

wesentliche Neuerung sowohl am Ausstellungsstand als auch im Vortragsprogramm die strukturierte Stoffaustauschpackung Super-Pak 300 vorgestellt. Die in Abb. 3 dargestellte Packung unterscheidet sich im Wesentlichen durch ausgestanzte Öffnungen von der Struktur traditioneller Packungen. Der zusätzlich in Abb. 3 dargestellte Vergleich der Super-Pak 300 (Oberfläche 300 m²/m³) mit Standard- und Hochkapazitätspackung (Oberfläche 250 m²/m³) zeigt, dass durch die optimierte Struktur trotz der höheren Oberfläche geringere Druckverluste und höhere Kapazitäten realisiert werden. Allerdings führt die höhere Oberfläche nicht zu einer verbesserten Trennleistung und entspricht der einer Packung mit 250 m²/m³.

Am Stand von **Sulzer Chemtech** (Winterthur, CH) konnte das neue Softwaretool SULCOL zur Dimensionierung des Sulzer-Portfolios vom Besucher selbst am Rechner getestet werden. Die Softwarelösung kombiniert die bisherigen Tools zur Dimensionierung von Packungs- (SULPAC) und Bodeneinbauten (SULCOL) und kann über die Homepage www.sulzerchemtech.com geordert werden. Als Boden für Foulinganwendungen wurde der VG AFTM (V-Grid Anti Fouling, s. Abb. 4) -Boden präsentiert.

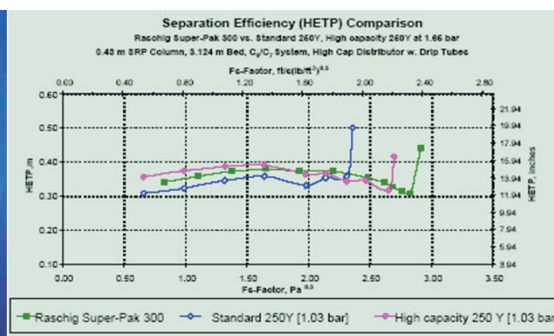
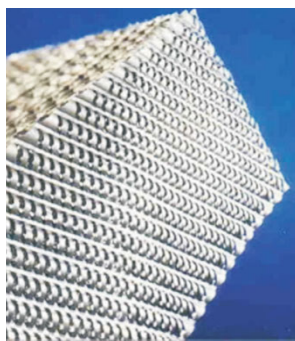


Abbildung 3. Raschig Super-Pak 300 mit experimentellem Vergleich zur Trennleistung.

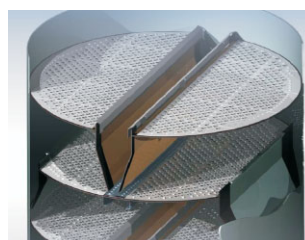


Abbildung 4. Sulzer VG AMTM-Tray.

Nach Aussage des Anbieters werden durch die Kombination von feststehenden Ventilen, speziellen Ablaufschachtgeometrien und der Anordnung von „Push-Ventilen“ maßgeschneiderte Fouling resistente Lösungen erzielt.

Im Bereich der Strukturpackungen wurde bei **Sulzer** die MellapakPlus 252.Y aus Kunststoff erstmals vorgestellt. Die Geometrie der Kunststoffpackung ist der Metallausführung ähnlich und führt nach Angaben von Sulzer zur gleichen Kapazität wie die Kunststoffausführung der Mellapak 250.X. Darüber hinaus hat Sulzer das Produktportfolio im Bereich der Schüttfüllkörper auf klassische Bauformen ausgeweitet und bietet unter den Bezeichnungen I-, P- und R-Ring Füllkörper an, die äquivalent zu klassischen IMPT[®]-, Pall[®]- und Raschig-Ringen eingesetzt werden können.

