



Avgasning av värme- och kylsystem

**Teoretiska underlag och
praktiska lösningar**



Bäste affärsvän,

vem känner inte igen dem, de så kallade "luftproblemen" - kalla värmelement, cirkulationsstörningar, flödesljud, slamavsättning, korrosion ... - utan att hitta en lösning.

Därför försöker vi sedan 1995 att i ett gemensamt forskningsarbete tillsammans med Technischen Universität Dresden, institutet för energiteknik, lösa problematiken med "avgasning av vätskesystem".

Redan 1997 kom en första mellanrapport i form av publiceringen av "Gase in Wasserheizungsanlagen Teil 1" (Gaser i uppvärmningsanläggningar med vatten, del 1) /1/. I den behandlades i huvudsak temat "Luft i uppvärmningsanläggningar" teoretiskt.



I „Entgasung von Heiz- und Kühlsystemen“ (Avgasning av värme- och kylsystem) sammanfattas nu de praktiska resultaten från närmare 300 mätningar av gasinnehåll. Mätningarna utfördes av Technische Universität Dresden i olika värme-, kyl- och fjärrvärmesystem.

Resultat:
Över 50 % av de undersökta anläggningarna lider av problem med gas.

Vi skulle vilja förklara orsakerna för dig och visa möjligheter till lösningar i form av två konkreta exempel.

Vår presentation stöder sig på bland annat den koordinerade slutrapporten till AiF:s forskningstema "Gase in kleinen und mittleren Wasserheiznetzen" (Gaser i små och medelstora vattenvärmenät) /2/. Försök att ha överseende med om vissa delar verkar vara för vetenskapliga eller för omfattande. Det har inte varit lätt för oss att välja ut den viktigaste faktan ur den mängd information som finns tillgänglig.

Vi står gärna till förfogande för förklaringar och vid frågor. Naturligtvis är vi intresserade av att få höra dina åsikter i ämnet och att få veta dina erfarenheter i det praktiska arbetet.

Dietrich Uhlmann
Ledare, produktmarketing

1. Gas är inte samma sak som luft - om temats mångsidighet	4 - 5
2. Hur gaser hamnar i slutna anläggningar	
■ Gaser är lösta i påfyllnings- och eftermatningsvatten.	6
■ Restluft innesluts efter reparationer vid ny och delvis påfyllning.	6
■ Luft kan diffundera in i anläggningen via dess komponenter.	6 - 7
■ Gaser kan bildas genom kemiska reaktioner och korrosion.	7 - 8
■ Luft kan tränga in i anläggningen om tryckhållningen utförts på ett felaktigt sätt.	8 - 10
■ Gasproblematiken tillspetsades i och med att installationstekniken vidareutvecklades.	11
3. Tekniska möjligheter inom fysikalisk avgasning	12
■ Avgasning vid anläggningens tryck	12 - 13
■ Avgasning vid atmosfäriskt tryck	13
■ Avgasning i vakuum	14
■ Jämförelse mellan olika avgasningssystem	15
■ Avgasningsprestanda som bara finns på papperet - felaktig interpretation av Henrys lag	15 - 16
4. Problemlösningar genom två exempel	17
5. Reflex tryckhållnings- och avgasningssystem	18
6. En överblick över kapitlen	19

Litteraturförteckning

/1/ Gaser i uppvärmningsanläggningar med vatten, del 1, juli 1997

/2/ Technische Universität Dresden, institutet för energiteknik: "Gase in kleinen und mittleren Wasserheiznetzen" (Gaser i små och medelstora vattenvärmenät), koordinerad slutrapport, AiF forskningstema, nr 11103 B, november 1998

/3/ VDI 2035 blad 2: Vermeidung von Schäden in Warmwasser-Heizungsanlagen, wasserseitige Korrosion (Undvikande av skador i uppvärmningsanläggningar med varmvatten, korrosion på grund av vatten), Beuth Verlag GmbH, september 1998

/4/ DIN 4726: Rörledningar av plast för golvvärme med varmvatten, allmänna krav

/5/ Rühling, Preußer: Gase in Warmwasser-Heizungssystemen (Gaser i uppvärmningssystem med varmvatten), opublicerad forskningsrapport, Technische Universität Dresden, institutet för energiteknik, professur för energihushållning, 25.07.1996

/6/ DIN 4807, del 2: Expansionskärl, öppna och slutna expansionskärl för värmetekniska anläggningar, utförande, krav och test, maj 1999

/7/ AGFW-seminarium "Wassertechnologie der Fernwärmeversorgung" (Vattentechnologi inom fjärrvärmeförsörjning), september 1998, Rostock/Warnemünde, Dr. Kruse: Korrosion und Korrosionsschutz (Korrosion och korrosionsskydd)

/8/ AGFW-seminarium "Wassertechnologie der Fernwärmeversorgung" (Vattentechnologi inom fjärrvärmeförsörjning), september 1998, Hopp: Fernwärmenetze mit unterschiedlicher Wasserqualität (Fjärrvärmenät med olika vattenkvalitet)

1. Gas är inte samma sak som luft - om temats mångsidighet

Diskussionen förenklas och kortas ofta ner väldigt mycket i praktiken, genom att man till exempel helt enkelt talar om "luftproblem", och inte sällan likställs luft på ett otillåtet sätt med syrgas. På så vis degraderas "luftproblem" till "syrgasproblem" och varje "luftproblem" stiliseras till ett korrosionsproblem. Så enkelt är det tyvärr inte!

Gasproblematiken förekommer i praktiken i två former:

Vissa gaser kan i fri eller löst form förorsaka korrosion på olika material.

Den mest kända företrädaren är syrgas som är huvudansvarig för korrosionen på komponenter av järn. Bild 1 visar mätvärden i anläggningar med en hög andel stål. Faktumet, att nästan alla mätvärden (även vid öppna anläggningar!) ligger under det enligt VDI 203, blad 2/ och 3/ formulerade, kritiska värdet på 0,1 mg/l (mindre än 1 % av den naturliga koncentrationen i dricksvatten), visar, att syrgas är väldigt reaktionsbenäget. Det förbrukas nästan helt och hållet i systemet genom korrosion. Därför är det absolut nödvändigt att förhindra att syrgasen kommer åt anläggningen inifrån och att bara bygga anläggningar som konsekvent är slutna mot atmosfären.

- ▶ Bygg bara slutna anläggningar

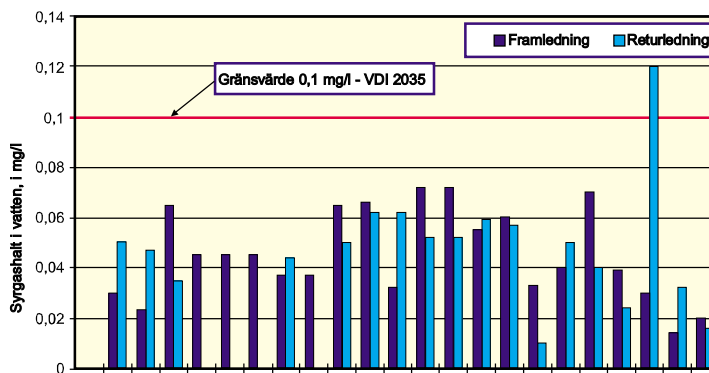


Bild 1: Fältmätningar: syrgashalt i cirkulationsvatten i olika anläggningsystem

- 4
- ▶ Mätvärdena för syrgas ligger för det mesta under 0,1 mg/l, naturlig last i dricksvatten = 11 mg/l

Gaser kan anrikas över löslighetsgränsen i vatten och sedan uppträda i fria bubblor.

