

Definition

Filtration: Mechanisches Trennverfahren, bei welchem eine Flüssigkeit mit unlöslichen Feststoffen oder suspendierten Teilchen ein permeables oder poröses Medium durchläuft, welches für Flüssigkeiten durchlässig ist. Dabei werden die Partikel, deren Durchmesser grösser ist als die Porenweite des Filters, im Filterkuchen zurückgehalten.

Bei einer Filtration müssen sämtliche Partikel in der entsprechenden Filtrationsschärfe zurückgehalten werden, ohne dass jedoch die chemische Zusammensetzung verändert wird. Echte Lösungen werden in ihrer chemischen Zusammensetzung durch die Filtration nicht verändert. Lediglich mit der Umkehrosmose können echte Lösungen verändert werden.

Membrane: Trennschicht in Form einer dünnen Folie aus Polymerkunststoff, welche durch ihre poröse Struktur die selektive Trennung der verschiedenen Bestandteile ermöglicht.

Retentat : Begriff aus der Membrantrenntechnik, welcher die bei einer Filtration zurückgehaltenen Stoffe beschreibt. Das Gegenstück des Begriffs Retentat ist Permeat. Das Retentat wird auch als Unfiltrat oder Konzentrat bezeichnet.

Permeat: Flüssigkeit, welche mit einer Membrane von bestimmten Organismen oder Stoffen (z.B. Hefen, Bakterien, Salze, etc.) befreit wurde. Das Permeat wird auch Filtrat genannt.

Filterkuchen: Ansammlung der im Filter zurückgehaltenen Stoffe. Im Verlauf der Filtration wird der Filterkuchen dicker und behindert zunehmend die Filtration, da kontinuierlich Feststoffe anfallen.

Fouling: Bildung einer leistungsmindernden Deckschicht durch kolloidale anorganische und organische Stoffe, welche von der Membrane adsorbiert oder durch einen zu hohen Transmembrandruck in die Membrane hineingedrückt wurden.

Biofouling: Bildung einer leistungsmindernden Deckschicht durch schleimbildende Bakterien.

Scaling: Anlagerung von anorganischen Stoffen wie Salzen an der Membranoberfläche durch Überschreiten der Löslichkeit

Porenweite: Mass für die Grösse der im Filter zurückgehaltenen Teilchen.

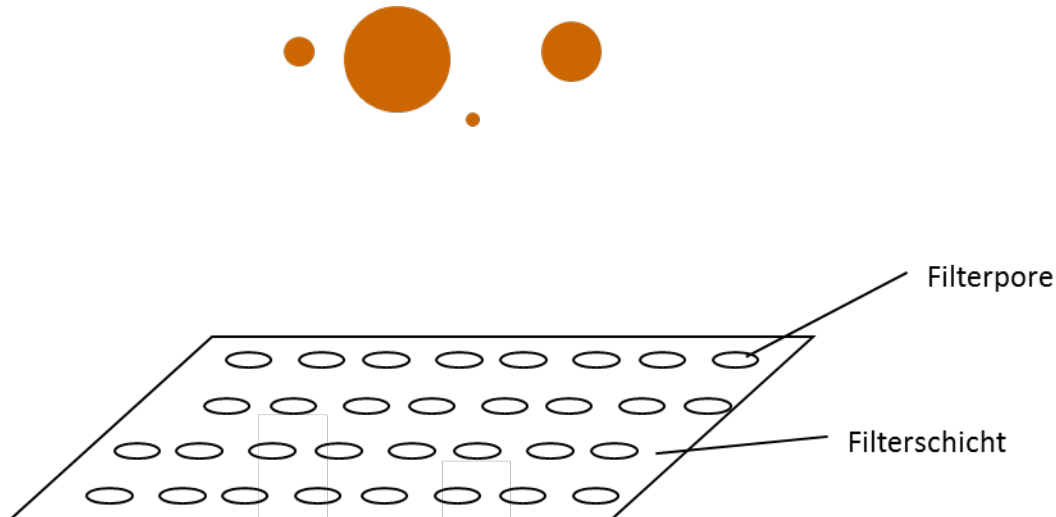
Durchflusszahl: Charakterisiert das Flüssigkeitsvolumen, welches eine gegebene Filterfläche in einer bestimmten Zeit durchfliesst. Die Durchflusszahl wird in $l/(m^2h)$, $l/(Filterschicht\ h)$, $l/(Kerze\ h)$, $l/(Filter\ h)$ ausgedrückt.

