

ZSL

**Zentrum für Schulqualität
und Lehrerbildung**
Baden-Württemberg

Industrie 4.0 Smart Factory

Umsetzung im Unterricht an beruflichen Schulen
Berufsschule / Fachschule für Technik



Redaktionelle Bearbeitung

Autoren	Raphael Hörner, Technische Schule Aalen Bernd Wiedmann, Technische Schule Aalen Mike Schmitt, Werner-von-Siemens-Schule Mannheim Bernd Griesshaber, Feintechnikschule Villingen-Schwenningen Georg Fischer, Technische Schule Aalen
Redaktion	Timo Weber, Zentrum für Schulqualität und Lehrerbildung (ZSL)
Barrierefreiheit	Daniel Walter (ZSL)
Erscheinungsjahr	2023 – 2. Auflage

Impressum

Herausgeber	Land Baden-Württemberg vertreten durch das Zentrum für Schulqualität und Lehrerbildung (ZSL) Heilbronner Straße 314, 70469 Stuttgart Telefon: 0711 21859-0 Telefax: 0711 21859-701 E-Mail: poststelle@zsl.kv.bwl.de Internet: www.zsl-bw.de
Urheberrecht	Alle Materialien der Handreichung stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY-NC 4.0 (Namensnennung – keine kommerzielle Nutzung – 4.0 International).



Inhaltsverzeichnis

1	Aufbau und Struktur der Handreichung	2
1.1	Aufbau der Handreichung	2
1.2	Struktur der Szenarien	3
2	Zuordnung der Szenarien zu den Schularten und Ausbildungsberufen	4
3	Szenarienüberblick	5
4	Szenarien	6
4.1	Szenario 1: Produktentwicklung und Produktionsplanung	6
4.2	Szenario 2: Flexible Fertigung	10
4.3	Szenario 3: Manufacturing Execution System	14
4.4	Szenario 4: Service/Instandhaltung und Smart Maintenance	18
4.5	Szenario 5: Energiemanagement	22
4.6	Szenario 6: Vernetzung/Kommunikation und Datensicherheit.....	27
5	Glossar	33



Vorwort

Um Fach- und Nachwuchskräfte nachhaltig auf die Anforderungen von Industrie 4.0 (Smart Factory) vorzubereiten, fördert das Land Baden-Württemberg die Umsetzung an beruflichen Schulen.

Mit den damit geschaffenen Lernfabriken, aber auch den bereits vorhandenen Laborausstattungen, Praxis- und Simulationsmodellen können die Prinzipien von Industrie 4.0 am Beispiel einer Smart Factory praxisnah vermittelt werden.

Zielgruppen der Umsetzung der Prinzipien von Industrie 4.0 sind Schülerinnen und Schüler der gewerblichen Schulen in den Berufsfeldern Metall- und Elektrotechnik, an Fachschulen für Technik und an kaufmännischen Schulen.

Auf Grundlage der bestehenden KMK-Rahmenlehrpläne einschlägiger Ausbildungsberufe für die Berufsschule und der Bildungspläne für die Fachschule für Technik wurde die vorliegende Handreichung zur Konkretisierung von Kompetenzen und Inhalten in Bezug auf Industrie 4.0 erstellt. Die Handreichung soll bei der Umsetzung an den Schulen eine Hilfestellung sein, indem beispielhaft Szenarien dargestellt werden. Die Szenarien beschreiben handlungsorientierte Aufgabenstellungen, in denen Ausbildungsinhalte der Berufs- und Fachschule im Kontext von Industrie 4.0 aufgegriffen und behandelt werden.

1 Aufbau und Struktur der Handreichung

1.1 Aufbau der Handreichung

Der Aufbau der Handreichung erfolgt in einzelnen Szenarien, in denen anhand von Beispielen aus den Bereichen der Automatisierungstechnik, Fertigungstechnik und Informationstechnik Technologien von Industrie 4.0 an handlungsorientierten Aufgabenstellungen aufgezeigt werden. Dabei werden in den Szenarien die angestrebten Handlungsziele, fachlichen Inhalte sowie die dafür notwendigen Kompetenzen ausführlich beschrieben.

Aufgrund der sehr großen fachlichen Bandbreite sind nicht alle Szenarien in der gleichen inhaltlichen Tiefe für alle Berufe und Schularten relevant. Um eine möglichst einfache Orientierung und Zuordnung der Szenarien zu den entsprechenden Schularten und Berufen zu bekommen, werden die angestrebten Handlungsziele und Kompetenzen in den Szenarien differenziert in drei unterschiedlich gestufte Anforderungsbereiche¹ formuliert (siehe Abbildung 1). Durch den Einsatz geeigneter Operatoren (Verben) entstehen somit Szenarien mit unterschiedlichen Anforderungen und Niveaus.

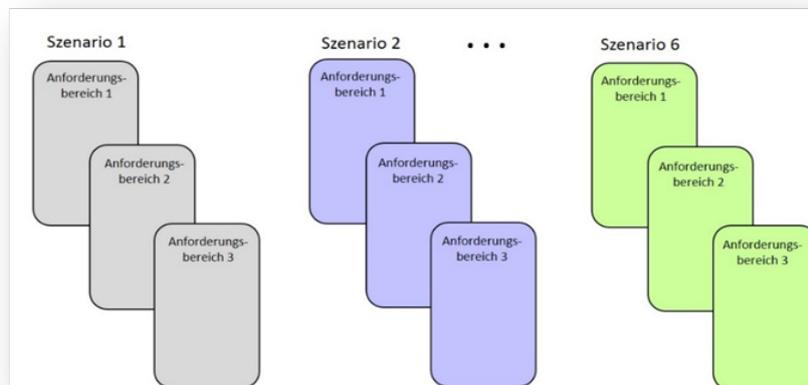


Abbildung 1: Unterschiedlich gestufte Anforderungsbereiche in den Szenarien

Anforderungsbereich 1:

- Reproduktion und Anwendung einfacher Sachverhalte und Methoden
- Darstellen von Sachverhalten in vorgegebener Form
- Darstellen einfacher Bezüge

Anforderungsbereich 2:

- Reorganisation und Übertragen komplexerer Sachverhalte und Fachmethoden
- Situationsgerechte Anwendung von technischen Kommunikationsformen
- Wiedergabe von Bewertungsansätzen
- Herstellen von Bezügen, um technische Problemstellungen entsprechend den allgemeinen Richtlinien der Technik zu lösen

¹ In Anlehnung an die EPA (Einheitliche Prüfungsanforderungen) der KMK



Anforderungsbereich 3:

- Problembezogenes Anwenden und Übertragen komplexer Sachverhalte und Fachmethoden
- Situationsgerechte Auswahl von Kommunikationsformen
- Herstellen von Bezügen und das Bewerten von Sachverhalten

Im Anforderungsbereich 1 und 2 geht es hauptsächlich darum, einfache und komplexe Sachverhalte zu reproduzieren, anzuwenden und darzustellen. Der Schwerpunkt des Anforderungsbereichs 3 liegt im problemorientierten Arbeiten und Anwenden sowie dem Transfer komplexer Sachverhalte auf neue Problemstellungen.

1.2 Struktur der Szenarien

Jedes Szenario beginnt mit einer Beschreibung der angestrebten Kernkompetenzen. In einem Schaubild werden die einzelnen Aspekte sowie die fachlichen Inhalte in Zusammenhang gebracht und Schnittstellen zu anderen Szenarien aufgezeigt. In einer Funktionsbeschreibung erfolgt exemplarisch eine detaillierte Darstellung und Beschreibung des handlungsorientierten Szenarios.

Die Beschreibung der Handlungsziele und der fachlichen Inhalte erfolgt zweiseitig (siehe Abbildung 2).

