

Klimamanagement in wassertechnischen Anlagen

In Hochbehältern, Wasserwerken, Brunnen und Pumpwerken etc. bildet sich bei fehlendem Klimamanagement unter bestimmten Betriebszuständen Kondenswasser auf den kalten Oberflächen der wasserführenden Anlagenteile sowie der Bauwerke. Feuchtigkeitsanfall kann durch diffundierende Luftfeuchte auch in Wänden auftreten und damit große Bauwerksschäden verursachen. Dieser Artikel erläutert die wesentlichen Grundlagen der Klimatisierung und Luftentfeuchtung und gibt Hinweise zur Auswahl von Entfeuchtungsgeräten.

Auf der Suche nach Energieeinsparpotenzialen geraten Luftentfeuchtungsgeräte zunehmend ins Visier der Energiesparfische, denn viele verstehen nicht, dass ein Luftentfeuchter in Betrieb ist, obwohl die Umgebung absolut trocken ist. Also wird der Nutzen des Gerätes in Frage gestellt und es wird auf die Liste der potenziellen Energiefresser gesetzt. Dass die Umgebung trocken ist, weil das Gerät in Betrieb ist, wird einfach übersehen und der Nutzen der Entfeuchter unterschätzt. Dabei nutzen Entfeuchtungsgeräte erheblich mehr

als sie kosten. Sie sind im Betrieb weitgehend wartungsfrei. Dennoch sollten das Gerät und die eventuell vorhandenen Ablaufleitungen und Filter regelmäßig gereinigt bzw. die Filtermatten gewechselt werden.

Achtung bei Altgeräten

Natürlich können auch Luftentfeuchter zu Energiefressern werden. Neben einer falschen Einstellung oder einer falschen Geräteauswahl liegen die Ursachen oft in veralteten bzw. defekten Geräten. Die Geräte sollten deshalb grundsätzlich mit Betriebsstundenzählern ausgestattet sein, um einen etwaigen Leistungsabfall oder zu hohe Laufzeiten infolge falscher Einstellungen erkennen zu können. Kondensationsentfeuchter arbeiten ähnlich wie ein Kühlschrank. Es ist allgemein bekannt, dass bei Kühlschränken im Laufe der Zeit die Kühlleistung nachlässt. Genauso verhält es sich auch bei Luftentfeuchtern. Deshalb sollte die Entfeuchtungsleistung der Geräte auch in regelmäßigen Intervallen überprüft werden. Ein trockener Ablaufschlauch ist z. B. meist schon ein Indiz für ein defektes Gerät.

Kondenswasser (**Bild 1**) verursacht insbesondere

- Korrosion und Schäden (Rost) an maschinellen und elektrischen Einrichtungen
- Elektrische Störungen durch Kurzschlüsse und Fehlströme bis zum Anlagenausfall
- Durchfeuchtungsschäden und Korrosion am Bauwerk
- Schimmelbildung auf Oberflächen und Wänden
- Unhygienische Zustände in Hochbehältern, Pumpwerken, Schächten, Wasserwerken

Luftfeuchtigkeit

Normale Umgebungs- und Raumluft enthält auf Grund natürlicher Verdunstungsvorgänge grundsätzlich Wasserdampf. Die Menge des maximalen Wasserdampfgehaltes (Sättigung) in der Luft ist abhängig von der Temperatur und wird in g/kg als absolute Luftfeuchtigkeit angegeben. Luft ist in der Regel aber nicht gesättigt. Das Verhältnis der aktuellen absoluten Luftfeuchtigkeit zur maximal möglichen Luftfeuchtigkeit wird prozentual als relative Luftfeuchtigkeit ausgedrückt. Aufgrund der Temperaturabhängigkeit des Wasserdampfgehaltes ändert sich die relative Luftfeuchtigkeit mit der Temperatur. Wird warme, feuchte Luft abgekühlt, kommt es zur Erhöhung der relativen Feuchte bis zu 100%. Bei darüber hinausgehendem Abkühlen kommt es zur Tau- oder Kondenswasserbildung. Dieser Punkt wird als Taupunkt bezeichnet, die entsprechend zugehörige Temperatur als Taupunkttemperatur. Liegt der Taupunkt der Luft unter der Wassertemperatur kommt es zur Verdunstung des Wassers und zur Trocknung.

