

Legionellen im Abwasser, in Fließgewässern und im Kühlwasser – Erkenntnisse aus dem nordrhein-westfälischen Untersuchungsprogramm

Dr. Barbara Dericks, Dr. Susanne Grobe, Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV), Duisburg

1 Einleitung

Legionellen sind Bakterien, die in der aquatischen Umwelt ubiquitär vorkommen. Sie sind dort in der Regel nur in geringer Konzentration vertreten und stellen lediglich einen untergeordneten Teil der Bakterienpopulation dar (z. B. Borella et al. 2005, WHO 2007). Legionellen können beim Menschen Erkrankungen hervorrufen. Die schwer verlaufende Form der Legionellen-Infektion mit Lungenentzündung, die Legionärskrankheit, kann zum Tode führen. Die Letalität (Verhältnis der Todesfälle zur Anzahl der Erkrankten) beträgt im europäischen Mittel 10 % (Maisa et al. 2015). Obgleich Legionellen natürlicher Bestandteil von Süßwasser-Habitaten sind und sie häufig aus natürlichen Gewässern isoliert werden, haben diese Vorkommen normalerweise keine direkte Übertragung von Legionellen auf den Menschen zur Folge (mögliche Ausnahme: natürliche Thermalquellen mit Aerosolbildung). Zur Erkrankung des Menschen durch Legionellen kommt es hauptsächlich durch Inhalation Legionellen-haltiger Aerosole aus wasserführenden technischen Systemen, wie Verdunstungskühlanlagen, Springbrunnen, Duschen, Whirlpools (z. B. Mercante & Winchell 2015), welche bei nicht hygienegrechtem Betrieb Legionellen günstige Wachstumsbedingungen bieten können.

Anlass für das Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV), Untersuchungen zum Vorkommen von Legionellen in Abwasser und Oberflächenwasser in NRW durchzuführen, war der Legionellose-Ausbruch in Warstein (Kreis Soest). Im Stadtgebiet Warsteins kam es im August und September 2013 zum massenhaften Auftreten schwerer durch Legionellen verursachter Lungenentzündungen. 159 Krankheitsfälle wurden bekannt. Zahlreiche Personen mussten intensivmedizinisch betreut werden; zwei Patienten verstarben.

Der krankheitsverursachende Epidemiestamm wurde in zwei, mehrere Kilometer voneinander entfernten, Verdunstungskühlanlagen nachgewiesen. Die tatsächliche Quelle für die Erkrankungen konnte im Nachhinein jedoch nicht eindeutig identifiziert werden. Eine Besonderheit bei diesem Ausbruch war, dass auch in Abwasser und im Fließgewässer, in das das gereinigte Abwasser eingeleitet wurde, eine ausgedehnte Kontamination mit Legionellen festgestellt wurde. Das derart belastete Oberflächenwasser war ohne Aufbereitung unter anderem für den Betrieb einer Verdunstungskühlanlage verwendet worden. Die Relevanz solch Legionellen-belasteter Abwässer war in dieser Form für die Fachwelt neu.

Als Abwasser wird Wasser bezeichnet, das durch den Gebrauch des Menschen verschmutzt bzw. in seinen Eigenschaften oder seiner Zusammensetzung verändert

wurde. Bevor es in ein Gewässer eingeleitet und dem natürlichen Kreislauf wieder zugeführt wird, muss es gesammelt und in einer Kläranlage gereinigt werden. Betriebliches Abwasser von Gewerbe- und Industriebetrieben wird entweder zur Mitbehandlung einer öffentlichen Kläranlage zugeleitet (Indirekteinleitung) oder auf dem Betriebsgelände behandelt und direkt einem Gewässer zugeführt (Direkteinleitung). Auch aufgeheiztes Wasser aus Kühlanlagen zählt als Abwasser. Das nicht oder nur schwach belastete Abwasser aus Kühlanlagen wird meist direkt in ein Gewässer eingeleitet. Als relevantes Abwasser für das Wachstum von Legionellen wird insbesondere solches gewerbliches bzw. industrielles Abwasser angesehen, welches regelmäßig Temperaturen von ≥ 23 °C aufweist und in dem bestimmte Substrate für eine Begünstigung des Legionellenwachstums vorliegen.

Der Tatsache, dass Verdunstungskühlanlagen, Kühltürme und Nassabscheider unter bestimmten Bedingungen legionellenhaltige Wassertröpfchen (Aerosole) emittieren können, die beim Einatmen bei Menschen zu schweren Lungenentzündungen sogar mit Todesfolge führen können, trägt nun auch die Zweiundvierzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Verdunstungskühlanlagen, Kühltürme und Nassabscheider - 42. BImSchV) Rechnung. Die am 19. August 2017 in Kraft getretene Verordnung dient der bundeseinheitlichen Anwendung des Standes der Technik sowie der Umsetzung technischer und organisatorischer Pflichten bei der Errichtung und dem Betrieb von Verdunstungskühlanlagen, Kühltürmen und Nassabscheidern, um Gefahren zu verhindern sowie die Auswirkungen dennoch eintretender nicht ordnungsgemäßer Betriebszustände zu mindern.

2 Bewertungssysteme für Legionellen-Befunde

Wie oben ausgeführt, kommen Legionellen natürlich in der aquatischen Umwelt in geringen, in der Regel hygienisch nicht relevanten Konzentrationen vor. Auch im Trinkwasser können Legionellen enthalten sein. Mit einem Eintrag von Legionellen in wasserführende technische Anlagen muss daher gerechnet werden. Bieten solche Anlagen Legionellen günstige Wachstumsbedingungen, kann es zu einer starken Vermehrung der Legionellen kommen. Findet eine Freisetzung und Verbreitung Legionellen-haltiger Aerosole aus solchen kontaminierten Anlagen statt, stellt dies ein potentiellies Legionellose-Infektionsrisiko dar.

