



Fachbericht

Dipl.-Ing. Jochen Loos
Dipl.-Wirtschaftsingenieur (FH), Dipl.-Informationswirt (FH)
Markus Tuffner, Bosch Industriekessel GmbH



BOSCH
Technik fürs Leben

Leistungsregelung von Dampfkesseln

Einleitung

Die Leistungsregelung von Dampfkesseln erfolgt üblicherweise über die Führungsgröße Druck durch Beeinflussung der über den Brenner zugeführten Wärmeleistung.

Bei zunehmender Dampfabnahme kommt es zu einem Absinken des Dampfdruckes, wodurch über die Leistungsregelung die Energiezufuhr erhöht wird und umgekehrt.

Bei gleichmäßiger Leistungsabnahme pendelt sich der Brennerbetrieb bei stufenlosen Brennern und richtig eingestellter Regelung ein und der Druck wird innerhalb vertretbarer Grenzen konstant gehalten.

Schnelle Leistungsänderungen führen je nach Kessel- und Brennerbauart sowie Regelung zu mehr oder weniger starken Druckunter- bzw. -überschreitungen. Bei stufig geregelten Brennern können dann undefinierte Betriebszustände eintreten.

Um einen störungsfreien, energieschonenden, umweltfreundlichen und verschleißarmen und damit kostengünstigen Betrieb sowohl des Kessels, als auch seiner Komponenten zu erreichen, hat die Auswahl des richtigen Auslegungsdruckes des Kessels sowie dessen Leistung großen Einfluss hierauf.

Nachfolgend werden Zuständigkeit, Auswahlkriterien für Auslegungsdruck und Kesselleistung sowie die Folgen falscher Druck- und Leistungsauswahl aufgezeigt.

Aufgabe des Planers

Der Planer einer Kesselanlage muss über die Verbrauchskriterien durch den Kunden informiert sein oder selbst Fachplaner für die entsprechenden Anwendungsbereiche sein.

In Abstimmung mit einem qualifizierten Kesselhersteller kann dann für den jeweiligen Anwendungsfall unter Berücksichtigung der Abnehmer sowie der Brennerregelung eine optimierte Festlegung des Kesselauslegungsdruckes sowie der Kesselleistung erfolgen.

Hierbei sind auch die kesselbauartbedingten Kriterien mit einzubeziehen, so dass bei der Auswahl des Kessels bereits eine Vorentscheidung für dessen Bauart, z. B. Schnelldampferzeuger oder Großwasserraumkessel, zu treffen ist.

Wird eine Vorauswahl in Bezug auf die Kesselbauart nicht gewünscht, muss von vornherein auf Grund der besonderen Verhältnisse bei Schnelldampferzeugern eine noch deutlich höhere Druckstufe vorgesehen sowie eine möglichst genaue Leistungsermittlung vorgenommen werden.

Dies ist sicherlich für den Großwasserraumkessel absolut unschädlich, bedingt jedoch in der Regel erhöhte Investitionskosten.

Diese Kosten werden allerdings durch die sehr viel günstigere Fahrweise meistens nach 2–3 Jahren amortisiert. Hierauf soll später detaillierter eingegangen werden.

Auswahl des Auslegungsdruckes (Ansprechdruck des Sicherheitsventiles)

Am Verbraucher wird nur ein Mischdruck mit Drucktoleranzen nach oben und unten benötigt (mittlerer Betriebsüberdruck)

- ▶ Großwasserraumkessel mit zweistufiger Feuerung:
Der Ansprechdruck des Sicherheitsventiles soll mindestens 120% des benötigten mittleren Betriebsüberdruckes betragen.
- ▶ Großwasserraumkessel mit dreistufiger Feuerung:
Der Ansprechdruck des Sicherheitsventiles soll mindestens 128% des benötigten mittleren Betriebsüberdruckes betragen.
- ▶ Großwasserraumkessel mit stufenloser Feuerung:
Der Ansprechdruck des Sicherheitsventiles soll mindestens 120% des benötigten mittleren Betriebsüberdruckes betragen.
- ▶ Schnelldampferzeuger mit zweistufiger Feuerung:
Der Ansprechdruck des Sicherheitsventiles soll mindestens 150% des benötigten mittleren Betriebsüberdruckes betragen.

Der Verbraucher benötigt einen Mindestdruck

Die Einhaltung eines Mindestdruckes erfordert die Auswahl einer deutlich höheren Druckstufe bei der Kesselbestimmung. Der mittlere Betriebsüberdruck und in der Folge der Sicherheitsventil Ansprechdruck muss soweit vom Mindestdruck nach oben gelegt werden, dass auch bei plötzlichen Lastspitzen ein Unterschreiten des geforderten Mindestdruckes nicht erfolgt. Für solche Anforderungen kann keine pauschale Aussage gemacht werden und muss eine Festlegung des Auslegungsdruckes fallbezogen erfolgen.

