

Hinweise zur Wasserqualität
in Heizungssystemen und Wärmenetzen

Wasserqualität



www.biogas-forum-bayern.de/bif48

Biogas Forum Bayern, Verfasser:

Niels Alter

Simon Heim
e3 Energieanlagen GmbH

Foren der ALB Bayern e.V.

Die ALB Bayern e.V. ist ein offiziell anerkannter, gemeinnützig tätiger, eingetragener Verein mit Mitgliedern aus Landwirtschaft, Wissenschaft, Beratung und den landwirtschaftlichen Organisationen. Weiterhin sind die staatliche Verwaltung, Firmen sowie Dienstleistungsunternehmen aus Industrie, Handel, Gewerbe sowie dem Umweltbereich vertreten.

Die ALB unterstützt die Landwirtschaft mit Wissensvermittlung in den Themenbereichen Bauen in der Landwirtschaft, Bewässerung, Biogas und Landtechnik. Hierzu handelt sie als neutraler Mittler und Bindeglied zwischen landwirtschaftlicher Praxis, Forschung, Umwelt, staatlicher Verwaltung, Gewerbe und Industrie.

Für umfassende Informationen zur umweltschonenden und effizienten Anwendung in der Pra-

xis werden zu den einzelnen Tätigkeitsbereichen Foren mit folgenden Aufgaben organisiert:

- ▶ Zusammenführen des aktuellen Wissensstandes,
- ▶ Reflektieren mit allen an der Thematik Beteiligten,
- ▶ Erarbeiten/Bekanntmachen konsensfähiger Lösungen

Foren der ALB Bayern e.V.:

- ▶ Bau Forum Bayern (BaF),
Leitung: Jochen Simon, LfL-ILT
- ▶ Bewässerungsforum Bayern (BeF),
Leitung Dr. Martin Müller
- ▶ Biogas Forum Bayern (BiF),
Leitung: Dr. Martin Müller, ALB
- ▶ Landtechnik Forum Bayern (LaF),
Leitung: Dr. Markus Demmel, LfL-ILT

Förderer



Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Tourismus



Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft



Ämter für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten

Impressum

Herausgeber Arbeitsgemeinschaft Landtechnik und Landwirtschaftliches Bauwesen in Bayern e.V. (ALB), Vöttinger Straße 36, 85354 Freising

Telefon: 08161 / 887-0078
Telefax: 08161 / 887-3957
E-Mail: info@alb-bayern.de
Internet: www.alb-bayern.de

2. Auflage April 2024
© ALB Alle Rechte vorbehalten
Bildquelle Titelfoto e3 Energieanlagen GmbH

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	4
2. Wichtige Regelwerke: VDI-Richtlinie 2035, AGFW-Arbeitsblatt FW 510	5
3. Die verschiedenen Wasserkreisläufe einer BHKW-Anlage	6
4. Checkliste zur Erstbefüllung	6
5. Vorgehen bei Bestandsanlagen und im Sanierungsfall	9
6. Anlagenbuch: Dokumentation von Erstbefüllung und Nachspeisung	13
7. Ist-Analyse und Probeentnahmekühler	13
8. Rohrmaterial in Heizungsanlagen und Wärmenetzen	14
9. Entgasung und Sauerstoff-Entfernung	14
10. Heizkreisläufe mit Glykol-Wasser-Gemisch	15
11. Anhang	16

1. Einleitung

Biogasanlagen, Biomasseheiz(kraft)werke und Nahwärmenetze haben erfreulicherweise in Deutschland mittlerweile eine große Verbreitung gefunden. Nicht immer jedoch funktionieren diese Anlagen zur vollen Zufriedenheit der Betreiber und Nutzer. Denn nicht nur für die Planung und Errichtung, sondern auch für den dauerhaften und zuverlässigen Betrieb sind eine Menge Know-how und eine gewisse Professionalität unerlässlich.

Wie zahlreiche Schadensfälle an Anlagenkomponenten zeigen, wird dem Thema der Wasserqualität in Heizungsanlagen zu wenig Aufmerksamkeit geschenkt. Das beginnt bei der Erstbefüllung von Wärmeerzeugern und Rohrleitungen mit ungeeignetem Wasser und führt über unkontrolliertes Nachspeisen im Betrieb zu Verschlammung und Korrosion in der Anlage. In Folge setzen Wärmetauscher und Schmutzfilter zu, Heizkessel korrodieren wasserseitig, Rohrleitungen, Armaturen und Pumpen verschleifen: Der Wartungsaufwand und die Betriebskosten steigen mitunter beträchtlich.

Ein weiterer Aspekt, der die Wasserqualität schleichend – aber bedeutend - verschlechtern kann, ist der Einsatz von nicht sauerstoffdichtem Rohrmaterial aus Kunststoff, z.B. zur Fermenterbeheizung. Bei Heiz- und Kühlkreisläufen mit Glykol-Wasser-Gemisch von Blockheizkraftwerken (Biogasanlagen / Holzvergaser-KWK) ist

zu beachten, dass die Befüllung nicht von Dauer ist und von Zeit zu Zeit ersetzt oder ergänzt werden muss.

Nachfolgend werden Hinweise gegeben, wie mit diesem Themenkomplex umgegangen werden sollte, damit ein zufriedenstellender und wirtschaftlicher Anlagenbetrieb über viele Jahre und Jahrzehnte gewährleistet werden kann.