2.1 Wasser für den menschlichen Gebrauch, Schwimm- und Badebeckenwasser

Für Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasser) sowie für Schwimm- und Badebeckenwasser wurden daher auch bereits auf Basis des Infektionsschutzgesetzes § 37 rechtliche Regelungen zur Vermeidung/Minimierung eines Infektionsrisikos durch u. a. Legionellen getroffen.

Hierzu wurde in der Trinkwasserverordnung für Legionellen, als spezieller Indikatorparameter für (bestimmte) Anlagen der Trinkwasser-Installation, ein sog. technischer Maßnahmenwert von 100 (KBE)/100 ml eingeführt. Bei Überschreitung des techni-

schen Maßnahmenwertes für Legionellen im Trinkwasser ist diese dem Gesundheitsamt unverzüglich anzuzeigen und auch unterhalb der Schwelle der sofortigen Gefahrenabwehr (Gefahrenabwehr bei Messwerten > 10.000 KBE/100 ml) sind zeitnah Maßnahmen zu ergreifen, um die Besorgnis einer Gesundheitsgefährdung gemäß § 5 TrinkwV auszuräumen (UBA 2012-12).

Im Bereich Hygieneanforderungen an Bäder muss in Becken, die eine Wassertemperatur von über 23 °C aufweisen und in denen Aerosole entstehen können, auf Legionellen untersucht werden (UBA 2014). Da es keine Schwimm- und Badewasserbeckenverordnung gibt, orientieren sich die Gesundheitsämter bei ihrem amtlichen Überwachungsauftrag an den in der DIN 19643 „Aufbereitung von Schwimm- und Badebeckenwasser“ und in der genannten UBA-Empfehlung festgelegten Anforderungen. Für Legionellen ist ein Maßnahmenwert von 1 KBE/100 ml festgelegt. Bei Überschreitung werden gestaffelte Maßnahmen empfohlen; wobei für Legionellenkonzentrationen > 10.000 KBE/100 ml und Legionellen-Nachweis im Filtrat eine sofortige Nutzungsuntersagung empfohlen wird.

2.2 Kläranlagenabläufe, Gewässer mit Entnahmen

Eine Bewertung von Legionellen-Befunden in Gewässer- bzw. Abwasserproben hingegen wurde erst aufgrund der Erkenntnisse aus der Analyse des Ausbruchsgeschehens in Warstein erforderlich. Die Relevanz ergab sich hierbei daraus, dass eine ausgedehnte Kontamination von Abwässern und Fließgewässern mit Legionellen festgestellt wurde; wobei das so belastete Flusswasser ohne Aufbereitung für den Betrieb einer Verdunstungskühlanlage verwendet wurde.

Die vom Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MKULNV) einberufene Expertenkommission (April 2014 bis März 2015) hat, in Analogie zu bereits bestehenden Bewertungssystemen für Legionellen-Befunde, Maßnahmenwerte für Gewässer bzw. Kläranlagenabläufe erarbeitet. Wobei einer Gewässer- bzw. Abwasser-Belastung mit Legionellen, ebenso wie beim Trinkwasser und beim Schwimm- und Badebeckenwasser, nur dann Bedeutung zukommt, wenn direkt oder indirekt, durch Entnahme für technische Systeme, Legionellen-haltige Aerosole freigesetzt werden.

Demnach werden im Bericht der Expertenkommission u. a. Maßnahmenwerte empfohlen für

- Kläranlagenabläufe als Vorsorgemaßnahme für den Fall, dass Flusswasser nach der Einleitung für Rückkühlzwecke oder andere Zwecke mit Aerosolbildung verwendet wird.
- Entnahmen aus dem Gewässer für Verdunstungskühlanlagen und für andere aerosolbildende technische Systeme.

Maßnahmenwerte bzw. Bewertungsbereiche für Kläranlagenablaufproben

„grün“: < 1.000 KBE Legionellen/100 ml

⇒ Kein Handlungsbedarf

„gelb“: ≥ 1.000 bis < 10.000 KBE Legionellen/100 ml

⇒ Information der Betreiber und Nutzer sowie Bestimmung der Spezies und Serogruppe mittels Latex-Test; es muss eine weitergehende Untersuchung der einzelnen Aufbereitungsstufen innerhalb der Kläranlage sowie der Zuflüsse zur Kläranlage durchgeführt werden

„rot“: ≥ 10.000 KBE Legionellen/100 ml

⇒ Maßnahmen zur Minderung und Überprüfung der Konzentration im Gewässer, ggf. Entnahmeverbot

Maßnahmenwerte bzw. Bewertungsbereiche für Gewässerproben

„grün“: < 100 KBE Legionellen/100 ml

⇒ Keine Maßnahmen

„gelb“: 100 bis < 1.000 KBE Legionellen/100 ml

⇒ Wiederholung der Untersuchung und bei Bestätigung des Ergebnisses Aufbereitung des Rohwassers ggf. unter Zugabe eines chemischen Desinfektionsmittels oder UV-Desinfektion

„orange“: 1.000 bis < 10.000 KBE Legionellen/100 ml

⇒

- Zwingende Desinfektion vor Befüllung
- Prüfung, inwieweit eine alternative Quelle verwendet werden kann
- Wiederholung der Untersuchung mit Bestimmung der Serogruppe
- Meldung an die zuständige Behörde
- Weitergehende Abklärung seitens der Behörde, ob Gewässer in anderen Bereichen kontaminiert sind (z. B. Badegewässer)
- Einholung einer hygienisch-medizinischen Bewertung
- Ursachenabklärung für erhöhte Konzentrationen

„rot“: ≥ 10.000 KBE Legionellen/100 ml

⇒ Sofortmaßnahmen nach Absprache zwischen MKULNV und den zuständigen Wasserbehörden

