1 Einführung

Verdunstungskühlanlagen und Kühltürme dienen der Wärmeabfuhr aus unterschiedlichen Prozessen und finden seit mehr als einem Jahrhundert ihren Einsatz in der Kältetechnik. Als Technik sind sie etabliert und hinsichtlich ihrer Energieeffizienz zunehmend optimiert. Da sie in zahlreichen Anwendungsfällen erhebliche technische, wirtschaftliche und auch umweltrelevante Vorteile gegenüber anderen Systemen der Kältetechnik haben, sind sie aus vielen Bereichen nicht mehr wegzudenken. Dazu gehören z. B. Energieerzeugungsanlagen oder viele industrielle Prozesse mit dem Bedarf, hohe Wärmelasten abzuführen.

Physikalische Grundlage dieser kältetechnischen Anlagen ist die Wärmeabfuhr und die damit verbundene Kühlung von Prozessen durch das Verdunsten von Wasser in Luft. Dieser kältetechnische Prozess spiegelt sich in verschiedenen Anlagentypen wieder. Dabei gibt es für diese Anlagen unterschiedliche Begriffe und Bezeichnungen, die in den Verkehrskreisen, der Literatur und den Regelwerken Verwendung finden und das gemeinsame Verständnis der Thematik manchmal erschweren. Die größten Anlagen finden sich in Energieerzeugungsanlagen als Naturzugkühltürme, die allein aufgrund ihrer Höhe von bis zu 200 m für alle sichtbare Landmarken darstellen. Der absolut größte Anteil aller mit 30.000 bis 50.000 geschätzten Anlagen ist ventilator-gestützt, der druck- oder saugseitig die Luft im Gegenstromprinzip durch das versprühte oder verrieselte Kühlwasser transportiert. Da diese Anlagen überwiegend eine Kühlleistung unter 200 MW aufweisen, fallen sie in die Gruppe der Verdunstungskühlanlagen. Begrifflich wird aber auch für diese Anlagen häufig der „Kühlturm“ herangezogen. Verdunstungskühlanlagen gibt es in unterschiedlichen technischen Ausführungen, die im Markt als Nasskühltürme, Hybride, Adiabatiksysteme etc. bezeichnet werden. Die einzelnen Systeme inkl. ihrer Funktionsweise mit den Vor-/Nachteilen in den verschiedenen Anwendungsbereichen werden in Kapitel 2 beschrieben. Das grundlegende Verständnis der technischen Vorgänge in diesen Anlagen ist notwendig, um den Einfluss der Anlagentechnik, der Werkstoffe, der Betriebsstoffe und der Betriebsweise auf die mikrobiologischen Lebensbedingungen in diesen Systemen zu verstehen. In der Praxis lässt sich so der Einfluss der Anlagentechnik auf die Hygiene deutlich besser beurteilen. Dadurch können alle Beteiligten mögliche Risiken einer Vermehrung und eines Austrags von Krankheitserregern besser identifizieren und Gegenmaßnahmen ergreifen.

Nach den verschiedenen Legionellenausbrüchen wie in Warstein und Ulm, verbunden mit zahlreichen durch Legionellen infizierten Menschen und Todesfällen, wurde diese Notwendigkeit immer deutlicher. Bis in die zweite Hälfte der siebziger Jahre des zwanzigsten Jahrhunderts waren Legionellen und damit ein mit ihnen verbundenes Gesundheitsrisiko nicht bekannt. Erst durch einen Legionellenausbruch in Philadelphia, USA, wurde das mögliche Infektionsrisiko durch diesen Krankheitserreger offensichtlich. Trotzdem hat es noch eine geraume Zeit gedauert, bis dieses Risiko auch für Verdunstungskühlanlagen und Kühltürme erkannt wurde. Legionellen, eine Gruppe von miteinander verwandten Bakterienarten, sind in Süßwasserlebensräumen nach aktuellem Kenntnisstand weltweit verbreitet. In ihren natürlichen Lebensräumen finden sie sich aufgrund eingeschränkter Wachstumsbedingungen scheinbar nur in geringer Zahl. Das ändert sich in wasserführenden technischen Anlagen, wie Verdunstungskühlanlagen und Kühltürmen, wenn die Lebensbedingungen sich für diese Bakterien deutlich verbessern. Einmal mit der Nachspeisung von Kühlwasser in Form von Oberflächen-, Grund- oder Trinkwasser in die Anlage eingebracht, können sich Legionellen dort innerhalb weniger Tage in

großer Zahl vermehren. Aktuell ist davon auszugehen, dass Legionellen als Krankheitserreger nur dann zu einer Infektion führen, wenn sie von Menschen inhaliert werden und in die Lunge gelangen. Das kann über den Austrag von Legionellen-haltigem Kühlwasser in Form von Aerosolen aus Verdunstungskühlanlagen und Kühltürmen erfolgen. Auf diese Weise sind erhebliche Legionellen-Emissionen in die Umwelt möglich, die Menschen in der Umgebung solcher Anlagen gefährden. Legionelleninfektionen können sich in leichter Verlaufsform, ähnlich einer Sommergrippe, aber auch als schwere Lungenentzündung auswirken. Letztere scheint nach Einschätzung des Robert Koch-Instituts (RKI) in ca. 30.000 Fällen pro Jahr in Deutschland auf Legionellen zurückzuführen sein. Wie viele davon ursächlich auf Verdunstungskühlanlagen und Kühltürmen zurückgehen, ist nicht bekannt. Es ist auch unbekannt, wie groß die Zahl der durch einen Menschen aufgenommenen Legionellen sein muss, damit es zu einer Infektion kommt. Betrachtet man aber das Risikopotenzial bei der weiträumigen Ausbreitung über die Aerosolausträge in den Kühlwasserschwaden, so wird schnell deutlich, dass Maßnahmen zur Risikominimierung notwendig sind. Anders als bei Trinkwasserinstallationen ist die mögliche Zahl der Betroffenen hier potenziell deutlich höher.

