

# Wärmerate und Speisewasserheizung FÜLLSTANDMESSUNG

Donald Hite, Business Development Manager  
Magnetrol® International und Orion Instruments®

## Ziel

Minimierung der kontrollierbaren Verluste, die an die Leistung der Speisewasserheizung gebunden sind, durch Gewinnung zusätzlicher Einblicke in die grundlegenden Abläufe der Speisewasserheizung und des Energiezyklus gewonnen werden, assoziierte Leistungsindikatoren und die positiven oder negativen Auswirkungen der Füllstandsregelung auf den Gesamtwirkungsgrad des Kraftwerks in Bezug auf die Nettoeinheits-Wärmerate und die Kosteneindämmung.

Die Wärmerate ist ein Messwert, der in der Energiewirtschaft verwendet wird, um zu berechnen, wie effizient ein Kraftwerk Wärmeenergie nutzt, und sie wird ausgedrückt als die Anzahl der BTU Wärme, die erforderlich ist, um eine Kilowattstunde Energie zu erzeugen. Es gibt verschiedene Berechnungen für die Wärmerate. Die folgenden Gleichungen bieten die Grundlagen für die Berechnung der Wärmerate. Beachten Sie, dass die am häufigsten verwendete Berechnung die Nettoeinheits-Wärmerate ist.

## Überblick

- Wärmerate
- Kosten der Abweichungen der Wärmerate
- Speisewasser-Heizungen
  - Grundlegender Energiezyklus
  - Füllstandsmessung
  - Leistungsüberwachung
- Instrumentell bedingte Fehler und Wärmerate
- Fallstudien
- Füllstandsoptimierung

## Wärmerate

Das Aufkommen der Protokolle zum Klimawandel und des *Clean Air Act* (US-Gesetz zum Umweltschutz) haben fossile Brennstoffe in den Mittelpunkt der politischen Debatte gerückt. Die Einhaltung dieser Standards bei gleichzeitiger Verbesserung der Gesamtleistung hat die Wärmerate zu einem gängigen Begriff in allen Kraftwerken gemacht. Das Verständnis der Wärmerate, ihr Wert für das Unternehmen und die Auswirkungen verbesserter Technologien auf die Effizienz sind entscheidend, wenn man die Merkmale und Vorteile einer Technologie mit einer Investitionsrendite im Verhältnis zur Gesamtheit sowie zur beabsichtigten Anwendung verbindet.

### Allgemeine Wärmerate:

Wärmerate (BTU/kWh) = Energieeintrag (BTU) ÷ Energieabgabe (kWh)

### Energieeintrag:

Energie im Brennstoff (BTU/h) = Brennstoffdurchsatz (kg/h) × Brennstoffheizwert (BTU/kg)

### Nettoeinheits-Wärmerate:

Brennstoffdurchsatz (kg/h) × Heizwert (BTU/kg) ÷ Netto-Energieabgabe (kW)

Eine weitere Variation der Wärmeratenberechnung, die spezifisch für den interessierenden Bereich ist, ist die Turbinenkreislauf-Wärmerate. Die Turbinenkreislauf-Wärmerate bestimmt die kombinierte Leistung von Turbine, Kondensator, Speisewasser-Heizungen und Förderpumpen. Die Kenntnis der Einheitswärmerate und der Turbinenkreislauf-Wärmerate ermöglicht es dem Kraftwerk, den Kesselwirkungsgrad zu bestimmen.

### Turbinenkreislauf-Wärmerate:

Turbinenkreislauf-Wärmerate (BTU/kWh) =  
Energieeintrag (BTU) ÷ Energieabgabe (kWh)



Unter idealen Bedingungen hätten die Ingenieure gerne eine Wärmerate von 3.412 BTU/kWh. Dies bedeutete, dass die gesamte verfügbare Energie in der Brennstoffquelle in nutzbare Elektrizität umgewandelt würde und das Kraftwerk daher mit einem Wirkungsgrad von 100 % liefe. Auch wenn dies keine praktikable Erwartung ist, gilt in der Realität: Je näher die Netto-Einheitswärmerate an 3.412 BTU/kWh ist, desto effizienter und kostengünstiger ist der Betrieb.

Eine Erhöhung der Wärmerate führt zu einem Anstieg des Brennstoffverbrauchs. Eine sinkende Wärmerate führt hingegen zu einer Verringerung des Brennstoffs, der benötigt wird, um eine bestimmte Anzahl an kWh an Energie zu erzeugen. Obwohl die Wärmerate bei jeder Kaufentscheidung einen wichtigen Aspekt bildet, spielen auch andere Faktoren eine Rolle: Wartungskosten, Zuverlässigkeit, Sicherheit, Emissionen, Hardwarekosten usw. Sind die Auswirkungen im gesamten Spektrum der Instrumentierungstechnik bekannt, kann dies dazu beitragen, die Investitionsrendite zu rationalisieren, so dass Kosten eingespart und die Rentabilität maximiert werden kann.

