BOSCH
Technik fürs Leben

Fachbericht

www.bosch-industrial.com

Potenzial der Brennwertnutzung in Dampf- und Heißwassersystemen

In vielen gewerblichen und industriellen Anwendungen mit Heiz- und Prozesswärmebedarf gehen erhebliche Wärmemengen über den Kamin verloren. Eine Möglichkeit, die physikalisch bedingten Abgasverluste von Dampf- und Heißwassererzeugern zu reduzieren, ist die Anwendung der Brennwerttechnik. Was bei der Eigenheim-Heizung bereits seit vielen Jahren Standard ist, hält in der Industrie erst allmählich Einzug. Dabei amortisieren sich die Mehrkosten oft innerhalb von zwei bis drei Jahren. Mit der Brennwertnutzung verbessern die Unternehmen die Energieeffizienz, produzieren ressourcenschonender und schützen die Umwelt nachhaltig.

Heizwert, Brennwert und Kondensationswärme

Wie die Brennwertnutzung funktioniert, ist anhand eines Kochtopfes einfach zu erklären. Ohne Deckel und gefüllt mit kochendem Wasser, muss man lange Zeit eine große Menge Energie zuführen, bis das Wasser vollständig verdampft und der Topf leer ist. Mit Deckel hingegen kondensiert der Wasserdampf. Jene Energiemenge wird beim Wechsel des Aggregatzustands von Dampf zurück in den flüssigen Zustand wieder frei.

Zur Unterscheidung von Heizwert und Brennwert sind die jeweiligen Indikatoren nachfolgend kurz beschrieben. Der Heizwert („unterer Heizwert“ H_i oder H_u) umfasst die maximale nutzbare Energie, die bei einer vollständigen Verbrennung entsteht. Dabei kühlt sich das Abgas bei konstantem Druck bis auf die Bezugstemperatur ab. Der entstandene Wasserdampf aus der Verbrennung bleibt gasförmig. Der Heizwert gibt also die fühlbare Wärmemenge im Abgas an.

Der Brennwert („oberer Heizwert“; H_s oder H_o) beinhaltet sowohl die fühlbare Wärme, als auch die Kondensationswärme bzw. latente Wärme im Abgas. Das heißt, nach der Verbrennung und Abkühlung kondensiert der Wasserdampf im Abgas und gibt zusätzliche Wärme frei.

Bei der Berechnung von Wirkungsgraden bezieht man sich auf den Heizwert eines Brennstoffes. Aus historischer Sicht war es früher unerlässlich, den Wasserdampf im Abgas gasförmig zu belassen, um mögliche Korrosionsschäden zu verhindern. Heute sind eine Vielzahl moderner Brennwertsysteme am Markt verfügbar, welche die Abgaskondensation nutzen. Geblieben ist die Bezugsgröße Heizwert, die bei Brennwertanlagen zu Wirkungsgradangaben von über 100% führt, das heißt: Brennwert = Heizwert + Kondensationswärme. Der „echte“ primärenergetische Wirkungsgrad hingegen kann natürlich nie überschritten werden.

Grundlage der Brennwertnutzung

Den Energieinhalt im Wasserdampf der Abgase lässt sich mit der Brennwerttechnik nutzbar machen. Um das Potenzial voll auszuschöpfen, sind die Abgase aus der Verbrennung unter den Abgastaupunkt abzukühlen bis eine Kondensation einsetzt. Erforderlich sind korrosionsbeständige Werkstoffe wie Edelstahl in Wärmetauschern sowie feuchteunempfindliche Abgassysteme und Kamine.

Welche Brennstoffe eignen sich für die Brennwertnutzung?

Beim Verbrennen von Kohlenwasserstoffen wird sowohl der Kohlenstoff, als auch der Wasserstoff verbrannt. Je langkettiger die Kohlenwasserstoffe sind, desto höher ist der relative Anteil an Kohlenstoff. Erdgas besteht zum größten Teil aus Methan, das nur ein Kohlenstoffatom je Molekül enthält (CH4) und daher auch den größten Wasseranteil im Abgas bildet und am wenigsten CO_2. Nur Wasserstoff verbrennt vollständig CO_2-frei.

Im Vergleich der relevanten Kenndaten etablierter Brennstoffe, bietet Erdgas aktuell das höchste Nutzungspotenzial für die Brennwertnutzung (siehe Tabelle Kenndaten verschiedener Brennstoffe).
Erdgas erzielt:

- den höchsten Wassergehalt im Abgas
- den höchsten Abgastaupunkt
- den höchsten pH-Wert des Abgaskondensates

Gegenüber Heizöl EL steht bei Erdgas mehr Kondensationswärme auf höherem Kondensationstemperaturniveau zur Verfügung. Das heißt, die Abgaskondensation setzt bereits bei höheren Abgastemperaturen ein. Die durch die Verbrennung entstehenden Abgase sind nahezu ruß- und schwefelfrei, dadurch ist der Aufwand zur Reinigung verschmutzter Heizflächen sehr gering. Das erhält die Brennwerteffektivität und schützt vor Betriebsstörungen. Zudem ist der pH-Wert des Abgaskondensates im Vergleich zu Heizöl EL höher und damit der Aufwand für die Entsorgung des Abgaskondensates geringer. Dennoch ist auch Heizöl für die Brennwertnutzung geeignet und ermöglicht einen wirtschaftlicheren Kesselbetrieb.

