

Anwendungsbezogene und technologische Betrachtungen zum Thema

Luftbefeuchtung

Hans-Joachim Socher, Garching-Hochbrück

Dort, wo sich Menschen längere Zeit in geschlossenen Räumen aufhalten, sollte ein angenehmes Raumklima herrschen. Wie dieses Raumklima sein soll, damit sich der Mensch behaglich fühlt, ist in der DIN 1946, Teil II, „Raumluftechnik, Gesundheitstechnische Anforderungen“ genau definiert. Hierin steht geschrieben: „Die Behaglichkeit ist wechselseitig beeinflusst durch den individuellen Zustand des Menschen, die geistige und/oder körperliche Tätigkeit und die Bekleidung (psychisches und physisches Allgemeinbefinden)“.

Im ersten Abschnitt dieses Grundlagenbeitrags über die Luftbefeuchtungstechnologie wird auf die Einflußgrößen für die Behaglichkeit des Menschen in Gebäuden hingewiesen, ehe anschließend auf einige Anwendungsfälle sowie die in der Praxis eingesetzten Systemtechnologien eingegangen wird.

Was ist behaglich?

Zu den Einflußgrößen für die Behaglichkeit zählen vor allem die Lufttemperatur, die Luftfeuchte, die Luftgeschwindigkeit, die Lüfterneuerung, die Reinhaltung der Luft und die Geräusche.

zum Autor

**Dipl.-Ing.
Hans-Joachim
Socher,**
Geschäfts-
führung, Axair
GmbH & Co. KG,
Garching-
Hochbrück



Thermische Behaglichkeit ist gegeben, wenn der Mensch mit der Temperatur, der Feuchte und der Luftbewegung in seiner Umgebung zufrieden ist und weder wärmere noch kältere, weder trockenere noch feuchtere Raumluft wünscht (Behaglichkeitszustand).

Eine weitgehend ausreichende Temperaturregelung ist heute durch individuell einstellbare Heizkörper-Thermostatventile zu Hause und im Büro bereits gegeben.

Luftbefeuchter sorgen jedoch nur in etwa 3 % aller Arbeits- und Aufenthaltsräume (lt. Stiftung Warentest) für ausreichende Luftfeuchte. Diese Zahl zeigt einerseits, welch großer Markt hier abgedeckt werden kann, andererseits erkennt man, daß noch viel Aufklärungsarbeit auf diesem Gebiet notwendig ist.

Luftfeuchte aus medizinischer Sicht

Namhafte Mediziner und Wissenschaftler haben sich des Themas Luftbefeuchtung bereits angenommen und in ihren Untersuchungen festgestellt, daß eine Anzahl von Beschwerden und Krankheiten auf zu trockene Raumluft zurückzuführen ist.

Prof. Dr. E. A. Schnieder, Chefarzt der HNO-Abteilung des Städtischen Krankenhauses Solingen, erläuterte z. B., daß die Anfälligkeit für eine „Erkältung“ bei trockener Umgebungsluft ansteigt. Die lufthaltigen Hohlräume im menschlichen Körper stehen ständig in Verbindung mit der Außenluft und bieten den Mikroorganismen eine feuchtigkeitsgesättigte, körperwarme Atmosphäre und somit ideale Wachstumsbedingungen. Trotzdem haben diese Keime normalerweise keine Chance sich anzusiedeln oder zu vermehren. Sämtliche lufthaltigen Körperhöhlen sind mit feinsten Haaren, dem sogenannten Flimmerepithel auf der Schleimhaut ausgestattet. Das Epithel hat die Aufgabe, den Schleim mit dem darin abgefangenen Staub, den Bakterien und den Viren wieder mundwärts zu befördern und dadurch unschädlich zu machen. Dieser Transport funktioniert jedoch nur bei einer 100 % relativen Luftfeuchte in den Körperhöhlen. Diese hohe Feuchtigkeitskonzentration kann aber nur gehalten werden, wenn die Umgebungsluft eine entsprechend hohe relative Luftfeuchte aufweist. Bei einer Luftfeuchte von unter 30 % r. F. können die Schleimhäute ihr Feuchtigkeitsdefizit nicht mehr decken, beginnen auszutrocknen und bieten den krankheitserregenden Keimen die beste Möglichkeit, sich weiter auszubreiten. Aus diesem Grund wird von hygienischer Seite eine relative Luftfeuchte von 40 bis 60 % empfohlen.