Während in zahlreichen anderen Ländern, wie Frankreich und Großbritannien, aufgrund schwerer Legionellenausbrüche bereits seit Jahren konkrete gesetzliche Regelungen zur Gefahrenvorsorge bei diesen Anlagen getroffen wurden, haben solche in Deutschland auf sich warten lassen. Nachdem es in der Folge des Legionellenausbruchs in Warstein aber zu weiteren Ausbrüchen, wie in Jülich und Bremen, gekommen ist, sind diese Anlagen zunehmend in den öffentlichen Fokus gerückt. Das Risikopotenzial, welches von den Anlagen bei unsachgemäßer Planung, Errichtung, Instandhaltung und/oder Betrieb ausgehen kann, hat sowohl aufseiten des Gesetzgebers als auch bei der technischen Regelwerkssetzung einen Handlungsdruck ausgelöst. Mit der im Juli 2017 veröffentlichten 42. Bundes-Immissionsschutzverordnung (BImSchV) ist ein gesetzliches Regelwerk in Kraft getreten, das Verdunstungskühlanlagen, Kühltürme und Nassabscheider im Anwendungsbereich hat. Letztere werden in diesem Buch nicht behandelt. Als Teil des Immissionsschutzrechts fordert die Verordnung von den Verkehrskreisen den Stand der Technik bei Planung, Herstellung, Errichtung und Betrieb ein. Auslegung und Anwendungsbereich der Verordnung werden in den betroffenen Verkehrskreisen sehr kontrovers diskutiert.

Kapitel 4 gibt nicht nur die Verordnung im Originaltext wieder, sondern beleuchtet die Diskussionen und legt den Text auch aus. Die Anforderungen der Verordnung sind in Teilen sehr spezifisch, in denen es z. B. um die Anzeige der Anlage auf einer Online-Plattform oder die mikrobiologische Überwachung des Kühlwassers geht. Einige grundsätzliche Forderungen, wie die Eignung von Werkstoffen oder Betriebsstoffen, eröffnen aber zahlreiche Handlungsoptionen. Ähnliches gilt für die Betriebsweise, um eine mikrobielle Vermehrung und Ausbreitung von Legionellen zu minimieren. Die Verordnung geht nicht so weit, dass sie die Einhaltung von Legionellengehalten einfordert, die technisch utopisch erscheinen. Mit der Einführung von Prüf- und Maßnahmenwerten für Legionellen im Kühlwasser setzt sie im Normalbetrieb der absoluten Zahl aller Anlagen erreichbare Zielwerte. Deren Einhaltung hat der Anlagenbetreiber regelmäßig durch ein unabhängiges Labor überwachen zu lassen. Sobald es zur Überschreitung dieser Prüf- und Maßnahmenwerte kommt, verpflichtet der Gesetzgeber den Anlagenbetreiber zur Ergreifung von geeigneten Maßnahmen, um wieder einen sicheren Anlagenbetrieb zu gewährleisten. Dabei ist zu berücksichtigen, dass es bei Überschreitung des sogenannten Maßnahmenwerts für Legionellen, der als eine Art Gefahrenwert betrachtet wird, eine Mel-

depflicht des Anlagenbetreibers an die zuständige Behörde gibt. Auf diesem Weg versucht der Verordnungsgeber, möglichst frühzeitig Informationen über Gefahrensituationen zu erhalten. Diese kann er dann innerhalb der Umgebung einer Anlage mit den Erkenntnissen der Gesundheitsbehörden zu gemeldeten Legionelleninfektionen abgleichen. So sollte sich einerseits sehr frühzeitig ein Legionellenausbruch erkennen und im Weiteren auch eindämmen lassen. Eine neue Forderung der Verordnung betrifft auch die regelmäßige, im Abstand von fünf Jahren durchzuführende, unabhängige Überprüfung der Anlagen durch Sachverständige. Neben verschiedenen weiteren Verpflichtungen des Anlagenbetreibers gilt eine umfängliche Dokumentationspflicht.

Bereits vor Inkrafttreten der Verordnung wurde mit der VDI 2047 Blatt 2 für Verdunstungskühlanlagen ein technisches Regelwerk erarbeitet, dass den Stand der Technik zu den Hygieneanforderungen maßgeblich widerspiegelt. Mit dem Blatt 3 der VDI-Richtlinie 2047 liegt ein solches Regelwerk auch für Kühltürme vor. Neben diesen beiden technischen Regelwerken, die durch die VDI MT 2047 Blatt 4 für Schulungsmaßnahmen zu diesem Thema ergänzt werden, finden sich für die beiden Anlagentypen noch weitere technische Regeln. Abgesehen vom Referenzdokument über die Besten Verfügbaren Techniken bei industriellen Kühlsystemen (BVT) handelt es sich sowohl bei der Richtlinienreihe VDI 2047 als auch der VGB-R 455 und dem VDMA-Einheitsblatt 24649 um nationale technische Regelwerke.

