und die Qualitätssicherung zu optimieren, können Analyse- und Modellierungssoftware eingesetzt werden. Mithilfe von Big Data können Fehlermuster und Schwachstellen an Produkten und Prozessen erkannt werden. In Simulationen können zusätzlich bestehende sowie sich in Planung befindende Prozesse getestet und Auswirkungen von Änderungen bestimmter Faktoren durchgespielt werden. So kann frühzeitig eine höhere Qualität sichergestellt werden. Für derartige Simulationen müssen riesige Datenmengen verarbeitet und analysiert werden. Dies kann mithilfe von Big Data Anwendungen durchgeführt werden.

Wartung der Maschinen

Durch die Ausstattung der Produktionsmaschinen mit Sensoren können dauerhaft Daten zum Zustand der Maschine aufgenommen werden. Diese Daten lassen sich in Echtzeit analysieren und in notwendige Maßnahmen und Handlungsanweisungen überführen. Unterschieden wird in der Wartung zwischen „Predictive Maintenance“ und „Preventive Maintenance“.

Preventive Maintenance bedeutet vorbeugende Wartung. Die Betriebsdaten der Maschine werden genutzt, um Muster zu erkennen sowie bevorstehende Fehler und den Wartungsbedarf rechtzeitig zu erkennen. Hierdurch lassen sich irreversible Ausfälle vermeiden und die Lebensdauer der Maschine deutlich erhöhen.

Predictive Maintenance bedeutet vorausschauende Wartung. Durch die Analyse von historischen Maschinendaten können Muster und Faktoren erkannt werden, die darauf hinweisen, wann eine Maschine ausfallen kann. In Prognosemodellen kann darauf aufbauend ermittelt werden, wann eine Wartung sinnvoll ist. Wird beispielsweise der Wartungsbedarf einer Maschine auf 10.000 Einheiten geschätzt, wird die Maschine nach genau dieser Anzahl gewartet, unabhängig vom Zustand der Maschine. [2, 42, 43]

4.4 Arten der Datenanalyse

4.4.1 Deskriptive Analyse

Die deskriptive Analyse liefert Antworten auf die Frage „Was ist passiert?“. Dabei werden aufgenommene Informationen aus der Vergangenheit aggregiert und ausgewertet. Die Ergebnisse beinhalten allerdings nur eine Aussage darüber, was passiert ist bzw. was richtig oder falsch ist. Warum etwas passiert ist, kann auf Basis dieser Analyse nicht beantwortet werden.

4.4.2 Diagnostische Analyse

Die diagnostische Analyse beantwortet die Frage, warum etwas passiert ist. Historische Daten werden in Bezug auf Ursachen, Interdependenzen sowie Muster untersucht, um ein tieferes Verständnis über ein Problem zu erhalten. Dabei werden beispielsweise Techniken zur Visualisierung angewendet.

4.4.3 Prädiktive Analyse

Die Frage, was mit welcher Wahrscheinlichkeit passieren wird, wird durch die prädiktive Analyse ermittelt. Dabei werden Erkenntnisse aus der deskriptiven und diagnostischen Analyse genutzt, um Tendenzen und Muster zu erkennen und mithilfe von Methoden der Statistik ein mögliches zukünftiges Verhalten sowie erwartete, unbekannte Auswirkungen vorauszusagen.

4.4.4 Präskriptive Analyse

Die präskriptive Analyse geht einen Schritt weiter als die prädiktive Analyse und beantwortet die Frage, was getan werden sollte, um ein zukünftiges Problem zu beheben oder eine positive Entwicklung zu verstärken. Anhand von Optimierungsalgorithmen und Simulationen werden konkrete Handlungsempfehlungen vorgeschlagen oder unmittelbar umgesetzt. Für diese Form der Datenanalyse sind entsprechend umfangreiche Datenquellen und gute Datenqualitäten notwendig. Neben historischen Daten werden auch externe Daten verwendet und Technologien wie maschinelles Lernen angewendet. Der notwendige Aufwand im Vergleich zu anderen Arten der Datenanalyse ist dementsprechend sehr hoch. [44]

5 Künstliche Intelligenz

Künstliche Intelligenz (KI) soll Maschinen in die Lage versetzen, eigene Kompetenzen aufzubauen. Dazu zählen unter anderem das Erkennen eines Musters in vorhandenen Datensätzen, die Vorhersage von Ereignissen und die Durchführung von Optimierungen. Die Systeme sollen also mehr oder weniger eigenständig Probleme lösen. Dabei gibt es nicht „die Intelligenz“, sondern immer Grade, also Abstufungen, der Intelligenz. Je nach Grad arbeiten die Systeme mehr oder weniger selbständig und können unterschiedlich komplexe Probleme lösen. Damit zählt das Maschinelle Lernen zu einer der wichtigsten Universaltechnologien im Kontext der Industrie 4.0.

5.1 Technische Beschreibung

Bei der technischen Umsetzung eines intelligenten und selbstlernenden Systems gibt es verschiedene Ansätze.

Beim ersten Ansatz handelt es sich um neuronale Netze, die anfangs durch das menschliche Gehirn inspiriert wurden. Die biologische Verknüpfung ging allerdings mit fortschreitendem Entwicklungsstand immer weiter zurück. Der Schwerpunkt derartiger Systeme liegt auf empirischen, datengetriebenen Ansätzen und statistischen Methoden. Vielfach finden mehrdimensionale Netze Anwendung. Je mehr weitere Schichten vorhanden sind, um so flexibler und genauer kann das System agieren, wobei die erste Schicht zur Dateneingabe und die Letzte zur Ergebnisausgabe dient.

Der zweite Ansatz beruht auf selbstlernenden Algorithmen, genannt „Deep Learning“. Diese Systeme sind nach dem Prinzip des menschlichen Lernens durch Nachmachen angelegt und können aus ihrem eigenen Verhalten und ihren Fehlern lernen. Das Verhalten wird also nicht mehr durch Programmierer vorgegeben, sondern ist das Resultat eines Lernprozesses.

Beide Ansätze sind allerdings noch nicht so ausgereift, dass sie selbstständig im Produktionsumfeld eingesetzt werden. Zur Unterstützung der Mitarbeiter bei der Entscheidungsfindung sind die Systeme aber schon heute in der Lage.

5.2 Konsequenzen für das Management

Oftmals herrscht zunächst große Skepsis, wenn nicht sogar Furcht und Ablehnung der Mitarbeiter gegenüber künstlicher Intelligenz. Die Bezeichnung suggeriert, dass die Systeme intelligent sind, autonom agieren können und somit eine Konkurrenz zum Mitarbeiter darstellen bzw. diesen ersetzen können. Allerdings erbringen derartige Systeme ihren größten Nutzen in der Zusammenarbeit mit dem Menschen. Vor allem können die Systeme den Menschen in seiner Entscheidungsfindung unterstützen, indem sie die Optionen mit Daten untermauern und aus riesigen Datenmengen Muster und Zusammenhänge erkennen. Die Systeme können weder menschliche Inspiration oder emotionale Intelligenz ersetzen noch Innovationen entwickeln. Die vollständige Automatisierung einzelner Geschäftsprozesse erfolgt somit nur in standardisierten Teilbereichen.

