



22. August 2018

August 2018

Legionellen und Legionellose

BAG-/BLV-Empfehlungen

Bundesamt für Gesundheit BAG
Schwarzenburgstrasse 155, 3003 Bern
Website: www.bag.admin.ch
E-Mail: info@bag.admin.ch
Telefon: +41-(0)58 463 87 06

Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen BLV
Schwarzenburgstrasse 155, 3003 Bern
Website: www.blv.admin.ch
E-Mail: info@blv.admin.ch
Telefon: +41-(0)58-4633033

Inhaltsverzeichnis

Vorwort

Einführung

Danksagung

Modul 1 Geschichtliches, Mikrobiologie und Ökologie

Modul 2 Epidemiologie

Modul 3 Klinik der Legionellenerkrankungen

Modul 4 Nachweis von Legionellen in klinischen Proben

Modul 5 Überwachungssystem

Modul 6 Prinzipien der epidemiologischen Abklärungen

Modul 7 Nosokomiale Legionellose: Definition und Abklärungen

Modul 8 Reise-assoziierte Legionärskrankheit (Reise-Legionärskrankheit): Definition und Abklärung

Modul 9 Abklärung von im Alltag erworbenen Legionellosen („community-acquired legionellosis“)

Modul 10 Risikoeinschätzung, Selbstkontrolle, Probenentnahme, Interpretation der Resultate

Modul 11 Sanitäre Installationen: Planung, Betrieb, Renovation, Legionellen-Höchstwerte, Sanierung

Modul 12 Spitäler und Pflegeheime

Modul 13 Schwimmbäder und Sprudelbecken

Modul 14 Kühlsysteme, Raumluftechnik und Befeuchtungsanlagen

Modul 15 Hotels und andere vorübergehende Übernachtungsorte

Modul 16 Isolierung und quantitativer Nachweis von Legionellen in Umweltproben

Modul 17 Mikrobiologische Untersuchungen

Modul 18 Nationales Referenzzentrum für Legionellen

Modul 19 Wörterbuch und Abkürzungen

Modul 20 Nützliche Adressen

Modul 21 Gesetzliche Grundlagen, Normen, Richtlinien und Empfehlungen

Vorwort

Das Bundesamt für Gesundheit (BAG) ist zuständig für die Bekämpfung der übertragbaren Krankheiten, die eine Gefahr für die Gesundheit der Bevölkerung darstellen. Das Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen (BLV) will sicherstellen, dass Trinkwasser und Wasser, das in Kontakt mit dem menschlichen Körper kommt, die Gesundheit nicht gefährden. Die Ursachen der steigenden Tendenz der Legionellosefälle sind sehr verschieden, und die Bekämpfung der Legionellen steht nicht nur in der Schweiz, sondern auch in vielen anderen westlichen Ländern auf der Agenda.

Die Empfehlungen «Legionellen und Legionellose», die das BAG erstmals 1999 veröffentlichte und 2005 und 2009 aktualisierte, stiessen sowohl bei den kantonalen Behörden als auch bei den interessierten Kreisen auf grosses Interesse. Nach der Schaffung von gesetzlichen Grundlagen für das Wasser in Duschanlagen und Sprudelbädern auf Bundesebene wurde beschlossen, diese Empfehlungen unter Einbezug der neusten wissenschaftlichen Kenntnisse zu überarbeiten.

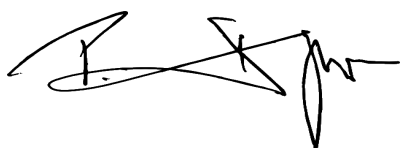
Die Empfehlungen richten sich an sehr unterschiedliche Zielgruppen wie die Ärzteschaft, die kantonalen Laboratorien, die Hauseigentümer oder Sanitärinstallateure und ermöglichen dem BAG und dem BLV, alle betroffenen Akteure zu sensibilisieren. Es ist wichtig, dass alle ihre Verantwortung wahrnehmen, um die mit diesen allgegenwärtigen Bakterien einhergehenden Risiken zu reduzieren und die Krankheitsfälle in der Schweiz zu senken.

Sie haben die neu überarbeitete Version der Legionellen-Module vor sich. Viel Zeit, Engagement und Diskussionen stecken in diesem Dokument. An der Überarbeitung waren verschiedene Experten, Spezialisten und Behörden beteiligt. Die Thematik rund um die Legionellose und die Legionellen ist komplex. Die Legionellen-Module dienen als Zusammenfassung und Kompendium.

Wir bedanken uns bei den vielen Personen, die an dieser Revision mitgewirkt haben und wünschen allen eine gute Lektüre.

Pascal Strupler

Hans Wyss



Direktor BAG

Direktor BLV

Einführung

Änderungen seit der Publikation von 2009

Die epidemiologischen Daten des BAG zeigen, dass die Zahl der Legionellosefälle seit 2009 in besorgniserregendem Mass angestiegen ist. Insgesamt haben sich die Fallzahlen in der Schweiz zwischen 2008 und 2017 mehr als verdoppelt: von 219 auf 464 Fälle. Nicht nur in der Schweiz nehmen die registrierten Fallzahlen zu, sondern diese Beobachtung wird in vielen Länder gemacht.

Auf Bundesebene gilt Wasser seit der Revision des Lebensmittelgesetzes im Jahr 2014 nicht nur als Lebensmittel, sondern auch als «Gebrauchsgegenstand», der mit dem menschlichen Körper in Kontakt kommt. Dank dieser neuen Definition konnten Höchstwerte für die Legionellenkonzentration in Wasser festgelegt werden, das in Form von Aerosolen eingeatmet werden kann, das heisst für Wasser von öffentlich zugänglichen Duschanlagen und Sprudelbädern. In öffentlichen Gebäuden betragen die zulässigen Höchstkonzentrationen für Legionellen in Duschanlagen 1000 KBE/l (koloniebildende Einheit) und in Sprudel- sowie Dampfbädern 100 KBE/l. Für Wasser in privaten Einrichtungen gibt es keine rechtlichen Vorgaben.

Neue Aufgaben der Aufsichtsbehörden

Der Vollzug des Lebensmittelrechts liegt in der Zuständigkeit der Kantone. In dieser Eigenschaft sind die kantonalen Laboratorien berechtigt, gestützt auf ihre eigene Risikoanalyse Kontrollen in öffentlichen Gebäuden durchzuführen. Die kantonalen Behörden können somit im Fall von Nicht-Konformitäten Korrekturmassnahmen anordnen.

Stellenwert der Empfehlungen

Diese Empfehlungen sind rechtlich nicht verbindlich. Sie stellen eine Hilfe bei der Bekämpfung der Legionellen dar, aber dieses Ziel kann auch mit anderen Mitteln als denjenigen, die in den verschiedenen Modulen beschrieben sind, gewährleistet werden. Die Empfehlungen helfen zum einen, die gesetzlichen Vorgaben einzuhalten, und enthalten zum anderen Ratschläge, um sich in nicht reglementierten Bereichen wie jenem der Luftaufbereitungsanlagen besser zurechtzufinden.

Wie sollen diese Empfehlungen gelesen werden?

Diese Module, die mehrheitlich von den Expertinnen und Experten der verschiedenen Bereiche verfasst wurden, vermitteln einen Überblick über die aktuellen Kenntnisse. Die Kapitel können ausgehend von den gesuchten Informationen unabhängig voneinander gelesen werden. Aus diesem Grund sind bei der Lektüre des ganzen Dokuments Wiederholungen feststellbar, wobei die Autorinnen und Autoren der Einheitlichkeit des gesamten Dokuments besondere Beachtung beigemessen haben. Interessierte Personen finden unter den bei den jeweiligen Themen angegebenen Literaturverweisen weiterführende Informationen.

Danksagung

Den nachfolgenden Personen gebührt unser herzlicher Dank für ihre aktive Mitarbeit an der Revision der in diesem Dokument enthaltenen Module.