Kapitel 5 stellt diese technischen Regelwerke vor dem Hintergrund der hygienischen Fragestellungen zusammenfassend vor. So soll einerseits das Verständnis der Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Teilthemen Mikrobiologie/Hygiene, Anlagentechnik und Kühlwasserqualitäten gefördert werden. Andererseits ist es das Ziel, einen kurzen Überblick zu diesen technischen Regeln zu geben, diese miteinander zu vergleichen und dabei auch die vorhandenen Widersprüche aufzuzeigen. Das ersetzt natürlich im Einzelfall nicht die intensive Lektüre der jeweiligen technischen Regelwerke. Allerdings behandeln sowohl das Referenzdokument über die Besten Verfügbaren Techniken bei industriellen Kühlsystemen (BVT) als auch die VGB-R 455, die beide primär Kühltürme im Anwendungsbereich haben, mikrobiologisch-hygienische Fragestellungen nur am Rande. Hier ist das Blatt 3 der VDI 2047 deutlich aktueller und auf die Hygienethematik fokussiert. Da sich in den Diskussionen zum Umgang mit technischen Regelwerken von privaten Normungsorganisationen oder Verbänden immer wieder auch die Frage nach der rechtlichen Einordnung und deren Verbindlichkeit stellt, wird diese Frage in Kapitel 5 thematisiert. Insbesondere die Blätter der VDI 2047 behandeln die hygienerelevante Anforderungen zu den Themen Planung, Errichtung und Inbetriebnahme, Gefährdungsbeurteilung und Prüfung sowie Betrieb und Instandhaltung, die im Grundsatz auch in der 42. BImSchV beschrieben werden. Es wird dabei an verschiedenen Stellen deutlich, dass die VDI 2047 teilweise eine „Blaupause“ der Verordnung darstellt. Kapitel 5 greift ausschließlich die hygienisch relevanten Aspekte im Zusammenhang mit Verdunstungskühlanlagen und Kühltürmen auf. Diese lassen sich naturgemäß häufig nicht von Anforderungen an den wirtschaftlichen oder technisch sicheren Betrieb trennen.

Es muss das Ziel der Regelwerkssetzung sein, die mit dem Betrieb von Verdunstungskühlanlagen und Kühltürmen verbundenen hygienischen Risiken zu minimieren und weiterhin gleichzeitig einen wirtschaftlichen Anlagenbetrieb zu ermöglichen. Dazu ist es in einem ersten Schritt erforderlich, in den betroffenen Verkehrskreisen das hygienische und technische Wissen um die Risiken, deren Ursachen und mögliche Maßnahmen zur Abhilfe bekannt zu machen. Gleichzeitig bedarf es aber auch gemeinsamer Anstrengungen, um möglichst zahlreiche Erfahrungen,

z. B. rund um die Fragestellungen zur hygienischen Bedeutung von Werkstoffen, zu Wasserqualitäten, zum Einsatz von Betriebsstoffen, der jeweiligen Betriebsweise und den mikrobiologischen Untersuchungen, zusammenzuführen. Nur so wird es auf Dauer möglich sein, die Randbedingungen für den hygienesicheren Betrieb so zu definieren, dass ein maximal wirtschaftlicher Betrieb dieser Anlagen auf Dauer möglich ist. Auf welchem Weg dies zu erreichen ist, lässt sich auch aus den Inhalten der nachfolgenden Kapitel ableiten. Nicht selten kreisen aber bereits zu Beginn der Arbeit an einem Fachbuch Fragen im Kopf des Lesers, von denen wir hier einige antizipiert und mit dem Verweis auf die entsprechenden Kapitel beantwortet haben. Der Leser möge es den Autoren nachsehen, dass einige Fragen keine einfachen Antworten zulassen.

Häufige Fragen zu den verschiedenen Themen und Verweise zu den Kapiteln im Buch:

lfd. Nr.	Frage	Antwort in Kapitel
Grundlagen der Technik von Verdunstungskühlanlagen und Kühltürmen		
1	Was ist ein Kühlturm und was eine Verdunstungskühlanlage; was ist die genaue Definition?	**2.5.1; 4.4**
2	Was ist unter dem Betrieb von Verdunstungskühlanlagen zu verstehen?	**2.5.12**
3	Fallen Trockenkühler in den Anwendungsbereich der 42. BImSchV	**2.6; 4.4**
4	Warum ist bei Verflüssigern ein besonderes Augenmerk auf die Mikrobiologie und die hygienischen Schutzziele gemäß der 42. BImSchV zu legen?	**2.8**
5	Wie ist die energetische Bewertung von Rückkühlsystemen in Bezug zu den Anforderungen der 42. BImSchV zu sehen?	**2.9**
Mikrobiologie, Legionellen und gesundheitliche Risiken im Zusammenhang mit Verdunstungskühlanlagen und Kühltürmen		
6	Welche Bedingungen fördern das Wachstum von Mikroorganismen in den Anlagen?	**3.1.2; 3.1.5**
7	Was sind Biozide, wie wirken sie und unter welchen Randbedingungen?	**3.1.7**
8	Welche mikrobiologischen Untersuchungen müssen für eine Verdunstungskühlanlage durchgeführt werden?	**3.1.6; 4.4**
9	Welche mikrobiologischen Untersuchungen müssen für einen Kühlturm durchgeführt werden?	**3.1.6; 4.4.**
10	Was muss ein Anlagenbetreiber berücksichtigen, wenn er mikrobiologische Untersuchungen beauftragt?	**3.1.6.; 4.4**
11	Was sagt das Ergebnis der mikrobiologischen Untersuchung der allgemeinen Koloniezahl aus?	**3.1.6.2; 3.2**
12	Welche Erkrankungen können durch Legionellen ausgelöst werden?	**3.2**
13	Ab welcher Anzahl von Legionellen im Kühlwasser ist eine Infektion möglich?	**3.2**
14	Warum ist es notwendig, dass nach Überschreitung des Maßnahmenwerts eine Differenzierung der Legionellen durch eine sogenannte Serotypisierung durchgeführt wird?	**3.2; 4.4**
15	Wie können die von einer Anlage ausgehenden hygienischen Risiken identifiziert und bewertet werden?	**3.3**

