

Filtration in der Brauerei, Teil 4: Membranfiltration

HÖCHSTE PRODUKTSICHERHEIT | Die Filtration zieht sich durch sämtliche Prozessschritte in der Brauerei. Welchen Weg das Bier im Verlauf des Brauens auch nimmt – zum Abschluss findet vor der Abfüllung eine finale mikrobiologische Stabilisierung statt. Die Kurzzeiterhitzung ist dafür das etablierte Mittel. Doch auch die kaltsterile Membranfiltration hat Einzug in die Brauereien gehalten. Dieser abschließende Filtrationsschritt bietet Betreibern zahlreiche Vorteile – Teil 4 der fünfteiligen Serie über die Filtration in der Brauerei.

DER GESCHMACK ist gebildet, der Charakter geprägt – an diesen Aufgaben in der Brauerei haben Filtrationsschritte wie die Feinfiltration erheblichen Anteil. Bevor das fertig gebraute Bier in Fässer, Flaschen oder Dosen gefüllt wird, geht es zum Abschluss jedoch noch einmal um die Qualität. Das bedeutet auch, dass vor der Abfüllung eine finale mikrobiologische Stabilisierung stattfinden muss. Die geschmacklichen und optischen Eigenschaften soll der Prozessschritt nicht beeinflussen. Er ist vielmehr entscheidend, um die nötige Haltbarkeit und eine gleichbleibend hohe Produktqualität zu gewährleisten.

■ Zwei Wege führen zum Ziel

Mit der Kurzzeiterhitzung (KZE) und der Membranfiltration sind heute zwei Metho-



Autor: Frank Paul Servay, Application Engineer, Eaton Technologies GmbH, Langenlonsheim

den etabliert, um die Keimfreiheit des Biers sicherzustellen. Bei der KZE oder Pasteurisierung werden schädliche Mikroorganismen thermisch abgetötet, indem das Bier für eine definierte Zeit auf eine Temperatur von 72 bis 75 °C erhitzt wird. Die einfache Verfahrenstechnik der KZE bietet einige Vorteile. Vor allem verzeiht sie Qualitätsschwankungen in vorherigen Prozessschritten, etwa der Feinfiltration. Nachteilig wirkt sich hingegen die schlechte Umwelt- oder CO₂-Bilanz durch das Erhitzen und Abkühlen des Biers aus. Dies benötigt viel Energie, für die typischerweise fossile Brennstoffe zum Einsatz kommen.

Eine Alternative zu dem energieintensiven Prozess der KZE stellt die Membranfiltration dar. Das Verfahren kann in der Bierproduktion noch keine so lange Historie vorweisen wie die KZE, dennoch gilt es als qualitativ höherwertige Alternative und bietet verschiedene Vorteile, zu denen der kostengünstige Betrieb ebenso gehört wie die bessere CO₂-Bilanz aufgrund des geringeren Energieverbrauchs.

Gemeinsam haben KZE und Membranfiltration ihre klar definierte Aufgabe. Sie lautet, die bierschädlichen Mikroorganismen so weit zu reduzieren, dass Keimfreiheit, Haltbarkeit und Qualität des fertigen Biers über jeden Zweifel erhaben sind. Konkret zielt die Eliminierung aller bierschädlichen Keime auf Milchsäurebakterien, Essigsäu-

rebakterien und Hefen ab, die sich ohne entsprechende Behandlung vermehren und das Geschmacksbild beeinflussen können. Neben der längeren Genießbarkeit spricht aber auch das einfachere Handling für den Prozess. Denn Logistikpartner und Lebensmitteleinzelhändler verlangen Keimfreiheit, um den ungekühlten Transport zu ermöglichen und Rückläufer zu reduzieren.

■ Keime müssen draußen bleiben

Die Membranfiltration entspricht der Funktionsweise vorangegangener Filtrationsschritte: Das Bier durchströmt als Unfiltrat eine Filterkerze mit definierter Porengröße. Diese hält Hefen und Bakterien zurück und gewährleistet einwandfreie Qualität und Haltbarkeit.

Für die Membranfiltration sind vier Materialien verfügbar:

- Hydrophiles Polyethersulfon (PES);
- Hydrophiles Polyvinylidenfluorid (PVDF);
- Nylon 66 (Polyamid 66), einlagig oder doppellagig;



Abb. 1 Beispiel für Membranfilterkerzen aus PES für hohe mechanische, thermische und chemische Stabilität und lange Standzeiten

■ Celluloseacetat (CA), einlagig oder doppe­llagig.

