



**BOSCH**

Technik fürs Leben



# Fachbericht

[www.bosch-industrial.com](http://www.bosch-industrial.com)

## Leistungsregelung von Dampfkesseln

Dipl.-Ing. Jochen Loos

Dipl.-Wirtschaftsing. (FH), Dipl.-Informationswirt (FH), Markus Tuffner, Bosch Industriekessel GmbH

### Einleitung

Die Leistungsregelung von Dampfkesseln erfolgt üblicherweise über die Führungsgröße Druck durch Beeinflussung der über den Brenner zugeführten Wärmeleistung. Bei zunehmender Dampfnahme kommt es zu einem Absinken des Dampfdrucks, 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, verschleißarmen und somit kostengünstigen Betrieb sowohl des Kessels als auch seiner Komponenten zu erreichen, hat die Auswahl des richtigen Auslegungsdrucks 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 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 Kesselauslegungsdrucks als auch der Kesselleistung erfolgen. Hierbei sind auch die kesselbauartbedingten Kriterien mit einzubeziehen, sodass bei der Auswahl des Kessels bereits eine Vorentscheidung für dessen Bauart, z. B. Schneldampferzeuger oder Großwasserraumkessel, zu treffen ist. Wird eine Vorauswahl in Bezug auf die Kesselbauart nicht gewünscht, muss von vornherein, auf Grund der besonderen Verhältnisse bei Schneldampferzeugern, eine noch deutlich höhere Druckstufe vorgesehen und eine möglichst genaue Leistungsermittlung vorgenommen werden.

Dies ist 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 Auslegungsdruck (Ansprechdruck vom Sicherheitsventil)

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

- ▶ Großwasserraumkessel mit zweistufiger Feuerung:  
Der Ansprechdruck vom Sicherheitsventil soll mindestens 120 % des benötigten mittleren Betriebsüberdrucks betragen.
- ▶ Großwasserraumkessel mit dreistufiger Feuerung:  
Der Ansprechdruck vom Sicherheitsventil soll mindestens 128 % des benötigten mittleren Betriebsüberdrucks betragen.
- ▶ Großwasserraumkessel mit stufenloser Feuerung:  
Der Ansprechdruck vom Sicherheitsventil soll mindestens 120 % des benötigten mittleren Betriebsüberdrucks betragen.
- ▶ Schnelldampferzeuger mit zweistufiger Feuerung:  
Der Ansprechdruck vom Sicherheitsventil soll mindestens 50 % des benötigten mittleren Betriebsüberdrucks betragen.

### Der Verbraucher benötigt einen Mindestdruck

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

### Sonstige Anforderungen

Eine Feinregelung des Drucks für Verbraucher ist im Kessel nicht möglich und muss durch einen nachgeschalteten Druckregler (vorzugsweise unmittelbar vor dem Verbraucher) mit der not-

wendigen Druckregelgenauigkeit erfolgen. Der Kessel selbst muss jedoch für diesen Druckregler immer einen entsprechend überhöhten Dampfdruck zur Verfügung stellen, wobei Leistungsdruckverluste zwischen Kessel und Verbraucher zusätzlich zu berücksichtigen sind.

