

Peripherie hat Einfluss auf Funktion, Wirtschaftlichkeit und Lebensdauer

Rund um den Wärmeerzeuger



Die Erzeugung von Heizwärme in einer Heizkesselanlage ist ein Mannschaftsspiel. Allein ist der Heizkessel nur ein Druckkörper aus Stahl, Edelstahl, Aluminium-Silizium oder Grauguss mit Heizflächen, Stutzen und Anschlüssen. Erst in Verbindung und im Zusammenspiel mit den richtigen Komponenten sowie einer richtigen Planung kann die gewünschte Funktion und Leistung dauerhaft erzielt werden.

Zweistoffbrenner an Heißwasserkesseln mit digitalem Feuerungsmanager, O₂-Regelung und Drehzahlsteuerung.

Die Einhaltung der einschlägigen Normen und Vorschriften für Berechnung, Konstruktion und Produktion sowie alle damit verbundenen Abnahmen und Prüfungen zur Erlangung eines CE-Zeichens sind selbstverständliche Voraussetzungen für den Vertrieb und die Inbetriebsetzung einer Heizkesselanlage. Damit ein Heizkessel optimal funktioniert, ist aber weit mehr erforderlich.

Heizkesselkonstruktion

Konstruktive Unterschiede bestehen in der Abgasführung und in der Energieausnutzung. In Zweizug-Heizkesseln, auch Umkehrflam-Heizkessel genannt, ist das Flammrohr bzw. der Brennraum am Ende verschlossen, sodass die Abgase auf dem Weg zum Heizkesselausgang zwangsläufig einen Richtungswechsel vornehmen und diesen ersten Kesselzug ein zweites Mal in Gegenrichtung durchströmen müssen. Deshalb erscheint bei einer Heizkesselbeschreibung mit der Aussage „konstruiert nach dem Dreizug-Prinzip“ eine Rückfrage beim Hersteller nach der tatsächlichen Anzahl der Heizkesselzüge angebracht.

Die Material sparende Konstruktion eines Umkehrflam-Heizkessels weist häufig hohe Heizflächenbelastungen auf und liegt bei großen Leistungen selbst in Verbindung mit modernsten Brennern im oberen Bereich der vertretbaren NO_x-Emissionen. Im Ein- und Mehrfamilienhausbereich ist der Umkehrflam-Heizkessel nach wie vor Stand der Technik. Hier wird mittels „heißer Brennkammer“ dafür gesorgt, dass das Abgas schnell aus der heißen Zone herausgeführt wird.

Beim echten Dreizug-Heizkessel strömt das Abgas an den Wärmeübertragerflächen in drei aufeinander folgenden Wegen in jeweils getrennten Rauchrohr-Zügen vorbei. Wichtige Qualitätsmerkmale sind die Heizflächenbelastung und die Flammraumgeometrie. Im Flammraum, dem ersten Heizkesselzug, muss sich die Brennerflamme frei ausbreiten können, damit eine ungehinderte, vollständige und emissionsarme Verbrennung erfolgen kann. Das erfordert eine genaue Dimensionierung von Flammrohrquerschnitt und -länge.

An den Heizflächen des zweiten und dritten Zuges sollte eine möglichst kontinuierliche Wärmeübertragung an das Heizwasser erfolgen. Bei



Brennwertkessel mit vormischendem Gas-Gebläsebrenner und Luft-Gas-Verbundregelung benötigen trotz minimalem Wasserinhalt häufig keine Mindestumlaufwassermenge.

Heizkesseln im kleineren und mittleren Leistungsbereich werden in den Rauchrohren des dritten Zuges häufig Wirblatoren eingesetzt, die eine turbulente Strömung verursachen und die Wärmeübertragung und Abgasauskühlung verbessern.

In der Niedertemperatur-Technik muss bei Stahl- oder Guss-Heizkesseln die Taupunktproblematik berücksichtigt werden, damit es nicht zu Korrosionsschäden an den Heizflächen und der Abgasanlage kommt. Beim Heizkesselbetrieb mit Gasfeuerungen sollte deshalb die Vorlauftemperatur von 60 °C und mit Ölfeuerungen von 55 °C nicht unterschritten werden. Dies bedingt besondere konstruktive und betriebstechnische Maßnahmen und Begrenzungen bei der Rücklauftemperatur und/oder dem Heizwasservolumenstrom.