Den mest kända företrädaren är kvävgas, huvudbeståndsdelen i luft. Kvävgasen är en inaktiv gas och förbrukas inte som syrgasen i kemiska reaktioner. Därför kan den anrikas i anläggningens vatten (bild 3). Det har uppmätts värden ända upp till 50 mg/l. Det motsvarar 280 % av den naturliga koncentrationen i dricksvatten (18 mg/l). I den här koncentrationen kan kvävgasen inte lösa sig helt och hållet i vattnet och förekommer då i fria bubblor (bild 2). Bubblorna samlas i punkter med relativt lugn, vilket leder till cirkulationsstörningar och -avbrott. Fria bubblor i flödet kan förstärka erosionen och fräta bort korrosionshämmande skyddsskikt samt öka slitaget på pumpar och ventiler. Henrys lag beskriver gasers löslighet i vatten (bild 4). Lösligheten sjunker med

- ▶ Kvävgas är huvudorsak till cirkulationsstörningar och erosion



Bild 2: Kvävgasövermättat uppvärmningsvatten efter provtagningen

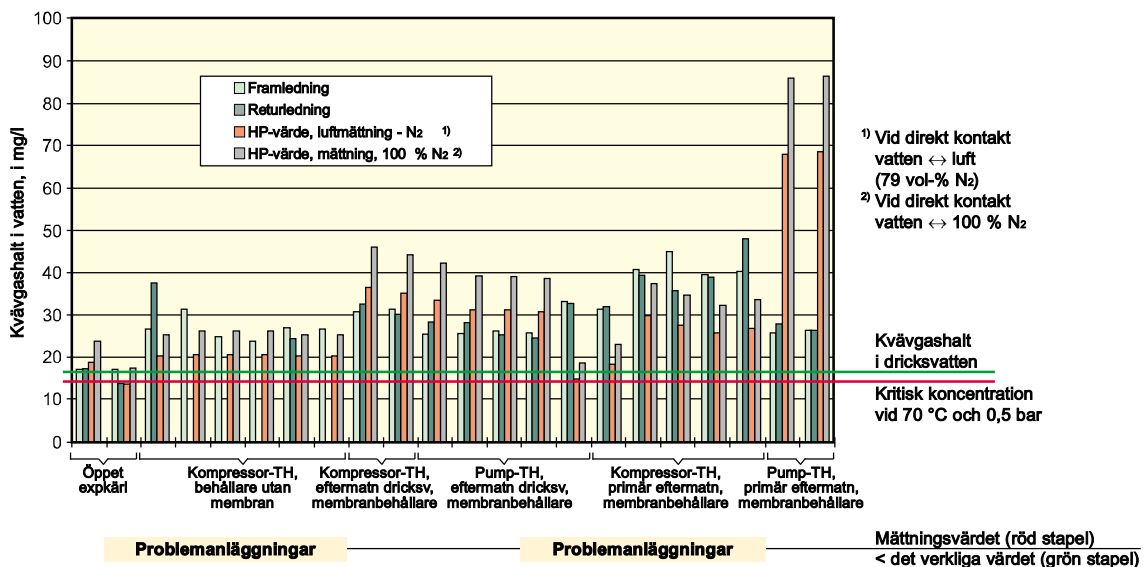
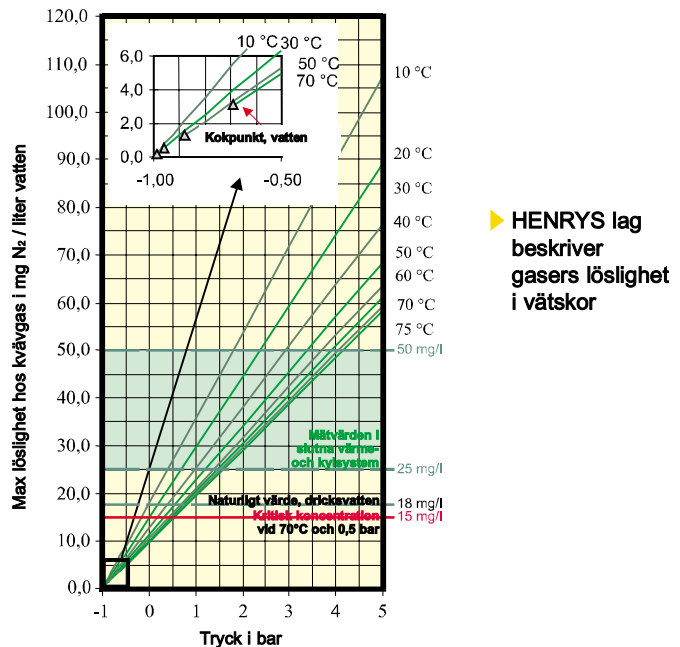


Bild 3: Fältmätningar: kvävgashalt i cirkulationsvattnet vid användning av olika tryckhållningssystem med teoretiska N₂-mättningsvärden vid den högsta punkten (HP) vid de faktiskt uppkommande trycken och temperaturerna

stigande temperatur och fallande tryck. Detta förklarar till exempel varför det speciellt i värmeelementen på de övre våningarna uppstår cirkulationsstörningar. Lägg ett minsta övertryck på 0,5 bar till grund, refererande till den högsta punkten, ger det en löslighet på 15 mg/l kvävgas vid 70 °C framledningstemperatur. På bild 3 syns det tydligt att det verkliga mättningsvärdet (röd stapel) ligger över 15 mg/l i alla anläggningar som undersöktes. Man kan alltså utgå ifrån att det normalt sett inte är några problem med kvävgaskoncentrationer ≤ 15 mg/l. De uppnås redan med atmosfäriska avgasningsanordningar → se sidan 15.

Förutom kvävgas har även vätgas och metangas påvisats i fria bubblor i vissa anläggningar. Det föreligger HENRY-diagram även för de här gaserna.

Bild 4: Maximal löslighet hos kvävgas ur torr luft, enligt HENRY



► HENRY'S lag beskriver gasers löslighet i vätskor

Facit, kapitel 1

Syrgas är en väldigt reaktiv gas. Den är huvudorsak till korrosion i system, där den till största delen förbrukas. Den förekommer (nästan) uteslutande i fri form. Syrekoncentrationer > 0,1 mg/l visar på en ökad risk för uppkomst av korrosionsskador /3/.

Kvävgas är som inaktiv gas mest ansvarig för bildandet av tvåfasflöden gas/vatten. Den anrikas permanent i systemet och leder till exempel till de välkända cirkulationsstörningarna. Kvävgasvärden ≤ 15 mg/l ställer normalt sett inte till några problem och uppnås redan vid atmosfärisk avgasning.

2. Hur gaser hamnar i slutna anläggningar

Gaser är lösta i påfyllnings- och eftermatningsvatten.

Ofta används dricksvatten till påfyllnings- och eftermatningsprocesserna. Det är i regel "luftmättat". Enligt HENRY finns det teoretiskt en syrgashalt på cirka 11 mg/l och en kvävgashalt på cirka 18 mg/l i dricksvattnet. Dessutom finns det en aning koldioxid löst däri. Bild 5 visar en god överensstämmelse med mätvärden från Dresden. Naturligtvis finns det regionala skillnader. Det är givet att den högsta prioriteten är att anläggningar ska vara täta, eftersom det även följer med 29 mg "luft" (kvävgas och syrgas) in i systemet tillsammans med varje liter eftermatningsvatten.

- ▶ Det finns cirka 11 mg/l syrgas och 18 mg/l kvävgas löst i dricksvatten.

