

## Trinkwasser

Trinkwasser ist das wichtigste und bestkontrollierte Lebensmittel. Es ist unersetzlich. Wasser zu verunreinigen ist sehr einfach, es zu reinigen dagegen aufwändig und teuer.

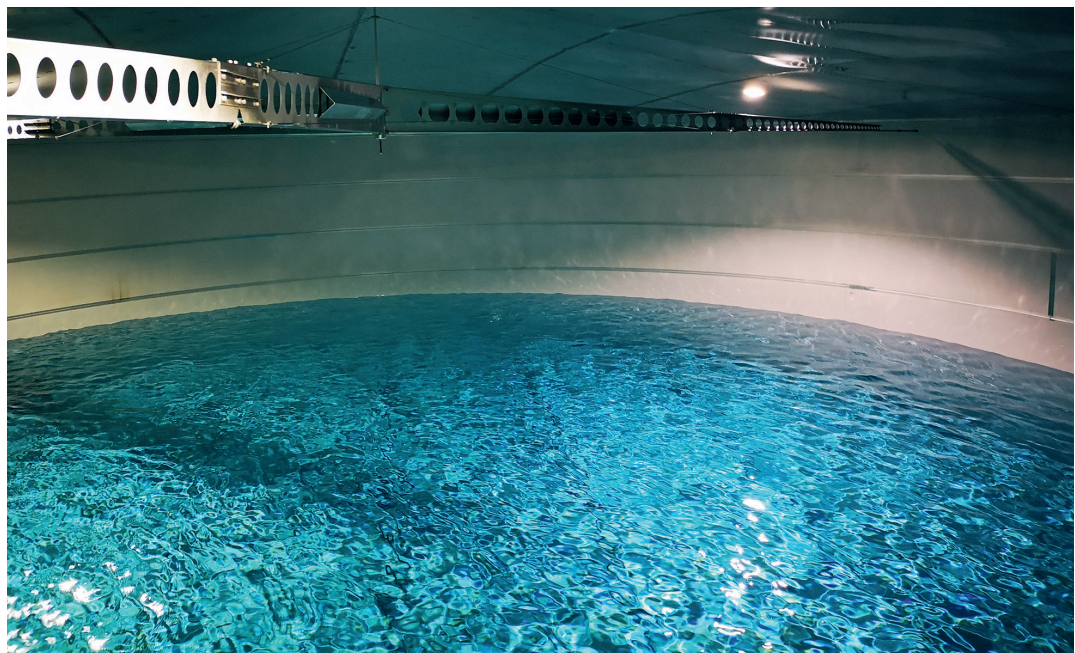
So paradox es klingt: Das Problem des Wassers resultiert aus dem Wasser selbst, es ist das beste Lösungsmittel überhaupt. Ein Stück Zucker beispielsweise löst sich in Wasser sehr schnell auf. Aber auch eine große Zahl an anderen Stoffen (wie z. B. Medikamente, chemische Stoffe etc.) lösen sich in Wasser. Chemische Substanzen sind heute im Nanogrammbereich (ng) analytisch nachweisbar. 1 kg einer wasserlöslichen Substanz kann damit noch in einer Milliarde m<sup>3</sup> Wasser (1 km<sup>3</sup>) nachgewiesen werden (Vergleich: Bodensee ca. 48 km<sup>3</sup>).

Gelöste Stoffe also wieder aus dem Wasser abzutrennen ist schwierig und eine sehr energieintensive Angelegenheit.

### **Aktuelle Probleme**

In dicht besiedelten Lebensräumen, in denen die Einzugsgebiete von Wassergewinnungsanlagen intensiv genutzt werden, ist besonders mit Beeinträchtigungen des Grundwassers zu rechnen. Die natürliche Schutz- und Reinigungswirkung der grundwasserüberdeckenden Schichten reicht hier nicht mehr in allen Fällen aus, um die Qualität des Grundwassers als Trinkwasser dauerhaft zu erhalten.

Damit Trinkwasser ständig und in ausreichender Menge (z. B. bei Trockenheit) bereitgestellt werden kann, muss daher mehr und mehr auf belastete oder nicht ausreichend geschützte Wasservorkommen zurückgegriffen werden. Mittels problemorientierter Wasseraufbereitungstechniken kann in diesen Fällen qualitativ einwandfreies Trinkwasser bereitgestellt werden.



Bestes Trinkwasser in einem modernen Edelstahlspeicher

## Bewertung der Wasserqualität

Wasser enthält – je nach seiner natürlichen Herkunft – unterschiedlichste Wasserinhaltsstoffe. Die Trinkwasserverordnung (TrinkwV) gibt deshalb physikalisch-chemische Anforderungen an das Wasser vor, das als Trinkwasser in die Versorgungsnetze eingespeist wird.

Rückschlüsse auf die Wasserqualität bzw. Verwendbarkeit eines Wassers als Rohwasser für die Trinkwasseraufbereitung oder direkt als Trinkwasser können durch die Messung und Bewertung einiger wesentlicher Summenparameter gezogen werden.

### Redoxspannung

In jedem Reduktions-Oxidations-Prozess - wie er auch in Wasser stattfindet - stellt sich nach einiger Zeit ein Gleichgewichtszustand ein. Dieser Zustand ist elektrisch messbar: Die Redoxspannung wird als elektrische Spannung zwischen dem Wasser und einer Bezugs elektrode gemessen. Bei negativer Redoxspannung überwiegen reduzierende Substanzen, bei positiver Redoxspannung die oxidierenden Substanzen im Wasser.

