

Sonderdruck

aus Ausgabe 2017
www.ihks-fachjournal.de

Fach.Journal

Fachzeitschrift für Planungsbüros, Anlagenbau, Öffentliche Hand und Fachhandel

Technische Gebäudeausrüstung – Gebäudetechnik



UV-Desinfektion von Kühltürmen

UV-Disinfection of Cooling Towers

UV-Desinfektion von Kühltürmen

UV-Disinfection of Cooling Towers

Zuverlässige Kontrolle von Legionellen und Biofilm
für sicheren und effizienten Betrieb
Reliable Control of Legionella and Biofilm for safe
and efficient operation

Dipl.-Ing. Christian Gurrath, Dr.-Ing. Martin Sörensen

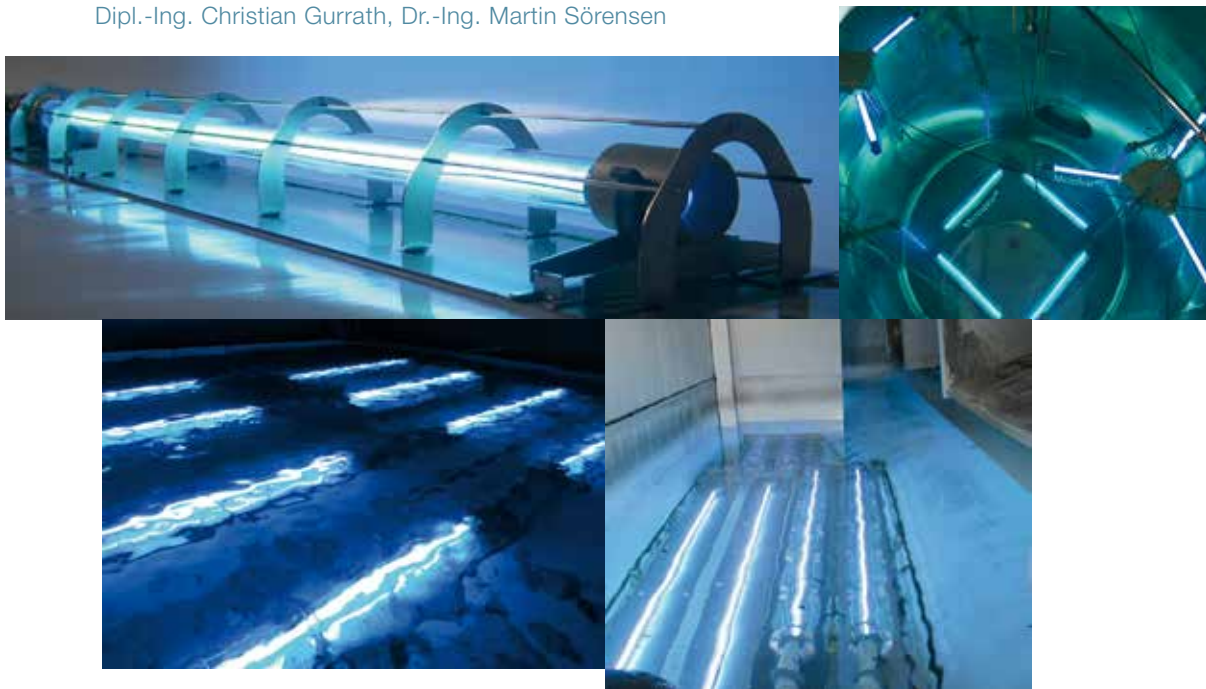


Abb. 1: In Kühltürmen installierte UV-Strahler vom Typ Microfloat® & Microspear®
Picture 1: Cooling Tower with Installed UV-Lamps, Type Microfloat® & Microspear®

Die wachsende Verbreitung von Kühltürmen zur Abfuhr von Prozesswärme hat zu einem vermehrten Aufkommen von Verdachtsfällen geführt, in denen sich Krankheitserreger mutmaßlich durch Kühltürme vermehren und verbreiten konnten. Aktuellere Beispiele aus einer Reihe von Verdachtsfällen hierfür sind die wahrscheinlich durch Kühltürme verursachten Ausbrüche von Legionellose in Ulm (2010)^{1,2} und in Warstein (2013)³, wobei allein beim Krankheitsausbruch in Ulm 5 Tote und 65 Verletzte gezählt wurden. Hier wurde ein Legionellenbefall in Kühltürmen auf einem Gebäude entdeckt und anschließend ein wirksames Desinfektionssystem basierend auf der UV/H₂O₂-Technologie durch die a.c.k. aqua concept GmbH realisiert.

Um dieser Entwicklung eines Anstiegs von Fällen Rechnung zu tragen, gilt seit Januar 2015 in Deutschland die VDI-Richtlinie 2047 Blatt 2 für die Sicherstellung des hygienegerechten Betriebs von Verdunstungskühlanlagen. Die Richtlinie gibt dem Betreiber Hinweise zum fachgerechten

The growing number of cooling towers for process heat removal have led to an increasing number of suspects that pathogens are multiplying and expanding. Actual examples from a series of suspects are the Legionella disease cases in Ulm (2010)^{1,2} and in Warstein (2013)³ that were possibly caused from cooling towers, whereas in Ulm alone an illness outbreak was reported causing 5 death and 65 insured people. At that location, Legionella infection from cooling towers on top of a building was discovered and that is when an efficient disinfection system based on UV-H₂O₂ technology from a.c.k. aqua concept GmbH was implemented.

For preventing in the future more such cases in Germany, the VDI-Guideline 2047 page 2 is in effect since January 2015 for achieving a hygiene-proof performance of the atmospheric evaporation type cooling systems. The guideline gives the operator directions for the technically correct

Betrieb und gilt für bestehende und neu zu errichtende Verdunstungskühlanlagen und -apparate. Hierbei gilt die grundsätzliche Pflicht des Betreibers, den sicheren Betrieb der Anlage zu gewährleisten⁴.

Um industrielle Kühltürme effizient und sicher betreiben zu können, muss das verwendete Kreislaufwasser sachkundig konditioniert, desinfiziert und die Wasserqualität regelmäßig überprüft werden. Die Konditionierung/Desinfektion des Kreislaufwassers erfolgt derzeit überwiegend über die regelmäßige Dosierung von teilweise giftigen Chemikalien, die wiederum den Betrieb des Kühlturms negativ beeinflussen können (z. B. Korrosion durch Biozide).

Im Folgenden wird die generelle Funktionsweise von Kühltürmen beschrieben und die beim Betrieb zu beachtenden Parameter in Zusammenhang gesetzt.

Das etablierte Vorgehen zur Kontrolle dieser Parameter wird beschrieben und dessen Auswirkungen analysiert. Alternativ wird die von enviolet entwickelte Lösung für die Desinfektion und Stabilisierung von Kühltürmen auf Basis der UV-Desinfektion in Kombination mit H_2O_2 vorgestellt. Die Vorteile des Verfahrens gegenüber der herkömmlichen Herangehensweise werden anhand der bestehenden Betriebsdaten (Gesamtkeimzahl, Legionellenwerte, Korrosionsgeschwindigkeit, Betriebskosten) von Kühltürmen dargestellt.

GRUNDLAGEN KÜHLTURMBETRIEB

Bei Kühltürmen handelt es sich um halboffene Kühlsysteme, in denen der Kühleffekt durch die Verdunstung von Wasser realisiert wird. Wie in Abb. 2 dargestellt, strömen Luft und Wasser

operation and is valid for existing and newly planned installations of atmospheric evaporator cooling systems. It is also the operator's responsibility to ensure safety for the operation of the system⁴.

For an efficient and safe performance of industrial cooling towers the recirculated water must be proficiently conditioned and disinfected. Also, the water quality must be regularly checked. Currently, the conditioning/disinfection process of the recirculated water is predominantly provided by means of partially toxic chemical dosing, which is detrimental and, ultimately, will have a negative influence on cooling tower operation (e.g. corrosion caused through biocide).

Next follows a general function description of a cooling tower and its correlation of the observed parameters during operation.

The established procedure for the control of these parameters will be described and its impacts analyzed. Alternatively, "Enviolet" GmbH will present its developed concept for disinfection and stabilization of cooling towers based on UV-irradiation in combination with H_2O_2 . Advantages of this process will be compared with the conventional approach by illustrating and comparing operating data of the cooling towers (total bacteria growth, Legionella bacteria growth, corrosion rate, operating costs).

