

Dieser Artikel ist Teil des Q 4.0 Trainings  
Predictive Maintenance Grundlagen.  
Autor: Steffen Wulf

NETZWERK  
 4.0

# PREDICTIVE MAINTENANCE

## VOM SENSORWERT ZUM DYNAMISCHEN WARTUNGSPLAN



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



# INHALTSVERZEICHNIS

**Schritt 1: Vom Sensorwert zum Alarm**

**Schritt 2: Vom Alarm zur Aufgabe**

**Schritt 3: Von der Aufgabe zum dynamischen Wartungsplan**

# PREDICTIVE MAINTENANCE

## Vom Sensorwert zum dynamischen Wartungsplan

Mit Hilfe einer zusätzlichen Sensorik konnten wir ein grundsätzlich aussagekräftiges Condition Monitoring etablieren. So erhalten wir zuverlässig Informationen zum Zustand der Anlage und können zeitnah reagieren, wenn sich der Zustand ändert. Doch wie genau organisieren wir die dafür notwendige Reaktionskette jetzt? Wie kommen wir vom Sensorwert zum Dynamischen Wartungsplan?

### DYNAMISCHE WARTUNGSPLÄNE

Letztlich geht es ja darum, die Anlage dauerhaft in einem vollumfänglich funktionsbereiten Zustand zu halten. Durch den nicht zu vermeidenden Verschleiß wird es jedoch immer wieder Abweichungen vom diesem Zustand geben und es müssen daraufhin Wartungsaufgaben möglichst zeitnah erledigt werden.

Diese Aufgaben werden mehr oder weniger planbar sein. Manche sind vorhersehbar – oder auch mit Hilfe einer Machine Learning Lösung – vorausschauend zu planen, andere werden ad-hoc auftauchen und können nicht vorab geplant werden.

Alles diese Aufgaben beeinflussen den Wartungsplan: Dieser wird sich immer wieder verändern, da manche Dinge bereits erledigt wurden, andere ungeplant dazu kommen usw. Ein starrer Wartungsplan wird uns hier nicht helfen, da nicht klar sein wird, was wirklich zu tun ist. Wir brauchen also Möglichkeiten, diese Dynamik in unseren Wartungsplänen abzubilden.

### SCHRITT 1: VOM SENSORWERT ZUM ALARM

Die Sensoren oder auch andere Informationen, die wir aus der Anlage erhalten liefern zunächst einmal nur Werte. Diese Werte allein, reichen natürlich nicht aus, um Handlungen zu erzeugen. Es ist dem Sensor schließlich auch in keiner Weise bekannt, welcher Wert „gut“ und welcher Wert „schlecht“ ist.

Zunächst brauchen wir also eine Möglichkeit, diese Informationen zu interpretieren und einzuordnen. Nahezu jede Sensor- oder IoT-Plattform bietet heutzutage die Möglichkeit, bestimmte Regeln zu definieren. Mit diesen Regeln können wir definieren, welchen Zustand (bzw. welche Werte) wir als normal betrachten und bei welchen Werten wir eingreifen wollen. Wir müssen uns also zuerst überlegen, was normal ist (z. B. eine Temperatur zwischen 80 und 100°C) und was nicht (z. B. >100°C).

Wenn wir uns entschieden haben, was nicht normal ist, können wir eine entsprechende Regel definieren, was passieren soll, wenn der Normalbereich verlassen wird. Eine ganz einfache Regel wäre z. B. ein Alarm per Mail bei Überschreiten von 100°C. Hilft uns das weiter? Nur bedingt, denn es bleibt unklar, ob die Mail überhaupt gelesen wird und was eigentlich zu tun ist. Genauso könnte es passieren, dass Hunderte dieser Mails ankommen, wenn die Temperatur für eine gewisse Zeit über 100°C bleibt. Zudem wird die Mail nicht immer diejenige Person erreichen, die auch gerade vor Ort ist und die notwendige Aktion oder Prüfung auch ausführen kann. Wir sollten also bei der Definition von Regeln etwas genauer vorgehen:

- » Welchen Bereich definieren wir als normal, welchen als unnormale?

