

Entgasung von Heizungs- und Kühlanlagen

Raus mit dem Störfaktor „Luft“

Michael Heyne, Vertriebsleiter

Luft und deren negativer Einfluss auf Heiz- und Kühlkreisläufe sind ein bekanntes, jedoch oft unzureichend gelöstes Problem. Häufig führt das zu erheblichen Anlagenstörungen und zu steigendem Energieverbrauch. Moderne Anlagenkomponenten, wie Wärme- und Kälteerzeuger, Pumpen, Regelventile und Klimadecken reagieren äußerst empfindlich auf Gasbestandteile im Wärmeträger. Die Luft muss also sicher und schnell aus der Anlage entfernt werden. Im Folgenden wird anhand einer messtechnisch begleiteten Anlage die dauerhafte Entfernung von Luft aus der Installation vorgestellt.

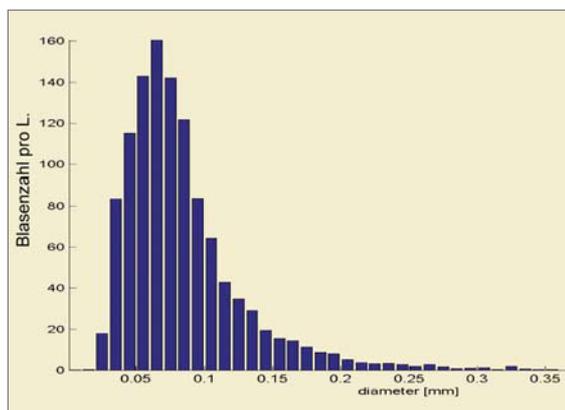


Abb. 1a Zählung von Mikroblasen

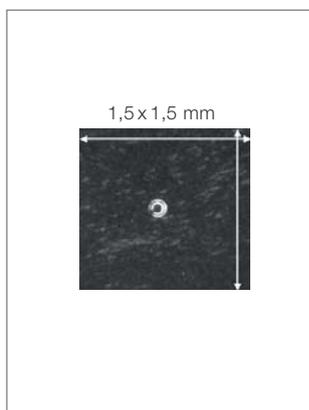


Abb. 1b Mikroblase 20fach vergrößert

Störungen wie Geräusche, unterbrochene Zirkulation, reduzierte Pumpeleistung, Lagerschäden an Pumpen, Kavitation und Korrosion sind in Heiz- und Kühlanlagen die Folgen von Luft im Kreislaufwasser. Immer mehr Planer, Berater und Anlagenbauer erkennen daher die immense Bedeutung der Entgasung des Anlagenwassers. Dies gilt nicht nur im Hinblick auf das problemlose Anfahren und Einregulieren, sondern auch auf den störungsfreien Betrieb einer Anlage. Allerdings ist eine „konventionelle“ Entlüftung bei komplexem Anlagenaufbau nur eingeschränkt möglich. Es bedarf in bestimmten Fällen besonderer Methoden. Allgemein werden die gelösten und freien Gase im Heizungswasser als „Luft“ bezeichnet. Das tatsächlich vorhandene Gasgemisch entspricht allerdings nicht der

natürlichen Zusammensetzung der Atmosphäre, weil sich die Hauptbestandteile Stickstoff (N) und Sauerstoff (O) unterschiedlich verhalten. (N/O in der Atmosphäre ca. 78 % zu 22 % und in Wasser ca. 67 % zu 33 %). Aus der Anlage muss insbesondere der Stickstoffanteil entfernt werden. Der vorhandene Sauerstoff reagiert innerhalb kürzester Zeit an metallischen Oberflächen, fast ausschließlich an Eisenwerkstoffen, durch Oxidation. (Korrosions-)Probleme treten jedoch sehr schnell auf, wenn permanent neuer Sauerstoff in die Anlage gelangt, vor allem bei geringem Eisenanteil.