Heizkesselkonstruktionen, die keine Mindestwassermenge benötigen und eine höhere Temperaturspreizung als die üblichen 20 K zulassen, sind hierbei deutlich im Vorteil. Diese Temperaturvorgaben haben entscheidende Auswirkungen auf die weitere Planung und Dimensionierung aller peripheren Baugruppen einschließlich der Auslegung von Heizkörpern.

Beim Einsatz der Brennwerttechnik ist hingegen die Schaffung aller Voraussetzungen für eine kontinuierliche Taupunktunterschreitung verpflichtend. Dies setzt die Planung von Systemen mit möglichst dauerhaft kalten Rücklauftemperaturen voraus.

Konventionelle Großwasserraumkessel können bei spezieller Konstruktion durch große Wasserräume und die Ausnutzung der Thermik im Heizkessel die Brennwertnutzung unterstützen. Möglich ist auch die temperaturabhängige Trennung der Heizwasserrückläufe. Über einen zweiten, besonders platzierten Rücklaufstutzen lässt sich das kälteste Heizwasser unter Umgehung wärmerer Schichten gezielt an die Brennwertheizflächen führen.



Bild: Brögle

Niedertemperatur-Kessel müssen bestimmte Mindestvorlauftemperaturen einhalten. Durch Kessel-interne Konstruktionen sind aber auch Rücklauftemperaturen deutlich unter der brennstoffspezifischen Kondensationstemperatur möglich.

Neben konventionellen Großwasserraum-Heizkessel setzen sich in der Brennwerttechnik inzwischen mehr und mehr Platz sparende Konstruktionen mit geringem Gewicht und minimalem Wasservolumen durch. Sie enthalten meistens spezielle Wärmeübertrager aus Aluminium-Silizium-Legierungen und vormischende Gas-Gebälsebrenner mit Luft-Gas-Verbundregelungen. Kennzeichnend sind große Modulationsbereiche und dass selbst im Leistungsbereich bis 500 kW bei gutem Regelverhalten keine Mindestumlauf-Wassermenge benötigt wird. Durch Kaskadierung werden auch bei diesen Konstruktionen Leistungen bis in den MW-Bereich realisiert. Der geringe Wasserinhalt ermöglicht eine schnelle Temperatur Anpassung und bietet damit Voraussetzungen für einen Energie sparenden Betrieb.

Wasser als Wärmeträger

Als Wärmeträger wird bei Heizkesseln heute fast ausnahmslos Wasser eingesetzt und ist somit die wichtigste Systemkomponente jeder Heizkesselanlage. Die qualitativen Anforderungen sind deshalb in allen Planungen, Ausschreibungen und Ausführungen verbindlich vorzuschreiben. Zunehmende Schadenfälle zeigen allerdings, dass hier in der Praxis Defizite existieren.

Je nach Region unterscheidet sich Wasser in seinen Inhaltsstoffen beträchtlich. Wässer mit hohen Konzentrationen an Härtebildnern ($>3,0 \text{ mol/m}^3$), Sedimenten und Gasen gehören nicht unbehandelt in Heizungsanlagen, gleich welcher Bauart und Leistung. Schon beim ersten warmen Probebetrieb kommt es zur Freisetzung von freien und gelösten Gasen sowie zu Ausfällungen von Calciumkarbonat, das sich vorzugsweise an den wärmsten und rauesten Flächen im Heizkessel fest ablagert.

Diese isolierenden Beläge behindern den Wärmeübergang massiv. Selbst kleinste Dicken ($>0,05 \text{ mm}$) erhöhen die Abgastemperatur spürbar und verschlechtern somit den feuerungstechnischen Wirkungsgrad. Bei mehrfachem Wasser-austausch oder häufigen Nachspeisungen mit ungeeignetem Wasser, verschieben sich mit wachsender Belagdicke die Temperaturverläufe innerhalb des Heizkessels deutlich. Daraus resultieren zwangsläufig erhöhte Belastungen und Spannun-



Bild: VSE

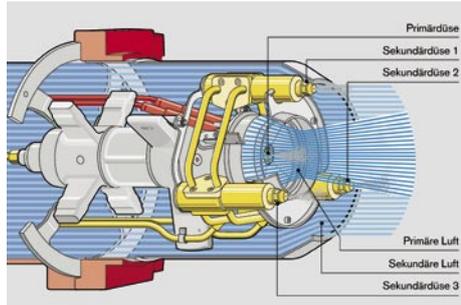
Doppelwandige Abgasführung aus Edelstahlelementen für Doppel-Kesselanlage.

gen an Rauchrohren, Rohrplatten und Schweißnähten. Im Extremfall kann dies zur Rissbildung und zu erheblichen Schäden und teuren Ausfallzeiten der Anlage führen.

