

Der Einsatz von Chlordioxid zur Vermeidung der Legionärskrankheit

M.J.Turvey

Ashland Chemicals

Drew Industrial Division

Somercotes,

Derbyshire DE55 4 LR, UK

Zusammenfassung

Die Risikominimierung der Legionärskrankheit - eine potentiell tödliche Form der Lungenentzündung – wird immer mehr durch die Gesetzgebung gesteuert, da das Ausbrechen dieser Krankheit auf der ganzen Welt immer wieder eine sehr starke Resonanz in der Öffentlichkeit hatte. Chlordioxid ist sowohl in den britischen Richtlinien, als auch in anderen Studien als wirksames Biozid gegen Legionellen anerkannt.

Die Gründe dafür liegen in der Bedeutung von Biofilmen beim Legionellenwachstum und der hervorragenden Wirksamkeit von Chlordioxid beim Abbau von Biofilmen.

1. Einführung

Nach größeren Ausbrüchen in Großbritannien und USA hatte die Legionärskrankheit viele Jahre einen hohen Bekanntheitsgrad in diesen Ländern. Der kürzliche Ausbruch der Krankheit in Holland hat das Bewusstsein für dieses Problem in ganz Europa geschärft. Diese Veröffentlichung beschäftigt sich mit der Entwicklung der Bakterien, die diese Krankheit verursachen, wie diese übertragen wird und mit den hauptsächlichen Risikobereichen. Die Behandlung von Wassersystemen zur Reduzierung des Risikos der Legionärskrankheit erfordert üblicherweise nicht-oxidierende Biozide oder Desinfektionsmittel wie Chlor oder Brom, jedoch erlauben die Eigenschaften von Chlordioxid den Einsatz einer wirksamen Alternative. Dies wird gestützt durch Fallbeispiele, in denen Chlordioxid zur Risikominimierung in verschiedenen Wassersystemen eingesetzt wurde und die Untersuchungen darüber, warum Chlordioxid in diesen Anwendungen besonders wirksam ist.

2. Legionärskrankheit

Die Legionärskrankheit ist eine potentiell tödliche Form der Lungenentzündung. Anfangssymptome sind Fieber, Kopfschmerzen, Muskelschmerzen, ein trockener Husten und Atembeschwerden. Einige Patienten neigen auch zu Diarrhöe und Übelkeit und phantasieren. Man kann sich durch Einatmen von Wassertropfen anstecken, die mit den Krankheit verursachenden Bakterien infiziert sind. Man nimmt an, dass nur 1 von 100 Personen, die einer Infektionsquelle ausgesetzt sind, sich tatsächlich mit der Krankheit infiziert, wobei von diesen Fällen ungefähr 12 % tödlich verlaufen, abhängig von der Disposition der Betroffenen. In Krankenhäusern oder Altersheimen z. B. sind mehr Personen gefährdet, aufgrund von Alter oder Krankheit.

Das erste Mal wurde die Krankheit 1976 durch einen Ausbruch in den USA bei einer Tagung der Amerikanischen Legion bekannt. 221 Menschen, die an der Tagung teilnahmen oder im Hotel arbeiteten, bekamen die Legionärskrankheit und 34 starben. Die Ursache des Krankheitsausbruchs wurde zurückgeführt auf die Klimaanlage und das Bakterium wurde schließlich isoliert und „Legionella pneumophila“ genannt. Obwohl dies das erste Mal war, dass das Bakterium identifiziert wurde, ist es doch kein neues Bakterium; man fand es auch in Fällen, die man für Lungenentzündung hielt und die bis zum Jahr 1943 zurückverfolgt werden können. In Großbritannien kam es 1985 zu einem großen Ausbruch der Krankheit im Krankenhaus von Stafford, bei dem 101 Menschen erkrankten und 28 starben. Die aktuellen englischen Gesetze wurden hauptsächlich infolge eines öffentlichen Aufschreis, nach diesem und anderen Vorfällen, wie dem Ausbruch hervorgerufen durch einen Kühlturm in den Büros der BBC im Zentrum von London, erlassen. Im Frühjahr dieses Jahres wurde über 231 Fälle von Legionärskrankheit und über 20 Todesfälle nach einem Ausbruch der Krankheit in Holland in einer großen Blumenshow in der Nähe von Amsterdam berichtet.

