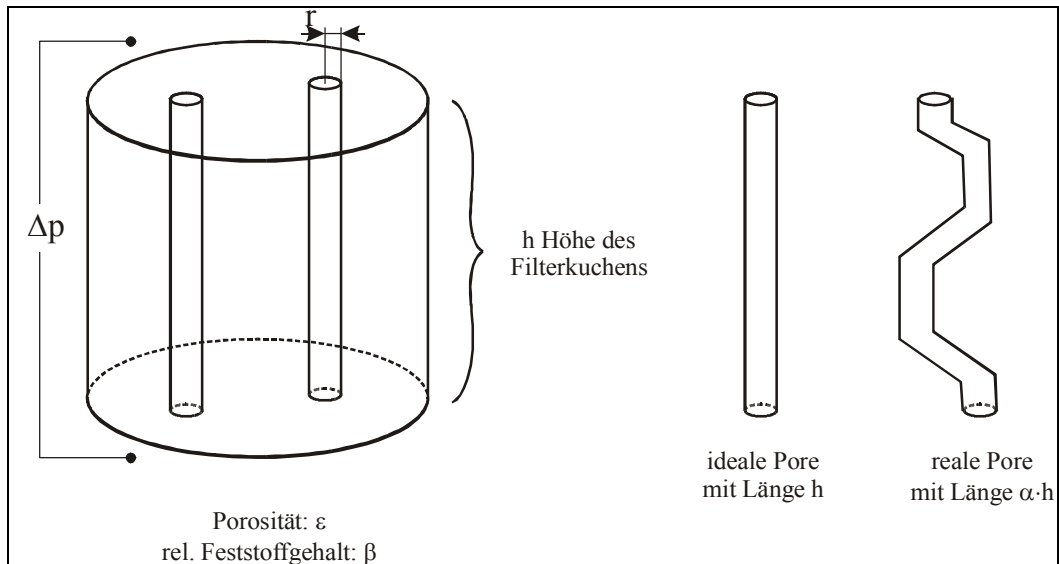


Filtration

Um Suspensionen zu trennen, werden häufig Filtrationstechniken eingesetzt. Hier sind im Allgemeinen Dead-end-Filtrationen als batch-Prozess oder Cross-flow-Filtrationen als dynamischer Prozess in der Verwendung. Bei der Dead-end-Filtration wird das gesamte zu filtrierende Volumen durch das Filterhilfsmittel gepresst. Die Festbestandteile werden hier nach Eigenschaften des Filtrationsmittels zurückgehalten. Bei der Cross-flow-Filtration wird das zu filtrierende Volumen tangential am Filtrationsmittel vorbeigeführt. Die Porengröße der Filtermaterialien bestimmt die Ausschlussgrenze. Wichtige Filtrationssysteme sind Mikrofiltration, Ultrafiltration und Nanofiltration. Die reverse Osmose wird für die Wasseraufbereitung eingesetzt.

Bei der Dead-end-Filtration sieht man, dass während der Filtration der Filterwiderstand durch die Zunahme des Filterkuchens anwächst. Um weiter hohe Durchflussraten für das Filtrat zu ermöglichen, ist es deshalb unerlässlich, einen steigenden Druckunterschied über den Filterkuchen anzulegen. Dies kann durch Aufgeben von Überdruck auf der Aufgabeseite oder durch Anlegen von Unterdruck auf der Filtratseite geschehen. Bei biotechnologischen Medien erweist sich die Filtration oftmals als problematisch, da die Partikel unter Druck zusammengepresst werden und oftmals schleimige chelatinöse Materialien vorhanden sind, die einen weiteren Anstieg des Druckverlusts über den Filterkuchen zur Folge haben. Die Zugabe von Filterhilfsmitteln, beispielsweise von Kieselgur ermöglicht es, die Porosität des Filterkuchens größer zu halten, um bessere Filtrationsraten zu erreichen. Oftmals wird das Filtern selbst mit einer Schicht des Filterhilfsmittels bedeckt, bevor die Filtration beginnt. Dabei ist zu beachten, dass das Filterhilfsmittel nicht die Produkte adsorbiert und somit die Filtration ineffizient gestaltet. Zu beachten ist auch, dass der Filterkuchen dann mit dem Filterhilfsmittel belastet ist und oftmals nicht einfach entsorgt werden kann. Darüber hinaus kann es unter nicht sterilen Bedingungen bei längeren Filtrationszeiten zu Fouling-Problemen kommen. Falls Sterilfilter verwendet werden, lässt sich das Filtrat unter sterilen Bedingungen gewinnen.



