



Aktualisierung bez. des überarbeiteten Rahmenplans von 2019

535/01-D

Autor: Stefan Schroll

Industrie 4.0 bezeichnet die intelligente Vernetzung von Maschinen und Abläufen in der Industrie mithilfe von Informations- und Kommunikationstechnologie. Für Unternehmen gibt es viele Möglichkeiten, intelligente Vernetzung zu nutzen. Zu den Möglichkeiten zählen beispielsweise:

- flexible Produktion: In der Herstellung eines Produkts sind viele Unternehmen involviert, die Schritt für Schritt bei der Entstehung des Produkts beitragen. Digital vernetzt können diese Schritte konkreter abgestimmt und die Auslastung der Maschinen effektiver geplant werden.
- wandelbare Fabrik: Produktionsstraßen sind häufig in Modulen aufgebaut. Sie lassen sich schnell für eine Aufgabe zusammenbauen. Produktivität und Wirtschaftlichkeit werden verbessert, individualisierte Produkte können in kleiner Stückzahl zu bezahlbaren Preisen hergestellt werden.
- kundenzentrierte Lösungen: Kunde und Produzent rücken näher zusammen. Die Kunden können selbst Produkte nach ihren Wünschen mitgestalten – beispielsweise können Elemente von Schuhen selbst designt und individuell angepasst werden. Gleichzeitig können sog. smarte Produkte, die schon ausgeliefert und im Einsatz sind, Daten an den Produzenten senden. Mit den Nutzungsdaten kann der Produzent seine Produkte verbessern und dem Kunden zusätzliche Services bieten.
- optimierte Logistik: Algorithmen berechnen ideale Lieferwege, Maschinen melden selbstständig, wenn sie neues Material benötigen – die smarte Vernetzung ermöglicht einen optimalen Warenfluss und damit eine verkürzte Durchlaufzeit.
- Einsatz von Daten: Daten zum Ablauf der Produktion und zum Zustand eines Produkts werden zusammengeführt und ausgewertet. Die Datenanalyse gibt Hinweise, wie ein Produkt effizienter hergestellt werden kann.
- ressourcenschonende Kreislaufwirtschaft: Produkte werden datengestützt über ihren vollständigen Lebenszyklus betrachtet. Schon im Design wird festgelegt, in welcher Form die Materialien wiederverwertet werden können.

Rahmenplan: Kapitel 1.1.2

Textband: Kapitel 1.2.4/1.2.5

Der **Energieeffizienz** von Maschinen kommt eine immer größere Bedeutung zu, z. B. bei den Verbrennungsmotoren, die indirekt nach Verbrauch (über den CO₂-Ausstoß) gesteuert werden, also umso höhere Kosten verursachen, je schlechter ihre Effizienz ist. Bei den elektrischen Maschinen verhält es sich ähnlich. Denn 37% aller Treibhausgasemissionen in Deutschland sind auf die Industrie zurückzuführen und davon wiederum etwa zwei Drittel auf den Einsatz von Elektromotoren. Aus diesem Grund schätzt das Umweltbundesamt, dass der Stromverbrauch allein in Deutschland bis zum Jahr 2022 durch den Einsatz effizienterer Motoren relativ einfach um rund 27 Mrd. Kilowattstunden reduziert werden kann. Dies würde ca. 16 Mio. Tonnen weniger CO₂ entsprechen. Diese Zahlen verdeutlichen, warum Energieeffizienz bei Elektromotoren

ein so zentrales Thema ist, dass es sogar gesetzliche Vorgaben gibt, welche Motoren überhaupt verwendet werden dürfen. Seit 2017 dürfen nur noch Motoren der Effizienzklasse IE 3 oder IE 4 neu eingebaut werden.

Linearmotoren gehören zu den elektrischen Antrieben. Im Gegensatz zu herkömmlichen Elektromotoren erzeugt ein Linearmotor jedoch keine rotierenden, sondern geradlinige Bewegungen in zwei Richtungen. Der Unterschied zum Drehstrommotor besteht darin, dass die Spulen beim Linearmotor auf einer ebenen Strecke angeordnet sind. Der Läufer, der im Drehstrommotor rotiert, wird beim Linearmotor von dem längs bewegten Magnetfeld linear über die Bewegungsstrecke gezogen. Daher kann der Linearmotor gänzlich auf kräfteübertragende Bauteile verzichten. Durch den Wegfall solcher Komponenten erhöht sich die Dynamik erheblich und gleichzeitig verringern sich die Anzahl der Verschleißteile im Antriebssystem, da ledig-



lich die Linearführungen beansprucht werden. Eingesetzt werden diese Motoren v.a. in Werkzeugmaschinen und Positioniersystemen.

