PW.
PROZESSWÄRME

Nr. 3-4 | 2021 • www.prozesswaerme.net

Lizenziert für: Ulrike Szymura
© Vulkan-Verlag GmbH - 09/2021

Kalte Industrie 4.0: Kühlsysteme im Digitalzeitalter

von Benjamin Kramm, Jürgen Schmidt, Robin Czarnetzki, Moritz Spichartz, Marco Rische

Es ist ein anerkannter Grundsatz, dass kein Prozess jemals einen perfekten Wirkungsgrad haben kann. Die nicht technisch nutzbare Leistung eines Prozesses geht für den Nutzer verloren, in Form von Verschleiß oder Abwärme. Bei Prozessen mit geringer Leistungsdichte kann die anfallende Wärme noch durch Konvektion, Wärmeleitung oder forcierte Luftkühlung abgeführt werden, doch eine Vielzahl heutiger moderner Prozesse ist auf Flüssigkühlung angewiesen. Die rasante Entwicklung auf allen technischen Gebieten macht auch vor diesen Kühlsystemen nicht halt. Der vorliegende Artikel soll einen Überblick über den aktuellen Stand der Kühlsysteme im Zeitalter der Industrie 4.0 geben.

Kühlung bedeutet eigentlich Wärmetransport. Die Wärme wird an einer Stelle, an der sie nicht benötigt wird, aufgenommen und an einen Ort verbracht, an dem sie erwünscht ist. Innerhalb des Kreises wird der erste Ort als Quelle bezeichnet, der zweite als Senke. Beide bilden zusammen mit dem Wärmetransport den Kühlkreis (siehe **Bild 1**).

Aber wie und wo spielt jetzt die berühmte Industrie 4.0 eine Rolle? Laut der Plattform Industrie 4.0, einer durch die Bundesregierung geförderten Initiative, handelt es sich dabei um „die intelligente Vernetzung von Maschinen und Abläufen in der Industrie mit Hilfe von Informations- und Kommunikationstechnologie“ [1]. Wir betrachten also die Möglichkeit, uns aus einem Kühlsystem Informationen zu beschaffen oder es auf Basis von Informationen zu beeinflussen (**Bild 2**).

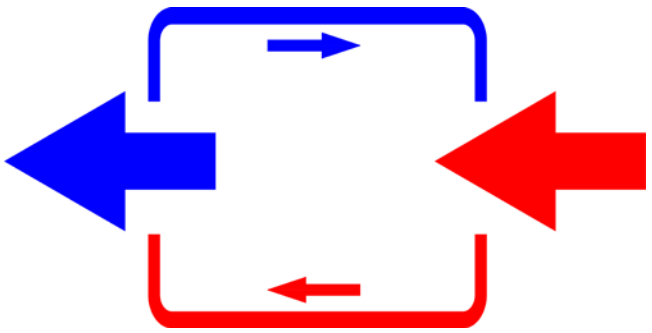

Bild 1: Prinzip Kühlkreis (eigene Darstellung)

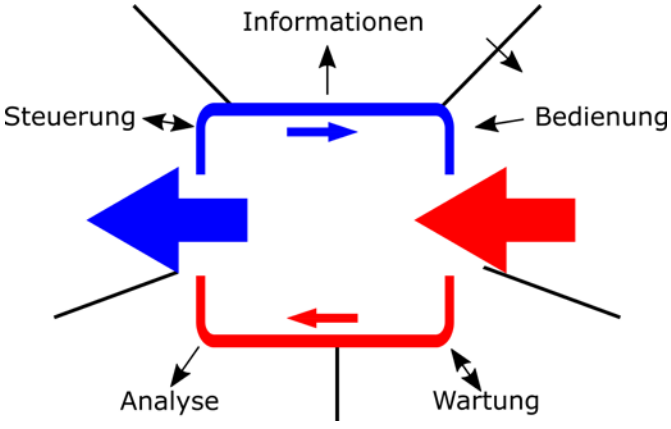

Bild 2: Prinzip Kühlkreis + Informationsfluss (eigene Darstellung)

