
VERWENDUNG VON BIOZIDEN IN VERDUNSTUNGSKÜHLANLAGEN – VORSCHLÄGE ZUR RISIKOMINIMIERUNG UND BESCHAFFUNG



Bildnachweis: DanielChang76/Shutterstock.com

Studienautor:

Dr. Manfred Klade
Technisches Büro Klade

Im Auftrag der
Wiener Umwelthanwaltschaft

September 2023

INHALT

ZUSAMMENFASSUNG	2
VERDUNSTUNGSKÜHLANLAGEN	12
Legionellenproblematik	13
Abwasser	15
Arbeitnehmer*innenschutz	16
Gesetzliche Anforderungen	18
VERDUNSTUNGSKÜHLANLAGEN IN WIEN	23
KÜHLWASSERKONDITIONIERUNG UND BETRIEB.....	27
DETAILANALYSE BIOZIDE WIRKSTOFFE (Produktart 11).....	34
Monochloramin (erzeugt aus ...).....	36
Chlordioxid (hergestellt aus ...).....	40
Aktivchlor (hergestellt bzw. freigesetzt aus ...).....	46
Aktivbrom (hergestellt aus ...).....	54
BCDMH (Bromchlordimethylhydantoin)	58
DBNPA (2,2-Dibrom-2-cyanacetamid).....	60
Bronopol (2-Brom-2-nitropropan-1,3-diol).....	62
CMIT/MIT	64
Wasserstoffperoxid (inklusive Zusatz von Silber)	69
Ozon	74
Peressigsäure.....	78
Benzalkoniumchloride (QAV)	81
Glutaraldehyd	85
Sonstige biozide Wirkstoffe	87
INTERVIEWS.....	88
LITERATURVERZEICHNIS.....	89
ANHANG Tabelle 1 PT 11Biozide & Ausgangsstoffe: Einstufungen.....	93
ANHANG Tabelle 2 PT11 Biozide und Ausgangsstoffe: ABC - Kategorisierung	102
ANHANG: ABC-Kategorisierung	110

ZUSAMMENFASSUNG

Problemaufriss und Ziel der Studie

Die Klimakrise lässt den Kühlbedarf für Gebäude und industrielle Prozesse deutlich ansteigen. Schätzungen der Stadt Wien gehen beispielsweise davon aus, dass sich der Wiener Stromverbrauch für Klimatisierung zwischen 1995 und heute mehr als verzehnfacht¹ hat und sich bis 2040 noch einmal verdreifachen wird auf gut 1000 GWh² pro Jahr.

Offene Verdunstungskühlanlagen werden sowohl für die Klimatisierung von Gebäuden wie zum Beispiel für Krankenhäuser, große Bürokomplexe oder Rechenzentren als auch im Rahmen industrieller Kühlprozesse und im Gewerbebereich (z.B. in der Auto-, Papier-, Lebensmittel- oder Pharmaindustrie) eingesetzt³. Diese, auch als „offene oder nasse Kühltürme“ bezeichneten Anlagen geben durch die Verdunstung von Kühlwasser die aus dem System abgeführte Wärme an die Umgebungsluft ab. Befinden sich im Kühlwasser pathogene Keime wie Pseudomonas und insbesondere Legionellen, so werden diese ebenfalls in die Umwelt freigesetzt.

Legionellen (*Legionella pneumophila*) sind Bakterien, die sich bei Temperaturen zwischen 25 °C und 45 °C bevorzugt in künstlichen Wassersystemen (Wasserleitungen oder Kühlanlagen) vermehren. Das Einatmen von mit Legionellen oder mit Pseudomonaden belasteten Aerosolen kann zu schweren Lungenentzündungen führen, wie der „Legionärskrankheit“, auch Legionellose genannt. Aus diesem Grund werden Kühltürme während des Betriebs laufend Biozide zugesetzt, zumeist in Form regelmäßiger Schockdesinfektionen.

Dennoch sind Verdunstungskühlanlagen, bzw. Kühltürme als Infektionsquellen gut dokumentiert. So fanden in 12 Ländern über einem Zeitraum von 11 Jahren 19 Ausbrüche von Legionellose mit einer Todesrate von 6 % statt, welche Kühltürmen zugeordnet werden konnten. Die Wohnorte infizierter Personen waren dabei bis zu 12 km von den Anlagen entfernt. Die Legionellose ist in Österreich eine meldepflichtige Erkrankung und wird von der Agentur für Ernährungssicherheit (AGES) als nationaler Referenzzentrale erfasst. Inklusiv einer von Expert*innen geschätzten Dunkelziffer wird in Österreich von etwa 1000 Fällen jährlich ausgegangen [4]. Die in der AGES ausgewiesenen Daten belegen, dass ca. 50 % aller Fälle keiner spezifischen Infektionsquelle zugeordnet werden können. In Wien traten 2007 schwere Fälle von Legionellose⁴ auf, die in direkten Zusammenhang mit einem offenen Kühlturm gebracht wurden. Ein Bericht des Kontrollamtes legte damals nahe, dass in Wien etwa 70 Standorte von Kühltürmen ausgewiesen sind, während ein Vertreter des österreichischen kälte- und klimatechnischen Vereines (ÖKKV) im Jahr 2007 die Anzahl an offenen Kühltürmen in Wien auf rund 1.000 schätzte.

In Deutschland wurde bei einer ähnlichen Ausgangslage zur Schaffung von mehr Transparenz 2017 die verpflichtende Registrierung von Verdunstungskühlanlagen in einem eigenen Kataster⁵

¹ Wiener Energiebericht 2014 [Energieverbrauch in Wien - Energieberichte](#)

² [waerme-und-kaelte-2040.pdf \(wien.gv.at\)](#) Kapitel 3

³ Einsatzbereiche sind: Gießereien, Halbleiterindustrie, Raffinerien, chemische Industrie, Energieerzeuger, Textilindustrie, Papierhersteller und Druckereien, Verpackungsindustrie, Baustoffhersteller, Glasindustrie, Eissportanlagen, Flughäfen und Kühlhäuser.

⁴ <https://www.stadtrechnungshof.wien.at/berichte/2008/lang/03-02-KA-VI-15-1-8.pdf>

⁵ [42. Bundes-Immissionsschutzverordnung \(42.BImSchV\)](#)

eingeführt. Auch das Führen eines Betriebstagebuchs wird dort verlangt. In diesem müssen unter anderem die Ergebnisse der mikrobiologischen Kontrollen und der Einsatz von Bioziden dokumentiert werden. Zahlen aus dem Stadt Düsseldorf zeigen, dass sich mit dem Ablauf der Meldefrist im Jahr 2018 die Anzahl der bekannten und somit kontrollierbaren Kühltürme mehr als verzwanzigfache.

In Österreich bestehen nach wie vor keine Regelungen, die mit der deutschen 42. Bundesimmissionschutzverordnung vergleichbar wären. Die Anzahl an heimischen Verdunstungskühlanlagen kann deshalb nur geschätzt werden.

Ein Teil des biozidhaltigen Kühlwassers wird regelmäßig in den Kanal abgeleitet. Für die wasserrechtliche Genehmigung im Rahmen der Errichtung und des Betriebs von Verdunstungskühlanlagen sind die „Allgemeine Abwasseremissionsverordnung“, die „Abwasseremissionsverordnung für Kühlsysteme und Dampferzeuger“ sowie die „Indirekteinleiter-Verordnung“ relevant. Es besteht eine Meldepflicht an den Kanalbetreiber. In der Praxis wird aber offensichtlich nur ein Bruchteil der Anlagen gemeldet und eine Pflicht des Kanalbetreibers, diese aktiv zu recherchieren, besteht nicht.

In Wien werden Verdunstungskühlanlagen auf Bezirksebene per Bescheid vom jeweiligen Magistratischen Bezirksamt, der Baupolizei oder der Abteilung für Soziales, Sozial- und Gesundheitsrecht oder für Gewerberecht, Datenschutz und Personenstand bewilligt unter Einbeziehung der MA36 (Gewerbetechnik), der MA15 (Gesundheitsbehörde) und weiterer Dienststellen. Die Komplexität der Zuständigkeiten verhindert bisher ein Zusammenlaufen der Daten an einer Stelle.

Die aus Kühltürmen in den Wiener Kanal eingeleiteten bioziden Wirkstoffe und deren tatsächliche Menge sind also unzureichend bekannt. Die Wiener Umwelthanwaltschaft leitet im Rahmen des ökologischen Beschaffungsprogramms ÖkoKauf Wien die Arbeitsgruppe Desinfektion und beauftragte diese Studie, um dieses umweltrelevante Thema stärker in den Fokus der Öffentlichkeit zu rücken.

Die vorliegende Studie nimmt primär die in Kühlanlagen eingesetzten Biozide und ihre potenzielle Gefährlichkeit für Gesundheit und Umwelt in den Fokus. Sie identifiziert die am häufigsten eingesetzten Wirkstoffe und schätzt Einsatzmengen sowie mögliche Emissionen ab. Anhand der verfügbaren Daten der Europäischen Chemikalienagentur ECHA wurde deren Gefährdungspotential für Umwelt und Gesundheit erhoben und verglichen.

Im Rahmen einer Interviewserie⁶ mit Expert*innen und zuständigen Behörden wurden zudem die rechtlichen Rahmenbedingungen für den Betrieb von Verdunstungskühlanlagen in Österreich und Deutschland erhoben, sowie Vor- und Nachteile einzelner biozider Wirkstoffe im Praxiseinsatz.

Folgendes Beispiel aus dem Interviewteil der Studie verdeutlicht, dass sich ökonomische und ökologische Optimierung ergänzen können: So verursachte ein Kühlturm in einem Wiener Bürokomplex jährlich einen Chemikalieneinsatz im Wert von 95.000,- Euro. Diese wurden gemeinsam mit jährlich 50.000 m³ Wasser in den Kanal abgesalzt. Nach einer erfolgreichen Umstellung der Desinfektion auf eine Ozonanlage im Jahr 2021 werden praktisch keine Chemikalien mehr ins Abwasser abgeleitet, da sowohl auf den Einsatz von abwasserrelevanten Bioziden als auch auf Korrosionsinhibitoren verzichtet werden kann. (Siehe Kapitel Ozon)

⁶ Angaben zu Interviewten bzw. Themenschwerpunkte finden sich im Kapitel „Interviews“, Aussagen sind ihrem Inhalt entsprechend Kapiteln zugeordnet.

Ziel der Studie ist es, neben einer Istzustand-Erhebung Empfehlungen zu erarbeiten, wie negative Auswirkungen beim Biozid-Einsatz in Verdunstungskühlanlagen bestmöglich minimiert werden können.

Ergebnisse

Folgende Erkenntnisse konnten gewonnen werden:

Die jeweilige Wirksamkeit von Bioziden zur Legionellenbekämpfung oder anderer pathogener Keime wie *Pseudomonas aeruginosa* ist stark von den technischen und chemischen Gegebenheiten im jeweiligen Kühlsystem abhängig. Eine einfache, vergleichende Bewertung der Wirksamkeit von einzelnen bioziden Wirkstoffen, sowie der konkreten Auswirkungen auf Arbeitnehmer*innenschutz und Umwelt erscheint ohne Berücksichtigung von Betriebsbedingungen und Wartungszustand der Anlage wenig sinnvoll.

Aus der Zusammenschau der inhärenten, gefährlichen Eigenschaften häufig eingesetzter Biozide mit den Praxiserfahrungen der Interviewpartner*innen ergeben sich folgende allgemeine Empfehlungen:

1. Die gute bauliche Ausführung und die ausreichende Wartung von Verdunstungskühlanlagen sind essentiell: Auch wenn Hersteller von Biozidprodukten potentiellen Nutzer*innen mitunter vermitteln, dass ihre Produkte einen weitgehend wartungsfreien Betrieb garantieren, ist eines gewiss: Die regelmäßige Wartung, Kalibrierung und Messung wichtiger Parameter des Kühlsystems ist essentiell, um die mikrobiologische Belastung und die Entstehung von Biofilmen niedrig zu halten. Bei offenen Systemen werden zudem laufend Schmutzpartikel aus der Luft in das Kühlwasser eingetragen und dienen als Nährstoffe für Mikroben. Hochwertige, regelmäßig gereinigte Filteranlagen, wie zum Beispiel Vollstromfilter, können unter geeigneten Bedingungen die hygienische Sicherheit verbessern. Die Interviews haben gezeigt, dass mikrobiologische Entgleisungen, insbesondere bei kleinen Anlagen, die vom hauseigenen, wenig geschulten Personal gewartet werden, leider keine Seltenheit sind. Die bauliche Ausführung sollte zudem eine gleichmäßige Durchströmung aller Anlagenteile ermöglichen, damit die bioziden Wirkstoffe sich im gesamten System in ausreichender Konzentration verteilen können.
2. Weniger Chemie ist mehr: Zirkulierenden Kühlwässern werden neben den schon erwähnten Bioziden auch Chemikalien zur pH-Wert-Stabilisierung, sowie gegen (Kalk)Ablagerungen und Korrosion zugesetzt. In den Sicherheitsdatenblättern der angebotenen Mischungen werden nur jene Inhaltsstoffe angegeben, die aufgrund ihrer gefährlichen Eigenschaften genannt werden müssen. Bei der Zugabe können ungewollte Wechselwirkungen mit den bioziden Wirkstoffen auftreten. Zudem weisen alle bioziden Wirkstoffe neben spezifischen Vorteilen auch diverse Nachteile auf, wie z.B. ein starker Wirkverlust bei pH-Wert-Schwankungen, Wirkungslücken gegenüber bestimmten Keimen oder Biofilmen, Risiken einer Resistenzentwicklung von Keimen oder eine hohe Flüchtigkeit bei der Verdunstung im Kühlturm (sog. Ausstrippen). Aus diesem Grund sind vielfach Biozidprodukte für die Kühlwasserdesinfektion am Markt, welche mehrere biozide Wirkstoffe enthalten. Gerade solche Produkte bergen ein erhöhtes Risiko, mit den weiteren zugesetzten Chemikalien in eine ungewollte Wechselwirkung zu treten, welche die Hygiene und den Materialschutz der Oberflächen im Kühlsystem negativ beeinflussen können. Es wird deshalb von erfahrenen Praktiker*innen empfohlen, den pH-Wert des Kühlwassers nicht unter 8 zu senken, möglichst wenig umweltgiftige Korrosionsinhibitoren

und nicht mehrere Biozide gleichzeitig einzusetzen. Bei manchen Systemen ist der langfristige Betrieb mit nur einem Wirkstoff – häufig auf Basis von Chlor – möglich. Andere benötigen in gewissen Abständen, zum Beispiel bei Temperaturen über 30°C, den Zusatz von nicht oxidierenden Bioziden, die eine größere Stabilität und damit Aufenthaltsdauer im Kühlwasser aufweisen. Bei hohen Kühlleistungen mit einem täglichen Wechsel des gesamten Kühlwassers ist dies jedoch keinesfalls nötig und zielführend.

3. Die Recherchen im Rahmen dieser Studie haben ergeben, dass wahrscheinlich nur bei 10 - 20 % der Verdunstungskühlanlagen der Standort bekannt ist. Mikrobiologische Prüfungen durch Behörden finden kaum statt und das Bewusstsein der Betreiber für die Gefahr, die von diesen Anlagen für die Gesundheit der Anrainer ausgehen kann, ist bei einem Teil der Betreiber als gering einzustufen. Bei der Auswahl der eingesetzten Biozide spielen Umweltaspekte zudem praktisch keine Rolle. Rechtlich gesehen mündet die vorliegende Studie deshalb in der Empfehlung, die gesetzlichen Anforderungen für den Betrieb von Verdunstungskühlanlagen in Österreich an jene von Deutschland anzugleichen ⁷. Letztere schreiben bundesweit die verpflichtende Meldung von Verdunstungskühlanlagen in ein Kataster und die Führung eines Betriebstagebuchs vor. Eine solche Maßnahme würde Verdunstungskühlanlagen aus der Anonymität holen. Alle Anlagen müssten Buch führen über den Betrieb und Ergebnisse aus den mikrobiologischen Kontrollen. Dies böte bei Ausbrüchen von Legionellen bessere Kontrollmöglichkeiten umliegender Kühltürme und würde insgesamt mikrobiologische Entgleisungen hintanhalten. In Deutschland hat die Wartung durch erfahrenes und gut geschultes Fremdpersonal durch das Inkrafttreten der 42. BImSchV zugenommen. Eine entsprechende rechtliche Regelung könnte zudem auch den systemischen Ansatz von [Chemikalien Leasing Modellen](#) begünstigen. Daraus ergäbe sich ein relevantes ökologisches und ökonomisches Effizienzpotenzial, weil durch die geänderte Art des Geschäftsmodelles Einsparungen beim Einsatz von Bioziden im beiderseitigen Interesse des für die Anlage Verantwortlichen und des externen Dienstleisters lägen. Wenn in ein österreichisches Online-Kataster für Verdunstungskühlanlagen auch die eingesetzten Biozide (und eventuell weiteren, gefährlichen Chemikalien) einzutragen wären, hätte man zudem in Österreich einen Überblick über Menge und Art der eingesetzten bioziden Wirkstoffe und könnte den Einsatz gezielter in Richtung von mehr Umwelt- und Arbeitnehmer*innenschutz beeinflussen.
4. Es sei darauf hingewiesen, dass die Kühltechnik der Zukunft zumindest seitens der Stadt Wien nicht in Verdunstungskühlanlagen gesehen wird, welche den Außenraum während Hitzeperioden zusätzlich aufwärmen. Vielmehr sollten künftig vermehrt Kühltechnologien eingesetzt werden, bei denen die Abwärme in ein Netz eingespeist, bzw. im Boden gespeichert wird, damit sie gleich oder zu einem späteren Zeitpunkt genutzt werden kann.

⁷ Gesetze, in die eine entsprechende Verordnungsermächtigung in Österreich integriert werden könnte, wären beispielsweise das Epidemiegesetz oder das Immissionsschutzgesetz-Luft.

Schlussfolgerungen für häufig angewendete Biozide

Es dürfen nur biozide Wirkstoffe eingesetzt werden, welche bei der Europäischen Chemikalienagentur ECHA für eine Zulassung angemeldet sind. Von den für die entsprechende Produktart 11⁸ im EU Zulassungsverfahren befindlichen 64 Wirkstoffen sind aktuell erst 5 zugelassen^{9,10}. In den Interviews zeigte sich, dass vor allem mit dem Einsatz von Chlordioxid und elektrolytisch aus Natriumchlorid hergestellten Gemischen aus hypochloriger Säure und Natriumhypochlorit gute Erfahrungen gemacht werden. Für große Anlagen in Deutschland und der Schweiz wurde auch der Einsatz von Monochloramin aufgrund vieler Vorteile als neuer Trend beschrieben. Für keines der genannten Verfahren wurde bis dato eine Zulassung erteilt. Von den nicht oxidierenden Wirkstoffen wird vor allem das bereits zugelassene CMIT/MIT eingesetzt, nicht selten in Kombination mit Bromverbindungen wie Bronopol.

Basierend auf einer Detailanalyse empfiehlt die Studie, die Anwendung der bioziden Wirkstoffe CMIT/MIT, DBNPA, Glutaraldehyd sowie Aktivchlor aus Chlorgas bzw. Natriumhypochlorit auf ein Mindestmaß zu beschränken oder durch Alternativen zu substituieren:

CMIT/MIT wurde von der ECHA für Produktart 11 bereits zugelassen. Spritzer der Anwendungslösungen können jedoch zur Erblindung und zu schlecht heilenden Wunden führen. Aufgrund des hohen sensibilisierenden Potenzials sind Frühpensionierungen bekannt. Es besitzt eine hohe aquatische Toxizität und ist schlecht abbaubar.

Aus den Expert*inneninterviews ging zudem hervor, dass die von der ECHA geforderten Bedingungen für eine sichere Anwendung von CMIT/MIT in der Praxis nicht immer eingehalten werden. Da der Wirkstoff besonders häufig in kleinen Anlagen eingesetzt wird, ist dem Wartungspersonal die Gefährlichkeit von CMIT/MIT nicht immer bewusst, insbesondere wenn in Urlaubs- und Krankheitsfällen ungeschultes Personal damit hantiert.

Die von Herstellern angegebenen Abbauraten stimmen zudem nicht mit den realen Bedingungen überein. Der Wirkstoff verhält sich häufig stabiler als angenommen. In Österreich verbietet die Abwasseremissions-Verordnung für Kühlsysteme die Einleitung von Isothiazolen in den Kanal. Es konnte trotz Gesprächen mit den zuständigen Behörden nicht eruiert werden, ob dieses Verbot auch CMIT/MIT, und somit Isothiazolinone, einschließt.

In Österreich werden Messungen von CMIT/MIT weder bei der Abwasser-Einleitung noch im Kanal, im Zu- und Ablauf von Kläranlagen oder in Oberflächengewässern durchgeführt. Die tatsächliche Belastung von Gewässern ist somit unbekannt. Messungen, um die aktuelle Gewässerbelastung mit CMIT/MIT in Österreich, insbesondere auch in Wien, einschätzen zu können, sollten nach dieser Studie im Rahmen eines Schwerpunktprogramms zu Einträgen von Bioziden aus Kühlanlagen durchgeführt werden. Trotz der Zulassung durch die ECHA sprechen die im Rahmen dieser Studie erhobenen Informationen dafür, dass auf den Einsatz von CMIT/MIT weitestgehend verzichtet werden sollte.

DBNPA ist sensibilisierend und zeigt im Tierversuch eine chronische Toxizität, Zielorgan ist der Atemtrakt. Für DBNPA wird eine endokrine Wirksamkeit auf den Menschen und Nicht-Zielorganismen

⁸ „Schutzmittel für Flüssigkeiten in Kühl- und Verfahrenssystemen“

⁹ Zugelassen sind CMIT/MIT, Peressigsäure sowie Glutaraldehyd sowie die für Kühltürme weniger bedeutenden Wirkstoffe MIT und PHMB.

¹⁰ Siehe Anhang Tabelle 1

angenommen hervorgerufen durch das Abbauprodukt Bromid. DBNPA erfüllt somit die Kriterien für die Substitution nach Art. 5 der Biozidprodukteverordnung. Auf Grund der gesundheitlichen Gefährdungen wie Hautsensibilisierung und chronische Toxizität für den Atemtrakt, sowie eines kontroversiell diskutierten, endokrinen Gefährdungspotenzials durch das Folge-, bzw. Abbauprodukt Bromid, ist von einer Anwendung abzuraten. DBNPA wird als nicht oxidierendes Biozid bevorzugt in kleineren Anlagen verwendet.

Glutaraldehyd ist mit „Lebensgefahr bei Einatmen“ sowie als haut- und atemwegsensibilisierend eingestuft und besitzt aus Sicht des Arbeitnehmer*innenschutzes ein hohes Gefährdungspotenzial. Wegen seiner Eigenschaft als Inhalationsallergen erfüllt der Wirkstoff die Kriterien von Artikel 10 der Biozidprodukteverordnung. Es ist daher nur zeitlich begrenzt zugelassen und wird von der ECHA als ein „zu ersetzender Wirkstoff“ eingestuft.

Aktivchlor aus Chlorgas bzw. Natriumhypochlorit (und die Alternativen: Aktivchlor aus Natriumchlorid durch Elektrolyse und Chlordioxid)

Der Wirkstoff „Aktivchlor“ liegt in einem pH-abhängigen Gleichgewicht aus hypochloriger Säure, Chlor und Natriumhypochlorit vor. Es gibt mehrere Methoden, Aktivchlor in Kühlwässern aus Ausgangsprodukten herzustellen. Geläufig ist die Herstellung aus Chlorgas, Bleichlauge/Natriumhypochlorit sowie aus Kochsalz durch Elektrolyse. Das Gefährdungspotenzial von „Aktivchlor“ ergibt sich anteilig aus dem im Gleichgewicht vorliegenden Chlorgas, bzw. der Chlorbleichlauge (Natriumhypochlorit). Chlorbleichlauge ist ätzend (H314), Chlorgas lebensgefährlich bei Einatmung (H330). Eine sensibilisierende, mutagene, kanzerogene, reproduktionstoxische oder chronisch toxische Wirkung wird nicht angenommen, sodass für die wässrige Lösung lediglich von einer lokal reizenden bzw. ätzenden Wirkung auszugehen ist. Die Auswirkungen auf die aquatische Umwelt werden durch die hohe Reaktivität von Aktivchlor mit organischen Stoffen bestimmt. Für Aktivchlor selbst wird ein rascher Abbau angenommen. Die Bildung (organischer) Folgeprodukte wird von mehreren Faktoren beeinflusst: Der Zusammensetzung des Kühlwassers, pH-Wert, Biozid-Dosierung, Betriebstemperatur oder Verweilzeit. Was den das Ausmaß an (halogenierten) Folgeprodukten beschreibenden Summenparameter AOX betrifft, deuten Interviewaussagen darauf hin, dass die AOX-Bildung bei der Wirkstoff-/Herstellungskombination „Aktivchlor, hergestellt aus Natriumchlorid durch Elektrolyse“ vergleichsweise gering bzw. besser kontrollierbar ist. Zusätzlich ist bei dieser Anwendungsform ein Kontakt mit Konzentraten nicht gegeben und so eine Humanexposition mit Gefahrstoffen gering. Chlorgas und Natriumhypochlorit werden vor allem wegen den geringeren Kosten (z.B. gegenüber Chlordioxid) eingesetzt.

Angesichts der Gefahren für die Umwelt (hohe AOX-Belastung) und für den Arbeitnehmer*innenschutz (Chlorgas-Exposition) sind Verfahren, bei denen Aktivchlor durch Elektrolyse aus Natriumchlorid hergestellt wird, sowie die Verwendung von Chlordioxid vorzuziehen.

Wasserstoffperoxid und Ozon als Alternativen

In der Schweiz und Deutschland wird (zumeist mit Silber) katalysiertes Wasserstoffperoxid breiter eingesetzt. Für diesen Wirkstoff ist die Bildung des Enzyms Katalase durch Mikroorganismen und die damit einhergehende Wirkminderung ein Thema. In Österreich konnten im Rahmen der Recherchen kaum Anlagen gefunden werden, die Wasserstoffperoxid einsetzen. Ozon wird in Österreich laut Interviewaussagen ebenfalls sehr selten eingesetzt. Eine Ausnahme bildet der vielversprechende Einsatz im Vienna Twin Tower. Holland und Schweden haben mit der Anwendung von Ozon laut Interviewaussagen mehr Erfahrung. Aus gewässerökologischer Sicht wäre der Einsatz von Wasserstoffperoxid bei sehr geringem Silbereinsatz und von Ozon aufgrund der raschen Zersetzung ohne abwasserrelevante Nebenprodukte zu begrüßen.

Übersichtstabellen Wirkstoffbewertung

Folgende Tabellen geben einen Überblick über Einstufungen sowie daraus abgeleitete Bewertung häufig verwendeter biozider Wirkstoffe. Dabei wird folgender Farbcode („ABC Kategorisierung“) verwendet:

ROT (sehr hohe Besorgnis): Der Farbcode zeigt nachgewiesene mutagene, kanzerogene, reproduktionstoxische, chronisch-toxische, sensibilisierende oder hoch umwelttoxische Eigenschaften an. Diese Eigenschaften können bereits in geringen Konzentrationen die Gesundheit schädigen oder Wasserlebewesen abtöten.

GELB (erhebliche Besorgnis): Dieser Farbcode weist ein für die Gesundheit und aquatische Umwelt immer noch bedenkliches Gefährdungspotenzial aus. Das betrifft etwa akuttoxische oder umwelttoxische Eigenschaften. Datenlücken werden durch ein Fragezeichen angezeigt und für bestimmte Gefährdungen (ausgenommen reizende oder ätzende Eigenschaften) mit GELB bewertet.

WEISS (geringe Besorgnis): Mit diesem Farbcode wird angezeigt, dass bestehende gefährliche Eigenschaften (z.B. ätzend) durch Schutzausrüstung hinreichend gut kontrollierbar sind. Werden Gefährdungen so weitgehend ausgeschlossen, wird dieser Umstand mit dem Farbcode WEISS angezeigt

Der Farbcode wird auf Basis von H-Sätzen (oder relevanten Datenlücken) in 6 Gefährdungskategorien vergeben. Eine Erläuterung der ABC Kategorisierung findet sich im Abschnitt „Detailanalyse“ sowie im Anhang, alle Wirkstoffbewertungen enthalten die Tabellen 1 und 2 im Anhang.

Wirkstoff	Eintrag in ECHA	CAS	Akute Giftigkeit	Reiz-, Ätzwirkung	Sensibilisierung	Kanzerogene, mutagene, reproduktionstoxische und chronisch toxische Eigenschaften	Gewässertoxizität (akut)	Gewässertoxizität (chronisch)	Bewertungsrelevant
Monochloramin (erzeugt aus...)	Aus Ammoniak und einer Chlorquelle erzeugtes Monochloramin	-	?	?	?	?	?	?	Unzureichende Datenlage; Relevantes Ausgangsprodukt: Monochloramin (chronisch toxisch bei Inhalation)
	Aus Ammoniumcarbamat und einer Chlorquelle erzeugtes Monochloramin	-	?	?	?	?	?	?	
	Aus Ammoniumchlorid und einer Chlorquelle erzeugtes Monochloramin	-	?	?	?	?	?	?	
	Monochloramin, hergestellt aus Ammoniumsulfat und einer Chlorquelle	-	?	?	?	?	?	?	
Chlordioxid (hergestellt aus...)	Chlordioxid	10049-04-4	H330	H314, H318	-	-	H400 (M10)	H411	Chlordioxid: Giftig bei Inhalation; Relevantes Reaktions- bzw. Abbauprodukt: Chlorit (Verdacht auf chronische Toxizität)
	Chlordioxid, hergestellt aus Natriumchlorat und Wasserstoffperoxid in Gegenwart einer starken Säure	-	?	?	?	?	?	?	
	Chlordioxid, hergestellt aus Natriumchlorit durch Säuerung	-	?	?	?	?	?	?	
	Chlordioxid, hergestellt aus Natriumchlorit durch Elektrolyse	-	?	?	?	?	?	?	
	Chlordioxid, hergestellt aus Natriumchlorit durch Oxidation	-	?	?	?	?	?	?	
Aktivchlor (hergestellt aus...)	Aktivchlor, hergestellt aus Natriumchlorid durch Elektrolyse	-	EUH031, H331	H314	-	-	H400 (M100)	H410 (M1)	Ökotoxische Folgeprodukte
	Aktivchlor, freigesetzt aus Chlor	7782-50-5	H330	H315, H319, H335	-	-	H400 (M100)	-	Potenzielle Gefährdung bei der Anwendung (Chlorgas, Natriumhypochlorit); ökotoxische Folgeprodukte
	Aktivchlor, freigesetzt aus Natriumhypochlorit	7681-52-9	EUH031	H314, H318	-	-	H400 (M10)	H410 (M1)	
Aktivbrom (hergestellt aus...)	Aktivbrom, hergestellt aus Bromchlorid	-	?	?	?	?	?	?	Unzureichende Datenlage; relevantes Ausgangs- bzw. Folgeprodukt: Natriumbromid (reproduktionstoxisch & chronisch toxisch); ökotoxische Folgeprodukte
	Aktivbrom, hergestellt aus Hypobromsäure und Harnstoff sowie Bromharnstoff	-	?	?	?	?	?	?	
	Aktivbrom, hergestellt aus Natriumbromid und Calciumhypochlorit	-	?	?	?	?	?	?	
	Aktivbrom, hergestellt aus Natriumbromid und Chlor	-	?	?	?	?	?	?	
	Aktivbrom, hergestellt aus Natriumbromid und Natriumhypochlorit	-	?	?	?	?	?	?	
	Aktivbrom, hergestellt aus Natriumbromid durch Elektrolyse	-	?	?	?	?	?	?	
	Aktivbrom, hergestellt aus Natriumbromid, N-Bromsulfamat und Sulfaminsäure	-	?	?	?	?	?	?	

Wirkstoff	Eintrag in ECHA	CAS	Akute Giftigkeit	Reiz-, Ätzwirkung	Sensibilisierung	Kanzerogene, mutagene, reproduktionstoxische und chronisch toxische Eigenschaften	Gewässertoxizität (akut)	Gewässertoxizität (chronisch)	Bewertungsrelevant
BCDMH	Bromchlor-5,5-dimethylimidazolidin-2,4-dion (BCDMH/Bromchloridimethylhydantoin)	32718-18-6	H302	H314	H317	?	H400 (M?)	H410 (M?)	als sensibilisierend eingestuft, ökotoxische Folgeprodukte
DBNPA	2,2-Dibrom-2-cyanacetamid (DBNPA)	10222-01-2	H301, H330	H315, H318	H317	H372 (Atemtrakt)	H400 (M1)	H410 (M1)	als sensibilisierend und chronisch toxisch eingestuft
Bronopol	2-Brom-2-nitropropan-1,3-diol (Bronopol)	52-51-7	H301, H312, H331	H315, H318, H335	-	-	H400 (M10)	H410 (M1)	Hinweise auf hautsensibilisierendes Potenzial und die Bildung persistenter Folgeprodukte
CMIT/MIT	Gemisch aus 5-Chlor-2-methyl-2H-isothiazol-3-on (Einecs 247-500-7) und 2-Methyl-2H-isothiazol-3-on (Einecs 220-239-6) (Gemisch aus CMIT/MIT)	55965-84-9	H301, H310, H330	EUH071, H314, H318	H317	-	H400 (M100)	H410 (M100)	Hohe akute Toxizität, hautsensibilisierend; hohe aquatische Toxizität
Wasserstoffperoxid (Zusatz von Silber)	Wasserstoffperoxid	7722-84-1	H302, H332	H314	-	-	-	-	Lokal reizende Eigenschaften
	Silber (Pulver)	7440-22-4	-	-	-	?	H400 (M10)	H410 (M10)	Eintrag eines persistenten Stoffes in die Umwelt
Ozon	Ozon	10028-15-6	H330	H314, H318, EUH071	-	H341, H351, H372 (Atemtrakt)	H400 (M100)	H410 (M1)	Hohe akute Toxizität, Verdacht auf mutagene, kanzerogene und chronisch toxische Wirkung
Peressigsäure	Peressigsäure	79-21-0	H301, H310, H330	EUH071, H314	-	-	H400 (M10)	H410 (M100)	Hohe akute und aquatische Toxizität
Benzalkoniumchloride (QAV)	Alkyl (C12-16) dimethylbenzyl ammoniumchlorid (ADBAC/BKC (C12-C16))	68424-85-1	H302	H314, H318	-	-	H400 (M10)	H410 (M1)	Hinweise, das Benzalkoniumchloride nicht leicht abbaubar sind, in der aquatischen Umwelt an Sedimenten adsorbieren bzw. im anaeroben Milieu persistieren.
	Alkyl (C12-18) dimethylbenzyl ammoniumchlorid (ADBAC (C12-C18))	68391-01-5	H302, H312	H314, H318	?	?	H400 (M?)	H410 (M?)	
	Alkyl (C12-14) dimethyl(ethylbenzyl) ammoniumchlorid (ADBAC (C12-C14))	85409-23-0	H302	H314, H318	-	-	H400 (M10)	H410 (M1)	
	Alkyl (C12-14) dimethylbenzylammoniumchlorid (ADEBAC (C12-C14))	85409-22-9	H302	H314, H318	?	?	H400 (M?)	H410 (M?)	
Glutaraldehyd	Glutaraldehyd	111-30-8	H301, H330	H314, EUH071	H317, H334	-	H400 (M1)	H411	Hohe akute Giftigkeit, sensibilisierend für Haut und Atemwege

Anmerkungen zu Aussagen der Studie in einem sehr dynamischen Umfeld

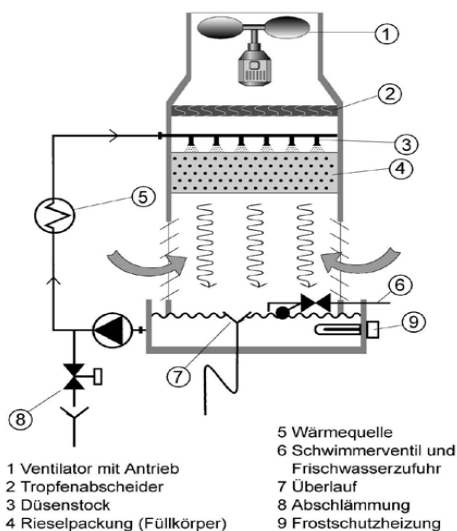
Da die Umsetzung der genannten Verordnungen – und dies betrifft im Besonderen die Biozidprodukteverordnung der EU – nicht abgeschlossen ist, sind die in diesem Bericht verwendeten Daten und Einstufungen vorläufig. Neue Daten aus den laufenden Zulassungsverfahren können rasch dazu führen, dass in dieser Studie vorgenommene Bewertungen nicht mehr aktuell sind. Dieser Umstand ist bei der Interpretation der im Bericht gemachten Bewertungen zu berücksichtigen. Zum Zeitpunkt der Berichterstellung (November 2022) stellt sich der Status Quo wie folgt dar: Von den im EU Zulassungsverfahren befindlichen 64 Wirkstoffen¹¹ sind 5 für die Produktart 11 zugelassen, und zwar Glutaraldehyd, CMIT/MIT, Peressigsäure, MIT und PHMB. Sofern Wirkstoffe in anderen Produktarten zugelassen sind oder eine Zulassung kurz bevorsteht, werden entsprechende Wirkstoffberichte zur Bewertung von Gefährdungen verwendet. Dies betrifft die Wirkstoffe Aktivchlor (hergestellt bzw. freigesetzt aus...) und Wasserstoffperoxid.

Zum jetzigen Zeitpunkt ist für folgende, häufig verwendete Wirkstoffe bzw. Wirkstoffgruppen das Zulassungsverfahren nicht abgeschlossen: DBNPA, Aktivbrom (hergestellt bzw. erzeugt aus...), Benzalkoniumchloride, BCDMH, Bronopol, Chlordioxid, Silber, Ozon. Die recherchierten Einstufungen der jeweiligen Wirkstoffe könnten im Rahmen des Zulassungsverfahrens noch ergänzt werden und die Zulassung ist nicht gesichert. Aktuell handelt es sich bei den genannten Wirkstoffen aber um in der Praxis etablierte, bzw. gängige „Basiswirkstoffe“ für die Kühlwasserkonditionierung. Darüber hinaus kann eine Zulassung nur verweigert werden, wenn Ausschlusskriterien nach Artikel 5 der Biozidprodukte-Verordnung zutreffen: Dies sind nachgewiesene CMR-Eigenschaften, endokrine Wirksamkeit oder Kriterien für persistent, bioakkumulierend und toxisch (PBT) oder sehr persistent und sehr bioakkumulierend (vPvB). Für die Wirkstoffe DBNPA und Peressigsäure steht die Bewertung der endokrinen Wirksamkeit zum Beispiel noch aus.

¹¹ Siehe Anhang Tabelle 1

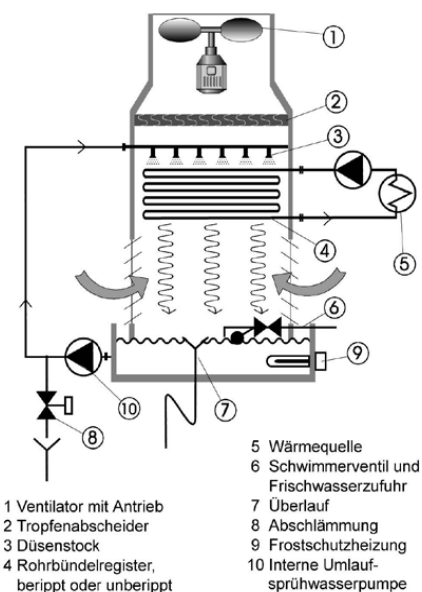
VERDUNSTUNGSKÜHLANLAGEN

Verdunstungskühlanlagen werden „offen“, „geschlossen“ oder „hybrid“ betrieben, wobei sich die Unterscheidung auf den Kühlmittelkreislauf bezieht. In einer offenen Anlage kommt das Kühlmittel Wasser in direkten Kontakt mit der Umgebungsluft. So wird die Wärme am effektivsten übertragen, da zwischen Luft und Wasser kein zusätzlicher Überträger involviert ist. Andererseits wirkt der Kühlturm dabei wie ein Luftwäscher und Schmutzpartikel bleiben im Wasser zurück:



Verdunstungskühlanlage mit offenem Kreislauf [1]

In einer geschlossenen Anlage sind Wärmeträger und Kühlkreislauf getrennt. Geschlossene Verdunstungskühlanlagen haben einen internen Kühlwasserkreislauf bzw. Sprühkreislauf. Der Vorteil des geschlossenen Systems ist die bessere Kontrollierbarkeit des Kühlwassers durch geringeres Kühlwasservolumen und kürzere, kaum verzweigte Rohrleitungen für den Kühlwasserstrom:



Verdunstungskühlanlage mit geschlossenem Kreislauf [1]

Daneben ist noch eine Kombination aus einem offenen und einem geschlossenen System („Hybridsystem“) üblich. Hybridsysteme können bei niederen Außentemperaturen „trocken“ betrieben werden. Trockenkühler werden zur Abdeckung der Grundlast eingesetzt und nur bei Spitzenlasten, wenn der Kühlbedarf besonders hoch ist oder die Kühlleistung der Trockenkühlanlage zu gering ist, eine Verdunstungskühlanlage zugeschaltet [3]. In diesem Fall wird der offene Kreislauf entleert und der geschlossene Kreislauf nur noch mit Luft gekühlt. Bei trockener Fahrweise mit Besprühung (Adiabatik) wird durch feine Zerstäubung von Wasser vor dem Kühler die Ansaugluft abgekühlt. Durch die Besprühung wird der Trockenkühler in seiner Leistungsfähigkeit etwas verbessert. In offenen Systemen bzw. im offenen Teil von Hybridsystemen werden üblicherweise Biozide, Härtestabilisatoren, Korrosionsschutzmittel und Dispergiermittel zugesetzt. Für ein geschlossenes System werden üblicherweise nur Korrosionsinhibitoren und Dispergiermittel verwendet, Biozide werden seltener benötigt.

Bedingt durch die Verdunstung von Kühlwasser reichern sich im Kühlturmbecken chemische, mineralische und mikrobiologische Bestandteile an. Diese Anreicherung wird durch eine regelmäßige Abschlammung bzw. „Absalzung“ zurückgesetzt. Das bedeutet: Eingedicktes Kreislaufwasser wird in den Kanal abgeleitet und sauberes Zusatzwasser wird nachgespeist. Der Austrag der zur Kühlturmkonditionierung eingesetzten Chemikalien belastet Kläranlagen und Vorfluter mit potenziell nachteiligen Wirkungen für das aquatische Ökosystem.

Wird das Kühlwasser nicht mit Bioziden behandelt, können sich in kurzer Zeit Mikroorganismen vermehren und Biofilme bilden. Es gibt mehrere Gründe, die Vermehrung von Mikroorganismen bzw. die Ausbildung von Biofilmen zu verhindern:

- Biofilme vermindern die Wirksamkeit des Wärmetauschers. So reduziert eine 1 mm dicke Schicht Biofilm die Kühlleistung um 30%.
- Bestimmte Mikroorganismen verursachen durch Säurebildung Korrosion.
- Legionellen (oder auch Pseudomonas) können aus der Anlage als gefährliche Aerosole in die Umwelt gelangen und schwere Infektionen verursachen.

Letzterer Umstand wird in diesem Bericht als „Legionellenproblematik“ bezeichnet und dessen Aspekte thematisiert. Aus Sicht der Legionellenproblematik erfüllen sowohl offene als auch geschlossene Anlagen die Voraussetzungen einer möglichen Gefährdungsentstehung, auch wenn in geschlossenen Systemen Biozide seltener benötigt werden.

LEGIONELLENPROBLEMATIK

Legionellen sind in der Natur weit verbreitete Bakterien, kommen natürlich im Grundwasser, in Oberflächenwässern und in feuchter Erde vor und können auch in geringen Konzentrationen ins Trinkwasser gelangen. In ungünstig konzipierten Trinkwasser-Erwärmungsanlagen, schlecht wärmegeprägten Kaltwassersystemen, schlecht gewarteten Beckenbädern, Kühltürmen und ähnlichen Systemen können sich Legionellen bei Temperaturen zwischen 25 und 45 °C und stagnierendem Wasser in Biofilmen vermehren. Erst bei Temperaturen über 60 °C sterben Legionellen rasch ab. Das Trinken von mit Legionellen belastetem Wasser stellt keine Gesundheitsgefährdung dar. Eine solche entsteht aber, wenn man Legionellen haltiges Wasser als Aerosol einatmet. Das Einatmen von mit Legionellen belasteten Aerosolen kann zu einer schweren Lungenentzündung („Legionärskrankheit“) führen, die Fallsterblichkeit schwankt zwischen 4 und 14 Prozent. Legionellen gehören zu den gefährlichsten Erregern von Lungenentzündungen. 2016 wurden von der nationalen Referenzzentrale der AGES in Österreich 161 Fälle von Legionärskrankheit registriert. Zwischen 2016 und 2021 stiegen die gemeldeten Fälle nahezu kontinuierlich an und

für 2021 werden von der AGES 278 Fälle ausgewiesen [4]. Es ist davon auszugehen, dass die Dunkelziffer hoch ist und in Österreich jährlich mehr als 1000 Fälle von Legionärskrankheit auftreten.

Infektionsquellen in Österreich

Da die Legionärskrankheit in Österreich meldepflichtig ist, werden Daten von der nationalen Referenzzentrale der AGES in (jährlichen) Berichten erfasst [5]. Potenzielle Infektionsquellen sind:

- nosokomial bzw. durch einen Aufenthalt in einem Krankenhaus bedingt
- reiseassoziiert
- ambulant, d.h. im privaten bzw. im beruflichen Umfeld

Im Jahresbericht 2018 sind für den Zeitraum 1996 bis 2017 1838 Fälle genannt. Davon sind 158 Fälle (8,6%) mit Gesundheitseinrichtungen assoziiert, 503 Fälle (27,4%) sind reiseassoziiert und 1177 Fälle (64%) ambulant erworben. Letztere enthalten einen erheblichen Anteil (1005), der als „vermutlich ambulant erworben“ ausgewiesen ist und keiner spezifischen Infektionsquelle zugeordnet ist¹². Somit ist die tatsächliche Infektionsquelle in ca. 50 % aller Fälle unbekannt.

