

Energie Service Biel/Bienne

DAS NEUE SEEWASSERWERK



1 DAS NEUE SEEWASSERWERK	3
2 ULTRAFILTRATION	6
3 UMKEHROSMOSE	12
4 OZONIERUNG	16
5 AKTIVKOHLE	20
6 UV-BESTRAHLUNG	24



1 | DAS NEUE SEEWASSERWERK

Das bestehende Seewasserwerk hat seine Aufgabe erfüllt. Nach fast 50 Jahren Einsatz wird dieses wichtigste Standbein des ESB für die Wasserversorgung von Biel und Nidau nun vollständig erneuert, denn die Anforderungen an eine moderne Wasserversorgung haben sich verändert.

ZIELE DES NEUE SEEWASSERWERKS

Betriebssicherheit

- Vier weitgehend voneinander unabhängige Aufbereitungsstrassen, damit bei Störungen und Unterhalt 75 % der Anlagenkapazität zur Verfügung steht
- Integrierte Notstromversorgung
- Hochwassersicher
- Minimierte Abhängigkeit von Lieferketten der Betriebsmittel

Umweltverträglichkeit

- Reduktion von eingesetzten Hilfsstoffen
- Ersatz von Desinfektionsmitteln durch physikalische Verfahren
- Integrierte Schmutzwasseraufbereitung zur Behandlung der ausgefilterten Stoffe
- Weniger hartes Wasser ermöglicht Einsparung von Waschmitteln, Regeneriersalzen, Entkalkungsmitteln und Energie bei den Kundinnen und Kunden

Innovativste Technik

- Erste Anlage weltweit, die die Umkehrosmose für die Aufbereitung von Oberflächenwasser ohne Antiscalant betreibt

- Membranreinigung ohne Chemie auf Stufe Umkehrosmose
- Testung des Ersatzes von Antiscalant-Produkten durch ein physikalisches Verfahren

Energieeffizienz

- Optimierte Technik und Leitungsführung
- Partieller Wegfall der Abwassermenge in der ARA
- In Produktionsprozess integrierte Energierückgewinnung
- Nutzung und Speicherung der Abwärme ermöglicht Energieautarkie im Bereich Wärme

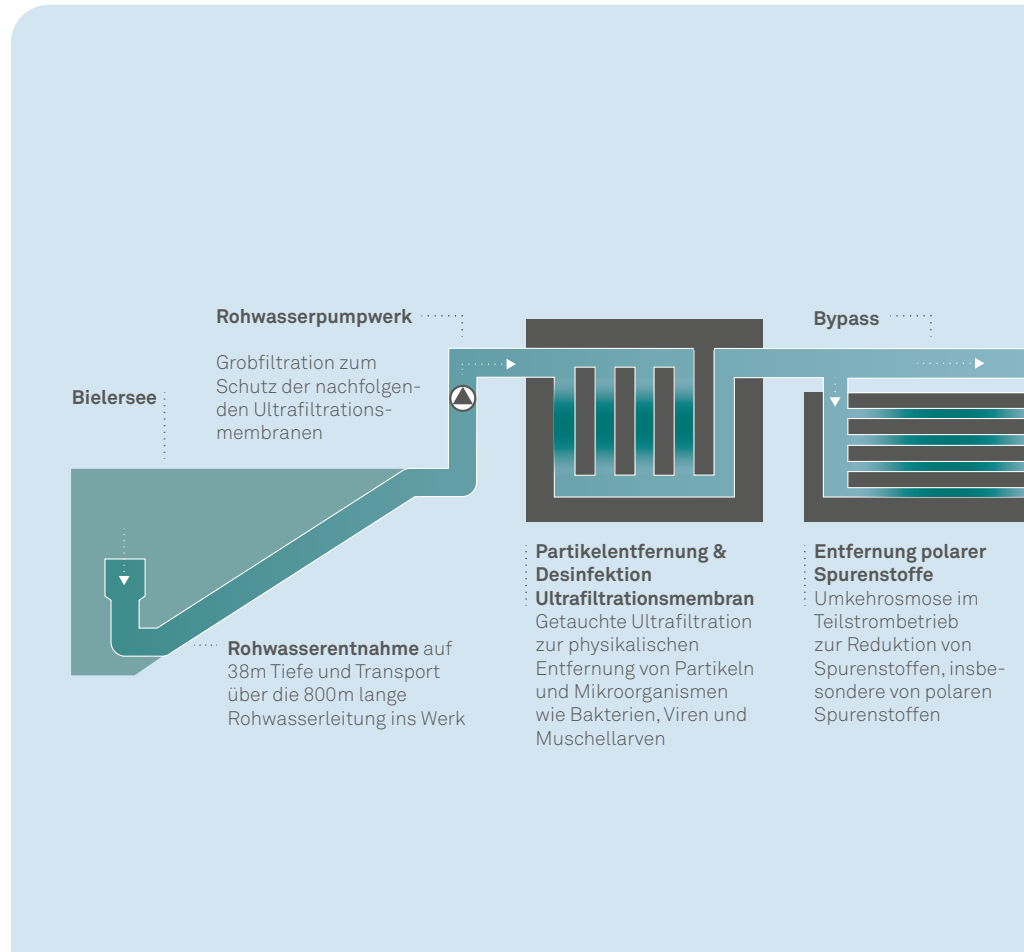
Aufbereitungsreserven für die Zukunft

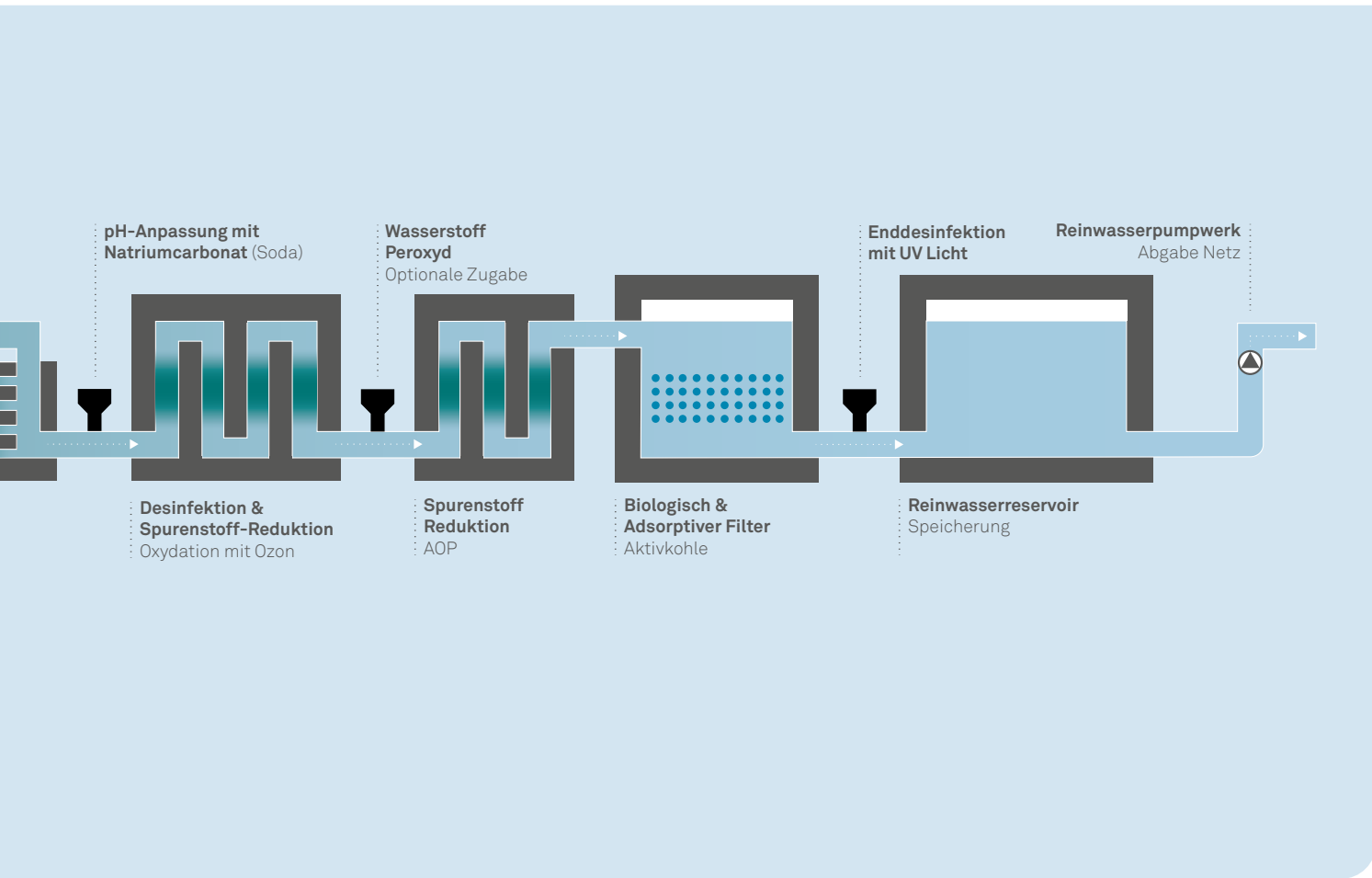
- Auslegung für 70 000 Einwohner*innen (heute 64 000)
- Optimierung der Emissionen (Lärm, Transporte)
- Robuster gegenüber schlechterer Rohwasserqualität (Klimawandel, grössere Abwassermengen durch Bevölkerungswachstum)
- Zusätzlich verbesserte Eliminierung von Spurenstoffen durch spezifisch dafür installierte Aufbereitungsstufe (Umkehrosmose)

TRINKWASSERAUFBEREITUNG IM NEUEN SEEWASSERWERK

Die Rohwasserqualität im Bielersee unterliegt starken Schwankungen und weist teilweise eine sehr hohe Trübung auf. Das neue Seewasserwerk wurde konzipiert, um diese Schwankungen abzufangen. Dabei wird der Einsatz von Hilfsstoffen minimiert.