BASICS OF COOLING TOWER OPERATION

Cooling towers are semi-enclosed cooling systems in which the cooling effect is achieved through evaporation of water. See Picture 2: Air and water move in counter-flow direction thus a

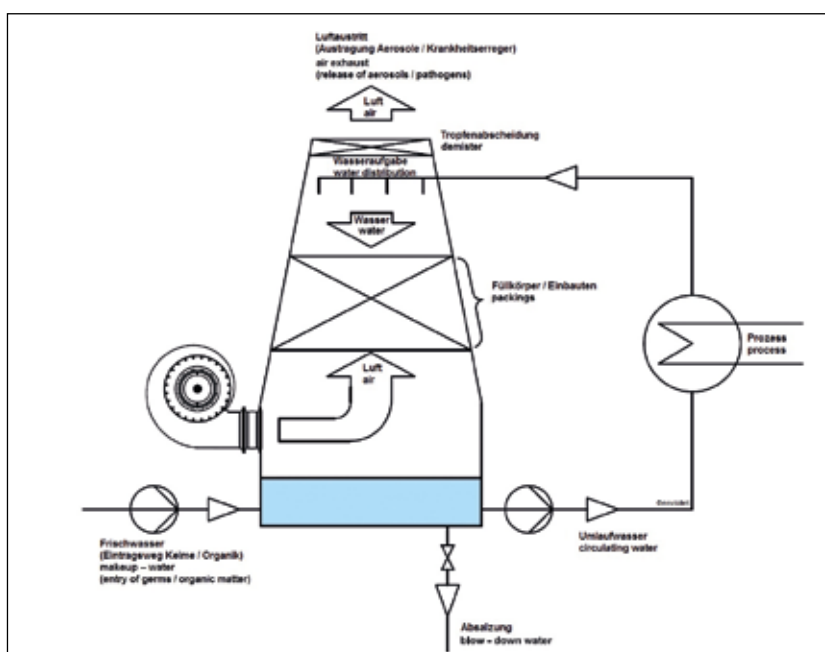


Abb. 2: Schematische Darstellung Kühlturm / Picture 2: Cooling Tower Flow Schematic

im Gegenstrom, dabei verdunstet ein Teil des Wassers und die dem System entzogene Verdunstungsenthalpie sorgt für eine Abkühlung des im System verbleibenden Wassers.

Da im Kühlturm nur das reine Wasser verdunstet, kommt es zu einer stetigen Anreicherung der im Wasser gelösten Inhaltsstoffe, wie z. B. Salze (Eindickung), wodurch die Löslichkeitsgrenze der Salze ohne Gegenmaßnahmen überschritten wird; die Folge sind anorganische Ablagerungen im Kühlsystem (z. B. Kalk), die unter großem Aufwand wieder entfernt werden müssen.

$$\text{Eindickungsfaktor} = \frac{\text{Salzgehalt Umlaufwasser}}{\text{Salzgehalt Frischwasser}}$$

Um dies zu verhindern, muss regelmäßig ein Teil des Umlaufwassers abgeschlammmt werden, damit die Löslichkeitsgrenze der im Wasser gelösten Salze nicht überschritten wird. Dies geschieht in der Regel automatisiert über eine Leitfähigkeitsmessung. Je mehr Wasser jedoch abgeschlammmt wird, umso größer ist der Bedarf an Frischwasser, um das im System enthaltene Volumen (Umlaufwasser) konstant zu halten, wodurch die Betriebskosten des Kühlsystems zusätzlich ansteigen.

Abb. 3 bildet den Zusammenhang zwischen Eindickungsfaktor und benötigter Frischwassermenge ab. Man erkennt hier, dass die benötigte Frischwassermenge mit steigender Eindickung bei konstantem Umlaufwasservolumen sinkt. Erhöhung der Eindickung von 1,5 auf 3 reduziert die benötigte Frischwassermenge um die Hälfte. Da die Wasserkosten üb-

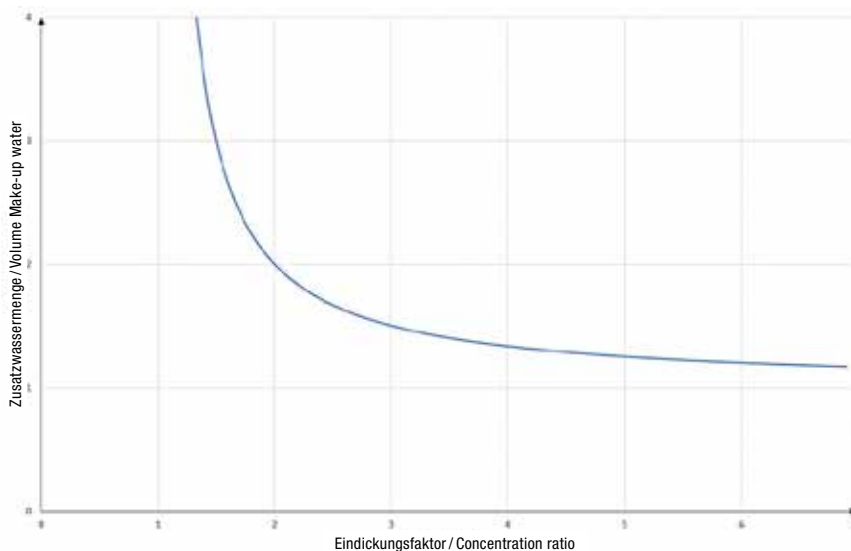


Abb. 3: Benötigte Frischwassermenge bei steigender Eindickung (Umlaufwassermenge konstant)

Picture 3: Fresh water demand with increasing concentration (recirculating water volume constant)

licherweise höher sind als die Kosten für Prozesschemikalien, können durch Erhöhung der Eindickung wesentliche Kostenersparnisse erzielt werden. Oberhalb der Eindickungszahl 4 werden die Einsparungen vernachlässigbar gering und andere sich überlagernde Effekte bewirken eine Verschlechterung der Systemeigenschaften.

Eine weitere Erhöhung des Eindickungsfaktors ist daher unüb-

fraction of water is evaporated and the extracted vaporization enthalpy is generating a cooling effect on the remaining water within the system.

As only pure water evaporates in a cooling tower dissolved solids concentration will increase, e.g. mineral salts, thus solubility limit of the dissolved solids will ultimately exceed and consequently resulting in inorganic mineral deposition (hardness) in the cooling system, which must then be removed again by a rather time consuming and costly effort.

$$\text{Concentration Factor} = \frac{\text{Mineral Salt Content of Recirculating Water}}{\text{Mineral Salt Content of Water Supply}}$$

To prevent this concentration buildup, a portion of the recirculated water must be replenished with fresh water to prevent exceedance of the solubility limit of the dissolved solids. Typically, such a process is controlled via conductivity measurement. However, depending on the dilution demand, this replenishing process for maintaining the required volume of the recirculating water is an increase in operating cost of the cooling system.

Picture 3 shows the relationship between concentration factor and fresh water supply demand. It is worth noting how the fresh water demand is decreasing with increased concentration (dissolved solids concentration) by constant recirculating water volume. With an increase of concentration from 1.5 to 3 fresh water supply is basically reduced to half. Since water costs are

typically higher than chemical costs an increase of concentration can result in substantial cost savings. Cost savings above the concentration factor 4 are rather negligible and other interfering effects are having a negative system impact.

Thus, an additional increase of the concentration factor is not practical since a higher dissolved solids concentration would

lich, zumal die Aufsalzung den Siedepunkt des Umlaufwassers erhöht und den Dampfdruck des Wassers bei gleicher Temperatur absenkt (ebullioskopischer Effekt), was zu weniger Verdunstung und damit zu einem Verlust von Kühlleistung führt.

PROBLEMATIK MIKROORGANISMEN

Das salzangereicherte Umlaufwasser im Kühlturm bietet zusammen mit den in Kühltürmen üblichen Temperaturen von ca. 25 – 35 °C ideale Bedingungen für die Vermehrung von Mikroorganismen wie z. B. Pseudomonas aeruginosa und Legionella spp. Während des Betriebs werden laufend Keime aus der Luft (oder über das Frischwasser) in den Kühlturm eingeschleppt, was eine angemessene Desinfektion und Überwachung der Keimzahlen nötig macht. Die Bildung von Biofilmen (Fouling) an den mit dem Wasser in Kontakt stehenden Oberflächen stellt ein besonderes Problem dar, da dies sowohl Wärmeübergänge beeinträchtigt als auch Korrosion begünstigt und eine zusätzliche Verschlechterung der hygienischen Bedingungen im Kühlturm darstellt.

Durch den direkten Kontakt des Umlaufwassers mit der Luft, die anschließend in die Umgebung abgegeben wird, besteht bei Kühltürmen trotz Tropfenabscheidern immer die Gefahr, dass Tröpfchen von der Abluft mitgerissen werden und in Form eines Aerosols aus dem System getragen werden. Dadurch ergeben sich im Falle einer übermäßigen Verkeimung des Kühlturms gesundheitliche Risiken, da sich die keimbeladenen Aerosole ideal zur Verursachung von Infektionskrankheiten wie zum Beispiel der Legionellose eignen.

Die mikrobiologische Belastung des Systems wird hierbei von den für den Kühlturm geltenden Randbedingungen beeinflusst:

- ▶ Temperatur (→ Einfluss der Jahreszeit)
- ▶ Eintrag von Sedimentstoffen (Staub etc. → klimatischer Einfluss)
- ▶ Beschaffenheit des Frischwassers
- ▶ Nährstoffeintrag (z. B. Blütenpollen → Einfluss der Jahreszeit)

Daraus folgt, dass gleiche Kühltürme abhängig von den Randbedingungen Ihrer Umgebung sehr unterschiedlich laufen und eine dementsprechend angepasste Konditionierung des Umlaufwassers benötigen. Je weiter nördlich gelegen beispielsweise ein Kühlturm geographisch gesehen liegt, desto weniger problematisch ist dessen Betrieb hinsichtlich der Mikroorganismen aufgrund der tendenziell niedrigeren Umgebungstemperaturen. Auch gestaltet sich der Betrieb eines Kühlturms in einer Umgebung mit staubiger und schmutziger Luft problematischer als in einem Reinluftgebiet.

