

2.4.1 Prozessplanung mit cyber-physischen Systemen (CPS)

■ **Stichwörter:** ERP, Gefährdungen, MES, Prozessplanung, Ressourcen, Teilprozesse, Wertschöpfungsprozess

› Warum ist das Thema wichtig?

In cyber-physischen Systemen (CPS)¹ ist es möglich, dass die intelligente Software² mit ihren Modellen der künstlichen Intelligenz (KI) Prozesse in allen Anwendungsbereichen³ beinahe in Echtzeit ganz oder teilweise plant, steuert und kontrolliert. Diese cyber-physische Prozessplanung (Smart Planning Process – SPP) ermöglicht

durch die wirkungsvollere Nutzung aller zur Verfügung stehenden Informationen eine schnellere Reaktion auf die aktuellen Gegebenheiten und Anforderungen im Arbeitsprozess. Dabei werden alle Daten der beteiligten Arbeitsmittel, Verfahren, Materialien und Beschäftigten sowie Daten von Kunden mitberücksichtigt, die zur

Verbesserung der Wirtschaftlichkeit und Wettbewerbsfähigkeit beitragen können. Damit die Prozesse produktiv ablaufen, ist eine präventive Gestaltung erforderlich, die zum Beispiel eine gesundheitsgerechte Organisation, die Sicherstellung des Datenschutzes und die Reflexion über die Rolle der Beschäftigten beinhaltet.

› Worum geht es bei dem Thema?

Begriffe: Cyber-physische Prozessplanung (SPP) – MES – ERP

Die cyber-physische Prozessplanung (SPP – Smart Planning Process/Cycle)⁴ ist ein System zur effizienten Steuerung der Produktion beziehungsweise der Dienstleistungserbringung. Sie verbindet autonome, digitale Komponenten mit klassischer Prozessplanung und ermöglicht es, auf Basis von Echtzeitdaten, Arbeits- und Wertschöpfungsprozesse ganz oder teilweise zu planen und zu steuern. Es entstehen flexible, vernetzbare, skalierbare Module für Produktions- oder Dienstleistungsprozesse.

Die Basis ist in der Regel eine intelligente Software (inkl. KI), die sich im Rahmen von CPS an Systemen, wie Manufacturing Execution System (MES) oder vergleichbaren Systemen orientiert.

MES – Manufacturing Execution System ist ein Fertigungsmanagementsystem, das in der Produktion angewendet wird und das die Produktion führt, lenkt, steuert und kontrolliert, um kurzfristig auf konkrete Informationen zu reagieren. Dadurch ist es möglich, eine größere Variantenvielfalt anzubieten und die Effizienz in der Produktion zu erhöhen. Es kann ERP-Systeme ergänzen.

Ein **ERP – Enterprise-Resource-Planning**⁵ ist ein betriebswirtschaftliches IT-System, das im optimalen Fall Bestandteil des SPP ist.⁶ Es vernetzt Module beispielsweise der Bereiche Beschaffung, Produktion, Vertrieb, Anlagenwirtschaft, Personal-, Finanz- und Rechnungswesen miteinander und wird eingesetzt, um Teilprozesse der strategischen Planung, Produktion/Dienstleistung und Distribution bis hin zur Auftragsabwicklung und zum Bestandsmanagement zu steuern und zu beobachten.⁷

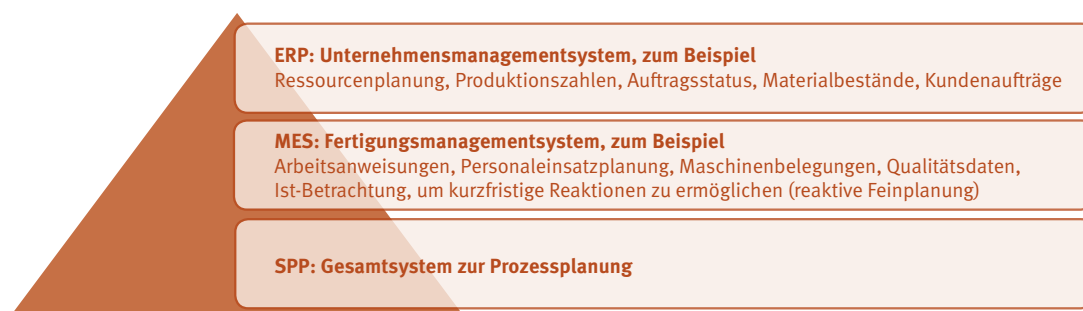


Abbildung 1: Mögliche Elemente cyber-physischer Prozessplanung (eigene Darstellung)

Diese Umsetzungshilfe gibt Experten und Interessierten Anregungen, wie Arbeit 4.0 zu gestalten ist. Die Empfehlungen sollten an die jeweilige konkrete betriebliche Situation angepasst werden.

