



Fachbericht

Prof. Dr. Ing. Eberhard Franz, vereidigter Sachverständiger für Dampferzeugung und Energieverfahrenstechnik von der Industrie- und Handelskammer Nürnberg für Mittelfranken
Dipl.-Wirtschaftsingenieur (FH), Dipl.-Informationswirt (FH) Markus Tuffner,
Bosch Industriekessel GmbH



BOSCH
Technik fürs Leben

Kaltstart von Großwasserraumkesseln

Einleitung

Kaltstarts bewirken für Großwasserraumkessel eine erheblich größere mechanische Belastung als der Regelbetrieb. Ein Kaltstart ist bei der erstmaligen Inbetriebnahme unvermeidlich. Kaltstart-ähnliche Vorgänge können allerdings auch nach der Erstinbetriebnahme, zum Beispiel nach längeren Stillstandszeiten oder bei Mehrkesselanlagen mit Folgesteuerung ohne Druck- und Temperaturhaltung auftreten. Sie zeichnen sich dadurch aus, dass das Wasser im Kessel nicht siedet. Beispielsweise hat das Wasser bei der erstmaligen Inbetriebnahme eine Temperatur von etwa 20 °C und ist somit um 80 K kälter als bei einem Absolutdruck von 1 bar siedendes Wasser.

Der Grund für die höhere mechanische Belastung bei Kaltstarts ist der gegenüber dem Regelbetrieb wesentlich höhere Temperaturunterschied zwischen Flammrohr und Kesselmantel. Deswegen dehnt sich das Flammrohr relativ zum Kesselmantel deutlich stärker aus als im Regelbetrieb. Dies führt zwischen Flammrohr und Kesselmantel bzw. Flammrohr und kälteren Rauchrohren zu einer erheblich gesteigerten mechanischen Beanspruchung der jeweiligen Verbindungs- und Verankerungselemente wie z. B. Flammrohr/Bodenverbindung, Ankerrohre, Flammrohr/Wendekammerverbinder, Eckanker etc..

Im Folgenden werden zunächst Berechnungen für den Temperaturunterschied von Flammrohr und Kesselmantel gezeigt und anschließend zusammenfassend bewertet.

Berechnung des Temperaturunterschieds Flammrohr – Kesselmantel beim Kaltstart

Anhand eines einfachen Rechenmodells wurde die gemittelte Flammrohrtemperatur berechnet. Dabei wurden folgende, praxisnahe Annahmen getroffen:

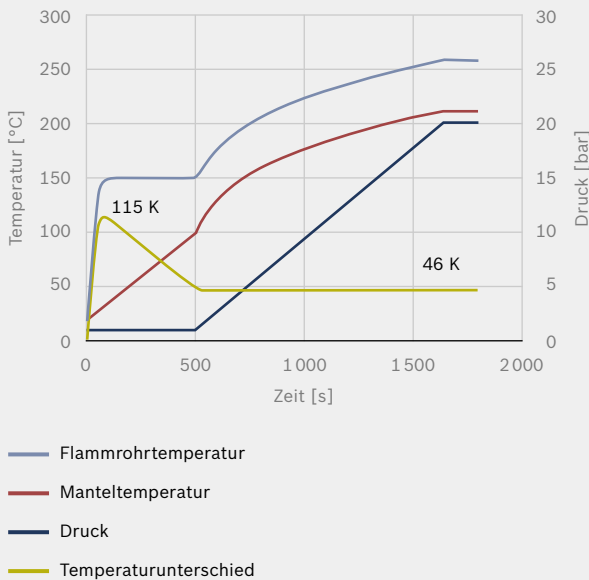
- Der Aufheizvorgang erfolgt zunächst mit geöffnetem Dampfnahmeventil bei einem Absolutdruck von 1 bar. Die Temperatur des Kesselwassers beträgt zu Beginn 20 °C und steigt linear mit der Zeit bis zum Erreichen des Siedezustandes (Phase 1).
- Danach erfolgt der Aufheizvorgang mit geschlossenem Dampfnahmeventil. Als Druckanstieg wurde 1 bar/min zugrundegelegt, was dem üblichen Druckanstieg in einem Großwasserraumkessel bei Brennervollast und geschlossenem Dampfnahmeventil entspricht (Phase 2).

Die Berechnungen wurden bei unterschiedlichen Brennerlasten während der ersten Phase durchgeführt, in der zweiten Phase wurden jeweils 100% Brennerlast angenommen.