Investoren und Betreiber sollten den zuständigen Heizungsbauer oder Planer gezielt auf die Anforderungen an das Anlagenfüllwasser und die Einhaltung der technischen Regeln nach VDI 2035 Blatt 1 bzw. AGFW-Arbeitsblatt FW 510 ansprechen. Denn spätestens im Gewährleistungsfall machen die Hersteller der Anlagenkomponenten deutlich, dass Ansprüche an sie nur bei Nachweis der Einhaltung der technischen Regelwerke geltend gemacht werden können.

Weitere wertvolle Hinweise zu Errichtung, Betrieb und Optimierung von Biomasse-Wärmeerzeugern und Wärmenetzen liefern die Planungshandbücher der Arbeitsgemeinschaften QM Holzheizwerke und QM Fernwärme¹.

¹ Bezugsquellen: www.qmfernwaerme.ch und www.qmholzheizwerke.de

2. Wichtige Regelwerke:

VDI-Richtlinie 2035, AGFW-Arbeitsblatt FW 510

Der einleitend beschriebene Themenkomplex wird in Deutschland maßgeblich von zwei technischen Regelwerken beschrieben. Planern und Betreibern von Heizungsanlagen und Wärmenetzen stehen damit präzise Handlungsempfehlungen zur Senkung der heizungswasserseitigen Korrosionswahrscheinlichkeit zur Verfügung.

Die **Richtlinienreihe VDI 2035** gliedert sich in folgende Blätter:

- ▶ Blatt 1: Vermeidung von Schäden in Warmwasser-Heizungsanlagen Steinbildung und wasserseitige Korrosion
- ▶ Blatt 3: Abgasseitige Korrosion (im Kontext dieses Hinweisblattes ohne Bedeutung)

Blatt 1 „Vermeidung von Schäden in Warmwasser-Heizungsanlagen - Steinbildung und wasserseitige Korrosion“ gilt für Warmwasser-Heizungsanlagen nach DIN EN 12828 innerhalb eines Gebäudes, wenn die Vorlauftemperatur bestimmungsgemäß 100 °C nicht überschreitet. Sie gilt ebenso für Warmwasser-Heizungsanlagen, die temporär oder ständig in direkter hydraulischer Verbindung mit korrosionstechnisch geschlossenen Kalt-/Kühlwasserkreisläufen betrieben werden. Außerdem gilt diese Richtlinie für Anlagen des Wärmecontractings, bei denen Gebäudekomplexe versorgt werden, wenn sichergestellt wird, dass während der Lebensdauer der Anlage das Ergänzungswasservolumen höchstens das Zweifache des Füllwasservolumens beträgt.

Andernfalls sollte, wie für Industrie- und Fernwärmeheizanlagen, das Arbeitsblatt AGFW FW

510 (oder auch das Merkblatt VdTÜV MB TECH 1466) mit nochmals strengeren Vorgaben für die Wasserbeschaffenheit berücksichtigt werden. Der AGFW weist darauf hin, dass in den höhergestellten Normen DIN EN 12952 Teil 12 Wasserrohrkessel und Anlagenkomponenten sowie DIN EN 12953 Teil 10 Großwasserraumkessel nur Sicherheitsaspekte, jedoch nicht der wirtschaftliche Betrieb einer Wärmeerzeugungsanlage im Vordergrund stehen. Zur Sicherstellung eines wirtschaftlichen Betriebes wird dringend die Einhaltung des im Arbeitsblatt FW 510 festgelegten Stands der Technik empfohlen.

Einen Überblick über den Inhalt der VDI-Richtlinie 2035 Blatt 1 und des AGFW-Arbeitsblattes FW 510 geben die im Anhang zu findenden Inhaltsangaben.

Sowohl die VDI-Richtlinie als auch das AGFW-Arbeitsblatt sind urheberrechtlich geschützt und müssen daher bei Verwendung käuflich erworben werden².

² Bezugsquellen (Kostenstand Februar 2024):

VDI 2035 Blatt 1; Beuth Verlag, www.beuth.de, Preis: EUR 181,20
AGFW FW 510: AGFW Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e.V., www.agfw.de,
Preis: EUR 130,00 (EUR 65,00 für AGFW-Mitglieder).

3. Die verschiedenen Wasserkreisläufe einer BHKW-Anlage

Diese Fachinformation gilt in erster Linie für die Qualitätsanforderungen an das Wasser in Heizungsanlagen und Wärmenetzen. Kreisläufe, die einer Frostgefahr ausgesetzt sind, müssen ergänzend zu den allgemeinen Anforderungen in ausreichender Menge mit Frostschutzmittel versehen werden.

Kühlwasserkreisläufe von BHKW-Motoren und Rückkühlwerken sollten immer nach den Vorgaben des jeweiligen Herstellers mit auf Korrosions- und Frostschutz abgestimmten Gemischen befüllt werden.

