

Mit der Wasseraufbereitung steht und fällt der sichere Betrieb von Luftbefeuchtungssystemen in RLT-Anlagen. Die zur Befeuchtung der Zuluft, aber auch für die indirekte Verdunstungskühlung in der Abluft benötigten Betriebswässer müssen Mindestqualitätskriterien in Bezug auf Inhaltsstoffe und Korrosionsverhalten erfüllen. Im folgenden Fachbeitrag werden diese Anforderungen an die Wasserqualität und an die erforderlichen Maßnahmen zur Wasseraufbereitung erläutert.



Dr.-Ing. Christoph Kaup ist geschäftsführender Gesellschafter der Howatherm Klimatechnik GmbH, Brücken, sowie Mitglied in verschiedenen Normungsgremien. Außerdem ist er Dozent für energieeffiziente Raumluftechnik am Umwelt-Campus Birkenfeld, Hochschule Trier. Kontakt zum Autor: christoph.kaup@cci-dialog.de

# Der Weg zu gutem Wasser

## Beschaffenheit von Befeuchterwässern in RLT-Anlagen – von Dr.-Ing. Christoph Kaup



[Abb. © Arnulf Koch/Fotolia.com]

Bei der Aufbereitung des Betriebswassers für RLT-Anlagen sind die Anforderungen an die Luftqualität zu berücksichtigen. Denn beim Luftbefeuchtungsprozess können folgende Stoffe in die Luft eingetragen werden:

- Inhaltsstoffe des zur Befeuchtung eingesetzten Speisewassers, zum Beispiel Salze.
- dem Befeuchtungswasser zugesetzte Stoffe, zum Beispiel Härtestabilisatoren oder Desinfektionsmittel (Biozide).
- Mikroorganismen, wie Legionellen, sowie deren gasförmige Stoffwechselprodukte (Geruchsstoffe) oder deren Zerfallsprodukte (zum Beispiel Endotoxine).
- aus dem Befeuchtungsprozess abgelöste Stoffe.

Dabei hängt der Eintrag dieser Stoffe ab von

- dem Befeuchtungssystem (Art der Luftbefeuchtung),
- dem eingesetzten Befeuchtungswasser (Inhaltsstoffe) und
- dem Wartungszustand des Befeuchtungssystems.

### Wasserqualität ist abhängig vom Befeuchtungssystem

Die verschiedenen Befeuchtungssysteme benötigen unterschiedliche Wasserbeschaffenheiten, unter anderem im Hinblick auf den Salzgehalt (elektrische Leitfähigkeit) und den Härtegrad. Weiterhin können biozid wirkende Additive (Desinfektionsmittel) in das Befeuchtungswasser eingebracht werden. Grundsätzlich muss der Hersteller des Luftbefeuchtungssystems in der Betriebsanleitung die für den Betrieb der Anlage erforderliche Wasserbeschaffenheit sowie eventuell anzuwendende Desinfektionsmittel angeben.

Wenn zur Vermeidung von Keimwachstum der Einsatz von Desinfektionsverfahren erforderlich ist, dürfen ausschließlich Verfahren angewendet werden, deren Wirksamkeit in der Praxis belegt und deren gesundheitliche Unbedenklichkeit nachgewiesen ist. Außerdem kann es durch eine Verkeimung (Biofilm) zu einer biologisch induzierten Korrosion kommen, da insbesondere in Biofilmen eine wesentliche pH-Wert-Verschiebung möglich ist.

Die im Luftbefeuchtungssystem eingesetzten Materialien müssen in Bezug auf Korrosionsbeständigkeit, Hygiene, Reinigungsfähigkeit und gegebenenfalls Beständigkeit gegen das jeweilige Desinfektionsverfahren ausgewählt werden. Auch dürfen die eingesetzten Kunststoffe keine Nährstoffe für Mikroorganismen darstellen und die verwendeten Dichtungsmaterialien (Profildichtungen, Fugenspritzmassen, Dichtungsbänder) dürfen nicht durch Pilze und Bakterien verstoffwechselbar sein. Die Dichtungsmaterialien müssen geschlossporig sein und dürfen keine Feuchtigkeit aufnehmen. So ist zum Beispiel Moosgummi aufgrund der korrosionsfördernden Feuchtespeicherung im Abdichtbereich ungeeignet (siehe auch DIN EN 13053 „Lüftung von Gebäuden – Zentrale raumluftechnische Geräte – Leistungsdaten für Geräte, Komponenten und Baueinheiten“ von Februar 2012 und VDI 3803 Blatt 1 „Raumluftechnik Zentrale Raumluftechnische Anlagen Bauliche und technische Anforderungen“ von Februar 2010). Es ist auch sinnvoll, für Oberflächen des wasserberührenden Befeuchtungssystems Materialien mit biozider Wirkung zu verwenden.