- » Soll es wirklich bereits einen Alarm geben, wenn der jeweilige Sensor einmal einen Wert außerhalb des Normalbereichs meldet?
- » Möchten wir einen Grenzbereich definieren, bei dem wir eine Vorwarnung, aber keinen Alarm erhalten?
- » Soll ein Alarm entstehen, wenn ein bestimmter Bereich mehrfach erreicht wird (z. B. >100°C 5 Mal innerhalb einer Schicht)?
- » Brauchen unsere Regeln eine regelmäßige Anpassung oder Überprüfung? Wenn Ja, wie können wir diese Anpassungen möglichst einfach vornehmen?
- » Wollen wir diese Regeln überhaupt alle selber definieren oder wollen wir diese von einer Maschine Learning Lösung entwickeln lassen bzw. und Empfehlungen dafür geben lassen?

Nur wenn wir ein gleichzeitig robustes und flexibles Regelwerk entwickeln, werden wir damit erreichen, was wir eigentlich anstreben. Schließlich gehen wir von dynamischen Plänen aus – eine gewisse Dynamik ist hier dann auch für die Regeln notwendig. Es sind hier grundsätzlich verschiedene Herangehensweisen denkbar.

Einerseits können wir von Anfang an auf Machine Learning setzen und darauf hoffen, dass uns die KI

schon die richtigen Hinweise liefern wird und die Regeln dann quasi selbst erfindet.

Andererseits ist es auch ratsam, sich einfach an die Regeln heranzutasten und hier ganz bewusst zu experimentieren. Diese Herangehensweise ermöglicht insbesondere auch vielen MitarbeiterInnen sich mit ihren Eindrücken und Erfahrungen an der Entwicklung der Regeln zu beteiligen – und das hilft eigentlich immer! Im Bereich der beruflichen Ausbildung bestehen so auch Möglichkeiten für die Auszubildenden, die grundlegenden Zusammenhänge einer Anlage besser zu ergründen und zu verstehen.

Nach einer gewissen Zeit wird ohnehin klar sein, welche Regeln sinnvoll und robust sind und welche nicht wirklich funktionieren – mit oder ohne KI. Allerdings könnte die Kombination von Technologie (Machine Learning) und menschlicher Erfahrung hier der Königsweg sein. So könnten Mensch und Maschine wirklich gegenseitig voneinander profitieren (Stichwort: reinforced learning – Trainiere Deine KI!).



## SCHRITT 2: VOM ALARM ZUR AUFGABE

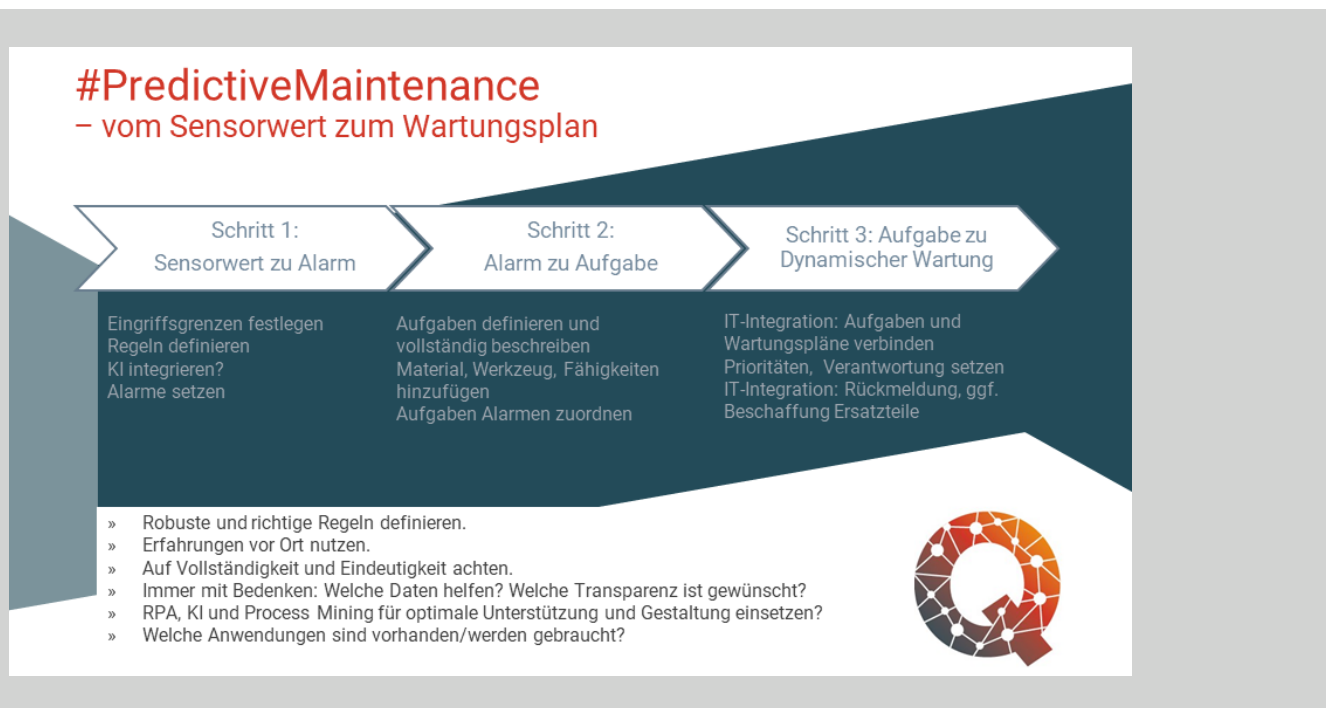
Mit Hilfe der oben beschriebenen Regeln können wir Handlungsbedarf recht zuverlässig erkennen. Profitieren können wir allerdings nur davon, wenn daraus auch genauso zuverlässig Handlungen entstehen. Wir müssen also im nächsten Schritt jeweils die passenden Aufgaben den Regeln zuordnen. Das könnte z. B. heißen, dass bei Alarm XX ein Elektromotor, ein Kugellager, ein Zylinder o.a. getauscht werden muss – und das möglichst schnell.

