

AGFW-Regelwerk

Arbeitsblatt FW 510

Anforderungen an das Kreislaufwasser von Industrie- und Fernwärmeheizanlagen sowie Hinweise für deren Betrieb

Requirements for circulation water in industrial and district heating systems
and recommendations for their operation

November 2003

Verkaufspreis der Druckfassung: EUR 25,00 zzgl. MwSt. – für AGFW-Mitglieder
EUR 50,00 zzgl. MwSt. – für Nichtmitglieder

© AGFW, Frankfurt am Main

Herausgeber: Arbeitsgemeinschaft für Wärme und Heizkraftwirtschaft - AGFW - e. V. bei dem VDEW
Stresemannallee 28
D-60596 Frankfurt am Main
Telefon (069) 6304-1
Telefax (069) 6304-391
E-Mail info@agfw.de
Internet www.agfw.de

Jede Art der Vervielfältigung, auch auszugsweise, ist nur mit Genehmigung der AGFW gestattet.

Vertrieb: AGFW-Projektgesellschaft für Rationalisierung, Information und Standardisierung mbH,
Stresemannallee 28, 60596 Frankfurt am Main

Vorbemerkung

Dieses Arbeitsblatt wurde gemeinsam von Arbeitskreisen der AGFW und dem VdTÜV (Verband der Technischen Überwachungsvereine e.V.) erarbeitet. Der VdTÜV beabsichtigt dieses Arbeitsblatt in seinem Regelwerk unter gleichem Titel mit der Bezeichnung TCh 1466 zu führen.

Dieses Arbeitsblatt ersetzt die bisher gültigen Regelwerksbausteine FW 510/TCh 1466 und FW 511/TCh 1468.

Das vorliegende Arbeitsblatt benennt die Anforderungen an die Beschaffenheit des Kreislaufwassers in Fernwärmeheizanlagen. 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.

Von diesem Arbeitsblatt kann nach sachkundigem Ermessen abgewichen werden, wenn ein sicherheitstechnisch unbedenklicher Betrieb der Fernwärmeheizanlagen auf andere Weise gewährleistet ist.

Inhaltsverzeichnis:

Seite

1	Geltungsbereich	5	6.3	Betriebsweise mit salzhaltigem Kreislaufwasser	14
2	Begriffe	5	6.4	Betriebstechnische Aspekte	15
2.1	Allgemeines	5	6.4.1	Allgemeines	15
2.2	Wasserarten	6	6.4.2	Füll- und Ergänzungswasser	15
2.3	Einheiten	6	6.4.3	Unterdruck	16
2.4	Messgrößen	6	6.4.4	Besondere Betriebszustände	16
3	Abkürzungen	7	6.4.5	Direkte Beheizung	17
4	Wasserbeschaffenheit	7	6.4.6	Indirekte Beheizung	17
4.1	Allgemeines	7	6.4.7	Partialverdampfung	17
4.2	Wirkungen der Wasserinhaltsstoffe ..	8	6.5	Konditionierung	17
4.2.1	Gase	8	6.5.1	Allgemeines	17
4.2.2	Wasserunlösliche Stoffe	9	6.5.2	Anhebung des pH-Wertes	18
4.2.3	Wasserlösliche Stoffe	9	6.5.3	Härte-Stabilisierung	19
4.2.4	Öle/Fette	9	6.5.4	Sauerstoffeliminierung	19
5	Anlagentechnik	9	6.5.5	Korrosionsinhibitoren	20
5.1	Anlagenkonzeption	9	6.5.6	Markierung des Kreislaufwassers ..	20
5.1.1	Allgemeines	9	6.5.7	Frostschutzmittel	21
5.1.2	Werkstoffe	9	6.6	Betriebsüberwachung	21
5.1.3	Druckhaltung und Wasser- bevorratung	10	6.6.1	Allgemeines	21
5.2	Wasseraufbereitungstechnik	11	6.6.2	Beurteilungsparameter	21
5.2.1	Allgemeines	11	6.6.3	Messhäufigkeit	23
5.2.2	Filtration	11	6.6.4	Dosierung der Konditionierungs- mittel	24
5.2.3	Entsalzung	12	6.6.5	Probenahme	25
5.2.4	Enthärtung	12	6.6.6	Messverfahren	26
5.2.5	Entgasung	12	7	Hygienische, toxikologische und umweltrelevante Gesichtspunkte	28
5.2.6	Katalytische und elektrochemische Sauerstoffeliminierung	12	7.1	Hygienische und toxikologische Gesichtspunkte	28
6	Betriebstechnik	13	7.2	Umweltrelevante Gesichtspunkte ...	28
6.1	Richtwerte für das Kreislaufwasser	13	8	Anhang: Vorschriften und technische Regeln	30
6.2	Betriebsweise mit salzarmem Kreislaufwasser	14			

1 Geltungsbereich

Dieses Arbeitsblatt gilt für industrielle Wärmeversorgung und Fernwärmeversorgung mit Heißwasserheizanlagen (Vorlauftemperatur >100 °C). Es gilt auch für Warmwasserheizanlagen (Vorlauftemperatur ≤100 °C) im Verbund mit Fernwärmenetzen. Die vorgenannten Versorgungsvarianten werden im Sinne dieses Arbeitsblattes kurz "Fernwärmeheizanlagen" genannt.

Dieses Arbeitsblatt gilt uneingeschränkt für neue Anlagen. Für bestehende Fernwärmeheizanlagen wird die Anwendung dieses Arbeitsblattes empfohlen, um durch wasserchemisch bedingte Störungen die Betriebssicherheit und Verfügbarkeit der Anlagen nicht zu beeinträchtigen.

2 Begriffe

siehe auch VDI 2035 Blatt 2 und für Begriffe der Korrosion DIN 50900 Teil 1 bis 3

2.1 Allgemeines

Fernwärme:

Fernwärme ist nach AVBFernwärmeV Wärme beliebiger Herkunft, die mit Hilfe eines Trägermediums (meistens Heizwasser oder Dampf) gewerblich aufgrund eines Vertrages gegen Entgelt geliefert wird und mit deren Lieferung keine eigenen mietrechtlichen Nebenverpflichtungen erfüllt werden.

Der Begriff Nahwärme ist im Rechtssinne gleichzusetzen mit Fernwärme.

Heiß-/Warmwasserheizanlage:

Eine Heiß-/Warmwassererzeugungsanlage in Verbindung mit einem Nah- oder Fernwärmenetz (Kurz: Fernwärmeheizanlage).

Wasseraufbereitung:

Maßnahme zur Entfernung von Feststoffpartikeln, wasserlöslichen Stoffen (Salze) und Gasen aus dem Füll-, Ergänzungs- oder Kreislaufwasser.

Primärnetz:

Fernwärmenetz mit indirektem (Wärmeübertrager) bzw. direktem Anschluss an den Wärmeerzeuger.

Sekundärnetz:

Vom Primärnetz durch eine Unterstation (s. DIN 4747-1) getrenntes Fernwärmenetz, das mit anderen Systemparametern als das Primärnetz betrieben wird.

Tertiärnetz:

Kundenseitige Hausanlage

Zwischenmedium-Wärmeübertrager

Wärmeübertrager mit einem Sicherungssystem für die indirekte Beheizung von Trinkwasser, bei denen die Heizungsseite und die Trinkwasserseite durch zwei Wandungen und ein dazwischen liegendes Medium voneinander getrennt sind.

Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht

Wird kalkhaltiges Wasser erwärmt, so nimmt mit steigender Temperatur die Konzentration an gebundener Kohlensäure (Calciumhydrogencarbonat) ab und das sogenannte Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht verschiebt sich von der Seite des Calciumhydrogencarbonats (löslicher Kalk, $K_L = 850 \text{ mg/L}$) durch das entweichende Kohlenstoffdioxid auf die Seite des Calciumcarbonats (schwer löslicher Kalk, $K_L = 14 \text{ mg/L}$):



Wasserstein:

Konglomerat aus schwer löslichen Erdalkalisalzen, das bei Wassertemperaturen << 100°C entsteht, in der Hauptsache CaCO_3 und MgCO_3

Kesselstein:

Konglomerat aus schwer löslichen Erdalkalisalzen, in Hauptsache: CaCO_3 , MgCO_3 , CaSO_4 und CaSiO_3 . Sie entstehen einerseits durch Wärmeumwandlung der im Wasser gelösten Erdalkalisalze (Carbonathärte) oder durch Überschreiten des ebenfalls tempe-



raturabhängigen Löslichkeitsproduktes. Lösliche Erdalkalisalze sind als Härtebildner oder Neutralsalze im Trinkwasser vorhanden.

Wärmeträger nach Klasse 4 nach DIN EN 1717:

Wärmeträger, der giftige, sehr giftige, krebserzeugende oder radioaktive Substanzen enthält.

2.2 Wasserarten

Rohwasser:

Das vor der Aufbereitungsanlage zur Verfügung stehende Wasser, unabhängig von einer eventuellen vorhergehenden außerbetrieblichen Behandlung.

Weichwasser:

Durch Ionenaustausch von Erdalkalien befreites (enthärtetes) Wasser.

Entsalztes Wasser:

Durch Ionenaustausch von dissoziierten wasserlöslichen Stoffen weitgehend befreites Wasser, gekennzeichnet durch eine elektrische Leitfähigkeit $< 20 \mu\text{S}/\text{cm}$ und einen Kieselsäuregehalt $< 0,5 \text{ mg}/\text{L}$.

Vollentsalztes Wasser:

Durch Ionenaustausch von dissoziierten wasserlöslichen Stoffen befreites Wasser (auch bezeichnet als Deionat oder salzfreies Wasser), gekennzeichnet durch eine elektrische Leitfähigkeit $< 0,2 \mu\text{S}/\text{cm}$ und einen Kieselsäuregehalt $< 0,02 \text{ mg}/\text{L SiO}_2$.

Füllwasser:

Aufbereitetes Wasser, mit dem die Erst-, Neu- oder Teilfüllung von Fernwärmeheizanlagen erfolgt.

Ergänzungswasser:

Aufbereitetes Wasser, mit dem temperaturbedingte Volumenänderungen sowie die Verdunstungs- und Leckwasserverluste ausgeglichen werden.

Kreislaufwasser:

Wasser, das in Fernwärmeheizanlagen durch den Wärmeerzeuger/Wärmeübertrager, das Rohrnetz und ggf. durch Heizkörper oder Wärmeübergabestationen fließt. Der Begriff gilt nicht nur für Primärnetze, sondern auch für Wasser in einem Sekundärnetz.

2.3 Einheiten

Nach dem "Gesetz über Einheiten im Messwesen" gelten nachstehende wasserchemische Begriffe und Einheiten: Die Konzentration der im Wasser enthaltenen Stoffe wird in diesem Arbeitsblatt in mmol/L bzw. mg/L angegeben.

2.4 Messgrößen

pH-Wert:

Der pH-Wert ist eine Maßzahl für die saure, neutrale oder alkalische Reaktion des Wassers. Bezogen auf die Temperatur von 25°C gilt die pH-Skala von 0 bis 14. Wasser ist sauer bei $\text{pH} < 7$, neutral bei $\text{pH} = 7$, alkalisch bei $\text{pH} > 7$.

elektrische Leitfähigkeit:

Die Bestimmung des Salzgehaltes erfolgt in der Regel durch Messung der elektrischen Leitfähigkeit, in die alle dissoziierten Bestandteile des zu untersuchenden Mediums eingehen, d. h. Basen, Säuren und Salze. In der Wasserchemie wird die Leitfähigkeit auf eine Temperatur von 25°C bezogen und in der Einheit $\mu\text{S}/\text{cm}$ gemessen.