Allgemeine Parameter	Mikrobiologie	Kationen/Metalle	Anionen	Weitere Stoffe
Färbung 436 nm < 0,5 m <sup>-1</sup>	<i>E. coli</i> 0 KBE/100 ml	Aluminium < 0,2 mg/l	Bromat < 0,01 mg/l	PSM/Biozide, einzel < 0,1 µg/l
el. Leitfähigkeit < 250 mS/m < 2500 µS/cm	coliforme Bakt. 0 KBE/100 ml	Ammonium < 0,5 mg/l	Chlorid < 250 mg/l	PSM/Biozide, Summe < 0,5 µg/l
Oxidierbarkeit < 5 mg/l O <sub>2</sub>	Enterokokken 0 KBE/100 ml	Eisen < 0,2 mg/l	Chlorid < 0,2 mg/l	
Trübung < 1,0 NTU	KBE 100 KBE/m (20 °C) (Nachweis nach TrinkV 1990)	Kupfer < 2,0 mg/l	Fluorid < 1,5 mg/l	CHX <sub>3</sub> < 0,05 mg/l
Wasserstoffionen-Konzentration 6,5 < pH < 9,5	KBE 100 KBE/m (36 °C) (Nachweis nach TrinkV 1990)	Mangan < 0,05 mg/l	Nitrat < 50 mg/l	
Calcitiosekapazität < 5 mg/l	<i>Legionella spec.</i> < 100 KBE/100 ml	Natrium < 200 mg/l	Nitrit < 0,5 mg/l	
	<i>P. aeruginosa</i> 0 KBE/100 ml	Nickel < 0,02 mg/l	Sulfat < 400 mg/l	

Tabelle 1: Anforderung an Trinkwasser laut TrinkV 2001. Tabelle B1 der VDI 3803 Blatt 1

Beschaffenheit	RLT-Anlagen für				
	Raumlufqualität IDA 2, IDA 3 oder IDA 4 nach EN 13779	Raumlufqualität IDA 1 nach EN 13779 für EDV-Räume	Raumlufqualität IDA 1 nach EN 13779 für Steril- und Reinträume <sup>(b)</sup>		
indirekte Verdunstungskühlung (systemabhängig festzulegen)					
Aussehen			klar, farblos und ohne Bodensatz		
pH-Wert			7 bis 8,5		
Gesamtsatzgehalt	GSG	g/m <sup>3</sup>	< 800	< 250	< 100
Elektrische Leitfähigkeit <sup>(c)</sup> (bei Bezugstemperatur 20 °C)		mS/m	< 100	< 30	< 12
		µS/cm	< 1000	< 300	< 120
Calcium <sup>(d)</sup>	Ca <sup>2+</sup>	mol/m <sup>3</sup>		> 0,5	
		g/m <sup>3</sup>		> 20	
Karbonathärte <sup>(e)</sup>	KH	°dH		< 4	
Gesamthärte	GH	°dH		< 7	
Chlorid	Cl <sup>-</sup>	mol/m <sup>3</sup>		< 5	
		g/m <sup>3</sup>		< 180	
Sulfat	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mol/m <sup>3</sup>	< 1,5		< 1,0
		g/m <sup>3</sup>	< 150		< 100
KmnO <sub>4</sub> -Verbrauch		g/m <sup>3</sup>	< 50	< 20	< 10
Keimzahl <sup>(f)</sup>		KBE/ml	< 1000	< 100	< 10
Legionellen		KBE/100ml		< 100	