2.3 Kühlwasser

Nachdem bereits Vorgaben in Form technischer Regeln (wie die Richtlinien VDI 2047 Blatt 2 bzw. VDI 3679 Blatt 1), mit Maßnahmenwerten für Legionellen-Befunde im Kühlwasser bzw. Waschwasser, existierten, liegen seit Inkrafttreten der 42. BImSchV (am 19. August 2017) nun auch gesetzliche Vorgaben vor. Die 42. BImSchV legt Prüfwerte und Maßnahmenwerte für die Konzentration von Legionellen im Nutzwasser, von unter den Anwendungsbereich der Verordnung fallenden Anlagen, fest. Nach Art der Anlage handelt es sich dabei um Legionellen-Konzentrationen in Höhe von 100, 1.000 und 10.000 KBE/100 ml (Verdunstungskühlanlagen, Nassabscheider) bzw. 500, 5.000 und 50.000 KBE/100 ml (Kühltürme). Ein Überschreiten der Werte führt zu verschiedenen Maßnahmen in Form von Betreiberpflichten.

3 Legionellen-Untersuchungen des LANUV – Umfang und Ergebnisse

In Folge des Legionellose-Ausbruchs in Warstein wurde zur Klärung der Frage, ob auch bei weiteren Kläranlagen ein besonderes Risiko für das Auftreten hoher Legionellen-Belastungen besteht, eine erste landesweite Sonderüberprüfung bautechnisch gleicher oder ähnlicher Kläranlagen wie in Warstein bzw. solcher mit Abwassertemperaturen um 25-30 °C durchgeführt. Es zeigte sich, dass in Nordrhein-Westfalen kein generelles Legionellenproblem in kommunalen Kläranlagen besteht und scheinbar die Abwasserzusammensetzung und -temperatur von entscheidender Bedeutung für die Vermehrung von Legionellen ist. Die Kläranlage, welche bei dieser Sonderüberprüfung die höchsten Legionellen-Befunde aufwies, behandelt, ebenso wie die Kläranlage Warstein, nährstoffreiches, warmes Brauereiabwasser (Indirekteinleiter). Auf Basis dieser neuen Erkenntnisse wurde eine zweite landesweite Sonderprüfung kommunaler Kläranlagen und Anlagen industrieller Direkt- und Indirekteinleiter mit einem mutmaßlichen Potential für eine starke Vermehrung von Legionellen veranlasst. Als Risikoanlagen wurden solche ausgewählt, die Legionellen wachstumsbegünstigende Bedingungen aufgrund nährstoffreicher Substrate (u. a. hohe Proteingehalte) sowie erhöhter Temperaturen (≥ 23 °C) bieten. Basierend auf diesen stichprobenartigen Untersuchungen, wurden vom LANUV mehrere Messprogramme geplant und durchgeführt.

Ausgewählt wurden für die verschiedenen Messprogramme, in Absprache mit den zuständigen Behörden, insgesamt

- 35 kommunale Kläranlagen, i. d. R. mit einer Messstelle, sowie
- 49 industrielle Direkteinleiter, z. T. mit mehreren Messstellen.

In der Regel wurden zunächst nur die direkten Abläufe der Anlagen ins Gewässer untersucht. Als Untersuchungsmethode diente grundsätzlich der kulturelle Legionellen-Nachweis (ISO 11731). Bei Nachweis erhöhter Legionellen-Konzentrationen in den Ablaufproben, wurden anlassbezogen Untersuchungen an Messstellen innerhalb der Anlagen, bei Indirekteinleitern, welche in die untersuchten kommunalen Kläranlagen einleiten, oder im Gewässer durchgeführt.

3.1 Kommunale Kläranlagen

Bei den kommunalen Kläranlagen war das Kriterium für die Auswahl hauptsächlich potentiell relevante Indirekteinleiter. Zum Teil wurden andere Auswahlkriterien herangezogen; eine Übersicht bietet Tabelle 1. Der Tabelle sind des Weiteren die jeweilige Gesamt-Anzahl untersuchter Ablauf-Proben sowie die Anzahl an Proben mit Legionellen-Befund in den verschiedenen Bewertungsbereichen (grün, gelb, rot) bzw. kleiner Nachweisgrenze (< NG) zu entnehmen.

Bei den 35 untersuchten kommunalen Kläranlagen wurde bei drei Anlagen (9 % der Anlagen) in Ablauf-Proben Legionellen-Befunde im roten Bewertungsbereich (≥ 10.000 KBE/100 ml) nachgewiesen (in Tabelle 1 fett hervorgehoben). Zusätzlich wurde bei drei weiteren Kläranlagen Legionellen-Befunde im gelben Bewertungsbe-

reich (≥ 1.000 bis < 10.000 KBE/100 ml) festgestellt (d. h. 17 % der Anlagen mit Befunden im gelben Bereich). 83 % der untersuchten kommunalen Kläranlagen zeigten hingegen nur Legionellen-Befunde im grünen Bewertungsbereich (< 1.000 KBE/100 ml) oder kleiner Nachweisgrenze. Wobei die Nachweisgrenze bei der überwiegenden Mehrheit der Proben (rund 80 %) um 100 KBE/100 ml lag.

Die kommunalen Kläranlagen mit Legionellen-Konzentrationen in Ablauf-Proben im roten Bewertungsbereich wurden alle drei aufgrund potentiell relevanter Indirekteinleiter (hohe organische Fracht z. T. aus Lebensmittelindustrie und Papierindustrie; Nahrungs- oder Verpackungsmittelproduktion, Abwasseranteil Lebensmittelbetriebe > 20 %; Brauerei) sowie aufgrund hoher Abwassertemperaturen für die Untersuchung ausgewählt.