In belüftetem Grundwasser liegt die Redoxspannung beispielsweise zwischen 200 mV und 300 mV, bei aufbereiteten Wässern zwischen 700 mV und 900 mV.

#### Interpretation der Redoxspannung

Eine hohe Redoxspannung bedeutet, dass das Reinwasser fast keine reduzierenden und/oder bioverfügbaren Substanzen mehr enthält.

Beispielsweise ist Wasser bei einer Redoxspannung von 740 mV und einem Chlorgehalt von 0,1 mg/l als ausreichend desinfiziert zu betrachten, bei einer Redoxspannung von 600 mV und einem Chlorgehalt von 0,6 mg/l jedoch nicht. Eine geeignete Anlagenkonfiguration vorausgesetzt, lässt sich die Redoxspannung zur Prozessführung einer Wasseraufbereitungsanlage heranziehen.

### Sauerstoffgehalt

Sauerstoffarmes Tiefenwasser wird als reduziertes Wasser bezeichnet. Bevor es als Trinkwasser genutzt werden kann, muss es durch Anreicherung mit Sauerstoff aufbereitet werden.

Die Zugabe von Sauerstoff in ein reduziertes Wasser führt dazu, dass 2-wertiges Eisen (Fe II) in die 3-wertige Form (Fe III) oxidiert wird und ausfiltriert werden kann. Weiterhin ermöglicht die Zugabe von Sauerstoff die Ansiedlung manganbindender Bakterien in einem nachgeschalteten Filterbett, in dem gelöstes (2-wertiges) Mangan zu schwerlöslichem Braunstein oxidiert wird. Sauerstoff ermöglicht im Filterbett auch die Ansiedlung von Bakterien der Gattungen Nitrosomonas und Nitrobakter, die Ammonium zu Nitrat oxidieren.

Grundsätzlich hat Sauerstoff eine positive Wirkung auf den Korrosionsschutz in Rohrleitungen. Zur Bildung einer ausreichenden Kalkrostschicht im Leitungssystem sollte der Sauerstoffgehalt 5-6 mg O<sub>2</sub>/l nicht unterschreiten.

### Oxidierbarkeit (KMnO<sub>4</sub>-Verbrauch)

Die Oxidierbarkeit (KMnO<sub>4</sub>-Verbrauch) zeigt das Verhalten des Wassers im Kontakt mit oxidierbaren Stoffen, z. B. Sauerstoff, Chlor, Chlordioxid, Ozon, Permanganate etc..

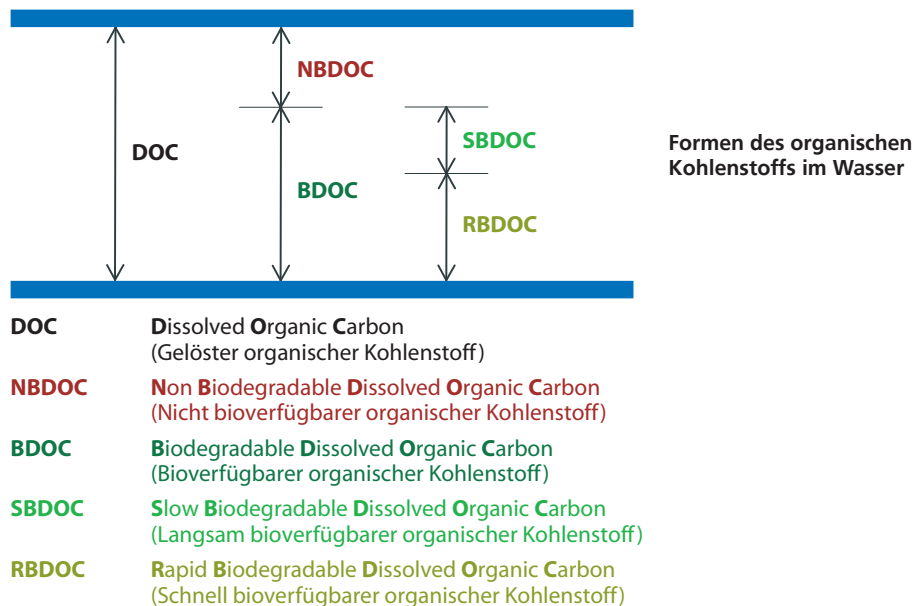
Die Oxidierbarkeit des Wassers wird durch den Verbrauch von zugegebenem Kaliumpermanganat (KMnO<sub>4</sub>) gemessen: Der Verbrauch von 4 mg/l KMnO<sub>4</sub> entspricht dem Verbrauch von 1 mg/l O<sub>2</sub>. Der Grenzwert für die Oxidierbarkeit liegt bei 5 mg/l O<sub>2</sub>.

#### Nachteile des Verfahrens

Das Verfahren zur Feststellung der Oxidierbarkeit reagiert relativ unspezifisch. Einige Substanzen oxidieren völlig, andere verhalten sich inert oder werden nur unvollständig mineralisiert. Um den Gehalt des Wassers an organischen Substanzen zu bestimmen, müssen daher noch andere Parameter hinzugezogen werden. Das gilt besonders dann, wenn es sich um anthropogen belastetes Rohwasser handelt.

### DOC/TOC

Neben der analytischen Bestimmung des gelösten organischen Kohlenstoffs **DOC** (**DOC = Dissolved Organic Carbon**) und des gesamten organischen Kohlenstoffs **TOC** (**TOC = Total Organic Carbon**) kann auch eine UV-Absorptionsmessung bei einer Wellenlänge von 254 nm durchgeführt werden.