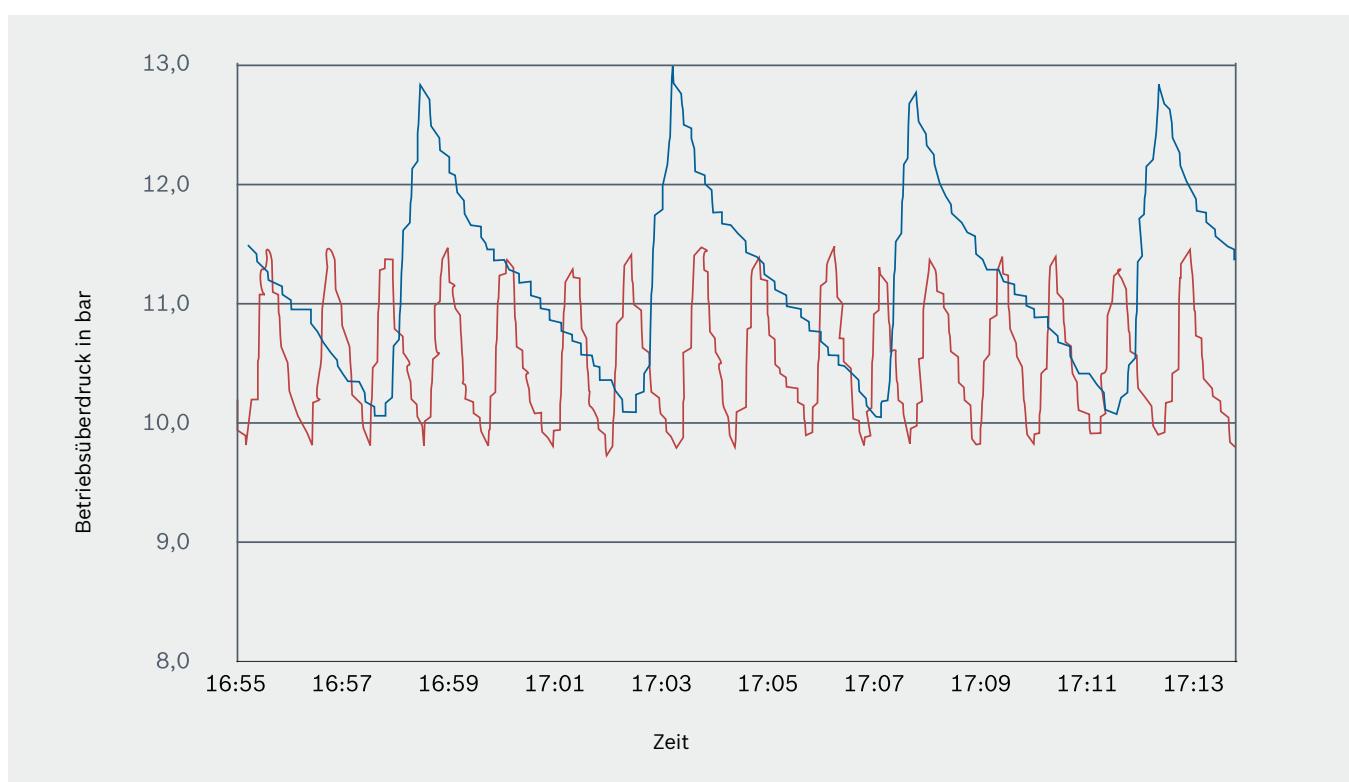
Bezüglich der Leistungsbestimmung der Einzelkessel bei Mehrkesselanlagen müssen weitere Kriterien beachtet werden, die in einer gesonderten Abhandlung beschrieben werden (Literaturhinweis: Fachbericht „Kessel und Brenner korrekt kombinieren“). Weiteren Einfluss auf die Bestimmung des Auslegungsdrucks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

## Auswirkungen falscher Druckauslegung

Bei zu niedriger Auslegung des Kesseldrucks 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 Kostenwirkungen.



Grafik 1: Druckverlauf vor (blau) und nach (rot) der Regelkorrektur durch den Bosch Industrieservice

Einem besonders hohen Verschleiß im Brennerbereich unterliegen insbesondere die schaltungsabhängigen Komponenten wie Zündtrafo, Zündelektrode, Magnetventil, Stellmotor, Endschalter und 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<sub>x</sub> – 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, in der Regel wird der Einzelkessel oder die Gesamtanlage sehr häufig viel zu groß dimensioniert. Dadurch kann der Brenner über seinen Regelbereich Mindestlasten nicht mehr ausfahren, was zu häufigen Schaltungen, Druckekursionen und den übrigen vorher erwähnten Nachteilen führt. Auch hier ist insbesondere der Schneldampferzeuger gegenüber dem Großwasserraumkessel im Nachteil und es muss im Besonderen eine möglichst exakte Bedarfsermittlung und abnahmebezogene Kesselleistungsermittlung erfolgen.