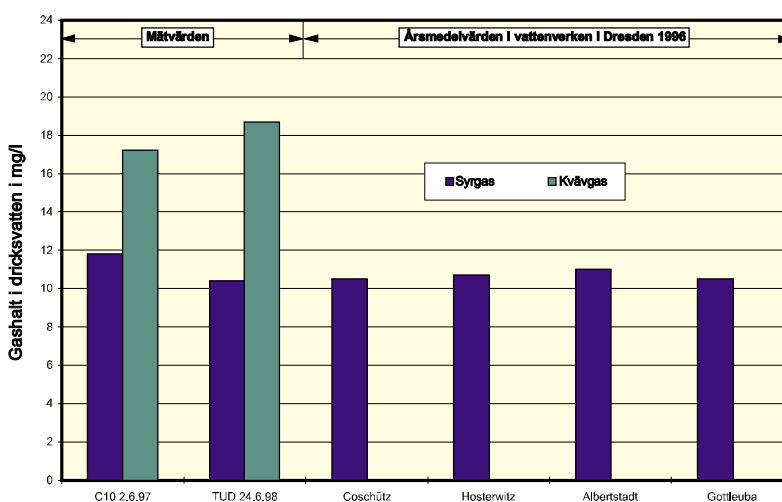


Bild 5: Gaslast i dricksvatten

Restluft innesluts efter reparationer vid hel och delvispåfyllning.

- ▶ Avlufta "ordentligt" vid idrifttaganden och reparationer!
- ▶ Se till att skapa avluftning vid installationer och fallande rörledning!

Avluftas anläggningens delar inte "ordentligt" kan den inneslutna restluften lösas upp i cirkulationsvattnet på grund av det högre trycket i anläggningen. Försök visade nästan en fördubbling av gashalten efter påfyllning! Observationer visar att driftstörningar på grund av gas uppstår oftare efter reparationer, till och med när eftermatning skett med ett gasfritt, primärt vatten från fjärrvärmenätet! Platsen för reparationen kan då ligga hur långt bort som helst från platsen för den fria gasbildningen (mestadels högt belägna punkter), då de lösta gaserna transporteras med cirkulationsvattnet. Den omständigheten bidrar till att försvåra forskningen med att hitta orsakerna.

Luft kan diffundera in i anläggningen via dess komponenter.

- ▶ I "moderna" husinstallationer diffunderar det in mer gaser.

Skillnaden i koncentration mellan gasen i luften (cirka 78 % N₂ och 21 % O₂) och i vattnet utgör drivkraften för diffusionen i anläggningen. Eftersom koncentrationen av syrgas är nära noll i uppvärmningsvatten i drift (bild 1) finns det en ökad diffusionspotential här mellan atmosfären och nätvattnet. Medan metalliska material, såsom stål och koppar, har en tekniskt försumbar permeabilitet (gasgenomsläpplighet), kan den vara ganska stor hos icke-metalliska material, såsom plast, gummi och tätningsmaterial. Därför fastställdes till exempel ett övre gränsvärde för syrgastäta rör på 0,1 mg O₂ per liter nätvatten och dag i DIN 4726 /4/.

Bild 6 visar en bedömning av den diffunderande O₂-mängden vid olika värmeanläggningar. Vid golvvärme med plaströr ligger den indiffunderande syrgasmängden enligt bilden 3 till 5 tiopotenser högre än vid en klassisk installation med koppar- eller stålrör. Det kan just vid golvvärme leda till korrosionsskador i en installation blandad med stålrör.

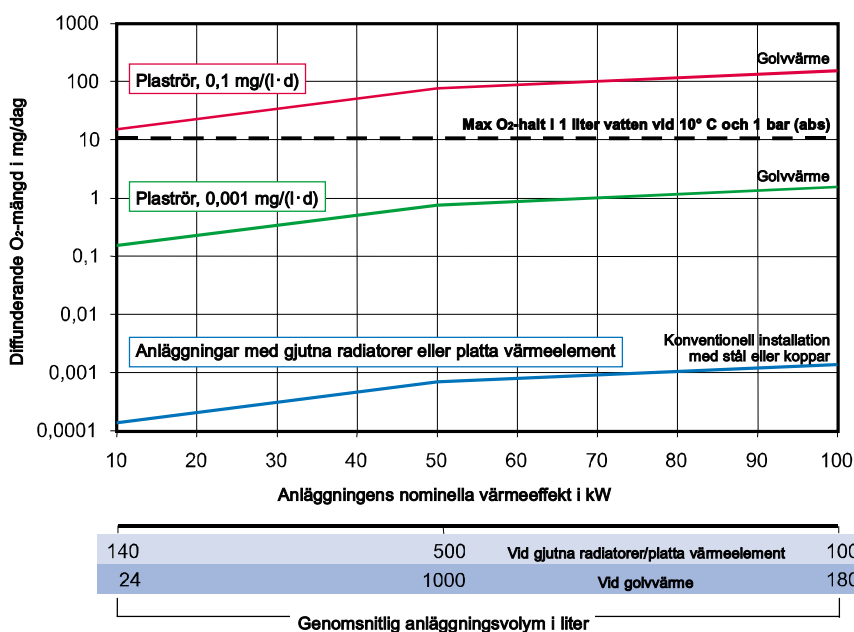


Bild 6: Bedömning av diffunderande gasmängder i förhållande till anläggningens termiska kapacitet

Gaser kan bildas genom kemiska reaktioner och korrosion.

Gaser kan bildas i nättvatten under flera olika förutsättningar, såsom materialkombinationer, vattenkvalitet, kemiska tillsatser, ämnen i vattnet, tryck och temperatur. Vid fältförsöken hittades, förutom den nämnda kvävgasen (ur luften), även vätgas och metangas i vissa anläggningar. Alla mekanismer för gasbildning ur kemiska reaktioner har inte kunnat förklaras, vissa saker är därför förmodanden. Även här måste mer göras.

Vätgas, H₂, kan bildas enligt den så kallade "Schikorr"-reaktionen i anläggningar med komponenter av järn och anrikas till övermättnad. Doserat natriumsulfit Na₂SO₃ kan det leda till att svavelväte, H₂S, bildas /7/. Det kan även bildas svavelväte via så kallade sulfatreducerande bakterier /8/. Det bildade svavelvätet, H₂S, kan ombildas till kopparsulfid Cu₂S genom reaktion med kopparoxid Cu₂O i anläggningar som består av koppar (till exempel rörknippen av värmeöverförare eller kopparlödda plattvärmeöverförare). Kopparsulfiden, Cu₂S, bildar i motsats till kopparoxiden, Cu₂O, inget täckande skikt som skyddar. Korrosionssymtom och -skador blir följderna, men ofta först efter flera års drift.

Det förmodas även att vätgas bildas genom biologiska processer vid nedbrytning av fetter. Sådana används vid tillverkningen av vissa rörsystem.

- Var försiktig med doseringen av natriumsulfit i anläggningar med komponenter av koppar.



- Var försiktig med blandade installationer tillsammans med aluminium

korrosion

+

fria H₂-bubblor

Det går att kritiskt granska användningen av aluminium (till exempel aluminiumvärmeelement). Redan vid tillverkningen måste de förses med ett tillräckligt skyddsskikt, då de naturliga skyddsskikten bara är stabila upp till ett pH-värde på 8,5, medan järnhaltiga system ska köras vid ett pH-värde > 8,5. I en anläggning med aluminiumvärmeelement konstaterades tydliga tecken på korrosion med 3,2 mg vätgas/l. Den belastningen leder redan vid en temperatur på 30 °C och ett tryck på 1 bar (Ü) till att fria vätgasbubblor bildas.

Metangasbildningen CH₄ tillskrivs i allmänhet bakterier och biomaterial som bildar rötgas.

