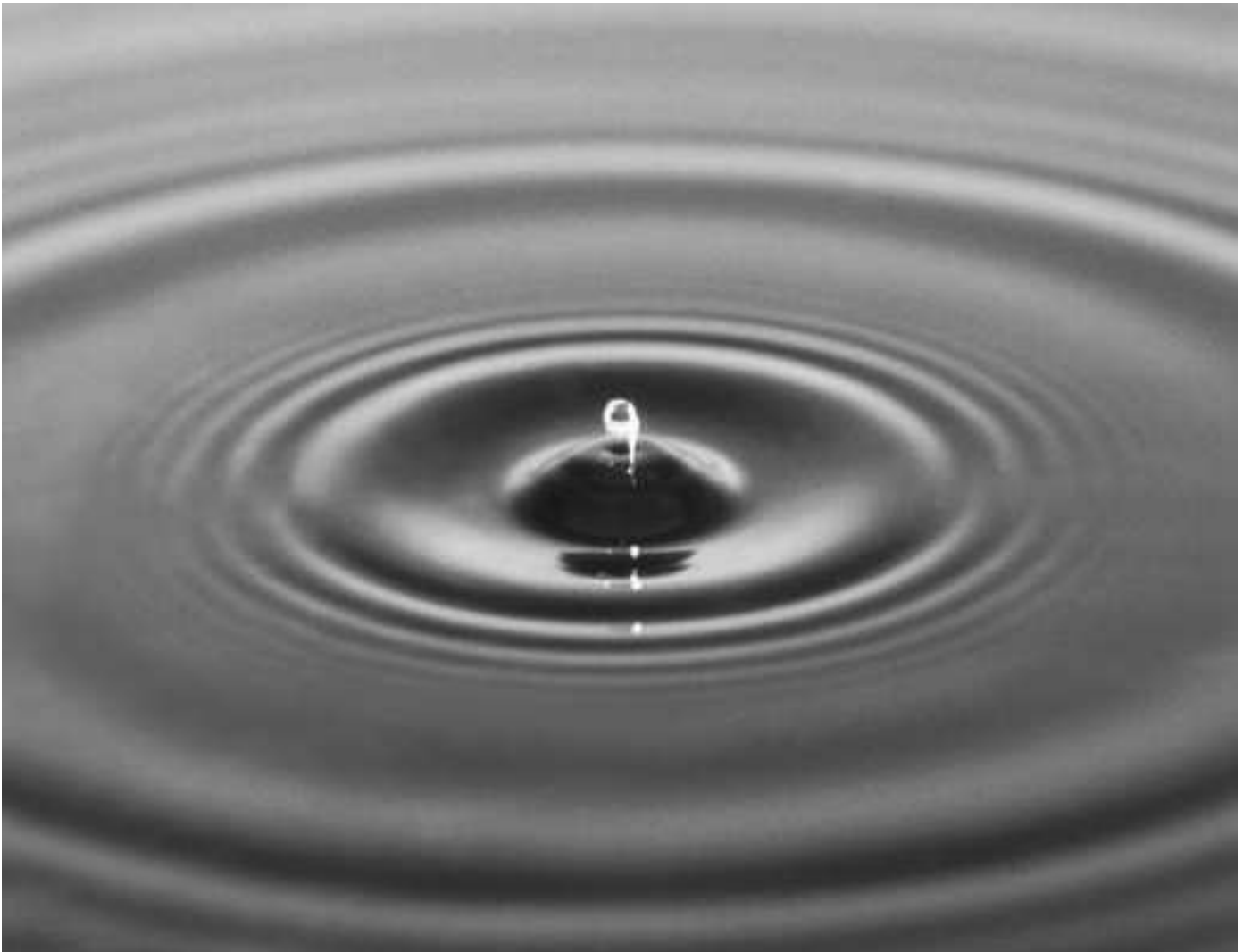




Gase verbessern die
Trinkwasserqualität



Wasser ist das wichtigste und das am strengsten kontrollierte Lebensmittel

Im Zuge der Umsetzung der neuen EU-Trinkwasser-Richtlinien in nationales Recht sind in 2003 die Anforderungen an die Qualität des Trinkwassers erneut gestiegen. So sinken z. B. die Grenzwerte für einige Schwermetalle und weitere unerwünschte Substanzen wie organische Halogenverbindungen.



