



Der Aerosolnebel, den ein adiabates Befeuchtungssystem erzeugt hat, vermischt sich durch die Verwirbelungselemente (Vortex-Module) auf kurzer Befeuchtungsstrecke mit der Kanalluft.

Bild: HygroMatik

## 40 Prozent oder mehr

**RAUMLUFTFEUCHTE: EINE OFT UNTERSCHÄTZTE GRÖSSE** Dass das Innenraumklima erheblichen Einfluss auf das Wohlbefinden hat, wird wohl kaum jemand bestreiten. Dennoch erhält die Bedeutung einer ausreichend hohen Raumluftfeuchte bisher nicht die erforderliche Aufmerksamkeit. Doch es gibt Anstrengungen, für die Problematik zu sensibilisieren und Hindernisse aus dem Weg zu räumen. Dazu gehören Informationen, wie wichtig die Luftfeuchte ist und welche Systeme für die Luftbefeuchtung eingesetzt werden können. Hendrik Paulsen

□ Nicht erst seit der Fridays-for-Future-Bewegung sind die Themen Klimaschutz, Nachhaltigkeit und Ressourceneffizienz in aller Munde. Sie betreffen neben den Betrachtungen, wie wir unseren Planeten an nachfolgende Generationen übergeben wollen, auch die Klima- und Lüftungstechnik. Weil wir die überwiegende Zeit unseres Lebens in geschlossenen Räumen verbringen, kommt auch dem Innenraumklima eine nicht zu vernachlässigende Bedeutung zu.

„Alles nichts Neues“ mag man nun denken – doch die Praxis zeigt, dass es hier durchaus noch Verbesserungspotenzial gibt. Die „Frische und Qualität“ der Innenraumluft leistet einen entscheidenden Beitrag zum Wohlbefinden der Gebäudenutzer, das ist unbestritten. Für Techniker drückt sich dies u.a. im Verhältnis von Sauerstoff- zu Kohlenstoffdioxid-Gehalt aus.

Dass die Temperatur einen entscheidenden Einfluss auf das Wohlbefinden hat, leuchtet ebenfalls sofort ein. Da Wärme eine herausragende Rolle spielt und Energieeffizienz das

Gebot der Stunde ist, wurde in den vergangenen Jahren sehr viel im Bereich der Fassadendämmung unternommen, um die Wärme möglichst lange im Gebäude halten zu können. Und doch – ein entscheidender Aspekt der Innenraumluftqualität ist bislang unterrepräsentiert: die Luftfeuchtigkeit! Damit stellen sich zunächst zwei Fragen: Warum ist Luftfeuchte wichtig? Inwiefern und warum ist sie bei der Planung und Ausführung raumluftechnischer Anlagen unterrepräsentiert?

Die erste Frage lässt sich beantworten, indem man sich vergegenwärtigt, welche Folgen zu niedriger Luftfeuchte hat:

- erhöhtes Infektionsrisiko durch Austrocknen der Schleimhäute in Mund, Nase, Rachen, Hals und Augen sowie durch bessere Überlebenschancen für Bakterien und Viren,
- erhöhte Neigung zu unkontrollierten elektrostatischen Aufladungen und Entladungen,
- Staubbildung in der Luft,
- schlechtere Thermoregulation der Haut.



Beim Elektroden-Dampfluftbefeuchter wird an Elektroden, die in „normales Leitungswasser“ tauchen, eine Wechselspannung angelegt, um das Wasser zu erhitzen, bis es verdampft. In der Anschaffung sind sie kostengünstig, sie benötigen jedoch regelmäßige Wartung.



Widerstands-Heizkörper-Befeuchter arbeiten mit Heizspiralen. Der Anschaffungspreis ist zwar höher als beim Elektroden-Befeuchter, dafür ist eine genauere Regelung möglich. Wenn sie mit enthartetem oder vollentsalztem Wasser betrieben werden, ist zudem der Wartungsaufwand gering.

Bild: HygroMatik

Bild: HygroMatik

Umso erstaunlicher ist es, dass die Regulierung der Feuchte nur selten die gleiche Beachtung erfährt wie Temperatur, Schadstoff- und CO<sub>2</sub>-Gehalt.

