

# Hygienische Luftbefeuchtung - Strategien gegen Biofilme



**Autor: Klaus Achenbach**

Market Development Manger Central Europe  
Condair GmbH

Adiabatische Luftbefeuchtungssysteme erhöhen die relative Luftfeuchtigkeit durch Eintrag von Wasser in die Luft, beispielsweise durch Versprühen, Zerstäuben oder Verdunstung. Entscheidend für einen hygienisch sicheren Betrieb ist hierbei die Qualität des zur Befeuchtung eingesetzten Wassers.

Die Richtlinie VDI 6022 Blatt 1 fordert daher, dass das dem Befeuchter zugeführte Wasser mindestens die mikrobiologischen Anforderungen der Trinkwasserverordnung erfüllen muss. Eine zentrale Herausforderung besteht jedoch darin, zum einen die Entstehung von Biofilmen bereits in den wasserführenden Systemen möglichst zu vermeiden, und zum anderen, die Bildung von Biofilmen als Folge des Eintrags von Mikroorganismen oder Bio-Envelopes aus dem Befeuchtungswasser im RLT-System zu unterbinden.

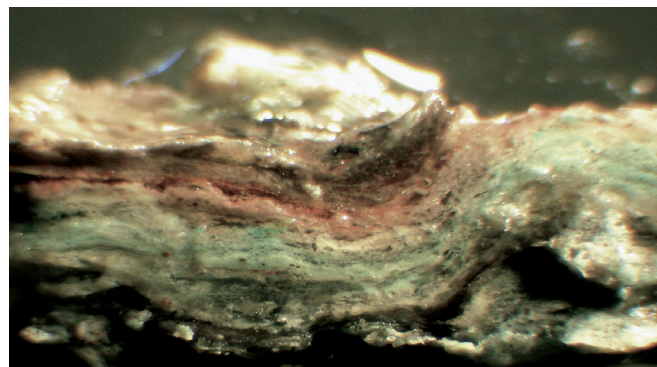
## Eigenschaften von Befeuchtungswasser

Generell sind die Anforderungen an Trinkwasser so hoch, dass es grundsätzlich zu Befeuchtungszwecken eingesetzt werden kann. Zu beachten ist jedoch, dass Trinkwasser zwar keine krankheitserregenden Mikroorganismen in nennenswerten Mengen enthalten darf, dennoch ist es eben alles andere als steril. Zudem führen die in unbehandeltem Trinkwasser vorhandenen Mineralien früher oder später zu Salz- und Kalkablagerungen, sei es auf den Kontaktflächen der Luftbefeuchtungssysteme selbst, an Kanalwänden sowie an RLT-Komponenten.

In feucht-nassen Bereichen bieten diese Ablagerungen außerordentlich gute Lebensbedingungen,

gerade für die mit dem Trinkwasser eingetragenen Mikroorganismen. Diese siedeln sich dort an und können innerhalb kürzester Zeit zu stattlichen Kolonien in Form eines Biofilms heranwachsen.

**Abb. 01** | Querschnitt durch einen, zu Analyse Zwecken, tiefgefrorenen Biofilm



Um derartige Ablagerungen zu vermeiden, wird Befeuchtungswasser in der Regel enthärtet und / oder entsalzt. Die dafür eingesetzten Wasseraufbereitungsanlagen bieten jedoch nicht selten ebenso günstige Bedingungen für mikrobielles Wachstum. Hierauf wird im folgenden Abschnitt noch weiter eingegangen.

## Biofilme in wasserführenden Systemen

Mikroorganismen treten in wasserführenden Systemen entweder frei im Wasser oder gebunden in sogenannten Biofilmen auf. Biofilme bestehen aus Mikroorganismen, die in eine schleimartige Matrix aus extrazellulären polymeren Substanzen (EPS) eingebettet sind. Diese Struktur ermöglicht es ihnen, nahezu alle feuchten Oberflächen zu besiedeln.

Der Biofilm etabliert sich in den Ionenaustauschereinheiten von Enthärtungs- oder Vollentsalzungsanlagen, kann die Module von Umkehrosmosen besiedeln und je nach Bauart sogar deren Membranen durchdringen und so auf die Permeatseite gelangen. Anschließend besiedelt er die Wandungen der nachfolgenden Rohrleitungen und Zwischenspeicher. Bei offenen Zwischenspeichern kann ein zusätzlicher Keimeintrag aus der Umgebungsluft die Biofilmbildung weiter fördern.

Solange sich der Biofilm im Wachstumsstadium befindet, bleibt er häufig unbemerkt. Erst wenn er seine stationäre Phase erreicht hat, werden kontinuierlich Mikroorganismen freigesetzt. In diesem Stadium steigen die Keimzahlen im Wasser dramatisch an. Eine reine Desinfektion des Befeuchtungswassers ist dann meist nicht mehr ausreichend, da diese einen bereits etablierten Biofilm selbst nur begrenzt beeinflusst.

### Biofilme in RLT-Systemen

Hat sich ein Biofilm in den wasserführenden Systemen erst einmal etabliert, lösen sich permanent Biofilmbröckchen (Bio-Envelopes) ab, welche sich an allen feuchten Bereichen einer RLT-Anlage ansiedeln. Dies kann an den Kontaktflächen des Luftbefeuchtungssystems selbst geschehen, jedoch auch an Kanalwänden oder sämtlichen RLT-Komponenten.

Überall dort, wo im RLT-System Feuchtigkeit, Nässe oder stehendes Wasser vorhanden sind und keine geeigneten Gegenmaßnahmen getroffen werden, bilden sich dann zwangsläufig neue Biofilme und die Keimvermehrung schreitet weiter unkontrolliert fort.