Renate Boss, Abteilung Risikobewertung, Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen

Stephan Christ, kantonales Labor Solothurn

Gérard Donzé, Sektion Biozide, Bundesamt für Gesundheit

Valeria Gaia, Nationales Referenzzentrum für Legionellen (NRZL), Bellinzona

Simone Graf, Sektion Impfpfehlungen und Bekämpfungsmassnahmen, Bundesamt für Gesundheit

Jürg Grimblicher, Amt für Verbraucherschutz (AVS), Aarau

Nicole Gysin, Epidemiologische Überwachung und Beurteilung, Bundesamt für Gesundheit

Irina Nüesch, Amt für Verbraucherschutz (AVS), Aarau

Eric Rätz, Service de la consommation et des affaires vétérinaires (SCAV), Epalinges

Claude Ramseier, Amt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen, Freiburg

Walter Schuler, technischer Leiter, Eidgenössisches Departement für Verteidigung, Bevölkerungsschutz und Sport

Lukas Ströhle, Amt für Verbraucherschutz und Veterinärwesen, St. Gallen

Pierre Studer, Abteilung Lebensmittel und Ernährung, Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen

Reto von Euw, Technik und Architektur, Hochschule Luzern



20.8.18

Modul 14 Kühlsysteme, Raumluftechnik und Befeuchtungsanlagen

Inhalt

1	Einleitung	3
2	Beschreibung	3
2.1	Raumluftechnische Anlagen (RLT-Anlagen)	3
2.1.1	Zentrale Luftbefeuchtung mittels RLT-Anlage	3
2.1.2	Dezentrale Luftbefeuchtung ohne RLT-Anlage	3
2.2	Verdunstungskühlanlagen (Rückkühlwerke)	4
2.2.1	Verdunstungskühlanlagen ≤200 MW	4
2.2.2	Verdunstungskühlanlagen >200 MW	4
3	Anforderungswerte	5
4	Eintrag von Legionellen, Risiken, Emissionen	7
4.1	bei Raumluftechnischen Anlagen (RLT-Anlagen)	7
4.2	bei Verdunstungskühlanlagen (Kühltürme)	7
5	Präventive und betriebliche Massnahmen bei Luftbefeuchtungsanlagen	8
5.1	Zentrale Luftbefeuchtung mittels RLT-Anlage	8
5.1.1	Aussenluftfassung und Filtration	8
5.1.2	Wahl der Materialien	8
5.1.3	Wahl der Luftbefeuchtungsart	8
5.1.4	Wasserqualität	8
5.1.5	Inbetriebnahme oder Wiederinbetriebnahme	9
5.1.6	Behandlungsverfahren für Befeuchtungswasser	9
5.1.7	Instandhaltung und Überwachung	10

1/17

5.1.8	Korrekturmassnahmen	10
5.2	Dezentrale Luftbefeuchtung	10
5.3	Wahl des Standorts	11
5.4	Qualität der zugeführten Luft	11
5.5	Wahl der Materialien.....	12
5.6	Qualität des zugeführten Wassers	12
5.7	Inbetriebnahme oder Wiederinbetriebnahme	12
5.8	Behandlungsverfahren für Kühlwasser	12
5.9	Instandhaltung und Überwachung.....	13
5.10	Korrekturmassnahmen	13
6	Präventive und betriebliche Massnahmen bei Verdunstungskühlanlagen >200 MW	13
6.1	Standort	14
6.2	Auslegung, Material	14
6.3	Betrieb der Anlage	14
6.3.1	Normalbetrieb	14
6.3.2	Stillstand	15
6.3.3	Revision / Instandhaltung	15
6.3.4	Inbetriebnahme / Störungsbetrieb	15
6.3.5	Überwachung.....	15
6.3.6	Korrekturmassnahmen	16
	Referenzen	17

1 Einleitung

Systeme zur Verdunstungskühlung oder zur Luftkonditionierung können der Ursprung von Legionellen sein, entweder im Gebäude selbst oder in einiger Entfernung davon. Hinsichtlich Hygiene sind nur luftgekühlte Verfahren von Interesse, bei denen Wasser in direkten Kontakt mit der Luft gebracht wird. Sowohl so genannt "offene" Kühltürme als auch "geschlossene" Kühlsysteme produzieren Aerosole, welche Legionellen und andere Bakterien, Sporen, Schimmelpilze sowie organische und chemische Substanzen in der Umgebung verteilen können.

Der Eintrag von einzelnen Legionellen in wasserführende Anlagen kann nicht verhindert werden. Zur Verringerung eines Infektionsrisikos kommt daher der Minimierung der Legionellenvermehrung und der Verringerung des Aerosolaustrags eine besondere Bedeutung zu.

Auch Befeuchtungsanlagen bergen Risiken einer Legionellenvermehrung und Legionellose-Erkrankungen von exponierten Personen. Es gibt eine grosse Vielfalt von Anwendungen in diesem Bereich wie beispielsweise aerosolbildende Luftbefeuchter in Wohnräumen, Sprühnebel-Anlagen in Gewächshäusern oder Nutztierställen, Zerstäuber-Installationen zur Frischhaltung von Früchten in Verkaufsauslagen oder dekorative Wasservernebelung in Zimmerzierbrunnen.

In diesem Modul behandelte Anlagen sind:

- Raumluftechnische Anlagen
 - Zentrale Luftbefeuchtung mittels RLT-Anlage (für Menschen, Tiere, Pflanzen)
 - Dezentrale Luftbefeuchtung ohne RLT-Anlage
- Verdunstungskühlanlagen (Rückkühlwerke)
 - Grössere Anlagen (≥ 200 MW Kühlleistung)
 - Kleinere Anlagen (< 200 MW Kühlleistung)

2 Beschreibung

2.1 Raumluftechnische Anlagen (RLT-Anlagen)

Zu raumluftechnischen Anlagen (RLT-Anlagen) gehören sämtliche Bauelemente, welche zur ventilatorgestützten Lüftung eines oder mehrerer Räume erforderlich sind. RLT-Anlagen haben die Aufgabe, Aufenthalts-/Wohnräume, Arbeits- oder Produktionsräume mit Zuluft zu versorgen, welche bezüglich Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Partikelgehalt auf die Bedürfnisse von Personen, von Geräten oder Arbeitsprozessen abgestimmt sind. Den RLT-Anlagen kommen folgende Funktionen zu: Zu- und Abluftförderung, Wärmerückgewinnung, Filtrieren, Heizen, Kühlen, Befeuchten und Entfeuchten. Anlagen, deren Betrieb den Einsatz und/oder die Abscheidung von Wasser beinhaltet wie z. B. bei Luftbefeuchtern, Luftwäschern oder Entfeuchtern (Kondenswasserbildung) neigen ohne Augenmerk auf die Hygienebelange zu Verkeimung durch Bakterien und Schimmelpilze.

2.1.1 Zentrale Luftbefeuchtung mittels RLT-Anlage

In RLT-Anlagen enthaltene Geräteteile zur zentralen Luftbefeuchtung können nach dem Prinzip der Verdampfung, Zerstäubung oder Verdunstung konzipiert sein. Aerosol-bildende Komponenten sind hygienegerecht zu betreiben. An den Luftauslässen dürfen keine lungengängigen, legionellenhaltigen Aerosole (Tropfen-Durchmesser $< 5 \mu\text{m}$) vorhanden sein.

2.1.2 Dezentrale Luftbefeuchtung ohne RLT-Anlage

Es gibt weitere, dezentrale Befeuchtungsanlagen, welche im Zusammenhang mit der Prävention von Legionellose-Erkrankungen von Bedeutung sind:

- Luftbefeuchter in Wohnräumen (Stand-alone-Geräte)
- Sprühnebel-Anlagen in Gewächshäusern oder Nutztierställen
- Zerstäuber-Installationen zur Frischhaltung von Früchten und Gemüsen in Verkaufsauslagen
- Dekorative Wasservernebelung in Zimmerzierbrunnen
- Befeuchtungsanlagen an Arbeitsplätzen

2.2 Verdunstungskühlanlagen (Rückkühlwerke)

Verdunstungskühlanlagen werden als Rückkühler für Kälteanlagen (Klimakälte, technische Kälte, gewerbliche Kälte, Eisherzeugung) eingesetzt, um Wärmelasten an die Umgebung abzuführen. Es existiert eine Vielzahl von Verdunstungskühlanlagen, welche sich in Bauweise und Betrieb deutlich voneinander unterscheiden. Gemeinsam an diesen Anlagen ist, dass sie Wasser und Luft für die Abführung von Wärme aus einem System an die Umgebung verwenden.