### Ursachen für fehlende Luftbefeuchtung

Schätzungen des Fachverbands Gebäude-Klima e.V. (FGK) zufolge wird derzeit allenfalls jedes zwanzigste Lüftungsggerät mit Befeuchtungseinheit ausgeliefert. Damit erfüllen 95 % der raumluftechnischen Anlagen zumindest im Winter nicht in vollem Umfang die Anforderung, bestmögliche thermische Behaglichkeit und Luftqualität bereitzustellen.

Eine der Ursachen besteht darin, dass der Mensch keine direkte Sinneswahrnehmung für Luftfeuchte hat – anders als z.B. für Temperatur: Die meisten Menschen können eine Temperatur-Abweichung von ca. 1 K spüren, einen Unterschied von 1 g/kg absoluter oder von 10 % relativer Feuchte dagegen eher nicht. Wenn es zu warm oder zu kalt ist, wird das sofort festgestellt, während sich die Folgen zu trockener Luft erst nach einigen Stunden oder Tagen bemerkbar machen. Ein unmittelbarer Bezug zwischen Ursache und Wirkung fehlt also.

Ein weiterer Grund kann in der öffentlichen Wahrnehmung und häufig gezogenen Fehlschlüssen liegen: Wenn in den Medien von Feuchtigkeit im Zusammenhang mit Innenraumluft die Rede ist, geht es sehr oft um Feuchteschäden und Schimmelbildung. Dies ist umso bedauerlicher, als die Luftfeuchte primär nichts mit der Entstehung von Schimmel zu tun hat (s. auch Hugentobler: „Schimmel braucht Wasser, keine Luftfeuchtigkeit“, GEB 09-2017, **WEBCODE 781253**).

Hinzu kommt, dass Effizienz nicht nur für den Verbrauch natürlicher Ressourcen angestrebt wird, sondern auch bei den Kosten. Es wird gespart, wo es nur geht. Weil die Befeuchtung mit einem gewissen Energiebedarf einhergeht, haben viele Planer und Investoren die Befürchtung, dass sie zu hohe Betriebskosten verursachen könnte – und verzichten damit zulasten der Bewohner oder Nutzer auf den Wert und die Vorteile einer optimalen Innenraumluftqualität mit geregelter Luftfeuchte.

Man sollte aber nicht den Fehler machen, die Energiekosten für den Betrieb eines Befeuchters 1:1 auf die Gesamtenergie-

kosten „draufzuschlagen“, denn mit erhöhter Luftfeuchtigkeit nehmen wir Temperaturen als wärmer wahr. Bei sehr geringer Feuchte neigen die Nutzer oft dazu, die Heizung entsprechend höher zu drehen als bei korrekter Feuchte. Die vermeintlich eingesparte Energie für den Befeuchter wird also teilweise in die Heizkosten gesteckt.

### Absolute und relative Luftfeuchte

Wichtig ist, zwischen absoluter und relativer Luftfeuchte zu unterscheiden. Die absolute Luftfeuchte gibt den tatsächlichen Gehalt von Wasser in der Luft an, in der Regel in g/kg, also Gramm (Wasserdampf) pro Kilogramm (trockener Luft). Entscheidend für das Wachstum von Bakterien und Keimen, für die Austrocknung der Schleimhäute sowie für die Staubbildung und die elektrostatische Aufladung ist jedoch die relative Luftfeuchte, die als dimensionslose Verhältniszahl in Prozent angegeben wird. Sie gibt den Sättigungsgrad der Luft mit Feuchtigkeit an, beschreibt also das Verhältnis der in der Luft aktuell vorhandenen Feuchtigkeitsmenge zur maximal von der Luft aufnehmbaren Feuchtigkeitsmenge. Die Menge der Feuchtigkeit, die von der Luft aufgenommen werden kann, hängt entscheidend von der Lufttemperatur ab. Je wärmer die Luft ist, desto mehr Feuchtigkeit kann sie aufnehmen.

