

## Mit Regenwasser 80% Energie zur Gebäudekühlung und Kosten für Enthärtungsanlagen einsparen

In der gegenwärtigen Situation der globalen Erwärmung wird es immer wichtiger, wirtschaftliche Kühlsysteme bereit zu stellen, die ressourcenschonende Technologien verwenden. Eine entscheidende Rolle nimmt dabei die adiabate Kühlung ein.

Hiermit wird sehr effizient und mit geringem Energieverbrauch ein gegebener Luftstrom durch die Verdunstung von Wasser abgekühlt. Die adiabate Kühlung, oder umgangssprachlich auch Verdunstungskühlung, ist DIE erste Form der Kühlung von Luft und bildet quasi die Anfänge der Klimatechnik.

### Funktionsweise

Die warme Außenluft wird angesogen und durch den Wärmetauscher vorgekühlt. Die Luft wird nun dem Raum zugeführt und dort durch Personen und Geräte erwärmt und weiter befeuchtet. Anschließend wird die verbrauchte Abluft aus dem Raum geführt. Dann erfolgt die sogenannte "adiabatische Abkühlung", was nichts anderes ist, als die Befeuchtung der Abluft bis nahezu zum Sättigungspunkt, sprich bis sie eine Luftfeuchte von fast 100% aufweist. Das hat zur Folge, dass die Abluft die Menge an Energie an das Wasser abgibt, die notwendig ist, um die entsprechende Menge an Wasser zu verdampfen. Das Resultat ist eine kühlere feuchte Luft, die nun, mit Hilfe des oben schon erwähnten Wärmetauschers, Energie der Außenluft entnimmt und somit diese abkühlt. Die Abluft selbst wird wiederum erwärmt und durch ein Außengitter an der Hausfassade in gewisser Höhe in die Umwelt geblasen. Die Funktionsweise der adiabatischen Kühlung ist schematisch in Abbildung 1 dargestellt.

