

Modulare Anlagenautomation – Monitoring und erweiterte Diagnosefunktionen von Modulen

J. John¹, Y. Pilous², N. Große³

Zusammenfassung

Der Einsatz modularer Anlagen wird in der Prozessindustrie immer beliebter. Da Modulhersteller ihre Applikationen weitestgehend kapseln, um ihr Know-How zu schützen, müssen Strukturen und Applikationen entwickelt werden, die das Monitoring und die Diagnose auch im Rahmen der vorausschauenden Instandhaltung dieser Module ermöglichen.

Die Implementierung solcher Funktionen in das übergeordnete Leitsystem der Gesamtanlage ist bei modularen Anlagen bislang ähnlich umständlich wie die Einbindung von Fremdkomponenten in ein Leitsystem. Um ein vollständiges modulares Anlagenkonzept erfolgreich zu etablieren, ist eine einfache Implementierung dieser Funktionalitäten somit unumgänglich.

Im Rahmen dieses Beitrags wird daher untersucht, wie Strukturen und Applikationen zum Monitoring und Diagnose einfach in übergeordnete Systeme implementiert werden können. Hier wird auch betrachtet, welche dieser Informationen für Anlagenfahrer relevant, welche Funktionalitäten auf externe Systeme (z. B. eine Cloud) ausgelagert werden sollten und wie diese optimal dargestellt werden. Weiterhin wird ein Konzept zur Modularisierung von Plant Asset Management Funktionen vorgestellt, anhand dessen eine Strukturierung des NAMUR Open Architecture (NOA)-Kanals vorgenommen wird.

Stichwörter

Modulare Anlagen, Diagnose, Monitoring, Predictive Maintenance, MTP

1 Motivation

Der Einsatz von modularen Anlagen in der Prozessindustrie erlaubt dem Anwender einen hohen Grad an Flexibilität. Darüber hinaus können Modulhersteller, die oft aus dem traditionellen Maschinenbau stammen, Alleinstellungsmerkmale gegenüber konkurrierenden Maschinenbauern entwickeln, indem sie ihre Produkte mittels eigenen intelligenten Automatisierungslösungen als Package Unit anbieten.

Somit liegt es im Interesse des Modulherstellers, seine Automatisierungslösung zu kapseln, damit er sein Know-How und die entwickelten Alleinstellungsmerkmale schützen kann. Dies erschwert jedoch dem Anwender die Einsicht in den Zustand der Anlage, z. B. zur Fehlersuche oder Instandhaltung der

¹ Jan Philipp John, B. Sc., Labor Prozessleittechnik, Technische Hochschule Köln

² Yannick Pilous, B. Sc., Labor Prozessleittechnik, Technische Hochschule Köln

³ Prof. Dr.-Ing Norbert Große, Labor Prozessleittechnik, Technische Hochschule Köln

Anlage. Aus diesem Grund ist es wichtig die Package Unit mit Monitoring- und Diagnosefunktionen auszustatten, damit dem Anwender keine Nachteile durch die Nutzung der Package Unit entstehen.

2 Einfaches Monitoring von Modulen Anlagen

Die Implementierung von Monitoring Funktionen von modularen Anlagen gestaltete sich bisher ähnlich umständlich wie die Einbindung in das Leitsystem der Gesamtanlage. Neben langen Parameterlisten, die für die Implementierung von Zustandsmeldungen und Alarmen benötigt werden, kommt erschwerend hinzu, dass die Daten des Moduls schwer aus der Kernautomatisierung herausgezogen werden konnten. Dies führte dazu, dass meist nur einfache Funktionen innerhalb der Kernautomatisierung implementiert wurden, um die Automatisierungshardware nicht zu überlasten.

In der Prozessindustrie hat sich in den letzten Jahren das „Module Type Package“ (MTP) entwickelt und etabliert, welches die Anbindung von Package Units an Leitsysteme der Gesamtanlage erleichtern soll. In dieser Arbeit werden die Aspekte Monitoring und Diagnose von Package Units genauer betrachtet. Hierzu wird oft die NAMUR Open Architecture (NOA) herangezogen, womit zwei „Pfade“ für Monitoring und Diagnose entstehen – der NOA-Kanal und der Weg durch die bestehende Automatisierungsstruktur.

