

Entgasung von Heizungsanlagen Luft muss raus

Luft und deren negativer Einfluss auf Heiz- und Kühlkreisläufe sind ein bekanntes, jedoch oft unzureichend gelöstes Problem. Oft 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 aus der Anlage entfernt werden. Im Folgenden wird anhand einer messtechnisch begleiteten Anlage die dauerhafte Entfernung von Luft aus der Installation vorgestellt.

Störungen wie Geräusche, unterbrochene Zirkulation, reduzierte Pumpenleistung, Lagerschäden an Pumpen, Kavitation und Korrosion sind in Heiz- und Kühlanlagen die Folge 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 und Sauerstoff unterschiedlich verhalten. Entfernt werden muss aus der Anlage insbesondere der Stickstoffanteil. Sauerstoff wird innerhalb weniger Stun-

den an metallischen Oberflächen durch Oxidation umgewandelt. (Korrosions-) Probleme treten aber sehr schnell auf, wenn permanent neuer Sauerstoff in die Anlage gelangt. Insbesondere bei geringem Oberflächenanteil von Eisenwerkstoffen.

Probleme aus dem Alltag

Im Anlagenbau werden heute verstärkt Kunststoffe eingesetzt, beispielsweise in Fußbodenheizungen, Anschlusschläuchen und ähnlichem. Neben der Temperaturempfindlichkeit sowie einer relativ hohen Wasserdampf-Diffusion (was einen ständigen Wasserverlust bedeutet), besteht die Gefahr des Sauerstoffeintritts aus der Umgebungsluft. Dadurch nimmt die Korrosion zu.

Durch die Installationen in Zwischendecken kann der Leitungsverlauf praktisch nie entlüftungsfreundlich konzipiert werden. Außerdem besteht oft nicht die Möglichkeit, manuelle Entlüfter gut zugänglich anzuordnen.

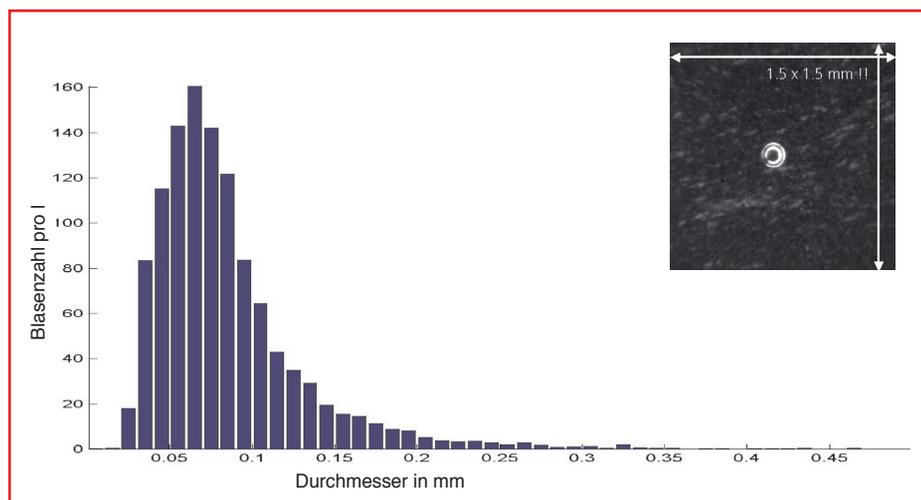


Bild 2 Zählung von Mikroblasen, Mikroblase 20fach vergrößert



Bild 1 Vakuumentgaser „Spirovent 'Luft Superior'“

Luft in Heizsystemen wirkt sich aber 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 sofort wahrgenommen werden.

Da in modernen Systemen, Leitungen und Regelorgane mit kleinsten Querschnitten immer niedrigere (Teil-)Leistungen abdecken müssen, werden auch an das Anlagenwasser höhere Anforderungen gestellt. Es muss während der gesamten Nutzungsdauer frei von Schmutzpartikeln und Gasen sein. Nur so können Verstopfungen und ein verminderter Wärmeübergang vermieden sowie die Korrosionsgefahr reduziert werden. Dauerhaft ist die Entfernung von Gasen aus dem Heizungswasser bei ausgedehnten Systemen nur mit Hilfe einer Vakuumentgasung möglich.