Wasserhärte:

Die früheren Einheiten für die Konzentration an Erdalkalien ($^\circ\text{d}$ und mval/L) wurden durch mmol/L , mol/m^3 und mg/L ersetzt. Für die Umrechnung der Einheiten gilt:

$$1 \text{ mmol}/\text{L} \hat{=} 1 \text{ mol}/\text{m}^3 \hat{=} 2 \text{ mval}/\text{L} \hat{=} 5,6 \text{ }^\circ\text{d} \hat{=} 56 \text{ mg CaO}/\text{L}$$

Berechnungsbeispiel für die Umrechnung der früheren Einheiten:

$$11,2 \text{ }^\circ\text{d} : 5,6 = 2,0 \text{ mmol}/\text{L}$$

$$3,4 \text{ mval}/\text{L} : 2 = 1,7 \text{ mmol}/\text{L}$$

Im Gegensatz zu den vom Begriff "Härte" abgeleiteten Konzentrationsangaben sind technische Ausdrücke wie "Enthärtung" und "enthärtetes Wasser" weiter gebräuchlich.

3 Abkürzungen

chemische Begriffe:

Al	= Aluminium	N ₂	= Stickstoff
Ca ²⁺	= Calciumion	NaCl	= Natriumchlorid (Kochsalz)
CaCO ₃	= Calciumcarbonat	NaHCO ₃	= Natriumhydrogencarbonat
CaSiO ₃	= Calciumsilikat	NaOH	= Natriumhydroxid (Natronlauge)
CaSO ₄	= Calciumsulfat	Na ₃ PO ₄	= Trinatriumphosphat
Cl ⁻	= Chloridion	Na ₂ SO ₃	= Natriumsulfit
CO ₂	= Kohlenstoffdioxid	Na ₂ SO ₄	= Natriumsulfat
Cu ⁺ / Cu ²⁺	= Kupfer-(I)-Ion / Kupfer-(II)-Ion	NTA	= Nitrolotriacetat
EDTA	= Ethylendinitrilotetraessigsäure oder Ethylendiamintetraacetat	O ₂	= Sauerstoff
Fe	= Eisen	PO ₄ ³⁻	= Phosphat
K _{s 4,3}	= Säurekapazität bis pH= 4,3	S ²⁻	= Sulfidion
K _{s 8,2}	= Säurekapazität bis pH = 8,2	SO ₃ ²⁻	= Sulfition
Mg	= Magnesium	SO ₄ ²⁻	= Sulfation
MgCO ₃	= Magnesiumcarbonat	Zn ²⁺	= Zinkion

technische Begriffe:

AG	= Ausdehnungsgefäß
MAG	= Membran-Ausdehnungsgefäß
MID	= Magnetisch induktive Durchflussmessung
DDR	= Differenzdruckregler
DOC	= wasserlöslicher organischer Kohlenstoff (d issolved o rganic c arbon)
TOC	= gesamter organischer Kohlenstoff (t otal o rganic c arbon)

4 Wasserbeschaffenheit

4.1 Allgemeines

Rohwasser kann unlösliche und vor allem lösliche Feststoffe sowie Gase enthalten.

Unlösliche Feststoffe sind in Oberflächenwasser häufig, in Grundwasser selten und in Wasser aus öffentlichen Versorgungsanlagen üblicherweise nur in Spuren enthalten.

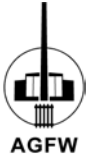
Lösliche Feststoffe sind im Rohwasser in Form von anorganischen Salzen (insbesondere Calcium-, Magnesium- und Natriumsalze) und organischen Substanzen enthalten. Bei den löslichen Gasen handelt es sich vor allem um

Sauerstoff, Stickstoff aus der Luft und Kohlenstoffdioxid.

In Fernwärmeheizanlagen können diese Wasserinhaltsstoffe zu Störungen führen und müssen entfernt oder in ihrer Wirkung eingeschränkt werden.

Die Verwendung von ungenügend aufbereitetem Füll- und Ergänzungswasser oder das Eindringen von Fremdwasser und/oder Luft von außen in Fernwärmeheizanlagen kann zu Betriebsstörungen durch Ablagerungen und Korrosion führen.

Bei der Beurteilung der Wirtschaftlichkeit von Schutzmaßnahmen zur Vermeidung der ver-



schiedenen Schadensarten ist zu berücksichtigen, dass beim Auftreten von Schäden u. U. erhebliche, nicht im voraus kalkulierbare Kosten auftreten können.

Unter Einhaltung der Richtwerte fördert die Alkalisierung des Wassers die Ausbildung homogener oxidischer Deckschichten mit hohem Korrosionswiderstand auf metallischen Oberflächen. Voraussetzung ist jedoch die sachgerechte Aufbereitung des Füll- und Ergänzungswassers.

Bei Betrieb von Fernwärmeheizanlagen wird, je nach Beschaffenheit des Kreislaufwassers, grundsätzlich zwischen salzärmer und salzhaltiger Betriebsweise unterschieden.

Weitere Vorgaben und Hinweise sind den Technischen Anschlussbedingungen (TAB) zu entnehmen.

4.2 Wirkungen der Wasserinhaltsstoffe

4.2.1 Gase

4.2.1.1 Allgemeines

Gase gelangen über folgende Vorgänge in das Kreislaufwasser:

- Verwendung von unentgastem Füll- und Ergänzungswasser,
- Zutritt von Luft in das System beim Auftreten von Unterdruckzuständen (z. B. ungenügende Druckhaltung),
- Einschluss von Luft bei der Erst-, Teil- oder Neubefüllung der Anlage,
- Fremdwassereinbruch,
- Diffusion über permeable Bauteile (z. B. Membranen, Kunststoffrohre, Dichtungen).

4.2.1.2 Sauerstoff

Sauerstoff (O_2) verursacht in salzhaltigem Wasser Korrosionserscheinungen an unlegierten und niedriglegierten Eisenwerkstoffen. Der Sauerstoffeintritt ist deshalb, so weit wie mit technisch vertretbarem Aufwand möglich, zu verhindern.

Unmittelbar korrosionsbedingte Schäden können in erster Linie in Form von Wanddurchbrüchen an Wärmeerzeugern, Rohrleitungen und Heizkörpern aus unlegierten bzw. niedriglegierten Eisenwerkstoffen auftreten. Als mittelbare korrosionsbedingte Funktionsbeeinträchtigung ist unter anderem das Zusetzen von Sieben, Messeinrichtungen und Filtern durch Korrosionsprodukte anzusehen.

4.2.1.3 Stickstoff

Stickstoff (N_2) ist ein Inertgas und bereitet als Wasserinhaltsstoff nur dann Probleme, wenn so hohe Stickstoffgehalte vorliegen, dass es in der Anlage zur Bildung freier Stickstoffanteile (Gasblasen) kommt. Gasblasenbildung kann auftreten, da mit steigender Temperatur und abnehmendem Druck die Gaslöslichkeit abnimmt. Zirkulationsstörungen, störende Geräuschentwicklung und Erosion an Schutzschichten (Erosionskorrosion) sind als Folge zu nennen.

Erfahrungsgemäß sind bei Stickstoffgehalten ≤ 10 mg N_2 pro Liter Wasser bei mindestens 0,5 bar Überdruck (am Hochpunkt der Anlage) keine Betriebsstörungen durch Stickstoffblasen zu erwarten.

4.2.1.4 Kohlenstoffdioxid

Bei Vorliegen eines nicht ausreichend alkalierten Kreislaufwassers beeinflusst die Menge des im Wasser löslichen Kohlenstoffdioxids (CO_2) den pH-Wert, wobei steigende Mengen an CO_2 den pH-Wert absenken. Wegen der mit abnehmendem pH-Wert steigenden Löslichkeit von Eisen(2)-Hydroxid können abgelagerte Korrosionsprodukte durch Wasser mit relativ niedrigem pH-Wert (< 8) teilweise aufgelöst werden. Die erhöhte Konzentration an Eisen(2)-Ionen kann zu einer verstärkten Bildung von Magnetit (Fe_3O_4) in Form von harten, schwarzen Belägen an der heißen Wand von Wärmeübertragungsflächen führen.

Dadurch wird der Wärmedurchgangswiderstand erhöht und somit die thermische Leis-

tung verschlechtert. In besonders kritischen Fällen kann es zu Überhitzungserscheinungen mit der Folge von Rissbildung kommen.

4.2.2 Wasserunlösliche Stoffe

Unlösliche Feststoffe bewirken Ablagerungen und Verstopfungen und müssen mit geeigneten Techniken aus dem Rohwasser entfernt werden. Erläuterungen zu diesen Techniken sind nicht Gegenstand dieses Arbeitsblattes.

4.2.3 Wasserlösliche Stoffe

4.2.3.1 Härtebildner (Erdalkalien)

Bei Verwendung von nicht enthärtetem Füllwasser führen vor allem die im Wasser enthaltenen Erdalkali-Ionen in Verbindung mit den Hydrogencarbonat-Ionen zur Bildung von harten, überwiegend calciumcarbonathaltigen Belägen (Kesselstein, Wasserstein). Dadurch wird der Wärmedurchgangswiderstand erhöht und somit die thermische Leistung verschlechtert. In besonders kritischen Fällen kann es zu Überhitzungserscheinungen mit der Folge von Rissbildung an Wärmeerzeugern kommen.

4.2.3.2 Anionen

Von den Anionen der wasserlöslichen Stoffe begünstigen insbesondere Chloride und Sulfate bei Anwesenheit von Sauerstoff örtliche Korrosion (z. B. Spaltkorrosion) bei unlegierten Eisenwerkstoffen.

Unter bestimmten kritischen Bedingungen (z. B. Aufkonzentration unter Belägen oder in Spalten) können Chlorid-Ionen an nichtrostenden Stählen zu Loch- und Spannungsrisskorrosion führen. Auch bei Aluminiumwerkstoffen können Chloride Korrosion verursachen.

4.2.3.3 Organische Substanzen

Unlösliche und lösliche organische Substanzen, analytisch bestimmt als TOC oder DOC, können, sowohl die Wasseraufbereitungstechniken

beeinträchtigen, als auch mikrobiologische Reaktionen im Kreislaufwasser begünstigen.

4.2.4 Öle/Fette

Der Eintrag von Ölen oder Fetten in das Kreislaufwasser, beispielsweise durch Betriebsmitteleinbrüche oder mit temporärem Korrosionsschutz und Verarbeitungshilfsmitteln behandelte Armaturen, Rohrleitungen, Heizflächen etc. verursacht, kann den Betrieb massiv beeinträchtigen. Als Film oder Belag auf beheizten Wandungen behindern Öle und Fette den Wärmeübergang und können, allein oder in Kombination mit anderen Stoffen, die Funktion von Regel- und Sicherheitseinrichtungen stören. Öle und Fette sind Nährstoffe für Mikroorganismen und können deshalb die Wahrscheinlichkeit für mikrobiologisch beeinflusste Korrosionsvorgänge erhöhen.

5 Anlagentechnik

5.1 Anlagenkonzeption

5.1.1 Allgemeines

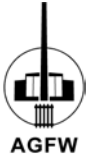
Aus korrosionstechnischen Gründen sollten Fernwärmeheizanlagen konstruktiv so gestaltet sein und betrieben werden, dass der Zutritt von Luft weitgehend vermieden und Wasserverluste minimiert werden.

Systemerweiterungen und -änderungen dürfen nur unter Berücksichtigung der vorhandenen Fernwärmeheizanlage durchgeführt werden.

5.1.2 Werkstoffe

Bei Beachtung der in Kap. 6.1 genannten Richtwerte können unlegierte Eisenwerkstoffe, nichtrostende Stähle und Kupfer, einzeln oder in Kombination, verwendet werden.