Die Gesamtzahl der Personen, die an dieser Legionärskrankheit erkrankten, ist nicht bekannt. In England wird über jährlich 150 – 200 Fälle berichtet, aber eine Schätzung der tatsächlichen Fälle liegt bei 1.100. Einige Schätzungen allein für die USA gehen von zwischen 10.000 und 15.000 Betroffenen pro Jahr aus.

Dasselbe Bakterium wird auch für den Ausbruch einer nicht tödlichen, Grippe-ähnlichen Erkrankung verantwortlich gemacht, das sogenannte „Pontiac Fieber“. Es gibt verschiedene Theorien über unterschiedliche Virulenz des Bakterienstammes, bzw. den

Ort wo es die Lungen angreift, die zur Erklärung des weniger dramatischen Krankheitsverlaufes herangezogen werden.

3. Das Bakterium, welches die Legionärskrankheit hervorruft

Legionella pneumophila – das Bakterium, das mit über 90 % der Fälle von Legionärskrankheit in Verbindung steht – ist ein stabförmiges Bakterium der *Legionellaceae* Familie. Diese Familie wurde weiter unterteilt in unterschiedliche Serogruppen (üblicherweise 1 – 16) und die Serogruppe 1 ist die am häufigsten vorkommende Krankheitsform in England. Es gibt noch mindestens 37 weitere Spezies der Legionella, die nun bekannt sind, und andere wie *L. micdadei* und *L. feelei* sind ebenfalls mit einer geringen Zahl von Erkrankungen in Verbindung gebracht worden.

Das Legionella Bakterium befindet sich in der Natur in Flüssen, Seen und dem Boden, doch normalerweise in geringer Zahl. Bedingungen, die das Wachstum begünstigen, sind Wassertemperaturen zwischen 20°C und 45°C und eine Nährstoffquelle – besonders andere biologische Substanzen oder Sedimente wie Rost oder Kalkablagerungen.

Wenn wir die das Wachstum der Legionellen begünstigenden Bedingungen und die Möglichkeit, Wassertropfen in zu inhalierender Größe (angeblich zwischen 3 und 5 Mikron) zu produzieren, zusammenbringen wollen, stellen höchstwahrscheinlich folgende Systeme ein Risikopotential dar:

- Wassersysteme in Verbindung mit einem Kühlturm
- Wassersysteme in Verbindung mit einem Verdampfer
- Versorgung mit heißem und kaltem Wasser am Arbeitsplatz, wie Wasserhähne und Duschen, besonders wenn sie aus Lagertanks gespeist werden anstelle direkt aus der Hauptwasserleitung.
- Klimaanlage oder Befeuchtungsanlagen
- Andere Anlagen oder Systeme, die Wasser führen, dessen Temperatur 20°C übersteigen kann und Wasserdampf verbreiten, wenn sie benutzt oder gewartet werden. Beispiele sind Kühlbecken, Kurbäder, Zierspringbrunnen und Farbspritzkabinen.

4. Englische Richtlinien zur Kontrolle der Legionärskrankheit und die Verwendung von Chlordioxid

Die wichtigsten Gesetze in England, die sich mit der Kontrolle der Legionärskrankheit befassen sind das Gesetz für Gesundheit und Sicherheit am Arbeitsplatz von 1974 und die Verordnungen zur Kontrolle von gesundheitsgefährdenden Substanzen von 1988. Unter Absatz 16 dieser Bestimmungen hat die Gesundheitskommission ein Merkblatt herausgegeben, um praktischen Rat in Zusammenhang mit Legionellenrisiken zu geben, welches im Januar 1992 veröffentlicht wurde. Dieses Merkblatt spricht keine technischen Aspekte der Risikokontrolle an, sondern verweist zu diesem Zweck auf eine Broschüre, herausgegeben von der Gesundheitsbehörde unter der Bezeichnung HS(G)70.

