



Neues Filterhaus ermöglicht Kühlung und Vorwärmung der Verbrennungsluft der Gasturbine

0,25 K führt. Bekanntlich bewirkt eine niedrigere Rücklaufftemperatur einen geringeren Druck in den Kondensatoren der GuD-Anlage und steigert so die Stromerzeugung im Dampfteil. Nach einer Faustformel erhöht die um 0,25 K abgesenkte Rücklaufftemperatur die elektrische Leistung des HKW um rund 0,25 %. Die scheinbar geringfügige Verbesserung bringt übers Jahr gesehen beachtliche Mehreinnahmen, betont Triesch.

Das Erdgas verlässt die Gasdruckregelanlage mit einer Temperatur von 21 °C, der Gasturbinenhersteller genehmigt aber eine maximale Brenngaseintrittstemperatur von 90 °C. Im Jahr 2007 wurde daher ent-

der Gasturbine 1 der Neubau des Filterhauses mit dreistufiger Luftfilterung und hybrider Verbrennungsluftkonditionierung.

#### Hybride Verbrennungsluftkonditionierung

Dazu wurden im vergrößerten Filterhaus berippte Hybridkühler angeordnet; diese dienen im Winter, wenn Eisbildung befürchtet wird, zur Vorwärmung der Verbrennungsluft und im Sommer, wenn wegen hoher Lufttemperaturen die Leistung der Gasturbine sinken würde, zur Kühlung. Die Kühlelemente können zusätzlich außen mit Wasser benetzt werden, welches verdunstet und so einen adiabatischen Kühleffekt bewirkt. Dadurch können sowohl die Verbrennungsluft als auch das in den Rohren der Kühlelemente bei Bedarf strömende Kühl-

mit einer geringeren Drehzahl betrieben werden können.

Mit den Hybridkühlern besteht die Möglichkeit, etwa von März bis November die Ansaugluftbefeuchtung zu betreiben, wobei fast durchgehend eine relative Luftfeuchte vor der Gasturbine von nahezu 99 Prozent ermöglicht wird – ohne Aerosolbildung oder mitgerissene Wassertropfen. In den heißen Sommermonaten Juli und August wurden seitdem bei Außenlufttemperaturen bis 34 °C in Abhängigkeit von der Außenluftfeuchte meist Ansauglufttemperaturen vor der Gasturbine von unter 20 °C – teils deutlich niedriger – gemessen.

Noch ein erwünschter Effekt kann mit den Hybridkühlern bewirkt werden: Durch gezielte Vorwärmung der Ansaugluft kann die Leistung der Gasturbine künstlich reduziert werden, wenn es die Anforderungen des Strommarktes notwendig machen.

## Mut zum Detail

Auch bei bestehenden Gasturbinenkraftwerken lässt sich durch Verbesserungen in der Anlagenperipherie die Effizienz deutlich steigern. VON JAN MÜHLSTEIN

schieden, zur weiteren Effizienzsteigerung das Brenngas nachzuwärmen und hierfür die Abwärme der Schmierölkühlung des Turbosatzes – die dadurch zur Nutzwärme wird – zu verwenden. Hierzu wurde dem bisherigen Ölkühler ein Doppelrohrsicherheitswärmeübertrager vorgeschaltet, der mit dem heißen Schmieröl das Erdgas vor Eintritt in die Gasturbinenbrennkammer auf durchschnittlich 62 °C nachwärmt.

Auf diese einfache Weise werden dem Prozess im Schnitt 143 kW an bisheriger Abwärme zurückgeführt, was den Brennstoffverbrauch um rund 0,2 Prozent verringert. Bei 8000 Betriebsstunden im Jahr summiert sich die Erdgaseinsparung je Gasturbine auf fast 115 000 m<sup>3</sup>. Hinzu kommt für jede der beiden Gasturbinen jährlich ein um etwa 230 t geringerer Ausstoß an CO<sub>2</sub>, was die Opportunitätskosten für CO<sub>2</sub>-Zertifikate senkt. Dies führt dazu, dass sich der Aufwand für die DSWÜ-Investition und -Montagekosten in deutlich weniger als zwei Jahren amortisiert.

