



SMARTE BAUTEILE

Wenn Bauteile mit der Maschine reden können

Leitfaden für Bauteile als Informationsträger

INHALT

Wie verändert Industrie 4.0 die Produktionsumgebung?	4
Digitale Dokumentation und Datenverarbeitung	7
Intelligente Bauteile	9
Durch Daten effizienter produzieren	10
1. Informationsfluss parallel zum Materialfluss, geht das?	13
2. Bauteildatenmodell 4.0	14
Identifizierungsmöglichkeiten und Objektkennzeichnung	17
1. Natürliche Objektmerkmale	18
2. Künstliche Objektmerkmale	18
Anwendung in der Industrie	28
Hands-On: Lösungsansätze in der Forschung	30
Bauteile sind Informationsträger	31
Zusammenfassung	33
Literaturverzeichnis	34

Impressum

Herausgeber:
Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Darmstadt
c/o Industrie- und Handelskammer Darmstadt
Rheinstraße 89
64295 Darmstadt

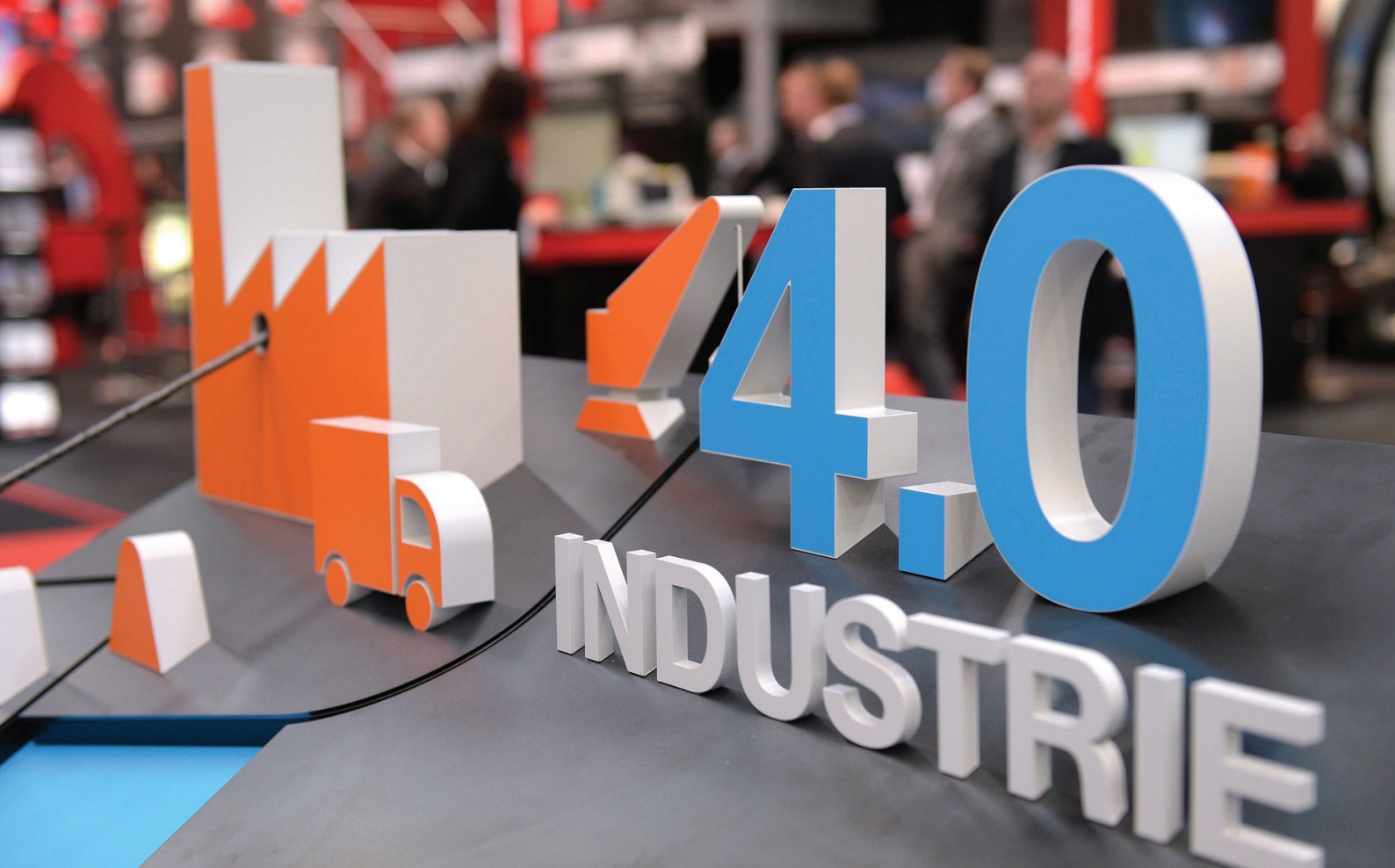
Kontakt

Isabella Börner
Telefon +49 (0)6151/871-1192
Fax +49 (0)6151/871-21192
boerner@darmstadt.ihk.de

Autorin und Gestalterin



Ghaidaa Shaabany ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Fachgebiet Datenverarbeitung in der Konstruktion (DiK) an der Technischen Universität Darmstadt.



WIE VERÄNDERT INDUSTRIE 4.0 DIE PRODUKTIONSUMGEBUNG?

In den vergangenen Jahren haben sich die Wertschöpfungsprozesse in industriellen Unternehmen durch die Digitalisierung wesentlich verändert. Intelligente und flexible Produktionssysteme stehen im Mittelpunkt der Industrie 4.0. Dafür ist die Kombination von vorhandenen Produktionsverfahren mit modernster Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) erforderlich (BMW i, 2017).

Die intensive Integration von IKT führt dazu, dass die Kommunikation innerhalb des Unternehmens selbst und über seine Grenzen hinaus einfacher und schneller durchgeführt werden kann. Industrielle Unternehmen und vor allem **kleine und mittlere Unternehmen (KMU)** können durch die Anwendung dieser Technologien eine nachhaltige Nutzung von Daten und Informationen im Unternehmen realisieren, sowohl im Office als auch im Shopfloor. Basierend auf der Verarbeitung und Analyse erfasster Daten kann die Effizienz bestehender Prozesse erhöht werden. Darüber hinaus können zahlreiche neue und innovative Geschäftsmodelle entwickelt werden, um die Wertschöpfung im Unternehmen zu optimieren. Walter (2017) empfiehlt Unternehmen ihre Produkte an Kundenwünschen auszurichten. Der aktuelle technologische Fortschritt fordere mehr Bedarf an individuellen Produkten, die nach Kundenbedürfnissen und -anforderungen in Losgröße Eins entwickelt und gefertigt werden sollten. Individualität sei als wichtiger Aspekt auf dem Markt ausgeprägt und die Bestellung von Produkten erfolge in Zukunft bedarfsgerecht und individuell. In diesem Szenario beteiligen sich Kunden sehr aktiv am Herstellungsprozess ihrer Produkte. Sie konzi-

pieren ihre Produkte speziell nach ihren eigenen Anforderungen und konfigurieren deren Eigenschaften nach ihren Bedürfnissen. Die Flexibilisierung von Produktionsprozessen bildet dabei die Grundlage für die Realisierung solcher Kundenwünsche – und ist wichtig, um Wettbewerbsfähigkeit zu erhalten. Produktionsflexibilität und eine intelligente Fabrik sind wichtige Bestandteile der Industrie 4.0 und ermöglichen die Herstellung kundenindividueller Produkte entsprechend der unterschiedlichen Kundenbedürfnisse. Pfliegl und Seibt (2017) beschreiben die digitale Transformation in verschiedenen Branchen und Technologiefeldern – beispielsweise in der Gesellschaft, der Produktion sowie im Dienstleistungsbereich.



In der digitalen Fabrik werden Produktionsdaten erfasst, digitalisiert und abgespeichert. Kunden können über Plattformen ihre Pro-

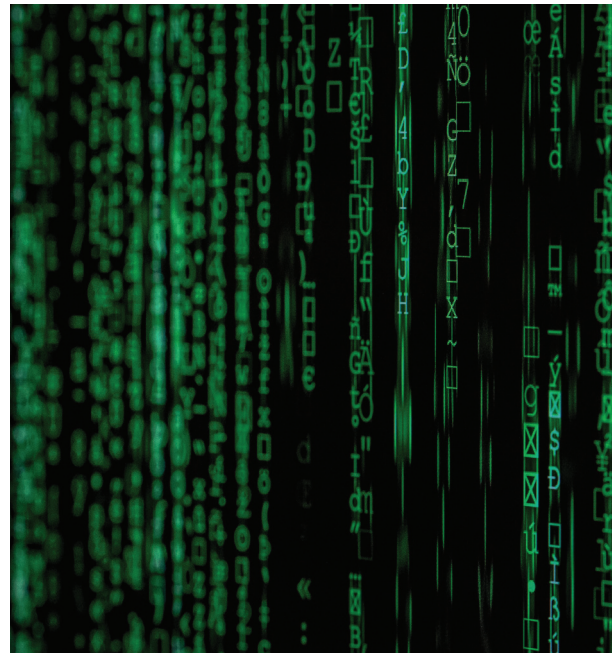
Produkte entwerfen und die daraus resultierenden Datensätze an die digitale Fabrik abschicken. Die Produkte werden dann hergestellt und an den Kunden geliefert. Ein gut etabliertes Beispiel stellt die 3D-Druck-Technologie dar, mit der Produkte orts- und zeitunabhängig konzipiert, bestellt und hergestellt werden können (Pfliegl und Seibt, 2017). Allerdings ist die digitale Transformation auch mit vie-

len Sicherheitsrisiken, wie Betrug, Manipulation, unberechtigten Zugriffen und Datenverlust verbunden. Die Entwicklung einer neuen **Sicherheitskultur** zur Akzeptanz von Industrie 4.0-Systemen ist daher notwendig, wobei unterschiedliche Sicherheitstechnologien zum Schutz und zur Absicherung von Daten in der digitalen Fabrik betrachtet werden müssen (Pfliegl und Seibt, 2017).



