

Peripherie hat Einfluss auf Funktion, Wirtschaftlichkeit und Lebensdauer

Rund um den Wärmeerzeuger Teil 2¹⁾



Bild: Stadtwerke Crailsheim / Peer Hahn

Erst seit einigen Jahren reift die Erkenntnis, welchen großen Einfluss die Peripherie des Wärmeerzeugers auf dessen Funktion, Wirtschaftlichkeit und Lebensdauer hat. Prägnantestes Beispiel: Sind die Heizflächen bei der Verwendung eines Brennwertheizkessels nicht auf niedrige Rücklauftemperaturen ausgelegt und wird die Anlage nicht hydraulisch abgeglichen sowie die Regelung nicht individuell eingestellt, bleibt der Nutzungsgradvorteil weitgehend auf der Strecke. Damit ein Heizkessel optimal funktioniert, ist aber noch weit mehr erforderlich.

Systemhydraulik und Armaturen

Über Rohrleitungen und Armaturen gelangen Heiz- und Prozesswärme mit dem Wärmeträger Wasser vom Wärmeerzeuger zu den Verbrauchern (andere Wärmeträger werden hier nicht behandelt). Für Volumenstrom und Förderhöhe sorgen Pumpen. Heizkreisverteiler und -sammelstrukturierten das System und ermöglichen die Versorgung weit verzweigter Netze. Möglich ist auch die hydraulische oder physikalische Systemtrennung. Konstante und selbstregulierende Strangarmatu-

ren und Heizkörperthermostatventile mit Voreinstellung oder wechselbaren Regulierkegeln dienen dem hydraulischen Abgleich.

Wichtig ist, dass durch die gewissenhafte Dimensionierung, Auswahl der Leitungswerkstoffe und Armaturen sowie deren richtiger Montage und Wartung möglichst wenig Luft in das System gelangen kann. Obendrein ist ein richtig berechnetes und mit richtigem Vordruck beaufschlagtes Ausdehnungsgefäß (bzw. eine entsprechende Druckhaltung) unverzichtbar für eine luftfreie Hydraulik. Anderenfalls sind Leistungsminderungen bei der Wärmeübertragung, Betriebsstörungen an Pumpen und Armaturen und langfristig sogar Schäden zu befürchten [1]. Erste Anzeichen hierfür sind Strömungsgeräusche oder eine ungleichmäßige Wärmeübertragung an Heizkörpern. Alarmzeichen sind Kavitation und Korrosion.

Schon beim ersten Füllen der Anlage mit Heizwasser muss deshalb darauf geachtet werden, dass alle Anlagenkomponenten und Systembereiche sorgfältig entlüftet und keine freien Luftblasen eingeschlossen bleiben. Hierbei helfen zumeist manuelle Entlüfter. Zusätzlich enthält 1 m³ Wasser von 10 °C unter einem Systemdruck von 2 bar (3 bar abs.) noch 68 l gelöste Gase. Die maximale gelöste Menge ist nach dem Absorptionsgesetz von Henry abhängig von Druck und Temperatur. Bei steigender Temperatur und/oder fallendem

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.