Mollier-h-x-Diagramm

Der Zusammenhang zwischen der Temperatur, der Feuchte und der spezifischen Enthalpie der feuchten Luft ist im sogenannten Mollier-h-x-Diagramm (**Bild 2**) zusammengefasst. In **Tabelle 1** sind wesentliche Punkte mit den jeweiligen Zustandsgrößen dargestellt. Es ist klar erkennbar, wie der Taupunkt von der Lufttemperatur und der relativen Feuchte abhängt. Hierzu ein Beispiel:

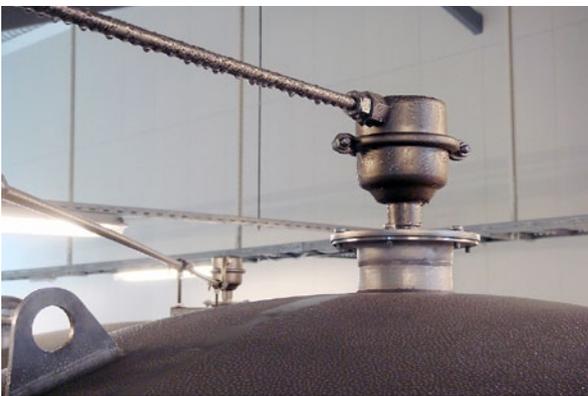


Bild 1. Kondenswasserbildung an einer Filteranlage. Quelle: HydroGroup

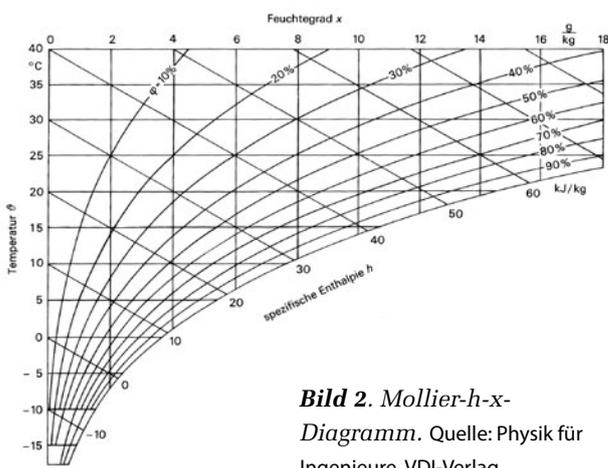


Bild 2. Mollier-h-x-Diagramm. Quelle: Physik für Ingenieure, VDI-Verlag

Tabelle 1. Wassergehalt [g/kg], spezifische Enthalpie [kJ/kg] und Taupunkttemperatur [°C] in Abhängigkeit von der Lufttemperatur [°C] und der rel. Feuchte [%].

	40 % rel. F		50% rel. F		60% rel. F		70% rel. F		80% rel. F		90% rel. F		100% rel. F	
30 °C	10,61	57,3	13,32	64,2	16,05	71,2	18,8	78,2	21,58	85,3	24,38	92,5	27,21	99,7
	g/kg kJ/kg		g/kg kJ/kg		g/kg kJ/kg		g/kg kJ/kg		g/kg kJ/kg		g/kg kJ/kg		g/kg kJ/kg	
	14,9°C		18,4°C		21,4°C		23,9°C		26,2°C		28,2°C		30°C	
25 °C	7,89	45,2	9,89	50,3	11,9	55,4	13,93	60,6	15,97	65,8	18,03	71	20,1	76,3
	g/kg kJ/kg		g/kg kJ/kg		g/kg kJ/kg		g/kg kJ/kg		g/kg kJ/kg		g/kg kJ/kg		g/kg kJ/kg	
	10,5°C		13,8°C		16,7°C		19,1°C		21,3°C		23,2°C		25°C	
20 °C	5,8	34,8	7,27	38,5	8,75	42,3	10,23	46	11,72	49,8	13,21	53,6	14,71	57,4
	g/kg kJ/kg		g/kg kJ/kg		g/kg kJ/kg		g/kg kJ/kg		g/kg kJ/kg		g/kg kJ/kg		g/kg kJ/kg	
	6,0°C		9,3°C		12°C		14,4°C		16,4°C		18,3°C		20°C	
15 °C	4,22	25,8	5,29	28,4	6,36	31,1	7,43	33,9	8,5	36,6kJ/kg	9,58	39,3	10,67	42
	g/kg kJ/kg		g/kg kJ/kg		g/kg kJ/kg		g/kg kJ/kg		g/kg kJ/kg		g/kg kJ/kg		g/kg kJ/kg	
	1,5°C		4,7°C		7,3°C		9,6°C		11,6°C		13,4°C		15°C	
10 °C	3,04	17,7	3,8	19,6	4,56	21,5	5,33	23,5	6,1	25,4	6,87	27,4	7,64	29,3
	g/kg kJ/kg		g/kg kJ/kg		g/kg kJ/kg		g/kg kJ/kg		g/kg kJ/kg		g/kg kJ/kg		g/kg kJ/kg	
	< 0°C		0,1°C		2,6°C		4,8°C		6,7°C		8,4°C		10°C	
8 °C	2,65	14,7	3,32	16,4	3,98	18,1	4,65	19,7	5,32	21,4	5,99	23,1	6,67	24,8
	g/kg kJ/kg		g/kg kJ/kg		g/kg kJ/kg		g/kg kJ/kg		g/kg kJ/kg		g/kg kJ/kg		g/kg kJ/kg	
	< 0°C		< 0°C		0,7°C		2,9°C		4,8°C		6,5°C		8°C	
6 °C	2,31	11,8	2,89	13,3	3,47	14,7	4,05	16,2	4,63	17,7	5,22	19,1	5,8	20,6
	g/kg kJ/kg		g/kg kJ/kg		g/kg kJ/kg		g/kg kJ/kg		g/kg kJ/kg		g/kg kJ/kg		g/kg kJ/kg	
	< 0°C		< 0°C		< 0°C		1°C		2,8°C		4,5°C		6°C	