3.2 Industrielle Direkteinleiter

In Tabelle 2 sind die industriellen Direkteinleiter, welche in den Messprogrammen auf Legionellen untersucht wurden, aufgelistet. Der Tabelle sind Angaben zum Betrieb bzw. der Branche, der der Betrieb zuzurechnen ist, den Auswahlkriterien, der Art des untersuchten Abwassers (Produktionsabwasser und/oder Kühlwasserabflutung) und die jeweilige Gesamt-Anzahl untersuchter Ablauf-Proben sowie die Anzahl an Proben mit Legionellen-Befund in den verschiedenen Bewertungsbereichen (grün, gelb, rot) bzw. kleiner Nachweisgrenze ($< NG$) zu entnehmen.

Bei den untersuchten Abwasserbehandlungsanlagen von 49 industriellen Direkteinleitern wurden bei 13 Betrieben (27 %) Legionellen-Konzentrationen im roten Bewertungsbereich in Ablauf-Proben nachgewiesen (in Tabelle 2 fett hervorgehoben). Hierbei handelte es sich um:

- zwei Betriebe der Fleischwirtschaft (Anhang 10 AbwV)
- zwei Brauereien (Anhang 11 AbwV)
- zwei Betriebe der Zuckerherstellung (Anhang 18 AbwV)
- einen Betrieb der Herstellung pharmazeutischer Wirkstoffe (u. a. Anhang 22 AbwV)
- einen Chemiapark (u. a. Anhänge 22, 37 und 51 AbwV)
- zwei Betriebe der Herstellung von Papier und Pappe (u. a. Anhang 28 AbwV)
- ein Kraftwerk (u. a. Anhang 31 AbwV)
- eine Erdölraffinerie (u. a. Anhänge 31, 36 und 45 AbwV)
- einen Betrieb zur Herstellung von Mattierungsmitteln (Anhänge 31 und 37 AbwV)

Bei zehn weiteren Betrieben wurden vereinzelt Legionellen-Befunde im gelben Bewertungsbereich festgestellt. Bei 26 der 49 untersuchten Betriebe (53 %) wurden hingegen nur unauffällige Legionellen-Befunde ermittelt.

Tabelle 1: Kommunale Kläranlagen mit Auswahlkriterien sowie jeweils Anzahl Proben insges. bzw. mit Legionellen-Befund im jeweiligen Bewertungsbereich.

NG, Nachweisgrenze

Nr. kom KA	Auswahlkriterium ggf. relevante Indirekteinleiter	andere Auswahlkriterien	Anzahl Proben	Anzahl Proben mit Legionellen-Befund			
				<NG	grün	gelb	rot
1	Abwasseranteil Lebensmittelbetriebe >20%	-	7	6	1	0	0
2	-	erhöhter Legionellen-Befund (Selbstüberwachung)	10	7	3	0	0
3	-	Flusskläranlage (Abwasseranteil aus Direkteinleitung Fleischwirtschaft)	2	1	0	1	0
4	Fleischverarbeitung; rd. 4% Abwasser-Anteil in KA	-	6	6	0	0	0
5	Brauerei	-	10	4	6	0	0
6	-	hohe Abwassertemperatur	10	10	0	0	0
7	hohe organische Fracht z.T. aus Lebensmittel- u. Papierindustrie	hohe Abwassertemperatur	62	17	12	15	18
8	Brauerei	-	10	9	1	0	0
9	-	erhöhter Legionellen-Befund (Selbstüberwachung)	3	3	0	0	0
10	Lebensmittelbetrieb	hohe Abwassertemperatur	17	12	4	1	0
11	Nahrungs- oder Verpackungs- mittelproduktion; Abwasseranteil Lebensmittelbetriebe >20%	hohe Abwassertemperatur	46	32	9	2	3
12	Großbäckerei	-	7	7	0	0	0
13	Brauerei	-	10	10	0	0	0
14	Milchverarbeitung	-	10	10	0	0	0
15	Milchverarbeitung	-	10	7	3	0	0
16	Brauerei	-	10	7	3	0	0
17	Fleischverarbeitung; rd. 17 % Abwasser-Anteil in KA	-	6	6	0	0	0
18	Milchverarbeitung	-	1	1	0	0	0
19	Herstellung von Papier und Pappe	-	1	0	1	0	0
20	Brauereien	-	9	8	1	0	0
21	Brauerei	hohe Abwassertemperatur	70	33	24	10	3
22	Beseitigung tierischer Nebenprodukte	-	5	5	0	0	0
23	Milchverarbeitung	-	10	6	4	0	0
24	Brauerei	-	10	9	1	0	0
25	Lebensmittelbetrieb, Milchverarbeitung	-	9	6	3	0	0
26	Brauerei	-	11	11	0	0	0
27	Herstellung von Papier und Pappe	hohe Abwassertemperatur	12	8	4	0	0
28	Schlachtbetrieb	hohe Abwassertemperatur	10	10	0	0	0
29	Fleisch-/ Fisch-/ Lebensmittelverarb., rd. 8% Abwasseranteil in KA	-	6	6	0	0	0
30	-	Tropfkörperanlage	3	2	1	0	0
31	Schlachthof, Fleischverarbeitung	-	6	4	2	0	0
32	Lebensmittelbetrieb (Speiseeis)	-	9	6	3	0	0
33	Brauerei, Fleischwirtschaft, Zuckerherstellung	-	10	10	0	0	0
34	Lederherstellung, Mineralölunternehmen	-	3	2	1	0	0
35	Brauerei	-	29	26	1	2	0

Tabelle 2: Industrielle Direkteinleiter mit Auswahlkriterien sowie jeweils Anzahl Proben insges. bzw. mit Legionellen-Befund im jeweiligen Bewertungsbereich.

