

## Grundlagen und Verfahren

Die Filtration ist auf dem Gebiet der Wasseraufbereitung in vielfältigster Art und Weise verbreitet. Unter Filtration werden alle Verfahren zusammengefasst, bei denen auf mechanischem Wege - aus einem Gemisch von Flüssigkeit und festen oder gelösten Substanzen - eine Trennung in Flüssigkeit (Filtrat) und aufkonzentrierte Substanzen (Retentat) erfolgt. Die Auswahl der Filtrationsverfahren oder auch mehrerer serieller Verfahrensschritte wird durch die Qualität des Rohwassers sowie durch die Anforderungen an das Reinwasser (Trink- oder Prozesswasser) bestimmt. Die minimale Größe der zurückgehaltenen Feststoffe wird über die Trenngrenze des Filters definiert.

- Problemstoffe** Problemstoffe im Rohwasser stellen insbesondere dar:
- Sand, Feststoffe, Trübstoffe und Partikel, abgelöste Inkrustierungen aus Rohrleitungen
  - gelöste Stoffe wie Eisen, Mangan und Arsen
  - aggressive Kohlensäure
  - Pestizide (PBSM), Chlorkohlenwasserstoffe (CKW) etc.
  - gelöste Salze (Meerwasser)
  - Verunreinigungen durch Kreislaufwasserführung (z. B. Kondensat-Dampf-Kreislauf)

**Trenngrenzen** Die Übersicht zeigt grob die Zuordnung der Filtrationsverfahren und deren Anwendung in Abhängigkeit von den Trenngrenzen.

Trennverfahren	Sieb-Filtration	Fein-Filtration	Partikel-Filtration	Mikro-Filtration (MF)	Ultra-Filtration (UF)	Nano-Filtration (NF)	Umkehr-Osmose (RO)
<b>Trenngrenzen</b>	> 500 µm	5 - 500 µm	1 - 10 µm	0,1 - 1 µm	0,01 - 0,1 µm	0,001 - 0,01 µm	< 0,001 µm
<b>abtrennbare Stoffe</b>	Körner, Sand, Fasern	Größere Partikel, Algen	Kleine Partikel, Keime, Bakterien, Algen	Kleinstpartikel, Keime, Bakterien, Viren	Viren und makro-molekulare Substanzen	nieder-molekulare Substanzen und Huminstoffe	Ionen
<b>Verfahren in der Wassertechnik</b>	Siebung, Zyklone, Sedimentation, Klärung	Gewebefilter, Tuchfilter, Spaltfilter	Mehrschicht-Schnellfilter, Membran-Filtration (MF)	Mehrschicht-Langsamfilter, Membran-Filtration (MF)	Membran-Filtration (UF)	Membran-Filtration (NF)	Umkehr-Osmose (RO)
<b>Trenngrenzen</b>	> 1 mm	500 µm	10 µm	1 µm	100 nm	10 nm	1 nm

- Filteranlagen** Wir dimensionieren, fertigen, liefern und montieren hochwertige und leistungsfähige Anlagen für die Filtration wie
- Kerzenfilter, Rückspülfilter
  - Kiesfilter / Mehrschichtfilter
  - Filteranlagen für Enteisung, Entmanganung und Arsenentfernung
  - Entsäuerungsfilter
  - Aktivkohlefilter
  - Membranfiltrationsanlagen (MF, UF, NF, RO) mit Polymer- und Keramik-Membranen

**Feinfiltration** Bei Verwendung von Trinkwasser aus der öffentlichen Wasserversorgung kann das Rohwasser aus kilometerlangen Rohrnetzen mit Rost, Sand, ausgebrochenen Inkrustierungen und anderen Feststoffen verunreinigt sein. Diese Feststoffe können mit Kerzenfiltern ausfiltriert werden.

Kerzenfilter sind nicht für die Aufnahme großer Schmutzmengen geeignet. Durch die Anlagerung der Feststoffe an der Filteroberfläche kann es bei großen Schmutzmengen zu einem raschen Anstieg des Differenzdruckes kommen. Kerzenfilter können durch Rückspülung gereinigt werden. Bei Erreichen eines definierten maximal zulässigen Differenzdruckes müssen die Filter gespült werden. Bei zunehmender Verkürzung der Rückspülintervalle müssen die Filterkerzen ausgetauscht werden. Kerzenfilter werden bei der Nanofiltration und Umkehrosmose in der Regel als Schutzfilter vorgeschaltet. Automatisch arbeitende Rückspülfilter oder Scheibenfilter werden in der Regel bei der Ultrafiltration als Schutzfilter vorgeschaltet.