5.3 Anwendungsgebiete / Best Practice

Die KI-Systeme werden in der Praxis aktuell am häufigsten in der vorausschauenden Instandhaltung (Predictive Maintenance) und Qualitätssicherung (Predictive Quality) eingesetzt. Hier wird auch die Verbindung zu Big Data deutlich. Riesige Datensätze müssen verarbeitet und analysiert werden, um darauf aufbauend mithilfe der KI Prognosen und Simulationen zu entwickeln. Der Mitarbeiter in der Instandhaltung und Qualitätssicherung kann auf die Daten zurückgreifen und diese als Entscheidungsgrundlage für seine Arbeit nutzen. Beispiele für bereits sehr ausgereifte KI-Systeme sind der IBM Watson sowie Google DeepMind. [2]

6 Sensornetze

Ein Sensornetz ist ein Rechnernetz bestehend aus vielen Sensorknoten, die miteinander meist drahtlos verbunden sind und untereinander kommunizieren können. Die Sensorknoten können dabei als ein sich selbst organisierendes Sensornetz zusammenarbeiten und ihre Umgebung mittels Sensoren abfragen. Die gewünschten Informationen werden von einem zum nächsten Knoten auf der effizientesten Route weitergegeben und am gewünschten Ort oder in einer Cloud bereitgestellt. Wenn ein Sensorknoten ausfällt, können andere Pfade die Informationsübermittlung übernehmen, sodass das Sensornetz weiterhin funktionsfähig bleibt.

Netze aus Sensorknoten ermöglichen eine dezentralisierte und weiträumige Überwachung der realen Welt mit hoher Genauigkeit, ohne dabei die physischen Prozesse wesentlich zu beeinflussen.

6.1 Technische Beschreibung

Aufbau der Sensorknoten

Die einzelnen Sensorknoten des Netzwerks bestehen in der Regel aus:

- einem kleinen Computer mit Prozessor und Speicher zur Verarbeitung von Informationen,
- einem oder mehreren Sensoren zur Erfassung von Informationen,
- einer (drahtlosen) Kommunikationsschnittstelle,
- einer Stromversorgung.

Die Rechenleistung und der Speicherplatz sind zurzeit noch sehr begrenzt, da die Komponenten des Netzwerks auf engstem Raum untergebracht werden müssen. Die Art und Anzahl der in den Knoten verwendeten Sensoren ist stark von der vorgesehenen Anwendung abhängig. Typische Sensoren sind Temperatur-, Beschleunigungs- und Helligkeitssensoren.

Vernetzung der Sensorknoten

In vielen Anwendungsbereichen wird eine flexible Vernetzung der einzelnen Sensoren benötigt, da die Messung über einen Sensorknoten in der Regel nicht ausreicht. Für die Vernetzung kommen typischerweise drahtlose Kommunikationstechnologien zum Einsatz. Bei der Entwicklung der Kommunikationsprotokolle ist vor allem auf den sparsamen Umgang mit Energie und die effiziente Nutzung der drahtlosen Kommunikationskanäle zu achten. Beim klassischen Entwurf werden die Kommunikationsprotokolle in einer Schichtenarchitektur aufgebaut, sodass ausschließlich benachbarten Knoten miteinander kommunizieren können. In Schichtübergreifenden Architekturen wird diese Beschränkung zu Gunsten einer höheren Effizienz der Gesamtanwendung aufgehoben. Allerdings steigt dadurch auch die Komplexität in der Kommunikation.

6.2 Konsequenzen für das Management

Klassische Sensoren, die fest verbaut und verkabelt werden und ihre Daten an einen Zentralrechner übermitteln, müssen mit hohem Aufwand installiert und gewartet werden. Drahtlose Sensorsysteme erfahren derzeit ein zunehmendes Interesse, da sie für eine Vielzahl von Einsatzgebieten geeignet erscheinen, flexibel einsetzbar sind und in der Regel nur geringen Installationsaufwand benötigen.

Die Möglichkeit in Echtzeit umfangreiche und exakte Messdaten in der Umwelt zu sammeln, ohne diese zu beeinflussen, kann viele wertvolle Informationen über das eigene Unternehmen liefern und bildet die Grundlage für weitere Industrie 4.0 Technologien. Auf dem Weg zu einem digitalen Abbild des Unternehmens oder generell in Bezug auf Industrie 4.0 nimmt diese Technologie damit eine wichtige Rolle ein.

Ausgereift ist diese Schlüsseltechnologie allerdings noch lange nicht, erste Forschungs- und Pilotprojekte lassen aber schon ein riesiges Potential für die zukünftige Serienanwendung erahnen. Probleme der Technologie, und damit Bedarf weiterer Forschungen, ergeben sich unter anderem in der Energieversorgung, da die derzeit eingesetzten Akkus und Batterien nur einen sehr begrenzten Energielieferanten darstellen.

Risiken können vor allem beim Datenschutz und der Informationssicherheit in den Sensornetzwerken auftreten. Zum einen ist mit dem Einsatz von Sensornetzen ein umfassendes und nahezu unsichtbares Monitoring möglich, das, wenn dadurch Mitarbeiter indirekt oder sogar direkt überwacht werden, erhebliche datenschutzrechtliche Folgen haben kann. Zum anderen müssen die Sicherheitsvorkehrungen gegen „Angriffe“ auf die Daten an die Voraussetzungen der Sensornetze angepasst werden. Beispielsweise kann die geringe Sendeleistung der einzelnen Knoten leicht gestört werden, ein fremder Knoten ins Netzwerk eingeschleust oder das Netzwerk durch fremde Stimulation überlastet werden.

6.3 Anwendungsgebiete / Best Practice

Einsatzgebiete von Sensornetzwerken finden sich überall, wo derzeit klassische Sensoren zur Messung und Überwachung der Umwelt eingesetzt werden. Ein Netz aus kleinen Sensorknoten, die untereinander drahtlos kommunizieren und umfangreiche Daten sammeln können, lässt sich vielseitig und flexibel einsetzen.