¹ Cyber-physische Systeme (CPS) verbinden und steuern als autonome technische Systeme Arbeitsmittel, Produkte, Räume, Prozesse und Menschen beinahe in Echtzeit. Die komplette oder teilweise Steuerung übernimmt intelligente Software auf Grundlage von Modellen der künstlichen Intelligenz. Genutzt werden dazu unter anderem auch Sensoren/Aktoren, Verwaltungsschalen, Plattformen/Clouds.

² Intelligente Software steuert cyber-physische Systeme (CPS) und andere autonome technische Systeme (wie Messenger-Programme). Intelligente Software nutzt Modelle künstlicher Intelligenz zusammen mit anderen Basistechnologien wie zum Beispiel Algorithmen, semantischen Technologien, Data-Mining. Intelligente Software ist autonom und selbstlernend.

³ Anwendungsbereiche von CPS können sein: **Insellösungen**, Teilkomponenten und Teilprozesse (zum Beispiel einzelne Arbeitsplätze, Arbeitsmittel, Teile von Anlagen, Räume, Produkte, Assistenzsysteme) und **verkettete Prozesse** und Gesamtsystemlösungen (zum Beispiel verkettete Arbeitsmittel, Wertschöpfungskette). Außerdem **geschlossene Betriebsanwendungen** (autark – zum Beispiel Edge Computing, betriebliche Cloud), **offene Anwendungen** (zum Beispiel Public Clouds, Hersteller-Plattformen).

⁴ Bauernhansl 2014, S. 19f.

⁵ ZVEI 2010, S. 6

⁶ Vogel-Heuser 2014, S. 39

⁷ ZVEI 2010, S.20

Eine cyber-physische Prozessplanung mit 4.0-Technologien⁸ zeichnet sich vor allem dadurch aus, dass sie direkt an die Betriebsprozesse angebunden ist und die ganze oder teilweise Steuerung und Kontrolle der Fertigung beziehungsweise der Dienstleistung beinahe in Echtzeit (Realzeit) ermöglicht.

Der Fokus liegt dabei auf einer durchgängigen Prozessunterstützung und dem zwischen- und überbetrieblichen Austausch von Daten und Informationen. Möglich ist es, Daten beliebiger Plattformen (Big Data) einzusetzen, um beispielsweise Muster erkennen zu können, einzelne Prozesse zu individualisieren und flexibel zu priorisieren.⁹ Durch die SPP werden auch Daten erfasst, die eine direkte Auswirkung auf den Ablauf der Fertigung beziehungsweise den Dienstleistungsprozess haben. Dazu gehören in Produktionsprozessen beispielsweise Betriebsdaten, Materialflussdaten, Maschinendaten, Zeitwirtschaft oder Kundendaten. Beispielsweise kann Tracking in die Prozessplanung integriert werden, um den „Weg“ von Arbeitsmitteln, Waren

und Personen zu verfolgen.¹⁰ Es werden betriebsinterne Daten der Arbeitsaufgabe, beteiligten Personen, der Arbeitsmittel, der Arbeitsstoffe, der Arbeitsverfahren und der Arbeitsumgebung beinahe in Echtzeit berücksichtigt. Es können auch betriebsexterne, zum Beispiel kundenindividualisierte Fertigungs- beziehungsweise Dienstleistungsschritte, integriert werden.

Die Funktionen der cyber-physischen Prozessplanung decken die drei Phasen einer Produktion beziehungsweise einer Dienstleistung ab:¹¹

- Planung (prognostischer Aspekt)
- Durchführung (aktueller Aspekt)
- Analyse und Bewertung inklusive Verbesserung (historischer Aspekt)

Die SPP beantwortet im Wesentlichen Fragen zu:¹²

- Ressourcenmanagement (Was, wo, wann und wer kann ...?)
- Spezifikationsmanagement (Wie soll ...?)
- Feinplanung, Ausführungsmanagement (Was wird wo und von wem ...?)

- Datenerfassung, Analyse (Welche Daten wann, wo und von wem ...?)
- Verfolgung, Verbesserung (Wie wurde ...?)