### SAK-Wert bei 254 nm

Zahlreiche organische Stoffe haben Absorptionsbanden im UV-Bereich. Diese Eigenschaft kann dazu genutzt werden, erste Aufschlüsse über oxidierbare organische Wasserverunreinigungen zu gewinnen, insbesondere dann, wenn die Zusammensetzung der Verunreinigungen relativ konstant ist.

Der SAK-Wert wird auf 0,1 gerundet und in m<sup>-1</sup> angegeben. Die TrinkwV enthält keine Aussage zum SAK-Wert bei 254 nm. Der SAK-Wert korreliert jedoch mit dem KMnO<sub>4</sub>-Verbrauch und dem DOC. Mittels kontinuierlicher SAK-Messung wird eine Trendaussage über den Verlauf des DOC-Wertes ermöglicht.

### Farbe bei 436 nm

Die DIN 2000 verlangt, dass Trinkwasser farblos sein muss; Färbungen und Eintrübungen sind Qualitätsmängel. Höhere Gehalte organischer Substanzen im Grundwasser, vor allem Huminstoffe, färben das Wasser gelb bis gelbbraun. Auch Einbrüche von Fäkalien in das Grund- oder Quellwasser oder andere physikalisch-chemische Verunreinigungen führen zu einer Färbung des Wassers. Überall dort, wo Oberflächenwasser mit einem hohen Anteil an Huminstoffen verwendet wird, kann eine Farbmessung vorteilhaft sein. Die Farbe des Wassers wird mittels Absorptionsmessung im sichtbaren Bereich bei einer Wellenlänge von 436 nm gemessen und in  $m^{-1}$  (Farbe) oder als Hazenfarbzahl in mg Pt/l angegeben. Der Grenzwert liegt bei  $0,5 m^{-1}$  bzw. 15 mg Pt/l.

Als Qualitätsparameter in einer Wasseraufbereitungsanlage lässt sich aus der Färbung rückschließen, wie wirksam die Oxidationsstufe die farbgebenden Substanzen aufbricht und oxidiert.

### Trübung

Trübung in Wasser entsteht durch mineralische oder organische Feststoffteilchen. Wasservorkommen mit erhöhter Trübung sind in mikrobiologischer Hinsicht stets bedenklich (Trinkwasser soll keine ungelösten Stoffe enthalten).

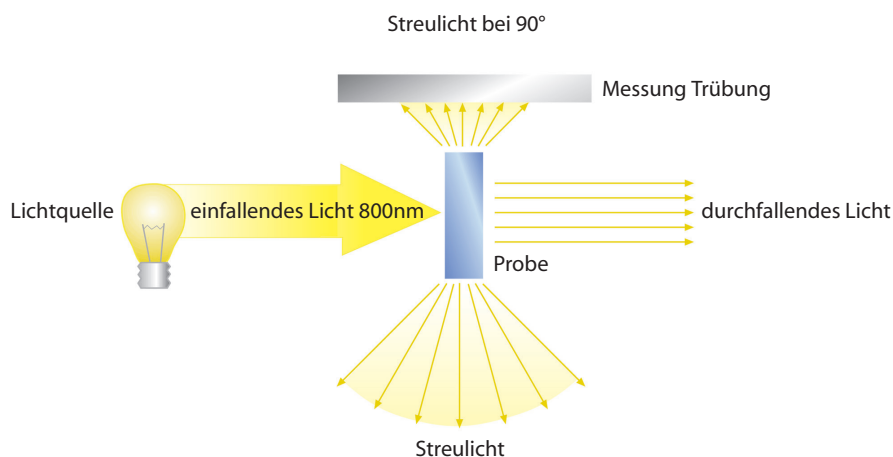
Der Grenzwert liegt bei 1,0 Trübungseinheiten Formazin (TE/F) bzw. FNU (Formazin Nephelometric Units) am Wasserwerksausgang.

Trübungen im Grund- und Quellwasser entstehen meist:

- bei ungenügender Bodenfiltration,
- zur Zeit der Schneeschmelze,
- nach längeren starken Regenfällen.

Wenn Böden eisen- oder manganhaltig sind, können ungelöste Stoffe auch im Wasser aus Brunnen enthalten sein.

#### Prinzip Trübungsmessung Trübungsmessverfahren nach EN 27027



Bei einer UV-Behandlung darf die Trübung Werte von 0,2-0,3 TE/F nicht übersteigen, ansonsten ist keine sichere Desinfektion gewährleistet. Mittels Trübungsmessung kann die Dosierung von Flockungsmittel geregelt und/oder die Leistung von Filterstufen überwacht werden. Zu beachten ist, dass kleinste Gasbläschen bei gesättigten Wässern die Trübungsmessung beeinflussen bzw. nachhaltig stören können.

## Forderungen an eine moderne Wasseraufbereitungsanlage

Die Leitsätze der DIN 2000 und DIN 2001 verlangen, dass für die Trinkwassergewinnung nur solche Wässer herangezogen werden dürfen, aus denen dauerhaft einwandfreies Wasser gewonnen werden kann. Eine moderne Wasseraufbereitung muss also Trinkwasser liefern, das qualitativ einem natürlichen Trinkwasser entspricht.