### Kosten der Abweichungen der Wärmerate

Die Berechnung der jährlichen Brennstoffkosten, die sich aus den geringen Abweichungen von der Zielwärmerate der Anlage ergeben, kann sehr aufschlussreich sein, da bereits kleinere Änderungen einen tiefgreifenderen Einfluss als erwartet haben können. Wenn die Zielwärmerate der Anlage 12.000 BTU/kWh beträgt und der Istwert sich auf 12.011 BTU/kWh beläuft: Wie hoch ist dann der Anstieg der jährlichen Brennstoffkosten? Zur Berechnung der Auswirkungen einer BTU/kWh-Abweichung werden die folgenden Gleichungen und Annahmen herangezogen.

### Änderung der jährlichen Brennstoffkosten (€/Jahr) = HRD/BE × FC × CF × UGC × T

Mit:

**HRD** Wärmeratenabweichung (Nettoeinheits- oder Turbinenkreislauf-Wärmerate)

**BE** Kesselwirkungsgrad = 0,88

**FC** Brennstoffkosten/1.000.000 BTU = 1,88<sup>1</sup>

**CF** Einheits-Kapazitätsfaktor = 0,85

**UGC** Einheits-Bruttoleistung = 500.000 kW

**T** 8.760 Std./Jahr

#### Jährliche Brennstoffkosten:

$(1 \text{ BTU/kWh} \div 0,88)(1,88 \div 1.000.000)(0,85)(500.000)(8760) = 7.960 \text{ €/Jahr}$  für eine Wärmeratenabweichung von 1 BTU/kWh.

### Allgemeine Leitlinien für die Wärmerate

- Eine Erhöhung der Wärmerate durch die Konstruktion erhöht den Brennstoffverbrauch
- Eine 1%ige Verbesserung (Reduzierung der Wärmerate) = jährliche Einsparungen von ca. 470.000 € für ein 500-MW-Kraftwerk
- Eine Reduzierung von 2,8°C der Speisewasser-Endtemperatur erhöht die Wärmerate um 11,2 BTU/kWh, was zu einer durchschnittlichen Erhöhung der jährlichen Brennstoffkosten von 55.435 € führt (500-MW-Kraftwerk)
- In GuD-Kraftwerken wird die maximale Effizienz bzw. die niedrigste Zahl für die Wärmerate mit einer Nettoeinheits-Wärmerate ab 7.000 BTU/kWh angegeben
- Die Wärmeraten für Kohlekraftwerke reichen von 9.000 – 12.000 BTU/kWh (22 % der heimischen Kohlekraftwerke haben eine Wärmerate von mindestens 12.000 BTU/kWh)

Werden 7.960 € mit jeder einzelnen Wärmeratenabweichung multipliziert, ergeben sich die jährlichen Kosten oder Einsparungen für die betreffende Abweichung. Der Anstieg der jährlichen Brennstoffkosten bei einer Wärmerate von 12.000 BTU/kWh auf 12.011 BTU/kWh führt zu einer Abweichung von 11 (7.960 € \* 11) oder einem Anstieg der jährlichen Brennstoffkosten von 87.560 € pro Jahr.

<sup>1</sup> Der durchschnittliche Rohstoffpreis für alle Kohlensorten (13,43 € – 66,45 €) wurde zur Ermittlung der Brennstoffkosten pro 1.000.000 BTU herangezogen. Durchschnittlicher Preis pro Tonne von 49,84 € vom 17. September 2010. Unter der Annahme von 12.000 BTU pro Kilogramm. Kosten pro Tonne/24 = Kosten/MBTU

## Betrieb der Speisewasserheizung

Da die Speisewasserheizung eine grundlegende Komponente bei der Bestimmung der Nettoeinheits- und der Turbinenkreislauf-Wärmerate bildet, ist es wichtig, über ein grundlegendes Verständnis ihres Betriebs zu verfügen – nur so kann nachvollzogen werden, welche Auswirkungen diese Anlagenkomponente und die nachfolgenden Füllstandsregelung auf die Anlageneffizienz haben. Es gibt normalerweise sechs- bis siebenstufige Speisewasserheizungen.

Bei Kapitalkosten von 1.120.000 € pro Speisewasserheizung kann die tatsächliche Anzahl jedoch – abhängig von den im Voraus angestellten Berechnungen – variieren, die dazu eingesetzt werden, die langfristige Investitionsrendite zu bestimmen.

Speisewasserheizungen nutzen die Kondensationswärme (Energie aus dem Übergang von gesättigtem Dampf zu gesättigter Flüssigkeit), um das für den Kessel bestimmte Wasser vorzuheizen. Dies verringert die Menge an Brennstoff, die erforderlich ist, um das Wasser auf Temperatur zu bringen.

Diese Rohrbündelwärmetauscher (Abb. 1) ermöglichen es, dass das Speisewasser die Rohrseite passiert, während der Entnahmedampf aus der Turbine auf die Mantelseite gefördert wird. Dieses Verfahren ist beim Erwärmen von Wasser weitaus effizienter als die Verwendung von

Heißgas und nutzt die bereits vorhandene Energie, anstatt sich streng auf eine Brennstoffquelle zu verlassen, um das Wasser auf die benötigte Temperatur zu bringen.

