



Industrieabwässer
effektiv reinigen



Industrieabwässer effektiv reinigen

An die Reinigung von Industrieabwässern werden immer höhere Ansprüche gestellt. Ob neue gesetzliche Auflagen oder betriebsbedingte Änderungen - gefragt sind Konzepte und Verfahrenstechniken, die eine möglichst hohe Flexibilität der Reinigungsanlagen sicherstellen. Sauerstoff-Verfahren bieten hier große Leistungsreserven, die es erlauben, vorhandene Anlagen ohne aufwändige bauliche Erweiterungen bzw. Investitionen neuen Aufgaben anzupassen.

Neben Zielen, wie höhere Sicherheit bei der Einhaltung vorgeschriebener Ablaufwerte oder Sicherstellung einer für die innerbetriebliche Wiederverwendung ausreichenden Ablauf-Qualität, spielt gerade im Industriebereich der Platzbedarf eine wichtige Rolle. Biologische Filter, Festbett-Anlagen und Membranbiologien sind daher eine interessante Ergänzung konventioneller Anlagenkonzepte, wenn es um Erweiterung oder Ersatz vorhandener Anlagen geht. Auch hier wird das Potenzial erst mit Rein-Sauerstoff (O_2) voll erschlossen.

Bei der Neutralisation alkalischer Abwässer bietet Kohlendioxid (CO_2) viele Vorteile. Für mit schwer abbaubaren Schadstoffen belastete Teilströme ist Ozon (O_3) das Mittel der Wahl.

Dieser Artikel beschreibt an Hand von aktuellen Anwendungsbeispielen, wie durch Einsatz der technischen Gase O_2 , CO_2 oder O_3 das Potenzial moderner Verfahrenstechniken optimal nutzbar ist.

Sauerstoff in der Klärtechnik

Rein-Sauerstoff ist „konzentrierter Luftsauerstoff“ ohne Stickstoffballast. Dies macht sein Optimierungspotenzial schnell deutlich:

- Sauerstoff kann schneller und mit geringerem Energieaufwand in Wasser gelöst werden. Das erlaubt eine flexible Reaktion auch auf große Bedarfsschwankungen.
- Nur ca. 4% des Luftvolumens müssen beim Einsatz von reinem Sauerstoff eingebracht werden. Daraus folgen weitere Vorteile,
- wie entsprechend geringer apparativer Aufwand für den Gas-Eintrag,
- minimale Aerosolbildung und weniger Strippen geruchsintensiver Stoffe,
- weniger hydraulische Störungen beim Betrieb von Filteranlagen,
- keine Störung von Absetzvorgängen durch ungewollte Flotation (die Stickstoffübersättigung in tiefen Belebungsbecken führt in der Nachklärung zum Ausgasen).

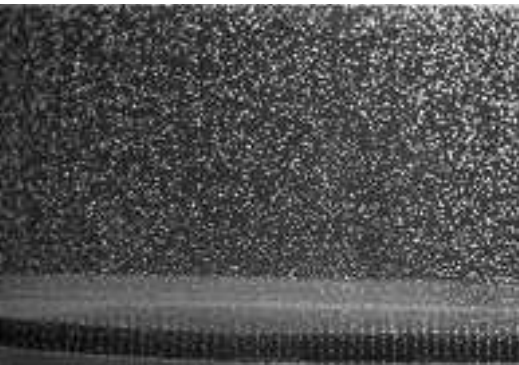


Abb. 1: Von Messer entwickelte Eintragsverfahren für Rein-Sauerstoff: Begasungsschlauch (links), Injektor (Mitte), Oxidator (rechts)

Sauerstoff-Eintragsysteme

Die wirtschaftlichen Vorteile einer Reinsauerstoff-Versorgung lassen sich nur mit geeigneter Anlagentechnik optimal nutzen. In der Praxis haben sich spezielle Schlauchausströmer, Injektoren und Oxidatoren (Abb. 1) bewährt.

Die Wahl des Systems oder einer Systemkombination hängt dabei wesentlich von der Anwendung und den örtlichen Gegebenheiten ab. Wichtige Parameter sind z.B. die Beckengeometrie sowie die Verfügbarkeit und die Kosten der elektrischen Energie vor Ort.