In der Zukunft sind verstärkt alternative bzw. CO_2-neutrale Brennstoffe wie Wasserstoff zu erwarten. Bei der Wasserstoffverbrennung lassen sich die bekannten Auslegungsregeln und Technologien analog zu Erdgas nutzen. Das Potenzial der Brennwertnutzung ist sogar noch höher als bei dem Brennstoff Erdgas.

Tabelle: Kenndaten verschiedener Brennstoffe

Brennstoff	Heizwert (H_i) [kWh/m³/kg]	Heizwert (H_s) [kWh/m³/kg]	Verhältnis H_s/H_i[%]	Abgastaupunkt [°C]	Kondensat theor. [kg/kWh]	pH-Wert [–]
Wasserstoff	3,00	3,54	118,0	71,8	0,27	4,3-4,9
Erdgas „H“	10,35	11,46	110,7	55,6	0,16	2,8–4,9
Erdgas „L“	8,83	9,78	110,8	55,1	0,16	2,8–4,9
Propan	25,89	28,12	108,6	51,4	0,13	2,8–4,9
Butan	34,39	37,24	108,3	50,7	0,12	2,8–4,9
Heizöl EL*	11,90	12,72	106,9	47,0	0,10	1,8–3,7**

* Qualität EL „extra leicht“: maximaler Schwefelgehalt im Brennstoff 0,1 Gewichts-%
Qualität schwefelarmes Heizöl: maximaler Schwefelgehalt im Brennstoff 50 ppm = 0,005 Gewichts-%
** pH-Wert von Kondensat aus schwefelarmem Heizöl: 2,3–4,5

Brennwertnutzung erzielt Wirkungsgrade über 100 % bezogen auf Heizwert H_i

Mithilfe geeigneten Wärmetauschern und möglichst kaltem Kreislaufwasser gelingt es, das Abgas bis unter seinen Taupunkt abzukühlen. Welchen Einfluss der Abgastaupunkt und die Temperatur des Rücklaufwassers auf die kondensierende Wasserdampfmenge und den erzielbaren Kesselwirkungsgrad haben, zeigt die Abbildung 1. Auf der Abbildung 2 sind beispielhaft Wirkungsgradkurven dargestellt, die das Potenzial der Brennwertnutzung aufzeigen. Durch deren Anwendung lässt sich der betriebliche und wirtschaftliche Nutzen im Bereich der Heißwasser- und Dampferzeugung erheblich steigern und Wirkungsgrade über 100 % bezogen auf den Heizwert H_i erzielen. Im Vergleich zu konventionellen Systemen mit üblichen Abgaswärmetauschern reduziert sich durch die Brennwertnutzung die Brennstoffmenge, Brennstoffkosten sowie der Schadstoffausstoß um mehr als 8 %. Das ermöglicht einen relevanten Beitrag zum Klimaschutz und zur nachhaltigen Reduzierung der CO_2-Emissionen.

Welche Systeme sind zur Brennwertnutzung geeignet?

Brennwertkessel und Gasthermen für vergleichsweise kleine Leistungsgrößen sind überwiegend vollständig aus Edelstahl gefertigt. Heißwasserkessel mit höheren Leistungen zur Beheizung großer Gebäude und Gebäudekomplexe sind aus technischen Gründen und aufgrund hoher Kosten nicht aus Edelstahl. Diese sind für die Brennwertnutzung mit speziellen Edelstahl-

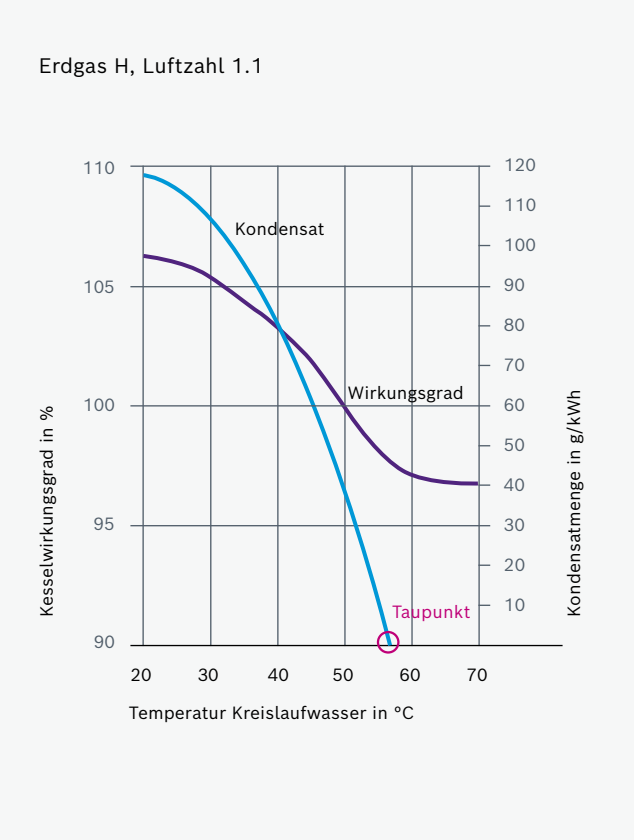

Abbildung 1: Einfluss der Temperatur vom Kreislaufwasser auf Kesselwirkungsgrad und Kondensatmenge für Erdgas.