Sonstige Anforderungen

Eine Feinregelung des Druckes für Verbraucher ist im Kessel nicht möglich und muss durch einen nachgeschalteten Druckregler (vorzugsweise unmittelbar vor dem Verbraucher) mit der notwendigen Druckregelgenauigkeit erfolgen. Der Kessel selbst muss jedoch für diesen Druckregler immer einen entsprechend überhöhten Dampfdruck zur Verfügung stellen, wobei Leitungsdruckverluste zwischen Kessel und Verbraucher zusätzlich zu berücksichtigen sind.

Bezüglich der Leistungsbestimmung der Einzelkessel bei Mehrkesselanlagen müssen weitere Kriterien beachtet werden, die in einer gesonderten Abhandlung beschrieben werden (Literaturhinweis: Fachbericht „Kessel und Brenner korrekt kombinieren“). Weiteren Einfluss auf die Bestimmung des Auslegungsdruckes sowie die Festlegung der Leistungsaufteilung unter den Kesseln hat die Forderung nach einer Folgeschaltung in Mehrkesselanlagen, insbesondere wenn diese über den Netzdruck gesteuert werden soll.

Auswirkungen falscher Druckauslegung

Bei zu niedriger Auslegung des Kesseldruckes treten folgende Probleme auf:

- ▶ Der Mindestdruck kann nicht gesichert werden und es führt zu Druckunterschreitungen mit eventuellen Problemen bei den Verbrauchern.
- ▶ Der mittlere Betriebsüberdruck wird nicht erreicht bzw. es wird sich eine zu große Abweichung vom mittleren Betriebsüberdruck einstellen.
- ▶ Zur Erzielung möglichst geringer Abweichungen von den Vorgaben wird der Inbetriebnahmetechniker gezwungen, eine enge Regelbandeinstellung vorzunehmen, welche zu einer hohen EIN/AUS-Schalt- und Pendelquote am Brenner führt.

In der Folge ergibt sich daraus ein hohes Störpotential durch zu häufige Zündung und potentiell Zündabbruch sowie übermäßiger Verschleiß von Kessel und Brennerkomponenten mit erheblichen Kostenauswirkungen.

Einem besonders hohen Verschleiß im Brennerbereich unterliegen insbesondere die schaltungsabhängigen Komponenten, wie Zündtrafo, Zündelektroden, Magnetventile, Stellmotore und deren Endschalter sowie Feuerungsautomat.

Der Energieverbrauch erhöht sich durch unnötige Vorlüftverluste. Wiederholte Schweißreparaturen am Druckkörper werden notwendig durch ständige Thermowechselbeanspruchung.

Die Lebensdauer des Kessels verkürzt sich zum Teil dramatisch. Neben all diesen Faktoren rein wirtschaftlicher Art sind mit solchen Betriebsweisen auch erhöhte Umweltbelastungen verbunden, da in der Start- und Regelphase die umweltrelevanten Werte – insbesondere CO und NO_x – deutlich erhöht sind, bis es zur Stabilisierung der Flamme kommt.

Auswirkungen zu hoch geplanter Leistung im Verhältnis zur tatsächlichen Abnahme

Auch hier werden immer wieder grobe Fehler festgestellt, nämlich, dass der Einzelkessel oder die Gesamtanlage sehr häufig viel zu groß dimensioniert ist. Dadurch kann der Brenner über seinen Regelbereich Mindestlasten nicht mehr ausfahren, was zu häufigen Schaltungen, Druckexkursionen und den übrigen vor erwähnten Nachteilen führt. Auch hier ist insbesondere der Schnelldampferzeuger gegenüber dem Großwasserraumkessel im Nachteil und muss im Besonderen eine möglichst exakte Bedarfsermittlung und abnahmebezogene Kesselleistungsermittlung erfolgen.

Praxisbeispiel

Am folgenden Beispiel kann deutlich aufgezeigt werden, welche gravierende wirtschaftliche Nachteile eine falsche Auslegung oder Druckeinstellung haben kann:

Im Grafik 1 wird der Druckverlauf vor und in Grafik 2 nach der Korrektur durch den Servicetechniker dokumentiert.

Grundsätzlich ist der installierte Kessel erheblich überdimensioniert und besitzt einen zweistufig geregelten Brenner.