Luft im Anlagenwasser

Luft im Anlagenwasser ist physikalisch bedingt und lässt sich nicht komplett 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 örtlich variieren, beeinflussen sie die physikalisch bedingten Gaslöslichkeiten im

Anlagenwasser. Dadurch verändern sich auch 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 schwer in konkrete Praxissituationen umsetzen. Spirotech hat jedoch mehrere Messmethoden (Bilder 3 und 4) entwickelt, mit deren Hilfe wesentlich tiefere Erkenntnisse über Zustände und Abläufe in Heizungs-, Solar- und Kühlanlagen zu gewinnen sind. Diese Abläufe sind anhand reproduzierbarer Daten nachgewiesen.

Foto: Spirotech



Bild 3 Instrument zur Messung der entfernten Gasmenge

Große Gasblasen (freies Gas)

Große Gasblasen sind im Volumenstrom nicht direkt messbar, da deren Anzahl, Form und Größe sehr unterschiedlich ist. Gut messbar ist dagegen die Menge der abgeführten Gase, die durch die verschiedenen Entlüfter-Formen aus der Anlage entfernt wird.

Mikroblasen (< 0,5 mm)

Mikroblasen lassen sich mit optischen Hilfsmitteln und Bildverarbeitungssoftware messen, wobei sich sowohl die Anzahl als auch das Volumen der Blasen bestimmen lässt (Bild 2).

Gelöste Gase

Das Henrysche Absorptionsgesetz (William Henry, engl. Physiker 1775 bis 1836) besagt, dass der Gehalt an gelösten Gasen in Wasser abhängig von Druck und Temperatur ist. Das heißt, der Anteil gelöster Gase im Wasser nimmt mit steigender Temperatur beziehungsweise fallendem Druck ab (Bild 5). Die gesamte Gaskon-



Bild 4 Instrument zur Online-Messung der Konzentration gelöster Gase

zentration kann mit Hilfe eines mobilen Messinstruments, das die Konzentration der gelösten Gase im Anlagenwasser exakt und zuverlässig darstellt, online gemessen werden (Bild 4).

Vakuumentgasung in der Praxis

In einem Rathausneubau wurden während der Inbetriebnahme einer Heiz- und Klimaanlage mit 600kW in Zusammenarbeit mit dem Anlagenbauer zahlreiche Messungen am Heizungssystem durchgeführt. Die dazu benötigten, speziellen Messgeräte wurden im Rahmen eines Praxisversuchs erstmalig in dieser Größenordnung angewendet.

Das Bürogebäude umfasst vier Etagen, wobei sich die zentralen Anlagen im Obergeschoss befinden. Die Temperierung der Büros erfolgt mit Heiz-Kühldecken, die für jedes Büro separat regelbar sind. Versorgungstechnisch wird das Gebäude über vier Schächte und vier Gruppen erschlossen. Sie werden von zwei Kesseln im obersten Geschoss mit einer Leistung von jeweils 300kW gespeist. Durch den typischen Leitungsverlauf mit vielen horizontal geführten Trassen sowie die großflächig verrohrten Heiz- und Kühldecken ist das System nur schwer zu entlüften.

Am Hauptverteiler wurde ein Vakuumentgaser Spirovent 'Luft Superior (Bild 1) mit einer

neu entwickelten „Smart-Switch-Regelung“ zu Testzwecken eingebaut. Sie sorgt für eine automatische Einschaltung des Vakuumentgasers auf Grundlage der tatsächlich gemessenen Gaskonzentration. An den Vakuumentgaser wurden weitere Messgeräte angeschlossen.

Die Messwert-Grafiken (Bilder 6 bis 8) beziehen sich nur auf die Heizungsanlage. Während 6-wöchigen Inbetriebnahmephase wurden folgende Parameter erfasst:

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

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

1. Füllen des Systems mit Leitungswasser
2. Inbetriebnahmen der Umwälzpumpen
3. Start des Vakuumentgasers und Beginn der Messungen
4. Kessel anfahren und Thermostateinregulierung
5. Inbetriebnahme und Einregulierung von 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 1000l

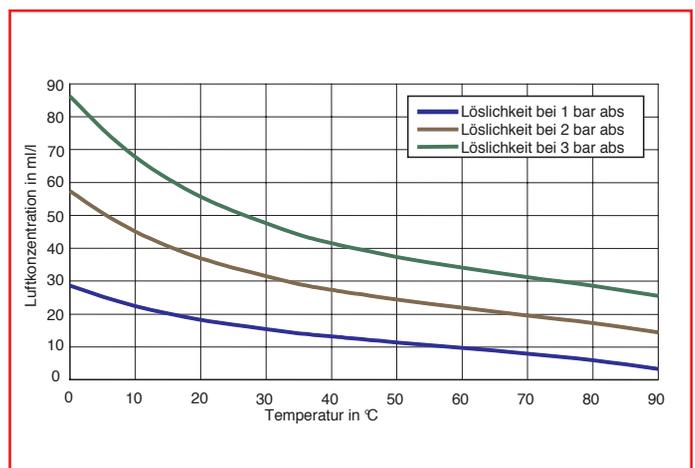


Bild 5 Theoretische Konzentration gelöster Luft in vollständig gesättigtem Wasser