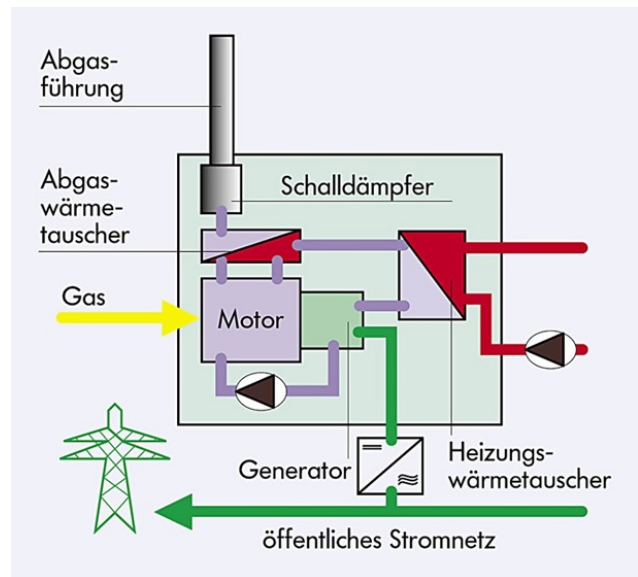


Abb.1: (Prinzipschema Blockheizkraftwerk)

4. Checkliste zur Erstbefüllung

Vorgaben der Komponentenhersteller (Wärmeerzeuger, Pumpen) ermitteln

Verbindliche Angaben hierzu findet man in den Planungs- und Gewährleistungsunterlagen der jeweiligen Hersteller. Gibt es keine besonderen Vorgaben, so sollte mindestens die VDI 2035 als anerkannter Stand der Technik eingehalten werden.

Qualität des Leitungswassers recherchieren

Oft wird lediglich auf die Wasserhärte geachtet und dann mit dem örtlichen Leitungswasser befüllt. Für einen reibungslosen Betrieb sind jedoch noch mehrere andere Parameter von Bedeutung. Die meisten Wasserversorger geben die Qualität ihres Wassers mittlerweile im Internet bekannt oder man fragt den Wasserwart vor Ort. Alternativ kann vor der Befüllung eine Wasseranalyse durchgeführt werden. Entsprechende Angebote machen Analyselabore oder Anbieter von Wasseraufbereitungstechnik.

Wichtig sind gem. VDI 2035 vor allem folgende Richtwerte:

Tab. 1: Füll- und Ergänzungs- sowie Heizwasser, heizleistungsabhängig aus VDI 2035 („Wiedergegeben mit Erlaubnis des Verein Deutscher Ingenieure e.V.“)

Gesamtheizleistung in kW	Summe Erdalkalien in mol/ms (Gesamthärte in °dH)		
	Spezifisches Anlagenvolumen in ℓ/kW Heizleistung a)		
	≤ 20	> 20 bis ≤ 40	> 40
≤ 50 kW spezifischer Wasserinhalt Wärmeerzeuger ≥ 0,3 ℓ je kW b)	keine	≤ 3,0 (16,8)	< 0,05 (0,3)
≤ 50 kW spezifischer Wasserinhalt Wärmeerzeuger < 0,3 ℓ je kW b) (z. B. Umlaufwasserheizer) und Anlagen mit elektrischen Heiz- elementen	≤ 3,0 (16,8)	≤ 1,5 (8,4)	
> 50 kW bis ≤ 200 kW	≤ 2,0 (11,2)	≤ 1,0 (5,6)	
> 200 kW bis ≤ 600 kW	≤ 1,5 (8,4)	< 0,05 (0,3)	
> 600 kW	< 0,05 (0,3)		
Heizwasser, heizleistungsunabhängig			
Betriebsweise	Elektrische Leitfähigkeit in µS/cm		
salzarm c)	> 10 bis ≤ 100		
Salzhaltig	> 100 bis ≤ 1500		
	Aussehen		
	klar, frei von sedimentierenden Stoffen		
Werkstoffe in der Anlage	pH-Wert		
ohne Aluminiumlegierungen	8,2 bis 10,0		
mit Aluminiumlegierungen	8,2 bis 9,0		

- a) Zur Berechnung des spezifischen Anlagenvolumens ist bei Anlagen mit mehreren Wärmeerzeugern die kleinste Einzelheizleistung einzusetzen.
- b) Bei Anlagen mit mehreren Wärmeerzeugern mit unterschiedlichen spezifischen Wasserinhalten ist der jeweils kleinste spezifische Wasserinhalt maßgebend.
- c) Für Anlagen mit Aluminiumlegierungen ist Vollenthärtung nicht empfohlen.

Entscheidung: Ist eine Wasseraufbereitung erforderlich?

Erfüllt die Stadtwasserqualität die Richtwerte der VDI 2035 (bzw. AGFW FW 510) oder die Vorgaben der Komponentenhersteller nicht, so ist eine Aufbereitung des Füllwassers erforderlich. Stellt z.B. der Kesselhersteller (in seltenen Fällen) höhere Anforderungen als die Richtlinien, sollten Sie diese berücksichtigen, um Ihr Haftungsrisiko zu minimieren.

Entthärtung oder Entsalzung – Was ist besser?

- **Salzarme Fahrweise:** In den meisten Heizkreisläufen ist vollentsalztes Heizungswasser (VE-Wasser) empfehlenswert. Diese Aufbereitungsart bietet größtmögliche Sicherheit, denn sie erfüllt am ehesten die Anforderungen der VDI 2035 und der Kesselhersteller. Sie ist chemikalienarm und damit umweltfreundlich sowie einfach im Betrieb, denn es müssen lediglich der pH-Wert und die Leitfähigkeit überwacht werden. VE-Wasser kann mit kleinen Aufbereitungsanlagen vor Ort hergestellt werden. Größere

Heizungsbauer bieten mitunter die Lieferung von VE-Wasser mit Tankwagen an, was den Befüllvorgang erheblich beschleunigen kann.