Abb. 1: Für Trinkwasser, unser wichtigstes Lebensmittel, gelten höchste Qualitätsanforderungen. Gase helfen dabei, diese zu erfüllen.

Neu ist auch, dass die örtlichen Wasserwerke die Einhaltung dieser Grenzwerte bis zum Wasserhahn des Endverbrauchers sicherstellen müssen (Abb. 1).

Das bedeutet unter anderem, dass die chemische Beschaffenheit des Trinkwassers einer Korrosion der öffentlichen und privaten Leitungen vorbeugen muss.

Gase leisten bei den diversen Trinkwasser-Aufbereitungsverfahren einen entscheidenden Beitrag (Abb. 2). Als natürliche Bestandteile des gesunden Trinkwassers ermöglichen sie umweltfreundliche und kostengünstige Verfahren zur Verbesserung der Trinkwasserqualität – ohne unerwünschte Nebenprodukte oder Verunreinigungen. Dieser Beitrag stellt die wichtigsten Verfahren vor, bei denen Gase zum Einsatz kommen.

Von entscheidender Bedeutung: der richtige pH-Wert

Trinkwasser guter Qualität sollte weder korrosiv wirken noch Kesselstein bilden. Dazu muss der pH-Wert (d. h. die Konzentration der Wasserstoffionen) des Wassers mit dem Härtegrad ausbalanciert sein (Abb. 3).

Härte ist eine hauptsächlich durch Kalzium- und Magnesium-Ionen verursachte natürliche Eigenschaft des Wassers. Während ein bestimmter Härtegrad aufgrund des Mineraliengehalts gesund ist und wasserberührte Teile vor Korrosion schützt, ist eine zu hohe Kalzium-Härte für alle Verbraucher ungünstig. Dies erfordert z. B. das häufige Entkalken von Haushaltsgeräten, die Wasser erwärmen. Ein hoher Härtegrad erhöht außerdem den Seifen- und Tensidverbrauch beim Waschen und Reinigen.

In Deutschland gilt Wasser mittlerer Härte als optimal (Härtebereich 2; 7 – 14 °dH, siehe Tab.).

Bezeichnung	Härtebereich	Gehalt Ca- und Mg-Ionen (mmol/l)	Härtegrad
Weich	1	< 1,3	< 7 °dH
Mittel	2	1,3 - 2,5	7 - 14 °dH
Hart	3	2,5 - 3,8	14 - 21 °dH
Sehr hart	4	> 3,8	> 21 °dH