Die Module der cyber-physischen Prozessplanung können sich auf einen Einzelprozess¹³ (zum Beispiel Arbeitsplatz, Betrieb, segmentierter Wertschöpfungsprozess) oder auf einzelne Teilprozesse beziehen, als Insellösungen ausgeführt sein oder den kompletten Produktions- und Dienstleistungsprozess umfassen.

Es sind mehrere Modelle einer cyber-physischen Prozessplanung möglich. So können beispielsweise die Daten von einzelnen Modulen von einer eher zentralen intelligenten Steuerungssoftware (inkl. KI) zusammengefasst werden oder die einzelnen Module kommunizieren untereinander ohne zentrale Steuerungssoftware. Es gibt verschiedene Kombinationsmöglichkeiten, die beispielhaft in *Abbildung 2* dargestellt sind. ▶ *Siehe Umsetzungshilfe 1.1.6 Vor- und Nachteile von CPS-Anwendungsbereichen.*

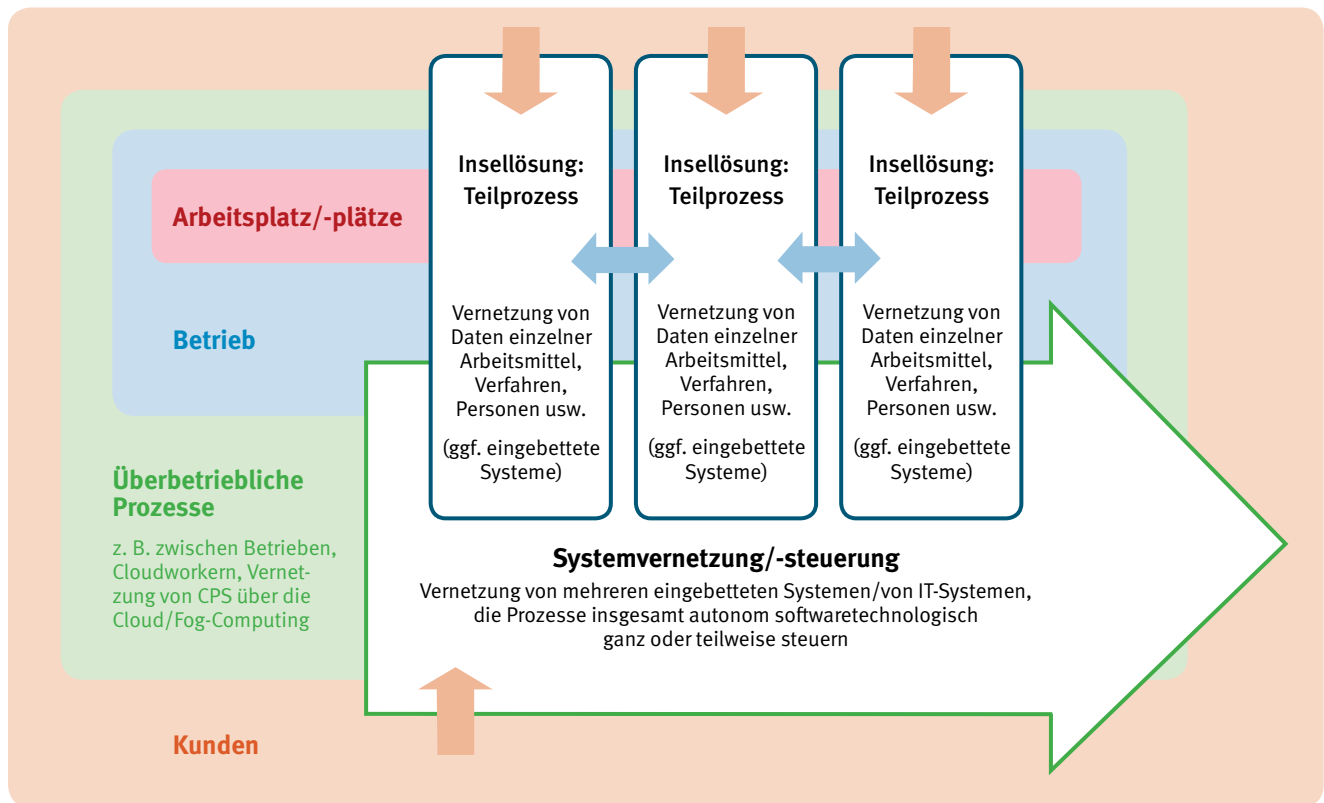


Abbildung 2: Elemente und Wirkungsebenen einer cyber-physischen Prozessplanung (eigene Darstellung)

⁸ 4.0-Technologie bezeichnet hier Hardware und technologische Produkte (wie Assistenzmittel/Smartphones, Sensoren/Aktoren in smarten Arbeitsmitteln, Fahrzeugen, Produkten, Räumen etc., smarte Dienstleistungen, Apps), die von intelligenter Software (inkl. KI) ganz oder teilweise gesteuert werden.

