

Verlässliche Kieselsäureüberwachung fördert die Effizienz von Kraftwerken

Einleitung

West Burton B ist ein Gas-und-Dampf-Kombikraftwerk (GuD, engl. Combined Cycle Gas Turbine; CCGT) in Großbritannien in der Nähe von Nottingham. Es verfügt über drei Gasturbinen mit offenem Kreislauf, mit denen Strom für etwa 1,5 Millionen Haushalte in Großbritannien erzeugt werden kann. Wie in fast allen auf fossiler Verbrennung basierenden Kraftwerken, überwacht das GuD-Kraftwerk den Kieselsäuregehalt in den Wasser- und Dampfprozessen der Anlage. Sean Todd, Teamleiter im Bereich Control & Instrumentation (C&I) des Kraftwerks, erklärt: „Die Kesselchemie stellt für die Kraftwerksleitung eine große Herausforderung dar. Die ursprünglichen Überwachungssysteme dieser Anlage erfüllten zwar die erforderlichen Vorgaben, waren aber für unsere Anforderungen nicht präzise und zuverlässig genug.

Anfang Februar 2014 ersetzten wir die Überwachungsgeräte durch Hach 5500sc Kieselsäure-Analysatoren. Mit dem Ergebnis sind wir ausgesprochen zufrieden: Die neuen Überwachungsgeräte haben sich in den letzten zehn Monaten als außerordentlich präzise und zuverlässig erwiesen und waren außerdem sehr wartungsarm.“

Vor der Einführung der Hach 5500sc Kieselsäure-Analysatoren mussten aufgrund der Unzuverlässigkeit der ursprünglichen Überwachungsgeräte zweimal täglich an mehreren Punkten manuell Proben genommen werden. Diese Proben wurden teils im Labor der Anlage analysiert, teils mussten sie in ein etwa 50 Meilen entferntes Schwesterlabor gebracht werden. Das verursachte außerordentlich hohe Kosten und Verspätungen. Zudem erforderten die ursprünglichen Überwachungsgeräte häufige Neukalibrierungen, was zu erheblichem Wartungsaufwand und übermäßigem Reagenzienverbrauch führte.

Die Bedeutung von Kieselsäure

Die Erdkruste besteht zu einem Großteil aus Silizium (Si). Nur der Sauerstoff hat ein höheres natürliches Vorkommen. Jedes natürliche Wasservorkommen weist geringe Konzentrationen an Silizium auf. Hierbei handelt es sich in der Regel um gelöste Kieselsäure oder um kleine suspendierte Silikatpartikel (kolloidale Kieselsäure). Die chemische Verbindung Siliziumdioxid wird auch als Kieselsäure bezeichnet und ist ein Oxid des Siliziums mit der chemischen Formel SiO_2 . Kieselsäure weist eine hohe Dampflosigkeit auf. Bei ausreichender Menge kann es sich daher als glasähnliche Substanz auf der Oberfläche von Turbinenschaufeln und Kesselrohren ablagern.



GuD-Standort West Burton B

Kieselsäureablagerungen auf Turbinenschaufeln können Lochfraß und andere Schäden verursachen. Eine Unwucht im Bereich der Schaufeln ist ebenfalls wahrscheinlich. Diese führt zu Vibrationen und kann aufgrund des geringen Spielraums zwischen Turbinenschaufeln und Außengehäuse einen Betriebsausfall zur Folge haben. Die Kosten für Turbinen liegen im zweistelligen Millionenbereich. Die effektive Inspektion und Wartung sind also von hoher Priorität. Auch in Kesselrohren müssen Kieselsäureablagerungen vermieden werden, da sie den thermischen Wirkungsgrad und damit die Effizienz der gesamten Anlage verringern.

Überwachungssysteme

Daten zur Konzentration von Kieselsäure werden benötigt, um die Einhaltung der erforderlichen Werte für Kesselspeisewasser und gesättigten Dampf nachzuweisen. Die Daten sind jedoch auch für den Betrieb notwendig, beispielsweise für die Kontrolle des pH-Werts in den Kesseln durch Zugabe von Ammoniak. Außerdem werden die Daten für Versicherungszwecke benötigt.

Zur Vermeidung von Kieselsäureablagerungen sind erhebliche Aufbereitungsmaßnahmen erforderlich, um das Wasser fast vollständig zu demineralisieren. Das Wasser für das GuD West Burton B stammt aus dem Fluss Trent und muss verschiedene Aufbereitungsprozesse durchlaufen, bis es für den Gebrauch rein genug ist. Zu diesen Prozessen gehören Sedimentation, Filtration, Flockung und Ionenaustausch. Die Kieselsäure-Analysatoren entnehmen Proben aus dem aufbereiteten Wasser des Kraftwerks, um Konzentrationen innerhalb der Akzeptanzgrenzwerte zu gewährleisten. Auch an weiteren strategisch gelegenen Punkten erfolgt eine Online-Probenahme, um sicherzustellen, dass die Kieselsäurekonzentrationen während des gesamten Prozesses innerhalb des Akzeptanzbereichs bleiben.

Die Online-Überwachung wird an zwei Punkten durchgeführt: in der Wasseraufbereitungsanlage, um die Effizienz der Ionenaustauscheranlage zu überwachen, und im „Analysegebäude für die Kessel“. In diesem befinden sich zwei Hach 5500sc Kieselsäure-Analysatoren, ein Hach 9240 Natrium-Analysator, zwei optische LDO-Sensoren K1100 von Hach Orbisphere für gelösten Sauerstoff, fünf pH-Elektroden und einundzwanzig Leitfähigkeitssonden. Über ein Netz aus Probenrohren gelangen kontinuierlich Wasserproben aus Dampf und Abblasdampf aus dem gesamten Kraftwerk in das Analysegebäude.