Anwendungsfälle

Druckgewerbe

Jedoch nicht allein der Mensch leidet an trockener Luft, sondern auch die ihn umgebenden Materialien. In der Druckindustrie steht das Papier im Mittel-

punkt der Bearbeitung. Es muß transportiert, gefalzt, geschnitten, sortiert, bedruckt, getrocknet und angewendet werden. Dies sind alles Arbeitsvorgänge, die maschinell mit höchster Durchlaufgeschwindigkeit erfolgen. Papier besteht in seinen Hauptbestandteilen aus pflanzlichen Fasern in Form von Zellstoff oder Holzschliff, die sehr hygroskopisch sind. Das bedeutet, Papier nimmt in Abhängigkeit der Umgebungsluftfeuchte Wasser auf, oder gibt Wasser ab. Dabei verändert das Papier seine Eigenschaften und bereitet der maschinellen Bearbeitung zahlreiche Schwierigkeiten. So ändert beispielsweise je nach Feuchtigkeitsaufnahme das Papier seine Größe und bereits eine Feuchtigkeitsveränderung von 10 % bewirkt eine Längenveränderung von 1 bis 2 mm bei einer Papierbreite von 1 m. Hierdurch sind Passerdifferenzen unausbleiblich.

Textil- und Holzindustrie

Bereits unsere Urgroßväter schätzten die hochwertigen Wollstoffe die aus England kamen. Die Textilindustrie der Insel war weltweit berühmt. Ein wesentlicher Grund ist die klimatisch bedingte hohe Luftfeuchte, die für Prozesse der Textilindustrie, wie Spinnen, Weben, Zwirnen, Garnvorbereitung, von Wichtigkeit ist. Eine einwandfreie Verarbeitung setzt nämlich voraus, daß das Material eine optimale Eigenfeuchte besitzt und diese auch während des Verarbeitungsprozesses erhalten bleibt. Die Elastizität eines Wollfadens beispielsweise ist bei 70 % relativer Raumfeuchte um 15 % höher als bei 60 % r. F. und ermöglicht somit höhere Verarbeitungsgeschwindigkeiten.

In der Holzindustrie wird eine relative Luftfeuchte von 50 bis 60 % in Produktions- und Lagerräumen verlangt. Dabei beträgt der ideale Wassergehalt des Holzes zur Verarbeitung 9 bis 12 Gew.-%.

Wird Holz längere Zeit niedrigerer Feuchte ausgesetzt, so treten in der Verarbeitung Schäden wie Lösen von Verbindungsfugen, Aufreißen von Furnieren, Verziehen von Einzelteilen auf usw.

EDV

Aber nicht nur Industriezweige mit Tradition, sondern auch modernste technische Prozesse können nur innerhalb einer befeuchteten Atmosphäre ablaufen. Ein Beispiel hierfür ist die Datenverarbeitung.

Zum einwandfreien Betrieb von Magnetbändern und Speicherplatten muß die statische Aufladung vermieden werden. Computerhersteller verlangen deshalb eine relative Feuchte von mindestens 45 %.

Die Aufzählung der Branchen, in welchen die Befeuchtung für die Fertigung einen hohen Stellenwert einnimmt, ließe sich endlos erweitern. Die wichtigsten Anwendungsgründe sind an Hand weniger Beispiele genannt worden.

Verdunsten, Verdampfen oder Zerstäuben

Die Technik hat im Prinzip drei Möglichkeiten, um Wasser in flüssiger Form für Befeuchtungszwecke in den gasförmigen Zustand zu versetzen. Man kann Wasser verdunsten lassen, es verdampfen oder zerstäuben. Jedes Mal muß hierzu die Gerätetechnik die physikalischen Möglichkeiten optimal nutzen.