Kühltürme als Infektionsquelle

Mit der Nachspeisung von Kühlwasser in die Verdunstungskühlanlage eingebracht können sich Legionellen dort in kurzer Zeit stark vermehren. Da Legionellen als Krankheitserreger nur bei Einatmung relevant sind, entsteht die Gefährdung primär durch den Austrag von Legionellen-haltigem Kühlwasser in Form von Aerosolen. Bedingt durch die weiträumige Ausbreitung von Aerosolen in Kühlwasserschwadern ist die Anzahl der potenziell Betroffenen jedenfalls hoch. In einem Review wurden die von Kühltürmen verursachten Ausbrüche von Legionellose systematisch dokumentiert und bewertet [6]: In 12 Ländern wurden über einen Zeitraum von 11 Jahren 19 Ausbrüche von Legionellose mit 1609 bestätigten Infektionen und einer Todesrate von durchschnittlich 6 % erfasst. Dabei wurde Legionella pneumophila der Serogruppe 1 am weitest häufigsten als pathogener Keim identifiziert. Bei 10 Ausbrüchen wird ein zeitlicher Zusammenhang mit einer mangelhaften Wartung von Kühlanlagen berichtet. Damit gemeint sind suboptimale Desinfektionsmaßnahmen, Hochdruckreinigungen bzw. ein Neustart nach Erhaltungsarbeiten. Die Legionellen-Konzentrationen im Kühlwasser schwankten zwischen 10^3 und 10^{10} koloniebildenden Einheiten pro Liter. Die Mehrzahl der Ausbrüche fanden in der warmen Jahreszeit und bei feuchten Witterungsbedingungen statt. Die Wohnorte der infizierten Personen waren bis zu 12 km von den Kühltürmen entfernt. Zwischen 2007 bis 2009 wurden von der AUVA österreichweit in 24 Betrieben „nasse“ Kühltürme beprobt und auf Legionellen hin untersucht. Dabei fanden sich in 57 % der Proben Legionellen, 22 % davon waren hoch belastet. Der Einsatz von Bioziden ist ein wichtiger Parameter für die Reduktion von Legionellen in Kühltürmen: Allen Proben mit hohen Keimzahlen an Legionellen, d.h. mehr als 1000 KBE pro 100 ml, war gemeinsam, dass dem Kühlturm laut Fragebogenauswertung kein Biozid zugesetzt worden war. Die Autoren betonen in der Studie die große Bedeutung von regelmäßigen Untersuchungen und Analysen der Prozesswässer, um gesunde Arbeitsplätze sicherzustellen [7].

Was die regulatorischen Maßnahmen zur Minderung des Legionellen Risikos bei Verdunstungskühlanlagen betrifft, besteht ein erheblicher Unterschied zwischen Österreich und Deutschland. Während in Deutschland mit der 42. Bundes-Immissionsschutzverordnung (42.

¹² Im Dokument ausgewiesenen Infektionsquellen sind: Arbeitsplatz, Autowaschanlage, Badewasser von Bädern, Blumenerde, Freizeiteinrichtung, Gefängnis, Haushalt, Kasernen, Kühlturm, Trinkwasser-Erwärmungsanlage von Bädern. Der Infektionsquelle „Kühlturm“ sind 14 Fälle zugeordnet.

BlmSchV) ein zentrales Regelwerk die immissionsschutzrechtlichen Anforderungen für Verdunstungskühlanlagen festlegt, gibt es in Österreich keine vergleichbare Regelung. Auf diesen Punkt wird im Kapitel „Gesetzliche Anforderungen“ eingegangen.

Zur Legionellenproblematik finden sich in einem Interview folgende für das Arbeiten bei Verdunstungskühlanlagen und Legionellenproblematik relevanten Statements (Inwatec GmbH: Interview 8):

- Legionellen brauchen zur Inaktivierung eine längere Kontaktzeit mit dem Biozid als viele andere Bakterien.
- Bei Legionellen ist eine Immunisierung nicht bzw. nur sehr eingeschränkt möglich. Es gibt eine hohe Dunkelziffer. Die leichte Verlaufsform (Pontiac Fieber) wird oft nicht erkannt.
- Man geht in Deutschland von insgesamt 30.000 bis 40.000 Fällen pro Jahr aus, bei der schwereren Verlaufsform von 3.000 bis 4.000 Fällen mit mehreren hundert bis knapp vierstelligen Todesraten. Die Erkrankung ist dem Robert Koch Institut meldepflichtig.

ABWASSER

In Verdunstungskühlanlagen werden zum Zweck der Kühlwasserkonditionierung eine Reihe von Chemikalien eingesetzt, die als solche bzw. als Abbauprodukte in Kanalisation, Kläranlage bzw. Vorfluter gelangen können. Im Kapitel „Kühlwasserkonditionierung“ werden Literaturquellen ([1], [8], [9], [10], [11], [12], [13]) hinsichtlich Bioziden, Dispergierungsmitteln, Härtestabilisatoren und Korrosionsinhibitoren ausgewertet. Zu Stofffrachten aus Verdunstungskühlanlagen finden sich nur wenige Quellen. Gartiser & Ulrich führen für Deutschland einen jährlichen Verbrauch von 4100 t oxidativen Bioziden (Chlor, Chlorabspalter, BCDMH, Wasserstoffperoxid) sowie 125 t nicht-oxidativen Bioziden (Isothiazolinone, DBNPA, QAV) an [12]. Die Studie thematisiert auch die Gen- und Ökotoxizität von Kühlwässern: So wurde bei Kühlwasserproben aus 7 Betrieben bei einer Probe ein gentoxischer Effekt festgestellt, der durch die Anwesenheit von Isothiazolinonen und Bronopol erklärt wird. In einer in [12] zitierten niederländischen Studie wurde das Kühlwasser von 14 Betrieben untersucht und dabei ein Zusammenhang zwischen der Wirkstoffkonzentration und der Ökotoxizität von Kühlwasserproben ermittelt. Generell wiesen die mit Isothiazolinon, DBNPA, β -Brom- β -nitrostyrol und Methylenbisthiocyanat behandelten Kühlwässer höhere Toxizitäten auf als die oxidativ wirkenden Biozide Natriumhypochlorit und Ozon. Das Ausmaß der Umweltbelastung durch Biozide insgesamt thematisiert eine Publikation des deutschen Umweltbundesamtes [3]: In Abhängigkeit von möglichen Eintragspfaden in Gewässer und Sedimente werden auf Basis eines Priorisierungskonzeptes¹³ Verdachtsstoffe identifiziert und dazu Probenahmen und Messungen empfohlen. In der Studie sind auch Wirkstoffe der Produktart 11¹⁴ genannt wie die Isothiazolinonderivate BIT, MIT, OIT sowie das Gemisch CMIT/MIT sowie Quaternäre Ammoniumverbindungen (QAV). Die genannten Stoffe sollten nach Maßgabe der geschätzten Emission, der ökologischen Wirkung und dem Verhalten in der Umwelt in den Abläufen von

¹³ Kriterien des Priorisierungskonzeptes sind: Emissionsmenge, ökologische Wirkung sowie Eintrag und Verhalten in Umweltkompartimenten

¹⁴ In Anhang V der Biozidprodukteverordnung, welche die Zulassung von Biozide in der EU regelt, werden Biozidprodukte in 22 Produktarten einstuft. Produktart 11 deckt dabei Schutzmittel für Flüssigkeiten in Kühl- und Verfahrenssystemen ab.

Kläranlagen sowie in städtischer Trennkanalisation untersucht werden¹⁵. Zu Abwasser und Ableitung in die Kanalisation bzw. Kanalisation finden sich in den Interviews folgende relevanten Aussagen:

- Beim Betreiber des Wiener Kanalsystems und in der Wiener Kläranlage werden derzeit keine Messungen von CMIT/MIT durchgeführt (Wien Kanal: Interview 1).
- Ins Emissionsregister Oberflächenwasserkörper (Emissionsregisterverordnung BGBl. II 207/2017) des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft werden nur Jahresfrachten von bescheidmäßig auferlegten und von prioritären Stoffen der EU-Wasserrahmenrichtlinie eingepflegt. Man hat also derzeit keine Datengrundlage, die Belastung unserer Gewässer mit CMIT/MIT zu beurteilen (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Tourismus: Interview 2).
- Bei dem hoch ökotoxischen Wirkstoff CMIT/MIT kann es aufgrund der hohen Stabilität im Kühlsystem (v.a. mit abnehmenden pH-Wert und zunehmender Wasserhärte) zu einer starken Aufkonzentrierung kommen und die Halbwertszeit kann bei mehreren Tagen liegen unter starker Erhöhung der Toxizität (Leuchtbakterientoxizität, G_L -Wert)(siehe dazu auch: Detailanalyse zu CMIT/MIT) (Inwatec GmbH: (Interview 8)

ARBEITNEHMER*INNENSCHUTZ

Zur vorbeugenden Vermeidung arbeitsbedingter Gesundheitsgefahren werden in der vorliegenden Studie die für die menschliche Gesundheit potenziell nachteiligen inhärenten Stoffeigenschaften – insbesondere das akuttoxische, allergene, mutagene, reproduktionstoxische, kanzerogene und chronisch toxische Gefährdungspotenzial – in die Bewertung der Biozide mit einbezogen. Soweit Kühlsysteme und deren Prozesswässer in Hinblick auf Arbeitnehmer*innenschutz thematisiert werden, findet zumeist eine Fokussierung auf die mikrobiologische Kontamination des Kühlwassers als potenzielle Gefahrenquelle am Arbeitsplatz statt [z.B. 7]. In der Literatur wird auf das Gefährdungspotenzial von Bioziden für die Kühlwasserkonditionierung bei Handhabung, Lagerung und Betrieb der Anlage nur vereinzelt eingegangen: Angesprochen wird der Arbeitsschutz beim Betrieb von Verdunstungskühlanlagen etwa von Sinder et al. im Sinne einer umfassenden Gefährdungsbeurteilung [1]. Dabei stellen chemische Einwirkungen durch verwendete Arbeitsstoffe einen Aspekt der Arbeitsplatzbeurteilung dar, die in Form von Betriebsanweisungen, Sicherheitsanalysen, Verfahrensanweisungen, Arbeitsbereich Analysen und Stellen- bzw. Aufgabenbeschreibungen dokumentiert wird. Müller & Bleck untersuchten in einem Forschungsvorhaben der BAUA Arbeitsbelastungen bei der Verwendung von bioziden Produkten [14]. Dazu zählen auch Biozide für die Produktart 11. Berufliche Anwender waren u.a. Personen, für welche die Handhabung von Bioziden einen wesentlichen Bestandteil ihrer beruflichen Tätigkeit darstellt. Ein Ziel des Vorhabens war die Beschreibung alternativer Umgangsarten mit verminderter Exposition sowie von „best available techniques“. Ein Leitfaden des Verbandes der Chemischen Industrie bietet eine Vorlage für die Gefährdungsbeurteilung vor der Inbetriebnahme bzw. bei Wiederinbetriebnahme von Verdunstungskühlanlagen [15]. Dabei soll auch eine mögliche Gefährdung durch z.B. Stoffeintrag, fehlende Desinfektion, Verschmutzung oder Störung des Anlagenbetriebs durch technische Defekte beurteilt werden.

In der Literatur und in den Interviews finden sich folgende für die Prävention bei Arbeiten mit Gefahrstoffen in Verdunstungskühlanlagen relevanten Statements:

¹⁵ Der Stand des Monitorings bzw. ob ein solches geplant ist, konnte zum Zeitpunkt der Erstellung des vorliegenden Berichtes nicht in Erfahrung gebracht werden.

- Eine erhöhte Gefährdung kann besonders dann vorliegen, wenn Beschäftigte bei Reinigungs- und Wartungsarbeiten (z. B. an Abscheidern) Hochdruckreiniger einsetzen und ungeschützt den "keimbelasteten" Sprühnebeln (Aerosole) ausgesetzt sind. Die Reinigung der Kühltürme ist eine kritische Tätigkeit, die üblicherweise mit Schutzanzug, Handschuhen und Atemschutz durchgeführt werden sollte. Die besonders bei wässrigen Systemen oftmals eingesetzte unbedarfte und häufig unkontrollierte Nutzung von Bioziden ist nicht das Mittel der Wahl. Vielmehr dürfen Biozide nur so gehandhabt werden, dass keine chemischen Gefährdungen entstehen. Nur sachkundiges Personal darf nach Angabe der Herstellerfirma die Zugabe von Bioziden vornehmen [66].
- Mitarbeiter sollten gemäß VDI 2047 Blatt 2 zur Symptomatik und Prävention (FFP3 Maske) besser geschult werden, das betrifft auch das Reinigungspersonal (Inwatec GmbH: Interview 8).
- Das Arbeiten mit Bioziden bei kleinen Anlagen ohne Dosierpumpe und ohne Dosierstation ist nicht sicher. Bei der Zudosierung aus Originalgebinden ohne Umfüllen (mit Sauglanzen) ist ein Kontakt unbedingt zu vermeiden. Übliche 1,4%ige CMIT/MIT Gemische können bei Spritzern in das Auge zu Erblindung führen. Kommt die ins Kühlsystem zudosierte CMIT/MIT-Anwendungslösung in Kontakt mit der Haut, so können sehr schlecht heilbare Wunden entstehen (Weidner Wassertechnik GmbH: Interview 5)
- Fälle bis hin zu Arbeitsunfähigkeit auf Grund der sensibilisierenden Wirkung von Isothiazolinon sind bekannt (Inwatec GmbH: Interview 8).
- Die Stoffwechselprodukte von Bakterien können Allergien und Entzündungen auslösen, wenn sie etwa in Klimaanlage auftreten. Dieses Phänomen ist unter dem Sick Building Syndrom bekannt. Solche Effekte können auch auftreten, wenn in schlecht gewarteten Kühlanlagen außer Legionellen auch Bakterien emittiert werden (Sanosil AG: Interview 7)

GESETZLICHE ANFORDERUNGEN

Bei der Datenerhebung und insbesondere im Zuge von Interviews mit ExpertInnen und BehördenvertreterInnen zeigte sich, dass die gesetzlichen Anforderungen für den Betrieb von Verdunstungskühlanlagen erhebliche Auswirkungen auf die Fragestellungen der Studie haben können. Daher beschäftigt sich dieses Kapitel mit den gesetzlichen Anforderungen für den Betrieb von Verdunstungskühlanlagen in Österreich und Deutschland. In Deutschland wurde mit der Einführung der 42. Bundes-Immissionsschutzverordnung (42.BImSchV) der Betrieb von Verdunstungskühlanlagen systematisch geregelt. Die Verordnung trat 2017 in Kraft und ist eine Reaktion auf durch Verdunstungskühlanlagen verursachte Ausbrüche von Legionellose auch mit Todesfolge. In Österreich existiert keine der 42.BImSchV vergleichbare Regelung für den Betrieb von Verdunstungskühlanlagen. Für Anlagen, die der wasserrechtlichen Bewilligungspflicht unterliegen, sieht die Abwasseremissionsverordnung AEV Kühlsysteme und Dampferzeuger Einleitungsverbote und -beschränkungen vor.

Österreich

Abwasseremissionsverordnung AEV Kühlsysteme und Dampferzeuger

Gemäß Wasserrechtsgesetz regelt die Abwasseremissionsverordnung AEV Kühlsysteme und Dampferzeuger die Einleitung von Abwasser aus Verdunstungskühlanlagen [16]. Sofern die Anlage wasserrechtlich zu bewilligen ist, ist die Ableitung folgender Stoffe nicht zulässig:

1. anorganische Verbindungen des Chroms aus dem Korrosionsschutz
2. anorganische Verbindungen des Quecksilbers
3. metallorganische Verbindungen
4. Mercaptobenzthiazole und Isothiazole
5. Nitrite
6. Organische Arbeits- und Hilfsstoffe, die eine Gesamtabbaubarkeit durch aerobe Mikroorganismen in einem wässrigen Milieu von nicht größer als 80% nach einer Testdauer von 28 Tagen aufweisen (Methode betreffend „Abbaubarkeit – DOC-Verfahren“ gemäß Anlage A Abschnitt II der Methodenverordnung Wasser (MVW), BGBl. II Nr. 129/2019 in der jeweils geltenden Fassung) ausgenommen Phosphonate und Polycaroxylate
7. Biozide aus der kontinuierlichen Bekämpfung von Organismenwachstum ausgenommen Persauerstoffverbindungen (z.B. Wasserstoffperoxid, Ozon)
8. Biozide aus der diskontinuierlichen Bekämpfung von Organismenwachstum (Stoßbehandlung) ausgenommen Chlor, Brom, chlor- und bromhaltige oder abspaltende Biozide, Glutaraldehyd oder Persauerstoffverbindungen

Außerdem dürfen keine anorganischen Zinkverbindungen aus der Kühlwasserkonditionierung in Hauptumlaufkühlsystemen von thermischen Kraftwerken eingeleitet werden. Das Einleitungsverbot gilt als eingehalten, wenn nachgewiesen wird, dass die verwendeten Arbeits- und Hilfsstoffe die genannten Stoffe nicht enthalten. Bei der Einleitung in ein Fließgewässer oder eine öffentliche Kanalisation sind Emissionsbegrenzungen u.a. für freies Chlor einzuhalten. Bei Einsatz von Chlordioxid oder Brom an Stelle von Chlor ist eine entsprechende, auf Chlor umgerechnete Emissionsbegrenzung einzuhalten. Der Einsatz von chlor- oder bromhaltigen oder -abspaltenden Bioziden ist nur als Stoßbehandlung zulässig. Während der Stoßbehandlung ist die Anlage oder der für die Stoßbehandlung vorgesehene Teil geschlossen zu halten. Außerdem sind Grenzwerte für Temperatur, und Bakterientoxizität einzuhalten.

Normen

Bei den Normen handelt es sich strenggenommen um keine gesetzlichen Anforderungen per se, diese können allerdings in Wasserrechtsbescheiden angeführt sein.

ÖNORM B 5020: Anforderungen an die mikrobiologische Wasserbeschaffenheit in Verdunstungs-Rückkühlanlagen [53]

Die Norm richtet sich an Betreiber, Instandhalter, untersuchende Stellen und zuständige Behörden. Die mikrobiologische Untersuchung im Labor umfasst die aerobe Keimzahl, Legionellen sowie *Pseudomonas aeruginosa*. Bei neu errichteten offenen, nassen Rückkühlbauwerken wird die regelmäßige Kontrolle nach der ÖNORM bescheidmäßig vorgeschrieben. Dabei ist es unerheblich, ob das Kühlwasser als Kühlmedium im Prozess direkt eingesetzt wird oder die Prozesswärme über Wärmeübertrager aus einem Primärkühlkreislauf auf einen Wasserkühlkreislauf übertragen wird. Zum Zeitpunkt der Studiererstellung war ÖNORM B 5020 in Überarbeitung (Normungsausschuss zur Überarbeitung ÖNORM B 5020: Interview 12)

ÖNORM M 7744 (Entwurf) [17]

Die Norm ist bis dato ein Entwurf bzw. nicht fertig ausgearbeitet. Die Gültigkeit sollte sich auf bestehende und neu zu errichtende Anlagen beziehen, bei denen Wasser verrieselt oder versprüht wird oder anderweitig in Kontakt mit der Atmosphäre kommen kann und das im Kreislauf geführt wird. Das im Entwurf beschriebene Anlagen-Monitoring sollte eine angemessene Kontrolle und Überwachung der chemischen Wasserqualität ermöglichen. Für Anlagen, die der wasserrechtlichen Bewilligungspflicht unterliegen, sieht die Abwasseremissionsverordnung AEV Kühlsysteme und Dampferzeuger jedoch in Österreich Einleitungsverbote oder -beschränkungen vor. In Wien müssen Verdunstungskühlanlagen nach § 61 der Wiener Bauordnung per Bescheid bewilligt werden. In punkto Umweltbelastungen werden in diesem Zusammenhang aber nur die Lärmemissionen betrachtet. Eine Meldepflicht in ein Register oder Kataster gibt es nicht.

Deutschland

42. Bundes-Immissionsschutzverordnung (42.BImSchV)

In Deutschland sind die Pflichten verantwortlicher Unternehmen bei der Überwachung von Legionellen in Verdunstungskühlanlagen mit der 42. Bundes-Immissionsschutzverordnung [2] und der Richtlinienreihe VDI 2047 [18] umfassend geregelt. Die Verordnung trat 2017 in Kraft und ist eine Reaktion auf von offenen Verdunstungskühlanlagen verursachte Ausbrüche von Legionellose in Warstein (2013), Jülich (2014) und Bremen (2016) mit insgesamt 8 Toten. Das heißt, die Verordnung wurde primär zum Schutz vor Legionellen erlassen. Als Verdunstungskühlanlage im Sinne der Verordnung gelten Anlagen, bei denen durch Verdunstung von Wasser Wärme an die Umgebungsluft abgeführt wird, insbesondere bestehend aus einer Verrieselungs- oder Verregnungseinrichtung für Kühlwasser und einem Wärmeüberträger. Ausgenommen sind Kühltürme mit einer Kühlleistung von mehr als 200 Megawatt je Luftaustritt. Die allermeisten Anlagen fallen somit in die Kategorie Verdunstungskühlanlagen. Die Verordnung gilt für die Errichtung, die Beschaffenheit und den Betrieb von Verdunstungskühlanlagen, Kühltürmen und Nassabscheidern, in denen Wasser verrieselt oder versprüht wird oder in Kontakt mit der Atmosphäre kommen kann. Wesentliche Eckpunkte sind:

- Behördliche Anzeigenpflicht für Bestands- und Neuanlagen. Die Meldung betroffener Anlagen in Form von Geokoordinaten erfolgt in das Onlineportal „Kataster der Verdunstungskühlanlagen“
- Allgemeine Anforderungen an die Errichtung der Anlage nach dem Stand der Technik

- Anlegen und Pflegen eines Betriebstagebuchs
- Mindestens zweiwöchentliche betriebsinterne Überprüfung chemischer, physikalischer und mikrobiologischer Kenngrößen des Nutzwassers
- Regelmäßige Laboranalyse des Nutzwassers zur Bestimmung der mikrobiologischen Belastung mit Fokus auf Legionellenkonzentrationen. Die Probennahme ist durch eine hygienisch fachkundige Person und die Laboruntersuchung durch ein akkreditiertes Labor durchzuführen
- Erstellung einer Gefährdungsbeurteilung und Maßnahmen bei Grenzwertüberschreitung
- Überprüfung des Anlagenbetriebs alle 5 Jahre durch einen vereidigten Sachverständigen
- Behördliche Melde- und Informationspflicht bei Überschreiten von Maßnahmenwerten für Legionellen im Nutzwasser

Europäische Union

BVT Merkblatt

Ein BVT-Merkblatt (englische Abkürzung: BREF) ist ein Dokument der Europäischen Kommission, das die besten verfügbaren Techniken (BVT) zur Vermeidung und Verminderung von Umweltauswirkungen eines Wirtschaftszweiges beschreibt und bei Anlagengenehmigungen von Behörden in der Europäischen Union berücksichtigt werden muss (Quelle Wikipedia). Für Kühlsysteme wurde 2001 ein entsprechendes Dokument¹⁶ erstellt, eine Überarbeitung soll 2023 beginnen. Auch österreichische Expert*innen nehmen an dieser Überarbeitung teil (Interview 2). Eine parallellaufende Erhebung des Standes der Technik von Kühlsystemen in Österreich durch das Bundesministerium für Klimaschutz erscheint aus Sicht des Studienautors sinnvoll.

Interviewaussagen zu gesetzlichen Anforderungen

Folgende Aussagen beziehen sich auf die in Österreich bestehenden gesetzlichen Anforderungen hinsichtlich des Betriebes von und Ableitungen aus Verdunstungskühlanlagen

- Es besteht Interpretationsspielraum bzw. Klärungsbedarf bei der Formulierung des Einleit-Verbots von "Isothiazolen" in der AEV Kühlsysteme und Dampferzeuger. Frage ist, ob damit auch die Isothiazolinone (z.B. Kathon – Mischung aus CMIT/MIT) gemeint sind. Dies konnte in den Gesprächen mit den österreichischen Interviewpartner*innen nicht eindeutig abgeklärt werden. Fakt ist, dass CMIT/MIT von der ECHA als biozider Wirkstoff in der Produktart 11 (also auch der Desinfektion von Kühlsystemen) zugelassen wurde und in der Praxis häufig verwendet wird (Wien Kanal: Interview 1; Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus: Interview 2)
- Im Rahmen der Gewässerzustandsüberwachungsverordnung findet unter anderem ein regelmäßiges Monitoring der Fließgewässer statt. Im Rahmen dieser Überwachung gibt es auch Sondermessprogramme z.B. für Arzneimittel oder Pestizide. Kühlsystem-Chemikalien waren bisher nicht dabei. Dies könnte aber etwa unter dem Schwerpunkt „Industriechemikalien“ angeregt werden. Sollten die Messergebnisse eine relevante Belastung, z.B. mit CMIT/MIT zeigen, könnte Österreich in einem weiteren Schritt für mehr

¹⁶ [Referenzdokument](#) über die Besten Verfügbaren Techniken bei industriellen Kühlsystemen Dezember 2001

Messungen auf EU-Ebene eintreten. Es wäre hierfür beispielsweise eine Meldung von CMIT/MIT in die Beobachtungsliste für Verdachtstoffe der EU-Wasserrahmenrichtlinie denkbar (Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus: Interview 2)

- In einem Interview mit Hygieneexpert*innen wird auf das Fehlen einer Norm in Österreich hingewiesen, welche die technischen Anforderungen an Kühlanlagen genauer spezifiziert. Die ÖNORM B 5020 deckt die mikrobiologischen Anforderungen an Zusatzwasser/Füllwasser und Kreislaufwasser/Umwälzwasser ab und ist derzeit in Überarbeitung. Die Regelung der technischen Anforderungen mit dem Arbeitstitel ÖNORM 7744 ist leider vor einigen Jahren gescheitert. In Deutschland gibt es eine praktikable Norm, die VDI 2047-2. In Österreich gibt es nichts Vergleichbares (Institut für Hygiene und angewandte Immunologie der MedUni Wien: Interview 4).

Folgende Aussagen beziehen sich auf den in Österreich bestehenden Kenntnisstand zu den Standorten von Verdunstungskühlanlagen:

- Vermutlich sind nur 10 bis 20 % aller Kühltürme (in Österreich) bekannt (Sachverständiger für Wasserhygiene, Interview 6).
- Bei Betreiber des Wiener Kanalsystems sind aktuell 14 Betreiber nach AEV Kühlsysteme und Dampferzeuger gemeldet. Das ist wahrscheinlich nur ein Bruchteil. Eine Ursache liegt darin, dass sich Bürogebäude und Firmen ohne Produktion, welche Kühltürme einsetzen, nicht als betriebliche Abwassereinleiter verstehen und somit übersehen, dass der Einleitung von Abwasser aus Kühltürmen trotzdem vom Kanalisationsunternehmen zugestimmt werden muss. Eine Verpflichtung des Kanalbetreibers, Einleiter aktiv zu ermitteln, besteht nicht (Wien Kanal: Interview 1).

In Interviews wird auf die Einrichtung eines Kühlturmkatasters in Österreich wie folgt Bezug genommen:

- Im Sinne der Infektionsprävention ist es aus Sicht der Hygiene und des öffentlichen Gesundheitswesens wesentlich, dass eine Meldepflicht für die Errichtung und den Betrieb von Verdunstungsrückkühlanlagen, also solchen, die Aerosole an die Umgebung abgeben, eingeführt und ein entsprechender Kataster eingerichtet wird (Institut für Hygiene und angewandte Immunologie der MedUni Wien: Interview 4).
- Die Einrichtung eines Kühlturmkatasters analog zu Deutschland wäre sehr wünschenswert (Sachverständiger für Wasserhygiene, Interview 6)

Folgende Interviewaussagen beziehen sich auf den (verbesserten) Kenntnisstand bzw. auf beobachtete „Effekte“ nach Implementierung der 42. Bundesimmissionsschutzverordnung:

- Während wir im Raum Düsseldorf vor Inkrafttreten der 42. BImSchV Kenntnis von 15 Anlagen hatten, sind es jetzt in unserem Zuständigkeitsbereich 350 Anlagen. Aber wahrscheinlich sind noch immer nicht alle Anlagen gemeldet, wir schätzen die fehlenden Meldungen auf ca. 20 %. Im Kataster sind die Anlagen mit Geodaten versehen. Treten Legionellosefälle auf, werden diese an uns gemeldet. Dann prüfen wir, ob im Umkreis von 1 km um den Infektionsausbruch Verdunstungskühlanlagen stehen. Diese schauen wir uns gezielt an und lassen uns die Prüfberichte vorlegen. Bis dato haben wir noch keinen Zusammenhang von einer Anlage mit einer gemeldeten Legionellose feststellen können. Aber dieses Procedere war vorher nicht möglich. Wir begehen auch Anlagen, wo Überschreitungen bei Legionellen gemeldet wurden. Die Anlagen sind gemäß 42.BImSchV von einem Sachverständigen alle 5 Jahre zu prüfen. Die Prüfberichte bekommen wir dann auch zugeschickt. Anhand dieser werden auch Standorte für Begehungen ausgewählt. Ein weiterer wichtiger Nebeneffekt der BImSchV bzw.

des Anlagenkatasters ist, dass wir jetzt auch deutlich mehr Einleiter von Kühlwässern in den Kanal kennen, die vor Inkrafttreten der 42. BImSchV um keine Genehmigung für die Einleitung angesucht hatten (Amt für Umwelt- und Verbraucherschutz Düsseldorf: Interview 11).

Im Interview wird die VDI 2047 Blatt 2 als das „Werkzeug der 42. BImSchV“ bezeichnet. Eine aktualisierte Version legt mehr Gewicht auf die Mitarbeiterschulung. Auch wird – als ein Effekt der 42. BImSchV – zumindest bei kleineren Kühlbedarf eine Dynamik hin zu geschlossenen Anlagen bzw. zu Hybridkühlanlagen oder adiabaten Kühlanlagen wahrgenommen (beide Typen fallen jedoch vollumfänglich unter die 42.BImSchV). Bei größeren Kühltürmen wird eine solche Dynamik nicht wahrgenommen (Inwatec GmbH: Interview 8).

VERDUNSTUNGSKÜHLANLAGEN IN WIEN

Schätzungen der Stadt Wien gehen davon aus, dass sich der Wiener Stromverbrauch für Klimatisierung zwischen 1995 und heute mehr als verzehnfacht¹⁷ hat und sich bis 2040 noch einmal verdreifachen wird auf gut 1000 GWh¹⁸ pro Jahr. Das häufigste Kühlmittel ist dabei Wasser. Zur Rückkühlung des erwärmten Wassers aber auch von klassischen Kältemitteln aus Kühlanlagen stehen dabei unterschiedliche Anlagenvarianten zur Verfügung, z.B. Verdunstungskühlanlagen mit offener bzw. geschlossener Kreislaufführung und adiabate Systeme, bei denen eine Luftkühlung durch eine nasse Kühlung mit Wasser in Zeiten erhöhten Kühlbedarfs ergänzt wird. Die Errichtung von Verdunstungskühlanlagen war in Wien lange Zeit mit keinen besonderen Auflagen verbunden, obwohl von diesen Anlagen bei schlechter Betriebsführung und Wartung eine Gefährdung der Gesundheit für Personal und umliegende Anrainer ausgehen kann.

Verdunstungskühlanlagen als potenzielle Emissionsquelle für Legionellen

In den Jahren 2002 bis 2007 wurden in Wien von der Magistratsabteilung 15, Fachbereich Infektionsvorsorge 129 Legionellosen registriert bzw. dokumentiert¹⁹. Aus den Daten geht hervor, dass die Zahl der jährlichen Infektionen in Wien im Zeitraum der Jahre 2002 bis 2005 etwa gleich blieb und im Jahr 2006 leicht anstieg. Im Spätsommer 2007 wurden in Wien mehr Fälle der Legionärskrankheit als sonst diagnostiziert. Im Zuge der Ursachenforschung wurden von der AGES auch offene Verdunstungskühlanlagen beprobt und es konnte ein Zusammenhang mit einigen Legionellosefällen mit schwerem Verlauf hergestellt werden. Das Kontrollamt führte deshalb 2008 bei der Magistratsabteilung 15 (zuständig für Hygiene) eine Prüfung hinsichtlich der Fälle mit Legionellen Infektionen in Wien durch [19]. Bei Einsicht in die Unterlagen zeigte sich, dass in 41 % der Fälle der Wohnort oder "unbekannt" als Ursache angeführt war bzw. in einer zweiten Auswahl in 56 % der Fälle der Wohnort, "unbekannt" und eine weitere, allerdings sehr unsichere, mögliche Quelle genannt wurden. Zusammenfassend gab es somit in etwa der Hälfte der Fälle keine oder nur eine sehr vage Zuordnung zu einer möglichen Infektionsquelle, was auch der Datenlage für Österreich entspricht [5].

Aktivitäten des Wiener Kontrollamtes

Das Kontrollamt schlug nach den mikrobiologischen Untersuchungen von offenen Verdunstungskühlanlagen der AGES von 2007 eine systematische Erfassung in einem Kataster vor. Als grundsätzliches Problem wurde dabei das Fehlen eines diesbezüglichen Bundesgesetzes erkannt. Die Recherchen ergaben, dass die Vielzahl der Rechtsmaterien, die unterschiedlichen Zuständigkeiten sowie die Kompetenzverteilung zwischen dem Bund und dem Land Wien die Umsetzung eines Katasters erheblich erschweren. In einer Amtsbesprechung im November 2007 wurde der Vorschlag gemacht, die Standorte nasser Kühltürme mit Hilfe der Ansuchen um Reduktion von Kanaleinmündungsgebühren (damals war die Magistratsabteilung 30 zuständig) zu erheben. Dieser Vorschlag geht davon aus, dass die Kanaleinmündungsgebühr dem Wasserverbrauch proportional ist, bei nassen Kühltürmen aber ein Teil des bezogenen Wassers verdunstet und dadurch nicht in das Kanalsystem gelangt. Eine diesbezügliche Liste der ehemaligen Magistratsabteilung 30

¹⁷ Wiener Energiebericht 2014 [Energieverbrauch in Wien - Energieberichte](#)

¹⁸ [waerme-und-kaelte-2040.pdf \(wien.gv.at\)](#) Kapitel 3

¹⁹ Seit 2001 besteht bei jedem Verdachts-, Erkrankungs- und Todesfall aus dem Titel einer Legionellose eine Anzeigepflicht bei der zuständigen Bezirksverwaltungsbehörde (Gesundheitsamt). Seit dem Jahr 2006 sind nur mehr der Erkrankungs- und Todesfall meldepflichtig.

(Wien Kanal) wies 70 Standorte aus²⁰. Nach Schätzungen eines Vertreters des österreichischen Kälte- und klimatechnischen Vereines (ÖKKV) betrug die tatsächliche Anzahl nasser Kühltürme in Wien jedoch im Jahr 2007 rund 1.000²¹. Das Kontrollamt empfahl, ein Projekt zur Erstellung eines Kühlturmkatasters zu initiieren. Im Rahmen dieses Projektes sollten u.a. rechtliche Fragen, Fragen der Zuständigkeiten, der Wartung der Katasterdaten, der Verknüpfung mit Infektionsdaten sowie eine Vorgehensweise im Anlassfall erarbeitet werden. Es wurde auch empfohlen weitere Kühltürme anhand von Luftaufnahmen Wiens (bzw. der MA 41) zu identifizieren. Die Standorte und Anzahl nasser Kühltürme in der Stadt Wien, die vor 2007 errichtet wurden, blieben allerdings bis heute unbekannt. Univ. Prof. Günter Wewalka von der AGES²² wies im September 2013 in seinem Vortrag „Anforderungen an die mikrobiologische Wasserqualität von Verdunstungskühlanlagen – neue ÖNORM B 5020“ darauf hin, dass es sehr schwierig sei, Kühltürme als solche zu untersuchen, da es für diese kein Standortregister gibt [20]. In seiner Conclusio empfahl er ein Register für nasse Kühltürme bei lokalen Behörden bzw. eine bundesweite gesetzliche Meldepflicht derselben.

Bisher wurde aber lediglich eine Revisionsliste erstellt, in welche die über Wien Kanal erhobenen, etwa 70 Standorte eingetragen wurden. Den jeweiligen Betreibern wurden Auflagen zur regelmäßigen, mikrobiologischen Kontrolle der Anlagen vorgeschrieben.

Gewerblich genutzte Verdunstungskühlanlagen werden aktuell vom jeweiligen Magistratischen Bezirksamt (MBA) unter Beiziehung der Abteilung für Gewerbeteknik, Feuerpolizei und Veranstaltungen (MA36) und des Wiener Gesundheitsdienstes (MA15) bewilligt.

Nicht gewerbliche Anlagen zur Gebäudekühlung von Bürogebäuden, Rechenzentren, Banken, Versicherung, Hotels, Pflegeheimen, Schulen etc. werden nach §61 der Wiener Bauordnung von der Wiener Baupolizei (MA37) bezirksweise per Bescheid bewilligt. Dabei wird ein Sachverständigengutachten durch die MA36 unter Beiziehung der MA15 erstellt, aber die Auflagen für die Bewilligung sind deutlich geringer. Über die Anzahl der so bewilligten Anlagen gibt es zudem keine Daten, da sie nicht unter einem gut zuordenbaren Titel zentral zusammenlaufen.

Verdunstungskühlanlagen in Gesundheitseinrichtungen werden von der MA40 (Soziales, Sozial- und Gesundheitsrecht) über das Wiener Krankenanstaltengesetz bewilligt, solche zur Rückkühlung von Kälteanlagen von der MA63 (Gewerberecht, Datenschutz und Personenstand).

Allein aufgrund der komplexen Zuständigkeiten ist eine Zusammenschau des Bestandes an Verdunstungskühlanlagen schwierig. Die MA15 ist jeweils bezirksweise im Rahmen der Bewilligungen zuständig, sodass auch dort Daten nicht an einer Stelle zusammenlaufen. Insgesamt sind offene Verdunstungskühlanlagen jedoch eher teuer und zudem mikrobiologisch heikler

²⁰ 2008 wurde diese Standortliste von der MA 63 überprüft und bei all jenen Anlagen, wo eine regelmäßige, mikrobiologische Qualitätskontrolle nicht im Bescheid vorgeschrieben war, wurde eine solche nachträglich vorgeschrieben. Die Rechtsgrundlage bildete §79 der Gewerbeordnung (interne Information der Landessanitätsdirektion Wien).

²¹ Nach Angaben des Düsseldorfer Amtes für Umwelt- und Verbraucherschutz (Interview 11) sind gemäß der verpflichtenden Meldung nach 42. BImSchV in Düsseldorf (ca. 0,6 Millionen Einwohner) aktuell 350 Verdunstungskühlanlagen registriert. Dies entspricht hochgerechnet auf die Einwohnerzahl von Wien (ca. 1,9 Millionen) ca. 1100 Anlagen. Somit stellt 1000 eher eine untere Grenze dar. Auch eine aktuelle Nachfrage bei der Innung für Mechatroniker kam zu dem Ergebnis, dass zwischen 750 und über 1000 Anlagen in Wien weiterhin eine realistische Zahl ist.

²² Institut für medizinische Mikrobiologie und Hygiene Wien, Nationale Referenzzentrale für Legionella-Infektionen

gegenüber adiabaten Anlagen oder einer Trockenkühlung. Die vielen im Rahmen der Studie kontaktierten Dienststellen berichten, dass selten offene Verdunstungskühlanlagen gegen neue getauscht werden und auch relativ wenige Anlagen neu errichtet werden.

Am häufigsten findet man Verdunstungskühlanlagen wahrscheinlich bei großen Bürogebäuden mit wenig Platz am Dach²³, bei Banken, Versicherungen, großen Lebensmittellagern mit Kühlung, Rechenzentren, Krankenhäusern, Pflegeheimen oder Eislaufhallen. Seit dem Bericht des Kontrollamtes werden allen danach errichteten Anlagen mikrobiologische Kontrollen in regelmäßigen Abständen vorgeschrieben. Diese sollten von Ziviltechniker*innen durchgeführt werden.

Für Gesundheitseinrichtungen sind regelmäßige mikrobiologische Untersuchungen in Verdunstungskühlanlagen nach ÖNORM B 5020 grundsätzlich vorgeschrieben.

Dies wurde auch in der [Hygienerichtlinie Nr. 4](#), Stand 18. Oktober 2017. Allerdings ist diese ebenfalls gerade in Überarbeitung.

Zu möglichen Kontrollen von Verdunstungskühlanlagen in Wien wurde erhoben, dass bei der Meldung von mehreren Legionellosefällen an die AGES in einem bestimmten Areal Wiens zumindest über Luftbilder untersucht werden könnte, ob sich eine Verdunstungskühlanlage in der Nähe befindet. Dann erginge eine Meldung an den Wiener Gesundheitsdienst, die Anlage mikrobiologisch zu untersuchen. Für eine umgehende Beprobung ist in so einem Fall die Prüf-, Inspektions- und Zertifizierungsstelle der Stadt Wien (MA39) zuständig und die Proben würden für die weitere Untersuchung wieder an die AGES zurückgehen. Gespräche mit der MA39 haben jedoch ergeben, dass man sich dort nicht erinnern kann, dass dies in der Praxis jemals vorgekommen wäre.

Dies lässt darauf schließen, dass Verdunstungskühlanlagen außerhalb der schon genannten Revisionsliste, die nach Aussagen der MA36 maximal ein bis zwei Anlagen pro Bezirk enthalten soll, praktisch nie von der Gesundheitsbehörde beprobt werden. Dieser Umstand trägt wahrscheinlich nicht dazu bei, dass sich alle Betreiber der Gefahr, die von ihren Anlagen für die Gesundheit von Menschen ausgehen kann, ausreichend bewusst sind. Sachverständige für Hygiene haben uns zudem bestätigt, dass die meisten Anlagen nur sehr selten mikrobiologisch beprobt werden und noch seltener wegen hoher Keimzahlen abgeschaltet und fachgerecht gereinigt werden.

Aktivitäten der Wiener Umweltschutzgesellschaft bzw. ÖkoKauf Wien

Da der Einsatz von Bioziden in Verdunstungskühlanlagen über die Legionellenproblematik hinausgehend in Bezug auf Emissionen in das Kanalsystem und Kläranlagen und auch für den Arbeitsschutz von Relevanz ist, wurde von der Wiener Umweltschutzgesellschaft (WUA) in Person von Frau DI Marion Jaros ab 2017 zu diesem Thema recherchiert und zuständige Personen und ExpertInnen kontaktiert. Ziel war es, Anlagenbetreiber bzw. Verantwortliche dabei zu unterstützen, die für ihre technischen Gegebenheiten optimalen Biozide bzw. Verfahren zu wählen und/oder die Anlage so zu betreiben, dass dabei möglichst umweltschonende Chemikalien in möglichst geringer Menge verwendet werden.

- Um in Wien auftretende Biozid-Frachten aus diesem Bereich abzuschätzen, stellte die WUA im Februar 2017 eine Anfrage an Wien Kanal. Dazu erging folgende Sachverhaltsfeststellung: Nur die Einleitung von Abwässern aus Kühlsystemen und Dampferzeugern, bei denen halogenabspaltende Biozide verwendet werden, ist wasserrechtlich bewilligungspflichtig. Zum Zeitpunkt der Beantwortung waren 10 Indirekteinleitungen von Kühlsystemen und Dampferzeugern, bei denen halogenabspaltende Biozide eingesetzt werden, wasserrechtlich

²³ Denn Trockenkühler brauchen mehr Platz.

bewilligt. Die durchschnittliche Wassermenge aus diesen Einleitungen betrug ca. 614 m³, die Gesamtfracht an AOX ca. 96 kg pro Tag [21], [54].

- Da somit zur gesamten Stofffracht für Wien keine Daten verfügbar sind, wurde auf Basis einer Hochrechnung für Deutschland [12] eine auf die Einwohnerzahl bezogene Schätzung vorgenommen (Deutschland: 83 Mio.; Wien: 1,9 Mio.). Daraus berechnet sich für Wien eine jährliche Fracht von 94 Tonnen an oxidativen und 2,9 Tonnen an nicht oxidativen Bioziden.
- Als weitere von der WUA veranlasste Aktivität wurden 2017 einige Biozide bzw. deren Rezeptur und Anwendungskonzentration in die Desinfektionsmitteldatenbank [WIDES](#) eingetragen und bewertet. Dabei wurde festgestellt, dass mit der Unschärfe des verwendeten Bewertungssystems und den theoretischen Annahmen bezüglich Menge und Frequenz der Dosierung nur eine grobe Abschätzung der Umweltfolgen möglich ist und detailliertere Angaben aus der Praxisanwendung erforderlich wären.

Schließlich wurde im Rahmen von ÖkoKauf Wien die vorliegende Studie für eine umfassendere Istzustands-Analyse beauftragt, sowie um wirksame Reduktionsmaßnahmen des Biozideinsatzes zu recherchieren.

KÜHLWASSERKONDITIONIERUNG UND BETRIEB

Literaturlauswertung

Der Abschnitt wertet 9 Studien, Berichte, Fachbücher sowie Richtlinien, welche unter anderem die Kühlwasserkonditionierung mit Chemikalien bzw. Bioziden thematisieren, aus. Berücksichtigt wird die Nennung biozider Wirkstoffe, Verbrauchsmengen, Vorkommen in Produkten, Gentoxizität sowie sonstige Konditionierungsmittel. Die Dokumente sind nach Publikationsdatum gereiht.

Tauschek [10], [71]: Der Ratgeber nennt häufig verwendete Wirkstoffe sowie Korrosionsinhibitoren.

Nocker et al. (2020) [9]: Die Studie beschäftigt sich mit der Inaktivierung von Bioziden bei der Probenahme zum Zweck der Bestimmung von Legionellen in Kühlwässern.

Sinder, Gringel, Hardt & Langerbein (2019) [1]: Das Fachbuch behandelt Ursachen und Vermeidung von Ausbrüchen von Legionellose in Verdunstungskühlanlagen und Kühltürmen. Dabei wird detailliert auf Anforderungen aus gesetzlichen (42. Bundes-Immissionsschutzverordnung) sowie technischen (VDI 2047) Regelwerken eingegangen.