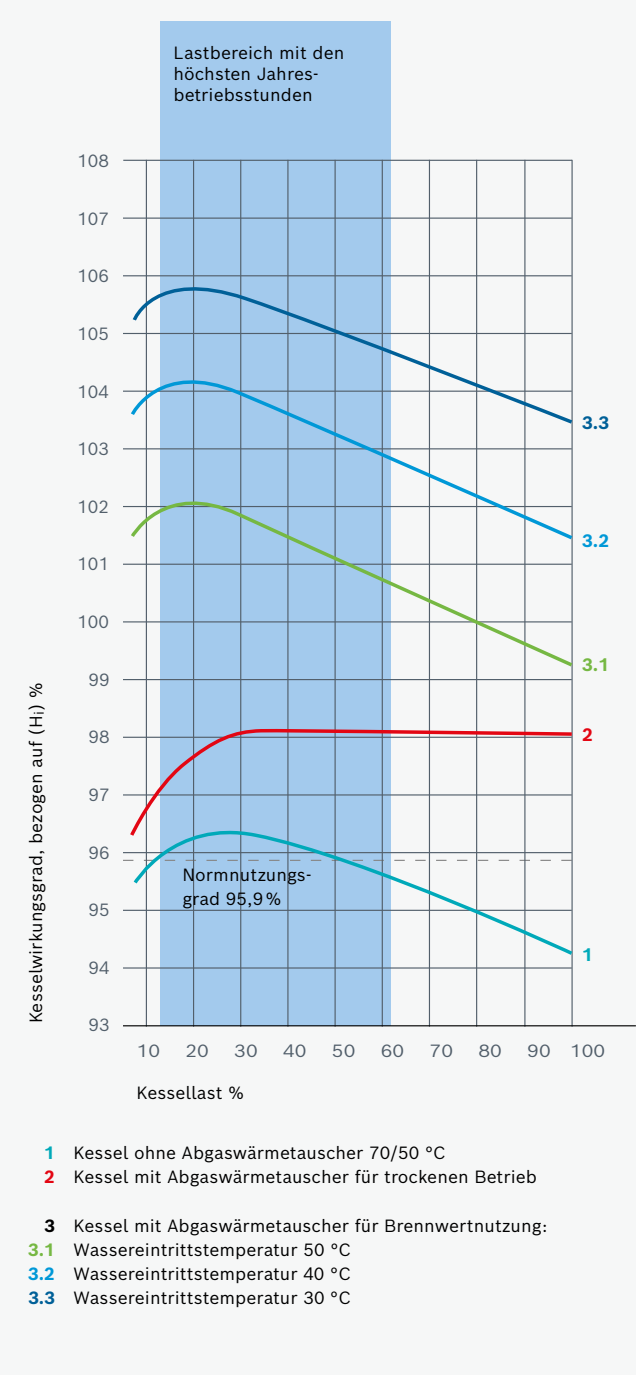

Abbildung 2: Wirkungsgradkurven für Brennwertnutzung (Beispiel Heißwasserkessel mit Gasfeuerung).

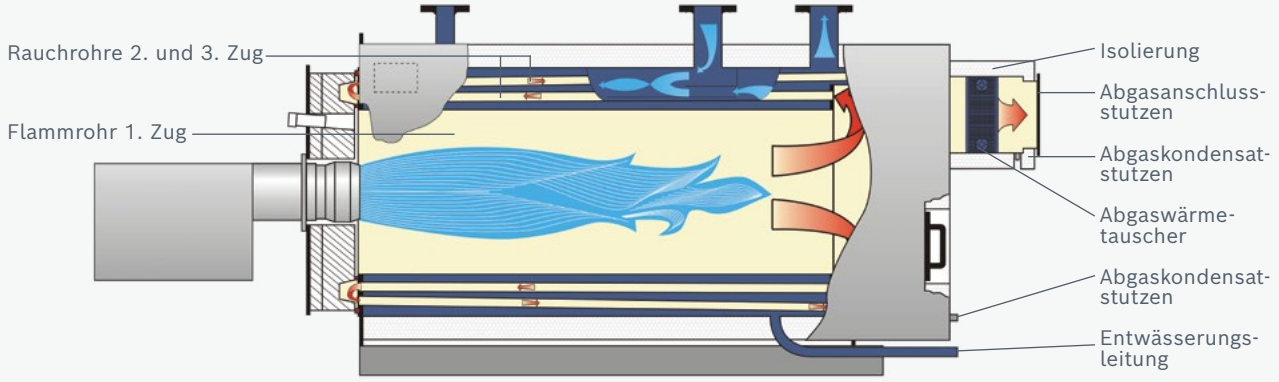

Abbildung 3: Schnitt eines Bosch-Heizkessels (UT-L) mit integriertem Abgaswärmetauscher.