PROBLEME AUS DEM ALLTAG

Im Anlagenbau werden heute verstärkt Kunststoffe eingesetzt, beispielsweise in Fußbodenheizungen, Anschlusschläu-

chen und ähnlichem. Neben der Temperaturempfindlichkeit sowie einer relativ hohen Wasserdampf-Diffusion (was einen ständigen Wasserverlust bedeutet), besteht die Gefahr des Sauerstoffeintritts auf Grund unterschiedlicher Partialdrücke, der Umgebungsluft und des Anlagevolumens. Dadurch nimmt die Korrosion zu. Durch die Installationen in Zwischendecken ist es unmöglich, den Leitungsverlauf entlüftungsfreundlich zu installieren. Außerdem besteht oft nicht die Möglichkeit, manuelle Entlüfter gut zugänglich zu positionieren.

Luft in Heizsystemen wirkt sich negativ auf den Wärmeübergang und damit auf Wärmestrahlung und Konvektion aus. Dies hat eine wesentlich größere Auswirkung, als allgemein in der Branche angenommen. Die Leistungsminderung tritt bereits bei Gaskonzentrationen im Heizungswasser auf, bei denen andere Betriebsstörungen noch nicht wahrgenommen werden. Der schlechtere Wirkungsgrad spiegelt sich direkt in einem steigenden Energieverbrauch wider. Da in modernen Systemen Leitungen und Regelorgane mit kleinsten Querschnitten immer niedrigere (Teil-)Leistungen abdecken, werden auch an das Anlagenwasser höhere Anforderungen gestellt. Es muss während der gesamten Nutzungsdauer frei von Schmutzpartikeln und Gasen sein. Nur so können Verstopfungen, ein verminderter Wärmeübergang und die damit

Fussbodenheizung für kleine Flächen **bm**mini

Die fachgerechte Systemanbindung
mit Raumtemperaturregelung für
Flächen bis ca. 40 qm



Vor allem in Bädern oder Anbauten werden oft Heizkörper in Kombination mit einer Fußbodenheizung betrieben. Der Einsatz eines zweiten Mischkreises lohnt nicht, stattdessen werden die Flächen oft mit Drosselschaltungen im Rücklauf betrieben. Mit dem Laing BM mini wird dagegen eine echte Beimischschaltung auf kleinstem Raum ermöglicht:

- gleichmäßige Wärmeverteilung durch integrierte Kugelmotorpumpe
- einstellbare Raumtemperaturregelung entsprechend der EnEV
- zuverlässige Vorlauftemperatursteuerung mit integrierter Übertemperatursicherung
- einfacher Direktanschluss an die Heizkörperanlage





Abb.2 Instrument zur Online-Messung der Konzentration gelöster Gase

entstehenden Kosten vermieden sowie die Korrosionsgefahr reduziert werden. Eine dauerhafte Entgasung, vor allem in weit verzweigten Systemen, ist **ausschließlich** mit Vakuumentgasern zu gewährleisten.

LUFT IM ANLAGENWASSER

Luft im Anlagenwasser ist physikalisch bedingt und lässt sich nicht vollkommen vermeiden. Wie aber kann sie schnell und effizient entfernt werden? Bei der Wahl der richtigen Entlüftungsmethode spielen mehrere Aspekte eine zentrale Rolle. Zum einen tritt Luft im Anlagenwasser in verschiedenen Erscheinungsformen auf. Zum anderen ist infolge komplexer Strömungssituationen eine eindeutige Mengenbestimmung des Luftvorkommens sehr kompliziert. Die

Vielzahl der Einflussparameter lässt sich nicht mit einer einfachen Messapparatur erfassen. Da Temperatur und Druck in der Anlage ständig variieren, beeinflussen sie die physikalisch bedingten Gaslöslichkeiten des Anlagenwassers. Dadurch verändern sich die Erscheinungsformen der Gase im Anlagenwasser zwangsläufig. Auch die Gesamtkonstellation der ausgewählten Systemkomponenten wirkt sich auf die Gasmenge und deren mögliche Entfernung aus.

ERSCHEINUNGSFORMEN DER LUFT

Die Untersuchung der verschiedenen Verhaltensmechanismen von Gasen in Wasser ist sehr komplex und lässt sich nur schwer in konkrete Praxissituationen umsetzen. Spirotech hat jedoch mehrere Messmethoden, Abb.2, entwickelt, mit deren Hilfe wesentlich tiefere Erkenntnisse über Zustände und Abläufe in Heizungs-, Solar- und Kühlanlagen gewonnen werden konnten. Diese Abläufe sind anhand reproduzierbarer Daten nachweisbar.