VDI 2047 Blatt 2 (2019) [18]: Die Richtlinie unterstützt das Ziel, die Sicherheit von Verdunstungskühlanlagen sicherzustellen. Es werden Themen wie Bauarten, Arbeitsschutz und Gesundheitsrisiken – im Zusammenhang mit der Verbreitung von Legionellen und Pseudomonaden – behandelt und auch gebräuchliche Biozide angeführt.

Scharf et al. (2016) [13]: Der Bericht beschäftigt sich mit dem Einsatz von Bioziden in Kühlwasserkreisläufen und den Folgen für die Trinkwasserversorgung. Die Vor- und Nachteile der einzelnen Wirkstoffe, insbesondere aus der Sicht der Trinkwasserversorgung und hinsichtlich ihrer Bedeutung für die Umwelt werden zusammenfassend beurteilt.

Rajagopal et al. (2012) [61]: Das Fachbuch thematisiert betriebliche Fragen im Zusammenhang mit industriellen Kühlwassersystemen mit Schwerpunkt „Kontrolle von Biofouling“. Dabei werden auch gängige biozide Wirkstoffe angeführt.

Aquaprox (2007) [11]: Das Fachbuch behandelt Probleme bei Kühlwassersystemen und thematisiert dabei auch den Einsatz biozider Wirkstoffe.

Paulus (2005) [8]: Das US-amerikanische Standardwerk für Biozide gibt einen Überblick zu den am häufigsten verwendeten bioziden Wirkstoff zur Kühlwasserbehandlung.

Gartiser & Ulrich (2002) [12]: Im Rahmen der Studie wurden Einträge von Kühlwasserchemikalien in Oberflächengewässer der Bundesrepublik Deutschland erhoben. Es wurden Chemikalien aus Produktunterlagen ermittelt, Einträge über Verbrauchsdaten in Kühlanlagen bilanziert und Daten für eine Bewertung der Umweltrelevanz recherchiert. Kühlwasserproben bzw. Produkte wurden hinsichtlich gentoxischer Effekte untersucht. Die Studie nennt für Deutschland Verbrauchsdaten.

Biozide Wirkstoffe

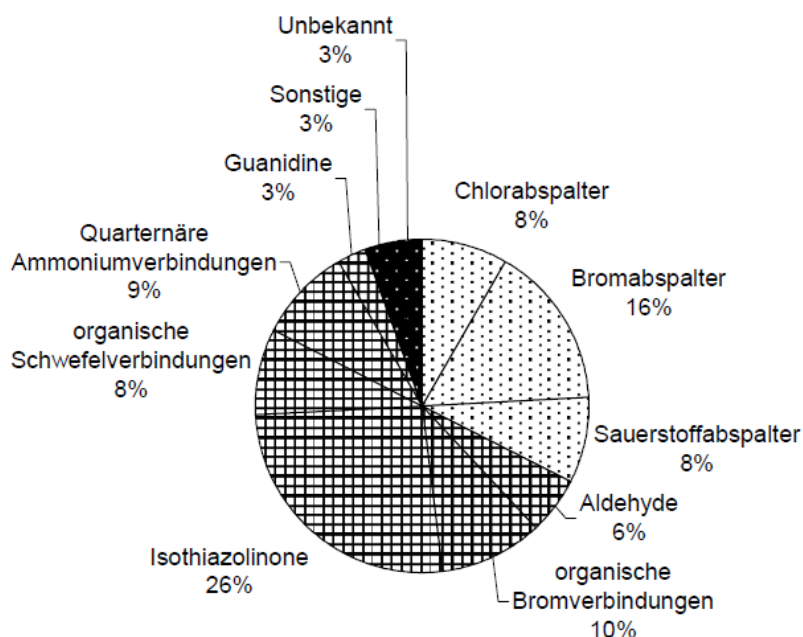
In der oben angeführten Literatur werden folgende bioziden Wirkstoffe mehrfach genannt:

OXIDATIVE BIOZIDE	
Chlordioxid	[1], [8], [10], [11], [13], [18], [61]
„Chlor“ (Chlor; Chlorbleichlauge; elektrochemisch)	[1], [8], [10], [11], [12], [13], [18], [61]
„Brom“ (Natriumbromid/Natriumhypochlorit)	[8], [11], [12], [18], [61]
Bromchlordimethylhydantoin (BCDMH)	[8], [10], [12], [13], [18], [61]
Ozon	[1], [8], [10], [11], [12], [13], [18], [61]
Wasserstoffperoxid	[8], [10], [12], [13], [18], [61]
Peressigsäure	[8], [12], [18], [61]
NICHT OXIDATIVE BIOZIDE	
DBNPA (2,2-Dibrom-2-cyanacetamid)	[8], [9], [10], [11], [12], [13], [18]
Bronopol (2-Brom-2-nitropropan-1,3-diol)	[9], [10], [12], [13], [18]
Isothiazolinone (CMIT/MIT)	[8], [9], [11], [12], [13], [18]
Benzalkoniumchloride (Quaternäre Ammoniumsalze, QAV)	[8], [9], [10], [11], [12], [13], [18], [61]
Glutaraldehyd	[8], [10], [11], [12], [13], [18]

Vereinzelnt genannt werden folgende Wirkstoffe: Tetrakis (hydroxymethyl)-phosphoniumsulfat (THPS); Peroxomonosulfat; Dichlorisocyanursäure; β -brom- β -nitrostyrol; Methylenbisthiocyanat; Dodecylguanidinhydrochlorid

In Produkten enthaltene biozide Wirkstoffe

Gartiser & Ulrich (2002) werteten ca. 100 Produkte mit bioziden Wirkstoffen aus. Laut Studie wurden damit 80% des (deutschen) Gesamtmarktes erfasst [12]:



Unter anderem wurden fünf Biozide und ein Korrosionsschutzmittel gentoxisch getestet. Dabei zeigten zwei Biozide mit Isothiazolinon als Wirkstoff mutagene bzw. gentoxische Wirkung. Bei

Kühlwasserproben aus sieben Betrieben wurde bei einer Probe ein gentoxischer Effekt festgestellt, der durch die Anwesenheit von Isothiazolinonen und Bronopol erklärt wurde. Die Studie zitiert in diesem Zusammenhang eine niederländische Studie, in der das Kühlwasser von 14 Betrieben untersucht und dabei ein klarer Zusammenhang zwischen der Wirkstoffkonzentration und der Ökotoxizität ermittelt wurde. So wiesen mit den bioziden Wirkstoffen Isothiazolinon, DBNPA, β -Brom- β -nitrostyrol und Methylenbisthiocyanat behandelte Kühlwässer höhere Toxizitäten (notwendige Verdünnung um den Faktor 769) auf als solche mit den oxidativ wirkenden Bioziden Natriumhypochlorit und Ozon (notwendige Verdünnung um den Faktor < 2).

Frachten an Kühlwasserchemikalien

Gartiser & Ulrich (2002) ermittelten bei deutschen Betreibern von Kühlanlagen Verbrauchsmengen von Kühlwasserchemikalien. Die dabei erhobenen Gesamtfrachten waren [12]:

	Industrielle Kühlsysteme	Kraftwerke
	[t/a] ¹⁾	[t/a] ²⁾
oxidative Biozide		
Chlor	52,3	
Natriumhypochlorit	27,7	8,2
Calciumhypochlorit	0,01	
Trichlorisocyanursäure	0,03	
Ammoniumbromid/Natriumbromid	?	
Natriumhypobromit	0,5	
1-Brom-3-Chlor-5,5-dimethylhydantoin	1,6	0,7
Wasserstoffperoxid	9,7	
Ozon	0,2	
Kaliummonopersulfat	0,1	
Peroxyessigsäure	0,3	
nicht oxidative Biozide		
2,2-Dibrom-3-nitropropionamid	0,1	
2-Brom-2-nitropropan-1,3-diol (Bronopol)	0,01	
Isothiazolinone	0,6	
S-Triazine	?	
Dodecylguanidinhydrochlorid (DGH)	0,01	
Methylen-bis-thiocyanat	0,1	
Quaternäre Ammoniumverbindungen	?	
Konditionierungsmittel		
Phosphonsäuren	6,6	1,7
Phosphate	0,7	
Triazole	2,4	?
Polycarboxylate	>7,7	>0,3
Natriummolybdat	1,0	
Zinksalze	11,9	
Hilfsmittel/Wasseraufbereitung		
N-Methyl-2-pyrrolidon	0,2	
Alkohole	2,4	
Fe(III)Cl ₃		145,2
anorganische Laugen	1,6	0,1
anorganische Säuren	42,2	4,9

¹⁾ 100 industrielle Kühlanlagen mit offener Kreislaufkühlung

²⁾ 10 Kraftwerke mit offener Kreislaufkühlung

Korrosionsschutz und Härtestabilisierung

Gartiser & Ulrich nennen ihrer Studie für den Kühlwasserbereich folgende Stoffe [12]:

Korrosionsinhibitoren: Phosphate, Phosphonate, Nitrit, Silikat und Molybdat. Als kathodische Inhibitoren Zink, Calciumcarbonat und Orthophosphat sowie für Kupferlegierungen 1,2,3-Triazole.

Härtestabilisatoren: Aminotrimethylenphosphonsäure (ATMP), Hydroxyethandiphosphonsäure (HEDP), Phosphonbutantricarbonsäure (PBTC) sowie Polycarboxylate²⁴ mit härtestabilisierender Wirkung in Kombination mit Phosphonsäuren.

In einem Dokument werden für Kühlwasserkreisläufe folgende Korrosionsinhibitoren genannt [71]:

Basisstoff Inhibitor	Beispiel/e:	Verwendung	Anmerkung
Zinksalze	Zinksulfat-Monohydrat	Eher selten	Abwassergrenzwert, Risiko „Zinkschwund“
Phosphate	Natrium-Tripolyphosphat	Mittel	Risiko von Calciumphosphat-ablagerungen
Phosphonate	HEPD, ATMP, HPAA, PBTC	Sehr häufig	Thermisch und chemisch sehr stabil, Nr. 1 bei Kühltürmen und Verdunstungskühlanlagen
Molybdat	Natriummolybdat	Sehr häufig	Bevorzugt bei halboffenen und geschlossenen Kühlkreisen eingesetzt. Sehr wirkungsvoll
Nitrite	Natriumnitrit	Mittel	Gefahr durch mögliche Oxidation von Nitrit, Problem Toxizität Abwasser
Silikate	Natriumsilikat	Eher selten	Risiko Calciumsilikatausfall
Azole	Benzotriazole, Tolyltriazole	Sehr häufig	Nr. 1 für Korrosionsschutz von Buntmetallen (Kupfer, Messing, Rotguss etc.)
Sauerstoffbinder	Natriumbisulfit, Ascorbinsäure	Mittel	In Kühltürmen z. B. nicht sinnvoll da ständige Sauerstoffsättigung stattfindet

Demnach werden in Kühlanlagen Natriummolybdat, Azole und Phosphonate häufig als Korrosionsschutzmittel eingesetzt²⁵. In Hinblick auf die Emission in die aquatische Umwelt ist zu differenzieren, welche der genannten Stoffe in offenen Kreisläufen verwendet werden. So werden Molybdat und Nitrit eher in geschlossenen Kreisläufen eingesetzt [72]. Jedenfalls sollten die human- und ökotoxikologischen Eigenschaften von Korrosionsinhibitoren in der Zusammenschau mit dem

²⁴ unter „Polycarboxylate“ sind verschieden bezeichnete Verbindungen (Polycarboxylat, Polycarbonsäure, Alkylepoxycarboxylat, Polyoxycarbonsäure, Polymaleinsäure, Maleinsäure/Copolymer, Acrylsäure-Co-polymer, Acrylsäure-Ter-polymer) zusammengefasst.

²⁵ In einem Interview findet sich der Hinweis, das Azole (d.h. Benzotriazol bzw. Tolyltriazol) aufgrund ihrer Persistenz bzw. komplexbildenden Eigenschaften in Holland und Belgien in der Verwendung stark eingeschränkt sind (Inwatec GmbH: Interview 8).

verwendeten Biozid ebenso berücksichtigt werden: So wird etwa aktuell laut ECHA [Benzotriazol](#) hinsichtlich einer möglichen Persistenz und endokriner Eigenschaften bewertet.

Physikalische Methoden (UV-, thermische Desinfektion)

Es finden sich Hinweise, dass in der Kühlwasserkonditionierung verwendete physikalische Methoden Einschränkungen unterliegen:

- So wird in einem Interview festgestellt, dass die Wirksamkeit einer UV-Behandlung durch Trübstoffe deutlich reduziert wird. Sie funktioniert also nur in Anlagen, in denen die Klarheit des Kühlwassers gesichert ist. UV-Behandlung eignet sich demnach in Kleinanlagen, die zur Luftbefeuchtung eingesetzt werden. UV-Licht kann Behandlungschemikalien wie etwa Azole angreifen und inaktivieren (Inwatec GmbH: Interview 8).
- Nach Sider et al. [1] stellt die thermische Desinfektion im Kühlwasserbereich eine Ausnahme dar. Grund ist, dass die notwendigen Temperaturen von über 70° C in solchen Systemen in der Regel nicht erzielt werden können. Ein hoher Energiebedarf und die mangelnde Beständigkeit der verbauten Materialien sind dafür ursächlich.
- Verfahren mit UV-Licht finden nach Sider et al. in Verdunstungskühlanlagen Anwendung, haben aber einen eingeschränkten Einsatzbereich. Diese ergeben sich durch Trübung des Wassers durch gelöste oder partikuläre Bestandteile.

Wirksamkeit verwendeter Biozide

Die Bauweise der Anlage und der laufende Betrieb ist von erheblicher Bedeutung für die Wirksamkeit verwendeter Biozide. Darauf wird in der vorliegenden Studie aber nur punktuell eingegangen. In einem Interview findet sich etwa folgende allgemeine Aussage:

- Die Wirksamkeit von Bioziden hängt unter Umständen vom pH und der Wechselwirkung mit anderen Chemikalien ab, weiters von der Art der Anlage: Handelt es sich um eine Direkt- oder Indirektkühlung? Ist es eine dynamische Anlage, d.h. mit hoher Umwälzleistung bezogen auf das Systemvolumen, dann sind Biozide, die schnell „strippen“ bzw. ausgasen – also etwa Chlordioxid – nicht Mittel der Wahl. Denn wenn die Kontaktzeit mit dem Biozid nicht ausreichend ist, ist auch eine Wirksamkeit gegenüber Legionellen nicht ausreichend gegeben. (Inwatec GmbH: Interview 8):

Die bauliche Ausführung ist insofern von Relevanz für die Wirksamkeit von Bioziden, als nach Sider et al. [1] eine gleichmäßige Durchströmung aller Anlagenteile gewährleistet und so der biozide Wirkstoff im gesamten System in ausreichender Konzentration verfügbar sein sollte. Für die Wirksamkeit oxidierender Biozide ist der Gehalt an organischer Verunreinigung und Schwebstoffen im Kühlwasser von Relevanz. Daher kommen Wasseraufbereitungs- bzw. Filtrationsverfahren Bedeutung zu [71]. So wurden Vollstromfilter als wirkungsvolle Möglichkeit zur Beseitigung von Verunreinigungen genannt²⁶. Zur Wirksamkeit und Unterlagen verwendeter Biozide finden sich folgende Aussagen:

- Für die von Industrie und Betreibern eingesetzten Biozide für das Kreislaufwasser werden zumeist keinerlei Informationen über deren biozide Wirkung, insbesondere gegenüber Legionellen und *Pseudomonas aeruginosa*, bekannt gegeben. Daher sind auch die in den Produktdatenblättern angegebenen Einsatzkonzentrationen nicht überprüfbar. Ein wirksames

²⁶ persönliches Gespräch mit Wien Energie.

Desinfektionsmittel sollte – bei vorgesehener Konzentration und Einwirkzeit - zumindest eine 4-log Reduktion der Zielmikroorganismen erreichen können. In einem Einzelfall, in dem die Unterlagen zur bioziden Wirkung offengelegt wurden, stellte sich heraus, dass die im Produktdatenblatt angegebene Mindestkonzentration um einen Faktor 10 zu gering angesetzt war. Dieser Fehler wurde vom Hersteller daraufhin im Produktdatenblatt korrigiert. (Institut für Hygiene und angewandte Immunologie der MedUni Wien: Interview 4)

Chemical Leasing (externe Dienstleister)

Zur Frage, ob und wie weit die Wartung einer Anlage an externe Dienstleister ausgelagert werden kann, finden sich in den Interviews Hinweise ([Chemical Leasing](#)). Dazu wird etwa ausgeführt

- Es gibt wenige Errichter von Anlagen, die einen Service mit Wasseranalysen anbieten oder einen Reinigungsservice. Insbesondere bei kleinen Kühlanlagen überlässt der Anlageneigentümer die Wartung häufig dem technischen Dienst. Die ordentliche Wartung hängt dann davon ab, wie versiert oder interessiert der Betreuer vor Ort, wie z.B. der Hausmeister, ist. Bei Personalwechsel oder Pensionierungen kann es zudem zu Unterbrechungen bei der regelmäßigen Wartung kommen. Bei kleinen Anlagen wird auch häufiger überdosiert nach dem Motto „Viel hilft viel“. Aufgrund der geringen Größe fallen die Kosten für die Biozide im Vergleich zu großen Anlagen weniger ins Gewicht. Bei großen Anlagen mit hunderten Tonnen Kühlwasser schlägt eine um 1 oder 2 ppm höhere Konzentration an Bioziden jedoch gleich zu Buche. Deshalb wird dort schon aus ökonomischen Gründen zumeist sorgfältiger dosiert und überwacht. Grundsätzlich wird nicht jedes Potenzial, den Chemikalieneinsatz zu senken, gehoben. Besonders wenn Anlagen viele Jahre stabil gefahren werden konnten, möchte das Wartungspersonal die erfolgreiche Betriebsführung nicht gerne verändern (Sanosil AG: Interview 7).

Ein in Deutschland tätiges Unternehmen beschreibt ihre Dienstleistungsangebote wie folgt:

- Chemikalienleasing ist in unserem Unternehmen gängige Praxis. So verrechnen wir Anlagenbetreibern bei Wartungsverträgen etwa den Biozid Einsatz zum Festpreis und das bei einer eingehaltenen Legionellenkonzentrationen, also etwa einem Prüfwert < 1000 KBE / 100 ml. Sehr niedrige Konzentrationen zu garantieren wäre unseriös. In der Behandlungspauschale pro m³ behandeltem Zusatzwasser ist neben dem Biozid auch der Korrosionsschutz und die Härtestabilisierung inkludiert. Wir machen auch Angebote für die Aufbereitung von Kühlwässern. Durch die Entsalzung und Rückführung des Kühlwassers kann der Wasserverbrauch und die Abwassermenge reduziert werden. Auch die Aufbereitung von Teilströmen kann über Leasingverträge in Form von behandeltem Wasser pro m³ geregelt werden. Das ist etwa für größere Anlagenbetreiber interessant. Kleinere Anlagenbetreiber haben häufig keine gut geschulten Mitarbeiter zur Verfügung, um alle Auflagen der 42. BImSchV gut zu erfüllen. Sie schließen gerne Komplettverträge ab, welche das Anliefern und Abfüllen von Chemikalien sowie das Betreiben der Anlage zusammen mit den Dokumentationspflichten – also Betriebstagebuch, Chemikalien-Analytik, Legionellen-Analytik - auslagern. Die Verantwortung, bzw. die Haftung verbleibt aber immer beim Betreiber. Der Dienstleister wird nur so viel Chemikalien als nötig einsetzen, um den Vertrag wirtschaftlich zu gestalten. Externe Wartungsverträge sind in Deutschland mittlerweile sehr gängig geworden. Durch die Einführung der 42.BImSchV ist die Motivation, Contractingmodelle abzuschließen, gestiegen. Das hat auch mit den gestiegenen organisatorischen Anforderungen zu tun wie Sachverständigenprüfung, Betriebstagebuch, Probenahme-Intervalle einhalten und Inspektionen durchführen (Inwatec GmbH: Interview 8).

Von der mit der Einhaltung der 42. BImSchV betrauten Behörde wird die Situation in Deutschland wie folgt dargestellt (Amt für Umwelt- und Verbraucherschutz Düsseldorf: Interview 11):

- Im Immobilienbereich wechseln Akteure häufig, was schlecht für den Informationsfluss ist. Die Personen vor Ort wissen zum Teil gar nicht, was ihre Anlage macht bzw. wo die Unterlagen liegen. Wo es um Gebäudekühlung geht, das heißt bei Büro-, Verwaltungsgebäuden, Rechenzentren, Krankenhäusern oder Einkaufszentren, beauftragen ca. 90 % der Betreiber Fremdfirmen mit der Wartung der Anlage. Bei produzierenden Betrieben gibt es zum Teil noch eigenes Fachpersonal. Das Bewusstsein der Betreiber für die Legionellen-Problematik hat sich in den letzten Jahren gebessert. Im Bereich der Gebäudekühlung ist sogar eine erhebliche Verbesserung eingetreten.

DETAILANALYSE BIOZIDE WIRKSTOFFE (PRODUKTART 11)

Stoffdaten

Um die in Kühlsystemen eingesetzten bioziden Wirkstoffe vergleichend zu bewerten, wurden Stoffdaten aus der [Datenbank](#) der Europäischen Chemikalienagentur ECHA ausgewertet. Die ECHA ist treibende Kraft bei der Umsetzung der Rechtsvorschriften der EU im Bereich Chemikalien. Biozide, die als Schutzmittel in Verdunstungskühlanlagen zum Einsatz kommen, werden von der ECHA im Rahmen der Biozidprodukteverordnung in der Produktart (PT) 11 bearbeitet²⁷. Die Einträge für Zulassung in PT11 (Schutzmittel für Flüssigkeiten in Kühl- und Verfahrenssystemen) bilden die Ausgangsbasis für die Stoffauswahl zur Detailanalyse. Bei der Auswahl wurden folgende Dokumente berücksichtigt:

- BPC Stellungnahmen²⁸ bzw. Wirkstoffberichte²⁹ gemäß EU Biozidprodukte-Verordnung³⁰.
- Registrierungs dossiers im Rahmen von REACH³¹,
- harmonisierte Einstufungen³² nach CLP Verordnung³³.

Tabelle 1 im Anhang enthält alle aktuellen Einträge für PT 11 zusammen mit ihrem Zulassungsstatus. Stoffeinstufungen bzw. Stoffdaten wurden wie folgt erhoben:

²⁷ In Anhang V der Biozidprodukteverordnung werden Biozidprodukte in 22 Produktarten eingestuft. Produktart 11 betrifft Schutzmittel für Flüssigkeiten in Kühl- und Verfahrenssystemen.

²⁸ Stellungnahme des Ausschusses für Biozidprodukte (BPC) in Bezug auf verschiedene BPR-Prozesse.

²⁹ Dossier zur Genehmigung eines Wirkstoffes. Darin wird dargestellt, ob ein Wirkstoff geeignet ist, in Biozidprodukten verwendet zu werden.

³⁰ Die Biozidprodukteverordnung (BPR) regelt die Genehmigung von Wirkstoffen und die Zulassung von Biozidprodukten. Die Prüfung bzw. Zulassung biozider Wirkstoffe erfolgt im Rahmen eines Prüfprogramms. Die ECHA stellt den [Status der Zulassung](#) sowie Wirkstoffberichte (BPR Reports) bereit.

³¹ Bei der REACH Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 handelt es sich um das Europäische Chemikalienrecht. Eine Datenbank der ECHA erfasst alle in der EU in Mengen über einer Tonne pro Jahr hergestellten und importierten Chemikalien. Die ECHA ist zentrale REACH-Behörde.

³² Bei besonders kritischen Gefahren (Kanzerogenität, Mutagenität, Reproduktionstoxizität [CMR] sowie Inhalationsallergenen) sollte die Einstufung und Kennzeichnung generell EU-weit harmonisiert werden, um ein angemessenes Risikomanagement zu gewährleisten. Dies geschieht im Verfahren für die [harmonisierte Einstufung und Kennzeichnung \(CLH\)](#). Die harmonisierte Einstufung und Kennzeichnung findet sich in der [Datenbank des C&L Verzeichnisses](#).

³³ Die CLP-Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 regelt die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen. Ein Kernprinzip der Verordnung ist die „Selbsteinstufung“ eines Stoffes oder eines Gemischs durch den Hersteller, Importeur oder nachgeschalteten Anwender. Ziel der Selbsteinstufung ist es zu ermitteln, ob ein chemischer Stoff oder ein Gemisch mit physikalischen, Gesundheits- und/oder Umweltgefahren verbunden ist.

- Auf der Webseite „[Information on Biocides](#)“ wurde in der Suchfunktion *PT 11* ausgewählt. Danach sind für die bioziden Wirkstoffe der Zulassungsstatus sowie allfällige BPC Stellungnahmen bzw. Wirkstoffberichte abrufbar.
- Harmonisierte Einstufungen und REACH Dossiers können auf der ECHA [Startseite](#) nach Eingabe der CAS Nummer über die *Substance Infocard* abgefragt werden. Diese bietet als Information die deutsche Stoffbezeichnung auch Hinweise auf eine laufende Untersuchung (z.B. auf endokrine Wirksamkeit). Die auf der *Substance Infocard* angeführte Einstufung wird dann zur Bewertung herangezogen, wenn in den oben genannten Quellen keine Einstufungen verfügbar sind.

ABC Kategorisierung

Die in dieser Studie verwendete ABC Kategorisierung der gefährlichen Eigenschaften von Bioziden wurde aus der Desinfektionsmittel-Datenbank WIDES³⁴ übernommen. Sie wurde vom Studienautor gemeinsam mit der AUVA, dem Österreichischen Umweltbundesamt und der Wiener Umweltschutzorganisation erarbeitet und wird im Anhang im Detail erläutert. Mit der ABC Kategorisierung ist ein Farbcode verknüpft. Gefährdungen werden auf diese Weise differenziert. Auf Basis von H-Sätzen (oder relevanten Datenlücken) wird ein Stoff der Kategorie

- Kategorie A (Farbcode Rot; sehr hohe Besorgnis),
- Kategorie B (Farbcode Gelb; erhebliche Besorgnis) oder
- Kategorie C (Farbcode Weiß; geringe Besorgnis)

zugeordnet. Kategorie A (rot) zugeordnete Inhaltsstoffe weisen eine für Gesundheit oder aquatische Umwelt besonders besorgniserregende Eigenschaft auf. Dazu zählen Stoffe mit nachgewiesenen mutagenen, kanzerogenen, reproduktionstoxischen, chronisch-toxischen, sensibilisierenden oder hoch umwelttoxischen Eigenschaften. Diese können bereits in geringen Konzentrationen die Gesundheit schädigen oder auch Wasserlebewesen abtöten. Kategorie B (gelb) zugeordnete Inhaltsstoffe weisen ein für die Gesundheit und Umwelt immer noch bedenkliches Gefährdungspotenzial auf. Für Kategorie C (weiß) wird angenommen, dass die bestehenden gefährlichen Eigenschaften (z.B. ätzend) durch geeignete Vorsorgemaßnahmen (Schutzkleidung, Handschuhe) ausreichend kontrollierbar sind. Stoffe der Kategorie C sollten bevorzugt werden.

Wirkstoffauswahl

Die Auswahl für die Detailanalyse berücksichtigt die Nennung in Forschungsberichten, Fachbüchern, Richtlinien (siehe Abschnitt Kühlwasserkonditionierung / Literaturlauswertung), Einträge in Produktart 11 - [Artikel 95-Liste](#)³⁵ sowie Einträge in Produktart 11 - [BAUA Melderegister](#)³⁶

³⁴ Siehe www.wides.at

³⁵ Gemäß Biozidprodukteverordnung dürfen Biozidprodukte nur dann vermarktet werden, wenn der Stoffhersteller/-lieferant oder der Biozidprodukthersteller/-lieferant in der „Artikel 95-Liste“ für die entsprechende Produktart aufgeführt ist (die Auswertung ist nicht Teil des Berichtes).

³⁶ In Deutschland sind Biozidprodukte vor dem Inverkehrbringen bei der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) zu melden bzw. zu registrieren. Diese sind über eine öffentlich zugängliche Datenbank erfasst bzw. können abgefragt werden.

MONOCHLORAMIN (ERZEUGT AUS ...)

Identität, Zulassung, Einstufung

Auf der Homepage der Europäischen Chemikalienagentur ECHA wurde der Zulassungsstatus von Monochloramin in der Produktart PT11 abgefragt. Auf der Webseite sind dazu vier in-situ Herstellungs- bzw. Freisetzungsverfahren ausgewiesen. Zum Zeitpunkt der Abfrage waren alle Zulassungsverfahren laufend und es fanden sich dazu keine veröffentlichten Dokumente. Ergänzend wurden daher Stoffdaten bzw. Einstufungen zu den in den Herstellungsverfahren genannten Ausgangsstoffen recherchiert, als Chlorquelle wurde Natriumhypochlorit angenommen:

Eintrag ECHA "information on biocides" (Abfrage: November 2022)	Stoffbezeichnung in Deutsch	CAS Nummer	BPR Zulassung PT11	Stoffinformation ECHA "Substance Infocard"	harmonisierte Einstufung	Einstufung REACH Dossier	BPR Dokument
Monochloramine generated from ammonia and a chlorine source	Aus Ammoniak und einer Chlorquelle erzeugtes Monochloramin	-	laufend	-	-	-	-
Monochloramine generated from ammonium carbamate and a chlorine source	Aus Ammoniumcarbamat und einer Chlorquelle erzeugtes Monochloramin	-	laufend	-	-	-	-
Monochloramine generated from ammonium chloride and a chlorine source	Aus Ammoniumchlorid und einer Chlorquelle erzeugtes Monochloramin	-	laufend	-	-	-	-
Monochloramine generated from ammonium sulphate and a chlorine source	Monochloramin, hergestellt aus Ammoniumsulfat und einer Chlorquelle	-	laufend	-	-	-	-
Ausgangsstoffe, Folgeprodukte bei der Herstellung von Monochloramin							
Herstellungsverfahren (Referenz)	Stoffbezeichnung	CAS Nummer	Funktion	Stoffinformation ECHA "Substance Infocard"	harmonisierte Einstufung	Einstufung REACH Dossier	BPR Dokument
Aus Ammoniak und einer Chlorquelle erzeugtes Monochloramin	Ammoniak (Gas)	7664-41-7	Ausgangsprodukt	-	H314, H331, H400	EUH071, H314, H331, Sens.: keine Daten, CMR & chron.Tox.: keine Einstufung; H400 (M1), H411	-
Aus Ammoniumcarbamat und einer Chlorquelle erzeugtes Monochloramin	Ammoniumcarbamat	1111-78-0	Ausgangsprodukt	-	-	H302, H318, Sens. & CMR & chron.Tox.: keine Einstufung; Aq. Tox. (akut & chronisch): keine Einstufung	-
Aus Ammoniumchlorid und einer Chlorquelle erzeugtes Monochloramin	Ammoniumchlorid	12125-02-9	Ausgangsprodukt	-	H302, H319	H302, H319, Sens. & CMR & chron.Tox.: keine Einstufung; Aq. Tox. (akut & chronisch): keine Einstufung	-
Monochloramin, hergestellt aus Ammoniumsulfat und einer Chlorquelle	Ammoniumsulfat	7783-20-2	Ausgangsprodukt	-	-	keine Einstufungen lt. REACH Dossier	-
Aus... und einer Chlorquelle erzeugtes Monochloramin	Natriumhypochlorit (= Chlorquelle)	7681-52-9	Ausgangsprodukt	-	EUH031, H314, H318; H400 (M10), H410 (M1)	EUH031, H314, H318, Sens., CMR & chron. Tox: keine Einstufung; H400 (M10), H410 (M1)	-
Aus... und einer Chlorquelle erzeugtes Monochloramin	Monochloramin	10599-90-3	Folgeprodukt	bewertet hinsichtlich endokriner Wirksamkeit	-	Lösung (2,5 - 10 g/l): Akut. Tox., Sens.: keine Daten, H314, H335, CMR.: keine Einstufung, H372 (Atemtrakt), Aq. Tox. (akut): keine Einstufung, H412. Lösung (< 3mg/l): keine Einstufung	-

ABC-Kategorisierung

Da für die Herstellungs- bzw. Freisetzungsverfahren für Monochloramin keine Zulassungsdokumente bzw. Einstufungen zur Verfügung stehen, kann für die ABC Kategorisierung nur das Fehlen von Daten zur Bewertung herangezogen werden. So sind alle Kategorien mit Ausnahme der Reiz- und Ätzwirkung mit „Erhebliche Besorgnis (Farbe Gelb)“ bewertet (siehe Anhang Tabelle 1).

Die für die Ausgangsstoffe, die Chlorquelle Natriumhypochlorit und das in-situ hergestellte Monochloramin aus REACH Dossiers recherchierten Daten und Einstufungen wurden ebenfalls für eine ABC Kategorisierung verwendet. Dabei ergibt sich für Ammoniumcarbammat, Ammoniumchlorid und Ammoniumsulfat ein vernachlässigbares Gefährdungspotenzial. Für Ammoniak (Gas) und Natriumhypochlorit zeigen die Einstufungen eine akuttoxisches Gefährdungspotenzial sowie ätzende Eigenschaften. Natriumhypochlorit ist kurz- bzw. langfristig toxisch für Wasserorganismen.

Das REACH Dossier für Monochloramin („Chloramide“) führt eine Einstufung für die wässrigen Handelslösung mit einer Konzentration von 2,5 g bis 10 g pro Liter an sowie eine Einstufung für die in Kühlsystemen verwendete Konzentration < 3 mg / L. Während für letztere Gefährdungen ausgeschlossen werden, ist die Handelslösung mit ätzend bzw. reizend sowie chronisch toxisch für die Atemwege (STOT RE 1, H372) eingestuft.

Ausgangsstoffe, Folgeprodukte bei der Herstellung von Monochloramin								
Stoffbezeichnung	CAS Nummer	Datenquelle(n) für ABC Kategorisierung	Akute Giftigkeit (Akut Tox.)	Reiz-, Ätzwirkung (Korr.)	Sensibilisierung (Sens.)	CMR & chronische Toxizität (CMR & chron. Tox.)	Gefährdung Oberflächen gewässer (Aq. Tox. akut)	Gefährdung Oberflächen gewässer (Aq. Tox. chronisch)
Ammoniak	7664-41-7	REACH Dossier	H331	EUH071, H314	-	-	H400 (M1)	H411
Ammoniumcarbammat	1111-78-0	REACH Dossier	H302	H318	-	-	-	-
Ammoniumchlorid	12125-02-9	REACH Dossier	H302	H319	-	-	-	-
Ammoniumsulfat	7783-20-2	REACH Dossier	-	-	-	-	-	-
Natriumhypochlorit (Chlorquelle)	7681-52-9	REACH Dossier	EUH031	H314	-	-	H400 (M10)	H410 (M1)
Monochloramin (2,5 - 10 g /l)	10599-90-3	REACH Dossier	?	H314, H335	?	H372 (Atemtrakt, Inhalation)	-	H412
Monochloramin (< 3 mg/l)		REACH Dossier	-	-	-	-	-	-

Arbeitnehmer*innenschutz

Die Gefahrstoffdatenbank der Deutschen Unfallversicherung GESTIS führt zum Gefährdungspotenzial von Chloramin³⁷ an [41] :

- Infolge der Leichtflüchtigkeit der wasserlöslichen Flüssigkeit ist eine inhalative Exposition unter Normalbedingungen vor allem gegenüber Dämpfen möglich. Sein hohes Reizpotential betrifft hauptsächlich Schleimhäute der Augen und oberen Atemwege bzw. im Magen-Darm-Trakt (nach Ingestion). Erfahrungen zur Augenreizung stammen z.B. aus Schwimmbädern, deren Wasser durch Zusatz von Chloramid desinfiziert werden kann.
- In der Sekundärliteratur wurde von einem sensibilisierenden Potential ausgegangen, obwohl dieses nicht belegt ist. Wahrscheinlich ist der Grund eine Originalarbeit, nach der

³⁷ Chloramin und Chloramid sind synonym

„pulverförmiges Chloramin oder Lösungen“ allergische Kontakturtikaria ausgelöst haben sollen. Hierbei muss es sich also nicht um Chloramid, sondern um Chloramin T gehandelt haben.

- Die Inhalation von Chloramid Dämpfen (hauptsächlich durch unsachgemäßen Umgang mit Hypochlorit-Bleichlösungen entstanden) hat in einer Reihe von Fällen zu Vergiftungen mit der Symptomatik Augenreizung, Kopfschmerz, Übelkeit, Erbrechen, Schwäche sowie Funktionsstörungen/Schädigung des Atemtraktes (Tracheobronchitis, Pneumonie, manchmal Atemstillstand) und auch zu Spätschäden geführt.
- Aus einer EPA-Bewertung von Langzeittrinkwasserstudien an Nagern folgte ein NOAEL für C. von 200 ppm (9,5 mg/kg x d), aus dem eine Referenzdosis für Trinkwasser von 0,1 mg/kg pro Tag abgeleitet wurde. Der Guideline-Wert der WHO beträgt 3 mg/l.

Anwendung (Literatur)

In der ausgewerteten Literatur finden sich nur vereinzelt Referenzen zum Einsatz von Monochloramin in Verdunstungskühlanlagen. Tauschek [67] macht zu dem Wirkstoff folgende Angaben:

- Die Desinfektion mit Monochloramin erfreut sich generell immer größerer Beliebtheit, weil das Produkt im Verteilungssystem stabiler ist, die Bildung von Desinfektionsnebenprodukten minimiert, Biofilme besser durchdringen und Bakterien erfolgreicher abtöten kann als freies Chlor. Allerdings hat Monochloramin auch eine geringere Desinfektionswirksamkeit als freies Chlor und erfordert eine viel längere Kontaktzeit oder eine höhere Dosis, wenn es als Primärdesinfektionsmittel verwendet werden soll. Ein weiterer wichtiger Punkt, der bei der Desinfektion mit Monochloramin unbedingt noch bedacht werden sollte, ist die Tatsache, dass die Forschung zu diesem Produkt noch in den Kinderschuhen steckt. Um die genaue Wirkung von Monochloramin auf die Persistenz und das Wachstum von Legionellen innerhalb von Biofilmen zu untersuchen, sind daher noch viele weitere Forschungsarbeiten notwendig.

Interviewaussagen zur Anwendung

- Wirkstoffkonzentration: 2, 5 mg / Liter (als Gesamtchlor gemessen) (Kurita Europe GmbH: Interview 10).

In den geführten Interviews werden relevante Vor- und Nachteile von Monochloramin im Betrieb sowie des Herstellungsverfahrens wie folgt beschrieben:

- Monochloramin erfährt für große Kühlleistungen etwa bei Kraftwerken einen Boom. Monochloramin reagiert mit Schwefelverbindungen in der Bakterienmembran, daher ist es selektiver im Verhältnis zu anderen Bioziden. Im Vergleich mit Chlordioxid ist die Zehrung geringer, es ist weniger flüchtig und auch weniger korrosiv. Die AOX-Problematik ist bei Monochloramin ähnlich niedrig bzw. unkritisch wie beim Chlordioxid (Inwatec GmbH: Interview 8).
- Monochloramin wird in Deutschland verstärkt in großen Verdunstungskühlanlagen eingesetzt. Die Vorteile sind: Es ist sehr effektiv gegen Legionellen und Biofilme und zerfällt in unkritische Verbindungen (Kurita Europe GmbH: Interview 10).
- Monochloramin wird vor Ort in einem Reaktor aus Chlorbleichlauge (Natriumhypochlorit) und Ammoniumsulfat erzeugt. Die Ausgangsstoffe dürfen nicht unkontrolliert in Kontakt kommen, da dies eine stark exotherme Reaktion mit der Bildung nitroser Gase bewirken würde. Das betrifft auch die Lagerung. In die (in-situ) Anlage sind Sicherheitsmechanismen integriert, die einen solchen direkten Kontakt vermeiden. So kann die Anlage nur zudosieren, wenn der (überwachte) Treibwasserstrom läuft. Das bedingt insgesamt eine komplexe Dosiertechnik.

Eine einfachere Dosier Technik gibt es für kleinere Anlagen. Die Umsetzung ist pH abhängig, die dosierte Lösung des Biozids ist leicht alkalisch, wirkt sich aber durch die geringe Dosiermenge, wenn überhaupt, nur gering auf den pH-Wert des Systemwassers aus. (Kurita Europe GmbH: Interview 10).

- Monochloramin kann über eine Gesamtchlormessung bestimmt werden. Monochloramin ist wenig korrosiv und schont daher Werkstoffe. Es kann gut mit Härtestabilisatoren oder Filmbildnern kombiniert werden. Der gemessene AOX-Wert ist im Vergleich zu Chlor gering (Kurita Europe GmbH: Interview 10).

Marktrecherche: Für das Dilurit BC S System wurden vom Anbieter Kurita Europe GmbH Produktinformation und Sicherheitsdatenblatt zur Verfügung gestellt. Dabei werden die Komponenten Dilurit® BC S und Dilurit® cat direkt am Anwendungsort mit einer Dosieranlage zum eigentlichen Wirkstoff umgesetzt. Dilurit® BC S ist eine klare bis gelbliche Flüssigkeit von pH 5 - 6 und enthält eine anorganische Stickstoffverbindung. Dilurit® cat ist eine farblose bis leicht gelbliche Flüssigkeit von pH 12 - 13 und enthält eine anorganische Chlorverbindung. Das Dilurit BC S System ist eine klare Flüssigkeit mit pH 9 – 10, dafür gibt das Sicherheitsdatenblatt folgende Einstufung an: H314, H318, H335, H400.

Conclusio

Für die verschiedenen Herstellungsverfahren von Monochloramin ist bis dato keine Zulassung erteilt worden. Es sind derzeit auch keine Unterlagen aus dem Zulassungsverfahren verfügbar. Monochloramin ist in Konzentrationen über 2,5 g/Liter als chronisch giftig für die Atemwege (H372) eingestuft. Die in Verdunstungskühlanlagen auftretenden Konzentrationen liegen laut Kurita Europe GmbH bei 2,5 mg/Liter. Monochloramin wird aktuell hinsichtlich endokriner Wirksamkeit bewertet. Die Ergebnisse stehen noch aus. In der ausgewerteten Literatur sind Hinweise zur Anwendung spärlich. Insgesamt lässt sich aber aus den ausgewerteten Quellen auf eine zunehmende Bedeutung des Wirkstoffes schließen. Auch aus den Interviews ergab sich, dass Monochloramin in Deutschland und der Schweiz in größeren Anlagen zunehmend häufiger angewendet wird. Die Vorteile liegen in einer geringen Korrosivität, einer im Vergleich zu Chlordioxid geringeren Zehrung, einer niedrigen AOX-Bildung und einer selektiven, mikrobiellen Wirkung durch die Reaktion mit Schwefelverbindungen in der Bakterienmembran.

Als Nachteil kann die stark exotherme Reaktion der Ausgangsstoffe Chlorbleichlauge und Ammoniumsulfat-Lösung unter Bildung nitroser Gase angesehen werden. Dies bedingt höhere Sicherheitsvorkehrungen, um den unkontrollierten Kontakt der Ausgangsstoffe sicher zu vermeiden. Die in-situ Herstellung des Wirkstoffes stellt also erhöhte Anforderungen an die Betriebsführung und Anlagensicherheit.

CHLORDIOXID (HERGESTELLT AUS...)

Identität, Zulassung, Einstufung

Auf der Webseite der Europäischen Chemikalienagentur ECHA wurde der Status von Chlordioxid abgefragt. Das Zulassungsverfahren weist neben dem Wirkstoff selbst noch vier verschiedene Herstellungsverfahren aus. Zum Zeitpunkt der Abfrage waren alle Zulassungsverfahren laufend. Für Chlordioxid mit der CAS 10049-04-4 findet sich in der [Datenbank](#) der ECHA eine harmonisierte Einstufung sowie eine Einstufung im REACH Dossier.

Zu den in den Herstellungsverfahren genannten Ausgangsstoffen Natriumchlorit und Natriumchlorat wurden ergänzend Stoffdaten bzw. Einstufungen recherchiert:

Eintrag ECHA "information on biocides" (Abfrage: November 2022)	Stoffbezeichnung in Deutsch	CAS Nummer	BPR Zulassung PT11	Stoffinformation ECHA "Substance Infocard"	harmonisierte Einstufung	Einstufung REACH Dossier	BPR Dokument
chlorine dioxide	Chlordioxid	10049-04-4	laufend	-	H314, H330; H400 (M10)	H314, H318, H330, Sens., CMR & chron. Tox.: keine Einstufung; H400 (M10), H411	-
Chlorine dioxide generated from sodium chlorate and hydrogen peroxide in the presence of a strong acid	Chlordioxid, hergestellt aus Natriumchlorat und Wasserstoffperoxid in Gegenwart einer starken Säure	-	laufend	-	-	-	-
Chlorine dioxide generated from sodium chlorite by acidification	Chlordioxid, hergestellt aus Natriumchlorit durch Säuerung	-	laufend	-	-	-	-
Chlorine dioxide generated from sodium chlorite by electrolysis	Chlordioxid, hergestellt aus Natriumchlorit durch Elektrolyse	-	laufend	-	-	-	-
Chlorine dioxide generated from sodium chlorite by oxidation	Chlordioxid, hergestellt aus Natriumchlorit durch Oxidation	-	laufend	-	-	-	-
Ausgangsstoffe, Folgeprodukte bei der Herstellung von Chlordioxid							
Herstellungsverfahren (Referenz)	Stoffbezeichnung	CAS Nummer	Funktion	Stoffinformation ECHA "Substance Infocard"	harmonisierte Einstufung	Einstufung REACH Dossier	BPR Dokument
Chlordioxid, in Gegenwart einer starken Säure aus Natriumchlorat und Wasserstoffperoxid hergestellt	Natriumchlorat	7775-09-9	Ausgangsprodukt	-	Vorschlag: H301	H302, Korros., Sens., CMR & chron. Tox.: keine Einstufung; Aq. Tox. (akut): keine Einstufung, H411	-
Chlordioxid, durch Säuerung aus Natriumchlorit hergestellt	Natriumchlorit	7758-19-2	Ausgangsprodukt	Stoffbewertung (CoRAP List): Verdacht auf mutagene und reproduktionstoxische Eigenschaften	-	H301, H310, H314, H373 (betroffenes Organ: Milz), Sens. & CMR : keine Einstufung; H400 (M1), H412	-

ABC-Kategorisierung

Für die ABC-Kategorisierung von Chlordioxid mit CAS 10049-04-4 kann die Einstufung des REACH Dossiers herangezogen werden. Darin wird Chlordioxid mit H330 („Lebensgefahr bei Einatmen“) und als ätzend für Haut und Augen (H314, H318) eingestuft. Für die Herstellungsverfahren mit Natriumchlorit und Natriumchlorat stehen keine Daten zur Verfügung.