Aluminium bzw. Aluminiumlegierungen dürfen nicht im direkten Kontakt mit dem Kreislaufwasser eingesetzt werden, da es sonst zu alkaliinduzierter Korrosion kommt. Sie können in



Hausanlagen nur bei indirektem Anschluss an das Fernwärmenetz eingesetzt werden, so dass die Wasserqualität und die Konditionierungsmaßnahmen auf das aluminiumhaltige System abgestimmt werden können.

Der Einsatz von Kunststoffrohren ist aufgrund der werkstoffbedingten Temperaturbegrenzung nur eingeschränkt möglich. Darüber hinaus ist die Sauerstoffdiffusionsrate zu beachten. Es muss sichergestellt sein, dass die anderen Bauteile nicht durch Korrosionsvorgänge aufgrund von Sauerstoffzutritt geschädigt werden. Gegebenenfalls ist eine Systemtrennung vorzunehmen.

Bei Kupferwerkstoffen kann es durch Kupfersulfidbildung zur Korrosion kommen.

Bei nicht speziell wärmebehandelten Bauteilen aus Kupfer/Zink - Legierungen (Messing) ist die Möglichkeit von Schäden durch Spannungsrisskorrosion zu berücksichtigen. Voraussetzung sind mechanische Zugspannung (z. B. bei konischer Verschraubungen oder Überhanfung) und Anwesenheit von Ammonium-Ionen.

5.1.3 Druckhaltung und Wasserbevorratung

Die Druckhaltung und Wasserbevorratung haben im wesentlichen folgende drei Aufgaben:

- das erforderliche Betriebs- und Ruhedruckniveau sicherzustellen,
- durch Temperaturvariation bedingte Volumenänderungen und Druckvariationen zu kompensieren,
- betrieblich bedingte Wasserverluste zu kompensieren bzw. eine entsprechende Nachspeisung auszulösen (Wasserbevorratung).

Die richtige Auswahl und Dimensionierung, sowie die korrekte Einbindung der Druckhaltung und der Umwälzpumpen in Fernwärmeanlagen haben entscheidenden Einfluss auf den Eintrag von Gasen, insbesondere Sauerstoff und Stickstoff. Es ist darauf zu ach-

ten, dass am Hochpunkt der Anlage immer ein Überdruck sichergestellt ist (empfohlen werden 0,5 bar Überdruck).

Generell sind Eigendruckhaltung (Dampfdruckpolsterbildung durch Verdampfung im Wärmeerzeuger) und Fremddruckhaltung möglich, wobei hier nur auf die statischen und dynamischen Arten der Fremddruckhaltung eingegangen werden soll.

Das Ausdehnungsgefäß (kurz AG) ist mit Membran und ohne Membran sowie als geschlossenes oder offenes System erhältlich.

Bei der Auswahl der Druckhaltung sind folgende Punkte zu beachten:

- a) Das offene hochliegende AG ohne Membran wird heute i. a. aufgrund des möglichen Risikos eines Sauerstoffeintrages in das System nicht mehr eingesetzt. Der Sauerstoffeintrag ist besonders groß, wenn das AG von Heizwasser durchströmt wird. Bei bestehenden Anlagen sollte deshalb die Durchströmung durch geeignete technische Maßnahmen (z. B. Bypassleitung, Einbindung der Sicherheitsvorlaufleitung, Pumpenauslegung) vermieden werden.
- b) Abgesehen von dem verlangsamten Sauerstoffeintritt ist bei offenem AG mit Membran die Bildung eines systemeigenen Inertgaspolsters unterhalb der Membran vorteilhaft.
- c) Bei geschlossenem AG ohne Membran ist die Druckhaltung nur möglich, wenn ein stabiles Dampf- oder Inertgaspolster immer sichergestellt werden kann.
- d) Bei geschlossenem AG mit Membran sollte aufgrund der Gasdurchlässigkeit der Membranen aus Elastomeren - auch bei Trennung des Wasser- und Gasraumes durch Membranen - zur Füllung des Gasraumes nur Inertgas (z. B. N₂) verwendet werden.
- e) Zum Schutz von Membranen gegen hohe Temperaturbelastungen >70°C und zur Minimierung des Sauerstoffeintrages bei Volumenänderungen ist der Einsatz von Pufferbehältern (Vorschaltgefäß) zweckmäßig.

Tabelle 5.1: Übersicht Druckhalteverfahren

Art	Statische Druckhaltung					Dynamische Druckhaltung			
Ausführung	Offenes AG		Geschlossenes AG		Membran AG	Pumpen-DH		Kompressor-DH	
Gasraum/ Umgebung	Luft		Gasgemisch, i. a. Dampf		Inertgas i. a. N ₂	Gasgemisch i. a. Dampf / Luft		Luft	
Membran im Druck- bzw. AG	ohne	mit	ohne	mit	zwingend mit	ohne	mit	ohne	mit

AG = Ausdehnungsgefäß

f) Bei Pumpendruckhaltung in Verbindung mit zur Atmosphäre hin offenen Ausdehnungsgefäßen, ohne oder mit Membran, sollte die Druckdiktierpumpe zur Minimierung des Sauerstoffeintrags intermittierend betrieben werden. Unter Umständen kann es sinnvoll sein, bei offenen Ausdehnungsgefäßen eine Entgasungsanlage in die Rückspeisung des Systems einzubauen. Bei durchlaufender Pumpe sollte die Überströmleitung nicht in das offene Ausdehnungsgefäß, sondern direkt auf die Saugseite der Pumpe geführt werden.

g) Die Kompressor-Druckhaltung ist auch bei Systemen mit Membran wegen des erhöhten Sauerstoffeintrages nicht zu empfehlen.

Aus korrosionschemischer Sicht ist festzustellen, dass Ausdehnungsgefäße mit Membran, die mit Inertgas beaufschlagt sind, im Hinblick auf den Sauerstoffzutritt, die größte Sicherheit bieten. Tabelle 5.1 zeigt einen kurzen Überblick über die wesentlichen Merkmale der verschiedenen Druckhaltesysteme.

5.2 Wasseraufbereitungstechnik

5.2.1 Allgemeines

In der Fernwärmepaxis sind zwei wasserchemische Betriebsweisen üblich:

- die salzarme Betriebsweise und
- die salzhaltige Betriebsweise.

Diese werden charakterisiert durch die Richtwerte - gemäß Tabelle 6.1.

Die im folgenden beschriebenen Wasseraufbereitungstechniken können sich auf das Ergänzungswasser und/oder auf einen Teilstrom des Kreislaufwassers beziehen.

Die Qualität des Kreislaufwassers kann sich durch Fremdwassereinbruch, Gaseintrag oder Korrosionsvorgänge verschlechtern und durch den Einsatz von Konditionierungsmitteln verändern. Mit Hilfe einer Teilstromaufbereitungsanlage (Filtration, Entgasung und Ionenaustauscher) können im Bypass die suspendierten und gelösten Inhaltsstoffe entfernt werden.

Die Dimensionierung von Anlagen zur Teilstromaufbereitung des Kreislaufwassers sollte so erfolgen, dass täglich 1 bis 3 % des Kreislaufwasservolumens der Teilstromaufbereitung unterzogen werden können. Soll mit der Anlage auch die Ergänzungswassermenge aufbereitet werden, ist dies bei der Auslegung zu berücksichtigen.

5.2.2 Filtration

Beim Entfernen von wasserunlöslichen Stoffen werden zur Vermeidung von Ablagerungen oder Funktionsbeeinträchtigungen nachgeschalteter Bauteile verschiedene mechanische Verfahren eingesetzt.



Für feindisperse Stoffe können z. B.

- Kerzenfilter
- Beutelfilter
- Anschwemmkerzenfilter

verwendet werden.

Für grobe Schmutzpartikel werden Schmutzfänger/ -filter eingesetzt.

5.2.3 Entsalzung

Durch Ionenaustauscherverfahren können im Wasser gelöste Salze (Kationen und Anionen) zur Verringerung der elektrischen Leitfähigkeit entfernt werden. Hierfür werden üblicherweise stark saure Kationenaustauscher in Kombination mit stark basischen Anionenaustauschern eingesetzt.

Eine weitgehende Entsalzung kann auch mittels Membrantechnik (i. a. Umkehrosmose) erreicht werden. Unter dem Einfluss von Druck werden die ionogenen Stoffe durch semipermeable Membranen vom Wasser getrennt. Als vorgeschalteter Prozess wird zum Schutz der Membran i. a. eine Enthärtung durchgeführt.

Bei Einsatz der vorgenannten Verfahren sind im Teilstrombetrieb Temperaturgrenzen zu berücksichtigen.

5.2.4 Enthärtung

Durch Verwendung von mit Kochsalz (NaCl) regenerierbaren Kationenaustauschern, werden die Härtebildner (Calcium- und Magnesium-Ionen) gegen Natrium-Ionen ausgetauscht. Das Wasser ist somit härtefrei und kann keine Steinbildung mehr verursachen. Diese Art der Wasseraufbereitung wird üblicherweise bei der salzhaltigen Betriebsweise angewendet.

5.2.5 Entgasung

Für die Entfernung des, im Wasser natürlich vorhandenen, Anteils gelöster Gase, wie O₂,

N₂ und CO₂ haben sich in der Praxis die Verfahren der thermischen Entgasung und der Vakuumentgasung bewährt.

Unter bestimmten Voraussetzungen kann auch das Verfahren der Membrantgasung eingesetzt werden.

Atmosphärische Entgasungsverfahren entfernen im wesentlichen nur den Stickstoff. Der in Kap. 6.1 geforderte Richtwert für Sauerstoff kann mit diesem Verfahren nicht erreicht werden.

5.2.6 Katalytische und elektrochemische Sauerstoffeliminierung

Im Gegensatz zu den Verfahren der thermischen Entgasung und der Vakuumentgasung, bei denen alle im Wasser vorhandenen Gase entfernt werden, geht es bei den nachstehend beschriebenen Verfahren allein um die Entfernung des Sauerstoffs.

Das Verfahren zur katalytischen Sauerstoffeliminierung erfolgt unter Umsetzung des im Wasser vorhandenen löslichen Sauerstoffs mit dem zugesetztem Wasserstoff zu Wasser. Das Verfahren beruht auf der katalytischen Wirkung bestimmter Edelmetalle (z. B. Palladium).

Bei den elektrochemischen Verfahren der Sauerstoffeliminierung ist zwischen den ohne äußeren Strom arbeitenden galvanischen Verfahren und den mit äußerem Strom arbeitenden elektrolytischen Verfahren zu unterscheiden.

Die galvanischen Verfahren arbeiten vorzugsweise mit Anordnungen, bei denen die sonst zum kathodischen Schutz verwendeten Opferanoden aus Magnesium oder Zink metallisch leitend in einen Stahlbehälter eingebaut sind.

Die elektrolytischen Verfahren arbeiten vorzugsweise mit Anordnungen, bei denen Anoden aus Aluminium, Magnesium, Zink oder Eisen elektrisch isoliert durch die Behälterwandung geführt und mit einer Gleichspan-

nung zwischen Behälter und Anode beaufschlagt werden.

Die entstehenden Eisen-, Zink-, bzw. Magnesiumhydroxide reagieren schwach alkalisch und bewirken somit eine durchaus erwünschte Anhebung des pH-Wertes. Das bei der Elektrolyse von Aluminiumanoden entstehende Aluminiumhydroxid bewirkt die Bildung schützender Deckschichten auf Eisenwerkstoffen. Der bei der Elektrolyse entstehende Schlamm muss regelmäßig aus dem Behälter abgezogen werden.

Die Leistung eines elektrochemischen Verfahrens, die durch die Sauerstoffeliminierungsrate (vorzugsweise in der Einheit g/h) charakterisiert wird, hängt in erster Linie von der Kathodenfläche (Behältergröße) und der Verweildauer des Wassers im Behälter ab.