In der linken Spalte werden die angestrebten Handlungsziele durchnummeriert aufgeführt. Diese beschreiben Ergebnisse und die jeweiligen Aktivitäten, mit denen diese Ziele erreicht werden können.

In der rechten Spalte stehen – ohne Anspruch auf Vollständigkeit – korrespondierende fachliche Inhalte. Diese konkretisieren die Elemente, durch deren Behandlung im Unterricht die jeweiligen Ziele erreicht werden sollen.

ANFORDERUNGSBEREICH 1

3 Szenario 3: Manufacturing Execution System

3.1 Aufgaben und Funktionen eines MES detailliert beschreiben 3.2 MES für einen Fertigungsprozess beschreiben 3.3 Kommunikationsschnittstellen eines MES nennen	Komponenten, interne Architektur System- und Kommunikationsschnittstellen Auftrags-, Produkt- und Prozessdaten Formulare und Masken OPC UA, etc.
Handlungsziele	Inhalte

Abbildung 2: Beschreibung der Handlungsziele und fachlichen Inhalte eines Szenarios

2 Zuordnung der Szenarien zu den Schularten und Ausbildungsberufen

Nicht alle Szenarien sind in ihrer fachlichen Breite und Tiefe für jeden Ausbildungsberuf und jede Schulart relevant. Daher werden diese entsprechend ihrer fachlichen Inhalte und ihres Anforderungsbereichs in einer Matrix den Berufen und Schularten zugeordnet (siehe Abbildung 3). Somit ist eine schnelle und übersichtliche Zuordnung der Szenarien zu den Berufen und Schularten gewährleistet.

Die Handlungsziele innerhalb der Szenarien können berufs- und schulartspezifisch angepasst werden. Nicht aufgeführte Industrie 4.0 affine Berufe sollen sich an entsprechenden Berufen orientieren.

Szenarien	Szenario 1			Szenario 2			Szenario 3			Szenario 4			Szenario 5			Szenario 6		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Anforderungsbereiche																		
Berufe und Schulart																		
1 Industriemechaniker	X				X		X				X		X			X		
2 Zerspanungsmechaniker	X				X		X			X			X			X		
3 Konstruktionsmechaniker	X			X			X			X								
3 Werkzeugmechaniker	X			X			X			X								
4 Feinwerkmechaniker	X			X			X			X						X		
5 Anlagenmechaniker	X			X			X			X			X			X		
6 Verfahrenstechnologen, -mechaniker	X				X		X				X		X			X		
7 Produktionstechnologen			X		X			X			X			X		X		
8 Technische Produktdesigner		X		X			X			X						X		
9 Mechatroniker	X				X			X			X			X			X	
10 Elektroniker f. Automatisierungstechnik	X				X			X			X			X			X	
11 Elektroniker f. Betriebstechnik				X			X			X			X			X		
12 Fachinformatiker - Systemintegration	X			X				X		X								X
13 Fachinformatiker - Daten- und Prozessanalyse	X				X			X			X							X
14 Fachinformatiker - Anwendungsentwicklung	X				X			X		X								X
15 Fachinformatiker - Digitale Vernetzung	X				X			X		X			X					X
16 Kaufmännische Berufe		X						X								X		
17 Fachschule f. Metalltechnik			X			X	X			X			X				X	
18 Fachschule f. Auto.technik/Mechatronik		X				X	X				X			X				X
19 Fachschule f. Elektrotechnik		X				X		X			X			X				X
20 Fachschule f. Informationstechnik		X				X		X		X			X					X

Abbildung 3: Matrix zur Zuordnung der Szenarien zu Berufen und Schularten



3 Szenarienüberblick

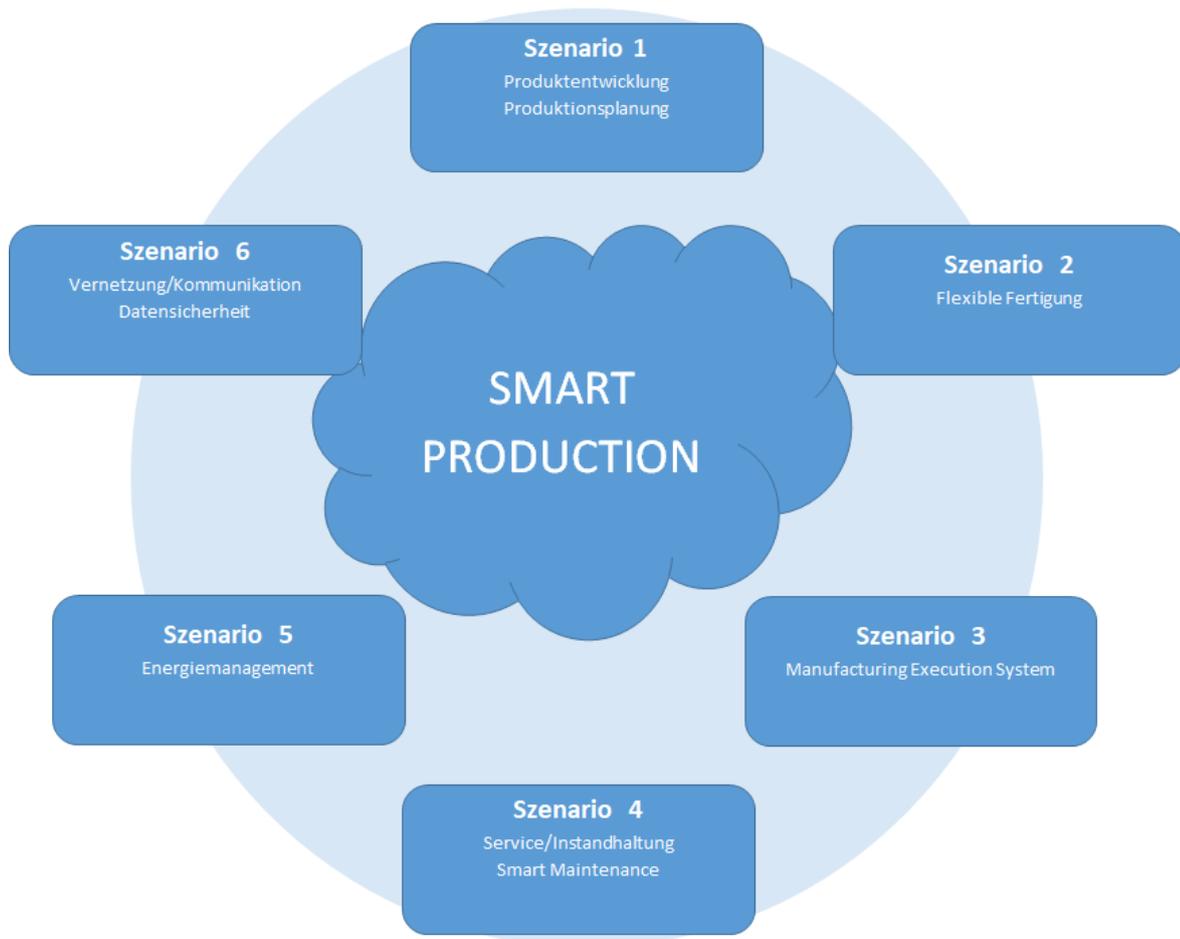


Abbildung 4: Überblick Szenarien

4 Szenarien

4.1 Szenario 1: Produktentwicklung und Produktionsplanung

Kernkompetenzen

Die Schülerinnen und Schüler besitzen die Kompetenz, den Weg von der Produktidee über die Entwicklung und Konstruktion der Produkte und deren Produktion aufzuzeigen. Dabei bereiten Sie die dafür benötigten Daten auf. Sie analysieren, bewerten und optimieren den Prozess.