Fest/Flüssig-Trennung

von Harald Anlauf

1 Einführung und Überblick

Um sich auf dem Gebiet der mechanischen Trenntechnik einen repräsentativen Überblick über den Stand der Technik, Trends und Innovationen zu verschaffen, bot die 28. ACHEMA im Mai dieses Jahres in Frankfurt/Main wieder die besten Voraussetzungen. Als nach wie vor weltgrößte Veranstaltung der chemischen Prozesstechnik, der Umwelttechnik und der Biotechnologie besitzt sie wie keine andere Veranstaltung wegweisende Kompetenz für alle Bereiche der Prozessindustrie.

Gegenüber dem Jahr 2003 fand die ACHEMA 2006 in einem vergleichswei-

se deutlich günstigeren konjunkturellen Umfeld statt. Die chemische Industrie als eine der wesentlichen Zielgruppen der ACHEMA-Aussteller hat mit dem Jahr 2005 ein Rekordjahr hinter sich. Mit 3880 Ausstellern aus 50 Ländern konnte die ACHEMA 2006 leicht gegenüber der ACHEMA 2003 mit 3822 Ausstellern zulegen und ist damit nach der ACHEMA 2000 mit 4147 Ausstellern die zweitgrößte Veranstaltung ihrer 86jährigen Geschichte. Erneut leicht zurückgegangen ist die Zahl deutscher Aussteller. Der reale Anteil ausländischer Unternehmen lag erstmals knapp über der 50%-Marke, wenn man die offiziell als deutsche Teilnehmer gezählten Niederlassungen ausländischer Unternehmen mit berücksichtigt (offiziell: 43,9 % Auslandsanteil). Aufkäufe, Fusionen, aber auch Insolvenzen spielen hier als Ursachen mit. Das Ausschöpfungspotenzial der ACHEMA

ist in Deutschland sehr hoch. Zuwächse kommen daher vor allem aus dem Ausland.

Bei den mechanischen Verfahren ist die Zahl mit 389 Ausstellern (2003: 387) praktisch konstant geblieben. Zu berücksichtigen ist hier allerdings ein nicht zu übersehender Konzentrationsprozess, und eine ganze Reihe von Firmen, die noch 2003 separat ausgestellt haben, präsentierten sich diesmal unter einem gemeinsamen Unternehmensdach. Für die mechanische Trenntechnik lässt sich hierfür eine ganze Menge von Beispielen nennen. So stellte die holländische Fa. **Amfilter** nicht das technische Exponat, sondern den Zusammenschluss mit Lochem, Eurofilter und Vempipe in den Mittelpunkt ihrer Präsentation. Die **Eaton Corporation** als Hersteller von Beutel- und Kerzenfiltersystemen erwarb 2005 von Haywards Industries den Geschäfts-

Dr.-Ing. H. Anlauf
Universität Karlsruhe (TH), Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Mechanik,
D-76128 Karlsruhe.
harald.anlauf@mvm.uni-karlsruhe.de

bereich Filtration und vereinigt unter ihrem Dach bekannte Hersteller wie GAF oder Loeffler Filtration. Bei **Andritz** aus Österreich finden sich heute neben Herstellern für thermische Trocknungstechnik Zentrifugenhersteller wie Bird Machine und Guinard sowie Filterbauer wie Netzsch, R&B und Lenser. **Larox** aus Finnland zeigte neben Pressfilterautomaten von Hoesch auch Vakuumbandfilter von Pannevis. Die Filterhersteller Cera-mec und Scheibler gehören heute ebenfalls zu Larox. **FIMA** aus Deutschland verfügt nun neben eigener Technik auch über StülpfILTERZentrifugen und Zentrifugentrockner aus dem Hause Heinkel. Die neue Gruppe umfasst FIMA, Heinkel, Bolz-Summix, GFT und Heine. Auf dem Sektor der Filtermedien und Siebe tritt **Clear Edge** als Zusammenschluss von Barimex B, Crosible, Industrial Fabrics Group, Madison Filter, Madison Filtaflo, National Wire, Scandiafelt und Verseidag-Techfab neu auf den Plan. Derartige Zusammenschlüsse verstärken den Trend der Entwicklung zum Lieferanten für Komponenten zum Anbieter von Systemlösungen mit einem breiten Leistungs- und Servicespektrum.

