



## HYGIENE-KRITERIEN

Planungsleitfaden für die  
Luftbefeuchtung

Luftbefeuchtung  
und Verdunstungskühlung

 **condair**

	Seite
Vorwort .....	3
1. Klimatechnik in der Steinzeit und heute .....	5
2. Die Notwendigkeit der Luftbefeuchtung .....	7
2.1 Behaglichkeit und Gesundheitsschutz mit richtiger Luftfeuchte .....	7
2.2 Geforderte Luftfeuchte bei Komfort-Klimatisierung .....	8
2.3 Mindestwert der relativen Feuchte: 40% .....	8
3. Befeuchtungsmethoden .....	11
3.1 Verdampfen .....	11
3.2 Verdunsten .....	11
3.3 Zerstäuben .....	11
4. Hygienekriterium 1 <b>Befeuchtungsstrecke</b> .....	12
4.1 Bemessung der Befeuchtungsstrecken .....	12
4.2 Befeuchtungsstrecken bei Dampf-Luftbefeuchtung .....	12
4.3 Befeuchtungsstrecken bei adiabater Luftbefeuchtung .....	12
5. Hygienekriterium 2 <b>Biofilm</b> .....	14
5.1 Gefährdung durch Biofilme .....	14
5.2 Wo können Biofilme bei der Luftbefeuchtung auftreten? .....	14
5.3 Wie können Biofilme bei der Luftbefeuchtung verhindert werden? .....	15
6. Hygienekriterium 3 <b>Wasser-Aerosole</b> .....	19
6.1 Wasser-Aerosole als Gesundheitsrisiko .....	19
6.2 Wasser-Aerosole in Verbindung mit Biofilmen .....	19
6.3 Klinische Erkenntnisse zur Gefährdung durch Wasser-Aerosole .....	21
6.4 Wasser-Aerosole werden in VDI 6022 Blatt 1 thematisiert .....	21
6.5 Möglichkeiten zur Abscheidung von Wasser-Aerosolen .....	21
7. Hygienekriterium 4 <b>Feuchteregelung</b> .....	23
7.1 Regelkonzepte für hygienische Luftbefeuchtung .....	23
7.2 Regelung von Dampf-Luftbefeuchtern .....	23
7.3 Regelung von adiabaten Luftbefeuchtern .....	23
8. Hygienekriterium 5 <b>Hygienennachweise</b> .....	25
8.1 Mikrobiologische Langzeitmessungen und Hygiene-Zertifikate .....	25
9. Die fünf Hygienekriterien .....	26
10. Quellennachweis .....	27



VERFASSER:  
Dipl. Ing (FH) Christian Bremer  
Geschäftsleitung der  
Condair GmbH

## Planungsleitfaden für die richtige Hygiene in Luftbefeuchtungssystemen

**Vorwort:**

Hygiene spielt bei der Luftbefeuchtung eine wichtige Rolle. Aktuelle Regelwerke wie die VDI 6022, geben wertvolle Hinweise zu Konstruktion, Planung, Herstellung und Anlagenbetrieb. Einerseits ist bei der Gebäudeklimatisierung die Luftbefeuchtung nicht wegzudenken, andererseits gilt

es, grundlegende mikrobiologische Zusammenhänge zu beachten. Dieser Leitfaden soll die Voraussetzungen für hygienische Befeuchtungstechnik beleuchten und die wesentlichen Planungskriterien verdeutlichen.



Prähistorischer Aufenthaltsbereich mit offener Architektur und ungehindertem Außenluft-Wechsel



Moderne Gebäude haben dichte Fassaden und werden mit raumlufttechnischen Anlagen belüftet.

## 1. Klimatechnik in der Steinzeit und heute!

Blickt man einmal zurück zu den Anfängen der Gebäudetechnik, stellt man fest, dass bereits sehr früh klimatechnische Einrichtungen vorhanden waren. Ehe der Mensch nämlich Hütten und Häuser zu errichten lernte, suchte er vor den Unbilden der Natur in Höhlen Schutz. Sehr anheimelnd waren diese Behausungen sicher nicht. Wenn aber im Höhleneingang ein Feuer brannte, waren die Bewohner vor wilden Tieren sicher und die Kälte konnte wenigstens notdürftig abgehalten werden. Damit waren die ersten raumluftabhängigen Feuerstätten geboren, welche als prähistorische Torluftschleier fungierten. Obwohl wichtige Vorschriften wie die Feuerungsanlagenverordnung unbekannt waren, musste ausreichende Nachströmung von Verbrennungsluft und zumindest eine einigermaßen akzeptable Rauchgasabführung aus dem Aufenthaltsbereich sichergestellt sein.

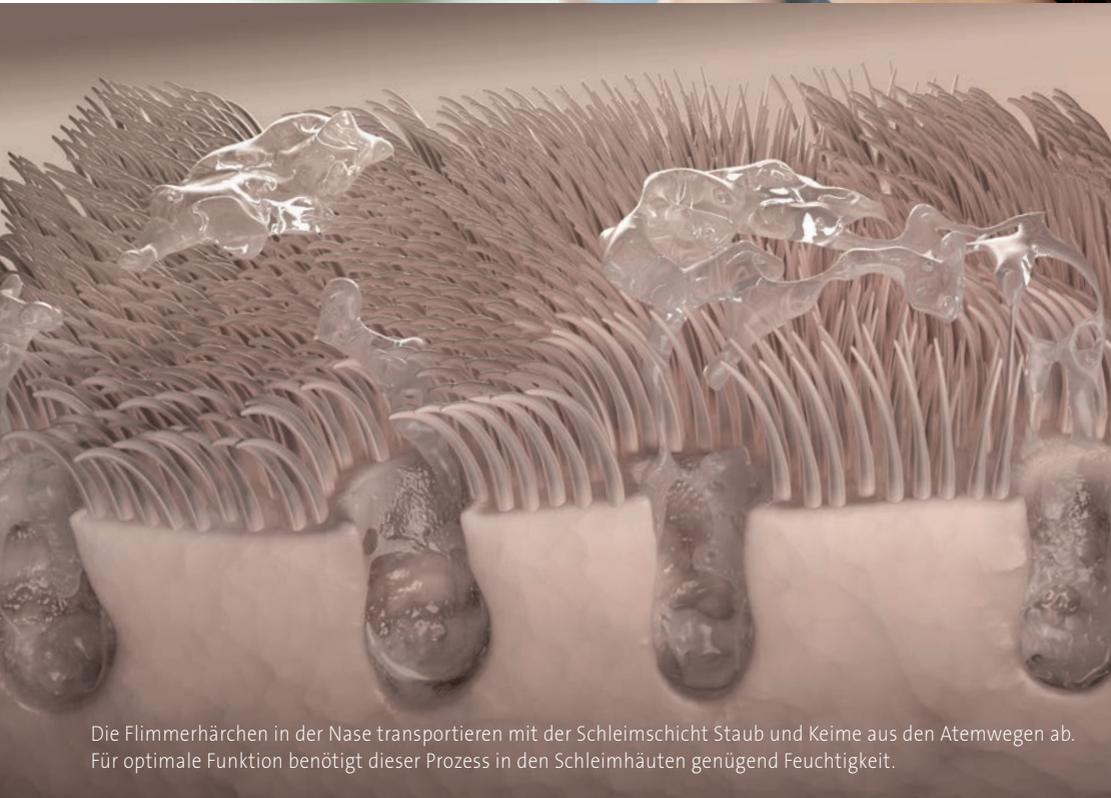
Der Frischluftanteil war jedoch naturgemäß groß genug, so dass keine zusätzlichen Vorrichtungen zur Luftzuführung benötigt wurden. Für das Arbeitsklima gab es auch noch keine verbindlichen Regelungen. Von einem 26°-Urteil hatte man noch nichts gehört und obwohl es kein Antidiskriminierungs-Gesetz gab, war Mobbing unbekannt.