Arbeiten an elektrischen Anlagen dürfen nach DGUV Vorschrift 3 nur von Elektrofachkräften oder unter Leitung und Aufsicht von Elektrofachkräften durchgeführt werden. Bestimmte Tätigkeiten dürfen jedoch auch von Personen ohne elektrotechnische Berufsausbildung übernommen werden. Voraussetzung hierfür ist eine Qualifikation als Elektrotechnisch unterwiesene Person (**EuP**) oder als Elektrofachkraft für festgelegte Tätigkeiten (**EFKffT**). Der Ausbildungslehrgang zur EuP kann üblicherweise an einem Tag absolviert werden und erlaubt anschließend u.a. das Betreten von Elektro-Schalträumen, das Betätigen von Stellgliedern und das Feststellen der Spannungsfreiheit. All dies geschieht jedoch immer unter Leitung und Aufsicht einer Elektrofachkraft, die für alle Tätigkeiten der EuP verantwortlich ist. Anders verhält es sich bei den EFKffT. Diese dürfen nach einem Ausbildungslehrgang im zeitlichen Umfang von mindestens 80 UE, einige sich wiederholende Tätigkeiten, für die sie vom Arbeitgeber offiziell bestellt wurden, eigenverantwortlich durchführen.

Rahmenplan: Kapitel 1.1.3

Textband: Kapitel 1.3.2

In Industriebetrieben sind weltweit viele Millionen **Pumpen** im Einsatz. Ein erheblicher Anteil dieser Pumpen sind dabei Kreiselpumpen. Für Anwendungen, die hohe Drücke benötigen (z.B. in der Hydraulik), kommen auch Verdrängerpumpen, wie z.B. Kolbenpumpen, zum Einsatz. Um für den jeweiligen Anwendungsfall die richtige Pumpe auswählen zu können, müssen neben dem Einbauort auch die Anlagenverhältnisse bekannt sein. Hierzu zählt neben der benötigten Fördermenge und Förderhöhe v.a. auch die **Anlagenkennlinie**, die sich aus Rohrdimensionen, Einbauten usw. ergibt.

Der Schnittpunkt der Anlagen- mit der Pumpenkennlinie ergibt den Arbeitspunkt der Pumpe. Um die Pumpe möglichst energieeffizient betreiben zu können, ist es daher wichtig, schon in der Planungsphase diese Kennlinien zu berücksichtigen. Ansonsten besteht die Gefahr, dass Pum-

pen nicht passend (meist überdimensioniert) ausgelegt werden und somit deutlich mehr Energie verbrauchen als für den Betrieb eigentlich nötig wäre.

Rahmenplan: Kapitel 1.2.1

Textband: neues Kapitel nach 2.1.2

Netzwerktechnik/Fernwartung

Im Bereich der Instandhaltung gewinnt die Netzwerktechnik zunehmend an Bedeutung. Es werden mittlerweile z.B. häufig Fernwartungen oder Software-Updates an Maschinen und Anlagen über das Netzwerk durchgeführt. Neben den Vorteilen dieser Entwicklung, wie z.B. Zeitersparnis, müssen jedoch auch die erhöhten Sicherheitsgefahren beachtet werden. So können Maschinen und Anlagen durch Schadsoftware und Hackerangriffe attackiert und beschädigt werden. Um dies zu verhindern, ist es erforderlich, die Systeme wirksam z.B. durch Firewalls und Virens Scanner zu schützen.

Eine Alternative bietet eine VPN-Software. Die Abkürzung **VPN** steht für „Virtual Private Network“ (virtuelles privates Netzwerk). Über eine VPN-Verbindung ist es möglich, sich anonym im Netz zu bewegen. Sie ist außerdem so verschlüsselt, dass andere Teilnehmer oder Hacker so gut wie keinen Zugriff erlangen können.

Darüber hinaus kann die Kommunikation zwischen einem lokalen Client und einem Webserver durch einen **Proxy Server** abgesichert werden. Dieser fungiert als Vermittler in einem Netzwerk, der Anfragen entgegennimmt und sie stellvertretend weiterleitet. Dank dieser Stellvertreterrolle ist er in der Lage, Daten und Verbindungen zu kontrollieren, zu filtern und zwischenspeichern. Interne Netze, Geräte oder Services lassen sich so vor externen Bedrohungen aus dem Internet schützen.

