



**BOSCH**

Technik fürs Leben

## Fachbericht

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

Kessel und Brenner  
korrekt kombinieren

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

Der Zwang zum Energiesparen und zur Emissionsminderung erfordert unausweichlich eine Kessel-/Brennerleistungsoptimierung. Die optimale Zuordnung verhilft zu einem jahrzehntelangen schadens- und wartungsarmen Kesselbetrieb. Die Bedeutung der gewissenhaften Ermittlung des tatsächlichen Leistungsbedarfs sowie dessen Deckung durch mehrere Einzelkessel im Leistungsverbund finden häufig viel zu wenig Beachtung. Der folgende Bericht zeigt auf, wie sich das Betriebsverhalten von Kesselanlagen wirkungsvoll verbessern lässt.

Die Einteilung von Kesseleinheiten und deren Einzelleistung kann nur unter der zu erwartenden Minimal-, Maximal- sowie Mittellast erfolgen. Betriebssicherheitsaspekte haben hierbei ebenfalls Bedeutung, dürfen jedoch nicht zum einzigen Kriterium werden.

### Erforderliche Wärme dient überwiegend Produktionsaggregaten

#### Erneuerungen von Altanlagen bei gleichbleibenden Verbrauchskriterien

Wird eine Kesselanlage nur aus Alters-, Modernisierungsgründen oder wegen Anpassung an die Umweltschutzbestimmungen umgestellt, so ist in der Regel das Lastdiagramm bekannt. Fehlen diese Daten, so empfiehlt es sich, vor Beginn der Planung über repräsentative Zeiträume den tatsächlichen Energiebedarf durch Aufschreiben zu ermitteln. Wichtig hierbei sind die Zeiträume des niedrigsten Energiebedarfs

(z. B. an Wochenenden bzw. bei Nacht während des Sommers), aber auch des Spitzenenergieverbrauchs (z. B. kalte Wintertage bei maximaler Produktion). Auch sollten Aufzeichnungen bzw. Recherchen über Energieänderungsgeschwindigkeit (z. B. plötzliche Energiebedarfsspitzen) gemacht werden. Sind die genannten Kriterien erfasst bzw. bekannt, muss eine Prüfung erfolgen, welche maximalen Zustände des Heizmediums tatsächlich benötigt werden. Jede unnötige Erhöhung der Vorlauftemperatur bei Heißwasseranlagen bzw. des Dampfdrucks bei Dampfanlagen bedeutet von vornherein vermeidbare Kosten sowie ineffektiven Betrieb.

Häufig haben alte, bestehende Heiznetze zu hohe Auslegungstemperaturen und Drücke. Diese sollten auf das notwendige Maß reduziert werden, soweit die installierten Leitungen und Verbraucher dies zulassen.

Existieren Spitzenverbraucher mit definiertem, zeitlichen Programm, ist zu überprüfen, inwieweit eine intelligente

Verknüpfung zwischen der energiebedarfssauslösenden Steuerung des Verbrauchers und der Kesselsteuerung sinnvoll und möglich ist.

In vielen Fällen lässt sich die Größe einer Gesamtkesselanlage vermindern, indem der Kesselanlage durch Außenimpulse frühzeitig der Lastbedarf gemeldet wird und so die Kesselanlage in eine Bereitschaftsschaltung versetzt wird. Treten plötzliche Verbrauchsspitzen nur kurzzeitig bzw. in längeren Zeitabständen auf, ist zu prüfen, inwieweit eine Energiespeicherung durch Gefällespeicher bzw. Heißwasserspeicher sinnvoll ist.

### Neuplanungen

Erfahrungsgemäß ergeben Neuplanungen oft überdimensionierte Kesselanlagen, da von Planern, Herstellern, Komponentenlieferanten sowie Betreibern häufig Aufschläge dem tatsächlichen Bedarf zugerechnet werden. Im Gespräch sollten diese eingerechneten Reserven recherchiert werden. Besteht die Möglichkeit, bei anderen Betreibern Auskünfte über bereits angeschlossene Geräte und deren tatsächlichen Energiebedarf einzuholen, sollte dies genutzt werden. Voraussetzung für ein enges Dimensionieren der Gesamtkesselanlage ist jedoch die Einschaltung seriöser Lieferanten von Einzelkomponenten und die Beachtung evtl. später geplanter Erweiterungen. Abgesehen von einer Leistungsaufstockung, die bereits definitiv vorgeplant ist, sollten später denkbare Zusatzpotentiale zwar in der Gestaltung des Netzes und der Kesselhausgröße berücksichtigt werden, jedoch nicht bei der Aufteilung der Kessel mit der momentanen Gesamtleistung.