DIGITALE DOKUMENTATION UND DATENVERARBEITUNG

Produkte werden zukünftig nicht mehr in einer Ausführung, sondern in verschiedenen Produktvarianten nach Kundenwünschen hergestellt. Dadurch entstehen enorme Datenmengen, die genau einem Kundenauftrag und einer Produktvariante zugeordnet werden müssen. Um den Umgang mit großen Datenmengen einfacher zu machen, ist es notwendig, einen sinnvollen Verwaltungsplan zu erstellen, der sowohl organisatorische als auch technische Aspekte berücksichtigt. Dieser Plan muss die Datenverfolgbarkeit und -verarbeitung im Unternehmen ermöglichen. Für die **Informationserfassung** sollten Sensoren an den relevanten Stellen der Produktionsumgebung eingebaut und Vernetzungstechnologien in die Produktion integriert werden. Dafür sind Softwaresysteme zur Speicherung und Verarbeitung der Informationen erforderlich. Die einzelnen Produktionskomponenten – beispielsweise Maschinen, Werkzeuge oder Bauteile – sollen in der Lage sein, Informationen zu erfassen, zu kommunizieren und zu speichern. Dabei entstehen große Mengen von digitalen Informationen entlang der Produk-



tionsprozesse, die verarbeitet werden müssen. Dokumente werden in der **intelligenten Fabrik** nicht mehr in Papierform gespeichert und umgetauscht, sondern in einen digitalisierten Zustand umgewandelt und verarbeitet. Dadurch wird die **Datenverwaltung** übersichtlicher und einfacher. Informationen werden nicht mehr zentral gespeichert und verwaltet, sondern können überall in den Wertschöpfungsprozessen nach Bedarf abgerufen und verarbeitet werden, was eine dezentrale Steuerung von Prozessen ermöglicht.

Die digitale Transformation in der Datenverarbeitung einer intelligenten Fabrik führt zu folgenden Vorteilen:

- ▶ Papierlose Werkstückinformation
- ▶ Einheitliche Produktionsüberwachung
- ▶ Automatische Datenerfassung und Speicherung
- ▶ Qualitätsüberwachung der Werkstückzustände in Echtzeit
- ▶ Elektronische Datenverfolgung und -übertragung
- ▶ Reduzierter Ausschuss und effiziente Produktion
- ▶ Automatisierter Datenaustausch zwischen Produktionskomponenten
- ▶ Schnellere Reaktion und hohe Flexibilität
- ▶ Dezentrale Prozesssteuerung



INTELLIGENTE BAUTEILE

Im Mittelpunkt der intelligenten Fabrik steht die Kommunikation und Interaktion aller Produktionsprozessbeteiligten: Menschen, Maschinen und Bauteile sollen künftig miteinander reden und verhandeln. Dabei können **intelligente Produktionskomponenten**, basierend auf vorhandenen Daten, Entscheidungen treffen. Bauteile werden beispielsweise mittels integrierter Tags intelligent. Dadurch können sie ihre Bearbeitungsschritte selbst steuern und die dabei gewonnenen Informationen erfassen und protokollieren. Intelligente Bauteile beinhalten Informationen über ihre zukünftige Verwendung und Verarbeitung. Die dazu benötigten Fertigungspläne werden in die intelligenten Bauteile integriert. Diese Pläne werden so erstellt, dass sie flexibel sind, da die Bauteile unterschiedliche Wege durch die einzelnen Bearbeitungsprozesse nehmen können. Abhängig vom Maschinenzustand und Materialvorrat können intelligente Bauteile die nächsten Bearbeitungsschritte selbst auswählen. Außerdem werden während des gesamten Produktionsprozesses alle Informationen zu den Werkstück-Zwischenzuständen adressiert und gespeichert. Dadurch sind eine fle-

xible und **effiziente Produktion** sowie Datenverfolgbarkeit gewährleistet. Bei eventuellen Qualitätsmängeln können die bereits erfassten Daten zu den durchgeführten Bearbeitungsschritten dazu dienen, mögliche Ursachen für Mängel zu erkennen. Die Datenerfassung und -verarbeitung während des gesamten Herstellungsprozesses dient so der Produkt-Optimierung und Steigerung der Produktionseffizienz (Siepmann und Graef, 2016).

Ziel des Einsatzes von intelligenten Bauteilen ist, die notwendigen Informationen zur geforderten Zeit, am richtigen Ort und in der passenden Form zur Verfügung zu stellen. Hierfür werden **Identifizierungs- und Kennzeichnungstechnologien** in die Bauteile integriert, die dann Schnittstellen zu Datenbanken herstellen, um die nötigen Informationen bei Bedarf abzurufen. Diese Technologien helfen bei der Adressierung und Verfolgung des Bauteils und bieten manchmal auch Speicherkapazitäten für wichtige Informationen. Eine ausführliche Beschreibung der Identifizierungs- und Kennzeichnungstechnologien wird im nächsten Kapitel gegeben.

DURCH DATEN EFFIZIENTER PRODUZIEREN

Der wissenschaftliche Beirat der Plattform Industrie 4.0 hat bereits 2014 mehrere Thesen zu den Themenbereichen „Mensch, Technik und Organisation“ veröffentlicht. In der Kategorie Technik wurde großer Wert auf Ressourceneffizienz in der Produktion gelegt. Dabei ist ein wichtiger Aspekt der **Ressourceneffizienz**, dass alle Komponenten der Produktionsumgebung adressierbar und identifizierbar sind. Dadurch wird eine bessere und flexible Planung von Produktionsprozessen geschaffen (Plattform Industrie 4.0, 2015). Die Anpassung von Produkten an individuelle Kundenbedürfnisse gewinnt in unterschiedlichen Branchen immer stärker an Bedeutung. Entsprechend verschiebt sich die Produktion von der Massenproduktion hin zu Losgröße Eins – wobei jedoch aus Effizienzgründen unveränderte Produktionskosten angestrebt werden.

Die Kommunikation und der **Datenaustausch** zwischen Bauteilen und Maschinen sowie Werkzeugen ermöglichen eine solche flexible Produktion. Basierend auf den ermittelten Informationen aus dem Produktionsum-

feld können die Bauteile selbst entscheiden, welcher Produktionsschritt als nächstes getätigt werden soll. Zum Beispiel bleiben Bauteile bei einem Werkzeug-Wechsel oder im Falle eines Maschinendefekts nicht stehen, sondern fahren zu anderen, momentan verfügbaren Maschinen, um passende andere Produktionsschritte durchzuführen. Dadurch werden Wartezeiten in der Produktion verkürzt, was zur Steigerung der Produktionseffizienz führt. Auf der anderen Seite wird die Produktqualität durch die Nachverfolgung von Bearbeitungsschritten einfach gesichert. Die Analyse der erfassten Daten gibt Auskunft über mögliche Ursachen von Qualitätsmängeln, so dass diese künftig vermieden werden können. Intelligente Bauteile stellen somit eine höhere Produktionseffizienz und eine bessere Qualitätssicherung in der Produktion 4.0 sicher.

Digitale Daten sind die wertvollste Ware des 21. Jahrhunderts. Dazu gehören alle Datenarten, und zwar personenbezogene, maschinenbezogene, produktbezogene und verfahrensbezogene Daten. Diese können während

des gesamten Wertschöpfungsprozesses zur Ressourcenschonung und Effizienzsteigerung im Unternehmen genutzt werden. Beispielsweise werden mit Hilfe von Methoden Maschinellen Lernens neues Wissen und Erkenntnisse, basierend auf den gesammelten Daten, erzeugt (Neugebauer, 2018).

Big Data Analytics und **Data Mining** sind wichtige Ansätze für moderne technische Systeme und gewinnen immer größere Bedeutung in Industrie und Forschung. Dabei werden große Datenmengen analysiert, um Informationen zur Optimierung bestehender Prozesse abzuleiten. In diesem Kontext wurden

bereits unterschiedliche Anwendungsfälle in der Industrie implementiert und zu folgenden Zwecken eingesetzt:

- ▶ **Ressourcenoptimierung:** z.B. Energieverbrauch minimieren,
- ▶ **Diagnose:** Abweichungen und mögliche Ausfälle in Anlagen früher erkennen,
- ▶ **Mensch-Maschine-Schnittstelle:** automatische und maschinelle Interpretation großer Datenmengen und Vereinfachung der Aufgaben des Maschinenbedieners. (Niggemann et al., 2017)

„Data Mining bezeichnet den Prozess des automatischen Gewinnens von gültigem, neuartigem, potenziell nützlichem und auch verständlichem Wissen aus großen Datenmengen, zumeist mittels Statistik und Maschinellen Lernen.“

(Niggemann et al., 2017)



Ein datengetriebener Ansatz zur Überwachung, Prognose und Diagnose von **cyber-physischen Systemen (CPS)** ist in (Niggemann et al., 2017) dargestellt (siehe Abbildung 1). Ziel dieses Ansatzes ist, das CPS flexibler zu gestalten und es einfacher an seine Umgebung anpassen zu können. Die während des Produktionsprozesses entstehenden Daten werden zunächst durch eingebaute Sensoren erfasst, übertragen und gespeichert. Anschlie-

ßend werden die erfassten Daten analysiert und verarbeitet. Durch die Verwendung von Technologien **Maschinellen Lernens** wird das Systemverhalten gelernt. Bei Abweichungen in künftigen Produktionsprozessen können somit mögliche Anomalien und Störungen am CPS früher erkannt, oder sogar prognostiziert werden. Dies ermöglicht zudem eine frühere Durchführung von Servicearbeiten und vermeidet daher auch Maschinenausfälle.