Große Gasblasen (freies Gas)

Große Gasblasen sind im Volumenstrom nicht direkt messbar, da deren Anzahl, Form und Größe sehr stark variiert. Gut messbar ist dagegen die Menge der ab-

geführten Gase, die durch diverse Entlüfter aus der Anlage entfernt wird.

Mikroblasen (< 0,5 mm)

Mikroblasen lassen sich mit optischen Hilfsmitteln und Bildverarbeitungssoftware messen, wobei sich die Anzahl, die Größe und somit auch das Volumen der Gasblasen bestimmen lässt, Abb.1a und 1b.

Gelöste Gase

Das Henrysche Absorptionsgesetz (William Henry, engl. Physiker 1775 bis 1836) besagt, dass der Gehalt an gelösten Gasen in Wasser abhängig ist von Druck und Temperatur. Henry fand heraus, dass der Anteil gelöster Gase im Wasser mit steigender Temperatur beziehungsweise fallendem Druck abnimmt.

Im Gegenzug bedeutet dies, dass die Gasaufnahmekapazität des Wassers mit steigendem Druck und fallender Temperatur zunimmt, Abb.3. Die gesamte Konzentration gelöster Gase im Anlagenwasser kann mit Hilfe eines mobilen Messinstruments exakt und zuverlässig online gemessen und dargestellt werden, Abb.2.

VAKUUMENTGASUNG IN DER PRAXIS

In einem Verwaltungsneubau wurden während der Inbetriebnahme einer Heiz- und Klimaanlage mit einer Gesamtleistung von 600 kW zahlreiche Messungen im System durchgeführt. Die dazu benötigten, speziellen Messgeräte wurden im Rahmen eines Praxisversuchs erstmalig in dieser Größenordnung angewendet.

Das Bürogebäude umfasst vier Etagen, wobei sich die Energiezentrale im Obergeschoss befindet. Die Temperierung der Büros erfolgt über Heiz-Kühldecken, die für jedes Büro separat regelbar sind. Versorgungstechnisch wird das Gebäude über vier Schächte in vier Gruppen aufgeteilt und erschlossen. Sie werden von zwei Kesseln im obersten Geschoss mit einer Leistung von jeweils 300 kW gespeist. Durch den Leitungsverlauf in Zwischendecken, mit vielen