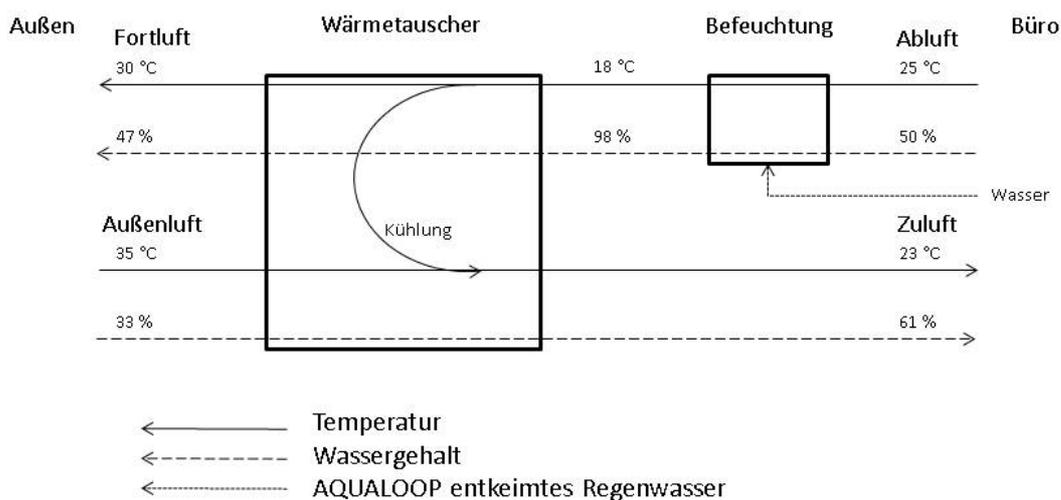


Abbildung 1: Funktionsschema adiabatische Kühlung

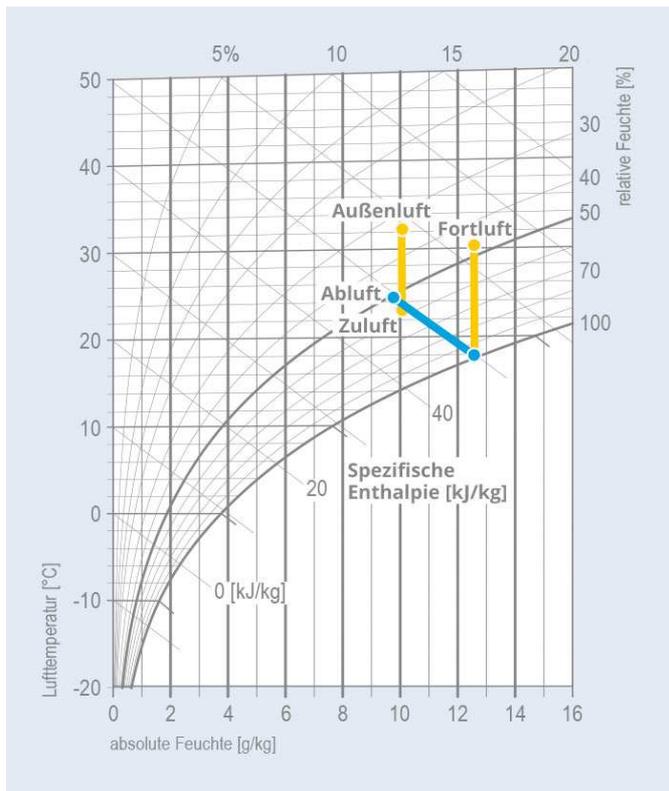


Abbildung 2: h,x-Diagramm [www.klingenburg.de](http://www.klingenburg.de)

Die adiabatische Kühlung lässt sich beispielhaft im h,x-Diagramm darstellen (Abbildung 2):

Die Abluft, die den Raum verlässt, wird, aufgrund der Verdunstung, von 25°C und einer relativen Feuchte von 50% auf 18°C gekühlt und erreicht hier eine Luftfeuchte mit nahezu Vollsättigung von 98%. (Blaue Markierung). Diese hohe Luftfeuchte kann allerdings nur mit bestimmten Befeuchtungstechnologien erreicht werden, wie zum Beispiel Hochdruckbefeuchtern. Bei herkömmlichen Kontaktbefeuchtern wird eine Luftfeuchte von ca. 85% – 92% erreicht.

Die gelbe Markierung zeigt einmal die Änderung der Luft, die dem Raum zugeführt (Außenluft) und einmal die Änderung der durch die Verdunstung abgekühlten Luft, die nun nach außen abgeführt wird (Fortluft) an.

Die Außenluft wird im Wärmeüberträger von 35°C auf 23°C abgekühlt und erreicht eine Luftfeuchte von 61%. Sie tritt nun angenehm kühl und feucht in den Raum ein. In dem Wärmeüberträger nimmt der gekühlte Abluftstrom die Wärme der Außenluft auf und wird so warm nach außen abgegeben (Fortluft: 30°C, 47% rel. Feuchte).

### Betriebskosten und Einsparpotential

Diese Art der Gebäudekühlung weist hohe Energieeinsparmöglichkeiten auf, was sich natürlich auch auf der Kostenseite bewährt. So kann man den Stromverbrauch einer adiabatischen Kühlanlage und einer mit Kompressionskühlung arbeitenden üblichen Klimaanlage vergleichen.

Zur Umwandlung von Wasser zu Dampf (im Fachjargon: Verdampfungswärme) wird 2.300 kJ pro kg Wasser benötigt. Wenn nun das Wasser eine Stunde lange verdampft, wird die Umgebungsluft mit einer Kühlleistung von 640 W abgekühlt.

Beispiel:

	Adiabatische Kühlung	Klimaanlage
Leistungsaufnahme	0,186 kW	1 kW
Kühlleistung	3,8 kW	3,8 kW
Stromkosten	0,37 €	2,00 €

Eine klassische Klimaanlage mit 3,8 kW erzeugter Kühlleistung verbraucht 1 kW elektrische Leistung. Mit einem Strompreis von 25ct/kWh und acht Stunden Betrieb der Anlage pro Tag entstehen Kosten in Höhe von 2€.

Im Vergleich die adiabatische Kühlung:

Der Energiebedarf der Hochdruckpumpe zur Zerstäubung beträgt etwa 25 W pro kg Wasser. Mit einem Wirkungsgrad von 80 % und 7,43 Liter verdunstetem Wasser, die für eine vergleichbare Kühlleistung (3,8 kW) einer Klimaanlage benötigt wird, verbraucht die Zerstäubung 185,75 W. Die adiabatische Kühlung minimiert bei einem Betrieb von acht Stunden am Tag die Kosten auf 0.37 €.

Unterm Strich entspricht die adiabatische Kühlung einer Einsparung von über 80 %.

Der Einsatz einer adiabatischen Kühlungsanlage spart somit sehr viel Primärenergie ein und ist damit ein wesentlicher Beitrag zur CO<sub>2</sub> Reduzierung. Außerdem besteht ein hohes Kosteneinsparpotential.