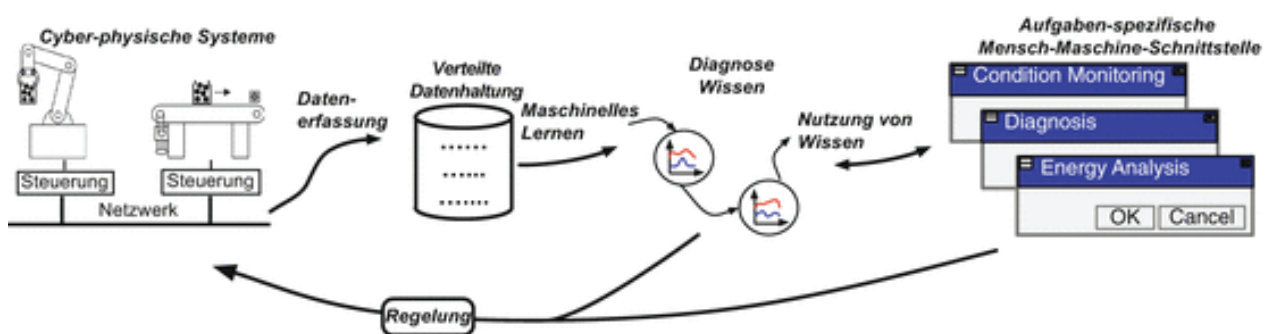


Abbildung 1 – Datenfluss und -analyse bei lernenden Systemen für CPS (Niggemann et al., 2017)

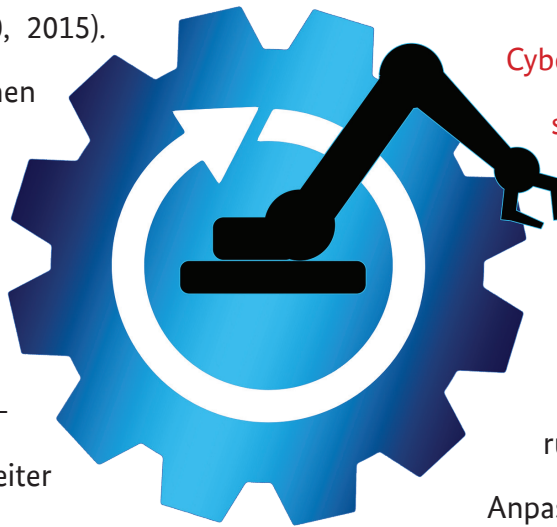
„Big Data ist als die Sammlung von Datensätzen mit einer Größe und Komplexität bezeichnet, welche die Verarbeitung mit aktuellen Datenbank-Management-Systemen und Datenanalyse-Applikationen nicht mehr zulässt. Herausforderung ist es, die Datenerfassung, -vorverarbeitung, -speicherung und letztlich die Datenanalyse in einer annehmbaren Zeit durchführen zu können.“ (Niggemann et al., 2017)

1. Informationsfluss parallel zum Materialfluss, geht das?

Produktionssysteme in der Industrie 4.0 sind intelligent, flexibel, wandelbar und stark vernetzt. Produktionssysteme sind mit eingebauten Sensornetzen ausgestattet, wobei eine zuverlässige Kommunikation und Datenübertragung zwischen den verschiedenen Produktionskomponenten gewährleistet sein muss (Plattform Industrie 4.0, 2015).

Es gibt verschiedenen Methoden zur Datenerfassung und -verarbeitung: Vor der vierten industriellen Revolution wurden Daten konventionell vom Mitarbeiter erfasst und dokumentiert. Informationen und für die Produktion benötigte Daten wurden von Produktentwicklern generiert und durch bewährte Mittel, wie zum Beispiel technische Zeichnungen, Fertigungspläne, Fertigungsanweisungen und weitere Papierdokumente, an die Produktionsabteilung weitergegeben. Die Herausforderung bestand darin, dass diese Informationen von den Produktionsingenieuren und -arbeitern

zunächst im Sinne der Entwickler verstanden werden mussten, um die Fertigungsprozesse richtig durchführen zu können. Dabei konnten gelieferte Informationen auch anders interpretiert und missverstanden werden, was wiederum zu Produktausfällen und Verspätungen führen konnte.



Cyber-physische Produktionssysteme (CPPS) stellen einen wichtigen Bestandteil der intelligenten Fabrik dar, deren wichtigste Merkmale eine dezentrale Steuerung sowie Konnektivität und Anpassungsfähigkeit sind. Dafür

ist die Entwicklung passender Schnittstellen zur **Maschine-Maschine Kommunikation (M2M)** sowie zur **Mensch-Maschine-Interaktion (MMI)** erforderlich (Siepmann und Graef, 2016).

In der Industrie 4.0 werden die Informationsaufnahme und -übertragung von allen Produktionskomponenten in der intelligenten Fabrik automatisch durchgeführt. Die erfassten

Informationen werden über Kommunikationsschnittstellen an lokale Datenbanken oder an die Cloud übermittelt. Abbildung 2 zeigt die systematische Darstellung einer intelligenten

ten Fabrik und veranschaulicht die CPPS sowie den Material- und Informationsfluss während der Herstellung eines Produktes.

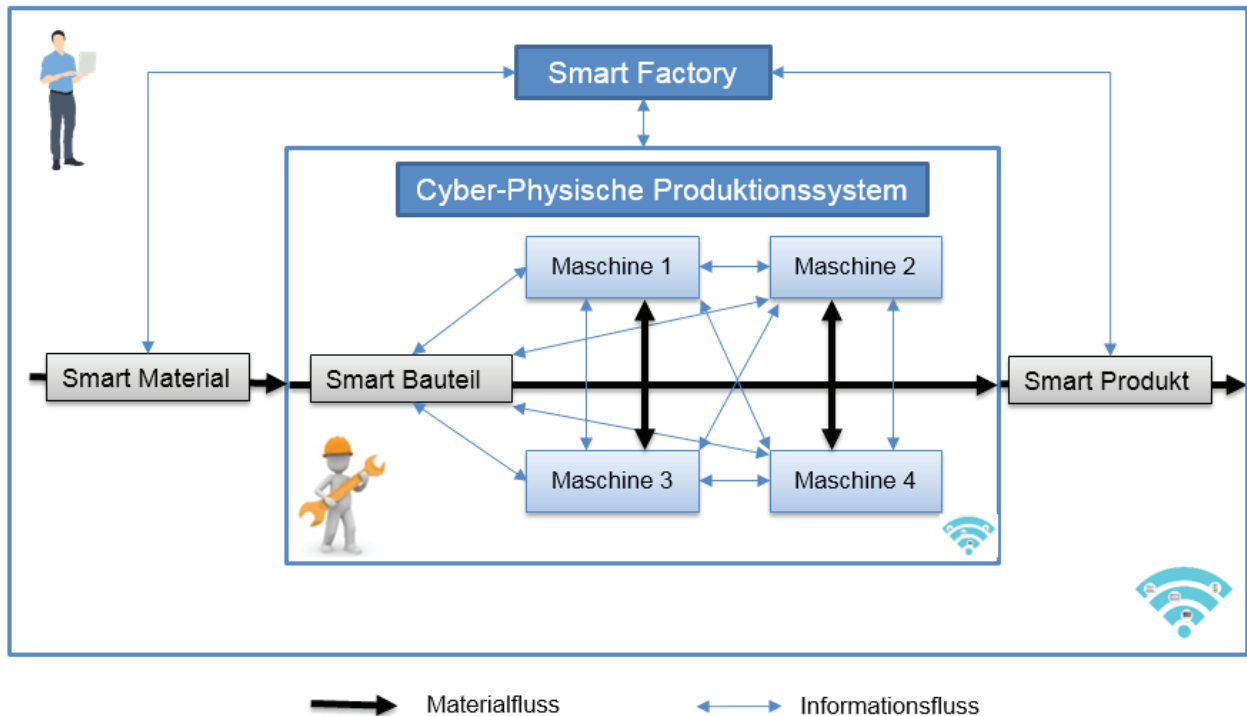


Abbildung 2 – Material- und Informationsfluss einer Smart Factory

2. Bauteildatenmodell 4.0

Produkte, Maschinen, Werkzeuge und Bauteile haben im Umfeld von Industrie 4.0 eindeutige, individuell zugeordnete **Identitäten**. Dadurch können in der intelligenten Fabrik alle Kommunikationspartner problemlos identifiziert und authentifiziert werden. Solche Identitäten sind verknüpft mit Eigenschaften, wie beispielsweise geometrischen, materialbezogenen, verfahrensbezogenen und qualitätsbezogenen Daten.

Damit Bauteile eine aktive und intelligente Rolle im Produktionsprozess einnehmen können, bedarf es neuer Ansätze, um Bauteilinformationen strukturiert zu spezifizieren. Dieses Ziel verfolgt der **Theta-Ansatz**, indem er das sowohl physisch vorliegende als auch virtuell modellierbare Bauteil in den Mittelpunkt der Wertschöpfungsphasen stellt. Damit gibt es für jede virtuelle Wertschöpfungsphase ein physisches Äquivalent – und diese beiden Pha-

sen verlaufen parallel. Bei der Definition eines integrierten Bauteildatenmodells ist es wichtig, die Begriffe Bauteildatenmodell und Bauteilinformation grundlegend zu unterscheiden. Das **Bauteildatenmodell** stellt die formale Beschreibung eines Schemas dar und die **Bauteilinformation** ist eine rechnerverarbeitbare Struktur aufweist. Zu Beginn einer Produktion wird ein Bauteilmodell aus einem Bauteildatenmodell instanziiert. Das integrierte Bauteildatenmodell bildet dabei Informationen aus dem gesamten Wertschöpfungsprozess ab. Dazu zählen zum Beispiel alle Daten des Produktionsprozesses, einschließlich des Herstellungsergebnisses sowie Montage- und Prüfungsinformationen. Die damit einhergehende, aktive Rolle des Bauteils trägt zur Optimierung der Prozesssteuerung bei, indem es mit CPS kommuniziert.

