



## Energieoptimierung im Rahmen des Projektes „ÖKOPROFIT“

### Thema: Heizungsumlaufwasser

Heizungsumlaufwasser/Kesselspeisewasser ist das Medium zur Wärmeübertragung in Gebäuden und Einrichtungen, um die vom Wärmeerzeuger produzierte Wärme zu den Wärmeübertragungsflächen (z.B. Heizkörper) zu transportieren.

Wasser hat eine sehr hohe Wärmekapazität, ist kostengünstig und überall verfügbar. Allerdings hat Wasser bestimmte Eigenschaften, die durch Art und Herkunft bestimmt wird und durch äußere Einflüsse in seiner Beschaffenheit verändert werden kann. Es besitzt aufgrund seiner molekularen Struktur (Dipol-Molekül) den Charakter eines Lösungsmittels und ist in der Lage viele Stoffe und Gase zu lösen und aufzunehmen.

Für das Projekt „ÖKOPROFIT“ wurde der Wärmeträger „Wasser“ (Heizungswasser) analysiert  
- in den Heizsystemen:

- I. Laborgebäude
- II. Verwaltung/Büros
- III. Produktionsbetriebe
- IV. Wohnhaus
- V. WK

### **Zielsetzung:**

1. **Ablagerungen** im Heizungswasser vorzubeugen oder abzubauen, weil dies einen messbaren Einfluss auf den Wärmeübergang hat. Bereits eine Ablagerung innerhalb des Wärmekreislaufes von 1 mm Calcit oder anderen Ablagerungen, kann einen Energiemehrverbrauch von bis zu 15% verursachen.
2. Auch **Korrosion** ist in diesem Zusammenhang ein Teil der Betrachtung, weil damit kostspielige Schäden an Anlagenteilen entstehen und den Betrieb stören.
3. Da Heizkreisläufe in der Regel nicht inert sind und sich mit **Gasen** aller Art: O<sub>2</sub>, N, CO<sub>2</sub>, H oder Schwefelgasen anreichern können, hat das einen weiteren Einfluss auf den Energieübergang innerhalb geschlossener Heizkreise.
4. **Druckverhältnisse** sind für die hydraulischen Bedingungen innerhalb der Anlage von besonderer Bedeutung, weil dies unmittelbare Auswirkung auf Energiekosten hat.

### **Zu Punkt 1 - Ablagerungen**

Mit dem Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht wird der Zustand des Wassers bezeichnet, wenn es zu einer Calciumcarbonat-Sättigung kommt, die weder zur Auflösung noch zur Abscheidung von Calciumcarbonat führt, da sich unter Einwirkung von Kohlenstoffdioxid eine Gleichgewichtsreaktion der Kohlensäure einstellt.

**Calcitgesättigt** =  $\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+} + 2\text{HCO}_3^-$  (siehe auch Langelier Index)

Dieses Calciumcarbonat wird auch als Calcit oder Kesselstein bezeichnet. Während in der Trinkwasserordnung ein Grenzwert von 5 mg/L für die Calcitlösekapazität zur Vermeidung von Korrosion festgelegt wurde, muss bei einem negativen Wert für das Calcitlösevermögen von einer Abscheidung von Calcit (Ausfall von Härtebildnern) ausgegangen werden. Begünstigt durch hohe Temperaturen und hohen pH-Werten wird diese Tendenz maßgeblich gefördert.

Calcit ist eine kristalline Form des Calciumcarbonats (CaCO<sub>3</sub>). Eine Calcitlösekapazität lässt sich rechnerisch nach DIN 38404-10 ermitteln und soll in diesem Falle lediglich hilfsweise als Anhaltspunkt zur tendenziellen Bestimmung der untersuchten Kesselspeisewässer dienen, um das Verhalten in Punkte Korrosion und Ablagerung zu bestimmen.



Liegt also ein Überschuss an freiem Kohlenstoffdioxid (kalklösender Kohlensäure) vor, wird Calciumcarbonat **gelöst**.