⁹ Bauernhansl 2014, S. 20

¹⁰ Bauernhansl 2014, S. 19f.

¹¹ in Anlehnung an ein MES laut VDI-Richtlinie 5600

¹² ZVEI 2010, S.11

¹³ Bauernhansl 2014, S. 19f.

› Welche Chancen und Gefahren gibt es?

Eine cyber-physische Prozessplanung (Smart Planning Process – SPP) bietet die **Chancen**, alle Prozesse einer Arbeitsaufgabe so zu gestalten, dass unter anderem

- vorhandene Kapazitäten besser ausgeschöpft und Ressourcen wirkungsvoller und flexibler genutzt werden,
- Abläufe standardisiert werden, um die Qualität des Prozesses zu sichern, was die Führungskräfte und Beschäftigten entlasten kann,
- eine permanente Anpassung und Optimierung der Prozesse an die tatsächlichen Gegebenheiten stattfindet,
- eine direkte Anpassung der Prozesse an die Kundenwünsche, -bedarfe und -profile stattfindet,
- personalisiert hergestellte Produkte und stark individualisierte Dienstleistungen termingerecht umgesetzt werden,
- die Prozesse beinahe in Echtzeit verbessert und Fehler vermieden oder schneller behoben werden,
- sämtliche Prozessschritte lückenlos dokumentiert werden,
- die Beschäftigten die Möglichkeit über eine SPP haben, ihre Erfahrungen und

Verbesserungsideen direkt einzubringen und umsetzen zu können (Beteiligung beinahe in Echtzeit),

- eine Gefährdungsbeurteilung und eine Risikobewertung der Prozesse bei der Arbeitsplanung berücksichtigt und die Maßnahmen beinahe in Echtzeit auf Wirksamkeit überprüft werden sowie entsprechende Maßnahmen umgehend eingeleitet werden können,
- die Aspekte der Gesundheit und Sicherheit bei der Arbeit in der Prozessplanung integriert sind, zum Beispiel Ergonomie und Handlungsspielräume oder
- die Beschäftigten über Prozessschritte oder Maßnahmen des Arbeitsschutzes informiert (unterwiesen) werden und im Arbeitsprozess lernen können.

Die **Gefahren** von SPP bestehen unter anderem darin, dass

- eine Fülle von irrelevanten Daten erhoben und ausgewertet werden und dadurch die Konzentration auf die Kernprozesse erschwert wird,
- relevante Aspekte der Sicherheit und Gesundheit im Arbeitsprozess ver-

nachlässigt werden, weil diese Aspekte nicht in der Entwicklung beziehungsweise Anschaffung der intelligenten Software (inkl. KI) der cyber-physischen Prozessplanung berücksichtigt worden sind,

- personenbezogene Daten von Beschäftigten und Personen erhoben und verarbeitet werden, ohne dass dies mit den Betroffenen vereinbart wurde. › *Siehe Umsetzungshilfe 2.3.2 Datenschutz in 4.0-Prozessen*,
- beteiligte Beschäftigte keine Informationen über die Wirkmechanismen und die Entscheidungskriterien der cyber-physischen Prozessplanung besitzen und somit Unsicherheit und Misstrauen im Umgang mit der intelligenten Software (inkl. KI) entstehen,
- standardisierte Abläufe belastend wirken, da beispielsweise sinnvolle Handlungsspielräume eingeschränkt werden, das Einbringen neuer Ideen verhindert wird oder Aufgaben und Tätigkeiten monoton werden oder
- das Erfahrungswissen der Beschäftigten nicht mehr in den Planungsprozess einfließt.

› Welche Maßnahmen sind zu empfehlen?