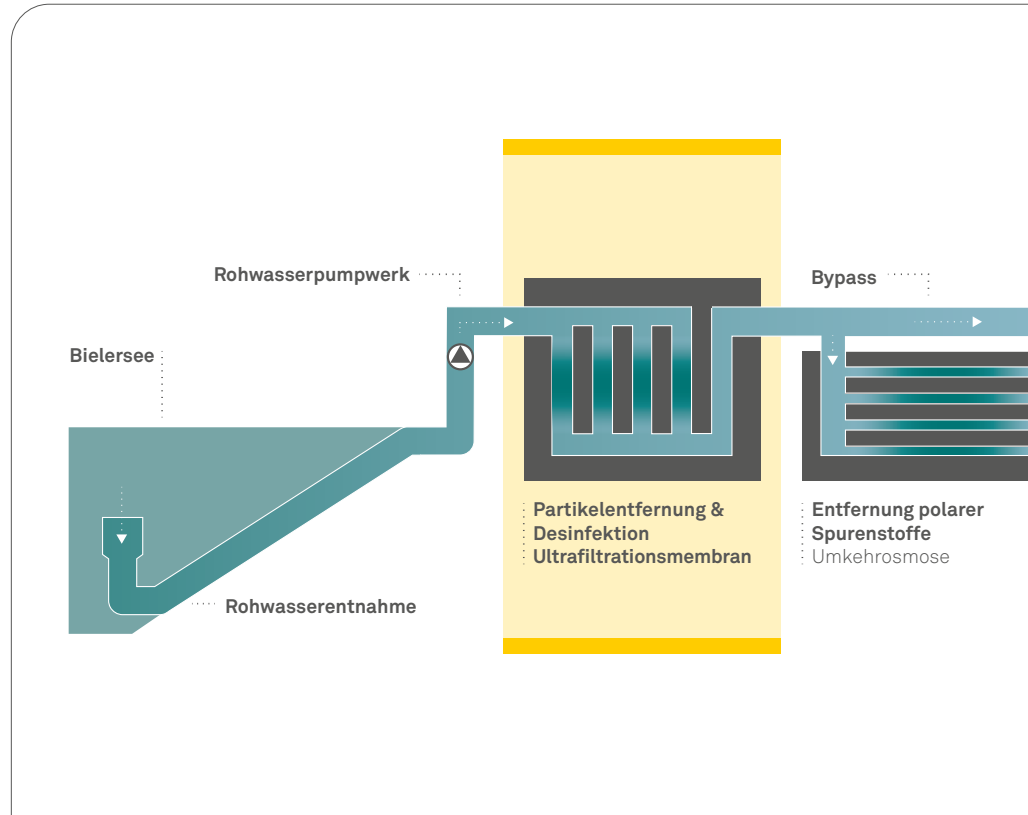
Die Wasseraufbereitung im neuen Seewasserwerk umfasst folgende Stufen:

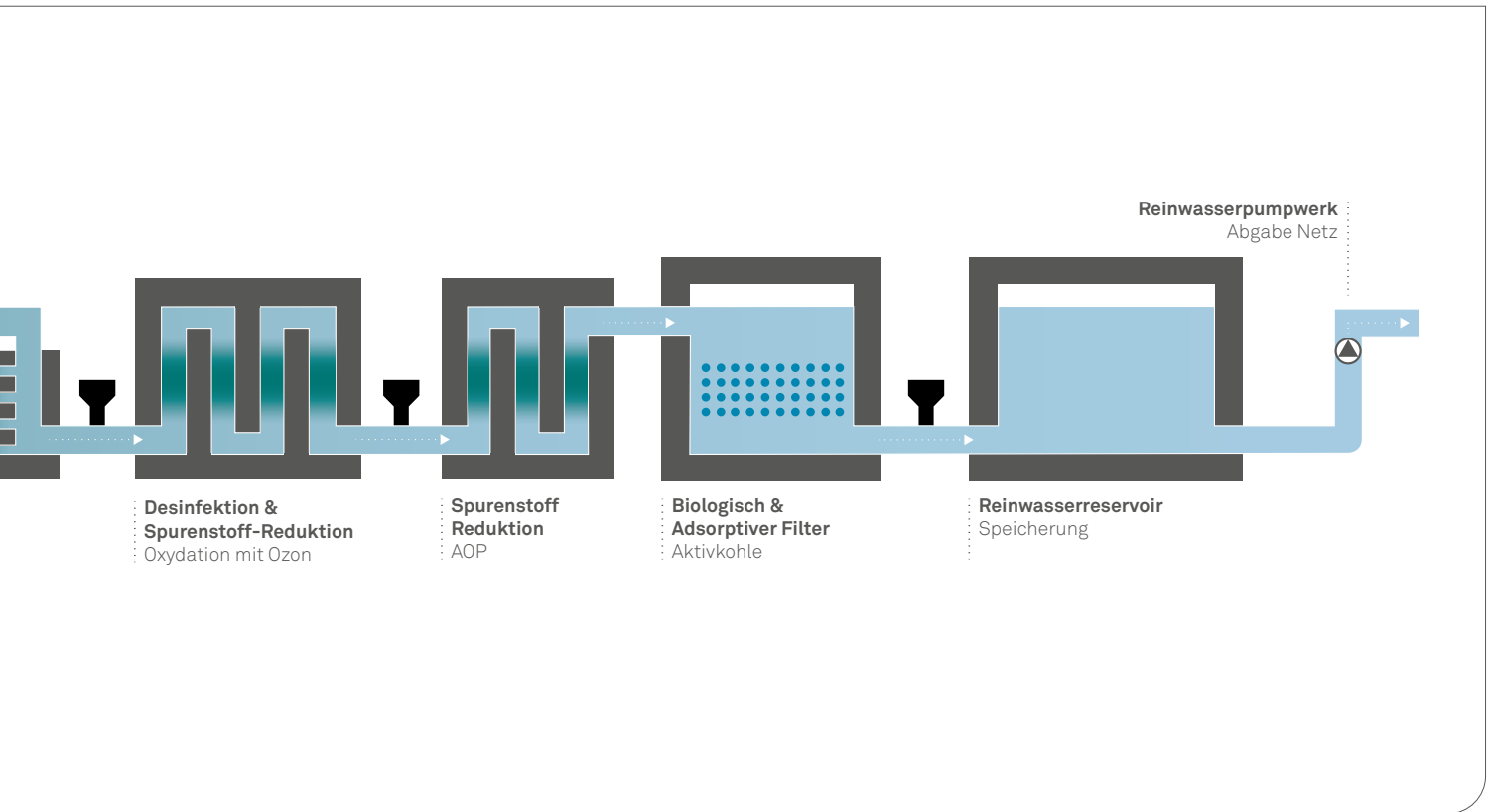




2 | ULTRAFILTRATION

Mit der Ultrafiltration werden im Wasser enthaltene Stoffe ab einer Grösse von 20 nm physikalisch und ohne Verwendung von chemischen Hilfsstoffen entfernt. Damit werden partikuläre Stoffe, Bakterien und fast alle Viren herausgefiltert. Ausserdem werden durch die Ultrafiltration alle Muschellarven entfernt, wodurch die Anlage vor Befall geschützt ist. Die Ultrafiltration ist auch als Vorbehandlung für die nachfolgenden Aufbereitungsstufen ideal, da sie eine konstante Wasserqualität liefert.