Luft kan tränga in i anläggningen om underhållet och tryckhållningen utförts på ett felaktigt sätt.

Precis som tidigare nämnts, så är en otillräcklig tryckhållning den vanligaste orsaken till "gasproblem", särskilt i mindre anläggningar med membranexpansionskärl. Därför har de viktigaste principerna för en korrekt fungerade tryckhållning nämnts.

En tryckhållning måste säkerställa att det inte uppstår undertryck, ångbildning, kavitation eller gasbildning vid någon plats i nätet, varken vid vilodrift (avslagen cirkulationspump) eller cirkulationsdrift. Tänk särskilt på anläggningens högsta punkter, pumpar och regleringsventiler.

De vanligaste bristerna:

- **Felaktigt idrifttagande, avsaknad av underhåll**

Särskilt vid membranexpansionskärl anpassas inte gasens förtryck, p_0 , och vattenpåfyllningstrycket, p_F , efter anläggningens förhållanden. I sällsynta fall utförs det enligt DIN 4807, del 2 /6/ nödvändiga årliga underhållet med förtrycks kontroll. För det mesta saknas till och med de säkrade avstängningsventilerna som då krävs.

Vissa undersökningar har gett vid handen:

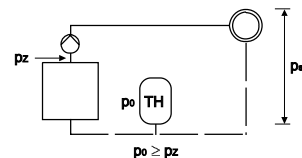
Förtrycket, p_0 , är ofta för högt och påfyllningstrycket, p_F , (vattentank) är ofta för lågt.

Vi tar hänsyn till de här erfarenheterna vid beräkningen i vårt beräkningsprogram vid dimensionering av membranexpansionskärl genom att vi kalkylerar med ett minsta påfyllningstryck, p_F , som är 0,3 bar högre än förtrycket.

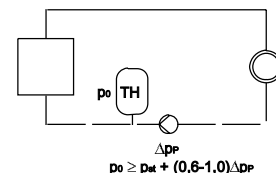
► För lågt anläggningstryck

- På värmeanläggningar med låga, statiska tryck, p (låga byggnader och takcentraler), måste förtrycket, p_0 , vara anpassat för att undvika utgasningar och kavitation med avseende på de hydrauliskt mycket belastade komponenterna (pumpar och regleringsventiler).

Viktigt i sammanhanget: minimalt inloppstryck, p_z , för cirkulationspumpar enligt tillverkarens uppgifter.

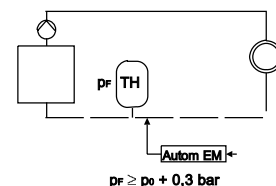


- Vid sluttryckshållningen måste i motsats till förtryckshållningen (sugtryckshållning) en del av pumptrycket (60-100 %, beroende på anläggning) beaktas vid fastställandet av förtrycket, p_0 , annars finns det risk för att ett undertryck bildas, i regel vid högt belägna punkter.



► Otillräcklig eftermatning av vatten

Ingen tryckhållning kan arbeta utan vatten (vattentank vid värmeanläggningar $\geq 0,5$ % av anläggningens volym). Kompletteras inte naturliga vattenförluster i motsvarande grad är undertryck och problem förprogrammerade. Vid drift utan regelbunden övervakning är det absolut nödvändigt med en automatisk, kontrollerad eftermatning av vatten (\rightarrow se kapitel 5). Vid membranexpansionskärl ska påfyllningstrycket, p_F , ligga minst 0,3 bar över gasens förtryck.



När VDI 2035, blad 2, 1998 /3/ publicerades utlöstes diskussionen på nytt om gasupptagningen, särskilt syrgasupptagningen, via tryckhållningsanläggningar.

Bilderna 1 och 2 visar de uppmätta syrgas- respektive kvävgashalterna i i cirkulationsvattnet. Anläggningarna är utrustade med olika tryckhållningssystem. Först blir det tydligt att gashalten i cirkulationsvattnet bestäms mindre av typen av tryckhållning än av andra parametrar. Framför allt när det gäller syrgashalten får man emellertid inte interpretiera detta på felaktigt sätt! Redan i avsnitt 1 nämns att syrgas förbrukas väldigt snabbt genom korrosion. Dessutom sker en ordentlig utspädning när cirkulationsvattnet blandas med expansionsvattnet. Därigenom undandrar sig syrgasen i huvudsak en mätteknisk registrering i cirkulationsvattnet. Genomrostade expansionsledningar tillsammans med öppna expansionskärl bevisar emellertid dess existens. Syrgasmätningar i öppna expansionskärl gav värden mellan 4 och 6 mg/l /5/.

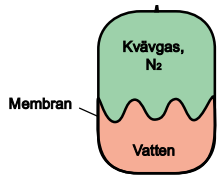
Därför är det ostridigt att expansionskärl med direktförbindelse till atmosfären måste betraktas som korrosionsfrämjande.

Expansionskärl med membran som skiljer gasutrymmet från vattenutrymmet gäller som senaste aktuella teknik. Det faktum att öppna expansionskärl med extert tryckskapande (pumpstyrda) också erbjuds på marknaden för avgasning ändrar inte på det (se översikten på sidan 10). De kan reducera kvävgaskoncentrationen i systemet, ungefär som tidigare öppna anläggningar med högt placerade expansionskärl gjorde. Cirkulationsströmingar kan då undvikas. Däremot tar de emot 4-6 mg/l syrgas via det öppna expansionskärlat /5/! Det ska förkastas som skadligt och är att återgå till gamla tider! Tyvärr måste man konstatera att det i praktiken för ögonblicket inte finns något normerat förfarande för att bestämma gasgenomsläppligheten hos membran i expansionskärl. Därför går det inte att göra några kvantitativa, grundläggande utsagor om den.

► **Slutna expansionskärl är den senaste tekniken**

De vanligaste utförandeformerna beträffande expansionskärl förklaras kort här nedan.

Slutna expansionskärl med fast gaskudde (statisk tryckhållning)

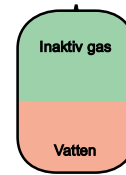


Med membran (MAG)

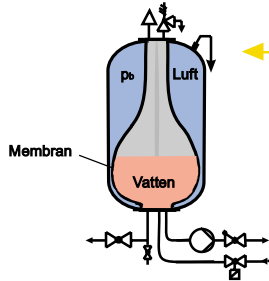
Det mest använda expansionskärl.
Ett membran mellan vatten- och gasutrymmet minimerar gasens indiffundering. Det är den säkraste möjligheten vid ett slutet utförande.

Utan membran

Vanlig förr, men idag mest på stora anläggningar. Som gas används "ånga" eller kvävgas. Nackdel: Kvävgas diffunderar in i vattnet och förorsakar därför "gasproblem" och måste fyllas på regelbundet.



Slutna membranexpansionskärl med externt tryckskapande (dynamisk tryckhållning) ett membran skiljer luftutrymmet från vattenutrymmet

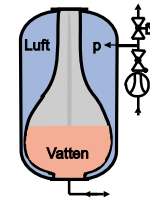


Pumpstyrd, trycklös uppsamlingsbehållare

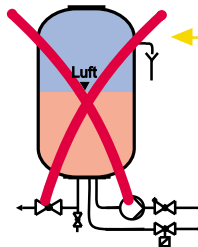
På grund av den lilla partialtryckssänkningen mellan gasutrymmet och vattenutrymmet sker knappast någon gas-diffusion via membranet. Den trycklösa uppsamlingsbehållaren är även lämplig till avgasning.

Kompressorstyrd, uppsamlingsbehållare som står under tryck

På grund av det höga partialtrycket i gasutrymmet monterar Reflex speciella, särskilt diffusionstäta butylmembran. De har en väsentligt lägre gasgenomsläpplighet än de annars övervägande använda EPDM-membranen.



