

---

Messinger Engineering  
David-Hess-Weg 34  
CH-8038 Zürich

✉ info@membranfiltration.ch

📞 +41 79 390 60 48

---



Membrantechnik - Konzepte und Anwendungen

# Ultrafiltrationsmembranen

<b>1 Charakterisierung</b>	<b>2</b>
1.1 Rückhalt von Testlösung abhängig . . . . .	2
1.2 Charakterisierung von Reinigung abhängig . . . . .	2
1.3 Einschränkung Werkstests . . . . .	2
<b>2 Selektivität</b>	<b>3</b>
2.1 Branchenspezifische Tests . . . . .	3
2.2 Testlösungen . . . . .	3

# 1 Charakterisierung

Der wichtigste Parameter zur Charakterisierung einer Ultrafiltrationsmembran (UF-Membran) ist ihre Rückhaltekapazität, welche eigentlich über einen genormten Molecular Weight Cut-Off (MWCO) definiert werden sollte. Der MWCO ist dabei als das Molekulargewicht eines Referenzstoffes, von dem unter eindeutig definierten und reproduzierbaren Prüfbedingungen mindestens 90 % von der Membran zurückgehalten werden.

Für die Bestimmung des MWCO werden derzeit keine einheitlich standardisierten Prüfverfahren angewendet, welche die Art der Testsubstanz, deren Konzentration, die Zusammensetzung der Testlösung sowie die Betriebsbedingungen eindeutig festlegen. Stattdessen verwenden die Hersteller jeweils eigene Testlösungen und individuell definierte Prüfbedingungen, wodurch die angegebenen MWCO-Werte nur eingeschränkt vergleichbar sind. Die auf Datenblättern ausgewiesenen MWCO-Angaben sind daher lediglich als orientierende Kennwerte zu interpretieren und dürfen nicht als alleinige Grundlage für den Vergleich oder die Auswahl von UF-Membranen herangezogen werden.

## 1.1 Rückhalt von Testlösung abhängig

Membranen, die die internen Qualitätstests des Herstellers bestehen und vom Hersteller als identisch angesehen werden, können sich unter realen Bedingungen dennoch unterschiedlich verhalten. Dies liegt daran, dass reale Betriebsbedingungen, wie die Zusammensetzung des Mediums und die spezifischen Betriebsparameter, einen erheblichen Einfluss auf das Verhalten der Membran haben. Auch standardisierte Qualitätskontrolltests können komplexe Prozessbedingungen nicht vollständig nachbilden.

## 1.2 Charakterisierung von Reinigung abhängig

Ein weiterer Aspekt ist die Veränderung der Membranen im Laufe der Zeit, insbesondere aufgrund der Auswirkungen von Reinigungsprozessen. Wenn es also darum geht, zwei Membranen zu vergleichen, genügt es nicht, diese nur beim ersten Produktionslauf zu beobachten. Die Membranen können sich im Laufe der Zeit unterschiedlich verhalten. Bleiben sie nach einigen Reinigungen stabil oder zeigen sich bereits nach ein oder zwei Reinigungen Unterschiede? Bei der Beurteilung der Gleichwertigkeit von Membranen müsste daher die Langzeitstabilität und die Beständigkeit gegenüber Reinigungschemikalien mit berücksichtigt werden.

Es ist daher möglich (und in der Tat oft der Fall), dass sich zwei Membranen, die die internen Qualitätstests des Herstellers bestehen, unter realen Bedingungen unterschiedlich verhalten. Dies liegt daran, dass die tatsächlichen Betriebsbedingungen, wie die Zusammensetzung des Zulaufstroms und die Betriebsparameter, für die Leistung der Membranen entscheidend sind und nicht durch standardisierte Tests erfasst werden.

Diese Inkonsistenz kann zu unerwartetem Verhalten in realen Anwendungen führen, da selbst identische Testbedingungen möglicherweise keine ähnlichen Ergebnisse bei verschiedenen Membranlieferanten garantieren.

### 1.3 Einschränkung Werkstests

Es kann also nicht mit Sicherheit behauptet werden, dass zwei Membranen (die in unterschiedlichen Chargen hergestellt wurden) bei realen Zufuhrlösungen identische Leistung erbringen. Dies gilt insbesondere dann, wenn der Vergleichstest mit einer Lösung durchgeführt wird, die nur wenige Substanzen enthält. Die Komplexität realer Zufuhrlösungen beinhaltet mehrere Wechselwirkungen, die ein vereinfachter Test nicht nachbilden kann.

Zwei Membranen können unter kontrollierten Bedingungen die gleichen Ergebnisse in Bezug auf Rückhaltung und Fluss erzielen, was jedoch nicht unbedingt bedeutet, dass sie in einem realen Prozess mit einer komplexeren Flüssigkeit, wie z. B. einer flüssigen Lebensmittel- oder Biotech-Lösung, gleichwertig funktionieren. Komplexe Flüssigkeiten führen zu zusätzlichen Variablen, die das Verhalten der Membran beeinflussen können, sodass eine identische Leistung in einfacheren Tests weniger aussagekräftig für die Ergebnisse in der Praxis ist.