### Wasserverbrauch

Im vorgestellten Beispiel werden 3,5 g Wasser je m<sup>3</sup> Luft zugeführt, um die 25 °C warme Luft mit 50% Luftfeuchte (11,5 g Wassergehalt) auf 18 °C mit 98% Luftfeuchte (15 g Wassergehalt) abzukühlen. Die Außenluft kann dann über den Wärmetauscher wie im Beispiel von 35° auf 23°abgekühlt werden.

Für eine Luftabkühlung eines Raumes mit 3000 m<sup>3</sup> würde  $x 3,5 \text{ g} = 10,5 \text{ kg}$  Wasser benötigt. Dies entspräche einer Kühlleistung von 8,4 kW.

Bei einem Nennvolumenstrom von 1500 m<sup>3</sup>/h Luftwechsel von 0,5/h ergibt sich folgender Wasserbedarf pro Tag:  $1500 \text{ m}^3/\text{h} \times 3,5 \text{ g}/\text{m}^3\text{h} \times 8 \text{ h} = 42 \text{ l}$

Bei 250 Arbeitstagen / Jahr wären das theoretisch ohne weitere Wärmeverluste 10,5 m<sup>3</sup> / Jahr.

### Klimaschutz

Effizientes Bauen ist heutzutage ein sehr wichtiger Aspekt im Zusammenhang mit der globalen Erwärmung und dem damit verbundenem Klimaschutz. Derzeit maßgebend ist hier die Energieeinsparverordnung (EnEV) 2016. Diese regelt unter anderem die Energieeffizienz von neu zu errichtenden Gebäuden. Gegenüber den ohnehin bereits anspruchsvollen Anforderungen der EnEV 2014 muss durch geeignete bauliche oder technische Maßnahmen der Jahres-Primärenergieverbrauch nochmals um 25 % reduziert werden.

Dieser Anforderung entspricht der Einsatz der Verdunstungskühlung in Kühlprozessen der Klimatechnik in idealer Weise.

Ein weiterer klimaschonender Aspekt neben geringem Energieverbrauch ist der Betrieb ohne schädliche Kältemittel, die in den meisten Klimaanlage zur Kühlung genutzt werden. Viele Kältemittel haben Ozon-abbauende Wirkung und verpflichten daher aufgrund der Chemikalien-Klimaschutz-Verordnung zu sehr genauer und aufwändiger Abdichtung mit regelmäßiger Überprüfung.

### Regenwasser statt Trinkwasser

Als Betriebsmittel für eine adiabatische Kühlung bietet sich vor allem Regenwasser an. Das Nutzen von Regenwasser birgt viele Vorteile, die ebenso kostensparende und umweltschonende Wirkungen haben. Zum einen sinkt der Trinkwasserbedarf und somit die dafür anfallenden Gebühren.

Deutschland ist zwar ein relativ wasserreiches Land, jedoch sind unsere hohe Qualität der Grundwasserressourcen aufgrund der Verschmutzung und Übernutzung unter Druck geraten. Dies erfordert eine Förderung aus immer tiefer gelegenen Schichten. Zum anderen werden die kommunalen Kanalisationen entlastet, so wie auch die regionale Trinkwasserversorgung. Es muss also weniger Wasser gepumpt und im Abwasserkreislauf behandelt werden. Denn das Wasser gelangt in den natürlichen Kreislauf von Verdunstung und Niederschlag zurück. Dies entlastet das regionale Mikroklima.

Das Regenwasser hat zudem den enormen Vorteil, dass fast keine Härte aufweist. Es kann somit ohne zusätzliche Enthärtungsanlage oder Umkehrosmoseanlage für die Verdunstungskühlsysteme verwendet werden, was wiederum erhebliche Kosten einspart.

Für das genannte Beispiel kann die benötigte Wassermenge von 10,5 m<sup>3</sup> in Deutschland im Durchschnitt über eine Dachfläche von nur ca. 13 m<sup>2</sup> als Regenwasser aufgefangen werden.

### Zertifikate

Die Nutzung einer adiabatischen Gebäudekühlung mit Regenwasser ermöglicht es immer öfters eine Zertifizierung zu erhalten. So erfordern die Qualitätskriterien der DGNB - „Deutsche Gesellschaft für nachhaltiges Bauen“ unter anderem ökologische, ökonomische und soziokulturelle Aspekte für die Zertifizierungen zu berücksichtigen. Hierzu gehören weniger Risiken für die Umwelt durch Vermeidung von Kältemitteln, thermischer Komfort und Innenraumluftqualität, Reduktion des Trinkwasserverbrauchs und Gesamtenergiebedarfs, sowie der Betriebskosten. Das Gleiche gilt für ein LEED – „Leadership in Energy and Environmental Design“ – Zertifikat, welches ebenso verbesserte Energieleistungen, gute Luftqualität, Wärmekomfort und Überwachung der CO<sub>2</sub>-Emissionen fordert.