- ▶ **Salzhaltige Fahrweise:** Hier wird das Heizungswasser enthärtet, aber nichtvollentsalzt. Eine Enthärtung erfordert meistens Zusätze wie Korrosionsinhibitoren oder Sauerstoffbindemittel. Sie ist im Betrieb aufwendiger, denn zusätzlich zu pH-Wert und Leitfähigkeit müssen Betreiber auch die Gesamthärte und ggf. die Dosiermittelkonzentration fachgerecht überwachen und steuern, sonst droht Korrosionsgefahr. Eine Enthärtung empfiehlt sich insbesondere für große Netze im Nah- und Fernwärmebereich mit mehreren hundert Kubikmetern Wasserinhalt. In diesen Fällen kann diese Aufbereitungsart im Vergleich zur Vollentsalzung einen deutlichen Kostenvorteil bieten.

Heizkreislauf richtig befüllen

Die Anlage muss vor der Inbetriebnahme **mit Füllwasser gründlich gespült werden**. Für die Druckprobe ist ebenfalls Wasser in normgerechter Qualität zu verwenden. Nach der Druckprobe ist eine Entleerung zu vermeiden. Der temporäre Zusatz von Frostschutzmitteln sollte vermieden werden. Die Entlüftung der Anlage sollte bei maximaler Betriebstemperatur erfolgen.

Bei Spülung, Befüllung bzw. Nachspeisung von Heizungsrohrleitungen mit Leitungswasser und generell bei jeglichem Umgang damit (z.B. Reinigung von Bullaugen) muss zwingend die Trinkwasserverordnung (TrinkwV) beachtet und ggf. eine, den allgemein anerkannten Regeln der Technik entsprechende, Sicherungseinrichtung nach DIN EN 1717 vorgesehen werden.

Füllwasser-Qualität überwachen und aufrechterhalten

Auch optimal aufbereitetes Füllwasser kann im Zeitverlauf an Qualität verlieren. Betreiber müssen deshalb regelmäßig die wichtigsten Wasserparameter (Leitfähigkeit, pH-Wert, ggf. Härte und Dosiermittelgehalt) überprüfen und im Anlagenbuch (siehe Kapitel 6) dokumentieren.

Bei sich verschlechternder Wasserqualität muss rechtzeitig reagiert und die Ursache lokalisiert werden, denn die Kesselhersteller übernehmen keine Gewährleistung bei Schäden, wenn die aktuelle Füllwasserqualität nicht mehr den Vorgaben entspricht. In den hier betrachteten größeren Heizkreisläufen sollten die Wasserparameter halbjährlich erfasst werden.

5. Vorgehen bei Bestandsanlagen und im Sanierungsfall

Wurden die Empfehlungen zur Erstbefüllung und ggf. Nachspeisung bisher nicht beachtet, so ist die Wahrscheinlichkeit von nicht ordnungsgemäßer Wasserqualität im System hoch. Aufschluss kann eine qualifizierte Wasseranalyse bringen. Wenn noch kein Schaden aufgetreten ist, so kann die Wasserqualität entweder durch technische Maßnahmen (Wasseraufbereitung oder Wasserbehandlung) oder auch durch einen vollständigen Austausch gehoben werden.

Dringende Vorsicht ist bei der gleichzeitigen Anwendung verschiedener Dosiermittel geboten, da hier oftmals „der Teufel mit dem Beelzebub ausgetrieben“ wird.

Ist doch bereits ein Schaden durch schlechte Wasserqualität eingetreten, so gilt es die (oft komplexe) Ursache herauszufinden.

Es wird daher in beiden Fällen empfohlen, zunächst eine neutrale Beratung (z.B. bei den C.A.R.M.E.N.-Abteilungen für Biogas bzw. Festbrennstoffe)³ zu suchen. Eventuell ist auch ein Gutachter notwendig, um die Haftungsfrage zu klären. Erst danach sollte mit einer Sanierung von Komponenten und Umlaufwasser begonnen werden.

Nachfolgend sollen die gängigsten Lösungsansätze für eine Wasseraufbereitung im laufenden Betrieb kurz dargestellt werden. Da ein Austausch des Heizwassers bzw. eine vollständige Entleerung bei komplexen Anlagen nicht ohne Betriebsunterbrechung realisierbar und mit sehr großem Aufwand verbunden ist, wird auf konventionelle Spülverfahren im Sinne einer Sanierungsmaßnahme nicht näher eingegangen.

Entgasung

Eine der Hauptursachen für schlechte Wasser-

qualität in geschlossenen Kreisläufen ist dem Eintrag von Sauerstoff geschuldet. Dies kann durch nicht diffusionsdichte Materialien (bspw. eine zu heiß betriebene PEX-Leitung), größere Mengen an nachgespeistem Wasser, defekte Entlüfter (oftmals belüftende Wirkung) oder durch Unterdruckbildung im Kreislauf verursacht sein. Da sich der Eintrag von Gasen so gut wie nicht vermeiden lässt, macht es grundsätzlich Sinn einen stationären Vakuumentgaser zu installieren. Dieser entfernt gelöste und ungelöste Gase im Heiznetzwasser, welche durch das Füll- und Nachspeisewasser sowie durch Diffusion an Anlagenbauteilen ins Heiznetzwasser gelangen. Die meisten Vakuumentgaser lassen sich so einbinden, dass zum einen das Nachspeisewasser und zum anderen das Systemwasser (zyklisch) entgast wird.