NG, Nachweisgrenze; PA, Produktionsabwasser; KW, Kühlwasserabflutung

Nr.	Betrieb	Kriterien für Auswahl	Ab- lauf	Anzahl Proben	Anzahl Proben mit Legionellen-Befund			
					<NG	grün	gelb	rot
1	Milchwerk	Milchverarbeitung	PA	11	7	4	0	0
2	Veredelung von Lebens- mitteln	Milchverarbeitung	PA	11	10	1	0	0
3	Saatgutaufbereitung	Ölsaatenaufbereitung, Speisefett- und Speiseölraffination	PA	10	10	0	0	0
4	Industriepark	Abwasser auch aus dem Bereich der Nahrungsmittelherstellung	PA	2	2	0	0	0
5	Herstellung fruchthaltige Getränke	Direkteinleiter Anhang 31, andere Anhänge der AbwV, (biol.) Abwas- serbehandlung, warmes Abwasser	PA	6	5	1	0	0
6	Herstellung von Knab- bergeback	Kartoffelverarbeitung, Zuckerher- stellung	PA	8	8	0	0	0
7	Fleischwarenfabrik	Fleischwirtschaft	PA KW	18	8	1	4	5
8	Aufbereitung von Schlachtnebenprodukten	Fleischwirtschaft	PA	10	10	0	0	0
9	Schlachthof	Fleischwirtschaft	PA	10	10	0	0	0
10	Fleischverarbeitung	Fleischwirtschaft	PA	18	3	4	2	9
11	Brauerei	Brauerei	PA	9	9	0	0	0
12	Brauerei	Brauerei	PA	19	11	0	7	1
13	Brauerei	Brauerei	PA	18	7	5	5	1
14	Herstellung von frischer Backhefe	Herstellung von Backhefe	PA	8	7	0	1	0
15	Gelatineproduktion	Herstellung von Hautleim, Gelatine und Knochenleim	PA	10	8	2	0	0
16	Zuckerfabrik	Zuckerherstellung	PA	9	5	2	0	2
17	Zuckerfabrik	Zuckerherstellung	PA	10	1	4	5	0
18	Zuckerfabrik	Zuckerherstellung	PA	20	10	2	3	5
19 a	Zuckerfabrik	Zuckerherstellung	KW	12	5	5	2	0
19 b	Zuckerfabrik	Zuckerherstellung	PA	8	6	2	0	0
20	Fleischmehlfabrik	Verarbeitung tierischer Nebenpro- dukte	PA	1	1	0	0	0
21	Verarbeitung von Kno- chen, Fetten und Schwarten	Verarbeitung tierischer Nebenpro- dukte	PA	9	5	4	0	0

Fortsetzung Tabelle 2

NG, Nachweisgrenze; PA, Produktionsabwasser; KW, Kühlwasserabflutung

Nr.	Betrieb	Kriterien für Auswahl	Ab- lauf	Anzahl Proben	Anzahl Proben mit Legionellen-Befund			
					<NG	grün	gelb	rot
22	Industrielle Kläranlage Chemiepark	Direkteinleiter Anhang 31, andere Anhänge der AbwV, (biol.) Abwas- serbehandlung, warmes Abwasser	PA	9	8	0	1	0
23	Herstellung pharma- zeutischer Wirkstoffe	Direkteinleiter Anhang 31, andere Anhänge der AbwV, (biol.) Abwas- serbehandlung, warmes Abwasser	PA	3	0	0	0	3
24 a	Chemiepark	Direkteinleiter Anhang 31, andere Anhänge der AbwV, (biol.) Abwas- serbehandlung, warmes Abwasser	PA	7	3	0	2	2
24 b	Chemiepark	Direkteinleiter Anhang 31, andere Anhänge der AbwV, (biol.) Abwas- serbehandlung, warmes Abwasser	PA KW	7	3	4	0	0
25 a	Chemiepark	Sonderprobe wg. Überschreitung Maßnahmenwert nach 42. BImSchV	PA	1	1	0	0	0
25 b	Chemiepark	Sonderprobe wg. Überschreitung Maßnahmenwert nach 42. BImSchV	PA KW	1	0	1	0	0
26 a	Chemiepark, Umsetzung von petrochemischen Rohstoffen	Herstellung von Kohlenwasserstof- fen; Gewässer, in das eingeleitet wird	PA	6	4	2	0	0
26 b	Chemiepark, Umsetzung von petrochemischen Rohstoffen	Herstellung von Kohlenwasserstof- fen, Gewässer (in das eingeleitet wird)	PA	6	6	0	0	0
27	Chemieproduktion	Direkteinleiter Anhang 31, andere Anhänge der AbwV, (biol.) Abwas- serbehandlung, warmes Abwasser	PA KW	9	7	2	0	0
28	Herstellung von Chemi- kalien für die Pharmain- dustrie	hohe Abwassertemperatur	PA	15	13	1	1	0
29	Herstellung von Koch- und Backpapieren	Herstellung von Papier und Pappe	KW	2	2	0	0	0
30	Herstellung von Tissue- Hygieneprodukten	Herstellung von Papier und Pappe	KW	2	2	0	0	0
31	Herstellung gestriche- ner Spezialpapiere	Herstellung von Papier und Pappe	PA	26	1	2	22	1
32	Herstellung gestrichener Druckpapiere und Holz- faserstoffe	Herstellung von Papier und Pappe	PA	16	10	5	1	0
33	Herstellung von Spezi- alpapieren	Herstellung von Papier und Pappe	KW	2	2	0	0	0
34	Herstellung von Well- pappenrohpapieren	Herstellung von Papier und Pappe	KW	1	0	1	0	0