Abbildung 1 zeigt eine Standard-Hochdruck-Speisewasserheizung; Niederdruck-Heizungen sind ähnlich konstruiert, verfügen aber über keine Heißdampfkühlzone. Die drei Hauptzonen der Speisewasserheizungen sind die Heißdampfkühlung, der Kondensations- und der Ablaufkühler oder die Unterkühlung. Es wird Kesselspeisewasser zum Speisewassereinlass gepumpt, während Entnahmedampf in den Dampfeingang strömt. Die Heißdampfkühlzone kühlt den überhitzten Dampf bis zu dem Punkt ab, an dem der Dampf gesättigt ist. Die Kondensationszone extrahiert die Energie aus dem Dampf/Wasser-Gemisch, um das Kesselspeisewasser vorzuwärmen, das die Rohrseite passiert. Ein Ablaufkühler ist eingebaut, um zusätzliche Energie aus der Flüssigkeit zu ziehen.

Der Schlüssel für einen effizienten Betrieb besteht darin, die Kondensationszone so zu optimieren, dass möglichst viel Energie an das Kesselspeisewasser übertragen wird. Gleichzeitig muss eine ausreichende Kühlung der Rohre gewährleistet sein, um eine vorzeitige Beschädigung der Anlagenteile aufgrund einer thermischen Überlastung zu vermeiden – allesamt wesentlich Aspekte bei der Konstruktion der Speisewasserheizung.

