

Kühltürme: Beschreibung, Leitfaden, Wartung



LEITFADEN KÜHLTÜRME

Kühltürme: Was sind sie und wozu dienen sie?

Kühltürme sind Anlagen, die ein natürliches Prinzip auf einfache sowie ebenso auf effektive Weise optimal nutzen. Wir sprechen dabei von der erzwungenen Verdunstung eines minimalen Prozentsatzes der Wassermenge. Dieses Wasser zieht, im Vergleich zur Hauptmasse, beim Statuswechsel zu Dampf, die Energie aus der nicht verdunsteten Wasserdurchflussmenge (**latente Verdunstungswärme**).

Der Prozess der Verdunstungskühlung ist zum einen einfach und zum anderen alt. Die alten Terracotta-Amphoren, poröses Material, ließ Wasser in minimalen Mengen nach außen ausschwitzen. In dieser Form wurde ein **Verdunstungsprozess** durchgeführt und das Wasser im Innern blieb auch bei hohen Aussentemperaturen kühl.

Kühltürme verwenden latente Verdunstungswärme

Kühltürme können den Prozess des Wasser-/Luftwärmeaustausch noch besser durchführen. In ihnen tritt das Verdunstungsphänomen durch die Verwendung einfacher und effektiver Komponenten auf. Im Allgemeinen benötigen sie kaum Wartung.

Zum besseren Verständnis, wie Wärmeableitung auftritt, muss man zwei Konzepte kennen:

- **Fühlbare Wärme.** Die Menge an Kalorien, die einem physischen Element (z. B. einer Batterie mit Flossen) zur Temperaturänderung hinzugefügt oder entzogen wird.
- **Latente Wärme.** Diese basiert grundsätzlich auf der Zustandsänderung, die eine Substanz aufgrund von Wärmegegewinn oder -verlust erleiden kann. Bei Wasser kann es von einem flüssigen in einen festen Zustand (Eis) übergehen, wenn die Wärme entfernt und der Gefrierpunkt erreicht wird. Es kann ebenso von einer flüssigen in eine gasförmige Phase (Dampf) wechseln, wenn Wärme hinzugefügt und der Siedepunkt erreicht wird. Latente Wärme wird somit als die Wärme definiert, die hinzugefügt oder entzogen wird, um den Zustand des Wassers zu ändern. Insbesondere bei Verdunstungskühlsystemen spricht man von latenter Verdunstungswärme.

Ein Kühlturm muss Wasser den größten Kontakt mit Luft ermöglichen, damit der Wärmeaustausch optimal ist.

Dies wird durch eine Wärmeaustauschoberfläche erreicht, die speziell für diesen Zweck ausgelegt ist. Diese Austauschfläche, die Füllung, muss entsprechend der Qualität des zu kühlenden Wassers, der möglichen Flüssigkeiten mit Schwebestoffen, ihrer Effizienz und der Einfachheit der späteren Wartung ausgewählt werden.

Die Feuchtkugeltemperatur

Die Feuchtkugeltemperatur ist definiert als die Temperatur, die wir messen würden, wenn die Luft eine relative Luftfeuchtigkeit von 100 % hätte. Wenn der Kolben eines Thermometers mit Wasser befeuchtet wird, sinkt die Temperatur des Thermometers durch die Verdunstung des Wassers.

Je niedriger die relative Luftfeuchtigkeit ist, desto niedriger ist die Feuchtkugeltemperatur im Verhältnis zur Umgebungstemperatur. Die Feuchtkugeltemperatur ist ein genauer Anhaltspunkt für die theoretisch vom Kühlturm erreichbare Austrittstemperatur. Unter Ausnutzung dieses Konzepts können Kühltürme Flüssigkeiten weit unter die Umgebungstemperatur abkühlen.