Psychische Belastungen für die Arbeitenden – hauptsächlich waren ja Freiberufler tätig – entstanden allenfalls aus der Gefährdung durch wilde Tiere oder feindlich gestimmte Zeitgenossen. Physikalische Klimaparameter wie Temperatur, Feuchte und Helligkeit waren witterungsabhängig; angemessene Verhältnisse wurden durch individuelle Wahl des Arbeitsortes weitgehend durch die Arbeitenden selbst bestimmt. Verbrauchte Luft mit hohem CO<sub>2</sub>-Gehalt oder unzumutbare Lärmbelastigungen waren entweder nicht vorhanden oder wurden als solche nicht wahrgenommen.

Moderne Gebäude, in denen sich Menschen dauerhaft aufhalten, zeichnen sich dagegen meist durch vergleichsweise dichte Fassaden und von der normalen Außenluft abweichende Raumluftzustände aus. Das ganze Jahr über herrschen Raumtemperaturen, die nur innerhalb einer geringen Bandbreite Schwankungen unterworfen sind. Die erforderlichen Frischluftmengen werden über raumlufttechnische Anlagen oder sonstige technische Einrichtungen in die Gebäude gebracht und dort je nach Außenluftzustand und Raumanforderungen entsprechend aufbereitet.



Typische Folgen zu trockener Raumluft sind Atemwegserkrankungen wie Husten, Schnupfen, Bronchitis und Nebenhöhlenentzündungen.



Die Flimmerhärchen in der Nase transportieren mit der Schleimschicht Staub und Keime aus den Atemwegen ab. Für optimale Funktion benötigt dieser Prozess in den Schleimhäuten genügend Feuchtigkeit.

## 2. Notwendigkeit der Luftbefeuchtung

### 2.1 Behaglichkeit und Gesundheitsschutz mit richtiger Luftfeuchte

Durch Beheizung der Außenluft während der kalten Jahreszeit kann die Luftfeuchtigkeit in Innenräumen unter 30% rel. F. absinken. Personen, welche über längere Zeit solch trockener Raumluft ausgesetzt sind, leiden dann häufig unter Austrocknungs-Erscheinungen.

Hauptsächlich kommt es zur Austrocknung der Atemwegschleimhäute, die dann Staub, Schmutz und Krankheitserreger nicht mehr schnell genug aus den Atemwegen abtransportieren können. Durch ihre längere Verweildauer im Atemtrakt steigt somit die Gefahr von Atemwegserkrankungen. Typische Folgen sind Husten, Schnupfen, Bronchitis und Nebenhöhlenentzündungen.

Bereits vor dem Auftreten von akuten Erkrankungen führt zu trockene Raumluft oft zu Sekundär-Erscheinungen wie unbehaglichem Empfinden des Raum-

klimas, verminderter Leistungsfähigkeit, Abgeschlagenheit, Augenbrennen oder dem typischen Kratzen im Hals.

Während ungünstige Lufttemperaturen von Personen sehr sensibel wahrgenommen werden, fällt zu geringe Luftfeuchtigkeit zunächst meist nur durch diese Sekundär-Erscheinungen auf.

Optimale Luftzustands-Werte für Behaglichkeit und Gesundheitsschutz liegen im Bereich von 21 bis 22°C und relativen Luftfeuchten zwischen 40 und 60%. Dabei darf allerdings nicht übersehen werden, dass das individuelle Empfinden des Raumklimas persönlichen Präferenzen unterliegt und scharfe Abgrenzungen nicht vorgenommen werden können. Insbesondere ist ein Zusammenhang der als behaglich empfundenen Luftfeuchte und dem Staubgehalt der Raumluft vorhanden. Dieser Staubgehalt lässt sich durch die Wahl der Einrichtungsgegenstände zwar in gewissen Grenzen beeinflussen,

Reinraum-Luftqualitäten sind jedoch in den üblichen Aufenthaltsbereichen naturgemäß nicht zu erreichen. Angemessene Luftbefeuchtung während der Heizperiode führt deshalb zu behaglicher Raumluftqualität und dient dem Gesundheitsschutz.

**2.2 Geforderte Luftfeuchte bei Komfort-Klimatisierung**

Bei den geforderten Werten für die Mindestluftfeuchtigkeit in Komfortbereichen wird zwischen theoretischer Annahme und tatsächlichen Praxiserfahrungen unterschieden. Hier stellt sich sehr schnell heraus, dass dabei nur vordergründig Widersprüche vorhanden sind, wenn man sich einmal das individuelle Behaglichkeitsempfinden vor Augen führt. Der Zusammenhang zwischen Lufttemperatur und relativer Luftfeuchtigkeit ist offensichtlich.

**Lüftung von Nichtwohngebäuden  
DIN EN 13779:**

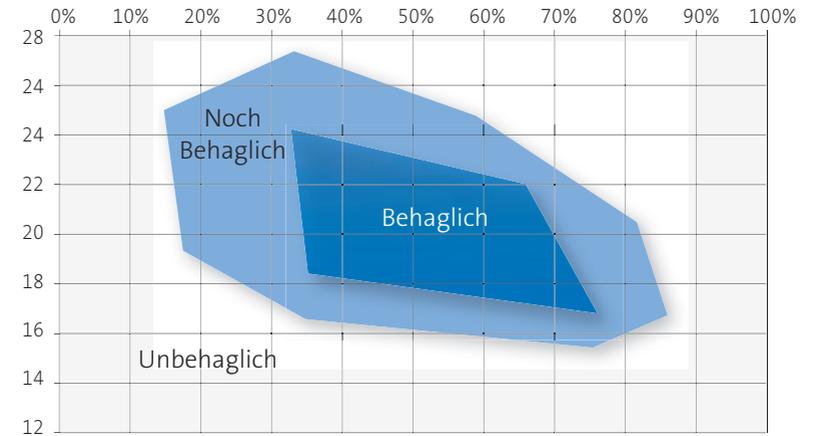
„Im Bereich üblicher Raumlufttemperaturen zwischen 20°C und 26°C entstehen in der Regel kaum Behaglichkeitsprobleme, wenn die relative Feuchte zwischen 30% und 70% liegt.“  
Einerseits wird damit der Zusammenhang zwischen Temperatur und relativer Feuchte dokumentiert, andererseits sind die Werte gleichen Behaglichkeitsempfindens exakt in dem genannten Wertebereich enthalten.