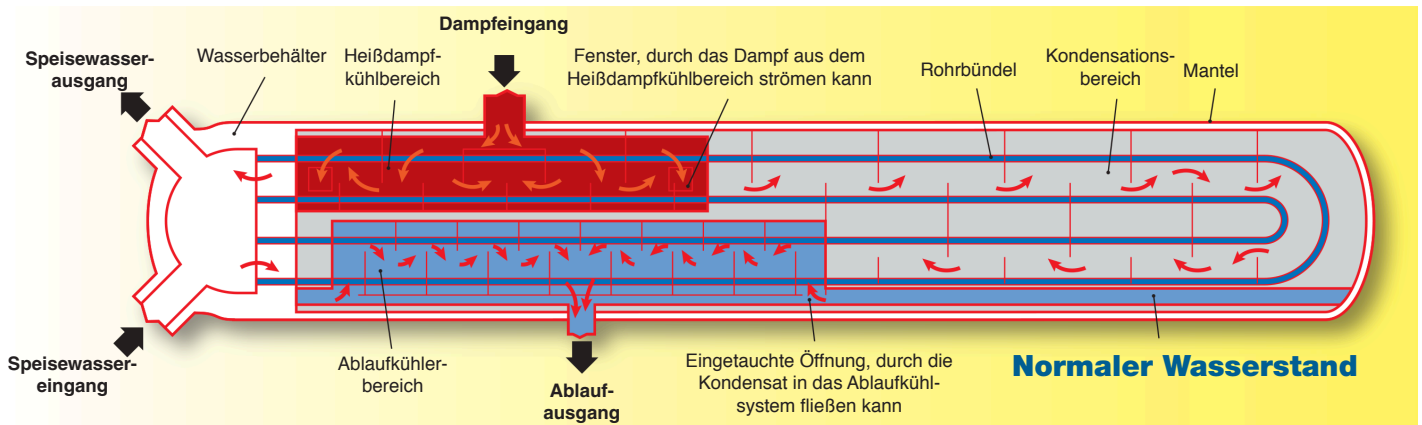


Abbildung 1

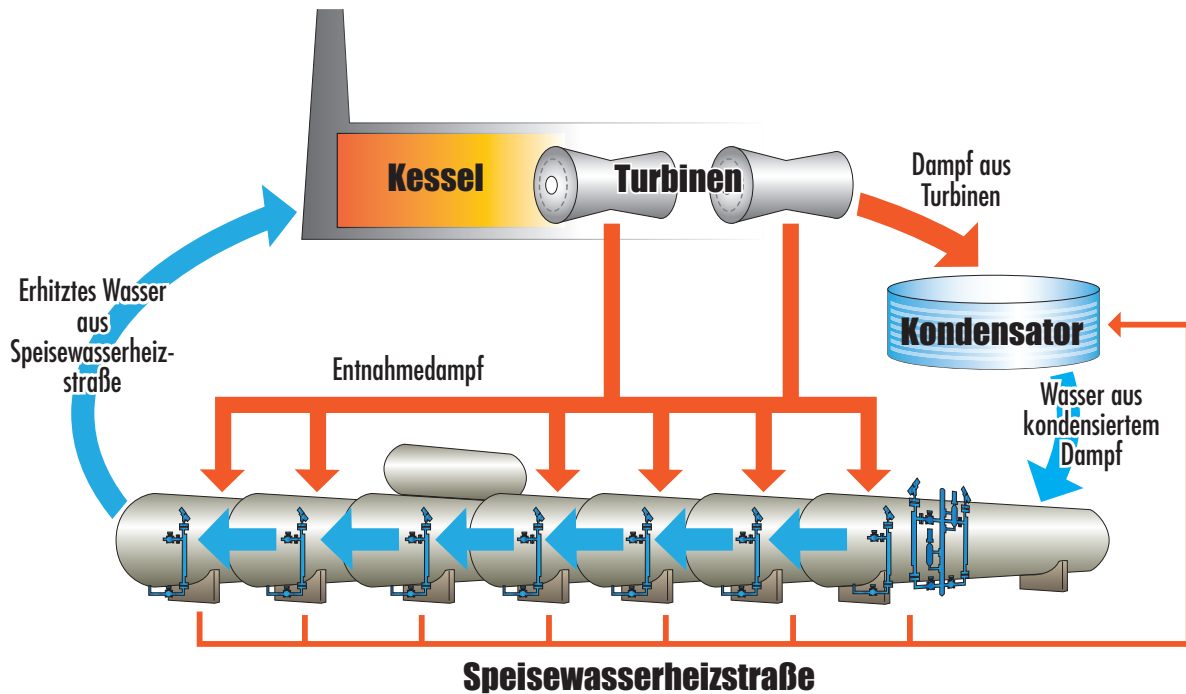


Abbildung 2

### Grundlegender Energiezyklus

Obwohl es im Rankine-Dampf-Wasser-Kreislauf einer typischen Dampfanlage geringe Variationen gibt (in Abhängigkeit davon, ob es sich um eine Anlage mit und ohne Zwischenüberhitzung handelt), ist im Basis-Flussdiagramm (2) dargestellt, wie die kaskadierenden Speisewasservorwärmstufen sich in das allgemeine Prozessschema einfügen. Siehe Abbildungen 1 und 3 (auf Seite 5), um die Ein- und Ausgänge der Speiseheizung noch einmal anzuschauen.

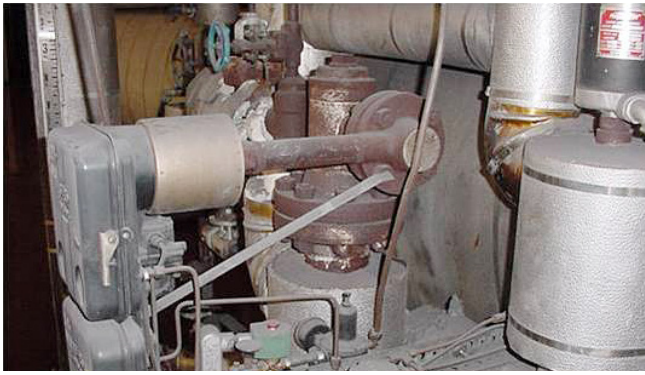
Ein guter Ausgangspunkt für den Prozessablauf ist der Kondensator, bei dem kondensierter Dampf aus der Speisewasserheizung abläuft und die LP-Turbine durch die einzelnen hintereinander geschalteten Stufen der Speisewasserheizung geführt wird. Gleichzeitig wird der Entnahmedampf den HP-, IP- und LP-Turbinen an die entsprechenden Speisewasserheizungen zugeführt, in denen dann die Energieübertragung stattfindet, die im vorherigen Abschnitt beschrieben wurde. Genaue und zuverlässige Füllstandsmessungen in den einzelnen Stufen spielen eine entscheidende Rolle dabei, die erforderliche Endtemperatur der Speisewasserheizung zu erreichen, bevor das Wasser in den Speisewasservorwärmer (Economiser) gelangt. Wie bereits in den allgemeinen Leitlinien zur Wärmerate erwähnt, ergibt bereits eine geringfügige Reduzierung der Speisewasser-Endtemperatur um ca. 2,8°C einen Anstieg der Wärmerate von 11,2 BTU/kWh, was die jährlichen Brennstoffkosten (500-MW-Anlage) um zusätzliche 55.435 € erhöht.

### Füllstandsmessung der Speisewasserheizung

Der wichtigste Aspekt bei der Leistung der Speisewasserheizung ist die präzise und zuverlässige Füllstandsmessung bei allen Betriebsbedingungen. Eine exakte Füllstandsmessung sorgt dafür, dass die Anlage im Bereich der größten Effizienz arbeitet (gerade Kondensation), um die Wärmeübertragung zu optimieren und gleichzeitig den Verschleiß der Speisewasserheizung und anderer Systemkomponenten zu vermeiden.

In die Jahre gekommene Füllstandmesstechnik in Verbindung mit dem Einsatz von Technologien, die für instrumentell bedingte Fehler anfällig sind, begrenzen die Fähigkeit des Bedienpersonals, steuerbare Verluste zu managen, die von der Füllstandsmessung der Speisewasserheizung herrühren, d. h. die Aufrechterhaltung und Regelung des idealen oder bemessenen Füllstandes mit einem hohen Maß an Vertrauen. Folglich sind Genauigkeitsabweichungen von  $\pm 7,5$  bis 10 Zentimetern von der Bemessung alltäglich – ein Kompromiss bei der Effizienz, um Fehler der Instrumentierung auszugleichen und gleichzeitig das Risiko von Schädigen an teuren Anlagenteilen zu vermindern.

