

## Legionellen: Historie und Bedeutung

Legionellen sind stäbchenförmige Bakterien, die weltweit in Süßwasser vorkommen. Erstmals nachgewiesen wurden Legionellen im Jahr 1977 in Zusammenhang mit einer Epidemie unter Besuchern eines Veteranen-Treffens der "American Legion" in Philadelphia, USA. Damals starben 29 Menschen, wobei insgesamt 180 Infizierte registriert wurden.

Charakteristisches Merkmal einer Legionellen-Infektion ist die Ausbildung einer atypischen Lungenentzündung ("Legionellen-Pneumonie", Legionärskrankheit).

Im Lauf der Zeit konnten zahlreiche Epidemien mit Legionellen in Verbindung gebracht werden (siehe Tab. 1). Neben der Legionärskrankheit sind Legionellen auch die Verursacher des "Pontiac-Fiebers", welches grippeähnliche Symptome hervorruft und auch unbehandelt innerhalb von wenigen Tagen ausheilt.

**Tab. 1:** Weltweite Ausbrüche der Legionärskrankheit im Zusammenhang mit Verdunstungskühlanlagen (nach VDI 4250-2).

Jahr	Stadt (Land)	Ausbruchsdauer (Tage)	Erkrankte	Todesfälle
1999/2000	Alcoy (Spanien)	487	177	11
2003/2004	Pas-de-Calais (Frankreich)	92	86	18
2005	Sarpsborg (Norwegen)	14	56	10
2006	Amsterdam (Niederlande)	25	31	3
2010	Ulm (Deutschland)	15	64	5
2012	Edinburgh (Großbritannien)	38	50	2
2013	Warstein (Deutschland)	29	160	2
2014	Vila Franca de Xira (Frankreich)	42	334	10

## Legionellen-Pneumonie

Die durch Legionellen verursachte, atypische Lungenentzündung zeichnet sich durch folgende Symptome aus:

- Trockener Husten
- Kopf- und Gliederschmerzen
- hohes Fieber

Dabei unterscheidet die atypische Lungenentzündung von der typischen Form, das die Symptome diffuser und weniger stark ausgeprägt sind. Die Inkubationszeit beträgt 2 - 10 Tage.

Unbehandelt wird eine Letalität von 15 % bei gesunden Menschen angegeben, auffällig ist eine Häufung von Erkrankungen bei älteren Menschen, Rauchern und Männern. Bei Menschen mit einer Immunschwäche oder bestehenden Herz- und Lungenerkrankungen beträgt die Letalität bis zu 71 %. Eine mehrwöchige Antibiotika-Therapie ist nötig, um die Infektion zu bekämpfen. Dabei fallen erhebliche Kosten an, die im Zweifel auf den Verursacher der Epidemie umgelegt werden können. Die Infektion erfolgt durch die Inhalation von Legionellen, z.B. beim Duschen mit kontaminiertem Wasser, oder durch die Verbreitung in der Atmosphäre durch Aerosole. Eine Übertragung von Mensch zu Mensch konnte bislang nicht nachgewiesen werden.

## Amöben als Wirt

Eine Besonderheit im Lebenszyklus der Legionellen ist deren Vermehrung als Endoparasiten in Amöben. Nach der Aufnahme von Legionellen kommt es dabei zu einer Vermehrung innerhalb der Amöben. Dabei können mehrere hundert neue Legionellen-Zellen entstehen, die am Ende frei werden und somit im Kühlwasser nachweisbar sind. Durch die intrazelluläre Vermehrung sind die Legionellen weitestgehend vor äußeren Einflüssen wie UV-Strahlung oder Bioziden geschützt. Auch der kulturelle Nachweis kann erst dann erfolgreich durchgeführt werden, wenn die Legionellen freigesetzt werden. Diese Faktoren sind Argumente, warum eine permanente Überwachung des Kühlwassers durch die 42. BImSchV und die VDI 2047-2 gefordert wird.

## Biofilm und Kühlturmhygiene

Die Funktion eines Kühlturms basiert auf dem Entzug von Wärme des Kreislaufwassers durch einen meist künstlich erzeugten Luftstrom. Dies bedingt zumeist einen Aufstellort außerhalb von Gebäuden, um diese Voraussetzungen zu gewährleisten. Dadurch ist eine Verdunstungskühlanlage stets den äußeren Umweltbedingungen ausgesetzt. Durch den Eintrag von organischem Material wie z.B. Laub, Pollen und tierischen Bestandteilen werden dem, im Verhältnis zur Umwelt, meist warmen Kreislaufwasser permanent Nährstoffe zugeführt, welche für Mikroorganismen, wie Bakterien oder Amöben, eine ideale Lebensgrundlage bieten. So kann sich im Lauf der Zeit in der gesamten Anlage ein "Biofilm" bilden. Von einem Biofilm redet man, wenn sich bereits spürbar Beläge in den Wasserführenden Bereichen der Verdunstungskühlanlage gebildet haben. Der Biofilm besteht aus verschiedensten Mikroorganismen, welche durch Ausscheidungen eine Schleimschicht bilden. In dieser Schicht sind die Mikroorganismen vor äußeren Einflüssen weitestgehend geschützt. Durch synergistische Effekte finden die Mikroorganismen sehr gute Wachstumsbedingungen vor, durch die schützende Wirkung des Biofilms ist die

Wirkung von Gegenmaßnahmen zudem herabgesetzt. Diese Faktoren begünstigen im weiteren Verlauf die

fortschreitende Kontamination des gesamten Kühlsystems und machen eine Sanierung kosten- und zeitaufwendig.