## 2 Selektivität

Selektivität ist keine inhärente Eigenschaft der Membran. Stattdessen ist Selektivität ein Prozessparameter, der von der spezifischen Zusammensetzung der Testlösung, dem Prozessparameter und der Membran abhängt. Testlösungen und -parameter beeinflussen die Abstossungs- und Flussraten. Selektivität und Fluss hängen von der Membran und ihrer Verwendung ab. Abstossung und Fluss werden von vielen Faktoren beeinflusst, darunter Molekülgröße, Ladung, Polarität und die Wechselwirkungen zwischen mehreren Substanzen sowohl untereinander als auch mit der Ultrafiltrationsmembran. Diese Faktoren beeinflussen, wie leicht Moleküle die Membran passieren oder von ihr blockiert werden, und sie können je nach spezifischer Zusammensetzung der Lösung, den Oberflächeneigenschaften der Membran und den Betriebsbedingungen wie Druck und Temperatur variieren. Daher wird die Leistung der Membran nicht durch eine einzelne Variable bestimmt, sondern durch das komplexe Zusammenspiel all dieser Elemente.

Die Qualität eines Tests wirkt sich auf die Ergebnisse aus. Ein guter Test liefert genaue und nützliche Informationen, während ein schwacher Test irreführende oder unvollständige Ergebnisse liefern kann. Ein Qualitätssicherungstest soll sicherstellen, dass die Eigenschaften von Membranen von Charge zu Charge gleich bleiben (Konsistenz der Produkte). Die Fragen, die wir mithilfe von Analysewerkzeugen stellen, ähneln den Fragen, die wir stellen würden, wenn wir zwei Personen miteinander vergleichen. Der folgende Vergleich veranschaulicht die Komplexität, die hinter der Sicherstellung der Produktkonsistenz steht: Zwei Personen können zwar das gleiche Alter und Geschlecht haben, aber das macht sie noch nicht wirklich ähnlich. Es sind viel mehr Fragen und übereinstimmende Antworten erforderlich, um mit Sicherheit sagen zu können, dass zwei Personen in ihrer Persönlichkeit, ihren Interessen, ihrem Verhalten usw. ähnlich sind. Dasselbe gilt für Membranen.

Nur durch Tests und Vergleiche, die über die Grundlagen wie Durchfluss und Rückhaltung hinausgehen, können wir wirklich herausfinden, ob die Membranen in Bezug auf Struktur, Leistung und Langlebigkeit im Wesentlichen gleich sind.

## 2.1 Branchenspezifische Tests

Eine Möglichkeit, die Probleme der Membranäquivalenz zu lösen, könnte darin bestehen, dass Hersteller neben den bereits vorhandenen Standardtests zusätzliche branchenspezifische Tests anbieten. Diese zusätzlichen Tests müssen nicht validiert werden, bieten den Kunden jedoch zweifellos wertvolle Einblicke in das Verhalten der Membranen unter realen Betriebsbedingungen. Solche Tests werden die spezifischen Anforderungen der einzelnen Branchen besser abdecken und den Anwendern helfen, fundiertere Entscheidungen bezüglich der Auswahl und Anwendung von Membranen zu treffen.

## 2.2 Testlösungen

Der entscheidende Faktor für einen effektiven Vergleich zweier Membranen ist die Zusammensetzung der zu trennenden Lösung. In der Lebensmittel- und Biotechnologiebranche weisen reale Lösungen erhebliche Unterschiede in den Materialeigenschaften auf molekularer Ebene auf, die von Charge zu Charge oder sogar von Tag zu Tag variieren können. Um Ergebnisse auszuschliessen, die durch Schwankungen in der Lösungszusammensetzung verursacht werden, bevorzugen Testingenieure die Verwendung standardisierter Testlösungen. In der Praxis bedeutet dies, dass Ultrafiltrationsmembranen, die für Molkereianwendungen vorgesehen sind, nicht nur mit dem üblichen Werkstest unter Verwendung von Dextran getestet werden sollten. Sie sollten auch mit spezifischen milchbezogenen Molekülen wie Kasein, Molkenprotein, Laktose und wichtigen Mineralien getestet werden. Es wäre auch möglich, Dextran als Teil dieser Lösung zu verwenden. Ebenso sollten Membranen, die bei der Fruchtsaftherstellung verwendet werden, mit einer Testlösung bewertet werden, die eine genau definierte Reihe von Mono- und Disacchariden, Flavonoiden, Säuren und anderen relevanten Verbindungen enthält.

Diese erweiterten Tests würden ein genaueres Bild des Verhalten einer Membran in ihrer vorgesehenen Anwendung vermitteln.