**2.3 Mindestwert  
der relativen Feuchte: 40%**

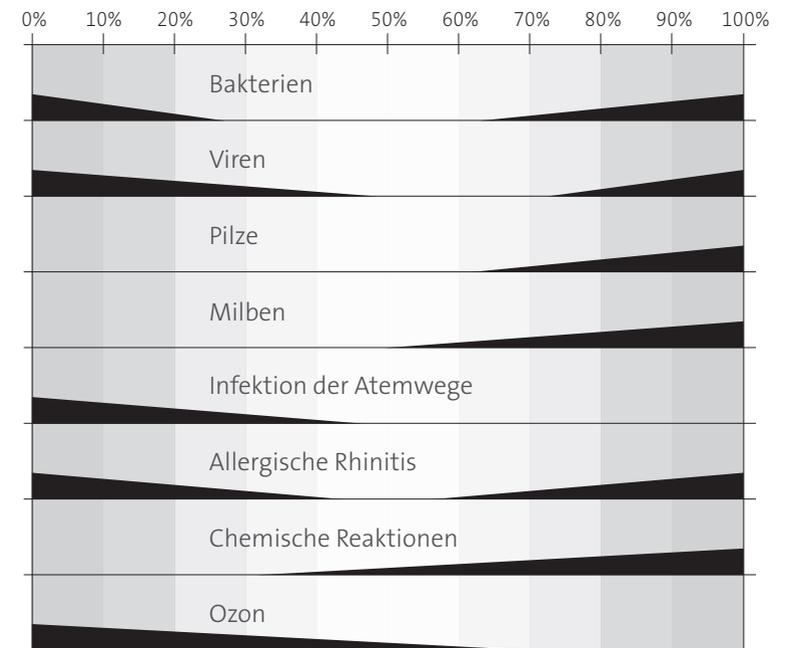
Das Fachinstitut Gebäude-Klima e.V. legt den unteren Grenzwert für die relative Luftfeuchtigkeit in Komfortbereichen mit 40% fest. Dieser Wert wurde nach aller Erfahrung aus Hygiene-, Behaglichkeits- und Produktivitätsgründen als richtig eingestuft und stützt sich auf umfangreiche Grundlagen aus Wissenschaft und Arbeitsmedizin.

**Scofield/Sterling-Diagramm**

Das Scofield/Sterling-Diagramm zeigt anschaulich für Behaglichkeit und Gesundheitsschutz relevante Wechselwirkungen bei unterschiedlichen Raumluftfeuchten. Im optimalen Bereich zwischen 40% und 60% relativer Feuchte ist die Gefährdung durch unerwünschte Mikroorganismen sowie das Auftreten spezifischer Krankheitssymptome minimal.



Behaglichkeits-Diagramm



Scofield-/Sterling-Diagramm



Adiabate Befeuchtung durch Zerstäuben



Isotherme Befeuchtung durch Dampf



### 3. Methoden der Luftbefeuchtung

Luftbefeuchtung erfolgt nach den drei physikalischen Methoden Verdampfen, Zerstäuben und Verdunsten. Es hängt vom jeweiligen Einsatzfall ab, welches System zu optimalen Ergebnissen führt. Aus hygienischer Sicht stellen die drei Verfahren jedenfalls unterschiedliche Anforderungen an die gewählte Befeuchtungstechnik.

#### 3.1 Verdampfen

Dampf-Luftbefeuchtung bietet wegen des hohen Temperatur-Niveaus von vornherein die größte Hygienesicherheit. Probleme können allerdings entstehen, wenn Dampfverteiler falsch platziert oder Befeuchtungstrecken nicht richtig bemessen sind. Bei sehr kurzen vorhandenen Befeuchtungstrecken sind Mehrfach-Dampfverteilsysteme das Mittel der Wahl. Wegen der schnelleren Durchmischung der Anlagenluft durch die homogene Dampfverteilung, werden erhebliche Reduzierungen der Befeuchtungstrecken erreicht.

#### 3.2 Verdunsten

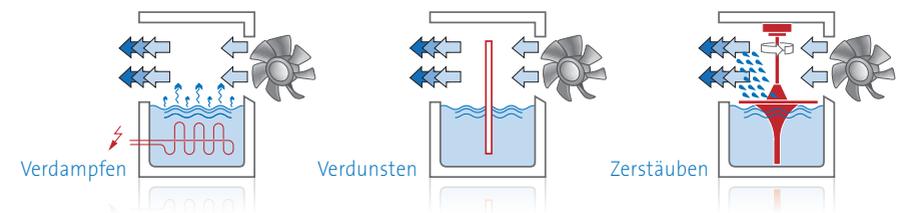
Bei Verdunstungs-Luftbefeuchtern ist die Befeuchtungstrecke bauartbedingt festgelegt. Es ist jedoch darauf zu achten, dass es nicht zu mikrobiologischer

Belastung der Anlagenluft durch Biofilm-Wachstum auf den Verdunstungskörpern kommen kann.

#### 3.3 Zerstäuben

Reine Zerstäubungs-Luftbefeuchter stellen aus hygienischer Sicht die größte Herausforderung dar. Die erforderlichen Befeuchtungstrecken können stark variieren. Die wichtigsten Einflussgrößen sind Feuchteerhöhung, Lufttemperatur, Luftgeschwindigkeit, Strömungsprofil und Aerosolgröße des zerstäubten Befeuchtungswassers. Das schwebefähige Verhalten von Wasser-Aerosolen, die damit verbundene schlechte Abscheidemöglichkeit und ihre langsame Verdunstung, machen eine zuverlässige Bestimmung der Befeuchtungstrecken außerordentlich schwierig.

Durch Biofilmwachstum mikrobiologisch belastetes Befeuchtungswasser darf zu Befeuchtungszwecken nicht in die Atemluft zerstäubt werden. Wasser-Aerosole dürfen nicht in die Luftleitungen nach dem Befeuchtungssystem eingetragen werden, da sie sich dort niederschlagen und hygienisch riskante Feuchflächen bilden können.