Für die meisten dieser Aufgaben sind sowohl Ersatzteile und Werkzeuge als auch Wissen zur Ausführung notwendig. Alle diese „Dinge“ sollten möglichst konsequent und vollständig zur Verfügung stehen, ohne dass jemand zunächst dazu weitere Informationen suchen oder finden muss. Zu einer Beschreibung einer Aufgabe gehören hier also auch immer die notwendigen Teile und Werkzeuge und der genaue Ort. Stehen diese Informationen direkt zur Verfügung, kann sofort mit der eigentlichen Arbeit begonnen werden. Zudem könnten (ggf. zu einem späteren Zeitpunkt) die Werkzeuge und Ersatzteile mit Hilfe von automatischen Transportsystemen genau am richtigen Ort bereitgelegt werden. Hieraus lässt sich klar erken-

nen, dass eine einfache Beschreibung der jeweiligen Wartungsaufgabe in vielen Fällen nicht reichen wird – insbesondere da diese Aufgaben letztlich ad-hoc auftauchen werden und nicht immer in vorherigen Überlegungen geplant werden können. An den jeweiligen Alarm gehört also eine ganze Reihe weiterer Regeln, um daraus eine Handlung zu machen z. B.:

- » Was ist genau zu tun und wo?
- » Welche Dinge werden dafür benötigt?
- » Welche Fähigkeiten oder Qualifizierungen (z. B. Elektroarbeiten) sind dafür zwingend notwendig?
- » Welche Personen bringen diese Fähigkeiten mit und können die Aufgabe übernehmen?

Welche Sicherheits- und Umweltaspekte müssen berücksichtigt werden? Hier gilt letztlich: Je vollständiger die Info, desto schneller die Arbeit! Des Weiteren gehört zu einer vollständigen und zuverlässigen Aufgabe auch die Nennung der Priorität und der Verantwortung. Es sollte also immer klar sein, wer das bis wann macht. Jegliche zusätzlichen Abstimmungs- und Planungsaufwendungen werden so auf das Minimum reduziert und es kann im besten Fall sofort losgelegt werden. Dennoch ist



insbesondere bei den Prioritäten darauf zu achten, dass sie auch im Alltag umsetzbar sind. Unzählige Prio 1 Aufgaben wird niemand schaffen und eine volle Störung wird immer wichtiger sein als eine notwendige Wartung. Hier ist Realismus, Pragmatismus und Augenmaß gefragt – sonst passen Aufwand und Nutzen nicht gut zusammen. Dasselbe gilt natürlich auch für die Beschreibung der Aufgaben.