Zusätzlich entlastet die Brenngasnachwärmung das Rückkühlsystem des Ölkühlers, da die sechs Trockenkühler rund neun Prozent weniger Wärme abführen müssen. Um den gleichen Prozentsatz verringert sich auch der Stromverbrauch der Ventilatoren der Kühler.

Die – vom Umbau her aufwendigste – Optimierung wurde im Trakt der Verbrennungsluftzufuhr der Gasturbinen realisiert. Der Auslöser dafür waren die bei der ursprünglichen Ausführung des Ansaugluftsystems fehlenden Maßnahmen gegen Vereisung. Auch eine nachträgliche Zumischung warmer Abluft zur Ansaugluft konnte die Eisbildung nicht sicher vermeiden. Eine umfassende Lösung brachte 2007 an

medium bis unter die Temperatur der Außenluft gekühlt werden.

Als Kühlmedium wird im HKW Süd ein Teilstrom des Wasser-Glykol-Gemisches eingesetzt, das zur Generator- und Schmierölkühlung dient. Diese parallel zum Turbosatz erfolgte Einbindung ermöglichte eine einfache Nachrüstung ohne zusätzliche Umwälzpumpe.

Im Winter wird der in den Trockenkühlern auf etwa 20 °C vorgekühlte Wärmeträger in den äußerst effizienten Hybridkühlelementen weiter abgekühlt, zeitweise bis unter den Gefrierpunkt. Die dabei der Ansaugluft zugeführte Abwärme genügt, um auch bei kritischen Luftzuständen, im Temperaturbereich von –5 °C bis +5 °C bei einer relativen Luftfeuchte über 80 Prozent, die in Potsdam statistisch über 300 Stunden im Jahr auftreten, eine Eisbildung sicher zu verhindern.

Der in den Hybridkühlelementen abgekühlte Teilstrom mischt sich mit dem in der Turbinenkühlung aufgeheizten Hauptstrom. Die so erreichte Temperaturabsenkung entlastet die Trockenkühler, so dass deren Ventilatoren teilweise ganz abgeschaltet oder

Auch dafür genügt die Temperatur des Kühlkreislaufes. Dabei wird ein deutlich höherer Teillastwirkungsgrad erreicht als bei einer Leistungsabsenkung durch die sonst übliche Verstellung der Leitschaufeln des Verdichters der Gasturbine. Die so bewirkte Drosselung des Luftmassenstromes vermindert nicht nur die elektrische Leistung des Dampfteils, sondern verschlechtert auch den Gesamtwirkungsgrad der GuD-Anlage. Als Ergebnis der Vorwärmung oder Kühlung der Ansaugluft kann bei einer Außenlufttemperatur von 25 °C die Leistung der serienmäßig mit 22,5 MW ausgelegten Gasturbine von 20,5 MW bis 23,7 MW bedarfsgerecht variiert werden.

#### Brenngasnachwärmung mit Schmierölabwärme

Die positiven Erfahrungen aus der Nachrüstung der Gasturbine 1 mit der hybriden Verbrennungsluftkonditionierung bestätigen, dass eine höhere Leistungsflexibilität mit einem im weiten Betriebsfeld verbesserten Wirkungsgrad einhergeht. So steigt bei einer Außenlufttemperatur von 25 °C durch Ansaugluftbefeuchtung der Wirkungsgrad der Gasturbine um 0,43 Prozentpunkte.

Dies führt zu insgesamt höheren Einnahmen beziehungsweise zu niedrigeren Betriebskosten, die eine Rückflussdauer für das zum Umbau eingesetzte Kapital von rund 2,5 Jahren ermöglichen. Deshalb wurde bereits 2008 auch an der Gasturbine 2 ein neues Filterhaus in gleicher Technik errichtet.

Der wichtigste „Erfolgsfaktor“ für die Optimierung des GuD-Heizkraftwerkes Süd war Kraftwerksleiter Weißleder, unterstreicht Triesch: „Es ist seiner hohen technischen Kompetenz, seiner Weitsicht, seiner Risikobereitschaft zum Einsatz neuer Technik, seinem Vertrauen und seinem Durchsetzungsvermögen zu verdanken, dass es zu dieser, bis heute leider einzigen, zugleich aber einzigartigen Referenzanlage für hybride Verbrennungsluftkonditionierung in Kombination mit dreistufiger Luftfilterung gekommen ist.“ E&M

Die Entwicklung der Gasturbinentechnik lobt Frank Triesch: „Die Hersteller haben einiges getan, um die Turbineneintrittstemperatur und so den Wirkungsgrad ihrer Aggregate zu erhöhen.“ Leider wird weit weniger Augenmerk der nicht so spektakulären Optimierung der Gesamtanlage gewidmet, kritisiert zugleich der promovierte Ingenieur. Das Ganze zu sehen und dabei den Blick für das Detail nicht zu verlieren, darum bemüht sich Triesch mit seinem Leipziger Ingenieurbüro Thermo Integral.