Filtrierkapazität: Gibt die Gesamtmenge Flüssigkeit an, welche pro Einheit filtriert werden kann ohne die dafür benötigte Zeit zu berücksichtigen. Die Filtrierkapazität wird in l/m^2 , $l/Filterschicht$, $l/Modul$ ausgedrückt.

Grundlagen der Filtration

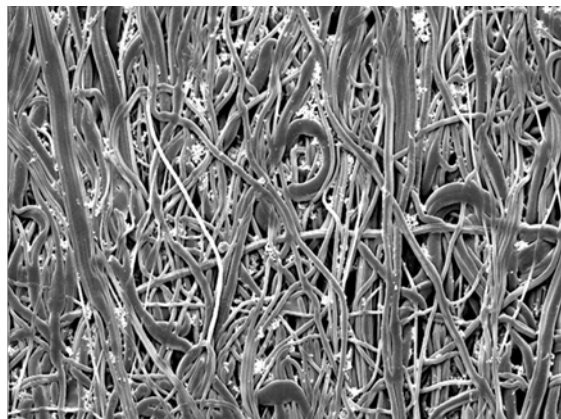
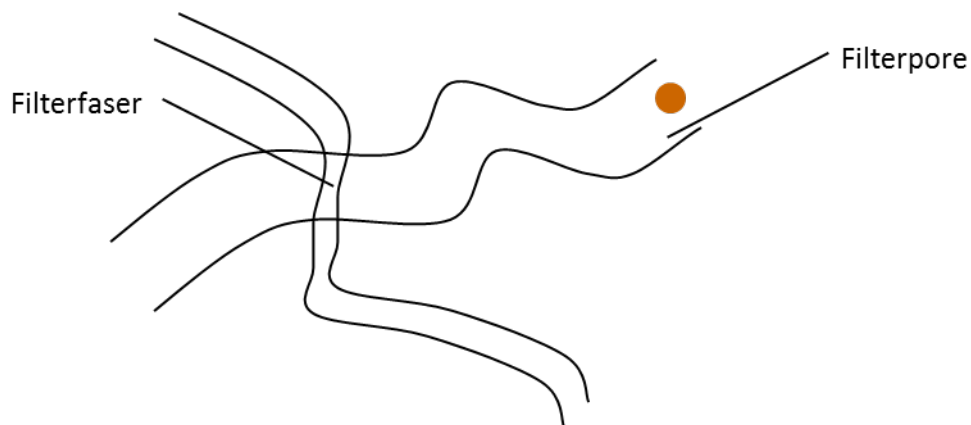
Die Filtration funktioniert nach folgenden beiden Prinzipien:

- **Siebwirkung:** der Porendurchmesser der Filterschicht bestimmt die Maximalgrösse der Partikel, welche die Filterschicht passieren können. Nachteil dieses Prinzips ist, dass die Poren mit fortschreitender Filtration verstopft werden.



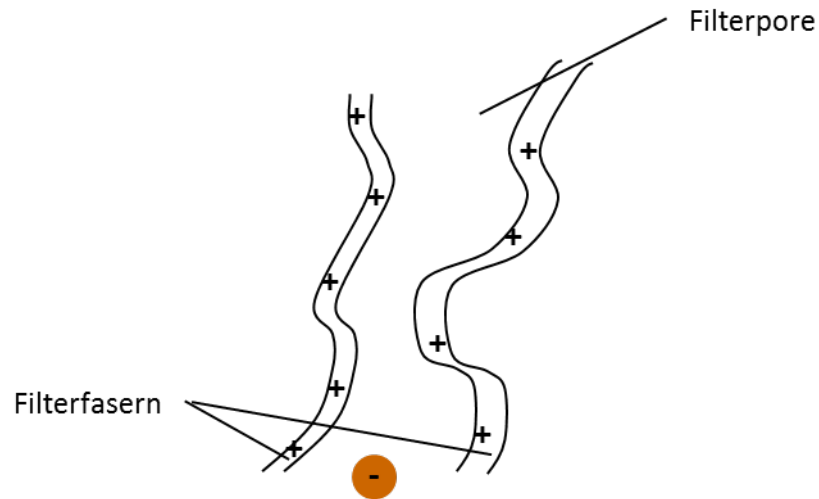
- **Tiefenwirkung:** Die Filtermatrix besteht aus einem dreidimensionalen Netzwerk von monofilamentös gesponnenen verbundenen oder hitzefusionierten Fasern mit relativ ungerichteter Struktur. Der Vorteil der Tiefenwirkung ist die hohe Partikelaufnahmekapazität ohne frühzeitige Verblockung.