Teilstromfilter

In geschlossenen Wasserkreisläufen können sich mit der Zeit Schlamm, Rostpartikel bzw. andere Feststoffe ansammeln. Diese ungelösten Bestandteile können zu einem erhöhten Verschleiß verbauter Anlagen und Komponenten führen. Im weiteren Verlauf kommt es zu Verengungen bzw. zum Verschluss von Bauteilen oder Rohrleitungen. Die Installation geeigneter mobiler bzw. Festverrohrter (Teilstrom) Filtersysteme kann dazu beitragen, diese Partikel aus dem Wasser zu entfernen. Um ihre Wirksamkeit sicherzustellen, ist eine regelmäßige Wartung der Filter unerlässlich. Zu berücksichtigen ist bei der Auswahl und Installation von Filtern neben dem maximalen Temperatur- und Druckbereich auch die Art und Größe der Partikel oder Verunreinigungen, die entfernt werden müssen. Wählen Sie Filter mit der passenden Filterfeinheit

³ Kontakt: C.A.R.M.E.N. e.V., Schulgasse 18, 94315 Straubing, Tel. 09421/960-300, www.carmen-ev.bayern.de

(Mikrongröße). Stellen Sie außerdem sicher, dass die Filter die richtige Größe haben, um die Durchflussrate des Wassers im System zu bewältigen. Identifizieren Sie kritische Punkte im System, an denen sich bevorzugt Feststoffe ansammeln oder Schäden verursachen. Beispiele für kritische Bereiche sind: Vor- und Rücklaufverteiler, Pufferspeicher, Todleitungen und Bereiche mit geringen Strömungsgeschwindigkeiten. Es ist zu berücksichtigen, dass bei großen Anlagenvolumina bereits geringfügige Abweichungen der Richtwerte nach VDI 2035 zu einem hohen Verschleiß an Filterelementen führt.

Mischbettfilter

Gelöste Bestandteile (z.B. Resthärte) lassen sich unter bestimmten Voraussetzungen über Mischbettharz entfernen. Es kann sowohl Kationen (positiv geladene Ionen) als auch Anionen (negativ geladene Ionen) effektiv aus dem Wasser entfernen. In geschlossenen Wassersystemen, in denen die Wasserqualität außergewöhnlich hoch sein muss, kann Mischbettharz als Polierschritt nach anderen Wasseraufbereitungsprozessen wie Umkehrosmose oder Enthärtung verwendet werden. Auch hier ist zu beachten, dass bei großen Anlagenvolumina bereits geringfügige Abweichungen der Richtwerte nach VDI 2035 zu einem hohen Verbrauch an Mischbettharz führen kann. Neben dem Anlagenvolumen gibt es auch Einschränkungen hinsichtlich hoher Temperaturen (je nach Hersteller unterschiedlich), des pH-Werts und der Art der Verunreinigung. Organische Stoffe können das Mischbettharz verunreinigen, was zu Kapazitätsverlust führt. Vorsicht ist vor allem deswegen geboten, da eine Wasseranalyse keinen direkten Aufschluss darüber gibt, wieviel Schlamm sich im System abgesetzt hat. Auch hier gilt es zunächst eine neutrale Beratung (z.B. bei C.A.R.M.E.N. e.V.) zu suchen. Mischbettfilter können empfindlich auf hohe Durchflussraten und Drücke reagieren. Wenn diese Parameter die technischen Grenzen des Herstellers überschreiten, kann es zu Kanalbildung

(ungleichmäßigem Fluss durch das Harz) kommen, was dessen Effizienz verringert. Die Wartung von Mischbettfiltern erfordert eine sorgfältige Überwachung, regelmäßige Regeneration und den Austausch von verbrauchtem Harz. Dies kann arbeitsintensiv sein und ist möglicherweise nicht für alle geschlossenen Systeme geeignet. Die Kosten für Mischbettharz und die damit verbundenen Regenerationsprozesse können erheblich sein. Es muss abgewogen werden, ob die Vorteile der Verwendung von Mischbettharz in einem geschlossenen Wasserkreislauf die Kosten rechtfertigen, insbesondere für Anwendungen mit geringem Bedarf. Mischbettharz ist am effektivsten, wenn das Speisewasser vorbehandelt wird, um Partikel, Chlor und andere potenzielle Verschmutzungsstoffe zu entfernen. Wenn das Speisewasser hohe Mengen solcher Verunreinigungen enthält, können zusätzliche Vorbehandlungsprozesse erforderlich sein.

Mehrstufiges Aufbereitungsverfahren

Wurde versäumt das Heiznetzwasser regelmäßig zu kontrollieren oder sind bereits bei der Planung und Erstbefüllung des geschlossenen Kreises grobe Fehler unterlaufen, potenzieren sich grobe Verunreinigungen. Abrasiver Schlamm zirkuliert im Heizkreislauf. Heizkessel, Heizkörper und Leitungen verkrusten, Pumpen und Ventile setzen sich allmählich zu. Die zunehmende Verschlammung ist Ursache für weitreichende Störungen im gesamten Heizsystem. Das Vorhandensein von Kalk kann zu erheblichen Schäden führen, da Kalkablagerungen an wasserführenden Bauteilen einen verringerten Wirkungsgrad sowie Spannungsrisse zur Folge haben. Die Kalkablagerungen, die bei der Erwärmung von hartem Wasser entstehen, behindern durch ihre isolierende Wirkung den Wärmeübergang und senken damit die Energieeffizienz. Da in den meisten Fällen für geschlossene Systeme keine festinstallierte mehrstufige Aufbereitung wirtschaftlich sinnvoll und mit erheblichem Wartungsaufwand verbunden ist,

sollten spezialisierte Dienstleister hinzugezogen werden. Neben einer ausführlichen Systembegehung sollte das Wasser von einem akkreditierten Labor untersucht werden. Nebst intensiver Ursachenforschung ist in den meisten Fällen ein mehrstufiges Aufbereitungsverfahren notwendig damit das Heiznetzwasser wieder den Qualitätsanforderungen der VDI 2035 entspricht.