<sup>a)</sup> Material wasserberührt: Kunststoffe und Cr-Ni-Mo-Stahl  
<sup>b)</sup> Im Einzelfall, z. B. Nachspeisewasser RO-Permeat, können höhere Grenzwerte zugelassen werden, z. B. 200 µS/cm (dann höhere Filter-Staubbelastung).  
<sup>c)</sup> Bei Befeuchtung auf über 95 % rel. Feuchte ist die elektrische Leitfähigkeit auf 800 µS/cm zu begrenzen (sonst Tropfendurchschlag durch Tropfenabscheider).  
<sup>d)</sup> Die Vorgabe eines Mindestangebots an Calciumionen im Umlaufwasser entfällt, wenn im Befeuchtungswasserkreislauf weder ungeschützter (unbeschichteter) C-Stahl noch verzinkter Stahl oder Grauguss installiert sind.  
<sup>e)</sup> Die Karbonathärte KH als Bestandteil der Gesamthärte GH ist das an die Härtebildner Calcium und Magnesium gebundene Hydrogencarbonat HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Bei natürlichen Wässern mit KH < GH ergibt sich die Karbonathärte aus dem Messwert Säurekapazität K<sub>s,3</sub> entsprechend KH in °dH = 2,8 · K<sub>s,3</sub> in mol/m<sup>3</sup>. Im Zustand nach Neutralenthärtung kann die Karbonathärte nicht mehr bestimmt werden. In diesem Fall wird KH = GH gesetzt.  
<sup>f)</sup> Voraussetzung für geringes Algenwachstum ist ein dunkler (lichtdichter) Luftwäscher. Die Keimzahl im Zusatzwasser muss < 100 KBE/ml betragen.  
**Anmerkung 1:** Bei Einsatz von Aluminium und Anstieg der SiO<sub>2</sub>-Konzentration auf über 10 g/m<sup>3</sup> bis 20 g/m<sup>3</sup> kann Steinbildung auftreten.  
**Anmerkung 2:** Bei Überprüfung müssen alle Werte gemessen werden, die unterhalb der empfohlenen Richtwerte (bei Calcium darüber) liegen. Die Grenzwerte für die Abwasserreinigung und den Umweltschutz sind einzuhalten.

Tabelle 2: Empfohlene Richtwerte für die Beschaffenheit des Umlaufwassers in Kontakt- oder Sprühbefeuchtung gemäß VDI 3803 Blatt 1 (Wiedergabe der Tabellen 1 und 2 mit Erlaubnis des VDI e.V.)

### Wasserbeschaffenheit nach VDI 3803 Blatt 1

Die Hersteller von Befeuchtungseinrichtungen für den Betrieb in RLT-Anlagen sind dazu verpflichtet, in den Betriebs-, Instandhaltungs- und Bedienungsunterlagen die für den Betrieb dieser Einrichtungen erforderliche Wasserbeschaffenheit anzugeben. Diese muss unter Berücksichtigung der verwendeten

Technik, der eingesetzten Werkstoffe und der Risiken durch die Art der Befeuchtung und des Übergangs gesundheitsgefährdender Partikel, Dämpfe oder Gase für den dauerhaften bestimmungsgemäßen Betrieb festgelegt sein. Da sich in Befeuchtungseinrichtungen lungengängige Aerosole bilden können, ist auf die einwandfreie mikrobiologische Wasserbeschaffenheit zu achten. Das für die Be-

fuchtung eingesetzte Speisewasser muss daher mindestens die Qualitätsanforderungen der Trinkwasserverordnung (TrinkV) 2001 erfüllen (Tabelle 1). Bei hygienischer, korrosionschemischer oder technischer Anforderung können strengere Grenzwerte festgelegt werden (Tabelle 2). Zudem hat das verwendete Betriebswasser Auswirkungen auf die Materialbeständigkeit und das

Korrosionsverhalten der eingesetzten Werkstoffe. Richtwerte für die Wasserbeschaffenheit im Betriebszustand sind im Anhang B der VDI 3803 Blatt 1 festgehalten.

Stagnation außerhalb des bestimmungsgemäßen Betriebs von Wässern ist zu vermeiden. Für aufbereitete Wässer können die Stagnationsbedingungen der VDI 6023 Blatt 1 „Hygiene in Trinkwasser-Installationen; Anforderungen an Planung, Ausführung, Betrieb und Instandhaltung“ (Juli 2006) sinngemäß angewendet werden.



Osmoseanlage zur Wasseraufbereitung (Abb. Condair)

**Die Wasseraufbereitung**

Befeuchtungssysteme können mit den folgenden Speisewässern betrieben werden:

- unbehandeltes Wasser, das den Kriterien der VDI 3803 Blatt 1 entspricht.
- Speisewasser, das härtestabilisiert oder enthärtet ist.
- Speisewasser mit Umkehrosmoseanlage und Vollentsalzung.