Sucht man nach weiteren allgemeinen Entwicklungslinien und Trends, so lauten generelle und auch für die mechanische Trenntechnik erkennbare Schwerpunkte:

- Steigerung der Energieeffizienz und Prozessintensivierung,
- Gewinnung von Energie aus nachwachsenden Rohstoffen und S
- Wechsel von einfacher Prozesskontrolle zu intelligenter Prozessführung.

Neben der Entwicklung neuer oder der Verbesserung bereits existierender Apparate werden neuartige Trenntechniken auch durch synergetische Kombination von einer oder mehreren klassischen Trennmethode(n) gestaltet. Eine derartige Kombination wird auch als Hybridtechnik bezeichnet und kann in einem einzigen Apparat oder einer Verschaltung mehrerer Apparate realisiert werden. Ein solches Kombinationskonzept wird z. B. durch die Übernahme der Membrflow-Gruppe durch Westfalia Separator verfolgt. Die dadurch ermöglichte Kombination von kontinuierlicher Zentrifugalsedimentation in Dekantern oder Tellerseparatoren und der Querstrom-Mikrofiltration mit Keramikmembranen führt zu einem besonders ökonomischen Trennprozess. Die Zentrifugation erlaubt die Erzeugung einer geringen Restfeuchte im Feststoff

und verlängert die Zykluszeit der Membrananlage. Diese wiederum erzielt die gewünschte optimale Klärung der Flüssigkeit.

Bis 2010 will die EU mindestens 5,75 % des fossilen Dieselmotortreibstoffes durch Biodiesel ersetzen. In den USA soll bis 2012 der jährliche Verbrauch an Biodiesel oder anderen regenerativen Kraftstoffen auf ca. 30 Mrd. Liter erhöht werden. Für diese sich schnell entwickelnde Branche werden aus dem Bereich der mechanischen Trenntechnik z. B. spezielle Dekantierzentrifugen oder Tellerseparatoren benötigt. Praktisch jeder der führenden Hersteller derartiger Maschinen präsentierte auf der ACHEMA spezielle Dekanter- und Separatorvarianten für diesen expandierenden Markt.

Durch geeignete Online-Analytik soll zunehmend frühzeitig in Prozesse eingegriffen werden, noch bevor der Ausfall eines Apparates z. B. durch Fouling oder Verschleiß unmittelbar droht. Durch schnelle Erfassung qualitätsrelevanter Daten, die über die einfache Druck-, Temperatur- und Durchflussmessung hinausgehen, soll verstärkt online direkt in die Prozesssteuerung eingegriffen werden, um nicht mit zeitlicher Verzögerung erst am Ende der Prozesskette in der Qualitätskontrolle fehlerhafte Produkte zu erkennen, sondern um diese von vornherein zu vermeiden.

Auch diesmal gab es für die mechanische Trenntechnik erfreulicherweise wieder auf breiter Front Verbesserungen im Detail zu verzeichnen, doch auch die eine oder andere wirkliche Neuentwicklung wurde präsentiert. Es ist im hier vorgegebenen Rahmen unmöglich, alle auf der ACHEMA 2006 präsentierten Neuentwicklungen vorzustellen, doch sollen exemplarisch aus dem gesamten Spektrum der Fest/Flüssig-Trenntechnik von den Sedimentations- und Filterzentrifugen über Vakuum- und Druckfilter, Pressfilter, Querstrom- und Tiefenfilter bis hin zu Filtermedien und Filterhilfsmitteln Beispiele gegeben werden.