Auch die neuen LDO-Sensoren K1100 (LDO: luminescent dissolved oxygen, lumineszierender gelöster Sauerstoff) von Hach Orbisphere haben zur Minimierung des Wartungsbedarfs für die Überwachungssysteme beigetragen. Dank der Verwendung von optischer Messtechnik erfordern diese Sensoren nur alle 6 bis 12 Monate eine Kalibrierung und den Austausch des optischen Spots nach einigen Jahren. Dies steht in starkem Gegensatz zu den älteren membranbedeckten elektrochemischen Sensoren für gelösten Sauerstoff:



Analysengebäude für die Kessel

Diese verbrauchen beim Messvorgang Sauerstoff und neigen zur Drift, was häufige Neukalibrierungen erforderlich macht. Auch der tragbare LDO-Analysator Orbisphere 3100 wird am Standort eingesetzt. Mit ihm können an jedem Punkt des Kraftwerks schnelle Messungen zur Überprüfung der Kesselchemie durchgeführt werden.

Die Hach 5500sc Kieselsäure-Analysatoren nehmen alle 15 Minuten an jedem Probenstrom Messungen vor. Dadurch verfügen Sean Todd und sein Team nahezu über Live-Daten zum Betriebsverhalten, und sie können vor dem Erreichen der Alarmschwelle angemessene Maßnahmen ergreifen.

Die Messung von Kieselsäure mit dem Analysator 5500sc basiert auf der Reaktion mit Molybdationen unter sauren Bedingungen, bei der Silicomolybdänsäure-Komplexe entstehen. Die Zugabe von Zitronensäure zerstört die Phosphatkomplexe. Anschließend wird Aminosäurereagenz hinzugegeben, um die gelbe Silicomolybdänsäure zu einem tiefen Blau zu färben. Dies ist proportional zur Kieselsäurekonzentration und wird bei 815 nm optisch gemessen. Der Analysator benötigt in der Regel lediglich zwei Liter Reagenz, um bis zu 90 Tage lang unbeaufsichtigt zu arbeiten.

Die Analysatoren 5500sc beinhalten eine wesentliche Innovation, die zu einer drastischen Erhöhung von Präzision und Zuverlässigkeit bei gleichzeitiger Senkung der Kosten geführt hat: das einzigartige Druckluft-Fördersystem für Reagenzien, durch das die häufigen Wartungsmaßnahmen im Zusammenhang mit Pumpen entfallen. „Die Reagenzienflaschen innerhalb des Analysators steht unter Druck. Dieser entweicht beim Öffnen der unteren Kammer“, erklärt Nick Craddock, Techniker im Bereich C&I. „Die Flaschen lassen sich dann einfach und sauber austauschen.“

Die Analysatoren kalibrieren sich einmal pro Woche selbst, wobei ein interner 500-ppb-Kieselsäurestandard verwendet wird. Nick Craddock führt dazu aus: „Normalerweise werden 501 oder 502 ppb gemessen. Diese neuen Überwachungsgeräte sind also unglaublich präzise, und ihr Betrieb verur-

sacht viel geringere Kosten: Wir wechseln die Reagenzien alle 90 Tage statt wie früher etwa alle 30 Tage. Zusätzlich zur Kieselsäuremessung liefern die Analysatoren kontinuierlich aktualisierte Informationen zu ihrer Funktionstüchtigkeit, was präventive Wartungsmaßnahmen ermöglicht und zur Vermeidung von Ausfallzeiten beiträgt.“

Die Funktionstüchtigkeit der Geräte wird durch das Softwarepaket Prognosys verwaltet. Die Hach 5500sc Kieselsäure-Analysatoren speisen die Software mit internen Daten. Das Display zeigt horizontale Balken als Messwertanzeige und als Serviceanzeige der verbleibenden Zeit bis zur nächsten

Wartungstätigkeit. In den Farben Grün, Gelb und Rot wird der Status des Gerätes angezeigt. Die Servicemeldungen liefern Informationen zu Wartungstätigkeiten, die der Benutzer durchführen muss (z. B. das Reinigen der Messkammer oder das Ersetzen der Reagenzien). Für alle Servicemeldungen gibt es einen Countdown mit genügend Zeit, um einen Servicetechniker zu informieren oder ein Ersatzteil zu bestellen.

Nach der Einführung der neuen Überwachungsgeräte erhielt Hach einen Wartungsvertrag, der halbjährliche Besuche zur Überprüfung und Instandsetzung der Überwachungssysteme einschließt.

Zusammenfassung

Sean Todd fasst zusammen: „Da es sich hier um ein GuD-Kraftwerk handelt, achten wir besonders auf Präzision. Wir haben es hier mit engeren Toleranzen zu tun, sodass wir größeren Wert auf die Leistungsfähigkeit unserer Überwachungssysteme legen. Da das C&I-Team klein ist, suchen wir außerdem immer nach Möglichkeiten, den Wartungsaufwand zu reduzieren und die Effizienz zu erhöhen.“

Die Kesselchemie ist ein wichtiges Thema für uns. Deshalb haben wir von der Entwicklung präziser und zuverlässiger Geräte zur Kieselsäureüberwachung enorm profitiert. Unser Erfolg hat bei den Betreibern anderer Kraftwerke natürlich großes Interesse geweckt, und wir teilen gern unsere Erfahrungen mit Ihnen.“



Hach 5500sc Kieselsäure-Analysatoren