Wenn die Wasserqualität des Rohwassers ausreichend ist, kann auf eine Aufbereitung von Betriebswasser verzichtet werden. Dies ist aber meist nur in ländlichen Gegenden möglich, wenn die Wasserqualität zum Beispiel folgenden Kriterien entspricht:

- pH-Wert 7,5 bis 8,0
- Leitfähigkeit < 100 µS/cm
- Karbonathärte < 4 °dH
- Gesamthärte < 6 °dH

In den meisten Fällen kann auf eine Aufbereitung des zu verwendenden Befeuchtungswassers nicht verzichtet werden.

**Wirkungsweise von Ionenaustauschern**

Eine Möglichkeit besteht darin, das Wasser durch Enthärtungsanlagen (Ionenaustauscher) zu enthärten. Dabei werden härtebildende Ionen (Magnesium- und Calciumionen) durch nicht härtebildende Ionen (Natriumionen) ausgetauscht. Diese reduzieren aber nur die Gesamthärte, der Salzgehalt des Speisewassers bleibt unverändert.

Gelöste Ionen beeinflussen die elektrische Leitfähigkeit des Wassers, die wiederum die Korrosionsgeschwindigkeit beeinflusst. Eine niedrige Leitfähigkeit behindert den Fluss des Korrosionsstroms, eine hohe Leitfähigkeit (geringer elektrischer Widerstand) erleichtert Korrosionsvorgänge. Erfahrungen zufolge beginnt der kritische Bereich, je nach Menge des gelösten Sauerstoffs, bereits bei einer Leitfähigkeit über 500 µS/cm.

Die Korrosion selbst ist ein elektrochemischer Vorgang in sogenannten Korrosionselementen, der von lokalen Unterschieden im Werkstoff, den Schutzschichten und den wasserchemischen Verhältnissen beeinflusst wird. Je stärker die Unterschiede, desto höher ist das Korrosionspotenzial und desto größer ist die Gefahr für örtliche Korrosion. Gleichmäßige Verhältnisse führen zu flächenförmiger Korrosion, die so gering sein kann, dass die technisch übliche Lebensdauer erreicht wird.

Calcium und Magnesium in Karbonatform bilden zwar Kalkstein, dienen jedoch auch der Neutralisation von Säuren und beeinflussen den pH-Wert des Wassers im positiven Sinn. Auch das ausgetauschte Natrium dient als Puffer für den pH-Wert, steigert jedoch die Leitfähigkeit und damit die Korrosionsneigung des Wassers. Sulfat und Silikat führen ebenfalls zu harten unlöslichen Ablagerungen. Chloride steigern die Korrosivität des Wassers und schädigen die Deckschichten auf Metallen. Eine hohe Chloridkonzentration kann selbst an Edelstahl Korrosion hervorrufen.

Mit der Enthärtung wird die Bildung von kristallinen und nichtlöslichen Ablagerungen zwar vermieden, der Gesamtsalzgehalt des Wassers bleibt aber unverändert.

Insoweit wird die Korrosionsneigung des Betriebswassers nicht signifikant reduziert. Außerdem haben langjährige Erfahrungen gezeigt, dass Ionenaustauscher selbst zu einer Brutstätte von Keimen werden können.

**Wirkungsweise von Umkehrosmoseanlagen**

Zur Entsalzung des Wassers sind Umkehrosmoseanlagen zu empfehlen, die bis 98 % der vorhandenen Mineralsalze aus dem Rohwasser entfernen. Bei der Umkehros-

Wasser durch die fehlenden Salze seine Pufferwirkung. Somit ist der pH-Wert instabil. Außerdem lösen sich gasförmige Substanzen (zum Beispiel Sauerstoff) leichter.

Wenn das Korrosionsverhalten der Materialien des Luftbefeuchtungssystems es zulässt, kann mit Permeat eine optimale Betriebsweise realisiert werden. Durch die nicht mehr vorhandenen Salze werden Ablagerungen wirkungsvoll verhindert. Eine Überschussmenge des Betriebswassers zum Abspülen von Ablagerungen ist nicht erforderlich, was auch zur Verringerung

Permeat durch die fehlenden Inhaltsstoffe keine Nährstoffe für Mikroorganismen.