Öppna expansionskärl med externt tryckskapande och direkt förbindelse mellan luftutrymmet och vattenutrymmet

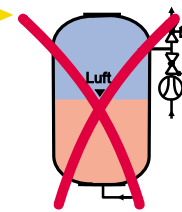


Pumpstyrd, trycklös uppsamlingsbehållare, direkt kontakt vatten/luft

Sådana erbjuds paradoxalt nog även med "avgasningsfunktion", men tillför syrgas i verkligheten.

Kompressorstyrd

Sådana finns delvis kvar i gamla anläggningar i de nya delstaterna. Tryckbehållarna utsätts för stor korrosionsrisk på grund av regelbunden tillförsel av syrgas.



Gasproblematiken tillspetsades i och med att installationstekniken utvecklades.

Byggdes värmeanläggningar ofta med stålårsledning, övre fördelning och central avluftning, med en "blygsamt" antal pumpar och armaturer förr, så ser bilden helt annorlunda ut idag:

- ▶ Nedre och vågräta fördelarsystem leder till många decentrala avluftningspunkter, ofta svåråtkomliga.
- ▶ Vågräta kyltak och vågrät ytvärme samt utdragna, vågräta fördelningssystem är svåra att avlufta med konventionella metoder.
- ▶ Användningen av komponenter som plaster och gummi, och det ökade antalet tätningssytor i installationen, tillåter mer "luft" att diffundera in i anläggningarna → se sidorna 6 och 7.
- ▶ Installationer av olika metalliska material leder under vissa förhållanden till gasbildning → se sidorna 7 och 8.

Den aktuella problemställningen är att gasbildningen å ena sidan är större i nya anläggningar, men å andra sidan är vanliga "avluftningar" vid många decentrala avluftningspunkter för det mesta otillräckliga och löser inte problemen.

Facit, kapitel 2

Tryckhållningen spelar en central roll i gasproblematiken. Den måste vara tät mot atmosfären, framför allt för att förhindra syrgasupptagningen, och den måste på ett säkert sätt kunna undvika undertryck och kavitation. Många membranexpansionskärl, särskilt i mindre anläggningar, är felinställda beträffande gas och vatten och underhålls inte heller enligt DIN 4807, del 2 /6/. Här finns ett behov av information och handling.

Inträngandet och bildandet av gaser är nästan oundvikligt även vid slutna anläggningar (påfyllning, eftermatning, diffusion och kemiska reaktioner).

Gaser måste medvetet ledas bort ur slutna system via lämpliga apparater, företrädesvis centrala, för att det ska gå att undvika cirkulationsstörningar, erosion och korrosion. Avgasningen måste vara enkelriktad: Ut med gasen, men ingen luft in!

3. Tekniska möjligheter inom fysikalisk avgasning

Så många som möjligheterna är till avgasning, så många är också resultaten.

Den mest kostsamma, men säkert också den mest verkningsfulla metoden är den termiska avgasningen med ånga, en metod som realiseras i till exempel kraftverk. Här går vi emellertid bara in på tekniskt genomförbara, fysikaliska metoder som också är realiserbara inom temperaturområdet $< 100\text{ °C}$ och inom byggnadsteknik.

Tyvärr finns det inget normerat förfarande för att värdera avgasningssystem. Det öppnar dörren för utsagor som lockar i reklamsammanhang, men som kanske är odifferentierade eller till och med felaktiga.

Om luftavskiljare läser man till exempel att de eliminerar all luft ur anläggningen. Innerbär ordet luft syrgas och kvävgas? Betyder "all luft" även löst luft?

Eller i en reklamtext från en tillverkare av tryckhållningsanläggningar med integrerad atmosfärisk trycksänkning till ett öppet expansionskär, där det bland annat heter:

citat: "Nya konkurrenter hänvisar till att... syrgas hamnar i anläggningens vatten via det öppna expansionskärlet. Det är bara till viss del korrekt, men betydelselöst, eftersom trycklöst vatten bara kan ta upp så lite syrgas."

Den sista meningen innehåller tre felaktiga påståenden:

1. Det är korrekt att syrgas hamnar i anläggningens vatten.
2. Det är inte heller betydelselöst, eftersom
3. trycklöst vatten mycket väl kan ta upp mycket syrgas, cirka 11 mg/l vid 10 °C och mer än 5 mg/l vid 70 °C . Det är ändå 50 gånger så mycket som rekommendationen på 0,1 mg/l enligt VDI 2035!

Därför ska några vanliga, inom byggnads- och anläggningsteknik praktiserade fysikaliska förfaranden, beskrivas vad beträffar deras funktion. De påverkas i huvudsak av tre faktorer:

- Mediets temperatur
- Mediets tryck
- Den aktiva principen

Avgasning vid anläggningens tryck

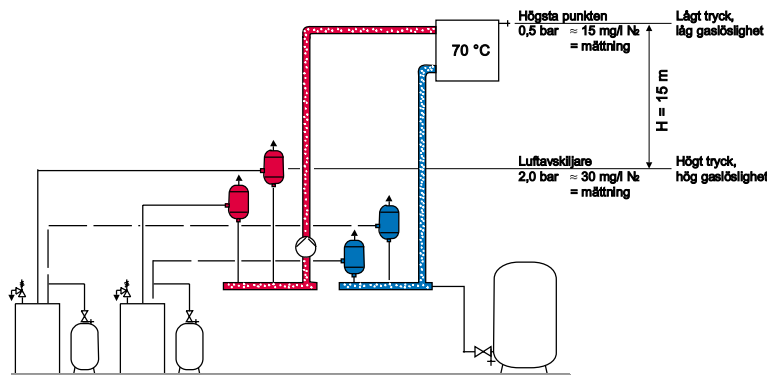


Bild 7: Principschema över ett värmesystem med konventionella luftavskiljare och membranexpansionskär

I många värme- och kylkretsar används bara så kallade mekaniska luftavskiljare till avgasning. Dessa kan avskilja fria gaser, men däremot inte lösta. Det finns olika aktiva principer. Alla typerna har det gemensamt att de står under anläggningssystemets tryck (hög gaslöslighet) och att funktionen på ett avgörande sätt påverkas av den plats där de monterats (högsta punkten, lägsta punkten, framledningen, returledningen, avståndet till pannan respektive pumpen).

- Mekaniska luftavskiljare arbetar bara vid de absolut högsta punkterna

Bara vid montering direkt på anläggningens högsta punkt kan "luftproblem" garanterat undvikas. Då anläggningar idag i regel planeras med nedre fördelning, sker monteringen på en ogynnsam lägsta punkt. Effektiviteten begränsas då starkt, om inte betänkligt. Därför kunde kvävgashalten i exemplet på bild 7 bara sänkas till cirka 30 mg/l, trots att 15 mg/l vore nödvändigt för att garanterat undvika gasbildning på den högsta punkten. Mekaniska luftavskiljare kan inte påverka halten av lösta gaser respektive korrosionsförlopp.