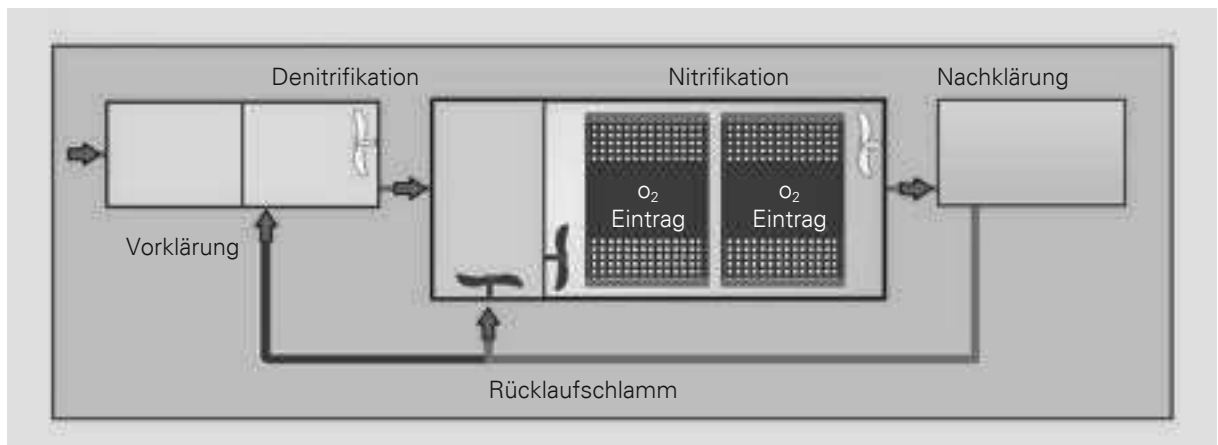


Abb. 2: Schematische Darstellung der Umrüstung einer Kläranlage auf das Biox[®]-N-Verfahren

Problemlösungen aus der Praxis

Spitzenlastabdeckung durch partielle Sauerstoffbegasung (PSB)

Geruchsprobleme an einer Kläranlage weisen meistens auf Sauerstoffmangel hin. Weil kurzfristig extrem schwankender Sauerstoffbedarf Geruchsprobleme verursachte, wurde die Emschermündungs-Kläranlage in Deutschland seit 1981 mehr als 20 Jahre lang erfolgreich mit einer zusätzlichen Rein-Sauerstoffversorgung betrieben, ohne dass weitere Maßnahmen erforderlich waren.

Bei einem weiteren Beispiel, einer Kartoffelveredelungsfabrik, stand die Leistungssteigerung im Vordergrund. Trotz Erweiterung der Kläranlage um einen Sequence Batch Reaktor (SBR) konnten die geforderten Ablaufwerte nicht eingehalten werden. Einer von zwei Reaktoren bekam daraufhin eine zusätzliche Versorgung mit reinem Sauerstoff. Dazu erfolgte die Umrüstung der einen Hälfte der vorhandenen Dombelüfter auf reinen Sauerstoff, die andere Hälfte wird weiter mit Luft betrieben. Nach dieser Umstellung auf PSB-Betrieb konnten allein in dem umgerüsteten Reaktor Ablaufwerte erzielt werden, die weit unter den Grenzwerten liegen. Für Batch-Verfahren wie Stapeltanks bzw. Sequence Batch Reaktoren, die sich in der Lebensmittelindustrie vielfach bewährt haben, sind hohe Sauerstoff-Bedarfsspitzen bei der Einleitung frischer Abwasser-Chargen kennzeichnend. Aktuelle Überlastungen von bis zu 280% der Bemessungswerte führten in einer Molkerei-Kläranlage trotz großzügig ausgelegter Belüftung regelmäßig zu temporärem Sauerstoffmangel. Die Sauerstoffversorgung ist jetzt durch eine Rein-Sauerstoff-Anlage (PSB) sichergestellt, die auch die Phasen des höchsten Sauerstoffbedarfs sicher abdeckt.