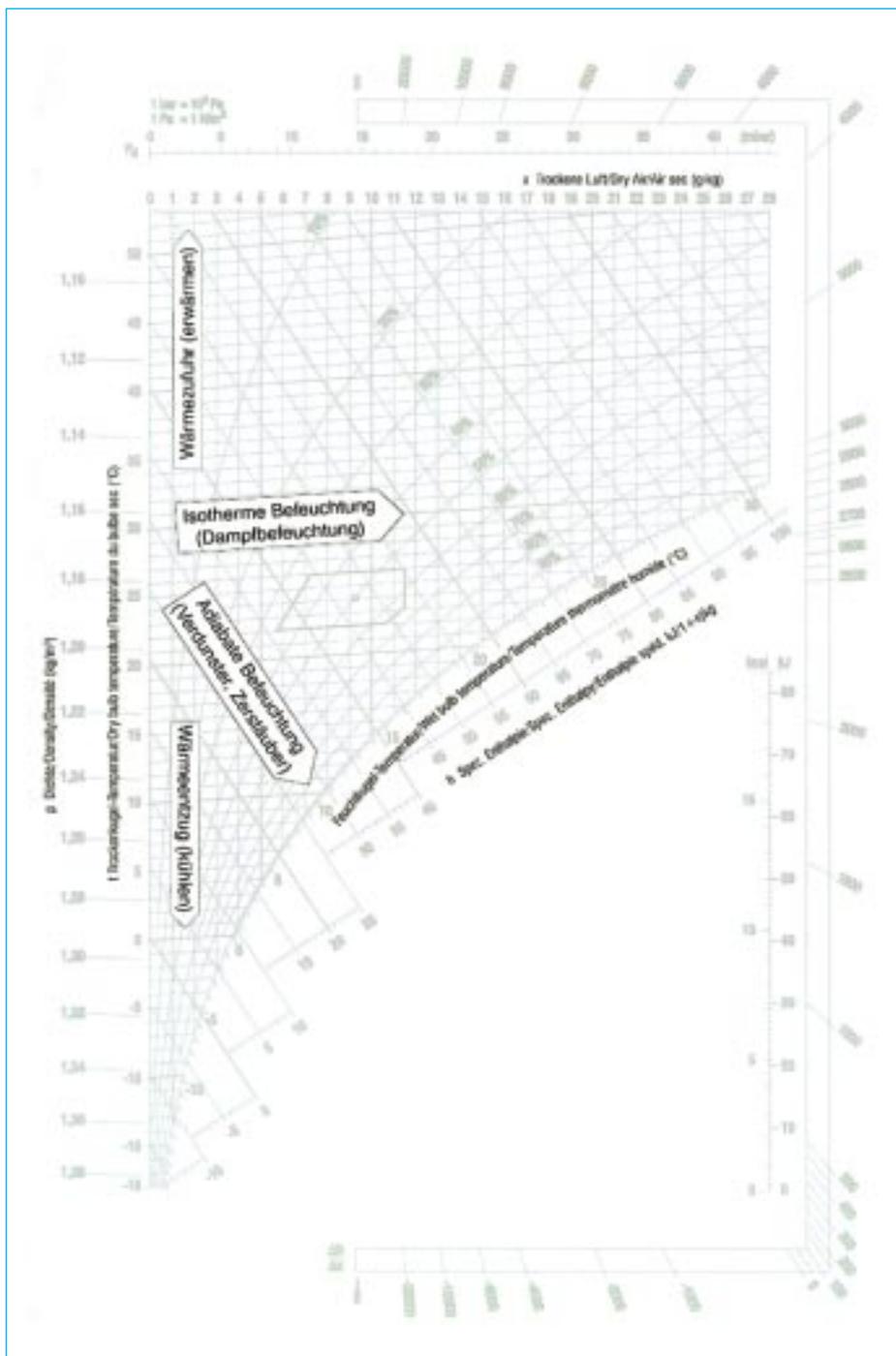


Bild 1 h,x-Diagramm

Verdunsten

Physikalisch betrachtet, erfolgt eine Verdunstung bei Berührung von Luft mit einer möglichst großen Wasseroberfläche. Die Lufttemperatur ist im allgemeinen höher als die Wasseroberflächentemperatur. Der Verdunstungsvorgang ist daher eine Kombination von Stoff- (Wasserdampf) und Wärmeübertragung. Der Wärmeinhalt der Luft wird auf das Wasser übertragen. An der Grenzschicht Luft-Wasseroberfläche herrscht Sättigungszustand (100 % r. F.). Wenn in der Raumluft ein niedrigerer Wasserdampfpartialdruck vorliegt, als an der Grenzschicht Wasser – Luft, wandert durch dieses Druckgefälle Wasserdampf in die Luft. Rein physikalisch können mit Verdunsten 55 % r. F. erreicht werden. Durch Erwärmen des Wassers sind höhere Raumfeuchten möglich. Beim Verdunstungsvorgang wird der Raumluft, die für den Phasenwechsel des Wassers vom flüssigen in den gasförmigen Zustand notwendige Energie entzogen. Die Luft kühlt sich deshalb ab. Der Vorgang verläuft im h,x-Diagramm parallel zu den Adiabaten (Bild 1).

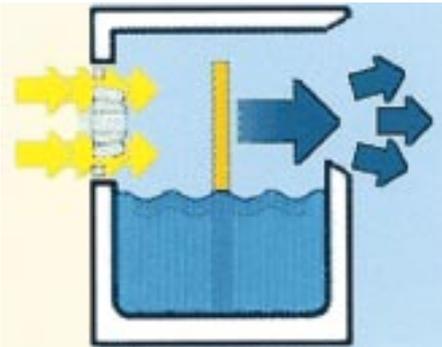


Bild 2 Prinzipdarstellung des Verdunstens

Der Abkühleffekt ist am eigenen Körper immer dann spürbar, wenn man nach dem Schwimmen aus dem Wasser steigt. Das am Körper haftende Wasser verdunstet und verursacht ein Kältegefühl. Das Kältegefühl steigert sich mit zunehmender Luftbewegung, d. h. die Verdunstung nimmt zu. In der Befeuchtungstechnik wird dieses Erkenntnis ausgenutzt. Es werden Geräte konstruiert mit einer großen Verdunstungsfläche, zusammen mit einem darauf abgestimmten Lüfter.