Rahmenplan: Kapitel 1.2.2

Textband: Kapitel 2.2

Im Rahmen der zustandsorientierten **Instandhaltung** kommt der Maschinendatenerfassung eine besondere Bedeutung zu. Denn nur wenn z.B. Schalthäufigkeiten oder Laufzeiten erfasst werden, kann der optimale Zeitpunkt



für Instandhaltungsmaßnahmen ermittelt werden. Eine zeitgenaue Erfassung von Maschinenlaufzeiten, -stillständen und -störungen ermöglicht eine automatische Zuordnung von Zuständen, z.B. Produktion, Stillstand, Störung, und eine detaillierte Auswertung zur präzisen Schwachstellenanalyse und Identifikation von Optimierungspotenzialen.

Rahmenplan: Kapitel 1.4.2
Textband: Kapitel 4.2

Die Anteile der unterschiedlichen Energieträger an der Stromerzeugung in Deutschland haben sich in den letzten Jahren stark verändert. So spielten die **regenerativen Energiequellen** bis ca. zum Jahr 2000 kaum eine Rolle. Aber durch die gezielte Förderung von z.B. Wind, Photovoltaik und Biomasse im Rahmen der Energiewende in den letzten Jahren erhöhte sich deren Anteil kontinuierlich. Auch für die kommenden Jahre werden sich durch den geplanten Atom- und Kohleausstieg weitere Herausforderungen in der Energiepolitik ergeben, da die derzeit rund 50%, die diese Energieträger ausmachen, durch alternative Energieformen ersetzt werden müssen.

Rahmenplan: Kapitel 1.5.2
Textband: neues Kapitel 5.2.5

5.2.5 Gefährdungsbeurteilung

Die Gefährdungsbeurteilung ist das zentrale Element im betrieblichen Arbeitsschutz. Sie ist die Grundlage für ein systematisches und erfolgreiches Sicherheits- und Gesundheitsmanagement. Wichtig hierbei ist, dass die potenziellen Gefahren im Betrieb (frühzeitig) erkannt werden. Es soll ermittelt werden, wo Handlungsbedarf besteht – bevor etwas passiert.

Der Umfang einer Gefährdungsbeurteilung orientiert sich an den betrieblichen Anforderungen und Gegebenheiten. Es gibt daher keine allgemeingültigen Vorgaben. Es müssen alle voraussehbaren Arbeitsabläufe im Unternehmen berücksichtigt werden. Dazu gehören auch Ereignisse und Aufgaben, die außerhalb der „normalen“ Betriebsbedingungen stattfinden, wie z.B. Instandhal-

tungsarbeiten, Vorgehen bei Betriebsstörungen, Reinigen oder Nebentätigkeiten wie Abfallbeseitigung. Sobald eine Gefährdung entdeckt wird, muss geklärt werden, wie sie beseitigt oder gemindert werden kann.

Eine Gefährdungsbeurteilung ist für jede ausgeübte Tätigkeit bzw. jeden Arbeitsplatz erforderlich. Bei gleichartigen Betriebsstätten, gleichen Arbeitsverfahren und -plätzen ist die Beurteilung eines Arbeitsplatzes oder einer Tätigkeit ausreichend.

Falls irgendwie möglich, sollten die Beschäftigten in das gesamte Verfahren einbezogen und bereits bei der Erhebung der Fakten beteiligt werden. Außerdem ist zu beachten, dass Betriebsräte Mitbestimmungsrechte bei der Gefährdungsbeurteilung haben. Mit der GDA-Leitlinie „Gefährdungsbeurteilung und Dokumentation“ stellen die Unfallversicherungsträger den Betrieben eine Praxishilfe zur Umsetzung der Gefährdungsbeurteilungen zur Verfügung.

Rahmenplan: Kapitel 1.6.5
Textband: Kapitel 6.5

Das **Condition Monitoring** (Zustandsüberwachung) verfolgt grundsätzlich zwei Ziele: Sicherheit und Maschineneffizienz. Basierend auf den im Idealfall in Echtzeit analysierten Sensordaten kann ein schnell reagierendes Sicherheitssystem (z.B. Notabschaltung) realisiert werden. Die Überwachung des Maschinenzustands ist ebenso eine zwingende Voraussetzung für die zustandsorientierte Instandhaltung. Es bietet großes Potenzial zur Kosteneinsparung, da die Lebensdauer kritischer Maschinenelemente praktisch vollständig ausgenutzt werden kann und gleichzeitig nötige Instandsetzungsmaßnahmen in Abstimmung mit dem Produktionsplan terminiert werden können. Condition Monitoring kann dagegen nicht spontane Ausfälle von Bauteilen erkennen und vermeiden, wie z.B. den Gewaltbruch einer Welle.

