

Auf die Härte kommt es an

Trinkwasseraufbereitung mit CO₂

Qualitativ hochwertiges Trinkwasser hat eine herausragende Bedeutung für Gesundheit, Wohlbefinden und Lebensqualität.

Die Anforderungen an sauberes und ausgewogenes Trinkwasser sowie der Aufwand, um dieses zu erreichen, steigen kontinuierlich. Um die hohen Ansprüche zu erfüllen, sind leistungsfähige Lösungen gefragt. Kohlendioxid (CO₂) aus dem ASPAL™ Pure-Programm von Air Liquide, eingesetzt in den unterschiedlichsten Aufbereitungsverfahren, leistet hierzu einen entscheidenden Beitrag.

Wichtigstes Lebens- und Betriebsmittel

Trinkwasser wird auch als Lebensmittel Nr. 1 bezeichnet. Damit es trotz wachsendem Bedarf und steigender Schadstoffbelastung des Rohwassers immer in hoher Qualität zur

Verfügung steht, gibt es strenge gesetzliche Grenzwerte, die – wie zuletzt 2003 für bestimmte Schwermetalle und organische Halogenverbindungen – laufend weiter gesenkt werden. Auch auf die Wirtschaftlichkeit wasserintensiver Produktionen hat z. B. eine ausgewogene und niedrige Wasserhärte einen großen Einfluss. Dies stellt Versorgungsunternehmen immer wieder vor neue Aufgaben mit hohen Anforderungen.

Kohlendioxid: natürlich und kostengünstig

Als natürlicher Bestandteil gesunden Trinkwassers ist Kohlendioxid die Basis für umweltschonende und kostengünstige Verfahren zur

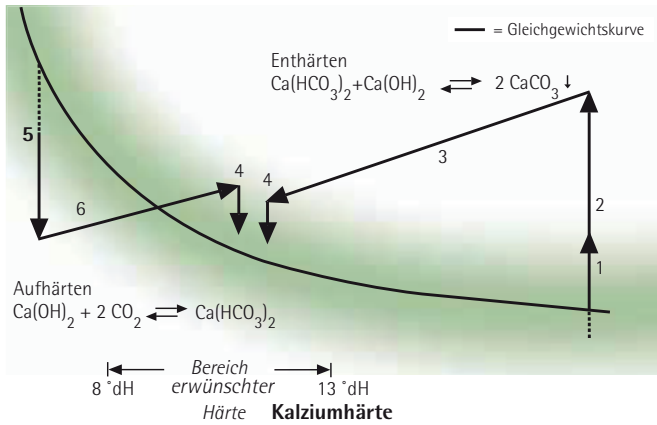
ASPAL™ Pure für die Trinkwasseraufbereitung

Technische Gase kommen zur Trinkwasseraufbereitung bei einer ganzen Reihe von Verfahren zum Einsatz, die Air Liquide unter der Marke ASPAL™ Pure vereinigt hat. Den hohen Qualitätsanforderungen entsprechend kommen speziell auf die Trinkwasseraufbereitung zugeschnittene Gase zum Einsatz:

- ASPAL™ 2 (Kohlendioxid) für das Auf- und Enthärten sowie die pH-Wert-Einstellung, entspricht der Spezifikation DIN EN 936 der Liste der Aufbereitungsstoffe für die Trinkwasserverordnung §11
- ASPAL™ 3 (Sauerstoff) für die Enteisung und -manganung sowie als Feedgas zur Ozonerzeugung für die Oxidation organischer Verbindungen, entspricht der Spezifikation DIN EN 12876 der Liste der Aufbereitungsstoffe für die Trinkwasserverordnung §11

Neben den Gasen bietet Air Liquide mit der CS-Zweiphasendüse sowie dem Bicone™-Mischreaktor speziell entwickelte effektive Dosier- und Eintragssysteme an. Beide Systeme sind als baumustergeprüfte Einheiten in einem weiten Durchsatzbereich von 10 bis 1.500 m³/h verfügbar. Aus Standardkomponenten zusammengestellte und an die jeweilige Anwendung angepasste Regel- sowie Entnahmesysteme runden das ASPAL™ Pure-Programm ab.