Die Bedeutung der Qualität und Eignung von Füll- und Ergänzungswasser hat sich auch in der letzten Überarbeitung der VDI-Richtlinie 2035 [1] niedergeschlagen. Augenscheinlich sind hier die herabgesetzten Leistungsgrenzwerte. Statt bisher ab 100 kW Gesamtheizleistung, gelten die Anforderungen an die Heizwasserqualität jetzt bereits ab 50 kW. Im Leistungsbereich von 50 bis 200 kW wird eine Gesamthärte des Füll- und Ergänzungswassers von nur $\leq 2,0 \text{ mol/m}^3$ verlangt. Die Klasseneinteilung unterscheidet danach in >200 bis $\leq 600 \text{ kW}$ mit maximal $\leq 1,5 \text{ mol/m}^3$ und ab einer Gesamtleistung $>600 \text{ kW}$ darf die Summe der Erdalkalien nur noch $\leq 0,02 \text{ mol/m}^3$ betragen.



Bilder: Weishaupt



Zweistoffbrenner mit digitalem Feuerungsmanagement, Typ multiflam [Weishaupt] mit Primärdüse und konzentrisch angeordneten Sekundärdüsen.

Neu ist auch die Aufnahme der „Umlaufwasserheizer“ (Kesselinhalt kleiner 0,3 l/kW). Hier darf die Wasserhärte 16,8 °dH ($\leq 3,0 \text{ mol/m}^3$) nicht überschreiten. Zusätzlich sind Filter und Abscheidervorrichtungen einzubauen. Bei dieser Regelung ist keine Leistungsgrenze angegeben. Sie gilt somit vom kleinsten bis zum größten Heizkessel.

Ein Grund für diese verschärften Anforderungen ist der Trend zu kompakten Heizkessel-Bauweisen mit hohen Heizflächenbelastungen. Und aufgrund der sinkenden Heizkesselleistung durch verbesserten Wärmeschutz, wird inzwischen bei vielen Projekten der früher eingesetzte Stand-Heizkessel durch wandhängende Heizkessel-Kaskaden ersetzt. Trotz ihres geringen Wasserinhalts nimmt das Heizwasservolumen der gesamten Anlage hierdurch aber kaum ab. Das leistungsspezifische Volumen ist oft sogar größer, besonders wenn thermische Solaranlagen, Holz- und Pellet-Heizkessel oder BHKWs über erforderliche Pufferspeicher integriert werden.

In vielen Fällen wird durch die neue VDI 2035 der Einsatz einer Enthärtungsanlage zur Leistungs- und Funktionserhaltung von Heizkessel, Armaturen und Heizkörpern zwingend. Fachplaner und Heizungsbauer sollten dies aus Haftungsgründen nicht unterschätzen.

Feuer und Flamme gehören dazu

Holz und andere Biomasse als heimische, nachwachsende Brennstoffe sind wieder stark im Kommen und erfreuen sich nicht nur Dank finanzieller Förderungen wachsender Beliebtheit. Aber die Brennstoffe Heizöl und Erdgas werden noch lange unverzichtbar bleiben. Für eine optimale Verbrennung mit schnell regelbarer Leistungsanpassung werden Öl-, Gas- oder Zweistoffbrenner in zweistufiger, zweistufig-modulierender oder modulierender Bauweise angeboten [2]. Dabei steht neben der bestmöglichen Energieausnutzung besonders die schadstoffarme Verbrennung im Vordergrund.

Aus Umweltgesichtspunkten (Ozongrenzwerte, saurer Regen) wurden z. B. für NO_x -Emissionen in den letzten Jahren sehr strenge Grenzwerte formuliert und den technischen Entwicklungen immer wieder angepasst: Was einst mit externen Abgas-

rückführungen zur Reduzierung des Sauerstoffpartialdrucks der Verbrennungsluft und zur Flammenkühlung begann, wird heute Brenner-intern durch „Low- NO_x “-Technik weit übertroffen.