Mehr Leistung für Nitrifikation und Denitrifikation

Für die vom Gesetzgeber geforderte Stickstoffelimination in der dritten Reinigungsstufe hat Messer das Biox[®]-N-Verfahren entwickelt. Die Leistungsfähigkeit der biologischen Stufe steigt erheblich dadurch, dass reiner Sauerstoff die herkömmliche Belüftung unterstützt oder ersetzt und dass gleichzeitig die vorhandene Biomasse im System angehoben wird (Abb. 2). Oft lässt sich dann aus dem vorhandenen Becken noch ausreichend Volumen für die Denitrifikation abtrennen. Auch eine der größten Industriekläranlagen der Welt setzt reinen Sauerstoff zur Nitrifikation ein. Der Sauerstoff wird hierbei über Messer-Begasungsmatten in Lösung gebracht.

Stickstoffübersättigung/Flotation: Problemlösung mit Rein-Sauerstoff

In tiefen Becken und in so genannten Turm- oder Hochbiologien kann die Belüftung zu so hohen Konzentrationen an gelöstem Stickstoff (der ja nicht wie Sauerstoff von den Mikroorganismen gezehrt wird) führen, dass dieser in der flacheren Nachklärung zeitweise ausgasst. Dann tritt Flotation in der Nachklärung auf, die Folge sind erheblich verschlechterte Ablaufwerte. Bei einer Wassertiefe von 10 m im Belebungsbecken wurde in der Nachklärung einer 3000-EW-Pilotanlage eine Stickstoffübersättigung von 150 % festgestellt. Bei einer Versorgung der tiefen Becken ganz oder zeitweise mit reinem Sauerstoff statt mit Druckluft verringerte sich die Übersättigung mit Stickstoff, und die Nachklärung arbeitete problemlos.

Kompakte Reinigung in sauerstoffbegasteten Filtern

Sollen Abwässer partikelfrei sein und stabil niedrige Ablaufwerte (z.B. für Ammonium) aufweisen, werden Biofiltrationsverfahren zur Reinigung oder Nachreinigung eingesetzt. Ein besonders wirtschaftliches und kompaktes System ist der zweistufige kontinuierliche Sandfilter, bei dem Quarzsand als Filtermedium und als Träger für die Biomasse dient.

Die Anlagen sind sowohl für den permanenten als auch für zeitlich befristeten Einsatz geeignet. Wenn die aerobe erste Stufe mit Rein-Sauerstoff versorgt wird, ist ein optimaler Betrieb gesichert, das heißt:

- störungsfreie Filtration durch kleinen Gasvolumenstrom
- keine Kanalbildung im Sandbett
- reduziertes Ausstrippen geruchsintensiver Inhaltsstoffe
- keine ungewollte Kalk-Ausfällung.

Der im Abwasser zurückbleibende Gesamtfeststoffgehalt liegt deutlich unter 10 mg/l. Dadurch ist die direkte Wiederverwendung des gereinigten Abwassers in Produktionsprozessen möglich.

Anwendungsbeispiele:

- Im Rahmen von Bodensanierungen sowie Entwässerungen wurden mit dem kontinuierlichen Sandfilter bei kurzen Aufenthaltszeiten (unter 10 Minuten) Eliminationsraten von über 99 % für MAK (= Monozyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe) und über 92 % für PAK (= Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe) erzielt. Die Ablaufwerte lagen für MAK und PAK unter 3 µg/l.
- In der Altpapier verarbeitenden Industrie wurde einer anaeroben Behandlungsstufe ein Sandfilter nachgeschaltet. Bei Sulfid-Belastungen bis zu 2,7 kg S/m³ · d lagen der Abbau-grad über 97 % und der Sulfid-Ablaufwert unter 1 mg/l. Die Eliminationsrate für Feststoffe (TSS) erreichte 80 % bis nahezu 100 % und führte zu TSS-Ablaufwerten unter 20 mg/l. Der CSB-Abbau im Filter betrug etwa 50 %.

Membranbiologie: Sicherheit auf kleinstem Raum - optimal mit Sauerstoff

Besonders platzsparend und sicher ist die Abwasserreinigung in Membranbiologien, bei denen eine Mikrofiltration über Membranen die konventionelle Nachklärung ersetzt (Abb. 3). Der Gehalt an aktivem Belebtschlamm wird in Membranbiologien um den Faktor 3 bis 8 höher gehalten als in konventionellen Anlagen.