pH-Wert



1. Mechanische Entsäuerung
2. Lauge-Dosierung
3. Enthärtung im Reaktor
4. Feinregelung pH-Wert
5. CO_2 -Zugabe
6. Kalkmilch-Zugabe

Abb. 1: Enthärten und Aufhärten mit CO_2 und Kalkmilch (Gleichgewichtskurve)

gezielten Einstellung des pH-Werts und der Wasserhärte – ohne unerwünschte Nebenprodukte oder Verunreinigungen. Nachfolgend werden die wichtigsten vorgestellt:

Härte und pH-Wert in Balance

Optimal aufbereitetes Trinkwasser darf weder korrosiv wirken noch Calcit (Kesselstein) bilden. Dazu sollte sein pH-Wert (d. h. die Konzentration der Wasserstoff-Ionen) durch geeignete Maßnahmen mit dem Härtegrad ausbalanciert werden. Härte ist eine hauptsächlich durch Kalzium- und Magnesium-Ionen verursachte natürliche Eigenschaft von Wasser. Ein bestimmter Härtegrad ist erwünscht, da der damit verbundene Mineraliengehalt gesund ist und wasserberührte Teile vor Korrosion schützt. Eine zu hohe Kalziumhärte ist jedoch für alle Verbraucher ungünstig, da sie häufiges Entkalken aller wasserführenden Teile z. B. von Haushaltsgeräten sowie einen erhöhten Verbrauch an Seifen und Tensiden verursacht. Weitere Folgen sind steigende Kosten für die Wasseraufbereitung und die Instandhaltung von Rohrleitungen und Armaturen sowohl in privaten Haushalten als auch in Industriebetrieben.

Idealerweise befindet sich Trinkwasser bei der Verteilung im Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht. Ist jedoch mehr Kohlendioxid im Wasser gelöst als der Gleichgewichtsmenge entspricht, so greift das überschüssige CO_2 die im Rohrnetz vorhandene Schutzschicht an und verursacht Korrosionsschäden an Beton- und Metallrohren. Enthält Wasser jedoch zu wenig gelöstes CO_2 , ist der pH-Wert seiner Calcitsättigung überschritten und es kommt zu Kalkausfällungen in Leitungen und Armaturen.

Aufhärten – der Klassiker

In Deutschland gilt Wasser mittlerer Härte (Härtebereich 2; 7-14 °dH) als optimal. Zum Schutz von Rohrleitungen ist gesetzlich eine Mindesthärte von 3 °dH vorgeschrieben. Weicheres Wasser (z. B. aus Oberflächengewässern, Brunnen in Granit-, Gneis- oder Basaltregionen bzw. über Umkehrosiose erzeugt) muss aufgehärtet werden, um Korrosion zu verhindern. In der Praxis wird oft ein Härtegrad von bis zu 8 °dH eingestellt, da sich dann im Verteilnetz das Trinkwasser mehrerer Wasserwerke ohne Beeinflussung des Gleichgewichts einfach mischen lässt.

Ein kostengünstiges Aufhärte-Verfahren ist das Einlösen von Kalkmilch oder Kalkwasser in zuvor mit CO_2 angereichertem Rohwasser (Abb. 1). Dies stellt sicher, dass der gesamte zudosierte Kalk zu löslichem Kalziumbicarbonat reagieren kann. Sowohl Kohlendioxid als auch Kalkmilch lassen sich messtechnisch gut erfassen und aufeinander abgestimmt zudosieren. Der Eintrag von CO_2 ins Rohwasser erfolgt abhängig von der Anlagenkonfiguration mithilfe von CS-Düse oder Bicone™, entweder im Vollstrom oder als CO_2 -Starkwasser im Teilstrom (Abb. 2).