Konzepte

Informationen

Die erste und offensichtlichste Möglichkeit ist es dabei, Informationen aus der Sensorik eines Kühlsystems zu erfassen, anzuzeigen und daraus den Bediener direkte Schlüsse ziehen zu lassen. Ist die Kühlwassertemperatur zu hoch, liegt offensichtlich ein Problem innerhalb der Kühlanlage vor. Solche einfachen Rückschlüsse können zwar hilfreiche Hinweise liefern, sind aber weder neu noch wirkliche Vernetzung. Interessanter wird es bereits, wenn mehrere Informationen kombiniert werden und daraus neue Erkenntnisse entstehen. Beispielsweise kann die Messung von Raumtemperatur und Luftfeuchtigkeit, kombiniert mit einer Messung der Medientemperatur vor drohender Kondensatbildung warnen, was gerade bei wassergekühlten Stromschienen eine echte Gefahr darstellen kann. In besonders ausgefeilten Systemen kann auch eine Berechnung oder Simulation von Zusammenhängen mit Messdaten gespeist werden, um komplexere Zusammenhänge und Prognosen zu ermöglichen. Hier wäre z. B. der Druckverlust eines Anlagenteils zu nennen, der über ein mathematisches Modell einen Rückschluss auf Beläge im Inneren der Rohrleitungen ermöglicht.

Steuerung

Bei der Steuerung von Kühlsystemen spielt vor allem die bedarfsgerechte Kühlung eine wichtige Rolle. Durch die Anpassung von z. B. Durchflussmengen, Lüfterdrehzahlen und Sprühwassermengen können Stromverbrauch, Lautstärke und Verschleiß auf das notwendige Maß gesenkt werden, ohne dabei den Prozess negativ zu beeinflussen.

Bedienung

Die nächste Stufe liegt dabei in der Kommunikation mit dem Benutzer. Die Vielzahl an verfügbaren Informationen und Daten muss so aufbereitet werden, dass der Nutzer dabei nicht überfordert wird. Sinnvoll ist es dabei, aus den Messdaten eine überschaubare Menge an Kennzahlen (sog. Key

Lizenziert für: Ulrike Szymura
© Vulkan-Verlag GmbH - 09/2021

Performance Indicators, KPIs) zu bilden, die eine direkte Aussage treffen. Dabei ist es wichtig, den Menschen nicht aus dem Blick zu verlieren. Hat der Benutzer das Gefühl, dass die Anlage ihm wichtige Funktionen und Entscheidungen abnimmt, wird er wenig Verantwortung für diese Prozesse verspüren. Besser sind Assistenzsysteme, die den Nutzer unterstützen, ohne ihn zu entmündigen. Eine Anlagensteuerung sollte z. B. auf eine notwendige Beschaffung von Verbrauchsmaterial hinweisen, und nicht stillschweigend für ein volles Lager sorgen.

Wartung

Noch viel tiefgreifender wird die Wartung und Instandhaltung durch die zunehmende Digitalisierung und Vernetzung von Anlagenkomponenten beeinflusst. Das Konzept der vorbeugenden Wartung, also der Behebung von Fehlern, bevor sie schädlichen Einfluss ausüben können, wird bereits seit langer Zeit von Fachleuten propagiert. Bisher war dafür eine aufwendige manuelle Datenerhebung und viel Erfahrung nötig. Nur wer wusste, welche Fehler wann aufgetreten sind und die entsprechenden Daten interpretierte, konnte eine Prognose treffen. Die automatische, dauernde Erfassung von Messdaten erlaubt es, Trends und Verläufe zu erkennen und daraus Prognosen abzuleiten, wo es bisher nur Momentaufnahmen gab. Ein weiterer Schritt wird der Einsatz von Algorithmen sein, die das Sichten und Interpretieren der Daten übernehmen und dem Nutzer die Prognose mitteilen. Dies geschieht nicht nur in der Tiefe, also der Detailgenauigkeit und Messdichte von Werten, sondern auch in der Breite. Die immer günstiger werdenden Sensoren und ihre Anbindung an Steuerungen ermöglichen eine Vielzahl von Messpunkten, auch an entfernten Punkten einer Anlage.