Das verdunstete Kühlwasser wird mit einem Luftzug (mechanischer Luftzug mit einem Ventilator oder Naturzugkühlturm) in die Umgebung eingebracht. Dabei kann sich eine sichtbare Dampffahne bilden. Bei starker Ventilation kann die Bildung von sichtbaren Tropfen unterdrückt werden. Im Dauerbetrieb muss mehr Wasser nachgespiesen werden als verdunstet.

Die Betriebsweise, welche sich z.B. in der Eindickungszahl des Kühlwassers widerspiegelt, hat einen grossen Einfluss auf die Leistung, den Wasserverbrauch, betriebliche Risiken (Korrosion, Verkalkung, Verschlammung) und die Strategie der Behandlung. Beim Einsatz von Chemikalien unterscheiden sich der Zweck, die Menge und die Dosierhäufigkeit von Anlage zu Anlage sehr deutlich.

Grundsätzlich kann zwischen folgenden hygienisch relevanten Betriebsarten unterschieden werden:

- Adiabate Vorkühlung der Umgebungsluft
- Abkühlung am Wärmeübertrager (geschlossener Kreislauf) durch Verdunstung
- Abkühlung des offenen Kreislaufes durch Verdunstung

Bei diesen Kühlverfahren kommt Wasser in unmittelbarem Kontakt mit der Luft. Luftgekühlte Verfahren, bei denen Wasser in direkten Kontakt mit der Luft kommt, sind hinsichtlich der Hygiene bzw. Legionellose-Prävention von grossem Interesse.

Hingegen besteht bei Rückkühlwerken mit Trockenbetrieb (sensibel), mit denen ohne Einsatz von Wasser gekühlt wird, kein hygienisches Risiko.

2.2.1 Verdunstungskühlanlagen ≤ 200 MW

Kleinere Verdunstungskühlanlagen mit einer Leistung von max. 200 MW werden typischerweise zum Abführen von Wärme aus gewerblich genutzten Liegenschaften eingesetzt. Sie werden sowohl in der Industrie und Energiewirtschaft als auch im Handel, der Gastronomie sowie in Hotel- oder Bürogebäuden genutzt. Ein erhöhtes Risiko besteht nur bei Rückkühlwerken, die durch Verdunstung oder adiabate Umlaufwasser Wärme an die Umgebungsluft abführen. Bei Rückkühlwerken, die kein Umlaufwasser einsetzen, sondern immer Frischwasser bereitstellen, besteht nur ein geringes hygienisches Risiko.

2.2.2 Verdunstungskühlanlagen > 200 MW

Grossanlagen mit einer Kühlleistung über 200 MW je Luftaustritt stehen typischerweise in der Energiewirtschaft im Einsatz. Besonders markant sind Naturzugkühltürme von Kernkraftwerken. Aerosole entweichen bei diesen auf einer Höhe von über 100 m über Terrain.

3 Anforderungswerte

Anforderungswerte für Wasser in Kühlsystemen, Raumluftechnik und Befeuchtungsanlagen sind aus der Tabelle 14 A ersichtlich.

Sie basieren auf SWKI BT102-01 und SWKI VA104-01 und berücksichtigen die Empfehlungen der ESGLI (ESCMID Study Group for Legionella Infections – ESGLI, vormals EWGLI).

Tabelle 14A Anforderungswerte für Wasser in Kühlsystemen, Raumluftechnik und Befeuchtungsanlagen

Aerobe und fakultativ anaerobe mesophile Keime (AMK)* [KBE/ml]	Legionella spp. ** [KBE/l]	Notwendige Massnahmen ***
≤ 10 ³	≤ 10 ³	Das System ist unter Kontrolle. Routine-Instandhaltung weiterführen
> 10 ³ und ≤ 10 ⁶	> 10 ³ und ≤ 10 ⁴	Umgehend eine erneute Beprobung durchführen. Oftmals ist eine Erweiterung der Probenahmestellen sinnvoll, um die Aussagekraft der Ergebnisse zu verbessern und die Interpretation der Befunde zu erleichtern. Wenn sich die Legionellen-Kontamination des Wassers im Kühl- resp. Befeuchtungssystem bestätigt, müssen die Ursachen für die verminderte Wasserhygiene abgeklärt und eine auf den Gesundheitsschutz ausgerichtete Risikoabwägung durchgeführt werden (evtl. Stossdosierung Biozid). Nachfolgend Korrekturmassnahmen definieren und umsetzen. Deren Wirksamkeit muss durch erneute mikrobiologische Analysen überprüft werden.
> 10 ⁶	> 10 ⁴	Stilllegung der Anlage so schnell wie möglich, falls eine unmittelbare Gesundheitsgefährdung von Personen besteht oder durch den Weiterbetrieb entstehen kann. Sofortige erneute Beprobung mit einem erweiterten Umfang an Proben/Probenahmestellen durchführen. Anhand der Ergebnisse eine (erneute), auf den Gesundheitsschutz ausgerichtete Risikoabwägung durchführen. Die Ursachen für die verminderte Wasserhygiene abklären. Die Sanierungs-massnahmen planen und umsetzen (Entleerung, Reinigung, Desinfektion, betriebliche Anpassungen). Wiederaufnahme des Betriebs, wenn einwandfreie Untersuchungsergebnisse für <i>Legionella</i> spp. vorliegen. Festlegen von notwendigen Korrekturmassnahmen, um die Keimzahl längerfristig auf akzeptabel niedrigem Niveau zu halten. Deren Wirksamkeit muss durch erneute mikrobiologische Analysen überprüft werden.
<p>* Kolonienzahlbestimmung nach SN EN ISO 6222:1999 Wasserbeschaffenheit - Quantitative Bestimmung der kultivierbaren Mikroorganismen - Bestimmung der Koloniezahl durch Einimpfen in ein Nähragarmedium</p> <p>** Bestimmung nach ISO 11731: 2017 Wasserbeschaffenheit - Zählung von Legionellen</p> <p>*** Die Massnahmen richten sich nach dem jeweils höchsten Grad der Kontamination (AMK oder <i>Legionella</i> spp.)</p>		

Es gibt zwar verschiedene Methoden zum Nachweis von Keimen in der Luft und Geräte zur Luftkeimsammlung sind kommerziell gut erhältlich. Im Gegensatz zur Messung von Keimzahlen im Wasser gibt es aber kein standardisiertes Verfahren für die quantitative Bestimmung der Legionellen-Keimzahl in der Luft. Keimzahlbestimmungen für feuchte Luft und grössere Luftvolumina sind zudem besonders

aufwendig und schwierig durchzuführen. Die Ergebnisse sind in der Regel nur beschränkt reproduzierbar. In Risikoanlagen und bei offensichtlicher Verkeimung (Keimzahl im Wasser $>10^4$ KBE/l für AMK und/oder $>10^3$ KBE/l für *Legionella* spp.) kann die Luftanalyse aber eine nützliche Entscheidungshilfe für präventive oder korrektive Massnahmen bieten (siehe Modul 17).

4 Eintrag von Legionellen, Risiken, Emissionen

4.1 bei Raumluftechnischen Anlagen (RLT-Anlagen)

Hinsichtlich Legionellenproblematik im Vordergrund steht die zentrale Luftbefeuchtung mittels RLT-Anlagen, namentlich die zentrale Verdunstungsbefeuchtung oder Zerstäubung. Nur wenn das Befeuchtungswasser und alle weiteren luftberührten Oberflächen eine einwandfreie Hygiene aufweisen, ist der Gesundheitsschutz von exponierten Personen gewährleistet.