Um Veränderungen im System rechtzeitig erkennen zu können, sind regelmäßige Überprüfungen der Keimzahlen sowie der Nachweis von Legionella unerlässlich. Richtlinie VDI 2047 empfiehlt hierfür generell enge (z. B. monatliche) Kontrollintervalle.

only increase the boiling point of the recirculated water and decrease the vapor pressure (ebullioscopy effect), which would reduce evaporation rate and resulting in a loss of cooling performance.

PROBLEMS WITH MICROORGANISMS

Accumulation of dissolved solids in cooling towers coupled with typical temperatures of approximately 25 – 35 °C are promoting ideal conditions for the germination of microorganism e.g. Pseudomonas aeruginosa and Legionella spp... Bacteria are constantly introduced into the cooling tower from either the surrounding air or fresh water supply, which requires proper disinfection and microbial control. Biofilm buildup (fouling) on surfaces with contact of water are particularly problematic as this not only affects heat transfer but also promotes corrosion and impairs with the hygienic condition of the cooling tower.

Since the recirculated water is in direct contact with air and is subsequently exhausted to the environment, it exists the possibility that, despite the use of demisters, water droplets entrained by the air stream escapes the cooling tower in form of an aerosol. It is due to this fact that health hazards are caused because of excessive bacteria growth in the cooling tower as bacteria carrying aerosol is the ideal pathogen for infectious diseases such as Legionella.

Parameter	Maßnahmenwert Action Required Limit
Allgemeine Koloniezahl (GKZ) Total bacteria count (GKZ)	~ 10000 KBE/ml (als Orientierungswert)
Legionella ssp.	100 KBE/100ml
Pseudomonas aeruginosa	100 KBE/100ml

Tab. 1: Maßnahmenwerte für standardmäßig untersuchte mikrobiologische Parameter gemäß VDI 2047 Blatt 2 (KBE = koloniebildende Einheiten)
Table 1: Action required limits for commonly tested microbiologic parameter per VDI 2047 page 2 (KBE = colony forming units)

The microbiologic conditions of a cooling tower are, therefore, primarily from environmental circumstances impacted:

- ▶ Temperature (→ seasonal impact)
- ▶ Drag-in of sedimentary deposits (dust etc. → climatic impact)
- ▶ Fresh water supply composition
- ▶ Drag-in of environmental pollutants, pollen (e.g. pollen → seasonal impact)

For that reason, not all cooling towers are suffering equally as local environment plays a significant role and influencing its operation accordingly, requiring customized conditioning of their recirculating water. For instance, the farther north the geographical location of a cooling tower is the less problematic is its operation regarding microorganism, which is primarily due to tendentially lower temperature of that climate. Furthermore, a cooling tower operation in a dusty and dirty environment is more problematic than in a clean air environment.

For recognizing system changes in time, it is critical that regular

In Tab. 1 sind die drei standardmäßig untersuchten Parameter zur Beurteilung der mikrobiologischen Belastung sowie die erste Schwelle der zugehörigen Maßnahmenwerte aufgeführt. Bei Überschreitung dieser ersten Schwellen werden von der Richtlinie VDI 2047 besondere Maßnahmen, wie z. B. verkürzte Kontrollintervalle oder eine gezielte Ursachenermittlung, gefordert. Die Überschreitung weiterer Schwellen zieht weitere Maßnahmen nach sich bis hin zur sofortigen Stilllegung der Anlage.

PROBLEMATIK KALKABLAGERUNGEN

Um die Entstehung von ungewollten Kalkablagerungen und Korrosion in Kühltürmen zu verstehen, ist das Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht (KK-GGW) von entscheidender Bedeutung und daher ein weiterer wichtiger Parameter für den Betrieb des Kühlturms.

Wie in Abb. 4 dargestellt, werden über den Kontakt mit Luft geringe Mengen Kohlenstoffdioxid in das Umlaufwasser des Kühlkreislaufes gelöst, wovon wiederum ein kleiner Teil weiter zu Kohlensäure (H₂CO₃) reagiert. Die Entstehung von Kalk hängt, wie in Abb. 4 und Abb. 5 veranschaulicht, über mehrere Dissoziationsstufen mit der im System gelösten Kohlensäure zusammen.⁵

Letztendlich spielt das KK-GGW die entscheidende Rolle bei der Frage, wie sich das Wasser gegenüber den mit ihm in Kontakt stehenden Werkstoffen verhält. Bei Anwesenheit einer kleinen Menge an Kohlensäure befindet sich das System im Gleichgewicht. Herrscht im System ein Überschuss an Kohlensäure, verhält sich das Wasser kalkaggressiv/metallaggressiv, was zu Auflösungsprozessen bei zementgebundenen Werkstoffen und Korrosion bei Metallen führt. Ein Mangel an Kohlensäure im Sys-

tem führt hingegen zu einer Ausfällung von schwerlöslichem Kalk, was ebenfalls zu einer Beeinträchtigung des Kühlturbetriebs führen kann. Beide Zustände außerhalb des Gleichgewichts sind somit zu vermeiden, um den optimalen Betrieb des Kühlturms zu gewährleisten.

bacteria and Legionella tests are performed. Therefore, the VDI 2047 guideline is recommending stringent (e.g. monthly) control intervals. Table 1 lists three basic tested parameters for evaluation of the microbial condition and first level action required limits. When first level limits are exceeded the guideline VDI 2047 requires for special action to be taken, e.g. shorter test periods or specific identification. Exceedance of additional levels calls for more action and may ultimately lead to immediate shutdown of the system.

LIME-SCALE DEPOSIT PROBLEMS:

Calcium carbonate – carbonic acid equilibrium is of essence for understanding buildup of undesirable lime-scale deposit and corrosion in cooling towers by making it an additionally important parameter for the cooling tower operation.

As shown in picture 4, small amounts of carbon dioxide are introduced into the recirculated water from contact with air. A small fraction from it is reacting and thereby forming carbonic acid (H₂CO₃). As shown in picture 4 and 5, the formation of calcium carbonate occurs via multiple dissociation steps of the dissolved carbonic acid in the system.⁵

Ultimately, the calcium carbonate – carbonic acid equilibrium is determining how materials (surfaces) in contact with the water is reacting. If a small amount of carbonic acid is present, then the system is in balanced condition. However, if there is too much carbonic acid the water reacts aggressively by forming lime-scale and causing corrosion for metal and concrete materials. On the other hand, a lack of carbonic acid in the system causes

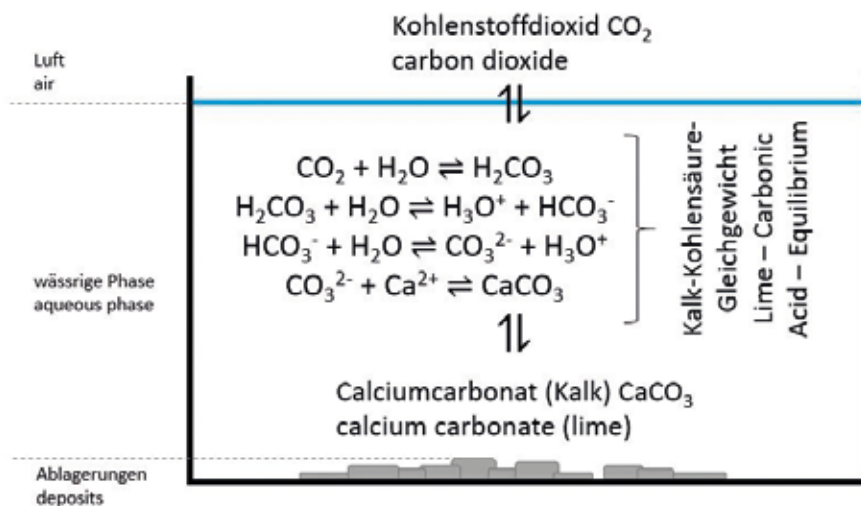


Abb. 4: Schematische Darstellung des Kalk-Kohlensäure-Gleichgewichts
Picture 4: Schematic illustration of the Calcium Carbonate-Carbonic Acid-Equilibrium

Da Kühltürme komplexe Systeme mit einer Vielzahl von möglichen Einflussgrößen (z. B. dem Frischwasser oder dem pH-Wert, siehe Abb. 5) sind, muss das KK-GGW im Einzelfall betrachtet und gesteuert werden. Speziell bei der Verwendung von Mischwasser aus mehreren Quellen im Zulauf ist das KK-GGW