Umgekehrt bewirkt ein Defizit an freier Kohlensäure oder ein Überschuss an  $\text{Ca}^{2+}$ -Ionen (nicht enthartetes Wasser) dass bis zum Erreichen des Gleichgewichts Calcit abgeschieden wird – es bilden sich **Ablagerungen** in den Rohrleitungen und Anlagenteilen, die zu Verengung der Rohrleitungsquerschnitte und Veränderungen in der Fließgeschwindigkeit führen.

Dieses Gleichgewichtssystem der Kohlensäure (Kohlenstoffdioxid, Hydrogencarbonat und Carbonat) wird maßgeblich durch pH-Wert und Temperatur beeinflusst.

Berechnung der Calcitsättigung erfolgt durch die Berechnung des Sättigungs-pH-Wertes nach Strohecker und Langelier (DIN 38404 Teil 10 R 2/

Parameter	Einheit	Labor	Produktion1	Verwaltung	Wohnhaus	Produktion2
el.Leitfähigkeit	$\mu\text{S}$	311	480	422	441	437
Sauerstoff $\text{O}_2$	mg/l	7,6	5,1	3,9	8,3	8,4
TDS	mg/l	208	320	282	295	292
pH-Wert	pH	9,2	8,4	8,5	8,4	8,4
Calcium Härte	mg/l	2,0	38,2	21,0	22,3	36,0
Gesamthärte	mg/l	5,6	14,6	8,5	12,8	9,2
Säurekapazität	mg/l	40	86	51	32	68
$\text{K}_{\text{s},2}$ -P-Wert	mg/l	19	20	20	23	19
Ammonium	mg/l	2,5	4,2	3,3	2,9	1,8
Kupfer	mg/l	0,4	0,2	0,2	0,4	0,2
Übernahme der aktuellen Wasserparameter der StW Ddf 2017 zur Berechnung						
Magnesium	mg/l	12				
Natrium	mg/l	42				
Kalium	mg/l	3,8				
Chlorid	mg/l	77				
Sulfat	mg/l	56				
Nitrat	mg/l	11,4				
Phosphat	mg/l	1,5				
Temperatur	$^{\circ}\text{C}$	21,5	21,5	21,5	21,5	21,5

Bewertung der Analysen:

Das Heizungswasser neigt bei allen Heizkreisen tendenziell zu Ablagerungen (negativer LSi) Calcit-Löse-Kapazität) im Kreislaufsystem und an Wärmeübertragungsflächen und ist dabei zusätzlich noch korrosiv (siehe hohe Ammoniumwerte). TOC Kontrollmessung ist angeraten.

Zu den Empfehlungen der Kesselhersteller sind auch Regelwerke VDI/DVGW 2035 sowie DIN EN 12502-5 zu beachten. Eine Regelmäßige fachkundige Wartung ist unabdingbar.

### **pH - Wert, die Basenkapazität und die Säurekapazität (p- und m-Wert)**

Der pH-Wert des Wassers wird vom Gehalt an freiem Kohlenstoffdioxid ( $\text{CO}_2$ ) bestimmt. Er ist ein Faktor in der Funktion des Calcit (Kalk)-Kohlensäure-Gleichgewichts. Ein Wasser mit einem hohen Anteil freier Kohlensäure liegt im sauren pH-Bereich ( $\text{pH} < 7$ ). Ein solches Wasser befindet sich nicht im Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht, es ist **Calcit lösend**. Wasser mit einem pH -Wert von über 7,8 ist dagegen nicht oder nur bedingt Calcit lösend. Bei einem pH - Wert von 8,2 ist praktisch keine freie aggressive Kohlensäure mehr vorhanden. Das Wasser ist **Calcit abscheidend** und verursacht Ablagerungen in Rohrleitungen, Wärmetauschern, Speichern und Wärmeübertragungsflächen.

### **Zu Punkt 2. Korrosion und Erosion in Heißwasseranlagen**

In einer Heizungs-/Kühlanlage werden ganz unterschiedliche Materialien, z.B. Kupfer, Messing, Rotguss, Kupfer, Aluminium, Eisen, Guss, Edelstähle, Kunststoff und Bronze verarbeitet und sind anschließend Teil eines mit Wasser geführten Systems.