Vor der Reglerkorrektur (Grafik 1) betrug die Druckdifferenz der Umschaltung von Groß- auf Kleinlast und umgekehrt 1,6 bar. Der Brenner pendelte in der Stunde 54 mal zwischen Groß- und Kleinlast hin und her.

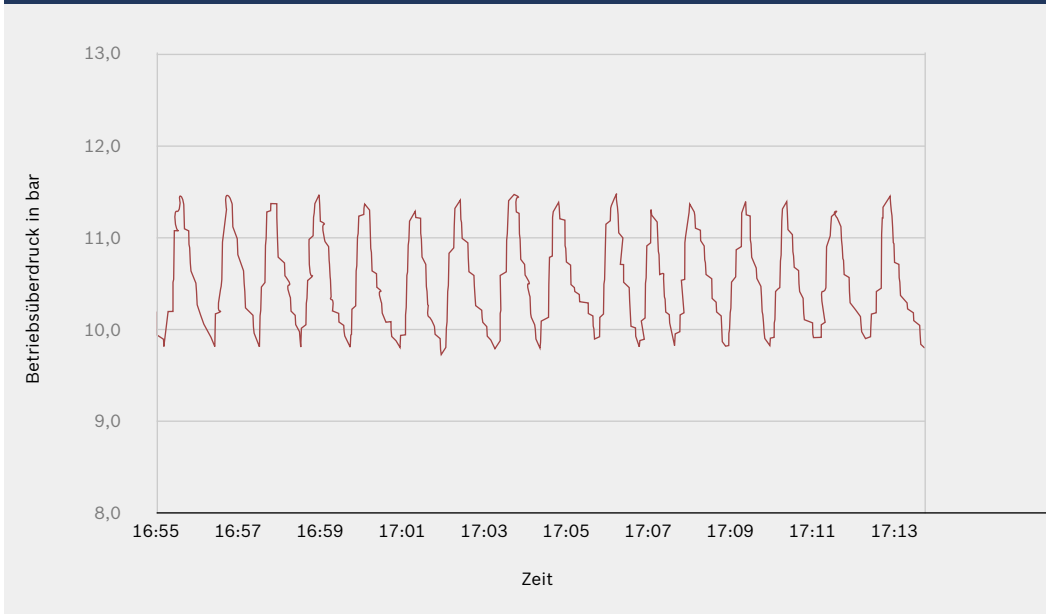
Nach der Reglerkorrektur (Grafik 2) konnte das Pendeln zwar aufgrund der zu großen Leistung des Brenners im Verhältnis zur Abnahme nicht beseitigt werden, jedoch deutlich auf 18 Schaltungen pro Stunde gesenkt werden.

Die zu erwartende mittlere Lebensdauer eines fiktiven Teiles dieses Brenners bei der Annahme von 4000 Betriebsstunden pro Jahr und einer Lebensdauererwartung von 175000 Schaltspielen betrug bei der Fahrweise nach Grafik 1 weniger als ein Jahr und verlängerte sich durch die Fahrweise gemäß Grafik 2 auf ca. zweieinhalb Jahre.

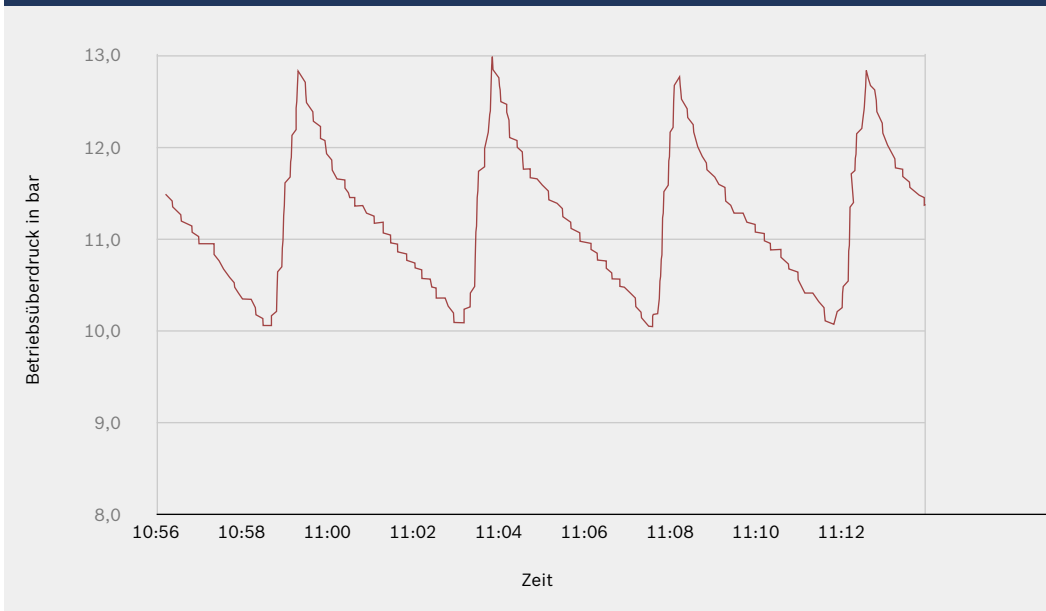
Natürlich ist diese Lebensdauer noch nicht befriedigend, jedoch durch Änderungen an dem Druckregler kaum noch verbesserbar. Weitere Verbesserungen können nur durch eine Leistungsreduzierung des Kessels erreicht werden.