Durch neue Automatisierungsstrukturen und die breite Verfügbarkeit von Edge-Geräten ist es möglich erweiterte Diagnose- und Monitoringfunktionen unabhängig von der Automatisierungshardware auszuführen und die aus der Kernautomatisierung erhobenen Daten weiterzuverarbeiten. Dieser Pfad wird in Kapitel 3 „Erweitertes Monitoring und Diagnose von modularen Anlagen“ genauer ausgeführt.

Der andere Pfad beinhaltet Monitoring- und Diagnosefunktionen, die für den Anlagenfahrer relevant sind und somit direkt an das übergeordnete Leitsystem übertragen werden sollten. Diese beinhalten neben Alarmen, die in Blatt 6 der MTP Richtlinie 2658 [1] behandelt werden, auch den Gesamtzustand des Moduls. Diese Funktionen liegen durch die starke Nähe zur Hardware und deren geringe Belastung weiterhin bei der Steuerung des Moduls. Dies beinhaltet Informationen, die auch für den Anlagenfahrer direkt relevant sind. Somit gehört zu der Kommunikation zwischen Modul und dem übergeordneten System die Übertragung dieser Informationen.

Die MTP-spezifischen Richtlinien zu Diagnose und Instandhaltungsaspekten befindet sich noch in der Entwicklung, dennoch lassen sich erste Ansätze erkennen. In der Richtlinie für die Datenobjekte werden sämtliche Schnittstellen der MTP-Funktionsbausteine definiert, wodurch sich hier hilfreiche Informationen zur Zustandsermittlung finden lassen. Eine solche Information ist in dem sogenannten „Worst Quality Code“ (WQC) hinterlegt, welcher den Zustand der einzelnen Funktionsbausteine in einem BYTE festhält. Dort werden also für jeden Prozesswert und jedes Steuersignal zusätzlich zu dem eigentlichen Wert Parameter zu den Bedingungen, unter denen der Wert erfasst wurde und ob dieser vertrauenswürdig ist, aufgezeichnet. Die genaue Spezifikation bestimmter WQCs wird in einem späteren Blatt der MTP-Richtlinienreihe ausgearbeitet [2].

Hier erscheint es sinnvoll, aus dem WQC Zustandsinformationen für das Bedienbild abzuleiten. Dies begründet sich daraus, dass alle Sensoren und Aktoren des Moduls über einen MTP-fähigen Funktionsbaustein verfügen und somit das WQC bereits eine Schnittstelle mit Zustandsinformationen zum übergeordneten Leitsystem bietet. Um bekannte Meldungen beizubehalten, ist ein sinnvoller Ansatz hier diese mit dem NE107 Status (siehe Bild 1) [3] zu verketteten und im Bedienbild des Moduls an den einzelnen Elementen (siehe Bild 2) sowie in einer Modulübersicht als aggregierten Zustand (siehe Bild 3) visualisieren.

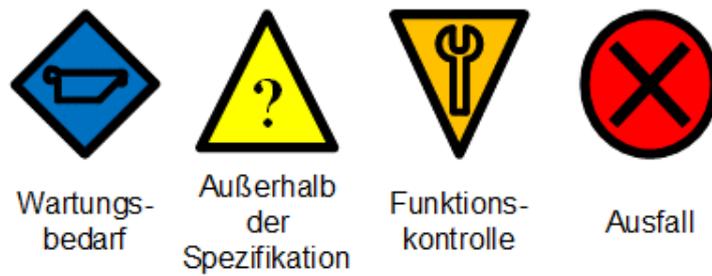


Bild 1: Statussymbole der NAMUR NE107 [3]

Die NAMUR Empfehlung 107 (NE 107) befasst sich mit der Darstellung von Diagnoseresultaten von Apparaten und Feldgeräten durch Verwendung von Statussignalen [3]. Da Module sich genau daraus zusammensetzen, lassen sich die Prinzipien leicht für modulare Anlagen übernehmen. Neben den Statussignalen aus Bild 1 stellt die NE 107 ebenfalls Symbolik für aktive und passive Diagnose zur Verfügung. Diese werden für die vorgeschlagene Darstellung bei modularen Anlagen ausgelassen, um in Anlehnung an den High-Performance HMI Ansatz den Anlagenfahrer nicht mit Informationen zu überfrachten.

