

Leitfaden für korrosionssichere Wasserkreisläufe von der Planung bis zum Betrieb

Im Rahmen des Forschungsprojektes KENBOB

Version: 3.8
Stand: 03.07.2023

Gefördert durch:



Dieses Papier beruht auf den Ergebnissen des Forschungsprojektes KENBOP -
Korrosionssichere Inbetriebnahme von TGA-Systemen (Förderkennzeichen: 3ET1647A-D) in
Kooperation mit der FH Westküste

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Kontakt bei Rückfragen:

Prof. rer.nat Oliver Opel
FH Westküste
Fritz-Thiedemann-Ring 20
25746 Heide
www.fh-westkueste.de
Email: opel@fh-westkueste.de
Fon: +49 481 8555-375

Dr.-Ing. Mani Zargari
Steinbeis Innovation gGmbH siz energieplus
Hamburger Straße 277
38114 Braunschweig
www.siz-energie-plus.de
Email: mani.zargari@stw.de
Mobile: +49 (0) 173-6471987
Fon: +49 (0) 531-793893-28

Inhalt

1	Vorwort	3
2	Anwendungsbereich	4
3	Ausschreibung bei Neuinstallationen und Umbauten	4
3.1	Berücksichtigung von Normen und Vorschriften	4
3.2	Kontroll- und Überwachungspflichten	4
4	Planung und Ausführung	5
4.1	Zusätzliche Aufgaben des Fachplaners	5
4.2	Kontrolle der Ausführung	5
5	Inbetriebnahme und Abnahme	5
5.1	Inbetriebnahme	6
5.2	Abnahme	7
6	Betrieb	7
6.1	Aufgaben des Betreibers	7
6.2	Umbauten	8

1 VORWORT

Korrosion in geschlossenen Wasserkreisläufen zum Heizen und Kühlen in Gebäuden ist ein Thema, das zunehmend in den Fokus der Aufmerksamkeit rückt. Die gestiegene Komplexität der wasserführenden TGA-Systeme in Nichtwohngebäuden, geringere Wandstärken der Bauteile aufgrund gestiegener Rohstoffpreise und Vorlauftemperaturen, die der Energieeffizienz geschuldet sind, aber auch wasserseitig mikrobiologische, korrosionsfördernde Prozesse ermöglichen, erhöhen das Korrosionsrisiko. Das Schadensausmaß kann gewaltig sein und durch Nutzungsausfälle sowie kostenintensive Sanierungen den Wert einer TGA-Anlage übersteigen.

In der VDI 2035, die die Korrosionsprävention in Heizanlagen behandelt, wird davon ausgegangen, dass ein Wasserkreislauf korrosionstechnisch geschlossen, also sauerstoffdicht ausgeführt wird. Daher sei die Wasserqualität für die Korrosionsvermeidung von untergeordneter Bedeutung. Im Forschungsprojekt konnte gezeigt werden, dass diese Annahme nicht praxisgerecht ist. Ausführungsfehler, wie z.B. die unwissende Verwendung diffusionsoffener Kunststoffe, oder Betriebsstörungen in Form von Druckverlust oder kontinuierlicher Nachspeisung führen zu einer Erhöhung des Sauerstoffgehaltes im Umlaufwasser. Regelmäßig wird auch in korrosionstechnisch geschlossenen Anlagen mit niedrigstem Sauerstoffgehalt Korrosion beobachtet, wenn die Wasserqualität ungeeignet ist.

Die VDI 6044 für Kühlanlagen geht mit den Anforderungen an der Wasserqualität weiter als die VDI 2035. Es wurde trotzdem als notwendig erachtet einen Leitfaden zu erarbeiten, der die Anforderungen der beiden VDI-Regeln übertrifft und einen Transfer der Forschungsergebnisse aus dem Verbundprojekt KENBOP (Förderkennzeichen 3ET1647) in die Praxis ermöglicht. Darüber hinaus ist dieser Leitfaden gleichermaßen für Kühl- und Heizsysteme anzuwenden. Somit wird man auch Change-Over-Anlagen gerecht, bei denen Kühl- und Heizsysteme nicht hydraulisch getrennt sind. In dem Forschungsprojekt KENBOP wurden 4 Nichtwohngebäude während der Inbetriebnahme und der ersten Betriebsjahre intensiv wissenschaftlich begleitet. In dem Vorgängerprojekt EQM:Hydraulik (Förderkennzeichen 03ET1270) wurden rund 60 Systeme in 20 Gebäuden untersucht.