Gesetzliche Anforderungen an Verdunstungskühlanlagen und Kühltürme

16	Fällt ein Adiabatiksystem im Umlaufbetrieb unter die 42. BImSchV?	**4.4; 5.2.1**
17	Fällt ein Adiabatiksystem mit Frischwasser unter die 42. BImSchV?	**4.4; 5.2.1**
18	Wie ist ein Trockenkühler mit provisorischem Adiabatiksystem (Gardena) zu bewerten?	**4.4; 5.2.1**
19	Fällt ein Hybridkühler unter die 42. BImSchV?	**4.4; 5.2.1**
20	Fällt ein Kaltwassersatz mit Frischwasser-Berieselung unter die 42. BImSchV?	**4.4; 5.2.1**
21	Wer ist im Fall eines Leihgeräts (z. B. Kühlturm) für die Umsetzung der 42. BImSchV verantwortlich?	**4.1**
22	Legt die Aufsichtsbehörde im Falle einer Überschreitung des Maßnahmenwerts einen Kühlturm still, obwohl die gesamte Produktion (z. B. Rechenzentrum) daran hängt?	**4.3**
23	Können im Fall einer Stilllegung (s. Frage 22) Kühlturm/Hybridkühler ohne Wasserkreislauf weiterbetrieben werden?	**4.3**
24	Bei einer Neuinstallation: Ab wann ist die 42. BImSchV anzuwenden; gibt es einen Probebetrieb?	**4.2**
25	Warum wird ein Trockenkühler mit temporärem Adiabatiksystem anders beurteilt (42. BImSchV) als ein Nassabscheider?	**4.4**
26	Was muss man vor dem Hintergrund des Arbeitsschutzrechts beim Betrieb der Anlagen berücksichtigen?	**4.2**
27	Was ist eine hygienisch fachkundige Person?	**4.1**

Anforderungen der technischen Regelwerke an Verdunstungskühlanlagen und Kühltürme

28	Welche rechtliche Bedeutung besitzen technische Regelwerke?	**5.1**
29	Welche Anlagen fallen in den Anwendungsbereich der VDI 2047 Blatt 2?	**5.2.1**
30	Welche Anlagen fallen in den Anwendungsbereich der VDI 2047 Blatt 3?	**5.2.2**
31	Welche Schulungen sind mindestens Voraussetzung für eine hygienisch fachkundige Person?	**5.2.3**
32	Gibt es Anforderungen an den Standort einer Verdunstungskühlanlage?	**5.3.3**
33	Lassen sich aus den technischen Regelwerken Anforderungen an die Ausführung von Tropfenabscheidern ableiten?	**5.3.1**
34	Sind für Werkstoffe von Verdunstungskühlanlagen und Kühltürmen hygienische Anforderungen festgelegt?	**5.3.2**
35	Welche chemisch-physikalischen Untersuchungen sind zur Kontrolle der Kühlwasserqualität vorgegeben?	**4.4; 5.3.6; 5.4.4**
36	Ist der Einsatz von Anlagen zur UV-Desinfektion von Kühlwasser geregelt?	**3.1.7; 5.3.6**

Das Gesamtziel dieses integrierten Konzepts muss darin bestehen, das Management und die Kontrolle der industriellen Prozesse so zu verbessern, dass ein hohes Schutzniveau für die Umwelt insgesamt sichergestellt wird. Von zentraler Bedeutung für dieses Konzept ist das in Artikel 3 definierte allgemeine Prinzip, das die Betreiber auffordert, alle geeigneten Vorsorgemaßnahmen gegen Umweltverschmutzungen zu treffen, insbesondere durch den Einsatz der besten verfügbaren Techniken, mit deren Hilfe sie ihre Leistungen im Hinblick auf den Umweltschutz verbessern können.

Der Begriff „beste verfügbare Techniken" wird in Artikel 2 Absatz 11 der Richtlinie definiert als „der effizienteste und fortschrittlichste Entwicklungsstand der Tätigkeiten und entsprechenden Betriebsmethoden, der spezielle Techniken als praktisch erscheinen lässt, grundsätzlich als Grundlage für die Emissionsgrenzwerte zu dienen, um Emissionen in und Auswirkungen auf die gesamte Umwelt allgemein zu vermeiden oder, wenn dies nicht möglich ist, zu vermindern". Weiter heißt es in der Begriffsbestimmung in Artikel 2 Absatz 11: „Techniken" beinhalten sowohl die angewandte Technologie als auch die Art und Weise, wie die Anlage geplant, gebaut, gewartet, betrieben und stillgelegt wird; als „verfügbar" werden jene Techniken bezeichnet, die in einem Maßstab entwickelt sind, der unter Berücksichtigung des Kosten/Nutzen-Verhältnisses die Anwendung unter in dem betreffenden industriellen Sektor wirtschaftlich und technisch vertretbaren Verhältnissen ermöglicht, gleich ob diese Techniken innerhalb des betreffenden Mitgliedstaats verwendet oder hergestellt werden, sofern sie zu vertretbaren Bedingungen für den Betreiber zugänglich sind; als „beste" gelten jene Techniken, die am wirksamsten zur Erreichung eines allgemein hohen Schutzniveaus für die Umwelt insgesamt sind.