Die cyber-physische Prozessplanung (Teilprozesse oder Gesamtprozess) führt trotz aller Flexibilität zu standardisierten Arbeitsabläufen mit allen Vor- und Nachteilen. Um eine möglichst den Anforderungen entsprechende und flexible cyber-physische Prozessplanung zu gestalten, sollten unter anderem folgende Gestaltungsgrundsätze beachtet werden:¹⁴

- Leistungs- und Produktionsfluss nach Arbeitsablauf und wertschöpfungsorientierte Anordnung
- Transparenz im Leistungs- und Produktionsfluss für alle Beteiligten, um ausreichende Informationen zur Realisierung der Arbeitsaufgabe zu haben
- An den Bedarf der Produktion/Leistung und der Beschäftigten angepasster Personaleinsatz
- Sichere und gesundheitsgerechte Ar-

beitsabläufe, um Gefährdungen zu vermeiden (Integration der Gefährdungsbeurteilung in SPP)

- Durchgängige Information an alle Beteiligten über Arbeitsfluss und Arbeitseinsatz
- Realisierung von Verbesserungsvorschlägen beinahe in Echtzeit (nach einem zuvor festgelegten Verfahren)
- Festlegung von Kriterien zur Integration von Kundenwünschen im Leistungs-/Produktionsprozess

Da (im reifen 4.0-Stadium) fast alle Produkte und Leistungen, Arbeitsmittel, Materialien, Arbeitsstoffe, aber auch Personen und Prozesse Daten produzieren, die durchgehend identifizierbar sind, sollte von Beginn an Sorge getragen werden, dass diese Daten durchgehend codiert sind, damit sie von der cyber-physischen

Prozessplanung verarbeitet werden können. Die Daten aller Dinge müssen kompatibel mit der intelligenten Steuerungssoftware (inkl. KI) sein, sodass keine Schnittstellenprobleme auftreten. Um fehlerfreie Prozesse zu ermöglichen, ist empfehlenswert, bei der Anschaffung mit dem Hersteller die Fragen der Vernetzung bestehender IT-Systeme zwischen Betrieb und Hersteller (inklusive der Vernetzung und Koppelung von Applikationen) zu klären und festzulegen. Dabei sollte auch vereinbart werden, wie die Standards und Referenzarchitekturen¹⁵ eingehalten werden beziehungsweise sie dem Betrieb nachgewiesen werden¹⁶ sowie die Frage nach Gewährleistung, Pflege, Verantwortung.

Bei der Planung der Prozesse durch CPS wird empfohlen, aus Sicht der präventiven Arbeitsgestaltung folgende Aspekte zu berücksichtigen.

¹⁴ Soder 2014, S. 88f.

¹⁵ Diese Standards werden zum Beispiel durch den Standard der ISA (Instrumentation, Systems and Automation Society) „ANSI/ISA S95“ zur MES und IT-/ERP-Vernetzung in der Prozessindustrie, die den Datenfluss zwischen unterschiedlichen Systemen beschreiben, geregelt.

¹⁶ Pötter, Folmer & Vogel-Heuser 2014, S. 166

Ressourcenmanagement

Welche Informationen über Ressourcen sollten zur Realisierung der Arbeitsaufgabe berücksichtigt werden?¹⁷

- Erforderliche **Kapazität**, Belegung und (auch perspektivische) Verfügbarkeit von Personal, Räumen und Arbeitsmitteln
- Erforderliche Anforderungen an **Arbeitsmittel** (zum Beispiel Art, Qualität, Sicherheit, Ergonomie)
- Qualität und Ausführung von **Arbeitsmaterialien und -stoffen**, zum Beispiel bezüglich der Gefahrstoffe Prüfung von Ersatzstoffen, die weniger gesundheits- und umweltschädlich sind
- Anforderungen an Personal (zum Beispiel Qualifikation, Kenntnisse, Zertifikate und Zulassungen, Erlaubnisscheine, Führerscheine, Sachkunde-Nachweise, arbeitsmedizinische Vorsorge)
- Ressourcen für **Instandhaltungsarbeiten** beziehungsweise -aufträge, zum Beispiel Hilfsmittel, Spezialwerkzeuge, eigenes und fremdes Personal, Dokumentationen, Ersatzteile, Betriebsstoffe
- Anforderungen an den **Einsatzort** (auch Arbeitsraum/Ergonomie), Zugänglichkeit, Verfügbarkeit, erwartete Nutzung
- **Materialbestand** und Materialbewegungen, Bestandsgrößen (Soll-Ist-Vergleich)
- Art und Funktionsweise sowie Verfügbarkeit und Pflege der **Assistenzsysteme**, benötigte Kompetenzen
- Auswirkung direkter Einbindung von **Kundenbedarfen und -wünschen** auf die Beschäftigten (Belastungen und Realisierbarkeit)
- Integration der **Gefährdungsbeurteilung** in die Prozesse der Arbeitsvorbereitung mit Berücksichtigung der sich daraus ergebenden Maßnahmen für die Teilprozesse und den Gesamtprozess