Abgaswärmetauschern ausgestattet, die bereits ab Werk am Kessel integriert sind oder als separates Modul vor Ort installiert werden (Abbildung 3 und 4).

Bei Dampfkesselanlagen ermöglicht ein zweistufiges Abgaswärme-Rückgewinnungskonzept die Brennwertnutzung. Anstatt integrierter Systeme sind die Edelstahl-Abgaswärmetauscher ausschließlich als separates Modul eingesetzt, die dem Kessel abgasseitig nachgeschaltet sind (Titelbild). Eine detailliertere Ausführung der Thematik folgt unter „Anwendungsbereiche der Brennwertnutzung bei Dampfkesselanlagen“.

Der Abgaswärmetauscher als separates Modul eignet sich besonders gut für Nachrüstungen in bestehenden Systemen. Der abgebildete Heißwasserkessel (Abbildung 3) ist als Flammrohr-Rauchrohrkessel im Dreizugsystem mit vollständig wasserumspülter hinterer Rauchgaswendekammer konstruiert. Durch die große Strahlungsheizfläche des Flammrohres und große Konvektionsheizfläche im 2. und 3. Rauchgaszug lassen sich in den Rauchrohren ohne Nachschaltheizflächen oder wartungsintensive Wirbulatoren bereits Wirkungsgrade über 95 % erzielen.

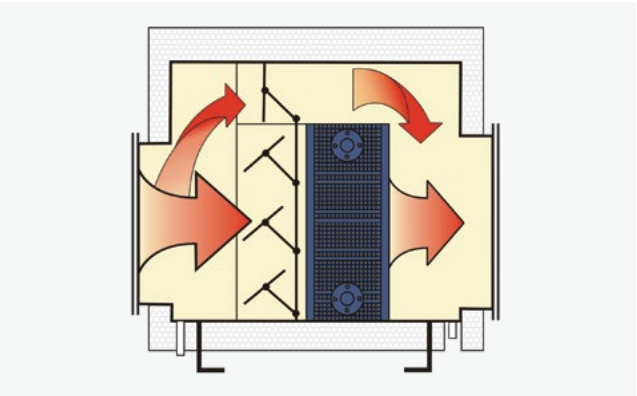

Abbildung 4: Abgaswärmetauscher zur separaten Aufstellung und Nachrüstung.

Bei Einsatz von Zweistofffeuerungen für Erdgas und Heizöl muss der Wärmetauscher zur Brennwertnutzung mit einem Abgas-Bypass ausgerüstet werden, um das System vor unerwünschter Kondensation bei Leichtölbetrieb zu schützen.

Anwendungsbereiche der Brennwertnutzung bei Heißwasseranlagen

In der Haustechnik hat sich die Brennwerttechnik bereits Anfang der 90er Jahre etabliert. Aber auch in gewerblichen und industriellen Anwendungen ist die Technologie bewährt und in zahlreichen Fällen aus wirtschaftlicher und ökologischer Sicht sinnvoll. Bei einem entsprechend niedrigen Temperaturniveau im Heizungsrücklauf – etwa 30 bis 50 °C – lässt sich die Brennwertnutzung vor allem in der Nahwärmeversorgung realisieren.

Die System-Rücklauftemperaturen bei Hochdruck-Heißwassererzeugern für Prozess- oder Fernheizsysteme hingegen liegen meistens über 100 °C, also weit über dem Abgastaupunkt und folglich für die Brennwerttechnik nicht anwendbar. Hier sind Abgaswärmetauscher für „trockenen“ Betrieb eine ideale Lösung, die einen Kesselwirkungsgrad bis zu 98 % erzielen. Eine Brennwertnutzung ist in diesen Fällen möglich, sofern ein Niedertemperatur-Sekundärkreislauf in der Anlage verfügbar ist.

Hydraulische Verschaltung von Kondensationswärmetauschern in Heißwasserkesselanlagen

Eine maximale Brennwertnutzung lässt sich mit möglichst großen Temperaturunterschied realisieren. Der Netzrücklauf mit den niedrigsten Temperaturen (unter dem Abgastaupunkt des Brennstoffes) durchströmt den Kondensationswärmetauscher, dadurch

setzt an den Heizflächen des Wärmetauschers Kondensation ein. Die Abgase kühlen sich ab, der Niedertemperaturheizkreis heizt sich auf und wird dem Heißwassernetz wieder zugeführt.