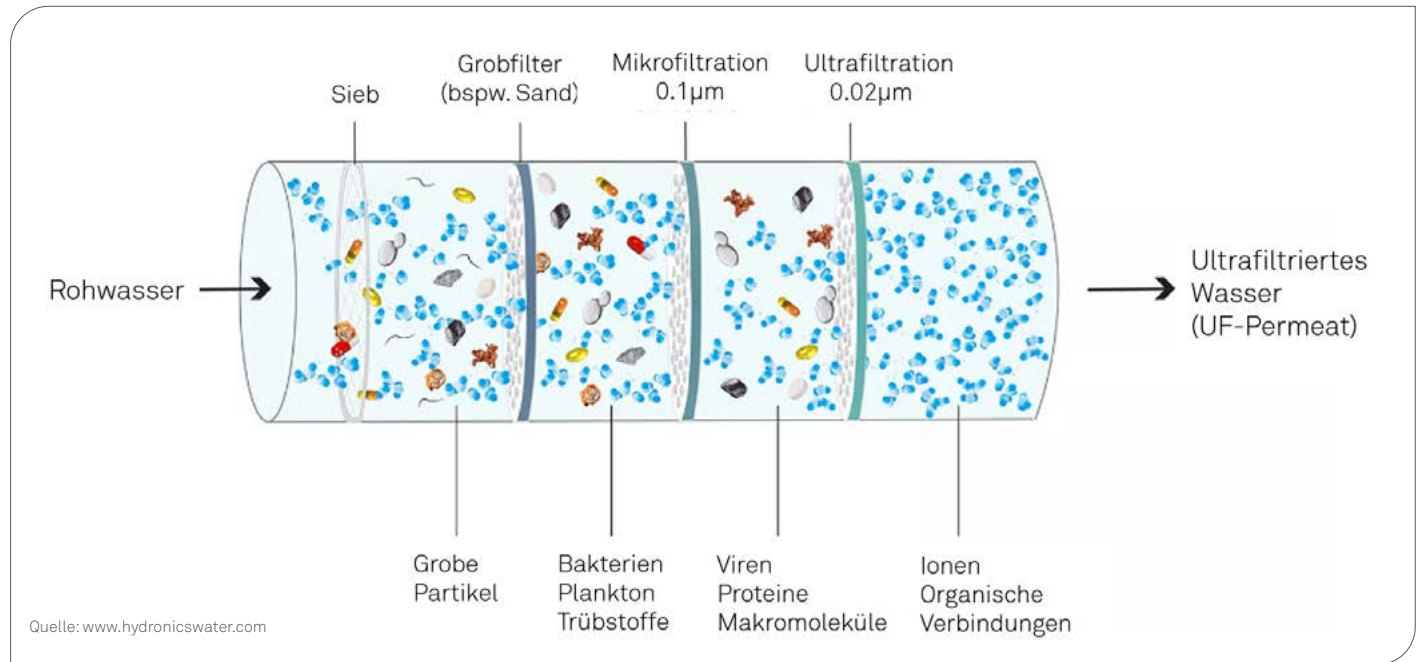


VORFILTER

Das Rohwasser aus dem See wird zunächst durch einen Vorfilter mit einer Porengröße von 300 µm geleitet, um die größten Partikel zu entfernen, bevor es in das Ultrafiltrationsbecken gelangt. Dadurch werden die Ultrafiltrationsmembranen geschützt.

PORENMEMBRANEN

Das vorgefilterte Wasser wird in das Ultrafiltrationsbecken geleitet. Dort werden die dünnen Membranfäden aus Kunststoff in das vorgefilterte Rohwasser getaucht. Das Wasser wird in die Membranfäden gesaugt und am Ende des Fadens abgegeben.

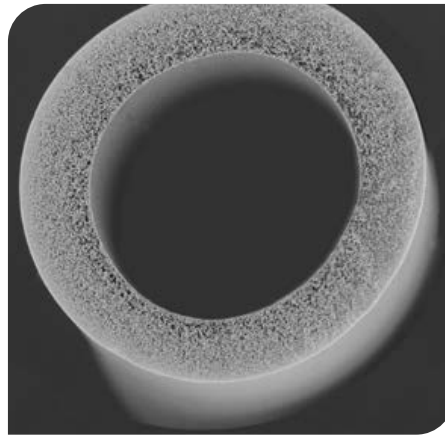


Die Porengrösse beträgt 20nm, damit werden sogar Bakterien und die meisten Viren entfernt. Aufgrund der fixen Porengrösse bleibt die Qualität des ultrafiltrierten Wassers konstant, unabhängig der Rohwasserqualität.

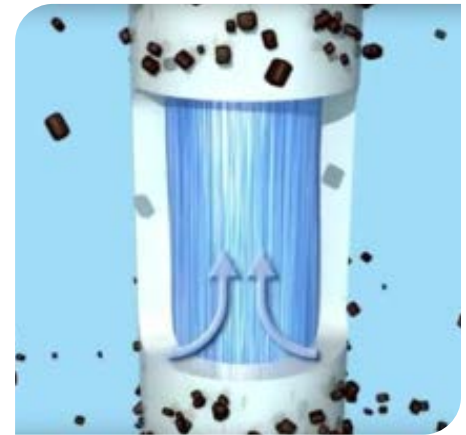
Die zurückgehaltenen Partikel lagern sich auf der Membranoberfläche ab, wodurch die Permeabilität der Membranen abnimmt. Das heisst, dass weniger Wasser durch die Membranen dringt. Deshalb müssen die Membranfäden regelmässig rückgespült werden. Je schlechter die Rohwasserqualität, desto öfter müssen die Membranen gereinigt werden.



Quelle: www.hydrobluemem.com



Quelle: www.hydrobluemem.com

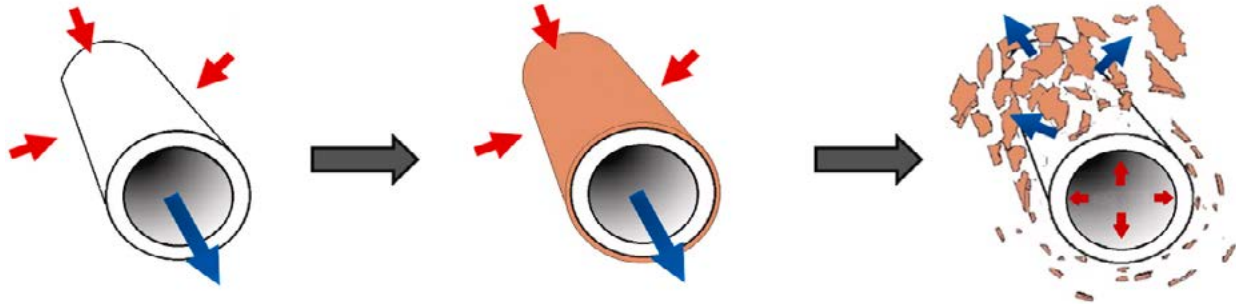


Quelle: www.suezwatertechnologies.com

REINIGUNG DER MEMBRANEN

Mehrmals täglich werden die Membranen mit gefiltertem Wasser gespült, das vom Inneren der Membranfäden nach aussen gedrückt wird. Durch den entstehenden Druck werden die abgelagerten Partikel von der Membranoberfläche entfernt. Zusätzlich wird am Boden des Tanks Luft eingeblasen. Die aufsteigenden

Luftblasen bewegen die Membranfäden und unterstützen so mechanisch die Spülwirkung. Nach einer festgelegten Anzahl Rückspülungen wird der Rohwassertank, in dem die Membranfäden hängen, vollständig entleert, um den abgespülten Schmutz zu entfernen.



Das Rohwasser wird durch die Membrane in das Innere des Membranfadens gesaugt.

Die ausgefilterten Partikel lagern sich auf der Membranoberfläche ab.

Die abgelagerten Rückstände werden durch die Rückspülung von der Membranoberfläche entfernt.