## HYGIENEKRITERIUM 1

# 4. Die Befeuchtungsstrecke

### 4.1 Bemessung der Befeuchtungsstrecken

Die Befeuchtungsstrecke setzt sich zusammen aus der Nebelzone und der anschließenden Expansions- und Vermischungszone. Als Nebelzone bezeichnet man den Weg hinter der Luftbefeuchtungsanlage – von der Einbringung bis zur vollständigen Aufnahme der Dampfmenge durch die Anlagenluft. Daran anschließend folgt die Expansions- und Vermischungszone. In diesem Streckenabschnitt vermischt sich die eingebrachte Feuchtigkeit gleichmäßig mit dem Luftstrom. Die Länge der erforderlichen Befeuchtungsstrecke hängt jeweils von dem in Luftrichtung folgenden Bauteil ab. Zur Vermeidung von Kondensations-Erscheinungen innerhalb der Luftleitungen ist die richtige Bemessung der Befeuchtungsstrecke außerordentlich wichtig. Auch für die richtige Feuchteregelung ist ihre Kenntnis von grundlegender Bedeutung, da die Platzierung der Regelfühler erst dort erfolgen soll, wo ausgeglichene Feuchtwerte vorliegen.

### 4.2 Befeuchtungsstrecken bei Dampf-Luftbefeuchtung

Bei der Dampf-Luftbefeuchtung lassen sich Befeuchtungsstrecken ohne weiteres mit ausreichender Genauigkeit bestimmen. Bei beengten Platzverhältnissen bieten sich Mehrfach-Dampfverteilssysteme an. Wegen der schnelleren Durchmischung der Anlagenluft durch die großflächige

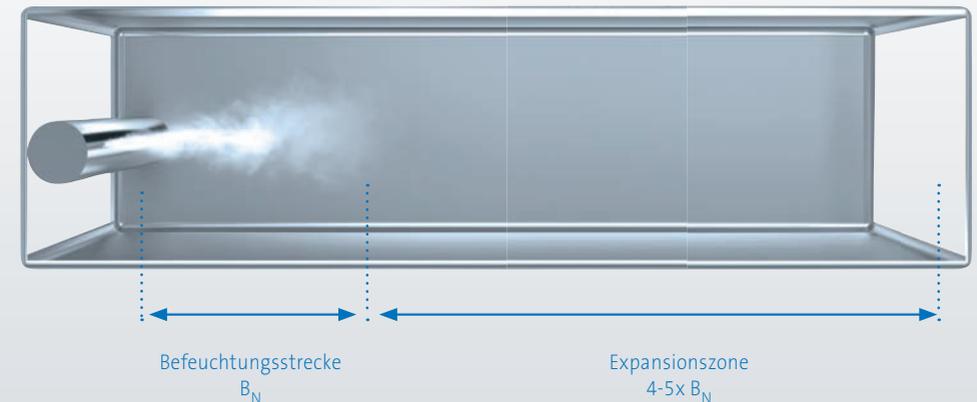
Dampfeinbringung, werden erhebliche Reduzierungen der Befeuchtungsstrecken erreicht. Gleichzeitig werden Forderungen einer homogenen Dampfverteilung aus VDI 6022 Blatt 1 erfüllt.

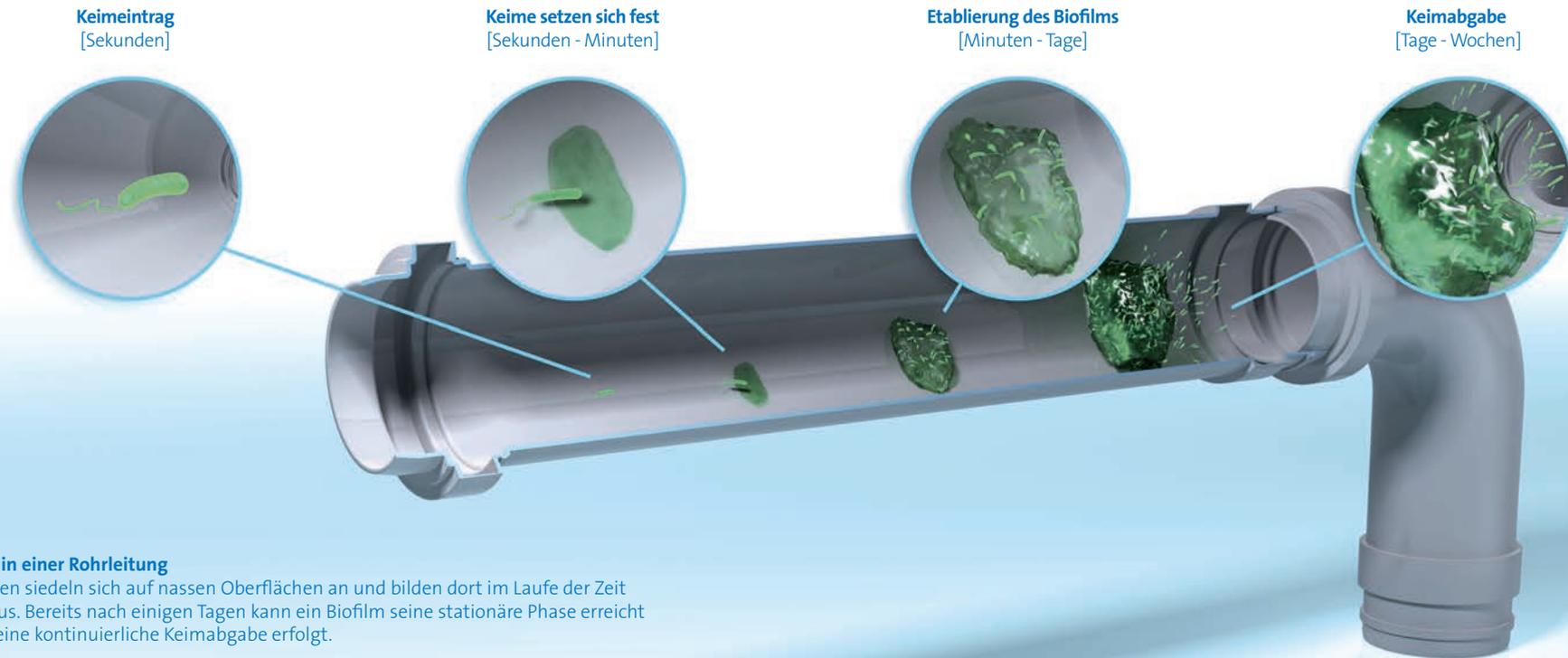
### 4.3 Befeuchtungsstrecken bei adiabater Luftbefeuchtung