Für eine ABC Kategorisierung der Ausgangsstoffe Natriumchlorit und Natriumchlorat werden recherchierte Einstufungen aus REACH Dossiers verwendet: Beide Stoffe zeigen ein akuttoxisches Gefährdungspotenzial, Natriumchlorit ist als ätzend eingestuft. Für Natriumchlorit besteht Verdacht auf eine chronisch toxische Wirkung (H373). Außerdem steht der Stoff in Verdacht, mutagen oder reproduktionstoxisch zu wirken und wird dahingehend aktuell bewertet (siehe weiter unten).

Stoffbezeichnung	CAS Nummer	Datenquelle(n) für ABC Kategorisierung	Akute Giftigkeit (Akut Tox.)	Reiz-, Ätzwirkung (Korr.)	Sensibilisierung (Sens.)	CMR & chronische Toxizität (CMR & chron. Tox.)	Gefährdung Oberflächen gewässer (Aq. Tox. akut)	Gefährdung Oberflächen gewässer (Aq. Tox. chronisch)
Chlordioxid	10049-04-4	REACH Dossier	H330	H314, H318	-	-	H400 (M10)	H411
Chlordioxid, hergestellt aus Natriumchlorat und Wasserstoffperoxid in Gegenwart einer starken Säure	-	-	?	?	?	?	?	?
Chlordioxid, hergestellt aus Natriumchlorit durch Säuerung	-	-	?	?	?	?	?	?
Chlordioxid, hergestellt aus Natriumchlorit durch Elektrolyse	-	-	?	?	?	?	?	?
Chlordioxid, hergestellt aus Natriumchlorit durch Oxidation	-	-	?	?	?	?	?	?
Ausgangsstoffe, Folgeprodukte bei der Herstellung von Chlordioxid								
Stoffbezeichnung	CAS Nummer	Datenquelle(n) für ABC Kategorisierung	Akute Giftigkeit (Akut Tox.)	Reiz-, Ätzwirkung (Korr.)	Sensibilisierung (Sens.)	CMR & chronische Toxizität (CMR & chron. Tox.)	Gefährdung Oberflächen gewässer (Aq. Tox. akut)	Gefährdung Oberflächen gewässer (Aq. Tox. chronisch)
Natriumchlorat	7775-09-9	harmonisierte Einstufung, REACH Dossier	H301	-	-	-	-	H411
Natriumchlorit	7758-19-2	REACH Dossier	H301, H310	H314	-	H373 (Milz)	H400 (M1)	H412

Arbeitnehmer*innenschutz

Die Gefahrstoffdatenbank der Deutschen Unfallversicherung GESTIS gibt folgende Information [\[41\]](#):

- Aufgrund der explosiven Eigenschaften des Chlordioxid sind Expositionsmöglichkeiten am Arbeitsplatz sehr begrenzt. Es bestehen zwei prinzipielle Möglichkeiten: Exposition gegenüber freigesetztem Gas bei der Herstellung und Verwendung oder direkter Kontakt mit stabilisierter wässriger Lösung, die maximal 1 % ClO_2 enthält (übliche Handels- und Transportform; höher konzentrierte Lösungen sind explosiv).
- Für den beruflichen Umgang mit stark verdünnten wässrigen ClO_2 -Lösungen lassen Tierversuche auf ein geringes akutes Gefährdungspotential schließen, sofern eine inhalative Exposition durch freigesetztes Gas bzw. Aerosol auszuschließen ist.
- Bezüglich einer hautsensibilisierenden Wirkung gibt es keine Hinweise oder Testergebnisse.
- Aus dem beruflichen Umgang wurde ausschließlich über Gesundheitsstörungen im Zusammenhang mit inhalativen Chlordioxid-Expositionen berichtet. In weiteren Studien und Fallberichten wurde im Zusammenhang mit Expositionen gegenüber Chlordioxid über verschiedene persistierende Effekte, die den Atemtrakt betrafen, berichtet: Bronchitis, Lungenfunktionsstörungen, Hyperreaktivität der Atemwege gegenüber anderen Irritantien, asthmoide Beschwerden und chronische Entzündungen der Nasenschleimhaut.

Nach der Grenzwerteverordnung (GVK) in Österreich den Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS 900) in Deutschland sind für Chlordioxid folgende Arbeitsplatzgrenzwerte einzuhalten: TRGS 900: 0,1 ppm; GKV: 0,1 ppm.

Umweltverhalten / Desinfektionsnebenprodukte (DBPs)

Rouge et al. führen zur Bildung von Desinfektionsnebenprodukten bei der Anwendung von Chlordioxid an [\[42\]](#):

- Chlordioxid ist ein starkes Oxidationsmittel und ein gängiges alternatives Desinfektionsmittel für Chlor mit begrenzter Bildung von organischen halogenierten Desinfektionsnebenprodukten (DBPs). Es bildet jedoch unweigerlich Chloritionen (ClO_2^-) durch einen 1-Elektronen-Transfer aus Reaktionen mit Wassermatrixkomponenten und teilweise Chlorat-Ionen (ClO_3^-). ClO_2^- ist ein DBP mit einem Richtwert der Weltgesundheitsorganisation (WHO) von 0,7 mg/l. Es wird von der Europäischen Kommission vorgeschlagen, einen niedrigeren Wert für ClO_3^- und ClO_2^- mit 0,25 mg/l festzulegen.
- Im Gegensatz zu Chlor ist Chlordioxid nicht in der Lage, organische Verbindungen direkt zu halogenieren. Obwohl die durch Chlordioxid erzeugten DBPs im allgemeinen viel niedrigere Konzentrationen als die durch Chlorierung erzeugten DBPs aufweisen, produziert Chlordioxid immer noch einen eigenen Satz von DBPs wie Halogenessigsäuren, Halogenketonen und einen großen Teil unbekannter organischer Halogenspezies.

In einer anderen Publikation wird ebenfalls auf das geringere Potenzial zur Bildung von Desinfektionsnebenprodukten hingewiesen [\[39\]](#):

- Chlor reagiert (in der Trinkwasserdesinfektion) mit bestimmten natürlich vorkommenden organischen Stoffen zu Chloroform (ein Trihalomethan bzw. THM). Als Konsequenz legte die US-EPA einen Grenzwert von 0,1 ppm für Trihalomethane im Trinkwasser fest. In der Folge führten Forschungen auf dem Gebiet der THM-Reduktion in Trinkwasser die EPA zur Schlussfolgerung, dass sich der Einsatz Chlordioxid ein wirksames Mittel zur Kontrolle von THMs darstellt. Die Anwendung zeigt eine signifikante Verringerung oder Abwesenheit von THM in Systemen.

Das Desinfektionsnebenprodukt Natriumchlorit (CAS 7758-19-2) wurde im Rahmen der Stoffbewertung in den fortlaufenden Aktionsplan der Gemeinschaft (CoRAP) aufgenommen³⁸. Grund sind unter anderem Besorgnisse bezüglich der Exposition von Arbeitnehmer*innen in Zusammenhang mit möglichen Gefahren durch mutagene und reproduktionstoxische Eigenschaften.

Anwendung (Literatur)

Wirkstoffkonzentration

mg/l (ppm)	Quelle / Produkt	Kommentar
0,1 - 5	Brenntag	Chlordioxid, hergestellt aus Natriumchlorit durch Oxidation
0,5 - 2	Beluga	Chlordioxid, hergestellt aus Natriumchlorit durch Säurezugabe

Ein Handbuch nennt für die Kühlwasserbehandlung relevante Eigenschaften von Chlordioxid [11]:

- Da es sich bei Chlordioxid um ein flüchtiges Gas handelt, ist es praktischer, wenn es in der Nähe des Verwendungsortes produziert wird.
- Im Gegensatz zu Chlor bietet Chlordioxid als Biozid zwei Vorteile: Es reagiert nicht mit Ammoniak und seine biologische Aktivität wird durch pH-Schwankungen zwischen 6 und 10 nur wenig beeinträchtigt.
- Als Algizid ist es dem Chlor ein wenig überlegen. Das Chlorophyll der Algen wird durch Chlordioxid zerstört. Wasser tritt aus dem Protoplasma aus, was das Absterben der Alge zur Folge hat. Es ist jedoch teurer als Chlor.

Simpson et al. bewerten die bioziden Eigenschaften von Chlordioxid in der Anwendung wie folgt [39]:

- Im Gegensatz zu Chlor bleibt Chlordioxid ein echtes gelöstes Gas. Das Fehlen einer signifikanten Reaktion von Chlordioxid mit Wasser ist teilweise dafür verantwortlich, dass es die biozide Wirksamkeit über einen weiten pH-Bereich beibehält. Diese Eigenschaft macht es zu einer logischen Wahl für Kühlsysteme, die im alkalischen pH-Bereich betrieben werden, oder Kühlsysteme mit schlechter pH-Kontrolle
- Ein möglicher Grund für das langsame Neuwachstum von Bakterien nach der Sterilisation durch Chlordioxid liegt in dessen Fähigkeit, Biofilme zu durchdringen und zu dispergieren. Durch die effektive Abtötung und Entfernung von Biofilmen können sich Bakterien viel langsamer neu bilden
- Chlordioxid funktioniert außergewöhnlich gut in Systemen, die mit Ammoniak kontaminiert sind und ist sehr effektiv in Kühlsystemen mit einem hohen Grad an organischer Kontamination.

Gemäß AEV Kühlsysteme und Dampferzeuger [16] ist bei der wasserrechtlich bewilligten Einleitung von Abwasser aus Verdunstungskühlanlagen in ein Fließgewässer oder eine öffentliche Kanalisation ein Grenzwert von 0,19 mg/l Chlordioxid (berechnet als ClO₂) einzuhalten

Interviewaussagen zur Anwendung

Die Erzeugung von Chlordioxid kann in Anlagen vor Ort erfolgen oder es werden – etwa für kleinere Anlagen – Chlordioxidlösungen gebrauchsfertig gekauft und eingesetzt.

³⁸ Community Rolling Action Plan (CoRAP) der Europäischen Chemikalienagentur (ECHA): [Sodium chlorite](#)

Ein Hersteller beschreibt die Funktionsweise einer Anlage zur Erzeugung von Chlordioxid aus Natriumchlorit durch Säurezugabe (Chlorit-Säureverfahren) vor Ort wie folgt (Weidner Wassertechnik GmbH: Interview 5):

- Der Reaktor wird mit den beiden Einsatzstoffen befüllt, dann schließt eine Reaktionszeit von 10 bis 15 Minuten an. Danach wird der Reaktorinhalt mit einer Tauchpumpe ins Kühlwasser ausgestoßen. Dieser Zyklus wird maximal viermal für insgesamt zwei Stunden wiederholt, sodass eine Konzentration von 0,2 – 1 ppm Chlordioxid im Kühlwasser aufrechterhalten werden kann. Die zweistündige Stoßbehandlung erfolgt zwei- bis dreimal pro Woche, wenn das System nicht belastet ist. Ist das Kühlwassersystem (organisch) belastet, wird die Stoß-Behandlung täglich durchgeführt.

Als Vor- und Nachteile von Chlordioxid im Anlagenbetrieb werden von Unternehmen angeführt:

- Chlordioxid kann im Kühlwasser online gemessen werden. Somit kann die Absalzung mit einfacher Messtechnik so gesteuert werden, das Chlordioxid bereits ausreagiert hat, bevor die Absalzung wieder geöffnet wird. Das verringert die Abwasserbelastung mit Biozid deutlich und erhöht die Umweltfreundlichkeit (Weidner Wassertechnik GmbH: Interview 5).
- Beim Einsatz von Chlordioxid entstehen sehr wenig AOX im Vergleich zu Chlor bzw. Natriumhypochlorit bei gleichzeitig guter Wirksamkeit (Inwatec GmbH: Interview 8).

Chlordioxid beginnt bei über 30°C im Kühlturm stark auszugasen. Wir haben bei Kunden gesehen, dass bei einem an sich stabilen System bei höheren (Außen)Temperaturen die Legionellen-Konzentration stark zu schwanken beginnt. Damit steigt auch das Risiko der Korrosion der mit der Abluft in Kontakt kommenden Anlagenteile. Man bemerkt in diesen Fällen das Ausgasen auch geruchlich, wenn man direkt neben der Erzeugeranlage steht (Innowatec GmbH: Interview 9) Gebrauchsfertige, stabilisierte Einkomponentensysteme setzen bei einer pH-Absenkung Chlordioxid frei. Dazu werden im Interview folgende Hinweise gegeben:

In einem stabilisierten Einkomponentengemisch wird Natriumchlorit mit dem Oxidationsmittel bei einem hohen pH-Wert gemischt. Chlordioxid entsteht erst nach Zugabe zum Kühlwasser in-situ durch den pH-Wert Abfall auf 7 bis 9. Dabei kommt es zu einem Chlorüberschuss und es entsteht etwas mehr AOX als bei einer Chlordioxid-Herstellung (Inwatec GmbH: Interview 8). Außerdem wird in den Interviews darauf hingewiesen, Chlordioxid vor Ort möglichst rein darzustellen um so die AOX Werte bei der Absalzung möglichst niedrig zu halten. Chlordioxid wird im Zusammenhang mit der mikrobiologischen Kühlwasserkonditionierung auch als „die beste Lösung“ bezeichnet (Normungsausschuss ÖNORM B 5020: Interview 12)

Marktrecherche

- Clorious2 wird vom Anbieter [Brenntag](#) als gebrauchsfertige Lösung angeboten: *Im Gegensatz zu herkömmlichen Chlordioxidkonzepten ist Clorious2 die einzige hochkonzentrierte, gebrauchsfertige Chlordioxidlösung, die sowohl stabil als auch transportabel ist.*
- Der Anbieter [Weidner Wassertechnik](#): beschreibt seine Anlage zur in-situ Herstellung wie folgt: *Die Chlordioxidanlage Beluga produziert das Chlordioxid in einem neu entwickelten Reaktor, der im zu behandelnden Wasser versenkt wird. Das möglicherweise explosive und hochreaktive Chlordioxid entsteht so ausschließlich unter Wasser. Eine Explosion oder gesundheitliche Gefährdung der Mitarbeiter ist somit ausgeschlossen. Diese kommen nur mit den Ausgangssubstanzen Salzsäure und Natriumchlorit in Berührung. Zur Erzeugung wird benötigt: Salzsäure (9%), Natriumchlorit (7,5%)*

Conclusio

Chlordioxid ist ein rotgelbes Gas, welches für seine hohe Giftigkeit bei der Inhalation bekannt ist. Die Stoffdatenbank GESTIS berichtet aus dem beruflichen Umgang über Gesundheitsstörungen im Zusammenhang mit inhalativen Chlordioxid Expositionen. Bei der Anwendung zeigen sich Vorteile gegenüber Chlorgas bzw. Chlorbleichlauge: Chlordioxid dringt rasch in Biofilme ein und zerstört diese. Es ist als Gas gelöst und reagiert nicht mit Ammoniak. Seine Aktivität wird durch pH-Schwankungen nur wenig beeinträchtigt und die Ausbildung von Resistenzen ist auf Grund seiner Eigenschaften als oxidierendes Biozid vernachlässigbar. Nachteile sind Sicherheitsbedenken auf Grund der Giftigkeit des Gases und der Explosivität, die hohe Neigung zur Ausgasung im Kühlturm, insbesondere bei Temperaturen über 30 °C, die erhebliche Korrosivität sowie die im Vergleich zur Chlorung höheren Kosten.

Das Gas wird entweder als stabilisierte Lösung angewendet (dies vor allem bei kleinen Anlagen) oder aus den Vorläufersubstanzen Natriumchlorit bzw. Natriumchlorat durch Zugabe von Säure bzw. Oxidationsmittel in einer Anlage vor Ort hergestellt. Als Reaktions- bzw. Abbauprodukt ist Chlorit (ClO_2^-) relevant. Dieses wird aktuell in einem CoRAP Verfahren der EU hinsichtlich potenzieller CMR Eigenschaften evaluiert, da durch dessen weit verbreitete Verwendung die Möglichkeit einer Exposition am Arbeitsplatz besteht. In der Literatur findet sich der Hinweis, dass sich bei Anwendung von Chlordioxid keine Trihalogenmethane, aber adsorbierbare organische Halogenverbindungen (AOX) bilden. Insgesamt ist die AOX-Bildung aber deutlich niedriger, sodass in Kombination mit einer Messung vor der Absatzung und der Verwendung von möglichst rein hergestelltem Chlordioxid die Umweltbelastung als niedrig eingestuft werden kann.

Eine Wirkstoffzulassung wurde bisher nicht erteilt.

Die Ergebnisse von Literaturrecherche und Interviews zeigen, dass Chlordioxid gegenüber Chlorgas oder Chlorbleichlauge viele, insbesondere auch ökologische Vorteile aufweist. Eine Humanexposition gegenüber ClO_2 als auch Chlorit bei Herstellung bzw. Anwendung sind bestmöglich zu vermeiden.

AKTIVCHLOR (HERGESTELLT BZW. FREIGESETZT AUS...)

Identität, Zulassung, Einstufungen

Auf der Homepage der Europäischen Chemikalienagentur ECHA wurde der Zulassungsstatus von „Aktivchlor“ abgefragt. Auf der Webseite werden dazu 6 Herstellungs- bzw. Freisetzungsverfahren ausgewiesen. Zum Zeitpunkt der Abfrage waren alle Zulassungsverfahren in Produktart 11 laufend. Für „Aktivchlor, hergestellt aus Natriumchlorid durch Elektrolyse“ findet sich ein Wirkstoffbericht unter anderem für Produktart 2 [28]. Für „Aktivchlor, freigesetzt aus Chlor“ sowie „Aktivchlor, freigesetzt aus Natriumhypochlorit“ findet sich jeweils eine Stellungnahme des Ausschusses für Biozidprodukte [30] [31]. In den genannten Dokumenten sowie in REACH Dossiers finden sich Einstufungen, die für eine ABC Kategorisierung verwendet werden.

Eintrag ECHA "information on biocides" (Abfrage: November 2022)	Stoffbezeichnung in Deutsch	CAS Nummer	BPR Zulassung PT11	Stoffinformation ECHA "Substance Infocard"	harmonisierte Einstufung	Einstufung REACH Dossier	BPR Dokument: Stellungnahme des Ausschusses für Biozidprodukte (BPC) bzw. Wirkstoffbericht für jeweils zugelassene Produktart (PT)
Active chlorine generated from seawater (sodium chloride) by electrolysis	Aktivchlor, hergestellt aus Meerwasser durch Elektrolyse	-	laufend	-	-	-	-
Active chlorine generated from sodium chloride by electrolysis	Aktivchlor, hergestellt aus Natriumchlorid durch Elektrolyse	-	laufend	-	-	-	Wirkstoffbericht (PT2): EUH031, (H314), H331, Sens., CMR & chron. Tox.: keine Einstufung; H400 (M100), H410 (M1)
Active chlorine generated from sodium N-chlorosulfamate	Aktivchlor, hergestellt aus Natrium N-Chlorsulfamat	-	laufend	-	-	-	-
Active chlorine released from calcium hypochlorite	Aktivchlor, freigesetzt aus Calciumhypochlorit	7778-54-3	laufend	-	EUH031, H302, H314; H400 (M10)	EUH031, H302, H314, Sens., CMR & chron. Tox.: keine Einstufung; H400 (M10), Aq. Tox. (chronisch): keine Einstufung	-
Active chlorine released from chlorine	Aktivchlor, freigesetzt aus Chlor	7782-50-5	laufend	-	H315, H319, H331, H335; H400 (M100)		BPC Stellungnahme (PT2): H315, H319, H330, H335; H400 (M100)
Active chlorine released from sodium hypochlorite	Aktivchlor, freigesetzt aus Natriumhypochlorit	7681-52-9	laufend	-	EUH031, H314, H318; H400 (M10), H410 (M1)	EUH031, H314, H318, Sens., CMR & chron. Tox.: keine Einstufung; H400 (M10), H410 (M1)	BPC Stellungnahme (PT2): EUH031, H314, H400 (M10), H410 (M1)

ABC-Kategorisierung

Für den Wirkstoff „Aktivchlor“ stehen keine Einstufungen zur Verfügung, da „Aktivchlor“ nicht als Reinstoff isoliert und getestet werden kann. Die Einstufungen leiten sich daher von den Ausgangsstoffen Chlorgas bzw. Chlorbleichlauge (Natriumhypochlorit) ab. Chlorbleichlauge wird als ätzend (H314), Chlorgas als lebensgefährlich bei Einatmung (H330) eingestuft. Eine sensibilisierende, mutagene, kanzerogene, reproduktionstoxische oder chronisch toxische Wirkung wird nicht angenommen. Die Gefährdung der aquatischen Umwelt wird bestimmt durch chlorierte Abbau- und Folgeprodukte.

Stoffbezeichnung	CAS Nummer	Datenquelle(n) für ABC Kategorisierung	Akute Giftigkeit (Akut Tox.)	Reiz-, Ätzwirkung (Korr.)	Sensibilisierung (Sens.)	CMR & chronische Toxizität (CMR & chron. Tox.)	Gefährdung Oberflächen gewässer (Aq. Tox. akut)	Gefährdung Oberflächen gewässer (Aq. Tox. chronisch)
Aktivchlor, hergestellt aus Meerwasser durch Elektrolyse	-	-	?	?	?	?	?	?
Aktivchlor, hergestellt aus Natriumchlorid durch Elektrolyse	-	Wirkstoffbericht Report (PT2)	EUH031, H331	H314	-	-	H400 (M100)	H410 (M1)
Aktivchlor, hergestellt aus Natrium N-Chlorsulfamat	-	-	?	?	?	?	?	?
Aktivchlor, freigesetzt aus Calciumhypochlorit	7778-54-3	REACH Dossier Calciumhypochlorit	EUH031, H302	H314	-	-	H400 (M10)	-
Aktivchlor, freigesetzt aus Chlor	7782-50-5	BPC Stellungnahme (PT2)	H330	H315, H319, H335	-	-	H400 (M100)	-
Aktivchlor, freigesetzt aus Natriumhypochlorit	7681-52-9	BPC Stellungnahme (PT2), REACH Dossier	EUH031	H314, H318	-	-	H400 (M10)	H410 (M1)

Die weitere Analyse berücksichtigt Wirkstoff-/Herstellungskombinationen, soweit sie für die Anwendung in Verdunstungskühlanlagen als relevant erscheinen, und zwar:

- Aktivchlor, hergestellt aus Natriumchlorid durch Elektrolyse
- Aktivchlor, freigesetzt aus Chlor
- Aktivchlor, freigesetzt aus Natriumhypochlorit

Aktivchlor, hergestellt aus Natriumchlorid durch Elektrolyse

Wirkstoffspezifikation, Arbeitnehmer*innenschutz

Der Zulassungsbericht [28] sowie die darauf aufbauende Stellungnahme [29] spezifizieren wie folgt:

- Es handelt sich dabei um eine stark vom pH-Wert abhängige Gleichgewichtsmischung, deren Bestandteile sich nicht isolieren lassen. In der Elektrolysezelle wird Chlorid (Cl^-) zu Chlor (Cl_2) oxidiert, welches rasch unter Bildung hypochloriger Säure (HOCl), Chlorid und Hypochlorit (OCl^-) hydrolysiert. Mit "Aktivchlor" werden die genannten Formen des verfügbaren Chlors bezeichnet.
- Die Konzentration von Aktivchlor hängt ab von Elektrolytkonzentration, Temperatur und pH-Wert. Bei pH 7,5 ist das Verhältnis Hypochlorit zu hypochloriger Säure 1:1, bei höheren pH-Werten dominiert das Hypochlorit. Das durch Elektrolyse hergestellte „Aktivchlor“ besteht zu 99,5% aus Wasser, der Gehalt an verfügbarem Chlor (Cl_2 + hypochlorige Säure + Natriumhypochlorit) beträgt etwa 300 mg/l
- Aktivchlor, das durch Elektrolyse aus Natriumchlorid gewonnen wird, weist keine gefährlichen physikalisch-chemischen Eigenschaften auf. Es ist nicht explosiv, nicht selbstentzündlich oder brennbar. Es hat eine oxidierende Wirkungsweise, wird aber aufgrund der Dominanz der Wassereigenschaften nicht als Oxidationsmittel eingestuft. Aufgrund der physikalisch-chemischen Eigenschaften des Produkts ist kein Risiko zu erwarten
- Das toxikologische Profil ist mit dem von Natriumhypochlorit, hypochloriger Säure und Chlorgas verknüpft. Auf der Grundlage verfügbarer toxikologischer Daten, welche die Standardinformationsanforderungen für Biozide abdecken, und einiger Beobachtungsdaten am Menschen wurde der Schluss gezogen, dass das einzige offensichtliche toxikologische Problem das reizende Potenzial von Lösungen von Natriumhypochlorit für Augen, Haut und Atemwege ist.

Aktivchlor, freigesetzt aus Chlor

Wirkstoffspezifikation, Arbeitnehmer*innenschutz

Die Stellungnahme des Ausschusses für Biozidprodukte trifft dazu folgende Feststellung [30]:

- Bei der Verwendung setzt Chlor Aktivchlor frei, indem es in Wasser zu hypochloriger Säure und Salzsäure reagiert. Ferner dissoziiert hypochlorige Säure teilweise zum Hypochlorit-Anion. Das Verhältnis von Chlor, hypochloriger Säure und dem Hypochlorit-Anion in der wässrigen Gleichgewichtslösung ist pH- und temperaturabhängig.
- Die Bewertung basiert auf der Bewertung von Chlor (ein Gas bei Raumtemperatur und Umgebungsdruck) und des Wirkstoffs Aktivchlor, als wässrige Gleichgewichtslösung
- Chlorgas wird ausschließlich in geschlossenen Systemen gehandhabt und eine Exposition gegenüber dem Gas ist nur zufällig. Aufgrund seines gasförmigen Aggregatzustandes ist die Inhalation der einzig mögliche Expositionsweg.

Die Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit sind in erster Linie auf die lokale Wirkungsweise von Chlorgas zurückzuführen, und mögliche systemische Wirkungen sind sekundär zu seiner direkten irritierenden Reaktivität.

Aktivchlor, freigesetzt aus Natriumhypochlorit

In seiner Stellungnahme hält der Ausschuss für Biozidprodukte fest [\[31\]](#).

- Bei der Anwendung setzt Natriumhypochlorit aktives Chlor frei, indem es in Wasser zu hypochloriger Säure hydrolysiert, die je nach pH-Wert zu Chlor reagieren kann. Das Verhältnis von Chlor, hypochloriger Säure und Hypochlorit-Anion in der wässrigen Gleichgewichtslösung ist pH- und temperaturabhängig
- Die primäre Wirkungsweise von aktivem Chlor, das aus Natriumhypochlorit in wässrigen Lösungen freigesetzt wird, ist gekennzeichnet durch lokale Reizung/Korrosion und Oxidation an der Stelle des ersten Kontakts, ausgelöst durch direkte chemische Reaktivität. Alle systemischen Effekte, die in Tierversuchen beobachtet wurden, werden als sekundär zu lokalen Reizungen/Korrosion angesehen.

Resistenzbildung

In der Stellungnahme des Ausschusses für Biozidprodukte zur Zulassung von „Aktivchlor, hergestellt durch Elektrolyse aus Natriumchlorid“ wird eine mögliche Resistenzbildung wie folgt bewertet [\[29\]](#):

Die Resistenz von Krankheitserregern gegen Aktivchlor ist nicht sehr wahrscheinlich. Die Resistenz von Krankheitserregern gegen Aktivchlor ist nicht höher als die von anderen Wirkstoffen mit allgemeiner Wirkungsweise (Oxidation). Für Desinfektionsmittel auf Aktivchlorbasis sind keine spezifischen Resistenzmanagementstrategien erforderlich

Umweltverhalten und Desinfektionsnebenprodukte (DBPs)

In den Stellungnahmen des Ausschusses für Biozidprodukte finden sich in Bezug auf die Gefährdung der aquatischen Umwelt folgende (übereinstimmende) Aussagen [\[29\]](#), [\[30\]](#), [\[31\]](#):

- Für die chemische Reaktivität in einer wässrigen Lösung mit den gleichen Aktivchlorkonzentrationen und den gleichen pH-Bedingungen ist es unerheblich, ob Aktivchlor entweder aus Chlorgas, Calciumhypochlorit, Natriumhypochlorit oder aus Natriumchlorid durch Elektrolyse erzeugt wird. Daher wurden alle Studien zu wässrigen Hypochlorit-Lösungen für die Bewertung von Aktivchlor herangezogen.
- In Bezug auf die aquatische Umwelt erwiesen sich Algen als die empfindlichste Spezies im Langzeittest. Aktivchlor ist hochreaktiv und reagiert schnell mit organischen Stoffen im Kanal, in der Kläranlage, im Oberflächenwasser und im Boden. Wo organisches Material vorhanden ist, wirkt Aktivchlor als hochreaktives Oxidationsmittel. Aktivchlor baut sich in allen Umweltkompartimenten rasch ab.
- Aktivchlor bildet Desinfektionsnebenprodukte (DBPs), deren Risiken bei der Produktzulassung bewertet werden sollten.
- Für Aktivchlor, freigesetzt aus Chlor werden keine endokrin wirksamen Eigenschaften angenommen.

Hinsichtlich von Abbau- und Folgeprodukten von Aktivchlor trifft die Leitlinie der ECHA zur Risikobewertung von Desinfektionsmittelnebenprodukten (Disinfection By-Products bzw. DBPs) folgende Feststellungen [\[32\]](#):

- Der Einsatz halogenhaltiger Biozide führt zur Bildung von Desinfektionsnebenprodukten (DBPs). Es hat sich gezeigt, dass diese Stoffe beinhalten, die ein Risiko für die menschliche Gesundheit oder die Umwelt darstellen können
- Mehrere bekannte (Gruppen von) DBPs sind biologisch aktiv, und einige sind (vermutete) Karzinogene oder Mutagene (z. B. Chloroform, halogeniertes Methan, Bromat). Darüber

hinaus sind die meisten DBPs stabiler als das Biozid selbst. Daher ist eine Risikobewertung von DBPs im Rahmen der Zulassung von Biozidprodukten erforderlich

- Die Bildung von DBPs ist oft durch Messung (den Anstieg) von Gruppenparametern wie TOX (Gesamte organische Halogene) oder AOX (adsorbierbare organische Halogene) gekennzeichnet. AOX ist der Teil von TOX, der an Aktivkohle adsorbiert werden kann, was bei den meisten DBPs der Fall ist. Die Zusammensetzung von AOX und seine Beziehung zur Ökotoxizität ist jedoch unbekannt und kann sich auch bei gleichbleibenden absoluten Mengen ändern. Daher gibt es zu wenige Informationen, um einen akzeptablen AOX-Wert zu definieren, der als Auslöser für eine Risikobewertung in Bezug auf ökotoxikologische Auswirkungen verwendet werden kann
- Schlüsselparameter, welche Art und Menge der DBPs bestimmen, die wahrscheinlich während der Verwendung eines aktiven Halogenbiozids gebildet werden, sind pH-Wert, die Art der vorhandenen Substrate, die angewandte Dosis, die Kontaktzeit und die Temperatur.
- In Bezug auf den pH-Wert kann davon ausgegangen werden, dass es bei pH 6 und höher geringfügige Verschiebungen in den relativen Anteilen spezifischer Nebenprodukte geben kann (z. B. erhöhte THM³⁹-Bildung bei steigendem pH-Wert), aber die Gesamthierarchie wird sich nicht ändern. Dies bedeutet, dass THM dominant sein wird, gefolgt von HAA⁴⁰, gefolgt von Halo-Aldehyden, Halo-Ketonen und Halo-Acetonitrilen, gefolgt von kleineren Gruppen. Bei pH > 6 gibt es keine signifikante Bildung von polyhalogenierten Dioxinen, Furanen usw.
- Einfluss des Substrats: Für den Vergleich von Substraten ist es wichtig zu berücksichtigen, ob das Substrat von Proteinen, Kohlenhydraten und/oder Fetten (z.B. Oberflächenreinigung, Schwimmbäder) oder von natürlichen organischen Stoffen (Grundwasser) dominiert wird
- Dosis, Kontaktzeit und Temperatur: Eine Erhöhung der applizierten Dosis, Kontaktzeit und Temperatur führt im Allgemeinen zu einer erhöhten DBP-Bildung. Das Ausmaß, in dem dies geschieht, hängt vom (anhaltenden) Vorhandensein geeigneter Substrate ab, und ein Schwellenwert kann schnell erreicht werden
- Die bekannten DBP-Gruppen, die zumindest in die Risikobewertung einbezogen werden sollten, sind: Trihalomethane (THMs), halogenierte Essigsäuren (HAAs), halogenierte Acetonitrile (HANs), Bromat, halogenierte Phenole und halogenierte Amine
- Basierend auf der Literatur zu diesem Thema gelten Trihalomethane (THMs) und Trichloramin als flüchtige DBPs
- Prinzipiell ist eine Exposition gegenüber nichtflüchtigen DBPs durch Aerosolbildung möglich. Es wird darauf hingewiesen, dass dieser Weg (Aerosol) für die Gesamtexposition gegenüber DBP unwichtig ist.

Aussagen zur Anwendung aus Literatur und Interviews

Wirkstoffkonzentrationen (Anwendung):

	mg/l (ppm)	Quelle /Link/Hersteller
Aktivchlor, hergestellt aus Natriumchlorid durch Elektrolyse	0,5 – 1,5	Danish clean water
Aktivchlor, freigesetzt aus Natriumhypochlorit	0,5 – 5	[9]
Grenzwert für Einleitung in öffentliche Kanalisation	0,3	[16]

³⁹ Tri- bzw. Tetra-Halogenmethan

⁴⁰ Halogenessigsäuren

Aktivchlor, hergestellt aus Natriumchlorid durch Elektrolyse

Dazu finden sich in Literatur bzw. Interviews folgende Aussagen:

- In einem Verfahren wird über eine Elektrolyse aus Natriumchlorid, Wasser und elektrischen Strom eine niedrig konzentrierte, hypochlorige Säure erzeugt. Das in-situ Verfahren wird direkt beim Anwender vor Ort realisiert. Dazu wird in der Regel Trinkwasser enthärtet, mit einer Kochsalzlösung angereichert und einem Reaktor zugeführt. Das entstehende Biozid wird über einen Stapelbehälter direkt dem Kühlwasser zudosiert. Wirkstoffabhängige Proportionaldosierungen oder Steuerungen über den Redox-Wert sind einfach zu realisieren. Hypochlorige Säure ist wirksam gegen unterschiedliche Mikroorganismen und greift auch Biofilme an [1].
- Chlor – das kann jetzt elementares Chlor oder Chlorgas, Natriumhypochlorit, hypochlorige Säure oder das Hypochlorit sein – bildet zusammen mit organischen Stoffen chlorierte organische Stoffe, die als AOX erfasst werden. Das heißt, die Bildung von AOX ist bei einer Elektrolyseanlage genauso möglich. Wird Aktivchlor durch Elektrolyse aus Natriumchlorid vor Ort hergestellt, kann die Bevorratung von Gefahrstoffen allerdings vermieden werden (Inwatec GmbH: Interview 8).

Ein Anbieter charakterisiert seine Anlage zur Erzeugung von Aktivchlor durch Kochsalzelektrolyse wie folgt (Innowatech GmbH: Interview 9)

- Die Anlage arbeitet insofern ohne Gefahrgut, als zur Elektrolyse lediglich Kochsalztabletten, Trinkwasser und Elektrizität benötigt werden. Die Herstellungskosten sind gering. Für eine mittlere Anlage wird ca. eine Tonne Salz pro Jahr benötigt.
- Das von der Anlage hergestellte Konzentrat enthält 250 – 1500 ppm freies Chlor, im Kühlwasser selbst finden sich zwischen 0,1 und 0,3 ppm freies Chlor. Der Puffertank ist so dimensioniert, dass das Konzentrat nur kurz bevorratet bzw. rasch verbraucht wird.
- Die Behandlung erfolgt permanent, ein Wechsel mit anderen Bioziden ist nicht vorgesehen. Resistenzprobleme sind in der Praxis nicht bekannt.
- AOX bereiten auf Grund der niedrigen Dosierung im Kühlwasser keine Probleme.
- Der Chlorgehalt wird zusammen mit pH, Leitfähigkeit und Temperatur permanent gemessen und dokumentiert. Das Kühlwasser zeigt keinen chlorigen Geruch. Der Wirkstoff baut Biofilme sehr gut ab. Bei Überschreitung von Grenzwerten wird eine Störmeldung gegeben. Die Anlagen arbeiten auch gut bei pH 8,5 bis 9, es wird keine pH-Einstellung mit Säure benötigt.
- Ein Härtestabilisator wird zugegeben, wenn sehr hartes Ausgangswasser verwendet wird.
- Für den Betrieb ist ein speziell bereitgestellter Korrosionsinhibitor verfügbar. Sonstige Korrosionsinhibitoren können verwendet werden, müssen aber auf ihre Kompatibilität geprüft werden.

Aktivchlor, freigesetzt aus Natriumhypochlorit oder Chlorgas

Dazu finden sich in Literatur bzw. Interviews folgende Aussagen zum Betrieb bzw. zu Vor- und Nachteilen bei der Anwendung:

- Handelsübliche Lösungen von Natriumhypochlorit enthalten rund 15 % wirksames Chlor. Bei den in Kühlkreisläufen üblichen pH-Werten von über 8 nimmt die biozide Wirkung von Chlor im Wasser stark ab. Die Anwendung von Chlor kann zur Bildung einer Reihe unerwünschter Nebenprodukte führen. Relevant sind hier insbesondere organische Chlorverbindungen (AOX) [10].

- Vorteile von Natriumhypochlorit sind einfache Handhabung sowie günstige Anschaffung ohne hohe Investitionskosten. Die Nachteile sind Platzbedarf bei Logistik und Lagerung, die Bildung von AOX sowie Angriff auf Materialien [13].
- Natriumhypochlorit und Chlor(gas) sind weniger wirksam bei hohem pH-Wert. Die Stärken sind Wirtschaftlichkeit. Für Chlor als toxisches Gas bestehen Sicherheitsbedenken; Natriumhypochlorit ist begrenzt stabil [8].
- Die hypochlorige Säure ist bei pH kleiner 8 am besten wirksam. Steigt der pH-Wert, verschiebt sich das Gleichgewicht zum Natriumhypochlorit, das eine wesentlich geringere Wirksamkeit zeigt. Um bei steigenden pH daher die Wirksamkeit zu halten, ist mehr Chlor erforderlich und entsprechend wird mehr AOX generiert. Daher ist für einen wirtschaftlichen als auch AOX-armen Betrieb die Einhaltung eines pH von 7,5 bis maximal 8 wichtig (Einzelfallbetrachtung) (Inwatec GmbH: Interview 8).
- Durch die Versprühung des Kühlwassers im Kühlturm und dem damit verbundenem Austrag von CO₂ steigt der pH-Wert ohne permanente Zudosierung von Säure über 8,5. Dies kann bei mangelnder Überwachung dazu führen, dass man sehr viel Chlor nachdosieren muss und entsprechend AOX entsteht. Chlor wirkt nur in einem begrenzten pH-Wert Bereich zwischen pH 7 – 7,3. Oberhalb von pH 7,3 ist die Wirkung nur noch bei ca. 50 % und ab pH 8 nur noch bei ca. 10% der eingesetzten dosierten Menge. Deshalb wird zum Beispiel Schwefelsäure zugesetzt und so ein pH-Wert von 7,3 bis 7,4 eingestellt (Weidner Wassertechnik GmbH: Interview 5).

In Österreich werden bei der wasserrechtlichen Bewilligung einer Einleitung von Abwasser aus offenen Umlaufkühlsystemen in ein Fließgewässer oder eine öffentliche Kanalisation folgende Emissionsbegrenzungen festgelegt:

- Freies Chlor berechnet als Cl₂: 0,3 mg/l (Einleitung in Fließgewässer bzw. öffentliche Kanalisation) [16].

Marktrecherche

Recherchiert wurde zwei Anbieter von Anlagen zur Herstellung von Aktivchlor aus Kochsalz durch Elektrolyse. Dabei handelt es sich um den Anbieter [Novochem GmbH](#) mit der Novoclean Ox Technologie sowie um den Anbieter [Danish Clean Water](#) mit der NEUTHOX Technologie. In diesem Zusammenhang erwähnenswert sind in den USA publizierte Fallstudien, welche die Reduzierung des Wasser- Energie und Chemikalienverbrauchs in Verdunstungskühlanlagen thematisieren [33], [34], [35]. In einem Fall handelt es sich dabei um die Elektrolyse von Kochsalz.

Conclusio

Der Wirkstoff „Aktivchlor“ liegt in einem pH-abhängigen Gleichgewicht aus hypochloriger Säure, Chlor und Natriumhypochlorit vor. Das Gefährdungspotenzial von „Aktivchlor“ ergibt sich anteilig aus dem im Gleichgewicht vorliegenden Chlorgas, bzw. der Chlorbleichlauge (Natriumhypochlorit). Chlorbleichlauge ist ätzend (H314), Chlorgas lebensgefährlich bei Einatmung (H330). Eine sensibilisierende, mutagene, kanzerogene, reproduktionstoxische oder chronisch toxische Wirkung wird nicht angenommen, so dass für die wässrige Lösung lediglich von einer lokal reizenden bzw. ätzenden Wirkung auszugehen ist. Die Auswirkungen auf die aquatische Umwelt werden durch die hohe Reaktivität von Aktivchlor mit organischen Stoffen bestimmt, für Aktivchlor selbst wird ein rascher Abbau angenommen. Die Bildung (organischer) Folgeprodukte wird von mehreren Faktoren beeinflusst als da sind: Zusammensetzung des Kühlwassers, pH-Wert, Dosierung des Biozids, Betriebstemperatur oder Verweilzeit. Im Rahmen der vorliegenden Studie werden Folgeprodukte im Einzelnen nicht bewertet, eine human- und ökotoxische Wirkung ist aber generell anzunehmen. Was

den das Ausmaß an (halogenierten) Folgeprodukten beschreibenden Summenparameter AOX betrifft, deuten Interviewaussagen darauf hin, dass die AOX-Bildung bei der Wirkstoff-/Herstellungskombination „Aktivchlor, hergestellt aus Natriumchlorid durch Elektrolyse“ vergleichsweise gering bzw. besser kontrollierbar ist. Zusätzlich ist bei dieser Anwendungsform ein Kontakt mit Konzentraten nicht gegeben und so eine Humanexposition mit Gefahrstoffen gering. Chlorgas und Natriumhypochlorit werden vor allem wegen den geringeren Kosten (z.B. gegenüber Chlordioxid) eingesetzt. Angesichts der damit verbundenen Gefahren für die Umwelt (wie eine hohe AOX-Belastung) und für den Arbeitnehmer*innenschutz (Chlorgas-Exposition) sind Verfahren, bei denen Aktivchlor durch Elektrolyse aus Natriumchlorid hergestellt wird, auf jeden Fall vorzuziehen.

AKTIVBROM (HERGESTELLT AUS ...)