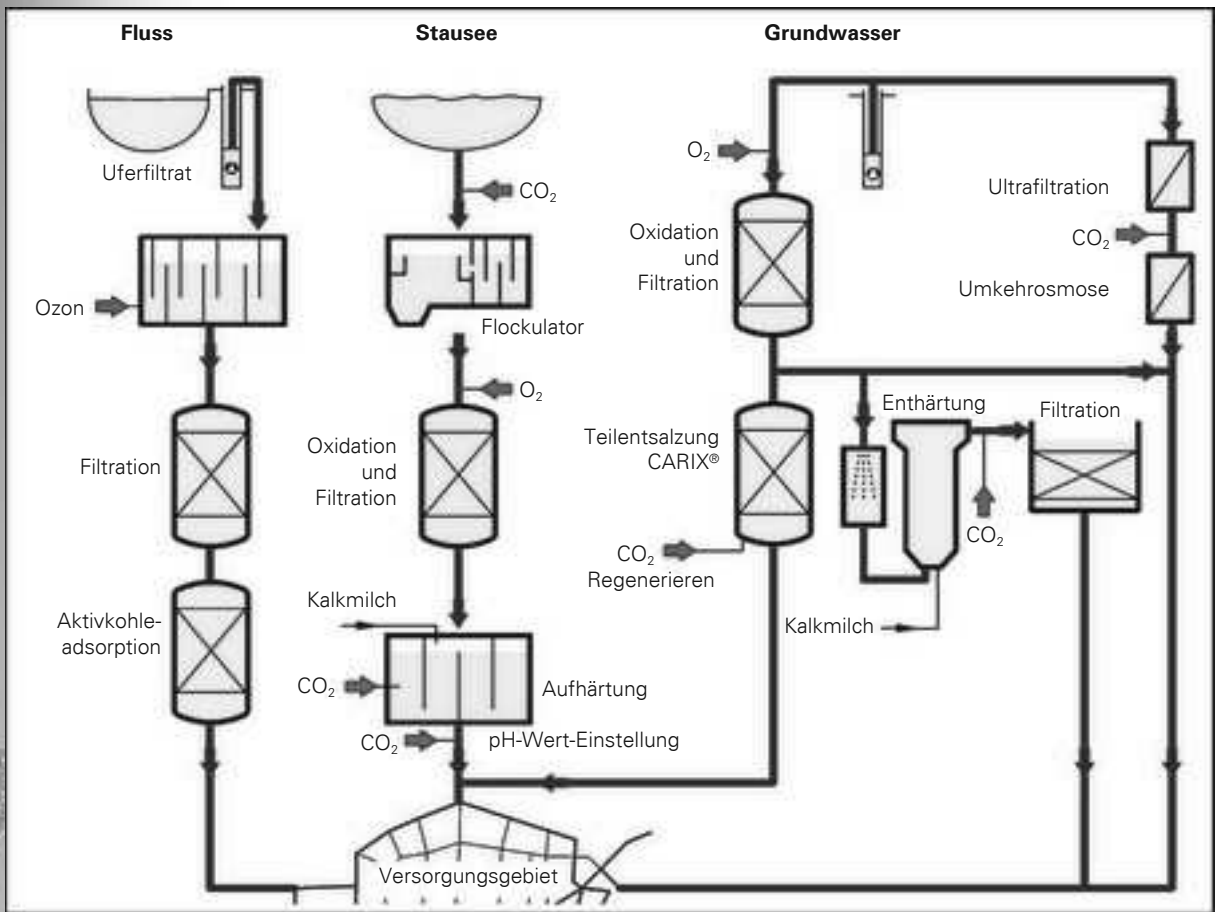


Abb. 2: Bei der Trinkwasseraufbereitung kommen Gase bei den unterschiedlichsten Verfahren zum Einsatz

Gesetzlich vorgeschrieben ist nur die Mindesthärte von 3 °dH. Weicheres Wasser wird in jedem Fall aufgehärtet, um eine Korrosion der Leitungen zu verhindern. Wasserwerke nehmen vermehrt auch eine Enthärtung von hartem und sehr hartem Rohwasser vor, um Leitungswasser zu erzeugen, dass die Anforderungen aller Haushaltsanwendungen möglichst gut erfüllt.

Das Enthärten im Wasserwerk erfolgt heute meist durch Schnell-Entkarbonisierung im Wirbelschichtreaktor.

Am Reaktoreingang wird dazu Natronlauge oder Kalkmilch dosiert, um den pH-Wert zu erhöhen (Abb. 4). Am Reaktorausgang sind Resthärte und pH-Wert des Wassers jedoch oft nicht im Gleichgewicht, was zu einer so genannten Nachenthärtung führt. Die Folge ist eine Kesselsteinbildung an nachgeschalteten Rohrleitungen und Ventilen sowie kürzere Laufzeiten der nachgeschalteten Filter.