Anhang IV der Richtlinie enthält eine Liste von „Punkten, die bei Festlegung der besten verfügbaren Techniken im Allgemeinen wie auch im Einzelfall zu berücksichtigen sind [...] unter Berücksichtigung der sich aus einer Maßnahme ergebenden Kosten und ihres Nutzens sowie des Grundsatzes der Vorsorge und Vermeidung". Diese Punkte schließen jene Informationen ein, die von der Kommission gemäß Artikel 16 Absatz 2 veröffentlicht werden. Die für die Erteilung von Genehmigungen zuständigen Behörden haben bei der Festlegung der Genehmigungsauflagen die in Artikel 3 definierten allgemeinen Prinzipien zu berücksichtigen. Diese Genehmigungsauflagen müssen Emissionsgrenzwerte enthalten, die gegebenenfalls durch äquivalente Parameter oder technische Maßnahmen ergänzt bzw. ersetzt werden. Entsprechend Artikel 9 Absatz 4 der Richtlinie sind diese Emissionsgrenzwerte, äquivalenten Parameter und technischen Maßnahmen unbeschadet der Einhaltung der Umweltqualitätsnormen auf die besten verfügbaren Techniken zu stützen, ohne dass die Anwendung einer bestimmten Technik oder Technologie vorgeschrieben wird; hierbei sind die technische Beschaffenheit der betreffenden Anlage, ihr geografischer Standort und die jeweiligen örtlichen Umweltbedingungen zu berücksichtigen. In jedem Fall haben die Genehmigungsauflagen Vorkehrungen zur weitestgehenden Verminderung weiträumiger oder grenzüberschreitender Umweltverschmutzungen vorzusehen und ein hohes Schutzniveau für die Umwelt insgesamt zu sichern. Gemäß Artikel 11 der Richtlinie haben die Mitgliedstaaten dafür zu sorgen, dass die zuständigen Behörden die Entwicklungen bei den besten verfügbaren Techniken verfolgen oder darüber informiert sind.

Zielsetzungen des Dokuments

Entsprechend Artikel 16 Absatz 2 der Richtlinie hat die Kommission „einen Informationsaustausch zwischen den Mitgliedstaaten und der betroffenen Industrie über die besten verfügbaren Techniken, die damit verbundenen Überwachungsmaßnahmen und die Entwicklungen auf diesem Gebiet" durchzuführen und die Ergebnisse des Informationsaustauschs zu veröffentlichen. Der Zweck des Informationsaustauschs ist unter Erwägung 25 der Richtlinie erläutert, in der es heißt: „Die Entwicklung und der Austausch von Informationen auf Gemeinschaftsebene über die besten verfügbaren Techniken werden dazu beitragen, das Ungleichgewicht auf technologischer Ebene in der Gemeinschaft auszugleichen, die weltweite Verbreitung der in der Gemeinschaft festgesetzten Grenzwerte und der angewandten Techniken zu fördern und die Mitgliedstaaten bei der wirksamen Durchführung dieser Richtlinien zu unterstützen."

Wie aus den Ausführungen des UBA hervorgeht, bietet das BREF einen Handlungsrahmen bei Planung, Errichtung, Instandhaltung und Betrieb von industriellen Kühlsystemen. Es stellt keine verpflichtende Norm dar, die umzusetzen ist. Die Inhalte der fünf Kapitel umfassen:

- allgemeines BVT-Konzept für industrielle Kühlsysteme
- Technologische Gesichtspunkte der verwendeten Kühlsysteme
- Umweltaspekte bei industriellen Kühlsystemen und verwendete Verfahren zur Vermeidung und Verminderung
- beste verfügbare Techniken bei industriellen Kühlsystemen
- Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Die für das vorliegende Buch interessanten Aspekte der Hygienesicherheit durchziehen das gesamte BVT-Konzept. Sie sind aber nur an wenigen Stellen explizit als solche benannt und ausführlicher dargestellt. Überwiegend hebt das Konzept auf die technische Optimierung und dem damit verbundenen effizienten und wirtschaftlichen Betrieb ab, wobei das Thema der Emissionsminderung durchgängig aufgenommen wird. Konkret angesprochen wird das mikrobiologisch-hygienische Risiko in den Kapiteln 3.7.1 sowie 4.10, in denen es um die Verminderung des biologischen Risikos geht.

5.3 Hygieneanforderungen an Planung und Errichtung

Die 42. BImSchV erhebt im Abschnitt 2 zu der Überschrift „Anforderungen an die Errichtung, die Beschaffenheit und den Betrieb" in § 3 *Allgemeine Anforderungen* verschiedene Forderungen, die sich auf Planung, Errichtung, Inbetriebnahme und Betrieb beziehen. Diese sind teilweise grundsätzlicher Natur und bedürfen damit einer Auslegung durch die Verkehrskreise, wie dies z. B. mit den eingangs aufgeführten technischen Regelwerke erfolgt ist. Teilweise sind aber bereits in der Verordnung sehr konkrete Anforderungen formuliert. Sofern es in den technischen Regeln zu widersprüchlichen Forderungen kommt, wird im Text darauf hingewiesen und erläutert.