Neben der Nachklärung ist somit auch die biologische Stufe erheblich kompakter. Die Ablaufqualität einer Membranbiologie ist frei von Feststoffen und entspricht hygienisch der Badewassernorm, so dass die Wiederverwendungsmöglichkeiten für das Wasser sehr gut sind.

Das Leistungspotenzial einer Membranbiologie kann jedoch erst voll ausgeschöpft werden, wenn Rein-Sauerstoff-Begasungssysteme die konventionelle Belüftung ergänzen oder ersetzen. Das Abwasser-Belebtschlammgemisch in Membranbiologien ist nämlich außerordentlich viskos, wodurch die Sauerstoffaufnahme aus einer feinblasigen Druckbelüftung signifikant erschwert wird. Messer hat speziell für diese hochviskosen Belebtschlämme ein Sauerstoff-Injektionssystem entwickelt, mit dem auch höchste Sauerstoffeintragsraten wirtschaftlich realisierbar sind. Im direkten Vergleich wurde in einer Membranbiologie mit diesem System ein mehr als 2,5-fach höherer Lösungs-Wirkungsgrad bei 2,5-fach geringerem Energieverbrauch erzielt als bei Luftinjektion. Bei unter Druck betriebenen Reaktoren ist die Energieeinsparung noch drastischer. Bei einer Deponie-Sickerwasseranlage hat sich das System auch zur ergänzenden Sauerstoffversorgung bei Auftreten von Lastspitzen bewährt: Die Reinigungsleistung konnte hier direkt um 40 % gesteigert werden.

Vorteile von Rein-Sauerstoff in Industrie-Kläranlagen:

- allgemeine Steigerung der Reinigungsleistung
- Stoßbelastungen und ständige Überlastungen werden zuverlässig abgefangen
- sichere Nitrifikation
- deutlich geringere Geruchs-Emissionen
- Sauerstoff-Eintrag erfolgt geräuschlos
- höhere Betriebssicherheit
- als Notersatz bei Belüfterausfall geeignet
- kein aufwendiger und zeitintensiver Ausbau der Kläranlage
- als Interimslösung einsetzbar
- geringere Investitionskosten als konventionell erstellte Anlagen

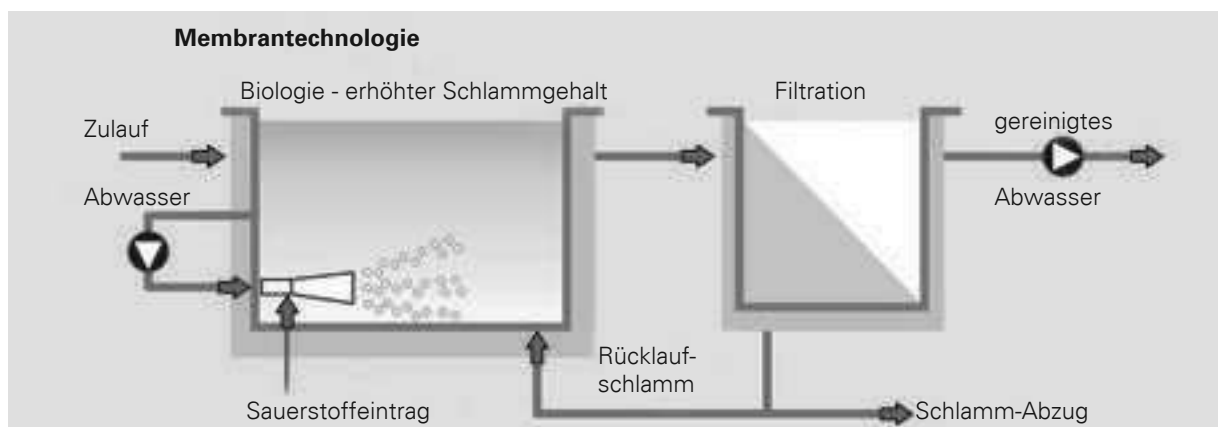


Abb. 3: Platzersparung durch eine Membranbiologie



Abb. 4: Mit CO₂ betriebene Baustellenneutralisation am Berliner Hauptbahnhof, vorher Lehrter Bahnhof.