Since cooling towers are complex systems influenced by many possible factors (e.g. fresh water supply or pH value, see picture 5), calcium carbonate – carbonic acid equilibrium must be evaluated and controlled case by case. The problem is especially critical when water supplies of different sources get mixed together,

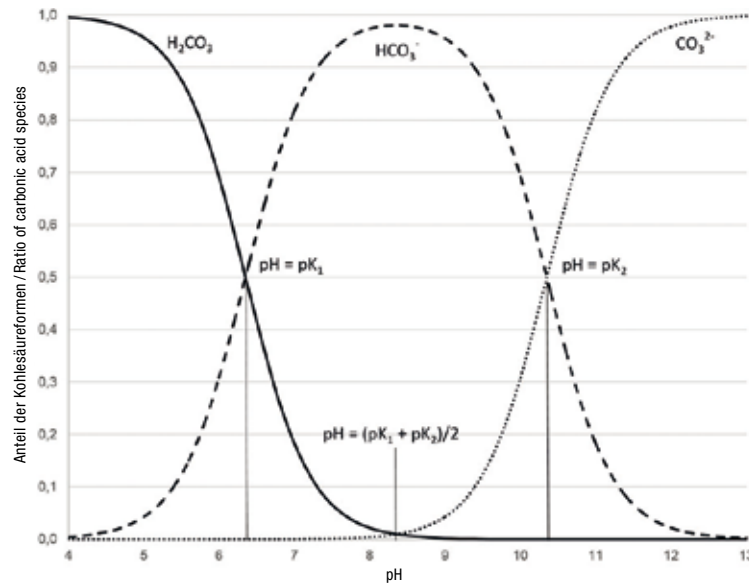


Abb. 5: Anteil der Kohlen säureformen in Abhängigkeit des pH-Wert
 Picture 5: Proportion of Changing Carbonic Acid Compositions Depending on pH-Values

im Auge zu behalten, da zwei Wässer, die für sich betrachtet im Gleichgewicht stehen, bei einer Vermischung eher selten im Gleichgewicht stehen und in Kühltürmen häufig Verschnitte aus demineralisiertem Wasser und Stadtwasser/Leitungswasser verwendet werden.

ther, e.g. demineralized water and city water. Calcium carbonate – carbonic acid equilibrium of one supply may be acceptable while another one is not.

KÜHLTURMBETRIEB MIT UV/H₂O₂

Der am weitesten verbreitete Ansatz, das Umlaufwasser im Kühlturm zu konditionieren, ist die ausschließliche Zugabe von einer Reihe von teilweise giftigen Chemikalien, deren komplexes

COOLING TOWER OPERATION WITH UV-H₂O₂ COMBINATION

The most common approach to control recirculated water of a cooling tower is by dosing various chemicals, of which some

UV-Desinfektion für Kühltürme

- Hochwertige Desinfektionssysteme Microfloat® und Microspear®
- Zuverlässiger Betrieb von Kühltürmen bei hoher Effizienz
- Sichere Kontrolle von Keimzahl und Legionellen
- Hohe Umweltfreundlichkeit und Wirtschaftlichkeit
- Verhinderung Verschlämzung und Kalkablagerungen

enviolet
 enviolet GmbH · Schenkenburgstraße 18 · 76135 Karlsruhe · Germany
 +49 721 59721-0 www.enviolet.com

Zusammenspiel einen erheblichen Aufwand bedeutet. Durch konventionelle Biozide lässt sich die biologische Belastung unter Kontrolle halten, und auch Biofilme können auf diese Weise aufgelöst werden. Allerdings wird die Passivschicht der mit dem Wasser in Kontakt stehenden Werkstoffe hierbei angegriffen und macht den Werkstoff anfällig für Korrosion und einen erneuten biologische Befall. Daher müssen zusätzlich zum Biozid korrosionsmindernde Verbindungen mit in das System zugegeben werden, um dessen Nebeneffekte zu bekämpfen. Durch die nun zugegebenen Stoffe erfolgt üblicherweise eine – zusätzlich zu der von der Verdunstung verursachten – zusätzliche Aufsalzung des Kreislaufwassers, was wiederum den Einsatz von Härtestabilisatoren erfordert, um den Ausfall von mineralischen Ablagerungen zu verhindern.

Viele der Chemikalien werden folglich überhaupt erst notwendig, um die negativen Auswirkungen einer anderen zugesetzten Chemikalie zu bekämpfen. Problematisch hierbei ist auch der Austrag der zugesetzten Chemikalien und ihrer Abbauprodukte (z. B. AOX, Phosphate) über das abgeschlammte Wasser, das einer nachträglichen Behandlung bedarf.

Alternativ hierzu ist eine Kombination von UV-Bestrahlung und der Zugabe von restlos abbaubarem Wasserstoffperoxid (H_2O_2), eine umweltfreundliche, wirtschaftliche und effektive Methode, um den optimalen Betrieb von Kühltürmen zu erreichen. Die enviolet GmbH konnte bereits einige hundert Kühltürme im industriellen Bereich erfolgreich mit ihren Systemen ausrüsten und blickt hier auf eine breite und positive Erfahrung zurück.⁶

Die Anwendbarkeit der UV-Desinfektion wird auch durch die zuvor erwähnte VDI-Richtlinie bestätigt, wobei deren Forderung nach UV-Sensoren in dieser Anwendung eine gewisse Praxisfremdheit offenbart. Enviolet hat alternative Lösungen entwickelt, da UV-Sensoren in Kühltürmen keine zuverlässigen Daten zur Überwachung liefern.

Für das enviolet-System besteht die folgende Zielsetzung:

- ▶ Zuverlässiger Betrieb des Kühlturms bei hoher Effizienz.
- ▶ Die Werte für die Gesamtkeimzahl und die Legionellen sollte sich unterhalb der Maßnahmenwerte bewegen.
- ▶ Geringerer Kosten- und Personalaufwand für eine Aufrechterhaltung des Betriebs,
- ▶ Der Kühlturm darf nicht verschlammten, verkalken oder korrodieren.
- ▶ Die Betriebsweise soll so umweltfreundlich wie möglich gestaltet sein.

Die Schritte zur Implementierung des Systems und das Erreichen der Zielsetzung werden in den folgenden Abschnitten beschrieben.

INTEGRATION DER UV-STRAHLER

Unter Berücksichtigung der spektralen Eigenschaften des Systems ist die UV-Bestrahlung zur Abtötung von Mikroorganismen/Krankheitserregern hervorragend geeignet. Das zugrundeliegende Prinzip ist die Anfälligkeit des Erbmaterials von Mikro-

are rather toxic, and the complex interaction of these chemicals require a major effort. Biologic pollution may be under control and biofilms dissolved with conventional biocides, however, equipment materials (surface passivation) in contact with these chemicals become corroded followed by a new biologic attack, resulting in additional corrosion inhibiting chemicals to be added into the system for combating side-effects. All these added chemicals combined with the ongoing evaporation process, the recirculated water becomes so concentrated with dissolved solids that the use of hardness stabilizers is necessary to avoid mineral deposition.

Many of the applied chemicals are unfortunately needed only to combat negative side-effects of another added chemical. The resultant chemically loaded water (e.g. AOX, phosphates) requires periodic replenishing and must be discharged to the wastewater treatment system for subsequent treatment.

For these reasons, an environmental friendly and economically effective method is UV-irradiation combined with completely disintegrating hydrogen peroxide (H_2O_2). Enviolet GmbH has supplied hundreds of industrial cooling towers with that treatment concept and has gained the experience together with positive customer reviews.⁶

The UV-disinfection application is also approved by the previously mentioned VDI-guideline, although their requirement for UVsensors for this application reveals some lack of practical knowhow. Enviolet GmbH has developed some alternate solutions since UV-sensors in cooling towers do not provide reliable monitoring data.

Enviolet GmbH has set varies goals for the treatment standard of cooling towers:

- ▶ Reliable and high efficiency of the cooling tower operation
- ▶ Total bacteria count and Legionella limits should be below the required action limits
- ▶ Lower operating cost and less labor intensive
- ▶ The cooling tower may not form slurry, nor any lime-scale buildup, nor become corroded
- ▶ The operating mode must be user-friendly and environmentally as safe as possible

The necessary steps for the implementation and achievement of this goals are described in the following paragraphs.

INTEGRATION OF UV-LAMPS

Considering the specific portion of the UV spectrum UV-Irradiation has a strong germicidal effect by killing microorganisms/pathogens. The highly energetic irradiation effect from these UV-lamps kills microorganisms by penetrating their cell membranes

Abb. 6: Beispielhaftes Halterungssystem für UV-Tauchstrahler in KTC-Tanks
 Picture 6: Example of mounting bracket systems for submerged UV-lamps in KTC-Tanks



organismen gegenüber der von den Strahlern emittierten, hochenergetischen Strahlung.