Bei adiabaten Befeuchtungssystemen wie Hybrid-Luftbefeuchtern oder verschiedenen Verdunstern ist die Befeuchtungsstrecke bauartbedingt festgelegt. Wesentlich schwieriger ist ihre Bestimmung bei Hochdruck- und Ultraschall-Zerstäubern. Die wichtigsten Einflussgrößen sind Feuchteerhöhung, Lufttemperatur, Luftgeschwindigkeit, Strömungsprofil und vor allem die Aerosol-Größen des zerstäubten Befeuchtungswassers. Gerade die schlechte Abscheidemöglichkeit und langsame Verdunstung von Wasser-Aerosolen machen die Bestimmung der Befeuchtungsstrecken außerordentlich schwierig. Für eine verbindliche Beurteilung liegen praktisch keine gesicherten Erkenntnisse vor. Nur wenn aus einem adiabaten Befeuchtungssystem keine Wasser-Aerosole ausgetragen werden, ist die zuverlässige Befeuchtungsstrecken-Bestimmung möglich.



Schematische Darstellung einer Befeuchtungsstrecke





#### Biofilmbildung in einer Rohrleitung

Mikroorganismen siedeln sich auf nassen Oberflächen an und bilden dort im Laufe der Zeit einen Biofilm aus. Bereits nach einigen Tagen kann ein Biofilm seine stationäre Phase erreicht haben, bei der eine kontinuierliche Keimabgabe erfolgt.

## HYGIENEKRITERIUM 2

### 5. Vermeidung von Biofilmen

#### 5.1 Gefährdung durch Biofilme

Das Zulaufwasser zu Luftbefeuchtern soll die mikrobiologische Qualität von Trinkwasser aufweisen. Deshalb sind maximal 100 KBE/ml zulässig. Auch diese geringe Anzahl von Mikroorganismen siedelt sich in Wasserleitungen, auf Verdunstungskörpern oder im Nassbereich von Luftbefeuchtern an und kann dort im Laufe der Zeit einen massiven Biofilm ausbilden. Dies geschieht so lange unbemerkt, bis der Biofilm im Verlauf von

einigen Tagen bis Monaten entsprechend dick angewachsen ist und seine stationäre Phase erreicht. Von diesem Zeitpunkt an gibt der Biofilm kontinuierlich Keime ab und es erfolgt unkontrollierte Kontamination des Befeuchtungswassers bzw. der Anlagenluft.

#### 5.2 Wo können Biofilme bei der Luftbefeuchtung auftreten?

Hygienisch riskante Biofilme können sich praktisch auf allen mit Wasser

benetzten Oberflächen ansiedeln und ausbreiten. Besonders gefährdet sind:

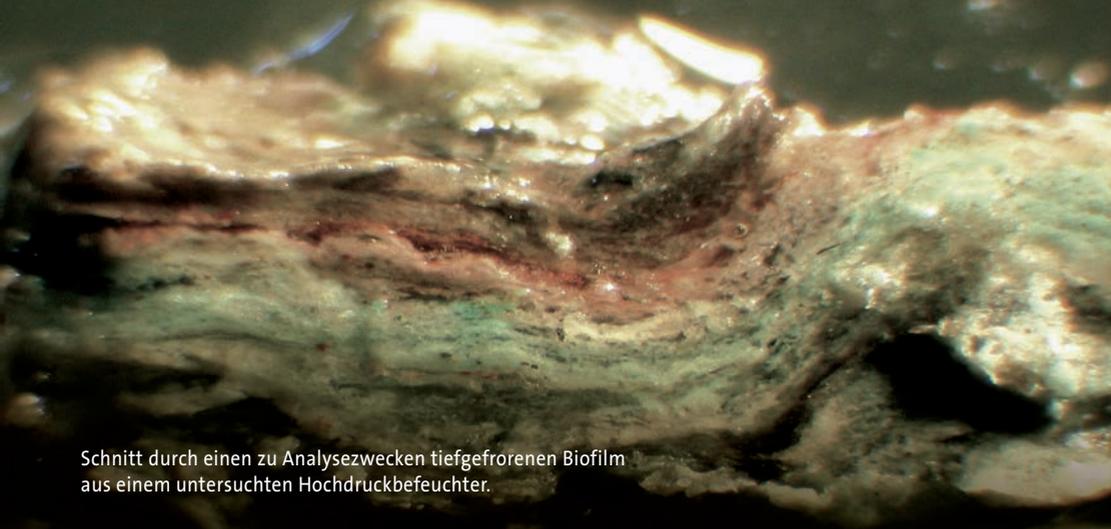
- Wasserzulaufleitungen zu Luftbefeuchtern
- Wasserleitungen innerhalb von Befeuchtungssystemen
- Verdunstungskörper
- Tropfenabscheider
- Wasserwannen
- Befeuchterkammern

#### 5.3 Wie können Biofilme bei der Luftbefeuchtung verhindert werden?

Die Bildung von Biofilmen kann mit geeigneten Maßnahmen eingedämmt bzw. verhindert werden. Dabei sind Einzelmaßnahmen nicht zielführend, vielmehr

ist nur die Kombination aller hygienerelevanter Maßnahmen schlussendlich von Erfolg gekrönt. Wesentliche Bedeutung haben dabei:

- Hygienisches Befeuchtungswasser
- Regelmäßige Reinigung mit Desinfektion
- Keine Stagnation in den Wasserleitungen
- Hygienemaßnahmen zur Keimminderung



Schnitt durch einen zu Analyse Zwecken tiefgefrorenen Biofilm aus einem untersuchten Hochdruckbefeuchter.



Massives Biofilmwachstum (ebenfalls aus einem untersuchten Hochdruckbefeuchter)  
Manifester Biofilm eines Druckwasser-Luftbefeuchters, der sich bis in die Befeuchterwanne hinein ausgebildet hatte.



Luftgetragene Schimmelpilzsporen von *Aspergillus Niger* aus einer verkeimten Klimaanlage.



### Algen

Algen sind ein- oder mehrzellige Organismen, die den Pflanzen nahe stehen und vorwiegend im Wasser leben. Luftbefeuchter sind insbesondere durch den Befall mit Grün- und Kieselalgen gefährdet, die im menschlichen Körper zu Abwehrreaktionen (Fieber) oder Allergien führen können.



### Bakterien/Viren

Bakterien verursachen durch ihre Stoffwechselprodukte Geruchsbelästigungen und Schleimbildung in den Anlagen. Stäbchenbakterien, wie etwa Legionellen, können tödliche Infektionen auslösen oder pathogene Keime streuen, die das menschliche Immunsystem angreifen.