Materialermüdung kann hingegen Gegenstand von Condition Monitoring sein. Durch Messung der Belastungen (z.B. Kräfte oder Drehmoment) können durch Berechnung statistische Abschätzungen der Restlebensdauer der über-



wachten Bauteile getroffen werden, woraus sich optimale Wartungszyklen ableiten lassen. Der Vorteil ist, dass Komponenten ausgetauscht werden können, bevor es zu einem technischen Anriss und anschließenden Ermüdungsbruch kommt, und dennoch der Nutzungsvorrat der Komponenten möglichst vollständig ausgenutzt werden kann.

Das **Internet der Dinge** (englisch: Internet of Things, Kurzform: IoT) ist ein Sammelbegriff für Technologien, die physische und virtuelle Gegenstände miteinander vernetzen und sie durch Informations- und Kommunikationstechniken zusammenarbeiten lassen. So wird z. B. die Zusammenarbeit zwischen Menschen und hierüber vernetzten beliebigen elektronischen Systemen sowie zwischen den Systemen an sich möglich. Darüber hinaus wird auch der Mensch bei seinen Tätigkeiten unterstützt. Ziel des Internets der Dinge ist es, automatisch relevante Informationen aus der realen Welt zu erfassen, miteinander zu verknüpfen und im Netzwerk verfügbar zu machen. Dieser Informationsbedarf besteht, weil in der realen Welt Dinge einen bestimmten Zustand haben (z. B. „Wasser ist kalt“, „Abfallbehälter ist voll“) und dieser Zustand im Netzwerk jedoch nicht verfügbar ist. Ziel ist also, dass viele realen Dinge die eigenen Zustandsinformationen für die Weiterverarbeitung im Netzwerk zur Verfügung stellen. Wichtige Schritte zu diesem Ziel sind:

- Standardisierung der Komponenten und Dienste im IoT
- Einführung einer einfach zugänglichen, sicheren und allgemeinen Netzwerkanbindung, geeignet für alle Geräte mit eingebautem Mikrocontroller
- Reduktion der Kosten für in das IoT integrierte Teilnehmer (z. B. Kosten für Geräte, Inbetriebnahme, Anschlusskosten)
- Entwicklung von kostengünstigen, automatisierten (bis hin zu autonomen) digitalen Services im Netzwerk, die den zusätzlichen Nutzen der Vernetzung realisieren

Predictive Maintenance (vorausschauende Wartung) verfolgt als eine der Kernkomponenten von Industrie 4.0 einen vorausschauenden Ansatz und wartet Maschinen und Anlagen proaktiv (also bevor etwas ausfällt), um Ausfallzeiten niedrig zu halten. Das Verfahren nutzt hierfür von Sensoren erfasste Messwerte und Daten. Im Optimalfall lassen sich so Störungen vorhersagen, bevor

sie Auswirkungen oder Ausfällen verursachen. Durch die frühzeitig eingeleiteten Wartungsmaßnahmen ist das tatsächliche Eintreten einer Störung häufig zu verhindern. Um verlässliche Vorhersagen für die vorausschauende Wartung zu treffen, müssen eine große Menge von Daten erfasst, gespeichert und analysiert werden. Aufgrund der riesigen Datenmengen kommen Techniken und Datenbanken aus dem Big-Data-Umfeld zum Einsatz. Die erfassten Messwerte und Diagnosedaten werden von den Maschinen über Netzwerke an Servicezentralen oder direkt an die Hersteller übermittelt. Als netzwerktechnische Basis fungiert in vielen Fällen das Internet of Things. Um Predictive Maintenance effizient zu betreiben, sind die drei folgenden Arbeitsschritte erforderlich:

1. Erfassen, Digitalisieren und Übermitteln von Daten
2. Speichern, Analysieren und Bewerten der erhobenen Daten
3. Errechnen von Eintrittswahrscheinlichkeiten für bestimmte Ereignisse

Der Begriff **Cloud** oder **Cloud Computing** steht für eine Technologie, die es ermöglicht, Anwendungen und Services nicht mehr lokal zu betreiben, sondern als Dienstleistung aus einem Netzwerk wie dem Internet zu beziehen. Mögliche Services, die in dieser Form bereitgestellt werden, sind Rechenkapazität, Speicherplatz oder Anwendungen wie Cloud-Telefonanlagen. Der Zugriff auf die jeweiligen Services erfolgt per Netzwerk über definierte Protokolle oder Schnittstellen. Viele Anwendungen lassen sich direkt über einen Browser ausführen. Die eigentliche IT-Ressource für die Services befindet sich auf einem an das Netzwerk angebundenen Server oder Serverpark.