Diesen Zusammenhang, der nicht linear, sondern exponentiell verläuft, verdeutlicht das folgende Beispiel: Bei einer Temperatur von -8 °C ist mit einem Wassergehalt von ca. 2 g/kg

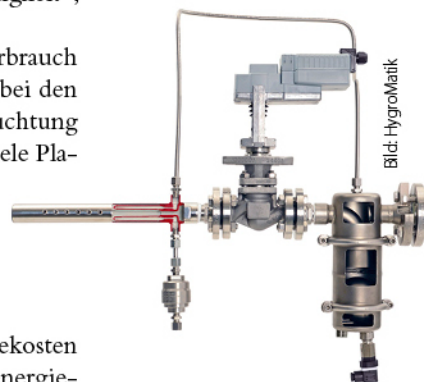


Bild: HygroMatik

Druckdampfanlagen komprimieren den Wasserdampf und leiten ihn über motorgetriebene Ventile kontrolliert in die Lüftungsanlage. Der Investitions- und Betriebsaufwand für die Druckdampferzeugung ist relativ hoch, die Befeuchtereinheit selbst ist dagegen wartungsarm und gerade bei großen Leistungen vergleichsweise günstig, wenn im Gebäude ohnehin eine Druckdampfanlage benötigt wird.



Bild: HygroMatik

Die Dampfluftbefeuchter der Serie HygroMatik FlexLine gibt es als Elektroden- oder Heizkörper-Dampfluftbefeuchter. Mit sechs Gerätegrößen decken sie Dampfleistungen von 3 bis 130 kg/h ab.

die Sättigungsgrenze erreicht, das heißt die relative Luftfeuchte beträgt 100 %. Steigt die Temperatur auf 20 °C, erhöht sich die Sättigungsgrenze auf fast 15 g/kg, bei 30 °C wird für eine relative Feuchte von 100 % ein Wassergehalt von ca. 27 g/kg benötigt.

Dies erklärt auch, warum gerade im Herbst und Winter die Innenraumluft häufig zu trocken ist, obwohl das Wetter draußen als feucht und neblig wahrgenommen wird. Wie oben beschrieben hat an einem Tag mit -8 °C und einer Luftfeuchte von 100 % die Außenluft einen Wassergehalt von ca. 2 g/kg. Wird diese Luft mittels Heizregister (ohne Auffeuchtung) auf 22 °C erwärmt, sinkt bei unveränderten 2 g/kg die relative Feuchte auf ca. 12 %. Die Luft ist dann viel zu trocken für ein angenehmes und gesundes Innenraumklima.

### Empfohlene Untergrenze für gesundes Raumklima

Bevor die Atemluft die Lunge erreicht, muss sie durch die vorgelagerten Schleimhäute auf 100 % aufgefuechtet werden. Je trockener die Luft ist, umso mehr werden die Schleimhäute beansprucht – nicht nur im Mund-, Nasen- und Rachenbereich. Das Gefühl trockener, rissiger Lippen oder brennender Augen werden die meisten schon einmal erlebt haben. Zu trockene Raumluft ist aber nicht nur für den Moment unangenehm, sie steigert auch die Wahrscheinlichkeit von Infektionskrankheiten erheblich (s. auch Hugentobler: „Wüstenklima im Büro“, GEB 01-2017, **WEBCODE 746224** und „Grippe-Alarm! Draußen zu kalt? Nein, drinnen zu trocken“, GEB 04-2017, **WEBCODE 761128**).

Erst bei einer Luftfeuchtigkeit von 35 bis 40 % oder mehr können diese negativen Effekte weitgehend ausgeschlossen werden. Da die relative Feuchte exponentiell mit der Temperatur korreliert und Temperaturschwankungen, etwa aufgrund geöffneter Fenster oder Türen, in der Praxis an der Tagesordnung sind, ist aus gesundheitlicher Sicht eine Mindestluftfeuchte von 40 % empfehlenswert.

### Technische Möglichkeiten für die Luftbefeuchtung

Der Markt bietet zwei Arten der Luftbefeuchtung, deren Funktionsweise sich grundsätzlich voneinander unterscheidet: die isotherme und die adiabate Befeuchtung. Beide gibt es als drucklose und als druckbehaftete Systeme.