Das Modell besteht dabei aus einem Kernmodell, welches durch Partialmodelle ergänzt wird und das Schema der Informationsrepräsentation zur Verfügung stellt. Die Partialmodelle besitzen einen strukturierten Aufbau und werden mit aus dem realen Prozess ermittelten Informationen befüllt (siehe Abbildung 3). Diese Information muss folgende formale Anforderungen erfüllen: Integrität, Kohärenz, Akkumulation und Assoziation. Der Theta-Ansatz beginnt bereits auf physischer Ebene mit den Rohstoffeigenschaften, die im dazugehörigen Partialmodell abgelegt werden, zum Beispiel die Fertigungsdaten in der Produktionsdaten Partialmodell (s. Abbildung 3). Die nachfolgenden Fertigungsschritte orientieren sich an diesen Daten. So können beispielsweise geeignete Maschinen ausgewählt und Maschi-

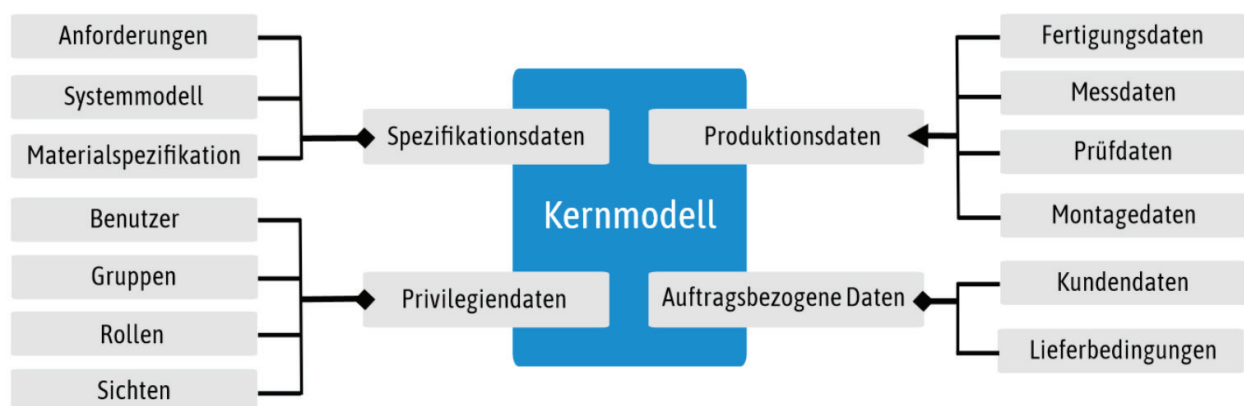
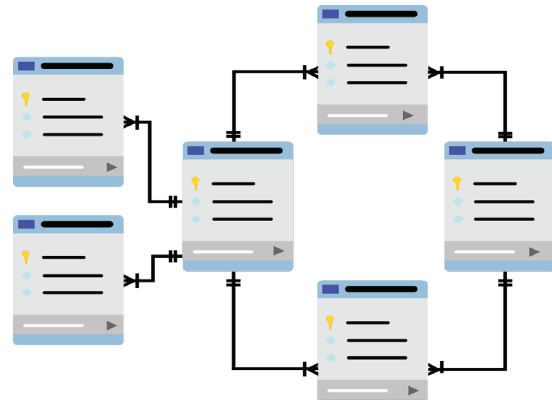


Abbildung 3 – Kernmodell und Partialmodelle des integrierten Bauteildatenmodells (Anderl et al., 2014)

nenparameteranpassungen durchgeführt werden. Auch das Bauteil selbst kann diese Informationen nutzen und die Fertigungsschritte und gegebenenfalls auch die Fertigungsreihenfolge adaptiv konfigurieren.

Die Verfügbarkeit physischer und virtueller Identität ist ein essenzieller Bestandteil der Produktion. Dem funktionalen Verhalten der Bauteile wird dabei eine hohe Bedeutung beigemessen und es sollte auch im integrierten Bauteilmodell repräsentiert werden. Auf diese Weise können Simulationen durchgeführt werden, die wiederum einen Abgleich zwischen Realität und Modell ermöglichen. Damit werden Unterschiede auch dokumentierbar. Ein weiterer Vorteil bauteilbezogener Information ist die damit einhergehende Erzeugung eines semantischen Produktgedächtnisses, das zur gezielten und kontextbezogenen Informationsausgabe genutzt werden kann. Der Theta-Ansatz verlangt einen sicheren, direkten und jederzeit möglichen Zugang zu den Bauteilinformationen. Um jedoch den allgemeinen Anforderungen der Datensicherheit zu genügen, muss das Modell entsprechend erweitert werden. Dazu wird ein Bauteil einem eindeutigen Besitzer zugeordnet und so vor unautorisierten Prozessteilnehmern geschützt. Das



integrierte Bauteilmodell ist vielseitig einsetzbar. Wird das Modell beispielsweise in einer cyber-physischen Montageumgebung eingesetzt, ist eine höhere Variantenzahl erzielbar und somit auch eine bessere Reaktion auf Marktveränderungen. Zu beachten ist jedoch, dass durch gesteigerte Komplexität auch die Bedeutung der Entwicklung von **Lern- und Assistenzsystemen** zunimmt. Folgendes Anwendungsbeispiel veranschaulicht die Vorteile des integrierten Bauteilmodells: Bei der Herstellung von Zylinderböden und Zylindergehäusen werden die physischen Abmaße nach der Einzelteilanfertigung im entsprechenden Bauteilmodell erfasst. Dadurch können unter Berücksichtigung vorhandener Abmaß-Toleranzen passgenaue Paare von Zylinderböden und -gehäusen zu Baugruppen zusammengeführt werden und so die Funktionalität besser absichern (Anderl et al., 2014).

IDENTIFIZIERUNGSMÖGLICHKEITEN UND OBJEKTKENNZEICHNUNG

Der Begriff „**Objektkennzeichnung**“ bedarf zunächst einer näheren Erläuterung. Nach Hippenmeyer und Moosmann (2016) ist ein „Objekt“ im „Industrie 4.0“ Umfeld mehr als nur ein physischer Gegenstand. Folgende Auflistung nennt hierfür Beispiele:

- ▶ Lagerorte
- ▶ Prozessvorschriften (auch als papierloses Dokument)
- ▶ Materialien aller Art (direkt, indirekt)
- ▶ Werkzeuge / Maschinen / Inventar
- ▶ Kleinteile / Verbrauchsmaterialien
- ▶ (Papier-) Dokumente
- ▶ Transaktionen (z.B. Prozessbeginn, Prozessende, Fehlercodes, etc.)
- ▶

Oberhollenzer (2018) erklärt, dass optische Codierungen entwickelt wurden, um Daten für Maschinen auf „schnellem und sicherem Wege“ erfassbar zu machen. Demnach

wird das eindeutige und zweifelsfreie Erkennen eines Objektes „**Identifizierung**“ genannt. Die Kennzeichnung eines Objektes kann dabei indirekt, zum Beispiel durch Anbringen eines Etiketts oder eines Schildes, aber auch direkt, beispielsweise durch Laser-Beschriftung, vorgenommen werden. Eine Kennzeichnung kann sowohl für kurze Dauer oder permanent vorgenommen werden – für die weitere Betrachtung ist jedoch nur die permanente Kennzeichnung von Interesse. Das codierte Objekt kann damit manuell (von einem Menschen), halb-automatisch (mithilfe eines Assistenzsystems) oder automatisch (ohne menschliche Einflussnahme) von einem entsprechenden Lesegerät erkannt und identifiziert werden. Die nachfolgenden Abschnitte widmen sich zunächst natürlichen Objektmerkmalen zur Bauteilidentifizierung. Anschließend werden künstliche Objektmerkmale vorgestellt.

1. Natürliche Objektmerkmale

Nach Hippenmeyer und Moosmann (2016) können zur Objektidentifikation „natürliche“ Merkmale von Objekten verwendet werden; beispielsweise (optisch) erfassbare Oberflächen. Oberflächen von Gussteilen sind aufgrund ihrer Rauigkeit dafür geeignet und können ohne größeren Zeitaufwand mit fälschungssicheren Identifikationsmerkmalen versehen werden. Daneben lassen sich äußere Objektmerkmale wie Farbe oder Form bei einfachen Sortieraufgaben zur Unterscheidung heranziehen. Allerdings ist damit eine eindeutige Identifikation des individuellen Objektes nicht möglich.

2. Künstliche Objektmerkmale

Künstliche Objektmerkmale sind symbolische Merkmale, die zu Identifikationszwecken auf oder an Objekten angebracht werden. Sie umfassen bildhafte, alphanumerische oder geometrische (Striche oder Punkte) Merkmale. Umfassender sind elektronische Systeme wie RFID (Radio-Frequency Identification), da sie Datensätze in einem internen Speicher bereitstellen und über entsprechende Empfänger abgerufen werden können.



a. Optische Objektmerkmale

Abbildung 4 stellt eine kategoriale Übersicht optisch erfassbarer Objektkennzeichnungen dar. Optische Codierungen erzeugen gemeinsam mit geeigneten Lesetechniken eine stabile und zuverlässige Verbindung zwischen Material- beziehungsweise Objektfluss und dem Informationsfluss. Dabei ist auch die jeweils codierbare Speicherdatenmenge relevant – **1-D-Codes** können weniger als zehn bis hin zu 30 Zeichen verschlüsseln, während **2-D-Codes** in Form von Matrixcodes bereits mehrere hundert Zeichen codieren können. Mit dem Wechsel von 1-D-Codes zu 2-D-Codes fin-

det gleichzeitig auch ein Übergang von Identifikations- zu Informationssystemen statt – dennoch können beide Systeme zur Objektkennzeichnung eingesetzt werden. Aufgrund flächendeckender Internetverfügbarkeit können Identifikationsmerkmale mit größerem Speicher auch als dezentrale Datenbank gesehen werden, die sich über eine Schnittstelle mit dem Internet verbindet und „Industrie 4.0“-Anwendungen ermöglicht beziehungsweise unterstützt. So können beispielsweise URLs verschlüsselt werden, die mit zentralen Verwaltungssystemen kommunizieren und über das Internet Informationen versenden.

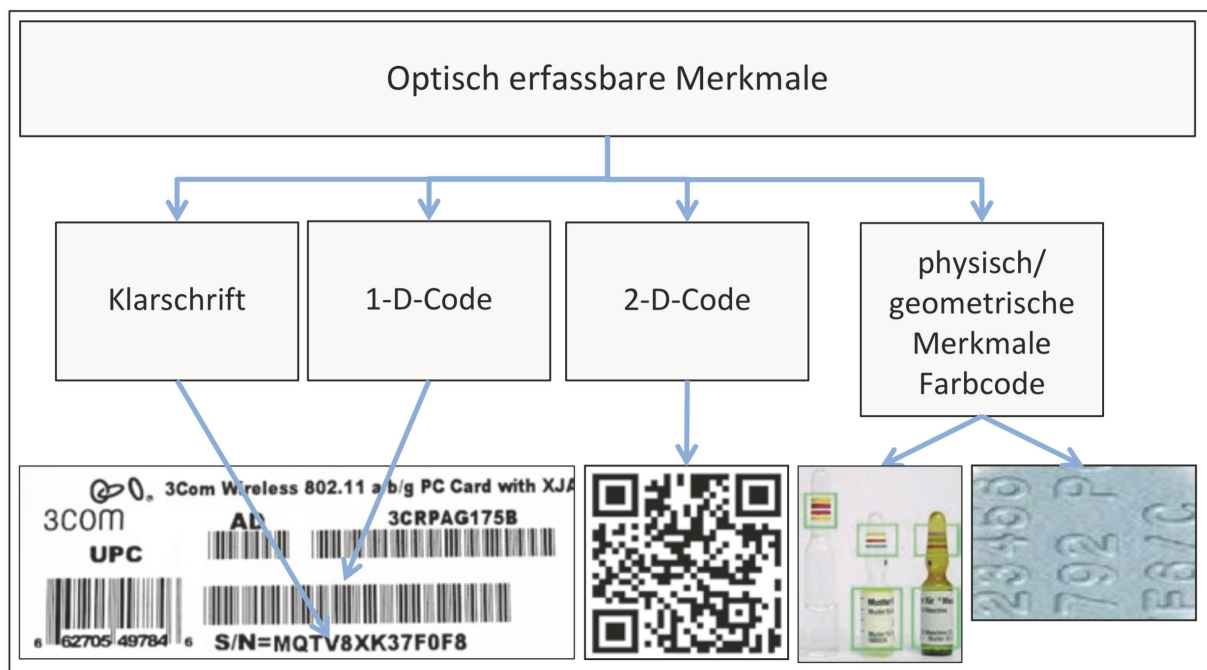


Abbildung 4 – Kategorien von optischen Objektkennzeichnungen nach Hippenmeyer und Moosmann (2016)