Verdampfen

Physikalisch betrachtet beginnt eine Verdampfung, wenn Wasser auf die zum Druck gehörende Siedetemperatur erwärmt wird. Durch geringfügige Überhitzung erfolgt die Verdampfung an der Oberfläche der Dampfblasen im Inneren der Flüssigkeit. Da Wasserdampf bereits gasförmig ist, läßt er sich relativ problemlos mit Luft vermischen.

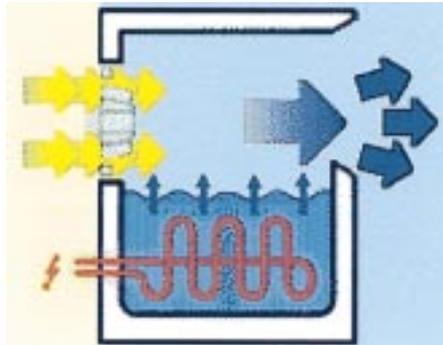


Bild 3 Prinzipdarstellung des Verdampfens

In den häufigsten Fällen arbeiten Dampfbefeuchter im Sattdampfgebiet. Da Dampf der Luft keine Wärme für einen notwendigen Phasenwechsel entziehen muß, sondern diese Energie bereits durch Beheizung mit Strom, Öl oder Gas extern erhalten hat, erfolgt die Befeuchtung nahezu auf gleichem Temperaturniveau (siehe hierzu Bild 1). Für die Dampferzeugung sind der Energieeinsatz für die Erwärmung bis zum Siedepunkt (419 kJ/kg) und zusätzlich der Energieeinsatz für die Umwandlung des siedenden Wassers von 100 °C (flüssig) in Dampf von 100 °C (gasförmig) (2258 kJ/kg) notwendig. Die für die Umwandlung notwendige Wärme nennt man Verdampfungswärme. Während des Phasenwechsels ist trotz Wärmezufuhr keine Temperaturerhöhung meßbar. Der Dampf hat anschließend einen Wärmeinhalt von 2677 kJ/kg. Da sich der Dampf diese Wärmeenergie nicht aus der Umgebung holen muß, ist bei seiner Verwendung für Befeuchtungszwecke keine Abkühlung der befeuchteten Luft spürbar. Die Befeuchtung erfolgt isotherm. Um Dampf für Befeuchtungszwecke verwenden zu können, werden Geräte mit entsprechender Technik entwickelt.

Diese Dampfluftbefeuchter werden in zwei Gruppen eingeteilt:

1. Geräte zu Anschluß an ein vorhandenes Dampfnetz
 2. Geräte als Eigendampferzeuger
- Beide Systeme finden ihre Anwendung überwiegend in Gewerbe und Industrie.

Zerstäuben

Die Aufgabe des Zerstäubens ist es, Aerosole zu erzeugen. Aerosole sind kleinste Wasserteile, die nicht größer als 0,005 mm sind. Da die Oberfläche eines Aerosols im Vergleich zu seinem Gewicht sehr groß ist, ist es besonders gut schwebefähig.

Ein Nebelteilchen mit einem Durchmesser von 1/1000 mm hat eine Fallgeschwindigkeit von nur etwa 10 cm pro Stunde. Sehr kleine Aerosolteilchen (unter 1/1000 mm Durchmesser) weisen durch Luftmoleküle verursachte zickzackartige Bewegungen (Brown'sche Bewegung) auf. Dadurch verteilen Sie sich im Raum und füllen ihn völlig aus. Die beim Zerstäuben auftretende sehr große Oberfläche der Aerosole begünstigt den Stoff- und Wärmeübergang, so daß das Wasser in sehr kurzer Zeit gasförmig wird. Durch Partialdruckunterschiede vom Wasserdampf zur Luft diffundiert an der Grenzschicht der Wasserdampf von der Wasseroberfläche weg zur Luft bzw. Luft in entgegengesetzter Richtung zur Grenzschicht des Wassertropfens. Für diese entgegengesetzt verlaufenden Diffusionsvorgänge