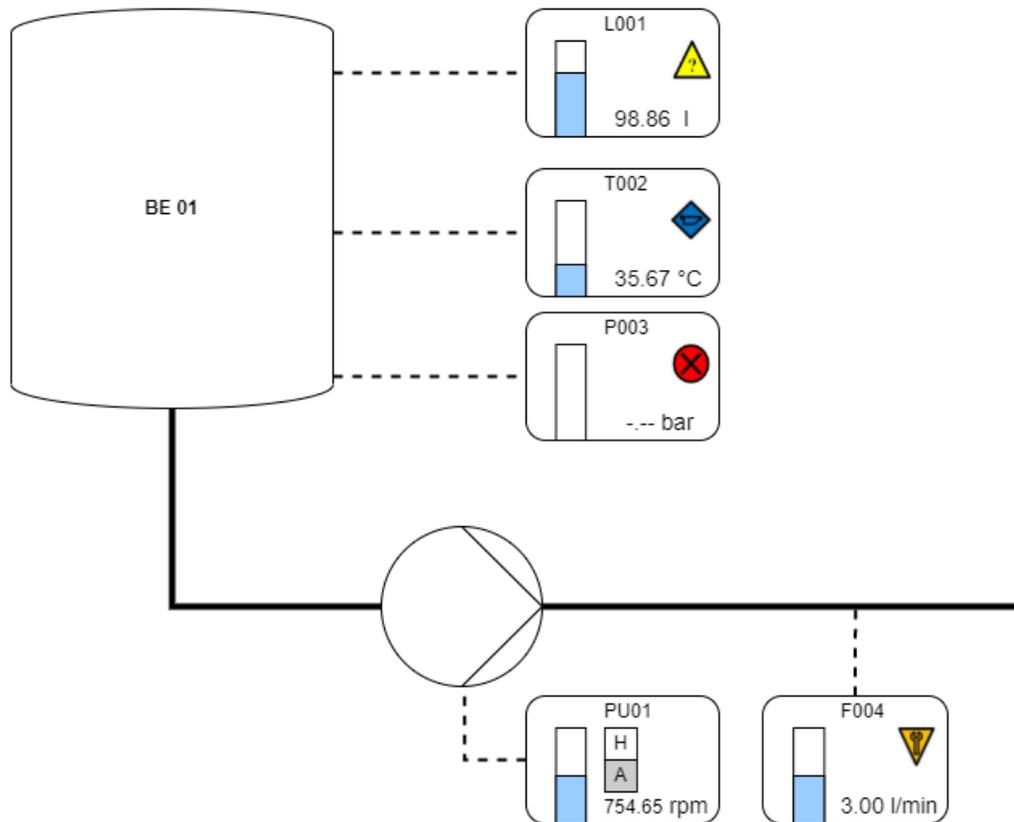


Bild 2: mögliche Darstellung der Statusinformationen im Bedienbild des Moduls

Bild 2 zeigt eine mögliche Art, die Statusinformationen für den Anlagenfahrer im Bedienbild zu visualisieren. Um den Blick auf die relevanten Informationen zu leiten, werden nur Statussignale angezeigt, die aktiv am Feldgerät anliegen, statt die inaktiven Symbole auszugrauen. So wird z. B. mit einem Blick auf das HMI klar, dass die Pumpe PU 01 in ihrem Gutzustand ist und man dem hier angezeigten Wert der Pumpendrehzahl vertrauen kann.