#### Isotherme Luftbefeuchtung

Isotherm bedeutet „bei gleichbleibender Temperatur“ – hier wird im Befeuchter Wasser erhitzt, bis es verdampft. Dieser Dampf wird dann als Feuchtigkeit in die Lüftungsanlage eingebracht. Der Bezeichnung zum Trotz kann das Einbringen großer Dampfmengen in der Praxis eine leichte Temperaturerhöhung bewirken. Bei Komfortbefeuchtungen beschränkt sich diese Erwärmung aber in der Regel auf wenige zehntel Kelvin.

Die meisten Dampfluftbefeuchter werden mit elektrischer Energie beheizt, entweder mit Tauchelektroden oder mit Widerstands-Heizelementen.

Elektroden-Befeuchter sind für „normales Leitungswasser“ geeignet, das einen gewissen Anteil gelöster Mineralien und Salze enthält, sodass es mehr oder weniger leitfähig ist. An Elektroden, die in das Wasser tauchen, wird eine Wechselspannung angelegt. Sie versetzt die im Wasser befindlichen Elektroden in Bewegung und erzeugt dadurch Reibungswärme, die das Wasser erhitzt und schließlich verdampfen lässt. Elektroden-Befeuchter sind relativ kostengünstig in der Erstinvestition und robust. Allerdings benötigen sie je nach Wasserqualität eine oder mehrere Wartungen im Jahr, weil die Elektroden Verschleißteile sind und mit der Zeit abbrennen. Außerdem bleiben beim Verdampfen des Wassers die im Wasser gelösten Mineralien und Salze im Dampfzylinder zurück und müssen von Zeit zu Zeit entfernt werden.

Widerstands-Heizkörper-Befeuchter arbeiten dagegen mit einer oder mehreren Heizspiralen, wie man sie vom Tauchsieder kennt. Diese Geräte sind präziser zu regeln als Elektroden-Befeuchter. Weil sie kein leitfähiges Wasser benötigen, werden sie bevorzugt mit aufbereitetem Wasser (enthärtet oder vollentsalzt) betrieben, was einen nahezu wartungsfreien Betrieb ermöglicht. Allerdings liegt der Anschaffungspreis bei

### Fragen und Antworten zur Raumluftfeuchte

Der FGK hat den Status-Report 8 „Fragen und Antworten zur Raumluftfeuchte“ aktualisiert. Die Veröffentlichung enthält allgemeine Informationen zur Bedeutung der Raumluftfeuchte für den Menschen in Bezug auf dessen Gesundheit und Behaglichkeit. Außerdem werden Befeuchterarten vorgestellt und technische Lösungen mit Praxis-Beispielen veranschaulicht.

[www.bit.ly/geb1637](http://www.bit.ly/geb1637)



Bild: FGK



gleicher Leistung um ca. 30 bis 50 % über dem Preis für einen Elektroden-Befeuchter.

In puncto Stromverbrauch unterscheiden sich diese beiden Varianten übrigens nicht, hier wie dort gilt die Physik, die besagt, dass für die Umwandlung von stündlich 1 l Wasser mit 20 °C in Dampf mit 100 °C rechnerisch ca. 700 W benötigt werden, wobei Verluste durch Wärmeabstrahlung und Kondensat noch nicht berücksichtigt sind. So hat z.B. ein elektrischer Dampfluftbefeuchter mit einer Leistung von 30 kg/h einen elektrischen Leistungsbedarf von ca. 22 kW, der bei der Dimensionierung der bauseitigen Zuleitungen durchaus Beachtung erfordert.

Neben den weit verbreiteten elektrischen Dampfluftbefeuchtern gibt es im isothermen Bereich auch gasbeheizte Geräte. Weil der technische Aufwand für die Herstellung und die Installation der Komponenten erheblich höher ist, lohnen sie sich eher bei Dampfleistungen von mehr als 100 kg/h. Finanziell sind sie umso interessanter, je größer die Differenz zwischen Strom- und Gaspreis ist.