Quelle: <https://ars.els-cdn.com/>

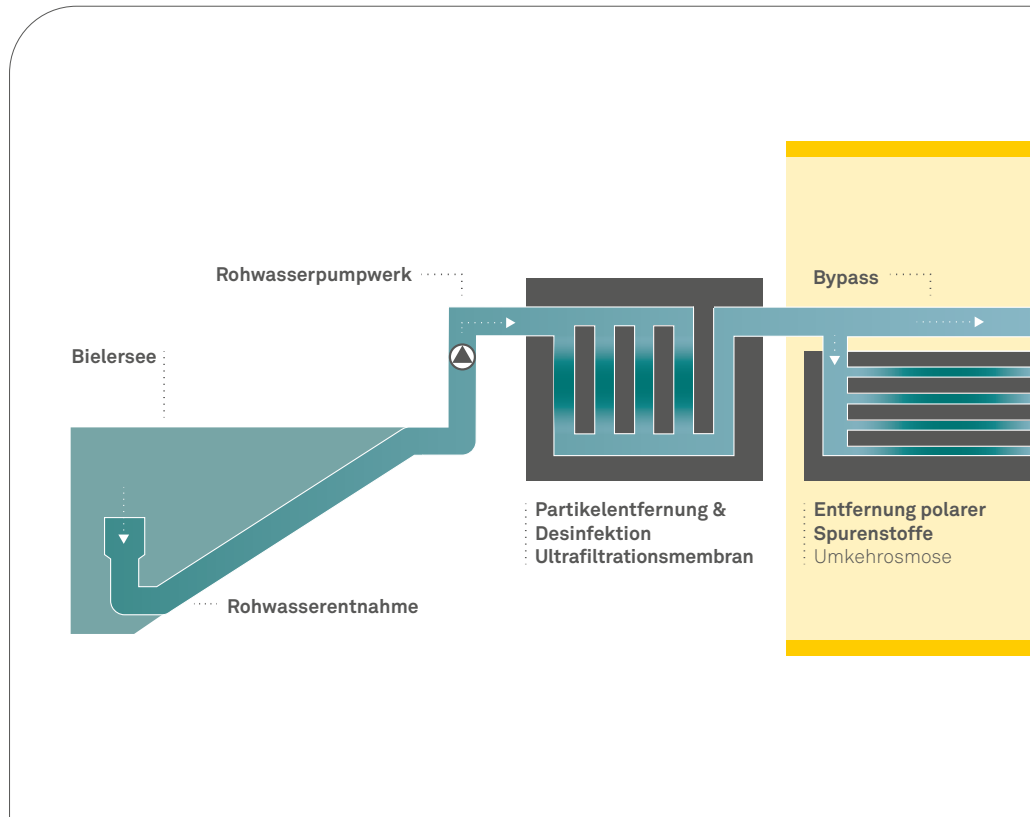
Alle ein bis zwei Tage wird dem Rückspülwasser eine Javellösung hinzugefügt, um die Membranen tiefer zu reinigen und die Infrastruktur vor Muschelbefall zu schützen. Nach der Einwirkung wird die Lösung ausgespült und das Spülwasser der Schwemmwasseraufbereitung zugeführt. Einmal jährlich wird die gesamte Ultrafiltrationsanlage intensiv mit Säure, Lauge und Javel gereinigt. Ebenfalls jährlich wird ein Integritätstest durchgeführt, um beschädigte Membranfäden zu identifizieren und zu verschließen oder zu ersetzen.

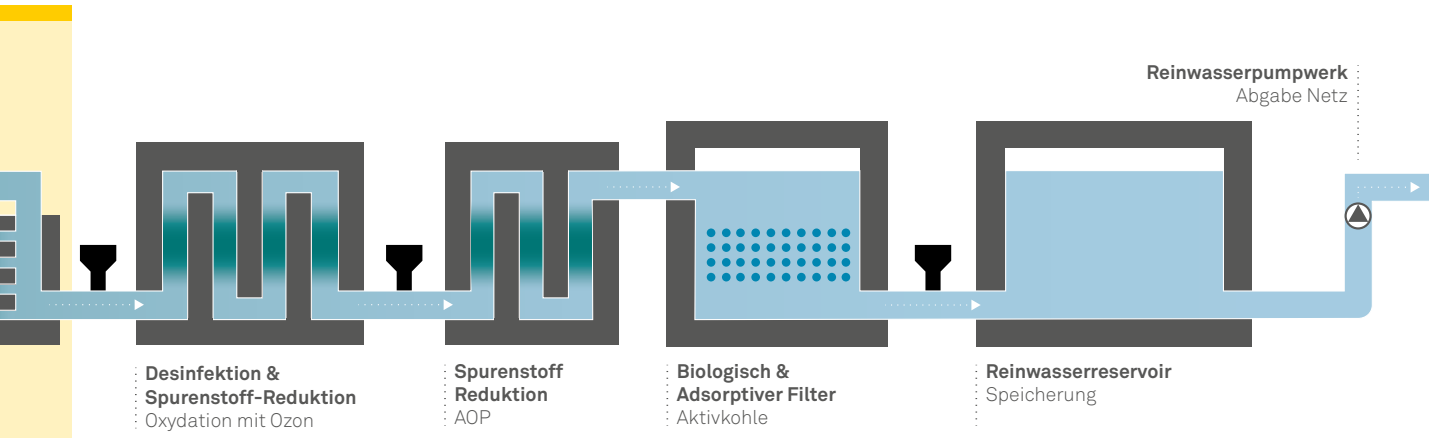
Schwankende Wasserqualität

Da die Wasserqualität des Bielersees extrem schwankt, fiel die Wahl auf getauchte Ultrafiltrationsmembranen (im Gegensatz zur gedrückten Ultrafiltration), die besonders widerstandsfähig gegenüber stark verschmutztem Wasser sind. Zudem ist der Energieverbrauch von getauchten Membranen in der Wasseraufbereitung am geringsten.

3 | UMKEHROSMOSE

Mit der Filterung mittels Umkehrosmose werden nahezu alle gelösten Stoffe ausser Gase entfernt. Es ist auch die einzige Aufbereitungsstufe, die polare Spurenstoffe wie beispielsweise Chlorothalonil und seine Metaboliten entfernt. Ausserdem werden auch organische Stoffe entfernt, wodurch das Risiko einer Verkeimung des Trinkwassers deutlich verringert wird.



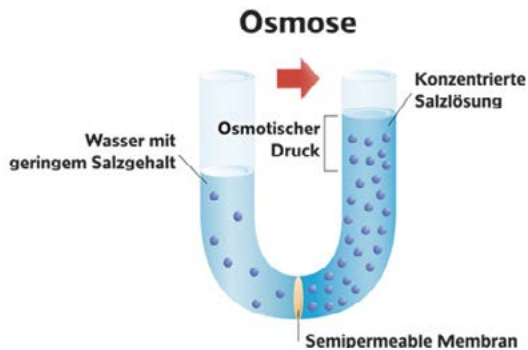


OSMOSE UND UMKEHROSMOSE

Wenn zwei Lösungen unterschiedlicher Konzentration durch eine semipermeable Membran (nur für Wasser, aber nicht für gelöste Stoffe durchlässig) getrennt sind, besteht der sogenannte osmotische Druck, durch den sich der Konzentrationsunterschied ausgleicht. Das heißt, die weniger konzentrierte Lösung drückt in die höher konzentrierte Lösung.

Bei der Umkehrosmose wird auf die Lösung mit der höheren Konzentration Druck ausgeübt, damit die gelösten Stoffe durch die Membran ausgefiltert werden.

Bei der Umkehrosmose werden dem Wasser auch gewünschte Stoffe wie Magnesium, Calcium und Natrium etc. entnommen. Damit diese noch in ausreichender Masse im Trinkwasser vorhanden sind, wird im neuen Seewasserwerk lediglich etwa die Hälfte des Wasser mit der Umkehrosmose aufbereitet. Somit entsteht ein Wasser, das möglichst rein von Spurenstoffen ist und eine sehr geringe Härte aufweist, aber gesundheitlich für den Menschen eine ideale Qualität aufweist, da ausreichend Mineralstoffe enthalten sind.



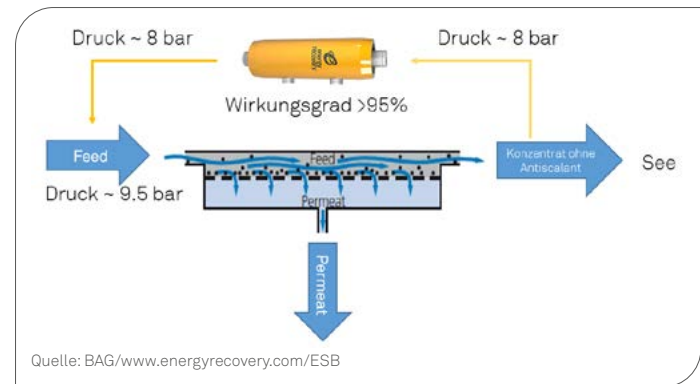
Quelle: www.easymetal.com

REINIGUNG

Da im neuen Seewasserwerk weitestgehend auf den Einsatz von Chemie verzichtet werden soll, wird die Umkehrosmose weltweit erstmalig in der Aufbereitung von Oberflächenwasser ohne Antiscalant betrieben. Durch den Verzicht auf Antiscalant reduziert sich die Ausbeute der Filtration, es fällt also eine grössere Menge an konzentriertem Wasser an, das aber direkt in den See zurückgeleitet werden kann. Da die Umkehrosmose mit ultrafiltriertem Wasser betrieben wird, ist das in den See zurückgeführte Wasser wesentlich sauberer als das angesaugte Seewasser. Die Membranen werden regelmässig mit gefiltertem Wasser gespült. Wenn nötig erfolgt eine intensivere Reinigung, bei der die Membranen mit erwärmter Zitronensäure oder allenfalls mit Natronlauge gespült werden. Diese Behandlung reduziert allerdings die Lebensdauer der Membranen deutlich, deshalb wird eine spezielle Technologie erprobt, die die Behandlung mit Säure und Lauge teilweise ersetzen soll. Dabei werden die Membranen physikalisch mittels CO_2 -angereichertem Wasser gereinigt: Wenn das übersättigte Wasser auf die Membran gelangt, wird der Druck gesenkt, wodurch das CO_2 Bläschen bildet, die die Ablagerungen von der Membran lösen. Durch eine intelligente Prozesssteuerung kann sogar der genaue Ort der Reinigung auf der Membranoberfläche geregelt werden.