Die Temperaturmessung T002 hat einen Wartungsbedarf, ist aber noch vertrauenswürdig. Wenn dieser Wartungsbedarf längere Zeit ansteht, kann so das Anlagenpersonal gezielt Tickets an die Instandhaltung schreiben. Die angezeigte Funktionskontrolle bei F004 könnte darauf hinweisen, dass der gemessene Durchfluss momentan simuliert wird und sich beispielsweise an die aktuelle Pumpendrehzahl anpasst. Hier wäre also besonderes Augenmerk auf Behälter oder Ähnliches zu legen, in die das Medium gepumpt wird, um große Abweichungen auszuschließen.

Die Füllstandsmessung L001 wird als außerhalb der Spezifikation angezeigt, womit man dem Messwert nicht vertrauen sollte. Somit wäre in dem angezeigten Fall zu überprüfen, ob Trockenlauf der Pumpe oder ein Überfüllen des Behälters möglich sind, sofern es keine entsprechenden Schutzfunktionen gibt. Durch den Ausfall der Druckmessung P003 hat der Anlagenfahrer keine Informationen über die Druckverhältnisse im Behälter und sollte daher Prozesse, die zu einem Druckanstieg im Behälter führen, vermeiden und, sofern nicht bereits geschehen, die Instandhaltung informieren.