6 Betriebstechnik

6.1 Richtwerte für das Kreislaufwasser

Für das Kreislaufwasser gelten die in Tabelle 6.1 enthaltenen Richtwerte für einen sicheren und wirtschaftlichen Dauerbetrieb von Fernwärmeheizanlagen.

Im Anfahrzustand und im Störfall können Abweichungen von den Richtwerten auftreten. Diese Abweichungen sind zu korrigieren. Bei direkter Trinkwassererwärmung müssen die hygienischen Gesichtspunkte unter Kap. 7 beachtet werden.

Tabelle 6.1: Richtwerte für das Kreislaufwasser direkt oder indirektbeheizter Systeme¹

		salzarm		salzhaltig
elektrische Leitfähigkeit bei 25 °C	µS/cm	10 - 30	> 30 - 100	100 - 1500
Aussehen		klar, frei von suspendierten Stoffen		
pH-Wert bei 25 °C		9,0 - 10,0	9,0 - 10,5	9,0 - 10,5
Sauerstoff	mg/L	< 0,1	< 0,05	< 0,02
Härte (Erdalkalien)	mmol/L	< 0,02	< 0,02	< 0,02

Folgende Aspekte sind bei Tab. 6.1 zu beachten:

- Elektrische Leitfähigkeit: Bei geringen Leitfähigkeiten besteht die Möglichkeit von Fehlmessungen bei Durchflussmessungen nach dem MID - Prinzip. Ferner ist bei Leitfähigkeiten <20 µS/cm die Funktion von Wasserstandselektroden nicht sichergestellt.
- pH-Wert: Bei indirekt beheizten Anlagen kann von diesen Werten abgewichen werden. Näheres siehe Kap. 6.5.2.
- Aussehen: Treten unmittelbar bei der Probenahme des Kreislaufwassers Trübungen durch Gasblasen auf, ist dies ein Hinweis auf mögliche Störungen im Betrieb.

6.2 Betriebsweise mit salzarmem Kreislaufwasser

In salzarmem Wasser ist die Gefahr einer Sauerstoffkorrosion um so geringer, je niedriger die elektrische Leitfähigkeit ist. Deshalb kann im Regelfall bei salzarmer Betriebsweise eine Sauerstoffkonzentration von 0,05 bzw. 0,1 mg/L toleriert werden. Voraussetzung ist eine Begrenzung der elektrischen Leitfähigkeit auf < 100 µS/cm. Als Füll- und Ergänzungswasser ist daher nur salzarmes (entsalztes) Wasser zu verwenden.

6.3 Betriebsweise mit salzhaltigem Kreislaufwasser

Fernwärmeheizanlagen können mit salzhaltigem Kreislaufwasser betrieben werden, wenn der Zutritt von Sauerstoff weitgehend ausgeschlossen werden kann.

Sofern im Dauerbetrieb die Richtwerte für die Sauerstoffkonzentration, den pH-Wert und die elektrische Leitfähigkeit sicher eingehalten werden, kann auf den Einsatz von Sauerstoffbindemitteln und/oder Korrosionsinhibitoren verzichtet werden.

¹ gemäß TRD 612 für direkt beheizte Anlagen bindend

Eine Konditionierung mit Sauerstoffbindemitteln oder Korrosionsinhibitoren kann sinnvoll sein, um, z. B. bei Fremdwassereintrüben oder sauerstoffhaltigem Ergänzungswasser, die Korrosionswahrscheinlichkeit zu reduzieren.

Weiterhin ist auf die Einhaltung eines härtefreien Kreislaufwassers zu achten.

6.4 Betriebstechnische Aspekte

6.4.1 Allgemeines

Als wesentliche Einflussfaktoren für einen störungsfreien Betrieb haben sich in der Praxis herausgestellt:

- die konstruktive Ausführung der Druckhalteanlage einschl. Ausdehnungsbehälter und deren Einbindung in das System,
- die Dichtheit der Trinkwassererwärmer im Bereich der Kundenanlagen bei direktem Anschluss,
- die Ergänzungswassermengen zum Ausgleich von Wasserverlusten.

Folgende Einflussfaktoren, die in den nachfolgenden Unterkapiteln näher beschrieben werden, sind für den Gaseintrag (O_2 , N_2 , CO_2) in das System verantwortlich und als Störquellen im Betrieb zu überprüfen:

- Füll- und Ergänzungswasser
- Fremdwassereintruch
- Unterdruck
- In- und Außerbetriebnahme

Des weiteren werden betriebstechnische Aspekte hinsichtlich der Wirkung von Wasserinhaltsstoffen im Kreislaufwasser aus den Bereichen:

- Wärmeerzeuger
- Wärmeübertrager

aufgeführt.

6.4.2 Füll- und Ergänzungswasser

Durch nicht entgastes **Füllwasser** können erhöhte Sauerstoffgehalte im Kreislaufwasser verursacht werden bei Befüllung:

- von Neuanlagen
- nach Anlagenerweiterungen
- nach Sanierungen
- nach außergewöhnlich hohen Wasserverlusten.

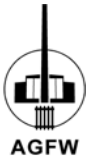
Auch das **Ergänzungswasser** kann mit Sauerstoff angereichert sein. Ergänzungswasser wird benötigt zum Ausgleich von Wasserverlusten, die durch Volumenänderung, Verdunstung, Abschlämmen oder auf Grund von Kleinleckagen in der Fernwärmeheizanlage entstehen können.

Volumenänderungen des Netzinhaltes treten aufgrund von Nachttemperaturabsenkungen und witterungsabhängigen Lastwechseln bei Änderung der Außentemperatur auf. Darüber hinaus entstehen zusätzlich Lastwechsel durch In- bzw. Außerbetriebnahme von Heizkörpern (direkter Anschluss der Kundenanlage an das Netz). Im Zusammenhang mit der Druckhaltung entstandenes, sauerstoffhaltiges Ergänzungswasser kann einen erhöhten Sauerstoffgehalt im Kreislaufwasser verursachen.

Grundsätzlich sollten die Leckageverluste so gering wie möglich gehalten werden (→ schnelle Leckageortung).

Durch defekte Wärmeübertrager zur Trinkwassererwärmung besteht die Gefahr eines **Fremdwassereintruches**, wenn örtlich der Druck des Fernwärmenetzes geringer als der des Trinkwassernetzes ist. Erkennbar wird der Fremdwassereintruch durch eine Zunahme der Härte im Kreislaufwasser. Als Folge des Härteeintrages kann es zur Bildung von Belägen auf den Wärmeübertragungsflächen kommen, die zur Verminderung der Wärmeübertragung führen.

Beim Nachspeisen größerer Volumina an Ergänzungswasser ist darauf zu achten, dass



die Richtwerte des Kreislaufwassers eingehalten bzw. nach angemessener Zeit wieder erreicht werden.

6.4.3 Unterdruck

Unterdruck tritt beispielsweise auf, wenn es aufgrund von Temperaturänderungen zu Volumenkontraktionen des Kreislaufwassers kommt und in einem geschlossenen System ungenügender Volumenausgleich stattfindet. Luft tritt dann insbesondere an Dichtungen und automatischen Entlüftern ein. Der nach korrosionsbedingtem Verbrauch des Sauerstoffs verbleibende Stickstoff kann im System wegen der Bildung freier Gasblasen zu Störungen führen.

Auf folgende Einzelheiten sollte geachtet werden, um das Entstehen von Lufteintrag durch Unterdruckbildung zu vermeiden:

- Aufrechterhalten eines ausreichenden Ruhedruckes (korrekte Dimensionierung der Druckhaltung)
- Anschlusspunkt des Ausdehnungsgefäßes in Verbindung mit der Netzumwälzpumpe

Die Druckdiktierleitung kann auf der Druck- oder auf der Saugseite der Netzumwälzpumpe angeschlossen sein. Ist die Druckdiktierleitung auf der Druckseite der Netzumwälzpumpe angeschlossen, kann es bei zu niedrigem Ruhedruck am höchsten Heizkörper zur Unterschreitung des Atmosphärendrucks kommen, wodurch Luft über Stoffbuchsen und Entlüftungsventile angesaugt wird.

- Ausreichende Dimensionierung der Ausdehnungsgefäße unter Berücksichtigung der Volumenänderung des Netzinhaltes und der Leckverluste

Bei Membranausdehnungsgefäßen muss der Vordruck den Volumenänderungen des Netzinhaltes entsprechend eingestellt werden. Die Funktionsfähigkeit der Membran muss regelmäßig kontrolliert werden (Membrandefekt).

Bei Überströmventilen ist der eingestellte Vordruck kontinuierlich zu kontrollieren. Wird der Vordruck mittels Luft vorgegeben, ist dessen Temperaturabhängigkeit zu beachten.

- Einstellung der Differenzdruckregler in Hausstationen mit direktem Anschluss

In Hausstationen mit direktem Anschluss muss auf die Funktionsfähigkeit der Differenzdruckregler geachtet werden (die Impulsleitungen müssen angeschlossen und durchgängig sein). Differenzdruckregler sollten im Rücklauf eingebaut werden, wenn der statische Druck der Hausanlage unter dem Druck des Netzurücklaufes liegt. Bei Einbau im Vorlauf kann es sonst im Störfall zur Unterdruckbildung in der Hausanlage kommen.

Der Einsatz von Vierwegemischern erfordert Druckausgleichsleitungen zum abgesperrten Teil.

- Wartung der Druckhaltung (z. B. Vordruck bei MAG, Nachspeisung, Einstellung des Überströmventils, Schädigung der Membran),
- Nachspeisekontrolle bei automatischer Nachspeisung des Ergänzungswassers.

6.4.4 Besondere Betriebszustände

6.4.4.1 Außerbetriebnahme

In Heizanlagen mit diskontinuierlicher Betriebsweise (z. B. Wochenendabschaltung, Betriebsferien oder Sommerabschaltung), in denen bei Außerbetriebnahme nicht mit Sauerstoffeinträgen zu rechnen ist, sind keine gesonderten Maßnahmen zur Stabilisierung des Systems notwendig.

In Anlagen, in denen mit Sauerstoffeinbrüchen zu rechnen ist, kann es, insbesondere bei salzhaltiger Betriebsweise, erforderlich sein, dass das Kreislaufwasser mit Korrosionsinhibitoren und/oder einem Sauerstoffbindemittel konditioniert wird.

Ein Umwälzen des Netzinhaltes wird einmal pro Woche empfohlen. Die Wasserqualität ist in regelmäßigen Abständen zu überprüfen.

In jedem Fall ist der Ruhedruck der Fernwärmeheizanlage sicherzustellen. Um den Ruhedruck sicherzustellen, darf die Druckhaltung nicht außer Betrieb genommen werden.

Bei der Außerbetriebnahme einzelner Wärmeerzeuger ist darauf zu achten, dass diese über eine Zirkulationsleitung mit dem Netz verbunden bleiben. Hierdurch wird einerseits wasserseitig die Korrosionswahrscheinlichkeit reduziert und andererseits auch abgasseitige Korrosion durch Ausscheiden von Luftfeuchtigkeit vermieden.

6.4.4.2 Inbetriebnahme / Druckprobe

Unmittelbar nach dem Spülen sollte die Druckprobe mit Füllwasser erfolgen. Ein erneutes Entleeren vor der Inbetriebnahme ist nach Möglichkeit zu vermeiden. Verbleibendes Restwasser im System begünstigt lokale Korrosion.

6.4.5 Direkte Beheizung

Bei direkt beheizten Wandungen im Wärmeerzeuger besteht eine Gefährdung durch wasserseitige Beläge (Kessel- und Wasserstein) und Korrosion mit der möglichen Folge von Kesselschäden. Zur Erstfüllung des Systems und für den weiteren Betrieb ist deshalb zumindest enthärtetes Wasser zu verwenden.