Die nächste Stärke kann die Industrie 4.0 dann ausspielen, wenn es tatsächlich zum Wartungsfall gekommen ist und Ersatzteile oder Dokumente benötigt werden. Durch maschinenlesbare Kennzeichen auf Geräten und Armaturen und eine intelligente Verwaltung der zugehörigen Daten können z. B. Handbücher direkt aufgerufen oder Ersatzteile bestellt werden [2].

Auch die weltweite Unterstützung der Anlagenbetreiber durch den Lieferanten tritt mit der aktuellen Technologie in eine neue Phase ein. Durch die Nutzung von AR-Geräten (Augmented Reality) kann der Fachmann vor Ort einen Experten zur Unterstützung hinzuziehen. Diese Verbindung funktioniert in beide Richtungen. Der Experte kann über eine Videoverbindung quasi durch die Augen seines Klienten blicken, und ihm per Sprachverbindung und durch das Einblenden von Daten im Sichtfeld Hilfestellungen geben. Dieses Expert on demand ermöglicht ein direktes Feedback, um komplexe Fragestellungen direkt vor Ort lösen zu können. [3].

Analyse

Für all diese Konzepte sind Sensoren zur Messwerterfassung und Steuerungen zur Datenverarbeitung notwendig. Aktuelle Kühlsysteme werden meist über eine SPS gesteuert, sodass eine ausreichende Kapazität für lokale Berechnungen zur Verfügung steht. Anders sieht es bei der Archivierung von Daten und bei komplexen Berechnungen aus, hier ist viel Speicherplatz und Rechenleistung nötig. Diese Lücke wird vom Edge Server gefüllt. Er befindet sich auf der Kante (Edge) zwischen dem kundenseitigen Netzwerk und einer Cloud-Anwendung. Er bedient also nicht nur das Kühlsystem, sondern sammelt und verarbeitet Daten aus der ganzen Anlage, die dann zentral gespeichert werden. Dieses Konzept hat den Vorteil, dass die Datenerhebung und -verarbeitung von der SPS getrennt werden kann, die Steuerung muss keine zusätzlichen Aufgaben erfüllen.

Beispiele

Die folgenden Beispiele sollen verdeutlichen, wie die genannten Konzepte in die Praxis überführt werden können:

Induktionsofenanlage mit geregeltem Kühlsystem

Ein ABP-Tiegelinduktionsofen wird über Wasserkammern innerhalb der Ofenspule gekühlt. Die anfallenden Verluste ändern sich je nach Betriebsart und aktueller Ofenleistung ständig. Koventionelle Kühlsysteme arbeiten mit stetigem Wasservolumen und veränderlicher Temperatur, um Prozesssicherheit zu erreichen. Das aktualisierte Kühlsystem regelt den Durchfluss jedes Kühlkreises individuell, um mit der minimalen Pumpenleistung möglichst warmes Wasser an ein System zur Wärmerückgewinnung weiterzugeben. Die Rücklauftemperatur erreicht dabei bis zu 80 °C über längere Zeiträume, wodurch sich z. B. Heizung oder Brauchwassererwärmung unterstützen lassen und die Rückkühler kleiner dimensioniert werden können.

Eine genauere Beschreibung dieses Systems ist unter dem Titel „Fortschrittliche Kühlsysteme für Induktionsschmelzanlagen“ in der PROZESSWÄRME Ausgabe 07/2018 erschienen (**Bild 3**).