Während die beschriebenen Systeme praktisch drucklos arbeiten, gibt es auch Befeuchtungen mit Druckdampf. Hier wird in einer zentralen Anlage der entstehende Dampf komprimiert und über motorgetriebene Ventile kontrolliert in die Lüftungsanlage geleitet. Diese Systeme werden primär dann verwendet, wenn ohnehin eine Druckdampfanlage für weitere Anwendungen benötigt wird, etwa zum Heizen, Sterilisieren oder als Prozessdampf. Dann ist die zusätzliche Nutzung für die Befeuchtung oftmals die einfachste und günstigste Möglichkeit, insbesondere bei hohem Befeuchtungsbedarf. Den Investitions-, Prüfungs- und Betriebsaufwand einer Druckdampfanlage ausschließlich für die Luftbefeuchtung zu treiben, lohnt sich kaum.

### Adiabate Luftbefeuchtung

Statt wie bei der isothermen Befeuchtung Wasser zu verdampfen, wird es bei adiabaten Systemen zerstäubt und verdunstet. In aller Regel ist dafür aufbereitetes Wasser erforderlich.

Auch hier gibt es drucklose und druckbehaftete Systeme. Drucklos arbeiten beispielsweise Ultraschallvernebler: Im Boden eines Tanks eingebaute Ultraschallgeber lösen von der darüber befindlichen Wasseroberfläche mikrofeine Aerosole mechanisch ab, die dann mittels Gebläse hinausbefördert werden. Eine typische Anwendung hierfür sind Befeuchtungsanlagen in der Obst- und Gemüseabteilung von Supermärkten.

Vorteile dieser Geräte sind neben dem geringen Stromverbrauch das niedrige Geräuschniveau und die sehr feinen Aerosole. Nachteilig ist der Platzbedarf für größere Leistungen und der hohe Preis im Verhältnis zur Befeuchtungsleistung.

**Hochdrucksysteme (links) und Niederdrucksysteme (rechts) pressen mit einer Pumpe Wasser durch feine Düsen, sodass ein dichter Aerosolnebel entsteht. Die winzigen Tröpfchen verdunsten im Luftstrom. Bei Hybridbefeuchtern wird die Luft über einen Verdunstungskörper geführt.**

Der Aerosolabscheider filtert am Ende der Befeuchtungsstrecke Aerosolpartikel aus dem Luftstrom. Auch wenn adiabate Systeme eine Wasseraufbereitung erfordern, sind sie für hohe Befeuchtungsleistungen oft wirtschaftlicher als isotherme Systeme.

Bild: HygroMatik



Außer der Befeuchtung, die vor allem im Winter benötigt wird, kann bei adiabaten Systemen im Sommer die Verdunstungskühlung genutzt werden. Um im Winter diese Kühlung auszugleichen, muss bei der Lüftungsanlage die entsprechende Vorerwärmung oder Wärmerückgewinnung eingeplant werden.



Bild: HygroMatik

Eine untergeordnete Rolle im drucklosen Bereich spielen so genannte Zentrifugal-Zerstäuber, bei denen Wasser mit einer rotierenden Zahnscheibe zerstäubt wird, ebenso wie im druckbehafteten Bereich die Zweistoffdüsen, bei denen Wasser mit Hilfe von Druckluft zerstäubt wird.

Durchgesetzt haben sich Hochdruck-, Niederdruck- und Hybridbefeuchtersysteme. Mit einer Pumpe pressen sie (in der Regel aufbereitetes) Wasser durch feine Düsen, sodass ein dichter Aerosolnebel entsteht. Im Verhältnis zu ihrem Volumen haben diese winzigen Tröpfchen eine große Oberfläche. Sie verdunsten entweder sehr schnell im Luftstrom oder – bei Hybridbefeuchtern – nach dem Auftreffen auf einen nachgeschalteten Verdunstungskörper. Bestehend ist der geringe elektrische Energiebedarf dieser Systeme. Mehr als 100 kg/h Befeuchtungsleistung können mit einer elektrischen Anschlussleistung von weniger als 1 kW realisiert werden. Die Physik lässt sich aber auch hier nicht überlisten: Die für die Verdunstung erforderliche Energie wird dem Luftstrom in Form von Wärme entzogen. Diesen adiabaten Effekt der Verdunstungs-„Kälte“ kennt jeder, der nach dem Baden am Strand einmal mit nasser Haut im Wind stand ...

Dementsprechend muss bei der Lüftungsplanung immer berücksichtigt werden, dass eine adiabate Befeuchtung auch gleichzeitig eine Kühlung bewirkt, die ggf. durch eine stärkere Vorerwärmung oder Wärmerückgewinnung auszugleichen ist.