Eine Rücklauftemperatur-Hochhaltung mischt den Netzrücklauf zum Kessel vor Eintritt mit Vorlaufwasser (Abbildung 5). Das sichert die Einhaltung der erforderlichen Mindestwassereintrittstemperatur von 50 °C im Kessel. Durch einen Spezial-Injektor im Kesselscheitel findet im Kessel eine wirksame Durchströmung und Durchmischung über den gesamten Regelbereich des modulierenden Brenners statt. Auch im Schwach- und Kleinlastbereich des Brenners ergeben sich lange Brennerlaufzeiten mit geringen Abgastemperaturen und bestmöglicher Brennwertnutzung. Durch die Rücklauftemperatur-Hochhaltung lassen sich Kesselwassertemperaturen unterhalb des Abgastaupunktes des Brennstoffes vermeiden, die andernfalls zu Korrosionen im Kessel führen würden.

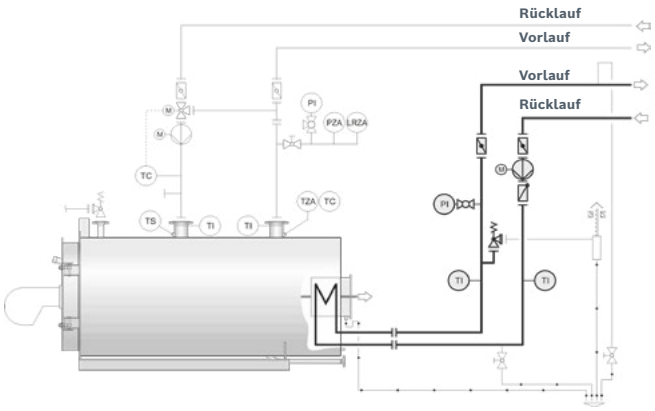

Abbildung 5: Hydraulische Schaltung für optimale Brennwertnutzung.

Anwendungsbereiche der Brennwertnutzung bei Dampfkesselanlagen

Dampferzeuger mit Mediumtemperaturen, meist zwischen 150 und 200 °C, werden mit entgastem Speisewasser und Temperaturen zwischen 85 und 105 °C gespeist. Die Abgastemperaturen dieser Dampfkessel liegen physikalisch bedingt etwa 80 °C über der Kesseltemperatur. Das sind erhebliche Wärmemengen, die ohne Abgas- oder Brennwerttechnik ungenutzt über Dach gehen. Eine wesentliche Reduzierung der Abgasverluste erzielt ein Abgaswärmetauscher (auch Economiser genannt), der das Speisewasser als Wärmesenke nutzt. Die Abgase kühlen sich bis auf rund 130 °C ab – noch deutlich im „trockenen“ Bereich über dem Taupunkt liegend.

Mit dem Einsatz einer zweiten Wärmetauscherstufe mit Niedertemperaturverbrauchern lässt sich auch

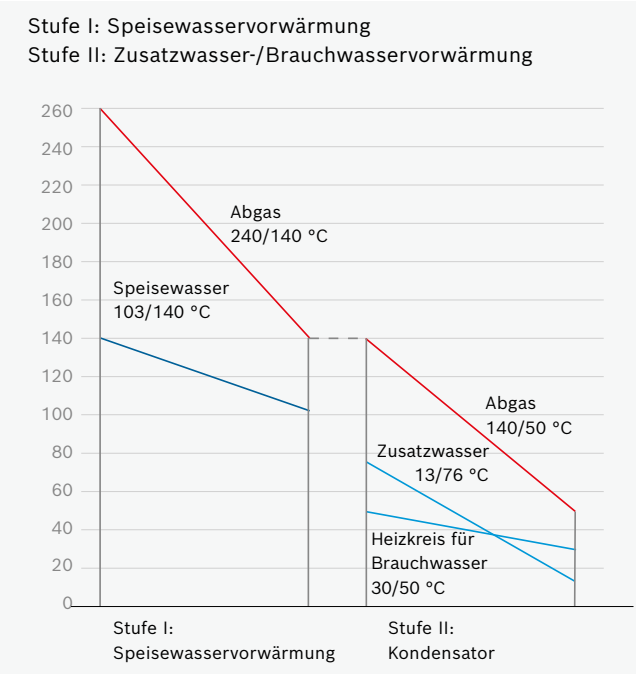

Abbildung 6: Zweistufige Abgaswärmerückgewinnung Abgas-/Wassertemperatur bei 100 % Last.

bei Hochdruck-Dampferzeugern eine Brennwertnutzung erzielen (Abbildung 6). Dieser Abgaskondensator ist wie alle nachgeschalteten Abgaswege und Entwässerungsleitungen aus korrosionsbeständigem Edelstahl ausgeführt.

Im Gegensatz zu Gebäudeheizsystemen mit klar definierbaren System- und Rücklauftemperaturen finden sich in der Industrie die unterschiedlichsten Dampfanwendungs- und Beheizungssysteme. Dadurch konkurrieren verschiedenste Energiespar- und Wärmerückgewinnungssysteme miteinander. Die Basis für die wirtschaftlichste Lösung sind eine detaillierte Analyse aller Abwärmelieferanten und Wärmeverbraucher im Vorfeld.