2 Dekantierzentrifugen

Die Entwicklungen waren hier im Wesentlichen durch die Ergänzung und Abrundung der Produktpalette der je-

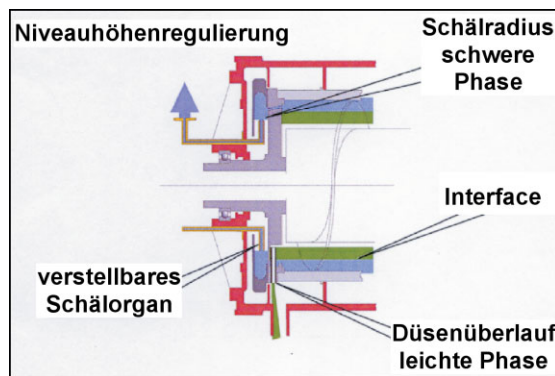


Abbildung 1. Niveaueinstellung im Dekanter (Pieralisi).

weiligen Hersteller gekennzeichnet. Ein Schwerpunkt der Präsentationen wurde herstellerübergreifend durch Maschinen zur Dreiphasentrennung bei der Herstellung von Kraftstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen gesetzt. Hierzu werden Dekanter und Separatoren eingesetzt. Die Zentrifuge muss nach der Umesterung des Ausgangsgemisches eine leichte Phase (freie Fettsäuren), eine schwere Phase (Glycerin/Methanol) und eine Sedimentphase (Kaliumsulfat) trennen. Zudem besteht ein Bedarf an flexibler Produktpassung durch die heute dominierenden „Multi-Feedstock-Anlagen“, in denen neben den klassischen Pflanzenölen auch Alt- oder Tierfette eingesetzt werden.

Diese Flexibilität wird bei Dekantern unter anderem durch eine automatisierbare Verstellung der Niveauhöhe der Flüssigkeit erreicht. Wie bei anderen führenden Herstellern von Dekantierzentrifugen, wie z. B. der Fa. **Flottweg** mit schon seit langem stufenlos verstellbarer Schälrscheibe oder der Fa. **Westfalia Separator** mit dem Varipond®-System bereits üblich, bietet jetzt auch die Fa. **Pieralisi** für einen neu entwickelten Dreiphasendekanter („Jumbo 3“) eine im Betrieb optimierbare Regulierung der Niveauhöhen an. Nach Abb. 1 wird das Ablaufniveau durch ein von außen im Betrieb verstellbares Schöpforgan geregelt.

Die Fa. **Flottweg** präsentierte für diese Anwendung den in Abb. 2 dargestellten



Abbildung 2. Decanter/Tricanter® Z5E (Flottweg).

neu entwickelten Dekanter/Tricanter Z5E mit einer Durchsatzleistung von bis zu 70 m³/h, der durch eine optimierte Bauform eine besonders schmale Aufstellungsfläche und eine leichte Zugänglichkeit zur Wartung und Instandhaltung ermöglicht.

Alle hier eingesetzten Maschinen erfüllen selbstverständlich nach ATEX die Anforderungen an Gasdichtigkeit und Ex-Schutz.

3 Tellerseparatoren

Die Fa. **Westfalia Separator** stellte eine weiterentwickelte Produktpalette von dampfsterilisierbaren Separatoren vor, die nun insgesamt einen Leistungsbereich von 50 – 10 000 L/h abdecken. Als kleinster dampfsterilisierbarer Düsenseparator mit VISCON[®]-Düsen für eine Leistung von 800 – 2000 L/h und erreichbaren Zentrifugalwerten bis 18 000 wurde der in Abb. 3 abgebildete Düsenseparator HFC15 vorgestellt.



Abbildung 3. Düsenseparator HFC15 als Package Unit (Westfalia Separator).

