

Nutzung und Potenziale von Instandhaltungsmanagementsystemen für die Optimierung automatisierter Produktionsprozesse

Christian Brenner, Martin Hiersemann, Rolf Hiersemann
Hiersemann Prozessautomation GmbH, Tuchschererstraße 4a, 09116 Chemnitz

Für Prozessstabilität und Optimierung industrieller automatisierter Produktionsabläufe hat die Hiersemann Prozessautomation das System CEMODAS® - Central Modular Data System - entwickelt und industriell in mehreren Anwendungen im Einsatz. Dieses System umfasst in der Grundversion Module zur Betriebs- (BDE) und Qualitätsdatenerfassung (QDE) inkl. Auswertung dieser Daten.

Durch die Integration von Schnittstellen zu verschiedenen Automationssystemen ermöglicht das System Datenauswertungen, wie NEE und OEE, von gesamten Produktionslinien und Werken.

Weiterhin ist der Instandhaltungsassistent als sog. Helpdesk entwickelt worden, der Warn- und Fehlerinformationen für Instandhaltungszwecke erfasst. Die Informationen werden aktiv an Devices, wie PC, Laptop, Mobile Phone oder Watches, übertragen und beinhalten zudem ein Ticket-System.

Aktuell wird an der Integration von Methoden der künstlichen Intelligenz KI in das System gearbeitet.

1. Einleitung

Die automatisierte Fertigung erfordert zunehmend durchgängig gestaltete Automations- und Informationssysteme, die für eine Optimierung der Produktionsprozesse ermöglichen und die Prozessstabilität sichern. Das System CEMODAS® ermöglicht neben Betriebsdatenerfassung (BDE) und Qualitätsdatenerfassung (QDE) mit Datenauswertung und -visualisierung an Maschinen auch anlagenweite Funktionen wie OEE und NEE sowie ein Predictive Maintenance mittels Instandhaltungsmanagement.

2. Funktionsübersicht

Die Funktionen des Systems sind in folgende Module strukturiert.

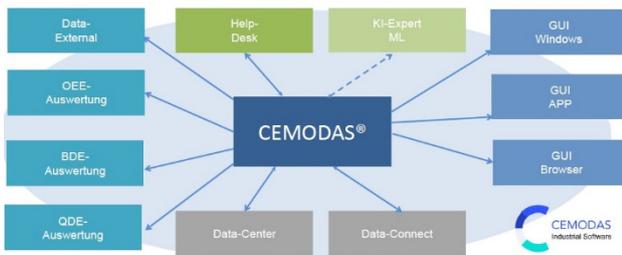


Abbildung 1: Funktionsmodule

Das Modul Data Connect stellt die Verbindung zu den Automationsgeräten der Maschinen (SPS, Roboter, Kamerasationen etc.) her und empfängt die relevanten Daten. Nach einem Datencheck werden die Daten in einer SQL-fähigen Datenbank hinterlegt. Für die Datenerfassung sind Schnittstellen zu verschiedenen Automationssystemen unter Nutzung mehrerer, auswählbarer Datenübertragungsprotokolle entwickelt worden und verfügbar. Auf dieser Basis können erweiterte Auswertefunktionen, wie QDE, BDE und OEE für Produktionslinien und gesamte Werke installiert und betrieben werden.

Mit dem Modul Data external werden Daten auch für sog. Fremdsysteme bereitgestellt.

Das Modul Instandhaltungsassistent ist als sog. Helpdesk verfügbar. Dieser ermöglicht die Visualisierung und damit die Nutzung von Betriebsinformationen, insbesondere von Warn- und Fehlerinformationen, für Instandhaltungszwecke. Die Informationen können am Modul Data Center angefragt werden. Die Datenaufbereitung und notwendige Berechnungen erfolgen vor der Übermittlung innerhalb dieses Moduls. Die Informationen können aktiv an Devices, wie PC, Laptop, Mobile Phone oder Watches, übertragen werden. Weiterhin ist ein Ticket-System implementiert. Mit dessen Nutzung kann lokal einsetzbares Instandhaltungspersonal umgehend kritische Situationen an Maschinen und Anlagen erfassen und beheben und zur Optimierung der Produktionsabläufe beitragen.