Die Energieeffizienz von Kühltürmen

Aufgrund ihrer konstruktiven Einfachheit in Kombination mit einer hohen Effizienz in Bezug auf das Kostenverhältnis pro kW-Verlustleistung, bleiben die Kühltürme heute das am häufigsten verwendete Kühlgerät sowohl im zivilen als auch insbesondere im industriellen Bereich.

Dies liegt daran, dass es keine beweglichen Komponenten gibt, ausser einem Ventilator, der sowohl saugend als auch drückend installiert werden kann. Zudem ist der Stromverbrauch im Vergleich zu anderen Kühlsystemen tatsächlich gering.

Gerade bei großen abzuführenden Wärmemengen (z. B. in Stahlwerken, Chemieanlagen, Kraftwerken) sind Kühltürme konkurrenzlos in Bezug auf die verbrauchte elektrische Leistung und den geringen Platzbedarf für ihre Installation. Gleichzeitig liegen die erreichbaren Temperaturen bezogen auf das Kühlwasser deutlich unter der Umgebungstemperatur. Umgekehrt unterliegen Systeme ohne Verdunstung stark dieser Temperaturgrenze, da Verdunstungssysteme mit latentem Verdunstungsaustausch arbeiten (die untere Grenze, die Wasser erreichen kann, ist die Feuchtkugeltemperatur).

Vergleich der Kältetechnologien: Trockenkühler, adiabatische Verdunstungskühler und Kühler.

Wenn Sie ein industrielles oder ziviles Kühlsystem auswählen müssen, sollte die Wahl unter Berücksichtigung einiger grundlegender Punkte getroffen werden, die das bestgeeignete System garantieren. Zu berücksichtigen sind insbesondere sowohl die geforderten Betriebstemperaturen als auch die Umgebungsbedingungen am Ort der Installation.



Trockenkühler beruhen auf dem Austausch von fühlbarer Wärme. Der Grenzwert wird in diesem Fall durch die Temperatur der Kühlflüssigkeit, d.h. der Umgebungsluft, festgelegt. Bei dieser Art der Kühlung können Mindesttemperaturen von etwa 5 °C über der Umgebungstemperatur erreicht werden.

Adiabatische Systeme kombinieren Luftkühlung mit einer geringen Wasserverdunstung, wodurch sie Kühltemperaturen ähnlich der Umgebungstemperatur erreichen können.

Adiabatische Systeme kombinieren Luftkühlung mit einer geringen Menge an Wasserverdampfung, um Kühltemperaturen ähnlich der Umgebungstemperatur zu erreichen.

Wenn wir diese Temperatur unterschreiten oder große Wassermengen kühlen müssen, wäre die optimale Lösung ein Kühlturm. Mit dem Kühlturm können wir etwa 3°C über der Feuchtkugeltemperatur kühlen. Wenn wir uns an den vorherigen Abschnitt erinnern, liegt diese Feuchtkugeltemperatur in den meisten Fällen deutlich unter der Umgebungstemperatur, so dass wir viel niedrigere Temperaturen als mit einem Trockenkühler oder einem Adiabaten erreichen.

Wenn extrem niedrige Temperaturen erforderlich sind, ist eine Kältemaschine die richtige Wahl. Der Nachteil dieser Geräte ist ihr hoher Stromverbrauch, aber in bestimmten Fällen sind sie die einzige Option.

All dies zeigt uns, dass es kein Kühlsystem „geeignet für alle Jahreszeiten“ gibt. Eine adäquate Auswahl zu treffen, basiert auf Entwurfsanforderungen und

Umgebungsbedingungen. Diese zielt auf den optimalen Energieverbrauchs und den minimal notwendigen Raum, damit die die Systeme unter korrekten Bedingungen mit maximaler Leistung arbeiten können.

All dies hilft uns, zu klären, dass es kein Kühlsystem „gut für alle Stationen“ gibt. Eine angemessene Auswahl zu treffen, basiert auf Entwurfsanforderungen und Umgebungsbedingungen. Dies bedeutet, den Energieverbrauch zu optimieren und den Raum mit Systemen unter Bedingungen zu reduzieren.