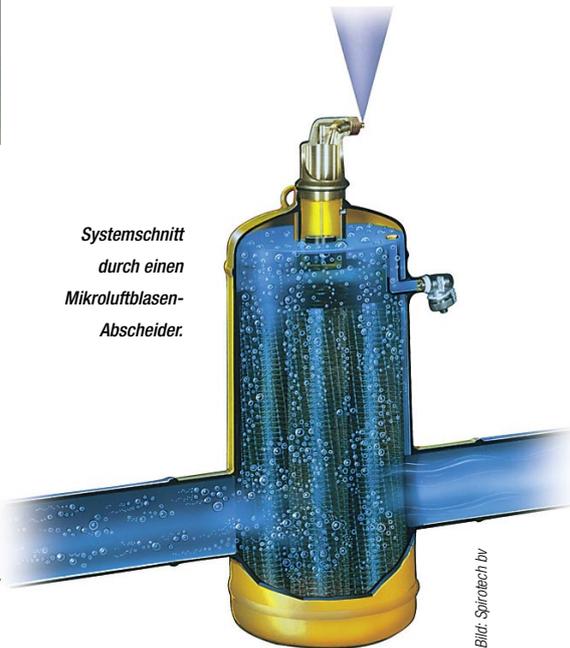


Bild: Spratech by

Druck nimmt das Lösungsvermögen von Wasser für Gase ab. Heizwasser wird aber permanent durch unterschiedliche Temperatur- und Druckzonen gepumpt und ist daher einem ständigen Wechsel der physikalischen Bedingungen unterworfen. Im Kessel wird das Heizwasser durch die hohen Temperaturen entgast und in den Heizkörpern steigt je nach Wärmeabgabe und Abkühlung das Lösungsverhalten der Gase wieder an. Deshalb muss konstruktiv und installationstechnisch dafür gesorgt werden, dass Heizwasser während der gesamten Nutzungsdauer ungesättigt bleibt, sich also auch nicht temporär freie Luftblasen bilden können. Bei großen Netzen ist dies

¹⁾ Teil 1: TGA 6-2006: Heizkesselkonstruktion, Wärmeträger, Brenner, Abgasanlagen

nur durch den Einsatz von Mikroluftblasen-Abscheidern oder durch kontinuierliche Vakuum-entgasung möglich.

Zu beachten ist, dass der Sauerstoffanteil der freien und gelösten Gase in der Heizungsanlage in kürzester Zeit mit metallischen Werkstoffen oxydiert. Falls häufig nicht entgastes Füll- und Ergänzungswasser nachgespeist wird, führt dies zu spürbarer Korrosion an Eisenwerkstoffen im System und zur Schlamm- und Rostbildung.

Um Stickstoff und andere Gase möglichst schnell aus dem System zu entfernen, eignen sich Armaturen, die nach den Regeln des Absorptionsgesetzes im wärmsten Bereich des Heizwassernetzes, also möglichst in Kesselnähe im Vorlauf, installiert werden. Besonders bewährt haben sich Mikroluftblasen-Abscheider, die im Querstrom zur Fließrichtung installiert werden. In ihr Gehäuse ist ein Geflecht aus feinsten Kupferdrähten eingebaut, das wie eine „Turbulenzbremse“ wirkt. Selbst kleinste Bläschen werden in dem Gitternetz so weit abgebremst, dass sie sich aus dem Wasserstrom lösen, im Armaturengehäuse aufsteigen und dort über einen automatischen Entlüfter abgeschieden werden können.

Sicherheitstechnische Ausrüstung

Heizungsanlagen müssen sicher und zuverlässig sein. Besondere Gefahren gehen vom Betriebsdruck und der Heizwassertemperatur aus. Deshalb sind nach DIN EN 12828 (für Betriebstemperaturen bis 105 °C) die sicherheitstechnischen Ausrüstungen unverzichtbarer Bestandteil jedes Heizungssystems [2]. Unterschieden wird hierbei in direkt und indirekt beheizte Systeme und in Nennleistungen ≤ 300 kW und > 300 kW.

Zur optischen Überwachung der Betriebstemperatur gehört ein gut sichtbar installiertes Thermometer mit einem Anzeigenbereich von min. 120 % der max. Betriebstemperatur. Der Temperaturregler sollte mindestens 10 K unter der Absicherungstemperatur eingestellt werden. Falls diese Einstellung während des Heizkesselbetriebes überschritten und der obere Temperaturgrenzwert erreicht wird, muss ein Sicherheitstemperturbegrenzer (STB) die Feuerung abschalten und verriegeln. Ein neuer Start der Feuerung ist nur durch manuelles Entriegeln des STBs möglich, dem eine Überprüfung und fachgerechte Beseitigung der Störungsursache vorausgehen muss.