4.2 bei Verdunstungskühlanlagen (Kühltürme)

Verdunstungskühlanlagen werden häufig in einem Temperaturbereich von 25 bis 45 °C betrieben. In diesem Temperaturbereich bestehen für Legionellen gute Wachstumsbedingungen. Legionellen kommen ubiquitär in der Umwelt vor. Es ist zwar sinnvoll, den Eintrag von Legionellen, anderen Mikroorganismen aber auch Nährstoffen zu minimieren, soweit dies im Rahmen der guten Verfahrenspraxis mit vertretbarem Aufwand machbar ist. Ihr Eintrag in eine offene Verdunstungskühlanlage wird sich indes nie vollständig verhindern lassen.

Da die meisten Verdunstungskühlanlagen im Betrieb Aerosole an die Umgebung abgeben, ist vom Prinzip her nicht auszuschliessen, dass sie eine Quelle für Legionellose-Erkrankungen darstellen. In engen Siedlungsräumen besteht zudem die Gefahr, dass sich Legionellen über unterschiedliche Systeme ausbreiten können und eine Vielzahl von Verdunstungskühlanlagen mit Legionellen belastet werden.

Ein Kühlturm auf einem Gebäudedach kann eine Dampffahne von über 1500 m Höhe erzeugen. Je höher eine Emission steigt, desto weiter ist ihre Verbreitung, vor allem wenn keine nahegelegenen Hindernisse wie zum Beispiel Gebäude im Weg stehen. Abklärungen von Legionellose-Epidemien haben gezeigt, dass die Dampffahne eines kontaminierten Kühlturms über eine Distanz von mehr als 10 km von der Emissionsquelle Infektionen verursachen kann. Bei sehr kaltem Wetter mit Temperaturen unter dem Gefrierpunkt kann es zu einer Gefriertrocknung kommen. Legionellen können in diesem Fall länger überleben. Das Verteilungsmuster einer Dampffahne hängt von der Leistungsfähigkeit der Anlage, der Höhe und dem Durchmesser des Fortluftsystems, von der Geschwindigkeit des aufsteigenden Luftstroms (Stärke des Abzugs) ab. Die geographische Verteilung der Emissionen hängt auch von meteorologischen Faktoren (Wind, Wolken, Dunst, Nebel) und der örtlichen Topographie ab. Deshalb sind meteorologische Karten ganzer Regionen nützlich für Umgebungsuntersuchungen nach Auftreten von Legionellosefällen.

Eine kartographische Darstellung aller in einer Gegend vorhandenen Kühltürme ist für die epidemiologische Überwachung sehr hilfreich. Geographisch und administrativ sind die Kantone dafür in der Schweiz am ehesten geeignet. In manchen Städten werden die Standorte von Verdunstungskühlanlagen in Katasterplänen festgehalten.

Der Austrag von Legionellen aus einer Verdunstungskühlanlage kann über die Luft und/oder die Abflut erfolgen (Abflut = Abwasser aus dem Kühlsystem, welches z.B. in das Fliessgewässer eingeleitet wird, aus dem das Rohwasser stammt). Das Einleiten der Abflut in ein Fliessgewässer stellt nicht ein unmittelbares Risiko für die Umgebung dar, kann jedoch dazu führen, dass sich stromabwärts vermehrt Legionellen einnisten. Durch die Behandlung des abgeführten Wassers kann dieses Risiko nötigenfalls reduziert werden. Die kontinuierliche Behandlung der Abflut mit Bioziden ist bei grossen Anlagen aufgrund der Menge und der Risiken für die Umwelt hingegen nicht vorgesehen.

5 Präventive und betriebliche Massnahmen bei Luftbefeuchtungsanlagen

5.1 Zentrale Luftbefeuchtung mittels RLT-Anlage

5.1.1 Aussenluftfassung und Filtration

Bei der Planung einer Lüftungs- oder Klimaanlage ist der Ort der Aussenluftfassung entscheidend. Er muss von der vorherrschenden Windrichtung abgekehrt und vor allfälligen Quellen biologischer und/oder chemischer Belastung geschützt sein. Aussenluft-Durchlässe mehrere Meter über dem Boden sind weniger exponiert als ebenerdige (Schadstoffansammlung).

Vor ihrem Eintritt in die Befeuchtungsanlage muss die frische (oder rückgeführte) Luft gefiltert werden (Feinstaubfilter gegen Bakterien und Schimmelpilze, mindestens Filter der Filterklasse ePM1 ($\geq 50\%$) nach EN / ISO 16890 mit starren Metall- oder Holzrahmen). Es ist darauf zu achten, dass die Montage der Filter ordnungsgemäss erfolgt ist (ohne Luftverlust) und dass Vorgaben zum regelmässigen Ersatz dieser Filter erteilt werden (Empfehlungen des Herstellers oder SWKI VA104-01).

Eine hohe Konzentration von Mikroorganismen in der Umgebungsluft (üppige Vegetation und hohe Luftfeuchtigkeit) kann eine Verstopfung und Beschädigung der Filter sowie eine Besiedlung mit Bakterien und/oder Pilzen zur Folge haben. Der Endfilter muss hoch wirksam sein (mindestens Filterklasse ePM1 $\geq 50\%$ nach SN EN ISO 16890-1) und so endständig platziert sein wie möglich.

5.1.2 Wahl der Materialien

Es sind bevorzugt Materialien zu wählen, die kein Wachstum von Mikroflora begünstigen, die für die Instandhaltung pflegeleicht sind, die nicht anfällig für Korrosion sind und hohen Temperaturen und für die Desinfektion eingesetzten Mikrobioziden gegenüber resistent sind. Zudem dürfen keine gesundheitsschädlichen chemischen Stoffe an die Luft abgegeben werden. Deshalb wird rostfreier Stahl für die kritischen Komponenten wie Wannen und Sprühkammern empfohlen.

Maschinen und Leitungen brauchen genügend Platz für ein einwandfreies Funktionieren und für Kontrollen, d. h. ein sicherer Zugang muss gewährleistet sein. Die Materialien, die Oberflächengestaltung und die geometrischen Formen der Anlagenkomponenten sollen einer Anhaftung und Ablagerung von Verunreinigungen vorbeugen.

5.1.3 Wahl der Luftbefeuchtungsart

Bei der Luftaufbereitung ist die Befeuchtungsphase am heikelsten, weil dort für das Wachstum von Bakterien, Schimmel und Algen günstige Verhältnisse herrschen (Temperatur, Feuchtigkeit, Dunkelheit). Aus hygienischer Sicht bieten Verdampfer Vorteile. Dagegen können Sprühsysteme wie Zerstäuber, Sprühdüsen-Luftwäscher, Hochdruck-Düsenvernebler und Ultraschallsysteme im Falle einer Kontamination ein Risiko darstellen. Alle Hygienemassnahmen in Befeuchtungsanlagen sollen auf eine Keimzahl zielen, die unter den Anforderungswerten gemäss Tabelle 15A liegt.

Werden adiabatische Luftbefeuchter in RLT-Anlagen geplant, muss die Befeuchtungsstrecke kürzer sein als die Distanz zwischen Befeuchter/Tropfenabscheider und den Luftauslässen im Raum.

5.1.4 Wasserqualität

Trinkwasser ist aus mikrobiologischer Sicht die beste Lösung. Oberflächenwasser, Wasser aus einer Zisterne und/oder sonstiges nicht trinkbares Wasser muss zuerst physikalisch, chemisch und mikrobiologisch kontrolliert und allenfalls behandelt werden.

Regenwasser ist zwar ökologisch unbedenklich, erfordert aber besondere Vorsichtsmassnahmen (Lagerung bei einer Temperatur von $<18\text{ }^{\circ}\text{C}$, Filtration und Schutz vor Licht sowie mikrobiologische Absicherung mittels Aufbereitung).