durch Absorption: Kleine Partikel können in einer Pore durch quer stehende Filterfasern zurückgehalten werden. Durch die geringe Strömungsgeschwindigkeit können sich die Partikel innerhalb der Poren absetzen.

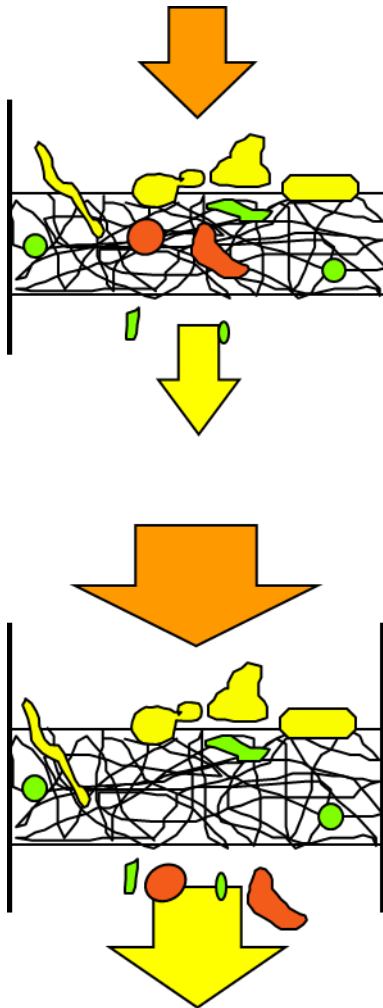


Tiefenfilter-Struktur aus Polypropylen

durch Adsorption: Durch die positive elektrostatische Ladung (sog. Zeta-Potenzial) des Filtermaterials können negativ geladene Teilchen angezogen und festgehalten werden, welche langsam in der Nähe einer Faser vorbei fließen. Das Zetapotenzial ist abhängig vom pH, der Temperatur, der Fließgeschwindigkeit und der elektrostatischen Ladung.



Tiefenfiltration



Bei der Tiefenfiltration ist keine "absolute" Rückhaltung gewährleistet. Die nominelle Rückhalterate wird insbesondere beeinflusst durch den Faserdurchmesser, die Packungsdichte der Fasern und die Filterdicke.

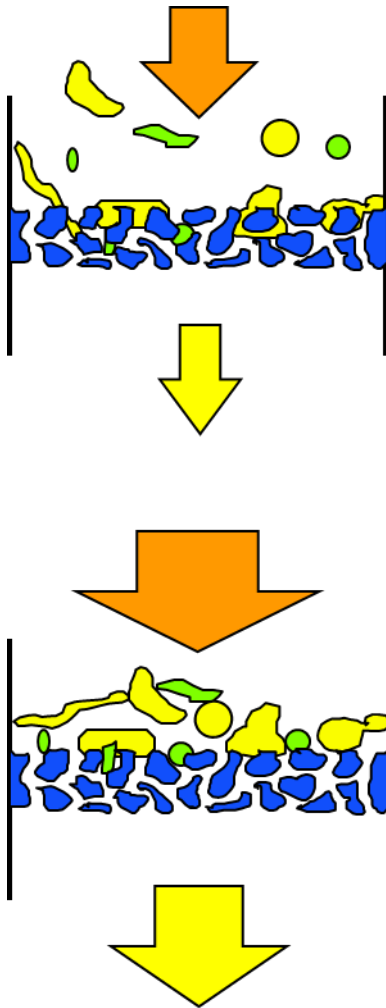
Der Filtrationseffekt beruht auf der Siebwirkung, auf der Tiefenwirkung und bei elektrostatisch geladenen Schichten auf der Adsorption durch das so genannte Zeta-Potenzial.