Bild 3: Regelarmaturen des Induktionsofens (Produkt ABP)

Lizenziert für: Ulrike Szymura
© Vulkan-Verlag GmbH - 09/2021

Datenerfassung mit Edge Server und myABP Portal

Im zentralen Bedienschrank der Ofenanlage wird ein Edge Server eingebaut, der über das Internet mit einem dezentralen Netzwerkspeicher (Cloud) verbunden ist. Hier laufen die Daten aus dem Kühlsystem zusammen. Die SPS der Kühlanlage kann über eine Profinet-Verbindung Daten weiterleiten, und Messdaten der Feldgeräte (angebunden über IO-Link) laufen direkt im Edge Server auf. Um Bandbreite bei der Übermittlung zu sparen, werden die Daten vorverarbeitet. Nur die Ergebnisse der Berechnungen gehen an die Cloud, und können über die Bedienoberfläche myABP Portal eingesehen werden.

Dieser Aufbau hat auch als Nachrüstlösung einen enormen Vorteil: Da die IO-Link-Geräte Daten sowohl an eine Steuerung als auch an eine übergeordnete Ebene schicken können, muss eine funktionstüchtige Anlage nicht komplett umgebaut werden. Sie kann auch zunächst mit neuen Sensoren ausgestattet und an die Cloud-Lösung angebunden werden, ohne die vorhandene Steuerung anzutasten.

Innerhalb des Portals können diese Daten eingesehen werden. Außerdem können hier Servicefälle direkt an ABP gemeldet werden, und Fortbildungen für Mitarbeiter können gebucht werden.

Dazu können alle Dokumente eingesehen werden, die für Betrieb und Wartung notwendig sind. Eine Liste aller relevanten Ersatzteile mit Bestellmöglichkeit rundet das Angebot ab.

Filterüberwachung

Jedes ABP-Kühlsystem ist mit einem Schmutzfänger ausgerüstet, der natürlich regelmäßig gereinigt werden muss. Dazu ist er mit einer Differenzdruckmessung ausgestattet, die den zunehmenden Druckverlust im Sieb anzeigt. Üblicherweise wird er bei Bedarf gereinigt, wobei gerade große Exemplare aufgrund des Deckelgewichts einige Vorbereitung benötigen. Der Differenzdruck wird auch hier gemessen, und im myABP-Portal hinterlegt. In Zukunft wird dabei der Algorithmus einen Trend ermitteln und daraus den Zeitpunkt für die Reinigung des Filtersiebs prognostizieren. Auf Wunsch wird im Wartungskalender des Portals dazu automatisch ein Eintrag erzeugt.

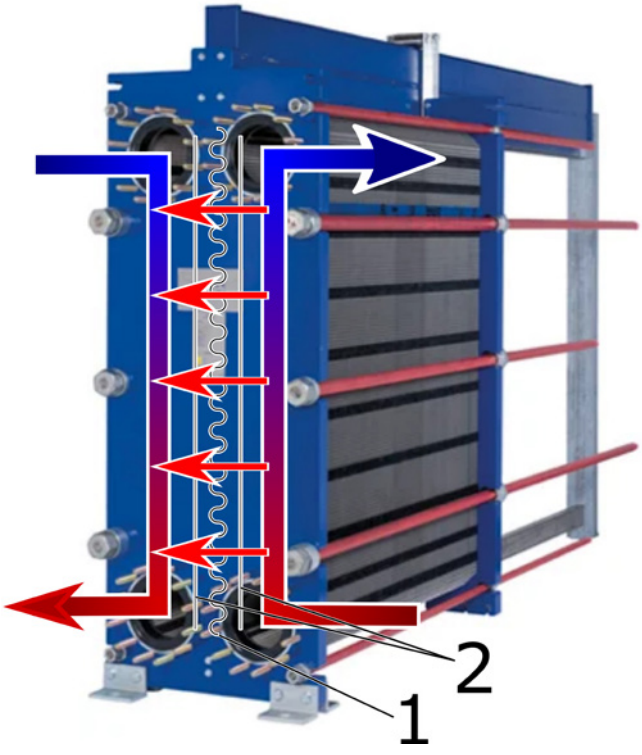

Bild 4: Prinzip Wärmetauscherüberwachung. 1: Platte, 2: Belag (eigene Darstellung)