1-D-Codes

Im Verlauf des 20. Jahrhunderts wurden sogenannte Barcodes erfunden und zur Objektkennzeichnung in den Unternehmensalltag integriert. Der Name leitet sich von den Strichen (engl. bar) ab. Nachdem in den 1980er Jahren eine Integration in die Prozessautomation und -stabilisation stattfand, wurden in den 1990er Jahren vier wichtige Codenormen für 1-D-Codes auf europäischer Ebene eingeführt: Code 2/5 Interleaved, Code 39, Code 128 (vgl. Abbildung 4) und EAN/UPC eingeführt.

Heute sind nur noch Code 2/5 Interleaved und **Code 128** von praktischer Relevanz, wobei lediglich Code 128 für neue Anwendungen zum Einsatz kommt (vgl. Abbildung 5). Mit voranschreitender Zeit wird sich demnach im Bereich der 1-D-Codes der Code 128 als Standard durchsetzen (Oberhollenzer, 2018).

Aufgrund unterschiedlicher Entwicklungsziele und Anwendungsfälle ist nach Ten Hompel et al. (2008) ein einfacher Vergleich der einzelnen 1-D-Codes nicht möglich. Dennoch bietet Abbildung 6 eine gute Vergleichsübersicht.

Code 128	
Parameterkarte Code 128:	
Codestruktur:	1D-Code
Codeart:	Barcode
Codebezeichnung:	Code 128
Codebeispiel:	 (00) 122222233333334 (01) 40123456789010
Norm:	ISO/IEC 15417
Zeichensätze:	numerisch in Double Density und ASCII
Datenstruktur:	ja, GS1 oder ASC/MH10 Standard
Maximale Datenkapazität:	max. 30 Stellen in der Praxis
Suchmuster:	keine
Lageerkennung:	keine
Datensicherheit:	Prüfziffer nach Modulo 103 als Pflichtprüfziffer
Einsatzgebiet:	Handel, Produktion und Logistik, in alle neuen Anwendungen

Abbildung 5 – Parameterkarte für Code 128 von Bernhard Lenk (Oberhollenzer, 2018)

	Länge einer 13-Zeichen Codierung	Länge einer 6-Zeichen- Codierung	alphanumerisch	Kleinbuchstaben	Mehrbreitencode	Fehlertoleranz	Prüfziffernpflicht	fortlaufend	Informationsdichte
Code 2/5	96,30mm	52,14mm	-	-	-	↗	-	-	↘
Code 2/5 interl.	51,15mm	27,39mm	-	-	-	↘	-	✓	↗
Code 39	80,85mm	46,20mm	✓	-	-	→	✓	-	→
EAN 13	37,29mm	37,29mm	-	-	✓	↗	✓	✓	↗
Code 128 Ebene A	61,71mm	36,30mm	✓	✓	✓	↗	✓	✓	→
Code 128 Ebene C	43,56mm	25,41mm	-	-	✓	→	✓	✓	↗

Abbildung 6 – Vergleich von 1-D-Codes nach (Ten Hompel et al., 2008): „-“ bedeutet „Nein“, „✓“ bedeutet „Ja“, „↗“ meint „hoch“ oder „gut“, „→“ steht für „normal“ oder „durchschnittlich“, „↘“ heißt „gering“ oder „schlecht“

2-D-Codes

Zu Beginn des 21. Jahrhunderts wurden die Objektkennzeichnungsmethoden um zweidimensionale Codes erweitert. In einer Übergangsphase von den **Barcodes** zu den sogenannten **Matrixcodes** (vgl. Abbildung 7) wurden zwischenzeitlich Stapelcodes (vertikal gestapelte Barcodes) verwendet. Diese wurden aber mit der Einführung von kostengünstigen Handscannern (Imagern) abgelöst und öffne-

ten somit den Markt für Matrixcodes (Oberhollenzer, 2018). Smartphones, also bildverarbeitende Endgeräte mit Internetanbindung, können ebenfalls zum Erfassen von Matrixcodes eingesetzt werden: Die zweidimensionalen Codes, wie beispielsweise **QR-Codes**, werden über kostenfreie Applikationen (Apps) und Kameras schnell erfasst, entschlüsselt und weiterverarbeitet. Oftmals werden QR-Codes zu Marketingzwecken genutzt und Internetlinks (URLs) hinterlegt, die vom Kunden erfasst

und besucht werden sollen. Weitere alltägliche Beispiele für den Einsatz von QR-Codes sind die Aktivierung von Eintrittskarten, Fahrplanabfragen, das Lesen von Nachrichten, Abrufen von Informationen in Stadt- oder Museumsführern und das Ablegen relevanter Informationen im Service-Bereich (Oberhollenzer, 2018).

Gegenüber 1-D-Codes weisen 2-D-Codes im Hinblick auf Speicherkapazität, Fehlertoleranz und Erweiterung des Speicherspektrums große Vorteile auf – sie sind eine Schnittstelle zwischen der realen und digitalen Welt. Die verschiedenen 2-D-Codes haben unterschiedliche Parameter und Anwendungsgebiete, die in Tabelle 1 zusammengefasst sind. QR-Codes

lassen sich gut durch Mobiltelefone auslesen und finden deshalb unter anderem Anwendung im Bereich des Mobile Tagging. Mobile Tagging meint hier das Scannen und Anzeigen eines Codes mit einem mobilen Endgerät. Aztec-Codes können dagegen auf unterschiedlich großen Displays angezeigt werden.

Durch die jeweiligen Stärken der verschiedenen 2-D-Codes ist eine Koexistenz nach Knuichel et al. (2011) wahrscheinlich. Ihrer Ansicht nach sind dabei die Anwendungsmöglichkeiten und Kapazitäten noch nicht voll ausgeschöpft – RFID-Technologien oder auch 3-D-Codes stellen eine direkte Konkurrenz zu 2-D-Codes dar.



Abbildung 7 – 2-D Matrixcodes (Oberhollenzer, 2018): a) Aztec, b) DataMatrix, c) QR

Übersicht 2D-Codes					
		QR-Code	PDF417	Aztec	DataMatrix
Typ		Matrix	Gestapelter Barcode	Matrix	Matrix
Kapazität:	Numerisch	7089	2710	3832	3116
	Alphanumerisch	4296	1850	3067	2355
	Binär	2953	1018	1914	1556
Haupteigenschaften		3 Orientierungspunkte, einfach zu scannen, große Kapazität	Ideal für Papiausdrucke	1 Orientierungspunkt, geeignet für alle Displayarten	Kleine Ausdrücke möglich
Hauptanwendungsgebiete		Marketing, Mobile Tagging	Papierbasierte Fahr- und Boardkarten	Elektronische Fahr- und Boardkarten	Logistik und Produktion (Markierung sehr kleiner Elemente)

Tabelle 1 – Übersicht 2-D-Codes angelehnt an (Knuchel et al., 2011)

3-D-Codes

Ten Hompel et al. (2008) und Oberhollenzer (2018) schreiben 3-D-Codes eine untergeordnete Rolle zu. 3-D-Codes erweitern 2-D-Codes aus dem vorangegangenen Kapitel um farbliche Komponenten als dritte Dimen-

sion. Zudem wurden bereits erste Studien zu 4-D-Codes vorgenommen, in denen ein farbiger Data Matrix-Code als Film gezeigt wird (Langlotz und Bimber, 2007). Das Fazit hierzu ist jedoch, dass eine praktische Relevanz aufgrund des fehlenden Bedarfs (noch) nicht gegeben sei.



b. Elektronische Objektmerkmale

1. RFID-Technologie

Die RFID-Technologie (**Radio-Frequency Identification**) zählt zu den elektronischen Identifikationsmerkmalen. Diese werden als sogenannte „Tags“ (engl. Etikett, Markierung) an das jeweilige Objekt angebracht. Ausgestattet mit einem Halbleiterchip, können diese Systeme Informationen speichern. Der Chip übernimmt ewissermaßen einige Funktionen zur Steuerung und zur Stromversorgung. Informationen können berührungslos gelesen werden,

indem auf den mit einer Antenne verbundenen Chip über ein entsprechendes Lesegerät zugegriffen wird. Eine Gruppierung von RFID-Systemen wird, wie in Abbildung 8 dargestellt, anhand ihrer Arbeitsfrequenz vorgenommen. Systeme mit Arbeitsfrequenzen von 125 kHz oder 13,56 MHz (die Wellenlängen entsprechen 2,4 km bzw. 22 m) tauschen Informationen über induktive Kopplung zweier Rahmenantennen (eine am RFID-Tag und eine im Lesegerät) aus. Abbildung 9 stellt diesen Sachverhalt grafisch dar. Systeme in höheren Frequenzbereichen werden in der Regel mit $\lambda/2$ -Dipolen ausgerüstet, die elektromagnetisch