Identität, Zulassung, Einstufung

Auf der Homepage der Europäischen Chemikalienagentur ECHA wurde der Zulassungsstatus von Aktivbrom abgefragt. Von den 7 ausgewiesenen Herstellungsverfahren waren zum Zeitpunkt der Abfrage alle Zulassungen laufend. Ergänzend wurden Stoffdaten bzw. die Einstufungen der genannten Ausgangsstoffe einschließlich Brom recherchiert:

Eintrag ECHA "information on biocides" (Abfrage: November 2022)	Stoffbezeichnung in Deutsch	CAS Nummer	BPR Zulassung PT11	Stoffinformation ECHA "Substance Infocard"	harmonisierte Einstufung	Einstufung REACH Dossier	BPR Dokument
Active bromine generated from bromine chloride	Aktivbrom, hergestellt aus Bromchlorid	-	laufend	-	-	-	-
Active bromine generated from hypobromous acid and urea and bromourea	Aktivbrom, hergestellt aus Hypobromsäure und Harnstoff sowie Bromharnstoff	-	laufend	-	-	-	-
Active bromine generated from sodium bromide and calcium hypochlorite	Aktivbrom, hergestellt aus Natriumbromid und Calciumhypochlorit	-	laufend	-	-	-	-
Active bromine generated from sodium bromide and chlorine	Aktivbrom, hergestellt aus Natriumbromid und Chlor	-	laufend	-	-	-	-
Active bromine generated from sodium bromide and sodium hypochlorite	Aktivbrom, hergestellt aus Natriumbromid und Natriumhypochlorit	-	laufend	-	-	-	-
Active bromine generated from sodium bromide by electrolysis	Aktivbrom, hergestellt aus Natriumbromid durch Elektrolyse	-	laufend	-	-	-	-
Active bromine generated from sodium hypobromite and N-bromosulfamate and sulfamic acid	Aktivbrom, hergestellt aus Natriumhypobromit, N-Bromsulfamat und Sulfaminsäure	-	laufend	-	-	-	-
Ausgangsstoffe, Folgeprodukte bei der Herstellung von "Aktivbrom"							
Aktivbrom, hergestellt aus Natriumbromid und ...	Natriumbromid	7647-15-6	Ausgangsprodukt	-	Vorschlag: H360FD, H362, H336, H372	Akut. Tox., Korrr., Sens., Muta, Karz.: keine Einstufung; H361, H373 (Zentralnervensystem), Aq. Tox. (akut & chronisch): keine Einstufung	-
Aktivbrom, hergestellt aus... und Natriumhypochlorit	Natriumhypochlorit	7681-52-9	Ausgangsprodukt	-	EUH031, H314, H318; H400 (M10), H410 (M1)	-	-
Aktivbrom, hergestellt aus... und Calciumhypochlorit	Calciumhypochlorit	7778-54-3	Ausgangsprodukt	-	EUH031, H302, H314; H400 (M10)	EUH031, H302, H314, Sens., CMR & chron. Tox.: keine Einstufung; H400 (M10), Aq. Tox. (chronisch): keine Einstufung	-
Aktivbrom, hergestellt aus Natriumhypobromit, N-Bromsulfamat und Sulfaminsäure	Natriumhypobromit	13824-96-9	Ausgangsprodukt	-	-	-	-
	N-Bromsulfamat	-	Ausgangsprodukt	-	-	-	-
	Sulfaminsäure	5329-14-6	Ausgangsprodukt	-	H315, H319, H412	Akut.Tox., Sens, CMR & chron. Tox.: keine Einstufung; Aq. Tox. (akut): keine Einstufung, H412	-
Aktivbrom, hergestellt aus Bromchlorid	Bromchlorid	13863-41-7	Ausgangsprodukt	H314, H331, H400 (M?)	-	-	-
Aktivbrom, hergestellt aus Hypobromsäure und Harnstoff sowie Bromharnstoff	Hypobromsäure	13517-11-8	Ausgangsprodukt	-	-	-	-
	Harnstoff	57-13-6	Ausgangsprodukt	keine Einstufung	-	-	-
	Bromharnstoff	-	Ausgangsprodukt	-	-	-	-
	Brom	7726-95-6			H314, H330, H400	H330, H314, Sens., CMR & chron. Tox.: keine Einstufung; H400 (M100), Aq. Tox. (chronisch): keine Daten	-

ABC-Kategorisierung

Für die Ausgangsstoffe sowie Brom wurden die recherchierten Einstufungen für eine ABC Kategorisierung verwendet:

Ausgangsstoffe, Folgeprodukte bei der Herstellung von "Aktivbrom"								
Stoffbezeichnung	CAS Nummer	Datenquelle(n) für ABC Kategorisierung	Akute Giftigkeit (Akut Tox.)	Reiz-, Ätzwirkung (Korr.)	Sensibilisierung (Sens.)	CMR & chronische Toxizität (CMR & chron. Tox.)	Gefährdung Oberflächen gewässer (Aq. Tox. akut)	Gefährdung Oberflächen gewässer (Aq. Tox. chronisch)
Natriumbromid	7647-15-6	REACH Dossier (Vorschlag harmonisierte Einstufung)	-	-	-	H361 (H360), H373 (H372) (Zentralnervensystem)	-	-
Natriumhypochlorit	7681-52-9	REACH Dossier	EUH031	H314	-	-	H400 (M10)	H410 (M1)
Calciumhypochlorit	7778-54-3	REACH Dossier	EUH031	H314	-	-		
Natriumhypobromit	13824-96-9	-	?	-	?	?	?	?
N-Bromosulfamat	-	-	?	-	?	?	?	?
Sulfaminsäure	5329-14-6	REACH Dossier	-	H315, H319	-	-	-	H412
Bromchlorid	13863-41-7	ECHA Infocard	H331	H314	-	-	H400 (M?)	-
Hypobromsäure	13517-11-8	-	?	-	?	?	?	?
Harnstoff	57-13-6	ECHA Infocard	-	-	-	-	-	-
Bromharnstoff	-	-	?	-	?	?	?	?
Brom	7726-95-6	REACH Dossier	H330	H314	-	-	H400 (M100)	?

Für Natriumhypobromit, N-Bromsulfat, Hypobromsäure und Bromharnstoff stehen keine Daten zur Verfügung, für Sulfaminsäure und Harnstoff lassen sich Gefährdungen ausschließen. Natrium- und Calciumhypochlorit sind akut toxisch beim Einatmen und ätzend eingestuft. Bei Natriumbromid weisen die Einstufungen im REACH Dossier sowie der Vorschlag für eine harmonisierte Einstufung auf eine hohe Gefährdung auf Grund reproduktionstoxischer und chronisch toxischer Eigenschaften hin. Bei Brom zeigt die Einstufung eine erhebliche Gefährdung bei Inhalation.

Die weitere Analyse berücksichtigt folgende Wirkstoff-/Herstellungskombination:

Aktivbrom, hergestellt aus Natriumbromid und Natriumhypochlorit

Arbeitnehmer*innenschutz

Die Gefahrstoffdatenbank der Deutschen Unfallversicherung GESTIS gibt folgende Information zu dem für den Arbeitnehmer*innenschutz relevanten Gefährdungspotenzial des Ausgangsstoffes Natriumbromid [41]:

- Wiederholte (orale) Exposition führt zu einer Akkumulation von Bromid-Ionen im Blut. Diese wird beschleunigt, wenn die gleichzeitig aufgenommene Menge an Chlorid reduziert wird.

Effekte sind: Verwaschene Sprache, Berührungsempfindlichkeit, Gedächtnisstörungen und Sehstörungen.

- Es wurde ein TWA-Wert (time weighted average) für die Inhalation von Aerosolen von 7 mg/m³ und in Kühlwassersystemen eine Maximalkonzentration von 3,2 ppm vorgeschlagen.

Wirkmechanismus

Ein Handbuch [58] erläutert den Wirkmechanismus von Aktivbrom ausgehend von der hypobromigen Säure über ein vom pH-Wert abhängiges Gleichgewicht:

- Hypobromige Säure lässt sich relativ einfach durch Reaktion eines Bromids mit hypochloriger Säure herstellen ($\text{HOCl} + \text{Br}^- \rightarrow \text{HOBr} + \text{Cl}^-$). In der Praxis mischt man einer Lösung aus Natriumhypochlorit eine entsprechende Menge Bromsalz (Natriumbromid) zu.
- Hypobromige Säure ist ein starkes Biozid und dissoziiert analog zur hypochlorigen Säure: $\text{HOBr} \rightarrow \text{H}^+ + \text{OBr}^-$. Bedingt durch eine kleinere Dissoziationskonstante liegt die hypobromige Säure im interessierenden, d.h. leicht alkalischen pH Bereich von 8 bis 9 noch zu einem wesentlich höheren Anteil in der undissoziierten Form vor. Sie ist daher für alkalische Kühlwässer wesentlich besser geeignet. Zudem ist Hypobromit stärker biozid wirksam als Hypochlorit.

Wirkstoffkonzentration: 4.5 - 9 mg/l (ppm) Gesamtbromgehalt. Quelle Nalco STABREX ST 40 Sicherheitsdatenblatt

Marktrecherche: Nalco STABREX ST 40 ([SDB](#)). Wirkstoffe im Produkt: Natriumhypochlorit: 6,36%; Natriumbromid: 9,23%. Der Anbieter lobt das Produkt für industrielle und gewerbliche Umlaufkühlwassersysteme aus.

Anwendung (Literatur & Interviewaussagen)

Die Bromierung bzw. der Einsatz von aktivem Brom in der Kühlwasserbehandlung wird in einem Handbuch [11] als „vielversprechende Alternative zur Chlorierung“ bezeichnet, die „immer mehr Anwendung“ findet. Demnach können folgende Ausgangsstoffe verwendet werden: Gasförmiges Brom, Bromchlorid, 1-Bromo-3-Chloro-5,5-Dimethylhydantoin (BCDHM), Bromsalze sowie Natriumbromid zusammen mit Natriumhypochlorit. Die Vorteile der Bromierung im Vergleich mit der Chlorierung werden wie folgt benannt:

- Aktivbrom ist nicht so leichtflüchtig wie Aktivchlor und kann daher länger in Lösung bleiben
- Aktivbrom ist wirksamer bei erhöhten pH-Werten und wirkt schneller als Aktivchlor
- die Reaktion von Aktivbrom mit Stickstoff- und Ammoniakderivaten ist identisch mit der von Aktivchlor, die gebildeten Bromamine sind aber keine beständigen Verbindungen
- Aktivbrom ist weniger korrosiv als Aktivchlor

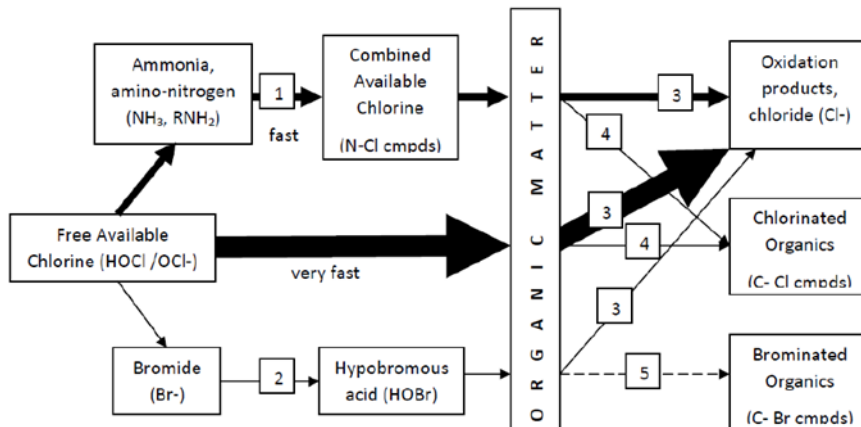
Als Nachteil wird genannt: Aktivbrom verursacht höhere Kosten.

In einem Interview werden die Möglichkeiten der Herstellung von Aktivbrom in einer Anlage wie folgt beschrieben:

- Es gibt stabilisierte Fertiggemische und in-situ Verfahren. Beim in-situ Verfahren werden Natriumbromid und Chlorbleichlauge zusammengemischt, wobei das Mengenverhältnis bzw. deren Einstellung dabei wichtig ist. Bei hohen pH-Wert ist der Betrieb mit hypobromiger Säure günstig, auch weil es weniger flüchtig als Chlor oder Chlordioxid ist. Ist die Dosierung allerdings zu hoch, verhindert der im Fertiggemisch enthaltene Stabilisator im Kühlwasser den Umsatz und das zugesetzte Biozid wirkt nicht gut (Inwatec GmbH: Interview 8).

Umweltverhalten, Folge- & Abbauprodukte

Die Leitlinie der Europäischen Chemikalienagentur ECHA zu Desinfektionsnebenprodukten (Disinfection By-Products, DBPs) gibt einen Überblick zu den Abbauwegen von Aktivchlor sowie von Aktivbrom [32]:



Die wesentlichen Aussagen lauten:

- Der überwiegende Teil der Informationen über DBPs bezieht sich auf die Chlorierung, aber im Allgemeinen gelten die Prinzipien auch für die Bromierung. Das Ausmaß, in dem verschiedene Verbindungen gebildet werden, kann, abhängig von der Konkurrenz zwischen Brom mit Chlor in Substitutionsreaktionen, unterschiedlich sein. Wird Brom als Wirkstoff eingesetzt, gewinnen (siehe obige Graphik) die Wege 3 und 5 an Bedeutung.
- Die Bildung bromierter organischer Verbindungen gewinnt dann an Bedeutung, wenn Bromid im behandelten Wasser vorhanden ist.
- Wie Daten eindeutig zeigen, sind bromierte und chlorierte DBPs austauschbar in dem Sinne, dass abhängig von den Quellengehalten an aktivem Chlor oder aktivem Brom im behandelten Wasser die Bildung entweder der chlorierten oder bromierten Trihalomethane dominiert.

Damit ergibt sich für die Verwendung von „Aktivbrom“ eine mit dem „Aktivchlor“ vergleichbare komplexe Bildung von Desinfektionsmittelnebenprodukten. Diese umfassen unter anderem bromiertes Methan, bromierte Essigsäuren oder Bromat.

Conclusio

Für die Herstellungsverfahren von „Aktivbrom“ ist bis dato keine Zulassung erteilt worden. Eine gängige Herstellungsmethode von „Aktivbrom“ ist die Bildung von hypobromiger Säure durch Mischen einer Lösung aus Natriumhypochlorit mit Natriumbromid. Hypobromige Säure ist ein starkes Biozid und dissoziiert im Vergleich zu hypochloriger Säure bzw. „Aktivchlor“ bei höheren pH-Werten, weshalb erstere sich für alkalische Kühlwässer besser eignet. Als weitere Vorteile sind eine geringere Korrosivität und geringere Flüchtigkeit zu nennen. Aus der Sicht des Arbeitnehmer*innenschutzes relevant ist die akuttoxische Gefährdung beim Einatmen sowie ätzende Eigenschaften von Natriumhypochlorit und ein hohes reproduktionstoxisches und chronisch toxisches Gefährdungspotenzial von Natriumbromid. Dies ist dann relevant, wenn ein Konzentrat aus Natriumhypochlorit und Natriumbromid vor Ort gelagert und in die Anlage zudosiert wird. Eine Bildung bzw. Freisetzung von bromierten organischen Folgeprodukten ist analog zum „Aktivchlor“ anzunehmen und umfasst neben chlorierten Stoffen Tribrommethan, bromierte Essigsäuren sowie Bromat.

BCDMH (BROMCHLORDIMETHYLHYDANTOIN)

Identität, Zulassung, Einstufung

Auf der Webseite der Europäischen Chemikalienagentur ECHA wurde der Status des Zulassungsverfahrens des bioziden Wirkstoffes 1-Bromo-3-Chlor-5,5-Dimethylhydantoin bzw. BCDMH abgefragt. Zum Zeitpunkt der Abfrage war das Zulassungsverfahren in allen Produktarten noch im Laufen. Für den Wirkstoff findet sich in der [Datenbank](#) der ECHA als Stoffinformation nur eine Auswertung aller Registrierungen in Hinblick auf deren Einstufung.

Eintrag ECHA "information on biocides" (Abfrage: November 2022)	Stoffbezeichnung in Deutsch	CAS Nummer	BPR Zulassung PT11	Stoffinformation ECHA "Substance Infocard"	harmonisierte Einstufung	Einstufung REACH Dossier	BPR Dokument: Stellungnahme des Ausschusses für Biozidprodukte (BPC) bzw. Wirkstoffbericht für jeweils zugelassene Produktart (PT)
Bromochloro-5,5-dimethylimidazolidin-2,4-dione (BCDMH/Bromochloro dimethylhydantoin)	Bromchlor-5,5-dimethylimidazolidin-2,4-dion (BCDMH/Bromchloridimethylhydantoin)	32718-18-6	laufend	H302, H314, H317, CMR & chron.Tox.: keine Daten verfügbar; H400 (M?), H410 (M?)	-	-	-

ABC-Kategorisierung

Für die ABC Kategorisierung werden die von der ECHA genannten H-Sätze verwendet.

Stoffbezeichnung (Edukt)	CAS	Datenquelle(n) für ABC Kategorisierung	Akute Giftigkeit (Akut Tox.)	Reiz-, Ätzwirkung (Korr.)	Sensibilisierung (Sens.)	CMR & chronische Toxizität (CMR & chron. Tox.)	Gefährdung Oberflächengewässer (Aq. Tox. akut)	Gefährdung Oberflächengewässer (Aq. Tox. chronisch)
Bromchlor-5,5-dimethylimidazolidin-2,4-dion (BCDMH/Bromchloridimethylhydantoin)	32718-18-6	ECHA Infocard	H302	H314	H317	?	H400 (M?)	H410 (M?)

Arbeitnehmer*innenschutz

BCDMH ist mit H317 als hautsensibilisierend und als ätzend (H314) eingestuft. Hinsichtlich kanzerogener, mutagener, reproduktionstoxischer und chronisch toxischer Wirkungen liegen keine Einstufungen vor, solche können aber bei aktuell unzureichender Datenlage noch nicht ausgeschlossen werden.

Umweltverhalten und Anwendung

Abbauverhalten, Abbau-, Folgeprodukte: Einstufung mit H410 zeigt eine langfristig toxische Wirkung auf Wasserorganismen an. Wichtigstes Abbauprodukt nach der Hydrolyse ist 5,5-Dimethylhydantoin. Zu dieser Verbindung finden sich im REACH Dossier der ECHA keine Einstufungen bzw. werden kurz- bzw. längerfristige Gefährdungen für die aquatische Umwelt ausgeschlossen.

Wirkstoffkonzentration: 3,4 mg/l (ppm; Median) [12]

Wirkmechanismus: BCDMH wird den oxidierenden Bioziden zugerechnet, denn durch Reaktion mit Wasser werden zeitlich verzögert hypobromige bzw. hypochlorige Säure freigesetzt, welche die eigentlichen Wirkstoffe darstellen.

BCDMH wird überwiegend in kleineren Anlagen eingesetzt, vereinzelt kommen auch verwandte Verbindungen wie das 1,3-Dichlor-5,5-dimethylhydantoin oder das 1,3-Dichlor-5-ethyl-5-

methylhydantoin zur Anwendung. Verschiedene Quellen führen Vor- und Nachteile bei der Anwendung an [8], [10], [12], [13], [39]:

- Einfache Zudosierung des Feststoffes („Tabletten“) über einen Kühlwasser-Teilstrom
- Zeitlich versetzte Wirkung, wodurch schlechter durchflutete Bereiche besser erreicht werden
- Bleibende Wirksamkeit bei höheren pH-Wert verursacht durch die Freisetzung hypobromiger Säure und insgesamt hohe biozide Wirksamkeit im Vergleich zu Chlorabspaltern.

Als Nachteile werden genannt:

- Staubentwicklung bei der Verwendung kleiner Materialmengen.
- Bildung halogenierter Abbau- und Folgeprodukte (analog Aktivbrom bzw. Aktivchlor)
- Nicht kostengünstig

Conclusio

Eine Bewertung von BCDMH im Rahmen der EU Wirkstoffzulassung ist ausstehend und es stehen nur unzureichend Daten zur Verfügung, um Gefährdungen auszuschließen. Für den Arbeitnehmer*innenschutz zu beachten sind die sensibilisierenden und ätzenden Eigenschaften. Aus den verfügbaren gewässertoxischen Einstufungen lassen sich keine Rückschlüsse auf das aquatische Gefährdungspotenzial ziehen. Aus BCDMH werden durch Hydrolyse „Aktivbrom“ bzw. „Aktivchlor“ freigesetzt, es ist somit den oxidierenden Bioziden zuzuordnen. Die Attraktivität von BCDMH erklärt sich neben der einfachen Möglichkeit der Zudosierung vor allem aus der hohen bioziden Wirksamkeit von Aktivbrom auch bei höheren pH-Werten und der zeitlich verzögerten Freisetzung. BCDMH wird bevorzugt in kleineren Anlagen eingesetzt und über einen separaten Teilstrom zudosiert. Eine Bildung bzw. Freisetzung von bromierten organischen Folgeprodukten ist in Analogie zu Aktivchlor und Aktivbrom anzunehmen. Gemeint sind damit neben der Bildung chlorierter Verbindungen von Tribrommethane, bromierte Essigsäuren sowie Bromat.

DBNPA (2,2-DIBROM-2-CYANACETAMID)

Identität, Zulassung, Einstufungen

Auf der Webseite der Europäischen Chemikalienagentur ECHA wurde der Status des Zulassungsverfahrens des bioziden Wirkstoffes 2,2-Dibromo-2-cyanacetamide bzw. DBNPA (CAS 10022-01-2) abgefragt. Zum Zeitpunkt der Abfrage war das Zulassungsverfahren laufend. In der [Datenbank](#) findet sich ein Vorschlag für eine harmonisierte Einstufung sowie eine Einstufung in der Stellungnahme des Ausschusses für Biozidprodukte für Zulassung in Produktart PT4.

Eintrag ECHA "information on biocides" (Abfrage: November 2022)	Stoffbezeichnung in Deutsch	CAS Nummer	BPR Zulassung PT11	Stoffinformationen ECHA "Substance Infocard"	harmonisierte Einstufung	Einstufung REACH Dossier	BPR Dokument: Stellungnahme des Ausschusses für Biozidprodukte (BPC) bzw. Wirkstoffbericht für jeweils zugelassene
2,2-dibromo-2-cyanoacetamide (DBNPA)	2,2-Dibrom-2-cyanacetamid (DBNPA)	10222-01-2	laufend	bewertet hinsichtlich endokriner Wirksamkeit	Vorschlag: H301, H330, H315, H317, H318, H372 (Atemtrakt), H400 (M1), H410 (M1)	-	BPC Stellungnahme (PT4): H301, H330, H315, H317, H318, H372 (Atemtrakt); H400 (M1), H410 (M1)

ABC-Kategorisierung

Für die ABC Kategorisierung werden die H-Sätze des Vorschlages für die harmonisierte Einstufung verwendet [27]. DBNPA ist mit H330 („Lebensgefahr bei Einatmen“) und als hautsensibilisierend (H317) eingestuft, außerdem mit STOT RE 1, H372 („Schädigt die Organe bei längerer und wiederholter Exposition“) mit Zielorgan Atemtrakt. In der Stellungnahme des Ausschusses für Biozidprodukte [26] wird eine endokrine Wirksamkeit gegenüber Menschen und Nicht-Zielorganismen angenommen.

Stoffbezeichnung	CAS Nummer	Datenquelle(n) für ABC Kategorisierung	Akute Giftigkeit (Akut Tox.)	Reiz-, Ätzwirkung (Korr.)	Sensibilisierung (Sens.)	CMR & chronische Toxizität (CMR & chron. Tox.)	Gefährdung Oberflächen gewässer (Aq. Tox. akut)	Gefährdung Oberflächen gewässer (Aq. Tox. chronisch)
2,2-Dibrom-2-cyanacetamid (DBNPA)	10222-01-2	harmonisierte Einstufung (Vorschlag)	H301, H330	H315, H318	H317	H372 (Atemtrakt)	H400 (M1)	H410 (M1)

Arbeitnehmer*innenschutz

DBNPA ist hautsensibilisierend. Die Einstufung „Schädigt die Organe bei längerer und wiederholter Exposition“ (STOT RE 1, H372) wird mit Auswirkungen auf die Atemwege begründet. Zusätzlich stellt der Ausschuss für Biozidprodukte (BPC) in seiner Stellungnahme eine endokrine Wirksamkeit beim Menschen fest [27]:

- Die Schlussfolgerung basiert auf den beobachteten Nebenwirkungen in der Schilddrüse in den Studien an Ratten und Hunden in Kombination mit Daten aus einer Literaturrecherche über Bromidwirkungen auf die Schilddrüse. Bromid kann Iodid bei Transportprozessen in der Schilddrüse ersetzen, wodurch eine relative Jodid Insuffizienz bei der Synthese von Schilddrüsenhormonen entsteht. Dies zeigt einen Zusammenhang zwischen den beobachteten nachteiligen Wirkungen auf die Schilddrüse und die endokrine Aktivität, die für Menschen und Nicht-Zielorganismen relevant ist

Kandidat für die Substitution nach Biozidprodukteverordnung (BPR), endokrine Wirksamkeit : Die Bewertung der endokrinen Wirksamkeit von DBNPA begründet auf den Folge- bzw. Abbauprodukt Bromid. Zusammen mit der obigen Stellungnahme [27] sind Dokumente veröffentlicht, welche die Anwendung von Artikel 5 (Substitutionsgebot) in Zusammenhang mit der endokrinen Wirksamkeit auf Nicht-Zielorganismen kontroversiell diskutieren (Minderheitenstandpunkte Swedish Chemical Agency bzw. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin BAuA). Gemäß Stellungnahme erfüllt DBNPA wegen seiner endokrinen Eigenschaften die Ausschlusskriterien nach Artikel 5 der Biozidprodukteverordnung und ist Kandidat für die Substitution. Das bedeutet, dass DBNPA nur unter ganz bestimmten Ausnahmebedingungen zuzulassen ist (gilt für Produktart 4) [26].

Anwendung und Umweltverhalten (laut Literatur)

In der Literatur wird das nicht oxidierende Biozid DBNPA als ein insbesondere bei kleineren Anlagen verwendetes Biozid beschrieben. Es ist bei pH > 7,5 instabil und hydrolysiert rasch. Seine Vorteile sind eine unkomplizierte Lagerung bzw. Handhabung [9]. Neben der raschen Hydrolyse werden auch toxische Folgeprodukte als Nachteile beschrieben.

Wirkstoffkonzentration: 4 - 8 mg/l [9] bzw. 1 - 4,8 mg/l (PDB Nalco 7320)

Wirkmechanismus: DBNPA ist ein schnell wirkendes Biozid und übt seine biozide Wirkung direkt nach seiner Anwendung über Brom aus, das Enzyme inaktiviert, indem es funktionelle -SH-Gruppen in die oxidierte S-S-Form umwandelt. Diese Reaktion stört irreversibel die Funktion von Zelloberflächenkomponenten, unterbricht den Transport durch Zellmembranen und hemmt wichtige biologische Funktionen [26]. Allerdings ist DBNPA empfindlich gegenüber UV-Einstrahlung und Nukleophilen, so dass die Substanz zum Teil innerhalb von Sekunden zersetzt wird. Die entstehenden Reaktionsprodukte sind teilweise in erheblichem Maße toxisch und auch für den Menschen nicht ungefährlich.

Resistenzentwicklung: Ein Risiko der Entwicklung einer Resistenz gegen den Wirkstoff wird aufgrund der Wirkungsweise, die mehrere zelluläre Ziele betrifft, als gering eingeschätzt [26].

Abbauverhalten, Abbau-, Folgeprodukte: Entsprechend seinen chemischen Eigenschaften kann DBNPA über zwei Wege abgebaut werden: Hydrolyse und nukleophile Reaktion. DBNPA wird final zu Oxalsäure, Malonsäure und Bromid abgebaut [12], [27].

Marktrecherche: Nalco 7320 enthält laut Sicherheitsdatenblatt 10 – 30% an 2,2-Dibromo-3-nitripropionamide (CAS 10222-01-2) (SDS)

Conclusio

DBNPA ist sensibilisierend und zeigt im Tierversuch eine chronische Toxizität, Zielorgan ist der Atemtrakt. Für DBNPA wird eine endokrine Wirksamkeit auf den Menschen und Nicht-Zielorganismen angenommen hervorgerufen durch das Abbauprodukt Bromid. DBNPA erfüllt somit die Kriterien für die Substitution nach Art. 5 der Biozidprodukteverordnung. Auf Grund der gesundheitlichen Gefährdungen (Hautsensibilisierung, chronische Toxizität für den Atemtrakt) sowie eines (kontroversiell diskutierten) endokrinen Gefährdungspotenzials durch das Folge-, bzw. Abbauprodukt Bromid ist von einer Anwendung abzuraten. DBNPA, ein nicht oxidierendes Biozid, wird bevorzugt in kleineren Anlagen verwendet.

BRONOPOL (2-BROM-2-NITROPROPAN-1,3-DIOL)

Identität, Zulassung, Einstufung

Auf der Webseite der Europäischen Chemikalienagentur ECHA wurde der Status des Zulassungsverfahrens für 2-Brom-2-nitropropan-1,3-diol bzw. BNPD (CAS 52-51-7) abgefragt. Zum Zeitpunkt der Abfrage war das Zulassungsverfahren in allen Produktarten noch laufend. Für den Wirkstoff findet sich in der [Datenbank](#) der Europäischen Chemikalienagentur ECHA der Vorschlag für eine harmonisierte Einstufung sowie ein REACH Dossier mit Herstellereinstufung.

Eintrag ECHA "information on biocides" (Abfrage: November 2022)	Stoffbezeichnung in Deutsch	CAS Nummer	BPR Zulassung PT11	Stoffinformation ECHA "Substance Infocard"	harmonisierte Einstufung	Einstufung REACH Dossier	BPR Dokument: Stellungnahme des Ausschusses für Biozidprodukte (BPC) bzw. Wirkstoffbericht für jeweils zugelassene Produktart (PT)
Bronopol	2-Brom-2-nitropropan-1,3-diol	52-51-7	laufend	-	Vorschlag: H301, H312, H315, H318, H331, H335, H400 (M10), H411	H301, H312, H315, H318, H331, H335, Sens., CMR & chron. Tox.: keine Einstufung; H400 (M10), H410 (M1)	-

ABC-Kategorisierung

Für die ABC Kategorisierung werden die H-Sätze der Herstellereinstufung des REACH Dossiers verwendet:

Stoffbezeichnung (Edukt)	CAS	Datenquelle(n) für ABC Kategorisierung	Akute Giftigkeit (Akut Tox.)	Reiz-, Ätzwirkung (Korr.)	Sensibilisierung (Sens.)	CMR & chronische Toxizität (CMR & chron. Tox.)	Gefährdung Oberflächen gewässer (Aq. Tox. akut)	Gefährdung Oberflächen gewässer (Aq. Tox. chronisch)
2-Brom-2-nitropropan-1,3-diol (Bronopol)	52-51-7	REACH Dossier	H301, H312, H331	H315, H318, H335	-	-	H400 (M10)	H410 (M1)

Arbeitnehmer*innenschutz

Bronopol wird darin unter anderem mit H331 („Giftig bei Einatmen“) und H318 („Verursacht schwere Augenschäden“) eingestuft. Sensibilisierende, kanzerogene, mutagene, reproduktionstoxische und chronisch toxische Eigenschaften werden gemäß REACH Dossier ausgeschlossen und im C&L Inventory der ECHA finden sich keine Einstufungen in diesen Gefährdungskategorien. Es gibt jedoch Hinweise, dass Bronopol als weitverbreitetes Konservierungsmittel in Pflegeprodukten ein gewisses hautsensibilisierendes Potenzial aufweist. So hat jedenfalls die Deutsche Kontaktallergie Gruppe (DKG) seit 2003 eine steigende Anzahl von Sensibilisierungen festgestellt [59], [60].

Anwendung und Umweltverhalten (Literatur)

Wirkstoffkonzentration: 5 – 50 mg/l (ppm) Quelle: [9]

Wirkmechanismus: Neben der langsamen Freisetzung von Formaldehyd basiert die Wirkung von Bronopol auf der Inaktivierung von Thiolen, wie sie in den aktiven Zentren verschiedener Enzyme vorliegen. Die biozide Wirkung nimmt bei steigendem pH und höherer Temperatur zu, obwohl auch die Zerfallsrate steigt [9]. Das im alkalischen Medium freigesetzte Formaldehyd trägt nur zu einem geringen Teil zur bioziden Wirksamkeit bei [12].

Abbauverhalten, Abbau-, Folgeprodukte, Ökotoxizität:

Dazu finden sich in der Literatur folgende Angaben:

- Die Hydrolyse nimmt mit steigendem pH-Wert und steigender Temperatur zu, Abbauprodukte sind Bromid, Nitrit, Bromnitroethanol und Formaldehyd [12].
- Die gentoxische Wirkung im Kühlkreislauf eines Betriebes ist demnach mit großer Wahrscheinlichkeit auf das Biozid [...] zurückzuführen, wobei die Effekte sowohl durch die Isothiazolinone als auch durch Bronopol erklärt werden können [12].
- In ihrer Publikation stellen Cai et al. [40] fest, dass in natürlichen Gewässern einige reversible Abbauprodukte von Bronopol zu einer komplexen Mischung von Abbauprodukten führten. Dabei erwiesen sich 2-Brom-2-nitroethanol (BNE) und Bromnitromethan (BNM) als persistenter als Bronopol bei gleichzeitig gegebener aquatischer Toxizität [40].

Bronopol wird laut [ECHA Webseite](#) hinsichtlich seiner endokrinen Wirksamkeit bewertet. Weitere Hinweise oder Ergebnisse zu dem Verfahren finden sich dazu nicht. Vermutet werden kann das sich die Evaluierung auf das Abbauprodukt Bromid bezieht.

Conclusio

Conclusio: Bronopol wird häufig in Kombination mit anderen Wirkstoffen wie etwa CMIT/MIT auch in Kühlkreisläufen eingesetzt. Eine Bewertung im Rahmen der EU Wirkstoffzulassung ist ausstehend. Bronopol ist mit giftig und ätzend eingestuft. In der Literatur gibt es Hinweise, dass Bronopol – obwohl nicht eingestuft – ein hautsensibilisierendes Potenzial aufweist. Außerdem gibt es Indizien, dass trotz rascher Hydrolyse von Bronopol in der aquatischen Umwelt persistente und ökotoxische Abbauprodukte entstehen können.

CMIT/MIT

Identität, Zulassung, Einstufung

Gemäß Europäischer Chemikalienagentur ECHA ist das *Gemisch aus 5-Chlor-2-methyl-2H-isothiazol-3-on (Einecs 247-500-7) und 2-Methyl-2H-isothiazol-3-on (Einecs 220-239-6) (Gemisch aus CMIT/MIT)* mit der CAS Nummer 55965-84-9 als Wirkstoff in der Produktart PT11 (*Schutzmittel für Flüssigkeiten in Kühlsystemen*) zugelassen. In der [Datenbank](#) der ECHA findet sich eine harmonisierte Einstufung sowie eine Einstufung im Wirkstoffbericht zur Zulassung.

Eintrag ECHA "information on biocides" (Abfrage: November 2022)	Stoffbezeichnung in Deutsch (Edukt)	CAS Nummer	BPR Zulassung PT11	Stoffinformation ECHA "Substance Infocard"	harmonisierte Einstufung	Einstufung REACH Dossier	BPR Dokument: Stellungnahme des Ausschusses für Biozidprodukte (BPC) bzw. Wirkstoffbericht für jeweils zugelassene Produktart (PT)
Mixture of 5-chloro-2-methyl-2H-isothiazol-3-one (EINECS 247-500-7) and 2-methyl-2H-isothiazol-3-one (EINECS 220-239-6) (Mixture of CMIT/MIT)	Gemisch aus 5-Chlor-2-methyl-2H-isothiazol-3-on (Einecs 247-500-7) und 2-Methyl-2H-isothiazol-3-on (Einecs 220-239-6) (Gemisch aus CMIT/MIT)	55965-84-9	ZUGELASSEN	-	EUH071, H301, H310, H314, H317, H318, H330; H400 (M100), H410 (M100)	-	Wirkstoffbericht (P11): H301, H310, H314, H317, H318, H330, CMR & chron. Tox.: keine Einstufung; H400 (M100), H410 (M100)

ABC-Kategorisierung

CMIT/MIT ist unter anderem mit H330 („Lebensgefahr bei Einatmen“) und H310 („Lebensgefahr bei Hautkontakt“) eingestuft, wirkt ätzend auf die Atemwege (EUH071) und ist hautsensibilisierend (H317). Kanzerogene, mutagene, reproduktionstoxische und chronisch toxische Eigenschaften werden laut Wirkstoffbericht ausgeschlossen. Die Einstufung mit H410 in Kombination mit einem M-Faktor⁴¹ von 100 zeigt eine hohe Toxizität gegenüber aquatischen Organismen.

Stoffbezeichnung	CAS Nummer	Datenquelle(n) für ABC Kategorisierung	Akute Giftigkeit (Akut Tox.)	Reiz-, Ätzwirkung (Korr.)	Sensibilisierung (Sens.)	CMR & chronische Toxizität (CMR & chron. Tox.)	Gefährdung Oberflächen gewässer (Aq. Tox. akut)	Gefährdung Oberflächen gewässer (Aq. Tox. chronisch)
Gemisch aus 5-Chlor-2-methyl-2H-isothiazol-3-on (Einecs 247-500-7) und 2-Methyl-2H-isothiazol-3-on (Einecs 220-239-6) (Gemisch aus CMIT/MIT)	55965-84-9	harmonisierte Einstufung, Wirkstoffbericht	H301, H310, H330	EUH071, H314, H318	H317	-	H400 (M100)	H410 (M100)

Arbeitnehmer*innenschutz

Die Gefahrstoffdatenbank der Deutschen Unfallversicherung GESTIS stellt das Gefährdungspotenzial für CMIT/MIT wie folgt dar [41]:

- Der Hautkontakt mit Kathon⁴² Formulierungen wird bei der überwiegenden Anzahl möglicher Expositionen als vordergründig betrachtet
- Es wird allgemein akzeptiert, dass Kathon CG ein Sensibilisator ist, dessen Sensibilisierungshäufigkeit als hoch und dessen Sensibilisierungspotenz mittelstark

⁴¹ M ist ein Multiplikationsfaktor, der hoch gewässertoxische Stoffe entsprechend gewichtet

⁴² Kathon ist eine allgemeine Handelsbezeichnung für Produkte mit CMIT/MIT

ausgeprägt ist. Kathon ist inzwischen in die Standardreihe der sensibilisierenden Stoffe aufgenommen worden. Eine deutliche Korrelation zwischen Testdosis und erzielter Sensibilisierung wurde sowohl in den humanen als auch den tierexperimentellen Untersuchungen nachgewiesen. Die niedrigste Konzentration von CMIT/MIT in Kathonhaltigen kosmetischen Produkten, die bei einigen von 200 unbelasteten Personen eine Sensibilisierung bewirkte, war 7,5 mg/l Wasser. Bei bereits gegenüber Kathon sensibilisierten Personen genügte bereits 1,5 mg/l, um eine positive Reaktion hervorzurufen.

- Aus differenzierten Untersuchungen mit 5-Chlor-2-methyl-2H-isothiazol-3-on wurde ersichtlich, dass sein sensibilisierendes Potential dasjenige von 2-Methyl-2H-isothiazol-3-on deutlich übersteigt. Neuere Untersuchungen zeigten, dass 4,5-Dichlor-2-methylisothiazolin-3-on, das als Verunreinigung in Kathon auftritt, noch wesentlich wirksamer ist.

Die Stellungnahme des Ausschusses für Biozidprodukte führt aus, dass zur Vermeidung einer dermalen Exposition folgende Maßnahmen zur Risikominderung erforderlich sind [48]:

- Die Behälter sind so ausgelegt, dass ein Verschütten während des Umfüllens vermieden werden kann
- Verwendung automatisierter Systeme, die den Kontakt mit dem Produkt verhindern
- Standardverfahren verhindern Kontakte und Verschütten
- Verwendung chemikalienbeständiger Overalls, Handschuhe, Schuhe und Gesichtsmasken
- Die Anwender sind über die Gefahren informiert und in der sicheren Handhabung geschult

Anwendung und Umweltverhalten (laut Literatur)

Wirkstoffkonzentration: Typische Anwendungskonzentrationen von C(M)IT/MIT liegen zwischen 0,2 und 1 mg Wirkstoff/l bei kontinuierlicher Dosierung und 2 mg/l bei Schockdosierung [48].

Wirkmechanismus: Die biozide Wirkung beruht zum einen auf einer schnellen Hemmung des bakteriellen Wachstums und Stoffwechsels (innerhalb von Minuten) und zum anderen auf der irreversiblen Schädigung der Zellen (innerhalb von Stunden). Die Inhibierung des Stoffwechsels beruht unter anderem auf der Schädigung der Dehydrogenasen sowie der Synthese von ATP. Der Zelltod wird verursacht durch die Zerstörung von Thiolgruppen von Proteinen sowie der Bildung von freien Radikalen [9].

Resistenzentwicklung: Dazu heißt es in der Stellungnahme des Ausschusses für Biozidprodukte zur Zulassung in PT 11 [48]: C(M)IT/MIT wird seit 1980 als kommerzielles antimikrobielles Mittel eingesetzt, während dieser Zeit wurde mikrobielle Resistenz gegen C(M)IT/MIT in der Literatur beschrieben. C(M)IT/MIT wird häufig in Kombination oder im Austausch mit anderen Bioziden eingesetzt, wodurch das potenzielle Risiko einer Resistenzentwicklung vermieden werden kann. Bei der Produktzulassung sollte der Resistenzbildung besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden.

Umweltmonitoring: In einer Publikation des Deutschen Umweltbundesamtes wurden auf Basis eines Priorisierungskonzeptes⁴³ Verdachtsstoffe hinsichtlich eines möglichen Eintragspfades in Gewässer und Sedimente identifiziert und dazu Probenahmen und Messungen empfohlen [57]. Unter anderem

⁴³ Kriterien des Priorisierungskonzeptes sind: Emissionsmenge, ökologische Wirkung sowie Eintrag und Verhalten in Umweltkompartimenten

wird für CMIT/MIT eine systematische Überwachung vorgeschlagen. Das Wirkstoffgemisch soll in Abläufen von Kläranlagen sowie in städtischer Trennkanalisation untersucht werden⁴⁴.

Anwendungshinweise laut Interviewaussagen

Vor- und Nachteile von CMIT/MIT für den Betrieb von Verdunstungskühlanlagen sowie Risiken beim Umgang mit dem Wirkstoff werden in den geführten Interviews wie folgt beschrieben:

- CMIT/MIT ist ein gut wirksames Breitbandbiozid, das bei kleineren Anlagen häufig verwendet wird, für Großanlagen ist es zu teuer. Vom Hersteller wird eine theoretische Zerfallszeit von 2 Stunden angegeben, eine solche ist in der Praxis aber nicht immer gegeben, was sich mit dem Leuchtbakterientest belegen lässt. Im Falle einer Dauerdosierung – eine solche ist eigentlich nicht vorgesehen - ergeben sich Resistenzprobleme. CMIT/MIT lässt sich nicht online messen, sondern nur im Labor (Weidner Wassertechnik GmbH: Interview 5)
- Isothiazolinone sind im Kühlwasser stabiler als oxidierende Biozide, sind aber schwächer wirksam und entfalten im Kühlwasser eher eine bakteriostatische Wirkung (Sanosil AG: Interview 7).
- CMIT/MIT wirkt gegenüber Legionellen nur in hohen Konzentrationen und relativ langsam. Die volle Wirksamkeit wird erst nach 15 bis 20 Stunden erreicht. Bei niedrigen pH ist es im Kühlwasser relativ lange stabil. CMIT/MIT hat also eine gewisse Depotwirkung, insbesondere bei Kühlsystemen mit längeren Standzeiten ist dies hilfreich. Bei Systemen ohne raschen Wasserwechsel kann es bei moderatem pH durch die hohe Halbwertszeit im Laufe der Stoßdosierungen zu einer Aufkonzentrierung des Wirkstoffes im Kühlwasser kommen. Dies erhöht sowohl die Ökotoxizität der Abschlämzung als auch das Risiko der Resistenzbildung. Gemäß VDI 2047 sollte der Wirkstoff nach einiger Zeit gewechselt werden, um so Resistenzbildungen zu vermeiden. Daher wird es oft in Kombination verwendet, und zwar so, dass man etwa alle 14 Tage oder 4 Wochen eine Stoßdosierung mit CMIT/MIT macht, die Regeldosierung aber mit einem oxidierenden Biozid durchführt (Inwatec GmbH: Interview 8).
- Isothiazolinone werden bei circa der Hälfte der kleineren Anlagen eingesetzt. Ein Grund ist, dass auch bei mangelhafter Wartung keine Schäden an der Anlage zu befürchten sind (Kurita Europe GmbH: Interview 10) .
- Das Arbeiten mit Bioziden bei kleinen Anlagen ohne Dosierpumpe und ohne Dosierstation ist nicht sicher. Bei der Zudosierung aus Originalgebinden ohne Umfüllen (mit Saugglanzern) ist ein Kontakt zu vermeiden. Übliche 1,4%ige CMIT/MIT Gemische können bei Spritzern in das Auge zu Erblindung führen. Wenn die in das Kühlsystem zudosierte CMIT/MIT Anwendungslösung in Kontakt mit der Haut kommt, können schlecht heilbare Wunden entstehen (Weidner Wassertechnik GmbH: Interview 5).
- Fälle von Arbeitsunfähigkeit auf Grund der sensibilisierenden Wirkung von Isothiazolinon sind bekannt (Inwatec GmbH: Interview 8).
- Ein weitgehender Verzicht auf den Wirkstoff CMIT/MIT wäre begrüßenswert (Normungsausschuss ÖNORM B 5020: Interview 12)

⁴⁴ Der Stand des Monitorings bzw. ob ein solches geplant ist, konnte zum Zeitpunkt der Erstellung des vorliegenden Berichtes nicht in Erfahrung gebracht werden.

Marktrecherche: Das Produkt [Acticide 14](#) des Anbieters [Thor](#) ist eine farblose bis schwach gelbe Flüssigkeit und enthält CMI/MIT in einer Konzentration von 13,9 – 14,3 %. Laut Anbieter eignet sich Acticide 14 für die Konservierung von Wasserkreisläufen, Kühlschmieremulsionen und Papierbehandlungen. Übliche Einsatzmengen liegen, in Abhängigkeit von System und Zielsetzung des Kunden, zwischen 0,005 und 0,0025 %.

CONCLUSIO

Laut Experteninterviews ist CMIT/MIT insbesondere in Kleinanlagen ein häufig eingesetztes Biozid. Es findet sich in Biozidprodukten oft kombiniert mit anderen nicht oxidierenden Wirkstoffen.

Die Stabilität im Kühlwasser ist höher als bei oxidierenden Bioziden, es wirkt nur gering gegen Biofilme und hat insgesamt mehr eine bakteriostatische, aber sehr breite Wirkung. Resistenzbildungen gegenüber Keimen sind bekannt. Es ist wenig korrosiv, sodass auch bei Wartungsmängeln kaum Schäden am Kühlsystem zu erwarten sind. Die Anlagenkosten sind niedrig und die Betriebskosten liegen im Mittelfeld. Die Stabilität kann leicht zu Überdosierungen, bzw. einer schrittweisen Aufkonzentrierung im Kühlwasser führen. Seine Konzentration im Kühl-, bzw. Abschlammung ist nicht direkt messbar, sondern nur über einen Leuchtbakterientest zu erheben.

CMIT/MIT ist mit „Lebensgefahr bei Einatmen“, sowie ätzend und hautsensibilisierend eingestuft. Die Sensibilisierungshäufigkeit wird laut GESTIS Stoffdatenbank hoch und dessen Sensibilisierungspotenz als mittelstark eingeschätzt. In den Experteninterviews wurde von häufigen Frühpensionierungen aufgrund von Sensibilisierungen berichtet. Übliche 1,4%ige CMIT/MIT Gemische können bei Spritzern in das Auge schnell zur Erblindung führen. Wenn die ins Kühlsystem zudosierte CMIT/MIT- Anwendungslösung in Kontakt mit der Haut kommt, so können sehr schlecht heilbare Wunden entstehen. Die Einstufung mit H410 in Kombination mit Multiplikationsfaktor 100 zeigt die hohe Toxizität gegenüber aquatischen Organismen.