Die Rückhalterate wird durch Partikel-Rückhaltetests mit Laser-Partikelzählgeräten qualifiziert (ca. 95%ige bis 99,99%ige Rückhaltung von Latex-Partikeln einer bestimmten Größe).

Vorteil: Kontinuierliche Filtration durch Tiefeneffekt

Grenzen: Bei hohen Differenzdrücken und Druckstößen (Pulsationen) nur begrenzte Sicherheit gegenüber Partikeldurchbrüchen.

Membranfiltration: Frontalfiltration (auch als *Dead End-Filtration* bezeichnet)



Die Filtermatrix besteht aus einer schwammartigen homogenen Porenstruktur mit hoher mechanischer Stabilität und Druckfestigkeit, vergleichbar mit einer vielschichtigen Struktur aus seitlich versetzten Sieben.

Die Rückhaltung von Partikeln und Mikroorganismen erfolgt hauptsächlich auf und in der Nähe der Oberfläche der Filtermatrix auf mechanische Weise. Die zu filtrierende Flüssigkeit wird dabei frontal zur Membrane zugeführt. Je höher jedoch der Eingangsdruck ist, desto mehr werden die Partikel in die Membranstruktur gedrückt, was zu einer frühzeitigen Verblockung führen kann.

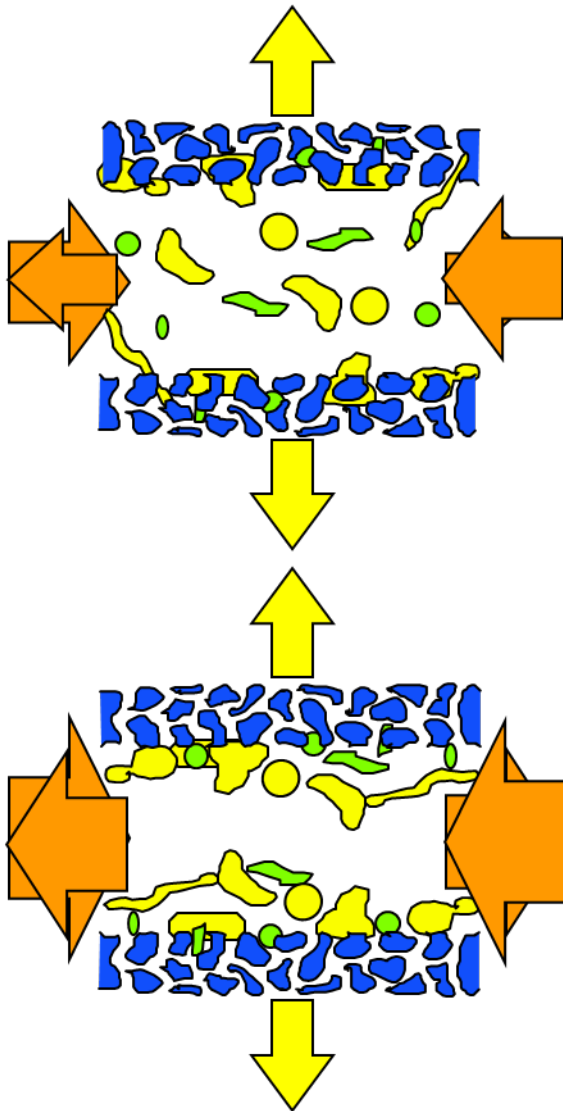
Absolute Rückhaltung, herstellbar in verschiedenen mittleren Porengrößen. Die Porengröße kann mit Porometer bestimmt oder z.T. auch durch Rückhalteraten in Bezug auf bestimmte Testkeime (Größe und Anzahl/Filterfläche) mikrobiologisch qualifiziert werden.