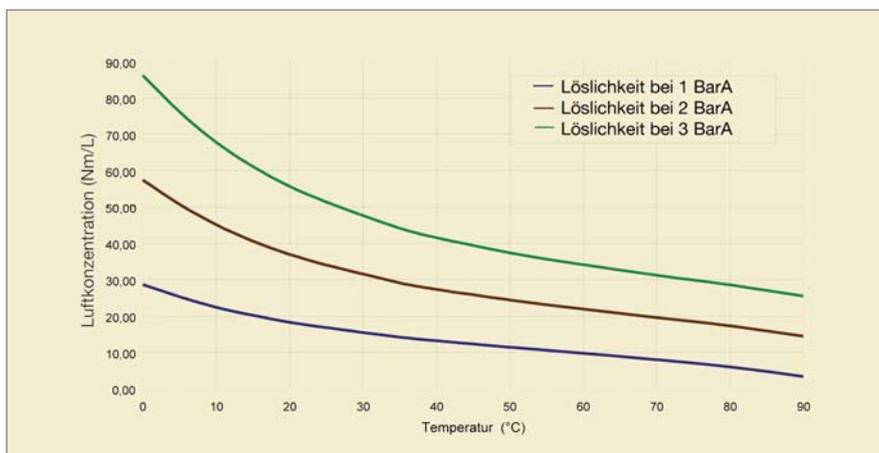


Abb.3 Theoretische Konzentration gelöster Luft in vollständig gesättigtem Wasser

horizontal geführten Trassen sowie großflächig verrohrten Heiz- und Kühldecken, war diese Anlage nur schwer zu entlüften. Am Hauptverteiler wurde ein Vakuumentgaser Spirovent `Luft Superior S6A-R mit der neu entwickelten „Smart-Switch-Regelung“ eingebaut, Abb.4. Dieser ist in der Lage, das System mit einem Inhalt bis 150 m³ und einem Druck bis zu 6 bar zuverlässig zu entgasen. Das Ergänzungswasser kann, bevor es in die Anlage gelangt, vom Superior entgast werden, das vermindert die Korrosion durch das Nachspeisewasser. Die „Smart Switch“ Regelung sorgt für eine automatische Ein- bzw. Ausschaltung des Superior S6A-R in Abhängigkeit der tatsächlich abgeschiedenen Gase. Die Installation zusätzlicher Messgeräte ermöglichte zuverlässige Aussagen über weitere Anlagendaten. Die Messwert-Grafiken, Abb.5-7 beziehen sich nur auf die Heizungsanlage. Während der 6-wöchigen Inbetriebnahmephase wurden folgende Parameter erfasst:

- ▶ Systemdruck
- ▶ Systemtemperatur
- ▶ entfernte Luftmenge
- ▶ gemessene Gaskonzentration im Wasser
- ▶ Betriebszustand des Vakuumentgasers (Ein/Aus)
- ▶ theoretische Luftkonzentration (gesättigt nach Henry)



Abb.4 Vakuumentgaser „Spirovent `Luft Superior S6A-R“

Eine sorgfältige Inbetriebnahme und Einregulierung eines Heizungssystems bilden einen komplexen Prozess. Der Test wurde in folgende Phasen kategorisiert:

1. Füllen des Systems mit Leitungswasser
2. Inbetriebnahme der Umwälzpumpen
3. Start des Vakuumentgasers und Beginn der Messungen
4. Kesselanfahren und Thermostateinregulierung
5. Inbetriebnahme und Einregulierung Induktionseinheiten
6. Hydraulische Einregulierung und Inbetriebnahme der Flächenheizung
7. Umstellung des Vakuumentgasers auf den automatischen Betrieb (Smart-Switch)

Zwischenzeitlich wurde mehrmals nachgefüllt, um das entfernte Gasvolumen sowie störungsbedingte Wasserverluste auszugleichen. Insgesamt wurden über 1.000l Luft aus 3.000l Heizungswasser entfernt. Die Messwert-Grafiken der Abb.5-7 zeigen folgende Phasen:

- ▶ Anfahrvorgang, Abb.5.1-5.3: 3 Tage während der Anfahrphase, mit einem gefüllten und von Hand entlüftetem System, beginnend mit dem Start des Vakuumentgasers.
- ▶ Kesselinbetriebnahme, Abb.6.1-6.3: 9 Tage, während der Inbetriebnahme des Kessels, mit Einregulierung des Kesselthermostats, mit dem in Betrieb befindlichen Vakuumentgaser.
- ▶ Einregulierung, Abb.7.1-7.3: 14 Tage, mit einer einregulierten Anlage, wobei der Vakuumentgaser vom manuellen auf den automatischen Betrieb umgeschaltet wurde.