CMIT/MIT ist einer der wenigen Wirkstoffe, welcher von der ECHA für die Verwendung in Kühlsystem bereits zugelassen wurden. Demnach wird die professionelle Anwendung im Kühlwasserbereich („manual mixing and loading“) als „akzeptabel“ bewertet, wenn durch eine automatische Dosieranlage und Schutzkleidung Hautkontakt - etwa durch Spritzer - durchgehend vermieden werden kann. Ebenso ist die Emission aus Kühlkreisläufen im Rahmen der Risikobewertung „akzeptabel“, sofern sie in eine Kläranlage erfolgt. CMIT/MIT wird im Bewertungsbericht als biologisch nicht leicht abbaubar und ohne Bioakkumulationspotenzial ausgewiesen, die Metaboliten sind schnell abbaubar („quickly biodegraded“).

Einschätzung: Aus den Experteninterviews ging hervor, dass die von der ECHA geforderten Bedingungen für eine sichere Anwendung in der Praxis nicht immer eingehalten werden. Da es oft in kleinen Anlagen eingesetzt wird, ist dem Wartungspersonal die Gefährlichkeit von CMIT/MIT nicht immer bewusst, insbesondere wenn in Urlaubs- und Krankheitsfällen ungeschultes Personal damit hantiert. Die von Herstellern angegebenen Abbauraten stimmen mit den realen Bedingungen, wo sich der Wirkstoff häufig stabiler verhält als angenommen, nicht überein. In Österreich verbietet die Abwasseremissions-Verordnung für Kühlsysteme die Einleitung von Isothiazolen in den Kanal. Es konnte trotz Gesprächen mit den zuständigen Behörden nicht eruiert werden, ob dieses Verbot auch CMIT/MIT, also Isothiazolinone, einschließt.

Fazit:

Messungen, um die aktuelle Gewässerbelastung mit CMIT/MIT in Österreich einschätzen zu können sollten im Rahmen eines Schwerpunktprogramms zu Einträgen von Bioziden aus Kühlanlagen durchgeführt werden. Trotz der Zulassung durch die ECHA sprechen die im Rahmen dieser Studie

erhobenen Informationen dafür, dass auf den Einsatz von CMIT/MIT weitestgehend verzichtet werden sollte, und zwar aufgrund der Unfallgefahr, dem hohen sensibilisierenden Potenzial und der hohen aquatischen Toxizität und schlechten Abbaubarkeit.

Wir empfehlen zudem (insbesondere für Wien als Hot-spot des Kühlbedarfs) Messungen von CMIT/MIT im Kanal, sowie im Zu- und Ablauf von Kläranlagen vorzunehmen, um die reale Gewässerbelastung abzuschätzen. Da uns insbesondere in den Interviews mit österreichischen Expert*innen dieser Stoff häufig als ein gerne eingesetzter genannt wurde, kann nicht ausgeschlossen werden, dass ökotoxikologisch relevante Mengen in die Gewässer gelangen. Das Umweltbundesamt kann Messungen von CMIT/MIT in Abwasserproben demnächst auch technisch durchführen. Sollten die Messergebnisse eine relevante Belastung, z.B. mit CMIT/MIT zeigen, könnte Österreich in einem weiteren Schritt für mehr Messungen auf EU-Ebene eintreten. Es wäre hierfür beispielsweise eine Meldung von CMIT/MIT in die Beobachtungsliste für Verdachtsstoffe der EU-Wasserrahmenrichtlinie denkbar (Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus: Interview 2)

WASSERSTOFFPEROXID (INKLUSIVE ZUSATZ VON SILBER)

Identität, Zulassung, Einstufung

Auf der Webseite der Europäischen Chemikalienagentur ECHA wurden der Status des Zulassungsverfahrens des bioziden Wirkstoffes Wasserstoffperoxid (CAS 7722-84-1) sowie verfügbare Einstufungen abgefragt. Zum Zeitpunkt der Abfrage war der Wirkstoff in den Produktarten PT 1, 2, 3, 4, 5, 6 zugelassen, nicht jedoch in Produktart 11. Für Wasserstoffperoxid findet sich in der [Datenbank](#) der Europäischen Chemikalienagentur ECHA neben der Einstufung im Wirkstoffbericht eine harmonisierte Einstufung und eine Einstufung im REACH Dossier.

Eintrag ECHA "information on biocides" (Abfrage: November 2022)	Stoffbezeichnung in Deutsch	CAS Nummer	BPR Zulassung PT11	Stoffinformation ECHA "Substance Infocard"	harmonisierte Einstufung	Einstufung REACH Dossier	BPR Dokument: Stellungnahme des Ausschusses für Biozidprodukte (BPC) bzw. Wirkstoffbericht für jeweils zugelassene Produktart (PT)
Hydrogen peroxide	Wasserstoffperoxid	7722-84-1	laufend		H302, H314, H332	H302, H314, H332, H335, Sens., CMR & chron. Tox.: keine Einstufung; Aq. Tox (acute): keine Einstufung, H412	Wirkstoffbericht (PT1-6): H302, H314, H332, Sens., CMR & chron. Tox.: keine Einstufung, Aq.Tox. (akut, chronisch): keine Einstufung

Wasserstoffperoxid wird in Verdunstungskühlanlagen häufig mit Silber kombiniert angewendet, daher wurde ergänzend der Status von Silber (CAS 7440-22-4) abgefragt. Zum Zeitpunkt der Abfrage war das Zulassungsverfahren in Produktart 11 laufend, im REACH Dossier finden sich jeweils für „Silber Pulver > 99,9% (erfüllt nicht die Kriterien für die Nano-Form)“ bzw. für „Silber in Nano-Form (mittlere Partikelgröße < 100 nm)“ Einstufungen.

Eintrag ECHA "information on biocides" (Abfrage: November 2022)	Stoffbezeichnung in Deutsch	CAS Nummer	BPR Zulassung PT11	Stoffinformation ECHA "Substance Infocard"	harmonisierte Einstufung	Einstufung REACH Dossier	BPR Dokument: Stellungnahme des Ausschusses für Biozidprodukte (BPC) bzw. Wirkstoffbericht für jeweils zugelassene Produktart (PT)
Silver	Silber	7440-22-4	laufend	aktuell bewertet hinsichtlich endokriner Wirksamkeit	-	<p>Silber Pulver (> 99,9%, erfüllt nicht Kriterien für Nano Form): Akute Tox., Korr., Sens., CM & chron.Tox.: keine Einstufung, Repro.: keine Daten verfügbar; H400 (M10), H410 (M10)</p> <p>Silber in Nano-Form (mittlere Partikelgröße < 100 nm): Akute Tox., Korr., Sens., CM & chron.Tox.: keine Einstufung, Repro.: H360D; H400 (M1000), H410 (M1000)</p>	-

ABC-Kategorisierung

Wasserstoffperoxid wirkt ätzend (H314) und ist mit „gesundheitsschädlich bei Einatmen“ (H332) eingestuft. Hautsensibilisierende, kanzerogene, mutagene, reproduktionstoxische und chronisch toxische Eigenschaften werden im Wirkstoffbericht ausgeschlossen.

Stoffbezeichnung	CAS Nummer	Datenquelle(n) für ABC Kategorisierung	Akute Giftigkeit (Akut Tox.)	Reiz-, Ätzwirkung (Korr.)	Sensibilisierung (Sens.)	CMR & chronische Toxizität (CMR & chron. Tox.)	Gefährdung Oberflächen gewässer (Aq. Tox. akut)	Gefährdung Oberflächen gewässer (Aq. Tox. chronisch)
Wasserstoffperoxid	7722-84-1	Wirkstoffbericht (PT1 bis 6)	H302, H332	H314	-	-	-	-

Für die ABC Kategorisierung wird neben mikroskaligen Silberpulver auch die Nanoform berücksichtigt: Mikroskaliges Silber weist mit H410 und M-Faktor⁴⁵ 10 eine hohe Toxizität gegenüber aquatischen Organismen auf. Im Vergleich dazu zeigt die Nanoform eine deutlich höhere aquatische Gefährdung bzw. ist als reproduktionstoxisch mit H360D („Kann das Kind im Mutterleib schädigen“) eingestuft:

Stoffbezeichnung	CAS Nummer	Datenquelle(n) für ABC Kategorisierung	Akute Giftigkeit (Akut Tox.)	Reiz-, Ätzwirkung (Korr.)	Sensibilisierung (Sens.)	CMR & chronische Toxizität (CMR & chron. Tox.)	Gefährdung Oberflächen gewässer (Aq. Tox. akut)	Gefährdung Oberflächen gewässer (Aq. Tox. chronisch)
Silber	7440-22-4	REACH Dossier (Silberpulver)	-	-	-	?	H400 (M10)	H410 (M10)
		REACH Dossier (Silber in Nanoform)	-	-	-	H360 D	H400 (M1000)	H410 (M1000)

Die Verwendung von nanoskaligen Silber (bzw. Silber als Nanomaterial) als Biozid wird in einem Durchführungsbeschluss der Kommission aus 2021⁴⁶ für die Produktarten PT 2, 4 und 9 verboten. Ob nanoskaliges Silber in Produkten für die Verdunstungskühlung (PT11) zur Anwendung kommt, ist nicht bekannt. Der Hersteller Sanosil AG führt an, dass dies für sein Produkt nicht der Fall ist.

Arbeitnehmer*innenschutz Wasserstoffperoxid

In seiner Stellungnahme trifft der Ausschuss für Biozidprodukte dazu folgende Aussagen [\[44\]](#):

- Die nachteiligen Wirkungen von Wasserstoffperoxid beim Menschen beschränken sich auf lokale Wirkungen am Ort des ersten Kontakts mit dem Körper und auf Embolien in seltenen Fällen bei sehr hohen Konzentrationen.
- Es wurden keine eindeutigen systemischen Effekte beobachtet, was angesichts der Wirkungsweise, d.h. der direkten chemischen Reaktivität, die zu einem schnellen Abbau führt, plausibel ist.
- Korrosion und/oder Reizung der Haut und der Schleimhäute sind die prominentesten Beobachtungen in der Vielzahl von Tierstudien. Diese Effekte sind konzentrationsabhängig und hängen nicht oder nur geringfügig von der Expositionsdauer ab.

⁴⁵ M ist ein Multiplikationsfaktor, der hoch gewässertoxische Stoffe entsprechend gewichtet

⁴⁶ Commission Implementing Decision [\(EU\) 2021/1283](#) of 2 August 2021 on the non-approval of certain active substances in biocidal products.

Die Gefahrstoffdatenbank der Deutschen Unfallversicherung GESTIS stellt die konzentrationsabhängige Wirkung von Wasserstoffperoxid wie folgt dar [41]:

- Als niedrigste augenreizende Konzentration für die meisten Menschen gilt eine 0,01 % Lösung. 8%ige Lösungen zeigten am Kaninchenauge mäßige bis starke Reizeffekte. 30 % Lösungen setzten neben der Hornhauttrübung Epitheldefekte, noch konzentriertere wirken stark ätzend.

Umweltverhalten von Wasserstoffperoxid und Silber

Das im Wirkstoffbericht beschriebene Abbau- und Umweltverhalten von Wasserstoffperoxid lässt sich wie folgt zusammenfassen [45]:

- Wasserstoffperoxid zeigt einen sehr schnellen biologischen Abbau im Klärschlamm und ein schneller Abbau wurde auch in Oberflächengewässern und Bodenkompartmenten beobachtet.
- Die Zersetzung von Wasserstoffperoxid wird durch Übergangs-Metallionen abiotisch katalysiert. Die Halbwertszeit im Oberflächenwasser umfasst neben dem biotischen Abbau auch die abiotische Katalyse.
- Es gibt keine relevanten Metaboliten.

Ein Forschungsbericht bewertet die Umweltexposition von Silberionen aus Biozidprodukten wie folgt [46]:

- Die Risikoabschätzung für Silberverbindungen ist mit Unsicherheiten behaftet.
- Auf Basis der ermittelten Expositionskonzentrationen, der ermittelten Effektwerte sowie der getroffenen Annahmen für das Ausmaß an freien Silberionen in der Umwelt wird die Gefahr einer nicht akzeptablen Beeinträchtigung für die Kompartimente "Wasser" und "Klärschlamm" aufgrund der zu erwartenden Sorption bzw. Bildung schwerlöslicher Silbersalze als gering eingestuft.
- Hinsichtlich des Risikos für Boden und seine Funktionen ist zu bedenken, dass im Rahmen des vorsorgenden Bodenschutzes ein Eintrag von persistenten Stoffen, zu denen auch Silber zählt, nicht erwünscht ist. Da für derartige Stoffe kein Abbau erfolgen kann, wird eine Anreicherung in der Umwelt erfolgen. Bei sich ändernden Umweltbedingungen oder bei neuen Erkenntnissen sind daher unerwünschte Konsequenzen nicht auszuschließen. Dies würde bedeuten, dass der Eintrag zu minimieren ist. Da Klärschlamm wahrscheinlich den Haupteintragspfad in den Boden darstellt, sollten die entsprechenden Konzentrationen in diesem Medium begrenzt werden. , Klärschlämme mit signifikanten Mengen Silber sollten also nicht für die landwirtschaftliche Nutzung freigegeben werden.

Anwendung (Literatur)

Wirkstoffkonzentration: Wasserstoffperoxid wird in hohen Wirkstoffkonzentrationen (bis 50 mg/l) und häufig kontinuierlich eingesetzt [12].

Wasserstoffperoxid kann von Legionellen mit Hilfe des Enzyms Katalase inaktiviert bzw. zu Sauerstoff und Wasserstoff umgewandelt werden, dadurch kommt es zu einem Toleranzbereich gegenüber Legionellen [1].

Als Vorteile in der Anwendung werden genannt [10]:

- Wirksamkeit gegenüber Biofilmen: Mikroorganismen werden nicht nur abgetötet, sondern Biofilme werden auch gut von Oberflächen gelöst und können z. B. ausgespült werden.

- Unschädliche Zersetzungsprodukte (Wasser und Sauerstoff) bzw. keine Bildung organischer Chlorverbindungen.

Anwendung von Wasserstoffperoxid in Kombination mit Silber (Marktrecherche, Interviewaussagen)

Beim Hersteller [Sanosil AG](#) wurden Unterlagen zum Biozid-Konzentrat Sanosil C recherchiert. Sanosil C ist laut Hersteller *ein hochkonzentriertes Wasserdesinfektionsmittel für die Anwendung in großen Kühlwassersystemen (offen und geschlossen)*. Laut Sicherheitsdatenblatt enthält das Konzentrat Wasserstoffperoxid (30-50 %) und Silber (< 0,05 %). Zusätzlich wurde der Hersteller zur Anwendung befragt und erläutert die Vorteile bei der Anwendung wie folgt (Sanosil AG: Interview 7):

- Bei der Schockdesinfektion – eine solche ist bei bereits verkeimten Anlagen angezeigt – werden bis zu 1000 ppm Sanosil eingesetzt. Damit kann innerhalb von 1 Stunde eine Keimreduktion um 4 log-Stufen erreicht werden.
- Die Unterhaltsdesinfektion erfolgt in einer Dosierung von 20 und 50 ppm, im Mittel 30 ppm.
- Silber wirkt bei Sanosil als Katalysator und verstärkt die Wirkung um das 8-fache durch den beschleunigten Zerfall von Wasserstoffperoxid in Sauerstoffradikale. Silber hätte in größerer Konzentration eine bakteriostatische Wirkung, im vorliegenden Fall ist dieser Effekt aber vernachlässigbar.
- Silber reagiert mit Chloriden zu inertem Silberchlorid und gelangt über das Abwasser in den Klärschlamm.

Zusätzlich stellt der Hersteller fest: Das in Sanosil enthaltene Silber zur katalytischen Verstärkung der ROS-bildung aus dem H_2O_2 und damit der oxidierenden Wirkung bei Vorhandensein von organischem Material ist explizit mikroskalig, kann also mit einem sehr guten Mikroskop als "Flakes" visuell erkannt werden.

Ein deutscher Dienstleistungsanbieter beschreibt die Anwendung (Inwatec GmbH: Interview 8):

- Anlagen mit Durchlaufkühlung dürfen nur Sauerstoffabspalter einsetzen, das heißt Ozon und Wasserstoffperoxid. Wasserstoffperoxid wird sowohl mit als auch ohne Silber als Katalysator eingesetzt.
- Wasserstoffperoxid ohne Silber ist ähnlich wie Chlor nur bei einem niedrigen pH-Bereich einsetzbar. Bei einem höheren pH-Wert braucht man die mit Silber katalysierte Variante (Bildung oxidationsstarker OH-Radikale), um mit geringen Mengen auszukommen.
- Legionellen können mit Wasserstoffperoxid gut kontrolliert werden. Ein Problem entsteht aber dadurch, dass Legionellen Katalase positiv sind. Damit wird der Wirkstoff schneller abgebaut. Mit bereits bewachsenen Fertignährböden lässt sich prüfen, ob Katalase-positive Bakterien im Kühlwasser vorhanden sind (spontan starke Gasbildung, wenn die Kolonien einer 3%igen Lösung von Wasserstoffperoxid ausgesetzt sind – bei Dip-Slides durch einfaches Befüllen des Röhrchens mit Peroxidlösung). Dann sollte für 2 oder 3 Monate ein alternativer Wirkstoff eingesetzt werden.

Conclusio

Eine Gesundheitsgefährdung durch Wasserstoffperoxid besteht durch lokal reizende bzw. ätzende Eigenschaften, systemische Wirkungen sind nicht bekannt. Für die aquatische Umwelt kann aufgrund eines raschen, durch Katalyse beschleunigten Zerfalls in unschädliche Metaboliten eine geringe Gefährdung angenommen werden. Der Zusatz von Silber erhöht die Wirksamkeit von Wasserstoffperoxid, bedingt aber den Eintrag eines persistenten Stoffes in die Umwelt. Wasserstoffperoxid ist wirksam gegen Biofilme, die Anwendung erfordert aber eine hohe

Wirkstoffkonzentration. Legionellen können durch Selektion ihre enzymatische Abbauaktivität gegenüber Wasserstoff steigern, was mit einer Minderung der Wirksamkeit verbunden ist. Im Rahmen der Recherchen zur Studie gelangten uns in Österreich keine Verdunstungskühlanlagen zur Kenntnis, die Wasserstoffperoxid einsetzen.

OZON

Identität, Zulassung, Einstufung

Nach Europäischer Chemikalienagentur ECHA ist das Zulassungsverfahren für Ozon in der Produktart PT11 laufend. In der [Datenbank](#) der ECHA finden sich für Ozon ein Vorschlag für eine harmonisierte Einstufung [62], sowie Einstufungen in einem REACH Dossier sowie in einer Stellungnahme des Ausschusses für Biozidprodukte. Außerdem findet sich der Hinweis, das Ozon aktuell hinsichtlich seiner endokrinen Wirksamkeit bewertet wird.

Eintrag ECHA "information on biocides" (Abfrage: November 2022)	Stoffbezeichnung in Deutsch	CAS Nummer	BPR Zulassung PT11	Stoffinformation ECHA "Substance Infocard"	harmonisierte Einstufung	Einstufung REACH Dossier	BPR Dokument: Stellungnahme des Ausschusses für Biozidprodukte (BPC) bzw. Wirkstoffbericht für jeweils zugelassene Produktart (PT)
Ozone generated from oxygen	Aus Sauerstoff erzeugtes Ozon	10028-15-6	laufend	aktuell bewertet hinsichtlich endokriner Wirksamkeit	Vorschlag: H330, H341, H351, H370, H372, Korrr.: Daten nicht eindeutig; Hautsens: nicht anwendbar (Gas); H400 (M100), H410 (M1)	H330, H314, H318, Sens & CMR: Keine Einstufung; H372 (Atemtrakt); H400 (M100), H410 (M1)	BPC Stellungnahme (PT11): H330, H341, H351, H370, H372, Repro. Tox.: keine Einstufung notwendig; H400 (M100), H410 (M1)

ABC-Kategorisierung

Für die ABC Kategorisierung werden alle Einstufungsquellen berücksichtigt: Ozon wird einheitlich mit H330 („Lebensgefahr bei Einatmen“) sowie H372 („Schädigt die Organe bei längerer oder wiederholter Exposition“) eingestuft. Die Schädigung betrifft den Atemtrakt, aber auch das Herz-, Kreislauf- und Nervensystem [62]. Hautsensibilisierende Eigenschaften werden ausgeschlossen.

Die Einstufungsquellen sind nicht einheitlich in Bezug auf CMR Eigenschaften: Der Vorschlag für die harmonisierte Einstufung und die Stellungnahme zur Zulassung stufen Ozon mit H341 („kann vermutlich genetische Effekte verursachen“) und H351 („kann vermutlich Krebs erzeugen“) ein, solche Eigenschaften werden im REACH Dossier ausgeschlossen. Ebenso uneinheitlich werden die hautreizenden bzw. ätzenden Eigenschaften von Ozon bewertet: Nur das REACH Dossier stuft Ozon mit H314 („verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden“) ein.

Die (einheitliche) Einstufung mit H400 in Kombination mit einem M-Faktor⁴⁷ von 100 zeigt eine hohe akute Giftigkeit gegenüber aquatischen Organismen an.

Stoffbezeichnung	CAS Nummer	Datenquelle(n) für ABC Kategorisierung	Akute Giftigkeit (Akut Tox.)	Reiz-, Ätzwirkung (Korr.)	Sensibilisierung (Sens.)	CMR & chronische Toxizität (CMR & chron. Tox.)	Gefährdung Oberflächen gewässer (Aq. Tox. akut)	Gefährdung Oberflächen gewässer (Aq. Tox. chronisch)
Aus Sauerstoff erzeugtes Ozon	10028-15-6	harmonisierte Einstufung, REACH Dossier, BPC Stellungnahme (PT11)	H330	H314, H318, EUH071	-	H341, H351, H372 (Atemtrakt)	H400 (M100)	H410 (M1)

⁴⁷ M ist ein Multiplikationsfaktor, der hoch gewässertoxische Stoffe entsprechend gewichtet

Arbeitnehmer*innenschutz

Die Gefahrstoffdatenbank der Deutschen Unfallversicherung GESTIS bewertet die inhalative Aufnahme bzw. Wirkung von Ozon wie folgt [41]:

- Im Ruhezustand werden vom Menschen 40 - 50 % des inhalierten Ozons bereits von den Schleimhäuten von Nase, Mund und Rachen aufgenommen.
- Akute Hauptwirkungsweisen sind Reizung und Schädigung der Schleimhäute der Augen, chronische Hauptwirkungen sind Lungenfunktionsstörung und Lungenschädigung.
- Bei niedrigeren Konzentrationen von 0,8 bis 1 mg/m³ konnten in der Nasen- und Lungenflüssigkeit von gesunden Probanden schon nach 2 h Proteine, Entzündungszellen und Entzündungsmediatoren nachgewiesen werden.
- Ein Konzentrationsniveau von 0,2 bis 0,4 mg/m³ löst Schleimhautreizungen, Geruchsbelästigung und Lungenfunktionsveränderungen (Abnahme der Vital- und Sekundenkapazität) aus.
- Ozon kann die Widerstandskraft der Lungenzellen gegenüber Infektionen schädigen. Aus Tierexperimenten resultierte die Einschätzung, dass Ozon immuntoxisch wirkt.

Umweltverhalten (Literatur).

In der Stellungnahme zur Zulassung von Ozon für die Kühlwasserbehandlung wird das Verhalten von Ozon in der (aquatischen) Umwelt wie folgt beschrieben [69]:

- Für keine der Anwendungen innerhalb von PT11 mit Freisetzung in die Kanalisation wurde ein Risiko festgestellt, da Ozon schnell abgebaut wird.
- Je nach Menge an Abschlammung kann jedoch die direkte Emission in Oberflächengewässer bei der Anwendung als Kühlwasserbiozid zu unannehmbaren Risiken für die aquatische Umwelt führen, wenn keine zusätzlichen Maßnahmen zur Verringerung der Ozonkonzentration ergriffen werden.
- Ozon kann jedoch zu Desinfektionsnebenprodukten führen, die ein potenzielles Risiko für die Umwelt darstellen können. Die derzeit verfügbaren Informationen reichen jedoch nicht aus, um endgültige Schlussfolgerungen über die Risiken von Desinfektionsnebenprodukten zu ziehen. Diese müssen bei der Produktzulassung berücksichtigt werden.

Der Ausschuss für Biozidprodukte trifft folgende abschließende Feststellung:

- Eine sichere Verwendung für die menschliche Gesundheit und die Umwelt wird für alle vorgesehenen Verwendungszwecke identifiziert. Eine Ausnahme stellt die direkte Einleitung von Kühlwasser aus großen Kühlsystemen in das Oberflächenwasser dar.
- Aufgrund des schnellen Abbaus von Ozon im Kühlwasser könnten diese inakzeptablen Risiken für Oberflächengewässer beispielsweise durch eine Erhöhung der Verweildauer der Abschlammung im Abwasserkanal oder durch den Einbau eines Absetzbeckens gemindert werden.

Anwendung

Wirkstoffkonzentration: 0, 1 – 0,3 mg/l (ppm) [49]

In der Fachliteratur werden Eigenschaften und Herstellung wie folgt beschrieben [11], [39], [49].

- Ozon ist aufgrund seiner hohen Reaktivität instabil und damit nicht lagerfähig und wird deshalb vor Ort hergestellt.
- Zur Ozonherstellung wird Luft oder Sauerstoff zwischen zwei Elektroden, zwischen denen ein Hochspannungs-Wechselpotential aufrechterhalten wird, durchgeleitet (Ozonisator). Die

Auflösung des Ozons im Wasser ist eines der Schlüsselemente einer gut funktionierenden Anlage. Die Temperatur hat einen großen Einfluss auf den Auflösungsgrad des Gases.

- Die Desinfektionseffizienz von Ozon ist wie die von Chlordioxid relativ pH-unabhängig.
- Die Abreaktion von Ozon in "schmutzigen" Systemen bedingt eine verkürzte Halbwertszeit
- Im Vergleich zu anderen Oxidationsmitteln ist Ozon wenig selektiv, da es mit vielen Substanzen reagiert.

Zu Vor- und Nachteilen bei der Anwendung finden sich folgende Aussagen [8], [10], [13].

- Vorteile sind die einfache Erzeugung vor Ort, der Zerfall bzw. die Abreaktion innerhalb kürzester Zeit, geringe Betriebskosten sowie eine hohe Toxizität gegenüber Zielorganismen.
- Hohe Investitionskosten und nicht überschaubare Reaktionsprodukte (unspezifische Oxidation) sind von Nachteil, ebenso können bei kurzer Verweilzeit eventuell nicht alle Bereiche in der Anlage erfasst sein.
- Ein Vorteil von Ozon ist, dass im Verhältnis zu vergleichbaren Oxidations- und Desinfektionsmitteln weniger umweltschädliche Nebenprodukte entstehen.
- Ozon ist korrosiv und inkompatibel mit fast allen Additiven, PVC und Kupfer⁴⁸. Durch die hohe Oxidationskraft von Ozon können organische Konditionierungsmittel sowie Kunststoff- und Holzeinbauten angegriffen werden.
- Um Nebenreaktionen zu vermeiden, sollte das Kühlwasser bei Einsatz von Ozon einen möglichst geringen Gehalt an organischen Stoffen haben.

In den Interviews wurden außerdem genannt:

- Ozon ist das am besten wirksame Biozid, ein wesentlicher Nachteil ist die teure Anlage, die Giftigkeit und die Gefahr von massiven Korrosionsvorgängen im Kühlsystem bei Überdosierung. (Weidner Wassertechnik GmbH: Interview 5)
- Für kleinere Betriebe stellt Ozon ein Gefahrenpotenzial dar. Ozon riecht man in hohen Konzentrationen nicht, lediglich in niederen Konzentrationen in der Raumluft. Daher ist eine Raumluftüberwachung vorgeschrieben. Die Verfahren zur Erzeugung vor Ort bergen Potenziale für den Arbeitnehmer*innenschutz. Es ist ein hocheffizientes Biozid, aber unspezifisch reaktiv und ziemlich flüchtig. 0,3 ppm ist schon eine hohe Konzentration. Die Anwendung ist rückläufig und beschränkt sich auf die Betriebe, wo sich Ozon bewährte bzw. in sauberen Systemen ohne hohe organische Belastung und somit ohne Entstehung von Desinfektionsnebenprodukten) (Inwatec GmbH: Interview 8)

Conclusio

Das EU-Zulassungsverfahren ist für alle Produktarten noch laufend. Der Vorschlag für die harmonisierte Einstufung sieht vor, Ozon als ätzend, mit H341 (vermutlich mutagen), H351 (vermutlich reproduktionstoxisch) und H372 (langfristig organschädigend in Bezug auf die Atemwege) einzustufen. Ozon ist als sehr giftig für Wasserlebewesen mit kurzfristiger und langfristiger Wirkung eingestuft. Eine Gefährdung der aquatischen Umwelt durch Ozon wird vom Ausschuss für die Zulassung von Bioziden aber aufgrund des raschen Abbaus ausgeschlossen, sofern Ozon nicht aus großen Kühlanlagen direkt in das Oberflächengewässer gelangt. Für die Kühlwasserbehandlung wird Ozon in Anlagen vor Ort hergestellt, damit ist ein verfahrenstechnischer Aufwand verbunden bzw. sind Investitionen erforderlich. Obwohl es als eines der wirksamsten

⁴⁸ Und laut Auskunft der Firma KOFEC ist Ozon auch inkompatibel mit Polyethylen. Auch (Silikon)Dichtungen müssen eine definierte Qualität aufweisen, um nicht angegriffen zu werden.

Biozide gilt, bestehen seine Nachteile in einer hohen Korrosivität bzw. Materialunverträglichkeit sowie einer erheblichen Empfindlichkeit gegenüber organischer Belastung (des Kühlwassers). Dadurch und in Zusammenschau mit seinem humantoxischen Gefährdungspotenzial sind die Anforderungen an Betriebsführung und Arbeitssicherheit erheblich.

Folgendes Praxisbeispiel (Stand 2023) zeigt jedoch, dass Ozonanlagen den Einsatz abwasserrelevanter Chemikalien sehr erfolgreich reduzieren können. So verursachte ein Kühlturm der Vienna Twin Tower jährlich einen Chemikalieneinsatz im Wert von 95.000,- Euro. Diese wurden gemeinsam mit jährlich 50.000 m³ Wasser in den Kanal abgesalzt. Nach einer erfolgreichen Umstellung der Desinfektion auf eine Ozonanlage^[1] werden seit vier Jahren keine Chemikalien mehr ins Abwasser abgeleitet, da sowohl auf den Einsatz von abwasserrelevanten Bioziden als auch auf (meist umweltschädliche) Korrosionsinhibitoren verzichtet werden kann. Das Ozon wird dabei direkt am Dach erzeugt und mittels eines hydrophysikalischen Reaktors kolloid mit einem Redoxpotential von 700mV in ein Vorlagegefäß des Umlaufwassers eingebracht. Durch diese hydrophysikalische Behandlung wird zudem der pH-Wert angehoben, sodass auf den Einsatz von Stabilisatoren verzichtet werden kann. Unter diesen Bedingungen sterben Mikroorganismen innerhalb von Sekunden ab. Die an sich teure Ozonanlage amortisierte sich zudem in zwei bis drei Jahren, da die Betriebskosten ohne den hohen Chemikalieneinsatz auf jährlich 25.000,- Euro (für den Strombedarf und die regelmäßige Wartung) gesenkt werden konnten. Der Einsatz von Ozon kann also bei entsprechender Kompatibilität der Anlagenmaterialien eine hohe Hygiene sicherstellen, trotz zusätzlicher Sicherheitstechnik Kosten einsparen, als auch (nach heutigem Stand des Wissens) Gewässer vor der Einleitung hoher Mengen an umweltgiftigen Chemikalien schützen.

^[1] Die genannte Ozonanlage stammt von der Firma KOFEC (www.ko-fec.com)

PERESSIGSÄURE

Identität, Zulassung, Einstufung

Gemäß der [Datenbank](#) der ECHA ist Peressigsäure für Produktart 11 zugelassen. Peressigsäure ist harmonisiert eingestuft, dazu gibt es einen Vorschlag für eine Überarbeitung [63]. Außerdem liegt ein Wirkstoffbericht [51] bzw. eine Stellungnahme des Ausschusses für Biozidprodukte in Bezug auf die Zulassung vor [50]. Auf der Webseite der ECHA findet sich neben einem REACH Dossier der Hinweis, das Peressigsäure hinsichtlich seiner endokrinen Wirksamkeit bewertet wird. Abschließende Ergebnisse liegen noch nicht vor.

Eintrag ECHA "information on biocides" (Abfrage: November 2022)	Stoffbezeichnung in Deutsch (Edukt)	CAS	BPR Zulassung PT11	Stoffinformation ECHA "Substance Infocard"	harmonisierte Einstufung	Einstufung REACH Dossier	BPR Dokument: Stellungnahme des Ausschusses für Biozidprodukte (BPC) bzw. Wirkstoffbericht für jeweils zugelassene Produktart (PT)
Peracetic acid	Peressigsäure	79-21-0	ZUGELASSEN	aktuell bewertet hinsichtlich endokriner Wirksamkeit	Stellungnahme des RAC: EUH071, H301, H310, H314, H330; H400 (M10), H410 (M100)	40% wässrige Lsg: H301, H312, H314, H330, Sens. & CMR & chron.Tox.: keine Einstufung; H400 (M1), H410 (M10)	BPC Stellungnahme (PT11): H302, H312, H314, H332, Sens., CMR & chron. Tox.: keine Einstufung; H400 (M?), H410 (M10)

ABC-Kategorisierung

Für die ABC Kategorisierung prioritär ist der Vorschlag zur Überarbeitung der harmonisierten Einstufung [63]: Darin wird Peressigsäure hinsichtlich seiner akuttoxischen Wirkung mit H330 („Lebensgefahr bei Einatmen“), H310 („Lebensgefahr bei Hautkontakt“) und als ätzend (EUH071: „ätzend auf die Atemwege; H314: „verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden“) eingestuft. In den Einstufungen finden sich keine Hinweise auf sensibilisierende, kanzerogene, mutagene, reproduktionstoxische oder chronisch toxische Wirkungen. Die Einstufung mit H410 in Kombination mit einem M-Faktor⁴⁹ von 100 bedeutet eine sehr hohe Giftigkeit gegenüber Wasserorganismen mit langfristiger Wirkung. Peressigsäure wird hinsichtlich einer endokrinen Wirkung von der [ECHA ED Expert Group](#) diskutiert, während in der Stellungnahme zur Zulassung eine endokrine Wirkung noch ausgeschlossen wird [50].

Stoffbezeichnung (Edukt)	CAS	Datenquelle(n) für ABC Kategorisierung	Akute Giftigkeit (Akut Tox.)	Reiz-, Ätzwirkung (Korr.)	Sensibilisierung (Sens.)	CMR & chronische Toxizität (CMR & chron. Tox.)	Gefährdung Oberflächen gewässer (Aq. Tox. akut)	Gefährdung Oberflächen gewässer (Aq. Tox. chronisch)
Peressigsäure	79-21-0	harmonisierte Einstufung (Vorschlag)	H301, H310, H330	EUH071, H314	-	-	H400 (M10)	H410 (M100)

⁴⁹ M ist ein Multiplikationsfaktor, der hoch gewässertoxische Stoffe entsprechend gewichtet

Arbeitnehmer*innenschutz

Wässrige Peressigsäure besteht aus Peressigsäure, Wasserstoffperoxid und Essigsäure. Basierend auf den ausgewerteten Informationen ist Peressigsäure der kritischste Bestandteil wässriger Lösungen im Hinblick auf mögliche Gesundheitsrisiken. In der Stellungnahme des Ausschusses für Biozidprodukte zur Zulassung werden folgende Aussagen dazu gemacht [\[50\]](#).

- Die Wirkungen von Peressigsäure beim Menschen beschränken sich auf lokale Wirkungen am Ort des ersten Kontakts mit dem Körper. Es wurden keine eindeutigen systemischen Wirkungen von Peressigsäure beobachtet, was angesichts der Wirkungsweise, d.h. der direkten chemischen Reaktivität, die zu einem schnellen Abbau von Peressigsäure führt, plausibel ist.
- Reizung und Verätzung der Haut bzw. der Schleimhäute sind die prominentesten Beobachtungen in den verfügbaren Tierstudien. Die Effekte sind konzentrationsabhängig und hängen nicht oder nur geringfügig von der Expositionsdauer ab. Daneben verursacht Peressigsäure sensorische Reizungen der Atemwege.
- Persönliche Schutzausrüstung ist auf Grund der korrosiven Eigenschaften der konzentrierten Lösung von Peressigsäure erforderlich.
- Atemschutzgeräte werden auch bei manueller Handhabung benötigt.
- Eine sekundäre Driftexposition von Kühltürmen ist akzeptabel.

Dies wird in Interviewaussagen bestätigt (Stockmeier Group: Interview 3)

- Für das Personal vor Ort bestehen vor allem beim Ansetzen der Lösung bzw. beim Verdünnen der konzentrierten Peressigsäure gesundheitliche Risiken. Das Wartungspersonal muss bei diesen Vorgängen Schutzkleidung tragen.

Anwendung und Umweltverhalten

Wirkstoffkonzentration: 5 mg/l (ppm) [\[51\]](#)

Resistenzentwicklung: Das Risiko ist aufgrund der unspezifischen Reaktionen gering [\[50\]](#).

Die Stellungnahme zur Zulassung charakterisiert die Anwendung wie folgt [\[50\]](#):

- Peressigsäure trägt am meisten zur bioziden Wirksamkeit der Anwendungslösungen bei, da Peressigsäure eine signifikant höhere biozide Aktivität als Wasserstoffperoxid aufweist, Synergieeffekte jedoch nicht ausgeschlossen werden können.
- In den Konzentrationen, die in Anwendungslösungen üblich sind, trägt Essigsäure nicht zur Wirksamkeit bei.
- Peressigsäure ist zwar als hoch gewässertoxisch mit langfristiger Wirkung eingestuft, aber sie zersetzt sich schnell in allen Umweltkompartimenten, d.h. in Oberflächengewässern, Boden, Luft und Aktivschlamm. Darüber hinaus zersetzen sich Peressigsäure und Wasserstoffperoxid bereits in Kühlsystemen und Abwasser, bevor sie die Kläranlage erreichen.
- Die Abbauprodukte von Peressigsäure sind Sauerstoff, Essigsäure und Wasserstoffperoxid. Essigsäure und Wasserstoffperoxid werden weiter zu Wasser, Kohlendioxid und Sauerstoff abgebaut

Peressigsäure wirkt korrosiv auf zahlreiche Metalle wie z. B. Eisen, Zink, Messing, Kupfer, Magnesium. Geringe (Konzentrat) bis nahezu keine Korrosion (Anwendungslösung) treten dagegen bei Aluminium und legiertem (rostfreien) Stahl auf. Keinerlei Korrosion wird bei Glas, Porzellan, glasierten Steingut, sowie Kunststoffen wie Polyethylen und Polyvinylchlorid beschrieben [\[70\]](#).

Peressigsäure ist nicht sehr flüchtig, weil wasserlöslich. Sind in der Luft organische Partikel vorhanden, baut sich Peressigsäure innerhalb von Minuten ab. Insgesamt wird der Einsatz von Peressigsäure im Kühlwasserbereich als selten und eher in geschlossenen Anlagen beschrieben. Grundsätzlich besteht die Möglichkeit einer kontinuierlichen Dosierung als auch einer Schockdosierung (Stockmeier Group: Interview 3).

Marktrecherche: Beim Hersteller [Stockmeier Gruppe](#) wurden Unterlagen zu einem Biozid-Konzentrat unter anderem für die Anwendung im Kühlwasserbereich (PT 11) recherchiert. Demnach ist Lerasept Peressigsäure *ein schaumfreies Desinfektionsmittel auf Basis von Peressigsäure (12%)*.

Conclusio

Peressigsäure wird kein sensibilisierendes, chronisch toxisches oder CMR-Gefährdungspotenzial zugeschrieben. Was die akute Giftigkeit betrifft, liegt aktuell ein Vorschlag für eine harmonisierte Einstufung vor, in der Peressigsäure mit H330 („Lebensgefahr bei Einatmen“) sowie als ätzend für Atemwege, Haut und Augen eingestuft wird. Diese Einstufungen unterstreichen die Notwendigkeit persönlicher Schutzmaßnahmen zur Vermeidung von Hautkontakt und einer inhalativer Aufnahme beim Hantieren als auch bei der Anwendung. Peressigsäure ist zwar als hoch gewässertoxisch mit langfristiger Wirkung eingestuft, aber sie zersetzt sich schnell in allen Umweltkompartimenten, d.h. in Oberflächengewässern, Boden, Luft und Aktivschlamm. Darüber hinaus zersetzen sich Peressigsäure und Wasserstoffperoxid bereits in Kühlsystemen und Abwasser, bevor sie die Kläranlage erreichen. Peressigsäure ist für bestimmte Werkstoffe korrosiv und wird in offenen Kühlsystemen eher selten verwendet.

BENZALKONIUMCHLORIDE (QAV)

Identität, Zulassung, Einstufungen

Für die Zulassung finden sich in der Datenbank der Europäischen Chemikalienagentur ECHA 4 Einträge für Benzalkoniumchloride, die Zulassungsverfahren für Produktart 11 sind noch im Laufen. Lediglich das Benzalkoniumchlorid ADBAC/BKC (C12-16) ist in anderen Produktarten zugelassen bzw. steht ein Wirkstoffbericht für Produktart 1 zur Verfügung. Für ADEBAC (C12-C14) findet sich eine Einstufung im REACH Dossier, harmonisierte Einstufungen sind in keinem Fall verfügbar.

Eintrag ECHA "information on biocides" (Abfrage: November 2022)	Stoffbezeichnung in Deutsch (Edukt)	CAS	BPR Zulassung PT11	Stoffinformation ECHA "Substance Infocard"	harmonisierte Einstufung	Einstufung REACH Dossier	BPR Dokument: Stellungnahme des Ausschusses für Biozidprodukte (BPC) bzw. Wirkstoffbericht für jeweils zugelassene Produktart (PT)
Alkyl (C12-16) dimethylbenzyl ammonium chloride (ADBAC/BKC (C12-16))	Alkyl (C12-16) dimethylbenzyl ammonium chloride (ADBAC/BKC (C12-C16))	68424-85-1	laufend	-	-	-	Wirkstoffbericht (PT1): H302, H314, H318, H335, Sens., CMR & chron.Tox.: keine Einstufung; H400 (M10), H410 (M1)
Alkyl (C12-18) dimethylbenzyl ammonium chloride (ADBAC (C12-18))	Alkyl(C12-18)dimethylbenzyl ammoniumchlorid (ADBAC (C12-18))	68391-01-5	laufend	H302, H312, H314, H318, Sens., CMR & chron. Tox.: keine Daten verfügbar; H400 (M?), H410 (M?)	-	-	-
Alkyl (C12-C14) dimethyl(ethylbenzyl) ammonium chloride (ADEBAC (C12-C14))	Alkyl(C12-C14)dimethyl(ethylbenzyl)ammonium chlorid (ADEBAC (C12-C14))	85409-23-0	laufend	-	-	H302, H314, H318, Sens., CMR & chron.Tox.: keine Einstufung; H400 (M10), H410 (M1)	-
Alkyl (C12-C14) dimethylbenzyl ammonium chloride (ADBAC (C12-C14))	Alkyl (C12-C14) dimethylbenzyl ammoniumchlorid (ADBAC (C12-C14))	85409-22-9	laufend	H302, H312, H314, H318, Sens., CMR & chron.Tox.: keine Daten verfügbar; H400 (M?), H410 (M?)	-	-	-

ABC-Kategorisierung

Für die ABC Kategorisierung wird die Einstufung von Benzalkoniumchlorid mit CAS 68424-85-1 aus dem Wirkstoffbericht [\[64\]](#) als Referenz verwendet, zumal die Einstufungen der übrigen QAVs von dieser unwesentlich abweichen: Die Benzalkoniumchloride sind als ätzend eingestuft, es finden sich keine Hinweise auf sensibilisierende, kanzerogene, mutagene, reproduktionstoxische oder chronisch toxische Wirkungen. Die Einstufung mit H410 in Kombination mit einem M-Faktor⁵⁰ von 1 zeigt eine mittlere Giftigkeit gegenüber aquatischen Organismen.

⁵⁰ M ist ein Multiplikationsfaktor, der hoch gewässertoxische Stoffe entsprechend gewichtet

Stoffbezeichnung (Edukt)	CAS	Datenquelle(n) für ABC Kategorisierung	Akute Giftigkeit (Akut Tox.)	Reiz-, Ätzwirkung (Korr.)	Sensibilisierung (Sens.)	CMR & chronische Toxizität (CMR & chron. Tox.)	Gefährdung Oberflächen gewässer (Aq. Tox. akut)	Gefährdung Oberflächen gewässer (Aq. Tox. chronisch)
Alkyl (C12-16) dimethylbenzyl ammonium chloride (ADBAC/BKC (C12-C16))	68424-85-1	Wirkstoffbericht (PT1)	H302	H314, H318	-	-	H400 (M10)	H410 (M1)
Alkyl(C12-18)dimethylbenzylammonium chlorid (ADBAC (C12-18))	68391-01-5	ECHA Infocard	H302, H312	H314, H318	?	?	H400 (M?)	H410 (M?)
Alkyl(C12-C14)dimethyl(ethylbenzyl) ammoniumchlorid (ADEBAC (C12-C14))	85409-23-0	REACH Dossier	H302	H314, H318	-	-	H400 (M10)	H410 (M1)
Alkyl (C12-C14) dimethylbenzylammonium chlorid (ADBAC (C12-C14))	85409-22-9	ECHA Infocard	H302	H314	?	?	H400 (M?)	H410 (M?)

Arbeitnehmer*innenschutz

Die Stellungnahme des Ausschusses für Biozidprodukte trifft für das bereits zugelassene ADBAC/BKC (C12-16) folgende Aussage [36]:

- Die wichtigsten kritischen Wirkungen im Zusammenhang mit Alkyl(C12-16)-dimethylbenzylammoniumchlorid sind auf seine korrosiven Eigenschaften zurückzuführen. Für die berufliche Anwendung sind die potenziellen Risiken im Zusammenhang mit lokalen Auswirkungen für alle Verwendungen akzeptabel.