Vorteil: Hohe Sicherheit gegen Durchbrüche, auch bei höheren Differenzdrücken und Druckstößen.

Grenzen: Bei Pulsationen treten Ermüdungserscheinungen der Membrane auf wobei diese in ihrer Funktion nachlässt und plötzlich durchbrechen kann.

Membranfiltration: Tangentialfiltration

(auch als *Querstrom-* oder *Cross-Flow-Filtration* bezeichnet)



Die Filtermatrix hat prinzipiell dieselbe Struktur wie bei der Frontalfiltration. Im Unterschied dazu wird die zu filtrierende Flüssigkeit jedoch tangential zur Membrane zugeführt und die Membranen sind symmetrisch angeordnet.

Die Rückhaltung von Partikeln und Mikroorganismen erfolgt hauptsächlich auf und in der Nähe der Oberfläche der Filtermatrix auf mechanische Weise. Auch hier gilt, dass bei zu hohen Eingangsdrücken die Membranen frühzeitig verblocken können.

Die tangentielle Anströmung verhindert, dass sich die Partikel zu stark in der Membrane festsetzen können. Dieser Effekt wird zusätzlich noch verbessert, indem die Anströmrichtung in regelmässigen Zeitabständen gewechselt wird.

Vorteil: Hohe Sicherheit gegen Durchbrüche, auch bei höheren Differenzdrücken und Druckstößen.

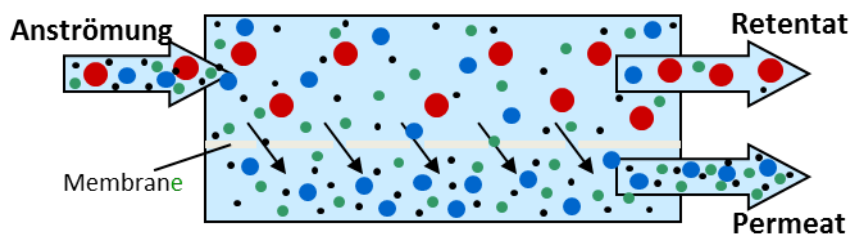
Grenzen: Bei Pulsationen treten Ermüdungserscheinungen der Membrane auf wobei diese in ihrer Funktion nachlässt und plötzlich durchbrechen kann.

Trennverfahren

Mikrofiltration (MF)

Die Mikrofiltration ist ein druckgetriebener Separationsprozess mit einer Membrane, wobei Partikel zwischen $0.1 \mu\text{m}$ und $5 \mu\text{m}$ abgetrennt werden. Rechnet man diese Trennschärfe in das Molekulargewicht um, so ist dieses $> 200'000$ Dalton

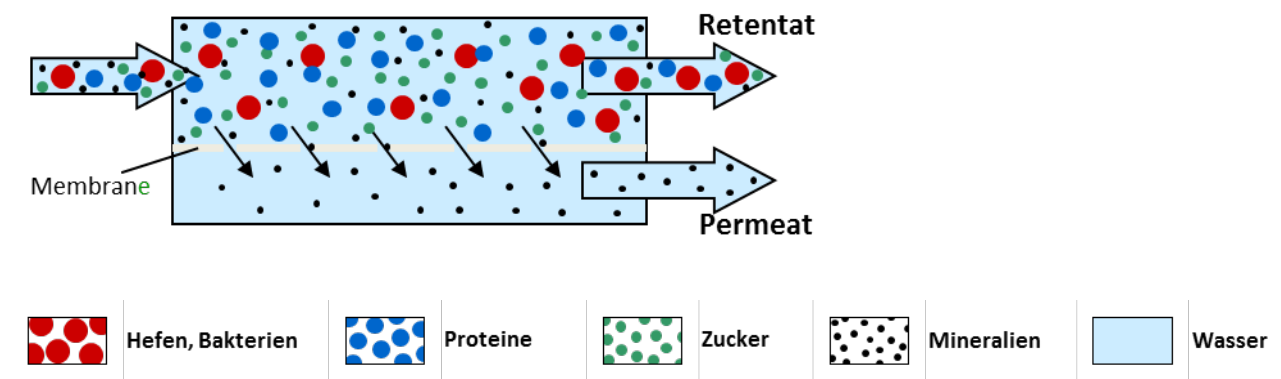
Anwendungsgebiete: Sterilfiltration von Getränken, Fraktionierung von Kasein und Molkeproteinen in Magermilch, Reinigung von Salzbadlösungen in der Käseherstellung, Rohstoffgewinnung in der Nahrungsmittelindustrie