Mensch-Roboter-Interaktion

In Anwendungen, in denen Mensch und Roboter direkt zusammenarbeiten, sind taktile Sensornetze eine elementare Schlüsseltechnologie für die Kollisionserkennung und die sichere Begrenzung der Interaktionskräfte. Die gesamte Roboteroberfläche wird mit einer weichen, stoßdämpfenden Schicht und zahlreichen Messknoten ausgestattet. Im Kollisionsfall reduziert die Knautschzone die Kollisionskräfte und dem Roboter wird über die Sensoren in Echtzeit der ungewollte Kontakt signalisiert. Schwierigkeiten ergeben sich hierbei allerdings in den Roboterwerkzeugen, beispielsweise den Greifwerkzeugen, da diese nicht mit einer zusätzlichen Schicht überzogen werden können, ohne die Funktionalität einzuschränken. [45–50]

7 Track and Trace

Track and Trace (Verfolgung und Rückverfolgung) zeichnet zu jedem Zeitpunkt auf, wann, wie und wo ein Produkt gefertigt, transportiert oder gelagert wird. Damit wird die lückenlose Rückverfolgbarkeit aller Materialien, Produkte und Prozesse in Echtzeit gewährleistet und beispielsweise eine datenbasierte Fehleranalyse oder Prozessoptimierung ermöglicht.

7.1 Technische Beschreibung

Um die Überwachung und Rückverfolgbarkeit der Produkte über die gesamten Prozesse im Unternehmen zu gewährleisten, müssen diese dauerhaft identifizierbar sein. Die folgenden Technologien ermöglichen es, Objekte zu erkennen, über eine Strecke zu verfolgen bzw. eine Kommunikation zwischen Objekten und anderen Objekten oder Menschen herzustellen. Die Technologien weisen jeweils spezifische Vor- und Nachteile bezüglich logistikrelevanter Kriterien auf. So unterscheiden sie sich beispielsweise im Informationsgehalt, der Genauigkeit, der Fehlerhäufigkeit, dem Automatisierungsgrad sowie der Eignung für einen Indoor- oder Outdoor-Einsatz.

7.1.1 Optoelektronische Verfahren

Optoelektronische Verfahren wandeln digitale Daten in Lichtsignale um und wieder zurück in digitale Daten. Diese Verfahren werden in nahezu allen Bereichen des täglichen Lebens eingesetzt. Ein klassisches Einsatzgebiet im Rahmen von Track and Trace stellt die Kennzeichnung von Waren mit Barcodes dar.

Barcode

Der Einsatz von Barcodes ist in der Kennzeichnung und Erfassung von Objekten die meistverwendete Methode. Es werden 1D- bis hin zu 4D-Codes verwendet. Lineare (**1D**-) Barcodes, die aus parallelen Strichen und Lücken unterschiedlicher Breite aufgebaut sind, stellen eine kostengünstige und weit verbreitete Variante dar. Jedoch kann nur eine begrenzte Datenmenge gespeichert werden. Ein **2D**-Code, der aus einem Reflexionsmuster auf einer zweidimensionalen Fläche besteht, enthält eine höhere Informationsdichte sowie eine verstärkte Resilienz durch Datenredundanzen. Um 2D-Codes auszulesen, sind sogenannte Imager notwendig, die das zweidimensionale Muster erfassen und die Informationen über Bildverarbeitung umwandeln. Für **3D**-Codes werden zweidimensionale Codes um eine weitere Dimension erweitert. Beispielsweise erfolgt dies durch die Kolorierung einer 2D-Matrix oder das Hinzufügen einer geometrischen Textur. Dies ermöglicht wiederum eine deutlich höhere Speicherkapazität, jedoch werden zum Auslesen spezielle Lesegeräte benötigt. Darüber hinaus sind auch **4D**-Codes möglich. Die vierte Dimension ist eine zeitliche Komponente, sodass diese Barcodes animiert werden. 3D- und 4D-Codes werden in der Praxis jedoch nur vereinzelt eingesetzt.

Die Vorteile von Barcodes liegen vor allem in der kostengünstigen Anwendung, in der hohen Standardisierung sowie darin, dass nur eine geringe IT-Infrastruktur benötigt wird. Jedoch haben die verschiedenen Varianten ebenfalls die Nachteile gemeinsam, dass sie anfällig gegenüber Verschmutzungen, Feuchtigkeit und Beschädigung sind und eine Sichtverbindung notwendig ist. Zusätzlich ist nur eine begrenzte Datenmenge speicherbar.

Laserscanner

Als Laserscanner wird eine Sensorik bezeichnet, die optisch mittels Laserlicht Oberflächen und Objekte identifizieren kann. Ausgehend von einer Laserlichtquelle wird ein Laserstrahl über Umlenkspiegel auf eine zu detektierende Oberfläche gelenkt und von dieser reflektiert. Der reflektierte Laserstrahl wird wiederum über die Umlenkspiegel auf ein Empfangsgerät zurückgeworfen und dort in ein elektrisches Signal umgewandelt. Durch eine Rotationsbewegung eines Spiegels wird der Laserstrahl auf die umliegenden Oberflächen gelenkt, sodass die Umgebung abgetastet wird. Mittels Laser können Entfernungen auch über größere Strecken mit Genauigkeiten im Millimeterbereich gemessen werden. Jedoch

fallen für diese Technologie hohe Kosten sowie ein hoher Energiebedarf an. Eingesetzt wird diese Technik zur Navigation und Lokalisierung bei Fahrerlosen Transportsystemen (FTS). Eine Option ist die Ausstattung der Einsatzumgebung mit ortsfesten Reflexionsmarkern, die zur Bestimmung der aktuellen Position über Triangulation dienen. Eine flexiblere Option ist der Einsatz von 3D-Lasern oder Lidarscannern zur dynamischen Erfassung der Umgebung. Diese Technologien ermöglichen neben der Ortung und Kollisionsvermeidung auch die Kartierung der Einsatzumgebung mithilfe des SLAM-Verfahrens (Simultaneous Localization and Mapping).

Kamerabasierte Ortung

Kamerasysteme werden ebenfalls in der Navigation und Lokalisierung eingesetzt. Zum einen kann die Positionsbestimmung markerbasiert über ortsfest angebrachte Navigationspunkte (z. B. Barcodes) erfolgen oder zum anderen flexibel mithilfe von bildbasierten Systemen. Als Algorithmen kommen dabei das Fingerprinting-Verfahren sowie die Verwendung des optischen Flusses zum Einsatz. Beim Fingerprinting-Verfahren können die in der Umgebung angebrachten Navigationspunkte oder ohnehin vorhandenen charakteristischen Muster genutzt werden. In der Lagerlogistik werden meist spezielle Marker an Wänden oder Decken angebracht, die sich mittels Bildanalyse wiedererkennen lassen. Über die relative Position zu den Markern kann die Position eines Objektes ermittelt werden. Um über den optischen Fluss eine Position zu ermitteln, wird die von der Kamera aufgenommene Bildverschiebung analysiert und in relative Bewegung des Objektes umgerechnet. Der Vorteil dieser Variante liegt in einem geringen Installationsaufwand, da die Flusserkennung oft ohne spezielle Marker auskommt. Nachteilig ist hingegen ein hoher Rechenaufwand zur Auswertung des optischen Flusses, der leistungsfähige und somit kostenintensive Hardware notwendig macht. Eine wesentliche Herausforderung besteht zudem darin, dass die komplexen Algorithmen zur Bildverarbeitung noch nicht den erwünschten Grad an Praxistauglichkeit erreichen. Dynamische Änderungen in der Umgebung, wechselnder Lichteinfall oder auch Staubablagerungen bereiten den Kamerasystemen noch Schwierigkeiten. Auch können in der industriellen Praxis Vibrationen (z. B. bei Kamerasystemen auf den Gabelstaplern) die zuverlässige Bilderfassung stören. [51]