Hauptaufgaben der Wasseraufbereitung sind unter anderem:

- Hygienisierung/Desinfektion bakteriell kontaminierter Wässer
- Entfernung aller physikalisch störender Substanzen, wie z. B. Trübstoffe, Eisenoxide, Manganoxide, usw.
- Oxidation reduzierter Substanzen wie  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{As}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ...
- Entfernung bzw. Reduzierung des bioverfügbaren, organischen Kohlenstoffes
- Entfernung bzw. Reduzierung von Huminstoffen und ähnlichen Verbindungen
- Entfernung aller anthropogener, hochmolekularer organischer Verunreinigungen (CKW, PBSM...)
- pH-Einstellung (Entsäuerung und Enthärtung)

Huminstoffe, huminstoffähnliche Verbindungen und andere hochmolekulare organische Komponenten können durch eine Aufbereitung reduziert werden. Da diese beiden Stoffgruppen jedoch meist biologisch persistent sind, werden sie zuerst durch Oxidation in biologisch abbaubare Fragmente gespalten und anschließend in einer biologisch aktiven Aufbereitungsstufe mineralisiert.

Das Wasser ist nach der biologischen Mineralisation der organischen Kohlenstoffverbindungen nährstoffarm, wodurch das Bekeimungsrisiko des Wassers auf dem Weg zum Verbraucher wirkungsvoll verringert wird.

### Unbedenklichkeit des Trinkwassers

Die bakteriologische Unbedenklichkeit eines Trinkwassers wird unter anderem durch die Grenzwerte für koloniebildende Einheiten bei 20 °C und 36 °C bis zum Verbraucher definiert. Die Hygienisierung erfordert hauptsächlich ebenfalls den Entzug des Nährstoffpotentials im Verlauf der Wasseraufbereitung. Bei nährstoffarmem Wasser kann somit auch in weiterverzweigten Netzen auf eine Chlorung verzichtet werden.

Die Desinfektion des Wassers schließt den Aufbereitungsprozess ab. Das Wasser kann durch eine am Filterausgang installierte UV-Anlage oder aber durch eine zusätzliche Oxidationsstufe unter Verwendung von Ozon desinfiziert werden. Länderspezifisch kann auch eine Chlorung gefordert sein.

### Schlussoxidation

Bei der Schlussoxidation mit Ozon laufen die folgenden Vorgänge simultan ab:

- Desinfektion des Wassers
- Beheben eines etwaigen Sauerstoffdefizits, das im Filterbett im Anlagenstillstand entstanden sein kann
- Oxidation von Nitrit

**Chlorung** Die sogenannte Sicherheits-Chlorung oder Transport-Chlorung steht im Widerspruch zum Minimierungsgebot und ist zur Aufbereitung des Trinkwassers unzulässig. Damit beschränkt sich die Zugabe von Chlor auf Notfälle. Der Anteil niedermolekularer Chlorverbindungen (Trihalogenmethane) (THM) - typische Reaktionsprodukte der Chlorung - ist auf 50 µg/l begrenzt.

**Bestrahlung mit UV-Licht** Die Desinfektion von Wasser mit UV-Licht ist ein physikalischer Prozess. Unter günstigen Voraussetzungen schädigt das UV-Licht die Mikroorganismen im Wasser so, dass diese nicht mehr infizierend wirken können. Das UV-Licht ändert jedoch nicht die Wasserbeschaffenheit. Daher ist vor der Desinfektion des Wassers mit UV-Licht eine ausreichende Aufbereitung erforderlich.

**Was ist Trinkwasseraufbereitung?** In einer Trinkwasseraufbereitungsanlage wird Rohwasser prozessmäßig mit physikalischen, biologischen und chemischen Wirkmechanismen so behandelt, dass am Ende der Aufbereitung Trinkwasser entsprechend den Vorgaben der TrinkwV zur Verfügung steht.

Zu den Vorgaben zur Aufbereitung von Trinkwasser gehört auch, dass das zur Verfügung stehende Rohwasser möglichst naturbelassen bleibt und bei der Aufbereitung nur die belastenden Substanzen entfernt oder auf das geringstmögliche Maß reduziert werden. Die Aufbereitung von Trinkwasser ist nicht gleichzusetzen mit der Aufbereitung von Prozesswasser, bei der ein Wasser industriellen Bedürfnissen angepasst wird. Die Prozesswasseraufbereitung ist im Kapitel Industrie beschrieben.

**Verfahrensschritte** Eine naturnahe Trinkwasseraufbereitung orientiert sich an den Prozessen, die auch in der Natur zur Reinigung des Wassers ablaufen. Dabei lassen sich im Wesentlichen drei Verfahrensschritte erkennen:

- Oxidation
- Filtration
- prozessbegleitende Hygienisierung/Desinfektion

**HYDROZON®-Verfahren** Das sogenannte HYDROZON®-Verfahren realisiert entsprechend neuestem Wissensstand den naturnahen Weg zur Aufbereitung von geogen oder anthropogen belastetem Rohwasser zu Trinkwasser.

**Stufen des HYDROZON®-Verfahrens**

- Flockung
- Ozonung
- Filtration
- biologische Mineralisation
- Hygienisierung/Desinfektion
- Kontrolle



## Ablauf und Stufen beim HYDROZON®-Verfahren

### Flockung

Ziel der Flockung ist die Optimierung des Filtrationsvorgangs. Flockungsmittel sind anorganische Elektrolyte, welche elektrische Ladungen an den Oberflächen von Feststoffen kompensieren. Dies führt zur Ausbildung von Mikro- und Makroflocken, die wiederum größere Agglomerate bilden. Sie ermöglichen so filtermäßige Abscheidungen von kolloiddispersen Wasserverunreinigungen.

**Zugabe des Flockungsmittels** Das Flockungsmittel wird dem Rohwasser vor der Filterstufe in einem Reaktor zugegeben. Hierdurch ist eine optimale Vermischung und Verteilung des Flockungsmittels garantiert.