Auch bei adiabatischen Luftbefeuchtern sollte auf eine gute Wasserhygiene geachtet werden. Diese Empfehlung ergibt sich aus dem Umstand, dass bei adiabaten (wärmedichten) Bedingungen das Wasser zur Befeuchtung der Luft ohne Energiezugabe zugeführt wird. Das Wasser wird dazu in feine Aerosole zerstäubt und von der Luft aufgenommen. Es findet somit keine Verdampfung, sondern eine Verdunstung des Wassers statt. Aus Gründen der Gesundheitsvorsorge und zur Wahrung guter hygienischer Verhältnisse ist innerhalb der Befeuchtungsanlage die Einhaltung der Anforderungswerte gemäss Tabelle 15A für das Befeuchterwasser unverzichtbar. Weiterführende Informationen zur geeigneten Wasserbeschaffenheit für Gebäudetechnik-Anlagen sind in SWKI BT102-01 zu finden.

5.1.5 Inbetriebnahme oder Wiederinbetriebnahme

Vor der Inbetriebnahme jeder RLT-Anlage muss eine Hygiene-Erstinspektion nach SWKI VA104-01 durchgeführt werden.

Das Risiko einer Streuung von Mikroorganismen ist besonders nach einem Stillstand des Systems erhöht (intermittierender Betrieb, Wochenendpause). Verschlackungen, Verkalkungen, Vermehrung von Biosubstanzen und Wasserstagnation müssen aufs Möglichste verhindert werden. Während den Arbeitsschritten Leerung, Reinigung und Desinfektion muss so weitgehend wie immer möglich eine Verunreinigung und/oder Kontamination der Tropfwanne vermieden werden.

Saisonal betriebene Systeme müssen geleert, von Sedimenten, Verkalkungen und Schlamm befreit und getrocknet werden. Vor der Wiederinbetriebnahme muss das System desinfiziert und gespült und der Zustand der Filter kontrolliert werden.

Durch Instruktion der Geräteverantwortliche ist sicherzustellen, dass Wannen und Luftbefeuchtersysteme mindestens einmal pro Jahr sowie nach jedem Unterbruch von einem Monat oder mehr geleert sowie gereinigt und desinfiziert werden.

Auch die Vorsichtsmassnahmen, die bei den betreffenden Arbeiten für den Gesundheitsschutz des Personals nötig sind, sollen festgelegt und instruiert werden. Das Wiederanfahren einer Anlage ist ein sehr hygiene-kritischer Prozess! Es sind mehrere Legionellose-Epidemien nach dem Wiederanfahren aufgetreten. Angesichts dessen ist eine mikrobiologische Wasserkontrolle vor dem Wiederanfahren empfehlenswert.

Für den Betrieb und die Wiederinbetriebnahme sollten auch die Angaben in SWKI VA104-01 beachtet werden. Bei Inbetriebnahme einer neuen Anlage, nach Reparaturen oder nach Änderungen von Einstellungen eines Systems sind nebst den Wasserkontrollen eventuell auch Luftkontrollen sinnvoll (Durchführung von Luftkontrollen siehe SWKI VA104-01 sowie Modul 17).

5.1.6 Behandlungsverfahren für Befeuchtungswasser

Dem Wasser von Luftbefeuchtern dürfen im Normalbetrieb keine chemischen Desinfektionsmittel zum Niedrighalten der Keimzahl zugesetzt werden. Solche Produkte und deren Reaktionsprodukte können beim Austreten in der Raumluft zu Belästigungen und Reizungen der Schleimhäute führen oder Allergien auslösen. Je nach Gerätetyp kommt zur Absicherung des hygienischen Betriebs eine Desinfektion mittels UV-C-Bestrahlung in Frage. Wenn die UV-Bestrahlung eingesetzt wird, soll sie unmittelbar vor der Luftbefeuchtung installiert werden, da es sich um ein Verfahren ohne desinfizierende Depotwirkung handelt.

5.1.7 Instandhaltung und Überwachung

Die periodische Kontrolle von RLT-Anlagen ist unabdingbar. Ein Instandhaltungsprotokoll muss das Datum der vorgesehenen Kontrollen (Inspektionen, Probenentnahmen etc.) und die auszuführenden Arbeiten festhalten. Bei der Inspektion wird von Auge der Zustand der Kammern, Batterien, Siphons und Abflusskanäle geprüft. Sie erlaubt augenfällige Verkalkungen, Biofilm-Beläge und Schlamm festzustellen und die Trübung und Farbe des Wassers zu beurteilen.

Qualifiziertes Personal ist für die Instandhaltung von RLT-Anlagen unabdingbar. Wenn spezifische Probleme zu lösen sind, empfiehlt es sich, das Instandhaltungspersonal des Herstellers oder eine Spezialfirma beizuziehen.

Es sind regelmässige Hygienekontrollen und Hygieneinspektionen nach SWKI VA104-01 durchzuführen. Hygienekontrollen umfassen mindestens eine Sichtprüfung der RLT-Anlage, eine orientierende mikrobiologische Prüfung und die Dokumentation der Hygienekontrolle. Hygieneinspektionen umfassen mindestens eine erweiterte Sichtprüfung der RLT-Anlage, mikrobiologische Untersuchungen und die Dokumentation der Hygieneinspektion.

Erhöhte Keimzahlen oder eine erhöhte Konzentration von organischen Substanzen sind Indikatoren für Hygiene- und/oder Instandhaltungsprobleme. Mikrobiologische Analysen auf Legionellen ersetzen aber keinesfalls ein Instandhaltungsprogramm, sondern dienen lediglich zu dessen Überprüfung.

Es besteht keine Korrelation zwischen der Gesamtkeimzahl und der Konzentration von Legionellen im Wasser eines Kühlturms oder eines Befeuchters. Deshalb ist es sinnvoll, parallel zur Konzentration der Legionellen auch die Keimzahlen der aeroben und fakultativ anaeroben mesophilen Bakterien zu bestimmen.

5.1.8 Korrekturmassnahmen

Wenn bei der Überwachung Auffälligkeiten mit möglicher Relevanz für die Hygiene der Anlage festgestellt werden oder wenn eine Anlage als Quelle eines Ausbruchs von Legionellen verdächtigt wird, braucht es eine detaillierte Inspektion und mikrobiologische Abklärungen. Vor der Entleerung und Reinigung des Systems müssen Proben aus den Wasserbehältern, den hygienerlevanten Feuchtzonen (Abstriche) und aus den Biofilm-reichen Anlagenteilen entnommen werden. Die Eruiierung der Ursachen der Kontamination erlaubt es, einen Sanierungsplan zu erstellen. Generell ist eine möglichst vollständige Entfernung von Schlamm, Sedimenten und organischen Substanzen vor der Desinfektion vorzunehmen, siehe auch Modul 11.

5.2 Dezentrale Luftbefeuchtung

Allen Anlagen/Geräten dieser Kategorie (Luftbefeuchter in Wohnräumen (Stand-alone-Geräte), Sprühnebel-Anlagen in Gewächshäusern oder Nutztierställen etc.) ist gemeinsam, dass sie in der Regel mit Wasser im kritischen Temperaturbereich zwischen 25 und 45 °C betrieben werden. Für die Anwender solcher Geräte wird es kaum möglich sein, selbst eine Bewertung vorzunehmen, ob ein erhöhtes Risiko für eine Legionellenvermehrung besteht und welche Massnahmen gegebenenfalls für den hygienisch korrekten Betrieb erforderlich sind. Hingegen darf jeder Anwender erwarten, dass der Gerätehersteller oder Lieferant alle benötigten Informationen zur Verfügung stellt, damit das Gerät vom Kunden hygienisch sicher betrieben werden kann. Leider ist in der Praxis aber nicht immer gewährleistet, dass die Auskünfte und Instruktionen schriftlich mitgeliefert werden. Es ist in solchen Fällen empfehlenswert, dass der Kunde/Betreiber des Gerätes sich beim Gerätehersteller oder Lieferant schriftliche Informationen darüber einholt,

- mit welchen Massnahmen seitens Hersteller dafür gesorgt wurde, dass vom Gerät kein erhöhtes Legionellenrisiko ausgeht
- welche Vorkehrungen bei Betrieb und Pflege/Instandhaltung des Gerätes getroffen werden müssen, damit kein erhöhtes Legionellenrisiko entstehen kann (welche Tätigkeiten, wie oft, welche Reinigungsmittel, Desinfektionsmittel?). Zudem ist in Erfahrung zu bringen, ob resp. welche dieser Arbeiten von einem Servicefachmann ausgeführt werden sollten und welche Arbeiten durch den Kunden erledigt werden können.