6.4.6 Indirekte Beheizung

Bei indirekter Beheizung, z. B. durch Wärmeübertrager, ist die Gefahr von Schäden infolge Überhitzung bzw. ungenügender Kühlung der Heizfläche geringer. Aus diesem Grund können im Kreislaufwasser Erdalkaligehalte, abweichend von den Richtwerten, bis 0,2 mmol/L toleriert werden. Wegen der Bildung von Wasserstein, die zu unzureichender Wärmeübertragung führt, wird als Füll-

und Ergänzungswasser enthärtetes Wasser empfohlen.

6.4.7 Partialverdampfung

Partialverdampfung tritt auf, wenn es auf der Wärmeübertragungsfläche partiell zur Blasenbildung, aufgrund des bei mangelnder Durchströmung auftretenden Wärmestaus oder aufgrund von Druckabfall, kommen kann.

Durch Partialverdampfung an engen Spalten (z. B. bei Wärmeübertragern) kommt es zur Anreicherung von Wasserinhaltsstoffen. Die Anreicherung von Alkalien kann interkristalline Spannungsrisskorrosion bei austenitischen Chrom-Nickel-Stählen und unlegierten Eisenwerkstoffen (Laugensprödigkeit) verursachen. Die Anreicherung von Chloridionen kann Lochkorrosion und transkristalline Spannungsrisskorrosion bei austenitischen Chrom-Nickel-Stählen verursachen. Die Gefahr der Anreicherung von Alkali- oder Chlorid-Ionen durch Partialverdampfung ist bei salzarmer Betriebsweise erheblich verringert.

6.5 Konditionierung

6.5.1 Allgemeines

Die Zugabe von chemischen Konditionierungsmitteln kann zur Einstellung der Richtwerte notwendig sein oder auch eine Maßnahme zur Begrenzung von Schäden durch die, in der Praxis meist unvermeidlichen, Fremdwasser- und Luftenbrüche darstellen. Dabei sollte beachtet werden, dass die Zugabe von Konditionierungsmitteln die Leitfähigkeit erhöht. Es ist auf die Werkstoffverträglichkeit und auf die Reinheit der eingesetzten Chemikalien zu achten. Des weiteren ist bei der Kombination von Konditionierungsmitteln auf die Verträglichkeit der Chemikalien untereinander zu achten.

Beim Einsatz von Konditionierungschemikalien sind außer hygienisch-toxikologischen Aspekten auch deren Umweltverträglichkeit, besonders hinsichtlich der Entsorgung (Abfall und Abwasser), zu beachten (Überprüfung anhand der Gefahrstoffverordnung).



Die Dosierung der Konditionierungsmittel ist möglichst präzise und kontrolliert durchzuführen. Die erforderlichen Zugabemengen sind normalerweise gering. Wird während des Betriebes festgestellt, dass eine erhöhte Dosierung erforderlich ist, die zu einer Erhöhung der Leitfähigkeit führt, weist dies auf vermeidbare Störeinflüsse hin, deren Ursachen schnellstmöglich zu beseitigen sind.

Bei der Verwendung von entsalztem Füll- und Ergänzungswasser und salzarmer Betriebsweise ist das Einhalten des geforderten pH-Wert-Bereiches nach Tab. 6.1 die entscheidende und oft bereits ausreichende Maßnahme. Geringfügige und zeitlich begrenzte Überschreitungen der Grenzwerte für den Sauerstoffgehalt führen hier erfahrungsgemäß nicht zu Korrosionsschäden.

Bei salzhaltiger Betriebsweise ist die Korrosionswahrscheinlichkeit bei gleichzeitiger Anwesenheit von Sauerstoff erhöht. Hier kann es erforderlich sein, Sauerstoffbindemittel oder Inhibitoren als Konditionierungsmittel zuzufügen.

Für den Einsatz von Kesselsteingegenmitteln ist es zu empfehlen, auf die VdTÜV-Zulassung der Mittel zu achten.

Kombinationskonditionierungsmittel zur Einstellung verschiedener Richtwerte sind weniger zu empfehlen als die entsprechenden Einzelchemikalien.

Der Einsatz von Reibungsminderern sollte nur auf Ausnahmefälle beschränkt bleiben und bedarf einer gesonderten Systembetrachtung.

Beim Einsatz von Wasserkonditionierungsmitteln mit organischen Bestandteilen ist gemäß TRD 612 der Anhang 1 der TRD 611 zu berücksichtigen.

Zur Beurteilung des Gesamtsystems und seiner Veränderungen ist eine komplexe Betrachtungsweise notwendig, die nur durch eine genaue Dokumentation sowohl der Analyseergebnisse als auch der Nachspeisemengen von Ergänzungswasser sowie der

Zugabemengen von Konditionierungsmitteln erfolgen kann.

6.5.2 Anhebung des pH-Wertes

Das Anheben des pH-Wertes wird durchgeführt, um die Eisenauflösung im Wasser, die unter Bildung von Eisen(2)-hydroxid abläuft, zurückzudrängen und eine Schutzschichtbildung aus Eisenoxiden (Magnetit) (bei Vorlauftemperatur $\gg 100\text{ }^{\circ}\text{C}$) zu erreichen.

Um eine ausreichende Schutzalkalität zu erzielen, kann grundsätzlich sowohl Natronlauge (NaOH) als auch Trinatriumphosphat (Na_3PO_4) verwendet werden. Für Heißwassererzeuger, gemäß TRD 612, ist bei Großraumwasserkesseln und salzarmem Kreislaufwasser i. a. Na_3PO_4 einzusetzen.

In den Fällen, in denen die Aufkonzentration des Alkalisierungsmittels in konstruktiv bedingten Spalten (Partialverdampfung) alkali-tätsinduzierte Spannungsrisskorrosion auslösen kann, sollte vorzugsweise Na_3PO_4 angewendet werden.

Als Optimum für den Schutz des Werkstoffes Eisen gilt ein pH-Wert von ca. 9,3.

Praktische Erfahrungen zeigen, dass bei indirekt beheizten Anlagen pH-Werte bis herab zu 8,5 ausreichen, um einen störungsfreien Betrieb sicherzustellen.

Bei Messingwerkstoffen besteht die Gefahr von Erosionskorrosion bei pH-Werten >9 und örtlich erhöhter Strömungsgeschwindigkeit.

Das Anheben des pH-Wertes bei salzarmer Betriebsweise erfordert nur relativ geringe Mengen an Alkalisierungsmitteln. Bei Anwendung von Natronlauge (NaOH) in der handelsüblichen 50 % igen Konzentration sind 4 bis 8 g/m^3 erforderlich. Zur Alkalisierung mit Trinatriumphosphat (Na_3PO_4) wird ungefähr die drei- bis fünffache Menge benötigt. Gegenüber Natronlauge werden durch die Zugabe von Na_3PO_4 der Salzgehalt und damit die elektrische Leitfähigkeit stärker erhöht.

Wegen der durch Ausgasung von CO_2 bewirkten Eigenalkalisierung des Kreislaufwassers als Folge der Hydrolyse der Hydrogencarbonat-Ionen, sollte insbesondere bei salzhaltiger Betriebsweise die Anhebung des pH-Wertes im Füll- und Ergänzungswasser zunächst nur bis in einen pH-Wert-Bereich zwischen 8,2 und 9,0 erfolgen. Bevor die weitere Zugabe von alkalisierenden Chemikalien zur Einstellung des pH-Wertes erfolgt, sollte zunächst die Aufnahme eines mindestens dreitägigen Heizbetriebes abgewartet werden.

6.5.3 Härte-Stabilisierung

Im Kreislaufwasser ist die Wasserhärte durch die oben aufgeführten geeigneten Aufbereitungsverfahren in den in Tab. 6.1 genannten Grenzen zu halten.

Unvermeidbaren geringen Aufhärtingen durch Fremdwassereinbrüche kann durch den Zusatz von Härtestabilisierungsmitteln und Kesselsteingegenmitteln begegnet werden.

In der Praxis haben sich Chemikalien auf Phosphatbasis, Polyphosphate sowie Polyacrylate bewährt, die neben der Eigenschaft, harte Kesselsteinablagerungen zu vermeiden, eine dispergierende Wirkung besitzen und damit auch Ablagerungen von Korrosionsprodukten und suspendierten Feststoffen verhindern können.

Komplexbildner wie EDTA oder NTA werden heute aus abwasserrechtlicher Sicht als problematisch eingestuft.

6.5.4 Sauerstoffeliminierung

In Fernwärmenetzen kann Sauerstoffeintrag nicht ständig vermieden werden.

Bei einem weitgehend geschlossenen Fernwärmenetz ohne erhöhten Ergänzungswasserbedarf ist im störungsfreien Betrieb der Sauerstoffeintrag so gering, dass keine Korrosionsschäden zu befürchten sind. Die Sau-

erstoffeliminierung ist hier technisch nicht erforderlich.

Eine Sauerstoffeliminierung ist hingegen sinnvoll, wenn aufgrund besonderer Betriebsbedingungen ein erhöhter Sauerstoffeintrag nicht auszuschließen ist.

Die Eliminierung kann durch den Einsatz von Teilstromentgasungsanlagen, durch katalytische und elektrochemische Sauerstoffeliminierung und durch Zugabe eines Sauerstoffbindemittels erfolgen.

Bei Betriebsstörungen mit massivem Sauerstoffeinbruch ist damit zu rechnen, dass die Reaktionsgeschwindigkeit des Korrosionsprozesses größer ist als die der Sauerstoffeliminierung des Sauerstoffbindemittels.

6.5.4.1 Anorganische Sauerstoffbindemittel

Hydrazin

Die Verwendung von Hydrazin (N_2H_4) ist wegen der Einstufung als cancerogener Stoff nur noch in begründeten Ausnahmefällen zulässig. Bei direktem Anschluss der Trinkwassererwärmung an das Fernwärmenetz ist die Verwendung von Hydrazin verboten. Gleiches gilt für das organische Sauerstoffbindemittel Carbohydrazid, da es im Kreislaufwasser bei Erwärmung Hydrazin freisetzt.

Natriumsulfit

Die Anwendung von Natriumsulfit (Na_2SO_3) ist begrenzt auf die salzhaltige Betriebsweise, da es sowohl selbst, als auch durch sein Reaktionsprodukt Natriumsulfat, den Salzgehalt des Wassers stetig erhöht. Zur Verringerung des Korrosionsrisikos, in Verbindung mit nicht abgebundenem Sauerstoff, sollte ein Sulfatgehalt von 250 mg/L nicht überschritten werden. Gegebenenfalls ist das Kreislaufwasser abzusalzen.

Beim Einsatz von Natriumsulfit als Sauerstoffbindemittel besteht bei Fernwärmeheizanlagen mit Kupferinstallation die Möglichkeit



der Kupferkorrosion durch Sulfidionen bei gleichzeitiger Anwesenheit von Sauerstoff.

Natriumsulfit ist (bei Einhaltung der Reinheitsanforderungen) sogar ein in der TrinkwV zugelassener Zusatzstoff zur Trinkwasseraufbereitung.

6.5.4.2 Organische Sauerstoffbindemittel

Als weitere Sauerstoffbindemittel werden unter anderem Chemikalien mit folgenden Wirkstoffen angeboten:

- Ascorbinsäure bzw. Iso-Ascorbate
- Diethylhydroxylamin (DEHA)
- Hydrochinon
- Methyleneylketoxim (MEKO)
- Tannine
- Carbohydrazid (s. Hydrazin)

Alle genannten Chemikalien bilden als Zersetzungsprodukte anorganische und/oder organische Säuren bzw. sonstige organische Verbindungen, so dass beim Anwenden dieser Produkte der pH-Wert des Systems mit geeigneten Puffersubstanzen (z. B. Phosphaten) stabil gehalten werden muss. Hydrochinon und Tannine verursachen durch ihre starke Eigenfärbung eine Verfärbung des Kreislaufwassers.