Avgasning vid atmosfäriskt tryck

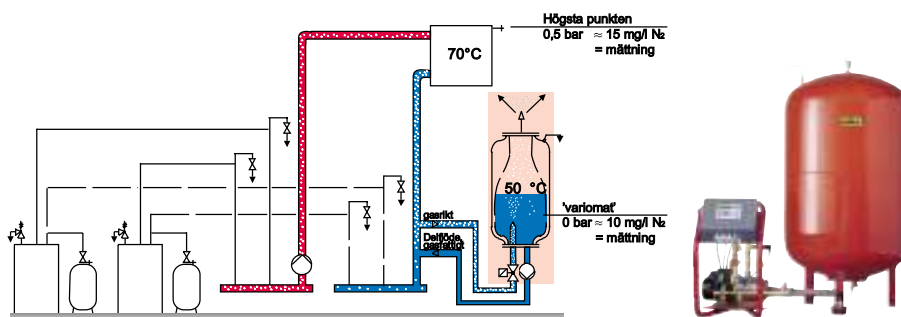


Bild 8: Principschema över ett varmesystem med en reflex 'variomat' multifunktionsenhet för att hålla trycket, avgasa och eftermata, med permanent- och intervalldrift och slutna membranuppsamlingsbehållare

Pumpstyrda tryckhållningsstationer ackumulerar expansionsvattnet i en trycklös uppsamlingsbehållare. Den kan samtidigt användas som central avgasningsanordning. Ett delflöde av nätvattnet leds via den trycklösa uppsamlingsbehållaren. Tack vare trycksänkningen ner till det atmosfäriska trycket kan till exempel kvävgaskoncentrationen teoretiskt sänkas till cirka 10 mg/l i hela systemet (HENRY-diagram: 0 bar, 50 °C). Det ligger under den kritiska koncentrationen vid den högsta punkten, så att det inte längre kan bildas några fria bubblor här → se bild 4. Atmosfäriska avgasningsanordningar uppfyller därför i ordets rätta bemärkelse kraven på en klassiskt central "avlufningsanordning". Tack vare den "bubbelfria" cirkulationsdriften reduceras dessutom erosionsrisken och bildandet av skyddsskikt störs inte. Den tidskrävande efteravlufningen vid många decentrala avluftningspunkter utgår.

Naturligtvis måste uppsamlingsbehållaren vara utförd som ett slutet kärl
→ se avsnitt 2 på sidan 10.

Atmosfäriska avgasningsanordningar kan bara påverka halten av lösta gaser till viss del (utifrån lösligheten vid atmosfäriskt tryck, enligt HENRY). Därför kan syrgashalten hos eftermatningsvattnet bara sänkas från 11 mg/l till cirka 7 mg/l vid inmatning till en 40 °C varm, trycklös uppsamlingsbehållare.

- Avgasnings- och uppsamlingsbehållaren måste vara slutna mot atmosfären.
- God central "avlufningsfunktion" i den atmosfäriska avgasningsanordningen

Avgasning i vakuum

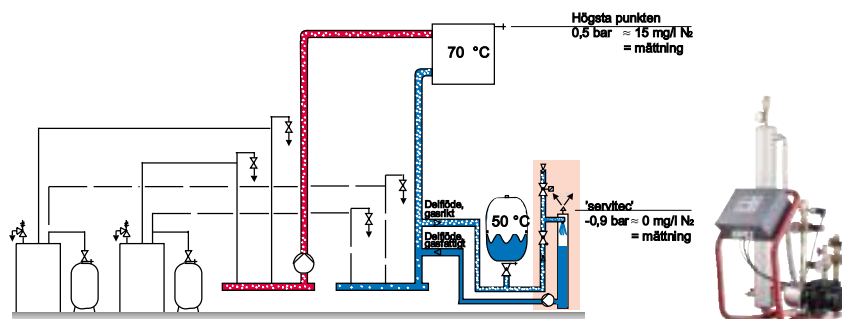


Bild 9: Principschema över ett värmesystem med en reflex 'servitec' dynamisk avgasning med vakuumförgasartub för nät- och eftermatningsvatten

Vakuumavgasningsanordningar avgasar ett delflöde av nätvattnet i vakuum. I vakuum är lösligheten av gaser lika med noll. Trots detta sker avgasningen i ett vilande, statiskt vakuum trögt och långsamt (→ se bild 10). Först vid en dynamisering, till exempel genom att spruta in vattnet i vakuomet (→ se bild 11), garanteras höga avgasningsprestanda.

14

- ▶ Avgasningskapaciteten i ett vilande vakuum är för låg.



Bild 10: Statisk vakuumavgasning i "vilande vakuum"



Bild 11: Dynamisk vakuumavgasning vid 'servitec'-försöksbordet

- ▶ Vakuumavgasningsanordningar kan avskilja reaktiva och inaktiva gaser.

Dynamiska vakuumavgasningsanordningar arbetar särskilt effektivt, då bildandet av fria gasbubblor reduceras och halten av lösta gaser starkt reduceras. Detta sker helt oberoende av tryckförhållandena i nätet. Reaktiva gaser (till exempel H_2 och O_2) kan därför elimineras och korrosion kan minimeras. En markant fördel med vakuumavgasning gentemot kemiska förfaranden är den kompromisslösa avskiljningen av alla gaser, inklusive inaktiva gaser, som befrias från en kemisk bindning! Mätningar visade att till exempel kvävgashalten i cirkulationsvattnet kan sänkas ner till cirka 3 mg/l via avgasning med en 'servitec' vakuumförgasartub. Det motsvarar ungefär de värden som uppmättes efter termiska avgasningsanordningar. Delflödesavgasningen har bara ett litet inflytande på syrgashalten i nätvattnet vid klassiska stålrorssystem. Vid för små delflöden undandrar sig syrgasen delvis en central avskiljning på grund av sin snabba reaktionsförmåga. Detta är ett problem för alla delflödesavgasningar!

Däremot är det väldigt effektivt med avgasning av eftermatnings- och påfyllningsvatten, vars syrgashalt kan reduceras med cirka 80 %.

Jämförelse mellan olika avgasningssystem

För att kunna visa funktionen hos olika avgasningssystem ska den fysikaliskt och tekniskt möjliga, minimala kvävgashalten i nätvattnet visualiseras i förhållande till tryckförhållandena på monteringsplatsen → se bild 12. Kvävgas fungerar som en "mätgas" för att den är en inaktiv gas och därför inte förbrukas i sidoreaktioner. Därför blir mätresultatet oförfalskat.

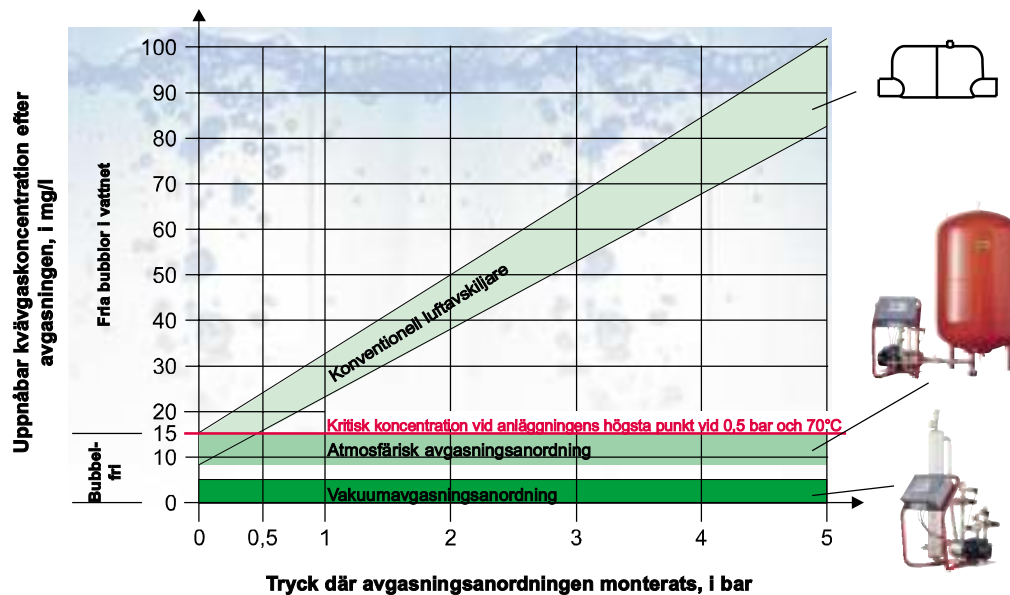


Bild 12: Jämförelse mellan olika avgasningssystem vid en medietemperatur på 50 °C

Jämförelsen i bild 12 tydliggör att bara den atmosfäriska avgasningen och vakuumavgasning uppfyller kraven på en central "avlufnings"- och avgasningsanordning.