Für die breite Anwendbarkeit wurden mehrere Nutzer-/Bediener-Schnittstellen (GUI) entwickelt.

Zur Erweiterung der Funktionalitäten wird derzeit an der Integration von KI-Funktionen gearbeitet, Tools sind in Entwicklung.

3. Grundfunktionen

Zu den Grundfunktionen des entwickelten Systems CEMODAS® gehören Betriebsdatenerfassung (BDE) und Qualitätsdatenerfassung (QDE). Während die Betriebsdaten für das Instandhaltungsmanagement genutzt werden, bilden die Qualitätsdaten die Grundlage für Prozess- und somit Qualitätsstabilität. Die im System abrufbaren Auswertefunktionen betreffen:

Mittelwertbildung

Der arithmetische Mittelwert wird aus einer konkreten Datenmenge, die der Werker vorgeben kann, berechnet und gibt die Tendenz einer Verteilung an. Damit kann der Werker das Wegdriften von Parametern erkennen. Er ist definiert als:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i \quad (1)$$

n = Stichprobenumfang

x_i = Wert des i -ten Elements

Standardabweichung

Die empirische Standardabweichung wird auch Stichprobenstreuung genannt. Sie gibt an, wie weit die Stichprobe im Schnitt um das arithmetische Mittel streut.

$$s_g = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (2)$$

Prozessfähigkeit

Die Prozessfähigkeit dient zur statistischen Bewertung eines Prozesses und wird insbesondere beim Einfahren von Produktions- und Prüfanlagen benötigt und angewendet. Angegeben wird damit die Sicherheit des Erreichens vorgegebener Ziele laut Spezifikation. Der Werker hat die Möglichkeit, eine einfache und eine kritische Prozessfähigkeit abzurufen. Damit wird sein Entscheidungsspielraum erheblich erweitert.

Einfache Prozessfähigkeit (C_p)

$$C_p = \frac{OTG - UTG}{6 \cdot s_g} \quad (3)$$

OTG = Obere Toleranzgrenze
 UTG = Untere Toleranzgrenze

Kritische Prozessfähigkeit (C_{pk})

$$C_{pk} = \frac{\min(OTG - \bar{x}; \bar{x} - UTG)}{3 \cdot s_g} \quad (4)$$

Insbesondere die Werte Prozessfähigkeit (C_p) und kritische Prozessfähigkeit (C_{pk}) sind für die Nutzung von Prüfsystemen zur Überwachung der Qualitätsparameter der Produktteile von entscheidender Bedeutung. Erst bei Erreichen vorgegebener Werte sind Prüfsysteme für den Produktionseinsatz freigegeben.



Abbildung 2: Qualitätsdatenauswertung eines Parameters

4. OEE und NEE Berechnungen

Für die Funktionen NEE - Net Equipment Effectiveness (Entspricht der Effektivität der Anlagenlinie unter Berücksichtigung technischer Rahmenbedingungen) und OEE – Overall Equipment Effectiveness (Entspricht der Effektivität der Anlagenlinie unter Berücksichtigung technischer und organisatorischer Rahmenbedingungen, wie Ausfallzeiten (geplant, ungeplant), Stillstand, Wartung/Instandsetzung etc.) werden folgende Stammdaten herangezogen:

Zur Berechnung des Verfügbarkeitsfaktors:

- Schichtplan inklusive Angaben von Pausen
- Wartungsschichten
- Geplante Rüstvorgänge mit hinterlegten Zeiten
- Zusätzliche Pausen (Schulung, Versammlung)

Der Verfügbarkeitsfaktor ist ein Maß für Verluste aufgrund ungeplanter Anlagenstillstände und wird wie folgt ermittelt:

$$f_v = \frac{T_{pp} - \sum T_s}{T_{pp}} = \frac{T_B}{T_{pp}} \quad (5)$$

T_{pp} = geplante Produktionszeit
 T_s = Stillstandszeit
 T_B = tatsächliche Betriebsdauer

Für die Berechnung des Leistungsfaktors:

- Soll-Taktzeit an der Maschine für IO und NIO Teile getrennt
- Sollten mehrere Typen auf der Maschine laufen, so muss diese Angabe für alle Typen vorliegen

$$f_l = \frac{T_{pT} \cdot X_g}{T_B} \quad (6)$$

T_{pT} = geplante Taktzeit
 X_g = Teile gesamt
 T_B = Betriebsdauer

Der Qualitätsfaktor erfasst Verluste durch fehlerhafte oder nachzuarbeitende Teile nach der Formel:

$$f_q = \frac{X_g - X_{nio}}{X_g} \quad (7)$$

X_g = Teile gesamt
 X_{nio} = Teile fehlerhaft

Die Gesamtanlagenverfügbarkeit OEE wird auf Basis dieser Daten wie folgt berechnet:

$$OEE = f_v \cdot f_l \cdot f_q \quad (8)$$

f_v = Verfügbarkeitsfaktor
 f_l = Leistungsfaktor
 f_q = Qualitätsfaktor

Somit gehen auch die Werte aus BDE und QDE in die Berechnungen ein.



Abbildung 3: OEE-Ermittlungen und Darstellungen einer Anlage

Eine OEE von 72,9 % basiert somit beispielsweise aus einer Beachtung der Faktoren:

- Verfügbarkeitsfaktor = 0,9
- Leistungsfaktor = 0,83086 = 83,09%
- Qualitätsfaktor = 0,96679 = 96,68%
- OEE = 0,9 * 0,83086 * 0,96679 = 0,72294 = 72,29%

Dies ist nur exemplarisch dargelegt. In aktuellen Projekten konnten starke Schwankungen der OEE erfasst werden (siehe Abb. 3).

Die Sichtung der OEE kann somit insbesondere für die vorbereitende Instandhaltung zweckdienlich sein, zeigt diese doch die erschließbaren Potenziale in der Anlagenoptimierung auf.

Weitere Visualisierungen sind als Darstellung der Anlagen-Layouts generierbar. Hierbei können die Kunden die Zuordnung und Anordnung von Darstellungs-Frames zum Layout selbst generieren.

Die Net Equipment Effectiveness Kennzahl ist eine Anlehnung an die OEE. Hierbei wird der Verfügbarkeitsfaktor abgewandelt und die Rüst- und Einrichtzeiten nicht als Verlustzeiten betrachtet. Die NEE ist somit eine Untermenge der OEE. Oft wird in der NEE der Verfügbarkeitsfaktor als Nutzungsgrad bezeichnet, der gegenüber der OEE Berechnungsanteile ausklammert und somit höher ausfällt.

5. Instandhaltungsmanagement

Der Zusammenhang von OEE-Auswertungen und Instandhaltungsmanagement ist in folgender Darstellung einer OEE-Verfügbarkeit zu erkennen.

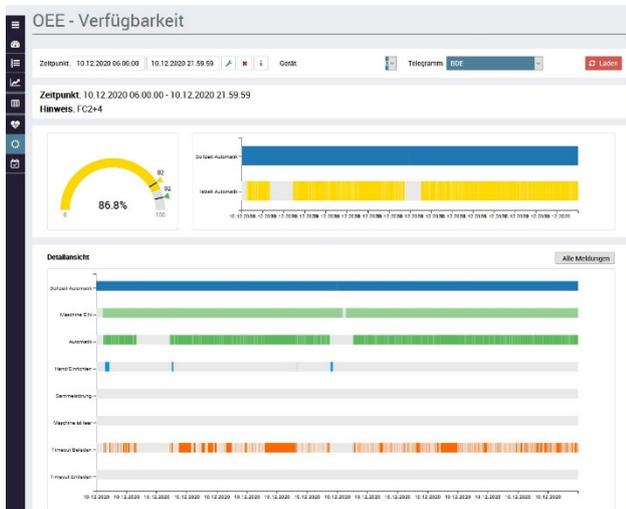


Abbildung 4: OEE-Verfügbarkeit einer Anlage

Zum Heben dieser Potenziale wurde innerhalb des Systems CEMODAS® ein Instandhaltungsmanagementsystem integriert, das als Helpdesk fungiert und mehrere Nutzer integriert.