Wasserqualitätsüberwachung

ABP-Kühlanlagen arbeiten mit entsalztem Wasser, da Bauteile unter elektrischer Spannung wie z. B. Stromschienen gekühlt werden müssen. Eine zu hohe Leitfähigkeit des Wassers stellt daher ein Problem dar, und weist gleichzeitig auf mögliche Verunreinigungen hin. Daher wird die elektrische Leitfähigkeit permanent überwacht, und auf einen Trend kontrolliert. Kommt es zu einem kontinuierlichen Anstieg, auch unterhalb der Gefahrenschwelle, wird der Nutzer darauf aufmerksam gemacht.

Verbrauchsmaterial

Das Wasser für die Kühlanlagen wird sowohl entsalzt als auch mit chemischem Korrosionsschutz versetzt. Sowohl das Entsalzungsharz als auch der Füllstand im Tank werden überwacht, und der Benutzer bei Bedarf alarmiert. In Zukunft kann dies zusätzlich mit dem gemeldeten Vorrat im myABP Portal abgeglichen werden, woraus ein Bestellvorschlag im Portal entstehen würde.

Wärmetauscherüberwachung

Plattenwärmetauscher sind Standardgeräte zur Entkoppelung von Kühlmedien. Ihre Übertragungsleistung ist dabei von den Strömungsverhältnissen im Inneren, den Durchflussmengen, Temperaturen und Oberflächen abhängig. Diese Faktoren werden in der „Wärmetauschergleichung“ zur „mittleren logarithmischen Temperaturdifferenz“, die zur Verfügung stehende Austauschfläche sowie den Wärmedurchgangskoeffizienten zusammengefasst.

$$Q = k * A * LMTD$$

Im Betrieb werden diese Werte nur bei sauberen Platten erreicht, da sich Biofilme und Ablagerungen wie Kalk auf den Platten bilden und den Wärmestrom empfindlich behindern. Da zur Kontrolle der Oberfläche der Wärmetauscher stillgelegt und zerlegt werden muss, ist eine messtechnische Erfassung im Betrieb nötig, um Kosten und Stillstand zu vermeiden (**Bild 4**).

Mithilfe von Temperatur- und Strömungsmessgeräten kann der aktuelle Wärmestrom erfasst werden. Daraus ergibt sich auch die mittlere logarithmische Temperaturdifferenz. Da aus dem Datenblatt des Wärmetauschers auch die Fläche bekannt ist, wird ein Rückschluss auf den Faktor k, also die Wärmeübertragung in Abhängigkeit von Temperatur und Fläche, möglich.

$$k = \frac{Q}{A * LMTD}$$

Der Faktor k wird zunächst bei sauberen Platten und normalen Strömungsverhältnissen (d. h. voll geöffnetem Regelventil) erfasst und für einige Sekunden gemessen. Dieser Wert bil-

Lizenziert für: Ulrike Szymura
© Vulkan-Verlag GmbH - 09/2021

det die Basis für den Vergleich, der regelmäßig stattfindet. Bei jeder vollen Öffnung des Regelventils wird der Faktor berechnet und gespeichert. Arbeitet die Anlage nicht unter voller Last, so wird das Ventil in regelmäßigen Abständen kurz geöffnet, um eine Messung zu ermöglichen. Der jeweils aktuelle Messwert wird durch den Basiswert geteilt und ergibt den Sauberkeitswert der Platten, den Plate Cleanness Indicator (PCI).

