



BOSCH
Technik fürs Leben

Fachbericht

www.bosch-industrial.com

Kaltstart von Großwasserraumkesseln

Prof. Dr. Ing. Eberhard Franz, vereidigter Sachverständiger für Dampferzeugung und Energieverfahrenstechnik von der Industrie- und Handelskammer Nürnberg für Mittelfranken

Kaltstarts bewirken für Großwasserraumkessel eine erheblich größere, mechanische Belastung als der Regelbetrieb. Ein Kaltstart ist bei der erstmaligen Inbetriebnahme unvermeidlich.

Kaltstartähnliche 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/Wendekammerverbindungen, Eckanker etc..

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

Berechnung des Temperaturunterschieds zwischen Flammrohr und Kesselmantel beim Kaltstart

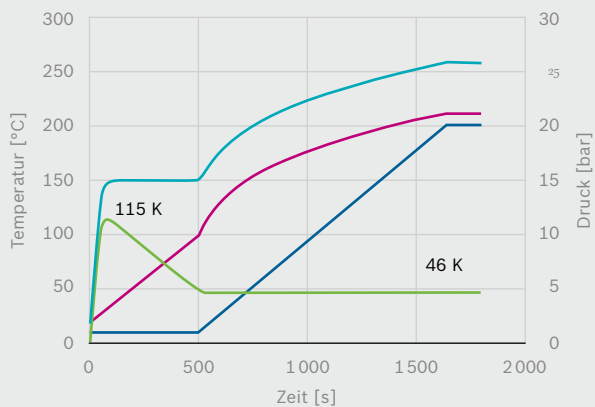
Anhand eines einfachen Rechenmodells wird die gemittelte Flammrohrtemperatur berechnet. Dabei werden folgende,

praxisnahe Annahmen getroffen:

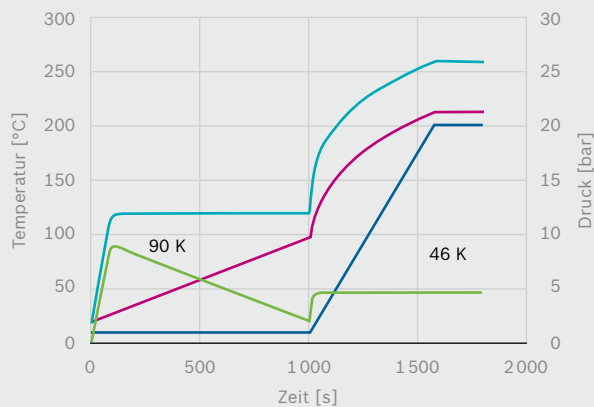
- ▶ Der Aufheizvorgang erfolgt zunächst mit geöffnetem Dampfentnahmeventil bei einem Absolutdruck von 1 bar. Die Temperatur des Kesselwassers beträgt zu Beginn 20 °C und steigt linear mit der Zeit bis zum Erreichen des Siedezustandes (Phase 1).
- ▶ Danach erfolgt der Aufheizvorgang mit geschlossenem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

Die Berechnungen werden bei unterschiedlichen Brennerlasten während der ersten Phase durchgeführt, in der zweiten Phase werden 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. Aufgrund der hohen Brennerlast dauert es nur etwa 500 Sekunden, bis das Wasser im Kessel seine Siedetemperatur erreicht hat. Bemerkenswert ist der Verlauf der Tempera-



— Flammrohrtemperatur — Manteltemperatur — Druck — Temperaturunterschied



Grafik 1 zeigt das Ergebnis einer Berechnung mit 100 % Brennerlast in Phase 1. Über der Zeit sind aufgetragen: die Temperatur des Kesselmantels, die gemittelte Flammrohrtemperatur, deren Differenz, der absolute Kesseldruck.

Grafik 2 zeigt die Verhältnisse mit 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.

turdifferenz. 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 (Grafik 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 (Grafik 2).

Belastung als der Regelbetrieb. Sie sollten mit einer möglichst geringen Brennerlast bis zum Erreichen des Siedezustands erfolgen. Selbst bei einer Brennerlast von nur 25 % beträgt der maximale Flammrohrschub noch fast das Doppelte des stationären Wertes. Deswegen sollten kaltstartähnliche Vorgänge weitgehend vermieden werden.

Zusammenfassung

Kaltstarts bedingen eine erheblich größere mechanische

Im Interesse eines schadenfreien Betriebs ist bei Anlagen, die nur temporär und mit längeren Stillstandsphasen betrieben werden, dringend die Ausrüstung mit einer Druck- und Temperaturhaltung nach dem Stand der Technik zu empfehlen.

Bosch Industriekessel GmbH

Nürnberger Straße 73
91710 Gunzenhausen
Deutschland
Tel. +49 9831 56253
Fax +49 9831 5692253
vertrieb-de@bosch-industrial.com
Service-Hotline +49 180 5667468*
Ersatzteil-Hotline +49 180 5010540*

info@bosch-industrial.com
www.bosch-industrial.com
www.bosch-industrial.com/YouTube

Bosch Industriekessel Austria GmbH

Haldenweg 7
5500 Bischofshofen
Österreich
Tel. +43 6462 2527310
Fax +43 6462 252766310
vertrieb-at@bosch-industrial.com
Service-Hotline +43 810 810300**
Ersatzteil-Hotline +49 180 5010540*

*0,14 Euro/Min. aus dem deutschen Festnetz; Mobilfunkhöchstpreis 0,42 Euro/Min.

**max. 0,10 Euro/Min. aus dem österreichischen Festnetz

Kosten für Anrufe aus den Mobilfunknetzen und internationale Verbindungen können abweichen.