Sie bestimmen Produktdaten, die für das Product Lifecycle Management (PLM) von Bedeutung sind und in Zukunft erhoben werden sollen.

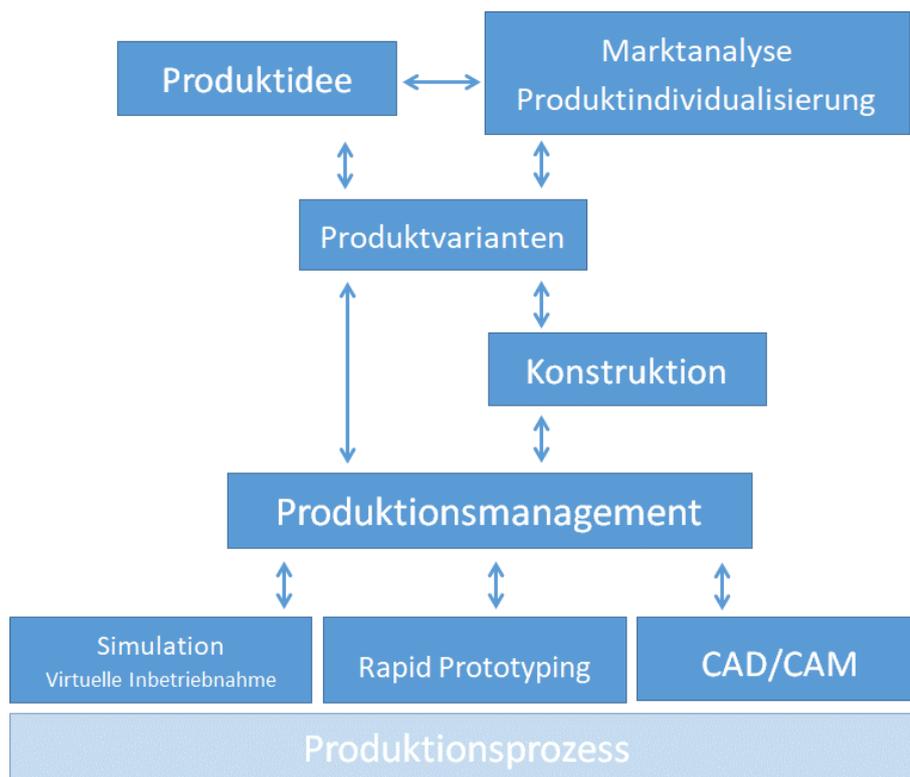


Abbildung 5: Schaubild Szenario 1

Funktionsbeschreibung, Hinweise, Erläuterungen

Die Kundenwünsche und -bedürfnisse an ein berufsspezifisches Produkt werden analysiert und bewertet. Aus der Produktidee werden mögliche Produktvarianten festgelegt. Die Produktvarianten sollen beispielsweise variable Geometrien, unterschiedliche Farben oder verschiedene Funktionalitäten umfassen. Die Konstruktion des Produkts erfolgt fertigungs- und montagegerecht mit einem 3D-CAD-System. Die Konstruktion ist entsprechend den Produktvarianten parametrisiert und die Konstruktionsdaten sind dokumentiert. Die Konstruktionsdaten bilden die Basis für das ERP, MES, die virtuelle Inbetriebnahme, die additive und subtraktive Fertigung sowie für die Montage.



Handlungsziele und fachliche Inhalte

ANFORDERUNGSBEREICH 1

1	Szenario 1: Produktentwicklung und Produktionsplanung	
1.1	Zusammenhang zwischen Erfüllungsgrad, den Anforderungen und der Kundenzufriedenheit beschreiben	Basisforderungen, Qualitäts- und Leistungsanforderung, Begeisterungsanforderung (Kano-Modell)
1.2	Kundenwünsche analysieren und in Produkt- und Prozessmerkmale darstellen	Stimme des Kunden (VoC)
1.3	Einfache parametrische 2D- und 3D-Datensätze mit einem CAD-System entwerfen	Virtuelle Bauteile, Baugruppen, Dokumentation
1.4	Additive und subtraktive Fertigungsverfahren sowie Montageverfahren beschreiben und vergleichen	Realistische Visualisierung, Simulation von Fertigungs- und Montageprozessen
1.5	Auftragsabhängige und auftragsunabhängige Daten unterscheiden	Stammdaten (Materialstamm, Stücklisten, Arbeitsplätze und Arbeitspläne), Bewegungsdaten, Bestandsdaten
1.6	Arbeitssystem beschreiben	Systemelemente

ANFORDERUNGSBEREICH 2

1 Szenario 1: Produktentwicklung und Produktionsplanung

1.1	Zusammenhang zwischen Erfüllungsgrad, den Anforderungen und der Kundenzufriedenheit darstellen	Basisforderungen, Qualitäts- und Leistungsanforderung, Begeisterungsanforderung (Kano-Modell)
1.2	Kundenwünsche analysieren und systematisch in Produkt- und Prozessmerkmale umsetzen	Stimme des Kunden (VoC), Lasten- und Pflichtenheft
1.3	Parametrische 2D- und 3D-Datensätze mit einem CAD-System entwickeln und simulieren	Virtuelle Bauteile, Baugruppen, Dokumentation, Konstruktionsvarianten, Bewegungssimulation
1.4	Produktvarianten aus vorliegender Produktidee entwickeln	Variantenkonstruktion, Produktparameter
1.5	Additive und subtraktive Fertigungsverfahren sowie Montageverfahren analysieren und anwenden	Realistische Visualisierung, Simulation von Fertigungs- und Montageprozessen
1.6	3D-Datensätze für additive und subtraktive Fertigungsverfahren aufbereiten und exemplarisch anwenden	Datenformate, Muster-, Gebrauchs-, und Funktionsprototypen
1.7	Auftragsabhängige und auftragsunabhängige Daten unterscheiden, in ERP-Systemen analysieren und an das MES übertragen	Stammdaten (Materialstamm, Stücklisten, Arbeitsplätze und Arbeitspläne), Bewegungsdaten, Bestandsdaten
1.8	Arbeitssystem beschreiben und analysieren	Systemelemente. Kriterien für die I4.0-Fertigung
1.9	Wertstrom des Produktionssystems beschreiben	
1.10	Product Lifecycle Management beschreiben	



ANFORDERUNGSBEREICH 3

1 Szenario 1: Produktentwicklung und Produktionsplanung

1.1	Zusammenhang zwischen Erfüllungsgrad, den Anforderungen und der Kundenzufriedenheit ausarbeiten und bewerten	Basisforderungen, Qualitäts- und Leistungsanforderung, Begeisterungsanforderung (Kano-Modell)
1.2	Kundenwünsche analysieren und systematisch in Produkt- und Prozessmerkmale ausarbeiten und bewerten	Stimme des Kunden (VoC), Quality Function Deployment, Lasten- und Pflichtenheft
1.3	Parametrische 2D- und 3D-Datensätze mit einem CAD-System entwickeln und simulieren	Virtuelle Bauteile, Baugruppen, Dokumentation, Konstruktionsvarianten, Konstruktionsrichtlinien für die additive und subtraktive Fertigung
1.4	Überprüfung und Optimierung komplexer Baugruppen	Virtuelle Inbetriebnahme
1.5	Additive und subtraktive Fertigungsverfahren sowie Montageverfahren analysieren und anwenden	Rapid-Prototyping, Simulation von Fertigungs- und Montageprozessen, VR
1.6	3D-Datensätze für das additive Fertigungsverfahren aufbereiten und bei verschiedenen RP-Verfahren anwenden	STL-Datenformat, generative Fertigungsverfahren, Muster-, Gebrauchs-, und Funktionsprototypen
1.7	Auftragsabhängige und auftragsunabhängige Daten unterscheiden und in ERP-Systemen anlegen. ERP-Daten an MES übertragen und analysieren	Stammdaten (Materialstamm, Stücklisten, Arbeitsplätze und Arbeitspläne), Bewegungsdaten, Bestandsdaten
1.8	Arbeitssystem beschreiben und optimieren	Systemelemente, Kriterien für die I4.0-Fertigung, Analyse von Verschwendung
1.9	Wertstrom des Produktionssystems erstellen	
1.10	Product Lifecycle Management beschreiben	

4.2 Szenario 2: Flexible Fertigung

Kernkompetenzen

Die Schülerinnen und Schüler besitzen die Kompetenz, eine flexible Fertigung zur Herstellung eines berufsspezifischen Produkts in unterschiedlichen Produktvarianten und ohne Vorratshaltung zu projektieren, zu installieren und in Betrieb zu nehmen.