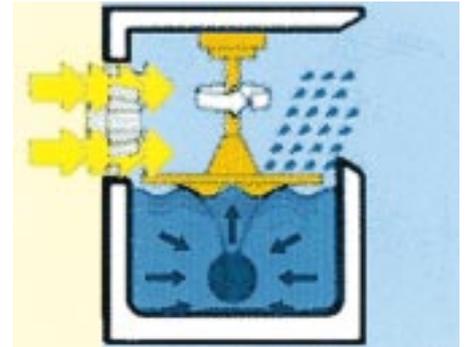


Bild 4 Prinzipdarstellung des Zerstäubens

ist eine, möglichst turbulente, Luftbewegung notwendig. Durch die Luftbewegung wird der Stoffaustausch beschleunigt und die Verdunstungsstrecke wesentlich verkürzt. Thermisch geschieht das gleiche, wie bei der Verdunstung beschrieben. Für die Verdunstung der Aerosole wird sensible (spürbare) Wärme aus der Luft benötigt. Im h,x-Diagramm erfolgt die Zustandsänderung adiabatisch, d. h. der Wärmeinhalt der Luft bleibt erhalten, die Temperatur erniedrigt sich jedoch (Bild 1). Die Anwendungstechnik hat verschiedene Methoden der Aerosolherstellung entwickelt.

Man unterscheidet:

1. Scheibenzerstäuber
2. Sprühdüsen

Zerstäuber werden überwiegend in der Industrie verwendet.

Luftbefeuchtungsgeräte für Gewerbe und Industrie

Gewerbe und Industrie benötigen Luftbefeuchtungsgeräte mit einer großen Leistungsfähigkeit, einer möglichst vollautomatischen Betriebsweise und einem geringen Wartungsaufwand. Man unterscheidet zwischen der direkten Raumbefeuchtung und der Befeuchtungseinrichtung als Komponente einer Lüftungs- und Klimaanlage.

Wird das Luftbefeuchtungsaggregat zur direkten Raumbefeuchtung eingesetzt, so hat es zusätzlich zu der Befeuchtungsaufgabe die Aufgabe des Lufttransportes und zweckmäßigerweise der Luftfilterung zu erbringen. In einer Klimaanlage erfüllen andere Baukomponenten diese Aufgaben. In Gewerbe und Industrie werden vor allem Dampf-Luftbefeuchter und Zerstäuber eingesetzt.

Geräte zum Anschluß an ein vorhandenes Dampfnetz

Für Heiz- und/oder Produktionsprozesse wird häufig Dampf verwendet. Es liegt deshalb die Überlegung nahe, diesen auch für Befeuchtungszwecke zu verwenden.

Da der Dampf nach seiner Vermischung mit der Raumluft Teil der Atemluft wird, ist seine Reinheit wichtig. Industriedampf, der Hydrazin (Mittel zur Sauerstoffbildung um Korrosion zu verhindern) enthält, darf nicht verwendet werden, da es als krebserregend gilt. Um Dampf aus einer vorhandenen Anlage für die Befeuchtung zu entnehmen und geregelt in die Zuluft einer Klimaanlage zu bringen, hat die Klimaindustrie geeignete Aggregate entwickelt. Diese bestehen im wesentlichen aus einem Dampfverteilerrohr und einem Regelventil mit Stellantrieb. Die Aufgabe ist, den Dampf möglichst kondensatfrei, geregelt und über den gesamten Querschnitt eines Luftkanals in die Zuluft der Klimaanlage zu bringen. Hierzu wird