7.1.2 Sender-Empfänger Systeme

Sender-Empfänger Systeme basieren auf digitalen Signalen, die zwischen einem Sender (oftmals als „Tag“ bezeichnet) und einem Empfänger ausgetauscht werden. Dabei kommen verschiedene Verfahren zum Einsatz, mithilfe derer die Informationen übertragen werden. Zu beachten ist bei dieser Technologie, dass sich Sender und Empfänger in einem gewissen Abstand zueinander befinden müssen, ein direkter Sichtkontakt ist jedoch nicht notwendig.

RFID

RFID (Abkürzung für Radio Frequency Identification) ist eine Technologie zum kontaktlosen Speichern und Auslesen von Daten über elektromagnetische Wellen. Diese Technologie ermöglicht eine automatisierte Identifikation und Lokalisierung von Objekten und Personen über eine Distanz von bis zu mehreren Metern sowie ein Tracking von Gütern in hoher Anzahl.

Ein RFID-System besteht aus zwei Komponenten: dem Transponder und dem Erfassungsgerät. Der Transponder enthält einen Microchip, auf dem Daten elektronisch gespeichert werden, und wird an dem zu identifizierenden Objekt angebracht. RFID-Transponder werden je nach Bauform, Energieversorgung, Frequenzbereich sowie Speicherkapazität unterschieden. Grundsätzlich werden dabei aktive und passive Transponder unterteilt. Erstgenannte verfügen über eine eigene Energiequelle im Gegensatz zu den passiven Transpondern, die die benötigte Energie aus dem Magnetfeld des Erfassungsgerätes entnehmen. Das Erfassungsgerät ist je nach eingesetzter Technologie ein Lese- oder Schreib-/Lese-Gerät und beinhaltet in der Regel ein Hochfrequenzmodul (Sender und Empfänger) sowie ein

Koppelement (Antenne) zum Transponder. Wird der Transponder in den Ansprechbereich des Lesegerätes bewegt, erfolgt eine wechselseitige Kommunikation der Daten. Außerhalb des Ansprechbereichs verhält der Transponder sich passiv.

Die Eigenschaften von RFID-Systemen in Bezug auf die Datenübertragung, Reichweite sowie der Erkennungsrate resultiert aus den verwendeten Arbeitsfrequenzen.

- » Frequenz: 125 kHz (Low Frequency -LF), 13,56 MHz (High Frequency -HF), 868/915 MHz (Ultra High Frequency - UHF), 2,45/5,8 GHz (Mikrowellen - MW)
- » Reichweite: <1,5m (LF), 1-1,5m (HF), 3->15m (UHF/MW)
- » Datenübertragung: 5 kbit/s (LF), 50-100 kbit/s (HF), 500 kbit/s (UHF/MW)
- » Erkennungsrate: 10-30 Transponder pro Sek. (LF-HF), 100-500 Transponder pro Sek. (UHF/MW)

Vorteile der RFID-Technologie ergeben sich darin, dass kein Sichtkontakt zur Identifikation notwendig ist und kostengünstige Transponder eingesetzt werden können. Darüber hinaus können größere Datenmengen gespeichert und die Daten fortlaufend geändert werden. Zusätzlich ist es möglich, mehrere Transponder gleichzeitig auszulesen (Pulklesung).

Zum Einsatz der Technologie ist jedoch eine IT-Infrastruktur notwendig, die mit höheren Kosten verbunden ist. Zusätzlich besteht eine Störanfälligkeit gegenüber Abschirmung, magnetischen Metallen, absorbierenden Materialien sowie Flüssigkeiten mit einem hohen Wassergehalt. [52]

NFC

Nahfeldkommunikation (Near-Field-Communication, NFC) ist eine Übertragungstechnik zum kontaktlosen Austausch von Daten. Es werden internationale Übertragungsstandards eingesetzt, die auf der RFID-Technik basieren. Über elektromagnetische Induktion findet eine Datenübertragung auf einer Distanz von bis zu vier Zentimetern statt. Anwendung findet diese Technologie unter anderem in Zugangskontrollen und Schließsystemen auf Basis von NFC, im Transportwesen in der Verfolgung von Sendungen oder einem Informationsabruf über NFC Tags.

Vorteile der NFC Technologie sind eine hohe Sicherheit durch die Beschränkung auf den Nahbereich, die vielseitige Einsetzbarkeit sowie die Interoperabilität mit bestehenden Technologien. Jedoch ist die Technologie nicht für die Übertragung von großen Datenmengen geeignet. Zusätzlich besteht eine Sicherheitsgefahr durch das Hacking von mobilen Endgeräten über NFC.

7.1.3 Real Time Location Systeme

Real Time Location Systeme ermöglichen eine Objektverfolgung in Echtzeit. Das Objekt steht dabei in kontinuierlichem Austausch mit dem empfangendem System. Sichtkontakt oder die Erfassung von Ereignissen ist jedoch nicht notwendig.

GPS

GPS (Global Positioning System) ist eine globale Navigationstechnologie unter Einsatz von Satelliten. Zur exakten Lokalisierung ist zu jeder Zeit die Verbindung zu mindestens drei Satelliten notwendig. Jeder Satellit sendet Signale mit der Uhrzeit und der aktuellen Position aus. Über Laufzeitmessung kann ein Empfänger seine Koordinaten auf der Erde mit einer Genauigkeit von ± 10 Metern bestimmen. Aufgrund der begrenzten Genauigkeit sowie der Notwendigkeit einer freien Sicht auf die Satelliten wird GPS vorwiegend für Outdoor-Tracking, Fahrzeug-Lokalisierung sowie Navigationssysteme eingesetzt. Mithilfe zusätzlicher Referenzwerte kann die Genauigkeit allerdings erheblich verbessert werden. Das so genannte Differential GPS erreicht eine Genauigkeit von bis zu 0,5 Metern. Als Vorteile von GPS sind die kostengünstige Anwendung sowie das Ausbleiben einer ortsfesten Installation zu nennen.