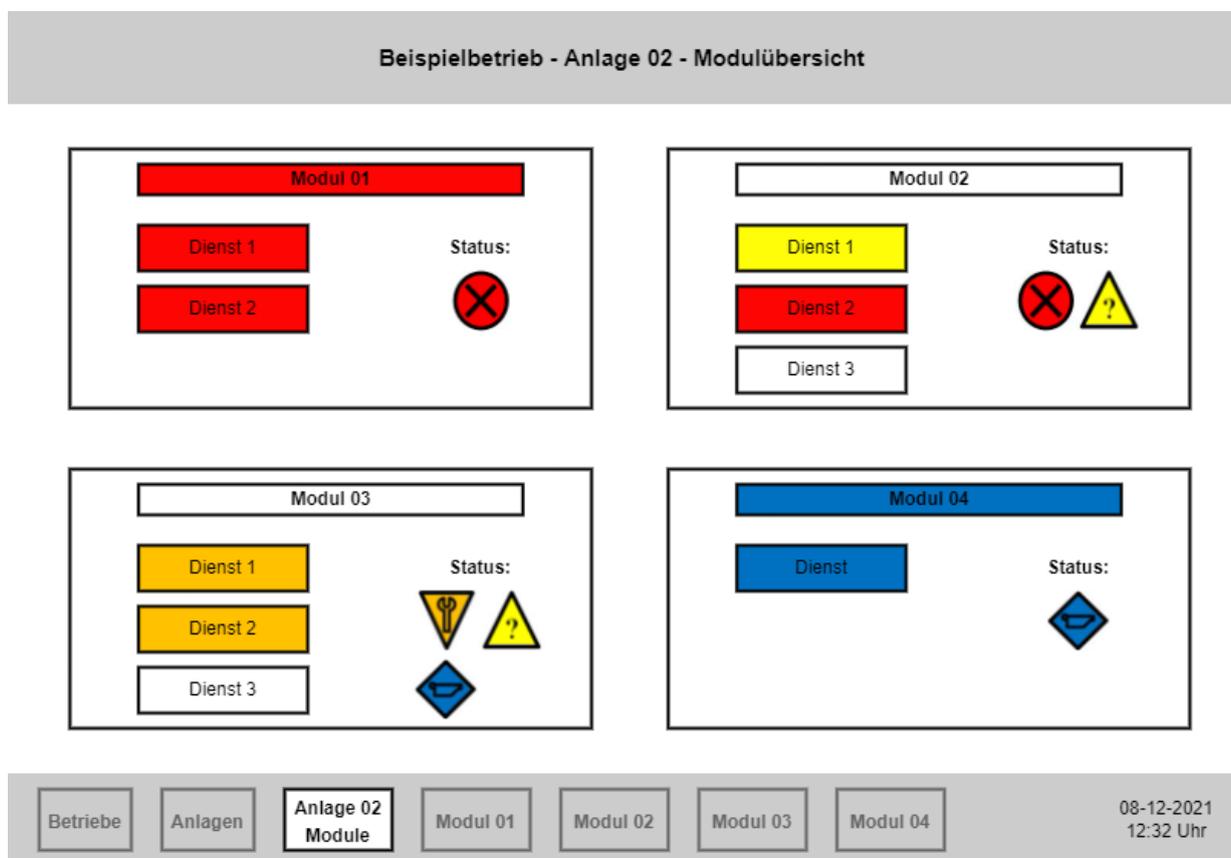


Bild 3: mögliche Darstellung von Statusinformationen in der Modulübersicht

Bild 3 zeigt eine mögliche schematische Darstellung von Statusinformationen in der Modulübersicht. Unter „Status“ werden hier die im Modul anliegenden Statussignale zusammengefasst, um einen Überblick über das Modul zu liefern. Für einen genauen Einblick, wie viele dieser Statussignale an welchen Feldgeräten und Apparaturen anliegen, kann über die Modulübersicht das Bedienbild des entsprechenden Moduls aufgerufen werden (siehe Bild 2). Moduldienste, die von einem Statussignal betroffen sind, werden in der Farbe des am höchsten priorisierten Statussignals hinterlegt. Sind alle Dienste des Moduls von einem Statussignal betroffen, so wird das Modul selbst (hier anhand des Modulnamens) farblich hinterlegt, um so z. B. einen vollständigen Ausfall des Moduls zu visualisieren.

3 Erweitertes Monitoring und Diagnose von modularen Anlagen

Der zweite „Pfad“ der NOA definiert einen horizontalen Datenabgriff aus der Struktur der traditionellen Automatisierungspyramide heraus. Innerhalb einer zusätzlichen Domäne für Monitoring und Optimierungsaufgaben (M+O) können Daten aus jeder Ebene der Automatisierungspyramide ausgelesen werden. Die Verarbeitung der Daten findet dann in der sogenannten M+O Domäne statt. Während die Domäne der Kernautomatisierung aus gehärteten, hoch verfügbaren Automatisierungskomponenten besteht, werden an die M+O Domäne weitaus geringe Anforderungen gestellt. Hier finden sich beispielsweise Edgegeräte oder Cloudservices. Dadurch wird es möglich, innovative Technologien im Bereich der Industrie 4.0 in die Anlage zu integrieren [4].