### Pilze

Pilze bilden meist sichtbare Kolonien, sogenannte Pilzrasen, die sich auch an glatten Oberflächen großflächig ausdehnen können. Sie siedeln sich vorwiegend an feuchten Stellen oder an den Ausblasöffnungen der Anlage an und beginnen meist schon nach wenigen Wochen mit der Freisetzung von Sporen. Gelangen diese Sporen in menschliche Atemwege, können sie sich auch dort ansiedeln und Mykoseerkrankungen verursachen.

Auch Viren werden über die Luft übertragen, nisten sich in oder an Wirtszellen ein und schädigen den Fremdorganismus durch ihre eigenen Genome in dessen Zellen.



### Eindringtiefe von Wasser-Aerosolen in die Atemwege

**Einatembare Fraktion:**  
(Messbereich von 0,5 bis 18,5  $\mu\text{m}$ )  
Nasen-Rachenraum 10 - 5  $\mu\text{m}$   
Luftröhre 5 - 3  $\mu\text{m}$

**Thorale Fraktion:**  
(Aerosole, die über den Kehlkopf hinaus bis in die Bronchien gelangen)  
Bronchien 3 - 2  $\mu\text{m}$   
Bronchiolen 2 - 1  $\mu\text{m}$

**Alveolengängige Fraktion:**  
(Aerosole, die bis in die Lungenbläschen gelangen)  
Alveolen (Lungenbläschen) 1 - 0,1  $\mu\text{m}$

## HYGIENEKRITERIUM 3

### 6. Wasser-Aerosole

#### 6.1 Wasser-Aerosole als Gesundheitsrisiko

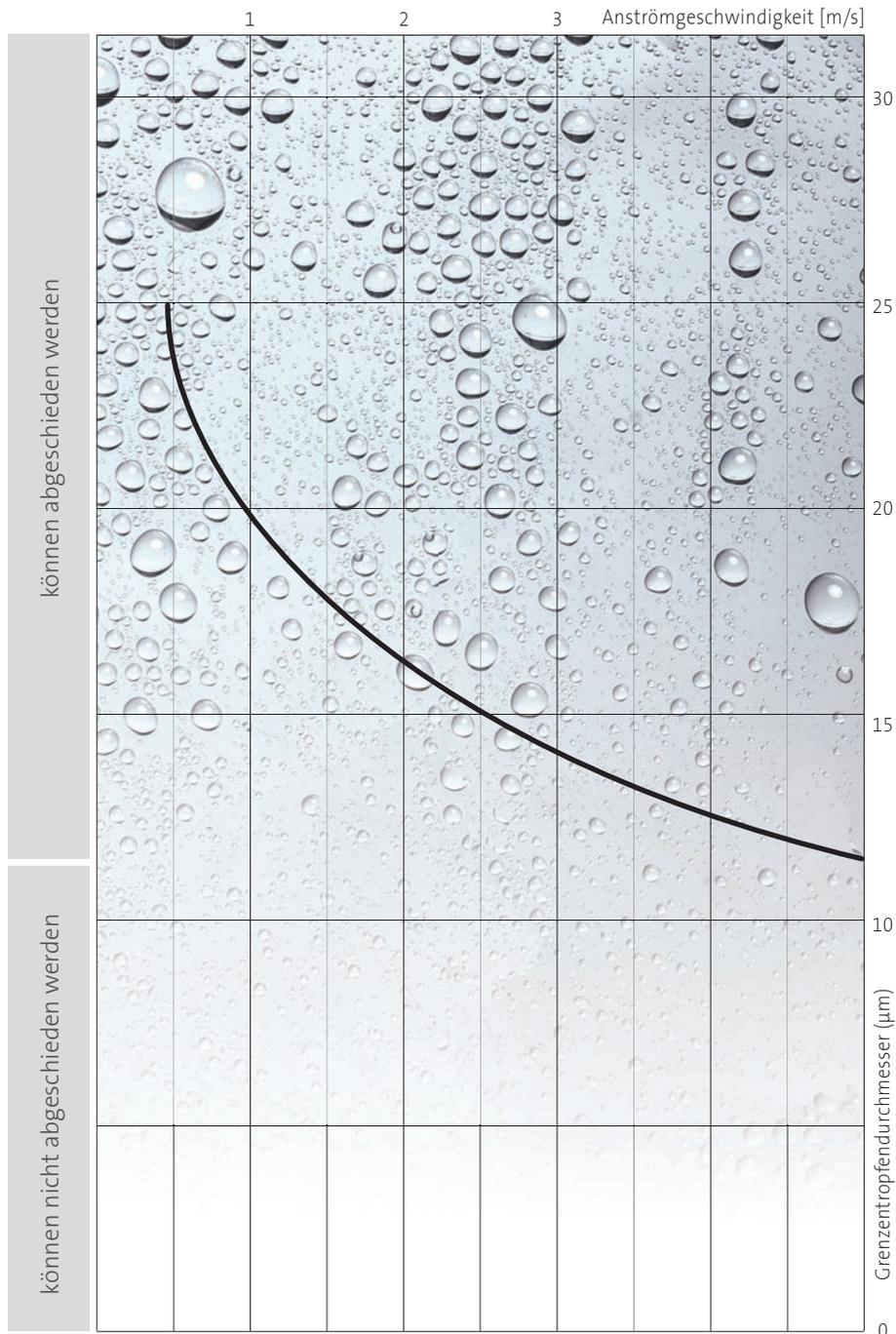
Wasser-Aerosole in Klimaanlage sind generell problematisch. Sie können ein Gesundheitsrisiko darstellen und dürfen deshalb nicht in das Luftleitungssystem eingetragen werden:

- Wasser-Aerosole können sich in Luftleitungen niederschlagen und hygienisch problematische Feuchtflächen bilden.
- Bei mikrobiologischer Belastung des Befeuchtungswassers, gelangen mit den Aerosolen Keime in die Atemluft.
- Wasser-Aerosole können wegen ihrer geringen Größe nur sehr schwer und teilweise überhaupt nicht abgeschieden werden. Wegen ihres typisch schwebefähigen Verhaltens werden sie, ohne vollständig zu verdunsten, über weite Strecken durch die Lüftungs-

kanäle getragen und können schließlich in die Atemluft gelangen.

#### 6.2 Wasser-Aerosole in Verbindung mit Biofilmen

Abhängig von ihrer Größe dringen eingeatmete Wasser-Aerosole unterschiedlich weit in die Atemwege ein. Bei mikrobiologisch belastetem Befeuchtungswasser werden somit schädliche Keime tief in den Atemtrakt getragen. Deshalb sind Wasser-Aerosole gerade bei einer vorhandenen Biofilmbildung besonders sensibel zu betrachten.