Der Betrieb einer Speisewasserheizung mit Füllständen, die größer oder kleiner als die Bemessungswerte sind, wirkt sich auf die Leistung und letztlich auf die Nettoeinheits-Wärmerate der Anlage aus. Der Bedarf an zusätzlichem Brennstoff und die Überfeuerung des Kessels zur Wiederherstellung der verlorenen Energie haben sofortige Auswirkungen



Durch Modernisierung der Füllstandsmessung der Speisewasserheizung können Betreiber steuerbare Verluste besser managen und gleichzeitig Wartungskosten deutlich senken. Torsionsrohrverdränger (oben) sind in der Branche gebräuchlich und sehr einfach umzurüsten.

auf die Finanzen. Wenn umgekehrt der Füllstand zwischen den Extremen der Hüllkurve schwankt, ist die Aktivierung von Schutzmaßnahmen, um eine Speisewasserheizung zu umgehen, die minimale Reaktion mit der äußeren Möglichkeit einer Auslösung der Anlage. Jedes Szenario hat auf die eine oder andere Weise negative Auswirkungen auf die Wärmerate und Rentabilität der Anlage.

Wenn der Heizungsfüllstand über dem Bemessungswert liegt, wird die aktive Kondensationszone effektiv verringert und die Röhren in der Heizung, die Dampf kondensieren sollten, unterkühlen das Kondensat. Das Problem verschärft sich durch das Risiko der Einleitung von Turbinenwasser aus der Speisewasserheizung. Obwohl fehlerverhindernde Maßnahmen implementiert sind, um ein solches Auftreten zu verhindern, reichen die Auswirkungen auf die Effizienz aus, um Bedenken zu verursachen.

Neben dem Aussetzen der Rohre gegenüber zu hohen Temperaturen und einem vorzeitigen Verschleiß oder schlimmeren, führt ein unter dem akzeptablen Füllstand zu übermäßigen Mengen an Hochtemperaturdampf, der zum Abflusskühler strömt, wodurch das Kondensat zum Abdampfen gebracht wird. Die daraus resultierende Beschädigung des Abflusskühlers erhöht die Wartungskosten und verlängert die ungeplanten Ausfallzeiten. Ein anderes Problem durch zu niedrige Füllstände in der Heizung besteht darin, dass ein Gemisch aus Dampf und Wasser durch die Heizung geblasen wird. Die sich hieraus ergebende Verringerung der Wärmeübertragung führt zu einer Erhöhung der Nettoeinheits- und der Turbinenkreislauf-Wärmeraten.

Die Konstruktion der eigentlichen Speisewasserheizung (horizontale oder vertikale Modelle) und der Abflusskühlerabschnitt (Schnorcheleintritt gegenüber Modellen mit voller Länge) können bei einigen

Füllstandstechniken eine Herausforderung bilden. Die Füllstandsmessung ist bei Horizontalheizungen und solchen mit Kühlerabschnitten über die volle Länge einfacher, da bei einer bestimmten Füllstandsänderung mehr Volumen benötigt wird. Auch können menschliche Faktoren eine Rolle spielen, wenn betriebliche Entscheidungen auf fragwürdigen Instrumenten beruhen. Diese Feinheiten müssen auch bei der Auswahl der Instrumente berücksichtigt werden.

## Leistungsüberwachung der Speisewasserheizung

Die genaue Steuerung der Speisewasserheizung ist von wesentlicher Bedeutung, um die Vorteile der Einbindung dieser Elemente in die Prozessauslegung zu realisieren. Wie immer ist die Gewährleistung der ordnungsgemäßen Leistung nur bei einem installierten Rückmeldesystem möglich.

Die primären Parameter, die zur Leistungsüberwachung der einzelnen Heizungen verwendet werden, sind der Speisewassertemperaturanstieg, die Endtemperaturdifferenz (TTD) und der Abflusskühleransatz (DCA). Diese Parameter werden anhand der folgenden Definitionen und das Diagramm erläutert.

- **Der Speisewassertemperaturanstieg** ist die Differenz zwischen der Austritts- und Eintrittstemperatur des Speisewassers. Eine ordnungsgemäß funktionierende Heizung sollte den Konstruktionsvorgaben des Herstellers entsprechen, sofern die Füllstandmessgeräte der Aufgabe gewachsen sind.

- **Die Endtemperaturdifferenz (TTD)** liefert Feedback zur Leistung der Speisewasserheizung im Verhältnis zur Wärmeübertragung und ist definiert als die Sättigungstemperatur des Entnahmedampfes abzüglich der Austrittstemperatur des Speisewassers. Eine Erhöhung der TTD zeigt eine Verringerung der Wärmeübertragung, während eine Abnahme auf eine Verbesserung hinweist. Typische Bereiche für die TTD bei einer Hochdruckheizung mit und ohne Heißdampf Kühlzone sind  $1,7^{\circ}\text{C}$  bis  $2,8^{\circ}\text{C}$  bzw.  $0^{\circ}\text{C}$ . Die TTD für Niederdruckheizungen beträgt typischerweise um  $2,8^{\circ}\text{C}$ . Dampftabellen und eine genaue Druckmessung sind erforderlich, um diese Berechnung durchzuführen.