WLAN Lokalisierung

Die Lokalisierung über das WLAN (Wireless Local Area Network) nutzt das für die kabellose Kommunikation verwendete lokale Funknetz. Die exakte Position eines Objektes mit aktiviertem WLAN-Modul oder angebrachtem Wi-Fi-Tag kann über die relative Position zu mehreren bekannten, ortsfesten WLAN-Antennen bestimmt werden. Dabei können verschiedene Verfahren zum Einsatz kommen, wie die Winkelbestimmung, Triangulation oder RSSI. Die WLAN-Lokalisierung wird vor allem zum Indoor-Tracking aller WLAN-fähigen Geräte eingesetzt und erreicht bei einer Reichweite von bis zu 150 Metern eine Genauigkeit von 8 bis 15 Metern. Eine eindeutige Identifizierung der Geräte im WLAN-Netzwerk erfolgt anhand der individuellen MAC-Adresse. Ungenauigkeiten in der Ortung können allerdings aufgrund von Signalreflexionen oder Mehrwegempfang auftreten.

Bluetooth Beacons

Bluetooth Beacons (dt. Leuchtfener) sind kleine Sender, die einfache Signale auf Basis des Bluetooth Low Energy Standards an Geräte in ihrer Umgebung aussenden. Signale empfangen können sie nicht. Ein Beacon sendet in kurzen Abständen eine definierte Beacon-ID, über die es eindeutig identifiziert werden kann. Ist zusätzlich die Position des Beacons bekannt, kann über die Signalstärke (RSSI) die aktuelle Position eines mobilen Endgerätes berechnet werden. Um die gesendeten Positionsdaten auswerten und nutzen zu können, muss auf dem verwendeten Device eine entsprechende App installiert sein. Je mehr Bluetooth Beacons verwendet werden, desto exakter kann die Ortung des Nutzers erfolgen, bis zu einer Genauigkeit von 50 Zentimetern bei einer Reichweite von bis zu 30 Metern. Durch die eingesetzte Low Energy Bluetooth Technologie benötigen die batteriebetriebenen Beacons nur wenig Energie und können über mehrere Jahre mit einer Knopfzellenbatterie betrieben werden. Darüber hinaus sind sie kostengünstig, flexibel in die Infrastruktur einzubinden und funktionieren überall dort, wo andere Technologien keinen Empfang haben. Als Nachteile der Beacons sind die relative geringe Reichweite sowie die Nutzung einer App als Voraussetzung zu nennen.

UWB

Ultra-Wideband (UWB) ist eine Nahbereichsfunkkommunikation, die zur Indoor-Lokalisierung eingesetzt werden kann. Die Technologie beruht auf einem Laufzeitverfahren, im Gegensatz zu Bluetooth Low Energy und der WLAN Lokalisierung, die auf der Messung von Signalstärken (RSSI) basieren. Für die Lokalisierung wird die Lichtlaufzeit zwischen einem zu lokalisierenden Objekt und mindestens drei Empfängern (Trilateration) gemessen. Dabei müssen direkte Sichtverbindungen zwischen Empfänger und Sender bestehen. Das Objekt, welches lokalisiert werden soll, wird mit einem Tag ausgestattet, der batteriebetrieben ist oder z. B. über ein Flurförderzeug mit Strom versorgt wird. Der Tag sendet Daten, wie die ID und einen Timestamp, an die Empfänger, welche fest in der Infrastruktur eingebaut sind. Durch die Kombination der gemessenen Lichtlaufzeiten von drei Empfängern kann die Position des Objektes auf 10 bis 30 Zentimeter genau berechnet werden. Somit kann die UWB-Technologie in Bereichen eingesetzt werden, in denen die Lokalisierung über die Standardtechnologien WLAN und Bluetooth Low Energy nicht genau genug ist. Darüber hinaus besitzt die Ultra-Wideband Technologie eine sehr geringe Latenzzeit (bis zu 100 Positionsabfragen pro Sekunde) und ermöglicht eine sehr präzise Messung von Höhenunterschieden. Dennoch ist UWB eine Sonderlösung, die entsprechende Komponenten benötigt und aus diesem Grund vorwiegend für spezielle Industrieanwendungen eingesetzt wird.

ZigBee

ZigBee ist ein drahtloses Netzwerk zur Übertragung eines geringen Datenaufkommens bei begrenzter Reichweite und geringem Energieverbrauch. ZigBee ermöglicht somit eine kabellose Kommunikation ähnlich dem WLAN, benötigt jedoch weniger Energie. ZigBee-Geräte kommunizieren über ein Mesh-Netzwerk bis zu einer Reichweite von 100 Metern. Via vermaschtem Netz sind auch Reichweiten von mehreren Kilometern möglich. Fällt ein Kommunikationspfad innerhalb des Netzwerks aus, wird an Stelle dessen ein anderer Pfad verwendet. Da ZigBee häufig im Bereich industrieller Automatisierung

zum Einsatz kommt, wird es oftmals mit M2M-Kommunikation (Machine-to-Machine) und dem Internet of Things (IOT) in Verbindung gebracht. Mittels ZigBee kann jedoch auch eine Ortung von Objekten erfolgen, indem die Router miteinander kommunizieren und über die Signalstärke (RSSI) die Position eines Devices ermittelt wird.

Die Vorteile der Technologie sind eine einfache und flexible Anwendung, ein sehr geringer Energieverbrauch und die geringen Kosten im Vergleich zu anderen Ortungssystemen. Jedoch ist ZigBee bisher nur begrenzt verbreitet und teilweise kann es zu Inkompatibilitäten zwischen Geräten unterschiedlicher Hersteller kommen.

7.1.4 Blockchain-Technologien

Die Blockchain-Technologie stellt eine Datenbank dar, die eine chronologisch erweiterbare Liste von Transaktionsdatensätzen enthält, die verschlüsselt und miteinander verknüpft sind. Aufgrund des Aufbaus der Datensätze ist eine Veränderung der gespeicherten Daten nicht möglich, ohne dass ebenfalls die folgenden Datensätze verändert werden. Die Sicherheit der Blockchain-Technologie wird durch die Verwendung von zwei Faktoren sichergestellt. Zum einen werden Informationen über stattgefundenen Transaktionen im Netz geteilt und somit redundant gespeichert. Zum anderen können individuelle Fehler aufgrund von manuellen Eingriffen durch die Erleichterung von automatisierten Maßnahmen im Rahmen von Blockchain reduziert werden.

Die Vorteile der Technologie sind der Schutz großer Datenmengen vor Fälschung, die einfache Verifizierung von Datenbezugspunkten sowie eine hohe Stabilität und Verfügbarkeit. Mit der Speicherung von Prozessereignissen ist die Blockchain-Technologie auch für Logistikzwecke interessant, befindet sich in diesem Gebiet allerdings noch im Anfangsstadium der Entwicklung und Anwendung. Risiken können in einem geringen Datendurchsatz, Einschränkungen im Speicherplatz und schwer zu verwaltenden Berechtigungen liegen.

