| Angestrebte Kompetenzen des Lehrplans | Integrierbare KMK-Kompetenzen | Exemplarische Einstiegsszenarien |
| --- | --- | --- |
| Die Studierenden ermitteln und bewerten Problemstellungen unter Berück­sichtigung ökologischer, ökonomischer und kundenspezifischer Rand­bedingungen. Sie entwickeln und dokumentieren Lösungsstrategien, wählen die erforderlichen Komponenten aus und erstellen die Planungsunterlagen.  Die Studierenden entwickeln Pläne und Anleitungen, organisieren und überwachen die Errichtung der Anlage.  Sie wählen Verfahren zur Fehlersuche aus, analysieren Gefahren und Schwach­stellen, dokumentieren und beheben diese.  Sie nehmen die Anlage in Betrieb unter Beachtung sicherheitstechnischen Normen, Vorschriften und Regeln und erstellen die Dokumentation. Sie übergeben dem Kunden die Anlage, weisen ihn in die Nutzung und Wartung ein – auch in englischer Sprache. | **1.1.B** Projekte für vernetzte Pro­duktionssysteme planen und einrichten, Projektplanungsprogramme für vernetzte Systeme und Simulationen einsetzen  **1.2.B** Methoden des Prozess- und Qualitätsmanagements für vernetzte Systeme auswählen und anwenden  **1.4.B** Vernetzte Datenmanagement­systeme anwendungsbezogen vergleichen und auswählen  Datenfluss zwischen ERP‑Systemen und MES überwachen und Kriterien geleitet auswerten | **ES 8.1: Einstieg in die Planung eines Energiemanagementsystems nach ISO 50001 für die Produktion**  Ein mittelständisches Unternehmen plant die Einführung eines Energiemanagementsystems (EnMS) nach ISO 50001 für die Produktion.  Die ISO 50001 definiert ein Energiemanagementsystem, welches Unternehmen dabei hilft, ihre Energieeffizienz zu verbessern. Im Rahmen von Industrie 4.0 gibt es Potenziale für integriertes Energiemanagement. Ein Ziel hierbei ist die Produktion kostengünstiger und nachhaltiger zu gestalten. Mit einer ISO 50001-Zertifizierung können Unternehmen Daten, Informationen und Wissen über den Energieverbrauch aufbauen und ihren Energiebedarf überwachen und reduzieren. Dazu müssen Daten von Energieströmen erfasst, übertragen, gespeichert und ausgewertet sowie Maßnahmen abgeleitet werden. Die ISO 50001 spezifiziert Anforderungen für die Initiierung, Implementierung, Aufrechterhaltung und Verbesserung eines Energiemanagementsystems und folgt dem PDCA-Zyklus.  In einem ersten Schritt sollen Energiemessgeräte (Stromzähler/Energiezähler, Gaszähler, Wasserzähler, Wärmezähler) mit verschiedenen Schnittstellen (M-Bus, LON, BACnet, Modbus) zur Anbindung an ein EnMS kriterienorientiert analysiert und bewertet werden. Hierzu müssen z. B. anhand von Herstellerunterlagen der Einbau von Stromzählern (Energiezählern) in die Unter- oder Hauptverteilung und deren Anbindung über ein Übertragungssystem (vgl. Schnittstellen) an ein Datenbanksystem als vollständige Handlung abgebildet werden. |
| **1.4.B** Vernetzte Datenmanagement­systeme anwendungsbezogen vergleichen und auswählen  Datenfluss zwischen ERP‑Systemen und MES überwachen und Kriterien geleitet auswerten  **2.4.B** Monitoring für Energieströme in vernetzten Anlagen auswerten und Kriterien für Effizienzmaßnahmen entwickeln | **ES 8.2: Optimierung von energietechnischen Systemen auf Basis von Energieleistungskennzahlen nach ISO 50006**  Im Zuge der Etablierung eines Energiemanagementsystems und der Ableitung von Maßnahmen zur Steigerung der Energie- und Kosteneffizienz wird der Aspekt der Energieleistungskennzahlen adressiert. Hierzu soll die ISO 50006 betrachtet werden. Diese definiert verschiedene Typen von Energieleistungskennzahlen und energetischen Ausgangsbasen.  