Rahmenplan: Kapitel 1.7.2

Textband: neues Kapitel nach 7.2.4

Maßnahmen zur Bestandsreduzierung

Additive Fertigung, die üblicherweise auch als 3-D-Fertigung bzw. **3-D-Druck** oder generative Fertigung bezeichnet wird, gewinnt in der Industrie zunehmend an Bedeutung. Insbesondere im Prototypenbau, bei Bauteilen mit hohem Individualisierungsgrad oder Bauteilen mit einer komplizierten Geometrie finden diese Ferti-



gungsverfahren Anwendung. Doch auch in der Fertigung von Endprodukten werden immer mehr Bauteile so hergestellt.

Bei additiven Fertigungsverfahren wird durch Zufügen von Material ein Bauteil erzeugt. Eine Besonderheit ist, dass der Fertigungsprozess werkzeuglos und ohne Formen direkt auf Grundlage von 3-D-CAD-Daten erfolgt. Dies erhöht gegenüber den herkömmlichen Fertigungsverfahren die Flexibilität in der Fertigung. Mit verschiedenen additiven Fertigungsverfahren können unterschiedliche Werkstoffe verarbeitet werden – wie etwa Kunststoffe, Kunstharze, Keramiken und Metalle.

In der Regel erfolgt die Fertigung schichtweise, indem zunächst eine Ebene des Bauteils gefertigt wird. Über das Hinzufügen weiterer Schichten in der dritten Raumrichtung entsteht das dreidimensionale Bauteil. Durch Aufschmelzen oder chemische Aushärtprozesse wird ein Stoffzusammenhalt geschaffen, bevor die nächste Schicht aufgetragen wird.

Insgesamt bieten die additiven Fertigungsverfahren auch Chancen für die Automatisierung der Produktion. Allerdings haben sie auch einige Nachteile. Dies sind zum einen notwendige Nachbearbeitungsschritte, wenn eine hohe Oberflächengüte oder die Einhaltung von Toleranzen gefordert ist, zum anderen lange Prozesszeiten, da das Bauteil meist langsam Schicht für Schicht erzeugt wird.

Ein **Konsignationslager** ist ein Lager für Produkte, das Eigentum des Lieferanten ist, wobei die Bezahlung erst durch den Bezug der Teile durch den Kunden aus dem Konsignationslager erfolgt. Das Konsignationslager wird vom Lieferanten im Unternehmen des Abnehmers eingerichtet und betrieben. Der Abnehmer kann je nach Bedarf Material entnehmen. Die Bestände verbleiben bis zur Entnahme im Eigentum des Lieferanten. Die Berechnung der Ware erfolgt erst zum Zeitpunkt der Entnahmemeldung durch den Abnehmer. Der Lagerplatz wird vom Abnehmer kostenlos zur Verfügung gestellt, außerdem versichert er die Lagerbestände gegen Wasser, Feuer und Diebstahl. Der Lieferant füllt das Lager eigenverantwortlich auf, er kann also im Rahmen der definierten Mindest- und Maximalbe-

stände Anlieferzeitpunkt und -mengen selbst bestimmen. Neben Versorgungssicherheit und geringem Abwicklungsaufwand führt das Konsignationslagerkonzept zu geringeren Kapitalbindungskosten, da die Bezahlung des Materials erst nach der Entnahme aus dem Lager erfolgt.

Die **fertigungssynchrone Beschaffung** ist auch als Just-in-Time-Beschaffung bekannt. Der Unterschied zur fallweisen Beschaffung ist, dass Käufer und Verkäufer einen Vertrag unterzeichnen, in dem für eine längere Periode eine Abnahmemenge vereinbart wird. Die Lieferung findet jedoch immer nur bei Bedarf statt. Dadurch werden die Lagerkosten auf einem sehr niedrigen Niveau gehalten – jedoch entsteht hoher Planungs-, Abstimmungs- und Transportaufwand. Außerdem besteht die Gefahr von Lieferausfällen, die direkt zu Produktionsausfällen führen können, wenn z.B. beim Lieferanten gestreikt wird oder der LKW, der die Teile liefern soll, verunfallt und deshalb die benötigten Teile nicht ankommen.