Bei Leckagen kommt es zu größeren Wasserverlust und Druckabfall. Das sollte so früh wie möglich erkannt werden, damit der Heizkessel nicht trocken gefahren und zerstört wird. Deshalb muss die sicherheitstechnische Ausrüstung bei tief stehenden Heizkesselanlagen mit einer Nennleistung > 300 kW eine Wassermangelsicherung, einen Minimaldruckbegrenzer oder einen Strömungsbegrenzer enthalten. Nur bei Anlagen ≤ 300 kW darf darauf verzichtet werden, wenn si-



Automatische Vakuum-entgasungsanlage.

cher gestellt ist, dass ein Wassermangel keine unzulässige Aufheizung verursachen kann.

Zur Absicherung des zulässigen Betriebsdrucks müssen Wärmeerzeuger mit einer Nennleistung > 300 kW mit einem Maximaldruckbegrenzer ausgerüstet werden, der möglichst nahe am Heizkessel zu installieren ist. Bei unzulässigem Druckanstieg oder Ausfall der Hilfsenergie muss diese Sicherheitsarmatur die Feuerung abschalten und gegen automatisches Wiedereinschalten verriegeln. Die Abschaltung sollte ca. 0,2 bar vor dem Auslösen des Sicherheitsventils erfolgen.

Ein Sicherheitsventil nach prEN 1268 ist als zusätzliche Sicherheitsarmatur für jede Heizkesselanlage erforderlich. Es ist unmittelbar am Heizkessel oder in direkter Nähe im Vorlauf zu installieren. Die Dimensionierung erfolgt in Abhängigkeit von Heizkesselnennleistung und Druck und der daraus resultierenden max. möglichen Dampfausströmung. Aus Sicherheitsgründen muss der Wasserdampf über eine Ausblaseleitung sicher abgeleitet werden. Bei Heizkesselanlagen > 300 kW wird zum Sicherheitsventil noch ein Entspannungstopf und eine ins Freie führende Ausblaseleitung erforderlich, sofern nicht eine zusätzliche Absicherung des Heizkessels durch einen weiteren STB und einen zusätzlichen Maximaldruckbegrenzer vorgesehen ist.

Heizwasser muss fließen

Für die Förderung des Heizwassers sorgen Pumpen. Da bestimmte Heizkesselkonstruktionen eine Mindestumlauf-Wassermenge benötigen oder an den Betrieb mit einer verbindlichen Temperaturdifferenz gebunden sind, muss der Volumenstrom mit den Vorgaben des Heizkesselherstellers abgestimmt werden. Oft sind Maßnahmen erfor-

derlich, um den Kesselkreisvolumenstrom unabhängig vom Anlagenvolumenstrom zu machen. Auch bei Mehrkesselanlagen ist in vielen Fällen eine hydraulische Entkopplung (Hydraulische Weiche, Pufferspeicher, offener Verteiler mit Nulldruckregelung) sinnvoll. Zu verhindern ist dabei, dass die Rücklauftemperatur durch Mischvorgänge über die minimale Kesselrücklauftemperatur gemischt wird.

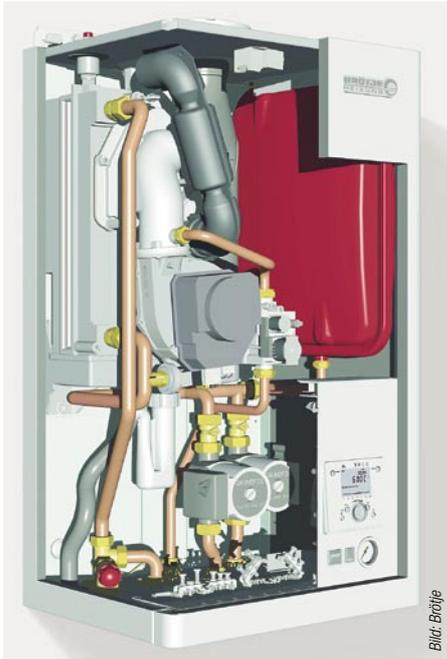
Das Arbeitsfeld einer Pumpe wird durch Kennlinien beschrieben. Sie zeigen den jeweiligen Förderstrom im Verhältnis zur Förderhöhe. Der Förderstrom ergibt sich bei gegebener Vor- und Rücklauftemperaturdifferenz aus der geforderten Wärmeleistung des Verbrauchers. Die Förderhöhe ergibt sich aus den wasserseitigen Widerständen von Heizkessel, Rohrleitungen, Leitungsarmaturen und Verbrauchern.