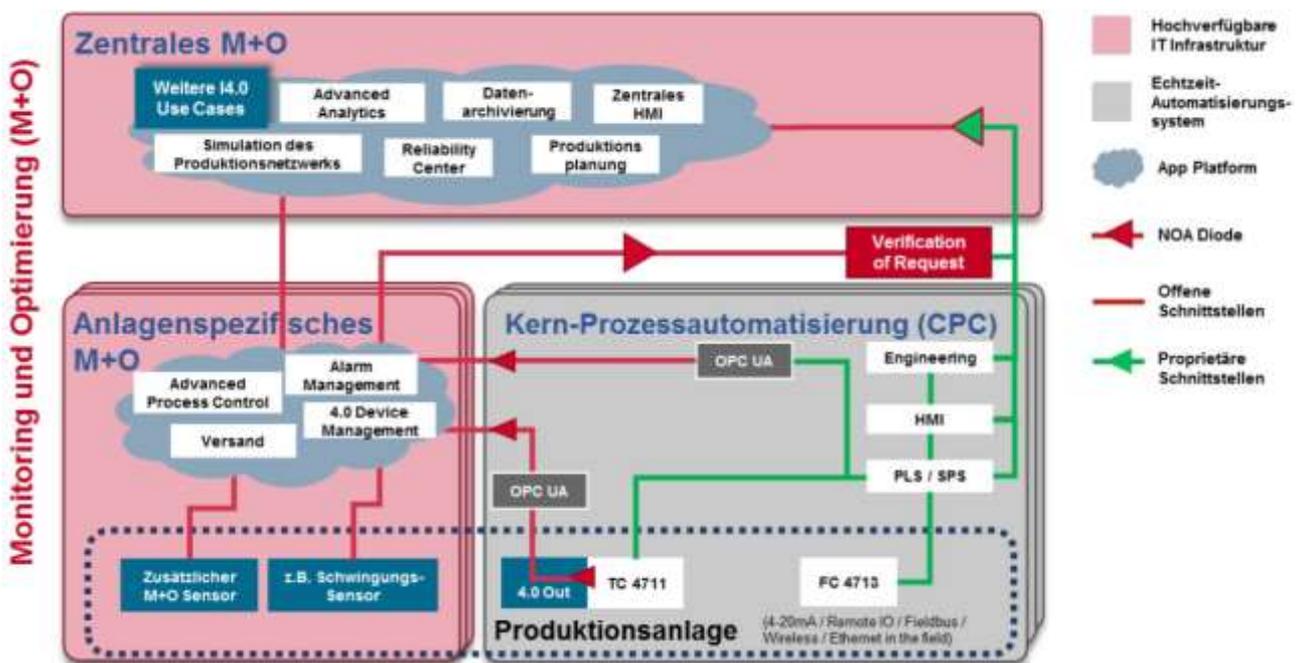


Bild 4: NAMUR Open Architecture [4]

Eine Ankopplung der M+O Domäne lässt sich jedoch nicht so einfach bewerkstelligen. Die Verfügbarkeit der Basisautomation, die in Bild 4 in grau dargestellt ist, gilt es unbedingt zu schützen. Damit dieses Schutzziel erreicht werden kann, müssen Rückwirkungen in den Bereich der Basisautomation verifiziert erfolgen. Das bedeutet, dass etwa Optimierungsvorschläge nicht ohne Freigabe durch eine Prüfinstanz zu einer Parameteränderung im Steuerungsprogramm führen dürfen. Weiterhin erhebt NOA den Anspruch, dass Daten des Automatisierungssystems offen lesbar sein sollen.

Der NOA-Seitenkanal auf anlagenspezifischer Ebene bietet durch seine explizit gewünschte Offenheit für Anwendungen der Industrie 4.0 eine Menge Freiheitsgrade bei der Auslegung von M+O Systemen. Sinnvollerweise sollte man Funktionalitäten innerhalb des Seitenkanals in irgendeiner Form strukturieren, damit einer wachsenden Komplexität aufgrund fehlender Rahmenbedingungen entgegen gewirkt werden kann. Hierzu wird hier eine Hierarchie entworfen, die von ihrer funktionalen Betrachtung an die Automatisierungspyramide angelehnt ist. Die Ebenen unterteilen sich in M+O Feldebene, M+O Diagnoseebene und M+O Koordinationsebene. Diese bilden hinsichtlich ihrer Aufgaben das Informationsflussmodell zur Bewertung der Asset Gesundheit entsprechend der NE 129 ab.

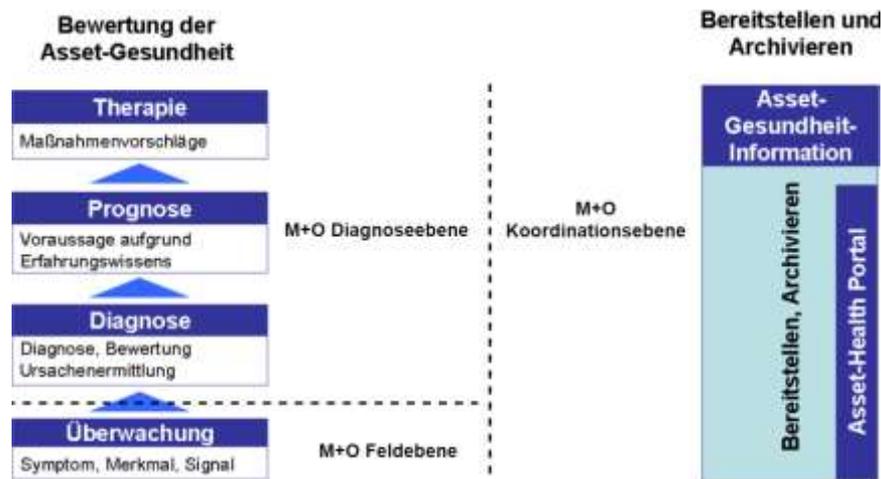


Bild 5: Einteilung des Informationsflussmodells zur Bewertung der Asset Gesundheit [5] in M+O Ebenen