### Bekämpfung etablierter Biofilme

Gemäß VDI 6022 Blatt 1 (4.3.7) ist ein Anstieg der Keimzahl über 1000 KbE/ml durch geeignete Entkeimungsverfahren sowie regelmäßige Reinigung und Trockenfahren unbedingt zu vermeiden.

Sind Biofilme jedoch bereits im wasserführenden System etabliert, überstehen sie auch kurzfristige Trockenphasen weitgehend unbeschadet. Die EPS-Matrix bindet große Wassermengen und trocknet daher nur langsam aus. Zudem erreichen viele Reinigungsverfahren lediglich die obersten Biofilmschichten.

Stabile Biofilme lassen sich daher meist nur mechanisch oder mit intensiven chemischen Verfahren entfernen. Möglich sind beispielsweise alkalische Reinigungen mit anschließender saurer Klarspülung. Alternativ kann die EPS-Matrix enzymatisch aufgeschlossen, die Rückstände mit Tensiden emulgiert und anschließend desinfiziert werden, etwa mit Wasserstoffperoxid.

Abb 02 | Biofilmbildung durch Ansiedelung von Mikroorganismen sich auf nassen Oberflächen. Bereits nach einigen Tagen kann ein Biofilm seine stationäre Phase erreicht haben, bei der eine kontinuierliche Keimabgabe erfolgt.

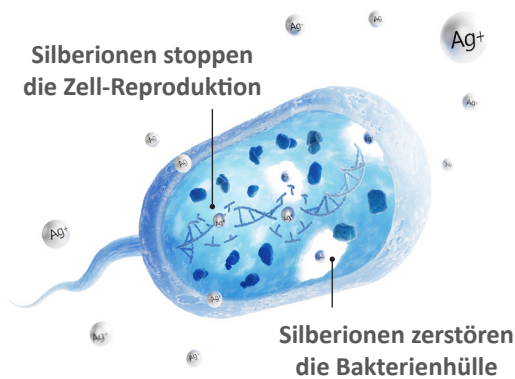


Solche Maßnahmen sind jedoch aufwendig und im laufenden Betrieb von RLT- Anlagen nur sehr eingeschränkt umsetzbar.

### Strategien zur Vermeidung von Biofilmen

Aus hygienischer Sicht ist es deutlich effektiver, die Bildung von Biofilmen bereits im Ansatz zu verhindern. Technische wirksame Lösungen zur vollständigen Vermeidung von Biofilmen sind derzeit jedoch nur begrenzt verfügbar. Kontinuierlich und schattenfrei UV-bestrahlte Leitungssysteme existieren bislang nicht, andere Ansätze sind teilweise patent- oder nutzungsrechtlich eingeschränkt. In der Praxis wird daher auf keimmindernde Substanzen zurückgegriffen.

Abb. 03 | Antibakterielle Wirkung von Silberionen



Gemäß VDI 6022 Blatt 1 (4.3.7) darf das Befeuchter-Zu- und Umlaufwasser nur mit Verfahren desinfiziert werden, deren Wirksamkeit nachgewiesen ist, welche gesundheitlich unbedenklich sind und keine Rückstände in der Zuluft aufweisen. Diese strengen Anforderungen begrenzen die Zahl geeigneter Verfahren ganz erheblich.

Das eingesetzte Mittel muss Mikroorganismen und Biofilmbildung wirksam reduzieren, ohne als Biozid in der Zuluft vorhanden zu sein. Praktisch kommen daher derzeit nur wenige Wirkstoffe infrage:

- Wasserstoffperoxid
- Chlordioxid
- Silber
- Ozon

Oxidativ wirkende Verfahren wie Ozon, Wasserstoffperoxid oder Chlordioxid reagieren mit

Mikroorganismen sowie mit organischen Luftverunreinigungen. Voraussetzung für ihren sicheren Einsatz ist jedoch eine präzise Dosierung sowie eine zuverlässige Mess- und Regeltechnik, damit keine gesundheitlich relevanten Restkonzentrationen in der Raumluft verbleiben.

Silber besitzt ein breites antimikrobielles Wirkungsspektrum. Besonders wirksam sind Silberionen oder nanoskalige Silberpartikel.

Im Gegensatz zu oxidativen Verfahren beruht die Wirkung von Silber auf der gezielten Beeinflussung enzymatischer Prozesse in Mikroorganismen. Bereits geringe Konzentrationen von Silberionen können das Wachstum von Bakterien hemmen und damit die Bildung von Biofilmen verhindern.

In Luftbefeuchtungssystemen können Silberionen beispielsweise elektrolytisch erzeugt und entsprechend dem Wasserdurchfluss dosiert werden. Durch geeignete Abscheidungsflächen, etwa keramische Materialien, lassen sich Silberreste anschließend wieder aus Luft und Wasser entfernen. Dadurch kann eine hygienische Luftbefeuchtung bei gleichzeitig rückstandsarmer Zuluft erreicht werden.

### Zusammenfassung

Biofilme stellen in adiabatischen Luftbefeuchtungssystemen ein wesentliches hygienisches Risiko dar. Sie entstehen bevorzugt in wasserführenden Komponenten und können trotz Desinfektionsmaßnahmen bestehen bleiben.

Die Anforderungen der VDI 6022 zielen deshalb darauf ab, mikrobielles Wachstum bereits konstruktiv und betrieblich zu minimieren. Da die Entfernung bestehender Biofilme sehr aufwendig ist, kommt der Prävention eine entscheidende Bedeutung zu. Geeignete Verfahren zur Keimminderung im Befeuchterwasser – etwa oxidativ wirkende Verfahren oder der Einsatz von Silberionen können dazu beitragen, die Biofilmbildung wirksam zu begrenzen und einen hygienisch sicheren Betrieb von Luftbefeuchtungsanlagen zu gewährleisten.