Dabei können sich – anders als bei einer klassischen Zugabe von Bioziden – keinerlei Resistenzen bilden und die Entkeimung in der Umgebung der Strahler erfolgt ohne jegliche Zugabe von zusätzlichen Chemikalien. Da der Großteil des im Kühlturm zirkulierenden Umlaufwassers sich in der Regel die meiste Zeit in der Wanne bzw. in den Kreislauf integrierten Pufferbehältern befindet, lässt sich durch eine Platzierung von UV-Strahlern an dieser Stelle eine effektive Keimkontrolle und zuverlässige Desinfektion für den größten Teil des Wassers umsetzen. Die Kühlturmwanne wird hierbei zu einem UV-Reaktor, in dem – durch die relativ hohen Verweilzeiten des Kreislaufwassers – eine sehr hohe und durchschlagende UV-Dosis appliziert werden kann.

Der erste Schritt zur Implementierung des Systems UV/H₂O₂ ist also die Bestückung der Kühlturmwanne beziehungsweise der Behälter in für die Versorgung des Systems mit Kreislaufwasser mit der passenden Anzahl rechtlich geschützter UV-Systeme vom Typ Microspear® & Microfloat® (s. Abb. 1).

Die Anzahl und die Platzierung der Strahler werden individuell, abhängig von den jeweiligen Betriebsparametern des Kühlturms, angepasst. Ein besonderes Alleinstellungsmerkmal des Systems ist der UV-Schwimmer Microfloat®, der in Kombination mit dem Microspear® modular zu einem maßgeschneiderten Gesamtsystem kombiniert werden kann. Durch die Platzierung des Schwimmers an der Wasseroberfläche wird neben der Desinfektion des Wassers auch gleichzeitig die Desinfektion der Luft über dem Wasserspiegel, sowie der feuchten Wände oberhalb des Wasserspiegels, sichergestellt.

Die UV-Ausstattung für Kühltürme wird als Komplettsystem inklusive eines, nach industriellem Standard gefertigten, Schaltschranks geliefert. Die Funktionalität und Lebensdauer der Strahler kann über im Schaltschrank integrierte Systeme überwacht werden. Die hier verwendeten Systeme liefern weit zuverlässigere und für eine Überwachung besser geeignete Informationen als die von der VDI 2047 geforderten UV-Sensoren im Kühlturm.

Die Bestückung von Kühltürmen mit unterschiedlichsten Beckengrößen und Kühlleistung durch den modularen Aufbau und

and destroying the DNA, making them unable to reproduce and effectively killing them.

Contrary to biocide products, no bacterial resistance can be formed and disinfection in the surrounding area of the UV-lamps occurs without feeding of any additional chemicals. Typically, the recirculated water of the cooling tower is stored in a buffer tank where UV-lamps can be positioned inside that tank. Here is where effective bacteria control and reliable disinfection of most water in the system is achieved. With this kind of setup, a UV-reactor is created and integrated into the cooling tower buffer tank, whereas, with relatively high retention time of the closed-loop water, the UV-lamps are providing a very high and penetrating UV-dose.

Therefore, the first step for implementation of the UV-H₂O₂ system is the correct placement and number of the legally protected Microspear® & Microfloat® units inside the cooling tower tank as shown in picture 1.

The placement and number of UV-lamps are customized depending on the specific operating parameters of the cooling tower. A highlighted feature of the system is the UV-lamp, Microfloat® (floating on the water surface) which, together with the UV-lamp Microspear®, can be combined to a tailor-made modular concept. Besides disinfecting the water, by placement of the floating UV-lamps on the water surface, the surrounding air and moist and wet walls above the water level will also be simultaneously disinfected.

The UV system is delivered as a complete package including a control panel manufactured to industrial standards. System functions and life cycle time of the UV-lamps are all integrated and monitored in the control panel. These provided systems deliver by far more reliable control and useful information than the VDI 2047 required cooling tower UV-sensors.

The modular concept and customized bracket systems design allows for cooling towers with various tank sizes and cooling per-

angepasster Halterungssysteme ist in der Regel problemlos möglich. Um die optimale Verteilung der Strahler in der Kühlturmwanne oder anderen in den Wasserkreislauf eingebundenen Behältern sicherzustellen, steht eine Reihe von rechtlich geschützten Systemen zur Auswahl:

- ▶ Grundplatten aus Edelstahl mit Schutzkäfig (s. Abb. 1)
- ▶ Seilhalterungssysteme (Edelstahlseil, Anbringung Microfloat® und Microspear® durch Spezialhalterungen mit optimalen Wartungsmöglichkeiten)
- ▶ Halterungssysteme für KTC-Tanks und ähnliche (s. Abb. 6)
- ▶ Kundenspezifisch angepasste Systeme, die eine technische optimale Integration mit maximaler Funktion kombinieren

KOMBINATION UV/ H₂O₂

Eine UV-Bestrahlung allein ist jedoch nicht ausreichend für den zuverlässigen Betrieb des Kühlturms, da diese nicht alle Anlagenteile, Rohrleitungen und sonstigen Totvolumina im System erreicht und somit keine Depotfunktion bietet. Daher ist als zweiter Schritt eine Zudosierung von geringen Mengen restlos abbaubarem Wasserstoffperoxid (H₂O₂) vorgesehen.

Dieses ist ein Desinfektionsmittel und ein schwaches Oxidationsmittel, das abhängig von den Bedingungen auch redu-

formance to be easily equipped. To ensure optimal arrangement of the UV-lamps in the cooling tower tank or other auxiliary tanks, there are assorted, legally protected, systems available:

- ▶ Stainless steel base plates with protective cage (see picture 1)
- ▶ Cable-bracket systems (stainless steel cable, affixing of Microfloat® and Microspear® per special brackets for optimal maintenance)
- ▶ Bracket systems for KTC-Tanks and similar (see picture 6)
- ▶ Customer specific systems, assuring a technically optimal integration

UV-H₂O₂ COMBINATION

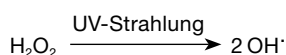
UV-Irradiation is simply not enough for a reliable operation of the cooling tower as some system components, pipes and other blind spots are not irradiated and, UV has no residual effect. For that reason, step two is necessary by metering small amounts of completely disintegrating hydrogen peroxide (H₂O₂) into the recirculating water loop.

Hydrogen peroxide is a disinfectant and weak oxidant which, depending on the conditions can also have deoxidizing effects.

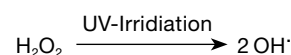
	Vorteile/Advantages	Nachteile/Disadvantages
UV	Resistenzbildung nicht möglich Resistance buildup is impossible	Keine Depotfunktion; Anlagenteile, die vom UV-Licht nicht abgedeckt sind, werden nicht desinfiziert No residual effect; blind spot areas in the system without UV-irradiation may not be disinfected
H ₂ O ₂	Wirkt auch in den von der UV-Strahlung nicht abgedeckten Anlageteilen, Depotfunktion vorhanden Disinfection effect also in blind spot areas with no UV-irradiation, residual effect present	Resistenzbildung bei dauerhaft niedrigen Konzentrationen möglich (wie bei allen Desinfektionsmitteln); Aufbau von Katalase eher problematisch Resistance buildup is possible at prolonged low concentration levels (same as with all disinfecting agents); Catalase effect rather critical
	Kombinationsverfahren/ Combined Concept	
UV/ H ₂ O ₂	Synergie: Zersetzung von H ₂ O ₂ zu Radikalen; alle Anlagenteile werden desinfiziert; Risiko für Resistenzbildung durch Kombinationsverfahren fast vollständig ausgeschlossen; Abbau von Organik (AOC); Substrat für Mikroorganismen wird entzogen; Entstehung kleiner organischer Carbonsäuren (mit geringerem AOC); Kleine organische Carbonsäuren wirken als natürliche Komplexbildner, dadurch Minimierung von Kalkablagerungen durch Komplexierung und positiven Einfluss auf pH-Wert Synergy: Decomposition of H ₂ O ₂ to radicals; all system components will be disinfected; Risk of resistance buildup is virtually impossible with the combined concept; Reduction of organic (AOC); Substrate for microorganism will be deprived; Forming of small organic carbonic acids (with minimal AOC); Small organic carbonic acids act as natural complexing agents, therefore, minimal calcium carbonate deposition due to forming of complexes and positive pH influence	

Tab. 2: Technische Vor- und Nachteile UV/ H₂O₂; AOC = (von Mikroorganismen) Assimilierbarer Organischer Kohlenstoff
 Table 2: Technical Advantages and Disadvantages with UV-H₂O₂; AOC = (from Microorganisms) Assimilable Organic Carbon

zierend wirken kann. Unter dem Einfluss von UV-Strahlung zersetzt es sich zu zwei Hydroxyl-Radikalen, die als starkes Oxidationsmittel wirken, aber wie später gezeigt im Hinblick auf Korrosion aufgrund ihrer Kurzlebigkeit als unproblematisch anzusehen sind:



Under the influence of UV-irradiation hydrogen peroxide is decomposed into two hydroxyl-radicals that act as a strong oxidizer, but, as described later, due to its transitory effect it causes no corrosion and thus considered harmless:



Die durch diese besondere Synergie entstehenden Hydroxylradikale sichern die Desinfektion sowie die Bekämpfung von Biofilmen in den von der UV-Strahlung nicht abgedeckten Bereichen (Verrohrung, Wärmetauscher, sonstige Anlagenkomponenten). Gleichzeitig reagieren die Radikale mit der im System befindlichen Organik weiter, was zu einer Reduzierung des Assimilierbaren Organischen Kohlenstoffs (AOC), also des Nährstoffangebots für Mikroorganismen, führt.