Das aktuelle HS(G)70 wurde 1993 überarbeitet und erwähnt Chlordioxid nur in einer Anmerkung unter Absatz 107, in dem Kapitel über „Methoden der Wasseraufbereitung“. In diesem Kapitel werden Biozide befürwortet als ein wesentlicher Bestandteil der Wasserbehandlungsmethoden und die Verwendung von Chlor wird empfohlen, gefolgt von einer Anmerkung, daß andere Biozide wie Brom oder stabilisiertes Chlordioxid und nicht-oxidierende Biozide wirksam sein können, wenn sie richtig angewendet werden. Es ist interessant, daß die Behörde kürzlich ihre Vorschläge zur weiteren Überarbeitung der Richtlinie HS(G)70 veröffentlicht hat, und in diesem Referenzdokument scheint Chlordioxid als Behandlungsmethode eher Akzeptanz zu finden. In Absatz 117 wird Bezug genommen auf eine freie Reserve(?) im Bereich von „0.5 – 1 mg/l Chlor / Chlordioxid“. Es wird ebenfalls eine kontinuierliche Dosierung von oxidierenden Bioziden empfohlen, aber als Stoßdosierung wird empfohlen, daß mindestens 4 Stunden am Tag eine wirksame Konzentration vorliegen sollte. Große Industriesysteme können auch periodisch behandelt werden, basierend auf der Wasserumwälzungsrate, wobei der Zeitraum von den Bedienparametern des Systems abhängt.

Ein weiterer Hinweis auf die Akzeptanz von Chlordioxid als wirksame Methode zur Kontrolle der Legionellose wird im Anhang zu HS(G)70 gegeben, welchen die Behörde 1998 verfasste unter dem Titel „Die Kontrolle der Legionellose in Heiß- und Kaltwassersystemen“. Es gibt einen Abschnitt zu Chlordioxid (Abschnitt 22, 27), in dem zwei Querverweise gemacht werden auf die Wirksamkeit in Wassersystemen bei einer Menge von 0.5 mg/l. Doch diese Richtlinie betont auch die Schwierigkeiten, ein gesamt-oxidierendes Niveau(?) unterhalb der von der Trinkwasseraufsichtsbehörde geforderten 0.5 mg/l aufrecht zu erhalten, besonders bei Systemen mit geringer Wasserumwälzung.

Das Nichteinhalten entweder der Bedingungen des Merkblatts oder der Richtlinie HS(G)70 als solches ist in England nicht strafbar, aber bei Auftreten von Problemen oder einer Vor-Ort-Überprüfung durch die Behörde liegt die Beweislast, daß man die Richtlinien in irgendeiner Weise erfüllt hat, beim Besitzer oder Manager einer Firma.

5. Die Wirksamkeit von Chlordioxid gegen Legionellen

Eine geringe Zahl von Studien hat sich mit der Wirksamkeit von Chlordioxid gegen *Legionella pneumophila* befaßt und alle sind zu dem Schluß gekommen, daß es ein wirksames Biozid zur Risikokontrolle in Wassersystemen ist. Bei Ashland, Drew Industrial Division haben unsere frühen Labortests 1987 zu mit Legionellen versetztem Kühlturmwasser gezeigt, daß eine sehr wirksame Abtötungsrate erzielt wurde bei Gebrauchskonzentrationen von:

	Kontaktzeit (Stunden)		
	0	1	2
freies Chlordioxid	0	1	2
Kontrolle	1.7×10^6	2.4×10^6	7.0×10^5
0.5 mg/l	1.7×10^6	keine gefunden	keine gefunden
1.0 mg/l	1.7×10^6	keine gefunden	keine gefunden

Eine der wichtigsten Studien wurde durch BSRIA durchgeführt, welche die Wirksamkeit von Chlordioxid gegenüber dem Erwärmen von Wasser auf 60°C, wie ursprünglich in der HS(G)70 für Heiß- und Kaltwasserleitungssysteme empfohlen, verglich. Die BSRIA bauten 3 kommerzielle Wasserversorgungssysteme, jedes mit einer Kapazität von 1.350 Litern – vergleichbar dem eines Bürogebäudes mit 50 Personen. Diese Versuchsinselfen wurden mit einer Mischung aus im Wasser gezüchteten Mikroorganismen, einschließlich eines nicht pathogenen Stamms des *Legionella pneumophila*, Serogruppe 1 und der Bakterienpopulation, die man während 8 Wochen vor der Behandlung entstehen ließ, versetzt. Der anschließende 16-tägige Versuch mit Chlordioxid erbrachte laufend positive Ergebnisse, ohne daß planktonförmige Legionellen gefunden worden wären, und eine erhebliche Verminderung aller Bakterien sowohl im Heißwasser- (30 – 35°C) als auch Kaltwasser-System (<20°C). In der Studie wurde daraus geschlossen, daß

Kaltwassersysteme mit 0.1 – 0.2 mg/l ClO₂ und Heißwassersysteme mit bis zu 0.35 mg/l ClO₂ wirksam behandelt werden können.