ENERGIERÜCKGEWINNUNG

Im Seewasserwerk wird zudem mittels einer hocheffizienten Energierückgewinnungsanlage mit einem Wirkungsgrad von bis zu 98% ein Teil der zur Erstellung des hohen Druckes notwendigen Energie zurückgewonnen. Dadurch wird zusammen mit den Energieeinsparungen bei der Kundschaft eine positive Energiebilanz erzielt.



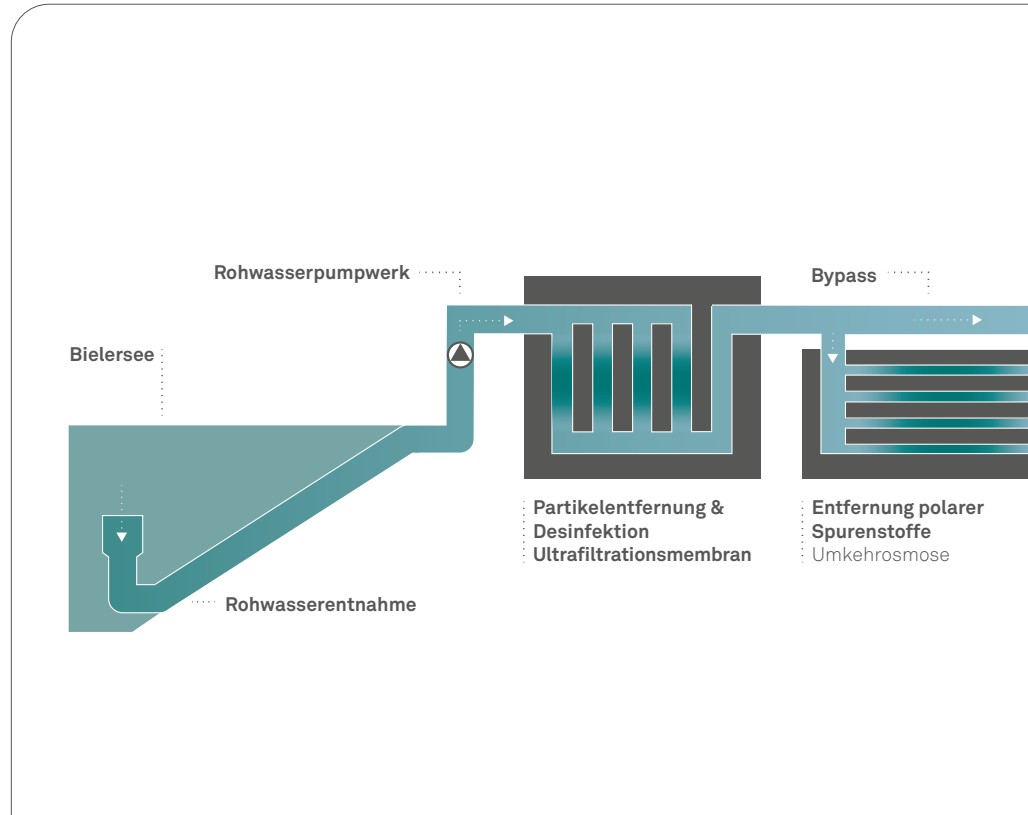
Antiscalant-Produkte

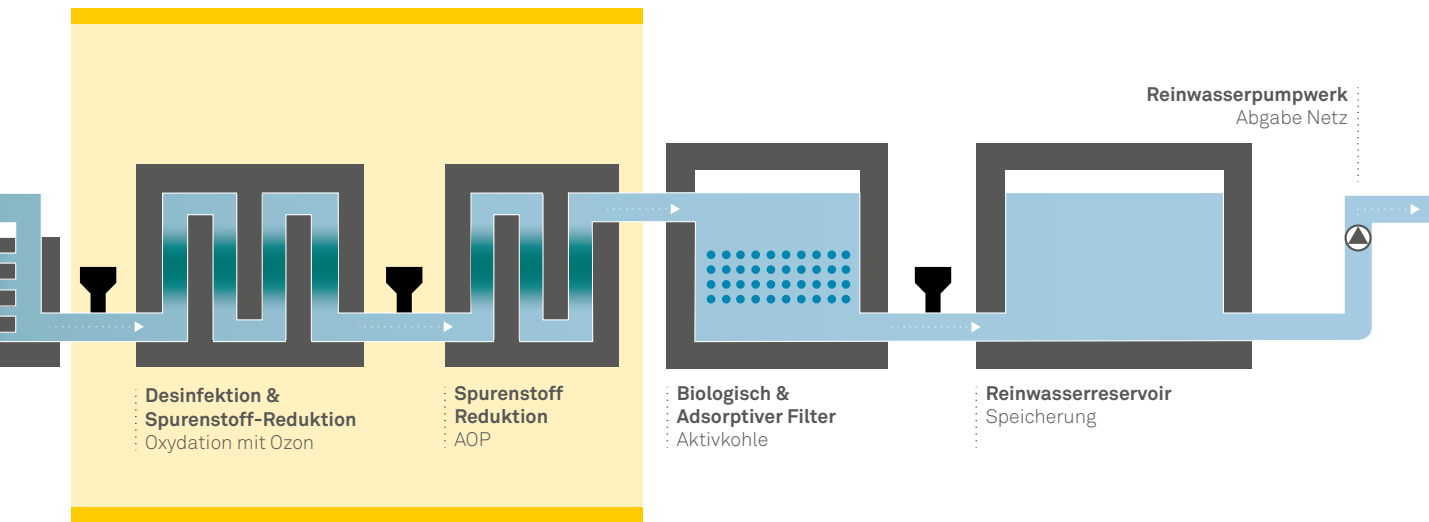
Antiscalant-Produkte werden dem Wasser zugegeben, bevor es in das Umkehrosmosemodul gelangt. Diese Produkte sollen verhindern, dass sich Ablagerungen auf der Membran bilden.

Diese Produkte sind meist Phosphor-Verbindungen. Da sie im Konzentrat verbleiben und nicht in die Umwelt gelangen sollen, müsste dieses Wasser über die ARA abgeführt werden.

4 | OZONIERUNG

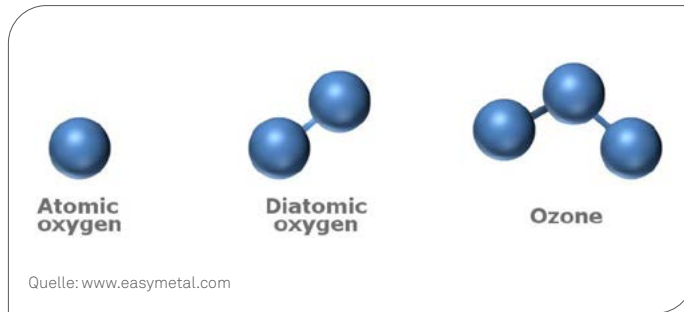
Ozon ist ein starkes Oxidationsmittel, das Bakterien abtötet und Viren unschädlich macht sowie im Wasser vorhandene gelöste Stoffe oxidiert und dadurch verändert. Die Behandlung des Wassers mit dem Gas reduziert zudem die Geruchs- und Geschmacksstoffe im Wasser. Durch die Oxidation mit Ozon erhöht sich bei einigen Stoffen die biologische Abbaubarkeit der im Wasser vorhandenen Stoffe durch Mikroorganismen. Ausserdem wird durch die Transformation die Toxizität vieler Spurenstoffe reduziert.





OXYDATION

Das Ozonmolekül (O_3) besteht aus drei Sauerstoffatomen. Es ist instabil und zerfällt somit rasch. Dadurch entsteht jeweils ein Sauerstoffmolekül (O_2) mit zwei Sauerstoffatomen und ein freies Sauerstoffatom. Das jeweils abgespaltene Sauerstoffatom verbindet sich mit anderen Stoffen, die sich im Wasser befinden, und verändert diese entsprechend: sie werden oxidiert.



NACHGESCHALTETE FILTRATION

Als starkes Reizgas ist Ozon gesundheitsschädlich, deshalb muss stets auf die Arbeitssicherheit geachtet werden. Das im Wasser verbleibende Ozon wird im nachgelagerten Filtrations-schritt (Aktivkohlefiltration) vollständig abgebaut. Die Oxidation entfernt die Substanzen nicht aus dem Wasser, sondern verändert diese nur. Deshalb werden im Seewasserwerk anschließend Aktivkohlefilter verwendet, in denen die im Wasser vorhandenen Substanzen adsorbiert oder biologisch abgebaut werden.