Die Viscon[®]-Düse verändert mit der Flüssigkeitsviskosität ihren Durchfluss selbst regulierend und garantiert somit eine gleich bleibende Feststoffkonzentration im Austrag. Ein Anpassen der Separatoreinstellungen bei sich ändernden Zulaufbedingungen wird also überflüssig. Die dampfsterilisierbaren Separatoren sind im „Hygienic Design“ ausgeführt, das sich durch besondere Oberflächengüten, der Totraumvermeidung und hier insbesondere der speziellen Verschweißung der Laschen auf den Separatortellern anstelle der Punktverschweißung bemerkbar macht. **Westfalia Separator** liefert dampfsterilisierbare Separatoren als funktionsgetestete anschlussfertige „Package Units“ mit einem Vollsterilisierungskonzept, das die ganze Anlage einschließlich des Separators

sterilisiert. Damit wird die Gefahr einer Rückkontamination ausgeschlossen.

Weiterhin stellte **Westfalia Separator** mit dem Düsenseparator DC130 eine neue Separatorengeneration mit Direktantrieb vor, die speziell für Hochdruckprozesse

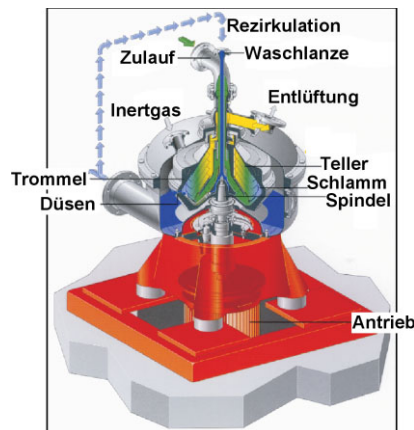


Abbildung 4. Düsenseparator DC130 mit Direktantrieb (Westfalia Separator).

bis zu Überdrücken von 10 bar und Temperaturen von 160 °C in der chemischen Industrie entwickelt wurde. Der in Abb. 4 erkennbare Direktantrieb ohne Getriebe und Riementrieb macht die Gesamtkonstruktion leichter, sorgt für hohe Laufruhe und benötigt wenig Grundfläche. Durch eine spezielle schmale Lanze kann Waschflüssigkeit oder Konzentrat durch das Zulaufrohr direkt bis vor die Düsen geleitet werden.

4 Hydrozyklone

Fortschritte bei den Hydrozyklonen waren im Detail zu erkennen. So ermöglichen moderne CFD-Methoden die strömungstechnische Optimierung der Zyclone. Abb. 5 zeigt für den gMAX[®] der Fa. **Krebs** einen strömungstechnisch verbesserten Einlaufbereich für die Suspension. Dies führt schon vor dem Eintritt der Suspension in den Zyclonhauptideckel zu einer Vorabscheidung größerer Teilchen.



Abbildung 5. Zycloneinlauf des gMAX[®] (Krebs).

Neben der Verbesserung der Strömungsverhältnisse für eine möglichst saubere Trennung der Partikelfractionen sind besonders verstärkte Maßnahmen zum Verschleißschutz zu beobachten. So werden beispielsweise in AKA-Vortex-Zyklonen der Fa. **AKW Apparate + Verfahren** nur besonders gefährdete Stellen durch spezielle Compound-Werkstoffe geschützt und mit hochverschleißfestem SiC verstärkt. In Abb. 6 sind hierzu ein entsprechend verstärkter Zycloneinlauf und eine Überlaufdüse zu erkennen. Geringes Gesamtgewicht und verlängerte Lebensdauer können auf diese Weise gemeinsam realisiert werden.



Abbildung 6. AKA-Vortex-Ein- und -Überlauf mit SiC verstärkt (AKW Apparate + Verfahren).



Abbildung 7. Twin-Einlauf für AKA-Vortex-Hydrozyklone (AKW Apparate + Verfahren).

Ein ebenfalls von **AKW** vorgestellter spezieller „Twin-Einlauf“ ermöglicht den Betrieb zweier Zyclone an einer einzigen Zulaufleitung. Diese in Abb. 7 gezeigte Modifikation spart Platz und zusätzliche Ventile.

