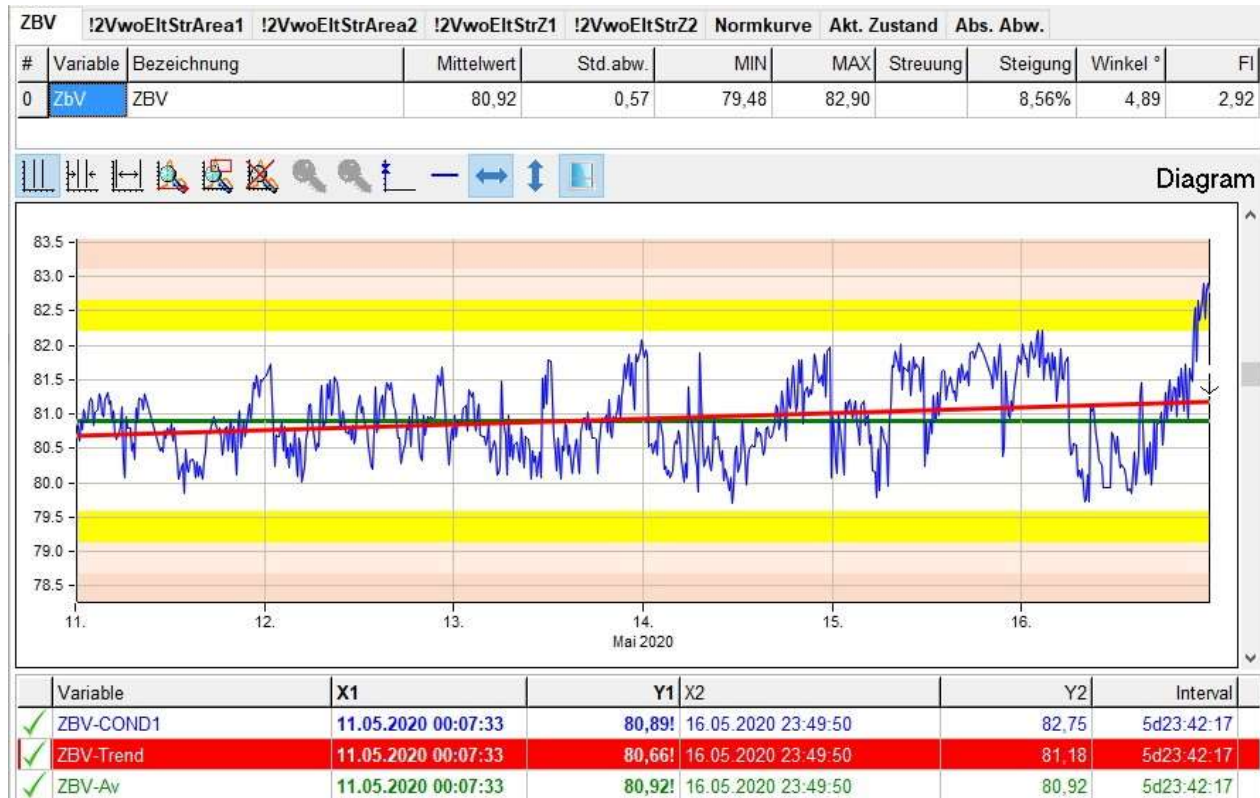


# Vorausschauende Instandhaltung für Thermoprozessanlagen

## Praxisbericht – Anomalieerkennung



Ampelchart

Vor ca. zwei Jahren (2018) haben wir bei [AICHELIN](#) ein Entwicklungsvorhaben zur vorausschauenden Instandhaltung, englisch Predictive Maintenance (PdM) von Thermoprozessanlagen begonnen. Jetzt gibt es eine erste positive Bilanz. In der [Prozesswärme](#) 7-2020 berichten wir über unser neues smartes Condition Monitoring (CM) zur automatischen Anomalieerkennung von ausfallkritischen Baugruppen als eine wichtige Säule der PdM-Entwicklung. Hier ein kurzer Überblick.

### Thermoprozessanlagen: Was ist daran so besonders?

Industrielle Thermoprozessanlagen haben einige Spezifika, die sie auch im PdM-Kontext deutlich von Maschinen unterscheiden. Insbesondere sind (fast) alle ausfallkritischen Bauteile im Ofen eingebaut. Im Ofen ist aber schon wegen der hohen Temperatur kein CM mit Sensoren möglich. Zustandsinspektionen sind i.d.R. nur jährlich bei kaltem Ofen durchführbar. Im laufenden Betrieb sind Ofenanlagen eine Blackbox, aus der Zustandsinformationen nur indirekt mit speziellen Methoden gewonnen werden können. Konzepte aus dem Maschinenbau sind daher i.d.R. nicht übertragbar.