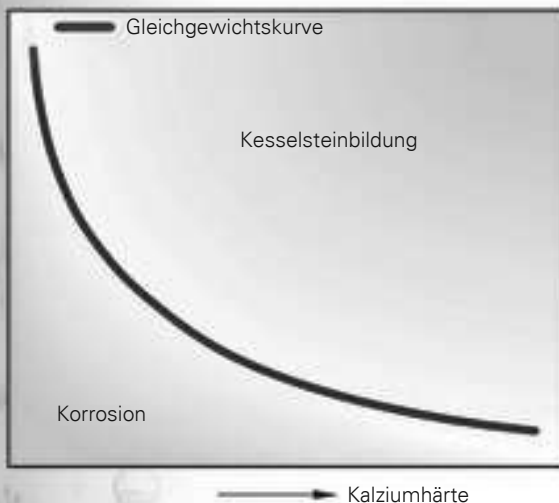


Abb. 3: Einfluss des pH-Werts auf die Trinkwasserqualität

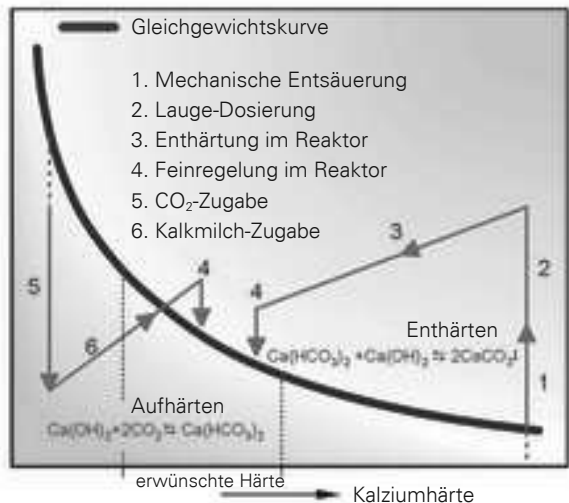


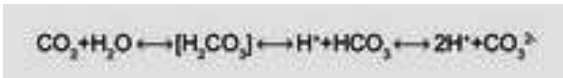
Abb. 4: Enthärten und Aufhärten von Trinkwasser mit CO₂ und Kalkmilch



Abb. 5: Schnell-Entkarbonisierung in der Wirbelschicht mit CO₂-Dosierung am Reaktorausgang

Um dies zu verhindern, ist eine pH-Wert-Regelung mit Säure erforderlich. Hier bietet sich der Einsatz von Kohlensäure an.

Kohlensäure entsteht beim Einleiten von Kohlendioxid in Wasser, wobei sich ein Gleichgewicht zwischen physikalisch gelöstem Kohlendioxid und den Produkten Kohlensäure, Hydrogencarbonat und Karbonat einstellt:



Alle diese Formen der Kohlensäure sind natürliche Bestandteile des Wassers und verändern daher die Qualität des Trinkwassers nicht.

Messer installiert CO₂-Dosier- und Eintragsysteme, die CO₂ kurz vor oder im Ausgang des Wirbelschichtreaktors im Wasser lösen. Dies verhindert ein weiteres Ausfällen unlöslicher Salze und schützt so effektiv vor Kesselstein (Abb. 5).

Kohlendioxid ist die richtige Wahl

Für die Regelung des pH-Werts bietet Kohlendioxid viele Vorteile:

- keine Aufsalzung des Wassers, da die Sulfat- und Chlorid-Konzentrationen nicht erhöht werden. Das ist wichtig für die korrosionschemischen Eigenschaften des Wassers

- CO₂ ist kostengünstiger als Mineralsäuren in Trinkwasserqualität
- Bevorratung und Einsatz sind einfach und sicher; keine Korrosion an Anlagenteilen
- genauere pH-Wert-Steuerung bei geringeren Investitionskosten (Abb. 6).

Abbildung 6 zeigt schematisch eine Neutralisationskurve mit dem schwach sauren Kohlendioxid im Vergleich zu einer stark sauren Mineralsäure.