Ein anderes Beispiel stammt aus einer Studie nach 3 Legionellose-Fällen innerhalb von 3 Monaten durch das Heiß-/Kaltwassersystem in einem Krankenhausneubau. Die Hauptursachen wurden auf konstruktive Mängel zurückgeführt; Speicherung des Kaltwassers über 20°C mit mindestens doppelt soviel Speicherkapazität wie nötig – was zu geringer Durchflußrate, einer Temperaturstratifikation in den Heizschlangen und auf Ölbasis entstandener organischer Verbindungen in den Rohrleitungen führte.

Hyperchlorung war nur kurzfristig wirksam, bevor die Bakterienzahlen wieder auf eine unakzeptable Menge stiegen und Legionella Organismen nachweisbar waren. Nach einer Desinfektion mit Chlordioxid mit 50 – 80 mg/l über einen Zeitraum von 8 Stunden im Speicherbehälter und 1 Stunde an den Wasserhähnen waren keine Legionellen mehr nachweisbar und der Biofilm war drastisch zurückgegangen, wenn auch nicht vollständig entfernt.

Durch seine Chemie ist Chlordioxid die ideale Behandlungsmethode für einige Arten von Kühlsystemen, besonders bei hohem pH-Wert (höher als 8.5) oder bei Verunreinigungen im System. Ashland, Drew Industrial Division, in seiner Tätigkeit als Wasseraufbereitungsfirma, behandelt gegenwärtig mehr als 100 Kühlsysteme in den USA und 10 in England mit Chlordioxid zur Kontrolle der Mikrobiologie. Für große Kühlsysteme empfehlen wir im allgemeinen eher in den Durchfluß (Umwälzmenge) zu dosieren (?) als Rate und Menge zu kombinieren (?), da ca. 50 – 90 % des Chlordioxids im Kühlturm verloren gehen, je nach seinem Wirkungsgrad. Ein typisches Behandlungsschema würde tägliche Chlordioxidzugaben nach sich ziehen, um ein Minimum von 0.5 – 1.0 mg/l freien Chlordioxids für mindestens 1 Stunde zu erzielen. Dies ist oft verbunden mit einer längeren tatsächlichen Behandlungsdauer, wobei eine Reserve von 0.5 ppm erzeugt wird. Abhängig von den Systembedingungen kann eine größere Menge Chlordioxid erforderlich sein; unser Ziel ist es, eine allgemeine Bakterienzahl von 10 pro ml oder weniger zu erzielen, da man allgemein davon ausgeht, daß dies die wirksame Kontrolle des Systems belegt.

Alle behandelten Systeme waren mikrobiologisch gut unter Kontrolle, leider sind nur 3 der Kühlsysteme regelmäßig auf Legionellose getestet worden, da dies gegenwärtig nicht in den Richtlinien gefordert wird. Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Versuch 1: Bohrlochwasser wird kontinuierlich mit 0.2 – 0.5 mg/l. Chlordioxid (freier Rest?) behandelt. Dieses Wasser wird auf 10 Kühltürme verschiedener Größe übertragen, jeder versehen mit einem Chlordioxidgenerator zur 4-stündigen Versorgung pro Tag. Die Chlordioxidkonzentrationen in den Kühltürmen variierten während dieser Zeit und obwohl 0.5 mg/l. angestrebt wurden, konnte der tatsächliche Wert des freien Rests variieren zwischen min. 0.05 mg/l. und max. 3 mg/l. Während der Dosierung beträgt die Bakterienzahl weniger als 10^3 Bakterien pro ml. und außerhalb dieser Zeit wurden Werte von 10^4 oder weniger registriert. Seit 1994 wurden vierteljährlich Legionellenproben genommen. Von 260 Proben, die in dieser Zeit genommen wurden, waren nur 5 positiv bei geringem Niveau (weniger als 10^3 pro Liter, keine war Serogruppe 1), wovon nur 1 aus den letzten 4 Jahren stammt.