Verschaltung von Kondensationswärmetauschern in Dampfkesselanlagen

Bei Dampfversorgungsanlagen gilt es, möglichst viel Kondensat zurückzugewinnen, um dieses wieder der Speisewasserversorgung des Kessels zuzuführen. Jedoch gibt es Prozesse, die durch direkte Dampfbeheizung (z. B. Styroporherstellung, Luftbefeuchtung, Brotfabriken) eine Kondensat-Rückgewinnung ausschließen. Ebenso betrifft das fremdstoffbelastetes, nicht wiederverwendungsfähiges Kondensat. Zusätzlich gibt es Verluste durch Absalzung, Abschlammung, Nachverdampfung und Leckage. Die Verlustmengen sind anlagenspezifisch sehr unterschiedlich. Sie können weit über der Hälfte der erzeugten Dampfmenge liegen und sind durch Zusatzwasser zu ersetzen.

Dieses steht nach der Wasseraufbereitung meist mit maximal 15 °C zur Verfügung und eignet sich sehr gut für die Vorwärmung im Abgaskondensator. Die geringe Wassereintrittstemperatur erzielt eine weitgehende Abgaskondensation und sehr hohe Brennwertnutzung. Bei dieser Anwendung ist höchster Gleichzeitigkeitsfaktor zwischen Abwärmeverfügbarkeit und Wärmebedarf vorhanden (siehe Abbildung 7 – Variante A).

Als Beispiel nutzt die Firma Hans Henglein und Sohn GmbH aus dem fränkischen Wassermungenau für ihre Kartoffelverarbeitung einen Bosch-Dampfkessel mit zwei Abgaswärmetauscherstufen (Abbildung 8), um zuerst mit dem heißen Abgas Speisewasser vorzuwärmen und im zweiten Schritt kaltes Zusatzwasser mithilfe der Kondensationswärme aufzuheizen. Die eingesetzten Komponenten sind auf die kundenseitigen Gegebenheiten optimiert und wirken effektiv zusammen. Auf sehr niedrige 55 °C reduziert sich letztendlich die Abgastemperatur. Gegenüber der vorherigen Anlage mit einem Wirkungsgrad von 85 %, erzielt die neue Kesselanlage mit Abgas- und Brennwerttechnik eine Effizienz von über 100 %. Das spart entsprechend Brennstoffkosten und tonnenweise CO_2 ein.

Gleichermaßen besteht in vielen Industriebetrieben, insbesondere in der Nahrungsmittelindustrie, großer Brauchwassermengenbedarf. In diesen Fällen ist das härtefreie Brauchwasser ein optimales Medium, um es mit einem Abgaskondensator vorzuwärmen. Die erreichten Wassertemperaturen liegen bei ca. 50–70 °C. Eine weitere Erwärmung des Brauchwassers auf höhere Entnahmetemperatur kann mithilfe eines nachgeschalteten, dampfbeheizten Wärmetauschers erfolgen (siehe Abbildung 7 – Variante B). Die Abbildung 9 zeigt beispielhaft die Wärmebilanz eines Hochdruckdampferzeugers mit integriertem Abgaswärmetauscher zur Speisewasservorwärmung und nachgeschaltetem Abgaskondensator zur Brauchwasser- oder Zusatzwasservorwärmung bei hohem Gleichzeitigkeitsfaktor. Als Brennstoffwärmeverluste bleiben die Leitungs- und Strahlungsverluste des Kessels, der Wärmetauscher, der Rohrleitungen und der physikalisch bedingte, nicht nutzbare Anteil der Abgaskondensation (begrenzte Größe der Heizflächen).

Geeignetes Abgassystem bei Brennwertnutzung

Alle Gehäuseteile für Abgaskondensatoren, Abgasleitungen und Kamine, die mit kondensierenden Abgasen in Berührung kommen, müssen aus korrosionsbeständigem Material – in der Regel aus Edelstahl – hergestellt sein. Durch die Brennwertnutzung ergeben sich äußerst geringe Abgastemperaturen bis auf ca. 50 °C. Der natürliche Kaminzug reicht nicht aus, um die Abgase, wie sonst üblich, mit Unterdruck in den Abgaswegen wirtschaftlich abzuleiten. Der Brenner bzw. das Verbrennungsluftgebläse der Kesselfeuerung ist zur Überwindung aller rauchgasseitigen Widerstände bis zum Kamin hinauszulegen. Das setzt eine ganzheitliche Projektierung, Überprüfung und Abstimmung voraus.