Fortsetzung Tabelle 2

NG, Nachweisgrenze; PA, Produktionsabwasser; KW, Kühlwasserabflutung

Nr.	Betrieb	Kriterien für Auswahl	Ab- lauf	Anzahl Proben	Anzahl Proben mit Legionellen-Befund			
					<NG	grün	gelb	rot
35	Herstellung von Hygiene- papieren	Herstellung von Papier und Pappe	PA	4	1	3	0	0
36a	Papierfabrik	Herstellung von Papier und Pappe	KW	3	1	2	0	0
36b	Papierfabrik	Herstellung von Papier und Pappe	KW	2	1	0	1	0
37	Herstellung von Hygiene- papieren	Herstellung von Papier und Pappe	PA	14	4	4	5	1
38	Herstellung von Spezialpa- pieren und -kartons	Herstellung von Papier und Pappe	PA	1	1	0	0	0
39	Betrieb Abwasserbeseiti- gung	Gewässer (in das eingeleitet wird)	PA KW	1	0	0	1	0
40a	Kraftwerk	Direkteinleiter Anhang 31, andere Anhänge der AbwV, (biol.) Abwas- serbehandlung, warmes Abwasser	KW	1	0	0	1	0
40b	Kraftwerk	Direkteinleiter Anhang 31, andere Anhänge der AbwV, (biol.) Abwas- serbehandlung, warmes Abwasser	KW	1	0	0	1	0
41	Kraftwerk	Gewässer (in das eingeleitet wird)	KW	3	0	0	2	1
42	Kraftwerk	Kühlturmanlagen, hohe Abwasser- temperatur	KW	1	0	1	0	0
43	Kraftwerk	Kühlturmanlagen, hohe Abwasser- temperatur	KW	8	0	4	4	0
44	Kraftwerk	Gewässer (in das eingeleitet wird)	KW	1	0	0	1	0
45	Herstellung von Polyole- finen	Direkteinleiter Anhang 31, andere Anhänge der AbwV, (biol.) Abwas- serbehandlung, warmes Abwasser	PA	10	1	9	0	0
46	Erdölraffinerie	Verdunstungskühlanlagen, hohe Abwassertemperatur	PA KW	46	2	17	16	11
47	Erdölraffinerie	Verdunstungskühlanlagen, hohe Abwassertemperatur	PA KW	3	0	3	0	0
48	Herstellung von Mattie- rungsmitteln	hohe Abwassertemperatur, er- höhte Legionellen-Befunde im Kühlwasser	PA KW	50	5	13	13	19
49a	Herstellung von oleochemi- schen Produkten	organ. Abwasserfracht, Verduns- tungskühlanlagen	KW	3	1	2	0	0
49b	Herstellung von oleochemi- schen Produkten	organ. Abwasserfracht, Verduns- tungskühlanlagen	KW	3	2	1	0	0
49c	Herstellung von oleochemi- schen Produkten	organ. Abwasserfracht, Verduns- tungskühlanlagen	PA	3	0	3	0	0

3.3 Verdunstungskühlanlagen und Kühltürme

Neben den oben dargestellten Legionellen-Untersuchungen im Bereich Abwasser, wurden, im Auftrag der zuständigen Behörden, vom LANUV auch Kühlwasser-Proben auf Legionellen untersucht. Hierbei handelte es sich um Proben aus 18 Verdunstungskühlanlagen bzw. fünf Kühltürmen, bei insgesamt neun Betrieben. Überschreitungen der Maßnahmenwerte nach 42. BImSchV wurden bei fünf von 23 Anlagen (22 %) bei insgesamt vier Betrieben ermittelt. Hierbei handelt es sich um jeweils eine Verdunstungskühlanlage eines Betriebs der Milchverarbeitung und zweier Erdölraffinerien sowie jeweils einen Kühlturm eines Kraftwerks sowie einer Erdölraffinerie. Überschreitungen des Prüfwerts 1 bzw. des Prüfwerts 2 wurden zusätzlich bei zehn bzw. sieben Anlagen festgestellt.

3.4 Industrielle Indirekteinleiter und Messstellen innerhalb von Kläranlagen

Aufgrund erhöhter Legionellen-Befunde in Ablauf-Proben von Kläranlagen wurden zum einen Indirekteinleiter von kommunalen Kläranlagen und zum anderen verschiedene Messstellen innerhalb von Kläranlagen auf Legionellen untersucht.

Untersucht wurden, von 8 kommunalen Kläranlagen, 19 Indirekteinleiter folgender Branchen:

- Brauereien (2 Betriebe)
- Herstellung von Papier und Pappe (7 Betriebe)
- Chemische Industrie (4 Betriebe)
- Lebensmittelherstellung (Milchverarbeitung und Getränkeherstellung, Herstellung von Süßwaren, Fleischprodukten, Fruchtzubereitungen; 4 Betriebe)
- Metallherstellung (2 Betriebe)

Auffällig hohe Befunde, mit Legionellen-Konzentrationen im ein- bis dreistelligen Millionenbereich (in KBE/100 ml), wurden dabei bei zwei Betrieben der Herstellung von Papier und Pappe (in zwei bzw. zwölf Proben) sowie bei zwei Betrieben der Lebensmittelherstellung (Milchverarbeitung und Getränkeherstellung bzw. Herstellung von Fruchtzubereitungen; in einer bzw. zwei Proben) festgestellt. Darüber hinaus wurde bei einer der Brauereien in einer Probe eine Legionellen-Konzentration in Höhe von 900.000 KBE/100 ml nachgewiesen. Die restlichen Befunde waren deutlich niedriger oder lagen kleiner Nachweisgrenze. Die Nachweisgrenze kann bei Indirekteinleiter-Proben, welche sich häufig durch komplexe Probenmatrices mit ausgeprägter Begleitflora (Mikroorganismen, die den kulturellen Nachweis von Legionellen stören) auszeichnen, allerdings zum Teil sehr hoch sein (bis zu 500.000 KBE/100 ml).