6.5.5 Korrosionsinhibitoren

Zu den handelsüblichen Korrosionsinhibitoren gehören neben Phosphaten und Silikaten auch Chemikaliengemische auf der Basis von:

- Aminen (filmbildende und alkalisierende)
- Borat
- Molybdat
- Nitrit
- Tannin

Korrosionsinhibitoren und ihre Reaktionsprodukte dürfen bei sachgemäßer Anwendung weder den Wärmeübergang behindern noch Korrosion auslösen. Dies ist von den Herstellern oder Lieferanten zu gewährleisten (s. Bemerkung in der TRD 612, die auf die TRD 611, Anhang 1 verweist).

Eine optimale Wirksamkeit von Korrosionsinhibitoren ist nur bei metallisch blanken Oberflächen zu erwarten. Bei bereits ankorrodierten Oberflächenbereichen können Korrosionsinhibitoren bei Anwesenheit von Sauerstoff diese örtliche Korrosion verstärken.

6.5.6 Markierung des Kreislaufwassers

Zur besseren Erkennbarkeit und Unterscheidung des Kreislaufwassers von anderen Wässern (Oberflächen, Grund- oder Trinkwasser) z. B. bei Leckagen, kann dem Kreislaufwasser ein sog. Farbmarkierungsmittel zugegeben werden. Bewährt haben sich die Farbstoffe:

- Uranin (Natriumsalz des Fluorescein)
- Pyranin (Natriumsalz der Pyrensulfonsäure)

Bei einer Verdünnung von 1:10 Millionen sind diese fluoreszierenden Farbstoffe im Wasser noch visuell, gegebenenfalls mit Hilfe von UV-Licht sicher zu erkennen. Die Farbstoffe sind bei den üblichen Kreislaufwassertemperaturen chemisch sehr stabil. Die für die Farbmarkierung des Kreislaufwassers notwendigen Dosiermengen können sehr gering sein und müssen der Produktbeschreibung des Herstellers entnommen werden. Vor Einsatz eines Farbmarkierungsmittels müssen die Hinweise des Produktsicherheitsdatenblattes berücksichtigt werden, wobei besonders darauf zu achten ist, dass nur toxikologisch unbedenklich eingestufte Markierungsmittel gewählt werden. Kolorimetrische Analysenverfahren zur Bestimmung von Inhaltsstoffen des Kreislaufwassers (z. B. die Härtebestimmung) werden u. U. beim Einsatz von Farbmarkierungsmitteln gestört.

6.5.7 Frostschutzmittel

Die Zugabe von Frostschutzmitteln zu Wasserkreisläufen sollte auf Spezialfälle (z. B. kombinierte Heiz- und Kühlsysteme, Anlagen mit Freiverlegung im Außenbereich, Kombination mit Solaranlagen) beschränkt bleiben. Da alle bekannten Frostschutzmittel stets mit einem oder der Kombination von mehreren Korrosionsinhibitoren sowie Alkalisierungszusätzen versetzt sind, ist die vom Hersteller angegebene Mindestkonzentration des Frostschutzmittels einzuhalten. Beim Unterschreiten der Mindestkonzentration besteht die Gefahr der ungenügenden Inhibierung. Die Korrosionsgefahr steigt hingegen. Die vom Hersteller vorgegebenen Fristen für den Ersatz des Frostschutzmittels sind unbedingt einzuhalten.

Das nur temporäre Verwenden von Frostschutzmittel / Wasser - Gemischen und das anschließende Füllen mit Ergänzungswasser ohne Frostschutzmittel (z. B. in der Bauphase) sollte grundsätzlich unterbleiben, da nicht sichergestellt werden kann, dass das Frostschutzmittel sowie die ggf. abgelagerten Zersetzungsprodukte beim Übergang zur Betriebsweise ohne Frostschutzmittel vollständig entfernt werden können. Korrosionserscheinungen werden insbesondere durch die bei der Zersetzung von Glykol entstehenden organischen Säuren begünstigt.

6.6 Betriebsüberwachung

6.6.1 Allgemeines

Um die wasserchemischen Richtwerte aus Tab. 6.1 zuverlässig einhalten zu können, bedarf es der analytischen Überwachung des Kreislauf- sowie des Füll- und Ergänzungswassers.

Die nachfolgenden Empfehlungen sind Erfahrungswerte aus der Praxis und geben Hinweise über den Umfang des chemisch notwendigen und betriebswirtschaftlich sinnvollen Aufwandes zur Betriebsüberwachung der Wasserqualität in Fernwärmenetzen.

In der Heizkraftwirtschaft werden die Qualitäts- und Überwachungsvorgaben meistens durch das höherrangige Medium (also Dampf und Kondensat) gestellt. Der an dem Dampfkesselbetrieb orientierte und notwendige größere Überwachungsumfang muss nicht zwangsläufig auf das Kreislaufwasser eines Fernwärmenetzes übertragen werden.

6.6.2 Beurteilungsparameter

Ein stabiles Fernwärmenetz ist im Regelfall durch langfristig annähernd gleiche Analysenwerte im Kreislaufwasser gekennzeichnet. Dies gilt für Fernwärmenetze mit salzhaltiger und mit salzarmer Betriebsweise.

Neben den grundlegenden Beurteilungsparametern aus Tabelle 6.1

- Aussehen
- Leitfähigkeit
- pH-Wert
- Sauerstoff
- Härte / Erdalkalien

können darüber hinaus die Parameter

- Eisen
- Kupfer
- Sulfid
- Säurekapazität KS 8,2

wichtige Hinweise auf Störungen/Korrosionen geben.

Treten unmittelbar bei der Probenahme des Kreislaufwassers Trübungen durch Gasblasen auf, ist dies ein Hinweis auf mögliche Störungen im Betrieb.

Die gemessene elektrische Leitfähigkeit schließt die Leitfähigkeit der Alkalisierungsmittel ein, die im entsprechenden Richtwert bereits berücksichtigt ist. Bei häufigeren Erdalkalienbrüchen werden Teilstromaufbereitungsanlagen empfohlen.



Die Bestimmung des Gesamtgehaltes von Eisen und/oder Kupfer dient dazu, Hinweise auf unlösliche Eisen- und Kupferverbindungen zu erhalten, die in strömungsberuhigten Zonen zu Ablagerungen und somit zu Betriebsstörungen führen können.

Erfahrungswerte zeigen, dass Konzentrationen von

Eisen (gesamt) $< 0,10$ mg/L

Kupfer (gesamt) $\leq 0,010$ mg/L

im „Normalbereich“ liegen.

Die zusätzliche Untersuchung auf Sulfid im Kreislaufwasser empfiehlt sich immer dann, wenn zur chemischen Sauerstoffbindung Natriumsulfit oder natriumsulfithaltige Chemikalien dosiert werden. Bei mehrfacher Überschreitung einer Sulfidkonzentration (S^{2-}) $> 0,03$ mg/L kann mit Korrosionsschäden an Buntmetallen gerechnet werden.

Wird im Kreislaufwasser **Sulfid** ohne den Einsatz von Natrium**sulfit** gefunden, weist dies immer auf die Anwesenheit von sulfatreduzierenden Bakterien hin. Sie können durch den deutlich erniedrigten Sulfatgehalt des Kreislaufwassers im Vergleich zum Ergänzungswasser nachgewiesen werden. Mikrobiologische Untersuchungen als Nachweis sind schwierig durchzuführen und nicht routinemäßig zu empfehlen.

Zusätzlich zum pH-Wert ist es sinnvoll den $K_{s, 8,2}$ - Wert zu bestimmen. Mit der „Säurekapazität bis zum pH-Wert 8,2“ ($K_{s, 8,2}$) – früher p - Wert – ist neben dem pH-Wert eine weitere Ausdrucksform für die Alkalität eines Wassers gegeben. In salzarmem Wasser entspricht ein $K_{s, 8,2}$ -Wert von 0,05 bis 0,2 mmol/L (mol/m^3) einem pH-Wert-Bereich von ca. 9,0 bis 10,5 und bedeutet eine Alkalimenge bezogen auf NaOH von 2 bis 8 mg/L. In salzhaltigem Wasser entspricht ein $K_{s, 8,2}$ -Wert von 0,7 bis 2 mmol/L (mol/m^3) einem pH-Wert-Bereich von ca. 9,0 bis 10,5. Ein direkter Bezug zwischen pH-Wert und $K_{s, 8,2}$ ist nur bei salzarmem Wasser leicht herzustellen.

Zur Beurteilung von gemessenen Sauerstoffkonzentrationen ist die Lage der Probenahmestelle von besonderer Bedeutung, da der in das Kreislaufwasser gelangende Sauerstoff durch Korrosion abgebunden worden sein kann.

Werden darüber hinaus weitere Chemikalien als Konditionierungsmittel (z. B. Phosphate) zu dosiert, so ist nach Maßgabe des Herstellers oder Vertreibers dieser Mittel die Konzentration im Kreislaufwasser zu messen.

Erfahrungsgemäß ist bei salzhaltiger Fahrweise eine Dosierung von

- < 5 mg/L für Sulfit (als SO_3^{2-})
- < 10 mg/L Phosphat (als PO_4^{3-})

ausreichend². Aus korrosionschemischer Sicht ist bei der salzhaltigen Betriebsweise unter bestimmten Bedingungen auch der Chloridgehalt des Kreislaufwassers von Bedeutung. Dies gilt insbesondere, wenn Anlagenteile aus nichtrostendem Stahl durch Loch- oder Spannungsrisskorrosion gefährdet werden können. Bei konstruktiv und hinsichtlich Montage einwandfrei errichteten Anlagenteilen, Rohrleitungen, etc. kann normalerweise eine Chloridkonzentration bis 200 mg/L keine Schäden verursachen. Im kritischen Bereich von Anlagen (in Spalten, Poren und unter Belägen) besteht erhöhte Korrosionsgefahr. Da die konkrete Korrosionsgefahr von mehreren Faktoren (u. a. Werkstoff, Medium, Betriebsbedingungen) abhängig ist, kann ein für alle Betriebsbedingungen gültiger Grenzwert nicht definiert werden. Es ist jedoch in solchen Fällen ein möglichst niedriger Chloridgehalt anzustreben.

Nach den jeweiligen netzspezifischen Gegebenheiten kann es notwendig sein, weitere Analysenparameter zu überprüfen, z. B. Aluminium, Zink, DOC, TOC.

² Sofern das FVU ein Interesse hat, den Anforderungen der TrinkwV bezüglich pH-Wert, Sulfit und Phosphat zu genügen, müssen die dort genannten Grenzwerte eingehalten werden.

6.6.3 Messhäufigkeit

Generell gilt, dass ein ungestörtes System weniger und ein gestörtes System häufiger analytischer Überwachung bedarf.

Die Füll- und Ergänzungswassermengen sollen erfasst werden, um unter anderem Wasserverluste rechtzeitig zu erkennen.

Ein Kreislaufwasser, dessen chemische Parameter sich beispielsweise in Messintervallen von 4 Wochen kaum verändern, hat auch in der Zwischenzeit sehr wahrscheinlich keine Veränderungen erfahren. Soweit nicht spezielle Auflagen (z. B. für den Betrieb von Wärmeerzeugern) Untersuchungsintervalle vorgeben, kann es ausreichend sein, die genannten Parameter monatlich zu überprüfen. (s. Tabelle 6.2). Treten Abweichungen von den betriebsüblichen Analysenwerten im Kreislaufwasser auf oder wird ein erhöhter Ergänzungswasserbedarf festgestellt, ist die

Messhäufigkeit zu erhöhen (ggf. bis zu mehrmals täglich).