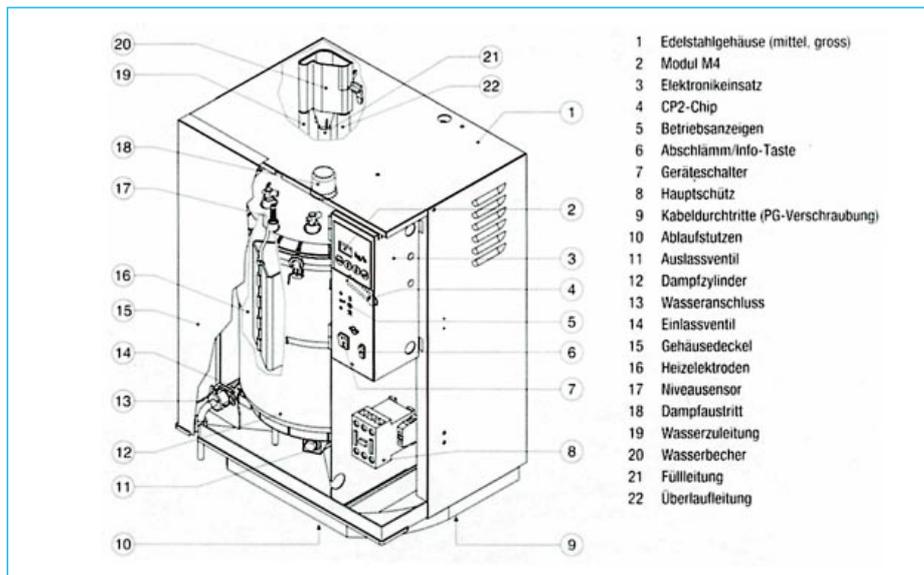


Bild 6 Eigendampferzeuger

der in das Befeuchterventil eintretende Dampf durch einen Schmutzfänger gereinigt. Anschließend wird der Dampf im Abscheideraum des Ventils vom Kondensat getrennt, welches über einen Kondensatableiter abfließt. Wenn die anfallende Kondensatmenge aus dem Dampfnetz die Abflußkapazität des Kondensatableiters übersteigt, dann wird die Schwimmerkugel weiter angehoben und betätigt einen Überflutungsschalter. Dieser bewirkt das sofortige Schließen des Regelventils, bevor Kondensat in das Dampfverteilerrohr und von hier aus in den Luftkanal fließen kann.

Bei normalem Betrieb wird der im Abscheideraum des Befeuchters getrocknete Dampf über das Ventil in der Menge geregelt, zum Dampfverteilerrohr strömen und gleichmäßig dem Luftstrom zugeführt werden. Das im Doppelmantelverteilerrohr entstehende Kondensat wird separat abgeleitet. Die Leistungen dieser Dampf-luftbefeuchter reichen bis 750 kg/h. Sie sind bei Dampfdrücken von 0,2 bis 4 bar Ü einsetzbar.

Geräte als Eigendampferzeuger Dampf-luftbefeuchtung

Dort, wo kein Dampf aus einem vorhandenen Dampfnetz für die Befeuchtung zur Verfügung steht, können Dampf-luftbefeuchter mit eigener Dampferzeugung eingesetzt werden. Diese Geräte werden elektrisch beheizt und mit Leistungen von 0,5 bis 80 kg/h gebaut. Die elektrische Leistungsaufnahme reicht bis 60 kW.

Eigendampferzeuger (Bild 6) benötigen einen Wasser-, Abwasser- und Stromanschluß, um vollautomatisch arbeiten zu können. Der Dampf wird mittels Elektroden oder Widerstandsheizkörpern erzeugt. Geräte mit Gitterelektroden haben sich auf dem Markt etabliert. Das über ein Magnetventil in einen Kunststoff-Dampfzylinder gespeiste Leitungswasser wird zwischen den Elektroden als elektrischer Heizwiderstand verwendet. Die elektrische Energie wird so im Wasser verlustfrei in Wärme umgesetzt.

Der erzeugte Dampf strömt durch den Dampf Schlauch zu einem Dampfverteilerrohr. Das Dampfverteilerrohr hat die Aufgabe, den Dampf im Luftkanal der Zuluft oder auf der Ausblasseite eines Ventilationsaggregates montiert, direkt der

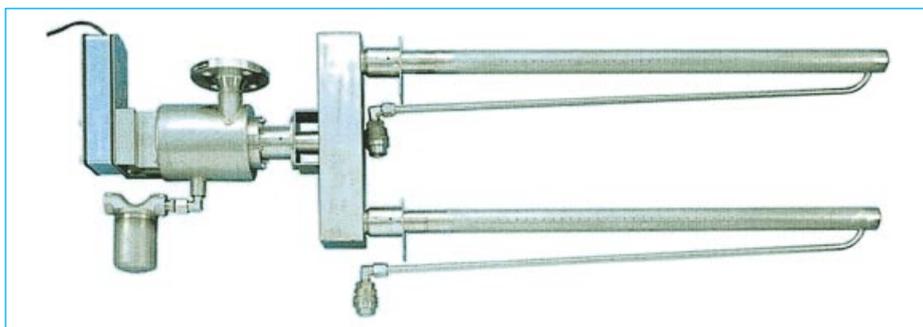


Bild 5 Dampflanze zum Anschluß an bestehende Dampfnetze

Raumluft zuzuführen. Das Elektrodenprinzip bietet die Vorteile der Betriebssicherheit (auch bei Wassermangel) und der stufenlosen Leistungsregulierung. Eine Regelelektronik überwacht und steuert ständig die Dampfleistung, den Wasserstand, Wasserzu- und -abfluß bzw. die Mineralienkonzentration. Die Mineralienablagerungen beginnen im Dampfzylinder von unten nach oben über den gesamten Querschnitt. Ist der Dampfzylinder erschöpft, so wird er je nach Befeuchterfabrikat, entweder geöffnet und mechanisch gereinigt oder ausgetauscht. Die Standzeiten der Dampfzylinder sind abhängig von der Gesamthärte des Wassers und der am Gerät eingestellten Dampfleistung.