Die hierbei entstehenden Daten sollen dem Service (Condition Monitoring), Energiemanagement, Engineering, PLM etc. zur Verfügung gestellt werden.

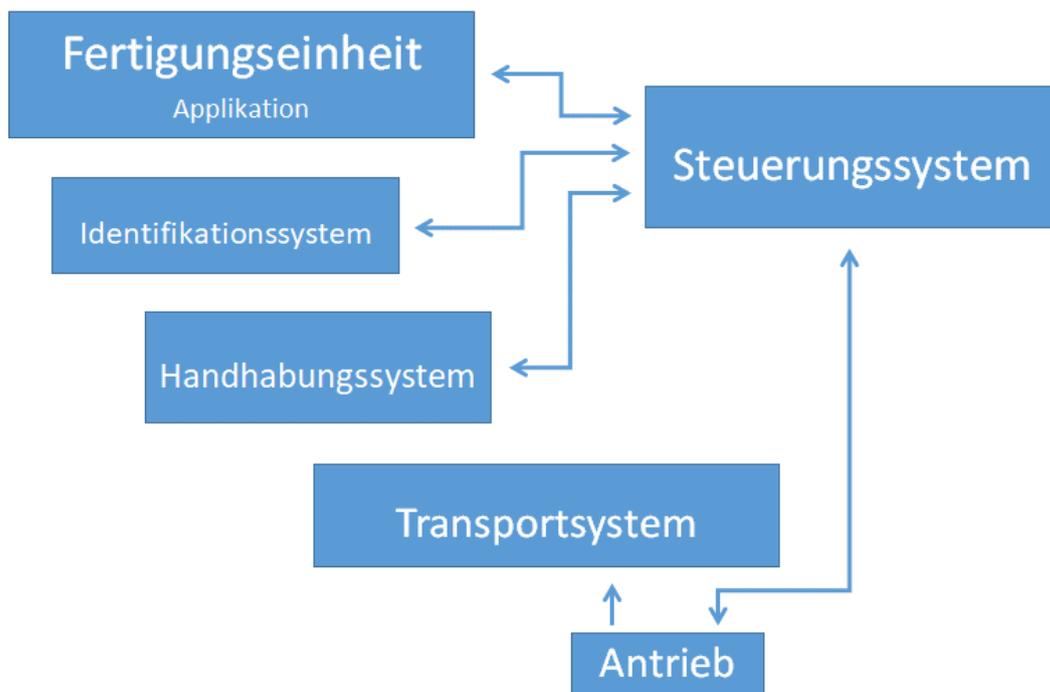


Abbildung 6: Schaubild Szenario 2

Funktionsbeschreibung, Hinweise, Erläuterungen

Die Teile werden auf einem Werkstückträger über das Transportsystem dem Identifizierungssystem zugeführt. Nach deren Identifizierung werden diese beispielsweise über ein Handhabungssystem der Fertigungseinheit (Applikation) zugeführt. Die individuelle Fertigung des Produkts erfolgt anhand der ERP-/MES-Daten. Die Steuerungen der jeweiligen Fertigungseinheit konfigurieren und parametrieren sich anhand der MES-Daten. Die bei der Produktion entstehenden Prozessdaten werden im MES und ERP rückgemeldet, gespeichert und analysiert. Diese können beispielsweise der Prozessoptimierung, der Instandhaltung sowie dem Energiemanagement über eine IIoT-Plattform zur Verfügung gestellt werden.



Handlungsziele und fachliche Inhalte

ANFORDERUNGSBEREICH 2

2	Szenario 2: Flexible Fertigung	
2.1	Grundprinzipien von flexiblen Fertigungsverfahren nennen	Generative Fertigungsverfahren, CNC, CAD/CAM
2.2	Grundprinzipien von Transportsystemen nennen	Transferband, Förderkette, Rundtisch
2.3	Verschiedene Identifikationssysteme beschreiben	RFID, QR-Code, Barcode, binäre Sensorik
2.4	Funktionsweisen von Handhabungssystemen erläutern	Roboter, pneumatischer Umsetzer, Linearachsen, Greifersysteme
2.5	Steuerungsprogramme für Fertigungseinheiten beschreiben	Auftragsbezogene statische Steuerungsprogramme
2.6	Steuerungssysteme und deren Komponenten erklären	CPU, Signalmodule, Bussysteme
2.7	Programmteile von Steuerungssystemen programmieren	Modulare und bibliotheksfähige Programmierung, Ablaufsteuerung
2.8	Anlage in Betrieb nehmen	Anlagenparametrierung und -justierung Inbetriebnahmeprotokolle

ANFORDERUNGSBEREICH 3

2

Szenario 2: Flexible Fertigung

2.1	Grundprinzipien von flexiblen Fertigungsverfahren analysieren	Generative Fertigungsverfahren, CNC, CAD/CAM
2.2	Unterschiedliche Transportsysteme analysieren	Transferband, Förderkette, Rundtisch
2.3	Unterschiede von Identifikationssystemen erläutern	RFID, QR-Code, Barcode, binäre Sensorik
2.4	Handhabungssysteme an einen Prozess anpassen	Roboter, pneumatischer Umsetzer, Linearachsen, Greifersysteme
2.5	Steuerungsprogramme für Fertigungseinheiten programmieren	Auftragsbezogene statische Steuerungsprogramme
2.6	Steuerungssysteme und deren Komponenten beurteilen	CPU, Signal- und Funktionsmodule, Bussysteme, Netzwerktopologie
2.7	Programmteile von Steuerungssystemen entwickeln	Modulare und bibliotheksfähige Programmierung, Ablaufsteuerung
2.8	Anlage in Betrieb nehmen und Inbetriebnahmedaten protokollieren	Inbetriebnahmeprotokolle Condition Monitoring Energiemanagement
2.9	Anlage bewerten und optimieren	Prozess- und Ressourcenoptimierung

**ANFORDERUNGSBEREICH 3****2****Szenario 2: Flexible Fertigung**

2.1	Grundprinzipien von flexiblen Fertigungsverfahren vergleichen, beurteilen und anwendungsbezogen auswählen	Generative Fertigungsverfahren, CNC, CAD/CAM
2.2	Unterschiedliche Transportsysteme vergleichen, beurteilen und anwendungsbezogen auswählen	Transferband, Förderkette, Rundtisch
2.3	Identifikationssysteme auswählen und anwenden	RFID, QR-Code, Barcode, binäre Sensorik
2.4	Handhabungssysteme in einen Prozess einbinden	Roboter, pneumatischer Umsetzer, Linearachsen, Greifersysteme
2.5	Steuerungsprogramme für Fertigungseinheiten projektieren	Auftragsbezogene statische Steuerungsprogramme
2.6	Steuerungssysteme auswählen und mit den Komponenten verbinden	CPU, Signal- und Funktionsmodule, Bussysteme, Netzwerktopologie
2.7	Programmteile von Steuerungssystemen projektieren	Modulare und bibliotheksfähige Programmierung, Ablaufsteuerung
2.8	Anlage in Betrieb nehmen, Inbetriebnahmedaten protokollieren und daraus Instandhaltungsdaten generieren	Inbetriebnahmeprotokolle Condition Monitoring Energiemanagement Smart Maintenance
2.9	Kriterien und Strategien zur Bewertung und Optimierung von Anlagen entwickeln	Prozess- und Ressourcenoptimierung

4.3 Szenario 3: Manufacturing Execution System

Kernkompetenzen

Die Schülerinnen und Schüler besitzen die Kompetenz, das Einsatzgebiet sowie die Funktion eines Manufacturing Execution System (MES) zu beschreiben, dieses gegenüber anderen datenbankbasierenden Systemen abzugrenzen sowie dessen Kommunikationsschnittstellen zu beschreiben und zu projektieren.