Der Mantel eines Großwasserraumkessels besitzt in guter Näherung die Temperatur des Kesselwassers. Er unterliegt deswegen einer deutlich geringeren temperaturbedingten Längung als das von der Brennerflamme stark beheizte Flammrohr. Die Temperaturdifferenz zwischen der gemittelten Flammrohrtemperatur und der Kesselmanteltemperatur ist somit ein Maß für die unterschiedliche Längenänderung von Flammrohr und Kesselmantel. Die unterschiedliche Längenänderung, im Fachjargon auch als „Flammrohrschub“ bezeichnet, muss von den Verbindungselementen aufgenommen werden.

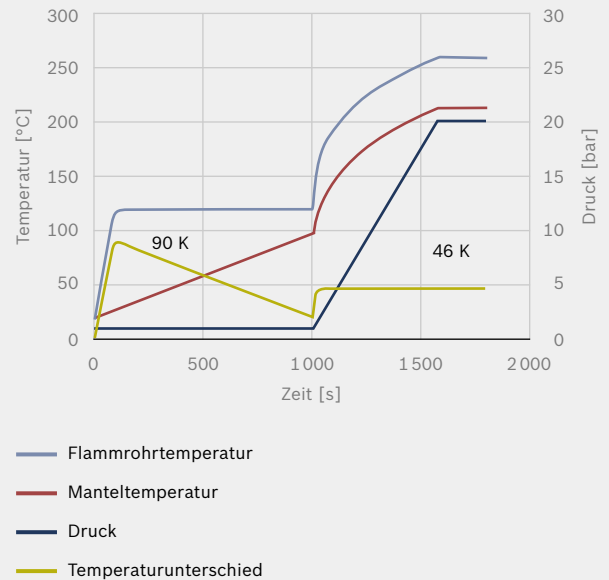
Grafik 1: Ergebnis einer Berechnung mit 100% Brennerlast in Phase 1.

Über der Zeit ist aufgetragen: die Temperatur des Kesselmantels, die gemittelte Flammrohrtemperatur, deren Differenz, der absolute Kesseldruck.



Grafik 2: Verhältnisse für 25% Brennerlast in Phase 1.

Aufgrund der Reduzierung der Beheizung vergehen 2000 s, bis das Kesselwasser siedet. Das Maximum der Temperaturdifferenz zwischen Kesselwasser und Flammrohr beträgt 90 K, somit immer noch das 1,96-fache des Wertes im Regelbetrieb.



Aufgrund der hohen Brennerlast dauert es nur etwa 500 s, bis das Wasser im Kessel seine Siedetemperatur erreicht hat. Bemerkenswert ist der Verlauf der Temperaturdifferenz. Sie erreicht mit 115 K ihr Maximum. Dieses ist das 2,5-fache des Werts im Regelbetrieb (46 K). Mit anderen Worten: der Flammrohrschub ist während eines Kaltstarts mit 100% Brennerlast in Phase 1 bis zu 2,5 mal so groß wie im Regelbetrieb. Daraus muss eine gegenüber dem Regelbetrieb erheblich gesteigerte mechanische Belastung des Großwasserraumkessels abgeleitet werden. Die einzige dem Kesselbetreiber mögliche Einflussnahme hierauf ist die Reduzierung der Brennerlast in Phase 1.

Zusammenfassung

Kaltstarts bedingen eine erhebliche größere mechanische Belastung als der Regelbetrieb. Sie sollten mit einer möglichst geringen Brennerlast bis zum Erreichen des Siedezustands erfolgen. Allerdings ist anzumerken, dass selbst bei einer Brennerlast von nur 25% der maximale Flammrohrschub noch fast das Doppelte des stationären Wertes beträgt. Deswegen sollten kaltstartähnliche Vorgänge nach dem ersten unvermeidlichen Kaltstart weitgehend vermieden werden.

Im Interesse eines schadensfreien Betriebs ist bei Anlagen, die nur temporär und mit längeren Stillstandsphasen betrieben werden (zum Beispiel Stillstand am Wochenende oder redundant ausgeführte Anlagen mit Folgesteuerung) dringend die Ausrüstung mit einer Druck- und Temperaturhaltung nach dem Stand der Technik zu empfehlen.

Produktionsstätten:
Werk 1 Gunzenhausen
 Bosch Industriekessel GmbH
 Nürnberger Straße 73
 91710 Gunzenhausen
 Deutschland

Werk 2 Schlungenhof
 Bosch Industriekessel GmbH
 Ansbacher Straße 44
 91710 Gunzenhausen
 Deutschland

Werk 3 Bischofshofen
 Bosch Industriekessel Austria GmbH
 Haldenweg 7
 5500 Bischofshofen
 Österreich

www.bosch-industrial.com

© Bosch Industriekessel GmbH | Abbildungen nur beispielhaft | Änderungen vorbehalten | 07/2012 | 07/2012 | TT/SLI_de_FB-Kaltstart_01