Im Grundsatz fordert die 42. BImSchV, alle Anlagen im Anwendungsbereich dieser Verordnung so auszulegen und zu errichten, „dass Verunreinigungen des Nutzwassers durch Mikroorganismen, insbesondere Legionellen, nach dem Stand der Technik vermieden werden". Wie im Kapitel 5.1 ausgeführt, sind wir damit bei den hier behandelten technischen Regeln. Die 42. BImSchV wird im § 3 konkreter und erhebt z. B. Forderungen hinsichtlich:

- der eingesetzten Werkstoffe und Betriebsstoffe,
- der Tropfenabscheider,
- möglicher Totzonen mit stagnierendem Kühlwasser,
- der Möglichkeiten der Entleerung des Kühlsystems,
- der Möglichkeiten, dem Kühlsystem Biozide zuzugeben,
- der Vorkehrungen für regelmäßige Kühlwasserüberprüfungen,
- der Vorkehrungen für mikrobiologische Probenahmen,
- der Vorkehrungen für regelmäßige Instandhaltungen.

Im Folgenden finden sich die hygienischen Anforderungen aus den technischen Regelwerken, die diese und weitere Aspekte aus der 42. BImSchV aufgreifen und konkretisieren. Überall dort, wo es Widersprüche zwischen den Anforderungen aus den Regelwerken gibt, wird auf diese hingewiesen. Die Vielzahl von möglichen Anlagentypen im Anwendungsbereich der Verordnung (siehe auch Kapitel 2) bringt häufig spezielle Anforderungen mit sich, auf die hier nicht jeweils individuell eingegangen werden kann. An den Stellen, an denen sich die Anforderungen des technischen Regelwerks ausschließlich auf spezielle Anlagentypen beziehen, wird das angemerkt. Im Weiteren wird in diesem Kapitel auf Hygieneanforderungen an die Konstruktion, die Werkstoffe, die Standortwahl, die Stoffeinträge, die Prozesssteuerung und -überwachung sowie die Wasserbeschaffenheit und sich daraus ableitende Maßnahmen eingegangen. Das Kapitel schließt mit Anforderungen an die Inbetriebnahme.

5.3.1 Hygieneanforderungen an die Konstruktion

Wie bereits im Kapitel 2 beschrieben, gibt es unterschiedliche Typen von Verdunstungskühlanlagen und Kühltürmen. Konstruktiv müssen diese Anlagen alle die notwendigen Voraussetzungen erfüllen, um im jeweiligen Anwendungsfall (Kraftwerk, Kälteanlage, Rechenzentrum etc.) die Prozesswärme an die Umgebungsluft zu übertragen. Das bedingt bestimmte grundsätzliche Merkmale dieser Systeme, die aber deutlich variieren und einen erheblichen Einfluss – im positiven wie negativem Sinne – auf den Eintrag, die Vermehrung und den Austrag von Mikroorganismen haben können. Je nach Wasserbeschaffenheit und Betriebsweise müssen daher bestimmte konstruktive Merkmale mehr oder weniger ausgeprägt vorliegen.

Alle im Kapitel 5.2 vorgestellten technischen Regelwerke stellen Anforderungen an konstruktive Merkmale, die für die Hygienesicherheit von Bedeutung sind. Teilweise empfehlen sie auch bestimmte Ausführungsarten. Grundsätzlich halten sie sich aber hinsichtlich der Konkretisierung der konstruktiven Merkmale deutlich zurück, da technische Regelwerke die Freiräume für möglichst viele Lösungsansätze nicht einschränken sollten. Gleichzeitig soll vermieden werden, dass bestehende Lösungsansätze und damit Anlagentypen bestimmter Hersteller bevorzugt hervorgehoben werden. Naturgemäß liegen aktuell unterschiedlich gut geeignete konstruktive Ansätze von Herstellern vor, die dem Ziel der Hygienesicherheit dienen.

Am umfangreichsten führt die VDI 2047 mit den Blättern 2 und 3 die hygienisch-konstruktiven Anforderungen aus. Diese entsprechen im Wesentlichen auch den Forderungen der 42. BImSchV, werden aber im Detail an vielen Stellen deutlich konkreter. So findet sich in der VDI 2047 z. B. die Anforderung an die Konstruktion, dass alle Anlagenkomponenten auch im Rahmen des bestimmungsgemäßen Betriebs zugänglich sein müssen – auch bei eingebautem Füllkörper oder Wärmeüberträger. Diese Forderung zielt darauf ab, dass regelmäßige Instandhaltungsmaßnahmen, welche die Reinigung und Desinfektion einschließen, ohne großen Aufwand möglich sind. Je weniger zugänglich die Anlage mit ihren Komponenten ist, desto kostenintensiver sind diese Maßnahmen. Das wiederum führt dazu, dass diese Maßnahmen häufig im Betrieb reduziert oder auch ganz unterlassen werden. Außerdem ermöglicht die gute Zugänglichkeit auch ein schnelles Eingreifen, was speziell im Fall der Überschreitung der Prüf- oder Maßnahmenwerte für Legionellen erforderlich ist. Das betrifft sowohl die Inspektion zur Ursachenklärung als auch die Umsetzung der Maßnahmen, wie gezielte Reinigung oder Desinfektion. In vielen Fällen hat man es hier mit einer Gradwanderung zwischen dem Ziel der optimalen Zugänglichkeit und den technisch-funktionalen sowie den wirtschaftlichen Anforderungen zu tun. So lässt sich der Lamellenabstand am Tropfenabscheider nur bedingt erweitern, ohne seine Funktion einzuschränken. Ähnliches gilt für Einbauten wie Rieselkörper. Bei solchen Komponenten ist es daher notwendig, die Konstruktion so zu wählen, dass gegebenenfalls ein einfacherer Ausbau möglich ist. In der aktuellen Praxis lässt sich das bei vielen Anlagen leider nicht gewährleisten, was dann eine komplette Revision der Anlage erfordern kann. Während die Zugänglichkeit von Verdunstungskühlanlagen kleinerer Bauart bei bestehenden Anlagen häufig am mangelnden Platz scheitert, liegt das Problem bei Kühltürmen aufgrund der Größe und Anordnung der Komponenten primär in der Erreichbarkeit ohne zusätzliche Hilfsmittel.