WEITERGEHENDES OXIDATIONSVERFAHREN (AOP)

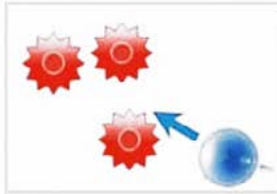
Ist der Einsatz von Ozon aufgrund der Wasserzusammensetzung nicht möglich, kann der advanced oxidation process (AOP) verwendet werden. Das ist zum Beispiel der Fall, wenn sich zu viel Bromid im Wasser befindet, das durch die Behandlung mit Ozon zu krebserregendem Bromat umgewandelt wird. Dabei wird entweder die Ozonierung mit UV-Strahlung kombiniert oder es wird zusätzlich zum Ozon Wasserstoffperoxid (H_2O_2) verwendet. Die Reaktion des Ozons mit dem Wasserstoffperoxyd erzeugt hoch reaktive OH-Radikale. Im Rahmen der Pilotierung wurden sowohl die Ozonierung als auch das AOP mit H_2O_2 getestet. Es wurde kein Vorteil des AOP gegenüber der Behandlung mit Ozon gefunden. Da jedoch nicht ausgeschlossen werden kann, dass sich die Wasserqualität im Bielersee in Zukunft so verändert, dass ein AOP sinnvoll wird, wird die Option zur H_2O_2 -Dosierung im neuen Seewasserwerk vorgesehen.

Das Ozon wird im neuen Seewasserwerk mittels Sauerstoffabscheidung aus der Atmosphäre hergestellt. Dieser Prozess ist wesentlich ökologischer und energieeffizienter, als die Herstellung mit angeliefertem Flüssigsauerstoff. Im neuen Seewasserwerk wird die Abwärme, die bei der Aufbereitung des Ozons entsteht, in einen Wärmespeicher geleitet und für die Membranreinigung, die Heizung und das Brauchwasser weiterverwendet.

Wirkung von Ozon

Schritt 5

Zurück bleibt ein Sauerstoffmolekül. Der Zyklus ist abgeschlossen



Schritt 4

Das Ozonmolekül (O_3) gibt ein einzelnes Sauerstoffatom (O) ab und wirkt durch Oxidation. Fremdliegende Geruchsmoleküle werden eliminiert

Schritt 1

Ausgangsbasis ist ein Sauerstoffmolekül (O_2)

Schritt 2

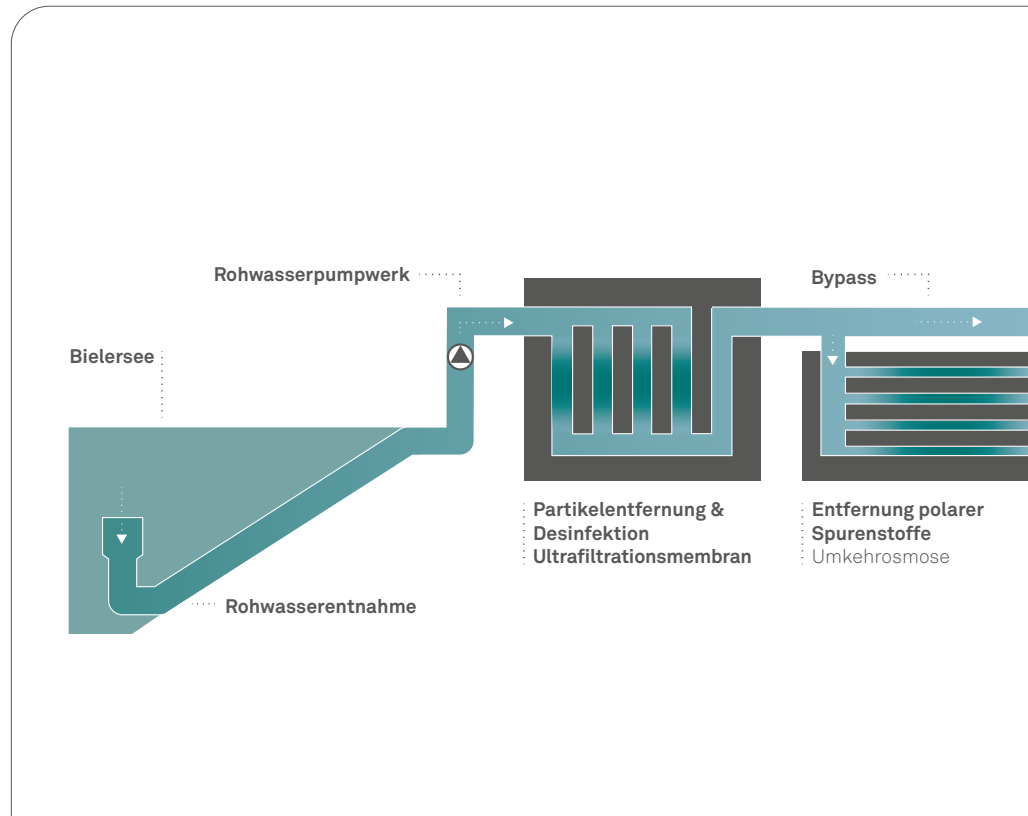
Sauerstoffmolekül (O_2) wird durch elektrische Entladung aufgespalten

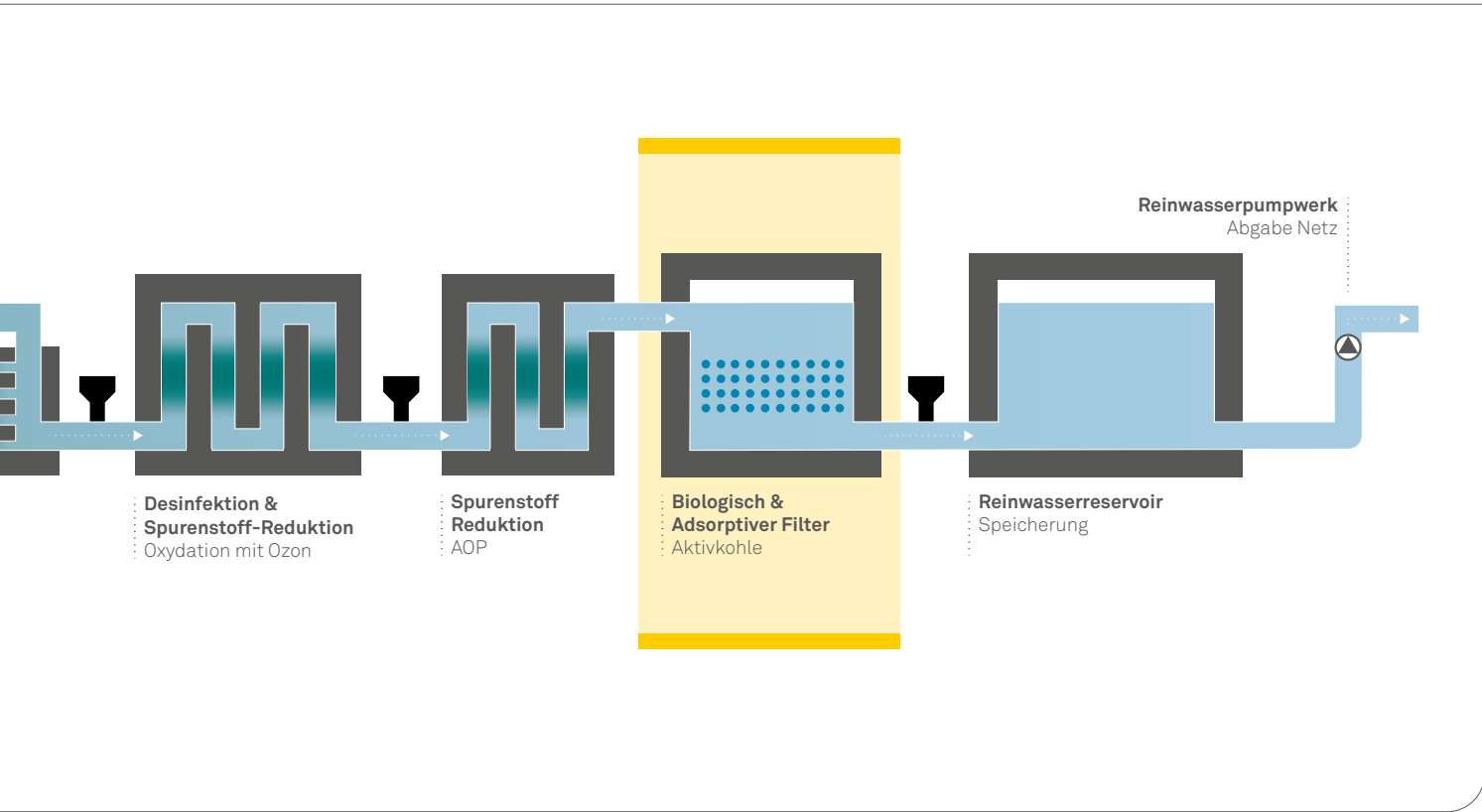
Schritt 3

Das freie Sauerstoffatom (O) verbindet sich mit einem Sauerstoffmolekül (O_2) und bildet ein Ozonmolekül (O_3)

5 | AKTIVKOHLE

Aktivkohle kann aus unterschiedlichen Primärquellen gewonnen werden (Steinkohle, Holz, Kokosnussschalen, Walnussschalen etc.). Sie verfügt über viele sehr kleine Poren und dadurch über eine hohe spezifische Oberfläche pro Gewicht. In der Wasseraufbereitung kommt Aktivkohle entweder in granulierter Form als Filterbett zum Einsatz oder zu Pulver gemahlen als Zusatz zum Wasser, der abfiltriert wird.