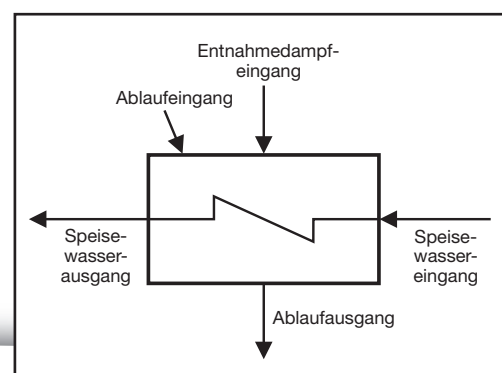


Abbildung 3

• **Der Ablaufkühleransatz (DCA)** ist eine Methode, um die Füllstände der Speisewasserheizung auf Grundlage der Temperaturdifferenz zwischen dem Ablaufkühlerauslass und dem Speisewassereinlass zu ermitteln. Eine ansteigende DCA-Temperaturdifferenz zeigt an, dass der Füllstand abnimmt, wohingegen eine abnehmende DCA einen Anstieg des Füllstands anzeigt. Ein typischer Wert für DCA beträgt 5,6°C.

### **Instrumentell bedingte Fehler und Wärmerate**

Auch wenn es eine Reihe physikalischer Anomalien gibt, die die Leistung der Heizung beeinträchtigen, konzentriert sich dieser Abschnitt auf Probleme, die irgendwie mit einer unzureichenden Füllstandsmessung verbunden sind und zu einer Speisewasser-Endtemperatur unterhalb der Spezifikation führen. Die Probleme können reichen von etwas so Einfachem wie ungenauen oder schwankenden Messwerten bei mehreren Instrumenten, die den "wahren" Füllstand fraglich machen, bis zu denjenigen Problemen, die es rechtfertigen, eine Speisewasserheizung außer Betrieb zu nehmen. Unabhängig von der Schwere sollen die Auswirkungen gezeigt werden, die eine schlechte Speisewasser-Füllstandsmessung auf die Gesamteffizienz von Kessel und Turbinenkreislauf hat (Anstieg der Nettoeinheits- oder Turbinenkreislauf-Wärmerate). Im Folgenden werden zwei Hauptquellen für instrumentell bedingte Fehler beschrieben.

- **Drift** (mechanisch oder elektronisch), im Zusammenhang mit der Alterung von Instrumenten oder beweglichen Teilen bzw. inhärent in der Konstruktion: Torsionsrohr/Verdränger. Eine Kalibrierung zwischen Abschaltungen ist unbedingt erforderlich, um eine angemessene Genauigkeit zu erzielen und lästige Abweichungsalarme zwischen verschiedenen Füllstandmessumformern zu vermeiden. Bei schnellen Füllstandsänderungen kann das Ansprechen langsam sein aufgrund von Dämpfungseffekten, die dem Funktionsprinzip zugrunde liegen.
- **Messtechnik**, die anfällig für Veränderungen der Prozessbedingungen ist, z. B. Verschiebungen der spezifischen Dichte und/oder der Dielektrizitätskonstante des Mediums, die mit Veränderungen der Prozessdrücke und -temperaturen in Zusammenhang stehen. Bestimmte Techniken können keine genauen Füllstände vom Anlauf bis zu Betriebstemperaturen liefern, ohne externe Korrekturfaktoren anzuwenden, oder die spezifizierte Genauigkeit wird nur bei Betriebstemperaturen realisiert: Differenzdruck, magnetostriktiv, RF-kapazitiv und Torsionsrohr/Verdränger. Darüber hinaus erfordern die Kalibrierungen, die bei Differenzdruck-, RF-Kapazitäts- und Torsionsrohr/Verdränger-Techniken durch "Schwimmen" der Kammern während einer Abschaltung erreicht werden, häufig eine Justierung, wenn der Prozess seine Betriebstemperatur erreicht hat, um eine akzeptable Messung aufrechtzuerhalten und unnötige Abweichungsalarme zu vermeiden.

Eine niedriger als erwartete Speisewasser-Endtemperatur tritt auf, wenn eine Speisewasserheizung außer Betrieb genommen wird wegen eines unzuverlässigen Füllstand-Inputs des Messsystems, oder weil der Füllstand zu hoch oder niedrig ist. Wenn der Zustand die Folge eines hohen Füllstands der Speisewasserheizung ist, sollte der Bediener einen Rückgang des Temperaturanstiegs der Speisewasserheizung, eine abnehmende DCA-Temperaturdifferenz und eine ansteigende TTD bemerken. Das Umgekehrte gilt, wenn der Füllstand der Speisewasserheizung zu niedrig ist. In beiden Szenarien erhöht sich das Risiko einer Beschädigung der Anlage. Die Wärmeübertragung ist beeinträchtigt und das zum Economiser (Vorwärmer) strömende Speisewasser hat nicht die erforderliche Temperatur. Die möglichen Reaktionen und deren Einfluss auf eine niedrige Speisewasser-Endtemperatur sind nachfolgend aufgeführt.