5 Filterzentrifugen

Ein Schwerpunkt bei den angebotenen horizontalen und vertikalen Schälzentrifugen, Stülfilterzentrifugen und Zentrifugentrocknern lag auch diesmal wieder bei Anwendungen in hygienisch zu betreibenden Prozessen. Die Fa. **KMPT** präsentierte eine neu überarbeitete Vertikalzentrifuge für die pharmazeutische Industrie. Im Vordergrund der in Abb. 8 dargestellten Maschine standen Gesichts-

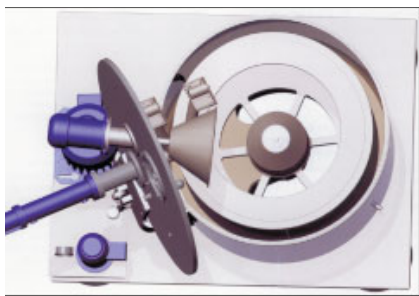


Abbildung 8. Vertikalschälzentrifuge (Krauss-Maffei Process Technology).

punkte der Vermeidung von Toträumen, der guten Inspizierbarkeit, der CIP-Fähigkeit und eine Minimierung der produktberührten Oberflächen.

Neben einer verbesserten Austragsgeometrie trägt hierzu auch die berührungslose Füllhöhenmesstechnik auf Ultraschallbasis bei, die auf der ACHEMA 2003 erstmalig vorgestellt wurde und sich in der Anwendung bewährt hat. Zum vollständigen Produktaustrag wird die nach dem Schälvorgang in der Trommel verbleibende Partikelgrundschrift pneumatisch mit komprimiertem Stickstoff über Düsen an der Schälvorrichtung vom Filtermedium gelöst und ausgetragen. Durch Integration der Düsen in die Schälvorrichtung bleibt der Verfahrensraum frei von Schlauchleitungen.

Die Fa. **Ferrum** präsentierte als Neuentwicklung eine kleine Obenentleerungs-Vertikalzentrifuge zur Abtrennung hochaktiver pharmazeutischer oder toxischer Substanzen (HAPI) mit einem Korbdurchmesser von 320 mm und einem Zentrifugalwert von 1610. Wie Abb. 9 veranschaulicht, befindet sich der Verfahrensraum dieser Zentrifuge in einer „glove-box“, so dass eine Suspension ohne Kontakt zur Außenwelt verarbeitet werden kann.

Auf dem Gebiet der horizontalen

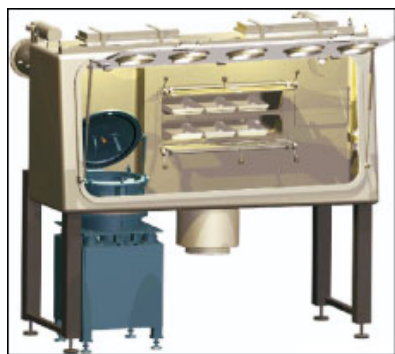


Abbildung 9. Vertikalzentrifuge mit Obenentleerung in einer glove-box (Ferrum).



Abbildung 10. Horizontalschälzentrifuge ProCentP125BXXLTurbo (KFT).

Schälzentrifugen stellte die Fa. **KFT** mit der in Abb. 10 dargestellten ProCentP125BXXLTurbo eine neu überarbeitete Generation besonders leistungsfähiger Maschinen mit Rückspültrommel vor.