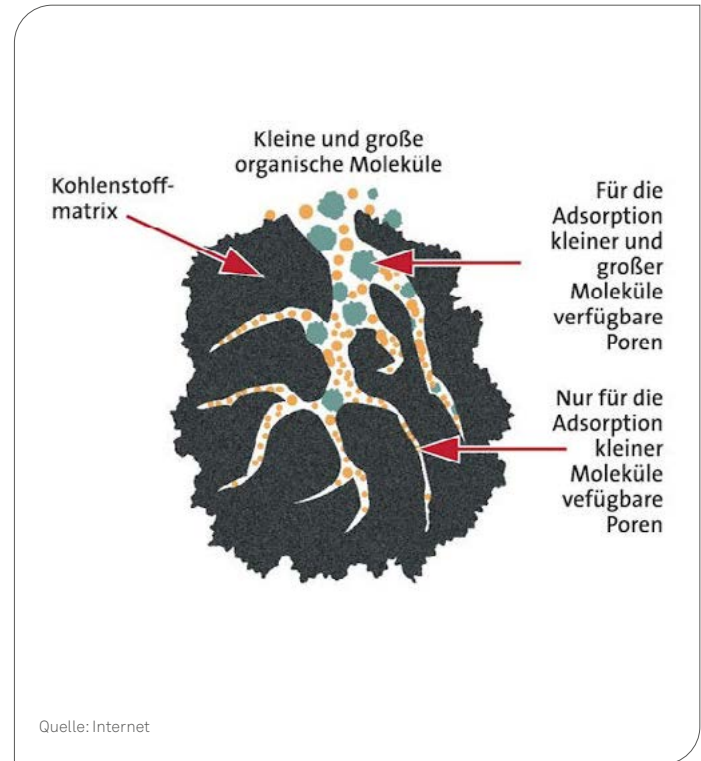
FILTRATION MIT AKTIVKOHLE

Die Aktivkohlefilter dienen der Entfernung von Spurenstoffen und anderen organischen Verbindungen im Wasser. Die vorgelagerte Oxidation verändert im Wasser vorhandene Spurenstoffe so, dass sie mit den Aktivkohlefiltern besser abgebaut werden können. Im Seewasserwerk wird die Aktivkohle in gekörneter Form eingesetzt. Sie wird in grosse Becken gefüllt, die von oben mit dem zu reinigenden Wasser befüllt werden. Der Filtrvorgang wird durch die Gravitation getrieben. Die Kontaktzeit des Wassers mit der Kohle ist variabel und hängt von der filtrierten Wassermenge, der Schichtdicke und Durchflussgeschwindigkeit durch das Becken ab.

Die Filtration erfolgt durch zwei verschiedene Mechanismen:

Adsorption

Unter Adsorption versteht man das Anhaften von Molekülen aus der flüssigen Phase an ein festes Medium. Je länger eine Aktivkohle in Betrieb ist, desto schlechter adsorbiert sie, da die «freien Plätze» auf der Kohle bereits durch Moleküle «besetzt» sind. Ausserdem haften sich nicht alle Stoffe gleich gut an die Aktivkohle an. Je grösser die Ladungsunterschiede zwischen den einzelnen Atomen in einem Molekül sind, desto polarer ist das Molekül und desto schlechter haftet es an der Kohle. Deshalb werden vor allem polare Spurenstoffe wie Röntgenkontrastmittel von der Aktivkohle nur unzureichend entfernt.



Biologischer Abbau

Auf der Oberfläche der Aktivkohle wachsen Bakterien, die einen stabilen Biofilm bilden. Diese Mikroorganismen nutzen die organischen Verbindungen im Wasser als Nahrung und bauen diese ab. Durch die vorhergegangene Oxidation mit Ozon werden viele Spurenstoffe besser verfügbar für den Abbau durch Bakterien. Auch die in der Ozonierung abgetöteten Bakterien und Viren, die vorher im Wasser waren, dienen den Mikroorganismen als Nahrung. Bei den Mikroorganismen auf der Kohle handelt es sich um unbedenkliche, natürlich im Wasser vorkommende Organismen.

RÜCKSPÜLUNG

Aktivkohlefilter werden periodisch rückgespült, da sich auf der Oberfläche des Filters Partikel ablagern können. Da das Wasser, welches auf die Aktivkohle gelangt, bereits durch die Ultrafiltration weitestgehend von Partikeln befreit worden ist, fallen diese vergleichsweise selten an, was die Lebensdauer der Kohle erhöht und Spülwasser spart.

Fließgeschwindigkeit

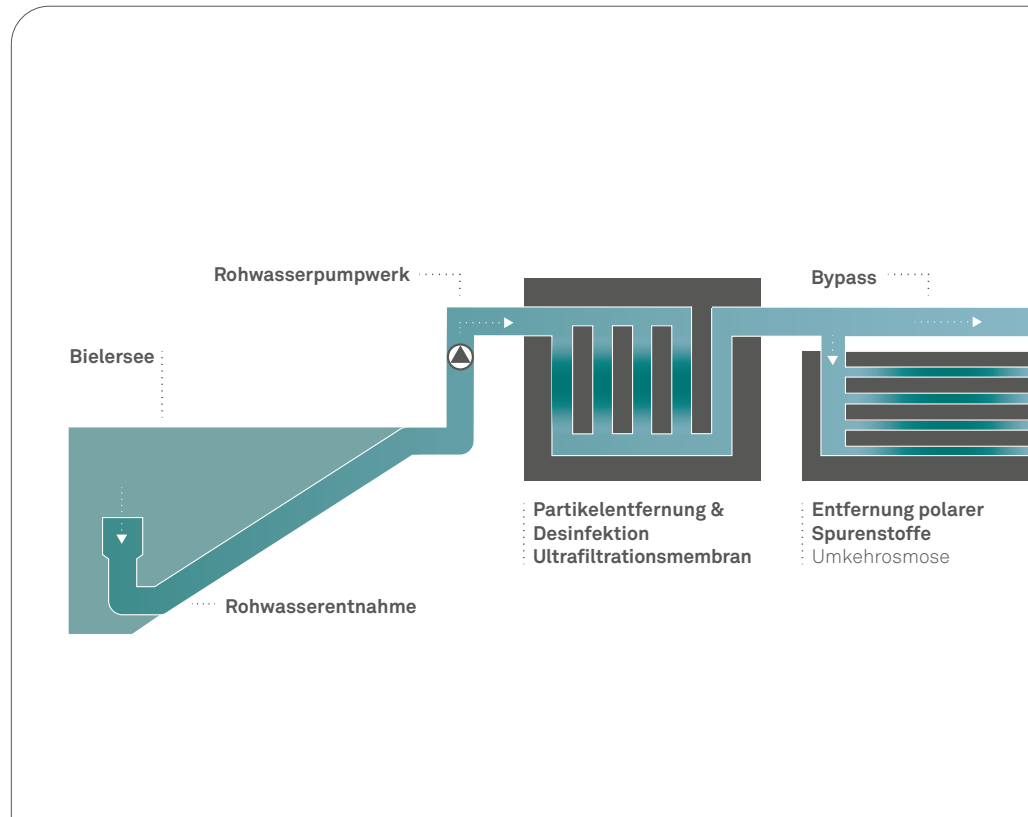
Um die Reduktion von Stoffen im Wasser sowohl durch Adsorption als auch durch mikrobiellen Abbau zu verbessern, kann die Kontaktzeit des Wassers mit der Kohle erhöht werden. Dies kann durch eine reduzierte Fließgeschwindigkeit oder durch eine Erhöhung der Schichtdicke der Kohle erreicht werden.