Foto: Spirotech

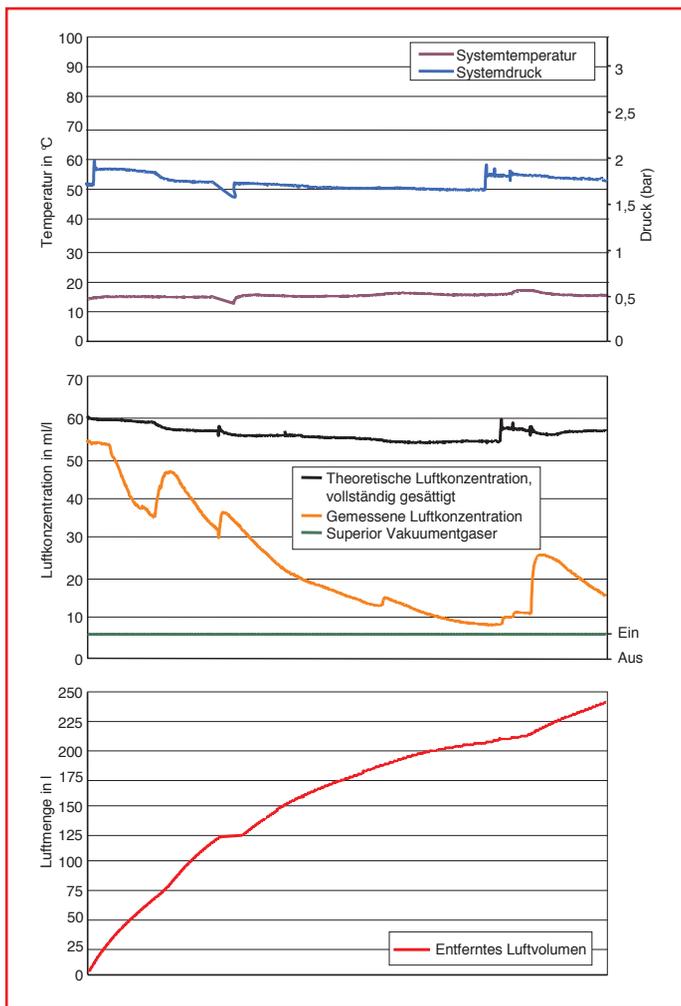


Foto: Spirotech

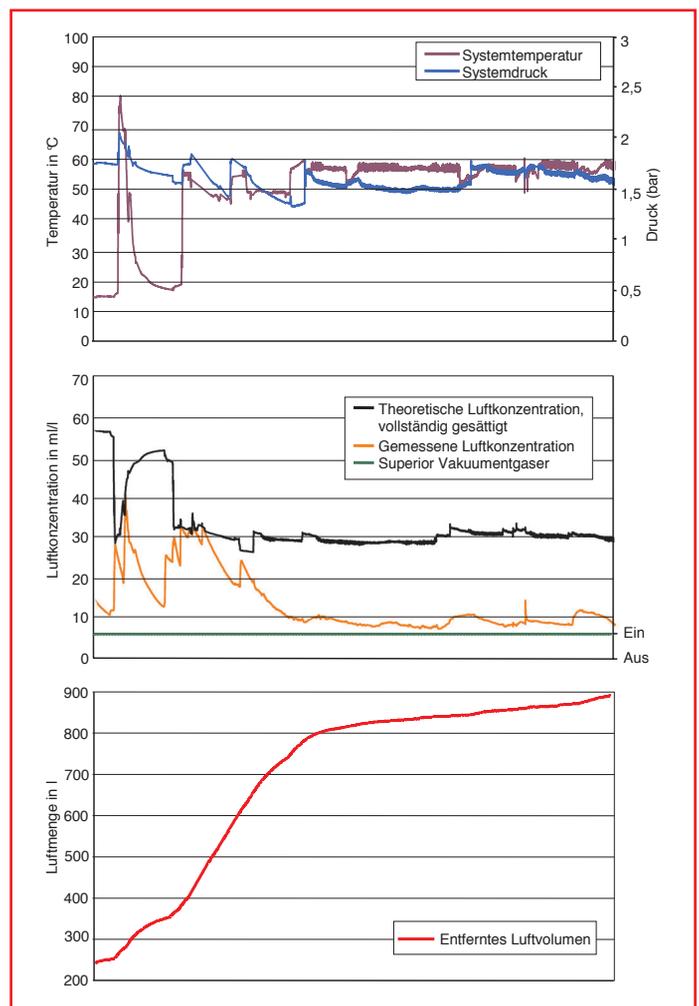


Foto: Spirotech

Bild 6 Druck und Temperatur (oben), Luftkonzentration (Mitte) und entfernte Luft (unten) in der Anfahrphase während einer Periode von drei Tagen