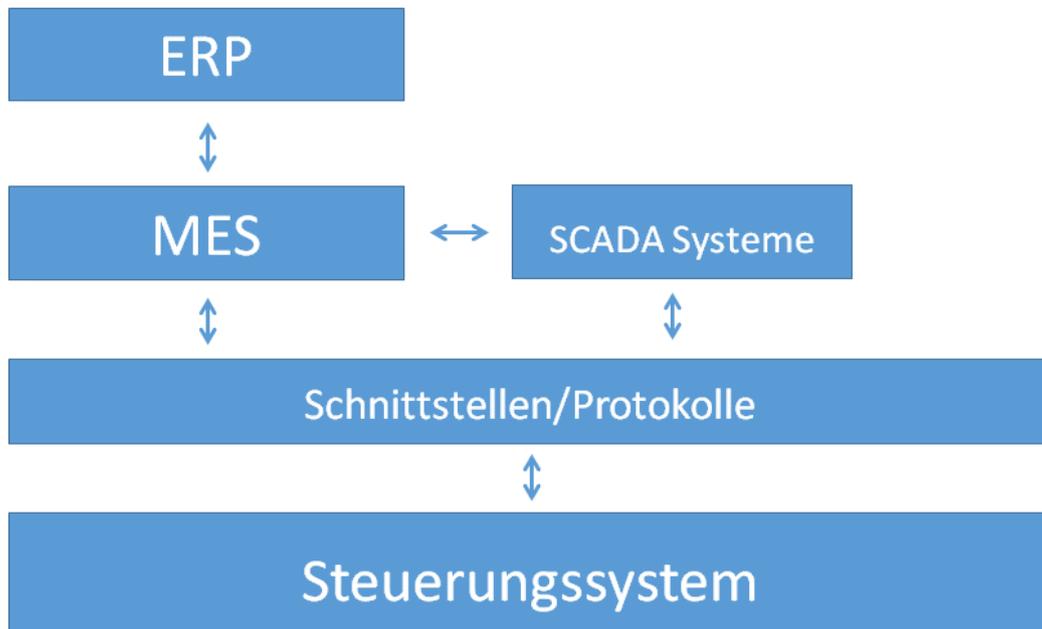


Abbildung 7: Schaubild Szenario 3

Funktionsbeschreibung, Hinweise, Erläuterungen

Ausgehend von der im Szenario 2 beschriebenen Funktionsbeschreibung werden von dem Steuerungssystem produktspezifische Fertigungsinformationen am MES über standardisierte Schnittstellen angefragt. Der Datenstamm des MES resultiert aus den Daten des ERP-Systems. Das MES ermittelt entsprechend der Anfrage daraufhin die für das Steuerungssystem notwendigen Produktdaten und sendet diese wiederum an das Steuerungssystem zurück. Nach erfolgter Ausführung des Fertigungsschrittes durch das Steuerungssystem werden die aktuellen Prozessdaten an das MES zurückgeliefert. Anschließend werden Produktionsdaten an das ERP-System weitergeleitet. Die Produktionsdaten stehen ebenfalls für das weitere Controlling und für den Produktlebenszyklus zur Verfügung.



Handlungsziele und fachliche Inhalte

ANFORDERUNGSBEREICH 1

3	Szenario 3: Manufacturing Execution System	
3.1	Aufgaben und Funktion eines MES detailliert beschreiben	Komponenten, interne Architektur
3.2	MES für einen Fertigungsprozess beschreiben	System- und Kommunikationsschnittstellen Auftrags-, Produkt- und Prozessdaten Formulare und Masken
3.3	Kommunikationsschnittstellen eines MES nennen	OPC UA etc.
3.4	MES an einem Fertigungsprozess anwenden	Auftragsverwaltung, Meldungsanalyse, Prozessdatenauswertung, Instandhaltungsdaten, Energiemanagementdaten
3.5	Den Zugriff mit einem vorgegebenen Verfahren über eine Steuerungseinheit auf ein MES beschreiben	SOA, Industrial Ethernet
3.6	MES bewerten und optimieren	

ANFORDERUNGSBEREICH 2

3

Szenario 3: Manufacturing Execution System

- | | | |
|-----|--|--|
| 3.1 | Aufgaben und Funktion eines MES detailliert beschreiben | Komponenten, interne Architektur |
| 3.2 | MES für einen Fertigungsprozess konfigurieren und notwendige Datenstrukturen begründen | System- und Kommunikationsschnittstellen
Auftrags-, Produkt- und Prozessdaten
Formulare und Masken |
| 3.3 | Kommunikationsschnittstellen eines MES vergleichen und auswählen. Ausgewählte Schnittstelle projektieren | OPC UA etc. |
| 3.4 | MES an einem Fertigungsprozess anwenden | Auftragsverwaltung, Meldungsanalyse,
Prozessdatenauswertung,
Instandhaltungsdaten,
Energiemanagementdaten |
| 3.5 | Mit einem vorgegebenen Verfahren über eine Steuerungseinheit auf ein MES zugreifen | SOA, Industrial Ethernet |
| 3.6 | MES bewerten und optimieren | |



ANFORDERUNGSBEREICH 3

3

Szenario 3: Manufacturing Execution System

- | | | |
|------------|--|--|
| 3.1 | Aufgaben und Funktion eines MES detailliert beschreiben | Komponenten, interne Architektur |
| 3.2 | MES für einen Fertigungsprozess konfigurieren und notwendige Datenstrukturen definieren | System- und Kommunikationsschnittstellen
Auftrags-, Produkt- und Prozessdaten
Formulare und Masken |
| 3.3 | Kommunikationsschnittstellen eines MES vergleichen und auswählen. Ausgewählte Schnittstelle projektieren und programmieren | OPC UA etc. |
| 3.4 | MES an einem Fertigungsprozess anwenden und analysieren | Auftragsverwaltung, Meldungsanalyse,
Prozessdatenauswertung,
Instandhaltungsdaten,
Energiemanagementdaten |
| 3.5 | Über eine Steuerungseinheit auf ein MES zugreifen | SOA, Industrial Ethernet, SQL |
| 3.6 | MES bewerten und optimieren | |