Spezifikationsmanagement

Welche Informationen über Eigenschaften, Handlungsanweisungen, Vorschriften und Anforderungen sollten für die Realisierung der Arbeitsaufgabe berücksichtigt werden?¹⁸

- Informationen über die **Qualität** der Produkte und Dienstleistungen

- Arbeitsablauf und daraus erforderliche Informationen über den **Herstellungsbeziehungsweise Dienstleistungsprozess** (je nach Arbeitsaufgabe zum Beispiel Herstellungs-/Dienstleistungsregeln, Rezepte, Standard Operating Procedures, Standard Operating Conditions, Transport- und Montagefolgen, Dienstleistungsabläufe)
- **Arbeitsanweisungen** mit Informationen zur Realisierung der Arbeitsaufgabe (Maßnahmen aus der Gefährdungsbeurteilung mitberücksichtigen)
- **Unterweisungen** zu Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen für die Umsetzung der Arbeitsaufgabe sollten in Betriebs-/Arbeitsanweisungen integriert sein (zum Beispiel Persönliche Schutzausrüstungen, Nutzung von Schutzeinrichtungen, Verhaltenshinweise, Verhalten im Notfall)
- Kriterien für die **Qualitätsprüfung** und Kontrolle der Arbeitsaufgabe (auch zum Beispiel Einhaltung von Arbeitsschutz-/Umweltschutzanforderungen, Toleranzangaben für Material und Ressourcen)
- **Lager- und Transportanweisungen**, zum Beispiel für Materialien, Lagerbestände, lagerbezogene Kenngrößen (Auslastung), Ein- und Auslageranweisungen

Feinplanung, Ausführungsmanagement

Welche Informationen über die Feinplanung der Prozesse sollten für die konkrete Realisierung der Arbeitsaufgabe berücksichtigt werden?¹⁹

- **Einsatz der Arbeitsmittel, Hilfsmittel** (auch für die Dienstleistungen), unter Berücksichtigung von Betriebssicherheit, Leistungsumfang bei Dienstleistungen, Losgrößen bei industrieller Fertigung, Rüstzeiten, Auslastung, Verfügbarkeit der Ressourcen, Kommunikations- und Pausenzeiten
- Konkrete Maßnahmen der **Gefährdungsbeurteilung** für die sichere und gesundheitsgerechte Umsetzung der Arbeitsaufgabe
- Detaillierte Planung des **Personaleinsatzes** möglichst mit konkreten Arbeitszeiten, Berücksichtigung von Überbeziehungsweise Unterbelastung, Beteiligung bei der Einsatzplanung, Handlungsspielräumen von

Personen. ▶ *Siehe Umsetzungshilfe 2.6.1 Digitale Planung des Personaleinsatzes.*

- Wege der **Information und Unterweisung** der Beschäftigten über die Arbeitsaufgabe sowie das sichere und gesundheitsgerechte Arbeiten
- Planung von **Qualitätsprüfungen**, innerhalb oder außerhalb des Dienstleistungs-/ Produktionsprozesses, Verfügbarkeit von Personal und gegebenenfalls Testsystemen, Vorgaben aus der Gefährdungsbeurteilung, Vorbereitungszeiten, Zeiten für Feedbackschleifen, Fehler und Störungen
- Prüfung der **Instandhaltungsanforderungen**, die zeitliche Einbindung der Instandhaltungsaktivitäten in den betrieblichen Produktionsablauf, Anforderungen aus der Produktions-/ Dienstleistungsplanung (Produktwechsel, geplante Stillstandzeiten/ Besonderheiten beim Kunden)
- Prüfung der **Abläufe im Lager** hinsichtlich korrekter Lager-, Transport- und Personalressourcen, Einhaltung der Lager-, Transportvorschriften, Qualitätsstandards und Statusberichte, Ergänzung und Abrechnung der Lagerbestände

Datenerfassung, Analyse

Welche Daten sollten wann, wo und von wem für die Realisierung der Arbeitsaufgabe erfasst werden?