Bild 7 Druck und Temperatur (oben), Luftkonzentration (Mitte) und entfernte Luft (unten) in der Kesselinbetriebnahme während einer Periode von neun Tagen

Luft aus 3000l Heizungswasser entfernt. Die Messwert-Grafiken der Bilder 6 bis 7 bilden folgende Phasen ab:

- **Anfahrvorgang:** drei Tage während der Anfahrphase, mit einem gefüllten und von Hand entlüftetem System, beginnend mit dem Start des Vakuumentgasers.
- **Kesselinbetriebnahme:** neun Tage während der Inbetriebnahme des Kessels, mit Einregulierung des Kesselthermostats, mit dem in Betrieb befindlichen Vakuumentgaser.
- **Einreguliertes System:** 14 Tage mit einer einregulierten Anlage, wobei der Vakuumentgaser vom manuellen auf den automatischen Betrieb umgeschaltet wurde.

Anfahrvorgang: 240l 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 Luft. Dies wurde anhand

der theoretischen maximalen Löslichkeit 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 errechnete.

Handentlüfter entfernen die am Installationsort zufällig vorhandene freie Luft. Nachdem die Pumpen in Betrieb genommen wurden, transportiert die bereits gesättigte Flüssigkeit die freien Luftblasen. Auch große, gut sichtbare Luftblasen werden vom Volumenstrom mitgerissen. Die eingeschlossene Luft ist in den Leitungen deutlich hörbar und lässt sich mit einem automatischen Schnellentlüfter bzw. mit Handentlüftern nicht mehr entfernen.

Die Verhältnisse in der Anlage zeigt Bild 6: 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.

Kesselinbetriebnahme: 890l Luft

In der zweiten Periode von neun Tagen wird zu Anfang das Kesselthermostat und danach die Vorlauftemperatur auf ca. 55°C eingestellt. Durch diese Temperaturänderung sinkt die Gaslöslichkeit des Wassers und es entsteht freies Gas, das sich immer noch im Volumenstrom befindet. Dazu zählen auch große Mengen an Mikroblasen. Während des Aufwärmvorgangs werden immer wieder Teile der Anlage zugeschaltet.

Foto: Spirotech

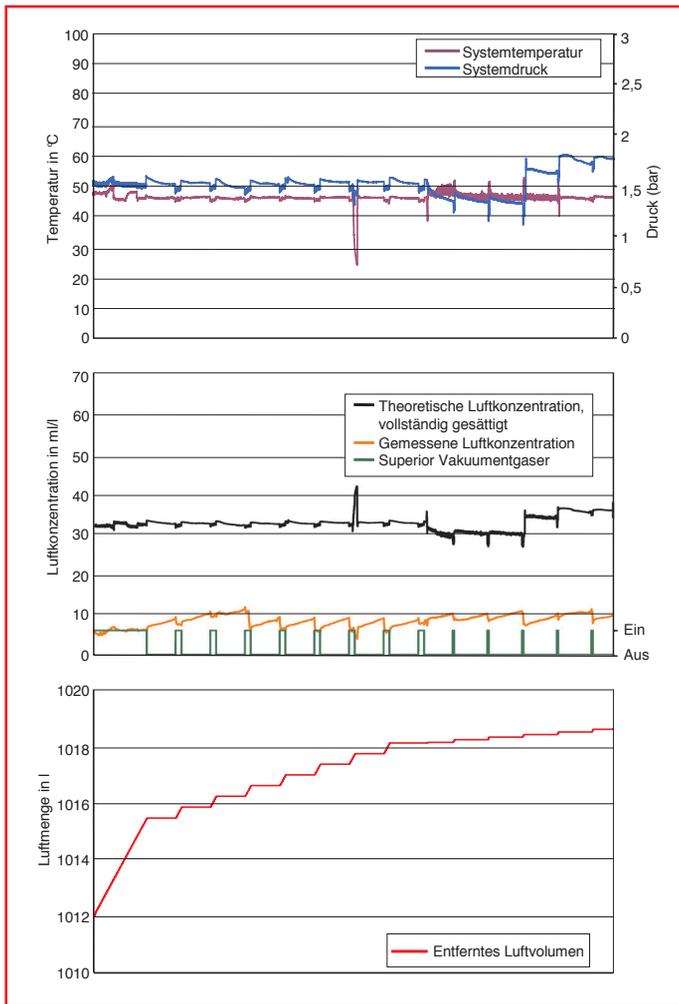


Bild 8 Druck und Temperatur (oben), Luftkonzentration (Mitte) und entfernte Luft (unten) aus einem einregulierten System während einer Periode von 14 Tagen