### Vorozonung

Bei der Vorozonung laufen im Wesentlichen folgende Prozesse ab:

- Desinfektion des Rohwassers
- Oxidation von Eisen zu filterbarem Eisenhydroxid
- Oxidation von Mangan zu filterbarem Braunstein
- Aufspalten hochmolekularer organischer Verbindungen zur Optimierung der biologischen Mineralisation im Filterbett (Ozon-Biofiltration)
- Sauerstoffanreicherung zur Versorgung der aeroben Mikrobiologie im biologisch aktiven Filterbett

### Oxidation mit Ozon

Bei einer Oxidation werden Elemente oder Verbindungen mit Sauerstoff vereinigt. Die zu oxidierende Substanz gibt dabei Elektronen ab, welche vom Oxidationsmittel wiederum aufgenommen werden.

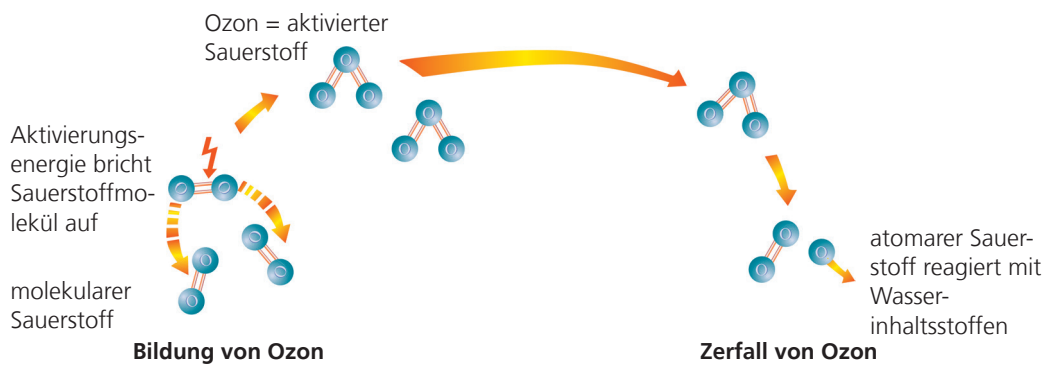
Ozon ist aktivierter Sauerstoff mit einem hohen spezifischen Oxidationspotential (2,07 V).

**Potentiale wichtiger Oxidationsmittel**

| Oxidationsmittel                                 | Potential in V |
|--|----------------|
| Hydroxylradikal OH*                              | 2,80           |
| <b>Ozon O<sub>3</sub></b>                        | <b>2,07</b>    |
| Wasserstoffperoxid H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> | 1,78           |
| Kaliumpermanganat KMnO <sub>4</sub>              | 1,70           |
| Hypochlorit HOCl                                 | 1,49           |
| Chlor Cl <sub>2</sub>                            | 1,36           |
| Chlordioxid ClO <sub>2</sub>                     | 1,27           |
| Sauerstoff O <sub>2</sub>                        | 1,23           |

**Wirkung des Ozons** Ozon bewirkt aufgrund seines hohen Oxidationspotentials eine sehr rasche Oxidation organischer und anorganischer Wasserverunreinigungen. Das HYDROZON®-Verfahren nutzt Ozon zur Oxidation des Rohwassers und teilweise auch zur betriebsabschließenden Desinfektion des Reinwassers.

Bei der Oxidation entstehen unter anderem niedermolekulare, assimilierbare organische Kohlenstoffe (AOC). Diese Stoffe werden in einem biologisch aktiven Filterbett, das der Oxidation folgt, mineralisiert.



### Filtration

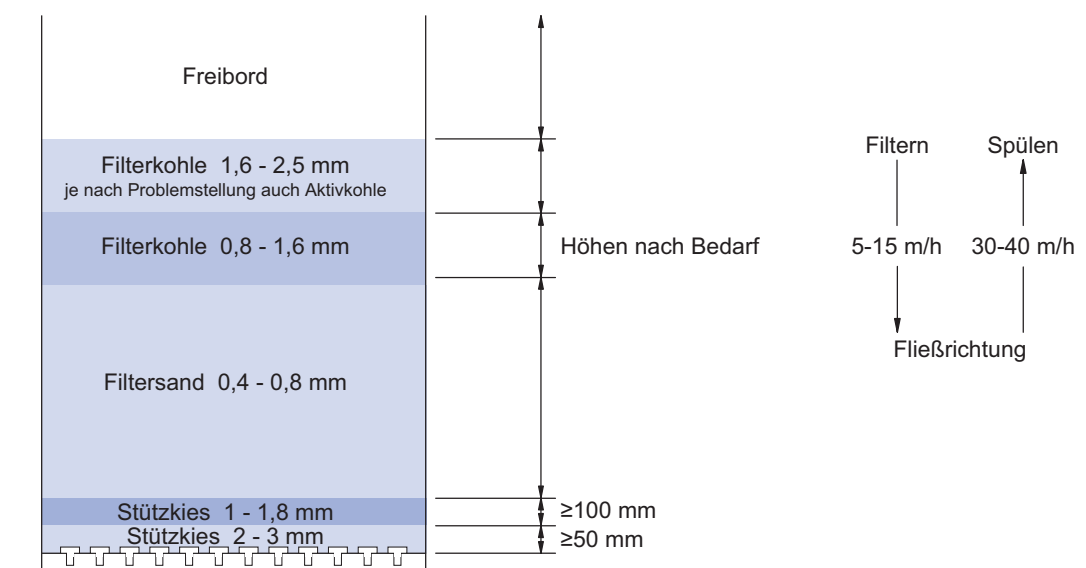
Bei der Filtration wird eine Flüssigkeit, die Feststoffteilchen enthält, in Flüssigkeit und Feststoffe getrennt. Das optimierte Filterbett hält korpuskuläre Feststoffe zurück und lässt das Filtrat - die gefilterte Flüssigkeit - durch.