Neutralisieren und pH-Regelung mit CO₂: kein Aufsalzen im Wasserkreislauf

Alkalische Abwässer müssen vor dem Einleiten in eine biologische Abwasserreinigung neutralisiert werden. Zurecht gewinnt dabei die Neutralisation mit CO₂ zunehmend an Bedeutung:

- Der Vergleich der stöchiometrischen Verbrauchswerte zwischen CO₂ und den Mineralsäuren ist bei vollständiger Ausnutzung für CO₂ besonders günstig. Nicht zuletzt aus diesem Grund fällt auch der Kostenvergleich oft zu Gunsten von CO₂ aus.
- Geringere Salzfrachten sind nicht nur für die Abwasserabgaben sondern auch für die Mehrfachnutzung (fast) geschlossener Wasserkreisläufe wichtig: Bei CO₂ werden eine Aufsalzung mit Chloriden oder Sulfaten und die damit verbundenen Korrosionsprobleme vermieden.
- In Abb. 5 ist die Neutralisationskurve einer Mineralsäure im Vergleich zur Kohlensäure schematisch dargestellt. Die flachere Neutralisationskurve von CO₂ bedeutet, dass dessen Zugabe auch im Bereich um den Neutralpunkt nur eine geringfügige pH-Wert-Änderung bewirkt, was eine Übersäuerung (anders als bei Mineralsäuren) praktisch ausschließt. Folglich kann bei CO₂ auf eine aufwendige Regelungstechnik verzichtet werden.

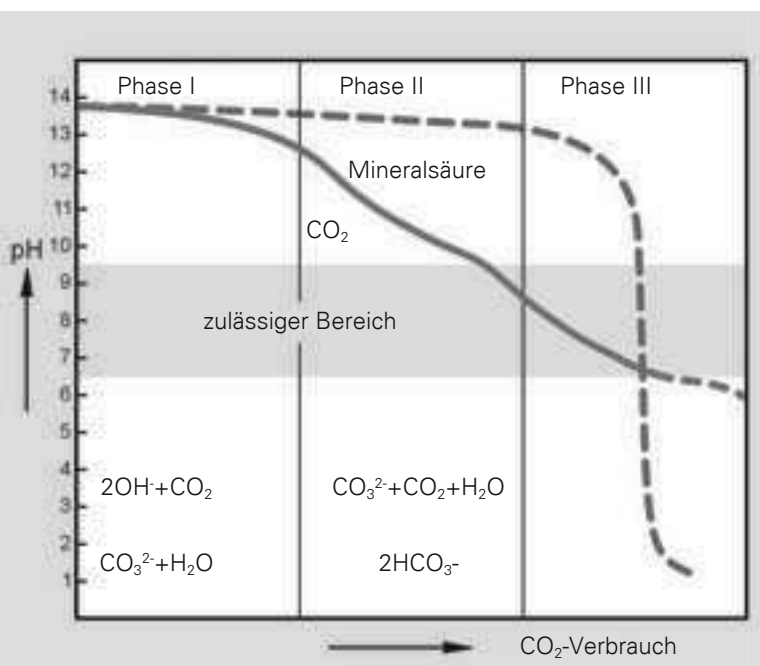


Abb. 5: Schematische Darstellung der Neutralisationskurven bei Einsatz von CO₂ bzw. Mineralsäuren

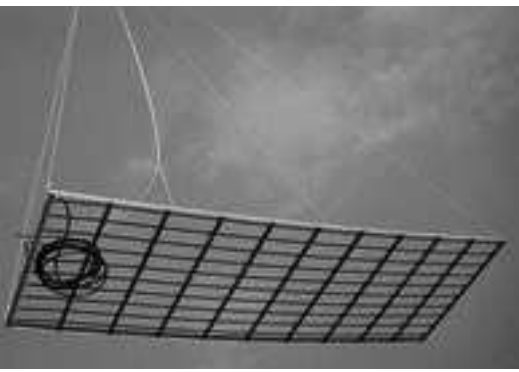


Abb. 6: Von Messer eingesetzte Neutralisationskomponenten: Begasungsschläuche (links), Stapelbecken kundenseitig erstellt (Mitte), Flüssigeinspeisung (rechts)

Für den Eintrag und das Lösen von CO_2 in Wasser setzt Messer verschiedene Systeme ein: Rohrreaktoren, Düsensysteme, statische Mischer, Ejektoren oder auch Begasungsmatten. Welches Verfahren zum Einsatz kommt, hängt von der Wasserbeschaffenheit, wie z. B. der Wasserhärte, sowie den örtlichen Gegebenheiten ab.