Kühltürme: Größe und Komponenten

Wir wissen, was Kühltürme sind und welches physikalische Prinzip sie verwenden, um eine hohe Funktionsleistung aufrechtzuerhalten.

Hier sehen wir nun, wie sie gebaut und vor allem nach welchen Kriterien sie dimensioniert werden.

Wie wählt man die korrekte Kühlturmgröße: Ausschlagend sind die Temperatur und die Feuchtkugeltemperatur

Die Wahl der korrekten Kühlturmgröße erfolgt unter Berücksichtigung einiger grundlegender Parameter:

- Beseitigung der Wärmeenergie
- Wassereingangstemperatur
- Gewünschte Wasserausgangstemperatur
- Thermohygommetrische Bedingungen, d.h. Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsbedingungen des Installationsort.

Diese letzte spezifische Information ist entscheidend für die richtige Grössenauslegung. Tatsächlich ermöglicht diese eine exakte Erörterung der Feuchtkugeltemperatur. Diese legt die „ungünstigsten“ Umgebungsbedingungen des Aufstellungsort dar und definiert die Grenze, zu der das vom Kühlturm gekühlte Wasser tendiert.

Unter diesen Grenzbedingungen müssen die vom System bereitgestellten Auslegungstemperaturen für die Ableitung der Wärmebelastung garantiert werden. Die Referenzfeuchtkugeltemperatur befindet sich im Durchschnitt etwa 10° C unterhalb der Umgebungstemperatur. Der Ansatz ist der Unterschied zwischen der Feuchtkugeltemperatur und der gekühlten Wassertemperatur. Je geringer die notwendige Annäherung für das Ausgangswasser ist, desto größer muss der dafür erforderliche Kälteturm sein.

Normalerweise erfüllt eine Annäherung zwischen 2-3° C und 5-6° C die meisten Anforderungen moderner Industrieanlagen.