Für die Membranfiltration wurden Filterkerzen aus Nylon 66 und CA als erstes in den Markt eingeführt. Auch PVDF wurde zeitweise verwendet. Das Material konnte sich mit seiner symmetrischen Porenstruktur jedoch nicht für die Filtration durchsetzen, da es relativ geringe Standzeiten bietet und nur eingeschränkt chemisch regenerierbar ist. Der Trend geht inzwischen eindeutig zu Filterkerzen aus PES. Aus gutem Grund, denn die asymmetrische Porenstruktur der Membrane ermöglicht hohen Durchfluss und sichert die mikrobiologische Stabilität. Auch Versuche, die Nachteile der Materialien Nylon 66 und CA gegenüber PES durch doppel­lagige Versionen auszugleichen, führten in der Praxis zu wenig Erfolg. Zwar können sie so mikrobiologisch konkurrieren, niedrige Standzeiten und höhere Kosten sprechen aber dennoch gegen den Einsatz.

Filter schaffen Sicherheit und Verlässlichkeit

Gegenüber der KZE bieten die Membranfilterkerzen aufgrund ihrer definierten Porengrößen den Vorteil, dass die mikrobiologische Rückhaltung klar bestimmt werden kann. Die Membranfiltration erhöht die Produktsicherheit deshalb maßgeblich. Für definierte Qualitätsmaßstäbe weisen Membranfilterkerzen mehrere Eigenschaften auf, anhand derer sich ihre Leistung eindeutig überprüfen lässt: Sie

- sind auf Integrität testbar;
- ermöglichen eine validierte mikrobiologische Rückhaltung (Titerreduktion oder LRV = Log Reduction Value);
- gewährleisten eine hohe mechanische und thermische Stabilität unter anderem durch garantierte Dämpfzyklen und
- bieten zudem hohe chemische Stabilität.

Mit Blick auf die Gewährleistung einer definierten, gleichbleibend hohen Produktqualität sticht die Testbarkeit auf Integrität unter den positiven Eigenschaften von Membranfilterkerzen besonders hervor. Dafür existieren zwei gängige Testmethoden, zerstörend und zerstörungsfrei. Bei einem zerstörenden (destruktiven) Test durch den Hersteller wird die Bakterienrückhalterate (Titerreduktion) ermittelt. Dazu werden pro cm² Filterfläche zehn Millionen (10⁷) Keime beaufschlagt. Im sterilen Filtrat darf anschließend nur ein oder kein Testkeim enthalten sein. Das entspricht einem LRV-

TESTORGANISMEN ZUR ÜBERPRÜFUNG DER RÜCKHALTERATE HINSICHTLICH VERSCHIEDENER KEIME		
Porengröße	Testorganismus	Titerreduktion
0,2 µm	<i>Brevundimonas diminuta</i>	> 10 ⁷ cm ² (LRV > 7)
0,45 µm	<i>Serratia marcescens</i>	> 10 ⁷ cm ² (LRV > 7)
0,65 µm	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	> 10 ⁷ cm ² (LRV > 7)
1,0 µm	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	> 10 ⁶ cm ² (LRV > 6)

Tab. 1

Wert von 7 oder > 7. In Tabelle 1 sind gängige Testorganismen für destruktive Tests von Membranfilterkerzen aufgeführt.

Zerstörungsfreie (nicht-destruktive) Tests werden vom Filterkerzenproduzenten wie auch vom Anwender vorgenommen. Hersteller ermitteln dafür die Luftdiffusionsrate in ml/min. Der Wert gibt Auskunft darüber, ab welcher maximalen Luftdiffusion die Membran noch steril filtrierte und damit integer ist. Anwender können die Filter anhand des Diffusions- bzw. Druckhaltetests oder mit dem Bubble-Point-Test überprüfen.