Die hieraus resultierenden Datenflüsse sind in Bild 6 in grün dargestellt. Alle aus der Basisautomation entspringenden Daten laufen innerhalb der M+O Diagnoseebene, welche gleichzeitig die größte Ebene im M+O Bereich darstellt, zusammen. Hier finden sich Funktionen aller Art zur Diagnose, Prognose und zur Erstellung von Therapieempfehlungen. Die M+O Feldebene kann hingegen sogar gänzlich entfallen. Hier können zusätzliche Prozessdaten anhand von additiver Sensorik erfasst werden. Dabei könnte es sich beispielsweise um eine Schwingungsmessung oder um ein 4.0 Out Gateway nach NE 175, welches insbesondere bei Brownfield-Anlagen Anwendung findet, handeln. Die M+O Koordinationsebene dient der aggregierten Darstellung der M+O Daten sowie deren Steuerung. Hier kann ein SCADA System laufen, das Verschleißzustände, die nächste Wartung oder Optimierungsvorschläge auflistet.

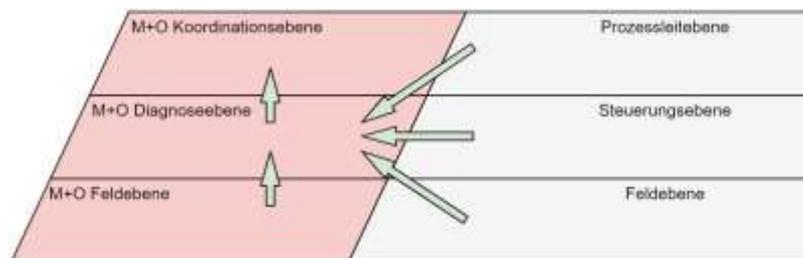


Bild 6: Datenflüsse in den M+O Ebenen

Im Rahmen von modularen Anlagen können solche erweiterten M+O Anwendungen in verschiedenen Formen auftreten. Anlagenmodule können bereits eigene Plant Asset Management (PAM) Funktionen in einer mitgelieferten M+O Domäne enthalten oder Hersteller bieten über das Internet Cloudservices zur Überwachung an. Die konkrete Umsetzung, Laufzeitumgebung und der Umfang solcher PAM-Funktionen bieten einen großen Gestaltungsspielraum. Zusätzlich zu von Herstellern mitgelieferten Funktionen soll es aber auch möglich sein, dass Anwender eigene PAM-Funktionen implementieren, die sich an dem Datenhaushalt der Anlagenmodule bedienen.

Um den Gestaltungsspielraum zu wahren und gleichzeitig eine strukturierte Integration zu ermöglichen, sollen PAM-Funktionen, ebenso wie Anlagenmodule selbst, auch als dienstbasierte Module der M+O Koordinationsebene zur Verfügung gestellt werden. Ein PAM-Modul könnte beispielsweise rein softwareseitig existieren und eine Laufzeitüberwachung für ein Ventil darstellen. Anhand von Prozedurparametern nach MTP-Standard kann diese Überwachung für verschiedene Ventile parametrisiert werden. Denkbar wäre auch ein eigener MTP-File für aufwendigere PAM-Funktionen. Dieser enthält neben einem PAM-bezogenen Bedienbild auch Alarme, die den Nutzer auf einen hohen Verschleiß

oder eine bald notwendige Wartung hinweisen. PAM-Funktionalitäten jeder Art können auf diese Weise ohne großen Aufwand in die M+O Koordinationsebene integriert werden. Eine Beschreibung anhand eines MTP-Files erlaubt sogar die direkte Integration in ein Leitsystem, sodass PAM-Funktionen direkt von dort aus aufgerufen werden können und PAM-bezogene Alarme direkt im Leitsystem verarbeitet werden. Hierfür gilt es allerdings genaue Betrachtungen hinsichtlich des in der NOA definierten Verification of Request zu unternehmen, damit das Schutzziel der hohen Verfügbarkeit der Basisautomation gewährleistet bleibt.