Komponenten des Kühlturms und verwendete Materialien

Hauptkomponenten eines Kühlturms

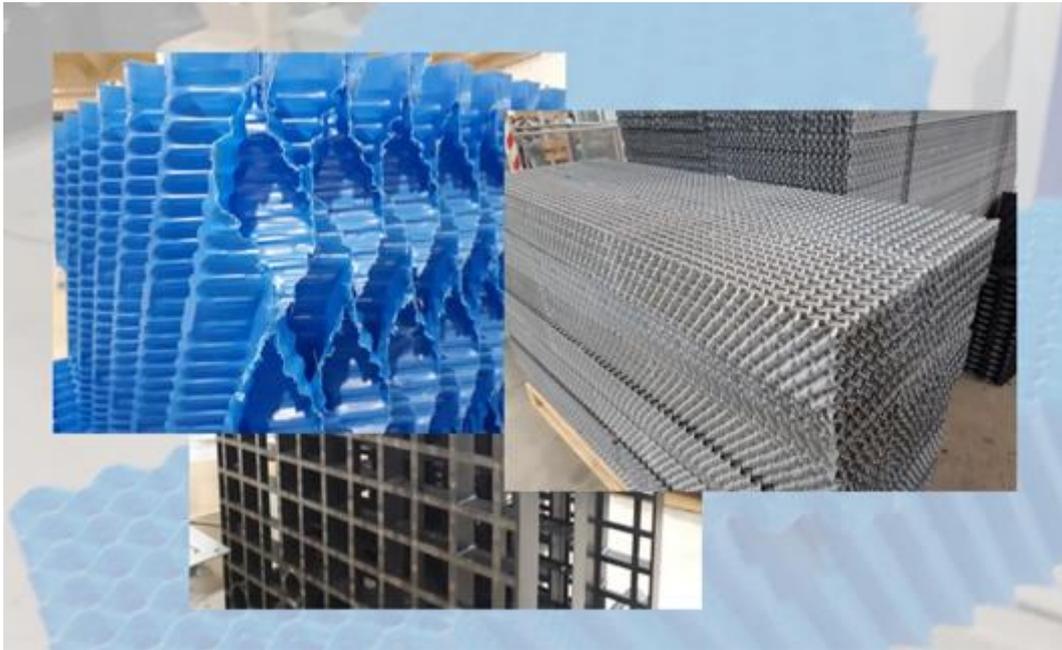
- **Dämm- und Tragstruktur des Kühlturms:** Sie kann aus Stahl, aus Glasfaser oder aus beidem bestehen. Bei sehr großen industriellen Kühltürmen und hyperbolischer Form, wird auch Zement verwendet.
- **Wärmetauscherpaket** (in Kühltürmen mit offenem Kreislauf) oder Wärmetauscherschlange, normalerweise mit glatten Rohren (in Kühltürmen mit geschlossenem Kreislauf). Sie bilden das „Herz“ des Kühlturms. Sie sind nämlich die Komponenten, durch die der Wärmeaustausch zwischen Wasser und Luft stattfindet.
- **Axial- oder Zentrifugalventilator:** Dies ist das einzige sich bewegende mechanische Gerät. Er „erzwingt“ die Verdunstung des zur Kühlung notwendigen Wassers. Die Wahl des Axial- oder Zentrifugaltyps, abhängig von den Konstruktionsbedingungen, ist wichtig, um die beste Leistung und den geringsten Verbrauch des Systems zu erzielen..
- **Wasserverteilungssystem,** das in der Regel aus einer Reihe von Rohren und Düsen besteht. Es ermöglicht die Verteilung des zu kühlenden Wassers in der Füllung (offene Kühltürme) oder über die Austauschspirale (geschlossene Türme).
- Der **Tropfenabscheider,** der sich unmittelbar vor dem Ventilator befindet. Er

hat die Aufgabe, die Wassertröpfchen zurückzuhalten, die sonst vom Luftstrom des Ventilators fortgetragen werden.



Kühlwasserqualität

Darüber hinaus hat die Art des zu kühlenden Wassers einen großen Einfluss. Sie bestimmt die Auswahl der zu verwendenden Baumaterialien. Wie bereits erwähnt, wird dies auch ein Faktor sein, der die am besten geeignete Füllung bestimmt. Bei besonders aggressivem oder säurehaltigem Wasser sollten rostfreie Materialien oder Glasfasern bevorzugt werden. Letzteres ist von Natur aus unempfindlich gegenüber den meisten chemischen Stoffen.



Wenn das Wasser hingegen durch den Prozess verunreinigt werden kann und Schmutz oder andere Verunreinigungen verschiedener Art, einschließlich organischer Verunreinigungen, mit sich führt, muss die Art des Füllstoffs bewertet werden. Unter den verschiedenen verfügbaren Typen finden wir unter anderem bewuchshemmende, nicht gekreuzte Vertikalkanäle und die klassischen „Splash“-Pakete, die auf dem Prinzip der Tröpfchenmitnahme beruhen.

Kühlturmsäuberung und Abschlämmungen

Wie bereits erwähnt, erfüllen Verdunstungskühltürme ihren Zweck der Wasserkühlung durch die erzwungene Verdunstung einer bestimmten Wassermenge. Die Menge des verdampften Wassers ist direkt proportional zur abzuführenden Wärmemenge. So geht pro 600 Kcal abgeführter Wärmelast etwa 1 Liter Wasser verloren.