Bei Standardfilterkerzen, die größere Filterflächen von zehn Zoll und mehr bieten, hat sich der Diffusions- bzw. Druckhaltetest durchgesetzt. Damit überprüfen Anwender, ob die Membrane integer ist. Hier wird der Membranfilter sterilisiert, mit Luft gekühlt und anschließend mit Kaltwasser gespült, damit die Membrane vollständig benetzt wird. Danach wird das Gehäuse mit einem vorgegebenen Testdruck mit Druckluft oder

Stickstoff beaufschlagt. Nach einer fünfminütigen Stabilisierungszeit erfolgt nach Schließen der Druckluftzufuhr eine Testzeit von fünf bzw. zehn Minuten. In diesem Zeitraum darf nur eine definierte Gasmenge durch die Membrane diffundieren bzw. ein erlaubter Druckabfall gemessen werden. Die erlaubten Werte werden vom Hersteller angegeben.

Wenn die Filterfläche fünf Zoll und weniger beträgt, eignet sich der Bubble-Point-Test ebenfalls für eine aussagekräftige Testung. Dabei wird der Druck im Gehäuse schrittweise erhöht, bis das Wasser aus den größten Poren herausgepresst wird. Durch diese offenen Poren strömt Luft ungehindert hindurch und definiert so den Bubble-Point. Liegt der Bubble-Point über der vom Hersteller angegebenen Größe, ist die Membrane integer.

Aufgrund ihrer qualitätskritischen Aufgabe werden nicht nur an die Funktion, sondern auch an die Stabilität von Membranfilterkerzen hohe Maßstäbe angelegt. Im Einzelnen betrifft dies die mechanische, die thermische und die chemische Stabilität.

Die mechanische Stabilität von Membranfilterkerzen wird in Form von maximalen Druckdifferenzen angegeben, denen die Komponenten wie Außenstützkörper, Adapter, etc. standhalten müssen, zum Beispiel 5 bar bei 20 °C. Wird diese Druckdifferenz nicht überschritten, bleibt die Membranfilterkerze mechanisch stabil und die Rückhaltung der Mikroorganismen ist gewährleistet.

Da Membranfilterkerzen mehrfach sterilisiert werden können, werden an ihre thermische Stabilität hohe Anforderungen gestellt. Je nach Hersteller werden bis zu 100 Dämpfzyklen garantiert. Nach der thermischen Behandlung ist das Material weich, dehnt sich aus und zieht sich während des Abkühlvorgangs wieder zusammen. Um sicherzugehen, dass die Membranfilterkerzen



Abb. 2 Ein Integritätstestgerät ermöglicht die vollautomatische Messung von Membranfilterkerzen. Sowohl Filterkerzen in kleinen als auch großen Gehäusen können getestet werden

intakt und integer sind, empfiehlt es sich deshalb, nach jeder thermischen Behandlung einen Integritätstest durchzuführen.

Die chemische Stabilität wird wichtig, wenn die Membranfilterkerzen nach zahlreichen Filtrations- und Reinigungszyklen mit Kalt- und Heißwasser eine Verblockung aufweisen. In solchen Fällen kommen zusätzlich chemische Reinigungsmittel zum Einsatz, die auch mit Zusatz von Enzymen zur Regeneration verwendet werden und denen das Filterkerzenmaterial widerstehen muss.

Tests gewährleisten die Filtrationsleistung

Ihre hohe Stabilität und umfangreiche Testverfahren gewährleisten, dass Membranfilterkerzen für den gegebenen Einsatz geeignet sind und ihre Funktion der Entkeimung kompromisslos erfüllen. Mit Rücksicht auf ihre Bedeutung für die Produktqualität empfiehlt es sich für Brauereien, die Integritätstests der Membranfilterkerzen vor jeder Produktion durchzuführen, also nach dem Sterilisieren und vor der Filtration der nächsten Produktionscharge. Nur so können Anwender sicherstellen, dass die Membranfilterkerzen noch integer sind und steril filtrieren können.

Der Integritätstest muss nach Herstellerangaben durchgeführt werden. Darüber hinaus müssen Betreiber zusätzlich die Qualität des Wassers beachten, das für Reinigung und Tests der Membranfilterkerzen verwendet wird. Das bedeutet, es muss in Qualität nahezu dem Filtrat entsprechen – sonst würden verblockende Substanzen die Filtermembran belasten, was zu Standzeitproblemen führen kann.