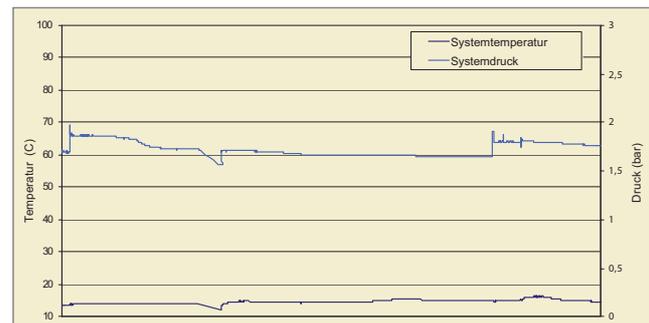


Abb.5.1 Druck und Temperatur in der Anfahrphase

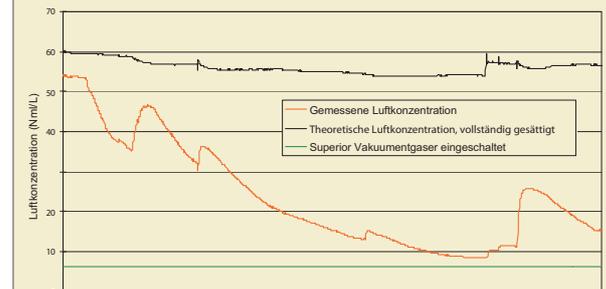


Abb.5.2 Luftkonzentrationen in der Anfahrphase



Abb.5.3 Entfernte Luft in der Anfahrphase

ANFAHRVORGANG: 240 L LUFT

Bei der Inbetriebnahme wurde die Anlage mit kaltem Leitungswasser gefüllt. Die Pumpen wurden eingeschaltet. Mit Frischwasser gefüllt enthält das gesamte Heizungssystem mit 3000l Inhalt theoretisch ca. 165l gelöste Gase. Dies wurde anhand der theoretischen maximalen Löslichkeit nach Henry berechnet. Während des Füllens findet eine Durchmischung der in der Anlage verbliebenen Luft mit Wasser statt. Nur ein Teil der Luft kann noch vom Wasser gelöst werden. Die Folge: Es bilden sich freie im Volumenstrom eingeschlossene Gasblasen. Die tatsächlich im Heizungswasser enthaltene Gasmenge liegt deswegen erheblich höher als die

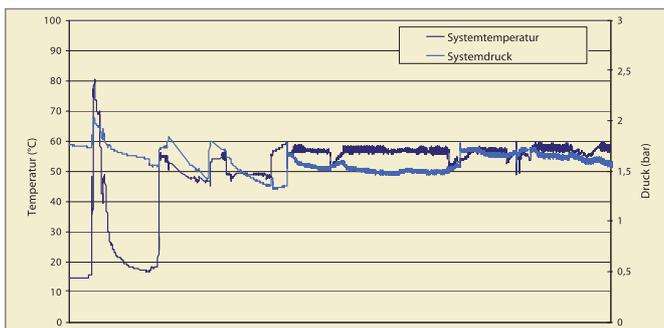


Abb.6.1 Druck und Temperatur in der Kesselanfahrphase

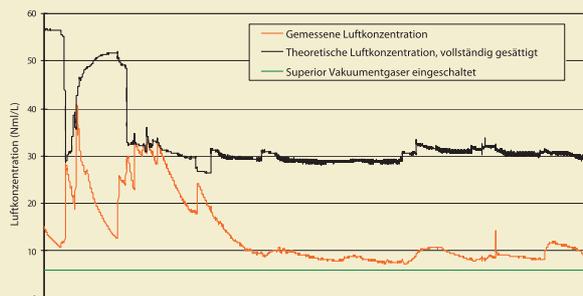


Abb.6.2 Luftkonzentrationen in der Kesselanfahrphase



Abb.6.3 Entfernte Luft in der Kesselanfahrphase

errechnete. Handentlüfter entfernen die an ihrem Installationsort zufällig vorhandenen freien, großen Luftblasen. Nachdem die Pumpen in Betrieb genommen wurden, transportiert die bereits gesättigte Flüssigkeit die freien Luftblasen durch das gesamte System. Auch große, gut sichtbare Luftblasen werden mitgerissen und schon bei geringen Strömungsgeschwindigkeiten vom Volumenstrom auch senkrecht nach unten gefördert.

Die eingeschlossene Luft ist in den Leitungen deutlich hörbar und lässt sich mit automatischen Schnellentlüftern bzw. Handentlüftern nicht mehr entfernen. Die Verhältnisse in der Anlage zeigt Abb.5. Sofort nach dem Start werden

große Luftmengen aus der Anlage entfernt. Dabei nimmt die Gaskonzentration stark ab. Da während der Anfahrphase immer neue Teile der Anlage in Betrieb genommen werden, steigt die gemessene Gaskonzentration mehrfach an, sinkt dann wieder ab und stabilisiert sich. Außerdem wird die Anlage mit Leitungswasser nachgefüllt – es besitzt eine höhere Gaskonzentration als die zu diesem Zeitpunkt vorliegende Gaskonzentration in der Anlage. Die Reaktion darauf zeigt sich im letzten Spitzenwert. Da die Temperatur niedrig ist, kann das Wasser theoretisch viel Gas enthalten. Neben einem Teil der gelösten Gase wird auch ein Teil der freien Gase entfernt, insgesamt ca. 240l in drei Tagen.