Tropfenabscheider-Diagramm

### 6.3 Klinische Erkenntnisse zum Gefährdungspotential von Wasser-Aerosolen

Bei klinischen Untersuchungen wurden bereits wiederholt Fälle von exogen allergischer Alveolitis (EAA) durch eingeatmete verunreinigte Wasser-Aerosole aus Zerstäubungs-Luftbefeuchtern nachgewiesen. Die Lungenerkrankung EAA wird u. a. durch organische Stäube, Schimmelpilze, Hefen und Bakterien hervorgerufen und äußert sich in Fieber mit Husten und Atemnot. Sie kann bei geschwächten Personen lebensbedrohlich werden.

### 6.4 Wasser-Aerosole werden in VDI 6022 Blatt 1 thematisiert

Luftbefeuchter sind nach VDI 6022 Blatt 1 so auszulegen und zu betreiben, dass Wasser-Aerosole nicht in das Luftleitungssystem gelangen können.

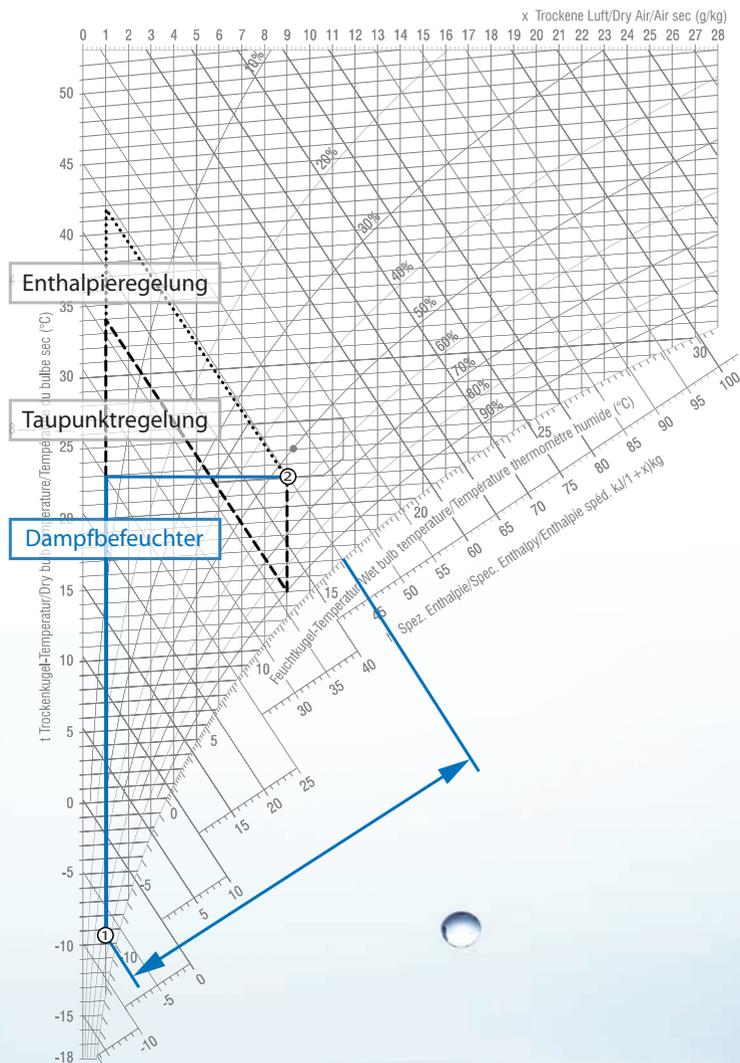
### 6.5 Möglichkeiten zur Abscheidung von Wasser-Aerosolen

Handelsübliche Tropfenabscheider versagen, wenn es darum geht, kleine Wasser-Aerosole aus dem Luftstrom abzuscheiden. Wegen ihrer geringen Masse passen sie sich Lufttrichtungsänderungen sehr leicht an und können durch Fliehkraftwirkung nicht abgeschieden werden. Auf jeden

Fall besteht bei allen Abscheider-Vorrichtungen ein Gefährdungspotential durch Biofilm-Wachstum.

### Typisches Tropfenabscheider-Diagramm

Wasser-Aerosole mit Tropfendurchmessern unterhalb der Grenztropfen-Linie können nicht abgeschieden werden, durchwandern den Abscheider und gelangen in die Anlagen- bzw. Atemluft. Gerade die auf Seite 18 aufgeführten, für die Atemwege riskanten Wasser-Aerosole, werden aufgrund ihrer geringen Größe praktisch nicht zurück gehalten.



## HYGIENEKRITERIUM 4

# 7. FEUCHTEREGELUNG

### 7.1 Regelkonzepte für hygienische Luftbefeuchtung

Aus hygienischer Sicht kommt der richtigen Regelung von Luftbefeuchtungssystemen eine große Bedeutung zu. Taupunkt-Unterschreitungen im laufenden Anlagenbetrieb sind zu vermeiden, und es soll sich kein Kondensat im Luftleitungssystem niederschlagen. Befeuchten von Luft bedeutet jedoch immer den Wechsel des Aggregatzustandes von Wasser zu Dampf; ungeeignete Regelkonzepte können auch die Umkehrung dieser Änderung des Aggregatzustandes begünstigen. Ein Blick auf das  $h,x$ -Diagramm verdeutlicht anschaulich die unterschiedlichen thermodynamischen Verläufe der einzelnen Befeuchtungsverfahren. Angesichts dieser verschiedenen Verläufe ist eine Universalösung bei der Regelung von Luftbefeuchtern von vornherein ausgeschlossen.

### 7.2 Regelung von Dampf-Luftbefeuchtern

Die Dampf-Luftbefeuchtung ist ein nahezu isothermer Vorgang. Es findet nur eine sehr geringe Erhöhung der Lufttemperatur durch den Befeuchtungsvorgang statt. Deshalb sind bei der Feuchteregelung üblicherweise nur die Feuchtwerte der Anlagen- bzw. Raumluft zu berücksichtigen.

### 7.3 Regelung von adiabaten Luftbefeuchtern

Bei den adiabaten Befeuchtungsverfahren Zerstäuben und Verdunsten, erfolgt eine beträchtliche Abkühlung der befeuchteten Luft. Deshalb kann die Feuchteregelung in diesen Fällen nur in Verbindung mit der Regelung der Lufttemperatur erfolgen.

### Empfohlene Regelstrategien

	Isotherm	Adiabatisch stetig regelbar	Adiabatisch nicht stetig regelbar
Raum-/Abluft-Feuchteregelung	■		
Raum-/Abluft-Feuchteregelung mit stetiger Zuluft-Feuchtebegrenzung	■		
Zuluft-Feuchteregelung mit stetiger Leistungsvorgabe	■		
Taupunkt-Feuchteregelung			■
Enthalpie-Zuluft-Feuchteregelung		■	
Enthalpie-Abluft-Feuchteregelung		■	



Seriöse Hygienenachweise umfassen alle hygiene relevanten Zusammenhänge. Dazu zählen mikrobiologische Langzeitstabilität, präventive Hygiene-Maßnahmen sowie ein hygieneorientiertes Wartungskonzept.