Flockung und Fällung

Rohwässer aus Flüssen oder großen Talsperren durchlaufen vor der eigentlichen Aufbereitung häufig noch eine Flockungs- und Fällungsstufe zur Abtrennung kolloidaler und suspendierter Feststoffteilchen. Gleichzeitig können gelöste anorganische und organische Wasserinhaltsstoffe, insbesondere mit Flockungsmitteln aus hydrolysierenden Aluminium- und Eisen(III)-Salzen, mitgefällt werden. Diese Mittel lassen sich optimal in spezifischen pH-Wert-



Abb. 2: Bicone™ mit Regelschrank zur CO_2 -Starkwasseraufbereitung

Bereichen anwenden. Oft liegt der pH-Wert z. B. von Flusswasser jedoch oberhalb des optimalen Bereichs. Dann lässt sich der pH-Wert umweltverträglich ohne den Einsatz von Mineralsäure und ohne Aufsalzung auf den gewünschten Wert einstellen. Da CO_2 im Vergleich zu Mineralsäuren eine deutlich flachere Neutralisationskurve aufweist (s. PortAL 9, 2010), ist eine Überdosierung praktisch ausgeschlossen, eine aufwendige Regeltechnik ist nicht erforderlich. Als „schwache“ Säure lässt sich Kohlendioxid außerdem leicht und sicher handhaben.

Enthärten – Serviceleistung vieler Trinkwasserversorger

Wasserwerke nehmen heute vermehrt eine Enthärtung oder Teilenthärtung von hartem oder sehr hartem Rohwasser vor, um wachsenden Kundenbedürfnissen nach hoher Wasserqualität nachzukommen. Abhängig von Voraussetzungen und Zielen gibt es dafür unterschiedliche Alternativen:

- Schnell-Entkarbonisieren im Wirbelschichtreaktor
- Teilenthärtung oder -entsalzung nach dem Carix®-Verfahren (eingetragene Marke der Fa. VWS Krüger WABAG)
- Teilenthärtung oder -entsalzung durch Nanofiltration/Umkehrosiose

Als Ergebnis werden Härtegrade von 10 bis 13 °dH angestrebt, so dass sich die Einstufung des Wassers von „hart“ auf „mittelhart“ reduziert.

Schnell-Entkarbonisieren

Dazu kommen Wirbelschichtreaktoren mit Sand als Trägermaterial zum Einsatz (Abb. 3).



Abb. 3: Schnell-Entkarbonisierungsanlage

Da der Prozess im alkalischen Bereich erfolgen muss, wird am Reaktoreingang Natronlauge oder Kalkmilch zugegeben. Am Reaktorausgang sind Resthärte und pH-Wert jedoch oft nicht im Gleichgewicht, was zur sogenannten Nachenthärtung führt. Speziell bei der Nutzung von Kalkmilch sind Calcitausfällungen an nachgeschalteten Rohrleitungen und Ventilen sowie kürzere Laufzeiten der anschließenden Filter die Folge. Dagegen hilft eine pH-Wert-Regelung mit Säure. Hier bietet sich die Nutzung von Kohlensäure als natürlichem Wasserbestandteil an: Über eine mithilfe einer CS-Zweiphasendüse oder Bicone™ mit CO₂ angereicherten kleinen Teilstrom wird verlustfrei CO₂-Starkwasser in den Ablauf eines solchen Reaktors eingetragen.

Teilsalzen

Eine Kombination aus hoher Härte und erheblichen Nitrat-, Chlorid- oder Sulfat-Gehalten

lässt sich erfolgreich mit dem Carix®-Verfahren behandeln. Es basiert auf der Kombination eines schwach sauren Kationen-Austauschers (gegen Härte) mit einem stark basischen Anionen-Austauscher (gegen Nitrat, Chlorid und Sulfat). Abhängig von Rohwasserqualität und Aufbereitungszielen werden daran angepasste Mischungen der beiden Austauscher zusammen in einem Reaktor eingesetzt.

Sind die Ionen-Austauscherharze voll beladen, lassen sie sich durch Einleiten von Kohlensäure gleichzeitig gemeinsam regenerieren. Dazu wird die Kohlensäure kontinuierlich durch Einleiten von CO₂ bei einem Druck von 6 bis 8 bar(ü) in einen Vorratsspeicher erzeugt. Der Löwenanteil des zur Regeneration benötigten CO₂ lässt sich im Prozess zurückgewinnen und wiederverwerten. Das anfallende Spülwasser enthält nur die abgetrennten Salze und darf in Deutschland in Oberflächengewässer eingeleitet werden.