In Tab. 2 sind Vor- und Nachteile der Behandlung mit UV sowie H_2O_2 sowie die Auswirkungen einer kombinierten Anwendung aufgeführt. Hierbei wird sichtbar, wie sich die beiden Behandlungsschritte ergänzen und sich ein Kombinationsverfahren ergibt, welches sich ideal zur Kontrolle der Mikrobiologie in Kühltürmen eignet. Durch die Zugabe von H_2O_2 erfolgt keine weitere Eindickung, und es findet kein Chemikalieneintrag in das abgeschlammte Umlaufwasser statt, was im Idealfall eine Versickerung des abgeschlammten Wassers ohne weitere Nachbehandlung ermöglicht. Die hierbei erzielte gute Wasserqualität ist nicht nur unter entsorgungs- und umwelttechnischen Gesichtspunkten, sondern auch für die Leistungsfähigkeit des Kühlturms von Vorteil. Durch die geringere Aufsalzung sinkt auch der Dampfdruck des Kreislaufwassers in geringerem Maße, was zu einer höheren Verdunstungsrate und damit zu einer höheren Kühlleistung führt (ebullioskopischer Effekt). Zum Abbau von Kalkablagerungen ist im Bedarfsfall als dritter Schritt die stoßweise Zudosierung spezieller, restlos abbaubarer und nicht korrosionsfördernder Konditioniermittel vorgesehen.

ÜBERSICHT & ERGEBNISSE

Die Kombination dieser drei Behandlungsschritte bildet ein ganzheitliches Konzept, das sowohl die zuvor besprochene Problematik der Mikroorganismen als auch der Kalkablagerungen

The resultant hydroxyl radicals through this synergy ensure the disinfection as well as combating biofilms in those areas where UV-irradiation is not accessible (piping, heat exchanger, other auxiliary system components). Simultaneously, the radicals react with organic compounds present in the water by reducing the AOC level (Assimilable Organic Carbon), i.e. breeding ground for microorganisms/bacteria.

Table 2 describes advantages and disadvantages of the UV and H_2O_2 treatment system and its effect when applied in combination. It clearly shows how the two treatment steps complement each other by combining them into one-of-kind treatment concept that is ideal for microbiologic control of cooling towers.

There is no additional concentration increase when feeding H_2O_2 and no chemicals are discharged during replenishment of the recirculating water, resulting in a major advantage since this water can be discharged without any further treatment requirement.

Furthermore, the clean water quality not only improves the cooling tower performance but is also advantageous from disposal and environmental aspects. Due to lower dissolved solids concentration, the vapor pressure of the closed-loop water will also be reduced and increase the cooling tower's evaporation rate and cooling performance (ebullioscopy effect).

If removal of lime-scale is necessary, a third step is provided by intermittent metering of completely degradable non-corrosive conditioning agents.

REVIEW AND RESULTS

As described above, the combination of the three treatment steps is a complete concept resolving all problems of microorganisms and the calcium carbonate issue (lime-scale buildup).

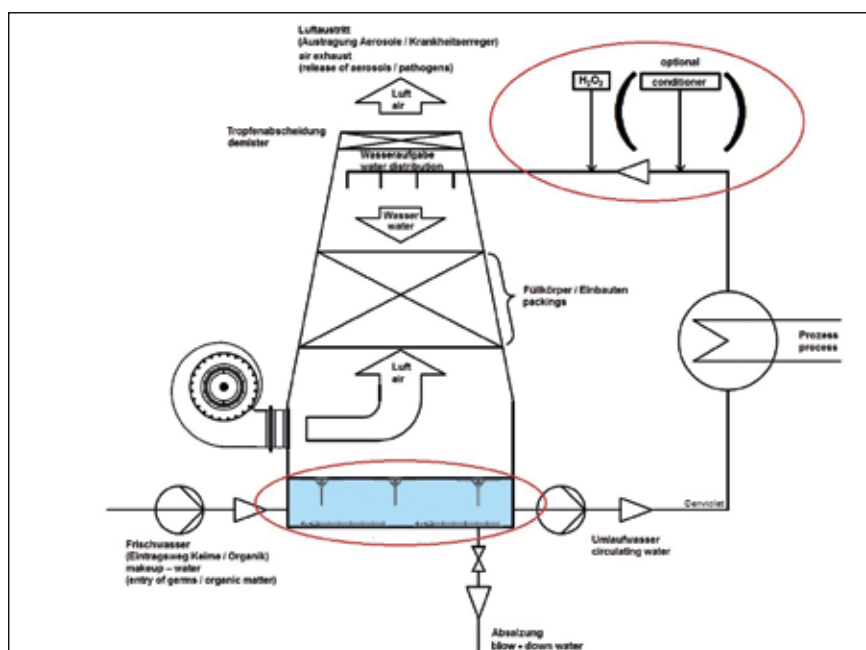


Abb. 7: Kühlturm: schematische Darstellung mit integrierter UV-Desinfektion und H_2O_2 -Dosierung
 Picture 7: Conceptual Flow schematic with integrated UV-Disinfection and H_2O_2 Feed

abdeckt und sich bereits vielfach bewährt hat. Abb. 7 veranschaulicht beispielhaft die Integration der UV-Desinfektion in die Kühlturmwanne sowie die H₂O₂-Dosierung in das in Abb. 2 schematisch dargestellte System.

Bei regelmäßigen Keimzahlkontrollen in einem biologisch generell stark belasteten Kühlturm konnten die in Abb. 8 gewonnenen Daten erhoben werden. Aufgrund der dauerhaft hohen Werte und regelmäßigen Überschreitungen der Maßnahmenwerte speziell in den Sommermonaten wurde der Betrieb von einer reinen Zugabe von Biozid/Härtestabilisator/Korrosionsinhibitor auf UV/H₂O₂ umgestellt. Die gültigen Maßnahmenwerte konnten nach der Umstellung zuverlässig und deutlich auch während der wärmeren Monate gehalten werden. Die Keimzahlbestimmung (GKZ) erfolgte durch die Bebrütung von Wasserproben aus dem Kühlturm in einem Kulturmedium für 5 Tage bei 22 °C.

In Tab. 3 sind die Legionellenbelastungen von fünf schrittweise vom Einsatz reiner Chemie auf eine Behandlung mit UV/H₂O₂ umgestellten Kühltürmen über einen Zeitraum von 2–3 Jahren dargestellt. Der farbliche Wechsel von weiß auf blau unterlegten Zellen markiert den Zeitpunkt der Umstellung. Wie aus den Daten ersichtlich, konnte Legionellenbelastung in allen Fällen zuverlässig unter den durch die VDI 2047 Blatt 2 festgelegten Maßnahmenwerten gehalten werden. Bei vier von fünf Kühltürmen ist nach der Umstellung von Chemie auf UV/H₂O₂ eine mittelfristige deutliche Verbesserung der Legionellenbelastung erkennbar.

In Tab. 4 sind die Korrosionsgeschwindigkeiten für den gleichen Werkstoff der bereits in Tab. 3 besprochenen Kühltürme aufgeführt. Hierbei wird deutlich, dass auch ohne die Verwen-

Furthermore, the treatment concept has already been proven multiple times. Picture 7 illustrates the typical integration of a UV-disinfection system into the cooling tower water recirculation tank and the H₂O₂ feed into the water recirculation loop. For reference purpose please also refer to system flow schematic, picture 2.

The data shown in picture 8 are based on regularly performed bacteria growth tests from a strongly affected cooling tower. Due to continuously over-the-limit values, specifically during summer season, the operation of a totally chemical fed (biocide, hardness stabilizer and corrosion inhibitors) cooling tower was converted to UV-H₂O₂ disinfection. The required operating limits were after conversion, including summer season, successfully and reliably maintained. Bacteria count tests (GKZ) were performed from water samples taken from the cooling tower with incubation in a culture medium of 5 days at 22 °C.

Table 3 shows Legionella test results of five step by step converted cooling towers from conventional chemical to UV-H₂O₂ treatment over a period of 2–3 years. The color change of the cells from white to blue indicates the time frame of the conversion. The data demonstrates that Legionella growth is in all cases reliably below the required limits of VDI 2047, page 2. In four out of five cooling towers, after conversion from chemical to UV-H₂O₂ treatment, is midterm an improvement clearly noticeable.