Bild 5.1: Die eingeschränkte Zugänglichkeit von VKA erhöht das Hygienerisiko (Bild: DMT).

Bild 5.2: Optimierte Zugänglichkeit reduziert die Wartungszeiten und erlaubt aussagefähige Inspektionsergebnisse (Bild: Gohl)

Eine weitere zentrale Anforderung, die sich sowohl in der 42. BImSchV als auch allen hier behandelten technischen Regelwerken findet, ist die Vermeidung der Stagnation von Kühlwasser. Das gilt nur für das Wasser, das sich als Nutzwasser nicht in geschlossenen Kreisläufen befindet. Die Forderung betrifft sowohl das Wasser in der Wanne von Verdunstungskühlanlagen als auch in den Kühlturmtassen und darüber hinaus auch die Komponenten im wasserführenden System, wie Rohrleitungen, Verteiltröge oder Pumpen. Gemäß VDI 2047 Blatt 3 müssen solche Komponenten selbstentleerend sein. In der VDI 2047 Blatt 2 und der VDMA 24649 wird davon gesprochen, dass diese z. B. bei Bedarf möglichst vollständig entleert werden. Damit wird eine weniger anspruchsvolle Forderung erhoben, da eine vollständige Entleerung des kompletten Systems den Errichter in der Regel vor besondere Herausforderungen stellt, weil auch alle Rohrleitungen und Pumpen vollständig entleert werden müssten. Der Grund, weshalb solche Totzonen zu vermeiden sind, liegt in dem vermehrten mikrobiologischen Wachstum in diesen Bereichen. Die Ursachen sind einerseits in den oft guten Wachstumsbedingungen (Temperatur, Nährstoffe etc.), der Nicht-Durchströmung mit Biozid und andererseits in der ausreichenden Zeit für die Vermehrung von Mikroorganismen zu sehen. Derartige Bereiche sind nicht selten die Quelle für die weitere mikrobielle Kontamination des gesamten Systems.

Bild 5.3: In der Wasseraufbreitung kommt es bei Überdimensionierung oder eingebauten Bypässen schnell zur Stagnation des Kühlwassers (Bild: DMT)

Mit der Reduktion des Tropfenauswurfs aus Verdunstungskühlanlagen und Kühltürmen liegt eine Forderung vor, die sowohl in der 42. BImSchV als auch den technischen Regelwerken Eingang gefunden hat. Ziel ist es, den Austrag von Mikroorganismen, speziell Legionellen, auf diesem Weg möglichst weitgehend zu reduzieren. Auf diese Weise ließe sich selbst bei hoch belastetem Nutzwasser das Risiko eines Legionellenausbruchs minimieren. Sowohl die 42. BImSchV als auch die VDI 2047 fordern dazu den Einsatz geeigneter Tropfenabscheider oder gleichwertiger Maßnahmen. Konkreter werden die Anforderungen dort nicht. Es gibt leider auch keine Verweise auf andere Regelwerke. Im BVT-Papier für industrielle Kühlsysteme werden die Anforderungen konkretisiert und eine Begrenzung des Tropfenaustrags auf weniger als 0,01 % des Umlaufstroms festgelegt. Mit der VDI 3679 Blatt 3 „Nassabscheider, Tropfenabscheider“ liegt ein Regelwerk vor, welches Anforderungen und Beurteilungskriterien für Tropfenabscheider beschreibt. Es macht daher für den Auftraggeber einer Anlage Sinn, sich vom jeweiligen Anlagenhersteller oder -errichter die Eignung des Tropfenabscheiders bestätigen zu lassen und gegebenenfalls auch Prüfnachweise einzufordern.

Inwieweit die Reduktion des Tropfenaustrags gelingt, hängt aber nicht nur von konstruktiven Merkmalen, sondern auch von der Betriebsweise ab. Nicht zuletzt ist auch der Instandhaltungszustand maßgeblich verantwortlich dafür, ob z. B. die Wirkung des Tropfenabscheiders gegeben ist. Wichtig ist daneben die maximale Luftgeschwindigkeit. Diese muss niedriger sein

als die Durchrissgeschwindigkeit der Tropfenabscheider, ab der die Kühlwasseraerosole nicht mehr abgeschieden werden und in die Umgebung emittieren würden, wobei das erhöhte Risiko besteht, auch Legionellen auszutragen. Ferner ist zu beachten, dass der Tropfenabscheider über die gesamte Fortluftfläche wirksam ist. Wie bei anderen Abscheidern auch ist daher auf eine entsprechende Passung des Tropfenabscheiders im Gehäuse der VKA oder dem Kühlturm zu achten. Da eine Verschmutzung und die damit verbundenen Oberflächenbeläge auf dem Tropfenabscheider dessen Abscheidewirkung reduzieren, soll dieser zu Reinigungstätigkeiten möglichst einfach demontierbar sein. Um diese Instandhaltungsaufwände zu minimieren, ist auch hier die Wasserqualität entsprechend einzustellen. Tropfenabscheider müssen außerdem mechanisch und thermisch belastbar sein, ohne direkt ihre Wirkung einzubüßen.