Mit der Anwendung dieses Leitfadens werden die Anforderungen der VDI-Richtlinien übererfüllt. Der Leitfaden wird auf der Basis neuer Erkenntnisse laufend aktualisiert.

2 ANWENDUNGSBEREICH

Dieser Leitfaden gilt für Kaltwasser und Kühlkreisläufe, Heizwasserkreisläufe sowie kombinierte Anlagen (Change-Over) im Temperaturbereich 5°C – 100°C. Das scharfe Anforderungsprofil prädestiniert die Anwendung primär für große Nichtwohngebäude, jedoch kann die Anwendung auch für kleinere Nichtwohngebäude oder Wohngebäude wirtschaftlich und sinnvoll sein.

3 AUSSCHREIBUNG BEI NEUINSTALLATIONEN UND UMBAUTEN

Bei Ausschreibungen sind folgende Zusatzleistungen zu berücksichtigen:

3.1 Berücksichtigung von Normen und Vorschriften

- Planung, Ausführung und Betrieb der Installation unter Berücksichtigung der VDI 2035 (Heizkreise) und der VDI 6044 (Kühlkreise)
- Druckhaltung nach VDI
- Druckprüfung und Spülung nach BTGA 3.002
- Den Normen übergeordnet anzuwenden sind die Vorgaben dieses Papiers

3.2 Kontroll- und Überwachungspflichten

Kontroll- und Überwachungspflichten der Umlaufwässer und der Betriebsbedingungen sind in die Leistungsverzeichnisse aufnehmen. Die Aufgaben können dem TGA-Planer, einem Fremdüberwacher oder dem Betreiber übertragen werden. Für jeden hydraulisch getrennten Kreislauf ist eine eigene Beprobung/Überwachung erforderlich. Bei einer Vielzahl ähnlicher Sekundärkreisläufe kann eine repräsentative Auswahl getroffen werden.

Zusätzliche Leistungen des TGA-Planers, des ausführenden Unternehmens und des Betreibers:

- a) Tabelle 1 Seite 6, alle verwendeten Materialien (insbesondere der Anschlussschläuche von Flächenelementen) und Betriebsdrücke zu definieren
- b) Der TGA-Planer muss die vom ausführenden Betrieb verwendeten Materialien und wasserberührende Bauteile vor Einbau auf der Basis von Datenblättern oder Nachweisen freigeben
- c) Leistungen für das Inbetriebnahmemanagement (IBM)

Das Füllwasser ist vor der Befüllung zu testen auf Leitfähigkeit, Chlorid, Sulfat, Nitrat, Phosphat, Gesamt-Kohlenstoff (TOC). Einhaltung der Anforderungen gem.

- Tabelle 1 Seite 6
 - Das Umlaufwasser ist nach Befüllung und Umwälzung zu testen (24h bis 48h nach Befüllung, Erfüllung der Werte nach Tabelle 2)
 - Wiederholung der Testung nach Tabelle 2 und zusätzlich Kontrolle des pH-Wertes des Umlaufwassers 3 Monate und 6 Monate nach Befüllung (entfällt bei kontinuierlichem technischem Monitoring des pH-Wertes)
 - Nach 6 Monaten zusätzlich Kontrolle des Gehaltes an gelösten Metallen nach Tabelle 3
- d) Vorsehen technischer Möglichkeiten für ein manuelles oder technisches Monitoring folgender Parameter im Betrieb:
 - Anlagendruck
 - Nachspeisemenge

- Optional ist ein technisches Monitoring mit Sensorik im Umlaufwasser möglich. Die Werte können in die GLT integriert werden oder von einem externen Dienstleister auf ein Dashboard aufgeschaltet werden. Folgender Parameter sind in dieser Prioritätenreihenfolge zu überwachen: pH-Wert, Leitfähigkeit, Sauerstoffgehalt, Redoxpotential

Die Parameter sind regelmäßig zu kontrollieren oder es muss eine Alarmfunktion mit Grenzwerten hinterlegt sein (siehe auch: Aufgaben des Betreibers Abschn. 6.1)