Table 4 shows corrosion rates based on the identical material of the cooling towers as listed in table 3. One can notice that cooling tower 1 with UV-H₂O₂ operated has a low corrosion rate even

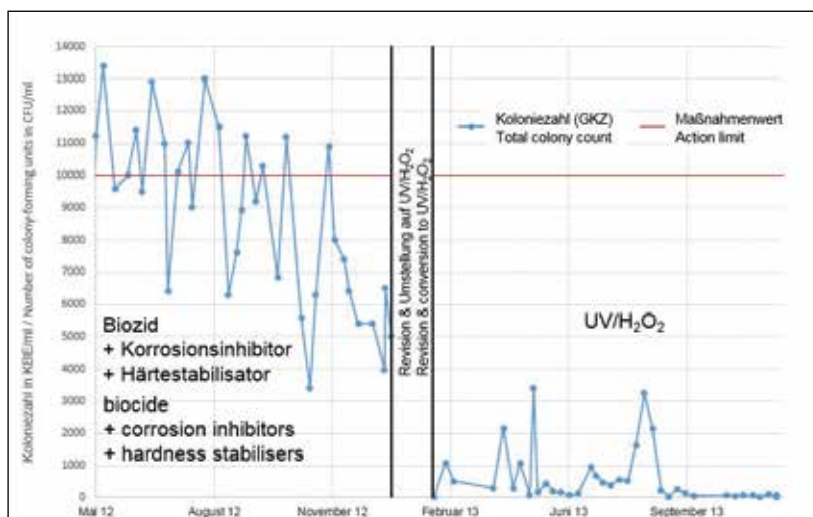


Abb. 8: Entwicklung der Gesamtkeimzahl (GKZ) über ein Jahr, KBE/ml = Koloniebildende Einheiten pro ml (vor der Installation des UV/H₂O₂-Systems stark biologisch belasteter Kühlturm)
 Picture 8: Bacteria growth, total bacteria count/year (GKZ), KBE/ml = Colony Building Units per ml (prior to UV-H₂O₂ system installation of a biologic strongly affected cooling tower)

dung eines Korrosionsinhibitors die Korrosionsgeschwindigkeit im mit UV/H₂O₂ betriebenen Kühlturm 1 gering gehalten werden konnte. Im Vergleich zu den für diese Zeiträume noch mit Che-

without use of a corrosion inhibitor. However, cooling towers 2–5 attained in comparison a noticeably better result while operating with chemical treatment during those periods.

Datum der Probenahme/ Date of Sampling	Legionellenbelastung in KBE/100ml (Maßnahmenwert gemäß VDI 2047 Blatt 2 = 100 KBE/100ml) Legionella Test Results in KBE/100ml (Values per VDI 2047 Blatt 2 = 100 KBE/100ml)				
	Kühlturm 1 Cooling Tower 1	Kühlturm 2 Cooling Tower 2	Kühlturm 3 Cooling Tower 3	Kühlturm 4 Cooling Tower 4	Kühlturm 5 Cooling Tower 5
29.05.2013	< 50	< 50		< 50	< 50
27.06.2013	< 50	< 50		< 50	
27.07.2013		< 50		< 50	< 50
22.08.2013	< 50	< 50		< 50	< 50
19.09.2013	< 50	< 50		< 50	< 50
20.12.2013	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50
13.02.2014	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50
13.03.2014	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50
10.04.2014	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50
06.05.2014	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50
05.06.2014	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50
03.07.2014	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50
31.07.2014	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50
28.08.2014	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50
08.09.2014		< 50	< 50		
25.09.2014	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50
23.10.2014	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50
20.11.2014	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50
18.12.2014	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50
15.01.2015	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50
12.02.2015	< 10	< 50	< 50	< 50	< 50
10.03.2015	< 10	< 50	< 50	< 50	< 50
16.04.2015	< 50	< 50	< 10	< 50	< 50
20.05.2015	< 10		< 10	< 10	< 10
28.05.2015		< 10			
18.06.2015	< 10		< 10	< 10	< 10
23.06.2015	< 10				
09.07.2015	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
23.07.2015				< 10	< 10
29.07.2015				< 10	< 10
06.08.2015	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
10.09.2015	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
23.09.2015				< 10	< 10
08.10.2015	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
05.11.2015	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
10.12.2015	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10

Tab. 3: Legionellenbelastung mehrerer von Chemie auf UV/H₂O₂ umgestellter Kühltürme über mehrere Jahre, der farbliche Wechsel (grün hinterlegt = umgestiegen auf UV/H₂O₂) markiert den Zeitpunkt der Umstellung auf UV/H₂O₂, KBE/100ml gemäß ISO 11731-2: 2004
 Table 3: Legionella test results of several from chemical to UV-H₂O₂ converted cooling towers over a period of several years, the color change (green = conversion to UV-H₂O₂) indicates time/date of conversion to UV-H₂O₂, KBE/100ml per ISO 11731-2: 2004

mie betriebenen Kühltürmen 2 bis 5 konnte in den meisten Fällen ein deutlich besseres Ergebnis erzielt werden.

Die Betriebskosten eines von reiner Chemie auf UV/H₂O₂ umgestellten Kühlturms sind in Tab. 5 zusammengestellt. In diesem Fall wurden die Kosten für die reine Konditionierung des

Table 5 illustrates operating costs of a converted cooling tower from conventional chemical treatment to UV-H₂O₂. It demonstrates in this comparison that for just the conditioning portion of the cooling loop (H₂O₂ + power consumption + UV-lamp) operating costs were reduced by over 50%. Also, by a constant remain-

Kühlturm Cooling Tower	Zeitraum der Messung Period of Measurement	Betriebsweise Operating Mode	Korrosionsgeschwindigkeit Mikrometer/Jahr Corrosion Rate Micrometer/Year
Kühlturm 1 Cooling Tower 1	28.02.2014 – 09.07.2014	UV/ H ₂ O ₂	1,9
Kühlturm 2 Cooling Tower 2	13.03.2014 – 03.07.2014	Biozid, Korrosionsinhibitor und Härtestabilisator biocide, corrosion inhibitor and hardness stabilizer	2,8
Kühlturm 3 Cooling Tower 3	28.02.2014 – 03.07.2014	Biozid, Korrosionsinhibitor und Härtestabilisator biocide, corrosion inhibitor and hardness stabilizer	7,2
Kühlturm 4 Cooling Tower 4	28.02.2014 – 09.07.2014	Biozid, Korrosionsinhibitor und Härtestabilisator biocide, corrosion inhibitor and hardness stabilizer	2,1
Kühlturm 5 Cooling Tower 5	28.02.2014 – 09.07.2014	Biozid, Korrosionsinhibitor und Härtestabilisator biocide, corrosion inhibitor and hardness stabilizer	0,4

Tab. 4: Korrosionsgeschwindigkeiten in den in Tabelle 3 aufgeführten Kühltürmen; gleicher Referenzwerkstoff in allen Kühltürmen; Ermittlung der Korrosionsgeschwindigkeit durch das Eintauchen von Teststreifen in das Kreislaufwasser
Table 4: Corrosion rates of the cooling towers listed in table 3; same reference material in all cooling towers; test strips immersed in recirculated water for corrosion rate evaluation

	UV/H ₂ O ₂	Biozid, Korrosionsinhibitor und Härtestabilisator Biocide, Corrosion Inhibitor and Hardness Stabilizer
H ₂ O ₂	77,00 €	—
Biozid + Korrosionsinhibitor + Härtestabilisator Biocide + Corrosion Inhibitor + Hardness Stabilizer	—	1439,00 €
Frischwasser Fresh Water Makeup	1750,00 €	1750,00 €
Strom Power Consumption	105,00 €	10,00 €
UV-Strahler UV-Lamp	523,00 €	—
Behandlung des Abschlammwassers Treatment of Replenished Water	—	1319,00 €
Betriebskosten (6 Monate) Operating Cost (6 Months)	2455,00 €	4508,00 €

Tab. 5: Vergleich der Betriebskosten desselben Kühlturms vor und nach der Umstellung von Chemie auf UV/H₂O₂ jeweils über eine Betriebsdauer von 6 Monaten
Table 5: Cooling tower operating cost comparison during a 6-month period before and after conversion to UV/H₂O₂

Kühlkreislaufs (H₂O₂ + Stromverbrauch + UV-Strahler) gegenüber einer Behandlung mit Chemie um über 50 % reduziert. Bei gleichbleibendem Konzentrationsfaktor erfolgt üblicherweise auch eine Reduzierung des Frischwasserverbrauchs. Zusätzlich entfallen in diesem Fall die Kosten für die Behandlung des Abschlammwassers vollständig, was eine zusätzliche erhebliche

reducing concentration factor a reduction in water consumption can normally be expected. And, ultimately, wastewater treatment costs were eliminated by achieving a substantial operating cost savings with a more environmental and user friendly operation of the cooling tower at Lemken GmbH & Co. KG, Alpen, Germany (327 Million, Sales 2015⁷). After implementation of the UV-H₂O₂

Einsparung bedeutet und einen umweltfreundlicheren und nachhaltigeren Betrieb des Kühlturms ermöglicht, wie es auch bei der Fa. Lemken GmbH & Co. KG (327 Mio. Euro Jahresumsatz 2015⁷) in Alpen erfolgreich umgesetzt werden konnte. Nach der Implementierung des UV/H₂O₂-Systems konnte hier durch die gute Wasserqualität ohne Chemikalieneintrag eine Abführung des Abschlammwassers als Sickerwasser ermöglicht werden. Die in Tab. 3, 4 und 5 dargestellten Daten zur Legionellenbelastung, der Korrosionsgeschwindigkeit und den Betriebskosten konnten aus mehreren, global verteilten auf UV/H₂O₂ umgestellten Kühltürmen der SNF Floerger Gruppe gewonnen werden. SNF Floerger ist ein weltweit agierender Produzent von Chemieprodukten mit einem Jahresumsatz von über 2 Milliarden Euro (2015⁸), bei dem nach ersten erfolgreich umgestellten Kühltürmen schrittweise alle Kühltürme auf UV/H₂O₂ umgerüstet werden konnten. Die in den zugehörigen Tabellen dargestellten guten Ergebnisse sprechen für sich und bestätigen die herausragenden Eigenschaften dieses Systems in der Praxis.