Versuch 2: Ein Kühlsystem von 14 m³ mit signifikanten Mengen an organischen Verunreinigungen im Umwälzwasser. Die Kontrolle der Mikrobiologie erfolgt durch Stoßdosierung von 3 x 1 Dosierstoß Chlordioxid pro Tag in Zeitabständen von 8 Stunden. Der Max.wert Chlordioxid wird über ein Redoxsystem auf 0,75 mg/l. gehalten. In der Mikrobiologie sind normalerweise 10^3 Bakterien pro ml. oder weniger und Legionellenproben wurden zweimal im Jahr über 3 Jahre genommen, ohne daß positive registriert worden wären.

Versuch 3: Ein Umwälzkühlsystem von 79 m³, mit regelmäßigen, aus der Nahrung stammenden Verunreinigungen mit hohem Nährstoffgehalt für Bakterien wird kontinuierlich mit 0.5 mg/l. Chlordioxid behandelt und durch ein Redoxsystem gesteuert. Bevor Chlordioxid zur Anwendung kam, war dieses System sehr schlecht zu kontrollieren und Legionellen wurden registriert. Die Bakterienzahlen sind nun niedriger als 10^4 Bakterien pro ml. und eine Legionellenprobe, die nach dem Einsatz von Chlordioxid genommen wurde, war negativ.

Eine der Fragen, die wir uns gestellt haben, ist „Warum soll man Chlordioxid gegenüber anderen oxidierenden oder nicht-oxidierenden Bioziden zur Kontrolle der Legionellose bevorzugen?“ und wir denken, daß die Antwort in seiner Wirkung auf den Biofilm liegt.

Biofilm entsteht schnell auf Oberflächen in Wassersystemen. Binnen weniger Stunden bildet sich durch mikrobiologische Aktivität an anderer Stelle im Wassersystem ein Film von organischen Monosacchariden und Fettsäuren, Bakterien setzen sich auf der Oberfläche fest mittels extrazellulärer Polysaccharide und wachsen zu einer Mikrokolonie, welche sich vermischt und so einen mikrobiellen Film bildet. Dieser reift, während sich gestielte und filamentartige Bakterien entwickeln und sich weiter verbreiten in bulk water phase?? Der Biofilm nimmt anorganische Korrosion und Kesselsteinprodukte sowie organische Überbleibsel von anderem mikrobiologischen Wachstum auf und liefert sowohl Nährstoffe als auch bulk? Masse? (vgl. Diagramm 1). Weitere Mikroorganismen wie Pilze, Protozoen, Kieselalgen und sogar kleine Fadenwürmer bevölkern den Biofilm bei seiner Entwicklung. Biofilm kann zu Problemen wie reduziertem Durchfluß, schlechter Wärmeübertragung, Blockaden aufgrund von Schleimablösung und Korrosion durch Sulfat reduzierende Bakterien in den sauerstoffarmen Bereichen der unteren Regionen des Films führen. Es ist jetzt auch bekannt, daß Biofilm eine Schlüsselrolle beim Legionellenwachstum spielt.

Diagramm 1: Typische Biofilm-Struktur

...

Legionellabakterien lassen sich bekanntermaßen relativ schlecht im Labor züchten und brauchen besondere Hilfsstoffe wie Aktivkohle, Eisen und Aminosäuren. Es ist daher schwer zu verstehen, wie sie sich vermehren können bis sie zu einer Risikomenge im Kühlwasser anwachsen, und es wird angenommen, daß Legionella nicht im Wasser wachsen, sondern innerhalb eines bestehenden Biofilms – dem Schleim und Schlamm, der sich in rezirkulierenden Wassersystemen bildet, besonders in Gebieten mit geringem Durchfluß und in toten Enden. Eine Überprüfung hat dies bestätigt. In einigen Bewertungen geht man davon aus, daß 99 % der Legionellen in Kühlsystemen in Zusammenhang mit Biofilm zu finden sind. Andere Studien haben gezeigt, daß eine überraschende Eigenschaft der Legionella Bakterien deren Vermögen ist, in Protozoen wie Amöben zu überleben und zu wachsen.