## Erforderliche Wärme dient überwiegend dem Heizen

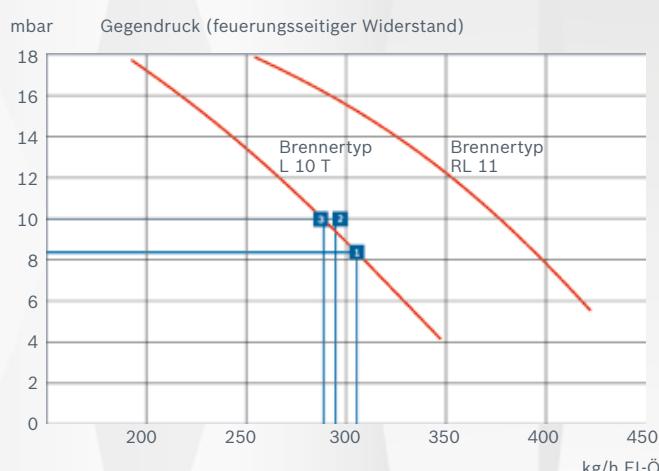
Anders als bei Produktionswärme wird die tatsächliche Lastanforderung von Heizwärme durch die Witterung bestimmt. Die Bandbreite der Lastanforderungen ist gegenüber Produktionswärmeanlagen in der Regel wesentlich größer und undefinierter. Während im Hochsommer Kesselanlagen zum Teil nur noch für Brauchwasserwärmebedarf in Betrieb gehalten werden, wird an kalten Wintertagen die ganze Wärmeleistung mit ausreichender Betriebssicherheit benötigt.

Bei der Festlegung der Spitzleistung ist zu bedenken, dass diese in der Regel nur wenige Tage im Jahr benötigt wird. Notfalls sollte in Kauf genommen werden, dass bei Ausfall eines Kessels oder Brenners nur ein Notbetrieb mit verminderter Wärmeangebot zur Verfügung steht. Sichergestellt werden muss jedoch, dass Anlagenteile bzw. Netzkomponenten keinesfalls einfrieren.

Auch bei der Festlegung der Minimalleistung des kleinsten Kessels bedarf es mehr Sorgfalt. Besonders wichtig ist hier eine ausreichende Sicherheit in der Temperaturfestlegung und zwar sowohl was die maximal benötigte Heiztemperatur der Verbraucher betrifft als auch der Temperaturspreizung zur Auswertung für eventuelle Folgeregelungen.

Der höchste Wärmeabfluss aus dem Heizwerk besteht im Winter, wenn die Verbrauchergruppen von Nachtabsenkung auf Tagbetrieb umgeschaltet werden. Wenn diese Abschaltungen zueinander nicht zeitlich stark verzögert sind, entsteht in der Regel in den frühen Morgenstunden ein Spitzbedarf, der weit über die Auslegungsleistung der Heizungsanlage hinausgeht. Dies sollte unter allen Umständen durch Planung einer intelligenten Heizungsregelung und zeitlichen Versatz des Zuschaltens der einzelnen Verbrauchergruppen verhindert werden. Auch hier sollte in Kauf genommen werden, dass es nach der Umschaltung im Netz zu Temperaturabsenkungen kommen kann, bis sich die Kesselanlage wieder stabilisiert hat.

### Fallbeispiel für geschickte Auswahl eines Brenners mit größerem Regelbereich 1 : 4



Grafik: Brenner-Kennfeld mit Maximaleistungskurven

#### Beispiel 1:

Dreizug-Kompaktkessel Typ UL-S 5000  
Überdruck 10 bar  
Gegendruck im Feuerraum 8,5 mbar  
Brennstoffverbrauch 307 kg/h EL-Öl  
Kessel-Leistung 5 000 kg<sub>dampf</sub>/h  
Brenner-Regelbereich mit Typ L10 T 70 : 307 ~ 1 : 4,4

1

#### Beispiel 2:

Dreizug-Kompaktkessel Typ UL-S 5000 mit ECO  
Überdruck 10 bar  
Gegendruck im Feuerraum 10,7 mbar  
Brennstoffverbrauch 293 kg/h EL-Öl (Ersparnis 4,5 %)  
Kessel-Leistung 5 000 kg<sub>dampf</sub>/h  
Brenner-Regelbereich mit Typ RL11 105: 293 # 1 : 2,8

2

... bei Reduzierung der Kesselleistung um 3 ... 4 %:  
Brennstoffverbrauch 284 kg/h EL-Öl  
Kessel-Leistung 4 840 kg<sub>dampf</sub>/h  
Brenner-Regelbereich mit Typ L10 T 70 : 284 ~ 1 : 4

3

## Anforderungen an die Gesamtanlage

Sind ausreichend sichere Daten erarbeitet, erfolgt die Festlegung der Gesamtenergieleistung.