Zerstäubungsbefeuchtung

Die Zerstäubungsbefeuchtung hat eine längere Tradition als die Dampfzylinderbefeuchtung. Bereits vor über 30 Jahren wurden Scheibenzerstäuber gebaut und bis heute in der Technik vervollkommen. Ein rotierender Saugstutzen hebt Wasser aus einem Wasserbecken auf die Oberflächen von mehreren übereinanderliegenden, schnell rotierenden Schleuderscheiben.

Hier bildet sich ein dünner Wasserfilm, der durch die Zentrifugalkraft am Rand der Scheiben tangential abreißt. Die entstehenden Wasserpartikelchen werden mit großer Geschwindigkeit gegen einen radial angeordneten Lamellenkranz geworfen und zerschellen dort zu Aerosolen. Diese vermischen sich mit einem Primärluftstrom und werden mit Hilfe von Gebläsen aus den Geräten herausgedrückt oder von der Luftströmung in Luftkanälen mitgenommen.

Die Wasserzufuhr erfolgt automatisch über ein Schwimmerventil direkt in das Wasservorratsbecken oder bei einigen Gerätetypen über ein Magnetventil und einem Nadeldrosselventil direkt auf die Schleuderscheiben. Ein Sicherheitsüberlauf und eine Entleerungsleitung werden zusammengefaßt an einer Wasserabfuhr zusammengeschlossen. Die Steuerung kann nur im Ein-Aus-Betrieb über einen Hygrostatschalter vorgenommen werden.

Auch Düsen eignen sich zum Zerstäuben von Flüssigkeiten. Hier wird unterschieden in Einstoffdüsen, welche nur an

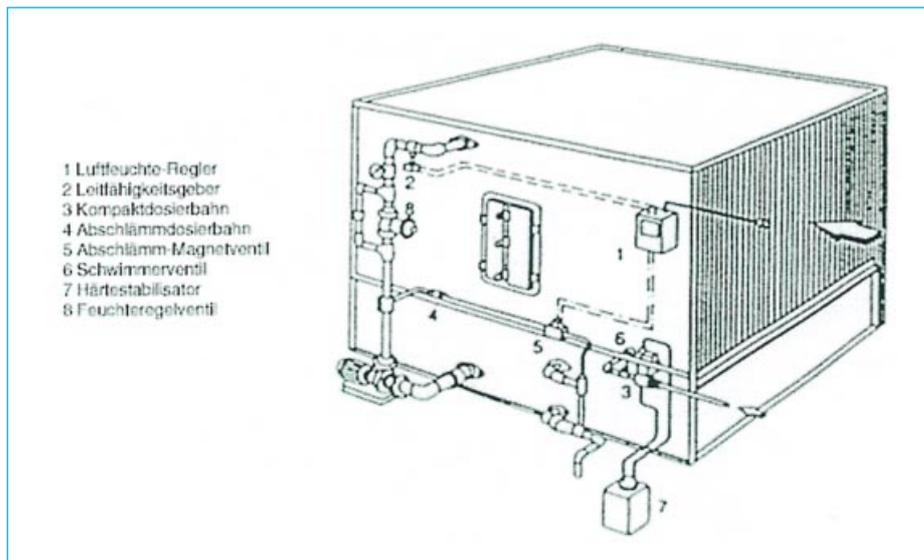


Bild 7 Luftwäscher für klimatechnische Anwendungen

das Wassernetz angeschlossen werden und in Zweistoffdüsen, welche zusätzlich noch aus der Preßluftleitung versorgt werden. Für die direkte Raumbefeuchtung eignen sich beide Systeme sehr gut.

Der in der Klimatechnik bekannte Luftwäscher ist die klassische Anwendungstechnik der Düsenzerstäubung. Die wasserzerstäubenden Einstoffdüsen sind in einem Luftkanalstück angeordnet. Zusätzlich befindet sich an seiner Unterseite ein Wasserbecken mit Schwimmerzulauf, Überlauf und Pumpe. Dem Luftwäscher sind in der Klimatechnik jedoch außer der Befeuchtung noch andere Aufgaben zugeordnet. So kann man mit einem Luftwäscher die Luft reinigen, erwärmen, kühlen und sogar entfeuchten.

Sonderform

In den letzten Jahren hat sich eine Sonderform der Befeuchter entwickelt: Der Dual-Befeuchter. Die Bezeichnung Dual resultiert daraus, daß diese Geräte Wasser zerstäuben und verdunsten.