7.2 Konsequenzen für das Management

Unter Tracking versteht man die Überwachung des Logistikstatus einer Materialbewegung. Tracing bedeutet im Nachlauf eine Materialhistorie im Zeitablauf zu rekonstruieren. Die alleinige Einführung dieser Technologie und Aufnahme der Daten führen noch zu keiner Optimierung. Diese Daten müssen viel mehr sinnvoll vom Management genutzt werden und können datenbasierten Entscheidungen als Grundlage dienen.

Beispielsweise lassen sich durch die Analyse der aufgenommenen Prozessdaten Schwachstellen in Prozessen aufdecken, die zu Ausschuss führen.

Ein digitales Abbild des Unternehmens kann nur geschaffen werden und eine reibungslose JIT Belieferung ermöglichen, wenn die Material- und Warenströme im Unternehmen genauestens in Echtzeit überwacht und dokumentiert werden.

Bei einer Fertigung nach Auftrag kann der Prozessfortschritt den Kunden online zur Verfügung gestellt werden, sodass diese immer mit aktuellen Informationen versorgt werden.

Deutlich wird bei diesen Beispielen, dass die aufgenommenen Track and Trace Daten als Anstoß zu Optimierungs- und Effizienzsteigerungsprojekten genutzt werden können sowie weiteren Industrie 4.0 Technologien als Grundlage dienen. Die Einführung dieser Schlüsseltechnologie bietet also vielfältige Möglichkeiten zur Optimierung hinsichtlich einer Smart Factory. [53–56]

8 Digitaler Zwilling und Simulationen

Ein digitaler Zwilling stellt ein Abbild eines realen Objekts in der digitalen Welt dar. Dabei kann es sich um materielle und immaterielle Objekte wie Produkte, Dienstleistungen und Prozesse handeln, die einschließlich sämtlicher Geometrie-, Kinematik- und Logikdaten modelliert werden. Die Objekte können tatsächlich real im Unternehmen bestehen oder für die zukünftige Verwendung geplant sein. Planungen von beispielsweise Fertigungsprozessen können zunächst im digitalen Raum simuliert werden, bevor sie teuer und aufwändig in der Realität umgesetzt werden. Damit lässt sich eine deutlich höhere Planungssicherheit erreichen und Planungsfehler sowie Kosten für Änderungsmaßnahmen einsparen.

8.1 Technische Beschreibung

Für die Erstellung eines digitalen Zwillings werden verschiedene Elemente benötigt: ein reales abzubildendes Objekt, ein virtueller Darstellungsraum und Informationen zu den Umgebungsbedingungen. Die gesammelten Daten werden durch Algorithmen verarbeitet und zu einem digitalen Modell zusammengeführt. Oftmals setzt sich dabei ein digitaler Zwilling aus vielen einzelnen digitalen Zwillingen zusammen. Beispielsweise besteht der digitale Zwilling eines Autos aus den einzelnen digitalen Abbildern des Motors, der Karosserie, der Reifen und weiterer.

Digitale Zwillinge einer ganzen Produktionsanlage setzen sich in der Regel aus drei unterschiedlichen digitalen Zwillingstypen zusammen:

- » Digitaler Produktzwilling in Form eines CAD- oder 3D-Modells
- » Digitaler Produktionszwilling in Form von Maschinen, Werkzeugen und Programmen
- » Digitaler Leistungs- und Ausführungszwilling in Form von Produktions- und Qualitätskennzahlen

Da für die Anwendung komplexer digitaler Zwillinge riesige Datenmengen verarbeitet werden müssen, kommen häufig Big-Data-Anwendungen und Datenbanktechnologien zum Einsatz.

8.2 Konsequenzen für das Management

Digitale Zwillinge sind eng verbunden mit dem Themenbereich der vertikalen Integration und dienen weiteren Industrie 4.0 Technologien (wie z. B. Big-Data-Analysen) und der Digitalisierung von Produktionsprozessen als Basis bzw. Ausgangspunkt. Die aus der Kopplung von realen Daten mit digitalen Modellen entstehenden digitalen Zwillinge ermöglichen die Durchführung komplexer Analysen und Simulationen und schaffen Transparenz im gesamten Unternehmen. Aufbauend auf dieser Transparenz können Produkte und Prozesse über den gesamten Entwicklungs-, Produktions- und Betriebszyklus überwacht werden und Optimierungsprojekte angeschoben werden.

Weiterhin verändert sich die Arbeit der Forschung und Entwicklung mit der Einführung und Verwendung von digitalen Zwillingen. Wo zuvor teure und aufwändige Testumgebungen aufgebaut werden mussten, können nun die Produkte und Prozesse sowie die relevanten Umgebungsbedingungen digital modelliert werden und mithilfe von Simulationen getestet werden. Damit verändert sich auch das benötigte Fähigkeitsprofil der Mitarbeiter.

Mit steigender Reife der beschriebenen Technologie steigt auch der Nutzen und die wirtschaftliche Ausbeute. Die Einführung und Umsetzung eines digitalen Abbildes der Fabrik ist allerdings auch mit erheblichen technischen Herausforderungen verbunden. Unmengen an Daten müssen im gesamten Unternehmen aufgenommen, verarbeitet und analysiert und die Produkte und Prozesse genauestens modelliert werden. Dabei ist darauf zu achten, dass die digitalen Zwillinge sehr anwendungsspezifisch und für jedes Unternehmen maßgeschneidert entwickelt werden müssen. Es existieren keine allgemeingültigen Standardlösungen.

8.3 Anwendungsgebiete / Best Practice

Allgemein können digitale Zwillinge zur Simulation und Optimierung von Produkten und Prozessen im gesamten Unternehmen eingesetzt werden. Im Folgenden werden einzelne Anwendungsbeispiele kurz beschrieben.

Digitaler Produktzwilling

Eines der wichtigsten Anwendungsgebiete von digitalen Zwillingen besteht in der Produktionstechnik. Die digitalen Abbilder finden über den gesamten Entwicklungs-, Produktions- und Betriebszyklus eines Produktes Anwendung. In der Entwicklungs- und Designphase ermöglichen sie die Umsetzung komplexer Produkthanforderungen ohne die Herstellung von realen Objekten wie Prototypen. Mithilfe von Simulationen lassen sich verschiedene Alternativen virtuell testen und das Produktdesign optimieren. In der Produktionsphase kann der Zwilling dazu beitragen die Effizienz und Qualität der Herstellungsprozesse zu verbessern. Darüber hinaus kann das digitale Abbild auch in der Nutzungsphase bei einer Vernetzung mit dem Kunden genutzt werden.