Die bedarfsgerechte Anpassung von Förderstrom und Förderhöhe an den jeweiligen Wärmebedarf erfordert geregelte Pumpen. Ab einer Leistung des Heizkreises von 25 kW ist eine automatische Leistungsanpassung vorgeschrieben. Im unteren Leistungsbereich erfolgt dieses fast ausschließlich durch integrierte Drehzahlregelungen in den Pumpen. Der große Regelbereich moderner Pumpen entbindet den Planer und Anlagenbauer aber nicht von der richtigen Pumpenauswahl. Nach wie vor sollte bei Heizungsanwendungen wegen des hohen Teillastanteils der Vollastbetriebspunkt rechts vom Wirkungsgradbestpunkt der Pumpe liegen. Bei Anlagen mit mehreren Heizkreisen sollte die Förderhöhe der einzelnen Pumpen nicht zu sehr variieren. Bei Kesselanlagen größerer Leistung sollte die elektrische Antriebsleistung aller Heizungsumwälzpumpen im System 1 % der thermischen Heizkesselleistung nicht übersteigen.



Energiesparende Hocheffizienz-Pumpe.

Durch den elektronisch kommutierten Synchronmotor mit Permanentmagnetrotor und den nichtmetallischen Spaltröhrtopf reduziert sich der elektrische Energieverbrauch im gesamten Arbeitsfeld deutlich.



Der Hilfsenergiebedarf steht auch bei Heizgeräten immer mehr im Fokus: Seit wenigen Monaten werden die ersten Brennwertheizkessel mit besonders sparsamen Pumpen mit ECM-Synchronmotor und Permanentmagnetrotor angeboten.



Kessel- und Heizkreisregelung mit Klartextanzeige und menügeführter Bedienung. Die Regelung wird immer mehr zum Differenzierungsmerkmal. Außerdem setzen die Hersteller vermehrt auf Ein-Regler-Strategien.

Zur Berechnung der Wasserausdehnung ist die maximale Überschwingtemperatur zugrunde zu legen. Beispielsweise nimmt Heizwasser bis 110 °C ein um 5,03 % größeres Volumen ein. Das Nutzvolumen des Ausdehnungsgefäßes muss mindestens dem Ausdehnungsvolumen entsprechen [2].

Der Vordruck muss mindestens 0,7 bar und überschlägig 0,3 bar über dem statischen Druck angesetzt werden. Der Auslegungs-Enddruck muss abzüglich der bauartabhängigen Schließdruckdifferenz unter dem Einstelldruck des Sicherheitsventils liegen. Zu empfehlen ist ein Enddruck von mindestens 0,5 bar unter dem Einstellüberdruck des Sicherheitsventils. Eine Systemabstimmung mit dem zulässigen Betriebsüberdruck des Heizkessels, den Einsatzkriterien der Pumpen, der Einstellung des Maximal- und Minimal-Druckbegrenzers gehört zu den Sorgfaltspflichten.

Der Einbau der Druckhalteeinrichtung sollte in der Sicherheitsrücklaufleitung, möglichst am tiefsten Punkt des Gesamtsystems oder auf der Saugseite der Heizungspumpe erfolgen. Wie bei allen sicherheitstechnischen Einrichtungen, darf auch bei der Druckhaltung kein Absperrventil zwischen Gerät und Heizkessel installiert werden. Ausgenommen hiervon sind Armaturen, die gegen unbeabsichtigtes Schließen (z.B. Kappenventile) gesichert sind. Hiermit können bei Wartungsarbeiten oder beim Austausch von Komponenten größere Heizwasserverluste vermieden und die dafür erforderliche Ergänzungswassermenge stark reduziert werden.