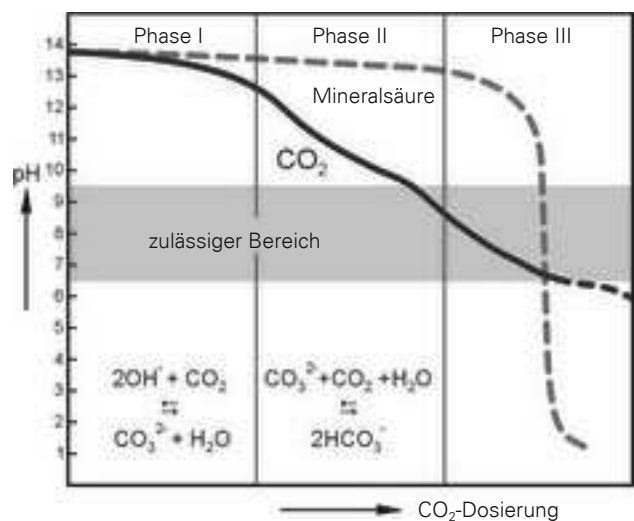


Abb. 6: Vergleich der Neutralisationskurven von CO₂ und einer Mineralsäure

Der flachere Kurvenverlauf beim CO_2 zeigt, dass auch in der Nähe des neutralen Bereichs Kohlendioxid-Zugaben nur geringe pH-Wert-Verschiebungen bewirken, was praktisch jede Übersäuerung ausschließt. Daher ist hier auch keine ausgefeilte Steuerungstechnik erforderlich. Außerdem ist die kontinuierliche Dosierung kleiner, variierender Mengen bei einem Gas einfacher als bei einer Flüssigkeit. Dies ist besonders wichtig bei der pH-Wert-Regelung in Rohrleitungen mit Pfropfenströmung.

Aufhärten – der Klassiker unter den CO_2 -Anwendungen

Rohwässer, z. B. aus Stauseen oder aus Brunnen in Granit-, Sandstein- oder Basaltgebieten, können sehr weich (nicht selten unter 3°dH) und damit korrosiv sein. Auch die ständig steigenden Mengen an Trinkwasser, die durch Umkehrosmose oder Destillation entsalzt werden, besitzen eine sehr geringe Pufferkapazität und sind ohne weitere Behandlung zu korrosiv. Durch Aufhärten auf mindestens 3°dH lässt sich eine Korrosion in den Rohrnetzen und beim Verbraucher vermeiden. In der Praxis stellt man den Härtegrad auf einen Wert bis zu 8°dH ein, um im Verteilnetz Trinkwasser aus mehreren Wasserwerken mischen zu können.

Das wirtschaftlichste Verfahren zum Aufhärten ist das Einlösen von Kalkmilch oder Kalkwasser mit dazu im Gleichgewicht stehenden Mengen

CO_2 . Dadurch ist sichergestellt, dass der gesamte zudosierte Kalk zu löslichem Kalziumbikarbonat reagieren kann (Abb. 4).

Auch bei anderen Aufbereitungsverfahren bietet die pH-Wert-Regelung mit CO_2 Vorteile für die Wasserwerke:

- Bei Membran-Trennverfahren wie der Nanofiltration oder der Umkehrosmose verhindert Ansäuern mit CO_2 – auch für sehr harte Wässer mit z. B. $7,5\text{ mmol/l}$ Kalzium – ein Verblocken der Membranen durch Scaling (= unerwünschtes Ausfällen unlöslicher Salze), so dass eine konstante Durchsatzleistung erhalten bleibt. Da auch Umkehr-Osmose-Membranen CO_2 nicht zurückhalten, ist im Permeat hinter der Membran bereits ein Großteil des zum Aufhärten erforderlichen Kohlendioxids vorhanden.
- CO_2 dient zur pH-Wert-Regelung in der Flockung.

Rohwasser aus Flüssen und Talsperren wird zunächst meist mit Aluminaten als Flockungsmittel behandelt. In warmen Klimazonen ist häufig zu beobachten, dass vermehrtes Algenwachstum im Sommer so viel CO_2 aus dem Wasser verbraucht, dass der pH-Wert des Rohwassers sogar bis auf Werte über 9 ansteigt. Bei diesem Wert geht das Aluminium aus den Aluminaten bereits partiell in Lösung, was durch eine pH-Wert-Regelung mit CO_2 vermeidbar ist.