Die Gefahrstoffdatenbank GESTIS [41] bestätigt die reizende bzw. ätzende Wirkung von QAV enthaltenden Lösungen und berichtet auch von einem fallweisen Auftreten allergischer Reaktionen:

- Aus dem beruflichen Umgang, meist nach Gebrauch BAC (d.h. QAV) haltiger Reinigungs- und Desinfektionsmittel im medizinischen Bereich, ist in Einzelfällen über das Auftreten einer allergisch bedingten Kontaktdermatitis berichtet worden.

Allerdings wird vor dem Hintergrund der sehr häufigen Verwendung die allergene Potenz als gering bewertet und die intensive Reizwirkung auf die Haut wird im Vordergrund gesehen.

Umweltverhalten

In der Stellungnahme des Ausschusses für Biozidprodukte wird das Umweltverhalten von ADBAC/BKC (C12-16) wie folgt bewertet [36]:

- Alkyl(C12-16)-dimethylbenzylammoniumchlorid ist leicht biologisch abbaubar, die Substanz ist weder persistent noch werden problematische Metaboliten produziert. Die Substanz ist hydrolytisch stabil, und hydrolytische Prozesse tragen nicht zu ihrem Abbau in der Umwelt bei. Sie ist weder flüchtig noch wird erwartet, dass sie in der Luft vorhanden ist.

In Fachliteratur bzw. Studien finden sich ausreichend Hinweise, die sehr wohl auf einen Verbleib von Benzalkoniumchloriden in der Umwelt schließen lassen. Eine Übersichtsstudie im Auftrag des Nordischen Ministerrats⁵¹ aus 2014 fasst dazu etwa zusammen [38]:

- Verschiedene Arten von QAVs - insgesamt 17 Verbindungen - wurden in Abwässern und Schlämmen aus Kläranlagen, Sedimenten und Fischen gemessen.

51 https://de.wikipedia.org/wiki/Nordischer_Ministerrat.

im Allgemeinen gab es ein weit verbreitetes Vorkommen von QAVs in allen eingeschlossenen Matrices. Die Konzentration in den Abwässern variierte über einen großen Bereich. Ein Großteil der "hochkonzentrierten" Abwässer wies selbst nach zehnfacher Verdünnung Konzentrationen auf, die ein Risiko für die aquatische Umwelt darstellen könnten.

In einer österreichischen Studie wurde eine breit angelegte Umweltrisikocharakterisierung und -bewertung ausgewählter Benzalkoniumchloride mit besonderem Fokus auf die Situation in österreichischen Flüssen durchgeführt. Dabei wiesen Wasserproben mit hohen Schwebstofffrachten Konzentrationen an Benzalkoniumchlorid (C12 bzw. C14) über 1 mg/L auf. Auch fanden sich fallweise hohe Konzentrationen in Sedimenten von Flüssen wie Liesing und Inn [68].

Ein Fachartikel begründet das Vorkommen von QAV in der Umwelt wie folgt [65]:

- Die industrielle und private Verwendung QAV haltiger Produkte sind die Hauptquelle für deren Vorkommen in Kläranlagen, Oberflächengewässern und Sedimenten. Die Belastung von Abwässern und Oberflächengewässern ist in der Größenordnung von ng/L bis µg/L, die von Schlämmen und Sedimenten in der Größenordnung von µg/L bis mg/L. Obwohl QAV unter aeroben Bedingungen abbaubar sind, erfolgt deren Sorption rascher als der Abbau. Deshalb können insbesondere in anoxischen/anaeroben Kompartimenten erhebliche Mengen an QAV akkumuliert werden. Das Vorhandensein von QAVs in der Umwelt gefährdet nicht nur Wasser- und Landorganismen, sondern erhöht aber auch die Wahrscheinlichkeit der Selektion von Antibiotikaresistenzen bei Bakterien.

Aufgrund der Auffälligkeiten im stofflichen Verhalten von QAV in Kombination mit den erheblichen Emissionen schlägt das Deutsche Umweltbundesamt vor, QAVs in ein systematisches Umweltmonitoring aufzunehmen [57]. In der Liste enthalten sind drei der vier angeführten QAV-Biozide. Die Wirkstoffe sollen nach Maßgabe der geschätzten Emission, der ökologischen Wirkung und dem Verhalten in der Umwelt in Abläufen von Kläranlagen sowie in städtischer Trennkanalisation untersucht werden⁵².

Anwendung (Literatur & Interviewaussagen)

Wirkstoffkonzentration: 1 – 10 mg/l [9]

Das Fachbuch „Kühlwasserbehandlung“ beschreibt die Vor- und Nachteile der Anwendung von QAV in der Kühlwasserbehandlung wie folgt:

- Sie sind wirksam bei der Kontrolle der Algenentwicklung,
- können beim Einspritzen in den Kreislauf Schaumbildung hervorrufen,
- sind nicht kompatibel mit als Dispergierungsmitteln eingesetzten anionischen Polymeren (Polyacrylaten),
- können in Kombination mit Chlor Schutzschichten (Biofilme) auf- bzw. abzulösen, und somit bei einem gleichzeitig eingesetzten Chlor dessen Wirkung erhöhen.

Berichtet wird, dass quarternäre Ammoniumverbindungen nur gegenüber Algen effektiv eingesetzt werden können [12].

Eine weitere Quelle nennt folgende Punkte hinsichtlich der Anwendung [13]:

- Die Handhabung der wachsartigen Mischung ist i. d. R. unkompliziert und ungefährlich,

⁵² Der Stand des Monitorings bzw. ob ein solches geplant ist, konnte zum Zeitpunkt der Erstellung des vorliegenden Berichtes nicht in Erfahrung gebracht werden.

- vorteilhaft ist ihre Wirksamkeit im Alkalischen,
- sie sind nicht leicht biologisch abbaubar und relativ teuer.

Beim Einsatz der QAV ist eine Überdosierung auf Grund der resultierenden Schaumbildung zu vermeiden. Ist das Kühlwasser nicht sauber, sind QAV keine gute Option, da sie durch Schmutz, Öl und Feststoffen einen starken Leistungsabfall erfahren [8], [13]. In einem Interview wird die Wirkung und der Anwendungskontext der QAVs wie folgt beschrieben:

- QAV bauen sich langsam ab, deshalb werden sie eingesetzt. Allerdings ist ihre Wirkung eher bakteriostatisch. Mit ihnen wird eher eine Basiswirkung erzielt und man führt zusätzlich Schockdosierungen mit oxidierenden Bioziden wie Chlor und Brom durch. (Sanosil AG: Interview 7).

Ihre Wirkung gegenüber Legionellen wird als „nicht gut“ beschrieben, dafür sind sie aber in „geringster Konzentration wirksame Algizide“ (Inwatec GmbH: Interview 8).

Conclusio

Benzalkoniumchloride sind vor allem gut wirksam bei der Kontrolle der Algenentwicklung. Beim Einspritzen in den Kreislauf kann es zur Schaumbildung kommen. Sie wirken auch im alkalischen Milieu, sind in der Anschaffung jedoch eher teurere Biozide. Sie werden wegen der geringen Wirksamkeit gegenüber Biofilmen nur in der Kombination mit oxidierenden Bioziden eingesetzt. Die vier hier unter „Benzalkoniumchloride“ zusammengefassten nicht oxidierenden und oberflächenaktiven bioziden Wirkstoffe sind als gesundheitsgefährdend und ätzend eingestuft. Aus der Sicht des Arbeitnehmer*nnenschutzes ist ihre Anwendung mit einer geringen Gefährdung verbunden. Sie sind nicht als sensibilisierend eingestuft, obwohl von einem „fallweisen Auftreten allergischer Reaktionen“ berichtet wird. Das Benzalkoniumchlorid mit der CAS Nummer 68424-85-1 wird im Wirkstoffbericht als biologisch leicht abbaubar und nicht persistent ausgewiesen, es finden sich in der Literatur aber ausreichend Hinweise auf einen dauerhaften Verbleib von Benzalkoniumchloriden in der Umwelt, wo sie an Sedimenten absorbieren und im anaeroben Milieu persistieren. Für ihr Auftreten etwa in Abläufen von Kläranlagen wird deshalb auch ein systematisches Monitoring vorgeschlagen.

GLUTARALDEHYD

Identität, Zulassung, Einstufung

Gemäß der [Datenbank](#) der ECHA ist Glutaraldehyd für die Produktart 11 zugelassen. Zusätzlich zur Einstufung im Wirkstoffbericht steht für Glutaraldehyd eine harmonisierte Einstufung sowie eine Einstufung in einem REACH Dossier zur Verfügung.

Stoffbezeichnung in Deutsch	CAS Nummer	BPR Zulassung PT11	Stoffinformation ECHA "Substance Infocard"	harmonisierte Einstufung	Einstufung REACH Dossier	BPR Dokument: Stellungnahme des Ausschusses für Biozidprodukte (BPC) bzw. Wirkstoffbericht für jeweils zugelassene Produktart (PT)
Glutaraldehyd	111-30-8	ZUGELASSEN	-	EUH071, H301, H314, H317, H330, H334; H400 (M1), H411	EUH071, H301, H314, H317, H330, H334, CMR & chron. Tox.:keine Einstufung; H400 (M?), H411	Wirkstoffbericht (PT11): EUH071, H301, H314, H317, H330, H334, CMR & chron. Tox.:keine Einstufung; H400 (M1), H411

ABC-Kategorisierung

Glutaraldehyd ist mit H330 („Lebensgefahr bei Einatmen“) eingestuft, wirkt ätzend auf die Atemwege (EUH071) und ist haut- sowie atemwegssensibilisierend (H317, H334). Kanzerogene, mutagene, reproduktionstoxische und chronisch toxische Eigenschaften werden ausgeschlossen. Die Einstufung mit H411 weist auf eine mäßige Toxizität gegenüber aquatischen Organismen hin.

Stoffbezeichnung (Edukt)	CAS	Datenquelle(n) für ABC Kategorisierung	Akute Giftigkeit (Akut Tox.)	Reiz-, Ätzwirkung (Korr.)	Sensibilisierung (Sens.)	CMR & chronische Toxizität (CMR & chron. Tox.)	Gefährdung Oberflächen gewässer (Aq. Tox. akut)	Gefährdung Oberflächen gewässer (Aq. Tox. chronisch)
Glutaraldehyd	111-30-8	Wirkstoffbericht (PT11)	H301, H330	H314, EUH071	H317, H334	-	H400 (M1)	H411

Arbeitnehmer*innenschutz

Die Stellungnahme des Ausschusses für Biozidprodukte für die Zulassung von Glutaraldehyd weist darauf hin, dass Glutaraldehyd wegen seiner Eigenschaft als Inhalationsallergen die Kriterien von Artikel 10 der Biozidprodukteverordnung erfüllt und daher als ein „zu ersetzender Wirkstoff“ eingestuft wird⁵³.

⁵³ Zulassungen für Wirkstoffe, bei denen festgestellt wird, dass sie die Kriterien (von Artikel 10) erfüllen, gelten lediglich für 7 Jahre. Bei Antrag auf Verlängerung werden Alternativen geprüft. Sofern sich dabei keine wesentlichen wirtschaftlichen oder praktischen Nachteile ergeben, kann die zuständige Behörde die Zulassung verweigern.

Anwendung und Umweltverhalten

Wirkstoffkonzentration: 1 - 200 mg/l (ppm) [\[12\]](#)

Glutaraldehyd, obwohl momentan noch eingesetzt, ist nur als „Altwirkstoff“ zugelassen bzw. ist seine Verwendung nur mehr bis 2026 erlaubt [\[9\]](#). In der Literatur finden sich folgende Hinweise zu den Vor- und Nachteilen bei der Anwendung [\[8\]](#), [\[12\]](#), [\[13\]](#):

- einfache Handhabung und Dosierung
- Notwendigkeit einer höheren Dosierung und damit höherer Kosten
- wirksam gegenüber Sulfat reduzierenden Bakterien und Algen
- verminderte Aktivität in den Systemen mit hohem Ammoniakgehalt, hohe Temperatur und pH-Wert
- leichte biologische Abbaubarkeit, relativ ungefährlich gegenüber aquatischen Organismen, wenige Nebenprodukte (beim Abbau)

Conclusio

Glutaraldehyd ist mit „Lebensgefahr bei Einatmen“ sowie als haut- und atemwegsensibilisierend eingestuft und besitzt aus Sicht des Arbeitnehmer*innenschutzes ein hohes Gefährdungspotenzial. Wegen seiner Eigenschaft als Inhalationsallergen erfüllt der Wirkstoff die Kriterien von Artikel 10 der Biozidprodukteverordnung ist daher nur zeitlich begrenzt zugelassen und wird als ein „zu ersetzender Wirkstoff“ eingestuft.

SONSTIGE BIOZIDE WIRKSTOFFE

Für die Detailanalyse wurden auf Basis von Kriterien (ausgewerteten Literatur, Einträge Artikel 95 Liste bzw. BAuA Register) biozide Wirkstoffe als relevant ausgewählt. In der ausgewerteten Literatur werden aber auch vereinzelt Wirkstoffe genannt, die nicht in die Detailanalyse aufgenommen wurden. Dies deshalb, weil auf eine untergeordnete Bedeutung dieser Wirkstoffe geschlossen wurde. Dies betrifft etwa:

- Tetrakis (hydroxymethyl)-phosphoniumsulfat (THPS); Peroxomonosulfat;
Dichlorisocyanursäure; β -brom- β -nitrostyrol; Methylenbisthiocyanat;
Dodecylguanidinhydrochlorid

Für diese und sonstige Wirkstoffe können aber in den Anhang Tabellen 1 & 2 Einstufungen bzw. ABC Kategorisierung abgefragt werden. Beispielsweise finden sich für Tetrakis (hydroxymethyl)-phosphoniumsulfat (THPS) in Tabelle 1 & 2 folgende Einträge:

Eintrag ECHA "information on biocides" (Abfrage: November 2022)	Stoffbezeichnung in Deutsch	CAS Nummer	BPR Zulassung PT11	Stoffinformation ECHA "Substance Infocard"	harmonisierte Einstufung	Einstufung REACH Dossier	BPR Dokument: Stellungnahme des Ausschusses für Biozidprodukte (BPC) bzw. Wirkstoffbericht für jeweils zugelassene Produktart (PT)
Tetrakis(hydroxymethyl)phosphonium sulphate (2:1) (THPS)	Tetrakis(hydroxymethyl)phosphoniumsulfat (2:1) (THPS)	55566-30-8	laufend	-	-	H302, H317, H318, H330, H361, Muta., Karz., chron. Tox.: keine Einstufung; H400 (M1), H411	-

Stoffbezeichnung	CAS Nummer	Datenquelle(n) für ABC Kategorisierung	Akute Giftigkeit (Akut Tox.)	Reiz-, Ätzwirkung (Korr.)	Sensibilisierung (Sens.)	CMR & chronische Toxizität (CMR & chron. Tox.)	Gefährdung Oberflächen gewässer (Aq. Tox. akut)	Gefährdung Oberflächen gewässer (Aq. Tox. chronisch)
Tetrakis(hydroxymethyl)phosphoniumsulfat (2:1) (THPS)	55566-30-8	REACH Dossier	H302, H330	H318	H317	H361	H400 (M1)	H411

Aus den Einträgen kann geschlossen werden, dass für THPS

- das Zulassungsverfahren (Stand: Nov. 2022) laufend ist,
- eine Stoffeinstufung aus einem REACH Dossier vorliegt und darin
- der Stoff als akut-toxisch bei Einatmung, ätzend, hautsensibilisierend sowie als vermutlich fortpflanzungsgefährdend eingestuft ist.

Damit können mit Hilfe der Tabellen im Anhang für nicht in der Detailanalyse enthaltene Wirkstoffe der Produktart 11 der Zulassungsstatus, die verfügbare Datenbasis (im Sinne von Einstufungen) recherchiert bzw. das Gefährdungspotenzial abgeschätzt werden. Dies bedingt allerdings eine entsprechende Identifizierung des Wirkstoffes.

Außerdem wurde in der Detailanalyse nicht jedes Herstellungs- bzw. Freisetzungsverfahren explizit abgehandelt. So sind etwa für den „Aktivchlor, hergestellt bzw. freigesetzt aus...“ sechs Herstellungs- bzw. Freisetzungsverfahren zur Zulassung angemeldet, davon wurden für die Detailanalyse drei als relevant ausgewählt. Analoges gilt für die oxidativ wirkenden bioziden Wirkstoffe Monochloramin, Chlordioxid und Aktivbrom.

INTERVIEWS

Ziel der Interviews mit ExpertInnen aus Verwaltung sowie HerstellervertreterInnen war es, die regulatorische Praxis, die Abwasser- und Arbeitsschutz Problematik bzw. die Biozid-Bewertung zu thematisieren. Die Gespräche wurden online geführt und schriftlich dokumentiert:

Nr.	Interviewte (Institution bzw. Unternehmen)	Themenschwerpunkt	Datum
1	Otto Krenek (Wien Kanal)	Situation Stadt Wien	29.7.22
2	Heide Müller-Rechberger, Peter Weilgony, Aron Frei (Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus); Gertraud Moser (Umweltbundesamt)	Regulatorischer Status Quo	2.8.22
3	Boris Hinz (Stockmeier Group)	Peressigsäure	5.9.22
4	Regina Sommer, Elisabeth Holzhammer; Michael Reiter (Institut für Hygiene und angewandte Immunologie; MedUni Wien)	Regulatorischer Status Quo	6.9.22
5	Marc Mullen (Weidner Wassertechnik GmbH)	Chlordioxid, Biozide	8.9.22
6	Michael Vogl (Normenausschuss zur Überarbeitung der ÖN B 5020, Sachverständiger für Wasserhygiene)	Regulatorischer Status Quo	19.9.22
7	Daniel Ruegg (Sanosil AG)	Wasserstoffperoxid inkl. Silber	21.9.22
8	Holger Ohme (Inwatec GmbH)	Anlagenbetrieb, Biozide	26.9.22
9	Volker Fischer, Christoph Feil (Innowatech GmbH)	Aktivchlor, Biozide	28.9.22
10	Anja Friedrich, Erik Schlander, Stefan Mantler, Louisa Maria Alleta (Kurita Europe GmbH)	Monochloramin, Biozide	4.10.22
11	Cornelia Wollman, Britta Greve-Scheidt (Amt für Umwelt und Verbraucherschutz Düsseldorf)	42.BImSCHV, Kühlturmkataster	19.10.22
12	Arno Sorger (Normungsausschuss zur Überarbeitung der ÖNORM B 5020)	Biozide	14.9.22
13	Bernhard Benka, Alexander Indra, (AGES)	Legionellose, Situation in Österreich	23.2.23
14	Sigrid Kiermayr, Irene Kászoni-Rückerl, Esther Ayasch (Bundesministerium für Soziales, Gesundheit, Pflege und Konsumentenschutz)	Legionellose, Situation in Österreich	24.3.23

Zusätzlich wurde am 29.08.2023 bei den Twin Towers eine mit Ozon betriebene Kühlturmanlage besichtigt (Teilnehmende: Manfred Klade, Marion sowie Peter Koch / Fa. KO FEC GmbH).

LITERATURVERZEICHNIS

- [1] Sinder, Cristoph; Gringel Meinolf; Hardt Hartmut; Langerbein, Hermann: Legionellenrisiken in Verdunstungskühlanlagen und Kühltürmen: Ursachen und Vermeidung. 2019. Beuth Verlag.
- [2] Verordnung über Verdunstungskühlanlagen, Kühltürme und Nassabscheider (42. BImSchV) BGBl. I S. 2379. Inkraftgetreten: 19. August 2017
- [3] Umweltbundesamt (Hrsg.): [Empfehlung des Umweltbundesamtes für eine Vorgehensweise zur Untersuchung der Umweltbelastung durch Biozide](#). UBA-Texte 15/2017
- [4] Legionellen Folder: Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit AGES. <https://www.ages.at/themen/krankheitserreger/legionellen/>
- [5] Nationale Referenzzentrale für Legionella Infektionen: Jahresbericht 2018. Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit (AGES). <https://www.ages.at/themen/krankheitserreger/legionellen/>
- [6] Walser, S.M. et al.: Assessing the environmental health relevance of cooling towers – A systematic review of legionellosis outbreaks. Int. J. Hyg. Environ. Health 217 (2014) 145 -154
- [7] Schrammel B, Hinker M. Legionellen in Prozessabwässern: Projektergebnisse.
- [8] Paulus, Wilfried (Ed.): Directory of Microbicides for the Protection of Materials. A Handbook. 2005. Springer Verlag.
- [9] Andreas Nocker, Gabriele Schaule, Martin Strathmann, Kathrin Wiede. Inaktivierung von Bioziden bei der Probenahme zur Legionellenanalytik in Kühlwässern von Verdunstungskühlanlagen und Kühltürmen. [UBA-Texte 05/2020](#)
- [10] Tauschek J. Betrieb von offenen und geschlossenen Kühlkreisläufen: Ratgeber zu [Kühlkreisläufen](#), Kühlwasser und Kühltürmen.
- [11] Aquaprox (Hrsg.): Kühlwasserbehandlung. 2007. Springer Verlag Heidelberg.
- [12] Gartiser, S., Ulrich, E. (2002). Einsatz umweltverträglicher Chemikalien in der Kühlwasserkonditionierung. UBA-Texte 70/02. [Hydrotox GmbH, Freiburg, Umweltbundesamt, Berlin](#).
- [13] Scharf, J. Fleig, M. Brauch, HJ., Sacher, F. Bewertung der Risiken von Bioziden und ähnlich toxischen Einsatzstoffen aus dem Betrieb von offenen Kühltürmen für die Trinkwasserversorgung. [DVGW-Technologiezentrum Wasser](#). 2016.
- [14] Müller, A. & Bleck, D. Arbeitsplatzbelastungen bei der Verwendung von bioziden Produkten. Teil 2: Sicherer Umgang mit Konzentraten“. [Projekt F 1703](#). Im Auftrag der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.
- [15] Verband der Chemischen Industrie (VCI): [Vorlage zur Erstellung einer Gefährdungsbeurteilung gemäß 42. BImSCHV](#).
- [16] Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Begrenzung von Abwasseremissionen aus Kühlsystemen und Dampferzeugern (AEV Kühlsysteme und Dampferzeuger) BGBl. II Nr. 266/2003. [Fassung vom 11.10.2021](#).
- [17] Information für den Kälte-, Klima- und Wärmepumpenbauer, Nr. 57, 28.05.2019: ÖNORM M 7744: Planung, Ausführung, Betrieb, Wartung und Überwachung von Verdunstungskühlanlagen ([Entwurf](#))

- [18] VDI 2047 Blatt 2. Rückkühlwerke. Sicherstellung des hygienegerechten Betriebs von Verdunstungskühlanlagen (VDI Kühlturmregeln). Januar 2019.
- [19] Kontrollamt der Stadt Wien: MA 15, Querschnittprüfung hinsichtlich der Legionellenproblematik in Wien; öffentlicher Gesundheitsbereich. [Tätigkeitsbericht 2008](#).
- [20] Wewalka G.: Anforderungen an die mikrobiologische Wasserqualität in Verdunstungskühlanlagen – neue ÖNORM B 5020. September 2013.
- [21] Schadstofffrachten Wiener Kanalisation: Beantwortungsschreiben von Wien Kanal an die Wiener Umweltschutzbehörde. 6.3.2017
- [22] DIN EN 13623:2020-12: Chemische Desinfektionsmittel und Antiseptika - Quantitativer Suspensionsversuch zur Bestimmung der bakteriziden Wirkung gegen Legionella von chemischen Desinfektionsmitteln für wasserführende Systeme - Prüfverfahren und Anforderungen (Phase 2, Stufe 1); [Deutsche Fassung EN 13623:2020](#)
- [23] Einführung in das Bewertungsraster. Download unter [Wiener Desinfektionsmitteldatenbank \(WIDES Datenbank\)](#)
- [24] Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (Baua): [Artikel 95](#)
- [25] „Zulassung von Biozidprodukten – rechtliche Situation“: Vortrag online gehalten von Dr. Peter Schindler (Umweltbundesamt) anlässlich des DESNET Meetings am 11.11.2021
- [26] BPC opinion on application for approval of the active substance 2,2-Dibromo-2-cyanoacetamide (DBNPA). PT 4. [ECHA/BPC/300/2021](#)
- [27] RAC Opinion proposing hCL of 2,2-dibromo-2-cyanoacetamide (DBNPA) adopted 13.06.2019 [CLH-O-0000001412-86-289/F](#)
- [28] EU-Assessment Report for evaluation of active substances in Regulation 528/2012: [Active chlorine generated from sodium chloride by electrolysis](#); Product-type PT 2. July 2020; Slovak Republic
- [29] BPC opinion on application for approval of the active substance Active chlorine generated from sodium chloride by electrolysis PT 2. [ECHA/BPC/251/2020](#)
- [30] BPC opinion on application for approval of the active substance Active chlorine released from chlorine PT 2. [ECHA/BPC/136/2016](#)
- [31] BPC opinion on application for approval of the active substance Active chlorine released from sodium hypochlorite PT 2. [ECHA/BPC/128/2016](#)
- [32] ECHA: Guidance on the BPR: Guidance on Disinfection By-Products. [Version 1.0 January 2017](#).
- [33] Dean J, Tomberlin G, Silverstri. GSA Guidance – [Alternative Water Treatment Systems for Cooling Towers](#). National Renewable Energy Laboratory. US Department of Energy. 2020.
- [34] Tomberlin G, Dean J, Deru M. [Electrochemical Water Treatment for Cooling Towers](#). National Renewable Energy Laboratory. US Department of Energy. 2018.
- [35] Dean J, Tomberlin G, Cutler D, Elsworth J. [Demonstration and Evaluation of an Advanced Oxidation Technology for Cooling Water Treatment](#). National Renewable Energy Laboratory. US Department of Energy. 2018.

- [36] BPC Opinion on the application for approval of the active substance: Alkyl (C12-16) dimethyl benzyl ammonium chloride; PT 3. [ECHA/BPC/267/2020](#)
- [37] Projekt Biomik: Biozide als Mikroverunreinigungen in Abwasser und Gewässern. Teilprojekt 2. Stoffflußanalyse für die Schweiz: Quartäre Ammoniumverbindungen. GEO Partner AG. 2007.
- [38] Lennart, K., Wallberg, P., Brorström-Lundén, E.: Quaternary ammonium compounds. Analyses in a nordic cooperation on screening. TemaNord 2014:556. [Norden](#).
- [39] Simpson, G. D., Miller R. F., Laxton G. D. Clements W. R.: [A Focus on Chlorine Dioxide: The "Ideal" Biocide](#). Unichem International Inc.
- [40] Cui, N. et al. Toxicity profile of labile preservative bronopol in water: the role of more persistent and toxic transformation products. Environmental Pollution 2011: 159, 609 – 615
- [41] [GESTIS Stoffdatenbank](#) des Instituts für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung
- [42] Rouge, V. et al. In situ formation of free chlorine during ClO₂ Treatment: Implications on the formation of disinfection byproducts. Environ. Sci. Technol. 2018: 52, 1321 - 1349
- [43] BPC Opinion on the application for approval of the active substance: Glutaraldehyde; PT 11. [ECHA/BPC/023/2014](#)
- [44] BPC Opinion on the application for approval of the active substance: Hydrogen peroxide; PT 2. [ECHA/BPC/40/2015](#)
- [45] EU-Assessment Report for evaluation of active substances in Regulation 528/2012: [Hydrogen peroxide; Product-types PT 1-6](#). March 2015; Finland
- [46] Hund-Rinke, K. Marscheider-Weidemann, F. Kemper, M. Beurteilung der Gesamtumweltexposition von Silberionen aus Biozid-Produkten. [Forschungsbericht 360 04 020 UBA-FB 001212](#). 2008. Umweltbundesamt.
- [47] EU-Assessment Report for evaluation of active substances in Regulation 528/2012: [C\(M\)IT/MIT; Product-type PT 11. May 2015](#); France
- [48] BPC Opinion on the application for approval of the active substance: Reaction mass of 5-chloro-2-methyl-2h-isothiazol-3-one and 2-methyl-2h-isothiazol-3-one (3:1); PT 11. [ECHA/BPC/47/2015](#); latest download: 17.05.2022
- [49] BKG Water Solutions: Grundlagen der Kühlwasserbehandlung. [Technische Information 117](#).
- [50] BPC Opinion on the application for approval of the active substance: Peracetic acid; PT 11. [ECHA/BPC/106/2016](#)
- [51] EU-Assessment Report for evaluation of active substances in Regulation 528/2012: Peracetic acid; [Product-type PT 11, 12. August 2016](#); Finland
- [52] Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (Baua): Suche nach Biozidprodukten [eBIOMELD](#)
- [53] ÖNORM B 5020: Anforderungen an die mikrobiologische Wasserbeschaffenheit in Verdunstungs-Rückkühlanlagen (Ausgabedatum 1.11.2013)
- [54] Protokoll zum WIDES Kernteamtreffen am 8.9.2017 (unveröffentlicht)
- [55] Buser, A.: Analytik von Isothiazolinonen im Abwasser ([Diplomarbeit](#)). Departement Umweltwissenschaften ETH Zürich. 2005

- [56] Silva, V. Silva, C., Soares, P., Garrido, E.M. Borges, F & Garrido, J.: Isothiazolinone Biocides: Chemistry, Biological, and Toxicity Profiles. [Molecules](#). 2020: 25(4): 991
- [57] Umweltbundesamt: Empfehlungslisten für die Untersuchung der Umweltbelastung durch Biozide. [Aktualisierung der Stofflisten des Berichts UBA-Texte 15/2017](#). Oktober 2021.
- [58] BKG Water Solutions: Technische Information Kühlwasserhandbuch. [Grundlagen der Kühlwasserbehandlung](#). Letzte Aktualisierung 07.09.2009
- [59] Lange, M., Geier, J.: Inhaltstoffe von Hautschutz-, Hautreinigungs- und Hautpflegepräparaten. Eine allergologische kommentierte Marktübersicht. *Dermatologie in Beruf und Umwelt* (2005): 53, 167-171.
- [60] Mahler, V. et al.: Begründung der Beurteilung der Auswirkungen einer Allergie auf Bronopol. *Dermatologie in Beruf und Umwelt* (2009): 57, 36-37.
- [61] Rajagopal, S. et al. (eds.): Operational and Environmental Consequences of Large Industrial Cooling Water Systems. 2012. [Springer](#).
- [62] CLH Report - Proposal for Harmonised Classification and Labelling: Ozone. [Version number: 2.0. December 2021](#). Dossier submitter: Federal Institute for Occupational Safety and Health (BAuA).
- [63] RAC opinion proposing harmonised classification and labelling of peracetic acid ...%. [CLH-O-0000007133-82-01/F](#); Adopted 2 June 2022
- [64] EU-Assessment Report for evaluation of active substances in Regulation 528/2012: Alkyl (C12-16) dimethylbenzyl ammonium chloride; [Product-type 1, December 2021](#); Italy
- [65] Zhang, C. et al: Quaternary ammonium compounds (QACs): A review on occurrence, fate and toxicity in the environment. *Science of the Total Environment* (2015): 518-519, 352-362.
- [66] DGUV Information 209-054: Tätigkeiten mit Kontakt zu Biostoffen in der Holz- und Metallindustrie. Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. [März 2023](#).
- [67] Tauschek, J.: Ratgeber - Legionellen bekämpfen und beseitigen. [Wichtige Maßnahmen und viele Tipps gegen Legionellen im Kühlturm, Kühlwasser, Kühlkreislauf und der Verdunstungskühlanlage](#).
- [68] Grillitsch, B. Gans, O. Kreuzinger, N. Scharf, S. Uhl, M. & Fuerhacker, M.: Environmental risk assessment for quaternary ammonium compounds: a case study from Austria. *Water Sci. Technol.* 2006;54(11-12): 111-8
- [69] BPC Opinion on the application for approval of the active substance: Ozone generated from Oxygen; Product type: PT 11 [ECHA/BPC/353/2022](#)
- [70] Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft: Richtlinie über Mittel und Verfahren für die Durchführung der Desinfektion bei bestimmten Tierseuchen. [Version 1.0](#) vom 20.03.2023
- [71] Tauschek, J.: Wasseraufbereitung und Wasserbehandlung von offenen, halboffenen und geschlossenen Prozess-, Brauch- und Kühlkreisläufen. [Ratgeber mit vielen Tipps zu Kühlkreisläufen, Kühlwasser, Kühltürmen, und Verdunstungskühlanlagen](#). Februar 2023.
- [72] Technische Information 117: Grundlagen der Kühlwasserbehandlung. [BKG Water Solutions](#)

ANHANG TABELLE 1 PT 11 BIOZIDE & AUSGANGSTOFFE: EINSTUFUNGEN

Stoffbezeichnung in Deutsch	CAS Nummer	BPR Zulassung PT11	Stoffinformation ECHA "Substance Infocard"	harmonisierte Einstufung	Einstufung REACH Dossier	BPR Dokument: Stellungnahme des Ausschusses für Biozidprodukte (BPC) bzw. Wirkstoffbericht für jeweils zugelassene Produktart (PT)
Reaktionsprodukte aus Ethylenglycol und Paraformaldehyd (EGForm)	3586-55-8	laufend	-	-	H302, H315, H318; Sens., CMR & chron.Tox.: keine Einstufung; Aq. Tox. (akut & chronisch): keine Daten verfügbar	-
1,2-Benzisothiazol-3(2H)-on (BIT)	2634-33-5	laufend	-	H302, H315, H317, H318; H400	H302, H315, H317, H318; CMR & chron.Tox.: keine Einstufung; H400 (M1), H411	BPC Stellungnahme (PT6): H302, H317, H318, H330; H400 (M1), H410 (M1)
2,2-Dibrom-2-cyanacetamid (DBNPA)	10222-01-2	laufend	bewertet hinsichtlich endokriner Wirksamkeit	Vorschlag: H301, H330, H315, H317, H318, H372 (Atemtrakt), H400 (M1), H410 (M1)	-	BPC Stellungnahme (PT4): H301, H330, H315, H317, H318, H372 (Atemtrakt); H400 (M1), H410 (M1)
2,2',2''-(Hexahydro-1,3,5-triazin-1,3,5-triyl)triethanol (HHT)	4719-04-4	laufend	-	H302, H317	H302, H330, H317, H319, H372 (Atemtrakt), Muta., Repro: keine Einstufung; Karz: keine Daten verfügbar; Aq. Tox. (akut & chronisch): keine Einstufung	-
2-Methyl-2H-isothiazol-3-on (MIT)	2682-20-4	ZUGELASSEN	-	EUH071, H301, H311, H314, H317, H330; H400 (M10), H410 (M1)	EUH071, H301, H311, H330, H314, H317, CMR & chron. Tox.: keine Einstufung; H400 (M10), H410 (M1)	BPC Stellungnahme (PT11): entspricht harmonisierte Einstufung
2-Octyl-2H-isothiazol-3-on (OIT)	26530-20-1	laufend	-	EUH071, H301, H311, H314, H317, H330; H400 (M100), H410 (M100)	-	BPC Stellungnahme (PT8): H301, H311, H331, H314, H317, H335; H400 (M100), H410 (M1000)
4,5-Dichlor-2-octylisothiazol-3(2H)-on (4,5-Dichlor-2-octyl-2H-isothiazol-3-on (DCOIT))	64359-81-5	laufend	-	EUH071, H302, H314, H317, H318, H330; H400 (M100), H410 (M100)	-	Wirkstoffbericht (PT21): H302, H314, H317, H330, CMR & chron. Tox.: keine Einstufung; H400 (M100), H410 (M100)

Fortsetzung Tabelle 1

Nr	Eintrag ECHA "Information on biocides" (Abfrage: November 2022)	Stoffbezeichnung in Deutsch	CAS Nummer	BPR Zulassung PT11	Stoffinformation ECHA "Substance Infocard"	harmonisierte Einstufung	Einstufung REACH Dossier	BPR Dokument: Stellungnahme des Ausschusses für Biozidprodukte (BPC) bzw. Wirkstoffbericht für jeweils zugelassene Produktart (PT)
8	Active bromine generated from bromine chloride	Aktivbrom, hergestellt aus Bromchlorid	-	laufend	-	-	-	-
9	Active bromine generated from hypobromous acid and urea and bromourea	Aktivbrom, hergestellt aus Hypobromsäure und Harnstoff sowie Bromharnstoff	-	laufend	-	-	-	-
10	Active bromine generated from sodium bromide and calcium hypochlorite	Aktivbrom, hergestellt aus Natriumbromid und Calciumhypochlorit	-	laufend	-	-	-	-
11	Active bromine generated from sodium bromide and chlorine	Aktivbrom, hergestellt aus Natriumbromid und Chlor	-	laufend	-	-	-	-
12	Active bromine generated from sodium bromide and sodium hypochlorite	Aktivbrom, hergestellt aus Natriumbromid und Natriumhypochlorit	-	laufend	-	-	-	-
13	Active bromine generated from sodium bromide by electrolysis	Aktivbrom, hergestellt aus Natriumbromid durch Elektrolyse	-	laufend	-	-	-	-
14	Active bromine generated from sodium hypobromite and N-bromosulfamate and sulfamic acid	Aktivbrom, hergestellt aus Natriumhypobromit, N-Bromosulfamat und Sulfaminsäure	-	laufend	-	-	-	-
Ausgangsstoffe, Folgeprodukte bei der Herstellung von "Aktivbrom"								
	Aktivbrom, hergestellt aus Natriumbromid und ...	Natriumbromid	7647-15-6	Ausgangsprodukt	-	Vorschlag: H360FD, H362, H336, H372	Akut. Tox., Korr., Sens., Muta, Karz.: keine Einstufung; H361, H373 (Zentralnervensystem), Aq. Tox. (akut & chronisch): keine Einstufung	-
	Aktivbrom, hergestellt aus... und Natriumhypochlorit	Natriumhypochlorit	7681-52-9	Ausgangsprodukt	-	EUH031, H314, H318; H400 (M10), H410 (M1)	-	-
	Aktivbrom, hergestellt aus... und Calciumhypochlorit	Calciumhypochlorit	7778-54-3	Ausgangsprodukt	-	EUH031, H302, H314; H400 (M10)	EUH031, H302, H314, Sens., CMR & chron. Tox.: keine Einstufung; H400 (M10), Aq. Tox. (chronisch): keine Einstufung	-
	Aktivbrom, hergestellt aus Natriumhypobromit, N-Bromosulfamat und Sulfaminsäure	Natriumhypobromit	13824-96-9	Ausgangsprodukt	-	-	-	-
		N-Bromosulfamat	-	Ausgangsprodukt	-	-	-	-
		Sulfaminsäure	5329-14-6	Ausgangsprodukt	-	H315, H319, H412	Akut.Tox., Sens, CMR & chron. Tox.: keine Einstufung; Aq. Tox. (akut): keine Einstufung, H412	-
	Aktivbrom, hergestellt aus Bromchlorid	Bromchlorid	13863-41-7	Ausgangsprodukt	H314, H331, H400 (M?)	-	-	-
	Aktivbrom, hergestellt aus Hypobromsäure und Harnstoff sowie Bromharnstoff	Hypobromsäure	13517-11-8	Ausgangsprodukt	-	-	-	-
		Harnstoff	57-13-6	Ausgangsprodukt	keine Einstufung	-	-	-
		Bromharnstoff	-	Ausgangsprodukt	-	-	-	-
		Brom	7726-95-6		-	H314, H330, H400	H330, H314, Sens., CMR & chron. Tox.: keine Einstufung; H400 (M100), Aq. Tox. (chronisch): keine Daten	-

Fortsetzung Tabelle 1

Nr	Eintrag ECHA "information on biocides" (Abfrage: November 2022)	Stoffbezeichnung in Deutsch	CAS Nummer	BPR Zulassung PT11	Stoffinformation ECHA "Substance Infocard"	harmonisierte Einstufung	Einstufung REACH Dossier	BPR Dokument: Stellungnahme des Ausschusses für Biozidprodukte (BPC) bzw. Wirkstoffbericht für jeweils zugelassene Produktart (PT)
15	Active chlorine generated from seawater (sodium chloride) by electrolysis	Aktivchlor, hergestellt aus Meerwasser durch Elektrolyse	-	laufend	-	-	-	-
16	Active chlorine generated from sodium chloride by electrolysis	Aktivchlor, hergestellt aus Natriumchlorid durch Elektrolyse	-	laufend	-	-	-	Wirkstoffbericht (PT2): EUH031, (H314), H331, Sens., CMR & chron. Tox.: keine Einstufung; H400 (M100), H410 (M1)
17	Active chlorine generated from sodium N-chlorosulfamate	Aktivchlor, hergestellt aus Natrium N-Chlorsulfamat	-	laufend	-	-	-	-
18	Active chlorine released from calcium hypochlorite	Aktivchlor, freigesetzt aus Calciumhypochlorit	7778-54-3	laufend	-	EUH031, H302, H314; H400 (M10)	EUH031, H302, H314, Sens., CMR & chron. Tox.: keine Einstufung; H400 (M10), Aq. Tox. (chronisch): keine Einstufung	-
19	Active chlorine released from chlorine	Aktivchlor, freigesetzt aus Chlor	7782-50-5	laufend	-	H315, H319, H331, H335; H400 (M100)	-	BPC Stellungnahme (PT2): H315, H319, H330, H335; H400 (M100)
20	Active chlorine released from sodium hypochlorite	Aktivchlor, freigesetzt aus Natriumhypochlorit	7681-52-9	laufend	-	EUH031, H314, H318; H400 (M10), H410 (M1)	EUH031, H314, H318, Sens., CMR & chron. Tox.: keine Einstufung; H400 (M10), H410 (M1)	BPC Stellungnahme (PT2): EUH031, H314, H400 (M10), H410 (M1)
21	Alkyl (C12-16) dimethylbenzyl ammoniumchloride (ADBAC/BKC (C12-16))	Alkyl (C12-16) dimethylbenzylammoniumchlorid (ADBAC/BKC (C12-16))	68424-85-1	laufend	-	-	-	Wirkstoffbericht (PT1): H302, H314, H318, H335, Sens., CMR & chron. Tox.: keine Einstufung; H400 (M10), H410 (M1)
22	Alkyl (C12-18) dimethylbenzyl ammoniumchloride (ADBAC (C12-18))	Alkyl(C12-18) dimethylbenzylammoniumchlorid (ADBAC (C12-18))	68391-01-5	laufend	H302, H312, H314, H318, Sens., CMR & chron. Tox.: keine Daten verfügbar; H400 (M?), H410 (M?)	-	-	-
23	Alkyl (C12-14) dimethyl(ethylbenzyl) ammoniumchloride (ADEBAC (C12-14))	Alkyl(C12-C14) dimethyl(ethylbenzyl) ammoniumchlorid (ADEBAC (C12-14))	85409-23-0	laufend	-	-	H302, H314, H318, Sens., CMR & chron. Tox.: keine Einstufung; H400 (M10), H410 (M1)	-
24	Alkyl (C12-14) dimethylbenzylammonium chloride (ADBAC (C12-14))	Alkyl (C12-C14) dimethylbenzylammonium chlorid (ADBAC (C12-14))	85409-22-9	laufend	H302, H312, H314, H318, Sens., CMR & chron. Tox.: keine Daten verfügbar; H400 (M?), H410 (M?)	-	-	-

Fortsetzung Tabelle 1

Nr	Eintrag ECHA "information on biocides" (Abfrage: November 2022)	Stoffbezeichnung in Deutsch	CAS Nummer	BPR Zulassung PT11	Stoffinformation ECHA "Substance Infocard"	harmonisierte Einstufung	Einstufung REACH Dossier	BPR Dokument: Stellungnahme des Ausschusses für Biozidprodukte (BPC) bzw. Wirkstoffbericht für jeweils zugelassene Produktart (PT)
	Ammonium bromide			nicht mehr unterstützt				
	Ammonium sulfate			nicht mehr unterstützt				
25	Bromide activated chloramine (BAC) generated from ammonium bromide and sodium hypochlorite	-	-	laufend	-	-	-	-
	Bromine chloride			nicht mehr unterstützt				
26	Bromochloro-5,5-dimethylimidazolidine-2,4-dione (BCDMH/Bromochlorodimethylhydantoin)	Bromchlor-5,5-dimethylimidazolidin-2,4-dion (BCDMH/Bromchlorodimethyl hydantoin)	32718-18-6	laufend	H302, H314, H317, CMR & chron.Tox.: keine Daten verfügbar; H400 (M?), H410 (M?)	-	-	-
27	Bronopol	2-Brom-2-nitropropan-1,3-diol	52-51-7	laufend	-	Vorschlag: H301, H312, H315, H318, H331, H335, H400 (M10), H411	H301, H312, H315, H318, H331, H335, Sens., CMR & chron. Tox.: keine Einstufung; H400 (M10), H410 (M1)	-
	Chlorine dioxide			nicht mehr unterstützt				
28	chlorine dioxide	Chlordioxid	10049-04-4	laufend	-	H314, H330; H400 (M10)	H314, H318, H330, Sens., CMR & chron. Tox.: keine Einstufung; H400 (M10), H411	-
29	Chlorine dioxide generated from sodium chlorate and hydrogen peroxide in the presence of a strong acid	Chlordioxid, hergestellt aus Natriumchlorat und Wasserstoffperoxid in Gegenwart einer starken Säure	-	laufend	-	-	-	-
	Chlorine dioxide generated from sodium chloride by electrolysis			nicht mehr unterstützt				
	Chlorine dioxide generated from sodium chlorite & sodium persulfate			nicht mehr unterstützt				
30	Chlorine dioxide generated from sodium chlorite by acidification	Chlordioxid, hergestellt aus Natriumchlorit durch Säuerung	-	laufend	-	-	-	-
31	Chlorine dioxide generated from sodium chlorite by electrolysis	Chlordioxid, hergestellt aus Natriumchlorit durch Elektrolyse	-	laufend	-	-	-	-
32	Chlorine dioxide generated from sodium chlorite by oxidation	Chlordioxid, hergestellt aus Natriumchlorit durch Oxidation	-	laufend	-	-	-	-
Ausgangsstoffe, Folgeprodukte bei der Herstellung von Chlordioxid								
	Herstellungsverfahren (Referenz)	Stoffbezeichnung	CAS Nummer	Funktion	Stoffinformation ECHA "Substance Infocard"	harmonisierte Einstufung	Einstufung REACH Dossier	BPR Dokument: Stellungnahme des Ausschusses für Biozidprodukte (BPC) bzw. Wirkstoffbericht für jeweils zugelassene Produktart (PT)
	Chlordioxid, in Gegenwart einer starken Säure aus Natriumchlorat und Wasserstoffperoxid hergestellt	Natriumchlorat	7775-09-9	Ausgangsprodukt	-	Vorschlag: H301	H302, Kor., Sens., CMR & chron. Tox.: keine Einstufung; Aq. Tox. (akut): keine Einstufung, H411	-
	Chlordioxid, durch Säuerung aus Natriumchlorit hergestellt	Natriumchlorit	7758-19-2	Ausgangsprodukt	Stoffbewertung (CoRAP List): Verdacht auf mutagene und reproduktionstoxische Eigenschaften	-	H301, H310, H314, H373 (betroffenes Organ: Milz), Sens. & CMR : keine Einstufung; H400 (M1), H412	-