Wichtigste Voraussetzung hierfür ist, dass sich das komplette Heiznetz in Zirkulation befindet. Insbesondere größere Netze mit schweren, multiplen Verunreinigungen bedürfen einer gleichzeitigen Behandlung aller Negativfaktoren. Da eine Aufbereitung unter diesen Gegebenheiten mehrere Wochen in Anspruch nehmen kann, sollte das Aufbereitungsverfahren sowohl automatisiert als auch Fernüberwacht werden, um Betriebsstörungen zu vermeiden.

Am Beispiel der e3 Energieanlagen GmbH wird exemplarisch ein mehrstufiges Aufbereitungsverfahren beschrieben:

Die Wasseraufbereitung kann mit einem mobilen Aufbereitungssystem durchgeführt werden, welches temporär an das betroffene Netz

angeschlossen wird. Das verschmutzte Heiznetzwasser wird gefiltert, enthärtet, enteist, mittels Membrantechnik entsalzt, entkeimt, in den richtigen pH-Wert-Bereich alkalisiert und anschließend dem Kreislauf wieder zugeführt. Während der Aufbereitung gibt es keine Betriebsunterbrechung des Kreislaufs. Das Aufbereitungsverfahren löst und entfernt bestehende Verschlämmungen, Kalkablagerungen, Rost und Verunreinigungen, sodass die Wasserqualität im Anschluss das angestrebte Qualitätsniveau aufweist. Die Dauer der Aufbereitung hängt im Wesentlichen vom Netzvolumen und dessen Verunreinigung bei Beginn der Aufbereitung ab.

Bei starken Verunreinigungen durch fest anhaftende Korrosionsprodukte und Kalkablagerungen kann es vorkommen, dass sich nach der Aufbereitung weiterhin bestehende Ablagerungen durch das entsalzte Wasser lösen. Diese sogenannte Rücklösung ist ein gewünschter Effekt und als positiv zu bewerten, da sich durch diese Rücklösungen Beläge weiter minimieren und sich entstandene Wirkungsgradeinbußen verbessern. Je nach Menge und Form der Ablagerungen kann eine erneute Aufbereitung notwendig werden.

Tab. 2: Beispielhaft nachfolgend eine Darstellung der Wasserwerte eines 220 m³ Heiznetzes vor und nach einer Aufbereitung mittels einer mobilen Aufbereitungsanlage für Kühl- und Heizwasser (HNRS®) (Quelle: e3 Energieanlagen GmbH)

Parameter	Messwert <u>vor</u> HNRS	Messwert <u>nach</u> HNRS	Richtwerte VDI2035 (AGFW FW 510) <u>salzärmer</u> Betrieb	Dimension	Veränderungs- faktor
Aussehen	gelblich	farblos, klar	klar, frei von suspendierten Stoffen	-	-
Bodensatz	wenig	ohne	frei von sedimentierbaren Stoffen	-	-
pH-Wert bei 25 °C	7,7	9,6	8,2 - 10,0 *	-	1,2
El. Leitfähigkeit 25°C	323	48	> 10 µS/cm bis < 100 µS/cm	µS/cm	6,7
Summe Erdalkalien	0,84	0,04	< 0,05 (< 0,02)	mmol/l	23,5
Gesamthärte	4,7	0,2	< 0,3 (< 0,1)	°dH	23,5
Säurekapazität (4,3)	2,68	0,36	-	mmol/l	7,4
Säurekapazität (8,2)	0,2	0,1	-	mmol/l	2,2
Eisen, gesamt	3,78	< 0,1	(< 0,1)	mg/l	37,8
Eisen, gelöst	0,21	< 0,1	(< 0,1)	mg/l	2,1
Chlorid	22,90	< 5	-	mg/l	4,6
Sulfat + Nitrat	< 5	< 5	-	mg/l	1,0
Phosphat gesamt	0,43	5,60	-	mg/l	13,1

* im Bedarfsfall wird der Untersuchungsumfang um weitere Parameter wie bspw. Aluminium, Kupfer, Molybdän, etc. angepasst.

Füllwasser-Aufbereitung (Nachspeisung):

Wie bereits in Kapitel 4 „Checkliste zur Erstbefüllung“ beschrieben, sollte das Füllwasser mindestens enthärtet, besser vollentsalzt werden. Oft findet keine bzw. nur eine unzureichende Wartung dieser Anlagen (wenn vorhanden) statt. Fehlt dem Betreiber das nötige Personal oder das nötige Fachwissen, um die Wartung der Anlagentechnik selbst durchzuführen, ist mit dem Anlagenkauf auch eine regelmäßige Wartung (mindestens jährlich) beim Anlagenhersteller oder dessen Vertriebspartnern abzustimmen.

Allgemeine Hinweise:

Einer zeitgesteuerten Einzelenthärtungsanlage sind generell mengengesteuerte Doppelenthärtungsanlagen vorzuziehen. Mischbettharzpatronen sind über eine Leitfähigkeitssonde zu überwachen und ggfls. durch eine nachgeschaltete „Polizeimischbettharzpatrone“ abzusichern. Je nach Anlage ist zu beachten: Da in der Regel nur wenig Wasser nachgespeist werden muss, sind regelmäßige Spülzyklen (≤ 72 h) in den jeweiligen Anlagensteuerungen zu hinterlegen. Dies gilt im Besonderen bei Umkehrosmoseanlagen da es sonst zu Scaling/Fouling der Membranen kommt.