Die Daten werden von allen beteiligten Personen, Prozessen, Arbeitsmitteln, Fahrzeugen, Arbeitsmaterialien/-stoffen, Räumen und/oder Lagerbereichen/-beständen erfasst und fließen in die Prozessplanung ein.²⁰ Unter anderem gehören dazu:

- **Produktions-/Dienstleistungsdaten**, die für die Erstellung des Produktes beziehungsweise die Erbringung der Leistung relevant sind, wie Sensorwerte und Statusinformationen, Ergebnisse aus der Abarbeitung von relevanten Transaktionen (zum Beispiel Daten von Personen, Qualifikationen, Arbeitsmitteln, Produkten, Dienstleistungsabläufen, benötigten Zeiten, Fehlerhäufigkeiten, Einhaltung der Arbeits-/Umweltschutzvorgaben)
- Bei der Erfassung von **personenbezogenen Daten** die Datenschutz-

¹⁷ ZVEI 2010, S. 13f.

¹⁸ ZVEI 2010, S. 14

¹⁹ ZVEI 2010, S. 15f.

²⁰ ZVEI 2010, S. 16

vorschriften sowie die Betriebsvereinbarungen zum Umgang mit personenbezogenen Daten berücksichtigen

- Daten für und aus der **Qualitätsprüfung** der Arbeitsprozesse, der Produkte und Leistungen, über Personaleinsatz in der Qualitätsprüfung und gegebenenfalls Ergebnisse der Testsysteme, Umsetzung der Maßnahmen aus der Gefährdungsbeurteilung und aus Zeitkontrollen, Einbindung des eingesetzten Personals mit Feedbackschleifen
- Daten über **Instandhaltung**, Ausführung von Instandhaltungsaufträgen, Zustand der Arbeitsmittel und der Wartung, erfolgter Aufwand in Zeit und Kosten, Vergleich zwischen Schätz- und Ist-Aufwand, Dokumentation der anlagenspezifischen Instandhaltungshistorie
- Daten über **Lageraktivitäten und verarbeitetes Material**, Produkt-/Ser-

viceverfolgung (Tracking), wie Lagerbestand, Lagerbedingungen, genutzte Ausrüstungen, Ersatzteilbestand

Verfolgung, Verbesserung

Welche Informationen aus den Prozessen sind für Wirksamkeits- und Erfolgskontrollen von Maßnahmen, Produkten und Dienstleistungen zu berücksichtigen?²¹

- Verfolgung des konkreten **Produktions-/Dienstleistungsprozesses** (Tracking), wie Aufrechnung und Auswertung von Informationen über genutzte Ressourcen wie Personal, Arbeitsmittel, Materialverbrauch, Arbeitsstoffe, Kosten, Zeitumfänge, Einhaltung der Maßnahmen aus der Gefährdungsbeurteilung
- **Kontinuierliche Qualitätsprüfung** (gegebenenfalls beinahe in Echtzeit) mit der Analyse von Qualitätsabweichungen, Abweichungen von festgelegten Standards, Problemen der Res-

sourcenauslastung, zur Ermittlung von Trends für (kritische) Entwicklungen, Ursachenanalysen bei Qualitätsproblemen, Ableitung von Empfehlungen für deren Behebung und Verbesserungsprozesse

- Verfolgung der **Instandhaltungsanalysen** zur Ermittlung von Aufwendungen von Personal, Ersatzteilen, Hilfsmitteln, direkten und indirekten Kosten sowie den organisatorischen Abläufen in Instandhaltungsprozessen
- Verfolgung der Daten aus der **Lageranalyse** über Materialeingang inklusive Lieferqualität und Termintreue, Lagerverluste sowie Materialbewegungen bezogen auf Speicherort, Ausrüstung und Schicht, Analysen zur Verfolgbarkeit von Materialflüssen und zur Historie von Lagerressourcen, Informationen über Lagerbewegungen, die Historie und Trends (Lagerindikatoren)

Quellen und weitere Informationsmöglichkeiten:

ANSI/ISA S95:2000, *Enterprise Control System Integration – Teil 1: Models and Terminology*. Hier werden die grundlegende Terminologie und Modelle vorgestellt, mit denen die Schnittstellen zwischen den Geschäftsprozessen und den Prozess- und Produktions-Leitsystemen definiert werden können.

ANSI/ISA S95:2001, *Enterprise Control System Integration – Teil 2: Object Model Attributes*. Hier werden in Verbindung mit Teil 1 die Schnittstelleninhalte zwischen den Steuerungsfunktionen in der Produktion und der Unternehmensführung definiert.