Ein weiteres Einsatzgebiet findet sich in der Prüfung von Zulieferungswaren. Ein Unternehmen kann mithilfe eines digitalen Abbildes bereits feststellen, ob ein Zulieferteil die benötigten Eigenschaften besitzt, ohne dass ein reales Teil gefertigt bzw. geliefert werden muss. Ebenfalls können die Produktionsprozesse bereits virtuell geplant und getestet werden. Damit lassen sich digitale Zwillinge auch unternehmensübergreifend nutzen, wenn die Schnittstellen zum Austausch dieser digitalen Modelle abgesprochen und eingerichtet sind.

Real-Time Route Optimization

Echtzeit-Routenoptimierung (Real-Time Route Optimization) beschreibt Systeme und Verfahren für eine dynamische Routenplanung in Echtzeit. Die Routen werden automatisch auf der Grundlage von Änderungen und Problemen, die während des Zustelltages auftreten, optimiert. Mit einer dynamischen Echtzeit-Routing-Software überwacht das System ständig den Flottenfortschritt, den Echtzeit-Verkehr und andere Bedingungen. Wenn es eine potenzielle Verzögerung erkennt, werden Änderungen im Ablaufplan vorgenommen, um sicherzustellen, dass die Kunden ihre Aufträge innerhalb der festgelegten Zeitfenster erhalten. Die Software für dynamisches Routing in Echtzeit ist entscheidend für die Gewährleistung eines hohen Prozentsatzes an pünktlichen Lieferungen und überlegenen Service bei gleichzeitiger Aufrechterhaltung oder Steigerung der Flotteneffizienz. [2, 57, 58]

Quellenangaben

- [1] *Digitale-Assistenzsysteme*. [Online]. Available: <https://www.jurion.de/news/376408/Digitale-Assistenzsysteme-Entwicklungsstand-und-Nutzen-fuer-die-betriebliche-Praxis/>
- [2] W. Huber, *Industrie 4.0 kompakt - wie Technologien unsere Wirtschaft und unsere Unternehmen verändern: Transformation und Veränderung des gesamten Unternehmens*. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2018. [Online]. Available: <http://www.springer.com/>
- [3] *Einsatz von digitalen Assistenzsystemen*. [Online]. Available: https://www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/PDF-Publikationen/Forschungsberichte/fb502-einsatz-von-digitalen-assistenzsystemen-im-betrieb.pdf?__blob=publicationFile&v=1
- [4] IPRI. [Online]. Available: <http://www.ipri-institute.com/fileadmin/pics/Projekt-Seiten/40ready/Technologie-Kompendium.pdf>
- [5] *Technologie Kompendium*. [Online]. Available: https://www.iph-hannover.de/_media/files/downloads/Projekt_40-Ready_Technologie-Kompendium.pdf
- [6] C. Aichele and M. Schönberger, *App-Entwicklung - effizient und erfolgreich: Eine kompakte Darstellung von Konzepten, Methoden und Werkzeugen*. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2016. [Online]. Available: <http://www.springer.com/>
- [7] *Fertigungsplanung per App*. [Online]. Available: <https://www.produktion.de/technik/effiziente-fertigungsplanung-per-app-250.html>
- [8] *Apps als Joker*. [Online]. Available: <https://www.elektrotechnik.vogel.de/apps-als-joker-fuer-industrie-40-a-730011/>
- [9] M. Tasic, *Apps für KMU: Praktisches Hintergrundwissen für Unternehmer*. Wiesbaden: Springer Gabler, 2015.
- [10] *Apps im Mittelstand*. [Online]. Available: <https://www.tripunkt.de/digitalisierung-apps-mittelstand/>
- [11] G. Ullrich, *Fahrerlose Transportsysteme: Eine Fibel - mit Praxisanwendungen - zur Technik - für die Planung ; mit zahlreichen Tabellen*, 2nd ed. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2014.
- [12] *FTS*. [Online]. Available: <https://www.jungheinrich.de/systeme/fahrerlose-transportfahrzeuge/automatisierte-hochregalstapler-324838>
- [13] *Vorteile FTS*. [Online]. Available: <https://www.mm-logistik.vogel.de/was-sind-fahrerlose-transportsysteme-definition-vorteile-a-658199/>
- [14] *Was sind fahrerlose Transportsysteme?* [Online]. Available: <https://www.mm-logistik.vogel.de/was-sind-fahrerlose-transportsysteme-definition-vorteile-a-658199/>
- [15] T. Bauernhansl, M. ten Hompel, and B. Vogel-Heuser, Eds., *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik: Anwendung, Technologien, Migration*. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2014.
- [16] *Fahrerlose Transportsysteme in der Intralogistik*. [Online]. Available: <https://www.ssi-schaefer.com/de-de/produkte/foerdern-transportieren/fahrerlose-transportsysteme/fahrerlose-transportsysteme-fts--8846>
- [17] *Exoskelette in Logistik und Produktion*. [Online]. Available: <https://logistikknowhow.com/kommissionierung/exoskelette-in-logistik-und-produktion/>