Werkstoffe

Wegen der jahreszeitlich diskontinuierlichen Leistungsanforderung einer Heizkesselanlage sollte spätestens ab einer Gesamtleistung von etwa 500 kW die Aufteilung auf zwei möglichst gleich große Heizkessel geprüft werden. Vorteile von Doppelkesselanlagen sind die Halbierung der Kleinlast (und damit die Verringerung der Takt Häufigkeit des Brenners) und die erhöhte Redundanz. Es eröffnet aber auch die wirtschaftliche

Optimierung, die Grundlast mit einem Brennwert-Heizkessel abzudecken und für die Spitzenlast einen kostengünstigeren NT-Heizkessel zu verwenden, insbesondere wenn bei Altanlagen in der Leistungsspitze die Rücklauftemperatur ohnehin oberhalb des Kondensationspunkts liegt.

Bei einer Teilsanierung oder bei Erweiterungen von Liegenschaften lassen sich häufig Mehrkesselanlagen als Kombination aus älteren Heizungsanlagen mit neuen Systemen nicht vermeiden. Dabei kommt es zwangsläufig zu Schnittstellen und Doppelungen von Komponenten. Der Planung voraus gehen muss bei diesen Projekten immer eine genaue Aufnahme des Ist-Zustands aller bestehender Anlagenkomponenten, der Aufstellungsbedingungen sowie der chemischen Reinheit der Verbrennungsluft (frei von Halogenen) und deren kritische Bewertung. Vermeintliche Kompromisse können später teure Sanierungen nach sich ziehen.

Besondere Beachtung erfordern die vorhandenen eingebauten Werkstoffe und ihre Verträglichkeit mit Materialien der neuen Komponenten. Kontakte zwischen Werkstoffen mit stark unterschiedlichen Normalpotenzialen müssen unbedingt vermieden werden. Sehr schnell kommt es sonst zu galvanischer Korrosion. Verzinkte Heizungsrohre (Zink: - 0,76 V) und Edelstähle aus Chrom-Nickel-Molybdän (Chrom: + 1,40 Volt) dürfen deshalb keinesfalls direkt miteinander verbunden werden.

Aber auch Ablagerungen, Korrosionsrückstände und Schlämme, die das alte Netz belasten, dürfen nicht mit dem Heizwasser in Heizkessel und Armaturen der Anlagenerweiterung gespült werden. Vor einem Zusammenschluss sollte das gesamte hydraulische System deshalb sorgfältig gereinigt und mehrfach (z.B. mit sauerstofffreiem Wasser) gespült werden. Schlamm würde sich sonst sofort auf den neuen Heizflächen ablagern und den Wärmeübergang beeinträchtigen. Rost- und Schmutzpartikel würden sich in den Armaturen festsetzen und ihre Funktion behindern. Eisenoxyde verursachen in Edelstahl-Heizkesseln Korrosion und damit zusätzliche Schlammabildung.

Moderne Pumpen integrieren eine stufenlose differenzdruckabhängige Drehzahlregelung [3]. Sie sorgt dafür, dass bei wechselndem Förderstrom die eingestellte Förderhöhe konstant oder entsprechend einer Kennlinie variabel gehalten wird. Diese Funktion bieten seit einigen Jahren sogenannte elektronische Regelpumpen. Allerdings resultiert die Einsparung nur aus der Anpassung im Teillastbetrieb und ggf. durch die Möglichkeit der Betriebspunktanpassung, nicht aus konstruktiven Verbesserungen. Neuere Pumpen mit elektronisch kommutiertem Synchronmotor und Permanentmagnetrotor verbessern zusätzlich den Wirkungsgrad im gesamten Arbeitsfeld der Pumpe. Erst vor wenigen Monaten hat Brötje als erster Kesselhersteller eine Kesselbaureihe vorgestellt, die werkseitig mit Permanentmagnetmotor-Pumpen ausgerüstet ist.