### Praxisbeispiel

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

In Grafik 1 wird der Druckverlauf vor (blauer Verlauf) und nach (roter Verlauf) der Korrektur durch den Servicetechniker dokumentiert.

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

Vor der Reglerkorrektur (blau) 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 (rot) 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 Teils dieses Brenners, bei der Annahme von 4 000 Betriebsstunden pro Jahr und einer Lebensdauererwartung von 175 000 Schaltungen betrug bei der Fahrweise vor der Korrektur weniger als ein Jahr und verlängerte sich durch die korrigierte Fahrweise auf etwa zweieinhalb Jahre.

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

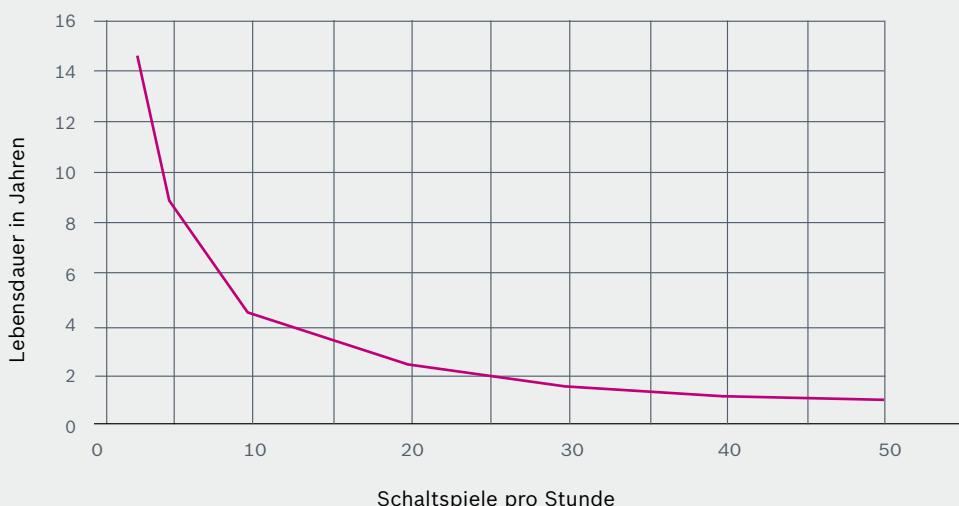
Im Beispieldfall müsste zur Erzielung eines besseren Regelbereichs der Brenner gegen einen kleineren Brenner ausgetauscht werden.

## Kostenauswirkungen

In Grafik 2 ist die Lebensdauer eines Bauteils in Abhängigkeit von der Anzahl stündlicher Schaltspiele aufgetragen. Es ist deutlich der Einfluss der Schaltungsanzahl auf die Lebensdauer zu erkennen.

Im Praxisbeispiel bedeutet dies, dass die Magnetspule vom Gas-magnetventil, bei der Fahrweise nach Grafik 1 (rot), jährliche Reparaturkosten incl. Personalkosten von ca. 500 Euro verursacht. Bei Fahrweise nach blau liegen die Reparaturkosten lediglich bei ca. 200 Euro. Jeweils ohne Berücksichtigung weiterer Kosten für andere auszutauschende Teile sowie für Kundendiensttechniker, Betriebsausfall, Kundenverlust etc.

Annahme: 4 000 Betriebsstunden pro Jahr, mittlere Lebensdauer 175 000 Schaltspiele



Grafik 2: Lebensdauer von Bauteilen in Abhängigkeit der Schalthäufigkeit

## Zusammenfassung

Die 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 Dampfkessel 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.

### Bosch Industriekessel GmbH

Nürnberg Straße 73  
91710 Gunzenhausen  
Deutschland  
Tel. +49 9831 56253  
Fax +49 9831 5692253  
[vertrieb-de@bosch-industrial.com](mailto:vertrieb-de@bosch-industrial.com)  
Service-Hotline +49 180 5667468\*  
Ersatzteil-Hotline +49 180 5010540\*

### Bosch Industriekessel Austria GmbH

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

**info@bosch-industrial.com**  
**www.bosch-industrial.com**  
**www.bosch-industrial.com/Youtube**

\*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.