Niederdruckdüsen zerstäuben hierbei vollentsalztes Wasser auf nachgeschaltete Keramikplatten. Die Keramikplatten wirken dabei als Tropfenabscheider und Nachverdunster. Hier gibt es Systeme, die durch Silberionisierung des Wassers, die gestiegenen hygienischen Anforderungen, bei minimalem Wartungsaufwand optimal erfüllen. Der geringe Platzbedarf und der niedrige Energieverbrauch haben zum Durchbruch dieser Systeme beigetragen.

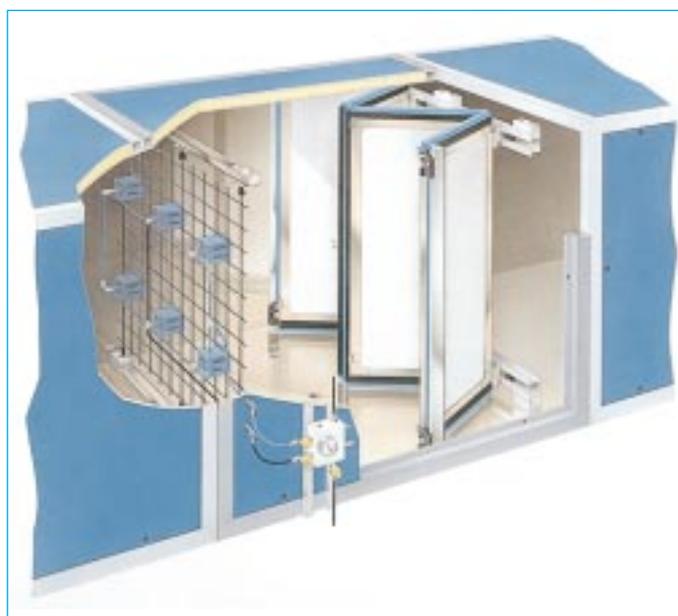


Bild 8 Dualabscheider

Anschaffung, Betrieb und Unterhalt

Vor der Anschaffung eines Luftbefeuchters müssen verschiedene Daten über den zu befeuchtenden Raum gesammelt werden.

Für die Leistungsgrößenbestimmung ist es wichtig zu wissen, welche Raumtemperatur im Winter gefahren wird und welche Raumfeuchte erwünscht ist. Außerdem muß das Raumvolumen berechnet werden und dem Planer ist bekannt zu geben, ob eine Be- und/oder Entlüftung vorhanden ist. Ist keine Lüftungsanlage eingebaut, so muß der natürliche Luftaustausch in m^3/h über die Undichtigkeit der Fenster und Türen geschätzt werden. Der sogenannte Luftwechsel liegt in der Regel, je nach Beschaffenheit und Lage des Gebäudes, zwischen $1/2$ und $1 \times$ Rauminhalt/h.

Werden Räume im Winter befeuchtet, so kann es an kalten Flächen (z. B. Fenster) zu Taupunktunterschreitungen und somit zu Kondensatbildung kommen. Für den vollautomatischen Betrieb von Luftbefeuchtern ist ein Wasser-, Abwasser- und Stromanschluß notwendig. Eine Anschlußmöglichkeit und die notwendige Leitungsverlegung muß vor der Anschaffung des Gerätes besprochen werden. Außerdem ist ein geeigneter Montageplatz für das Aggregat zu suchen.

Die Entscheidung, ob Verdunster, Verdampfer oder Zerstäuber eingesetzt werden, wird teilweise bereits durch die errechnete, notwendige Befeuchterleistung bestimmt.

Verdunstungs-befeuchter sind nur für niedrige Befeuchterleistungen geeignet und werden deshalb in Haushalt und Büro eingesetzt. Dual-Befeuchter werden dagegen besonders bei größeren Befeuch-

tungsleistungen und bei vorhandener Abwärme (z. B. Produktionsprozesse) eingesetzt.

Dampfluftbefeuchter werden dort verwendet, wo entweder Dampf bereits zur Verfügung steht oder hygienischer und möglichst wartungsarmer Betrieb von Notwendigkeit ist. Industriezweige, in welchen Mineralniederschlag für die Fertigung schädlich oder nicht akzeptabel ist, werden sich für den Einsatz von Dampf-befeuchtern oder Dual Befeuchtern entscheiden.

Zerstäuber finden in robusten Betriebszweigen als direkte Raumbefeuchter ihre Verwendung. Bei Anschluß an unaufbereitetes Leitungswasser müssen die Geräte jedoch nach Wasserhärte und Staubaufschlag häufig gewartet werden. Es ist deshalb bereits bei der Wahl des Montageortes an die leichte Zugänglichkeit zum Zerstäuber zu denken. □