Es sind Fotos gemacht worden von Vakuolen in infizierten Amöben, welche viele Hundert Legionella Bakterien enthielten und in einigen Berichten wird sogar angenommen, daß die Bakterien nur innerhalb von Protozoen aufwachsen können. Eine amerikanische Studie wies an 64 % der Standorte mit Legionella pneumophila Serogruppe 1 ebenfalls die Amöben *Hartmanella vermiformis* aus; die Amöben wiederum wurden nur an 18 % der Standorte gefunden, die keine Legionella Bakterien beherbergten. Es wurde betont, daß Amöben, obwohl sie mit Bioziden schlecht zu töten sind, allgemein überhaupt nur in Biofilm existieren können: daher ist eine wirksame Kontrolle der Amöben durch die Beseitigung des Biofilms zu gewährleisten.

Die Wichtigkeit von Biofilm wird in dem Diskussionspapier erkannt, welches die Gesundheitsbehörde in England herausgegeben hat, die unter Absatz 11 dokumentiert hat, daß *„Legionella auch eine Versorgung mit Nährstoffen brauchen, um sich zu vermehren. Quellen können z. B. sein, gewöhnlich in Wassersystemen anzutreffende Organismen selbst wie Algen, Amöben und andere Bakterien. Man nimmt an, daß die Gegenwart von Sedimenten, Schlamm, Kesselstein und anderen Materialien im System zusammen mit Biofilm eine wichtige Rolle spielt, wenn es darum geht, Legionella Organismen zu beherbergen oder Bedingungen zu schaffen, die sich günstig auf deren Wachstum auswirken.“*

Wenn Biofilm die Voraussetzungen, Nährstoffe und Schutz für Legionella Bakterien liefert, muß der Beobachtung und Kontrolle von Biofilmformationen große Bedeutung beigemessen werden, wenn man das Risiko der Legionärskrankheit minimieren will. Es sind einige Methoden verfügbar, um die Bildung von Biofilm in industriellen Systemen zu bewerten. Diese beinhalten direkte Methoden wie „Biofilm Überwacher“, bei denen Teststreifen oder Indikatoren in einen Wasserstrom, entweder direkt oder in einen Seitenstrom, eingebracht werden, um die Vorgänge auf der eigentlichen Oberfläche im System zu simulieren. Die Teststreifen werden herausgenommen und der Fäulnisgrad gemessen, entweder durch Beseitigung des Biofilms, gefolgt von einer konventionellen Auszählung der Bakterien aus Petrischalen, oder direkt unter dem Mikroskop, wo aktiver Biofilm auf dem Teststreifen ersichtlich wird. Indirekte Methoden beschäftigen sich mit der Kontrolle von Wärmeaustausch an den Oberflächen, da Biofilm ein sehr guter Isolator ist. Ashland benutzen PC gesteuerte Fouling Monitors (CFM) und sogenannte P.U.L.S.E – Einheiten, um das Fouling-Potential des Wassers vor Ort zu messen und die Wirksamkeit von Biozid-Programmen festzustellen.

7. Chlordioxid zur Kontrolle und Beseitigung von Biofilm

Im Nachgang zur Entdeckung der wichtigen Rolle, die Biofilm beim Wachstum der Legionellen spielt, wurde die Wirksamkeit von Bioziden gegen im Biofilm enthaltene Legionellen untersucht. Nicht überraschend fand man heraus, daß wesentlich längere Kontaktzeiten oder höhere Biozidkonzentrationen erforderlich sind, verglichen mit dem, was für das Abtöten von planktonförmigen Bakterien im Wasser erforderlich ist.

Wenn dies der Fall ist, macht es Sinn anzunehmen, daß Biozidwirksame gegen Biofilm in Wassersystemen eine bessere Wirkung auf Legionellen haben. Es ist daher interessant festzustellen, daß es beträchtliche Beweise für die besondere Wirksamkeit von Chlordioxid gegen Biofilm gibt, wie z. B.

In dem zuvor hier erwähnten Bericht wurde die Schlußfolgerung gezogen, daß ca. 0,1 mg/l Chlordioxid ausreichenden Schutz gegen Biofilm in GRP Zisternen und Heißwasserleitungen gewährten bei einer reduzierten Temperatur von 30 – 35°C. Auf Gummiunterlegscheiben(?) in Heiß- und Kaltwasserabflüssen waren 0,4 ppm erforderlich zur Abtötung des Biofilms.