Handlungsziele und fachliche Inhalte

ANFORDERUNGSBEREICH 1

4	Szenario 4: Service/Instandhaltung und Smart Maintenance	
4.1	Instandhaltungsstrategien beschreiben	Reaktive, vorbeugende, vorausschauende Wartung und Instandhaltung Condition Monitoring, Eigendiagnose Qualität, Produktivität, Rentabilität, Zuverlässigkeit, Sicherheit, Verfügbarkeit, Abnutzungsvorrat etc. Betriebsdatenerfassung (BDE) B10, MTTF
4.2	Aussagefähige Prozess- und Zustandsdaten nennen	Betriebsdaten (z. B. Betriebsstunden) Prozessdaten (z. B. Energiedaten, Prozesszeiten (z. B. MTTR))
4.3	Inbetriebnahme beschreiben	Inbetriebnahmeprotokoll Referenz/Sollwerte Dokumentation und Archivierung der Referenzdaten für Smart Maintenance
4.4	Erfassung der Prozess- und Zustandsdaten beschreiben	Sensoren, Messgerät, Anforderungen an die Datenerfassung (Genauigkeit, Echtzeit)
4.5	Analysemethoden für die Auswertung der Prozess- und Zustandswerte beschreiben	Tabelle, Diagramm, Grenzwerte Muster-/Trend-Analyse Statistische Auswertungen Referenz-Daten MTTF, B10
4.6	Instandsetzungsmaßnahmen beschreiben	Informationsweg von der Erkennung bis zur Behebung, Zeitplanung, Ressourcenplanung, Reduzierung der Stillstandzeiten Plug and Produce
4.7	Gesamtwirtschaftliche und rechtliche Rahmenbedingungen beschreiben	Gewährleistung, Abnahmebedingungen

ANFORDERUNGSBEREICH 2

4 Szenario 4: Service/Instandhaltung und Smart Maintenance

4.1	Instandhaltungsstrategien planen	Reaktive, vorbeugende, vorausschauende Wartung und Instandhaltung Condition Monitoring, Eigendiagnose Qualität, Produktivität, Rentabilität, Zuverlässigkeit, Sicherheit, Verfügbarkeit, Abnutzungsvorrat etc. Betriebsdatenerfassung (BDE) B10, MTTF
4.2	Aussagefähige Prozess- und Zustandsdaten erläutern und zweckmäßig auswählen	Betriebsdaten (z.B. Betriebsstunden) Prozessdaten (z. B. Energiedaten, Prozesszeiten (z. B. MTTR))
4.3	Inbetriebnahme durchführen und Referenzdaten aufzeichnen	Inbetriebnahmeprotokoll Referenz/Sollwerte Dokumentation und Archivierung der Referenzdaten für Smart Maintenance
4.4	Erfassung der Prozess- und Zustandsdaten durchführen	Sensoren, Messgerät, Anforderungen an die Datenerfassung (Genauigkeit, Echtzeit) Datenerfassung mittels SPS
4.5	Analysemethoden für die Auswertung der Prozess- und Zustandswerte in steuerungstechnischen Systemen umsetzen	Tabelle, Diagramm, Grenzwerte Muster-/Trend-Analyse Statistische Auswertungen Referenz-Daten MTTF, B10 Datenauswertung in der SPS
4.6	Instandsetzungsmaßnahmen effizient planen und durchführen	Informationsweg von der Erkennung bis zur Behebung, Zeitplanung, Ressourcenplanung, Reduzierung der Stillstandzeiten Plug and Produce Condition Monitoring, Predictive Maintenance
4.7	Gesamtwirtschaftliche und rechtliche Rahmenbedingungen erläutern	Gewährleistung, Abnahmebedingungen



ANFORDERUNGSBEREICH 3

4 Szenario 4: Service/Instandhaltung und Smart Maintenance

4.1	Instandhaltungsstrategien umsetzen	Reaktive, vorbeugende, vorausschauende Wartung und Instandhaltung Condition Monitoring, Eigendiagnose Qualität, Produktivität, Rentabilität, Zuverlässigkeit, Sicherheit, Verfügbarkeit, Abnutzungsvorrat etc. Betriebsdatenerfassung (BDE) B10, MTTF
4.2	Aussagefähige Prozess- und Zustandsdaten mit Hilfe einer Prozess- und Anlagenanalyse optimieren	Betriebsdaten (z.B. Betriebsstunden) Prozessdaten (z. B. Energiedaten, Prozesszeiten (z. B. MTTR)) Diagnosedaten (z. B. Schwingungsanalyse), Eigendiagnose
4.3	Inbetriebnahme anhand der Auswertung von Prozess- und Zustandsdaten optimieren	Inbetriebnahmeprotokoll Referenz/Sollwerte Dokumentation und Archivierung der Referenzdaten für Smart Maintenance Erforderliche Referenzdaten festlegen und automatisiert erfassen
4.4	Erfassung der Prozess- und Zustandsdaten in verteilten Systemen organisieren	Sensoren, Messgerät, Anforderungen an die Datenerfassung (Genauigkeit, Echtzeit) Intelligente Feldgeräte, Datenweiterleitung an Servicedienstleister, Remote Inspection
4.5	Analysemethoden für die Auswertung der Prozess- und Zustandswerte in informationsverarbeitenden Systemen umsetzen	Tabelle, Diagramm, Grenzwerte Muster-/Trend-Analyse Statistische Auswertungen Referenz-Daten MTTF, B10 Umsetzung in der Informationstechnik Servicedienstleister Cloud-Computing
4.6	Instandsetzungsmaßnahmen mit Hilfe unterstützender Technologien planen und durchführen	Informationsweg von der Erkennung bis zur Behebung, Zeitplanung, Ressourcenplanung, Reduzierung der Stillstandzeiten Plug and Produce Condition Monitoring, Predictive Maintenance Eigendiagnose, VR, AR, Remote Maintenance, Remote Repair
4.7	Gesamtwirtschaftliche und rechtliche Rahmenbedingungen anwenden und beurteilen	Gewährleistung, Abnahmebedingungen

4.5 Szenario 5: Energiemanagement

Kernkompetenzen

Die Schülerinnen und Schüler besitzen die Kompetenz, den Energieverbrauch durch Energiemanagement bei der Produktion zu optimieren.

Sie erfassen messtechnisch die Energieströme der Smart Factory, von der Maschinen- bis zur Komponentenebene. Sie zeigen Potenziale auf, die durch Produktionspausen und Spitzenlasten entstehen und können dadurch Energieflüsse managen. Mögliche Einsparpotenziale werden durch die Auswahl energieeffizienter Komponenten und optimierter Prozesse realisiert.

Sie zeigen geeignete Energiespeicher und die Möglichkeit der Rückspeisung auf, um die Produktivität des Wertschöpfungsprozesses zu optimieren und integrieren Komponenten in ein intelligentes Stromnetz (Smart Grid).

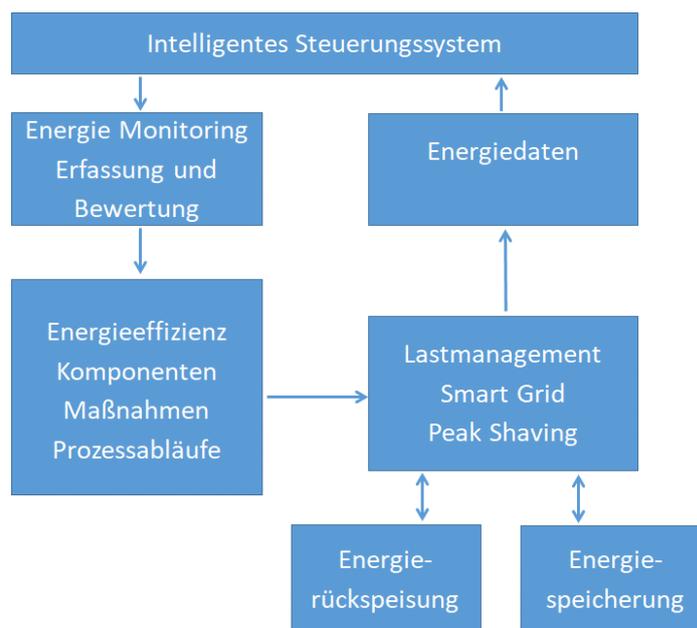


Abbildung 9: Schaubild Szenario 5

Funktionsbeschreibung, Hinweise, Erläuterungen

Um Maßnahmen zur Energieeffizienz zu realisieren und somit den Energieverbrauch bei der Produktion zu senken, müssen die Energieverbräuche gemessen werden. Die Transparenz der Energieströme durch Energie-Monitoring erfordert die Messung aller Komponenten.