Generell sind schleimige Beläge auf wasserberührten und luftberührten Teilen eines Gerätes ein Warnzeichen, bei dem eine Vermehrung von Legionellen zu befürchten ist. Auch ein muffiger Geruch des Gerätes oder einzelner Elemente kann auf eine mangelhafte Hygiene und massive Bakterienvermehrung hinweisen. Das Gerät sollte bei solchen Feststellungen ausser Betrieb genommen, gründlich gereinigt und allenfalls desinfiziert werden (Reinigung und Desinfektion gemäss Herstellerangaben).

Präventive und betriebliche Massnahmen bei Verdunstungskühlanlagen ≤ 200 MW

Hierfür sollte folgende Richtlinie des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI) beachtet werden: VDI 2047 Blatt 2 «Rückkühlwerke - Sicherstellung des hygienegerechten Betriebs von Verdunstungskühlanlagen». Diese Richtlinie macht Vorgaben für bestehende und neu zu errichtende Verdunstungskühlanlagen und -apparate, bei denen Wasser verrieselt oder versprüht wird oder anderweitig in Kontakt mit der Atmosphäre kommen kann, mit Ausnahme von Naturzugkühltürmen mit einer thermischen Leistung von mehr als 200 MW. Dabei ist es unerheblich, ob das Kühlwasser als Kühlmedium im Prozess direkt eingesetzt wird oder die Prozesswärme über Wärmeübertrager aus einem Primärkühlkreislauf auf einen Wasserkühlkreislauf übertragen wird. Die Richtlinie VDI 2047 Blatt 2 beschreibt nicht nur die Hygieneaspekte in Planung, Ausführung und Betrieb von Verdunstungskühlanlagen, sondern legt auch ein Konzept für eine Schulung der verantwortlichen Personen dar.

Spezifische Empfehlungen zur Beprobung von Kühltürmen finden sich auch in folgender Broschüre:

Ministerium für nachhaltige Entwicklung, Umwelt, Fauna und Parks der Provinz Quebec, 2013: Protocole d'échantillonnage de l'eau du circuit des tours de refroidissement pour la recherche des légionelles, Québec, Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec.
<http://www.ceaeq.gouv.qc.ca/documents/publications/echantillonnage.htm>

5.3 Wahl des Standorts

Teil der Planung eines Kühlsystems ist die Prüfung der Umweltverträglichkeit. Allgemein gilt, dass die Fortluft bis über das Niveau des Dachs geführt werden muss und zwar so, dass sie nicht wieder ins Gebäude oder in ein Nachbargebäude eintreten kann. Sie darf auch nicht in eine in irgendeiner Form geschlossene Umgebung, an einen häufig frequentierten Ort oder in die Nähe eines Lufteintritts für ein weiteres Belüftungssystem abgeleitet werden.

5.4 Qualität der zugeführten Luft

Bei der Planung einer Belüftungs- oder Klimainstallation ist der Ort der Luftzufuhr entscheidend. Er muss von der vorherrschenden Windrichtung abgekehrt und vor allfälligen Quellen biologischer und/oder chemischer Belastung geschützt sein. Ansaugstutzen mehrere Meter über dem Boden sind weniger exponiert als ebenerdige (Schadstoffansammlung).

Vor ihrem Eintritt in die Befeuchtungsanlage muss die frische (oder rückgeführte) Luft gefiltert werden (Aktivfilter gegen Bakterien und Schimmelpilze, mindestens Filter der Filterklasse F7 nach EN 779 resp. ePM1 ($\geq 50\%$) nach ISO 16890 mit starren Metall- oder Holzrahmen). Es ist darauf zu achten, dass die

Montage der Filter ordnungsgemäss erfolgt ist (ohne Luftverlust) und dass Vorgaben zum regelmässigen Ersatz dieser Filter erteilt werden (Empfehlungen des Herstellers oder des Schweizerischen Vereins von Gebäudetechnik-Ingenieuren (SWKI)).

Eine hohe Konzentration von Mikroorganismen in der Umgebungsluft (üppige Vegetation und hohe Luftfeuchtigkeit) kann eine Verstopfung und Beschädigung der Filter sowie eine Besiedlung mit Bakterien und/oder Pilzen zur Folge haben. Der Endfilter muss hoch wirksam sein (mindestens Filterklasse ePM1 ($\geq 50\%$) nach ISO 16890) und so endständig platziert sein wie möglich.

5.5 Wahl der Materialien

Schon in der Planungsphase sollen Materialien vorgesehen werden, die kein Wachstum von Mikroflora begünstigen, die für die Instandhaltung pflegeleicht sind, die nicht anfällig auf Korrosion sind und hohen Temperaturen und Desinfektionsmitteln gegenüber resistent sind. Für die kritischen Komponenten wie Wannen und Sprühkammern wird rostfreier Stahl empfohlen.

Maschinen und Leitungen brauchen genügend Platz für ein einwandfreies Funktionieren und für Kontrollen; ein sicherer Zugang muss gewährleistet sein.

5.6 Qualität des zugeführten Wassers

Hierfür sollte folgende Richtlinie des Schweizerischen Vereins von Gebäudetechnik-Ingenieuren (SWKI) beachtet werden:

BT102-01 Wasserbeschaffenheit für Gebäudetechnik-Anlagen

Trinkwasser ist aus mikrobiologischer Sicht die beste Lösung. Oberflächenwasser, Wasser aus einer Zisterne oder sonstiges nicht trinkbares Wasser muss zuerst physikalisch, chemisch und mikrobiologisch kontrolliert und allenfalls aufbereitet werden. Regenwasser ist zwar ökologisch unbedenklich, aber mikrobiologisch in der Regel hoch belastet, auch mit potentiellen Krankheitserregern. Es erfordert deshalb besondere Vorsichtsmassnahmen: Lagerung bei einer Temperatur von $<18\text{ }^{\circ}\text{C}$, Schutz vor Licht sowie Filtration und mikrobiologische Aufbereitung.

5.7 Inbetriebnahme oder Wiederinbetriebnahme

Hierfür sollte die Richtlinie des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI) VDI 2047 Blatt 2 «Rückkühlwerke - Sicherstellung des hygienegerechten Betriebs von Verdunstungskühlanlagen» beachtet werden.

Die Wannen und Luftbefeuchtersysteme müssen mindestens einmal pro Jahr sowie nach jedem Unterbruch von einem Monat oder mehr geleert und gereinigt werden.

5.8 Behandlungsverfahren für Kühlwasser

Tabelle 14B gibt eine Übersicht über Empfehlungen, welche die Behandlung von Wasser in Verdunstungskühlanlagen betreffen.

Tabelle 14B Allgemeine Empfehlungen

Verfahren	Empfehlung
Anwendung chemischer Produkte zur Bekämpfung der Mikroflora	Auf die Verwendung von Bioziden ist wenn immer möglich zu verzichten. Falls unvermeidlich, permanente oder intermittierende Biozide-Zudosierung (oxidierende und/oder nicht oxidierende Biozide)
Permanente UV-Desinfektion	Je nach Anlage möglich/sinnvoll. Die Desinfektion mittels UV-C-Bestrahlung soll in diesen Fällen unmittelbar vor der Luftbefeuchtung installiert werden
Desinfektion in Rahmen von Reinigungs- und Instandhaltungsarbeiten	auf Chlorbasis
Kalkentferner und -verhüter	Auf Vereinbarkeit der Produkte mit dem System der kontinuierlichen Desinfektion achten

5.9 Instandhaltung und Überwachung

Die periodische Kontrolle von Verdunstungskühlanlagen ist unabdingbar. Wenn Auffälligkeiten oder spezifische Probleme zu lösen sind, empfiehlt es sich, das Servicepersonal des Herstellers oder eine Spezialfirma beizuziehen.