Die Inbetriebnahmephase zeigt Bild 7: Sofort nach dem Kesselstart fallen große Gas-mengen an, die zeitnah mit dem Vakuumentgaser aus dem Leitungsnetz entfernt werden. Dabei wird – neben der gesamten freien Luft – auch ein sehr großer Teil der gelösten Luft entfernt. Durch den Volumenverlust aufgrund der Gasentfernung sinkt der Systemdruck, wodurch Wasser nachgefüllt werden muss. Das wirkt sich unmittelbar auf die Gaskonzentration im System aus. Nach der Stabilisierung von Druck und Temperatur sinkt die Konzentration wieder auf ein Niveau von ca. 10 ml/l im gelösten Zustand, so dass es sich um ein stark untersättigtes und somit absorptives Wasser handelt. Insgesamt wurden zu diesem Zeitpunkt ca. 890l Luft aus der Anlage entfernt.

Einreguliertes System: 1020l Luft

Im Laufe von 14 Tagen wurden keine abweichenden Trends festgestellt. In dieser Periode wurde die Anlage wasserseitig einreguliert. Nach der Inbetriebnahmephase wurde noch zwei Wochen unter praktisch unveränderten Systemparametern gemessen.

Vakuumentgaser wird die Gaskonzentration auf einem Niveau um ca. 10 ml/l gehalten. Es stellte sich jedoch heraus, dass die Konzentration nach Beenden der Entgasung langsam wieder ansteigt. Das lässt darauf schließen, dass durch Diffusionsvorgänge wieder Gase in die Anlage gelangen. Da die Gaskonzentration kontinuierlich zunimmt, erhöhen sich die Einschaltzyklen des Vakuumentgasers.

Weitere Ergebnisse

- Mit der entfernten Gasmenge von über 1000l sowie der erreichten niedrigen Gaskonzentration des Anlagenwassers verdeutlicht die Beispielanlage, wie groß die Notwendigkeit einer Vakuumentgasung für Heizungsanlagen ist. Ohne Vakuumentgasung hätte zumindest die Inbetriebnahme erheblich länger gedauert.
- Sehr viele Aspekte, wie die verschiedenen Erscheinungsformen von Gasen, die Komplexität der Systeme sowie die Anfahr- und Inbetriebnahmephasen, haben Auswirkungen auf die Gasentfernung. Erst nach einiger Zeit kann von einer stabilen Situation gesprochen werden.

sen. Bis zu diesem Zeitpunkt lief der Vakuumentgaser im Dauerbetrieb. Danach wurde eine feste Betriebszeit von zwei Stunden pro Tag eingestellt. Zum Schluss wurde der Vakuumentgaser auf die Smart-Switch-Funktion umgeschaltet, wobei die Laufzeit auf ein Minimum reduziert wurde. Es wurde nur dann entgast, wenn es notwendig war. Dadurch wurde die Gaskonzentration permanent auf einem Niveau um 10 ml/l gehalten.

Die erste Betriebsphase zeigt Bild 8: Nachdem dem Entfernen von über 1000l Luft aus der Anlage (mit 3000l Wasserinhalt), wurden keine Veränderungen mehr gemessen. Das System ist optimal entgast. Durch die verkürzte Betriebsdauer des

- Die entwickelten Messgeräte sind ideal für Online-Messungen und für die Darstellung von 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 („Anlagenkonstante“) wieder Gas aus der Atmosphäre auf, so dass sich dies beim Nachfüllen unmittelbar auf die Gaskonzentration auswirkt. 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 das eingesetzte Entgasungssystem 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 sowie Einweisungen des Betreibers durchgeführt und ggf. entsprechende Betreuungsverträge abgeschlossen werden. Anhaltende luftbedingte Probleme mit kostenintensiven Begleitumständen gehören dann der Vergangenheit an. ←

Michael Heyne
Hans van der Weijden
Spirotech bv
40219 Düsseldorf
Telefon (02 11) 38 42 80
www.spirotech.de