### **SCHRITT 3: VON DER AUFGABE ZUM DYNAMISCHEN WARTUNGSPLAN**

Mit der Platzierung der Sensorik, der Definition von Regeln und Alarmen sowie der Zuordnung und Beschreibung von Aufgaben ist bereits ein großes Stück des Weges gegangen. Jetzt sind die IT-Systeme an der Reihe. Alle notwendigen Informationen stehen bereit und können innerhalb der Systeme regelbasiert und automatisiert verarbeitet werden. So landen die notwendigen Wartungsaufgaben und die zugehörigen Informationen immer an der richtigen Stelle und bei der richtigen Person – natürlich genau zur richtigen Zeit. So entsteht ein Dynamischer Wartungsplan, der genau die Aktionen beinhaltet, die unsere Anlagen gerade brauchen.

Eine mögliche Implementierung mit Hilfe einer IoT-Plattform, Machine Learning, einer Rule-Engine und einem Task-Management ist in der Abbildung beschrieben. Dies ist jedoch nur eine von vielen Möglichkeiten, die natürlich noch mit einer DataOps-Lösung für den Fluss und die Logistik der Daten ergänzt werden sollte (in der Abbildung das Zahnrad in der Mitte).

Es gibt auch eine ganze Reihe von spezifischen Predictive Maintenance Systemen, die genau für diese Aufgaben entwickelt wurden und meistens auch bereits eine KI an Bord haben. Diese Systeme vertreten im Normalfall auch einen eher generalistischen Ansatz, d. h. sie können für ganz unterschiedliche Anlagen und Formen der Fertigung eingesetzt werden. Umfangreiche Anpassungen sind hier nur selten notwendig. Wie bei nahezu jeder Softwarelösung gibt es für Predictive Maintenance auch Open-Source-Lösungen.

Letztlich wird jedes Unternehmen genau prüfen müssen, welche Angebote am besten zur bestehenden IT-Landschaft passen. Hierbei sollte jedoch eine ganze Reihe von Faktoren berücksichtigt werden - z. B. auch die Lagerhaltung und Beschaffung von Ersatzteilen, die ja von den entstehenden Aufgaben genauso beeinflusst wird wie die Personalplanung in der Instandhaltung usw.

Nicht alle Systeme werden diese gewünschten Faktoren bieten können und wahrscheinlich ist am Ende nicht nur ein System am Weg vom Sensorwert zum Dynamischen Wartungsplan beteiligt.

Das ist vielleicht auch gar nicht so verkehrt. Zum einen sind verschiedene Teile der Lösung (MES, RPA,...) ggf. bereits vorhanden. Zum anderen lassen sich die einzelnen Komponenten der skizzierten Lösung wie z. B. das Machine Learning oder die Rule-Engine auch für ganz andere Anwendungsfälle nutzen und es profitiert nicht nur die gewünschte Vorausschauende Wartung von diesen Anwendungen, sondern die gesamte Digitale Transformation des Unternehmens. Ein solcher Multipurpose-Ansatz für eine IIoT-Architektur wird im Übrigen auch von der Open Industry 4.0 Alliance befürwortet. Dieser Initiative schließen sich mehr und mehr Unternehmen an.

## NETZWERK Q 4.0

Das Berufsbildungspersonal fit für die Herausforderungen der Digitalisierung zu machen, ist das erklärte Ziel des „NETZWERK Q 4.0 – Netzwerk zur Qualifizierung des Berufsbildungspersonal im digitalen Wandel“. Dafür erarbeitet und erprobt das Institut der deutschen Wirtschaft (IW) gemeinsam mit den Bildungswerken der Wirtschaft und weiteren Bildungsinstitutionen regional- und branchenspezifische Weiterbildungsformate für Ausbilderinnen und Ausbilder. So werden diese darin gestärkt, die duale Berufsausbildung gezielt an die Anforderungen des digitalen Wandels anzupassen.

### IMPRESSUM

#### HERAUSGEBER

NETZWERK Q 4.0

Bildungswerk der Bayerischen Wirtschaft (gGmbH)  
Max-von-Laue-Str. 9  
86156 Augsburg

#### AUTOREN

[Steffen Wulf](#)

#### BILDNACHWEIS

Titelbild: © senivpetro / freepik.com

#### RECHTE & LIZENZEN

Open Educational Ressource (nach CC-BY-SA)  
Stand: November 2021

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

PROJEKTKOORDINATION  
DEUTSCHLAND



PROJEKTKOORDINATION