### Aufteilung der Gesamtanlage auf mehrere Einzelkessel

In der Regel werden heute keine Stand-by-Anlagen mehr installiert, da die Kosten hierfür und die Verluste für die Bereithaltung zu hoch sind. Aus diesem Grund sollte sichergestellt werden, dass bei Ausfall der größten Einzeleinheit die Kesselanlage dennoch – wenn auch eingeschränkt – funktioniert, bis die Störung bzw. der Defekt behoben ist.

Auf jeden Fall empfiehlt sich die Aufteilung auf mindestens zwei Kesseleinheiten. Gemäß dem vorher ermittelten Energiebedarfsdiagramm sollte der kleinste Kessel, zum Beispiel bei Nacht oder an Wochenenden zur Sommerzeit, die Grundlast so erbringen, dass möglichst wenige Brennerabschaltungen erfolgen. Dieser Kessel wird auch als Spitzenlastkessel bei höchstem Bedarf, der in der Regel im Winter meist in den Morgenstunden besteht, eingesetzt.

Besteht, zum Beispiel bei Heizwerken, auch im Sommer schubweise hoher Warmwasserbedarf, wie es bei Kasernen und Produktionsbetrieben meist üblich ist, sollte die Mindestkesselleistung auf die sichere Erbringung dieser Leistung ausgelegt werden. In Einzelfällen hat sich das Einbeziehen von Wärmespeichern als Puffer bestens bewährt.

Bei kleinen Anlagen (Gesamtwärmeleistung < 4 MW) empfehlen sich einfache Folgeregelungen über gestaffelte Temperatur- bzw. Druckbereiche. Besser, und auf jeden Fall für größere Anlagen empfehlenswert, sind über Wärme- bzw. Dampfmengenzähler gesteuerte Folgeregelungen, die eine optimale Lastanpassung ermöglichen. Wegen der beachtlichen Kosten für diese Einrichtungen werden jedoch häufig Kompromisse eingegangen, die sich später als sehr nachteilig erweisen.

**Fazit:** Das Regelkonzept muss bei der Planung der Gesamtanlage bekannt sein, insbesondere für Heizwärmeanlagen.

### Brennerzuordnung

Für die Brennerauswahl ist die Festlegung der niedrigsten Leistungsbeanspruchung eines Kessels wichtig. Die Minimalleistung beträgt bei 2-stufigen Brennern 40 ... 60 % der Nennleistung, bei 3-stufigen ca. 35 % und bei stufenlos geregelten Brennern kann sie noch weiter unten liegen. Kleinere Kessel bis etwa 2 MW haben überwiegend 2- oder 3-stufige Brenner. Hier erreicht man mit stufenlos geregelten Brennern keine niedrige Grundlast aber die Mehrkosten für Brenner, Wartung und Justage sind erheblich. Größere Kesseleinheiten ab 2 MW Feuerungsleistung arbeiten gut mit stufenlosen Brennern, da der Regelungsbereich verglichen mit 2- und 3-stufigen Brennern breiter ist.

Bei einer fixierten Nennleistung des Kessels ohne etwas Spielraum nach unten, wäre in so manchem Fall ein Brennertyp zu nehmen, der eigentlich zu groß ist. Hingegen würde bei nur geringfügig verminderter Nennleistung der nächstkleinere Brenner schon einen erheblich erweiterten Regelungsbereich mit günstigerer Minimalleistung bieten. Deshalb sollte das Anpassen der Kesselleistung an den Leistungsbereich des Brenners mehr Beachtung finden (siehe hierzu auch den Fachbericht

„Leistungsregelung von Dampfkesseln“). Dies insbesondere dann, wenn eine aus mehreren Kesseleinheiten bestehende Gesamtanlage zu konzipieren ist.

Die endgültige Festlegung des Brenners und seines Gebläses muss so erfolgen, dass – unter Berücksichtigung sämtlicher im Rauchgasstrom liegender Bauteile – der Brenner, bei Volllast des Kessels, an seiner obersten Leistungsgrenze betrieben wird. Dies ermöglicht im Schwachlastbereich ein weites Herunterregeln des Brenners und vermeidet häufige Ein-/Abschaltungen. Denn vor jedem erneuten Zünden eines Brenners muss der Feuerraum – wegen Verpuffungsgefahr – mit Frischluft durchgespült werden. Die sich zwangsläufig im Kessel aufgeheizte Luft geht dann über den Schornstein verloren.