- e) Erstellung eines Anlagen- und Betriebsbuches (gem. VDI 6044 und VDI 2035) durch den TGA-Planer sowie Pflege und Fortführung durch den Betreiber
- f) Regelmäßige Kontrollen und jährliche Wartung/Instandhaltung der Kreisläufe durch den Betreiber nach Abschnitt 6.1

4 PLANUNG UND AUSFÜHRUNG

Bei der Planung und Ausführung sind folgende Anforderungen zu berücksichtigen:

4.1 Zusätzliche Aufgaben des Fachplaners

- Vorgabe aller wasserberührender Materialarten
- Zugängliche Schlammfänger vorsehen (zugänglichen Wärme- bzw. Tauwasserschutz vorsehen)
- Verwendung Sauerstoff-diffusionsdichter Materialien (nach DIN 4726), insbesondere zu beachten bei Anschlussschläuche von Flächenelementen and convectors
- Sauerstoff-diffusionsoffene Kreisläufe sind hydraulisch von der restlichen Anlage zu trennen und aus korrosionsfesten Materialien herzustellen
- Innenverzinkten Rohre dürfen nicht verwendet werden
- Buntmetalle: Verwendung entzinkungsbeständiger Materialien für Fittings z.B. CuZn36Pb2As; CuZn28Sn1As (nach VDI 2035), eingeschränkt auch Rotguss, z.B. CuSn5Zn5Pb5. Vgl. auch die Angaben des Deutsches Kupferinstituts. Nicht alle nach DIN EN 1254 (Kupfer und Kupferlegierungen - Fittings) empfohlenen Materialien für Fittings sind entzinkungsbeständig.
- Erwägung einer vollständigen Installation aus korrosionsfesten Materialien (V2A, Buntmetalle, Kupfer, diffusionsdichte Kunststoffe)
- Voll-Entsalzungs (VE)-Patronen oder Osmoseanlage für das Nachspeisewasser – **keine** Enthärtungspatronen, Verwechslungsgefahr, Produktbezeichnung angeben
- Sofern eine automatische Druckhaltung/Nachspeisung geplant wird, sind der Hersteller, die Typenbezeichnung und die die Einstellwerte anzugeben

4.2 Kontrolle der Ausführung

- Erhebung der Datenblätter zu allen wasserberührenden Bauteilen, Kontrolle der Verwendung und Übereinstimmung mit der Planung
- Kontrolle des richtigen Vordruckes der Ausgleichsbehälter
- Sofern eine automatische Druckhaltung/Nachspeisung verbaut wurde, sind das Produkt und die die Einstellwerte mit den Vorgaben des TGA-Planers abzugleichen und falls erforderlich den Gegebenheiten anzupassen
- Alle Bauteile müssen öl- und fettfrei sein

5 INBETRIEBNAHME UND ABNAHME

Eine geordnete Inbetriebnahme ist von großer Bedeutung für den späteren Betrieb. Folgende Punkte sind zu berücksichtigen:

5.1 Inbetriebnahme

- Es ist zu erwägen, ob ein Inbetriebnahmemanagement nach VDI 6039 erfolgt
- Die Druckprüfung sollte mit ölfreier Druckluft anstatt Wasser erfolgen
- Vermeidung von Teilbefüllungen und Stillstandszeiten, die Befüllung hat unmittelbar nach der Spülung zu erfolgen
- Vorhalten des geprüften und freigegeben Füllwassers (siehe Tabelle 1) bevor die Spülung beginnt
- Spülung der Systeme nach BTGA 3.002 (Kühlkreise) bzw. DIN EN 14336 (Heizkreise) mit vorzugsweise mit VE-Wasser mit einer elektrischen Leitfähigkeit $> 10 \mu\text{S/cm}$. Das Wasser kann im System verbleiben, der nächste Punkt entfällt dann.
- Befüllung mit VE-Wasser, wenn mit Standortwasser gespült wurde. VE-Wasser erfüllt die Anforderungen nach BTGA und VDI sowohl für Heiz- als auch Kühlsysteme, sowie für kombinierte (Change-Over) Systeme
- Freigabe der Befüllung erst nach erfolgter und dokumentierter Spülung und Vorliegen einer Analyse des Füllwassers. Das Füllwasser muss die Anforderungen nach Tabelle 1 erfüllen:

Tabelle 1 Anforderungen an das Füllwasser

Parameter	Grenzwert
Leitfähigkeit	$< 10 \mu\text{S/cm}$
Chlorid	$< 1\text{mg/l}$
Sulfat	$< 1 \text{ mg/l}$
Nitrat	$< 1 \text{ mg/l}$
Phosphat	$< 1 \text{ mg/l}$
TOC	$< 10 \text{ mg/l}^*$
Gesamthärte	$< 0,1^\circ\text{dH}$

*bei neuen nicht regenerierten Kartuschen kann der Wert zunächst höher liegen. Entscheidend ist letztendlich der resultierende Gehalt im Umlaufwasser gem. Tabelle 2

- Falls erforderlich Umlaufwasser entgasen, wenn keine Entgasungsanlage im System implementiert ist. Entgasung ist zu beenden, wenn keine Gas-Ansammlungen mehr zu beobachten sind und nicht länger fortzuführen als nötig
- Umlaufwasser im gesamten System vollständig umwälzen und nach 24 - 48h analysieren. Es müssen die Werte nach Tabelle 2 eingehalten werden:

Tabelle 2 Anforderungen an das Umlaufwasser

Parameter	Grenzwert
Leitfähigkeit	$< 100 \mu\text{S/cm}$
Chlorid	$< 10\text{mg/l}$
Sulfat	$< 10 \text{ mg/l}$
Nitrat	$< 10 \text{ mg/l}$
Phosphat	$< 10 \text{ mg/l}$
TOC	$< 10 \text{ mg/l}$
Gesamthärte	$< 0,3^\circ\text{dH}$

- Wenn die Werte nach Tabelle 2 nicht eingehalten werden, ist zu viel Spülwasser im System verblieben. In diesem Fall ist das Umlaufwasser im Durchlaufverfahren teilweise durch VE-Wasser zu ersetzen, bis die geforderten Werte erreicht werden.
- Wurden nur Teilbereiche eines Systems in Betrieb genommen, ist die Prozedur bei der Einbeziehung neuer Systemteile zu wiederholen.
- Zur besseren Deckschichtbildung auf Kupferoberflächen und zur Prävention von Lochkorrosion wird empfohlen nach der ersten Analyse des Umlaufwassers, dem Umlaufwasser 1,5 mol/m³ Hydrogencarbonat beizufügen. Das entspricht z.B. 86 g Natriumhydrogencarbonat (Natron). Durch die Zugabe steigt die elektrische Leitfähigkeit, so dass die genannten Grenzwerte ihre Gültigkeit verlieren. Elektrischen Leitfähigkeit vor und nach Zugabe von Hydrogencarbonat sind zu dokumentieren.

5.2 Abnahme

Die Abnahme kann nur erfolgen, wenn folgende Voraussetzungen erfüllt sind:

- Erfüllung der Anforderungen nach Tabelle 2
- Kontrolle der Ausführung nach Abschnitt 2.2
- Überprüfung der automatischen Druckhaltung (z.B. Test bei Druckverlust)
- Vorliegen eines Anlagen- und Betriebsbuches

Mit der Abnahme erfolgt der Gefahrenübergang an den Bauherrn bzw. den Betreiber.

6 BETRIEB

Dem Betreiber obliegen erhöhte Sorgfaltspflichten um das Korrosionsrisiko zu minimieren. Teile der Inbetriebnahmeprozedur können im Regelbetrieb fällig werden.