Fortsetzung Tabelle 1

Nr	Eintrag ECHA "information on biocides" (Abfrage: November 2022)	Stoffbezeichnung in Deutsch	CAS Nummer	BPR Zulassung PT11	Stoffinformation ECHA "Substance Infocard"	harmonisierte Einstufung	Einstufung REACH Dossier	BPR Dokument: Stellungnahme des Ausschusses für Biozidprodukte (BPC) bzw. Wirkstoffbericht für jeweils zugelassene Produktart (PT)
33	Copper	Kupfer	7440-50-8	laufend	aktuell bewertet hinsichtlich endokriner Wirksamkeit	H411	Kupferspäne: Akute Tox., Korros., Sens., CMR & chron. Tox.: keine Einstufung; H400 (M1), H411	-
34	DCEMH	DCEMH	-	laufend	-	-	-	-
35	Didecyldimethylammonium chloride (DDAC (C8-10))	Didecyldimethylammoniumchlorid (DDAC (C8-10))	68424-95-3	laufend	-	-	H301, H314, H318, Sens.: keine Einstufung, CMR & chron.Tox.: keine Daten verfügbar; H400 (M10), H411	-
36	Didecyldimethylammonium chloride(DDAC)	Didecyldimethylammoniumchlorid	7173-51-5	laufend	-	H302, H314	-	BPC Stellungnahme (PT3): H301, H314, H335, Sens, CMR & chron. Tox.: keine Einstufung; H400 (M10), H411
Disilver oxide				nicht zugelassen				
37	Dodecylguanidine monohydrochloride	Dodecylguanidinmonohydrochlorid	13590-97-1	laufend	H302, H314, H318, H330, Sens, CMR & chron.Tox: keine Daten verfügbar; H400 (M?), H410 (M?)	-	-	-
Formic acid				nicht mehr unterstützt				
38	Free radicals generated in situ from ambient air or water	Freie Radikale, die in situ aus Umgebungsluft oder Wasser erzeugt werden	-	laufend	-	-	-	-
39	Glutaral (Glutaraldehyde)	Glutaraldehyd	111-30-8	ZUGELASSEN	-	EUH071, H301, H314, H317, H330, H334; H400 (M1), H411	EUH071, H301, H314, H317, H330, H334, CMR & chron. Tox.:keine Einstufung; H400 (M?), H411	Wirkstoffbericht (PT11): EUH071, H301, H314, H317, H330, H334, CMR & chron. Tox.:keine Einstufung; H400 (M1), H411
40	Hydrogen peroxide	Wasserstoffperoxid	7722-84-1	laufend	-	H302, H314, H332	H302, H314, H332, H335, Sens., CMR & chron. Tox.: keine Einstufung; Aq. Tox (acute): keine Einstufung, H412	Wirkstoffbericht (PT1-6): H302, H314, H332, Sens., CMR & chron. Tox.: keine Einstufung, Aq.Tox. (akut, chronisch): keine Einstufung
Metam-sodium				nicht mehr unterstützt				
41	Mixture of 5-chloro-2-methyl-2H-isothiazol-3-one (EINECS 247-500-7) and 2-methyl-2H-isothiazol-3-one (EINECS 220-239-6) (Mixture of CMIT/MIT)	Gemisch aus 5-Chlor-2-methyl-2H-isothiazol-3-on (Einecs 247-500-7) und 2-Methyl-2H-isothiazol-3-on (Einecs 220-239-6) (Gemisch aus CMIT/MIT)	55965-84-9	ZUGELASSEN	-	EUH071, H301, H310, H314, H317, H318, H330; H400 (M100), H410 (M100)	-	Wirkstoffbericht (P11): H301, H310, H314, H317, H318, H330, CMR & chron. Tox.: keine Einstufung; H400 (M100), H410 (M100)

Fortsetzung Tabelle 1

Nr	Eintrag ECHA "information on biocides" (Abfrage: November 2022)	Stoffbezeichnung in Deutsch	CAS Nummer	BPR Zulassung PT11	Stoffinformation ECHA "Substance Infocard"	harmonisierte Einstufung	Einstufung REACH Dossier	BPR Dokument: Stellungnahme des Ausschusses für Biozidprodukte (BPC) bzw. Wirkstoffbericht für jeweils zugelassene Produktart (PT)
42	Monochloramine generated from ammonia and a chlorine source	Aus Ammoniak und einer Chlorquelle erzeugtes Monochloramin	-	laufend	-	-	-	-
43	Monochloramine generated from ammonium carbamate and a chlorine source	Aus Ammoniumcarbammat und einer Chlorquelle erzeugtes Monochloramin	-	laufend	-	-	-	-
44	Monochloramine generated from ammonium chloride and a chlorine source	Aus Ammoniumchlorid und einer Chlorquelle erzeugtes Monochloramin	-	laufend	-	-	-	-
	Monochloramine generated from ammonium chloride and sodium hypochlorite			nicht mehr unterstützt				
45	Monochloramine generated from ammonium sulphate and a chlorine source	Monochloramin, hergestellt aus Ammoniumsulfat und einer Chlorquelle	-	laufend	-	-	-	-
Ausgangsstoffe, Folgeprodukte bei der Herstellung von Monochloramin								
	Herstellungsverfahren (Referenz)	Stoffbezeichnung	CAS Nummer	Funktion	Stoffinformation ECHA "Substance Infocard"	harmonisierte Einstufung	Einstufung REACH Dossier	BPR Dokument: Stellungnahme des Ausschusses für Biozidprodukte (BPC) bzw. Wirkstoffbericht für jeweils zugelassene Produktart (PT)
1	Aus Ammoniak und einer Chlorquelle erzeugtes Monochloramin	Ammoniak (Gas)	7664-41-7	Ausgangsprodukt	-	H314, H331, H400	EUH071, H314, H331, Sens.: keine Daten, CMR & chron.Tox.: keine Einstufung; H400 (M1), H411	-
2	Aus Ammoniumcarbammat und einer Chlorquelle erzeugtes Monochloramin	Ammoniumcarbammat	1111-78-0	Ausgangsprodukt	-	-	H302, H318, Sens. & CMR & chron.Tox.: keine Einstufung; Aq. Tox. (akut & chronisch): keine Einstufung	-
3	Aus Ammoniumchlorid und einer Chlorquelle erzeugtes Monochloramin	Ammoniumchlorid	12125-02-9	Ausgangsprodukt	-	H302, H319	H302, H319, Sens. & CMR & chron.Tox.: keine Einstufung; Aq. Tox. (akut & chronisch): keine Einstufung	-
4	Monochloramin, hergestellt aus Ammoniumsulfat und einer Chlorquelle	Ammoniumsulfat	7783-20-2	Ausgangsprodukt	-	-	keine Einstufungen lt. REACH Dossier	-
5	Aus... und einer Chlorquelle erzeugtes Monochloramin	Natriumhypochlorit (= Chlorquelle)	7681-52-9	Ausgangsprodukt	-	EUH031, H314, H318; H400 (M10), H410 (M1)	EUH031, H314, H318, Sens., CMR & chron. Tox: keine Einstufung; H400 (M10), H410 (M1)	-
6	Aus... und einer Chlorquelle erzeugtes Monochloramin	Monochloramin	10599-90-3	Folgeprodukt	bewertet hinsichtlich endokriner Wirksamkeit	-	Lösung (2,5 - 10 g/l): Akut. Tox.: keine Daten, Sens.: keine Daten, H314, H335, CMR.: keine Einstufung, H372 (Atemwege, Inhalation), Aq. Tox. (akut): keine Einstufung, H412 ; Lösung (< 3mg/l): keine Einstufungen lt. REACH Dossier	-

Fortsetzung Tabelle 1

Nr	Eintrag ECHA "information on biocides" (Abfrage: November 2022)	Stoffbezeichnung in Deutsch	CAS Nummer	BPR Zulassung PT11	Stoffinformation ECHA "Substance Infocard"	harmonisierte Einstufung	Einstufung REACH Dossier	BPR Dokument: Stellungnahme des Ausschusses für Biozidprodukte (BPC) bzw. Wirkstoffbericht für jeweils zugelassene Produktart (PT)
46	N-(3-aminopropyl)-N-dodecylpropane-1,3-diamine (Diamine)	N-(3-aminopropyl)-N-dodecylpropan-1,3-diamin	2372-82-9	laufend	-	-	H301, H314, H373 (Niere), Sens. & CMR: keine Einstufung; H400 (M10), H410 (M10)	-
47	Ozone generated from oxygen	Aus Sauerstoff erzeugtes Ozon	10028-15-6	laufend	aktuell bewertet hinsichtlich endokriner Wirksamkeit	Vorschlag: H330, H341, H351, H370, H372, Korr.: Daten nicht eindeutig; Hautsens: nicht anwendbar (Gas); H400 (M100), H410 (M1)	H330, H314, H318, Sens & CMR: Keine Einstufung, H372 (Atemtrakt); H400 (M100), H410 (M1)	BPC Stellungnahme (PT11): H330, H341, H351, H370, H372, Repro. Tox.: keine Einstufung notwendig; H400 (M100), H410 (M1)
48	Peracetic acid	Peressigsäure	79-21-0	ZUGELASSEN	aktuell bewertet hinsichtlich endokriner Wirksamkeit	Stellungnahme des RAC: EUH071, H301, H310, H314, H330; H400 (M10), H410 (M100)	40% wässrige Lsg: H301, H312, H314, H330, Sens. & CMR & chron.Tox.: keine Einstufung; H400 (M1), H410 (M10)	BPC Stellungnahme (PT11): H302, H312, H314, H332, Sens., CMR & chron. Tox.: keine Einstufung; H400 (M?), H410 (M10)
Peracetic acid gen. from tetra-acetylenediamine (TAED) and sodium percarbonate				abgebrochen				
49	Performic acid generated from formic acid and hydrogen peroxide	Perameisensäure, hergestellt aus Ameisensäure und Wasserstoffperoxid	-	laufend	-	-	-	-
polyhexamethylene biguanide hydrochloride with a mean number-average molecular weight (Mn) of 1415 and a mean polydispersity (PDI) of 4.7 (PHMB(1415; 4.7))				nicht mehr unterstützt				
50	polyhexamethylene biguanide hydrochloride with a mean number-average molecular weight (Mn) of 1600 and a mean polydispersity (PDI) of 1.8 (PHMB(1600;1.8))	-	27083-27-8	ZUGELASSEN	-	H302, H317, H318, H330, H351, H372 (Atemtrakt); H400 (M10), H410 (M10)	-	Wirkstoffbericht (PT11): H302, H317, H318, H330, H351, H372, Muta. & Repro.: keine Einstufung; H400 (M10), H410 (M10)
51	Polymer of N-Methylmethanamine (EINECS 204-697-4 with (chloromethyl) oxirane (EINECS 203-439-8)/Polymeric quaternary ammonium chloride (PQ Polymer)	Polymer aus N-Methylmethanamin (Einecs 204-697-4) mit (Chlormethyl)oxiran (Einecs 203-439-8)/Polymeres quaternäres Ammoniumchlorid (PQ Polymer)	25988-97-0	laufend	H302, H319, H332; H400 (M?), H410 (M?)	-	-	-
52	Potassium dimethyldithiocarbamate	Kaliumdimethyldithiocarbamat	128-03-0	laufend	-	-	H315, Acute Tox., Sens., CMR & chron.Tox.: keine Einstufung; H400 (M?), Aq. Tox. (chronisch): keine Daten verfügbar	-
Reaction mass of titanium dioxide and silver chloride				zurückgenommen				
53	Reaction products of 5,5-dimethylhydantoin, 5-ethyl-5-methylhydantoin with bromine and chlorine (DCDMH)	Reaktionsprodukte aus 5,5-Dimethylhydantoin, 5-Ethyl-5-methylhydantoin mit Brom und Chlor (DCDMH)	-	laufend	-	-	-	-
54	Reaction products of paraformaldehyde and -2-hydroxypropylamine (ratio_1:1)	α,α',α'' -trimethyl-1,3,5-triazine-1,3,5(2H,4H,6H)-triethanol	25254-50-6	laufend	-	-	-	Wirkstoffbericht (PT11): EUH071, H302, H314, H317, H332, H341, H350, H373 (Gastrointestinaltrakt, Atemtrakt), Repro. & Aq.Tox. (akut): keine Einstufung, H411
55	Reaction products of paraformaldehyde and -2-hydroxypropylamine (ratio_3:2)	3,3'-Methylenbis[5-methyloxazolidin] (Oxazolidin/MBO)	-	laufend	aktuell bewertet hinsichtlich endokriner Wirksamkeit	-	-	Wirkstoffbericht (PT11): EUH071, H302, H311, H314, H317, H332, H341, H350, H373 (Gastrointestinaltrakt, Atemtrakt), Repro., Aq.Tox. (acute): keine Einstufung, H411

Fortsetzung Tabelle 1

Nr	Eintrag ECHA "information on biocides" (Abfrage: November 2022)	Stoffbezeichnung in Deutsch	CAS Nummer	BPR Zulassung PT11	Stoffinformation ECHA "Substance Infocard"	harmonisierte Einstufung	Einstufung REACH Dossier	BPR Dokument: Stellungnahme des Ausschusses für Biozidprodukte (BPC) bzw. Wirkstoffbericht für jeweils zugelassene Produktart (PT)
56	Silver	Silber	7440-22-4	laufend	aktuell bewertet hinsichtlich endokriner Wirksamkeit	-	Silber Pulver (> 99,9%, erfüllt nicht Kriterien für Nano Form): Akute Tox., Korr., Sens., CM & chron.Tox.: keine Einstufung, Repr.: keine Daten verfügbar; H400 (M10), H410 (M10) Silber in Nano-Form (mittlere Partikelgröße < 100 nm): Akute Tox., Korr., Sens., CM & chron.Tox.: keine Einstufung, Repr.: H360D; H400 (M1000), H410 (M1000)	-
	Silver chloride			nicht mehr unterstützt				
57	Silver nitrate	Silbernitrat	7761-88-8	laufend	-	Vorschlag: H300, H314, H317, H341, H360; H400 (M1000), H410 (M100)	H314, Akute Tox., Hautsens., chron. Tox, Muta: keine Einstufung; Karz & Repr. Tox: keine Daten verfügbar; H400 (M1000), H410 (M100)	-
	Sodium bromide			nicht mehr unterstützt				
58	Sodium dichloroisocyanurate dihydrate	Natriumdichlorisocyanurat Dihydrat	51580-86-0 (2893-78-9)	laufend	-	EUH031, H302, H319, H335; H400 (M?), H410 (M?)	EUH031, H302, H314, Sens., CMR & chron.Tox.: keine Einstufung; H400 (M?), Aq. Tox. (chronisch): keine Daten verfügbar	-
59	Sodium dimethyldithiocarbamate	Natriumdimethyldithiocarbamat	128-04-1	laufend	-	-	Acute Tox., Korr., Sens., CMR & chron. Tox.: keine Einstufung; H400 (M100), H410 (M10)	-
60	Symclosene	-	87-90-1	laufend	-	EUH031, H302, H319, H335, H400 (M?), H410 (M?)	EUH031, H302, H319, H335, Sens., CMR & chron.Tox: keine Einstufung; H400 (M?), H410 (M?)	-
61	Tetrahydro-1,3,4,6-tetrakis(hydroxymethyl)imidazo[4,5-d]imidazole-2,5 (1H,3H)-dione (TMAD)	Tetrahydro-1,3,4,6-tetrakis(hydroxymethyl)imidazo[4,5-d]imidazol-2,5(1H,3H)-dion (TMAD)	5395-50-6	laufend	-	-	H317, H350, H411; Akute Tox., Korr., Muta & chron.Tox.: keine Einstufung; Repr.: keine Daten verfügbar; Aq. Tox. (akut): keine Einstufung	-
62	Tetrakis(hydroxymethyl)phosphonium sulphate (2:1) (THPS)	Tetrakis(hydroxymethyl)phosphoniumulfat (2:1) (THPS)	55566-30-8	laufend	-	-	H302, H317, H318, H330, H361, Muta., Karz., chron. Tox.: keine Einstufung; H400 (M1), H411	-
63	Troclosene sodium	-	2893-78-9	laufend	-	EUH031, H302, H319, H335, H400 (M?), H410 (M?)	H302, H314, H318, Sens, CMR & chron.Tox: keine Einstufung; H400 (M?), Aq. Tox. (chronisch): keine Daten verfügbar	-
64	Willaertia subsp. magna, C2c.Maky	-	-	laufend	-	-	-	-

Erläuterung zu Tabelle 1 & 2

Akute Tox.	Schädliche Wirkung, die auftritt, wenn ein Stoff oral oder dermal in einer Einzeldosis verabreicht oder eingeatmet wird.
Korr.	Einstufung aufgrund der Ergebnisse von Tierversuchen als irritierend oder ätzend.
Sens.	Einstufung als Haut- und/oder Inhalationsallergen
CMR	Krebserzeugende, erbgutverändernde und fruchtbarkeitsgefährdende Stoffe bzw. Eigenschaften
Karz	Krebs verursachend oder die Inzidenz von Krebs erhöhend
Muta.	Mutationen in den Keimzellen, die den Nachkommen weitergegeben werden können.
Repro.	Beeinträchtigung der sexuellen Funktion und Fruchtbarkeit bei Männern und Frauen sowie Entwicklungstoxizität bei Nachkommen.
chron. Tox.	Wirkt bei wiederholter Exposition auf ein Zielorgan und beeinträchtigt so die Gesundheit exponierter Personen.
Aq. Tox. (akut)	Stoffe, die als aquatisch akut 1, H400 eingestuft sind.
Aq. Tox. (chronisch)	Stoffe, die als aquatisch chronisch 1, H410 bzw. H411 eingestuft sind.
Keine Einstufung	Die verfügbaren Daten schließen ein Gefährdungspotenzial aus.
Keine Daten verfügbar	Die verfügbaren Daten sind nicht ausreichend, um ein Gefährdungspotenzial auszuschließen.

ANHANG TABELLE 2 PT11 BIOZIDE UND AUSGANGSSTOFFE: ABC - KATEGORISIERUNG

Nr	Stoffbezeichnung	CAS Nummer	Datenquelle(n) für ABC Kategorisierung	Akute Giftigkeit (Akut Tox.)	Reiz-, Ätzwirkung (Korr.)	Sensibilisierung (Sens.)	CMR & chronische Toxizität (CMR & chron. Tox.)	Gefährdung Oberflächengewässer (Aq. Tox. akut)	Gefährdung Oberflächengewässer (Aq. Tox. chronisch)
1	Reaktionsprodukte aus Ethylenglycol und Paraformaldehyd (EGForm)	3586-55-8	REACH Dossier	H302	H315, H318	-	-	?	?
2	1,2-Benzisothiazol-3(2H)-on (BIT)	2634-33-5	REACH Dossier, BPC Stellungnahme	H302, H330	H315, H318	H317	-	H400 (M1)	H410 (M1)
3	2,2-Dibrom-2-cyanacetamid (DBNPA)	10222-01-2	harmonisierte Einstufung (Vorschlag)	H301, H330	H315, H318	H317	H372 (Atemtrakt)	H400 (M1)	H410 (M1)
4	2,2',2''-(Hexahydro-1,3,5-triazin-1,3,5-triyl)triethanol (HHT)	4719-04-4	REACH Dossier	H302, H330	H319	H317	H372 (Atemtrakt)	-	-
5	2-Methyl-2H-isothiazol-3-on (MIT)	2682-20-4	harmonisierte Einstufung, BPC Stellungnahme	H301, H311, H330	H314	H317	-	H400 (M10)	H410 (M1)
6	2-Octyl-2H-isothiazol-3-on (OIT)	26530-20-1	BPC Stellungnahme	H301, H311, H331	H314	H317	-	H400 (M100)	H410 (M1000)
7	4,5-Dichlor-2-octylisothiazol-3(2H)-on (4,5-Dichlor-2-octyl-2H-isothiazol-3-on (DCOIT))	64359-81-5	Wirkstoffbericht (PT21)	H302, H330	H314	H317	-	H400 (M100)	H410 (M100)

Fortsetzung Tabelle 2

Nr	Stoffbezeichnung	CAS Nummer	Datenquelle(n) für ABC Kategorisierung	Akute Giftigkeit (Akut Tox.)	Reiz-, Ätzwirkung (Korr.)	Sensibilisierung (Sens.)	CMR & chronische Toxizität (CMR & chron. Tox.)	Gefährdung Oberflächengewässer (Aq. Tox. akut)	Gefährdung Oberflächengewässer (Aq. Tox. chronisch)
8	Aktivbrom, hergestellt aus Bromchlorid	-	-	?	?	?	?	?	?
9	Aktivbrom, hergestellt aus Hypobromsäure und Harnstoff sowie Bromharnstoff	-	-	?	?	?	?	?	?
10	Aktivbrom, hergestellt aus Natriumbromid und Calciumhypochlorit	-	-	?	?	?	?	?	?
11	Aktivbrom, hergestellt aus Natriumbromid und Chlor	-	-	?	?	?	?	?	?
12	Aktivbrom, hergestellt aus Natriumbromid und Natriumhypochlorit	-	-	?	?	?	?	?	?
13	Aktivbrom, hergestellt aus Natriumbromid durch Elektrolyse	-	-	?	?	?	?	?	?
14	Aktivbrom, hergestellt aus Natriumhypobromit, N-Bromsulfamat und Sulfaminsäure	-	-	?	?	?	?	?	?
Ausgangsstoffe, Folgeprodukte bei der Herstellung von "Aktivbrom"									
	Stoffbezeichnung	CAS Nummer	Datenquelle(n) für ABC Kategorisierung	Akute Giftigkeit (Akut Tox.)	Reiz-, Ätzwirkung (Korr.)	Sensibilisierung (Sens.)	CMR & chronische Toxizität (CMR & chron. Tox.)	Gefährdung Oberflächengewässer (Aq. Tox. akut)	Gefährdung Oberflächengewässer (Aq. Tox. chronisch)
	Natriumbromid	7647-15-6	REACH Dossier (Vorschlag harmonisierte Einstufung)	-	-	-	H361 (H360), H373 (H372) (Zentralnervensystem)	-	-
	Natriumhypochlorit	7681-52-9	REACH Dossier	EUH031	H314	-	-	H400 (M10)	H410 (M1)
	Calciumhypochlorit	7778-54-3	REACH Dossier	EUH031	H314	-	-		
	Natriumhypobromit	13824-96-9	-	?	-	?	?	?	?
	N-Bromosulfamat	-	-	?	-	?	?	?	?
	Sulfaminsäure	5329-14-6	REACH Dossier	-	H315, H319	-	-	-	H412
	Bromchlorid	13863-41-7	ECHA Infocard	H331	H314	-	-	H400 (M?)	-
	Hypobromsäure	13517-11-8	-	?	-	?	?	?	?
	Harnstoff	57-13-6	ECHA Infocard	-	-	-	-	-	-
	Bromharnstoff	-	-	?	-	?	?	?	?
	Brom	7726-95-6	REACH Dossier	H330	H314	-	-	H400 (M100)	?

Fortsetzung Tabelle 2

Nr	Stoffbezeichnung	CAS Nummer	Datenquelle(n) für ABC Kategorisierung	Akute Giftigkeit (Akut Tox.)	Reiz-, Ätzwirkung (Korr.)	Sensibilisierung (Sens.)	CMR & chronische Toxizität (CMR & chron. Tox.)	Gefährdung Oberflächengewässer (Aq. Tox. akut)	Gefährdung Oberflächen gewässer (Aq. Tox. chronisch)
15	Aktivchlor, hergestellt aus Meerwasser durch Elektrolyse	-	-	?	?	?	?	?	?
16	Aktivchlor, hergestellt aus Natriumchlorid durch Elektrolyse	-	Wirkstoffbericht Report (PT2)	EUH031, H331	H314	-	-	H400 (M100)	H410 (M1)
17	Aktivchlor, hergestellt aus Natrium N-Chlorsulfamat	-	-	?	?	?	?	?	?
18	Aktivchlor, freigesetzt aus Calciumhypochlorit	7778-54-3	REACH Dossier Calciumhypochlorit	EUH031, H302	H314	-	-	H400 (M10)	-
19	Aktivchlor, freigesetzt aus Chlor	7782-50-5	BPC Stellungnahme (PT2)	H330	H315, H319, H335	-	-	H400 (M100)	-
20	Aktivchlor, freigesetzt aus Natriumhypochlorit	7681-52-9	BPC Stellungnahme (PT2), REACH Dossier	EUH031	H314, H318	-	-	H400 (M10)	H410 (M1)
21	Alkyl (C12-16) dimethylbenzylammoniumchlorid (ADBAC/BKC (C12-C16))	68424-85-1	Wirkstoffbericht (PT1)	H302	H314, H318, H335	-	-	H400 (M10)	H410 (M1)
22	Alkyl (C12-18) dimethylbenzylammoniumchlorid (ADBAC (C12-18))	68391-01-5	ECHA Infocard	H302, H312	H314, H318	?	?	H400 (M?)	H410 (M?)
23	Alkyl (C12-C14) dimethyl(ethylbenzyl)ammoniumchlorid (ADEBAC (C12-C14))	85409-23-0	REACH Dossier	H302	H314, H318	-	-	H400 (M10)	H410 (M1)
24	Alkyl (C12-C14) dimethylbenzylammonium chloride (ADBAC (C12-C14))	85409-22-9	ECHA Infocard	H302, H312	H314, H318	?	?	H400 (M?)	H410 (M?)

Fortsetzung Tabelle 2

Nr	Stoffbezeichnung	CAS Nummer	Datenquelle(n) für ABC Kategorisierung	Akute Giftigkeit (Akut Tox.)	Reiz-, Ätzwirkung (Korr.)	Sensibilisierung (Sens.)	CMR & chronische Toxizität (CMR & chron. Tox.)	Gefährdung Oberflächen gewässer (Aq. Tox. akut)	Gefährdung Oberflächen gewässer (Aq. Tox. chronisch)
25	Bromine activated chloramine (BAC) generated from ammonium bromide and sodium hypochlorite	-	-	?	?	?	?	?	?
26	Bromchlor-5,5-dimethylimidazolidin-2,4-dion (BCDMH/Bromchlordimethylhydantoin)	32718-18-6	ECHA Infocard	H302	H314	H317	?	H400 (M?)	H410 (M?)
27	2-Brom-2-nitropropan-1,3-diol (Bronopol)	52-51-7	REACH Dossier	H301, H312, H331	H315, H318, H335	-	-	H400 (M10)	H410 (M1)
28	Chlordioxid	10049-04-4	REACH Dossier	H330	H314, H318	-	-	H400 (M10)	H411
29	Chlordioxid, hergestellt aus Natriumchlorat und Wasserstoffperoxid in Gegenwart einer starken Säure	-	-	?	?	?	?	?	?
30	Chlordioxid, hergestellt aus Natriumchlorit durch Säuerung	-	-	?	?	?	?	?	?
31	Chlordioxid, hergestellt aus Natriumchlorit durch Elektrolyse	-	-	?	?	?	?	?	?
32	Chlordioxid, hergestellt aus Natriumchlorit durch Oxidation	-	-	?	?	?	?	?	?
Ausgangsstoffe, Folgeprodukte bei der Herstellung von Chlordioxid									
	Stoffbezeichnung	CAS Nummer	Datenquelle(n) für ABC Kategorisierung	Akute Giftigkeit (Akut Tox.)	Reiz-, Ätzwirkung (Korr.)	Sensibilisierung (Sens.)	CMR & chronische Toxizität (CMR & chron. Tox.)	Gefährdung Oberflächen gewässer (Aq. Tox. akut)	Gefährdung Oberflächen gewässer (Aq. Tox. chronisch)
	Natriumchlorat	7775-09-9	harmonisierte Einstufung, REACH Dossier	H301	-	-	-	-	H411
	Natriumchlorit	7758-19-2	REACH Dossier	H301, H310	H314	-	H373 (Miltz)	H400 (M1)	H412

Fortsetzung Tabelle 2

Nr	Stoffbezeichnung	CAS Nummer	Datenquelle(n) für ABC Kategorisierung	Akute Giftigkeit (Akut Tox.)	Reiz-, Ätzwirkung (Korr.)	Sensibilisierung (Sens.)	CMR & chronische Toxizität (CMR & chron. Tox.)	Gefährdung Oberflächen gewässer (Aq. Tox. akut)	Gefährdung Oberflächen gewässer (Aq. Tox. chronisch)
33	Kupfer	7440-50-8	REACH Dossier	-	-	-	-	H400(M1)	H411
34	DCEMH	-	-	?	?	?	?	?	?
35	Didecyldimethylammoniumchlorid (DDAC (C8-10))	68424-95-3	REACH Dossier	H301	H314, H318	-	?	H400 (M10)	H411
36	Didecyldimethylammoniumchlorid	7173-51-5	BPC Stellungnahme (PT3)	H301	H314, H335	-	-	H400 (M10)	H411
37	Dodecylguanidinmonohydrochlorid	13590-97-1	ECHA Infocard	H302, H330	H314, H318	?	?	H400 (M?)	H410 (M?)
38	Freie Radikale, die in situ aus Umgebungsluft oder Wasser erzeugt werden	-	-	?	?	?	?	?	?
39	Glutaraldehyd	111-30-8	Wirkstoffbericht (PT11)	H301, H330	H314, EUH071	H317, H334	-	H400 (M1)	H411
40	Wasserstoffperoxid	7722-84-1	Wirkstoffbericht (PT1-6)	H302, H332	H314	-	-	-	-
41	Gemisch aus 5-Chlor-2-methyl-2H-isothiazol-3-on (Einecs 247-500-7) und 2-Methyl-2H-isothiazol-3-on (Einecs 220-239-6) (Gemisch aus CMIT/MIT)	55965-84-9	harmonisierte Einstufung, Wirkstoffbericht	H301, H310, H330	EUH071, H314, H318	H317	-	H400 (M100)	H410 (M100)

Fortsetzung Tabelle 2

Nr	Stoffbezeichnung	CAS Nummer	Datenquelle(n) für ABC Kategorisierung	Akute Giftigkeit (Akut Tox.)	Reiz-, Ätzwirkung (Korr.)	Sensibilisierung (Sens.)	CMR & chronische Toxizität (CMR & chron. Tox.)	Gefährdung Oberflächen gewässer (Aq. Tox. akut)	Gefährdung Oberflächen gewässer (Aq. Tox. chronisch)
42	Aus Ammoniak und einer Chlorquelle erzeugtes Monochloramin	-	-	?	?	?	?	?	?
43	Aus Ammoniumcarbamat und einer Chlorquelle erzeugtes Monochloramin	-	-	?	?	?	?	?	?
44	Aus Ammoniumchlorid und einer Chlorquelle erzeugtes Monochloramin	-	-	?	?	?	?	?	?
45	Monochloramin, hergestellt aus Ammoniumsulfat und einer Chlorquelle	-	-	?	?	?	?	?	?
Ausgangsstoffe, Folgeprodukte bei der Herstellung von Monochloramin									
	Stoffbezeichnung	CAS Nummer	Datenquelle(n) für ABC Kategorisierung	Akute Giftigkeit (Akut Tox.)	Reiz-, Ätzwirkung (Korr.)	Sensibilisierung (Sens.)	CMR & chronische Toxizität (CMR & chron. Tox.)	Gefährdung Oberflächen gewässer (Aq. Tox. akut)	Gefährdung Oberflächen gewässer (Aq. Tox. chronisch)
	Ammoniak	7664-41-7	REACH Dossier	H331	EUH071, H314	-	-	H400 (M1)	H411
	Ammoniumcarbamat	1111-78-0	REACH Dossier	H302	H318	-	-	-	-
	Ammoniumchlorid	12125-02-9	REACH Dossier	H302	H319	-	-	-	-
	Ammoniumsulfat	7783-20-2	REACH Dossier	-	-	-	-	-	-
	Natriumhypochlorit (Chlorquelle)	7681-52-9	REACH Dossier	EUH031	H314	-	-	H400 (M10)	H410 (M1)
	Monochloramin (2,5 - 10 g/l)	10599-90-3	REACH Dossier	?	H314, H335	?	H372 (Atemtrakt, Inhalation)	-	H412
	Monochloramin (< 3 mg/l)		REACH Dossier	-	-	-	-	-	-

Fortsetzung Tabelle 2

Nr	Stoffbezeichnung	CAS Nummer	Datenquelle(n) für ABC Kategorisierung	Akute Giftigkeit (Akut Tox.)	Reiz-, Ätzwirkung (Korr.)	Sensibilisierung (Sens.)	CMR & chronische Toxizität (CMR & chron. Tox.)	Gefährdung Oberflächengewässer (Aq. Tox. akut)	Gefährdung Oberflächengewässer (Aq. Tox. chronisch)
46	N-(3-aminopropyl)-N-dodecylpropan-1,3-diamine	2372-82-9	REACH Dossier	H301	H314	-	H373 (Niere)	H400 (M10)	H410 (M10)
47	Aus Sauerstoff erzeugtes Ozon	10028-15-6	harmonisierte Einstufung, REACH Dossier, BPC Stellungnahme (PT11)	H330	H314, H318, EUH071	-	H341, H351, H372 (Atemtrakt)	H400 (M100)	H410 (M1)
48	Peressigsäure	79-21-0	harmonisierte Einstufung (Vorschlag)	H301, H310, H330	EUH071, H314	-	-	H400 (M10)	H410 (M100)
49	Perameisensäure, hergestellt aus Ameisensäure und Wasserstoffperoxid	-	-	?	?	?	?	?	?
50	polyhexamethylene biguanide hydrochloride with a mean number-average molecular weight (Mn) of 1600 and a mean polydispersity (PDI) of 1.8 (PHMB(1600;1.8))	27083-27-8	Wirkstoffbericht (PT11), harmonisierte Einstufung	H302, H330	H318	H317	H351, H372 (Atemtrakt)	H400 (M10)	H410 (M10)
51	Polymer aus N-Methylmethanamin (Einecs 204-697-4) mit (Chlormethyl)oxiran (Einecs 203-439-8) / Polymeres quaternäres Ammoniumchlorid (PQ Polymer)	25988-97-0	ECHA Infocard	H302, H332	H319	?	?	H400 (M?)	H410 (M?)
52	Kaliumdimethyldithiocarbamat	128-03-0	REACH Dossier	-	H315	-	-	H400 (M?)	?
53	Reaktionsprodukte aus 5,5-Dimethylhydantoin, 5-Ethyl-5-methylhydantoin mit Brom und Chlor (DCDMH)	-	-	?	?	?	?	?	?
54	α,α',α'' -trimethyl-1,3,5-triazine-1,3,5(2H,4H,6H)-triethanol	25254-50-6	Wirkstoffbericht (PT11)	H302, H332	EUH071, H314	H317	H341, H350, H373 (Gastrointestinal trakt, Atemtrakt)	-	H411
55	3,3'-Methylenbis[5-methyloxazolidin] (Oxazolidin/MBO)	-	Wirkstoffbericht (PT11)	H302, H311, H332	EUH071, H314	H317	H341, H350, H373 (Gastrointestinal trakt, Atemtrakt)	-	H411

Fortsetzung Tabelle 2

Nr	Stoffbezeichnung	CAS Nummer	Datenquelle(n) für ABC Kategorisierung	Akute Giftigkeit (Akut Tox.)	Reiz-, Ätzwirkung (Korr.)	Sensibilisierung (Sens.)	CMR & chronische Toxizität (CMR & chron. Tox.)	Gefährdung Oberflächen gewässer (Aq. Tox. akut)	Gefährdung Oberflächen gewässer (Aq. Tox. chronisch)
56	Silber	7440-22-4	REACH Dossier (Silberpulver)	-	-	-	?	H400 (M10)	H410 (M10)
			REACH Dossier (Silber in Nanoform)	-	-	-	H360 D	H400 (M1000)	H410 (M1000)
57	Silbernitrat	7761-88-8	REACH Dossier	-	H314	-	-	H400 (M1000)	H410 (M100)
58	Natriumdichlorisocyanurat Dihydrat	51580-86-0 (2893-78-9)	REACH Dossier	EUH031, H302	H314	-	-	H400 (M?)	?
59	Natriumdimethyldithiocarbamat	128-04-1	REACH Dossier	-	-	-	-	H400 (M100)	H410 (M10)
60	Symclosen	87-90-1	REACH Dossier	EUH031, H302	H319, H335	-	-	H400 (M?)	H410 (M?)
61	Tetrahydro-1,3,4,6-tetrakis(hydroxymethyl)imidazo[4,5-d]imidazol-2,5(1H,3H)-dion (TMAD)	5395-50-6	REACH Dossier	-	-	H317	H350	-	H411
62	Tetrakis(hydroxymethyl)phosphoniumsulfat (2:1) (THPS)	55566-30-8	REACH Dossier	H302, H330	H318	H317	H361	H400 (M1)	H411
63	Troclosene sodium	2893-78-9	REACH Dossier, harmonisierte Einstufung	EUH031, H302	H314, H318	-	-	H400 (M?)	-
64	Willaertia subsp. magna, C2c.Maky	-	-	?	?	?	?	?	?

ANHANG: ABC-KATEGORISIERUNG

Die Einstufung wird nach Kriterien der ABC Kategorisierung bewertet – diese ist eine einfache Form der Stoffbewertung angelehnt an das Bewertungsschema der Wiener Desinfektionsmitteldatenbank WIDES [23]. Die Ergebnisse der ABC Kategorisierung sind in Anhang Tabelle 2 zusammengefasst. Bewertet wird in 6 Gefährdungskategorien, um so nachteilige Eigenschaften für die menschliche Gesundheit und die aquatische Umwelt zu verdeutlichen. Vier nachteilige Eigenschaften betreffen die menschliche Gesundheit (die akute Giftigkeit, die Reiz- bzw. Ätzwirkung, sensibilisierende Eigenschaften bzw. kanzerogene, mutagene, reproduktionstoxische sowie chronisch toxische Eigenschaften), zwei nachteilige Eigenschaften die aquatische Umwelt (das akuttoxische bzw. chronisch toxische Verhalten in Oberflächengewässern). Mit der ABC Kategorisierung ist ein Farbcode verknüpft bzw. werden bedenkliche von weniger bedenklichen Gefährdungen unterschieden. Und zwar wird auf Basis seiner H-Sätze (oder wegen fehlender Daten, die eine Gefährdung ausschließen können) ein Stoff der Kategorie A (Farbcode Rot; sehr hohe Besorgnis), B (Farbcode Gelb; erhebliche Besorgnis) oder C (Farbcode Weiß; geringe Besorgnis) zugeordnet. Die entsprechenden Daten (H-Satz, Datenunsicherheit, Ausschluss einer Gefährdung) samt Farbcodes werden in Anhang Tabelle 2 den Gefährdungskategorien zugeordnet. Die folgenden Abbildungen zeigen, wie die Kategorien A, B und C mit H-Sätzen (bzw. Datenlücken) verknüpft sind. Weitere Erläuterungen zur ABC-Kategorisierung finden sich nach Anmelden in der WIDES Datenbank im pdf Dokument „Einführung in das Bewertungsraster“ [23].

Kategorie

A

Kategorie A erfasst Stoffe, die auch in geringer Konzentration hohe und/oder irreversible Gefährdungen verursachen. In diese Kategorie fallen hoch ökotoxische Stoffe sowie solche, die mutagen, kanzerogen, reproduktionstoxisch, chronisch toxisch oder allergen sind. Auch Stoffe, bei denen die Gefahr einer Fruchtschädigung vermutet wird, fallen in diese Kategorie. Für Desinfektionsmittel, die Kategorie A Stoffe enthalten, sollte eine Substitution erwogen werden. Kategorie A wird mit der Farbe Rot gekennzeichnet.

Kategorie A – sehr hohe Besorgnis (Gesundheitsgefährdungen)	
H317	Kann allergische Hautreaktionen verursachen
H334	Kann bei Einatmen Allergie, asthmaähnliche Symptome oder Atembeschwerden verursachen
H372	Schädigt die Organe bei längerer oder wiederholter Exposition
H361d	Kann vermutlich das Kind im Mutterleib schädigen
H362	Kann Säuglinge über die Muttermilch schädigen
H340	Kann genetische Defekte verursachen
H350	Kann Krebs erzeugen
H360	Kann die Fruchtbarkeit beeinträchtigen oder das Kind im Mutterleib schädigen
Kategorie A – sehr hohe Besorgnis (Gefährdung der aquatischen Umwelt)	
H400 (M ≥ 1000)⁴	Sehr giftig für Wasserlebewesen mit M-Faktor gleich oder größer 1000
H410 (M ≥ 100)⁴	Sehr giftig für Wasserlebewesen mit langfristiger Wirkung mit M-Faktor gleich oder größer 100

Kategorie B

Kategorie B erfasst Gefährdungen mit erheblich nachteiligen Folgen für die menschliche Gesundheit und aquatische Umwelt. Die H-Sätze H300, H301, H310, H311, H330 und H331 werden der Kategorie B zugeordnet da ihre Wirkung konzentrationsabhängig ist und mit der üblichen Verdünnung deutlich abnimmt. Datenlücken und Datenunsicherheiten sind der Kategorie B zugeordnet. Bei Zuordnung zur Kategorie B sollten Produktalternativen von Fall zu Fall erwogen werden. Kategorie B wird mit der Farbe Gelb gekennzeichnet:

Kategorie B – erhebliche Besorgnis (Gesundheitsgefährdungen)	
H300	Lebensgefahr bei Verschlucken
H310	Lebensgefahr bei Hautkontakt
H330	Lebensgefahr bei Einatmen
H301	Giftig bei Verschlucken
H311	Giftig bei Hautkontakt
H331	Giftig bei Einatmen
H341	Kann vermutlich genetische Defekte verursachen
H351	Kann vermutlich Krebs erzeugen
H361f	Kann vermutlich die Fruchtbarkeit beeinträchtigen
H373	Kann die Organe schädigen bei längerer oder wiederholter Exposition
EUH029	Entwickelt bei Berührung mit Wasser giftige Gase
EUH031	Entwickelt bei Berührung mit Säure giftige Gase
EUH070	Giftig bei Berührung mit den Augen
H370	Schädigt die Organe
Kategorie B – erhebliche Besorgnis (Gefährdung der aquatischen Umwelt)	
H400 (M ≥ 10) ⁵	Sehr giftig für Wasserorganismen mit M-Faktor gleich oder größer 10
H410 (M ≥ 1) ⁵	Sehr giftig für Wasserorganismen mit langfristiger Wirkung mit M-Faktor gleich oder größer gleich 1
Kategorie B – erhebliche Besorgnis (Datenlücke, Datenunsicherheit)	
Die WIDES weist für die akuttoxische, allergene, mutagene, kanzerogene, reproduktionstoxische oder chronisch toxische Gefährdungskategorie eine Datenlücke oder Datenunsicherheit aus.	
Die WIDES weist für die akute oder chronische aquatische Gefährdungskategorie eine Datenlücke oder Datenunsicherheit aus.	

⁵ M ist ein Multiplikationsfaktor, der hochtoxische Stoffe entsprechend gewichtet. Wird ein Stoff als aquatisch akut 1 oder aquatisch chronisch 1 eingestuft, dann ist gemäß EU CLP Verordnung dem H-Satz ein Multiplikationsfaktor zuzuordnen

VERWENDUNG VON BIOZIDEN IN VERDUNSTUNGSKÜHLANLAGEN – VORSCHLÄGE ZUR RISIKOMINIMIERUNG UND BESCHAFFUNG



Bildnachweis: DanielChang76/Shutterstock.com

Studienautor:

Dr. Manfred Klade
Technisches Büro Klade

Im Auftrag der
Wiener Umwelthanwaltschaft

September 2023

Kategorie C

Die mit der Farbe Weiß gekennzeichnete Kategorie C erfasst begrenzte, kontrollierbare und/oder reversible Gefährdungen. Wir ordnen korrosive Eigenschaften ausgedrückt durch die H-Sätze H314 und H318 dieser Kategorie zu. Dabei berücksichtigen wir, dass korrosive Eigenschaften mit der Verdünnung abnehmen und durch geeignete Arbeitsschutzmaßnahmen kontrollierbar sind. Obwohl der Kategorie C zugeordnete Gefährdungen nicht vernachlässigbar sind, sollten solche Stoffe bevorzugt verwendet werden. Dies trifft insbesondere auf biozide Wirkstoffe der Kategorie C zu, wie etwa Sauerstoffabspalter oder organische Säuren.

Kategorie C – geringe Besorgnis (Gesundheitsgefährdung)	
H302	Gesundheitsschädlich bei Verschlucken
H312	Gesundheitsschädlich bei Hautkontakt
H332	Gesundheitsschädlich bei Einatmen
H314	Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden
H318	Verursacht schwere Augenschäden
H315	Verursacht Hautreizungen
H319	Verursacht schwere Augenreizungen
H335	Kann die Atemwege reizen
H371	Kann die Organe schädigen
H304	Kann bei Verschlucken und Eindringen in die Atemwege tödlich sein
EUH066	Wiederholter Kontakt kann zu spröder und rissiger Haut führen
EUH071	Wirkt ätzend auf die Atemwege
Kategorie C – geringe Besorgnis (Gefährdung der aquatische Umwelt)	
H400 (M < 10) ^e	Sehr giftig für Wasserorganismen mit M-Faktor kleiner 10
H411	Giftig für Wasserorganismen, mit langfristiger Wirkung
H412	Schädlich für Wasserorganismen, mit langfristiger Wirkung
H413	Kann für Wasserorganismen schädlich sein, mit langfristiger Wirkung