Messer liefert jedem Anwender das maßgeschneiderte, optimale Verfahren mit der besten CO_2 -Ausnutzung und damit der höchsten Wirtschaftlichkeit. Dabei kann Messer auf Praxiserfahrungen bei über 150 Neutralisationsanlagen zurückgreifen (Abb. 4 und 7).



Abb. 7: Neutralisation alkalischer Abwässer aus der Textilindustrie mit CO_2

Neutralisation und pH-Regelung mit CO_2 - Vorteile auf einen Blick:

- Keine Aufsalzung durch Chloride, Sulfate usw., dadurch
- umweltfreundlich
- keine Abgaben für erhöhte Salzfracht
- besser geeignet für die Wiederverwendung im Kreislauf
- Übersäuerung praktisch ausgeschlossen
- keine Korrosionsprobleme
- günstige Betriebskosten
- gezielte Ausfällung von Schwermetallen oder Härtebildnern möglich

In folgenden Industriezweigen wurden schon Neutralisationen mit CO_2 ausgeführt:

- Getränkeindustrie
- Molkereien
- Papier- und Zellstoffindustrie
- Galvanische Prozesse
- Metallurgie
- Textil- und Lederindustrie
- Chemie
- Glas
- Kraftwerke
- Wäschereien
- Baustellenneutralisation



Abb. 8: Ozon-Anlage zur Abwasserteilstrom-Oxidation (Foto: Wedeco)

Ozon - Oxidieren und Desinfizieren ohne Aufsalzen

Enthält das Abwasser biologisch schwer abbaubare organische Substanzen oder muss die biologische Aktivität im Kreislaufwasser begrenzt werden, ist eine Ozonbehandlung oft das Verfahren der Wahl. Nach Fluor ist Ozon das stärkste Oxidationsmittel. Es reagiert aber zu vergleichsweise unproblematischen Oxidationsprodukten und Sauerstoff und verursacht keine Aufsalzung des behandelten Wassers. Ozon ist nicht lagerfähig und wird daher immer in Ozonerzeugern vor Ort aus Sauerstoff produziert (Abb. 8). Für industrielle Anwendungen lassen sich Ozon-Konzentrationen von 10 bis 14 Gew.-% bei Energieverbräuchen deutlich unter 10 kWh/kg Ozon realisieren. Diese nur mit Rein-Sauerstoff erreichbaren hohen Konzentrationen sind schon deshalb vorteilhaft, weil der apparative und energetische Aufwand für das Lösen des Ozons im Wasser kleiner wird und die Reaktionen schneller ablaufen. Folgende Anwendungsbeispiele veranschaulichen die Vorteile von Ozon:

Ozon in Kombination mit aeroben biologischen Aufbereitungsstufen

Um mit Ozon gezielt schwer abbaubare Stoffe anzugreifen, wird die Ozonbehandlung meist einer biologischen Reinigung nachgeschaltet. In Teiloxidationen krackt Ozon im Ablauf verbliebene schwer abbaubare Inhaltsstoffe und macht sie so einer weitergehenden, kostengünstigen biologischen Reinigung zugänglich. Ein Maß für die Abbaubarkeit von Abwasser-Inhaltsstoffen ist das Verhältnis von CSB zu BSB₅ (= Chemischer Sauerstoffbedarf zu Biologischer Sauerstoffbedarf). Je kleiner dieses Verhältnis ist, desto besser ist das Abwasser biologisch zu reinigen. Bei Abwässern einer Zellstoff-Fabrik konnte das CSB/BSB-Verhältnis im Ablauf der ersten Stufe von 8 auf 3 abgesenkt und damit die auf den CSB bezogene Reinigungsleistung des Gesamtsystems von 45 % auf über 80 % gesteigert werden. In der Textilindustrie dient eine Ozonstufe, die einer Kläranlage nachgeschaltet ist, der Entfärbung der Abläufe; im Pharmabereich geht es vorwiegend um die Desinfektion bzw. die Deaktivierung pathogener Keime.