- [18] *Subjektive Evaluation industrieller Exoskelette im Rahmen von Feldstudien an ausgewählten Arbeitsplätzen*. [Online]. Available: <https://link.springer.com/article/10.1007/s41449-018-0122-y>
- [19] *Stark und gesund – dank Exoskelett*. [Online]. Available: <https://www.produktion.de/trends-innovationen/stark-und-gesund-dank-exoskelett-104.html>
- [20] *Exoskelette in der Arbeitswelt – Aufgerüsteter Mensch statt Roboter*. [Online]. Available: <https://www.heise.de/newsticker/meldung/Exoskelette-in-der-Arbeitswelt-Aufgeruesteter-Mensch-statt-Roboter-4239456.html>
- [21] *Mensch-Roboter-Kollaboration: Willkommen, Kollege Roboter!* [Online]. Available: <https://www.kuka.com/de-de/future-production/mensch-roboter-kollaboration>
- [22] *Mensch-Roboter-Kooperation (MRK)*. [Online]. Available: <https://www.weka.de/produktsicherheit/mensch-roboter-kooperation-mrk/>
- [23] *Sichere Mensch-Roboter-Kooperation: Normenlage, Forschungsfelder und neue Technologien*. [Online]. Available: <https://link.springer.com/article/10.1007%2FBF03374401>
- [24] *Zusammenarbeit von Mensch und Roboter*. [Online]. Available: <https://www.maschinenmarkt.vogel.de/zusammenarbeit-von-mensch-und-roboter-a-665630/>
- [25] *Wearable Computing*. [Online]. Available: <https://mediatum.ub.tum.de/doc/1188057/file.pdf>
- [26] J. Ziegler, *Wearables im industriellen Einsatz – Befähigung zu mobiler IT-gestützter Arbeit durch verteilte tragbare Benutzungsschnittstellen*.
- [27] D. Bliem-Ritz, *Wearable Computing: Benutzerschnittstellen zum Anziehen*. Hamburg: Disserta-Verl., 2014. [Online]. Available: <http://www.disserta-verlag.de/>
- [28] D. Cetin, *Die modernen Förder- und Kommissioniersysteme Pick-to-Light, Pick-by-Voice und fahrerlose Transportsysteme*. Zugl.: Mannheim, Berufsakademie, Studienarbeit, 2004 u.d.T.: Cetin, Deniz: *Moderne Förder- und Kommissioniersysteme*. Hamburg: Bachelor + Master Publ, 2014.
- [29] S. Theel, *Kommissionierung im 21. Jahrhundert: Von Pick-by-Voice bis RFID*. Hamburg: Diplomica-Verl., 2015. [Online]. Available: <http://www.diplomica-verlag.de/>
- [30] *Pick byLight verkürzt Anlernphase bei MAN drastisch*. [Online]. Available: https://www.kbs-gmbh.de/wp-content/uploads/2019/03/MAN_Nutzfahrzeuge_de.pdf
- [31] *Was ist Cloud Computing?* [Online]. Available: <https://azure.microsoft.com/de-de/overview/what-is-cloud-computing/>
- [32] *Was ist eine Hybrid Cloud?* [Online]. Available: <https://www.cloudcomputing-insider.de/was-ist-eine-hybrid-cloud-a-633168/>
- [33] *Was ist eine Private Cloud?* [Online]. Available: <https://www.cloudcomputing-insider.de/was-ist-eine-private-cloud-a-631415/>
- [34] *Was ist eine Public Cloud?* [Online]. Available: <https://www.cloudcomputing-insider.de/was-ist-eine-public-cloud-a-633184/>
- [35] *Was ist Infrastructure as a Service?* [Online]. Available: <https://www.cloudcomputing-insider.de/was-ist-infrastructure-as-a-service-a-605071/>
- [36] *Was ist Software as a Service?* [Online]. Available: <https://www.cloudcomputing-insider.de/was-ist-software-as-a-service-a-622859/>

- [37] *Cloud-Lösungen für KMU*. [Online]. Available: <https://www.ingenieur.de/technik/fachbereiche/cloud/cloud-loesungen-fuer-kmu/>
- [38] B. Vogel-Heuser, T. Bauernhansl, and M. ten Hompel, *Handbuch Industrie 4.0 Bd.3: Logistik*, 2nd ed. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2016. [Online]. Available: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/gbv/detail.action?docID=4766003>
- [39] *Meistgenutzte 3D-Druck-Technologien im Jahr 2018*. [Online]. Available: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/760408/umfrage/meistgenutzte-3d-druck-technologie/>
- [40] A. Gebhardt, J. Kessler, and L. Thurn, *3D-Drucken: Grundlagen und Anwendungen des Additive Manufacturing (AM)*, 2nd ed. München: Hanser, 2016.
- [41] *Rapid Prototyping Technologien*. [Online]. Available: <https://www.protec3d.de/3d-drucken/vor-und-nachteile/>
- [42] *5 x V. Die großen fünf Merkmale von Big Data*. [Online]. Available: <https://www.micromata.de/blog/big-data/big-data-v5/>
- [43] A. Meier, *Werkzeuge der Digitalen Wirtschaft: Eine Einführung in Relationale und Nicht-Relationale Datenbanken*. Wiesbaden: Vieweg, 2017. [Online]. Available: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/gbv/detail.action?docID=5164457>
- [44] G. Schuh, M. Blum, J. Reschke, and M. Birkmeier, "Der Digitale Schatten in der Auftragsabwicklung," *ZWF*, vol. 111, 1-2, pp. 48–51, 2016, doi: 10.3139/104.111458.
- [45] F. Mattern, Ed., *Die Informatisierung des Alltags: Leben in smarten Umgebungen*. Berlin: Springer, 2007.
- [46] *Drahtlose Sensornetze*. [Online]. Available: <https://gi.de/informatiklexikon/drahtlose-sensornetze/>
- [47] *Sensornetze – Sinne der Zukunftsstadt*. [Online]. Available: <https://www.fraunhofer-innovations.de/iot-und-sensorik/sensornetze-sinne-der-zukunftsstadt/>
- [48] *Sicherheit in drahtlosen Sensornetzwerken*. [Online]. Available: https://www.bsi.bund.de/DE/Themen/DigitaleGesellschaft/DrahtloseSensornetzwerke/DrahtloseSensornetzwerke_node.html
- [49] *TAKTILE SENSORSYSTEME*. [Online]. Available: <https://www.iff.fraunhofer.de/content/dam/iff/de/dokumente/publikationen/taktile-sensorsysteme-fraunhofer-iff.pdf>
- [50] *Was sind Bussysteme, Schnittstellen und Sensornetze? Erklärung, Funktionsweise und Überblick*. [Online]. Available: <https://www.industry-of-things.de/iot-basics-bussysteme-schnittstellen-und-sensornetze-a-683219/?p=3>
- [51] *Optische Ortung*. [Online]. Available: <https://indoor-ortung.de/technik/optische-ortung/>
- [52] K. Finkenzeller, *RFID-Handbuch: Grundlagen und praktische Anwendungen von Transpondern, kontaktlosen Chipkarten und NFC*, 5th ed. München: Hanser, 2008. [Online]. Available: http://deposit.d-nb.de/cgi-bin/dokserv?id=3099014&prov=M&dok_var=1&dok_ext=htm
- [53] H. E. Zsifkovits and S. Altendorfer-Kaiser, Eds., *Management logistischer Informationsflüsse: 3. Wissenschaftlicher Industrielogistik-Dialog in Leoben (WILD)*, 1st ed. München, Mering: Rainer Hampp Verlag, 2015.
- [54] *Track & Trace - Rückverfolgbarkeit in Echtzeit*. [Online]. Available: <https://www.industry-of-things.de/track-trace--rueckverfolgbarkeit-in-echtzeit-a-678653/>

-
- [55] *TRACK AND TRACE TECHNOLOGIEN IM ÜBERBLICK*. [Online]. Available: http://publica.fraunhofer.de/eprints/urn_nbn_de_0011-n-5373404.pdf
- [56] *Indoor Positionsbestimmung mit Ultra-wideband*. [Online]. Available: <https://www.infsoft.com/de/technologie/ortungstechnologien/ultra-wideband>
- [57] *Digitaler Zwilling*. [Online]. Available: <https://www.iosb.fraunhofer.de/servlet/is/80212/>
- [58] *Was ist ein Digitaler Zwilling?* [Online]. Available: <https://www.bigdata-insider.de/was-ist-ein-digitaler-zwilling-a-728547/>