Unabhängig von der analytischen Kontrolle des Kreislaufwassers sollte das Füll- und Ergänzungswasser in Abhängigkeit von der Art und Betriebsweise der Wasseraufbereitungsanlage möglichst in den wichtigsten Parametern (z. B. Leitfähigkeit, Resthärte, Restsauerstoff) überwacht werden. Darüber hinaus empfiehlt es sich, in größeren Zeitabständen die Rohwasserqualität vor Eintritt in die Wasseraufbereitungsanlage zu kontrollieren.

Die Analysendaten müssen sorgfältig protokolliert und archiviert werden. Sie dienen einerseits der betrieblichen Optimierung und andererseits dem Nachweis des „Bestimmungsgemäßen Betriebes“ bei Behörden und Fernwärmekunden.

Tabelle 6.2: Messhäufigkeit

	Aussehen	Leitfähigkeit	pH-Wert	K _{s 8,2}	K _{s 4,3}	Härte	Rest-O ₂	Fe (ges.)	Cu (ges.)	S ²⁻	Kondit.-Mittel
Kreislaufwasser	≤ m	≤ m	≤ m	bei Bedarf		≤ m	≤ m	bei Bedarf			≤ m
Füll- und Ergänzungswasser	-	regelmäßig*		-	-	regelmäßig*		-	-	-	bei Bedarf

*bei entgastem Ergänzungswasser

K_{s 8,2} (K_{s 4,3}) = Säurekapazität bis pH-Wert 8,2 (4,3)

Cu = Kupfer; Fe = Eisen; S²⁻ = Sulfid

m = monatlich

6.6.4 Dosierung der Konditionierungsmittel

Zur Konditionierung von Kreislaufwasser mit Chemikalien sind Dosiereinrichtungen erforderlich, die technisch so zu konzipieren sind, dass eine sehr genaue Kontrolle der dosierten Lösung erfolgen kann.

Die Konditionierungsmittelmenge sollte bereits vor der Dosierung überschlägig berechnet werden. Sie ist abhängig vom Netzvolumen bzw. von den Füll- und Ergänzungswassermengen und von den schon vorhandenen Konzentrationen.

Eine einfache Möglichkeit, die einwandfreie Funktion des Dosiersystems zu überprüfen, ist die Ausliterung.

Da Dosiergefäße oft für die Bevorratung über einen längeren Zeitraum ausgelegt sind, muss eine geeignete Messeinrichtung (z. B. Füllstandshöhenmessung) vorhanden sein (Abb. 6.1).

Für die Füll- und Ergänzungswassermenge erfolgt die Steuerung der Dosierpumpe zweckmäßigerweise mengenproportional. Für das Kreislaufwasser wird im Betrieb zunächst die vorliegende Konzentration des Konditio-

nierungsmittels gemessen und danach die erforderliche Menge an Konditionierungsmittel berechnet. Zur Vermeidung von Konzentrationsspitzen erfolgt die Dosierung gleichmäßig in der Zeit, in der das Netzvolumen einmal umgewälzt wird.

Die Chemikaliendosierung in das Kreislaufwasser erfolgt vorteilhaft auf der Saugseite der Umwälzpumpe, während die Chemikalien für das Ergänzungswasser mengenproportional zugegeben werden.

Die Standzeit der Lösung im Dosierbehälter richtet sich nach der Art der eingesetzten Konditionierungsmittel. Bei Verwendung von Sauerstoffbindemitteln ist die Lösung direkt vor der Zudosierung anzusetzen, da die Sauerstoffbindemittel sich bereits nach kurzer Standzeit mit Luftsauerstoff weitgehend zu unwirksamen Stoffen umsetzen. Bei Natronlauge oder bei Phosphat ist hingegen eine Standzeit von mehreren Wochen möglich. Die einwandfreie Funktion des Dosiersystems ist in kürzeren Zeitabständen zu überprüfen.

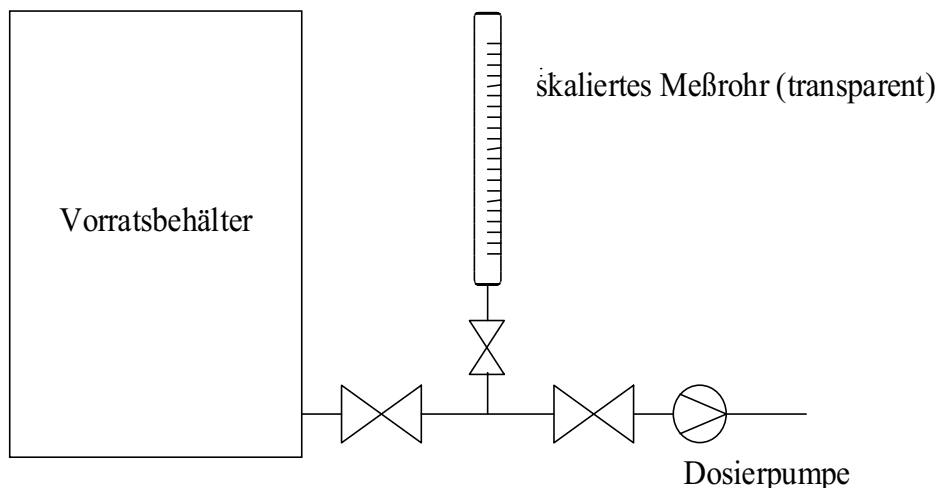


Abbildung 6.1: Dosiersystem

6.6.5 Probenahme

Eine aussagefähige chemische Analytik setzt voraus, dass die zu untersuchende Wasserprobe über eine geeignete Probenentnahmeeinrichtung (Abb. 6.2) vorzugsweise an einem vertikalen Rohrabschnitt mit möglichst kurzer Probenahmeleitung entnommen wurde.

Die Probenentnahmeeinrichtung besteht in der Regel aus einer Entnahmesonde (die ca. 1/3 des Rohrquerschnittes in die Rohrleitung ragen sollte), einer geeigneten Absperrarmatur, einem Probengutkühler sowie einem Abstellrost. Als Werkstoff für die Probenentnahmeeinrichtungen muss nicht rostender Stahl (z. B. Werkstoff 1.4571) verwendet werden, um Verfälschungen des Probegutes

durch Korrosionsvorgänge im Probenentnahmesystem auszuschließen. Für die Messung von Sauerstoff müssen in der Probenentnahmeleitung gasdichte Verbindungen hergestellt werden, z. B. durch Schweißen. Als Absperrarmaturen sind mindestens Einschweißkugelhähne zu verwenden.

Die Kühlleistung muss für eine Temperatur des Probegutes von ca. 25 °C bei einer Entnahmemenge von 30 bis 60 L/h bemessen werden. Bei Anschluss eines kontinuierlich messenden Analysengerätes (Leitfähigkeit, pH, Sauerstoff) ist stets eine zusätzliche parallele Entnahme für ein Probenentnahmegefäß bzw. für eine Laboranalyse vorzusehen.

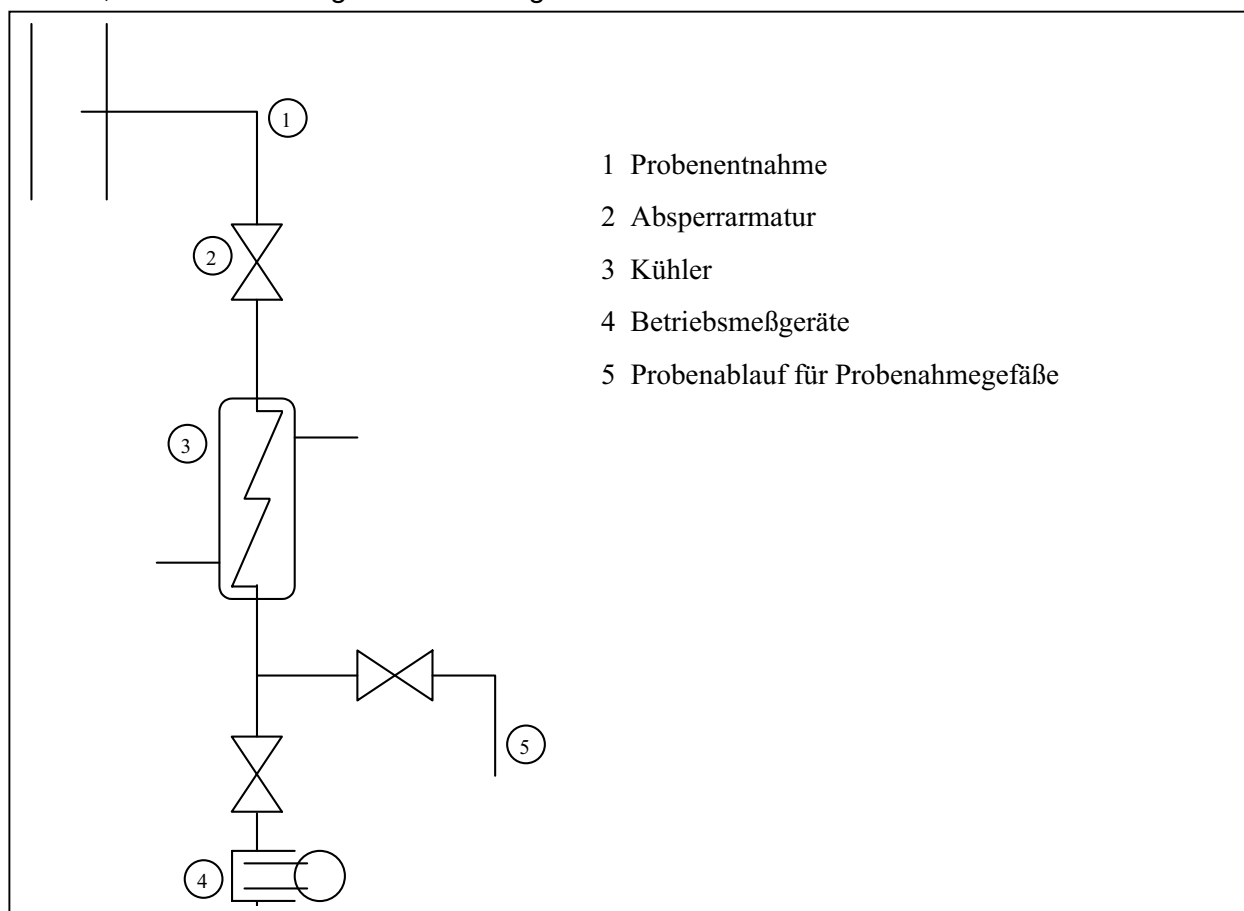


Abbildung 6.2: Probenentnahmeeinrichtung



Vor der Entnahme einer Wasserprobe muss die Entnahmeleitung gut durchgespült werden. Die Dauer der Durchspülung ist abhängig von der Länge der Probenentnahmeleitung. Die Probenentnahmegefäße (Glas/Kunststoff) müssen mindestens dreimal mit dem Probegut gespült und nach der Probenentnahme gut verschlossen werden. Auf eindeutige Kennzeichnung der Probengefäße ist zu achten.

Die Probenentnahmen sollen nach der Wasseraufbereitungsanlage (Füll-, Ergänzungswasser) und im Kreislaufwasser (Rück- und Vorlauf) erfolgen können.

Werden kritische Betriebsbedingungen erwartet, ermöglicht beispielsweise eine materialrepräsentative Besichtigungsstrecke mit Bypass Rückschlüsse auf das Korrosionsverhalten der Werkstoffe im Netz.

6.6.6 Messverfahren

Die Bestimmung der einzelnen Parameter erfolgt durch Messverfahren vor Ort oder im Labor.