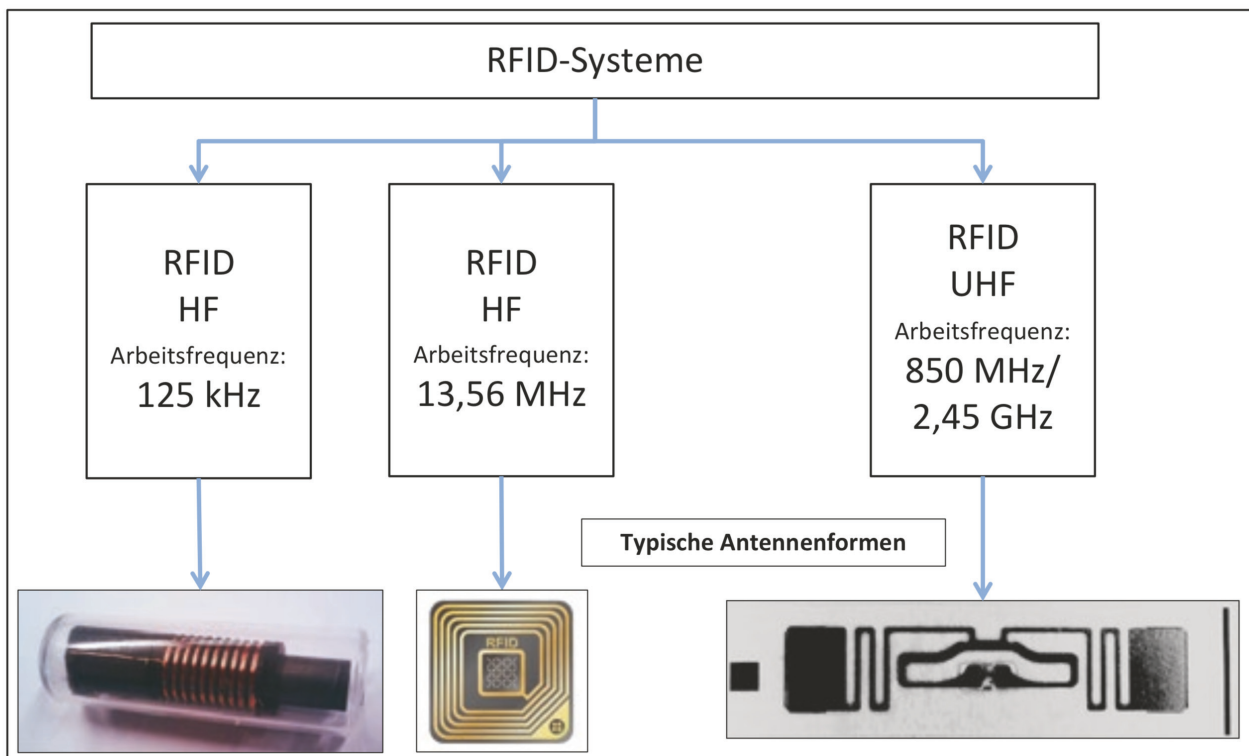


Abbildung – 8 RFID-Systeme nach Frequenz (Hippenmeyer und Moosmann, 2016)

sche Wellen ausstrahlen. An dieser Stelle sei festgehalten, dass je nach Funktion der Antennenausführung Gründe für eine fehlerhafte Funktionsweise anzuführen sind. Die nachfolgende Ausführung erläutert diesen Sachverhalt:

Abbildung 9 repräsentiert ein System der Gruppe „A“ – ein **High-Frequency-System** (HF-System). Die symbolische, magnetische Feldlinie zeigt die Kopplung der beiden Rahmenantennen in Lesegerät und Informationsträger. Das magnetische Feld wird dabei vom Lesegerät erzeugt und ist nur dann hilfreich, wenn es

sich wie dargestellt ausbildet. Die Begrenzung des Feldes auf den meist freien Raum zwischen den Antennen ist schwierig umzusetzen und somit kann das magnetische Feld auch hinter die Antenne des Informationsträgers reichen. Dort könnten magnetisch aktive Gegenstände (ferromagnetische Materialien oder gut leitende Metalle) im Grenzfall das Magnetfeld zwischen Tag und Lesegerät so stören, dass dies einen vollständigen Ausfall des Informationssystems zur Folge hat.

Systeme der Gruppe „B“ – mit Arbeitsfrequenzen im **Ultra-High-Frequency (UHF)** Bereich

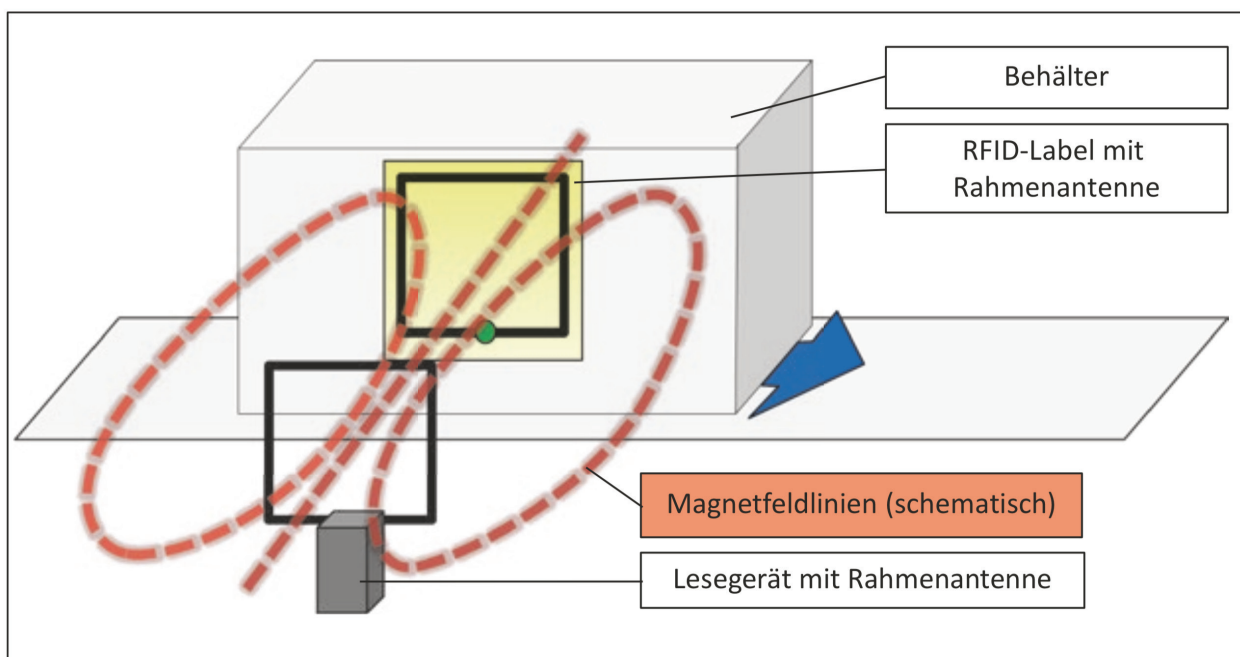


Abbildung 9 – Funktionsweise eines RFID-Systems: induktive Kopplung zweier Rahmenantennen (Hippenmeyer und Moosmann, 2016)

oder **Mittelwelle-Systeme** (MW-Systeme) – können ebenfalls in ihrer Funktion beeinträchtigt werden. Die unter der Antenne befindlichen, absorbierenden Kunststoffschichten sind in einem bestimmten Frequenzbereich um 870 MHz störend. Daneben können Flüssigkeiten mit hohem Wasseranteil in Frequenzbereichen von 2,45 GHz die Strahlung des Lesesystems nahezu vollständig absorbieren und Störungen erzeugen.

Tabelle 2 fasst Vor- und Nachteile von RFID-Systemen zusammen. Als weiterer Vorteil von RFID-Systemen soll ebenfalls die Möglichkeit zur weiteren Verschlüsselung oder Sicherung der Daten mittels sonderfunktionellen Chips erwähnt werden. Ferner besitzen Informationsträger Speicherkapazitäten von mehre-

ren Kilobyte – der limitierende Faktor bei der Verwendung solcher Systeme ist jedoch oft die kurze Lesezeit. Hierbei sind UHF-Systeme gegenüber 13,56 MHz oder 125 kHz-Systemen im Vorteil.

Um Mikrochips zu betreiben, müssen RFID-Systeme mit (elektrischer) Energie versorgt werden. Hierbei unterscheiden Fleisch und Mattern (2005) die nachstehenden Versorgungsvorfahren:

- **Passive** RFID-Systeme nutzen die Feldenergie, die vom Lesegerät erzeugt wird, um den Chip zu betreiben und Daten zu senden,
- **Semi-Aktive** Systeme betreiben den Chip über eine interne Batterie. Zum Senden

Vor-/Nachteile beim Einsatz elektronischer Informationsspeicher (RFID-Tags)			
Eigenschaft	125 kHz – Systeme	13,56 MHz – Systeme	UHF – Systeme
Reichweite:	0 0,1 m	0.....0,5 m	0 30 m
Datenspeicherung: (inline)	möglich	möglich	möglich
Umgebungsbedingungen:	Unempfindlich bei Anbringung auf/in Kunststoffen Empfindlich bei metallischem Untergrund Ferritantennentags auch bei metallischem Untergrund oder in Metallumgebung einsetzbar		Empfindlich bei stark absorbierendem Kunststoffuntergrund

Tabelle 2 – Vor- und Nachteile von RFID-Systemen (Hippenmeyer und Moosmann, 2016)