Druckhaltung

Die statische Höhe der Wassersäule und bei Membranausdehnungsgefäßen die Volumenzunahme des Heizwassers durch Erwärmung verursachen beachtliche Systemdrücke. Sie sind möglichst konstant zu halten. Dazu werden Membranausdehnungsgefäße oder für größere Anlagen auch Druckhaltestationen mit Kompressor oder Pumpe in Verbindung mit einer integrierten Vakuumentgasung und Nachspeisearmatur angeboten.

Membran-Ausdehnungsgefäße müssen sorgfältig berechnet, dimensioniert und in der Anlage platziert werden. Ihre Auslegung muss sicherstellen, dass bei maximaler Betriebstemperatur der Druck nur so weit ansteigt, dass der Druckbegrenzer und das Sicherheitsventil nicht ansprechen. Besonders wichtig ist dazu die genaue Ermittlung des Heizwasserinhalts aller Anlagenkomponenten.

Die Installation normaler Schmutzfilter in Rohrleitungen genügt hier häufig nicht. Es ist daher zu raten, bei allen Sanierungen einen hochwertigen, automatisch wirkenden Schlammabscheider in die Rücklaufleitung vor dem neuen Heizkessel einzusetzen, der aufgrund seiner Bauart auch feinste Schlammteilchen abscheiden kann. Vorteilhaft ist, dass diese Abscheider im Gegensatz zu Filtern nicht verstopfen und auch nicht ihren hydraulischen Widerstand erhöhen.

Regelung

Betriebssicherheit, Funktion und Wirtschaftlichkeit einer Heizkesselanlage sind unverzichtbar und eine systemgerechte Regelung daher zwingender Bestandteil. Ihre Funktionen und die Möglichkeit der Systemerweiterung sollten daher nicht nach der Produktauswahl als Optionen, sondern bereits bei der Beratung des Bauherrn als Auswahlkriterien berücksichtigt werden. In einigen Segmenten ist sogar der Leistungsumfang der Regelung bereits das entscheidende Differenzierungsmerkmal.

Die Einstellung, Kontrolle und Abfrage der Systemdaten ist je nach Ausführung der Regelung vor Ort oder durch Datenfernübertragung möglich.

Besonders wichtig für die richtige Einstellung der Regelung ist deren logische Bedienung. Klartextanzeige und eine einfache Bedienung mit wenigen Knöpfen erleichtern die Handhabung.

Fazit

Eine Heizkesselanlage setzt sich aus einer Vielzahl einzelner, unverzichtbarer Komponenten zusammen, die eine leistungsgerechte Funktionseinheit bilden müssen. Es darf nichts fehlen und es darf keine Position schlecht besetzt sein. Vermeintliche Kompromisse und qualitative Zugeständnisse erweisen sich in der Praxis häufig als teuer und für die vorgesehene Nutzungsdauer als absolut unwirtschaftlich. Das kann nicht im Interesse des Bauherrn liegen. Nur mit dem Gesamtsystem abgestimmte Funktionen und Leistungen harmonisieren.

Auch wenn heute vielfach Systemtechnik propagiert wird, die meisten Aufträge kommen aus dem Bestand und hier findet man schlichtweg alle Komponenten- und Materialkombinationen und alle erdenklichen Fallstricke vor. Mit Systemtechnik alleine kommt man da ohne zusätzliche Kompetenz nicht sehr weit. Darüber hinaus erscheint

es sinnvoll, die Verantwortlichkeiten zu bündeln sowie Installation, Inbetriebnahme und spätere Wartung des gesamten Gewerks in eine Hand zu geben. ■

Literatur

- [1] Heyne, Michael; van der Weijden, Hans: Entgasung von Heizungsanlagen – Luft muss raus: Stuttgart: Gentner Verlag, TGA Fachplaner 12-2005
- [2] DIN EN 12 828 Heizsysteme in Gebäuden, Planung von Warmwasser – Heizungsanlagen. Berlin: Beuth Verlag, Juni 2003
- [3] Hocheffizienz-Pumpen für Heizung, Klima, Kälte. Dortmund: Wilo AG, Dortmund, September 2005



Hans-Jürgen Selbach

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