Das Instandhaltungsmanagement arbeitet mit einem zentralen (virtuellen) Server, der Anforderungen an die Instandhaltung verwaltet. Dieser Server löst Anforderungen aus, die auf allen aktiven, für die Instandhaltung vorgesehenen Netzwerkteilnehmern angezeigt werden, dies in Form von Tickets. Das Ticket kann nun von einen der Instandhalter

aufgegriffen und bearbeitet werden. Dazu erhält dieser die Angaben über den Instandhaltungsgrund. Nach erfolgter Instandhaltung hinterlegt der Instandhalter Informationen zur Instandhaltungsmaßnahme. Diese Informationen werden anschließend im Server analysiert und kategorisiert, z. B. Top-Ten-Störungen. Auf dieser Basis ist anschließend eine vorausschauende Instandhaltung durchführbar.



Abbildung 5: Instandhaltungsmanagementsystem Helpdesk-Übersicht

6. Einsatzerfahrungen

Die Einsatzerfahrungen des Systems CEMODAS® sind durchweg positiv. Die Anwendung sowohl der Einzelkomponenten wie QDE und BDE als auch OEE und des Helpdesk dienen zur signifikanten Erhöhung von Produktivität und Prozessstabilität. Anwender erzielen Effekte in Qualitätsverbesserung und Reduzierung von Stillstands- und Wartezeiten, konnte somit Optimierungen realisieren.

Sämtliche Sondermaschinen der Hiersemann Prozessautomation GmbH sind mit dem System CEMODAS® ausgestattet und ermöglichen den Anwendern sowohl die on board Diagnose von Qualität und Betriebszuständen, als auch die rasche Integration in anlagen- und unternehmensweite Auswertesysteme. Auch sind Datenexport in firmenspezifische SCADA-Systeme realisiert.

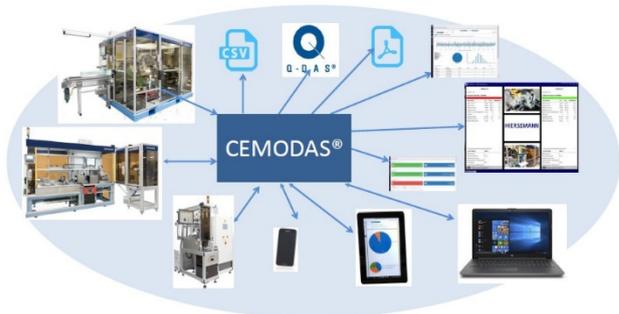


Abbildung 6: Nutzungsübersicht des Systems CEMODAS® mit Anlagen der Firma Hiersemann Prozessautomation

Auf Basis der ersten Installationen der anlagenweiten OEE- und Helpdesk-Funktionen von CEMODAS® bei einem Lieferanten der Automobilindustrie wurden weitere Anlagen mit dem System ausgerüstet. Für alle Neuanlagen sind von diesem Anwender Schnittstellen zum System CEMODAS® vorgeschrieben worden. Dadurch verkürzen sich Zeit und

Aufwendungen des Andockens neuer Anlagen an das System.

Das Ticketsystem wird außerdem im eigenen Haus eingesetzt für Ferndiagnostik und Fernwartung von Anlagen bei weiteren Kunden, die über INTERNET-Verbindung (VPN-gesichert) Instandhaltungsanforderungen generieren.

7. Entwicklungsschwerpunkte

Die Entwicklungsschwerpunkte liegen derzeit auf der Integration von KI-Funktionalitäten sowohl in die anlagenweiten Auswertungen (OEE) als auch in die Helpdesk-Funktionen. Aufbauend auf den Ganglinien von Parametern sollen Vorschauen auf mögliche Ereignisse, wie Qualitätsverlust durch vorgelagerte Prozessschritte oder Ausfallrisiko von Baugruppen, eingebunden werden.

Dazu werden mehrere Methoden des maschinellen Lernens, wie Regressionsverfahren, Clustering, Netztheorie etc., untersucht und getestet. Die Anwendung dieser Methoden befindet sich derzeit im Teststadium auf Demonstratoren.