Zudem erfolgt im Filterbett die

- Reduktion von überschüssigem Ozon im oberen Filterbett und die
- biologische Mineralisation von AOC im mittleren und unteren Filterbett

Die Abbildung zeigt exemplarisch den Aufbau eines Mehrschichtfilters beim HYDROZON®-Verfahren:

### Typischer Filteraufbau beim HYDROZON®-Verfahren





**Kriterien für die Filterleistung**

Die Filterleistung wird insbesondere von folgenden Faktoren beeinflusst:

- Flockung
- Filtermaterialien
- Schüttgewicht, Korndurchmesser und Kornoberfläche der Filtermaterialien
- Mischbarkeit der Filtermaterialien
- Filter-Schütthöhe
- Filtergeschwindigkeit
- vorliegende Rohwasserqualität

**Biologische Mineralisierung**

**Mineralisationsprozess**

Hochmolekulare Verbindungen werden durch die Oxidation mit Ozon in niedermolekulare Gruppen aufgespalten. Die assimilierbaren organischen Substanzen werden von aeroben Bakterien im ozonfreien Milieu des Filterbetts weitestgehend zu Wasser, Kohlendioxid, Stickstoff, etc. mineralisiert.

Dieser Vorgang - Aufspaltung der Verbindungen durch Oxidation und anschließende biologische Mineralisation - realisiert im Zeitraffer die natürliche, in einem Aquifer ablaufende Wasserreinigung.

Für die biologische Mineralisierung (Ozon-Biofiltration) werden in der Regel spezielle, entsprechend dimensionierte Aktivkohlefilter bzw. Mehrschichtfilter eingesetzt.

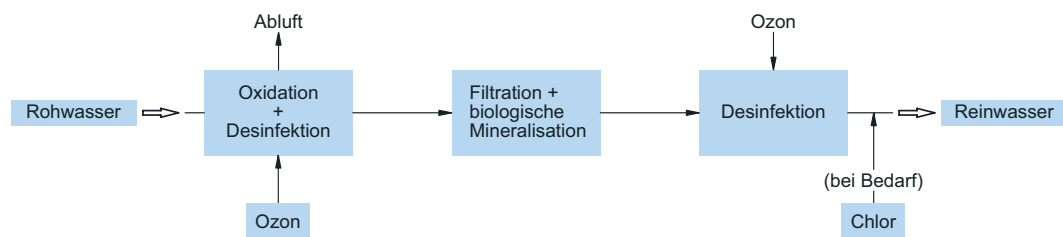
**Hygienisierung / Desinfektion**

Bei der Desinfektion werden Krankheitserreger so stark geschädigt, dass sie andere Lebewesen nicht mehr infizieren können. Im HYDROZON®-Verfahren wird das Rohwasser automatisch desinfiziert, da Ozon sowohl als Oxidationsmittel als auch als Desinfektionsmittel wirkt.

**2. Ozonung**

Betriebsabschließend erfolgt beim HYDROZON®-Verfahren eine zweite Ozonung. Bei dieser Ozonung finden folgende Prozesse statt:

- Oxidation von Nitrit, das eventuell während der biologischen Mineralisation entstanden ist, zu Nitrat
- Beseitigung eines etwaigen Sauerstoffdefizits, das durch die biologische Aktivität im Filterbett entstanden sein kann
- Desinfektion und Hygienisierung des Reinwassers

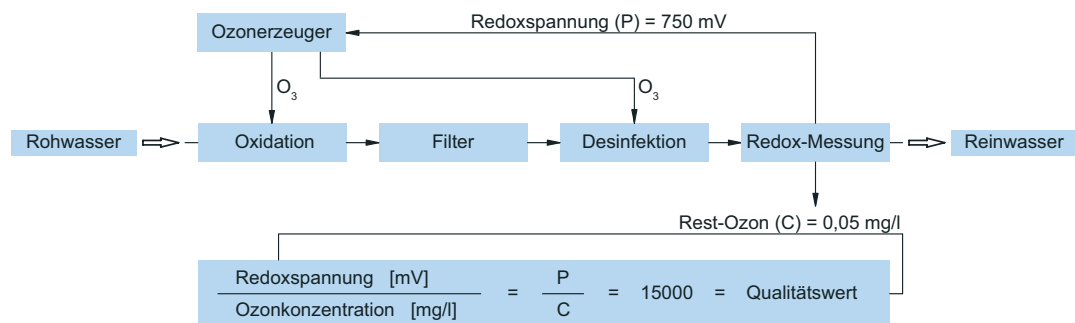


Die betriebsabschließende Desinfektion kann z. B. auch durch eine UV-Behandlung erfolgen.

### Messung der Redoxspannung

**Bedeutung der Redoxspannung** Die Redoxspannung informiert über das Verhältnis von oxidierenden zu reduzierenden Substanzen. Bei einer geeigneten Anlagenkonfiguration kann die Redoxspannung auch als Qualitätsparameter zur Prozessführung einer Wasseraufbereitungsanlage dienen. Beim HYDROZON®-Verfahren wird die Redoxspannung nach der Schlussoxidation im Reinwasser gemessen. Je höher die Redoxspannung und je geringer der Restozongehalt, desto besser ist die Aufbereitungsleistung.