### Beispiel:

|                          |                   |
|--------------------------|-------------------|
| Kesseltyp                | UL-S 5000         |
| Kesselwassertemperatur   | 184 °C            |
| Feuerungsleistung        | 3 400 kW          |
| Ansauglufttemperatur     | 24 °C             |
| Luftaufheizung           | 160 °C            |
| Vorlüftdauer             | 30 ... 120 s      |
| Wärmeverlust pro Ein-Aus | 1,05 ... 4,20 kWh |
| Energiebedarf bei        |                   |
| 6 Ein-Aus pro Stunde     | 6,3 ... 25,2 kWh  |

Folglich sollte dem Kessellieferanten kein Brennertyp vorgeschrieben werden, um eine perfekte Optimierung von Kessel, Einbauteilen im Rauchgasstrom, Brenner, Gebläse und Regelung möglich zu machen. Zusätzlich sollten Kesseleinzelleistungen innerhalb der Gesamtleistung mit Rücksicht auf die Brenneroptimierung variierbar sein.

Grundsätzlich sollte dem Kesselhersteller eine Toleranz von  $\pm 10\%$  der Gesamtleistung eingeräumt werden. Nur bei diesem Spielraum kann ein optimierter, langjähriger Betrieb ohne Probleme gewährleistet werden. Hierzu folgendes Beispiel (siehe Diagramm):

Ein Dampfkessel 1 mit einer Nennleistung von  $5\,000\text{ kg}_{\text{Dampf}}/\text{h}$  wurde durch Nachschalten eines ECOs in seinem feuerungsseitigen Widerstand 2 erhöht, so dass theoretisch der nächstgrößere Brenner erforderlich würde. Ein Reduzieren der Maximalkesselleistung um 3 ... 4 % ermöglicht 3 das Beibehalten des bislang eingesetzten Brenners mit dem Effekt, dass ein Regelverhältnis von 1 : 4 gegenüber 1 : 2,8 erzielt wird – dies neben allen anderen bereits erwähnten Vorteilen.

Da jedoch Kennlinien gemittelte Werte sind, kann die Praxis durchaus abweichen. Auch das schließt die zuvor begründete Toleranz von  $\pm 10\%$  der Gesamtleistung ein. Wird kein Spielraum akzeptiert, so ist von Fall zu Fall ein Potential an Leistungsreserve – insbesondere bei der Brennerwahl – zu ungünstigen Betriebs- und Kostenoptimierung in Kauf zu nehmen. Das Optimieren gewinnt jedoch immer mehr an Bedeutung, zumal der geforderte Umweltschutz neue Komponenten bedingt, die den Brenner überlagern und seine Flexibilität einschränken. So können beispielsweise Brenner, welche mit Rauchgasrezykulationseinrichtungen ausgerüstet sind, meistens nur noch bis zu viermal pro Stunde abgeschaltet und wieder angefahren werden, was erhebliche Konsequenzen für die Planung und den späteren Betrieb einer Kesselanlage hat.

## Zusammenfassung

Beim Planen einer Energieanlage sind heute mehr Kriterien zu beachten als früher. Fehler aus der Vergangenheit müssen erkannt und sicher vermieden werden.

Besonders die richtige Leistungsaufteilung zwischen mehreren Kesseln mit abgestimmten Brennern ist wichtig. Besteht hier ein Planungsdefizit, so zeigt sich das am Brennstoffmehrbedarf aufgrund unnötiger Zu- und Abschaltungen und einer höheren Umweltbelastung.

Überdimensionierte Anlagen bewirken einen erhöhten Komponentenverschleiß, der umso höher ist, je häufiger ein Brenner ein-/ausgeschaltet und ein weiterer Kessel zu- bzw. abgeschaltet werden muss.

Zu hohe Ein- und Ausschaltvorgänge eines Brenners erhöhen die Anforderungen an die Überwachungsgeräte (z. B. Flammenwächter) und vermindern die Betriebssicherheit, was im Zweifelsfall zur Abschaltung der Anlage führt.

Ausschreibungen und Anfragen sollten Kesselleistungen mit Toleranzangaben ausweisen.

Eine Überdimensionierung des Brenners bedeutet eingeschränktes Regelverhalten mit allen erwähnten Nachteilen.

Viele Kessel werden über Jahrzehnte hinweg betrieben. Die Feuerungen sowie Regelungseinrichtungen sind hingegen in Zeiträumen von 5 – 10 Jahren zumindest zu aktualisieren, wenn nicht gänzlich auszutauschen. Deshalb sollte ein für später ins Auge gefasster Leistungsmehrbedarf bei der Kesselgrößenwahl gleich berücksichtigt werden, da es hier praktisch keine Nachteile gibt. Brenner sollten hingegen immer so gewählt werden, dass bei anstehender Bedarfsanhebung gegebenenfalls ausgetauscht wird – was bei industriellen und kommunalen Heizkesselanlagen fast ausnahmslos ohne Probleme möglich ist.

### **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](mailto:info@bosch-industrial.com)**  
**[www.bosch-industrial.com](http://www.bosch-industrial.com)**  
**[www.bosch-industrial.com/YouTube](http://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.