Erhöhte Keimzahlen oder eine erhöhte Konzentration von organischen Substanzen sind Indikatoren für Hygiene- und/oder Instandhaltungsprobleme. Mikrobiologische Analysen auf Legionellen ersetzen aber keinesfalls ein Instandhaltungsprogramm, sondern dienen lediglich zu dessen Überprüfung.

5.10 Korrekturmaßnahmen

Wenn bei der Überwachung Auffälligkeiten mit möglicher Relevanz für die Hygiene der Anlage festgestellt werden oder wenn eine Anlage als Quelle eines Ausbruchs von Legionellen verdächtigt wird, braucht es eine detaillierte Inspektion und mikrobiologische Abklärungen. Vor der Entleerung und Reinigung des Systems müssen Proben aus den Wasserbehältern, den hygienerelevanten Feuchtzonen (Abstriche) und aus den Biofilm-reichen Anlagenteilen entnommen werden. Die Eruiierung der Ursachen der Kontamination erlaubt es, einen Sanierungsplan zu erstellen. Generell ist eine möglichst vollständige Entfernung von Schlamm, Sedimenten und organischen Substanzen vor der Desinfektion vorzunehmen, siehe auch Modul 11.

6 Präventive und betriebliche Massnahmen bei Verdunstungskühlanlagen >200 MW

Für den Betrieb von Verdunstungskühlanlagen mit einer Kühlleistung von mehr als 200 MW sollte folgende Richtlinie des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI) beachtet werden:

VDI 2047 Blatt 3 «Sicherstellung des hygienegerechten Betriebs von Verdunstungskühlanlagen Kühltürme über 200 MW Kühlleistung».

In Frankreich wurde zudem auf nationaler Ebene ein Handbuch über die gute Praxis bezüglich Legionellen in Kühltürmen erstellt, welches ebenfalls Hilfestellungen gibt: «Guide de bonnes pratiques / Legionella et Tours aéroréfrigérantes; Ministère de l'économie, des finances et de l'industrie; Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement; Ministère de l'emploi et de la solidarité: Juin 2001).

6.1 Standort

Der Standort einer leistungsstarken Verdunstungskühlanlage (>200 MW) ist meist durch gesamtbetriebliche Aspekte vorgegeben. Jedoch sind die nähere Umgebung hinsichtlich möglicher Eintragsquellen von Nährstoffen und Legionellen, sowie die möglichen sensiblen Bereiche (enge Gassen mit vielen Personen, Krankenhäuser etc.) bei der Planung, beim Betrieb und der Überwachung zu beachten.

6.2 Auslegung, Material

Die Auslegung des Systems und die Wahl des Materials sind wichtige Faktoren, um dem Wachstum von Mikroorganismen entgegenzuwirken. Häufig sind es allerdings wirtschaftliche Aspekte, welche den Einsatz von hygienisch optimalsten Werkstoffen in grossen Systemen limitieren. Zudem ist der Betrieb ausserhalb des Temperaturbereiches von 25 bis 45 °C nicht effizient, bzw. mit einer Erhöhung des ohnehin erheblichen Wasserverbrauchs verbunden.

Das System sollte so ausgelegt sein, dass es möglichst keine schlecht durchströmte bzw. schlecht behandelbare Nebenleitungen/Systeme aufweist. Zudem ist bei der Planung darauf zu achten, dass Instandhaltungs- und Reinigungsarbeiten gut und effizient durchgeführt werden können. Die Tropfenabscheider und das Strömungsprofil im Kühlturm bzw. der Abzug sollen so ausgelegt werden, dass der Austrag von Aerosolen und Tröpfchen minimiert wird.

6.3 Betrieb der Anlage

Die Betriebsweise der Verdunstungskühlanlage ist ein wichtiger Faktor, um das Legionellenrisiko einer Anlage zu minimieren. Der Betrieb einer Anlage gliedert sich in verschiedene Phasen:

- Leistungsbetrieb/Normalbetrieb: Die Anlage erfüllt ihre vorgesehene Aufgaben
- Stillstand/Standby: Die Anlage ist nicht in Betrieb, kann aber jederzeit wieder in Betrieb genommen werden.
- Revision/Instandhaltung: Die Anlage ist entleert und kann gereinigt werden. Komponenten und Maschinen werden revidiert.
- Sonderbetrieb/Transienten: Die Anlage wird ausserhalb des normalen Leistungsbetriebes betrieben. Teilsysteme stehen nicht zur Verfügung (z.B. Inbetriebnahme der Anlage, Störungen).

6.3.1 Normalbetrieb

Die wichtigsten Betriebsparameter sollten idealerweise mit online-Instrumenten bzw. Messgeräten mit Datenlogger überwacht werden. Eine solide Datengrundlage hilft, das Verhalten der Anlage, aber auch das Wachstumsmilieu hinsichtlich Biofilmen und Mikroorganismen zu verstehen. Anhand der Auswertungen lassen sich für die Anlage Betriebsrichtwerte herleiten. Im Gegensatz zu einfach bestimmbar Parametern wie Temperatur, Leitfähigkeit, Trübung, pH-Wert, Redoxpotential stellt die Überwachung der Mikroorganismen grössere Herausforderungen an den Anlagebetreiber. Zuverlässige Resultate

können nur von qualifizierten Labors und Firmen geliefert werden. Wie aus Ringversuchen und Vergleichsmessungen bekannt ist, ist die Bestimmung von Legionellen im Vergleich zu anderen Bakterien aber leider mit relativ grossen Unsicherheiten behaftet. Erschwerend für aussagekräftige Messungen und die Schaffung einer robusten Datengrundlage kommt hinzu, dass in einem grossdimensionierten Verdunstungskühlsystem mit stattlichen mikrobiologischen Inhomogenitäten der verschiedenen Wasserpflanzen gerechnet werden muss. Eine solide Überwachung der Legionellenkonzentrationen im Kühlwasser basiert zwangsläufig auf Mehrfachbestimmungen (z.B. 3-fach-Bestimmung) und Probenahmen zu unterschiedlichen Zeitpunkten an unterschiedlichen Orten.

Die Probenahmehäufigkeit soll an das Legionellenrisiko angepasst sein. Ist bekannt, dass sich Legionellen im System einfach einnisten und vermehren können und eine Gefährdung der Umgebung entstehen kann, ist eine erhöhte Analysefrequenz notwendig. Geringere Analysefrequenzen als viermal pro Jahr (quartalsweise) für die Kontrolle der Legionellen und aeroben mesophilen Keime im Kühlwasser bedürfen einer fundierten Erklärung resp. sorgfältigen vorgängigen Abklärung. Bei grossen Verdunstungskühlanlagen mit Kühltürmen sind wöchentliche oder zumindest monatliche Legionellenkontrollen etabliert und sinnvoll. Im Normalbetrieb ist eine Behandlung des Kühlwassers notwendig, um das Wachstum von Legionellen kontrollieren zu können (siehe Korrekturmassnahmen).

6.3.2 Stillstand

Im Stillstand besteht die Gefahr, dass der Zustand des Systems nicht mehr gut überwacht wird. Es ist jedoch wichtig, auch im Stillstand das Wachstumspotential von Mikroorganismen und Legionellen möglichst klein zu halten. Die Kühlwassertemperaturen sollten so gering wie möglich gehalten werden. Mit zusätzlichen Reinigungen und Grunddesinfektionen kann ein guter Hygienezustand des Systems erreicht werden.