**Qualitätswert** Wenn beispielsweise eine Redoxspannung von 750 mV gemessen wird, bei einem Restozongehalt von nur 0,02 mg/l, lässt sich daraus auf einen hohen Hygienisierungsgrad des Wassers schließen.



### Ozon-Dosis

Die jeweils erforderliche Ozon-Dosis orientiert sich an der Qualität des zu behandelnden Wassers. Sie wird bei der Dimensionierung einer Anlage bestimmt und kann von 0,2 bis 0,5 g/m<sup>3</sup> Wasser (z. B. reines Quellwasser) bis zu mehreren g/m<sup>3</sup> Wasser (z. B. Oberflächenwasser mit organischen Substanzen) betragen. Das Ozon wird als Gas/Sauerstoffgemisch dem zu behandelnden Wasser proportional zur Wassermenge zugemischt. Die Ozoneinmischung muss optimiert erfolgen (z. B. mittels Venturi-/Injektorkombination) um eine gute Wirkung zu erzielen. Der Ozoneinmischung ist in jedem Falle eine Reaktionsstrecke/Reaktionsbehälter nachgeschaltet. Das erforderliche Reaktionsvolumen ist ebenfalls vom behandelnden Wasser abhängig und wird ebenfalls während der Dimensionierung festgelegt.

### Ozonmessung und Ozonregelung

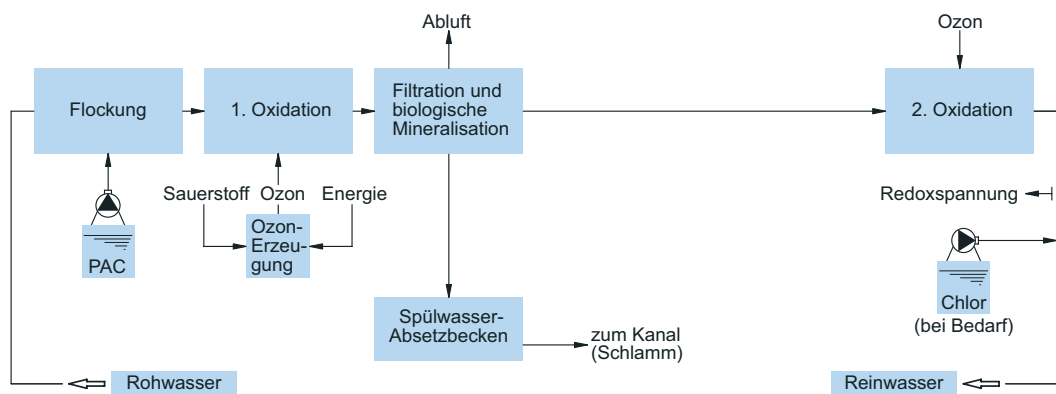
Der Ozongehalt im oxidierten Wasser kann gegebenenfalls mittels Ozonmessung kontinuierlich ermittelt werden. Problematisch kann eine Messung beim Vorliegen höherer Gehalte an Eisen, Mangan oder organischen Stoffen sein, bei der es zu Ablagerungen auf dem Sensor kommen kann.

Aus diesem Grunde hat sich die kontinuierliche Messung und Regelung der Ozondosis durchgesetzt. Durch Bestimmung der Ozonkonzentration im Gasgemisch und Messung der Gasmenge wird die jeweilige Dosis rechnerisch ermittelt und zur Prozessführung herangezogen. Durch manuelle Messungen der Ozonkonzentration im Freibord des Filters kann die Ozonung gut kontrolliert werden. Zum Erreichen einer sicheren Desinfektion sollte eine Mindestkonzentration von 0,3 g/m<sup>3</sup> bzw. mg/l nicht unterschritten werden.

## Das HYDROZON®-Verfahren – Anwendungsbeispiele

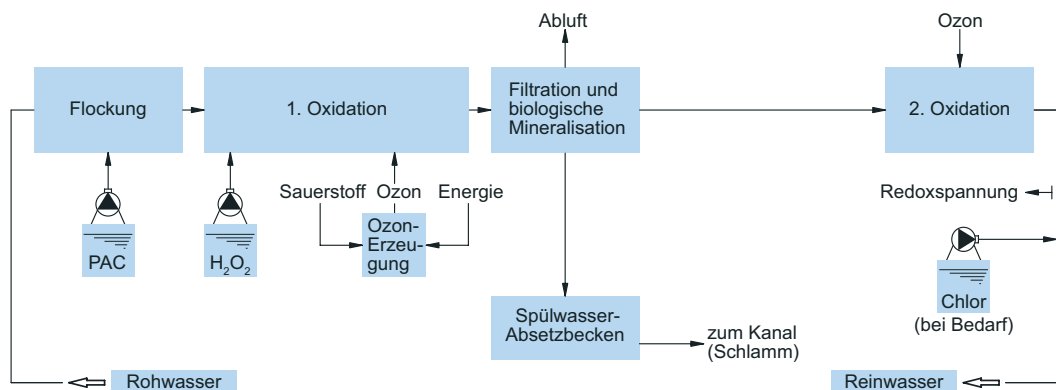
Beim HYDROZON®-Verfahren erfolgt die Lösung der jeweiligen Aufbereitungsproblematik durch bewährte und praxiserprobte Verfahren sowie aufeinander abgestufte, bewährte Leistungseinheiten.