Der PCI wird sich im Laufe der Zeit ändern, da Beläge auf den Platten den Wärmedurchgang behindern. Daher wird, basierend auf der Auslegung des Wärmetauschers, ein Mindestwert für den PCI festgelegt. Erkennt der Algorithmus einen Trend, der in der Zukunft zum Mindest-PCI führt, wird der Nutzer alarmiert und ein Termin für die Reinigung der Platten vorgeschlagen.

Überwachung per App

Eine geplante App für mobile Endgeräte wird die wichtigsten Kennzahlen der Kühlanlage wie aktuelle Leistung, PCI, Temperaturen usw. empfangen und auf einer übersichtlichen Oberfläche anzeigen. Auf diese Weise kann der Verantwortliche jederzeit auf einen Blick den Status der Kühlanlage überprüfen.

Ausblick und Fazit

Die digitale Informationsverarbeitung und Vernetzung schreitet unaufhaltsam und mit einem atemberaubenden Tempo voran. In diesen Tagen verlassen Absolventinnen und Absolventen die Beruf- und Hochschulen, die mit mobilen Endgeräten aufgewachsen sind und die technischen Neuerungen im Beruf als selbstverständlich betrachten. Es ist daher von einer immer stärkeren Verbreitung auf allen Ebenen des Anlagenbaus auszugehen, mittelfristig wird die Industrie 4.0 auch in Kühlanlagen selbstverständlich sein. Die größte Herausforderung wird dabei wohl sein, die zahlreichen proprietären Lösungen der Hersteller zu einem sinnvollen Ganzen zu vereinen und daraus einen Nutzen zu ziehen. Dabei werden Systeme für die zentrale Datensammlung, -verwaltung und -nutzung wie myABP eine wichtige Rolle spielen.

Den größten Mehrwert werden dabei wohl Systeme bieten, die den Nutzer von alltäglichen Aufgaben befreien und auf Probleme aufmerksam machen. So könnten diese Systeme selbsttätig Termine für nötige Arbeiten vorschlagen, das notwendige Material anfordern oder Verbrauchsmaterial ergänzen.

Literatur

[1] Plattform Industrie 4.0. https://www.plattform-i40.de/PI40/Navigation/DE/Industrie40/WasIndustrie40/was-ist-industrie-40.html

[2] GEMÜ Conexo-System. https://www.gemu-group.com/de_DE/produkt-dokumentation/papierlose-wartung/

[3] ABP Expert on Demand. https://abpinduction.com/digital-solutions/expert-on-demand/

Autoren

Benjamin Kramm
ABP Induction Systems GmbH
Dortmund
+49 (0)231 / 997-2342
benjamin.kramm@abpinduction.com

Jürgen Schmidt
ABP Induction Systems GmbH
Dortmund
+49 (0)231 / 997-2573
juergen.schmidt@abpinduction.com

Robin Czarnetzki
ABP Induction Systems GmbH
Dortmund
+49 (0)231 / 997-0
robin.czarnetzki@abpinduction.com

Dr.-Ing. Moritz Spichartz
ABP Induction Systems GmbH
Dortmund
+49 (0)231 / 997-0
moritz.spichartz@abpinduction.com

Dr.-Ing. Marco Rische
ABP Induction Systems GmbH
Dortmund
+49 (0)231 / 997-2709
marco.rische@abpinduction.com

11. PROZESSWÄRME Tagung
INDUKTIVES SCHMELZEN UND GIESSEN

10. & 11. November 2021 • Ruhrturm Essen

FAKTEN: Grundlagen des induktiven Schmelzens und Gießens

WORKSHOPS: Digitalisierung in der Praxis

JOBBÖRSE: Im Karriere-Dialog mit Geschäftsführern

Jetzt anmelden und dabei sein:
www.prozesswaerme.net/induktives-schmelzen-giessen

Lizenziert für: Ulrike Szymura
© Vulkan-Verlag GmbH - 09/2021