6.3.3 Revision / Instandhaltung

Jede Verdunstungskühlanlage ist periodisch zu warten und komplett zu reinigen. Eine jährliche komplette Entleerung und Reinigung der Anlage hat sich unabhängig von der Grösse und Art der Anlage etabliert. Zudem dient die Instandhaltung auch der Kontrolle der Materialien und Einbauten bzw. dem Austausch von fehlerhaften Komponenten. Bei der Reinigung ist darauf zu achten, dass alle Systeme entleert und gereinigt werden. Eine rasche Wiederverkeimung von verschlammten Leitungen, Absperungen oder Schächten ist durchaus möglich. Während der Instandhaltung ist es wichtig, die Tropfenabscheider und Einbauten zu inspizieren.

6.3.4 Inbetriebnahme / Störungsbetrieb

Eine Anlage sollte nur in Betrieb genommen werden, wenn sie sich in einem hygienisch einwandfreien Zustand befindet. Während der Inbetriebnahme oder während Störungen im Betrieb können gewisse Systeme nicht optimal funktionieren und zu einem ungewohnten Anlageverhalten führen. Je nach Art und Dauer des Sonderbetriebes ist es sinnvoll, den hygienischen Zustand der Anlage mittels zusätzlicher Kontrollmessungen zu überwachen.

6.3.5 Überwachung

Aufgrund von Schwierigkeiten der Probenahme und Analyse von Legionellen stellt die Überwachung der Legionellen in der Schwadenluft oder der Fortluft keinen sicheren Nachweis dar, dass von der Verdunstungskühlanlage kein Legionellen-Risiko für die Umgebung ausgeht.

Die Emissionen werden durch den Tropfenmitriss und die Geschwindigkeit des Luftzuges bestimmt. Wie sich dies jedoch im Einzelnen auf die Legionellengehalte in der Fortluft und das Infektionsrisiko

auswirken, ist unbekannt. Verlässliche Daten, welche eine spezifische Handlungsweise erzwingen würden, fehlen. Es ist daher auch schwierig, eine sinnvolle Behandlung der Fortluft z.B. mit UV, Filter oder andern Mittel vorzuschlagen.

Bei grossen Naturzugkühltürmen ist die Behandlung der Fortluft aufgrund des Volumenstroms technisch nicht machbar. Der Fortluft-Volumenstrom kann bei solchen Anlagen 25'000 m³/s oder mehr betragen.

6.3.6 Korrekturmassnahmen

Im Normalbetrieb bieten sich für das Management der hygienischen Kühlwasserqualität zwei Strategien an, welche auch alternierend eingesetzt werden können:

a) Mit einer kontinuierlichen Zudosierung von Bioziden kann die Legionellenkonzentration und Keimbelastung im Kühlwasser tief gehalten werden. Je nach Art und Konzentration des Produktes wird auch der Aufbau von Biofilmen an den Systemoberflächen behindert. Bei grossen Anlagen wird dieser Ansatz des Legionellenmanagements durch die erheblichen Biozidmengen und die geltenden Einleitbedingungen stark eingeschränkt.

b) Durch den Einsatz von Stossdosierungen insbesondere von oxidierenden Bioziden (Hypochlorite, Chlorgas, Ozon, Peroxide) können bei geschlossener Abflut deutlich höhere Biozidkonzentrationen im System erreicht werden. Solche Dosierungen erfordern eine gute Überwachung und Vorbereitung.

Beispiel „Javel“: Beim Einsatz von Natriumhypochlorit-Lösung (Javel-Lösung) ist der pH-Wert des Kühlwassers während der Behandlungsdauer möglichst auf 7.0 einzustellen, um eine bessere Wirksamkeit der Stossdosierung zu erzielen. Tiefere pH-Werte sind aufgrund der Bildung von flüchtigen Chlorverbindungen (z.B. Chlorgas) nicht ratsam und zielführend. Höhere pH-Werte verringern die Effektivität der Behandlung.

Die Überwachung der Abbaurate des Aktivchlors dient einerseits dazu, die Einleitbedingungen in die Kanalisation oder den Vorfluter einzuhalten, andererseits gibt die Chlorzehrung eine wertvolle Information über den Zustand des Systems. Bei sauberen Systemen ist die Chlorzehrung deutlich kleiner als bei Systemen, die mit Schlamm und Organika belastet sind.

Leistungsstarke Verdunstungskühltürme können sich in ihrer Bau- und Funktionsweise stark voneinander unterscheiden. Weil zudem Sedimente und Biofilme komplexe Gebilde sind und Interaktionen zwischen den verschiedenen Komponenten (Materialien, gelöste Substanzen, pH-Wert des Wassers, Zumischungen) vorkommen, ist es nicht möglich, einen allgemein gültigen Standard von Korrekturmassnahmen zu definieren. Zwar gibt es Richtgrössen für effektive Legionellen-bekämpfungsmassnahmen aus anderen Anwendungsbereichen, beispielsweise eine Behandlung des Wassers mit mind. 5 mg/l freiem Chlor während 5 Stunden oder mit 25 mg/l während 2 Stunden. Für die Kühlwasserbehandlung in grossen Verdunstungskühlanlagen mit offenem Kühlwasserkreislauf können sie aber nicht oder nur bedingt herangezogen werden. Bei solchen Anlagen sind nämlich nicht nur die Produktwahl, sondern auch die Dosierung und die Aufrechterhaltung der Betriebskonzentration delikant.

Die Korrosivität und Toxizität der verwendeten Substanzen inkl. deren Reaktionsprodukte müssen beachtet und die rechtlichen Anforderungen bezüglich Abgabe/Einleitung in die Umwelt jederzeit eingehalten werden. Die entsprechend geeigneten Behandlungsschemen müssen deshalb immer Anlagenspezifisch ermittelt und festgelegt werden.

Referenzen

- Bentham RH. Routine sampling and temporal variation of Legionella concentrations in cooling tower water systems. In: ASM Press, editor. Legionella. Washington, D.C.: 2002: 321-324.
- Health and Safety Executive. Legionnaires' Disease: The control of Legionella bacteria in water systems. Approved code of practice and guidance. L8. HSE Books, 2000.
- Members of the European surveillance scheme for travel associated Legionnaires' disease, European Working Group for Legionella Infections. European guidelines for control and prevention of travel associated Legionnaires' disease. 2005.
- Ministère de l'emploi et de la solidarité, Ministère de l'économie d'edl, Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement. Guide des bonnes pratiques: Legionella et tours aëroréfrigérantes. 1-48. 2001.
- Miquel PH, Haeghebaert S, Che D, Campese C, Guitard C, Brigaud T et al. Epidémie communautaire de légionellose, Pas-de-Calais, France, novembre 2003-janvier 2004. Bulletin Epidémiologique Hebdomadaire 2004;(36-37):179-181.
- Rouil L, Gardenas G, Marcel F. Evaluation de la dispersion atmosphérique d'aérosols potentiellement contaminés lors de l'épidémie de légionellose de la région de Lens. Bulletin Epidémiologique Hebdomadaire 2004;(36-37):182-184.
- Schweizerischer Verein von Gebäudetechnik-Ingenieuren (SWKI): Richtlinie SWKI BT102-01:2012 «Wasserbeschaffenheit für Gebäudetechnik-Anlagen»
- Schweizerischer Verein von Gebäudetechnik-Ingenieuren (SWKI): Richtlinie SWKI VA104-01:2006 «Hygiene-Anforderungen an Raumluftechnische Anlagen und Geräte»
- Verein Deutscher Ingenieure (VDI): Richtlinie VDI 2047 Blatt 2:2015 « Sicherstellung des hygienegerechten Betriebs von Verdunstungskühlanlagen».

Verein Deutscher Ingenieure (VDI): Richtlinie VDI 2047 Blatt 3:2018 « Sicherstellung des hygienegerechten Betriebs von Verdunstungskühlanlagen Kühltürme über 200 MW Kühlleistung»