Bei sechs Abwasserreinigungsanlagen von industriellen Direkteinleitern wurden, aufgrund erhöhter Legionellen-Befunde am Ablauf der Anlagen, auch an Messstellen innerhalb der Anlagen Proben entnommen und diese auf Legionellen untersucht, um Erkenntnisse zu gewinnen über die Quelle bzw. Verteilung der Legionellen-Belastung innerhalb der Anlage. Innerhalb der sechs Anlagen wurden eine bis 13 zusätzliche

Messstelle(n) untersucht; insgesamt 200 Proben von 35 Messstellen. Bei den Anlagen handelte es sich um eine Brauerei, zwei Zuckerfabriken, zwei Betriebe zur Herstellung von Papier und Pappe sowie eine Erdölraffinerie. In der Mehrheit der Proben, insbesondere von Messstellen im Bereich der Zuläufe bzw. Belebungsbecken der Anlagen, konnten jedoch keine Legionellen nachgewiesen werden. Aufgrund der Störanfälligkeit des kulturellen Legionellen-Nachweisverfahrens gegenüber anderen in der Probe enthaltenen Mikroorganismen (Begleitflora) ist die Methode für Rohabwassertmatrices nur bedingt geeignet.

3.5 Gewässerproben

Gewässerproben wurden vorwiegend anlassbezogen untersucht – bei nachgewiesenen erhöhten Legionellen-Konzentrationen in Abwassereinleitungen, zur Überprüfung der Legionellen-Konzentration im Gewässer oberhalb und unterhalb der Einleitung. Hierzu wurden insgesamt 305 Gewässerproben auf Legionellen untersucht.

Die Proben stammten aus sieben Gewässern oberhalb und unterhalb der Einleitungen von drei kommunalen Kläranlagen (zwei mit Brauereien, eine mit Betrieben der Herstellung von Papier und Pappe als Indirekteinleiter; Gewässer: Wiehl und Ferndorfbach, Rur) bzw. fünf industriellen Direkteinleitern (eine Brauerei, jeweils ein Betrieb der Fleischwirtschaft bzw. Chemischen Industrie sowie zwei Betriebe der Herstellung von Papier und Pappe; Gewässer: Nethe, Lippe, Lenne und Diemel). In der Mehrheit der Fälle wurden die Proben unmittelbar oberhalb und unterhalb der Einleitung entnommen; in drei Fällen wurden auch noch Proben im weiteren Gewässerverlauf (bis etwa 5 km bzw. 10 km unterhalb der Einleitung; ausnahmsweise auch einmalig bis etwa 20 km bzw. 50 km unterhalb) entnommen.

Im Rahmen dieser anlassbezogenen Untersuchung von Gewässerproben auf Legionellen wurden stark erhöhte Legionellen-Konzentrationen (im roten Bewertungsbereich, d. h. ≥ 10.000 KBE/100 ml) einmalig bis zu etwa 5 km unterhalb der Einleitung einer kommunalen Kläranlage (mit einer Brauerei als Indirekteinleiter; Gewässer: Ferndorfbach) bzw. mehrmals bis zu etwa 6 km unterhalb der Einleitung einer anderen kommunalen Kläranlage (mit Betrieben der Herstellung von Papier und Pappe als Indirekteinleiter; Gewässer: Rur) nachgewiesen.

Daneben wurden 28 Proben an sechs Messstellen aus einem Gewässer (Lippe) nicht anlassbezogen (d. h. unabhängig von erhöhten Befunden in Abwassereinleitungen) entnommen und auf Legionellen untersucht. Hierbei ergaben sich keine auffälligen Befunde.

4 Ringversuche „Legionellen in Abwasser und Kühlwasser“

Grundlage für die Bewertung von Legionellen-Konzentrationen in Abwasser bzw. Kühlwasser ist eine reproduzierbare und unter verschiedenen Laboratorien vergleichbare Analytik. Die erfolgreiche Teilnahme an Ringversuchen für diesen Parameter in den genannten Matrices stellt dabei einen Baustein einer qualitätsorientierten Analytik nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018-03 dar.

Abwässer und Kühlwässer können, im Vergleich zu Trinkwasser, bei der Analyse auf den Parameter *Legionella* spp. Herausforderungen an die Untersuchungslaboratorien stellen. Neben der Fragestellung zur Homogenität der Proben, ist insbesondere der Einfluss interferierender Mikroorganismen, häufig auch als Begleitflora bezeichnet, auf den Nachweis von Legionellen von Bedeutung (Abbildung 1). Das zum zielgerichteten Einsatz kommende Untersuchungsverfahren gestaltet sich, im Vergleich zur Untersuchung von Trinkwasser, als deutlich aufwendiger (parallele Verwendung verschiedener Vorbehandlungen, ggf. Verdünnungen, erhöhter Aufwand bei der Auswertung), um valide Ergebnisse erzielen zu können.



Abbildung 1: Beispielhafte Darstellung möglicher Begleitflora auf GVPc-Agarplatten

Mit der Veröffentlichung der ISO 11731:2017-05 „Water quality - Enumeration of *Legionella*“ sowie der Veröffentlichung der „Empfehlung des Umweltbundesamtes zur Probenahme und zum Nachweis von Legionellen in Verdunstungskühlanlagen, Kühltürmen und Nassabscheidern“ wurde ein einheitliches Vorgehen für Analytik, Auswertung und Ergebnisangabe erarbeitet.