Die Bildungskriterien des hauptsächlich als NO_2 anfallenden Schadstoffs ($\text{NO}_x = \text{NO} + \text{NO}_2 + \text{NO}_3$) können aber nicht ausschließlich vom Brenner beeinflusst werden. Sie sind auch abhängig von der Brennstoffart, den Medientemperaturen (Brennstoff und Luft), der Feuerungswärmeleistung, der Flammraumgeometrie und der Feuerraum-Volumenbelastung des Heizkessels.

Je strenger die einzuhaltenden NO_x -Emissionen sind, desto wichtiger wird die planerische Beachtung dieser Einflussgrößen. Ein technischer Abgleich der Heizkesseldaten mit den Anforderungen des Brenners ist dringend zu empfehlen. In der Regel sind in Verbindung mit Low- NO_x -Brennern erhöhte Anforderungen an den Flammrohrdurchmesser und die Flammrohrlänge zu berücksichtigen. Im Leistungsbereich $> 1 \text{ MW}$ bestehen aufgrund der



Bild: Böhle

Brennwertkessel-Kaskade. Zur gemeinsamen Abgasableitung und Zuluftzuführung bieten die Hersteller mit dem Heizkessel zugelassene Systeme an.

TA-Luft unterschiedliche Bedingungen für Öl- oder Gasfeuerungen. In Grenzfällen sollte vorsichtshalber die Nennwärmeleistung eines Heizkessel objektbezogen reduziert oder die nächst größere Heizkesselstufe ausgeschrieben werden.

Die Einregulierung niedriger NO_x -Werte bei Leistungen $> 1 \text{ MW}$ verursacht häufig eine „harte“ Brennerflamme. Dies kann zum Pulsieren und zur Geräuschbildung im Heizkessel und in nachgeschalteten Anlagenteilen führen. Hiervon sind Anlagen mit Economiser oder Brennwertheizflächen besonders betroffen, sofern sie abrupte Richtungsänderungen der Abgase verursachen. Ein Nach- oder Umrüsten der Feuerungsanlage ist in diesen Fällen mit vertretbaren Mitteln im Rahmen der Inbetriebnahme kaum noch möglich.

Die meisten Heizkessel-Hersteller verfügen inzwischen über entsprechende Heizkessel-Brenner-Abstimmlisten, an denen sich Planer und Ausführer orientieren können.

Abgas muss über Dach

Der Begriff „Schornstein“ wird uns zukünftig wohl nur noch in Verbindung mit der Berufsbezeichnung des Schornsteinfegers begegnen. Im Rahmen international gültiger Regelwerke wird hierfür inzwischen der Oberbegriff „Abgasanlage“ verwendet. Sie beinhaltet die zur Abführung der Abgase erforderlichen Verbindungsstücke und eventuellen Zubehörkomponenten zwischen Wärmeerzeuger und freier Atmosphäre.

Die richtige Berechnung, Ausführung und Montage ist für die Funktion von Heizkessel und Brenner von entscheidender Bedeutung und bedarf sorgfältigster Abstimmung [3]. Laut Muster-Feuerungsverordnung § 7 (1) und den darauf aufbauenden Feuerungsverordnungen der einzelnen Bundesländer müssen Abgasanlagen nach lichtem Querschnitt und Höhe, soweit erforderlich, aber auch nach Wärmedurchlasswiderstand und innerer Oberflächenbeschaffenheit so bemessen sein, dass die Abgase bei allen bestimmungsgemäßen Betriebszuständen ins Freie abgeführt werden und gegenüber Räumen kein gefährlicher Überdruck auftreten kann.

Abgasanlagen unterliegen in Deutschland den Rechtsvorschriften der Bundesländer und müssen dem jeweils geltendem Baurecht und der Landes-Feuerungsverordnung entsprechen. Allgemeine Anforderungen sind in der DIN EN 1443 ausführlich beschrieben und festgelegt. Die Berechnung von Abgasanlagen erfolgt nach DIN EN 13 384.