Die Wassertemperatur in einem Wasserwerk liegt bei 10°C, die Raumtemperatur beträgt im Winter ca. 12 bis 15°C bei einer relativen Feuchte von 60%. Laut **Tabelle 1** liegt der Taupunkt bei 7,3°C was bedeutet, dass es zu keiner Kondenswasserbildung kommt. Im Sommer erhöht sich die Temperatur der Luft auf 20°C bei gleicher relativer Feuchte. Der zugehörige Taupunkt liegt nun aber bei 12°C mit der Folge, dass Kondenswasserbildung auftritt. Um Tauwasserbildung zu vermeiden, muss in diesem Fall die relative Feuchte der Luft auf unter 50% abgesenkt werden.

Luftentfeuchtung und Taupunkt im Wasserwerk

In Wasserwerken liegen die Oberflächentemperaturen der wasserführenden Rohrleitungen, Armaturen und Behälter meist im Bereich von 8 bis 12°C, in Extremfällen zwischen 1 und 20°C. Wie bereits ausgeführt, kann es insbesondere in den wär-

meren Jahreszeiten bei Kontakt von warmer, feuchter Luft mit kalten Oberflächen zur Tauwasserbildung kommen.

Je höher die Differenz der Lufttemperatur zur Oberflächentemperatur ist, desto geringer muss die relative Luftfeuchtigkeit sein, um Taupunktunterschreitungen zu vermeiden. Dies gilt auch umgekehrt: Je geringer die Temperaturdifferenz, desto höher kann die Luftfeuchtigkeit sein.

Externer Hygrostat versus Taupunktfühler

Insbesondere in Wasserwerken mit oft größeren Räumen sollten die Schaltgeräte (Hygrostat oder Taupunktfühler) möglichst extern montiert werden. Ideal für Hygrostate sind Stellen in ca. 1,5 m Höhe und ohne Beeinflussung durch das Gerät bzw. andere Luftströmungen (Heizung, Motorabwärme, etc.). Hygrostate sollten so eingestellt werden, dass der Taupunkt ca. 2 K unter

der Oberflächentemperatur der Kondensationsflächen liegt. In Anlagen mit größeren Schwankungen der Raumlufttemperatur und/oder der Wassertemperatur ist ein fest eingestellter Hygrostat für die Feuchterege- lung ungeeignet bzw. führt zu einem unwirtschaftlichen Betrieb. Über externe Taupunktfühler, welche direkt in der Kondenszone z.B. auf der Rohroberfläche montiert sind, lassen sich Luftentfeuchter bedarfsorientiert und somit energie- kostenoptimiert betreiben. Taupunktfühler erkennen die Gefahr einer Taupunktunterschreitung bereits vor auftretender Kondensation unabhängig von der Lufttemperatur.

Dimensionierung und Geräteauswahl

Für die Luftentfeuchtung in Wasserwerken können Kondensations- Luftentfeuchter oder Adsorptions- Luftentfeuchter eingesetzt werden. Entfeuchter nach dem Kondensationsprinzip arbeiten im Allgemeinen





Bild 3. Kondensationsentfeuchter mit Strömungsrichtern. Quelle: HydroGroup

sehr wirtschaftlich. Durch eine Kältemaschine wird eine kühle Platte erzeugt, an der die vorbeiströmende Luft abkühlt, die Feuchtigkeit kondensiert und abgeleitet werden kann. Die Entfeuchtungsleistung dieser Geräte verringert sich mit abnehmender Temperatur (Gefahr von Eisbildung/Abtauautomatik erforderlich). Im niederen Temperaturbereich (< 3 °C) werden deshalb bevorzugt Adsorptionstrockner eingesetzt.