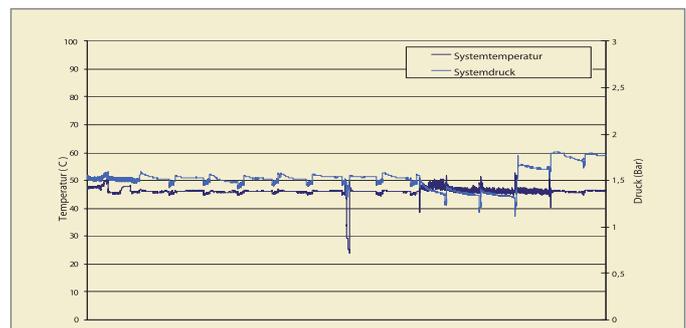


Abb.7.1 Druck und Temperatur in einem einregulierten System

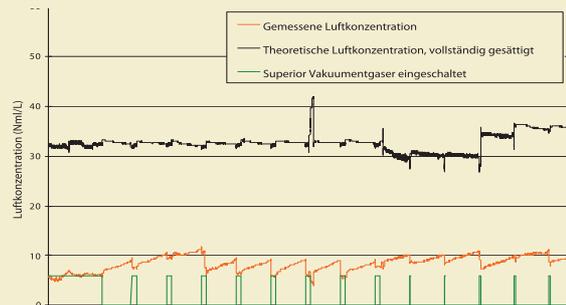


Abb.7.2 Luftkonzentrationen in einem einregulierten System



Abb.7.3 Entfernte Luft aus einem einregulierten System

KESSELINBETRIEBNAHME: 890 L LUFT

In der zweiten Periode von 9 Tagen wird zuerst das Kesselthermostat und dann die Vorlauftemperatur auf ca. 55 °C eingestellt. Durch diese Temperaturänderung sinkt die Gaslöslichkeit des Wassers und es entstehen freie Luftblasen, die sich im Volumenstrom befinden. Dazu zählt auch eine große Menge Mikroblasen. Während des Aufwärmvorganges werden immer wieder Segmente der Anlage hydraulisch zugeschaltet. Die Inbetriebnahmephase zeigt Abb.6. Sofort nach dem Kesselstart fallen große Gasmengen an, die zeitnah mit dem Vakuumtgas er aus dem Leitungsnetz entfernt werden. Dabei wird – neben

der gesamten freien Luft – auch ein sehr großer Teil der gelösten Luft entfernt. Der durch die Gasentfernung sinkende Systemdruck wird mit Wasser ergänzt. Dies hat unmittelbare Auswirkungen auf die Gaskonzentration im System. Nach der Stabilisierung von Druck und Temperatur sinkt die Gaskonzentration wieder auf ein Niveau von ca. 10 ml/l; somit handelt es sich um ein stark untersättigtes und absorptives Wasser. Insgesamt wurden zu diesem Zeitpunkt ca. 890 l Luft aus der Anlage entfernt.

EINREGULIERTES SYSTEM: 1020 L LUFT

Im Laufe von 14 Tagen wurden keine abweichenden Trends festgestellt. In dieser Periode wurde die Anlage hydraulisch einreguliert. Nach der Inbetriebnahmephase wurde noch zwei Wochen unter praktisch unveränderten Systemparametern gemessen. Bis zu diesem Zeitpunkt lief der Vakuumentgaser S6 A-R im Dauerbetrieb. Danach stellte man eine feste Betriebszeit von zwei Stunden pro Tag ein. Zum Schluss wurde der Vakuumentgaser auf die Smart-Switch-Funktion umgeschaltet, wobei die Laufzeit auf ein Minimum reduziert wurde. Man entgaste nur dann, wenn es auch notwendig war, wodurch man die Gaskonzentration dauerhaft auf einem Niveau um 10 ml/l hielt.