- Überfeuerung des Kessels zur Erhöhung der Temperatur (Füllstand zu hoch/niedrig oder außer Betrieb):
  - Erhöhung des Brennstoffverbrauchs und der Emissionen
  - Erhöhung der Abgastemperatur aus dem Ofen – Wiederaufheiz- und Überhitzungsrisiko, vorzeitige Ermüdung der Materials
  - Durchflüsse durch IP- und LP-Stufen der Turbine steigen um 10 % (HP-Heizung außer Betrieb)
  - Entgasung – Beschädigung des Ablaufkühlerbereichs
  - Thermische Wirkungen auf Rohre
- Notabläufe öffnen sich, um den Füllstand zu senken (Füllstand zu hoch):
  - Verlust an Effizienz
  - Mögliche Schäden an der Anlage, wenn Wasser in das Entnahmerohr gelangt
  - Potenzielles Entgasen durch plötzlichen Druckabfall
  - Einleitungsschutz für Turbinenwasser (TWIP; *Turbine Water Induction Protection*) löst aus – Produktionsausfall, Kosten für Inbetriebnahme und außerplanmäßige Wartung

Die Bereitstellung von Messtechniken, die gegenüber herkömmlichen Quellen von instrumentell bedingten Fehlern immun sind, bietet den Bedienern das zuverlässige Prozessfeedback, das sie brauchen, um steuerbare Verluste maßgeblich zu managen. Und somit die weitreichenden Auswirkungen dieser Fehler auf Betrieb und Wartung der Anlage zu verhindern.

## Fallstudien

Die Fallstudien decken zwei Schlüsselthemen in Bezug auf die Leistung der Speisewasserheizung ab. Die erste befasst sich im Detail mit den jährlichen Brennstoffkosten, die mit einer nicht spezifikationskonformen Endtemperatur der Speisewasserheizung bei einem 500-Megawatt-Kohlekraftwerk verbunden sind. Auch wenn diese besondere Situation keinen Extremfall darstellt, der eine Umgehung der Heizung rechtfertigt, veranschaulicht sie doch die Folgen scheinbar geringfügiger Kompromisse bei der Füllstandsmessung. Somit kann die Endtemperatur der Speisewasserheizung – im Bemühen, das Risiko einer Beschädigung der Anlage zu minimieren – die Rentabilität eines Kraftwerks beeinflussen.

Die zweite Fallstudie zeigt die alltäglichen betrieblichen Risiken und Kosten, die ineffiziente oder alternde Instrumententechnik in Bezug auf das wirtschaftliche Ergebnis mit sich bringt. In beiden Situationen lag die Investitionsrendite für die Modernisierung der Messgeräte an den Speisewasserheizung im Zeitrahmen von 1,0 bis 1,5 Jahren. Und schließlich berücksichtigen die Fallstudien keine zusätzlichen Emissionskosten, Auswirkungen auf Kessel- und Turbinenwirkungsgrade, Überfeuerungs Zustände, Produktionsausfälle und andere Faktoren, die im vorigen Abschnitt erwähnt wurden.

### Fallstudie Nr. 1

Nicht spezifikationskonforme SWH-Endtemperatur bei einem 500-Megawatt-Kohlekraftwerk

<b>Ausgangstemperatur-Sollwert</b>	<b>+225,8°C</b>
<b>Istwert</b>	<b>+214,1°C</b>
<b>Differenz</b>	<b>11,7°C</b>
<b>Auf Basis der um 11,7°C niedrigeren Temperatur</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einfluss auf Wärmerate betrug 47 BTU/kWh</li> <li>• Kosten beliefen sich auf <b>227.400 €</b> jährlich</li> </ul>	

### ÜBERPRÜFTE LEISTUNGSPARAMETER

<b>Sollwert Temperaturanstieg</b>	<b>45</b>
<b>Istwert</b>	<b>35,6</b>
<b>DCA-Sollwert</b>	<b>5,6</b>
<b>Istwert</b>	<b>1,7</b>
<b>TTD-Sollwert</b>	<b>5,6</b>
<b>Istwert</b>	<b>10,8</b>
Durch instrumentell bedingte Fehler, die bei der verwendeten Technik häufig vorkommen, wurde der Füllstand in der Speisewasserheizung niedriger als tatsächlich angezeigt	

### Fallstudie Nr. 2

Kostenbegründung für das Ersetzen alternder Füllstandmesstechnik infolge übermäßigen Umgehens von LP-Heizungen

**Speisewasserheizung, 2002 ausgetauscht; Originale Messtechnik (1966) wiederverwendet (Pneumatische Füllstandsmessung/Schauglas)**