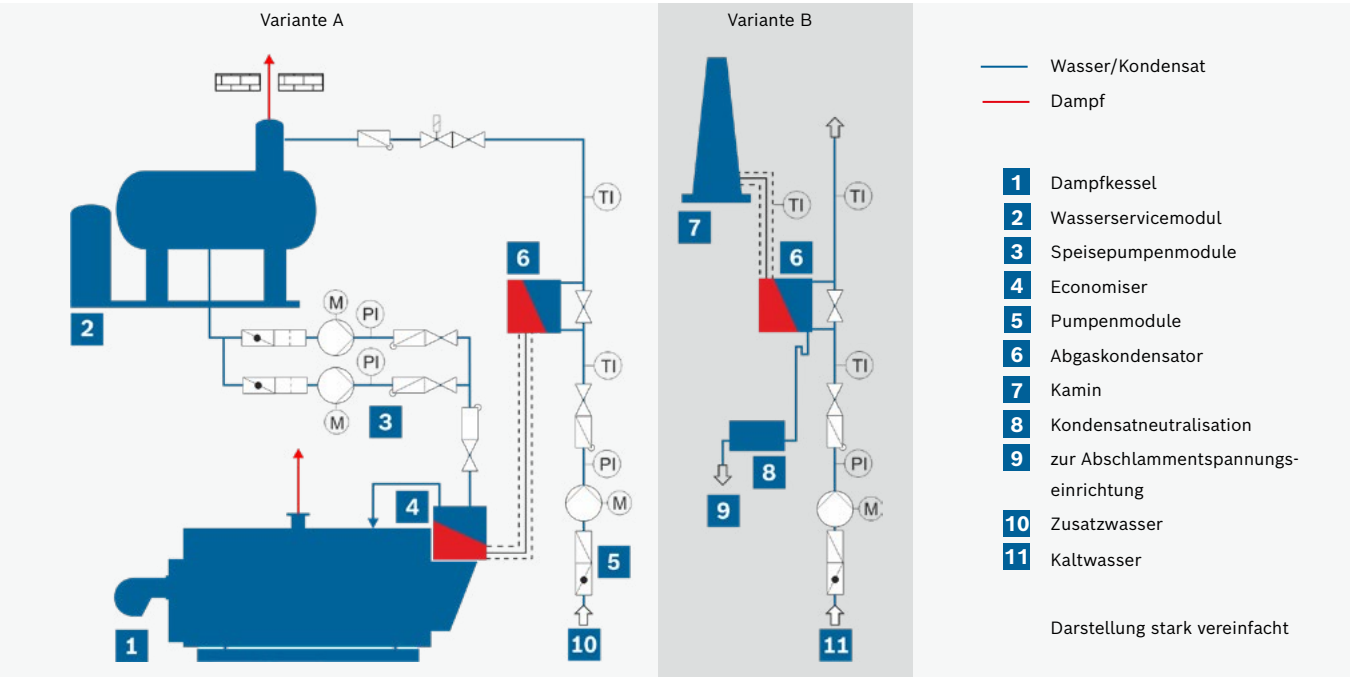

Abbildung 7: Blockschaltbild einer Hochdruck-Dampfkesselanlage mit zwei Abgas-Wärmetauscherstufen (Economiser/Abgaskondensator).

Abbildung 8: Hocheffizientes Bosch-Dampfkesselsystem bei der Firma Henglein.

Ableitung und Neutralisation des Kondensates

Je höher die Brennwertnutzung, desto mehr Kondensat fällt an. Abgaskondensator, Abgasleitungen und Kamin sind aus diesem Grund mit geeigneten Entwässerungseinrichtungen zur Ableitung des säurehaltigen Abwassers auszurüsten. Die theoretischen Kondensatmengen sind aus der Tabelle „Kenndaten verschiedener Brennstoffe“ auf Seite 2 ersichtlich. Die tatsächlich anfallenden Kondensatmengen sind jedoch abhängig von dem Kondensationsgrad und liegen meist zwischen 40–60 % der theoretischen Kondensationsmenge laut dieser Tabelle. Gemessen mit dem pH-Wert als Säuregrad für Flüssigkeiten, hat Abgaskondensat aus der Verbrennung von Erdgas einen pH-Wert zwischen 2,8 bis 4,9 bzw. aus der Verbrennung von schwefelarmem Heizöl einen pH-Wert zwischen 2,3 bis 4,5. Die Kondensattemperaturen liegen im Temperaturbereich von 25–55 °C. Für die Einleitung in das öffentliche Abwassernetz sind die kommunalen Abwasservorschriften zu beachten. Seitens der DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. ist ein Merkblatt verfügbar, das für Feuerungen mit Brennwertnutzung ab 200 kW Heizleistung eine Neutralisationseinrichtung und die Einhaltung eines pH-Wertes >6,5 empfiehlt. Die Praxis ist in den einzelnen Ländern und Kommunen sehr unterschiedlich. Für die Neutralisation eignen sich für Kleinanlagen Filter mit erneuerbarer Dolomitfüllung (Granulatboxen) und für Großanlagen Behälter mit Dosiereinrichtungen für Natronlauge (Flüssig-Neutralisationseinrichtungen), die den pH-Wert entsprechend anheben.