ZUSAMMENFASSUNG

Speziell durch die VDI-Richtlinie 2047 Blatt 2 stehen Kühlturbetreiber verstärkt in der Pflicht einen sicheren und effizienten Betrieb ihrer Anlagen zu gewährleisten. Als Alternative zur allgemein verbreiteten Standardlösung – der Konditionierung des Kühlwasserkreislaufes mit reiner Chemie – bietet die UV-Desinfektion in Kombination mit H₂O₂ eine in vielen Punkten vorteilhafte Lösung. Der Betrieb von Kühltürmen wird somit effizienter und umweltfreundlicher gestaltet.

Die anfangs definierte Zielsetzung für das System konnte folgendermaßen umgesetzt werden:

- ▶ Zuverlässiger Betrieb des Kühlturms bei hoher Effizienz
- ▶ Durch die Kombination UV+H₂O₂ ist keine Resistenzbildung möglich
- ▶ Aus dem Betrieb mit UV+H₂O₂ resultiert eine verbesserte Kühlleistung (ebullioskopischer Effekt)
- ▶ Die Werte für die Gesamtkeimzahl und die Legionellen sollte sich unterhalb der Maßnahmenwerte bewegen
- ▶ Sowohl die Gesamtkeimzahl als auch die Legionellenwerte konnten zuverlässig gehalten oder gegenüber den Vergleichswerten der Chemiebehandlung gesenkt werden
- ▶ Geringer Kosten- und Personalaufwand für eine Aufrechterhaltung des Betriebs
- ▶ Die Betriebskosten können durch die Umstellung auf UV/H₂O₂ deutlich gesenkt werden
- ▶ Der Kühlturm darf nicht verschlammten, verkalken oder korrodieren
- ▶ Eine Verschlämmung wird durch eine zuverlässige Desinfektion minimiert
- ▶ Kalkablagerungen werden, falls notwendig, durch ein biologisch abbaubares Konditioniermittel entfernt
- ▶ Die Korrosionswerte konnten ohne Korrosionsinhibitor auf sehr geringem Niveau gehalten werden

system the periodic discharge of the concentrated water from the cooling tower could be directly discharged as seepage water since it was chemical free water quality.

Data shown in table 3, 4 and 5 (Legionella test results, corrosion rate and operating costs), were supported from several UV-H₂O₂ converted cooling towers of the SNF Floerger Group. SNF Floerger is a worldwide chemical producer with yearly sales (2015⁸), of over 2 Billiards Euro (or 2 US-Billions Euro). After conversion of the first few cooling towers the remaining others were also step by step converted. The demonstrated positive results in the respective tables above are certainly prove of this excellent system quality applied in praxis.

SUMMARY

Because of the VDI-guideline 2047 page 2, it is now the cooling tower owner's liability committing for a safe and efficient system operation. In comparison to a common standard solution – conditioning of the cooling water with chemicals – UV disinfection combined with H₂O₂ offers as an alternative in many ways an advantageous solution by providing a more efficient and environmentally safer cooling tower operation.

The previously defined goals for the system were achieved as follows:

- ▶ Reliable cooling tower operation at high efficiency
- ▶ No resistance buildup possible with UV+H₂O₂ combination
- ▶ Improved cooling performance with applied UV+H₂O₂ (ebullioscopy effect)
- ▶ Total bacteria count and Legionella bacteria should remain below required limits
- ▶ The treatment concept has been successfully implemented in many cooling towers and can also be applied for disinfection in air conditioning systems, humidifiers or air handling systems. The demonstrated results confirm the many advantages of the applied
- ▶ Treatment concept. Typically, the UV-H₂O₂ system can easily be integrated in existing systems
- ▶ In a time where companies request process optimization for the achievement of cost savings, higher efficiency and
- ▶ Total bacteria count as well as Legionella bacteria limits were consistently within the required limits or were
- ▶ Lowered in comparison to chemical treatment
- ▶ Operating and labor cost saving
- ▶ Substantial operating cost savings were achieved with a system conversion to UV-H₂O₂
- ▶ No slurry or lime-scale buildup nor corrosion in the cooling tower
- ▶ Slurry buildup will be minimized with proper disinfection

- ▶ Die Betriebsweise soll so umweltfreundlich wie möglich gestaltet sein
- ▶ H₂O₂ und Konditioniermittel sind restlos abbaubar. Eine Versickerung des Abschlammwassers ist in der Regel möglich.

Der Behandlungsansatz hat sich in einer Vielzahl von bereits ausgerüsteten Kühltürmen bewährt und kann auch zur Desinfektion von Klimakammern, Luftbefeuchtern oder Frischluftanlagen angepasst werden. Die dargestellten Resultate untermauern die offensichtlichen Vorteile und bestätigen die Effektivität des Behandlungsansatzes in der Praxis.

Das UV/H₂O₂-System kann in der Regel problemlos in bereits bestehende Anlagen integriert werden, wobei bereits existierende Komponenten womöglich und sinnvoll weiterverwendet werden können. In Zeiten, in denen Unternehmen immer mehr Wert auf Prozessoptimierung und Kosteneffizienz bei gleichzeitiger Nachhaltigkeit und Umweltfreundlichkeit legen, bietet der vorgestellte Behandlungsansatz eine zukunftsfähige Alternative mit durchschlagenden Argumenten!

- ▶ Lime-scale buildup will be removed with a biodegradable conditioning agent if necessary
- ▶ Corrosion could be held at a minimum without use of corrosion inhibitor
- ▶ Operating condition should be as environmental friendly as possible
- ▶ H₂O₂ and conditioning agent are completely degradable. Cooling tower water discharge does not require any treatment

The treatment concept has been successfully implemented in many cooling towers and can also be applied for disinfection in air conditioning systems, humidifiers or air handling systems. The demonstrated results confirm the many advantages of the applied treatment concept. Typically, the UV-H₂O₂ system can easily be integrated in existing systems. In a time where companies request process optimization for the achievement of cost savings, higher efficiency and maintained sustainability, this presented treatment concept offers an alternative for the future with powerful arguments!

Autoren:

*Dr. Ing. Martin Sörensen,
Geschäftsführer
Dipl.-Ing. Christian Gurrath,
Vertriebsingenieur
enviolet GmbH
76135 Karlsruhe
Fotos/Grafiken: ©enviolet GmbH
www.enviolet.com*



Literatur:

- 1 Baudzus, T. (2013). Großer Legionellen-Ausbruch geschah 2010 in Ulm – Parallelen in Warstein befürchtet. Von DerWesten.de: <http://www.derwesten.de/staedte/warstein/groesster-legionellen-ausbruch-geschah-2010-in-ulm-parallelen-in-warstein-befuerchtet-id8341306.html> abgerufen am 18.11.2016
- 2 Mayer, C. (2013). Schuldfrage der Legionellen-Epidemie 2010 weiter ungeklärt. Von Südwest Presse: http://www.swp.de/ulm/lokales/ulm_neu_ulm/Schuldfrage-der-Legionellen-Epidemie-2010-weiter-ungeklaert;art1158544,2096272 abgerufen am 18.11.2016
- 3 von Galen, M. (2015). Gutachten zu Legionellen in Warstein - „Mit Menschenleben taktiert man nicht“. Von wdr.de: <http://www1.wdr.de/nachrichten/warstein-legionellen-102.html> abgerufen am 07.06.2016
- 4 VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE. (2015) Sicherstellung des hygienerechten Betriebs von Verdunstungskühlanlagen, VDI-RICHTLINIEN, VDI 2047 Blatt 2: Beuth Verlag GmbH
- 5 Sontheimer, H., Spindler, P., Rohmann, U., (1980). Wasserchemie für Ingenieure, S. 203-205: ZfGW-Verlag GmbH
- 6 Carbone, J., Peuters, J., (2007). UV-Desinfektion von Kühltürmen, Fachzeitschrift Galvanotechnik (Sonderdruck aus Heft 7, 2007): Eugen G. Leuze Verlag KG
- 7 LEMKEN GmbH & Co. KG. (2015). Geschäftsbericht 2015. Von lemken.com, abgerufen am 03.12.2016
- 8 SNF Floerger (2015). 8 Key Figures, SNF Company profile 2015. Von snf-group.com/en: <http://www.snf-group.com/en/about-us/key-figures> abgerufen am 03.12.2016