Die Abbildung zeigt, dass der Filtrationskuchen bei der Dead-end-Filtration als poröses zylinderförmiges System betrachtet werden kann. Durch die Poren mit einem Durchmesser r fließt das Filtrat, getrieben von einer Druckdifferenz Δp . Die Höhe des Filterkuchens ist h .

Die laminare Strömung durch die Poren kann mit dem Hagen-Poiseuilleschen Gesetz beschrieben werden:

$$(1) \quad \dot{V} = \frac{\Delta p \cdot \pi \cdot r^4}{8\mu \cdot h}$$

Hier ist \dot{V} der Volumenstrom des Filtrats und μ die dynamische Viskosität des Mediums. Bei diesem Ansatz ist zu bedenken, dass die Höhe h und der Druckabfall nicht konstant sind. Der Porenradius r wird sich verringern, wenn der Filterkuchen komprimiert wird. Um die Abweichung der Poren vom Idealzustand zu beschreiben, wird der Labyrinthfaktor $\alpha \geq 1$ eingeführt. Die Länge der Poren wird damit $\alpha \cdot h$ und im Filterkuchen sind Z Poren insgesamt vorhanden. Die Gesamtfläche des Filterkuchens ist mit dem Porositätsfaktor ε insgesamt:

$$(2) \quad A = \varepsilon \cdot Z \cdot \pi \cdot r^2$$

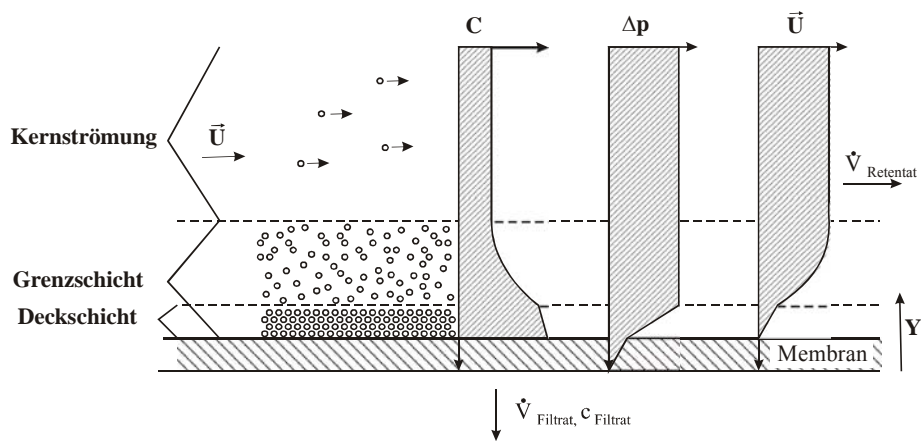
Somit ergibt sich mit (1):

$$\dot{V} = \frac{A \cdot \Delta p \cdot r^2}{\varepsilon \cdot \delta \mu \cdot \alpha \cdot h}$$

Bei Einführung der Durchlässigkeitskonstanten K erhält man aus (II) die D'Arcy-Filtergleichung

$$(3) \quad \dot{V} = A \cdot k \cdot \frac{\Delta p}{\mu \cdot h}$$

Dynamische Filtration



Es gilt mit

$$\dot{V}_{\text{spez}} = \text{spez. Filtratstrom}$$

und

$$\dot{V}_{\text{spez}} = \frac{\dot{V}_{\text{Filtrat}}}{A}$$

$$c_F \cdot \dot{V}_{\text{spez}} = c \cdot \dot{V}_{\text{spez}} - D \cdot \frac{dc}{dy}$$

Integrieren:

$$D \cdot dc = \dot{V}_{\text{spez}} (c_F - c) \cdot dy$$

$$\int_{c_M}^c \frac{D \cdot dc}{(c_F - c)} = \int_0^y \dot{V}_{\text{spez}} \cdot dy$$

$$c_M \text{ bei } y = 0 \quad \frac{c_M - c_F}{c - c_F} = e^{\frac{\dot{V}_{\text{spez}} \cdot y}{D}}$$