Das Ziel beim hygienischen Betrieb einer Verdunstungskühlanlage bzw. der gesamten Rückkühlanlage, sollte daher sein, die Biofilm-Bildung von vornherein und permanent zu verhindern. Neben dem Einsatz geeigneter chemischer oder physikalischer Methoden, sind deshalb auch regelmäßige Wartungen und Instandhaltungen notwendig, die spätestens mit der Einführung der 42. BImSchV auch zwingend von den Betreibern gefordert werden.

### Desinfektionsmethoden: Vor- und Nachteile

Vorbeugende Maßnahmen sollen eine unkontrollierte Vermehrung von Mikroorganismen, und damit auch Legionellen, im Kühlsystem verhindern. Es existiert eine Vielzahl von Möglichkeiten, die den Betreiber zu der Frage drängt, welche Methode die am besten geeignete ist. Im folgenden soll daher auf die unterschiedlichen Verfahren und deren Vor- und Nachteile eingegangen werden.

### Biozide

= "Antimikrobielle Substanz, die in verschiedenen Bereichen des menschlichen Lebens eingesetzt wird, um mikrobielles Wachstum zu verhindern, zu hemmen oder zu entfernen"

Tab. 2: Vor- und Nachteile verschiedener eingesetzter Biozide.

Biozid	Vorteile	Nachteile	
<b>• nicht oxidativ:</b>			bakterizid und algizid
quaternäre Ammoniumsalze (Multi-Biozid 10)	bis pH 14 wirksam	evtl. Neigung zu Schaumbildung	
Isothiazolinone	stabil in hartem Wasser	lange Einwirkzeit notwendig	
Glutardialdehyd		geringe Halbwertszeit	
<b>• oxidativ:</b>			nur in hohen Konzentrationen algizid
Chlordioxid	hohe Wirksamkeit lange Depotwirkung keine pH-Wert-Abhängigkeit	Herstellung vor Ort notwendig Chemikalien vergleichsweise teuer	
Ozon	stärkstes bekanntes Desinfektionsmittel Sauerstoff ist Abbauprodukt	sehr aufwendig, muss vor Ort erzeugt werden hoher Energiebedarf geringe Depotwirkung	
Wasserstoffperoxid	geringere Korrosivität im Vergleich mit anderen oxidativen Bioziden	Wirkung nimmt mit zunehmendem pH-Wert ab	
Chlor/Hypochlorit	hohe Wirksamkeit gegen Algen und Sporen	geringe Wirkung gegen Biofilme Gefahr der AOX-Bildung	

Neben den chemischen Verfahren können auch physikalische Methoden eingesetzt werden um die Mikrobiologie unter Kontrolle zu halten. So ist die Bestrahlung mit UV-Licht möglich. UV-C-Licht wirkt gegen alle Organismen im Kühlwasser, allerdings ist die Bestrahlung nur lokal begrenzt und kann somit nicht das gesamte System gleichmäßig schützen. Zudem reduziert eine Trübung des Kühlwassers die Effektivität des Verfahrens.

Eine weitere Möglichkeit besteht im Einsatz von Katalysatoren. Die katalytische Wasserbehandlung bewirkt eine Zerstörung der mikrobiellen Biofilme und damit verbunden eine Erzeugung von Tensiden, welche das Kühlsystem zudem reinigen. Häufig kann dadurch eine konventionelle Biozid-Dosierung vermieden werden.

### **Legionellen: Nachweis im Kühlwasser**

Mit Inkrafttreten der 42. BImSchV müssen alle davon betroffenen Verdunstungskühlanlagen in Deutschland regelmäßig überprüft werden. Als zentraler Parameter wird dabei die Legionellen-Konzentration im Kühlwasser untersucht. Die Probenahme vor Ort darf dabei nur von einem zertifizierten Probenehmer durchgeführt werden, der von einem akkreditierten Labor zugelassen sein muss (nach ISO 11731; DIN EN ISO 11731-2; DIN EN ISO/IEC 17025). Der Zeitpunkt der Probenahme sollte den Normalbetrieb der Anlage widerspiegeln (z.B. kein Stillstand) und die letzte Biozid-Dosierung sollte möglichst lang zurückliegen.

Die Analyse der Kühlwasserproben erfolgt auf Basis der Empfehlung des Umwelt-Bundesamts (UBA) vom Juni 2017. Der Nachweis und die Quantifizierung wird dabei durch die kulturelle Anzucht der Legionellen auf speziellen Nährböden durchgeführt. Ein Problem bereitet die, unter Umständen, hohe Menge an begleitenden Mikroorganismen, die eine aufwendige Probenvorbereitung und Mehrfachansätze bedingen. Dies ist ein entscheidender Unterschied zur Analyse von Trinkwasserproben und schlägt sich somit auch im Preis pro Probenanalyse nieder.

Im Ergebnis erhält man die Anzahl der Legionellen im Kühlwasser, was als "Koloniebildende Einheiten" (KBE) je 100 ml Probenvolumen definiert wird. Die 42. BImSchV führt dazu verschiedene Prüf- bzw. Maßnahmenwerte ein, die bei Überschreitungen zu weiteren Betreiberpflichten führen.

### **Die Allgemeine Koloniezahl**

Neben den Legionellen wird ein weiterer Parameter bestimmt, die sogenannte "Allgemeine Koloniezahl". Dieser Wert spiegelt die gesamte Mikrobiologie im Kühlwasser wieder und dient zur Überwachung des mikrobiologischen "Normalzustands". Bei einer extremen Vervielfachung der allgemeinen Koloniezahl muss der Betreiber auch hier Maßnahmen einleiten, um die Anzahl der Mikroorganismen im Kühlwasser zu reduzieren und den Normalzustand wiederherzustellen.