Im Idealfall arbeiten Luftentfeuchtungsgeräte im Umluftbetrieb, d.h. es wird nur die Luft im Raum entfeuchtet und der Zutritt von Außenluft unterbunden. Dennoch ist im Wasserwerksbetrieb normalerweise ein bedingter Luftwechsel (eintretende Außenluft) gegeben. Je nach Abdichtungsgrad der Bauwerkshülle ist von einem stündlichen Luftwechsel L_W von 25 bis 40% des Raumvolumens V_R auszugehen.

Die erforderliche Entfeuchtungsleistung L_E ermittelt sich damit überschlägig wie folgt:

$$L_E = V_R \cdot \text{Dichte} \cdot L_W \cdot \text{Differenz Wasserdampfgehalt} \cdot 1/1000 \text{ [kg Wasser/h]}$$

Beispiel: Raumvolumen $V_R = 2800 \text{ m}^3$, Dichte Luft ca. $1,25 \text{ kg/m}^3$, Luftwechsel $L_W = 0,4$, Außenlufttemperatur 25 °C bei 50% rel. Feuchte, angestrebter Taupunkt 8 °C .

Die erforderliche stündliche Entfeuchtungsleistung beträgt demnach:

$$L_E = 2800 \text{ m}^3 \cdot 1,25 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,4 \cdot (9,89 - 6,67 \text{ g/kg}) = 4,508 \text{ g bzw. } 4,5 \text{ kg/h}$$

Die von der Kältemaschine abzuführende Wärmemenge Q_{ENT} in diesem Betriebspunkt ermittelt sich aus der Differenz der zugehörigen Enthalpien multipliziert mit der abgeführten Wassermenge. Sie beträgt im Beispiel (gemäß **Tabelle 1**):

$$Q_{ENT} = (50,3 - 24,8 \text{ kJ/kg}) \cdot 4,5 \text{ kg/h} = 114,75 \text{ kJ/h}$$

Leistungsaufnahme von Entfeuchtern

Die max. Leistungsaufnahme eines Luftentfeuchtungsgerätes setzt sich aus der Lüfterleistung und der Motorleistung der Kälteanlage zusammen zuzüglich etwaiger Heizregister für die Abtauung. Die erforderliche Kälteleistung hängt unmittelbar mit der Temperatur bzw. der spezifischen Enthalpie der zu entfeuchtenden Luft zusammen (siehe **Tabelle 1** bzw. **Bild 2** Mollier-h-x-Diagramm und obiges Beispiel). Bei einer hohen Temperatur muss eine deutlich größere Wärmemenge entzogen werden als bei niedriger Temperatur. Zum Vergleich von Luftentfeuchtungsgeräten ist daher die alleinige Fokussierung auf die Entfeuchtungsleistung oder die Leistungsaufnahme ungeeignet. Letztlich arbeiten alle Kondensations-trockner nach dem gleichen Prinzip und unterliegen den gleichen physikalischen Gesetzmäßigkeiten. Fakt ist: Unabhängig von der angegebenen Motorleistung oder max. Stromaufnahme nimmt ein Kon-

densationstrockner neben der Lüftungsleistung im Wesentlichen nur die jeweils für die Abführung der Wärmemenge erforderliche Kälteleistung an Energie auf.

Luftumwälzung

Neben der optimalen Entfeuchtung kommt der Luftumwälzung – insbesondere in großvolumigen und in hohen Gebäuden – eine große Rolle zu. Durch Temperaturschichtungen und schlecht durchströmte Bereiche kann es sonst dennoch zu partieller Kondenswasserbildung kommen. Für die Luftumwälzung ist auch die statische Pressung der Luft in den Austrittsrohren zur Überwindung des Luftwiderstandes entscheidend. Bei Geräten mit hoher Pressung (> 300 Pa) und mit Luftaustrittsrohren zur gezielten Strömungsführung ist in den meisten Anwendungsfällen ein zentral aufgestelltes Gerät anstelle von zwei diametral aufgestellten, normalen Geräten ausreichend. Die Entfeuchtungsleistung dieser Geräte ist in der Regel mehr als ausreichend. Bei hohen Gebäuden wie Edelstahlhochbehältern sind Geräte mit Luftaustritt nach oben über justierbare Rohre bzw. Bogen zur Einstellung einer gerichteten Strömung bevorzugt zu verwenden. Diese Entfeuchter können mittig aufgestellt und idealerweise mittels Taupunktfühler betrieben werden. Zur Sicherstellung einer guten Luftentfeuchtung sollte das Raumvolumen des geschlossenen Gebäudes bzw. zu entfeuchtenden Raumes ca. einmal pro Stunde umgewälzt werden. Die vollständige Luftumwälzung ist wichtig, da nur dadurch ein guter Feuchtigkeitstransport durch natürliche Konvektionsvorgänge ermöglicht wird.