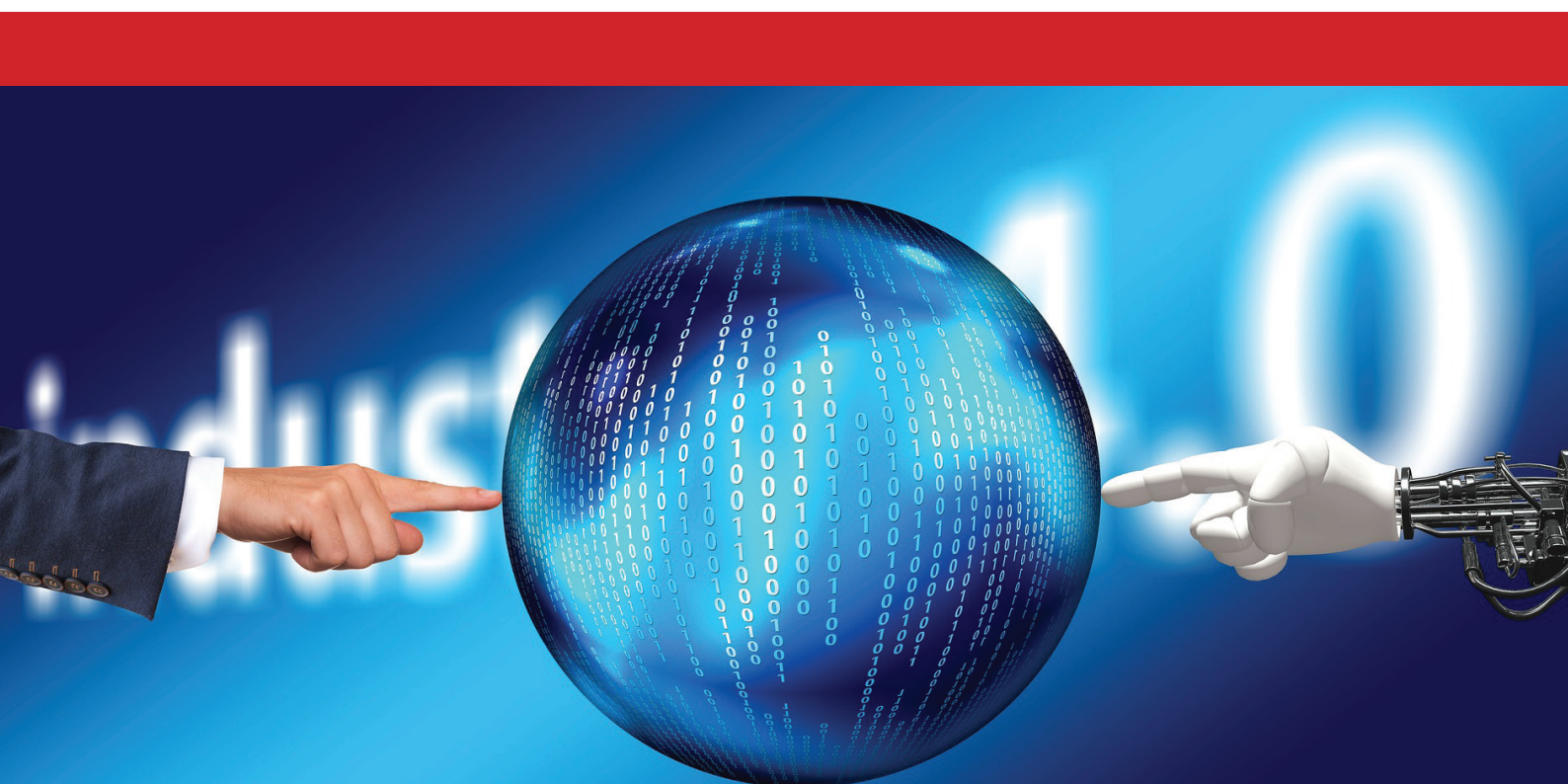
der Daten wird jedoch wieder auf die vom Lesegerät erzeugte Feldenergie zurückgegriffen,

- **Aktive** RFID-Transponder nutzen die elektrische Energie einer internen Batterie um gleichsam den Mikrochip zu betreiben und Daten zu senden.

2. NFC-Tags

Langer und Roland (2010) stellen heraus, dass Near-Field-Communication (NFC) Anwendungen aus RFID-Technologien hervorgingen. Sogenannte NFC-Tags basieren auf vorhande-

nen RFID-Protokollen und unterscheiden sich insofern, als dass beim Senden und Empfangen keine geheimen Informationen (wie Verschlüsselungscodes) gesendet werden. NFC-Tags werden in verschiedenen Formaten bereitgestellt, die vom NFC-Forum standardisiert sind. Sie unterscheiden sich dabei in vier Typen und damit hauptsächlich in ihrer Speicherkapazität. NFC-Technologien werden vorwiegend zur Authentifizierung von Personen oder Tickets verwendet und dienen auch als probates Zahlungsmittel, sofern eine entsprechende Aufladung eines Geldwertes erfolgt.



ANWENDUNG IN DER INDUSTRIE

Im industriellen Alltag ist eine automatisierte Objektidentifizierung nicht mehr wegzudenken. Sei es in der Produktion oder in Logistikbetrieben für Verbrauchsgüter, wo Fristen und Auslieferungszeitpunkte gewahrt werden müssen. Deshalb ist es wichtig, bei der Identifizierung eine hohe Leserate zu gewährleisten; insbesondere durch qualitativ hochwertige Kennzeichnungen und Lesesysteme.

So können Branchen wie Industrie, Distribution, Logistik, Handel sowie Dienstleistungen wie Parken, Ticketing und Werbung, aber auch das Gesundheitswesen unterstützt werden.

Moderne Identifikationstechniken liefern darüber hinaus noch Synergieeffekte, die zusätzlich zur ursprünglichen Identifizierung von Objekten genutzt werden können.

Oberhollenzer (2018) spricht dabei von den folgenden Synergieeffekten:

- ▶ eindeutige Zuordnung von Material und Information,
- ▶ eindeutige Zuordnung von Material und Zeit,
- ▶ durchgängige Objektverfolgung (Tracking),



- ▶ Automatisierung von Transport- und Materialflüssen,
- ▶ Kosteneinsparung durch schnelles Auffinden von Objekten,
- ▶ permanente Inventur,
- ▶ nahtlose Rückverfolgbarkeit (Tracking),
- ▶ Qualitätsmanagement,
- ▶ nachhaltige Wartungs- und Servicekonzepte,
- ▶ Unterstützung von Industrie 4.0 durch Mensch-Maschine- und Maschine-Maschine-Schnittstellen.

Eine sinnvolle Prozessplanung ist wesentlich, wenn ein Produktions- und Distributionssystem den Anforderungen an „Industrie 4.0“ gerecht werden soll. Nur dadurch wird es möglich, den Materialfluss festzulegen und entsprechend wichtige Identifikationspunkte ausfindig zu machen. Der Identifikationsprozess beginnt bereits beim Austausch von Gütern zwischen Unternehmen: Angefangen beim Abholplatz über die Verpackung, Adressierung und Übergabe hin zur Packstücknummer.

Mit der Übergabe fertiger Produktionsteile von einem Unternehmen an ein anderes werden ebenfalls Datensätze mit folgenden möglichen Informationen übergeben:

- ▶ Teilenummern (beispielsweise als Seriennummern)
- ▶ Materialnummer des Rohmaterials
- ▶ Chargen- (Los-)Nummer des Rohmaterials – Rückverfolgbarkeit zum Hersteller des Rohmaterials
- ▶ Zeit- und Datumsangaben des Prozessablaufs
- ▶ Bearbeitungsdaten (Maschinen, Werkzeuge, Hilfsmittel)

Mit dieser Arbeitsweise fallen fehleranfällige, manuelle (handschriftliche) Erfassungen weg, was somit Kosteneinsparpotenzial

bietet. Die (Produkt-)Suche an falschen Standorten wird vermieden und Kosten werden eingespart –beispielsweise durch Maschinenstillstandzeiten aufgrund von „Materialsuche“, verursachte Kosten.

HANDS-ON: LÖSUNGSASÄTZE

IN DER FORSCHUNG

Für Unternehmen der Produktion hat sich die Plattform Industrie 4.0 zu einem bedeutenden Erfolgsfaktor entwickelt. Um die Verbreitung dieser Plattform weiter voranzutreiben, werden Musterfabriken als Demonstratoren eingesetzt. Dazu zählt auch die **effiziente Fabrik 4.0** der TU Darmstadt, welche umsetzbare Lösungen der neuen Plattform veranschaulicht. Industrie 4.0 entstand 2010 als Zukunftsprojekt und führte über diverse Entwicklungsschritte zur Gründung der Plattform. Die Forschung fokussiert sich mittlerweile auf die Umsetzung dieser Plattform in Unternehmen. Dabei liegt das Ziel auf der Erhöhung der Produktionsflexibilität basierend auf individuellen Kundenwünschen. Der Aufbau eines vernetzten und damit kommunikationsfähigen Systems bildet die Grundlage dieser Plattform. Erforderliche Informationen müssen jederzeit abrufbar sein. Prägend ist dabei die Einbindung von Werkstücken und Produktionsmitteln in die Vernetzung. Die technische Grundlage der IT-System Integration lässt sich in zwei Aspekte unterteilen: Die **horizontale Integration** von IT-Systemen

beschreibt die Integration für die unterschiedlichen Prozessschritte der Produktion und der Unternehmensplanung. Die Integration von IT-Systemen auf den unterschiedlichen Hierarchieebenen hin zu einer durchgängigen Lösung wird dagegen als **vertikale Integration** bezeichnet. Der damit einhergehende Dualismus des Informationsflusses erfordert neue Konzepte, welche durch Cyber-Physische-Systeme bekannt geworden sind. Diese Systeme zeichnen sich durch die parallele Existenz eines realen Objektes und dem dazugehörigen digitalen Abbild aus. Ein Objekt kann hier beispielsweise als Betriebsmittel, als Prozess oder auch als Werkstück verstanden werden. Die Industrie 4.0 wird durch folgende technische Grundlagen geprägt: Identifikation, Lokalisierung und Adressierung. Letztere wird durch das **IoT (Internet of Things)** und dem Internet Protokoll IPv6 ermöglicht, welches über $3,4 \cdot 10^{38}$ individuelle Adressen verfügt.

Das IoT ist eng verknüpft mit dem **IoD (Internet of Daten)**. Die Kommunikation wird dabei durch verschiedene Dienste sichergestellt.

Derzeit stehen dafür hauptsächlich zwei Konzepte zur Verfügung: Das **SOAP** (Simple Object Access Protocol), bei dem die Anfragen und Antworten ein **XML**-Format (Extensible Mark-Up Language) aufweisen, und das Konzept **REST** (Representational State Transfer), welches Anfragen mit Hilfe des URI (Unified Resource Identifier) formuliert und über **http** (Hyper Text Transfer Protocol) codiert. REST erlaubt Antworten in beliebigen Formaten, meist wird jedoch **HTML** (Hyper Text

Mark-Up Language) herangezogen. Auf diese Weise entsteht ein Informationsnetzwerk, das die Produktion umfassend beschreibt. Auch Betriebsmittel wie zum Beispiel Werkzeugmaschinen, Prüfmittel, Montagemittel und auch Transportmittel stellen Informationsträger dar. Neue Sicherheitskonzepte bezüglich **IT-Sicherheit**, Zuverlässigkeit und Robustheit sowie Privatheit und Wissensschutz ermöglichen zudem eine Widerstandsfähigkeit gegen Störeinflüsse.