Im Gegensatz zu Permeat wird bei vollentsalztem (VE) Wasser auch die Kohlen- und Kieselsäure durch Ionenaustausch aus dem Wasser entfernt. Der pH-Wert befindet sich dadurch im neutralen Bereich und kann stabil eingestellt werden. Aus wirtschaftlicher Sicht kann es aber erforderlich sein, Permeat oder VE-Wasser mit Rohwasser zu verschneiden. Dabei sollte das Betriebswasser aus Rein- und Rohwasser auf die geforderte Leitfähigkeit (zum Beispiel 100 µS/cm) gemischt werden. In diesem Fall muss das Luftbefeuchtungssystem allerdings mit einer Überschussmenge betrieben werden, um die wieder enthaltenen Salze des Betriebswassers von den Oberflächen des Befeuchtungssystems abspülen zu können.

**Zusammenfassung**

Die Wasserqualität spielt bei Luftbefeuchtungssystemen eine entscheidende Rolle. Meist ist zum Betrieb der Luftbefeuchtungssysteme die Aufbereitung des Speisewassers erforderlich. Die Verwendung von Ionenaustauschern zur Wasseraufbereitung kann aus den im Beitrag genannten Gründen nicht empfohlen werden. Bewährt hat sich der Einsatz von Umkehrosmoseanlagen. In diesem Fall kann grundsätzlich zwischen zwei Betriebsweisen gewählt werden:

- Betrieb mit reinem Permeat. In diesem Fall kann die Gesamtwassermenge deutlich reduziert werden, da eine Überschussmenge, zum Beispiel zum „Abspülen“ von Ablagerungen, nicht erforderlich ist.
- Betrieb mit einem Verschnitt aus Permeat und Rohwasser. Dazu wird meist die Leitfähigkeit des Betriebswassers als Führungsgröße zur Mischung von Permeat und Rohwasser verwendet. Die Verringerung der benötigten Permeatmenge ist vorteilhaft, allerdings erhöht sich die benötigte Gesamtwassermenge, da wieder zwingend eine Überschussmenge benötigt wird. Diese Erfahrungen haben sich aus vielen Projekten der letzten 15 Jahre ergeben. Letztendlich entscheiden eine Wasseranalyse und Wirtschaftlichkeitskriterien, welche Wasseraufbereitung im jeweiligen Projekt sinnvoll ist. \*



Ausführung eines Hochdruckbefeuchters





Eine Befeuchterkammer mit Tropfenabscheider (beide Abb. Howatherm)

mose entsteht Permeat (kohlen-säurehaltiges Reinwasser) mit einem sauren pH-Wert um 6,5. Für die weiterführenden Reinwasserleitungssysteme müssen deshalb korrosionsbeständige Materialien wie PVC, PP oder Edelstahl verwendet werden. Der niedrige pH-Wert entsteht dadurch, dass das im Rohwasser enthaltene CO<sub>2</sub> vollständig die Osmosemembran passiert. Eine weitgehende CO<sub>2</sub>-Entgasung erfolgt erst durch das Verdüsen des Wassers im jeweiligen Luftbefeuchtungssystem.

Durch die nahezu vollständige Entsalzung des Wassers ist die Korrosionsneigung des Wassers deutlich reduziert, allerdings verliert das


benötigten Betriebswassermengen führt.

Durch die Entfernung der Härtebildner hat Permeat eine Karbonathärte von etwa 0,001 °dH, wodurch Schäden durch „Kalkstein“ wirkungsvoll vorgebeugt wird. Durch die Entfernung von Chloriden, Sulfaten und Nitraten wird Korrosion und weiteren unlöslichen Ablagerungen vorgebeugt. Und durch die Entfernung aller austauschbaren Ionen sinkt die elektrische Leitfähigkeit unter 30 µS/cm, wodurch Korrosion nur sehr langsam stattfinden und ein höherer Sauerstoffgehalt oder der Gehalt an freier Kohlensäure im Wasser toleriert werden kann. Des Weiteren bietet

## Wolter-Radialventilatoren

- › Riemengetriebene Ventilatoren für Klimatechnik und Kühltürme
- › Direktgetriebene Radialventilatoren für den industriellen Einsatz
- › Freilaufende Räder



Wolter GmbH  
Maschinen- und Apparatebau KG

Am Wasen 11 · D-76316 Malsch  
T +49 (0) 72 04 / 92 01 0  
www.wolter.eu · info@wolter.eu