Ultrafiltration (UF)

Die Ultrafiltration ist ein druckgetriebener Separationsprozess mit einer Membrane, wobei Partikel zwischen $0.002\mu\text{m}$ (entspricht 2nm) und $0.1\mu\text{m}$ abgetrennt werden. Dies entspricht einem Molekulargewicht zwischen $1'000$ und $200'000$ Dalton

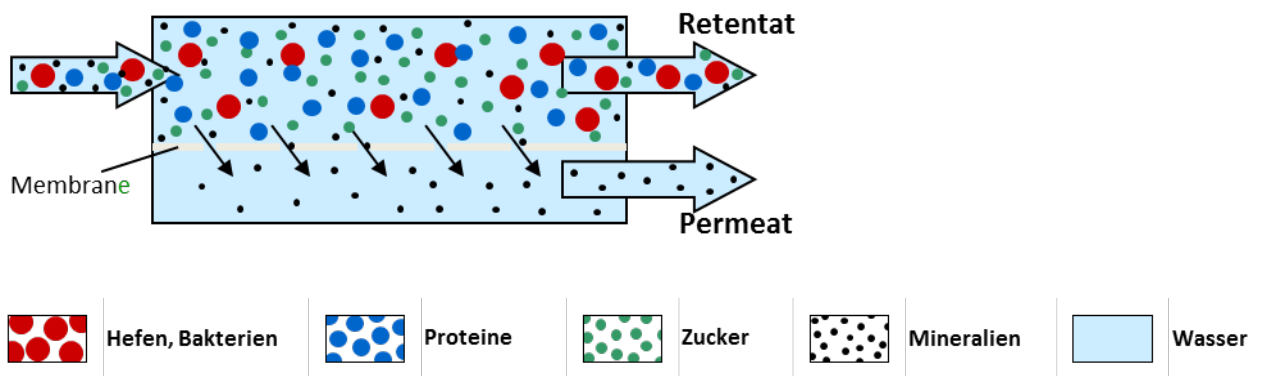
Anwendungsgebiete: Rückgewinnung von Filtrerrückspülwasser, Proteinanreicherung aus Molke, Essigfiltration, Trennung von Öl/Wasser-Emulsionen, Abtrennung von Biomasse in der Biotechnologie, Rückhaltung von Viren in Wasser



Nanofiltration (NF)

Die Nanofiltration ist ein druckgetriebener Separationsprozess mit einer Membrane, wobei Partikel kleiner als $0.002\mu\text{m}$ (entspricht 2nm) abgetrennt werden. Dies entspricht einem Molekulargewicht zwischen 100 und 1'000 Dalton

Anwendungsgebiete: Entalkoholisierung, Reduzierung Alkoholgehalt von Bier und Rotwein im Diafiltrationsmodus, Entfernung von Trübungen/Farbstoffen aus Zuckersirup, Konzentration und Reinigung von Eiweiss, Abtrennung organischer Verunreinigungen (Pestizide, Insektizide) in der Trinkwasseraufbereitung, Filtration von Laugen/Säuren



Umkehrosmose (RO)

Die Umkehrosmose ist ein druckgetriebener Separationsprozess mit einer Membrane, wobei kleine Moleküle mit einem Molekulargewicht von weniger als 100 Dalton abgetrennt werden. Eine Umkehrosmose-Membrane hat keine Poren und ist deshalb halbdurchlässig (semipermeabel).

Anwendungsgebiete: Mostanreicherung, Konzentrieren von Apfelsaft, Rückgewinnung von Enzymen aus tierischen und pflanzlichen Geweben, Aufkonzentrieren von Molke, Entalkoholisierung von Weisswein im Diafiltrationsmodus, Entsalzung von Meerwasser, Aufbereitung von Prozesswasser zur Mehrfachnutzung