Funktionen hos mekaniska luftavskiljare sjunker drastiskt med stigande tryck. Gasbildning går inte att undvika vid de högsta punkterna, särskilt om monteringen sker vid den lägsta punkten.

Vill man inte "avlufna", utan istället motverka aktiv korrosion, måste gashalten köras ner mot nollstrecket. Det går bara att åstadkomma med termisk avgasning eller dynamisk vakuumavgasning.

- Funktionen hos konventionella luftavskiljare som placerats vid den lägsta punkten finns inte fysikaliskt sett.

Avgasningsprestanda som bara finns på papperet - felaktig interpretation av Henrys lag

Här hänvisar vi åter till en i praktiken ofta påträffad, felaktig interpretation av Henrys lag. Avgasningsprestanda bevisas därmed till synes "på papperet", men som inte finns i praktiken.

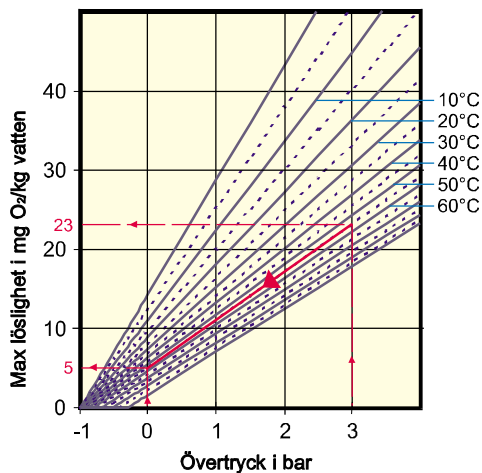


Bild 13: Max löslighet av syrgas ur atmosfärens luft

Påståenden utifrån HENRY-diagrammet → se bild 13

I en värmeanläggning är 23 mg/l syrgas löst vid en framlednings-temperatur på 55 °C och ett tryck på 3 bar. Vid en trycksänkning till 0 bar via en avgasningsanordning kan det uppvärmda vattnet bara lösa 5 mg/l av syrgasen. Därför avskiljs 23 mg/l - 5 mg/l = 18 mg/l syrgas via avgasningsanordningen.

Den här argumentationen stämmer inte! Varför inte?

1. HENRY'S lag beskriver inte den verkliga syrgashalten i vattnet, utan "vad som maximalt skulle kunna lösas, om luftens syrgas stod tillräckligt länge i direktkontakt med vattenytan". Den kontakten finns varken inne i ett slutet eller i ett öppet installationssystem.
2. Syrgas är en reaktiv gas. Det innebär att den förbrukas relativt snabbt vid korrosion eller vid reaktion med andra gaser. Som bild 1 visar, så låg syrgashalten under 0,1 mg/l i nästan alla undersökta anläggningar, även utan avgasningsanordning.
3. En reduktion av syrgashalten till 5 mg/l i cirkulationsvattnet vore ett otillfredsställande resultat, eftersom ett värde < 0,1 mg/l ska eftersträvas enligt VDI 2035, blad 2.

Exemplet ovan visar hur viktigt det är att formulera enhetliga värderingsskalor, även för avgasningsanordningar. Det nuvarande tillståndet är högst otillfredsställande, eftersom det varje dag presenteras teoretiskt, dåligt grundade och praktiskt ovisade utsagor inom temat avgasning. De är inte anpassade efter temats växande betydelse och kan leda till att kunderna blir osäkra.

Facit, kapitel 3

Mekaniska luftavskiljare kan bara arbeta effektivt om de monterats vid den högsta punkten.

Atmosfäriska avgasningsanordningar kan förhindra fria gasbubblor i cirkulationsvattnet. De passar väldigt bra som centrala avluftningsanordningar, men inte till målinriktad syrgasavskiljning. Erosion kan i huvudsak undvikas genom tvåfasflöde.

Vakuumavgasningsanläggningar kan sänka den totala gashalten till nära noll. De bekämpar både korrosion (reaktiva gaser) och erosion (inaktiva gaser). En hög grad av avskiljning nås med dynamiska vakuumavgasningsanläggningar.

HENRY'S lag beskriver inte den verkliga gashalten, utan den maximalt möjliga gashalten i lösningen.

4. Problemlösningar genom två exempel

Undersökningar inom gasproblematiken omfattar värmeanläggningar i villor, uppvärmda gräsplaner på fotbollsstadion liksom stora fjärrvärmeanläggningar. Även kylvattenkretsar med blandning av vatten och glykol undersöktes.

Problemen med gasöversättning visade sig tydligt registrerbara för ägaren med framför allt kvävgas. Kalla, gasfyllda värmeelement på den översta våningen och kluckande ljud är känt sedan länge. Analyser av gashalten och vattenkemiska undersökningar visar emellertid att den förhöjda gashalten (till exempel H_2 och CH_4) tydligt korresponderar med korrosion i vissa anläggningar. Skador som då uppstår visar sig mestadels först efter flera år.

► I över 90 % av de undersökta problem-anläggningarna förorsakar kvävgasen cirkulationsproblem.

Två praktiska exempel ska tydliggöra problemställningen och visa möjligheter till lösningar.

Energiförsörjningens värmenät i Halle

Till ett sekundärt fjärrvärmenät inom energiförsörjningen i Halle, med över 100 m^3 uppvärmt vatten och en effekt på cirka 14 MW, har flera flerbostadshus direktanslutits, däribland också höghus med 14 våningar. Problemen följde efter delningen av den primära värmelinjen i systemet i form av monteringen av en värmeöverföringsstation - det blev ständigt "luft" i höghuset och därmed alltid en arbetssam, decentral avluftning av värmeelementen på den översta våningen. Montering av automatiska på- och avluftningsanordningar på utvalda värmeelement gav ingen avgörande förbättring.

Detta var utgångsläget för testen av den första 'servitec'-avgasningen med vakuumpöregasartub. Efter att den tagits i drift kunde kvävgashalten reduceras från 45 mg/l till 5 mg/l redan efter 40 timmar. "Luftproblemen" var åtgärdade och hyresgästerna var nöjda. Tack vare den starkt gasundermättade körnigen ($\leq 5\text{ mg/l}$) är gasbildningar uteslutna och korrosionsrisken minimerad, till och med på extrema punkter (de högsta punkterna, pumpar och regleringsventiler).



Bild 14:
'servitec' försöksanläggning i ett energiförsörjningsnät i Halle

Konrad-Zuse-centrum i Berlin

I Konrad-Zuse-centrum i Berlin blev det cirkulationsstörningar i såväl uppvärmningsanläggningen för byggnaderna ($7,3\text{ m}^3$) som i kylvattenkretsen (30 m^3), vilket ledde till att vissa värmeelement och klimatanläggningarna slutade att fungera.

Båda anläggningarna hade för höga kvävgasvärden. I värmeanläggningen fastställdes dessutom förhöjda metangashalter, vilket förmodligen berodde på att en inhibitor användes. Efter att en standardmodell av 'servitec' vakuumpöregasartub monterats fungerar såväl värme- som kylvattensystemet utan problem. I det uppvärmda vattnet gick det inte längre att fastställa någon metangashalt.