Ein Paradebeispiel dafür, was an Systemverbesserungen erreicht werden kann, ist das GuD-Heizkraftwerk Potsdam Süd der Energie und Wasser Potsdam GmbH (EWP). Dort werden seit 1996 zwei von ABB in Schweden gefertigte 24,8-MW-Gasturbinen GT 10B betrieben (eine Turbinenreihe, die indessen Siemens von Alstom übernommen hat und als SGT-600 anbietet), an denen Triesch einige Optimierungsmaßnahmen umsetzen konnte. In Bernd Weißleder, dem Leiter der EWP-Abteilung Erzeugung, fand er dabei einen innovationsfreudigen Partner.

#### Gasvorwärmung mit Fernwärmerücklauf

Der erste Ansatzpunkt im HKW Süd war die Gasdruckregelanlage. Dort werden zur Gasvorwärmung, mit der die Abkühlung des Erdgases bei Drosselung vom Pipeline- auf den Verbrauchsdruck kompensiert wird, Doppelrohrsicherheitswärmeübertrager (DSWÜ) eingesetzt. Diese von Thermo Integral und der Gea speziell zur Gasvorwärmung entwickelten Wärmeübertrager wurden 1993 in den Markt eingeführt. Die 1995 in Potsdam aus-

geführte Installation zählte zu den ersten Referenzanlagen der neuen Technik. Wegen fehlender Erfahrung hatte der zuständige Planer seinerzeit vorgesehen, die DSWÜ-Anlage indirekt in den Fernwärmevorlauf einzubinden.

So heizt der aus dem HKW ausgekoppelte Fernwärmevorlauf über Plattenwärmeübertrager einen zwischengeschalteten Wasserkreislauf, mit dem die Gasvorwärmung versorgt wird. Dadurch mussten die DSWÜ bei 70 °C Vor- und 58 °C Rücklaufftemperatur größer als bei einer direkten Einbindung ausgelegt werden. Auch die Fernwärmerücklaufftemperatur aus der indirekten Gasvorwärmung von 63 °C erwies sich nicht als optimal. Zudem wurden sicherheitshalber zwei Doppelrohrsicherheitswärmeübertrager installiert, von denen jeder die erforderliche Maximalleistung von 965 kW bereitstellt. Dabei benötigt die DSWÜ-Technik keine zusätzlichen Reserven, weil diese in ihren Hauptkomponenten bereits doppelt ausgeführt ist und eventuell entstehende Leckagen selbst erkennt. Die Zuverlässigkeit der DSWÜ hat sich in einem zehnjährigen Betrieb ohne jegliche Beanstandung bestätigt, freut sich Triesch.

Deshalb wagte es die EWP im Jahr 2006, entsprechend dem Vorschlag von Thermo Integral, auf den Zwischenkreislauf zu verzichten. Dabei konnten die vorhandenen Reserven dazu genutzt werden, die DSWÜ mit dem kühleren Fernwärmerücklauf direkt zu beheizen und auch so die erforderliche Gastemperatur von maximal 33,6 °C vor der Druckreduzierung einzuhalten. Dafür wurde lediglich die bisherige Zwischenkreispumpe direkt in den Rücklauf der Fernwärmehauptleitung eingebunden. Dadurch reduziert sich der Bedarf an Fernwärmevorlaufwasser- und Pumpenergie im HKW um rund 1,2 Prozent.

Zusätzlich verringert sich die Rücklaufftemperatur aus der DSWÜ-Anlage auf 48 °C, was zur Abkühlung des gesamten Fernwärmerücklaufes um etwa



Mit der Abwärme des Gasturbinen-Ölkühlers wird im HKW Süd der EWP Brenngas nachgewärmt