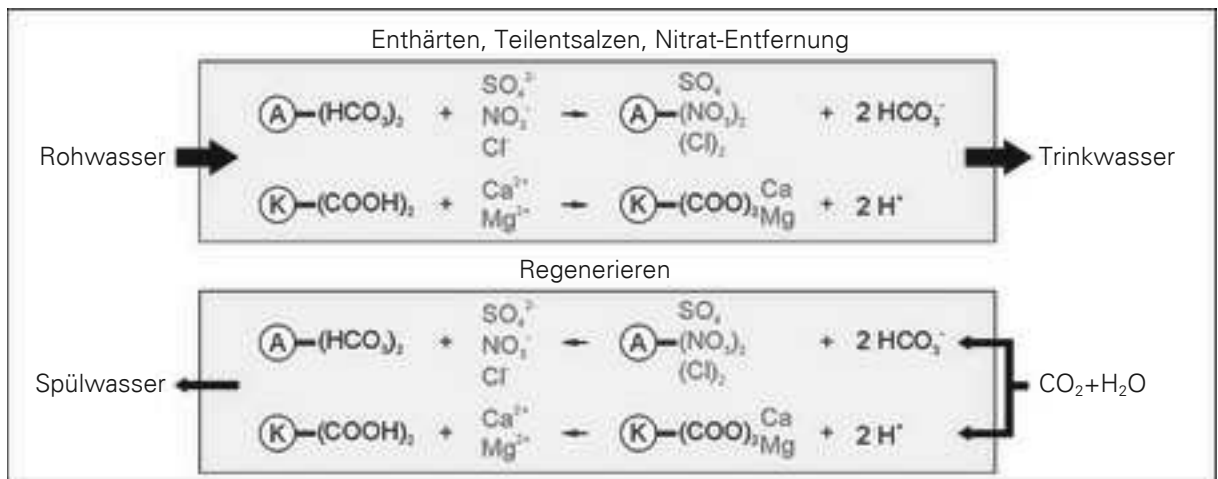


Abb. 7: Schematische Darstellung des Carix®-Verfahrens*

Teil-Entsalzen mit Kohlendioxid

Eine Kombination aus hoher Härte und erheblichen Nitrat-, Chlorid- oder Sulfatgehalten lässt sich erfolgreich mit dem Carix®-Verfahren* behandeln. Das Verfahren (Abb. 7) basiert auf der Kombination eines schwach sauren Kationen-Austauschers (gegen Härte) und eines Anionen-Austauschers (gegen Nitrat, Chlorid und Sulfat). Beide Austauscher werden zusammen in einem Reaktor genutzt. Sind die beiden Ionen-Austauscherharze voll beladen, werden sie durch Einleiten von Kohlensäure gemeinsam und gleichzeitig regeneriert (Abb. 8).

Die Vorteile sind:

- Gleichzeitiges Absenken von Härtegrad, Sulfat-, Chlorid- und Nitratgehalt in einem Schritt auf das gewünschte Niveau, was den Prozess vereinfacht und die Wirtschaftlichkeit erhöht.

- Die Regeneration benötigt nur Kohlendioxid und keine zusätzlichen Salze. Das Spülwasser aus der Regeneration enthält nur die aus dem Rohwasser abgetrennten Salze. Daher dürfen die meisten Carix®-Betreiber in Deutschland ihr Spülwasser in Oberflächengewässer einleiten.
- Der größte Teil des eingesetzten Kohlendioxids ist recycelbar.
- Das Teil-Entsalzen mit Carix® ist vorteilhaft für den Korrosions-Index (Larson-Index), da nicht nur Bikarbonate (wie beim Schnell-Entkarbonisieren), sondern auch Sulfate und Chloride reduziert werden. Je nach Bedarf ist das Mischungsverhältnis zwischen Anionen- und Kationen-Austauscher sogar so einstellbar, dass der Schwerpunkt vom Enthärten auf eine antikorrosive Wirkung verlagert wird.



Abb. 8: Carix®-Anlage* für 3000 m³ pro Tag

*Carix® ist eine eingetragene Marke der Fa. VA TECH WABAG



Abb. 9: Sauerstoffeintrag über einen Oxidator vor der Enteisung/Entmanganung

Oxidation mit Sauerstoff

Auf Oxidation beruhen verschiedene Reinigungsverfahren, wobei das Abtrennen von Eisen und Mangan wohl am weitesten verbreitet ist. Dieses Verfahren müssen Wasserwerke, die Grundwasser aufbereiten, fast immer einsetzen, um Verkrustungen in den Rohrleitungen zu verhindern. Da Grundwasser sauerstoffarm ist, enthält es Eisen und Mangan in einer reduzierten, löslichen Form. Nach Anreichern des Wassers mit Sauerstoff oxidiert Eisen(II) leicht zu Eisen(III)-oxidpartikeln, die in Filtern zurückbleiben. In den Filtern reagiert auch Mangan mit Sauerstoff zum wasserunlöslichen Mangan(IV)oxid und wird ebenfalls zurückgehalten.