6. Anlagenbuch: Dokumentation von Erstbefüllung und Nachspeisung

Zur genauen Dokumentation der Erstbefüllung, Inbetriebnahme und des im Laufe der Zeit nachgespeisten Ergänzungswassers wird die Führung eines Anlagenbuches nach den Vorgaben der VDI 2035 empfohlen. Dieses sollte - zusammen mit den Ergebnissen der regelmäßigen Wasseruntersuchungen - sorgfältig aufbewahrt werden, um bei Schadensfällen das eigene korrekte Handeln nachweisen zu können. **Eine automatische Nachspeisung ist komfortabel, birgt jedoch das Risiko, dass Leckagen nicht erkannt werden.** Es empfiehlt sich daher der Einsatz von Wasserzählern mit Alarmfunktion.

The image shows a detailed form for documenting water treatment plant operations. It includes sections for planning data (e.g., number of membranes, flow rates), operating data (e.g., start date, flow rate, pressure), and a table for recording daily or periodic measurements. The form is branded with 'BERKEFELD Wasseraufbereitung'.

Abb. 2: Anlagenbuch (Quelle: Veolia Berkefeld)

7. Ist-Analyse und Probeentnahmekühler

Wie bereits angeführt, sind regelmäßige Kontrollen des Umlaufwassers oft Bestandteil von Gewährleistungszusagen. **Sollten bisher keine Wasseranalysen durchgeführt worden sein, so ist es ratsam, möglichst bald eine erste Ist-Analyse zu veranlassen**, um einen Einblick in die vorhandene Wasserqualität zu bekommen. Um aber bei einem bestehenden Heizsystem überhaupt gefahrlos und repräsentativ eine Wasserprobe entnehmen und untersuchen zu können, bedarf es der Installation eines sog. Probeentnahmekühlers. In diesem wird im Durchlaufverfahren mit kaltem Leitungswasser das aus dem Heizkreislauf gezogene heiße Was-

ser soweit heruntergekühlt, dass keine Verbrü- hungsgefahr für das Betriebspersonal besteht. Außerdem kann nur so – direkt im frei auslau- fenden Wasserstrahl – der Sauerstoffgehalt be- stimmt werden, ohne diesen durch Reaktion des Heizungswassers an der Atmosphäre zu ver- fälschen. Bei vorhandenen Systemtrennern (z.B. durch einen Plattenwärmetauscher) ist je Kreis- lauf ein eigener Probeentnahmekühler (oder die Anschlussmöglichkeit für einen mobilen Kühler) notwendig.

8. Rohrmaterial in Heizungsanlagen und Wärmenetzen

In Heizungsanlagen und Wärmenetzen werden vielfältige Materialien eingesetzt. Während z.B. Stahlrohre in jedem Fall dicht gegen Sauerstoffeintrag von außen sind, ist dies bei Kunststoffrohren nicht immer der Fall. Bei Rohren aus Polyethylen beispielsweise ist eine spezielle Sperrschicht gegen Sauerstoffdiffusion notwendig, die nur in höherwertigerem Material vorhanden ist. Wurde jedoch - beispielsweise im Fermenter einer Biogasanlage oder in einer Fußbodenheizung älteren Baujahres - Rohrmaterial ohne diese Barriere verbaut, so kann der Sauerstoffeintrag über die Zeit die Wasserqualität erheblich verschlechtern. **Derartige Heizkreise sollten vom übrigen Heizsystem durch einen Wärmetauscher getrennt** und möglichst mit vollentsalztem Wasser zur Senkung der Korrosionsgefahr betrieben werden.

Bei Frostgefahr und Einsatz von Glykol-Wassergemisch gelten die Hinweise aus Kapitel 10.

Bezüglich der Verwendung verschiedener Rohrmaterialien wie Eisen, Kupfer, Edelstahl oder Aluminium – einzeln oder in Kombination miteinander (Mischinstallationen) – wird erneut auf die VDI-Richtlinie 2035 **Blatt 1** verwiesen. Speziell bei Verwendung von Bauteilen aus Aluminium sind besondere Anforderungen an das Heizungswasser zu beachten. **Wasserseitig verzinkte Rohrleitungen sind generell für Heizungsanlagen ungeeignet.**

Speziell für die Errichtung und den Betrieb von Biogasanlagen gibt auch der Leitfaden „Korrosion metallischer Werkstoffe in Biogasanlagen“ weitere wertvolle Hinweise⁴.

9. Entgasung und Sauerstoff-Entfernung

Für die Entfernung des im Wasser natürlich vorhandenen Anteils gelöster Gase (O₂, N₂ und CO₂) haben sich die thermische Entgasung (Erstaufheizung und Entlüftung) und die Vakuumentgasung (Druckstufenentgasung) bewährt.

In geschlossenen Kreisläufen ist zur Sauerstoffbindung der Einsatz von Opferanoden geeignet.

Der dabei entstehende Magnesiumoxid-

schlamm muss dann jedoch auf geeignete Weise abgeführt werden.

Eine Sauerstoffeliminierung durch den Zusatz von Sauerstoffbindemitteln sollte nur nach ausgiebiger Ursachenforschung erwogen werden (siehe Kapitel 5).