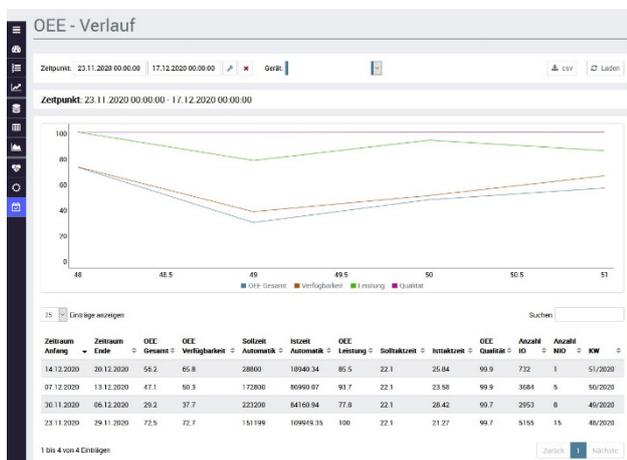


Abbildung 7: Ganglinien des OEE-Verlaufs

Die dargelegten Applikationen basieren auch auf mehreren Forschungs- und Entwicklungsprojekten.

- Modulare funktionsinkludierte Fertigungsstationen (Einzelprojekt *Inklude* ZIM-FK EP180052, gefördert vom BMWi, Projektträger EURONORM [1]).

Im Projekt *Inklude* wurden sämtliche produktionsrelevanten Prozesse in einer Fertigungsstation zusammengefasst, dies unter dem Aspekt der Integration derartiger Stationen in heterogene IIoT-basierte Fertigungsanlagen.

- Harmonisierung der Mensch-Maschine-Interaktion in der Produktion (Verbundvorhaben *HMMI*, Projektträger SAB ANr.100294859, Gefördert von EU-EFRE und SMWA [2]).

Ziel dieses Verbundvorhabens war die Gestaltung von abgestimmten Datenstrukturen in komplexen Fertigungs- bzw. Kommunikationssystemen sowie die Harmonisierung von Visualisierungssystemen

- Harmonisierte Datensicherheit von der Maschine bis in die Cloud (Verbundvorhaben *HDMC*, Projektträger SAB ANr.100376474, gefördert von EU-EFRE und

SMWA [3]).

Ziel dieses Verbundvorhabens ist die Gestaltung sicherer Datenkommunikationen zwischen Anlagen und Datenauswertesystemen. Dies ist insbesondere für die Realisierung von Instandhaltungssystemen mit niedriger Latenz über Firmengrenzen hinweg bedeutsam.

- Produktionsoptimierung zur Ressourcenschonung unterstützt durch künstliche Intelligenz (Verbundvorhaben *KInO*, Projektträger SAB ANr.100361722, gefördert von EU-EFRE und SMWA [4]).

Ziel des Vorhabens ist es, Produktionsanlagen durch die Integration von Methoden der Künstlichen Intelligenz (KI) ressourcenschonender zu gestalten. Dafür werden die an heterogenen Automationsstrukturen abgegriffenen prozessnahen Daten ausgewertet.

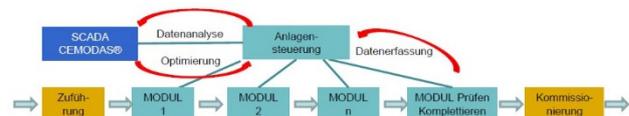


Abbildung 8: Einbindung KI-Funktionen in Produktionsanlagen

Danksagung

Die Fa. Hiersemann Prozessautomation GmbH und die Autoren bedanken sich für die Unterstützung bei Fördermittelgebern, Projektträgern und kooperierenden Firmen und Instituten. Die Verantwortung für den Textinhalt liegt bei den Autoren.

Literaturverzeichnis / Quellen

- [1] Hiersemann, R. (2020): Modulare funktionsintegrierte Montage-, Prüf- und Logistikstation für eine effiziente Fabrikintegration (Inklude), Sachbericht, Hiersemann Prozessautomation GmbH, 2020
- [2] Singer, A. (2019): Harmonisierung der Mensch-Maschine-Interaktion in der Produktion (HMMI), Sachbericht, Fraunhofer-Gesellschaft, 2019
- [3] Hoffmann, M. (2019): Harmonisierung der Mensch-Maschine-Interaktion in der Produktion (HDMCI), Projektantrag, Fraunhofer-Gesellschaft, 2019
- [4] Hiersemann, R. (2020): Produktionsoptimierung zur Ressourcenschonung unterstützt durch künstliche Intelligenz (KInO), Zwischenbericht, Hiersemann Prozessautomation GmbH, 2020

Die angegebenen Forschungsprojekte wurden gefördert und unterstützt von.