## HYGIENEKRITERIUM 5

### 8. Hygienenachweise

#### 8.1 Mikrobiologische Langzeitmessungen, Hygiene-Zertifikate und Baumusterprüfungen

Für die Bewertung von Luftbefeuchtungsanlagen können unterschiedliche Hygienenachweise dienen. Befeuchtungssysteme sollen normalerweise über viele Jahre hinweg sowohl in technischer wie auch in hygienischer Hinsicht einwandfrei arbeiten.

Als Lebensmittel soll Atemluft die Hygiene-Anforderungen, welche an Lebensmittel gestellt werden, erfüllen. Neben der Einhaltung von technischen Standards und des einschlägigen Regelwerkes, spielt das individuelle Hygienebedürfnis eine wichtige Rolle. Dieses ist bei der Atemluft erfahrungsgemäß besonders hoch.

Baumusterprüfungen, welche lediglich die technisch-konstruktive Übereinstimmung von Geräten und Komponenten mit bestimmten Richtlinien o. ä. bestätigen, stellen noch keinen Nachweis für hygienische Arbeitsweise dar. Eine wesentliche Vorausset-

zung für die Hygienesicherheit ist, dass alle mikrobiologischen und hygiene relevanten Erfordernisse umfassend betrachtet und bewertet werden.

Hierzu gehören auch präventive Maßnahmen zur Eindämmung von Keimwachstum sowie gewissenhafte und nach dem heutigen Kenntnisstand vorgenommene Wartungs- und Instandhaltungsmaßnahmen. Eine Beurteilung der Hygienequalität von Befeuchtungssystemen ist deshalb nur möglich, wenn alle erforderlichen Hygienemerkmale betrachtet und erfüllt werden:

- Einhaltung technischer Richtlinien
- Wirkungsvolle Hygienemaßnahmen zur Keimminderung
- Regelmäßige Reinigung mit Desinfektion

## 9. Die fünf Hygienekriterien

Für hygienische Luftbefeuchtung muss Keimbildung im Luftbefeuchter und Keimeintrag in die Anlagen- bzw. Atemluft verhindert werden.

Unabhängig vom Befeuchtungsverfahren müssen dafür insgesamt die 5 beschriebenen Hygienekriterien erfüllt werden.

Bei der Entscheidung für eine bestimmte

Befeuchtungstechnik empfiehlt es sich, die geplante Gerätetechnik und die Hygienemaßnahmen gewissenhaft zu überdenken. Schließlich können seriöse

Hygienennachweise zur Beurteilung der hygienischen Arbeitsweise von Luftbefeuchtungssystemen herangezogen werden.



Hygienekriterium 1:

Befeuchtungsstrecken richtig dimensionieren



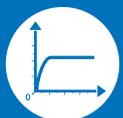
Hygienekriterium 2:

Bildung von Biofilmen unterbinden



Hygienekriterium 3:

Eintrag von Wasser-Aerosolen verhindern



Hygienekriterium 4:

Systemgerechte Feuchteregelung vorsehen



Hygienekriterium 5:

Hygienennachweis aller hygienerelevanten Eigenschaften

## 10. Quellenverzeichnis

- [1] DIN EN 13779 – Lüftung von Nichtwohngebäuden
- [2] Trinkwasserverordnung (TrinkwV, Anlage 1, Teil II)
- [3] VDI 6022 Blatt 1 – Hygieneanforderungen an raumlufttechnische Anlagen und Geräte
- [4] Recknagel Sprenger Schramek: Taschenbuch für Heizung + Klimatechnik 07/08
- [5] Fachinstitut Gebäude-Klima e.V.: Fragen und Antworten zur Raumluftfeuchte, FGK Status-Report 8
- [6] Fachinstitut Gebäude-Klima e.V.: 40 % r. F. als unterer Grenzwert, FGK report 407
- [7] Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz: Verdacht auf Lungenerkrankungen durch Luftbefeuchter mit Vernebelungstechnik, Pressemitteilung Nr. 445
- [8] Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz, Klima und Luftqualität in Call-Centern, Information Nr. 0195
- [9] Keune, A.: Gesunde Luft zwischen Anspruch und Mysterium, CCI.Print 07/2003
- [10] Hüster, R.: Moderne Luftbefeuchtung im Spannungsfeld von Hygiene und Technik, VDI-Berichte 1921 (2006)
- [11] Grandjean, E.: Biologische Gesichtspunkte zur Luftfeuchtigkeit, ETH Zürich
- [12] Baron, P.: Generation and behavior of airborne particles (aerosols), Aerosol 101 (National Institute of occupational safety and health, USA)
- [13] Steiner, R.: Adiabate Luftbefeuchtung in Theorie und Praxis, TAB 10/2006
- [14] Steiner, R.: Luftbefeuchtung – adiabate oder mit Dampf, TAB 03/2007
- [15] Bremer, C.: Planungskriterien für die Luftbefeuchtung: Regelung, Condair GmbH 03/2014 (4. Auflage)

## Condair GmbH

### Regionalcenter **Süd**

Parkring 3  
D-85748 Garching-Hochbrück  
Tel. +49 (0) 89 207 008-0  
Fax +49 (0) 89 207 008 140

### Regionalcenter **Südwest**

Waldburgstraße 17-19  
D-70563 Stuttgart  
Tel. +49 (0) 711 78 87 94-3  
Fax +49 (0) 711 78 87 94 48

### Regionalcenter **Mitte**

Nordendstrasse 2  
D-64546 Mörfelden-Walldorf  
Tel. +49 (0) 6105 943 52-0  
Fax +49 (0) 6105 943 52 40

### Regionalcenter **West**

Wiesenstraße 70A  
D-40549 Düsseldorf  
Tel. +49 (0) 211 69 07 57-0  
Fax +49 (0) 211 69 07 57 50

### Regionalcenter **Nord**

Karl-Wiechert-Allee 1c  
D-30625 Hannover  
Tel. +49 (0) 511 56 35 97-70  
Fax +49 (0) 511 56 34 01

### Regionalcenter **Ost**

Boyenstr. 41  
D-10115 Berlin  
Tel. +49 (0) 30 55 67 09-0  
Fax +49 (0) 30 55 67 09 11

### Condair **Österreich**

Perfektastraße 45  
A-1230 Wien  
Tel. +43 (0) 1 60 33 111-0  
Fax +43 (0) 1 60 33 111 399