Abb. 3 Mit einem Indexmessgerät können Anwender die Filtrierbarkeit ermitteln, um die Auslegung des Filtrationsprozesses zu optimieren und Stillstandzeit in der Abfüllung zu reduzieren

Automatisierung erleichtert Qualitätstests

Damit Betreiber von Brauereien und in anderen Bereichen der Getränkeproduktion durch den Einsatz von Membranfilterkerzen höchste Qualitäts- und Sicherheitsstandards einhalten können, wächst das Angebot an Verfahren und Geräten für die Durchführung der oben genannten Tests. Dabei spielt Automatisierung unter definierten Testbedingungen eine immer größere Rolle. Darüber hinaus ermöglichen einfach zugängliche Schnittstellen die nahtlose Übergabe von Testergebnissen in die existierende IT-Umgebung von Anwendern.

Ein Beispiel ist das Beco Max₂ (Abb. 2). Das Testgerät prüft Membranfilterkerzen vollautomatisch auf Integrität und bietet bis zu zehn Programme und die Speicherung von bis zu 40 Messdaten. Dieser Druckhaltetest der Membranfilterkerzen kann mit dem Gerät einfach, automatisiert

und unter definierten Bedingungen durchgeführt werden.

Auch für die automatisierte Filtrierbarkeitsmessung von füllfertigem Bier existieren heute automatisierte Geräte wie das Beco LiquiControl₂ (Abb. 3). Mit dem Indexmessgerät wird vor Beginn der Membranfiltration eine Probe unter definierten Bedingungen und konstantem Druck über eine Vergleichsmembran filtriert. Ergibt die Messung, dass das Bier schlecht filtrierbar ist, kann eine zusätzliche Vorfiltration durchgeführt werden, um seine Filtrierbarkeit zu verbessern. Die Messdaten des Geräts können Anwender dazu nutzen, eine längere Gesamtstandzeit der Membranfilterkerzen zu erzielen, die Stillstandzeiten in der Abfüllung zu reduzieren und durch Vorversuche die

Auslegung der gesamten Filterkerzenanlage zu optimieren. Sie können sich sämtliche archivierte Messwerte anzeigen lassen, und eine Ethernet-Schnittstelle erleichtert zudem den Download aller Messdaten.

Membranfiltration für höchste Qualität

Die Membranfiltration als abschließender Verfahrensschritt hat vor über 20 Jahren ihren Einzug in Brauereien gehalten. Seitdem hat sich das Verfahren als einfache, eindeutige und sichere Maßnahme für Braumeister etabliert, um die Haltbarkeit, Sicherheit und Qualität des Biers zu gewährleisten. Neben dem hohen Automatisierungsgrad, den reproduzierbaren Prozessbedingungen und der gleichbleibend hohen Qualität überzeugt die Membranfiltration immer mehr Anwender durch ihren niedrigen Energieverbrauch, der in Zeiten hoher Energiekosten und schwankender Energieverfügbarkeit zu einem effizienten, sicheren Brauprozess beiträgt.

Ob in Flasche, Dose oder Fass, Brauereien, die auf die Membranfiltration als abschließenden Verfahrensschritt vor der Abfüllung setzen, bieten Verbrauchern Biergenuss ohne Kompromisse. Das Verfahren zeigt, dass Filtration aus den Prozessen moderner Brauereibetriebe nicht mehr wegzudenken ist – egal, ob multinationaler Großkonzern oder regionale Craft Bier-Brauerei. Welche Vorteile Filtrationsprozesse speziell für kleine Brauereibetriebe bieten, untersucht der fünfte, finale Teil der Artikelserie über Filtration in der Brauerei. ■

Vergleichbarkeit marktgängiger Membranfilterkerzen

Der Anwender kann anhand folgender Kriterien die Unterschiede der verschiedenen Membranfilterkerzen beurteilen:

- Als Membranmaterial wird PES, PVDF, Nylon 66 oder CA verwendet;
- der Log Reduction Value (LRV) mit unterschiedlichen Testkeimen bei verschiedenen Porengrößen bezieht sich auf die Filterfläche in cm² oder ein 10"-Element und ist für alle Produkte durch die Hersteller definiert;
- die Anzahl garantierter Dämpf- und Reinigungszyklen;
- die Filterfläche von 0,6 bis 1,2 m² pro 10"-Element bietet einen Anhaltspunkt für die Vergleichbarkeit der verschiedenen Produkte untereinander;
- die Durchflussleistung wird anhand des Wasserwerts als Indikator angegeben.