An Thermoprozessanlagen wird CM zur Anomalieerkennung hauptsächlich eingesetzt, weil die Inspektionsintervalle einer Jahreswartung typischerweise zu lange sind, um sich anbahnende Zustandsverschlechterungen ausfallkritischer Bauteile am und im Ofen rechtzeitig zu erkennen. Wichtigste Ziele des CM sind demzufolge, einen bevorstehenden Bauteilausfall mit ausreichender Vorwarnzeit zu melden, um größeren Schaden zu vermeiden, aber auch Abnutzung und Verschleiß kontinuierlich zu messen.

## IT-Plattform FOCOS 4.0

Als IT-Plattform haben wir unser seit Jahren bewährtes Prozessüberwachungssystem FOCOS 4.0 gewählt und es mit einem CM-Modul erweitert. Dies hat den Vorteil, dass wir auf einem ausgereiften System aufsetzen, in dem schon alle Betriebs- und Maschinendaten vorliegen und das insbesondere über blitzschnelle Erfassungs- und Analysemöglichkeiten großer Datenmengen verfügt. Es geht ausdrücklich nicht nur um Zustandsdaten. U.a. wird auch die elektronische Chargenverfolgung angezeigt. Der Produktionseinfluss auf die CM-Zustandsvariablen kann so einfach nachvollzogen werden.

Das CM-Modul fügt sich nahtlos in die Basisfunktionalität von FOCOS 4.0 ein. Der Auswertzeitraum der Zustandserfassung ist nicht begrenzt, auch wenn sehr viele Daten ausgewertet werden müssen.

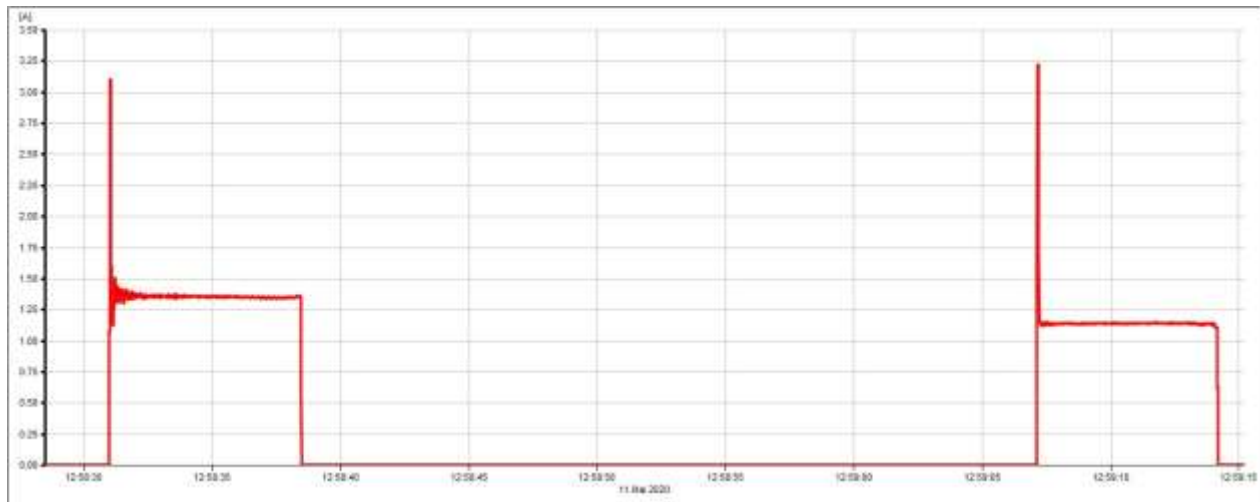
## Erfassungsmethoden und Monitoring

Die Erfassungsmethoden sind das Fundament, mit dem jedes CM steht oder fällt. Die wichtigste Aufgabe des Condition Monitoring ist, Abnutzung und Verschleiß aus der Blackbox-Ofen sichtbar zu machen.

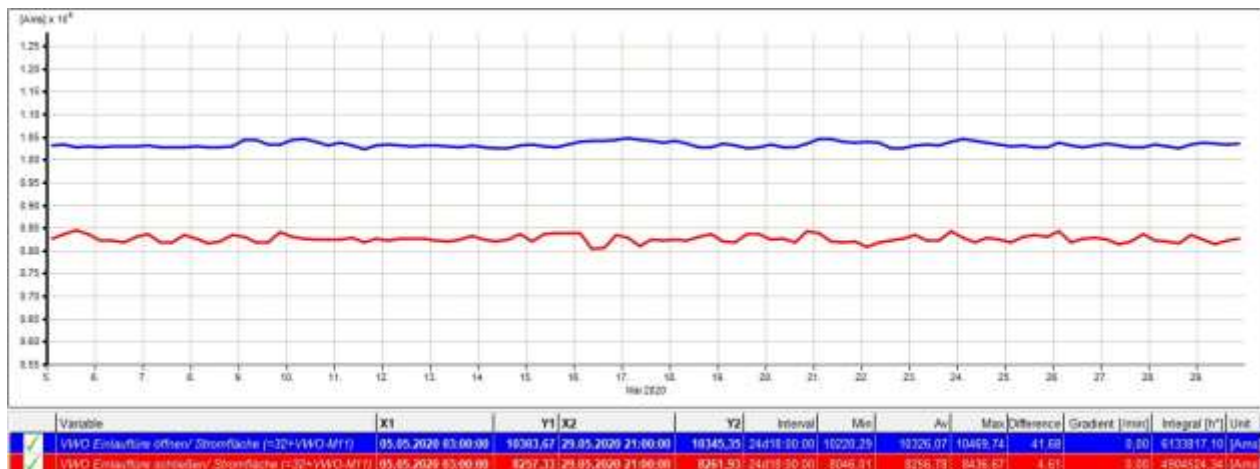
Unser CM basiert im Wesentlichen auf vier speziell für Thermoprozessanlagen entwickelten Methoden: 1. Einer hochauflösenden Strommessung für Antriebssysteme mit Asynchronmotoren, 2. einer hochgenauen Zeitmessung der Bewegungsabfolgen, 3. einem Control Performance Monitoring der Regelkreise und 4. einer Prozessdatenvalidierung der Stoffströme. Traditionelle CM-Sensoren, beispielsweise für Schwingung oder Oberflächentemperatur spielen natürlich auch eine Rolle.