Grenzschichtdicke: δ

Kernströmung: c_K

$$\dot{V}_{\text{spez}} = \frac{D}{\delta} \cdot \ln \frac{c_M - c_F}{c_K - c_F}$$

$$\dot{V}_{\text{spez}} = k \cdot \ln \frac{c_M - c_F}{c_K - c_F}$$

mit $k \hat{=} \text{Stofftransportkoeffizient}$

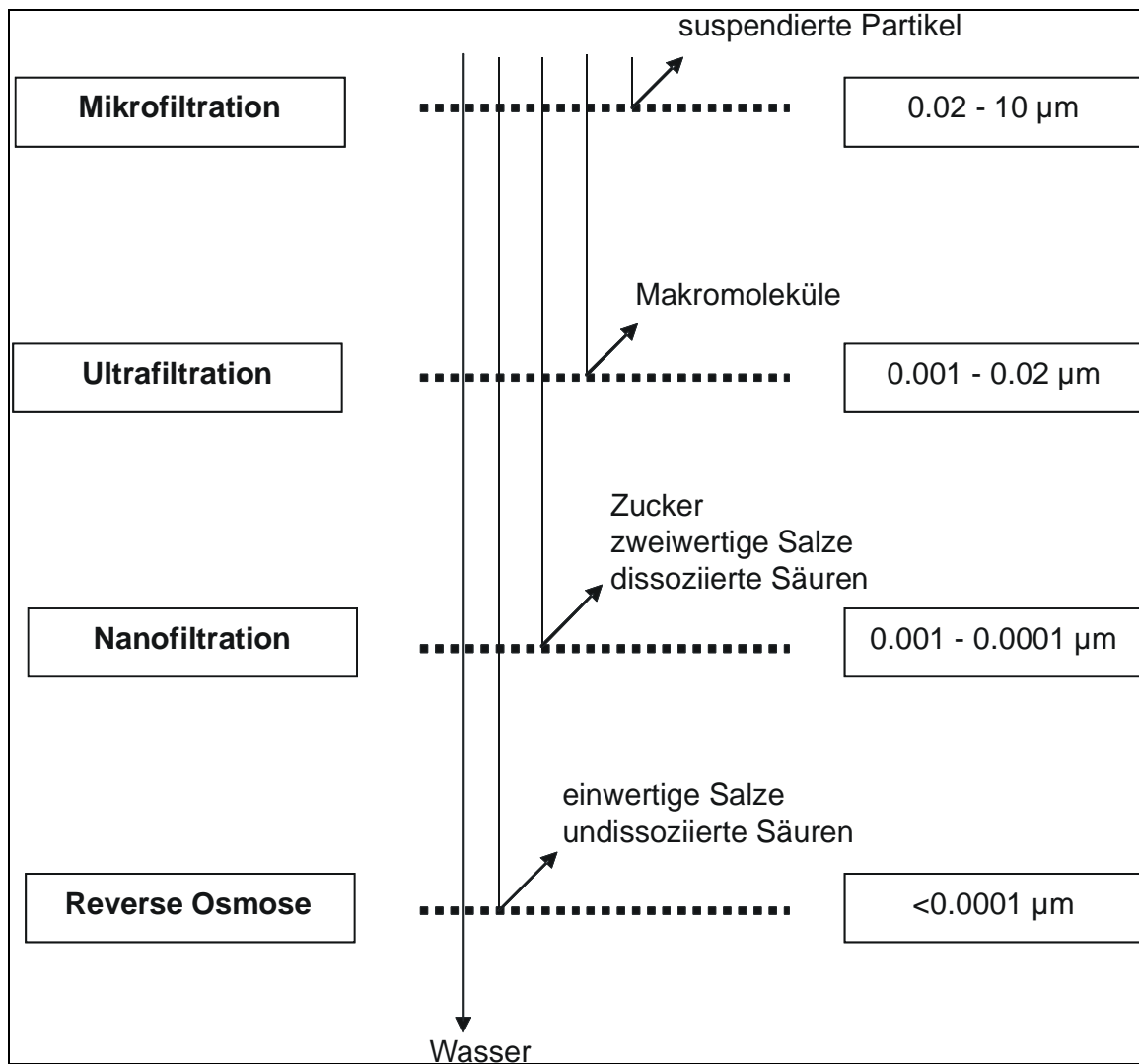


Abbildung Wichtige Filtrationssysteme