Das zur Kühlung verdampfte Wasser muss in den Kreislauf zurückgeführt werden. Es ist ratsam, die Operation mit einer Aufbereitung der Wasserqualität durchzuführen. Auf diese Weise werden Versickerungen und Ablagerungen im Kreislauf selbst vermieden. Dies liegt daran, dass die im Verdunstungswasser enthaltenen Salze im verbleibenden Wasser gelöst bleiben, dessen Konzentration zunimmt. Kurzum, es ist wichtig, bestimmte Grenzen unter Kontrolle zu halten. Normalerweise sind eine geeignete Anti-Kalk-Behandlung und eine Teilspülung des im Kreislauf enthaltenen Wassers sowie eine **Biozid-Behandlung** mehr als ausreichend für diesen Zweck.

Das verdunstete Wasser ist eine Folge der abgeführten Wärme und kann daher nicht quantitativ verändert werden. Wasser, das als „gereinigt“ definiert ist, kann

verändert werden und hat die Funktion, die Menge an gelösten Salzen innerhalb bestimmter Grenzen zu halten.



Die Säuberung

Die Entleerung kann „empirisch“ gesteuert werden und ist tendenziell etwas höher als die Verdunstung. Sie kann auch durch eine ständige Überwachung der Qualität des im Kreislauf enthaltenen Wassers, insbesondere des Parameters elektrische Leitfähigkeit, kontrolliert werden.

Die Kontrolle der Leitfähigkeit durch spezielle Anti-Kalk-Behandlungen und die anschließende Verwaltung der Abflüsse in geeigneter Weise ermöglicht eine erhebliche Reduzierung der Wasserverschwendung. Sie ermöglicht es auch, das System in perfekter Effizienz zu halten und die Zeit für die Wartung und den Austausch von Komponenten, die einem Verschleiß unterliegen, zu verlängern.

Daher kann die ideale Lösung darin bestehen, sich für „integrierte“ Lösungen für die Anlage zu entscheiden. Diese Lösungen umfassen neben dem Kühlturm auch Geräte für die Wasserkontrolle und -verwaltung. Besser noch, wenn sie direkt vom Hersteller angeboten werden. Auf diese Weise können sie in Bezug auf die Flüssigkeit geeignet und speziell für den Kühlturm in Verbindung mit dem Betrieb des Kühlturms konzipiert sein.

Kühltürme: Hauptanwendungen für Industrie und Gewerbe

Wie am Anfang beschrieben, werden Kühltürme häufig eingesetzt bei:

- Industrielle Kältetechnik

- Kommerzielle Kühlung
- HVAC
- Industrielle Prozesse

Der letztgenannte Bereich ist sicherlich der am häufigsten genutzte Bereich beim Einsatz von Verdunstungskühltürmen: insbesondere bei Anlagen mit mittlerem und hohem Potenzial.



Kühltürme: die optimale Lösung für hohe Leistungsanforderungen

Alle anderen Kühlsysteme, ob durch Luftströme, adiabatisch oder durch Kälte, stellen eine mögliche Alternative dar, wenn die abzuführende Wärmeleistung relativ gering ist. Um ein Beispiel zu nennen: unter 1 MW. Sie werden jedoch äußerst unwirtschaftlich, wenn es um sehr hohe Leistungen geht, sogar um mehrere MW.

Im industriellen Bereich werden sowohl Kühltürme mit offenem als auch mit geschlossenem Kreislauf eingesetzt. Bei letzteren zirkuliert die zu kühlende Flüssigkeit, bei der es sich immer um Wasser oder ein Wasser-Glykol-Gemisch handeln kann, in einer Spule aus glatten Rohren, die von außen mit Wasser benetzt ist, das verdampft und der inneren Flüssigkeit Wärme entzieht.

Kühltürme in Kombination mit Wärmetauschern

Verdunstungskühltürme mit geschlossenem Kreislauf sind eine gute Alternative, wenn der Verbraucher „indirekt“ gekühlt werden soll. Mit anderen Worten: Es ist wünschenswert, dass die Flüssigkeit im Kühlkreislauf nicht durch die Luft verunreinigt wird.