6.1 Aufgaben des Betreibers

- Wöchentliche Kontrollen:
 - a) Druckhaltung: Funktion der automatischen Druckhaltung, Einhaltung des vorgegeben Betriebsdruckes
 - b) Entsalzungspatronen für die Nachspeisung
- Monatliche Kontrollen:
 - a) Nachspeisemengen (abgesehen von Nachspeisungen bei Umbauten ist bei einer Nachspeisemenge größer als 1% des Füllvolumens pro Jahr das System auf Leckagen zu prüfen)
- Jährliche Kontrollen:
 - a) Schlammfänger
 - b) Wassertechnische Inspektion nach BTGA 3.003 und VDI 2035 sowie Prüfung der Einhaltung der Werte nach Tabelle 2 und Tabelle 3
- Kontrollergebnisse und weitere Vorkommnisse im Betriebsbuch dokumentieren
- Einzelne Kontrollen können entfallen, wenn entsprechende technische Überwachungsmöglichkeiten mit Alarmfunktion vorhanden sind
- Im Rahmen der Inbetriebnahme sind folgende zusätzliche Kontrollen vorzusehen (siehe auch Abbildung 1):
 - a) Prüfung 3 Monate nach Neubefüllung, ob die Werte nach Tabelle 2 eingehalten werden und zusätzlich ob der pH-Wert über 8,2 gestiegen ist (Eigenalkalisierung)
 - b) Wiederholung der Prüfung nach 6 Monaten. Zusätzlich sind die Gehalte an gelösten Metallen zu bestimmen (0,4 µm-Filterung) und die Einhaltung der Werte gem. Tabelle 3 zu überprüfen. Wenn die geforderten Werte nicht erreicht werden sind Fachkundige hinzuzuziehen.

- 12 Monate nach Neubefüllung: chemische Analyse des Umlaufwassers nach Vorgaben der BTGA 3.003 und VDI 2035 und unter gesonderter Einhaltung der Werte gem. Tabelle 2 und Tabelle 3.

Tabelle 3 Zusätzliche Anforderungen an der Umlaufwasserqualität 6 Monate nach IBM

Parameter	Grenzwert
Eisen, gelöst	< 0,5 mg/l
Kupfer, gelöst	< 0,5 mg/l
Zink, gelöst	< 0,1 mg/l

6.2 Umbauten

- Kontrolle bei Umbauten: Lufteintrag geringhalten, Teilfüllungen vermeiden, offene Rohre provisorisch verschließen um den Sauerstoffzutritt zu minimieren
- Nasse, leerstehende Leitungen sind vorzugsweise mit Stickstoff zu befüllen
- Die Verwendung diffusionsdichter Materialien ist zu gewährleisten
- Ggf. ist die Einstellungen der Druckhaltung nachzuführen
- Anlagenbuch ist zu ergänzen

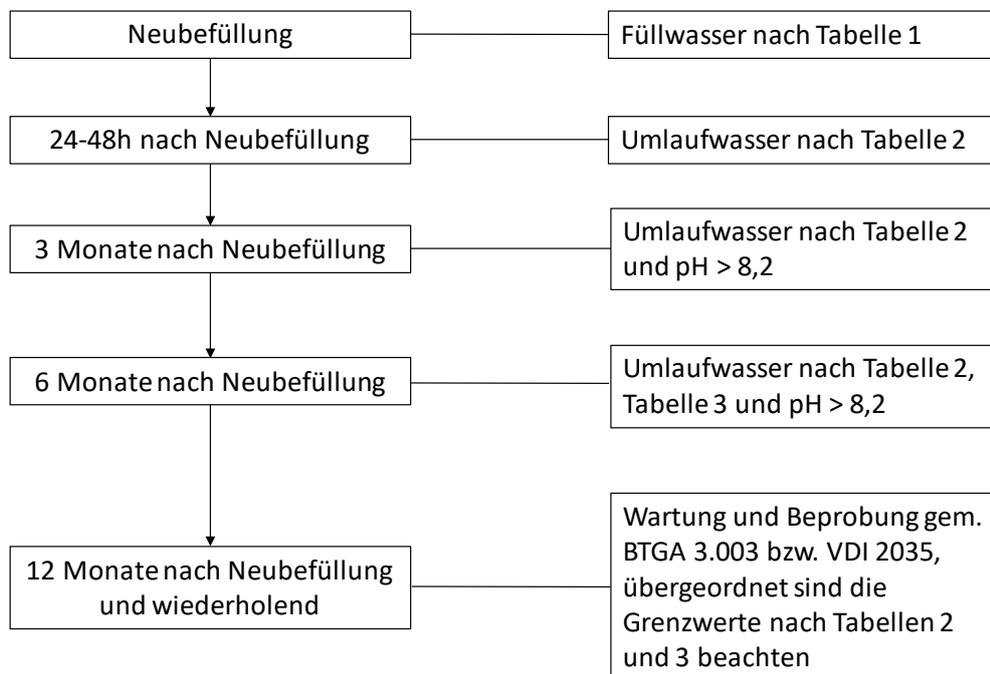


Abbildung 1 Beprobungsschema für das Füllwasser und Wasserkreisläufe