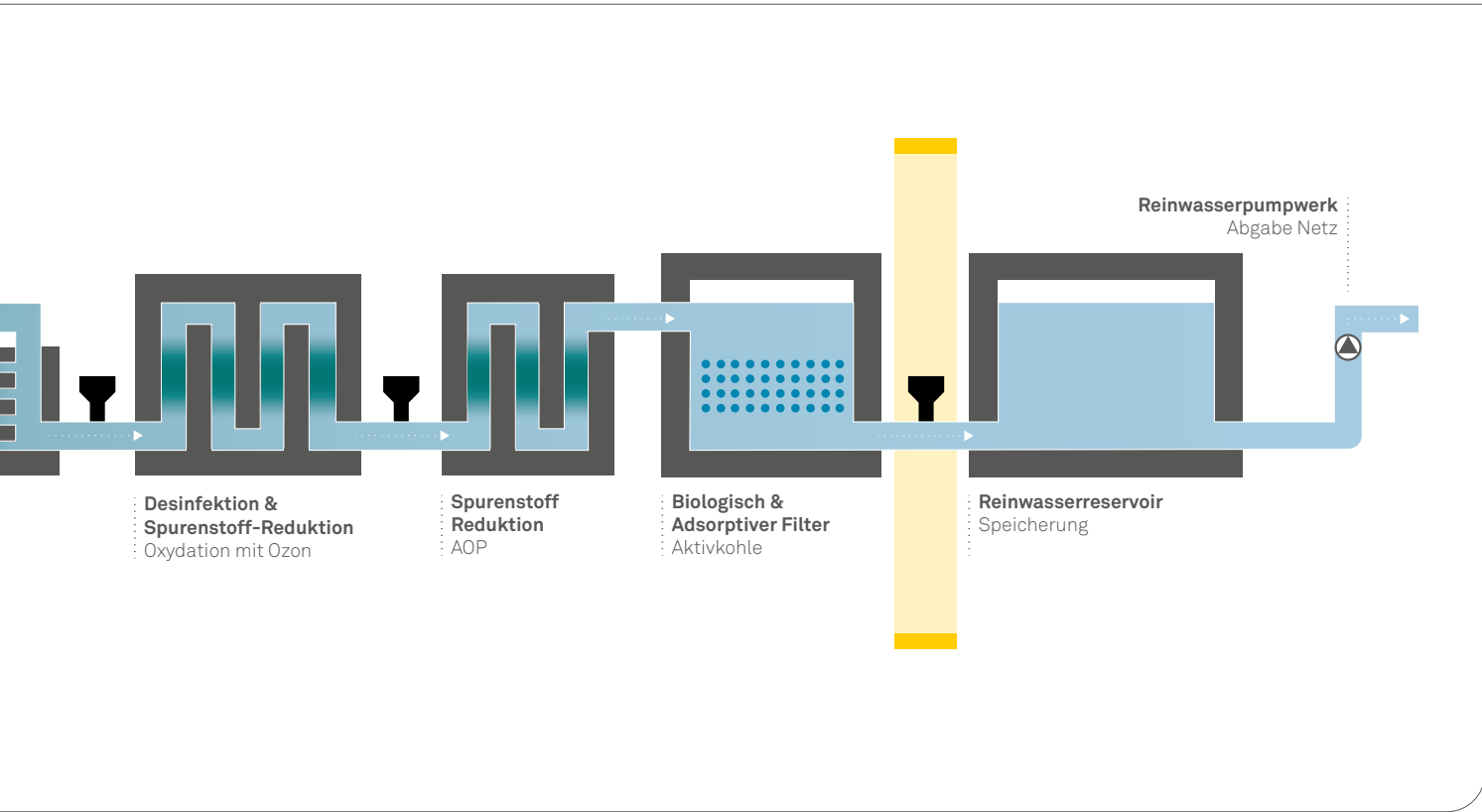
Bei der Reduktion der Fließgeschwindigkeit muss darauf geachtet werden, dass sie stets so hoch bleibt, dass die Versorgung mit Sauerstoff gewährleistet ist um das Wachstum unerwünschter anaerober Bakterienspezies zu verhindern. Es muss ausserdem beachtet werden, dass bei einer reduzierten Fließgeschwindigkeit ein grösseres Filterbecken benötigt wird, da pro Zeiteinheit weniger Wasser gefiltert werden kann.

Die Höhe der Schichtdicke ist einerseits durch die räumlichen Gegebenheiten limitiert und andererseits muss eine komplette Filterspülung (hohe Schichtdicke entspricht hohem hydraulischen Widerstand) möglich sein. Fließgeschwindigkeit und Schichtdicke haben also einen direkten Einfluss auf die Grösse der Filterbecken und damit auf die Machbarkeit und Kosten der Anlage. Die Filter im neuen Seewasserwerk sind rund dreimal so dick wie die Filter im bestehenden Seewasserwerk.

6 | UV-BESTRAHLUNG

Ultraviolette Strahlung ist Licht mit Wellenlängen, die kürzer sind als die des sichtbaren Lichts. Da UV-Strahlung sehr energiereich ist, kann sie Schäden an der Erbinformation (DNA) von Zellen hervorrufen. Deshalb wird UV-Bestrahlung als Desinfektionsmethode in der Wasseraufbereitung verwendet. Diese Methode erzeugt keine Nebenprodukte und hat keinen Einfluss auf den Geruch oder den Geschmack des Wassers.





DESINFEKTIONSMECHANISMUS

Die UV-Strahlen beschädigen das Erbgut, die DNA, der im Wasser noch vorhandenen Mikroorganismen. Durch die an der DNA entstandenen Schäden, werden die Organismen an der Vermehrung gehindert und somit unschädlich gemacht. Anders als bei der Desinfektion mit Oxidationsmitteln (z.B. Ozon oder Chlor) bleibt die Zellmembran bei der UV-Desinfektion intakt, was verhindert, dass Bestandteile der zerstörten Mikroorganismen den im Wasser vorhandenen Bakterien als Nahrung dienen. Dadurch wird ein Aufwuchs vom Bakterien im Leitungsnetz und im Reservoir reduziert.

Ultraviolettes Licht hat eine Wellenlänge von 100–380 nm. Das Absorptionsmaximum von DNA liegt bei ca. 260 nm. Aus diesem Grund werden für die Desinfektion im Wasser Strahler verwendet, die in diesem Wellenlängenbereich emittieren.

Die UV-Strahlen werden auch durch Trübstoffe im Wasser absorbiert. Um eine möglichst vollständige Desinfektionswirkung zu erreichen, ist es wichtig, dass das zu reinigende Wasser weitgehend trübstofffrei ist. Deshalb eignet sich die UV-Desinfektion nur am Ende einer Aufbereitungskette und kommt im neuen Seewasserwerk als letzte Aufbereitungsstufe zum Einsatz.

UV-ANLAGE IM SEEWASSERWERK

Zur Desinfektion von Trinkwasser werden Mittel- oder Niederdruckstrahler verwendet. Die zwei Strahlertypen unterscheiden sich u.a. bezüglich des Emissionsspektrums, des Energieverbrauchs, der Betriebstemperatur und der Sensibilität für Überhitzung sowie die Flexibilität bei der Leistungsregelung. Bei Niederdruckstrahlern liegt die Wellenlänge der UV-Strahlen bei 254 nm, also nah aber nicht direkt auf dem Absorptions-Peak von DNA. Niederdruckstrahler haben einen höheren Platzbedarf als Mitteldruckstrahler.

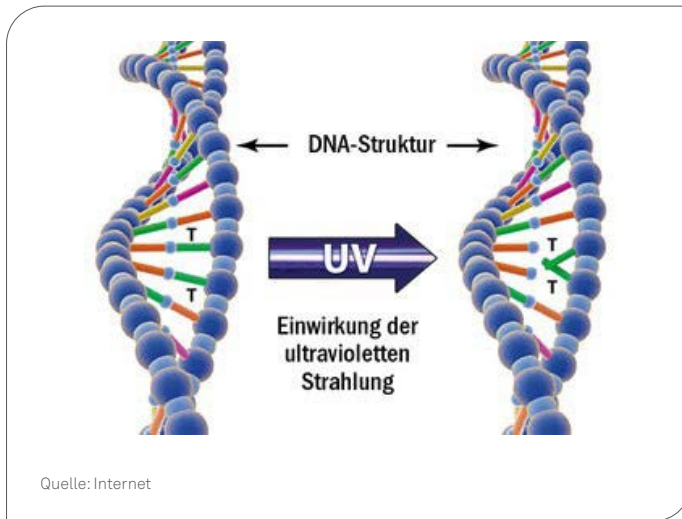
Mitteldruckstrahler weisen hingegen ein breiteres Emissionsspektrum auf, das den Absorptions-Peak von DNA und auch den von RNA (Erbinformation mancher Viren) abdeckt. Sie sind jedoch energieintensiver und die Leistung bei derselben eingespeisten Energie ist geringer.

Aufgrund des breiteren Emissionsspektrums und der flexiblen Leistungsregelung werden im neuen Seewasserwerk Mitteldruck-Quecksilberdampf Lampen installiert.



UV-LED

Es gibt vielversprechende Forschungsprojekte zum Einsatz von UV-emittierenden LED-Strahlern (Strahlern aus vielen Leuchtdioden, die im UV-Spektrum emittieren). Diese haben einen weitaus geringeren Energieverbrauch und eine erhöhte Lebensdauer im Vergleich zu den konventionellen Mittel- und Niederdruckstrahlern, die heute zum Einsatz kommen. Jedoch sind LED-Strahler noch nicht in grossindustriellem Massstab verfügbar. Es ist jedoch zu erwarten, dass sich dies in den nächsten Jahren ändern wird und LED-Strahler sich als kostengünstigere und nachhaltigere Alternative in der Wasserversorgung durchsetzen werden.



Im neuen Seewasserwerk werden die UV-Strahler intelligent eingesetzt: diverse Messparameter werden verglichen und die Strahler mit der jeweils minimalen Energiemenge betrieben, die für die gewünschte Desinfektion benötigt wird. Dadurch wird Energie gespart und die Lebensdauer der Strahler verlängert.



Energie Service Biel/Bienne

Gottstattstrasse 4, rue de Gottstatt · Postfach / Case postale · 2501 Biel/Bienne

T 032 321 12 11 · www.esb.ch