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Zur Ermittlung der Brennstoffeinsparung und Amortisationszeit ist es sinnvoll, jeden Einzelfall nach den bekannten Methoden zu rechnen. Vergleicht man die Investitionen für einen konventionellen Heißwasserkessel mit einem Heißwasserkessel mit integriertem Kondensationswärmetauscher, sollten folgende Aspekte Berücksichtigung finden:

- Kosten für den integrierten Edelstahl-Abgaswärmetauscher, bei Dual-Brenner einschließlich Bypass, und die hydraulische Einbindung
- Kosten für die Kondensatableitung und Neutralisation ab 200 kW
- Gegebenenfalls Kosten für Edelstahlabgasleitungen, der Kamin ist in der Regel ohnehin aus Edelstahl
- Für die Feuerung fallen in aller Regel keine Mehrkosten an. Die Erhöhung abgasseitiger Widerstände kompensiert sich durch den verminderten Abgasstrom infolge der Brennstoffmengeneinsparung

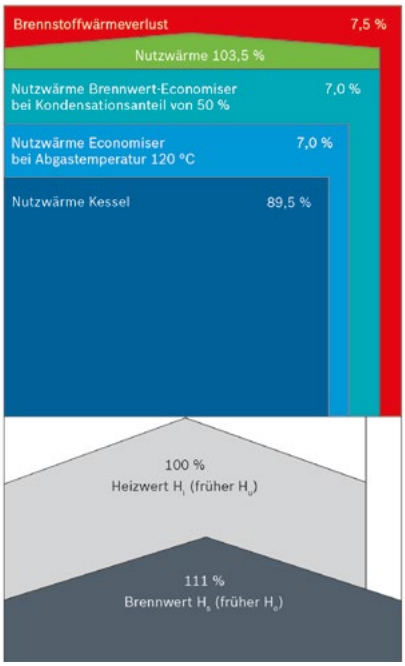

Abbildung 9: Wärmebilanz eines Dampferzeugers mit Brennwerttechnik.

Unter diesen Aspekten errechnet sich die Mehrinvestition für einen 2,5 MW Heißwasserkessel mit integriertem Kondensationswärmetauscher gegenüber einem konventionellen Heißwasserkessel mit Abgaswärmetauscher ohne Abgaskondensation, jeweils ohne Kamin, mit ca. 25 000 EUR. Auf Basis der typischen deutschen Heizlast im Jahresverlauf haben sich die Kosten nach weniger als drei Jahren amortisiert. Zugrunde liegt ein um 8 % höherer Wirkungsgrad der Brennwertanlage und ein Erdgasmischpreis von 40 Cent/m^3.

Potenzial der Brennwertnutzung

Im Bereich der Nahwärmeversorgung mit direkter Anbindung aller Wärmeverbraucher liegt ein hohes, bis heute nicht erschlossenes Potenzial für die Brennwertnutzung. Mehr Wirtschaftlichkeitsanalysen und Anwendbarkeitsuntersuchungen für Abgaskondensation an bestehenden Nahwärmeheizsystemen führen häufig zu dem Ergebnis, dass die erforderliche Wärmemenge in der überwiegenden Zeit der Heizperiode auch auf geringerem Temperaturniveau erbracht wird. Eine Brennwertnutzung ist in zahlreichen Fällen möglich. Viele Wärmeversorger können so ihre Wirtschaftlichkeit und Wettbewerbsfähigkeit verbessern sowie ihren CO_2-Fußabdruck nachhaltig reduzieren. Ebenso ist die Brennwertnutzung bei Hochdruck-Dampferzeugern realisierbar. Bewährte, ausgereifte Technik ist längst verfügbar. Eine breite Anwendung in der Industrie ist möglich, wenn die Wärmeverbraucher bereits in der Planungsphase eingehend analysiert werden und die gestufte Aufheizung mit Niedertemperatur-Heizkreisen Berücksichtigung findet. Veränderte Beheizungskonzepte könnten in vielen Bereichen der industriellen Dampfversorgung die Anwendung der Brennwerttechnik ermöglichen.

Die Mehrinvestitionen für die Brennwerttechnik lassen sich sowohl in Heißwasseranlagen als auch in Dampfkesselanlagen durch die hohen Brennstoffeinsparungen von bis zu 8 % finanzieren. In vielen Fällen bereits innerhalb von zwei bis drei Jahren. Der reduzierte Schadstoffausstoß entlastet die Umwelt enorm und ist ein weiterer Baustein, das Klima nachhaltig zu schützen. Nicht zuletzt reduziert sich für die Betriebe die seit 1.1.2021 eingeführte CO_2-Emissionsabgabe.

Bosch Industriekessel GmbH
Nürnberger Straße 73
91710 Gunzenhausen
Deutschland
Tel. +49 9831 56-253
Fax +49 9831 56-92253
vertrieb-de@bosch-industrial.com

Bosch Industriekessel Austria GmbH
Haldenweg 7
5500 Bischofshofen
Österreich
Tel. +43 6462 2527-300
Fax +43 6462 2527-66300
vertrieb-at@bosch-industrial.com

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

© Bosch Industriekessel GmbH | Abbildungen nur beispielhaft |
Änderungen vorbehalten | 06/2021 | TT-CH/MKT_de_FB_Brennwertnutzung_03