Ozon zur Behandlung von Kreislauf-/ Prozesswasser

Wird Produktionswasser aus wirtschaftlichen und ökologischen Gründen im Kreislauf gefahren, kann die organische Belastung des Wassers durch biologische Aktivität zur Verschleimung führen. Ozon ist hier das Biozid der Wahl, da es nicht zur Aufsalzung beiträgt und schon in relativ niedriger Dosierung die biologische Aktivität effektiv unterdrückt.

Ozon zur Kühlwasser-Behandlung

Die Vorteile des Ozoneinsatzes in offenen Kühlwasser-Kreislaufsystemen sind so überzeugend, dass Messer sukzessive alle eigenen Produktionsanlagen entsprechend ausrüstet. Ozon führt schon in geringen spezifischen Mengen von 0,1 g pro m³ Kreislaufwasser zur:

- drastischen Reduzierung von Mikroorganismen und Algenwachstum
- Vermeidung der Belagbildung in allen Systemteilen und damit u. a. zu einer
- Effizienz-Steigerung bzw. -Erhaltung der Wärmetauscher und damit
- zu je nach Branche deutlichen Einsparungen beim Energieverbrauch
- zu einem deutlich reduzierten Wartungsaufwand (zum Teil Vervielfachung der Standzeiten)
- zu geringerer Aufsalzung im Vergleich zur konventionellen Technik und damit deutlicher Einsparung an Zusatzwasser.

Ozon ist also eine wertvolle Ergänzung zu vorhandenen Aufbereitungstechniken. Da die Abgase der Ozonstufen (bei Einsatz von Reinsauerstoff) in der Regel hoch mit Sauerstoff angereichert sind, ist eine Weiternutzung z. B. in aeroben Klärstufen oder auch zur Anreicherung in Verbrennungsstufen besonders interessant.

Für die nachstehenden Prozesse wird Ozon mit den entsprechenden Wirkungen eingesetzt:

Zellstoffbleichung

- Ozon ersetzt Chlor im Bleichungsprozess
- Verbesserter Weißgrad
- Vermeidung von AOX im Ablauf

Papier-, Textil-, Druck- und Kunststoffindustrie

- Bleichen von Papier und Textilfasern
- Ozon als Hilfsmittel zum Beschichten von Papier
- Haftungsverbesserung bei Herstellung von Getränke-Verpackungsmaterial

Chemische Industrie

- Ozon als Oxidationsmittel für chemische Prozesse
- Herstellung von Grundstoffen für die pharmazeutische und kosmetische Industrie

Textilabwasser

- Entfärbung
- Vermeidung von AOX im Ablauf

Kühlwasser

- Mikrobiologische Reinhaltung von Kühlwassersystemen unter Verzicht auf organische Biozide oder Chlorverbindungen
- Verringerung der Korrosion
- Vermeidung von AOX im Ablauf

Nahrungsmittel

- Desinfektion von Nahrungsmitteln, Lagerräumen, Verpackungsmitteln, Produktionsmaschinen und Meerwasser für die Muschelzucht

Fazit

In Industriebetrieben setzt sich die Abwasserreinigung oft aus einer Kombination von unterschiedlichen biologischen, chemischen und vielfältigen physikalischen Verfahren zusammen. Bei dem zunehmenden Trend zu geschlossenen Wasserkreisläufen kommt den hier beschriebenen Verfahren eine zentrale Bedeutung zu. Messer liefert hierfür nicht nur die Gase, sondern bietet komplette Dienstleistungspakete von der Beratung über die Auslegung bis zur apparativen Ausrüstung, Installation und Inbetriebnahme. Dabei arbeitet Messer in enger Abstimmung mit den Anwendern bevorzugt mit lokalen Ingenieurbüros zusammen.

MESSER 
Gases for Life

Messer Group GmbH
Gahlingspfad 31
47803 Krefeld
Tel. +49 2151 7811-0
Fax +49 2151 7811-501
info@messergroup.com
www.messergroup.com