Stöchiometrisch erfordert die Oxidation von Eisen und Mangan nur geringe Sauerstoffmengen und könnte daher auch mit Luftsauerstoff durchgeführt werden. Das Oxisolv®-Verfahren von Messer mit reinem Sauerstoff arbeitet aber wirtschaftlicher und hat im Vergleich zur Belüftung viele Vorteile:

- Der Einsatz von Sauerstoff anstelle von Luft erhöht die Filterdurchsatzleistung zwischen zwei Rückspülungen deutlich. Das bedeutet weniger Rückspülungen und damit einen geringeren Spülwasserverbrauch sowie niedrigere Kosten für deren Behandlung und Entsorgung. Besonders bei Druckbelüftung mit Umgebungsluft wird das Wasser mit Stickstoff übersättigt. Der Druckabfall am Filter bewirkt ein Ausgasen des Stickstoffs. Die Gasblasen sammeln sich im Filterbett an und blockieren die Filter, was ein vorzeitiges Rückspülen erforderlich macht. Der Betrieb mit reinem Sauerstoff wird dagegen nicht durch Stickstoff gestört.
- Sauerstoff vermeidet „weißes“ Wasser. Bei Druckbelüftung mit Luftsauerstoff entgast Stickstoff auch am Wasserhahn und führt damit auch beim Endverbraucher zu milchig trübem Wasser.
- Mit Reinsauerstoff ist leicht eine hohe Sauerstoffanreicherung von 20 mg/l und mehr zu erreichen. Dies ist wichtig, wenn das Rohwasser neben Eisen und Mangan auch Ammonium, Methan oder Schwefelwasserstoff enthält, da deren Abbau relativ viel Sauerstoff erfordert.
- Sauerstoff ist sauber und geruchsneutral, während Umgebungsluft besonders in der Nähe von landwirtschaftlichen oder industriellen Betrieben hygienische oder olfaktorische Probleme verursachen kann.
- CO₂-Verlust aus weichem Wasser wird verhindert, da nur die genau benötigte Sauerstoffmenge injiziert wird und ein Ausstrippen anderer Gase durch große Luftmengen nicht auftreten kann. Das vorhandene CO₂ ist daher für eine anschließende Aufhärtung nutzbar.

Die Belüftung mit reinem Sauerstoff ist somit oft wirtschaftlicher als mit Umgebungsluft. Niedrige Investitions- und Betriebskosten sowie der Wegfall oder die deutliche Verminderung von Wartungs- und Reinigungsarbeiten an Verdichtern und Entlüftern sprechen für den Einsatz von Sauerstoff. Diese Vorteile führten in Deutschland dazu, dass der Einsatz von reinem Sauerstoff mit zum Stand der Technik gehört (Abb. 9).

Ozon, das „Allheilmittel“ für Wasser

Wenn traditionelle Reinigungsmethoden wie Flockung, Filtration und Chlorieren nicht ausreichen, ist das starke Oxidanz Ozon (O₃) ein universeller und umweltfreundlicher Helfer. Ozon reagiert zu Sauerstoff und harmlosen Oxidationsprodukten. Es treten keine unerwünschten Nebenprodukte oder Geschmacksveränderungen auf.

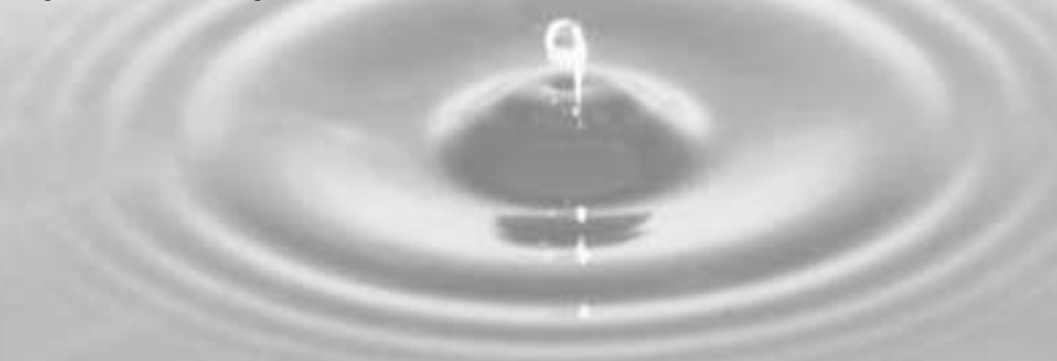




Abb. 10: Moderne Ozongeneratoren wie diese 3-kg-Anlage nutzen reinen Sauerstoff als Ausgangsprodukt