In diesem Rahmen könnte die Beleuchtung einer Halle optimiert werden. Als Ziel wird z. B. die Reduzierung der aufgenommenen Energie festgelegt: Im Jahresmittel soll die benötigte Energie je Nutzungsstunde um einen bestimmten Faktor niedriger als im Vergleich zu einem Referenzzeitraum (z. B. Referenzjahr als energetische Ausgangsbasis) gesenkt werden. Hierzu wird als Energieleistungskennzahl „Elektrische Arbeit / Nutzungsstunden“ definiert, für verschiedene Zeitspannen ausgewertet und in Beziehung zum Referenzzeitraum gesetzt.  Die Messdaten verschiedener Zeiträume werden als Zeitreihen zur Verfügung gestellt und müssen ggf. vor der Verarbeitung aufbereitet werden. Aus der z. B. tagesbezogenen Analyse des Energiebezugs können Maßnahmen zu deren Reduzierung und damit zur Erreichung der optimierten Energieleistungskennzahl abgeleitet werden. Hieraus ergeben sich ebenso Maßnahmen für weitere Gewerke, z. B. die Gebäudeautomatisierung. |
| **2.4.B** Monitoring für Energieströme in vernetzten Anlagen auswerten und Kriterien für Effizienzmaßnahmen entwickeln | **ES 8.3: Implementierung von numerischen Analyseverfahren zur Leistungsbilanzierung**  Ein Unternehmen plant eine Leistungsbilanzierung nach IEEE 1459 (DIN 40110-2) einzuführen und hierbei einen Schwerpunkt auf numerischen Verfahren, basierend auf harmonischen Analysen abgetasteter periodischer Netzgrößen (mittels DFT bzw. FFT), zu legen. Eine digitale Erfassung, Verarbeitung und Auswertung von Netzgrößen soll, wie in den Normen vorgesehen, realisiert werden.  Neben der Leistungsbilanzierung sind heute die sichere Betrachtung von Signaleigenschaften im Spektrum relevant, neben der Betrachtung von Harmonischen auch Nebenharmonische bspw. bei Betrieb von Umrichtern. Hier bieten sich Anknüpfungen an die spektrale Formung von Leistungssignalen in der Leistungselektronik. Betrachtet werden Topologien, die reale Netzrückwirkungen abbilden und am Einspeisepunkt (Point-of-Common-Coupling, PCC) messbar machen. Hierzu zählen Lasten z. B. mit Aufnahme von Pulsströmen an nicht idealen Netzen mit Innenwiderstand bzw. Innenimpedanz, die Last wirkt auf den Einspeisepunkt (PCC) zurück und führt zu spektral verzerrten Einspeisespannungen.  Die Bereitstellung der Daten kann durch Datalogger oder durch Simulation (bspw. LTspice) erfolgen. Die Verarbeitung und Auswertung kann bspw. in Python in Verbindung mit Jupyter Notebooks und relevanten Packages (z. B. NumPy, pandas) erfolgen. Die Darstellung erfolgt in einem Dashboard.  Im Rahmen der Datafizierung durch digitale Messwerterfassung und -verarbeitung sollen die Punkte der lt. Norm geringsten zu erfassender Frequenz, die Anzahl zu erfassender und zu mittelnder Netzperioden, die erforderliche Messdauer (Küpfmüller'sche Unbestimmheitsrelation), die zeitliche Auflösung der Messdaten (Abtasttheorem), die höchste zu erfassende Frequenz, die notwendige Eingangsfilterung (Anti-Aliasing), die äquidistante Abtastung der Messdaten bzw. deren Interpolation (z. B. bei Spice liegen Zeitreihen i. d. R. nicht zeitlich äquidistant vor und müssen mit konstanter Rate interpoliert werden), die Frequenzauflösung des Spektrums (Kann mit einfacher Zählweise auf die Harmonischen zugegriffen werden? Welches Synthesemodell - Cosinus oder Sinus, Vorzeichen für vor- oder nacheilend - wird verwendet?), Überprüfung bspw. der Gesamtwirkleistung basierend auf dem Spektrum anhand des Zeitsignals (zeitlicher Mittelwert der Momentanleistung) betrachtet werden. |