Kerzenfilter

**Kiesfiltration / Mehrschichtfiltration** Im Gegensatz zur Kerzenfiltration stellt die Kiesfiltration - insbesondere die Variante Mehrschichtfiltration (Filtersande + Filterkohlen) - eine Tiefenfiltration dar. Bei der Mehrschichtfiltration passiert das Wasser verschiedene Schichten von Filtermaterial mit in Filtrationsrichtung zunehmender Feinheit. Schmutzstoffe lagern sich entsprechend ihrer Größe in unterschiedlichen Schichten im Filter ab. Mehrschichtfilter können große Mengen an Feststoffen aufnehmen und bei richtigem Aufbau und Betrieb hervorragende Filtrationsergebnisse liefern.

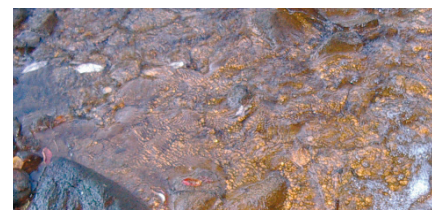


Insbesondere bei der Aufbereitung von Flusswasser gelangt die Kiesfiltration bzw. die Mehrschichtfiltration - in Verbindung mit Flockung - zum Einsatz. Der Filtration muss in diesen Fällen oft eine Sedimentationsstufe oder eine andere geeignete Voraufbereitung als erster Verfahrensschritt vorgeschaltet werden.

Kies-, Sand- und Mehrschichtfilter müssen regelmäßig durch Rückspülung gereinigt werden. Je nach Einsatzfall kommen reine Wasserspülung oder Luft-Wasserspülung zum Einsatz.

**Enteisung** Wasser mit erhöhtem Eisengehalt muss aufbereitet werden. In der Regel handelt es sich bei eisenhaltigen Wässern um reduzierte bzw. sauerstoffarme Wässer, in denen das Eisen meist gelöst in zweiwertiger Form vorliegt.

Zur Oxidation des Eisens wird komprimierte Luft oder Sauerstoff vor dem Filter in das Rohwasser eingebracht und mit diesem vermischt. Zur Enteisung können Einschicht- oder Mehrschichtfilter eingesetzt werden.



Das zweiwertige Eisen oxidiert mit Sauerstoff und bildet unlösliches Eisenoxidhydrat, welches im nachgeschalteten Filter zurückgehalten wird. Das zurückgehaltene Eisen führt zum Anstieg des Differenzdruckes im Filter. Die Rückspülung erfolgt im Regelfall in Abhängigkeit von der Durchsatzmenge. Bei Übersteigen eines definierten Differenzdruckes kann automatisch eine Zwangspülung eingeleitet werden. Je nach Automatisierungsgrad der Enteisungsanlage werden die Spülvorgänge vollautomatisch, halbautomatisch oder manuell durchgeführt.

Bei Wässern mit erhöhtem Huminstoffanteil reichen einfache Oxidationsmittel wie Luftsauerstoff häufig nicht aus. Hier kommen stärkere Oxidationsmittel wie Ozon, Wasserstoffperoxid oder Kaliumpermanganat zum Einsatz.

**Entmanganung** Gelöstes Mangan liegt in Wasser oft gleichzeitig mit Eisen vor. Die Oxidation des Mangans ist dann jedoch schwieriger, da Mangan erst nach Eisen oxidiert wird. Neben der chemischen und der biologisch ablaufenden Entmanganung kommen vorzugsweise katalytisch wirkende Filtermaterialien zum Einsatz. Die Entmanganung kann - je nach Mangangehalt des Rohwassers - mit einer oder mit zwei Filterstufen erfolgen.

Unter Verwendung von Ozon kann die Entmanganung grundsätzlich parallel mit der Enteisung in einer Mehrschicht-Filterstufe erfolgen, da Ozon sowohl Eisen als auch Mangan sicher und vollständig oxidiert.

**Arsen-entfernung** Neben Eisen und Mangan ist Arsen ein weiterer Spurenstoff, welcher insbesondere in reduzierten Grundwässern auftritt. Unter Verwendung von Ozon kann die Arsenentfernung parallel mit der Enteisung und Entmanganung in einer Mehrschicht-Filterstufe erfolgen.