Anhand der Messdaten werden die Verbräuche einzelner Teilsysteme erfasst und visualisiert. Um den Gesamtenergieverbrauch ganzheitlich betrachten zu können, sind die Berechnungen von Energiekennzahlen notwendig, die sich auf den Herstellungsprozess beziehen.

Durch die Auswahl geeigneter energieeffizienter Komponenten und intelligenter Steuer- und Regelungen, werden die Energieverbräuche gesenkt. Mit Hilfe des Smart Grids und einem Lastmanagement können Netzbelastungen ausgeglichen werden.

Durch geeignete Energiespeicher und Energierückspeisemöglichkeiten wird ein konstanter Energieverbrauch sowie eine gleichmäßige Netzauslastung erreicht.

Mit einem Energiemanagementsystem können der Primärenergieverbrauch und der Treibgasausstoß gesenkt und somit ein vorsorgender betrieblicher Umweltschutz (Clean Production) verwirklicht werden.



Handlungsziele und fachliche Inhalte

ANFORDERUNGSBEREICH 1

5	Szenario 5: Energiemanagement	
5.1	Energieströme einer Anlage nennen und die Arten des Monitorings beschreiben	Gesamtwirtschaftliche und rechtliche Rahmenbedingungen Grundlage: Energieziele der Geschäftsführung Gesamtanlage, Maschinenbereich und Komponentenebene
5.2	Geeignete Energiemessverfahren erläutern und Messgeräte nennen Energieverbrauchsmessungen durchführen und darstellen	Ist-Wert-Ermittlung an Anlagen, Maschinen und Bauteilen Erfassung und Umsetzung Smart Metering
5.3	Vorhandene Betriebsmittel hinsichtlich ihrer Energieeffizienz erläutern	Kenndaten von Betriebsmitteln Energiekennzahlen
5.4	Einsparpotenziale erläutern, Energieeffizienzmaßnahmen beschreiben	Energieziele der Geschäftsführung Energieaudit Soll-Ist-Vergleich
5.4.1	Energieeffiziente Komponenten nennen und beschreiben	Mechanische, elektrische, pneumatische, hydraulische und thermische Betriebsmittel
5.5	Lastmanagement DSM („Demand Side Management“) erläutern	Stromspitzenauslösende Verbraucher („Peak Shaving“) Smart Grid Netzstabilität Stromtarife

ANFORDERUNGSBEREICH 2

5

Szenario 5: Energiemanagement

5.1	Energieströme einer Anlage nennen und die Arten des Monitorings beschreiben	Gesamtwirtschaftliche und rechtliche Rahmenbedingungen Grundlage: Energieziele der Geschäftsführung Gesamtanlage, Maschinenbereich und Komponentenebene
5.2	Geeignete Energiemessverfahren erläutern und Messgeräte nennen Energieverbrauchsmessungen durchführen und darstellen	Ist-Wert-Ermittlung an Anlagen, Maschinen und Bauteilen Erfassung und Umsetzung Effective/Smart Maintenance Smart Metering
5.3	Vorhandene Betriebsmittel hinsichtlich ihrer Energieeffizienz erläutern	Kenndaten von Betriebsmitteln Energiekennzahlen Condition Monitoring
5.4	Einsparpotenziale erläutern, Energieeffizienzmaßnahmen beschreiben	Energieziele der Geschäftsführung Energieaudit Soll-Ist-Vergleich Referenzwerte aus Inbetriebnahme
5.4.1	Energieeffiziente Komponenten nennen und beschreiben	Mechanische, elektrische, pneumatische, hydraulische und thermische Betriebsmittel
5.4.2	Prozessabläufe darstellen	Druckregelungen Verbrauchsoptimierte Drücke
5.5	Lastmanagement DSM („Demand Side Management“) erläutern	Stromspitzenauslösende Verbraucher („Peak Shaving“) Phasen mit geringer Netzbelastung (Produktionspausen) Abschaltmöglichkeiten von Verbrauchern Parametrierbare Lastprofile (Druckspeicher, Kühlaggregate, etc.) Fernabschaltung Smart Grid Netzstabilität Stromtarife
5.6	Intelligente Energiespeichermöglichkeiten beschreiben	



ANFORDERUNGSBEREICH 3

5

Szenario 5: Energiemanagement

5.1	Energieströme einer Anlage ermitteln und die Art des Monitorings auswählen	Gesamtwirtschaftliche und rechtliche Rahmenbedingungen Grundlage: Energieziele der Geschäftsführung Gesamtanlage, Maschinenbereich und Komponentenebene
5.2	Geeignete Energiemessverfahren beurteilen und Messgeräte auswählen Energieverbrauchsmessungen durchführen, dokumentieren und bewerten	Ist-Wert-Ermittlung an Anlagen, Maschinen und Bauteilen Erfassung und Umsetzung Effective/Smart Maintenance Smart Metering
5.3	Vorhandene Betriebsmittel hinsichtlich ihrer Energieeffizienz beurteilen	Kenndaten von Betriebsmitteln Energiekennzahlen Condition Monitoring
5.4	Einsparpotenziale nachweisen, Energieeffizienzmaßnahmen entwickeln und umsetzen	Energieziele der Geschäftsführung Energieaudit Soll-Ist-Vergleich Referenzwerte aus Inbetriebnahme
5.4.1	Energieeffiziente Komponenten bedarfsgerecht dimensionieren	Mechanische, elektrische, pneumatische, hydraulische und thermische Betriebsmittel
5.4.2	Prozessabläufe optimieren	Druckregelungen Verbrauchsoptimierte Drücke
5.4.3	Energiedaten kommunizieren	Reporting, Energiekennzahlen Verbräuche an MES, IIoT
5.5	Lastmanagement DSM („Demand Side Management“) entwickeln und anwenden	Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) und Abschaltverordnung (AbLaV) Einhaltung eines prognostizierten Leistungsbezugs und Lastprofils Stromspitzenauslösende Verbraucher („Peak Shaving“) Phasen mit geringer Netzbelastung (Produktionspausen) Abschaltmöglichkeiten von Verbrauchern Parametrierbare Lastprofile (Druckspeicher, Kühlaggregate, etc.) Fernabschaltung Smart Grid Netzstabilität Stromtarife

5.6	Intelligente Energiespeichermöglichkeiten analysieren und bewerten	Doppelschichtkondensatoren (DSK) Elektrochemische Speicher Stoffliche Speicher wie Wasserstoffdruckspeicher etc.
5.7	Energierückspeisesysteme dimensionieren	Rückspeisesysteme mechanisch, elektrisch, pneumatisch, thermisch
5.8	Energiedaten, Maßnahmen und Kosten zur Erhöhung der Energieeffizienz dokumentieren und archivieren	Messprotokolle, Energiekennzahlen Condition Monitoring Smart Grid Energiekosten Product Lifecycle Management (PLM) Predictive Maintenance Zukünftiges Engineering
5.9	Maßnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz reflektieren	Energie- oder Umweltmanagementsystem Optimierungsmöglichkeiten