⁴ **Bezugsquelle:** Leitfaden Korrosion metallischer Werkstoffe in Biogasanlagen, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR), Download: http://www.ifl.bayern.de/mam/cms07/ilt/dateien/leitfaden_korrosion_metallischer_werkstoffe_in_biogasanlagen.pdf

10. Heizkreisläufe mit Glykol-Wasser-Gemisch

Teile von Biogasanlagen, Solarthermieranlagen und deren erdverlegte Anbindeleitungen an weiter entfernte Wärmenetze werden zur Vorbeugung von Frostschäden bei Anlagenstillstand oft mit Glykol-Wasser-Gemischen befüllt. Diese müssen entsprechend den Herstellervorgaben immer wieder ausgetauscht werden, weil die Lösungen sich durch Reaktion mit Luftsauerstoff (siehe Kapitel 7) oder durch hohe Temperaturen nach und nach zersetzen bzw. zu Glykolsäure umsetzen können. Die Folge ist ein starker Abfall des pH-Wertes und damit eine erhöhte Wahrscheinlichkeit für Korrosion.

Um Korrosionsschäden zu vermeiden, sollten die empfohlenen Wechselintervalle immer eingehalten und bei Wartungen zusätzlich zum Frostschutzgehalt auch der pH-Wert überprüft und dokumentiert werden.

Hinweis zur Entsorgung von Glykol-Wasser-Gemischen und Heizungswasser:

Glykol-Wasser-Gemische können aufgrund der guten biologischen Abbaubarkeit meist direkt über die örtliche Kläranlage entsorgt werden. Hierzu sind unbedingt der Betreiber der Kläranlage und ggf. die zuständige Wasserbehörde zuvor mit Hilfe des Sicherheitsdatenblattes des verwendeten Frostschutzmittels über den ge-

planten Vorgang in Kenntnis zu setzen. Weitere Informationen zur Ableitung von Heizungswasser in ein öffentliches Entwässerungssystem finden sich im AGFW-Arbeitsblatt FW 510.

Generell ist beim Umgang mit Glykol-Wasser-Gemischen auch die Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV) in der jeweils aktuellen Version zu beachten⁵. Speziell sei hier darauf verwiesen, dass die sinngemäße Anwendung des § 35 „Besondere Anforderungen an Erdwärmesonden und –kollektoren, Solarkollektoren und Kälteanlagen“ der AwSV 2017 bei Nahwärmenetzen nur auf Rohrleitungen anwendbar ist, die unmittelbar dem Wärmeaustausch dienen. Erdverlegte Vor- und Rücklaufleitungen mit Frostschutzmittel unterliegen dagegen den Anforderungen des § 21 Abs. 2 AwSV. Der einschlägige Beschluss des Bund-Länder-Arbeitskreises Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (BLAK UmwS) findet sich in der FAQ zu § 35 Abs. 2 AwSV auf der Seite <https://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/betrieblicher-umweltschutz/umgang-mit-wassergefaehrdenden-stoffen> der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg.

⁵ Bezugsquelle: https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBl&jumpTo=bgbl117s0905.pdf#_bgbl_%2F%2F*%5B%40attr_id%3D%27bgbl117s0905.pdf%27%5D_1500632152526

11. Anhang

Inhalt VDI-Richtlinie VDI 2035 Blatt 1 (März 2021): Vermeidung von Schäden in Warmwasser-Heizungsanlagen – Steinbildung und wasserseitige Korrosion (Auszug)

Anwendungsbereich

Normative Verweise

Begriffe

Allgemeine Grundsätze

Steinbildung

Wasserseitige Korrosion

Grundlagen

Relevante Korrosionsarten und Korrosionsschäden

Korrosionsursachen und Einflussfaktoren

Korrosionsschäden

Richtwerte und Empfehlungen

Maßnahmen

Sachgerechte Planung und Installation

Inbetriebnahme, Betrieb und Instandhaltung

Wasseraufbereitung

Wasserbehandlung

Druckhaltung

Erforderliche Angaben in einem Anlagenbuch

Empfehlungen für Bestandsanlagen

Anhang A: Entscheidungshilfe für den Planungsprozess

Anhang B: Beispiel für Angaben in einem Anlagenbuch gemäß VDI 2035 Blatt 1

Anhang C: Wasseranalyse nach DIN 50930-6

Anhang D: Wasserchemische Berechnungen

Anhang E: Beispiel für die Ermittlung eines Anforderungswerts „Summe Erdalkalien“ aus der

linearen Interpolation zwischen den Maximalleistungen der Leistungsklassen gemäß Tabelle 1 in Abschnitt 7

Anhang F: Steinbildung – Grundlagen und Beispiele für die Berechnung von Sonderfällen

Anhang G: Löslichkeitsgrenzen nach Henry

Inhalt: Arbeitsblatt AGFW FW 510 - Anforderungen an das Kreislaufwasser von Industrie- und Fernwärmeheizungsanlagen sowie Hinweise für deren Betrieb

Das Arbeitsblatt benennt die Mindestanforderungen an die Beschaffenheit des Kreislaufwassers und Ergänzungswassers in Fernwärmeheizungsanlagen. Darüber hinaus gibt es Hinweise für Planung, Konstruktion und Betrieb. Ziel des Arbeitsblattes ist es, das Risiko von Schäden durch wasserchemisch bedingte Störungen, wie z. B. Steinbildung und Korrosion, zu minimieren und die Betriebssicherheit und Verfügbarkeit der Anlagen zu gewährleisten.

Zitiervorlage: Alter, N. (2017): Hinweise zur Wasserqualität in Heizungssystemen und Wärmenetzen. In: Biogas Forum Bayern, bif48, Hrsg. ALB Bayern e.V., LINK, Stand [Abrufdatum].