### Hygienisierung

Damit die Befeuchtung mit Regenwasser den einschlägigen gesetzlichen Auflagen, Vorschriften und Richtlinien zum Schutz von Gesundheit und Umwelt entspricht, muss eine Aufbereitung des Regenwassers erfolgen.

Es muss ausgeschlossen werden, dass Legionellen oder andere Krankheitsbildner in der Abluft bzw. Fortluft entstehen. Zur Aufbereitung können verschiedene Verfahren durchgeführt werden. Hierzu gehören zum Beispiel die Membranfiltration bis hin zur Umkehrosmose oder eine chemische Aufbereitung mit Chlor oder Ozon.

Bei der AQUALOOP Membranfiltration der INTEWA GmbH werden Membranen mit einer Porengröße von  $0,2\mu\text{m}$  verwendet, welche nicht nur anorganische Partikel entsprechender Größe sondern auch Keime zurückhalten. 99,9999% der Bakterien und 99,7 % der Viren werden entfernt. Die Membranen sind für bis zu 10 Jahre Betrieb ausgelegt, benötigen kaum Wartung, keine kontinuierliche chemische Reinigung und sind somit komplett frei von umweltbelastenden Wegwerfmaterialien. So kann das Regenwasser optimal zur Betreibung der adiabatischen Kühlung genutzt werden.

Das folgende Anlagenschema zeigt den prinzipiellen Aufbau eines Systems zur adiabaten Kühlung mit Regenwasser und gleichzeitiger Regenwassernutzung für die Toiletten-spülung und die Gartenbewässerung.

Das Regenwasser wird über den selbstreinigenden, hocheffizienten PURAIN Filter vorgefiltert.

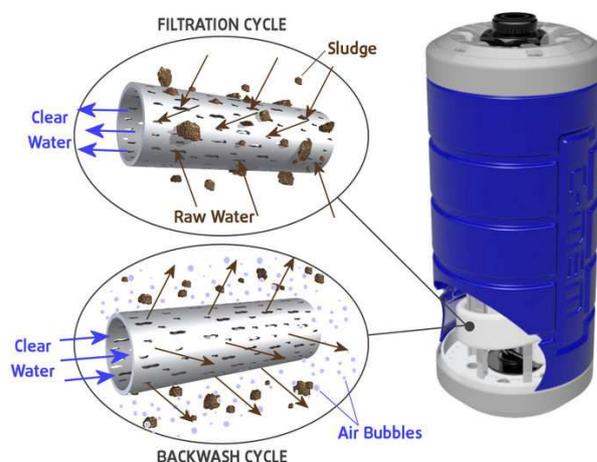


Abbildung 3: AQUALOOP INTEWA GmbH

Damit eine höchstmögliche Versorgungssicherheit gewährleistet ist, werden drehzahlgesteuerte RAINMASTER Favorit SC mit einem redundanten Aufbau eingesetzt.

Über eine schwimmende Ansaugfilterung saugen die besonders sparsamen und leisen RAINMASTER Favorit-SC das sauberste Wasser aus dem Hybridtank und versorgen die Verbraucher, wie Toiletten, Reinigungsanlagen und die Gartenanlage mit wertvollem, klarem und kalkarmem Regenwasser. Eine Nachspeisung mit Trinkwasser erfolgt bei Wassermangel automatisch über die DVGW geprüften RAINMASTER.



Ideal ist es, wenn dabei Regenwasser verwendet werden kann. Trinkwasserkosten und -ressourcen werden eingespart und durch das besonders kalkarme Regenwasser kann auf Enthärtungsanlagen verzichtet werden. Das mit der AQUALOOP Membranfiltration aufbereitete Regenwasser entspricht dabei allen hygienischen Anforderungen der lokalen Trinkwasserverordnungen. Steht genügend Regenwasser zur Verfügung, können auch weitere Verbraucher, wie Toiletten und die Gartenbewässerung an das System angeschlossen werden, um zusätzlich Wasser einzusparen.

Fachartikel, Oliver Ringelstein, INTEWA GmbH