Eine Ozon-Behandlung kann die Trinkwasserqualität auf vielerlei Weise verbessern:

- Ozon wird zur Desinfektion, häufig in Verbindung mit UV-Licht, eingesetzt. Es wirkt effektiver gegen Viren und tötet Bakterien, Zysten (Dauerstadien niedriger Pflanzen und Tiere), Sporen, Pilze, Parasiten, Kryptosporidien (Einzeller, häufige Ursache von Durchfallerkrankungen) schneller ab als Chlorverbindungen, bei deren Einsatz auch unerwünschte Chloramine und Chlorkohlenwasserstoffe entstehen würden.
- Ozon wird bei der Oxidation von Eisen und Mangan eingesetzt, wenn diese in Huminsäurekomplexen vorliegen und daher von Sauerstoff nicht mehr oxidierbar sind.
- Ozon hemmt das Algenwachstum und verhindert die Bildung biologischer Schlämme an Oberflächen.
- Ozon oxidiert biologisch schwer abbaubare organische Produkte und verbessert dadurch Farbe, Klarheit, Geruch und Geschmack des Wassers. Es wird häufig in Verbindung mit granulierter Aktivkohle zur Pestizid-Entfernung eingesetzt. Ozon „knackt“ auch Vorläufer der Trihalomethane. Das ist wichtig, wenn beim anschließenden Eintrag in das Rohrleitungssystem eine Chlorierung erfolgt.
- Ozon verbessert die Flockung.

Ozon, die dreiatomige Form des Sauerstoffs, ist instabil und muss daher vor Ort erzeugt werden (Abb. 10). Besonders für mittlere und große Anlagen ist dabei Sauerstoff als Ausgangsprodukt wirtschaftlicher als Luft, da keine kapitalintensiven Aufbereitungsanlagen zum Trocknen und Reinigen der Luft erforderlich sind. Außerdem sind mit Sauerstoff viel höhere Ozonkonzentrationen im Produkt (10 – 15 Gew.%) möglich. Folglich sind solche Ozon-Generatoren und –Injektoren kompakter, verbrauchen weniger Energie und sind somit kostengünstiger. Daher arbeiten moderne Ozon-Generatoren in Deutschland immer mit reinem Sauerstoff. Auch viele ältere Generatoren für Luftbetrieb wurden auf reinen Sauerstoff umgerüstet, um hohe Wartungskosten für die Luftaufbereitung und deren Überwachung einzusparen.

Fazit

In der gesamten Aufbereitungskette – vom Brunnen bis zum Verbraucher – kommen, je nach Ausgangsqualität des Rohwassers, Kohlendioxid (pH-Wert-Regelung, Enthärten, Aufhärten, Teil-Entsalzen) und/oder Sauerstoff bzw. Ozon für Oxidations- und Desinfektionsverfahren zum Einsatz. Die qualifizierten Naturwissenschaftler, Ingenieure und Techniker von Messer verfügen über weitreichende Erfahrung bei den vorgestellten Verfahren und über das Know-how, die Gase hierbei effizient zu nutzen. Sie beraten vor Ort und bieten Lösungen an, die Engineering, Hardware und Gaseversorgung umfassen. Das Ergebnis sind mehr als 200 Referenzanlagen, die in den letzten Jahren bei Wasserwerken in ganz Europa installiert wurden.

MESSER 
Gases for Life

Messer Group GmbH
Gahlingspfad 31
47803 Krefeld
Tel. +49 2151 7811-221
Fax +49 2151 7811-503
monica.hermans@messergroup.com
www.messergroup.com