Die gleiche Art der indirekten Kühlung kann mit einem Verdunstungskühlturm mit offenem Kreislauf in Kombination mit einem Plattenwärmetauscher oder einem Rohrbündelwärmetauscher erreicht werden. Der Vorteil der ersten Variante besteht darin, dass sowohl die Verdampfungssektion als auch der Glattröhrwärmetauscher, in dem sie arbeitet, in einer Maschine integriert sind. Die Vorteile in Bezug auf Platz und Kosten sind unbestreitbar.

Kombinierte Kühltürme mit wassergekühlten Verflüssigern

Kühltürme werden auch im privaten Bereich, vor allem aber in der industriellen und zivilen Kälteerzeugung eingesetzt. Sie finden sich insbesondere in Kombination mit dem Verflüssiger von wassergekühlten Kälteanlagen und heute mehr denn je in Absorptionsanlagen.

Beispiele für Anwendungsbereiche

Nachfolgend werden beispielhaft einige industrielle oder zivile Anwendungsbereiche aufgeführt, in denen Kühltürme ihre Funktion der Prozesswärmeabfuhr erfüllen.

- Kernkraftwerke, Wärmekraftwerke, geothermische Kraftwerke und Kohlekraftwerke.
- Öl- und Gaswerke: Hier werden häufig große industrielle Kühltürme eingesetzt.
- Raffinerien.
- Kunststoffherstellung und Wärmebehandlung von Metallen (z. B. in Stahlwerken und Gießereien).
- Kraft-Wärme-Kopplung und Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung.

- Klimaanlagen in Zivil- und Industriegebäuden (HLK -Bereich).
- Supermärkte in Kombination mit Kühlgeräten.
- Kleine Produktionsbetriebe wie Eiscafé's.
-

Verschiedene Kühlturmarten

Die Auswahl der verschiedenen Bauarten und -varianten von Kühltürmen wird in der Planungsphase getroffen. Die Auswahl erfolgt auf Grundlage der geplanten Anwendung oder der Größe der Anlage. Die häufigsten Variablen, die die Wahl leiten können, sind in breiten Schlägen Folgendes:

- Die abgeleitete Wärmeenergie
- Die Beschaffenheit des zu kühlenden Wassers
- Art des Verfahrens
- Der Kontext, in dem die Installation stattfindet (zivil oder industriell),
- Besondere Installationsanforderungen, z. B. ob es sich um eine Neuinstallation oder einen Austausch handelt.

Werksmontierte- und Zellenkühltürme

Die Größe des Systems in Bezug auf die abzuführende Wärmeleistung lenkt die Wahl auf werkseitig vormontierte **modulare Kühltürme (FAP)** oder auf **Zellenkühltürme** oder **FEP (direkt vor Ort montiert)**.



Modulare Kühltürme können aus Metall oder anderen Materialien hergestellt werden, die weniger „empfindlich“ auf das Vorhandensein von Wasser und dessen mögliche korrosive Wirkung reagieren, wie z. B. Glasfaser. Zellenkühltürme werden aus einer Metallstruktur oder aus stranggepressten Glasfaser- oder sogar Betonprofilen gebaut (klassische hyperbolische Türme von Kernkraftwerken).

Standard- oder geräuscharme Lösungen

Ein weiteres Element, das die Wahl der am besten geeigneten Bauweise beeinflusst, ist der Installationsbereich. In einem öffentlichen Umfeld (Krankenhäuser, Einkaufszentren, Klimaanlage) sollte eine Lösung mit geringen akustischen Auswirkungen bevorzugt werden. In diesem Fall sollten Kühlgeräte bevorzugt werden, die geringe Geräuschemissionen aufweisen oder leicht schallgedämpft werden können.

Handelt es sich um ein Industriegebiet, sind die Lärmgrenzwerte, auch wenn sie als Entwurfsanforderung vorgelegt werden, sicherlich weniger verbindlich.

Zentrifugal- oder Axialventilatoren?