## Beispiel: Strommessung von Antriebssystemen

Strommessung und Monitoring von getakteten Antrieben sind eine Herausforderung. Das **Stromverlaufsmuster** (Bild) eines Antriebssystems, beispielsweise für eine Ofentür zeigt sich erst bei einer sehr schnellen Strommessung mit einer Abtastgeschwindigkeit von nur wenigen Millisekunden.



Das bedeutet, dass beispielsweise für einen einzigen Bewegungszyklus der Ofentür mit ca. 15 Sekunden für Heben und Senken bei einer Abtastrate von 3 ms ca. 2.500 Datensätze verarbeitet werden müssen. Bei einer Taktzeit von 15 Minuten sind dies am Tag schon 240.000 Datensätze. Big Data steht da schon in der Tür.



Der vom CM als Zustandsvariable überwachte Motorstrom über die Bewegungsdauer ist proportional zur Stromfläche unter der Kurve. Wenn die Stromfläche unter der Kurve als einzelner Punkt dargestellt wird (im Bild Tür heben blau, Tür senken rot), kann man die Punkte verbinden und erhält ein **Liniendiagramm** für jede Bewegungsrichtung. Zustandsveränderungen, auch über sehr lange Zeit, können so anschaulich im Monitoring visualisiert werden.

### Smartes Condition Monitoring mit SPC, ZbV und Ampelchart

Die Zustandsvariablen einer jeden ausfallkritischen Baugruppe werden kontinuierlich aufgezeichnet und zur Überwachung und Zustandsdiagnose in eine elektronische statistische Prozesskontrollkarte (**SPC**) eingespeist. Auf Grundlage der natürlichen Streuung werden im Gutzustand ein Mittel- bzw. Erwartungswert, Warn- und Eingriffsgrenzen berechnet und in

einem **Ampelchart** (Titelbild) angezeigt. Langwierige Grenzwerteinstellungen sind nicht erforderlich, unser smartes CM parametrieren sich mit einem AI-Algorithmus selbst. Multikriterielle Abhängigkeiten mehrerer Zustandsvariablen werden zu einer zustandsbestimmenden Variable (**ZbV**) verrechnet. Die aktuellen Zustandsmessungen (blaue Linie) werden mit dem berechneten Erwartungswert (grüne Linie) verglichen. Anomalien werden so zuverlässig erkannt, Trends (rote Linie) werden für Prognosen ausgewertet. Das CM ist smart, weil Zustandserfassung, Monitoring, Überwachung, Diagnose, und Prognose wie in einem Uhrwerk nahtlos ineinandergreifen.

## Die unverzichtbare Rolle der Instandhaltung und der Analysten

Die Ampelchart und das Cockpit für den Instandhaltungspraktiker geben der Instandhaltung jederzeit einen schnellen aktuellen Überblick über den Zustand ausfallkritischer Baugruppen. Sie können auch mobilen Instandhaltungsassistenten, beispielsweise #jakob über eine Schnittstelle zur Verfügung gestellt werden.

Für eine tiefere Interpretation des CM ist dann aber eine gute Kenntnis der Anlagen notwendig, da Zustandsdaten meist eine Reihe von Abhängigkeiten aufweisen, die nur von einem geschulten Instandhalter oder Analysten des Anlagenservicelieferanten beurteilt werden können.

## Fazit

Unser CM hat seine Bewährungsprobe in der Praxis gut bestanden. Die Sensitivität versetzt uns immer wieder selbst in Erstaunen. In einigen Fällen konnten sogar ungenügend geschmierte Antriebssysteme identifiziert werden.

#AICHELIN; #ConditionMonitoring; #HeatTreatment; #Maintenance;  
#MaintenanceManagement; #PredictiveMaintenance; #SmartMaintenance;  
#Thermoprozesstechnik

<https://www.linkedin.com/pulse/vorausschauende-instandhaltung-f%25C3%25BCr-praxisbericht-hartmut-steck-winter>