Vor der Berechnung sollte der heizgasseitige Widerstand des Heizkessels plus eventuell nachgeschalteter Brennwertheizflächen mit dem verfügbaren Förderdruck des Brenners in allen Lastbereichen verglichen werden. Am Heizkesselstutzen muss bei Abgasanlagen mit Naturzug mindestens 0,0 Pa erreicht werden.

Planer sollten frühzeitig darauf achten, dass durch die Raumgestaltung und Aufstellungsbedin-

gungen kurze Abgaswege ohne Bögen und Querschnittsänderungen realisierbar sind. Nur unter diesen Voraussetzungen können Zug- und Wärmeverluste gering gehalten werden. Anzustreben ist ein Längenverhältnis zwischen horizontalem und vertikalem Leitungsverlauf der Abgasanlage von mindestens 1 : 4.

Besondere Beachtung verlangt die Rohrverbindung zwischen dem horizontalen und vertikalen Teilstück. Sie sollte nie rechtwinklig, sondern möglichst unter 30 bis 45° ansteigend erfolgen. Dabei sind Querschnittsverengungen durch zu weites Einstecken der Teilstücke ineinander unbedingt zu vermeiden. Anderenfalls sind negative Auswirkungen, z. B. beim Brennerstart mit der Gefahr eines erhöhten Anfahrstoßes, zu befürchten.

Bei zu geringem Abgasvolumenstrom, der den Querschnitt der Abgasanlage nicht mehr sicher ausfüllen kann, besteht die Gefahr, dass Kaltluft einfällt. Daraus resultiert ein verstärktes Risiko von Versottung, Rußansatz und als Folge Brandgefahr.

Bei Mehrkesselanlagen ist je nach örtlichen Gegebenheiten zu empfehlen, dass jeder Heizkessel über eine eigene Abgasanlage verfügt (z. B. bei Dachheizzentralen). Ansonsten bieten die meisten Kesselhersteller mit dem Heizkessel zugelassene Abgassysteme für Kesselkaskaden an.

Sind Mehrfachbelegungen nicht vermeidbar, sollte die Zusammenführung der Abgasvolumenströme schon im horizontalen Teil der Abgasanlage erfolgen und durch ein Leitblech unterstützt werden. Keinesfalls darf eine gegenläufige Einführung zweier Abgasströme in gleicher Höhe des vertikalen Zuges erfolgen.

Besondere Bedeutung hat bei Anlagen kleinerer Leistung und in dichten Gebäudehüllen der raumluftunabhängige Betrieb. Hier wird die Verbrennungsluft nicht mehr über den Raum und eine Zuluftöffnung nach außen, sondern über den Ringspalt im Schacht oder den Zwischenraum eines doppelwandigen Abgasrohrs oder eine separate Zuluftleitung realisiert. So kann der Aufstellraum des Heizkessels bis 50 kW Leistung als normaler Wohnraum genutzt werden.

Durch den Einsatz eines raumluftunabhängigen Heizkessels reduziert sich der Wärmeverlust eines Gebäudes oft erheblich. Bei einer Umrüstung im Bestand ist darauf zu achten, dass die Nutzer ihre Lüftungsgewohnheiten anpassen.

Der Artikel wird fortgesetzt mit den Themen Systemhydraulik und Leitungsarmaturen, sicherheitstechnische Ausrüstung, Pumpen, Entgasung und Druckhaltung, Werkstoffe und Regelungstechnik. ■

Literatur

- [1] VDI 2035 Vermeidung von Schäden in Warmwasser-Heizungsanlagen – Steinbildung in Trinkwassererwärmungs- und Warmwasser-Heizungsanlagen. Berlin: Beuth Verlag, Dezember 2005
- [2] Max Weishaupt: Technische Arbeitsblätter. Schwendi. www.weishaupt.de
- [3] DIN EN 13384 Abgasanlagen – Wärme- und strömungstechnische Berechnungsverfahren Teil 1: Abgasanlagen mit einer Feuerstätte. März 2006; Teil 2: Abgasanlagen mit mehreren Feuerstätten. Dezember 2003. Berlin: Beuth Verlag



Hans-Jürgen Selbach

Dipl.-Ing., 51429 Bergisch Gladbach,
Telefon (0 22 04) 5 37 97,
E-Mail: selbach.huj@t-online.de