Bild 5.4: Die Wirkung von Tropfenabscheidern hängt maßgeblich auch vom Wartungszustand ab (Bild: DMT)

In Abhängigkeit von Bauart und Standort der Verdunstungskühlanlage oder des Kühlturms kommen konstruktiven Vorkehrungen gegen einen Stoffeintrag und das Eindringen von Licht einer erheblichen Bedeutung zu. Zu starker Lichteinfall fördert das Wachstum von Mikroorganismen, vornehmlich Algen, was in der Folge zu einem relevanten Biomasseanstieg im Kühlsystem führen kann. Damit verbundene weitere biologische Prozesse können anschließend ein massives Auftreten von hygienisch relevanten Mikroorganismen mit sich bringen. Bei einer starken Zunahme von Biofilmbelägen unter solchen Bedingungen nimmt gleichzeitig auch die Wirtschaftlichkeit aufgrund schlechterer Wärmeübergänge ab. Hinzu kommt das Risiko von verstärkter mikrobiell induzierter Korrosion. Ähnliches gilt für einen übermäßigen Eintrag von organischem Material. Die VDI 2047 und die VDMA 24649 fordern daher bei Bedarf den Einbau von Schutzgittern, Luftfiltern, Blenden oder Jalousien. Wann dieser „Bedarf“ vorliegt, z. B. ab welcher Lichtstärke in den Anlagen dies notwendig ist, wird nicht beschrieben. Im Fall von Stoffeinträgen wie Laub oder organischem Staub sollte möglichst die Quelle selbst beseitigt werden. Der Einbau von Filtern ist nicht nur mit einem erhöhten Instandhaltungsaufwand verbunden, sondern führt bei VKA auch zu einem höheren Energieverbrauch.

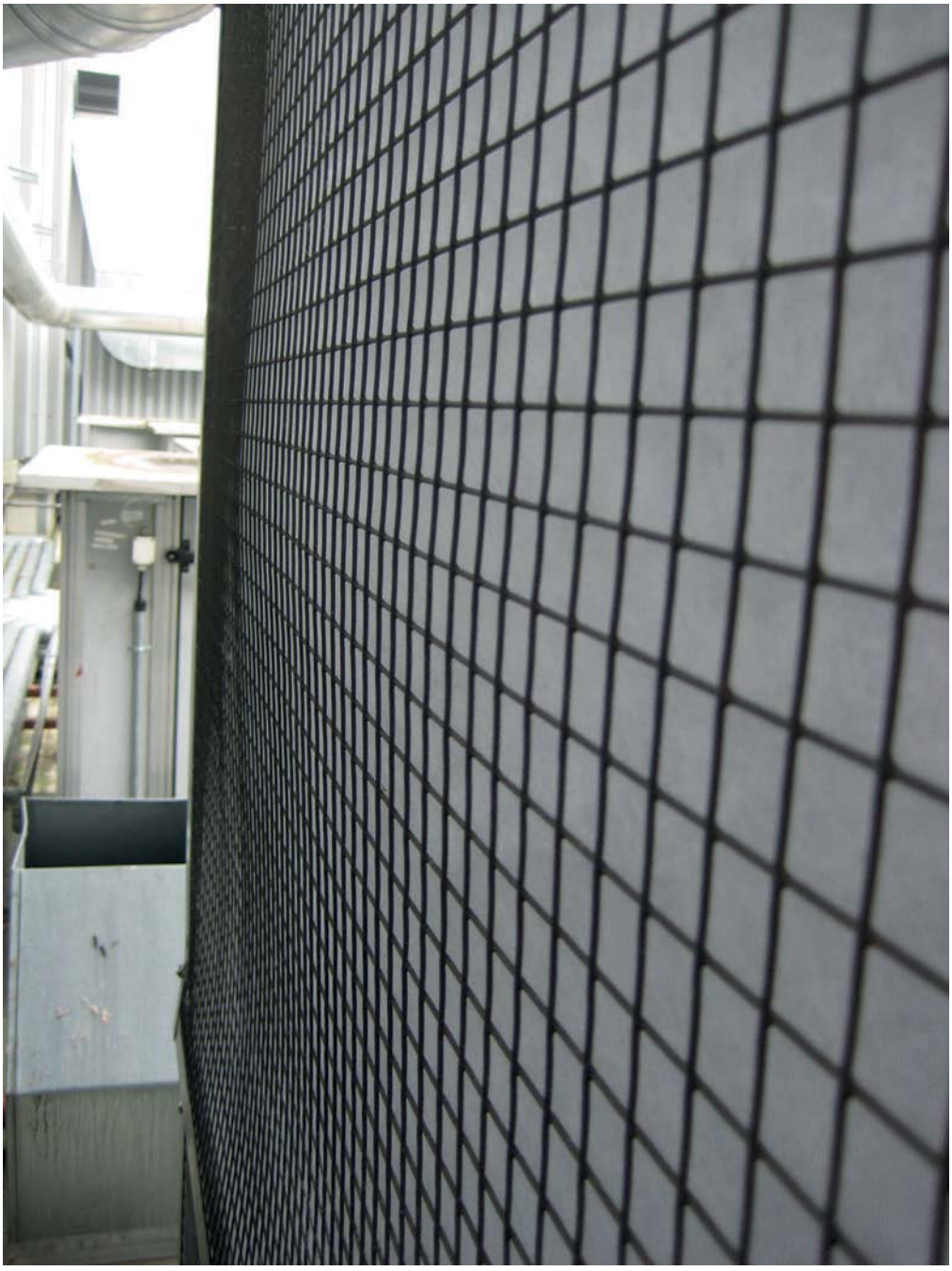

Bild 5.5: Schutzgitter und Filter reduzieren den Stoffeintrag in den Nutzwasserkreislauf und somit das Hygienerisiko (Bild: DMT)