Die erste Betriebsphase zeigt Abb.7: Nach dem Entfernen von über 1.000 l Luft aus einer Anlage mit 3.000 l Wasserinhalt, wurden keine Veränderungen des Gasgehaltes mehr gemessen. Das System ist und bleibt optimal entgast. Durch die verkürzte Betriebsdauer des Vakuumentgasers wird die Gaskonzentration anfangs auf einem Niveau um ca. 10 ml/l gehalten. Es stellte sich jedoch heraus, dass die Konzentration nach Beenden der Entgasung wieder langsam ansteigt. Das lässt darauf schließen, dass durch Diffusionsvorgänge wieder Gase in die Anlage gelangen. Durch Zunahme der Gaskonzentration erhöhten sich die Einschaltzyklen des Vakuumentgasers.

WEITERE ERGEBNISSE

► Die entfernte Gasmenge von über 1.000 l aus 3.000 l Anlagenflüssigkeit sowie die erreichte niedrige Gaskonzentration von 10 ml/l Anlagenwasser verdeutlichen, wie groß die Notwendigkeit einer Vakuumentgasung für Heizungsanlagen ist.

Ohne Vakuumentgasung hätte die Inbetriebnahme erheblich mehr Zeit in Anspruch genommen.

► Sehr viele Aspekte, wie die verschiedenen Erscheinungsformen von Gasen, die Komplexität der Systeme sowie die Anfahr- und Inbetriebnahmephase, haben Auswirkungen auf die Gasentfernung. Erst nach einiger Zeit kann von einer stabilen Situation gesprochen werden.



Abb.8 Vakuumentgaser „Spirovent `Luft Superior S3“

► Die entwickelten Messgeräte sind ideal für Online-Messungen und für die Darstellung der Veränderungen. Weiterhin dokumentieren diese Messungen reproduzierbare Parameter über den Anlagenzustand während der Inbetriebnahme.

► Wird eine Anlage nicht ausreichend entgast, so ist nachweislich mit negativen Begleitumständen zu rechnen (verminderter Wirkungsgrad, Kavitation, Geräusche, Korrosion usw.).

► Ein entgastetes System nimmt über verschiedene Komponenten Gas aus der Atmosphäre auf. Eine permanente Entgasung ist deswegen unverzichtbar.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Messergebnisse zeigen, dass die Installation während des Anfahrvorgangs kontinuierlich und optimal entgast wurde. Darüber hinaus wurde nachgewiesen, dass auch bei einem komplett gefüllten und einregulierten System die Entgasung zur Aufrechterhaltung der Wärmeverteilung und des optimalen Anlagenbetriebs eine unverzichtbare Anlagenkomponente ist. Außerdem trug der Spirovent `Luft Superior S6 A-R dazu bei, dass bereits zum Zeitpunkt der Einregulierung die gesamte Luft aus der Anlage entfernt war.

Der Wärmeträger in einer Heizungsanlage (wie hier das Wasser) ist ebenso eine Systemkomponente wie Kessel, Mischer, Ausdehnungsgefäß, Umwälzpumpe und Heizkörper. Das ist bei der Planung und Anlagenausstattung sorgfältig zu berücksichtigen.

Zu beachten ist dabei auch, dass der Wärmeträger regelmäßig gewartet und kontrolliert werden muss und Einweisungen des Betreibers durchgeführt und ggf. entsprechende Wartungsverträge abgeschlossen werden. Anhaltende luftbedingte Probleme mit kostenintensiven Begleitumständen gehören dann der Vergangenheit an.

Die beschriebenen Ergebnisse wurden mit einem Vakuumentgaser des Typs Spirovent `Luft Superior S6 A-R erzielt. Auf der SHK-Messe in Essen wurde der kleinere Bruder dieses Entgasers vorgestellt, Abb.8. Er ist in der Lage, mit einer Leistungsaufnahme von geringen 40 Watt und einem flüsterleisen Schallpegel von nur 49 dB(A) Anlagen mit einem Systemdruck bis 3,5 bar und einem Inhalt von 10 m³ (das entspricht einer Leistung um 800 kW) in 100 Betriebsstunden vollständig zu entgasen und bedarfsgerecht nachzufüllen.

Autor

*Michael Heyne, Vertriebsleiter
Spirotech, Düsseldorf*

*Fotos und Grafiken: Spirotech
www.spirotech.de*