Dieses Verfahren wirkt sich vorteilhaft auf den Korrosions-Index (Larson-Index) aus, da – anders als beim Schnell-Entkarbonisieren – nicht nur Bikarbonate, sondern auch Sulfate und Chloride entfernt 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.

Nanofiltration/Umkehrosiose

In der Trinkwasseraufbereitung nimmt der Einsatz von Membran-Filtrationsverfahren wie Ultra-/Nanofiltration oder Umkehrosiose stetig zu (Abb. 4). Diese Verfahren verringern durch Zurückhalten von Kalzium und Magnesi-



Abb. 4: Membrananlage im Wasserwerk Aistaig



Abb. 5: CO₂-Tankanlage

um den Härtegrad deutlich – Ziel ist auch hier ein Härtebereich von 2. Zusätzlich werden die Sulfat- und Nitrat-Konzentrationen sowie die mikrobiologische Belastung des Trinkwassers reduziert.

Entscheidend für die Effizienz dieser Technik ist der Schutz der Membranoberflächen vor Ablagerung insbesondere von Kalziumkarbonat und Kalziumsulfat, da diese die Membranen verstopfen können. Die Zugabe von gelöstem Kohlendioxid verhindert dies, verlängert so die Standzeiten der Membranmodule und verringert die Bedarfsmenge für weitere Zusatzstoffe. Da selbst Umkehrosiose-Membranen CO₂ nicht zurückhalten können, ist im Permeat hinter der Membran noch ein Großteil des eingesetzten Kohlendioxids vorhanden, das für eine eventuell erforderliche Aufhärtung nutzbar ist.

Komfortable und sichere Versorgung

Kohlendioxid für die Trinkwasseraufbereitung (ASPAL™ 2) wird aus natürlichen Quellen oder mithilfe einer speziellen Aufreinigung aus Industrieprozessen gewonnen. Bei kleinerem Bedarf erfolgt die Versorgung über Flaschen oder Flaschenbündel, bei größerem wird das CO₂ in Tanks unterschiedlicher Größe flüssig gespeichert (Abb. 5). Daraus lässt sich das CO₂ entweder direkt oder über Verdampfer gasförmig entnehmen. Eine Inhaltsanzeige am Tank sorgt für Überblick, zusätzlich kann der Tankinhalt an die zentrale Disposition von Air Liquide zur automatischen Nachbefüllung übertragen wer-



den. Da CO₂ nicht wassergefährdend ist, lässt es sich einfach lagern. Sicherheitssysteme wie Notduschen oder Schutzausrüstungen können entfallen, das Handling eines Gases ist zudem wesentlich unkomplizierter als das starker Mineralsäuren.

Höhere Wirtschaftlichkeit durch passende Verfahren

Der Einsatz von CO₂ bei Verfahren der ASPAL™ Pure-Reihe schafft einen Mehrwert für Betreiber von Wasserwerken, der durch eine hohe Betriebsstabilität und -flexibilität sowie durch eine deutliche Leistungssteigerung charakterisiert ist. Das richtige Verfahren für die jeweilige Aufgabenstellung zu finden, wird durch eine kompetente Beratung wesentlich vereinfacht. Auch die Auswahl der geeigneten Eintragsysteme sowie die Integration von Verfahren und Equipment in den bestehenden Behandlungsprozess sind von erheblicher Bedeutung. Hier können die Fachleute von Air Liquide auf Erfahrungen mit einer großen Zahl installierter Systeme in ganz Europa zurückgreifen und den Anwender sachkundig unterstützen.

*Dipl.-Ing. Holger Haßelbusch,
Dipl.-Ing. Mario Hoffmann,
AIR LIQUIDE Deutschland GmbH
Dipl.-Ing. Ulrich Butz, ALTEC GmbH*

Kontakt

holger.hasselbusch@airliquide.com