**Alternativ** ist die Filtration über granuliertes Eisenhydroxid (GEH) möglich. Das zu filtrierende Wasser muss hierbei aber frei von Feststoffen, Eisen und Mangan sein. Bei diesem Verfahren lagert sich Arsen an das GEH-Material an. Angelagertes Arsen kann nicht mittels Rückspülung aus dem Filter entfernt werden. Nach der kalkulierten Standzeit (2 - 3 Jahre) muss das Material deshalb ausgewechselt bzw. erneuert werden.

**Entsäuerung** Bei natürlichen Quell- und Grundwässern tritt manchmal ein Überschuss an Kohlensäure auf, der durch aufbereitungstechnische Maßnahmen korrigiert werden muss.

Durch Filtration über calciumkarbonathaltige Materialien (halbgebrannter Dolomit, Marmor oder Jurakalk) findet eine Neutralisation der freien aggressiven Kohlensäure bis zum Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht statt. Die freie Kohlensäure löst hierbei Calciumkarbonat aus dem Filtermaterial. Dadurch kommt es zu einer Aufhärtung des Wassers. Entsäuerungsfilter müssen grundsätzlich auf der Basis einer aktuellen und repräsentativen Wasseranalyse dimensioniert werden. Dolomitische Filtermaterialien neigen bei Unterlast zur Überalkalisierung. Entsäuerungsfilter müssen mit Luft und Wasser gespült werden können.



**Ozon-Biofiltration**

Der Gehalt an natürlichen organischen Stoffen NOM (Natural Organic Matter) ist bedeutend, wenn ein Wasser für die Trinkwasserversorgung genutzt werden soll. Die NOM-Konzentration wird analytisch erfasst als die Summe des gelösten organischen Kohlenstoffes DOC (Dissolved Organic Carbon). Huminstoffhaltige Wässer mit erhöhten DOC-Gehalten/Färbung sollten ohne Wasseraufbereitung nicht zur Trinkwasserversorgung verwendet werden.

Bei der Ozon-Biofiltration handelt es sich um einen etablierten, naturnahen Weg zur Aufbereitung huminstoffhaltiger Wässer. Das Verfahren nutzt die biologischen Wirkungsmechanismen im Filterbett zur Reduktion des TOC/DOC im Zusammenhang mit einer vorausgehenden Ozonisierung. Unter der Einwirkung von Ozon als starkem Oxidationsmittel werden die organischen Kohlenstoffverbindungen mit hohem Molekulargewicht gespalten, die Färbung massiv reduziert und die Konzentrationen der Verbindungen mit niedrigerem Molekulargewicht erhöht. Ein Teil dieser so geschaffenen Verbindungen ist biologisch verfügbar und kann in der nachfolgenden (Bio-)Filtrationsstufe abgebaut werden.

Besonders vorteilhaft ist die hohe Umweltfreundlichkeit, da - im Gegensatz zu Nanofiltrationsanlagen bzw. zur Umkehrosmose - so gut wie keine umweltbelastenden Substanzen eingesetzt werden müssen und der Energieverbrauch minimiert ist.

Die Auslegung einer Ozon-Biofiltrationsanlage erfordert eine große Erfahrung. Aus diesem Grunde können hier keine allgemeingültigen Daten angegeben werden.

**Membranfiltration**

Unter Membranfiltration werden folgende Verfahren zusammengefasst:

- Mikrofiltration (MF)
- Ultrafiltration (UF)
- Nanofiltration (NF)
- Umkehrosmose (UO/RO)

Membranfiltrationstechniken werden für die unterschiedlichsten Anwendungen im Bereich der Wasseraufbereitung - oft in Kombination mit klassischen Verfahren - eingesetzt.



**Nanofiltrationsanlage zur Enthärtung und Spurenstoffentfernung**

Neben Standard-Racks konzipieren wir anwendungsorientierte Sonderanlagen mit unterschiedlichsten Membranen für nahezu alle Anwendungsfälle im Bereich der Wasseraufbereitung. Besonderer Schwerpunkt sind hier die keramischen Membranen mit Ozon-Regeneration.

Keramische Membranen sind extrem beständig und punkten mit wesentlich höheren Permeabilitäten gegenüber PES-Membranen. Der höhere Preis kann durch geringere erforderliche Membranflächen kompensiert werden.