1996 bei dem ersten dieser Symposien wurde ein Referat gehalten, in welchem Biofilm und seine Entstehung detaillierter beschrieben wurde. Es wurden ebenfalls Arbeiten beschrieben, die sich mit der Wirkung von Chlordioxid auf Biofilm befaßten und schlußfolgerten, daß Chlordioxid wirksamer ist gegen das Entstehen von Biofilm als unterchlorige Säure. Man führte diese Wirkung auf eine gehemmte Zellteilung und Biopolymersynthese in den Bakterien zurück, die möglicherweise auf der Oberfläche entstanden sind.

Es sind viele Fallstudien verfügbar, die die Wirksamkeit von Chlordioxid gegen Biofilm in verschmutzten Systemen beleuchten, Beispiele in einer Ashland Studie sind: In einem großen, Tomaten verarbeitenden Betrieb, in dem bakterieller Schleim im Spülsystem mit 8 – 10 mg/l Chlor nicht unter Kontrolle gebracht werden konnte, wurde das System mit etwas über 1,0 mg/l Chlordioxid behandelt, was alten Schleim beseitigte und die Entwicklung von neuem verhinderte. In einem Betrieb zur Herstellung von Pflanzenöl

wurde übermäßiger Schleim im Kühlturm anstelle von Chlor innerhalb von 2 Tagen mit einer Menge Chlordioxid in Höhe von einem Zehntel der Chlormenge beseitigt.

Eines der frühesten Beispiele wurde 1958 auf der Jahresversammlung des Instituts der Nahrungsmitteltechnologien in Chicago erwähnt, die versuchten, benutztes Waschwasser wieder aufzubereiten. Mit Chlor erhielten sie starke Schleimbildung, erfuhren dann aber die hohe Wirksamkeit von Chlordioxid zur Eindämmung von Bakterien- und Schleimbildung bei der Fertigung von Erbsen- und Maiskonserven. Sie fanden auch heraus, daß es auch nach vielen Betriebsstunden nur geringe Schleimbildung auf Anlagen und Förderbändern gab, die mit Chlordioxid behandeltem Wasser besprüht waren.

Es ist die Erfahrung von Ashland, daß in solchen Applikationen wie Papierherstellung, Nahrungsmittelherstellung und in Kühlwassersystemen Chlordioxid ein ausgezeichnetes Schleimbekämpfungsmittel ist und normalerweise allein verwendet werden kann in Situationen, in denen sowohl Chlor als auch Dispergiemittel auf Tensidbasis zuvor erforderlich waren. Die Gründe für die hervorragenden Dispergiereigenschaften wurden oben erwähnt. Ein anderer Untersuchungsbereich ist die Frage, ob die einmalige Chemie von Chlordioxid auch eine Rolle spielt. Es ist bekannt, daß es eine Zehrung gibt von reduziertem Sauerstoff und pH am Boden von bestehendem Biofilm. Allgemein ist das erste Zehrungsprodukt von Chlordioxid Chlorit. Es ist machbar, tief in einem Biofilm bei reduziertem pH dieses wiederum in aktives Chlordioxid zu verwandeln. Dies ist nicht bewiesen, kann aber ein Grund für die dem Chlordioxid innewohnende Biozideigenschaft gegen Biofilm sein, da Chlor und Brom eher deaktiviert werden zu Organo-Halogenen.

8. Zusammenfassung

Die Bewertung der Wirksamkeit von Bioziden gegen Legionella Bakterien in Prozeßwassersystemen wird keine ausreichende Information über ihre tatsächliche Wirksamkeit in Wassersystemen liefern. In der Praxis ist die Zusammenwirkung mit komplexem, mikrobiologischem Biofilm wichtig. Es ist daher wahrscheinlich, daß Chlordioxid sich als wirksames Biozid in Kühlwasser-, Produktionssystemen und in der Wasserversorgung erweist aufgrund seiner überragenden Wirkungsweise gegen Biofilm, der einen Nährboden liefert, auf dem Legionellen gedeihen können.

ENDE