## AQUENY GmbH

Mit der Inbetriebnahme der Umwälzpumpe entsteht eine Suspension als Luft-Wassergemisch. Luftblasen werden im Wasserstrom umgewälzt und passen sich im Volumen dem Umgebungsdruck an. Luft lässt sich im Gegensatz zu Wasser komprimieren. Infolge dessen verkleinern sich die Luftblasen unter hohem Druck zu sehr festen Teilchen und wirken wie Sandkörner abrasiv auf die Oberfläche im Rohr ein. Teilchen lösen sich von den Rohrwandungen und sind eine Ursache für die Verschlammung im Wasser und beeinflussen einen Wärmeübergang ebenfalls negativ. Luftblasen können zu Kavitation führen und Pumpen zerstören.

Die VDI 2035 sieht für Neuanlagen eine möglichst salzfreie Wasserbefüllung ( $<100\mu\text{S}$ ) vor. Eine geringe Leitfähigkeit des Wassers kann jedoch bewirken, dass die einwirkenden Ströme (Kriechströme vom Magnetfeld der Pumpen und galvanische Ströme) nicht abgeführt werden. Zur Vermeidung einer Entzinkung oder Entpassivierung bei Einsatz verschiedener Metalle, sollte auf einen Potentialausgleich geachtet werden. Korrosion wird nicht allein durch Sauerstoff verursacht, sondern ist sehr häufig mikrobiologisch bedingt.

Mikrobiologische Korrosion wird unter Wasserstoffbildung verursacht. Anaerobe Organismen sind mit Hilfe eines Enzyms in der Lage durch Sulfat und Eisenreduzierung Wasserstoff zu produzieren, der sich dann korrosiv in der Anlage verhält. Selbst auf Kupferleitungen mit starkem Biofilm lässt sich dies häufig feststellen. Durch Materialstressung und Strömungsbedingungen kann es auch zu Ermüdungskorrosion innerhalb geschlossener Systeme kommen. Hier lässt sich über hydraulische Abgleiche Abhilfe schaffen.

### **Zu Punkt 3. Gase in wasserführenden Heizkreisen**

Der in Heiz- oder Kühlanlagen gelöste Sauerstoff wird im Wasser durch chemische Umsetzung mit metallischem Werkstoff ständig verbraucht. Bis zu einer Konzentration von 2-3 mg  $\text{O}_2$  kann der vorhandene Sauerstoff in Verbindung mit anderen Wasserinhaltsstoffen (Phosphat) eine Schutzschicht ausbilden. Die in unseren Anlagen gefundenen Werte an gelöstem Sauerstoff sind jedoch viel zu hoch und wirken korrosiv.

Neben  $\text{O}_2$  und  $\text{N}$  spielen in einer Heiz- und Kühlanlage weitere Gase eine Rolle. So bildet sich durch Korrosionsvorgänge Wasserstoff (H), oder durch komplexe Umsetzung entstehen brennbare, mitunter übelriechende Schwefelwasserstoffe und aus dem Calcium entweichendes Kohlenstoffdioxid  $\text{CO}_2$ . Für alle diese Gase gelten die beschriebenen Mechanismen des Stoffaustausches gleichermaßen.

Die Temperatur hat starken Einfluss auf die Eigenschaften des Wassers. Dies drückt sich dadurch aus, dass Wasser bei z. B.  $90\text{ }^\circ\text{C}$  Salze, Mineralien und Gase in Druckabhängigkeit desorbiert. Bei niedriger Temperatur, z. B.  $12\text{ }^\circ\text{C}$ , steigt dagegen die Absorptionsfähigkeit. Dies bedeutet das sich in zirkulierenden Systemen unter Druck die Aufnahme von Gasen erhöht, wodurch die Wärmeübertragungseffizienz sinkt und der Energieverbrauch für Pumpen erhöht. Mit jeder Wassernachspeisung gelangt erneut Luft ins Heizungssystem.