Handlungsziele und fachliche Inhalte

ANFORDERUNGSBEREICH 1

6 Szenario 6: Vernetzung/Kommunikation und Datensicherheit

6.1	Notwendige Parameter für ein Ethernet-Netzwerk beschreiben	IP-Adresse Subnetzmaske Standard-Gateway
6.2	Topologien sowie eine strukturierte Verkabelung beschreiben	Stern-Topologie, Baum
6.3	Aktive Netzkomponenten nennen und erklären	Switch Router DSL-Modem Edge-Devices
6.4	Verschiedene ethernetbasierte Komponenten in einem Netzwerk in Betrieb nehmen	SPS PC- und Serversysteme aktive Netzkomponenten HMI-Geräte Sensoren und Aktoren IIoT-Devices
6.5	Benutzerverwaltungskonzepte darstellen	Active Directory Benutzerverwaltungskonzepte
6.6	Firewallsysteme erläutern	Ports Applikationen
6.7	Gesicherte Internetzugänge begründen	Proxy VLAN
6.8	Zugriffe auf das Intranet beschreiben	Lokal- und Remotezugriffe VPN WLAN-Sicherheit
6.9	Notwendigkeit von Cloudlösungen nennen und beschreiben	Interne, externe Lösung ISP-Cloud
6.10	Backup-Strategien zur Sicherung der Firmendaten erklären	Bandsicherung RAID-Systeme Inkrementelle Datensicherung
6.11	Ausfallsicherheit von IT-Komponenten sicherstellen	USV
6.12	Datensicherheit bewerten	Zertifizierung



ANFORDERUNGSBEREICH 2

6 Szenario 6: Vernetzung/Kommunikation und Datensicherheit

6.1	Notwendige Parameter für ein Ethernet-Netzwerk beschreiben	IP-Adresse Subnetzmaske Standard-Gateway
6.2	Topologien sowie eine strukturierte Verkabelung planen und beschreiben	Stern-Topologie, Baum
6.3	Aktive Netzkomponenten vergleichen und erklären	Switch Router DSL-Modem Edge-Devices
6.4	Verschiedene ethernetbasierte Komponenten in einem Netzwerk in Betrieb nehmen	SPS PC- und Serversysteme aktive Netzkomponenten HMI-Geräte Sensoren und Aktoren IIoT-Devices
6.5	Benutzerverwaltung installieren und administrieren	Active Directory Benutzerverwaltungskonzepte
6.6	Firewallsysteme installieren und konfigurieren	Konzepte Ports Applikationen
6.7	Gesicherte Internetzugänge einrichten und in Betrieb nehmen	Proxy VLAN Weblogs
6.8	Zugriffe auf das Intranet installieren und überwachen	Lokal- und Remotezugriffe VPN IPsec Verschlüsselung WLAN-Sicherheit
6.9	Einrichten und Konfigurieren von Cloudlösungen	Interne, externe Lösung ISP-Cloud
6.10	Backup-Strategien zur Sicherung der Firmendaten erklären und projektieren	Bandsicherung RAID-Systeme Inkrementelle Datensicherung

6.11	Ausfallsicherheit von IT-Komponenten sicherstellen	USV
6.12	Datensicherheit bewerten und ggf. optimieren	Zertifizierung Authentifizierung Autorisierung Verschlüsselung



ANFORDERUNGSBEREICH 3

6 Szenario 6: Vernetzung/Kommunikation und Datensicherheit

6.1	Notwendige Parameter für ein Ethernet-Netzwerk beschreiben	IP-Adresse Subnetzmaske Standard-Gateway
6.2	Topologien sowie eine strukturierte Verkabelung planen und realisieren	Stern-Topologie, Baum
6.3	Aktive Netzkomponenten vergleichen, analysieren und auswählen	Switch Router DSL-Modem Edge-Devices
6.4	Verschiedene ethernetbasierte Komponenten in einem Netzwerk in Betrieb nehmen	SPS PC- und Serversysteme aktive Netzkomponenten HMI-Geräte Sensoren und Aktoren IIoT-Devices
6.5	Benutzerverwaltung planen, installieren und administrieren	Active Directory Benutzerverwaltungskonzepte
6.6	Firewallsysteme auswählen, installieren und konfigurieren	Konzepte Ports Applikationen
6.7	Gesicherte Internetzugänge planen, einrichten und in Betrieb nehmen	Proxy VLAN Weblogs
6.8	Zugriffe auf das Intranet planen, installieren und überwachen	Lokal- und Remotezugriffe VPN IPsec Verschlüsselung WLAN-Sicherheit
6.9	Auswählen, Installieren und Konfigurieren von Cloudlösungen	Interne, externe Lösung ISP-Cloud
6.10	Backup-Strategien zur Sicherung der Firmendaten entwickeln und projektieren	Bandsicherung RAID-Systeme Inkrementelle Datensicherung

6.11	Ausfallsicherheit von IT-Komponenten sicherstellen	USV
6.12	Datensicherheit bewerten und ggf. optimieren	Zertifizierung Authentifizierung Autorisierung Verschlüsselung



5 Glossar

AbLaV	Verordnung über Vereinbarungen zu abschaltbaren Lasten
B10	Der B10-Wert gibt die Lebensdauer oder Zahl der Schaltspiele an, bei der wahrscheinlich 10 % der Prüflinge ausgefallen sind
Clean Production	Vorsorgender, betriebsspezifischer Umweltschutz
Condition-based Maintenance	Zustandsbedingte Instandhaltung
Condition Monitoring	Zustandsüberwachung, regelmäßige oder permanente Erfassung des Maschinenzustandes
DSM	Demand Side Management, Lastmanagement, Laststeuerung
Effective Maintenance	Effektive Wartung
EMAS	Eco-Management and Audit Scheme, kontinuierliches Verbessern der Umweltleistung mithilfe eines standardisierten Management-Systems
EnWG	Energiewirtschaftsgesetz
ERP	Enterprise Resource Planning, unternehmerische Aufgabe, Ressourcen im Sinne der Unternehmensaufgabe rechtzeitig und bedarfsgerecht zu planen und zu steuern
HMI	Human Machine Interface
Incident-based Maintenance	Ereignisbasierte Wartung
IIoT	Industrial Internet of Things
IO-Link	Intelligentes Sensor-/Aktor-Interface
IPsec	Sicheres Internetprotokoll
ISP-Cloud	Cloud eines Internet-Service-Providers
MES	Manufacturing Execution System, Produktionsleitsystem
MQTT	Message Queuing Telemetry Transport
MTTR	Mean Time To Response
ODBC	Open Database Connectivity, offene Datenbankschnittstelle
OPC UA	Open Platform Communication – Universal Architecture Offene Kommunikationsschnittstelle zwischen automatisierungstechnischen Komponenten
PDA	Process Data Acquisition

PDCA-Zyklus-Methode	Plan – Do – Check – Act (Planen – Tun – Überprüfen – Umsetzen), vierphasiger Problemlösungsprozess der Qualitätssicherung
Peak Shaving	Stromspitzenauslösende Verbraucher
PLM	Product Lifecycle Management, Produktlebenszyklusmanagement Konzept zur Integration aller Informationen im Verlauf des Lebenszyklus eines Produktes
PdM	Predictive Maintenance, vorausschauende Instandhaltung
QR-Code	Quick-Response-Code, 2D-Code
RFID	Radio Frequency Identification
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition
SCM	Supply Chain Management
SFM	Supply Floor Management
Smart Grid	Intelligentes Stromnetz, Vernetzung und Steuerung von Stromerzeugern, Stromspeichern, elektrischen Verbrauchern und Netzbetriebsmitteln in Energieübertragungs- und verteilungsnetzen zur effizienten und zuverlässigen Sicherstellung der Energieversorgung
Smart Maintenance	Intelligente Wartung
Smart Metering	Intelligenter Zähler, zeigt den tatsächlichen Energieverbrauch und die tatsächliche Nutzungszeit an, ist in ein Kommunikationsnetz eingebunden
SOA	Service Oriented Architecture
SQL	Structured Query Language
VPN	Virtual Private Network



Zentrum für Schulqualität
und Lehrerbildung
Baden-Württemberg