ANSI/ISA S95, *Enterprise Control System Integration – Teil 3: Models of Manufacturing Operations Management*. Hier werden detaillierte Definitionen der Hauptaktivitäten von Produktion, Wartung, Lagerhaltung und Qualitätskontrolle beschrieben. Bauernhansl, T. (2014). Die Vierte industrielle Revolution – Der Weg in ein wertschaffendes

Produktionsparadigma. In T. Bauernhansl, M. ten Hompel, & B. Vogel-Heuser (Hrsg.), *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik* (S. 5–33). Wiesbaden: Springer Verlag.

Büttner, K.-H., & Brück, U. (2014). Use case Industrie 4.0-Fertigung im Siemens Elektronikwerk Amberg. In T. Bauernhansl, M. ten Hompel, & B. Vogel-Heuser (Hrsg.), *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik* (S. 121–144). Wiesbaden: Springer Verlag.

Pötter, T., Folmer, J., & Vogel-Heuser, B. (2014). Enabling Industrie 4.0 – Chancen und Nutzen für die Prozessindustrie. In T. Bauernhansl, T., M. ten Hompel, & B. Vogel-Heuser (Hrsg.), *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik* (S. 159–171). Wiesbaden: Springer Verlag.

Sode, J. (2014). Use Case Production: Von CIM über Lean Production zu Industrie 4.0. In T. Bauernhansl, M. ten Hompel, & B. Vogel-Heuser (Hrsg.), *Industrie 4.0 in Produk-*

tion, Automatisierung und Logistik (S. 85–101). Wiesbaden: Springer Verlag.

VDI Richtlinie 5600, *Manufacturing Execution Systems/Fertigungsmanagementsysteme*.

Vogel-Heuser, B. (2014). Herausforderungen und Anforderungen aus Sicht der IT und der Automatisierungstechnik. In T. Bauernhansl, M. ten Hompel, & B. Vogel-Heuser (Hrsg.), *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik* (S. 34–48). Wiesbaden: Springer Verlag.

ZVEI – Zentralverband Elektrotechnik und Elektronikindustrie e. V. Fachverband Automation (Hrsg.). (2010). *Manufacturing Execution Systems (MES) – Branchenspezifische Anforderungen und herstellere neutrale Beschreibung von Lösungen*. https://www.proleit.de/fileadmin/user_upload/Deutsch/Downloads/Broschueren/Loesungen/ZVEI_MES_Brosch__re_DE_2011.pdf. Zugegriffen: 31.07.2018.

²¹ ZVEI 2010, S. 16f.

Zu diesem Thema könnten Sie auch folgende weitere Umsetzungshilfen interessieren:

- 1.1.6 Vor- und Nachteile von CPS-Anwendungsbereichen
- 1.5.2 Diversity in 4.0-Prozessen
- 2.2.1 Risikobetrachtung von 4.0-Prozessen
- 2.2.2 Gefährdungsbeurteilung 4.0
- 2.3.1 Datensicherheit in 4.0-Prozessen
- 2.3.2 Datenschutz in 4.0-Prozessen
- 2.3.3 Datenqualität in 4.0-Prozessen
- 2.4.4 Digital unterstützter kontinuierlicher Verbesserungsprozess (KVP)
- 2.6.1 Digitale Planung des Personaleinsatzes
- 2.6.3 Personalbeurteilung und CPS
- 2.6.4 Einsatz von externem Crowdfunding



**OFFENSIVE
MITTELSTAND**
GUT FÜR DEUTSCHLAND

Herausgeber: „Offensive Mittelstand – Gut für Deutschland“ – Stiftung „Mittelstand – Gesellschaft – Verantwortung“
Kurfürsten-Anlage 62, 69115 Heidelberg, E-Mail: info@offensive-mittelstand.de; Heidelberg 2019

© Stiftung „Mittelstand – Gesellschaft – Verantwortung“, 2019 Heidelberg. Gemeinsam erstellt von Verbundprojekt Prävention 4.0 durch BC GmbH Forschung, Institut für Betriebliche Gesundheitsförderung BGF GmbH, Forum Soziale Technikgestaltung, Institut für angewandte Arbeitswissenschaft e.V. – ifaa, Institut für Mittelstandsforschung Bonn – IfM Bonn, itb – Institut für Technik der Betriebsführung im Deutschen Handwerksinstitut e.V., Sozialforschungsstelle Dortmund – sfs Technische Universität Dortmund, VDSI – Verband für Sicherheit, Gesundheit und Umweltschutz bei der Arbeit e.V. – gefördert vom BMBF – Projektträger Karlsruhe