### **Zu Punkt 4. Druckverhältnisse in geschlossenen Heizungssystemen**

Üblicherweise werden Heizungssysteme vor einer Inbetriebnahme mit Wasser gefüllt und abgedrückt. Die sich über die Temperatur verändernden Druckbedingungen werden durch ein Membrandruckausgleichsgefäß in Abhängigkeit der statischen Höhe, voreingestellt und mit Sicherheitsventil vor Beschädigungen eines unkontrollierten Überdrucks geschützt.  
Ohne Druckhaltung verliert der Volumenstrom an Funktion.

**Ausdehnungs- und Druckhalteanlagen haben im Wesentlichen 3 Aufgaben zu erfüllen:**



## AQUENY GmbH

1. Konstanthaltung des Drucks an jeder Stelle des Anlagensystems, innerhalb bestimmter Grenzen, d.h. keine Überschreitung des zulässigen Betriebsüberdruckes, jedoch Sicherstellung eines Mindestdruckes (Betriebsdruck) zur Vermeidung von Unterdruck.
2. Kompensation von Volumenschwankungen des Heizwassers infolge von Temperaturveränderungen.
3. Nachfüllung von systembedingten Wasserverlusten in Form einer Wassernachspeisung. Wird auch nur eine Aufgabe ungenügend erfüllt, sind die weithin bekannten Betriebsstörungen der Gesamtanlage mit Luftproblemen, ständigem Nachspeisen und erhöhtem Anlagenverschleiß unvermeidlich. Damit wird ständig Energie vernichtet.
4. Ausschließlich Heizungsanlagen mit geschlossenen, tief liegenden Membran- Druckausdehnungsgefäßen sind Stand der a.a.R.d.T.

### **Lösungsvorschlag zur Verbesserung im Rahmen des Ökoprotit Projektes.**

- Enthärten des Frischwassers auf  $<10$  °dH.
- Entgasen des Frischwassers und adiabatische Entgasung des zirkulierenden Wassers und dynamische Druckhaltung mit Expansion
- Potentialausgleich aller Heizleitungen in der Heizzentrale nach den Pumpen prüfen.
- DIN EN 12502-5 , VDI 2035 einhalten (beinhaltet auch einen hydraulischen Abgleich)

### **Zukunftsweisende Komplettierung**

Die Forderung nach einem automatisierten Anlagenbetrieb macht den Einsatz von Nachspeise- und Entgasungssystemen in Zukunft immer unentbehrlicher. Während pumpengesteuerte Druckhalteanlagen mit integrierter Nachspeisung und Entgasung am Markt sind, werden für MAG-H und kompressorgesteuerte Druckhalteanlagen ergänzende Systeme sowohl für Neu- als auch Altanlagen bereitgestellt. Dem Trend der Fernüberwachung und intelligenten Verknüpfungen von Anlagen folgend, stehen Elektronikmodule zur Verfügung, die die Signale über Standardschnittstellen (digital oder RS 485) funktions- und kundenspezifisch aufbereiten.

Noch komfortabler gestaltet sich der kombinierte Anlagebetrieb mit innovativen Entgasungsanlagen. Diese können sowohl Nachspeisen als auch alle Gase aus dem Heizungssystem entfernen. z.B. AIR-SEP:

- keine teure Installation und Wartung vieler dezentraler mechanischer Luftabscheider,
- kein aufwendiges Nachentlüften,
- kein Nachspeisen,
- kein Wasser gluckern,
- erhöhter Korrosionsschutz

Entgasungsanlagen stehen für Groß- und Mittelanlagen und neuerdings auch für Kleinanlagen zur Verfügung.

### **Amortisation**

Es ist bekannt, dass Luft im Wasser den Wärmeübergang behindert und somit auch den Wirkungsgrad des Kessels und der Heizflächen mindert. Die Heizkörper beginnen von der Konvektion auf Strahlungswärme überzugehen. Somit erhöht sich die Behaglichkeit für den Menschen und der Wirkungsgrad der Anlage steigt. Die Heißwassertemperaturen können abgesenkt und über die Energieeinsparung amortisiert sich eine solche Investition innerhalb von 2 bis 5 Jahren. Die Energieeinsparung beträgt im Durchschnitt etwa 20%.

### **FAZIT:**

Es ist sehr lohnend in das Wärmeübertragungsmedium **Wasser** zu investieren!