Im Beispielfall müsste hierzu zur Erzielung eines besseren Regelbereiches der Brenner gegen einen kleineren Brenner ausgetauscht werden.

Grafik 1



Grafik 2



Kostenauswirkungen

In Grafik 3 ist die Lebensdauer eines Bauteiles in Abhängigkeit von der Anzahl stündlicher Schaltspiele aufgetragen. Es ist deutlich der Einfluss der Anzahl Schaltungen auf die Lebensdauer zu erkennen.

Im Praxisbeispiel bedeutet dies, dass die Magnetspule des Gas-magnetventils mit einem Ersatzteilpreis in Höhe von ca. 300 Euro bei der Fahrweise nach Grafik 1 jährliche Reparaturkosten incl. Personalkosten (bei Austausch durch den Kunden selbst) von ca. 500 Euro verursachen, bei Fahrweise nach Grafik 2 ca. 200 Euro, Jeweils ohne Berücksichtigung weiterer Kosten für andere auszutauschende Teile sowie für Kundendiensttechniker, Betriebsausfall, Kundenverlust etc.

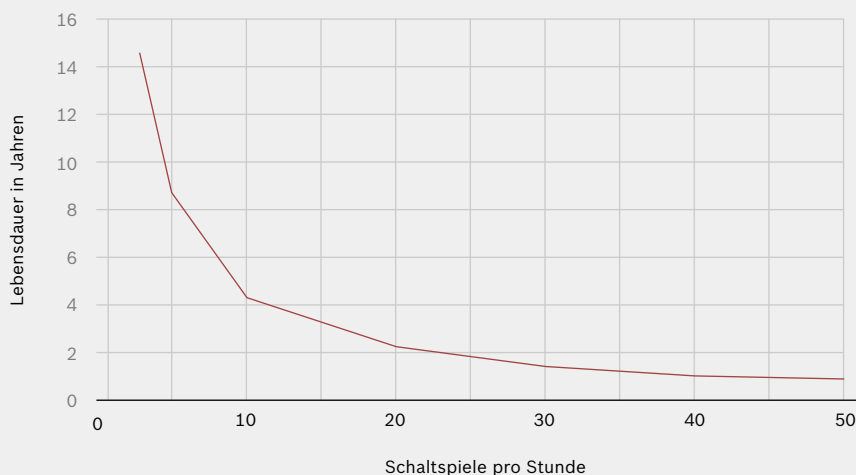
Zusammenfassung

Die vorstehenden Ausführungen zeigen auf, dass der Bestimmung von Absicherungsdruck und Kesselleistung eine sehr große Bedeutung zuzumessen ist. Planern von entsprechenden Anlagen wird dringend empfohlen, sich in diesen Fragen frühzeitig mit einem qualifizierten Kesselhersteller abzustimmen.

Die Bosch Industriekessel GmbH liefert Dampfkesseln serienmäßig mit einem Zähler, der die Brenneranläufe erfasst und frühzeitig eine ungünstige Betriebsweise für den Betreiber erkennbar macht.

Die regelmäßige Betreuung (vorzugsweise vierteljährlich) der Kesselanlage durch den qualifizierten Kundendiensttechniker und die jeweilige Anpassung der Regelung an die Betriebsanforderungen des Kunden ist ein ebenso wichtiges Element bei der Werterhaltung und Kostenminimierung. Fehler jedoch, die bereits in der Planungsphase gemacht werden, sind in der Regel irreversibel und schränken die optimale Nutzung von Kesselanlagen zum Teil erheblich ein.

Grafik 3: Lebensdauer von Bauteilen in Abhängigkeit der Schalthäufigkeit



Annahme: 4000 Betriebsstunden pro Jahr, mittlere Lebensdauer 175000 Schaltspiele

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 | TT/SLI_de_FB-Leistungsregelung_01