Nebenräume oder schlecht durchströmte Raumbereiche müssen bei Bedarf durch separate Entfeuchter bedient werden. Die Luftumwälzung dieser Geräte ist auf die jeweiligen Raumgrößen abzustimmen. Luftentfeuchter sind so zu platzieren, dass Kurzschlussströ-

mungen vermieden und eine gute Umwälzung erreicht wird. Bei großen Flächen (großes Volumen bei niederen Räumen) sind Rohrleitungen zur gezielten Strömungsführung vorteilhaft. Bei stationärer Aufstellung sollten ausreichend dimensionierte Ablaufleitungen für die Kondensatableitung (Gefahr des Zuwachsens) vorgesehen werden. Das Raumvolumen V_R ergibt sich durch das Bruttovolumen abzüglich des Volumens der Einbauten wie z. B. Behälter, Filter, etc.

Lüftung und Heizung

Ein Luftwechsel kann im Wasserwerksbetrieb unter bestimmten Voraussetzungen erforderlich werden (Zuführung und Ableitung von Kühlluft, Ableitung von Gasen und Dämpfen, Luftausgleich bei Wasserspiegeländerungen in Behältern etc.). Um die Entfeuchtung durch die Lüftung nicht zu beeinflussen,

müssen entsprechende Anlagen- teile in separaten Räumen aufgestellt bzw. abgeschottet werden oder direkt nach außen belüftet werden. Natürliche Lüftung ist stellenweise nur noch bei Schächten üblich, wobei auch hier die Luftentfeuchtung – kombiniert mit einer Zwangslüftung über Ventilatoren – im Bedarfsfalle vorteilhafter ist. Aus energetischen Gründen ist die Beheizung auf Betriebs- und Chemikalienräume (z. B. Natronaugelagerung, etc.) sowie Schaltwarten zu begrenzen. Zur Luftentfeuchtung ist die Beheizung aus energetischen Gründen nicht geeignet. Die manchmal noch anzutreffende Beheizung von Rohrkellern (ausgenommen Frostschutz) ist jedenfalls energetischer Unsinn.

Fazit

Durch eine kontrollierte Luftentfeuchtung kann Kondenswasserbil-

dung auf Oberflächen und in Wänden dauerhaft vermieden werden. Luftentfeuchtung leistet damit einen erheblichen Beitrag zum langfristigen Werterhalt der oft hochwertigen Anlagen und Bauwerke. Das zeitweilige oder dauerhafte Abschalten von Luftentfeuchtern ist im Hinblick auf ein kontinuierliches Raumklima zwingend zu vermeiden.

Kontakt:

Manfred Brugger,
HydroGroup / Hydro-Elektrik GmbH,
Angelestraße 48/50,
D-88214 Ravensburg,
Tel. (0751) 6009-47,
Fax (0751) 6009-33,
E-Mail: mb@hydrogroup.de,
www.hydrogroup.de

WASSER BERLIN 2013:
Halle 4.2, Stand 100

Dosieren OHNE Probieren!

DIE Alternative zu Membrandosierpumpen

qdos30
 Peristaltic Metering

- Betriebskosten zu hoch?
Qdos braucht kein zusätzliches Zubehör
- Dosierung zu ungenau?
Qdos bietet eine präzise und lineare Dosierung
- Prozess zu instabil?
Qdos sichert maximalen Produktertrag

Über 50 Jahre innovative Pumpentechnologie

ReNu REVOLUTIONÄRE
 PUMPENKOPFTECHNIK
 TECHNOLOGY

Gekapselte Einzelkomponente,
 werkzeuffreie Wartung unter einer Minute



watson-marlow.de
 tel.02183-42040 / info@watson-marlow.de

**WATSON
 MARLOW**
 Watson-Marlow Pumps Group

Wir stellen aus: Technopharm, Nürnberg 23.04.-25.04. (Halle 6 - Stand 6-424)