**Unzuverlässige Messtechnik verursachte Schwankungen im Füllstand der Speisewasserheizung**

- Umgehung aller LP-Heizungen als Teil von TWIP
- Setzte Anlage einem Ausfallrisiko durch TWIP-Auslösung aus

### KOSTENBEGRÜNDUNG

<b>Kosten von LP-Heizungen Zwei Wochen außer Betrieb</b>	<b>42.295 €</b>
<b>TWIP-Auslösung bei Anlage Verursacht durch Heizungsprobleme (2 Inbetriebnahmen)</b>	<b>39.980 €</b>
<b>Ersatz-Energiekosten für zwei Vorfälle</b>	<b>93.600 €</b>
<b>ROI Gesamtprojekt: 1,5 Jahre</b>	

## Füllstandsoptimierung

Da sich das politische Klima ständig weiterentwickelt, kann die Fähigkeit zum Managen steuerbarer Verluste durch den Einsatz modernster Instrumenten- und Anlagentechnologien zur Steigerung der Effizienz und Rentabilität nur dann realisiert werden, wenn alle Beteiligten – Hersteller eingeschlossen – mit einem ureigenen Interesse an Leistung danach streben, den Herausforderungen und Chancen einer sich wandelnden Branche gerecht zu werden. Vorbei sind die Zeiten, in denen es reichte, einfach mehr "Brennstoff ins Feuer zu werfen" und eindimensionale Lösungen zu präsentieren.

Magnetrol®, ein weltweit tätiges Unternehmen, bahnte 1932 den Weg mit dem mechanischen Schalter für Kesselanwendungen. Im Laufe der Zeit fand unser Know-how auf diesem Gebiet Eingang in die Energiebranche. Heute sind weltweit unsere Messumformer und Schalter beinahe überall dort zu finden, wo es darum geht, mit Kernkraft oder fossilen Brennstoffen betriebene Kraftwerke auf einer kritischen Ebene zu überwachen.

Dieser unternehmerische und innovative Geist wirkt auch heute weiterhin fort. Mit dem steigenden Bedarf an verbesserter Instrumententechnik und Kontrolle hat auch unser Produktangebot zugenommen. Es hat sich weiterentwickelt und umfasst nun einige Füllstand- und Durchflussmesstechniken, die für komplexeste Anwendungen geeignet sind.

Eine wesentliche Entwicklung war der Messumformer Eclipse® Guided Wave Radar (GWR). MAGNETROL hat diese Technologie in die Welt der Prozesstechnik eingeführt und war das erste Unternehmen, das die einzigartigen Fähigkeiten in der Energiebranche eingesetzt hat. Unbeeinflusst von Prozessschwankungen überwacht der ECLIPSE die Füllstände von Speisewasserheizung, Entgaser und Heißwasserspeicher genau und zuverlässig, ohne dass kalibriert werden müsste.

Im Jahr 2001 haben wir Orion Instruments® gegründet, eine Tochtergesellschaft von MAGNETROL, nachdem wir eine Stagnation bei der Weiterentwicklung von Magnetklappenfüllstandanzeigern (MLI; *Magnetic Level Indicators*) festgestellt hatten. In diesem relativ kurzen Zeitraum hat Orion Instruments die MLI-Branche revolutioniert durch die Einführung des integrierten AURORA® MLI/GWR – ein Messgerät, das in der Energiewirtschaft weitgehend akzeptiert wird.

Es ist ein unerschütterliches Engagement für Qualität, Sicherheit und kontinuierlicher Verbesserung, das zu unserem vergangenen und gegenwärtigen Erfolg geführt hat und das auch in Zukunft an erster Stelle bei unserer Mission zur Unterstützung der Energiebranche stehen wird.

## Kontaktieren Sie Magnetrol für weitere Informationen:

Tel.: +49-(0)2204-9536.0

E-Mail: [vertrieb@magnetrol.de](mailto:vertrieb@magnetrol.de)

[www.magnetrol.com](http://www.magnetrol.com)

### Literatur:

*Heat Rate Improvement Guidelines for Existing Fossil Plants*, EPRI, Palo Alto, CA; 1986 CS-4554

*Heat Rate Improvement Reference Manual*, EPRI, Palo Alto, CA; 1998 TR-109546

*Heat Rate Awareness*, Seminar Notes, General Physics Corp, Amherst, NY; December 2009



705 Enterprise Street • Aurora, Illinois 60504-8149 • Tel. 630-969-4000 • Fax 630-969-9489 • [www.magnetrol.com](http://www.magnetrol.com)  
Heikensstraat 6 • B 9240 Zele, Belgium • 052 45.11.11 • Fax 052 45.09.93  
Alte Ziegelei 2-4, D-51491 Overath • Deutschland • +49-(0)2204-9536.0

Copyright © 2017 Magnetrol International, Incorporated

Die Leistungsmerkmale gelten ab Erscheinungsdatum und können ohne Ankündigung geändert werden.

Magnetrol und das Logo von Magnetrol, Eclipse, Aurora und Orion Instruments sind eingetragene Warenzeichen von Magnetrol International.

TECHNISCHE INFORMATION: GE41-296.0  
GÜLTIG AB: März 2017