**Basisverfahren** Die folgende Abbildung zeigt das „Basisverfahren“ zur Aufbereitung von Trinkwasser nach dem HYDROZON®-Verfahren.



- Einsatzgebiet**
- Quellwasser mit erhöhter Trübung und Keimbelastung
  - Tiefenwasser mit erhöhten Gehalten an:
    - Eisen
    - Mangan
    - Arsen
    - Schwefelwasserstoff
    - Ammonium (Nitrifikation im biologisch aktiven Filter)
    - Nitrit

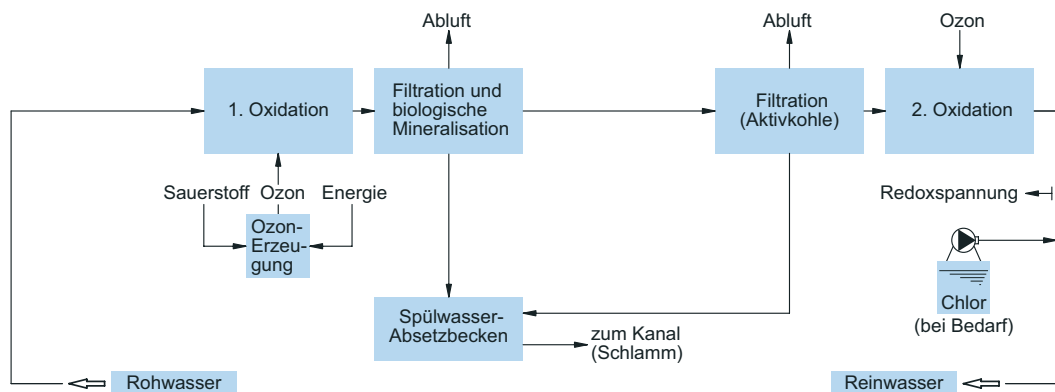
**Verfahren mit erweiterter Oxidation (AOP)** Das Verfahren mit einer erweiterten Oxidationsstufe ist erforderlich bei der Aufbereitung von Rohwasser, das mit Rückständen von chlororganischen Stoffen (CKW) oder Pflanzenbehandlungs- und Schädlingsbekämpfungsmitteln (PBSM) belastet ist.



- Einsatzgebiet**
- Anthropogen kontaminiertes Grundwasser, wie z.B.
    - mit Pflanzenschutzmitteln (PBSM) belastetes Wasser
    - mit Chlor-Kohlenwasserstoffen (CKW) belastetes Wasser

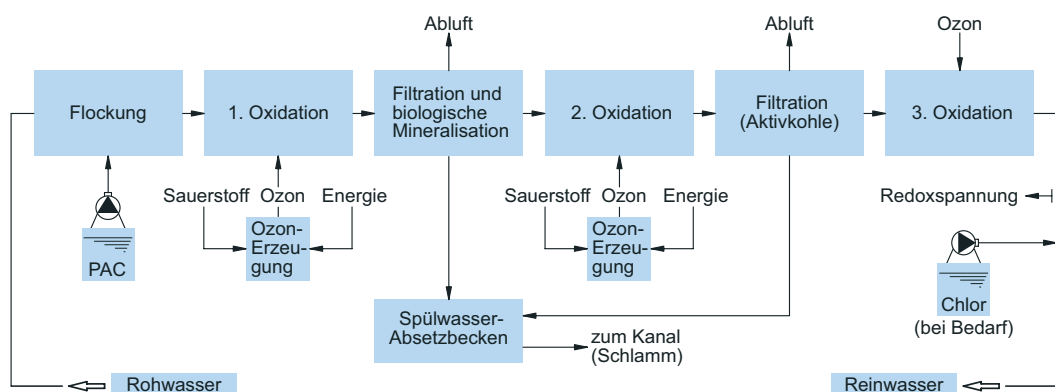
**AOP – Advanced Oxidation Process** In der erweiterten Oxidationsstufe (AOP) wird zusätzlich Wasserstoffperoxid ( $H_2O_2$ ) zugegeben. Durch die Bildung von Hydroxylradikalen ( $OH^*$ ) wird die Oxidationsleistung verstärkt. So werden auch Chemikalien, die auf Langzeitstabilität ausgelegt sind, aufgebrochen und der biologischen Mineralisation zugänglich gemacht. Die anschließende biologische Filterstufe mineralisiert die Fragmente und minimiert so die Bildung von Metaboliten.

**Ozon-Biofiltration** Die Ozon-Biofiltration wird bei höheren Huminstoffgehalten (hohe Farbe und hohe DOC-Werte) angewandt. Die Aktivkohlestufe kann mit der Filterstufe in einem Filter angeordnet werden.



- Einsatzgebiet**
- Grundwasser mit fehlendem/ungenügendem Grundwasserschutz
  - Karstwasser
  - Uferfiltrat
  - mit Oberflächenwasser beeinflusstes Grundwasser
  - Oberflächenwasser aus Seen

**Verfahren mit 3-fach Oxidation** Das HYDROZON®-Verfahren mit 3-fach Oxidation und Doppelfiltration wird vor allem bei der Aufbereitung von Oberflächenwasser und anthropogen belastetem Wasser sowie bei stark huminstoffhaltigen Wässern eingesetzt.



- Einsatzgebiet**
- Oberflächenwasser aus Seen und Flüssen
  - Grundwasser mit anorganischer und organischer Belastung
  - Uferfiltrat von stark belasteten Gewässern
  - Thermalwasser mit Schwefelwasserstoff, Methan und anderen reduzierten Substanzen