Konkret bedeutet das im Zuge dieses Konzeptes, dass modulare Anlagen idealerweise selbst aus zwei Domänen bestehen: Der hochverfügbaren Basisautomation und einer M+O Domäne. Die Basisautomation wird anhand eines MTP-Files in das Leitsystem integriert. Einfache Monitoring-Funktionen werden im Leitsystem anhand des WQC realisiert und geben dem Nutzer einen simplen Überblick über den Zustand des Assets. Innerhalb der M+O Domäne sind erweiterte Monitoringfunktionen vorhanden, die selbst anhand eines MTP-Files in ein zusätzliches M+O Koordinationssystem integriert werden. Im Gegensatz zu einem Leitsystem werden hier allerdings keine Rezepte orchestriert, sondern M+O Dienste manuell oder automatisch gestartet. Die M+O Domäne dient als sichere „Spielwiese“ für neue Technologien der Industrie 4.0, in der sichergestellt ist, dass die Basisautomation keine Beeinträchtigungen erfährt.

In dieser Form erreicht man eine klare Trennung der beiden Domänen, die jeweils verschiedene Ziele verfolgen. Die Domäne der Basisautomation erlaubt eine simple, anwenderfreundliche Steuerung der Anlage ohne den Nutzer mit Informationen zu überfrachten. Für detaillierte, erweiterte Informationen wird ein zusätzliches System genutzt, das insbesondere durch die Offenheit für neue Technologien Vorteile offenbart.

4 Anwendung in der Lehre

Das PLT-Labor der TH Köln befasst sich mit der Erforschung und Verifizierung solcher Strukturen. Der Nutzen von M+O Funktionen für Produktionsanlagen ist enorm, wenn es um die Reduktion von Instandhaltungskosten und die Steigerung der Verfügbarkeit geht. Mithilfe von Predictive Maintenance konnten beispielsweise nach Schätzungen Stillstandszeiten um bis zu 18% und Wartungskosten um bis zu 17% reduziert werden [6]. Aufgrund dieses enormen Nutzens ist daher zu erwarten, dass der Arbeitsmarkt insbesondere Absolventen in diesem Fachbereich benötigt. Die Lehre zur Umsetzung solcher Funktionalitäten und deren Anbindung an traditionelle Automatisierungsstrukturen ermöglicht Studierenden als Wegbereiter für Industrie 4.0 in der Prozessindustrie in Erscheinung zu treten.

Das PLT-Labor setzt bei der Ausbildung der Studierenden auf eine sehr praxisnahe Gestaltung. Anhand der mehr als 100 Feldgeräte und der vier Leitsysteme, die im Labor vorhanden sind, lassen sich NOA-Strukturen originalgetreu nachbauen und vermitteln so das Wissen auch abseits von Diagrammen und Zeichnungen. Funktionen, die vorher nur in Matlab oder Python simuliert wurden, können anhand von realen Nachbauten verifiziert werden. Die Studierenden des PLT-Labors entwickelten in Zusammenarbeit mit namhaften Herstellern bereits Diagnosefunktionen zum Beispiel für Exzenter-schneckenpumpen oder städtische Abwasserbauwerke.

5 Literatur

- [1] VDI/VDE/NAMUR 2658-6, Konzept modulares Alarmmanagement, Entwurf, Januar 2021
- [2] VDI/VDE/NAMUR 2658-3, Bibliothek für Datenobjekte, September 2020
- [3] NAMUR Empfehlung NE 107, 10. April 2017
- [4] NAMUR Empfehlung NE 175, 09. Juli 2020
- [5] NAMUR Empfehlung NE 129, 12. Oktober 2009
- [6] BearingPoint Predictive Maintenance Studie, 2021