Bild 15:
'servitec' standardanläggning i Konrad-Zuse-centrum i Berlin

5. Reflex tryckhållnings- och avgasningssystem

reflex 'magcontrol'

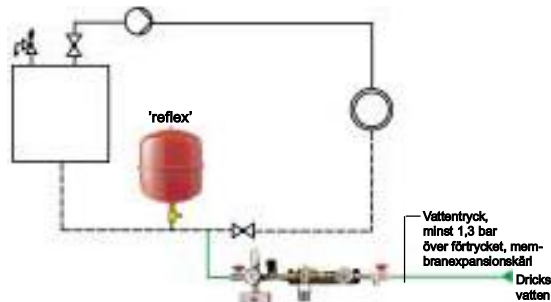
Tryckövervakning av expansionskärl med integrerad, kontrollerad eftermatning

Tryck OK



reflex 'magcontrol' kan visserligen inte avgasa, men automatiserar och övervakar funktionen hos membranexpansionskärl, vilket är en viktig förutsättning för att kunna förhindra den direkta indragningen av luft.
→ se kapitel 2

Exempel: värmeanläggning



reflex 'magcontrol' reflex 'fillset'
övervakning av tryck, eftermatning, påfyllning

reflex 'variomat'

Atmosfärisk avgasning med integrerad tryckhållning och eftermatning

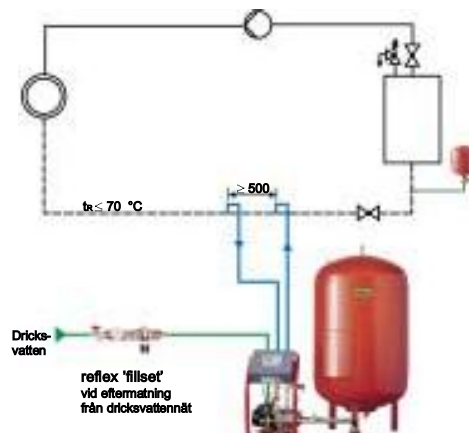
Tryck OK

Luft ut



Kombinationen av pumpstyrd tryckhållning med atmosfärisk avgasning i ett slutet system har lönat sig tusenfalt. Det betyder att trycket stämmer och att "luftproblemen" tillhör det förgångna. Den arbetskrävande, decentrala avluftningen efteråt behövs inte längre.
→ se kapitel 3

Exempel: enpanneanläggning



reflex 'variomat'

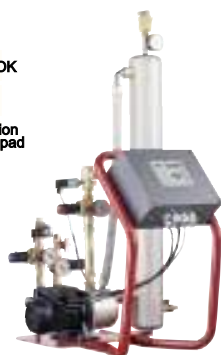
reflex 'servitec'

Dynamisk avgasning med vakuumpörgasartub, med integrerad tryckövervakning och eftermatning

Tryck OK

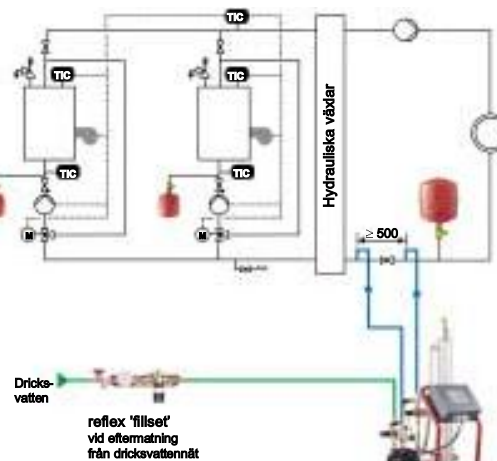
Luft ut

Korrosion bekämpad



Anläggnings- och eftermatningsvattnet avgasas i vakuum, oavsett om det rör sig om värme-, fjärrvärme- eller kylvattensystem. Gashalten i cirkulationsvattnet reduceras reellt till noll. Det innebär att "luftproblemen" upphör och att korrosionsrisken reduceras. Dessutom kan funktionen hos expansionskärilen övervakas. 'servitec' passar även utmärkt som kompletteringsutrustning i problemanläggningar.
→ se kapitel 4

Exempel: flerpanneanläggning



reflex 'servitec'
påfyllning, avgasning, eftermatning

6. En överblick över kapitlen

Facit, kapitel 1

Syrgas är en väldigt reaktiv gas. Den är huvudorsak till korrosion i system, där den till största delen förbrukas. Den förekommer (nästan) uteslutande i fri form. Syrekoncentrationer $> 0,1$ mg/l visar på en ökad risk för uppkomst av korrosionsskador /3/.

Kvävgas är som inaktiv gas mest ansvarig för bildandet av tvåfasflöden gas/vatten. Den anrikas permanent i systemet och leder till exempel till de välkända cirkulationsstörningarna. Kvävgasvärden ≤ 15 mg/l ställer normalt sett inte till några problem och uppnås redan vid atmosfärisk avgasning.

Facit, kapitel 2

Tryckhållningen spelar en central roll i gasproblematiken. Den måste vara tät mot atmosfären, framför allt för att förhindra syrgasupptagningen, och den måste på ett säkert sätt kunna undvika undertryck och kavitation. Många membranexpansionskärl, särskilt i mindre anläggningar, är felinställda beträffande gas och vatten och underhålls inte heller enligt DIN 4807, del 2 /6/. Här finns ett behov av information och handling.

Inträngandet och bildandet av gaser är nästan oundvikligt även vid slutna anläggningar (påfyllning, eftermatning, diffusion och kemiska reaktioner).

Gaser måste medvetet ledas bort ur slutna system via lämpliga apparater, företrädesvis centrala, för att det ska gå att undvika cirkulationsstörningar, erosion och korrosion. Avgasningen måste vara enkelriktad: Ut med gasen, men ingen luft in!

19

Facit, kapitel 3

Mekaniska luftavskiljare kan bara arbeta effektivt om de monterats vid den högsta punkten.

Atmosfäriska avgasningsanordningar kan förhindra fria gasbubblor i cirkulationsvattnet. De passar väldigt bra som centrala avluftningsanordningar, men inte till målinriktad syrgasavskiljning. Erosion kan i huvudsak undvikas genom tvåfasflöde.

Vakuumavgasningsanläggningar kan sänka den totala gashalten till nära noll. De bekämpar både korrosion (reaktiva gaser) och erosion (inaktiva gaser). En hög grad av avskiljning nås med dynamiska vakuumavgasningsanläggningar.

HENRY'S lag beskriver inte den verkliga gashalten, utan den maximalt möjliga gashalten i lösningen.

Facit Kapitel 4/5

Funktionen hos Reflex avgasningssystem har bevisats i många mätserier på Technischen Universität Dresden i värme-, fjärrvärme- och kylkretsar.

Tack vare den centrala avluftnings- och avgasningsfunktionen behöver inga decentrala, mekaniska luftavskiljare monteras. Den arbetskrävande avluftningen efteråt vid ett flertal avluftningspunkter behöver inte göras.

Reflex – Ansvar även för miljön

Det är inte bara människan som ska dra nytta av nya Reflex-tekniker, utan även miljön. Det är principen vi går efter, när vi utvecklar, planerar och producerar. Vi lever upp till vårt ansvar som tillverkare genom att välja rätt material och produktionstekniker - allt är så skonsamt mot miljön som möjligt.



Reflex Winkelmann GmbH + Co. KG

Gersteinstraße 19
D - 59227 Ahlen
Tyskland

Telefon: +49 2382/70 69-0
Telefax: +49 2382/70 69-558
www.reflex.de