Um diese Frage zu beantworten, sollten wir einen Schritt in die Vergangenheit machen.



In den letzten Jahren hat sich im zivilen Bereich die Tendenz durchgesetzt, die Wahl auf Kühltürme mit Radialventilatoren zu lenken. Im Gegensatz dazu wurden für industrielle Prozesse Axialventilatoren bevorzugt.

Heute sind Kühltürme mit Axialventilatoren ebenso effizient und leise.

Für jedes System die richtige Lösung: Informationsbeschaffung

Schließlich ist es auch notwendig, die Grenzen der Abmessungen oder andere vorher festgelegte Situationen zu kennen, die eine Auswahl bestimmen können.

Im Falle eines Austauschs kann zum Beispiel ein bestehender Tank oder ein durch die vorherige Installation definierter Raum angepasst werden müssen.

Die verschiedenen Aspekte müssen in der Phase der Datenerhebung zwischen dem Kunden und dem Anbieter besprochen werden. Aufgabe des Lieferanten ist es, eine „beratende“ Rolle gegenüber dem Kunden einzunehmen, um sicherzustellen, dass der Vorschlag aus technischer und wirtschaftlicher Sicht der beste ist.

Wartung und Aufbereitung von Kühlwasser

Wie alle Geräte in einem technischen System erfordern auch Kühltürme ein routinemäßiges und im Falle einer Störung ein außerordentliches Wartungsprogramm.

Aufgrund ihrer extrem einfachen Bauweise erfordern Kühltürme im Allgemeinen keine besondere Aufmerksamkeit, sondern nur die Beachtung einiger sehr einfacher, aber wirksamer Richtlinien, um sie stets in bester Leistung zu halten. Sicherheit und Effizienz gehen Hand in Hand.

Wasserbehandlung im Kühlturm

Die heikelsten Aspekte lassen sich sicherlich auf die Beschaffenheit des zirkulierenden Wassers zurückführen. Das heißt, dass nicht nur auf die Art des zu kühlenden Wassers geachtet werden muss, sondern auch darauf, wie dieses Wasser kontrolliert und aufbereitet wird, damit es sich in physikalisch-chemischer Hinsicht nicht verschlechtert.



Gut aufbereitetes Wasser verhindert Ablagerungen und Kalkablagerungen im Kühlturm, die in der Regel in der Anlage zu finden sind. Es hat auch einen großen positiven Einfluss auf die Minimierung der möglichen Vermehrung und Verbreitung von organischen Stoffen (Algen) oder Bakterien, einschließlich der am weitesten verbreiteten und potenziell gefährlichen Bakterien, die Legionellose, verursachen können.

Ein sauberer Kühlturm bedeutet eine Effektivität, die daher mit dem Mindestverbrauch maximale Leistung anbieten kann: sowohl in Bezug auf Strom als auch verdampfte und gereinigtes Wasser.

Bewährte Praktiken der Kühlturmhersteller

Auch die Komponenten, aus denen die Kühltürme bestehen, profitieren von einem angemessenen Umgang. Wärmetauscher haben eine längere Lebensdauer, Motoren und Ventilatoren arbeiten unter besseren Bedingungen, da korrosives Wasser die empfindlichsten Teile beschädigen könnte.

Was die Praktiken zur Erreichung dieses Zustands betrifft, so reicht es im Allgemeinen aus, die spezifischen Anweisungen des Herstellers zu befolgen. Die chemisch-physikalischen Parameter für das zirkulierende Wasser sowie die regelmäßigen Kontrollen und Wartungen müssen beachtet werden. Es gibt jedoch allgemeinere Leitlinien, die oft auch in den Handbüchern der Hersteller erwähnt werden und die „gute Praktiken“ enthalten, die für alle Systeme gelten, in denen Kühltürme eingesetzt werden. Renommierte Einrichtungen in dieser Hinsicht sind Eurovent, das Cooling Technology Institute oder AEFYT.