Adiabate Systeme sind besonders interessant, wenn sie nicht nur für die Befeuchtung im Winter, sondern mittels Wärmetauscher auch zur Abluftkühlung im Sommer genutzt werden.

### Kriterien für die Auswahl des Systems

Zahlreiche Faktoren beeinflussen die Gesamtkostenbetrachtung, sodass eine eindeutige Empfehlung immer von den spezifischen Gegebenheiten abhängt.

Bei einem Befeuchtungsbedarf unter 40 kg/h ist ein isothermes Befeuchtungssystem meist günstiger, da die geringeren Betriebskosten der Adiabatik kaum den höheren Anfangsinvest ausgleichen können.

Sollten hingegen über 100 kg/h benötigt werden, ist ein adiabates System oft insgesamt wirtschaftlicher, selbst wenn dann eine Wasseraufbereitung nötig ist.

Innerhalb des isothermen Bereichs hängt die Entscheidung Heizkörper oder Elektrode vor allem von der Wasserqualität und den Anforderungen an das System ab. Für eine einfache Komfort-Befeuchtung mit Trinkwasseranschluss genügt die Elektrode völlig. Regelmäßige Wartung, je nach Wasserhärte auch mehrmals im Jahr, ist dann erforderlich. Geht es hingegen um eine

besonders präzise Befeuchtung oder steht die Wartungsarmut im Vordergrund und aufbereitetes Wasser zur Verfügung, ist der Befeuchter mit Heizkörper das Gerät der Wahl.

### Rolle der Befeuchtung in der Raumluftechnik

Abseits der geringen Verbreitung von Befeuchtungsanlagen in der Raumluftechnik gibt es große Unterschiede zwischen Wohn- und Nichtwohngebäuden. Außer den Prozessanwendungen, bei denen eine Befeuchtung nötig ist, werden durchaus auch etliche Tagungs-, Konferenz- und Büroräume mit Befeuchtungsanlagen ausgestattet, da ein gesundes Raumklima helfen kann, den Krankenstand zu minimieren und damit die Produktivität zu erhöhen.

Im Bereich der Wohngebäude wird hingegen – wenn überhaupt – nur im gehobenen Segment nach einer Befeuchtung gefragt, z.B. um wertvolles Interieur wie Antiquitäten, Möbel, Kunstgegenstände oder Musikinstrumente vor dem Austrocknen zu schützen. Gründe dafür, dass so wenige Lüftungsanlagen mit einer Befeuchtung ausgestattet sind, wurden ja bereits genannt. Gerade im Wohnbereich wird beispielsweise durch Wäschetrocknen, Wasserverdunster und weitere vermeintlich einfache Methoden versucht, die Luft im Winter zu befeuchten. Diese „ungeregelten“ Maßnahmen führen jedoch oft zu Problemen wegen zu hoher Luftfeuchtigkeit und mangelhafter Hygiene.

Während wir am fehlenden Sinn für Feuchtigkeit nichts ändern können, lassen sich die übrigen Hindernisse durch Interesse und Recherche seitens der am Bau beteiligten Parteien verringern. Hierbei helfen Veröffentlichungen der Lüftungs-, Klima-, Kältebranche und der Fachmedien. Weitergehende Informationen bieten beispielsweise die vom Fachverband Gebäude-Klima betriebene Website [www.mindestfeuchte40.de](http://www.mindestfeuchte40.de) und der FGK Status-Report 8 (s. Infokasten „Fragen und Antworten zur Raumlufffeuchte“).

### Dipl.-Ing. (FH) Hendrik Paulsen

ist seit 2013 bei der HygroMatik GmbH in Henstedt-Ulzburg als Vertriebsleiter verantwortlich für Deutschland, Österreich und Norditalien und leitet darüber hinaus seit 2018 als Vorsitzender die Arbeitsgruppe „Luftbefeuchtung“ im herstellerübergreifenden Fachverband Gebäude-Klima e. V. (FGK).

[www.hygroamatik.de](http://www.hygroamatik.de), [www.fgk.de](http://www.fgk.de)



Bild: HygroMatik