Die, im Rahmen der Messprogramme und den in 2017 und 2018 durch das LANUV durchgeführten Ringversuche „Legionellen in Abwasser“ sowie „Legionellen in Kühlwasser“, gewonnenen Erfahrungen zeigten, dass der Nachweis von Legionellen, in komplexen, mikrobiell stark bzw. extrem stark belasteten Wässern, Herausforderungen an die kulturelle Analytik stellt. Die strikte Einhaltung der genannten Norm und Vorgaben der Empfehlung führen jedoch zu reproduzierbaren und validen Ergebnissen. In 2017 schlossen 68 % der 65 Teilnehmer des Ringversuches „Legionellen in Abwasser“ erfolgreich ab. In 2018 zeigten die zwei Ringversuche für „Legionellen in Kühlwasser“ (116 bzw. 111 Teilnehmer) eine erfolgreiche Teilnahme von 80 % bzw. 82 % der beteiligten Laboratorien, wobei die ermittelten relativen Soll-Standardabweichungen mit denen von Ringversuchen in der Matrix Trinkwasser größenordnungsmäßig vergleichbar waren. Eine abgestimmte Analytik führt daher auch bei komplexen und schwierig zu bearbeitenden Matrices zu vergleichbaren und reproduzierbaren Ergebnissen.

5 Fazit

Die Legionellen-Untersuchungen und Ringversuche des LANUV erbrachten folgende Ergebnisse/ Erkenntnisse:

- Bei rund 9 % bzw. 17 % der untersuchten kommunalen Kläranlagen (3 bzw. 6 von 35) wurden stark erhöhte (≥ 10.000 KBE/100 ml) bzw. erhöhte Legionellen-Konzentrationen (≥ 1.000 KBE/100 ml) in Ablauf-Proben nachgewiesen.
- Die zur Quellensuche durchgeführten Untersuchungen von Abwasserproben von Indirekteinleitern ergaben zum Teil hohe bis sehr hohe Legionellen-Befunde (bis zu 125 Mio. KBE/100 ml). Der kulturelle Nachweis von Legionellen ist jedoch, aufgrund der Störanfälligkeit gegenüber anderen in der Probe enthaltenen Mikroorganismen und der damit verbundenen Problematik hoher Nachweisgrenzen bei stark mikrobiell belasteten Proben, zur Quellensuche im Abwasserpfad bei Indirekteinleitern bzw. im Zulauf von kommunalen Kläranlagen nur bedingt geeignet.
- Bei rund 27 % bzw. 45 % der untersuchten Anlagen industrieller Direkteinleiter (13 bzw. 22 von 49) wurden stark erhöhte (≥ 10.000 KBE/100 ml) bzw. erhöhte Legionellen-Konzentrationen (≥ 1.000 KBE/100 ml) in Ablauf-Proben ermittelt.
- Bei anlassbezogenen Untersuchungen von Gewässerproben (bei nachgewiesenen erhöhten Legionellen-Konzentrationen in Abwassereinleitungen, zur Überprüfung der Legionellen-Konzentration im Gewässer) wurden stark erhöhte Legionellen-Konzentrationen (≥ 10.000 KBE /100 ml) einmalig bis zu etwa 5 km unterhalb der Einleitung einer kommunalen Kläranlage (mit einer Brauerei als Indirekteinleiter; Gewässer: Ferndorfbach) bzw. mehrmals bis zu etwa 6 km unterhalb der Einleitung einer anderen kommunalen Kläranlage (mit Betrieben der Herstellung von Papier und Pappe als Indirekteinleiter; Gewässer: Rur) nachgewiesen.
- Die Ergebnisse der Ringversuche „Legionellen in Abwasser“ sowie „Legionellen in Kühlwasser“ zeigten, dass unter strikter Einhaltung einer standardisierten Vorgehensweise eine reproduzierbare und gute Vergleichbarkeit der Ergebnisse zwischen verschiedenen Laboratorien gewährleistet werden kann.
- Künftig soll das Methodenspektrum zum Nachweis von *Legionella* spp. erweitert werden, um insbesondere bei Proben mit umfangreicher mikrobieller Begleitflora belastbare Aussagen erzielen zu können.

Literatur

Borella, P., Guerrier, E., Marchesi, I., Bondi, M., Messi, P. (2005): Water ecology of Legionella and protozoan: environmental and public health perspectives. Biotechnology Annual Review 11, 355-380.

DIN EN ISO/IEC 17025:2018-03: Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrationslaboratorien. Beuth Verlag

ISO 11731:2017-05: Water quality - Enumeration of Legionella. Beuth Verlag

Maisa, A., Brockmann, A., Renken, F., Lück, C., Pleischl, S., Exner, M., Danileshaardt, I., Jurke, A. (2015): Epidemiological investigation and case-control study: a Legionnaires' disease outbreak associated with cooling towers in Warstein, Germany, August-September 2013. Eurosurveillance Vol. 20, Issue 46, 19 November 2015.

Mercante, J.W., Winchell, J.M. (2015): Current and Emerging Legionella Diagnostics for Laboratory and Outbreak Investigations. Clinical Microbiology Reviews 28, 95-133.

UBA (2012): Empfehlung des Umweltbundesamtes: Empfehlungen für die Durchführung einer Gefährdungsanalyse gemäß Trinkwasserverordnung; Maßnahmen bei Überschreitung des technischen Maßnahmenwertes für Legionellen. 14. Dezember 2012.

UBA (2014): Empfehlung des Umweltbundesamtes: Hygieneanforderungen an Bäder und deren Überwachung. Bundesgesundheitsbl 2014 · 57:258–279.

WHO (2007): Legionella and the prevention of legionellosis. Chapter 2 Ecology and environmental sources of Legionella. World Health Organization.

Anschrift des Verfassers / der Verfasserin:

Dr. Barbara Dericks, Dr. Susanne Grobe

Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW

Wuhanstraße 6

47051 Duisburg

E-Mail: barbara.dericks@lanuv.nrw.de; susanne.grobe@lanuv.nrw.de