Bauteile sind Informationsträger

Für die Realisierung einer effizienten Produktion ist die Datenverarbeitung entscheidend. Diese sollte ohne Medienbrüche, digital und im optimalen Fall vollautomatisiert durchgeführt werden. Dazu ist eine eindeutige und maschinenlesbare Kennzeichnung realer Objekte grundlegend – wobei die Zuordnung realer Objekte zu virtuellen Daten zu jeder Zeit möglich sein muss, um einen effizienten Einsatz des cyber-physischen Systems zu ermöglichen. Die damit einhergehende Kopplung unterschiedlicher Informationen in Echtzeit ermöglicht es, Bauteile als Informationsträger einzusetzen und macht Begleitdokumente

auf textueller Basis überflüssig. Allerdings sind viele Produktionsunternehmen nicht mit der Entwicklung des Produkts vertraut, das sie herstellen. Daher kann oftmals die erforderliche Identifikation der Bauteile nicht von den Unternehmen selbst durchgeführt werden. Die genannten Überlegungen haben die Entwicklung und Implementierung der effizienten Fabrik 4.0 geprägt (vgl. Abbildung 10). **Identifikationstechnologien** wurden so konzipiert, dass bei dem Einsatz des Gesamtsystems eine möglichst hohe Kosteneffizienz realisiert werden kann: Das Rohmaterial wird mit **Barcodes** markiert und kann mit optischen Lesegeräten

identifiziert werden. Ladungsträger und Bauteile werden mit **RFID** gekennzeichnet. Übergeordnetes Ziel der Umsetzung ist die unmittelbare Kopplung von Prozessinformationen und den zugehörigen physischen Komponenten, um diese näher beschreiben zu können. Das Konzept stellt die Grundlage für zahlreiche andere Anwendungsszenarien dar, indem es die Bereitstellung und Weitergabe bauteil- oder betriebsmittelgebundener Information

für unterschiedliche Prozessschritte ermöglicht. Dadurch könnte, langfristig gesehen, die Kopplung zeitlich und räumlich getrennter Produktionsprozesse ohne zentrale Steuerung ermöglicht werden. Darüber hinaus liefert dieses Konzept enormes Potential für eine Datenverarbeitung, die sich nicht nur auf die Produktion beschränkt, sondern auch die Zusammenarbeit zwischen Unternehmen einschließt (Anderl et al., 2016).

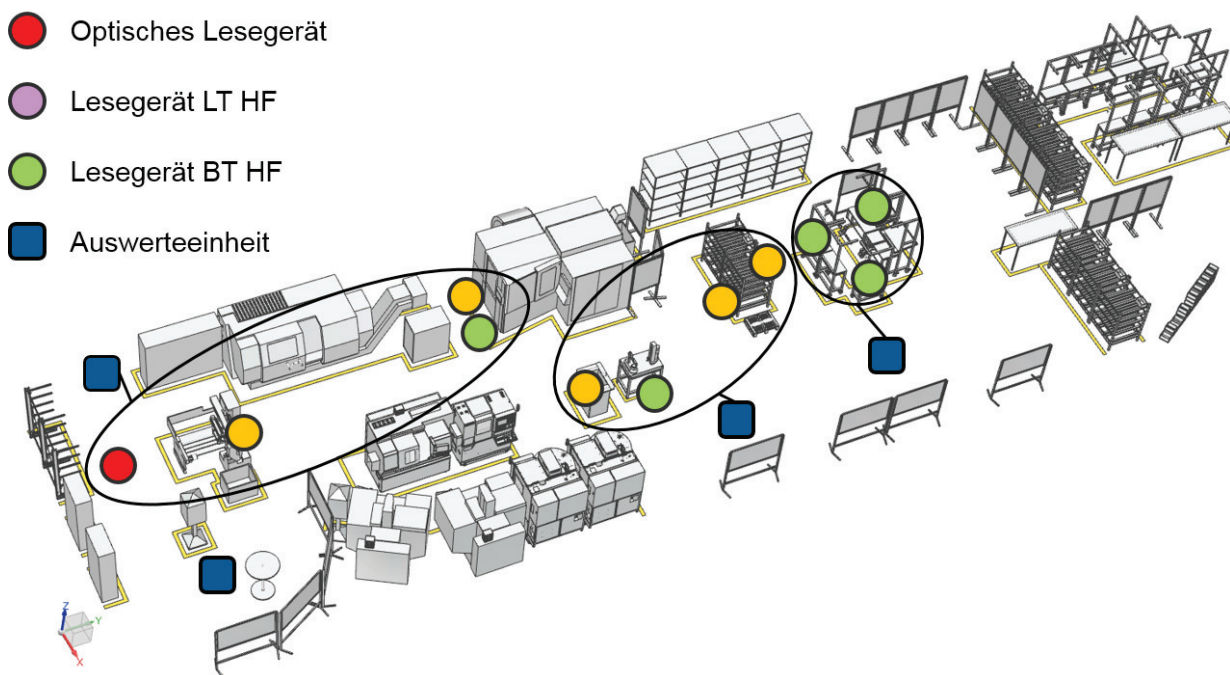


Abbildung 10 – Übersicht der Identifikationsgeräte in der Effizienten Fabrik 4.0. (Quelle: Effiziente Fabrik 4.0)

ZUSAMMENFASSUNG

Um KMUs in Zeiten des digitalen Wandels zu unterstützen, fördert das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) insbesondere über die Mittelstand 4.0-Kompetenzzentren zahlreiche Angebote für mittelständische Unternehmen. Die Kompetenzzentren informieren dabei deutschlandweit über die Chancen und Möglichkeiten der Digitalisierung und unterstützen KMUs bei der Umsetzung im eigenen Unternehmen (BMWi, 2017). Das Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Darmstadt bietet verschiedene Unterstützungsmöglichkeiten wie zielgruppenorientierte Workshops und individuelle Fachgespräche zu den Themen innovative Geschäftsmodelle, industrielle IT Sicherheit und Effizienzsteigerung in der Produktion. Praxisbeispiele für Digitalisierung werden in den Lernfabriken an der TU Darmstadt gezeigt. Dort werden in einem realen Produktionsumfeld zahlreiche Schulungsangebote durchgeführt, um den Umgang mit erfassten und übertragenen Daten besser zu verstehen: Begonnen bei der Sensibilisierung zu Datenerfassung und -verfolgbarkeit bis hin zur Entwicklung und Umsetzung neuer Konzepte.

In diesem Leitfaden wurden die Möglichkeiten aufgezeigt, welche die digitale Transformation für die Produktion bietet. Zudem wurden die Merkmale intelligenter Bauteile erläutert: Smarte Bauteile tragen und speichern Informationen, kommunizieren mit den Maschinen und können sich während des ganzen Produktionsprozesses selbst steuern. Die wesentlichen Erfolgsfaktoren für intelligente Bauteile sind die Identifikations- und Kommunikationstechnologien, die in diesem Leitfaden beschrieben wurden. Sie ermöglichen KMUs eine verbesserte Datenverwaltung und -nutzung und flexiblere Produktionsprozesse sowie eine optimierte Wertschöpfung im Unternehmen.

LITERATURVERZEICHNIS

- ▶ Anderl, R., Strang, D., Picard, A., und Christ, A. (2014). Integriertes Bauteildatenmodell für Industrie 4.0: Informationsträger für cyber-physische Produktionssysteme. ZWF Z. Für Wirtsch. Fabr. 109, 64–69.
- ▶ Anderl, R., Dumitrescu, R., Eigner, M., Ganz, C., Huber, A.S., Michels, J.S., Rückert, T., Shubin, T., Stark, R., und Zhi, P. (2016). Industrie 4.0 grenzenlos (Berlin: Springer Vieweg).
- ▶ BMWi (2017). Digitising Manufacturing in the G20 – Initiatives, Best Practice und Policy Approaches (Berlin: Federal Ministry for Economic Affairs and Energy (BMWi)).
- ▶ Hippenmeyer, H., und Moosmann, T. (2016). Automatische Identifikation für Industrie 4.0 (Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg).
- ▶ Knuchel, T., Kuntner, T., Pataki, E.C., und Back, A. (2011). 2D-Codes: Technologie und Anwendungsbereiche. WIRTSCHAFTSINFORMATIK 53, 49–52.
- ▶ Langer, J., und Roland, M. (2010). Anwendungen und Technik von Near Field Communication (NFC) (Berlin: Springer).
- ▶ Langlotz, T., und Bimber, O. (2007). Unsynchronized 4D Barcodes. In Advances in Visual Computing, G. Bebis, R. Boyle, B. Parvin, D. Koracin, N. Paragios, S.-M. Tanveer, T. Ju, Z. Liu, S. Coquillart, C. Cruz-Neira, et al., eds. (Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg), pp. 363–374.
- ▶ Neugebauer, R. (2018). Digitalisierung: Schlüsseltechnologien für Wirtschaft und Gesellschaft (Berlin Heidelberg: Springer Vieweg).
- ▶ Niggemann, O., Biswas, G., Kinnebrew, J.S., Khorasgani, H., Volgmann, S., und Bunte, A. (2017). Datenanalyse in der intelligenten Fabrik. In Handbuch Industrie 4.0 Bd.2: Automatisierung, B. Vogel-Heuser, T. Bauernhansl, und M. ten Hompel, eds. (Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg), pp. 471–490.
- ▶ Oberhollenzer, H. (2018). Herstellungsverfahren für die industrielle Kennzeichnung: Eine aktuelle Übersicht und Entscheidungshilfe für den Anlagen- und Maschinenbau.
- ▶ Pfliegl, R., und Seibt, C. (2017). Die digitale Transformation findet statt! E Elektrotechnik Informationstechnik 134, 334–339.
- ▶ Plattform Industrie 4.0 (2015). Umsetzungsstrategie Industrie 4.0.
- ▶ Siepman, D., und Graef, N. (2016). Industrie 4.0 – Grundlagen und Gesamtzusammenhang. In Einführung und Umsetzung von Industrie 4.0, A. Roth, ed. (Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg), pp. 17–82.
- ▶ Ten Hompel, M., Büchter, H., und Franzke, U. (2008). Identifikationssysteme und Automatisierung (Berlin: Springer).
- ▶ Walter, W.M. (2017). Der Einfluss der Digitalisierung auf die Organisation eines Unternehmens. In Herausforderung Utility 4.0, O.D. Doleski, ed. (Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden), pp. 227–247.
- ▶ (2005). Das Internet der Dinge: Ubiquitous computing und RFID in der Praxis: Visionen, Technologien, Anwendungen, Handlungsanleitungen (Berlin: Springer).

Mittelstand-
Digital



Mittelstand 4.0
Kompetenzzentrum
Darmstadt