Empfohlene Analyseverfahren für die Heizwasseruntersuchungen in der Fernwärme sind in Tabelle 6.3 angegeben:

Es können auch andere geeignete Analyseverfahren oder Schnelltests verwendet werden. In diesem Fall empfiehlt es sich, mindestens halbjährlich die vor Ort gemessenen Werte durch ein Fachlabor prüfen zu lassen.

Die registrierende Leitfähigkeitsmessung kann mit gutem Erfolg zur Überwachung von Fernwärmeheizanlagen mit salzarmem Wasser verwendet werden, um Einbrüche leitfähigkeitsgebender Fremdstoffe, wie z. B. Betriebsmittel, Trinkwasser und Härte, rasch erkennen zu können.

Für die Bestimmung der Wirksubstanz von Konditionierungsmitteln bzw. Korrosionsinhibitoren sind von den Herstellern entsprechende Methoden zu benennen.

Bei eingefärbtem Kreislaufwasser werden die kolorimetrischen Bestimmungen gestört. Wenn dies der Fall ist, sind andere geeignete Analyseverfahren zu verwenden.

Tabelle 6.3: Empfohlene Analyseverfahren

Parameter	Analysenverfahren	Bemerkung
Abfiltrierbare Stoffe	DIN 38409-H2-2 DIN 38409-H2-3	über Papierfilter über Glasfaserfilter
Aluminium	DIN EN ISO 11885-E22	ICP
Chlorid (Cl ⁻)	DIN 38405-D1 DIN 38405-D2	maßanalytisch nach Mohr potentiometrisch
Chlorid (Cl ⁻)	DIN EN ISO 10304-T1 (D19) DIN EN ISO 10304-T2 (D20)	ionenchromatographisch für wenig belastete Wässer ionenchromatographisch hoch belastete Wässer
Eisen (Fe)	DIN EN ISO 11885-E22	ICP
Elektrische Leitfähigkeit	DIN EN 27888-C08	Leitfähigkeitselektrode
Härte (Summe der Erdalkalien)	DIN 38406-E3-3 DIN 38406-H6	
Kupfer (Cu)	DIN EN ISO 11885-E22 DIN 38406-E7	ICP AAS
pH-Wert	DIN 38404-C5	
Phosphat (PO ₄ ³⁻)	DIN EN 1189 (D11)	
Sauerstoff	DIN EN 25814 (G22)	Sauerstoffsonde
Sulfat (SO ₄ ²⁻)	DIN EN ISO 10304-T1 (D19) DIN EN ISO 10304-T2 (D20)	ionenchromatographisch für wenig belastete Wässer ionenchromatographisch hoch belastete Wässer
Sulfid (S ²⁻)	DIN 38405-D26	
Sulfit (SO ₃ ²⁻)	DIN EN 10304-T3 (D22)	ionenchromatographisch
Säure-/Basenkapazität (Ks _{8,2} , Ks _{4,3})	DIN 38409-H7	

Die entnommenen Wasserproben sind umgehend zu untersuchen. Die Bestimmung des Sauerstoffgehaltes muss immer an der Probenentnahmestelle im Durchfluss erfolgen. Bei salzarter Betriebsweise sollte zusätzlich die Bestimmung des pH-Wertes und der elektr. Leitfähigkeit direkt an der Probenentnahmestelle im Überlauf erfolgen.

Über Probenentnahme bedeutet, es wird eine Probe entnommen, die in einem betriebseigenen oder externen Labor analysiert wird.

Falls die Gesamtkonzentrationen von Eisen und/oder Kupfer bestimmt werden sollen, ist ein Säueraufschluss nach DIN 38414-S7 notwendig.

7 Hygienische, toxikologische und umweltrelevante Gesichtspunkte

Obwohl das Kreislaufwasser einer Fernwärmeheizanlage in einem technisch geschlossenen System geführt wird, kann, bedingt durch z. B. technische Störungen, nicht ausgeschlossen werden, dass Kreislaufwasser unkontrolliert freigesetzt und damit direkt oder indirekt mit Menschen und Umwelt in Kontakt kommen kann. Vor dem Hintergrund möglicher Auswirkungen auf Mensch und Umwelt muss das Kreislaufwasser deshalb aus hygienischer, toxikologischer und umweltrelevanter Sicht betrachtet werden.

7.1 Hygienische und toxikologische Gesichtspunkte

Füll- und Ergänzungswasser für Fernwärmeheizanlagen wird im Regelfall durch geeignete Aufbereitungsverfahren aus Trink-, Brunnen- oder Oberflächenwasser gewonnen. Bedingt durch Herkunft und Aufbereitungsverfahren kann es sowohl biologisch (Mikroorganismen) als auch chemisch (Zusatzstoffe) belastet sein.

Während Mikroorganismen durch die Nutzung des Kreislaufwassers als Wärmeträger (Aufheizung) aus hygienischer Sicht nur eine untergeordnete Rolle spielen, können beim Aufbereitungsverfahren zugesetzte Chemikalien, Konditionierungsmittel oder Farbindikatoren toxikologisch von Bedeutung sein. Dies gilt insbesondere für die Nutzung des Kreislaufwassers, bei direktem Anschluss der Kundenanlage, als Wärmeträger zur Trinkwassererwärmung.

Sofern das Kreislaufwasser keine Substanzen der Klasse 4 nach DIN EN 1717 enthält, ist es der Klasse 3 zuzuordnen. Ein korrosionsbeständig gesicherter Wärmeübertrager ist erforderlich.

Enthält das Kreislaufwasser Substanzen der Klasse 4, wie z. B. Hydrazin, so ist der Ein-

satz eines Zwischenmedium - Wärmeübertragers für die Trinkwassererwärmung erforderlich.

Neben dem Schutz des Trinkwassers durch technische Einrichtungen, müssen beim betrieblichen Umgang mit Chemikalien oder Zubereitungen auch die rechtlichen Vorgaben zum Arbeits-, Umwelt- und Gesundheitsschutz beachtet werden. Werden Stoffe eingesetzt, die nach Chemikaliengesetz als Gefahrstoffe ausgewiesen sind, so müssen insbesondere die Gefahrstoffverordnung, die Technischen Regeln für Gefahrstoffe und die Unfallverhütungsvorschriften BGV A 1 „Allgemeine Vorschriften“ und BGR 163 „Regeln für Sicherheit und Gesundheitsschutz beim Umgang mit krebserzeugenden und erbgutverändernden Gefahrstoffen“ beachtet werden.

Es ist hier z. B. gefordert, dass beim Umgang mit solchen Stoffen der Arbeitgeber zum Schutz der Arbeitnehmer entsprechend dem §20 der Gefahrstoffverordnung Betriebsanweisungen erstellen und durch mündliche Unterweisung die Arbeitnehmer regelmäßig schulen muss.

7.2 Umweltrelevante Gesichtspunkte

Kreislaufwasser, das in Rohrleitungsnetzen außerhalb des eigenen Heizwerkgeländes zur Versorgung der Kundenanlagen geführt wird, darf keine wassergefährdenden Stoffe im Sinne des Wasserhaushaltsgesetzes § 19 a enthalten, die geeignet sind, Gewässer (auch Grundwasser) zu verunreinigen.

Diese Forderung aus dem WHG wird dann eingehalten, wenn das Füll- und Ergänzungswasser der DIN EN 1717 - Klasse 3 - entspricht. Das in Rohrleitungen außerhalb des eigenen Betriebsgeländes geführte Kreislaufwasser ist als Betriebsmittel zur Übertragung von Wärme zu verstehen. Sobald es aber zur geplanten Freisetzung des Kreislaufwassers kommt und das Wasser in die Umwelt gelangt, entsteht aus dem „Betriebsmittel Wasser“ Abwasser im Sinne des WHG.

Neben haftungsrechtlichen Fragen ist wasserrechtlich hierbei von Bedeutung, ob die Freisetzung und Ableitung des Wassers geplant oder ungeplant erfolgt. Erfolgt die Ableitung des Abwassers aufgrund einer z. B. geplanten Reparaturmaßnahme in das Erdreich, dann handelt es sich im Sinne des WHG um eine erlaubnis- oder bewilligungspflichtige Benutzung der Gewässer (§ 2, § 3 (5) - Ordnungswidrigkeit).

Bei einer ungeplanten Freisetzung (z. B. Leckage) von Kreislaufwasser bei bestimmungsgemäßem Betrieb und einer den Regeln der Technik entsprechenden Instandhaltung der technischen Anlagen wird der Vorwurf einer unerlaubten Abwassereinleitung in das Grundwasser im Regelfall nicht zu erheben sein (technisches Restrisiko).

Bei geplanten Reparatur- oder Netzerweiterungsarbeiten sollte geprüft werden, ob das abzulassende Wasservolumen nicht besser, z. B. durch Umpumpen, genutzt werden kann. Ist ein Ablassen und Verwerfen des Rohrleitungsvolumens nicht zu vermeiden, dann sollte unter Beachtung der Temperaturgrenzen eine Ableitung des Wassers in ein öffentliches Entwässerungssystem erfolgen. Die Vorgehensweise sollte jedoch mit dem Betreiber des Entwässerungssystems und z. B. der zuständigen Wasserbehörde vorher abgestimmt werden.



8 Anhang: Vorschriften und technische Regeln

Verordnung zur Rechtsvereinfachung im Bereich der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes bei der Bereitstellung von Arbeitsmitteln und deren Benutzung bei der Arbeit, der Sicherheit beim Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen und der Organisation des betrieblichen Arbeitsschutzes, Artikel 1 "Betriebsicherheitsverordnung" und Artikel 3 "Druckgeräteverordnung"

TRD 611, Anhang 1:
Speisewasser und Kesselwasser von Dampferzeugern der Gruppe IV, Anhang 1: Datenblatt über Wasserkonditionierungsmittel mit organischen Bestandteilen

TRD 612:
Wasser für Heißwassererzeuger der Gruppen II bis IV, Heißwasser

TRGS 608:
Ersatzstoffe, Ersatzverfahren und Verwendungsbeschränkungen für Hydrazin in Wasser- und Dampfsystemen

DIN 4747-1 :
Fernwärmanlagen - Sicherheitstechnische Ausführungen von Unterstationen, Hausstationen und Hausanlagen zum Anschluss an Heizwasser-Fernwärmenetze-Teil 1

DIN 50930-6:
Korrosion der Metalle - Korrosion metallischer Werkstoffe im Innern von Rohrleitungen, Behältern und Apparaten bei Korrosionsbelastung durch Wässer - Teil 6: Beeinflussung der Trinkwasserbeschaffenheit

DIN EN 1717:
Schutz des Trinkwassers vor Verunreinigungen in Trinkwasserinstallationen und allgemeine Anforderungen an Sicherheitseinrichtungen zur Verhütung von Trinkwasserverunreinigungen durch Rückfließen

DIN EN 12502, Teile 1-5
Korrosionsschutz metallischer Werkstoffe, Korrosionswahrscheinlichkeit in Wasserleitungssystemen

DIN EN ISO 8044:
Korrosion von Metallen und Legierungen; Begriffe und Definitionen;
deutsche Fassung pr EN ISO 8044:1995

DIN 4807-1:
Ausdehnungsgefäße; Begriffe, gesetzliche Bestimmungen; Prüfung und Kennzeichnung

DIN 4807-2:
Ausdehnungsgefäße; Offene und geschlossene Ausdehnungsgefäße für wärmetechnische Anlagen; Auslegung, Anforderungen und Prüfung

DIN 4807-3:
Ausdehnungsgefäße; Membranen aus elastomeren Werkstoffen; Anforderungen und Prüfung

VDI 2035-2:
Vermeidung von Schäden in Warmwasserheizanlagen - Wasserseitige Korrosion

ZVH-Richtlinie 12.02:
Auslegung von Membran-Druckausdehnungsgefäßen nach DIN 4807-2 und -3