Neben besonders schlanke Rotoren und einem Trommeldurchmesser von 1250 mm zeichnen sich diese Maschinen durch große Filterflächen von 3,5 m² und damit große Durchsätze bis über 650 kg pro Chargenfüllung aus. Ein spezielles Sandwichfilterelement erlaubt ein nahezu restschichtfreies Ausschälen des Filterkuchens. Der Schleuderfaktor erreicht bei diesen Maschinen Werte von 1500 g. Die Fa. **FIMA** stellte mit der Gegenimpulstrochnung eine verbesserte Variante ihres Zentrifugentrockners TZT vor. Wie aus Abb. 11 für die herkömmliche

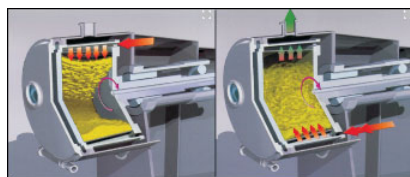


Abbildung 11. Zentrifugentrockner TZT (FIMA).

Technik hervorgeht, wird konventionell der mechanisch entfeuchtete Filterkuchen für eine nachfolgende Durchströmungstrocknung bei niedriger Drehzahl zunächst mit Druckgasstößen vom Filtermedium abgelöst. Das sich dann in der Trommel als Schüttgut umwälzende Produkt wird durch einen Trocknungsgasstrom thermisch entfeuchtet. Insbesondere bei breiten Partikelverteilungen und kohäsiven Produkten kann es hierbei zu einer sehr unerwünschten Klumpenbildung durch Rollagglomeration kommen. Dies wird durch das neue Verfahren der Gegenimpulstrochnung im neuen TZT-SD erfolgreich vermieden. Hier wird nun das Produkt bei höherer Drehzahl mit kurzen Druckgasimpulsen aufgelö-

ckert, durch die Zentrifugalkräfte aber sofort wieder zur Trommelwand zurück bewegt. Auf diese Weise wird das Gut ohne Klumpenbildung aufgelockert und sehr gleichmäßig in ein trockenes Pulver überführt. Mit Hilfe einer ebenfalls neu entwickelten PAT-Instrumentierung kann der Produktzustand in Echtzeit verfolgt werden, und eine Online-Probenahme ist möglich.

Bei den kontinuierlichen Filterzentrifugen ist als Neuerung besonders auf das System zur pulsierenden Speisung von Schubzentrifugen hinzuweisen, das von der Fa. **Ferrum** erstmalig vorgestellt wurde. Abb. 12 zeigt hierzu den grundsätzlichen Aufbau einer zweistufigen Schubzentrifuge.

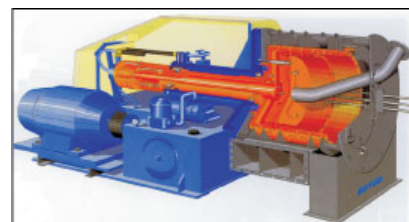


Abbildung 12. Zweistufige Schubzentrifuge nach System Escher Wyss (Ferrum).

Ein Problem des Betriebes derartiger Zentrifugen stellt die sehr kurze Verweilzeit des Produktes im Siebkorb bei kontinuierlicher Suspensionszufuhr dar. Innerhalb von Sekunden muss der Trennprozess abgeschlossen sein, damit ein entfeuchteter Filterkuchen ausgetragen werden kann. Ansonsten „flutet“ die Maschine, und die Suspension schießt ungetrennt in den Feststoffaustragsschacht. Besonders kritisch ist hierbei der „vordere Totpunkt“, wenn der Schubboden den Kuchen ausschleibt und die weiter zufließende Suspension sich auf dem bereits gebildeten Kuchen ausbreitet. Durch eine speziell gepulste und mit der Hubfrequenz des Schubbodens synchronisierte Suspensionszugabe wird



Abbildung 13. Pulsierende Speisung für Schubzentrifugen (Ferrum).

dieser kritische Zustand vermieden. Abb. 13 zeigt eine mit pulsierender Speisung ausgerüstete Schubzentrifuge.

Jetzt wird nur noch Suspension in den Spalt zugegeben, der sich beim Rückhub des Schubbodens zum Filterkuchen hin bildet. Neben einem bis zum Faktor 2 größeren Durchsatz der Maschine können auf diese Weise auch deutlich kleinere Partikel bis hinab zu ca. 10 µm verarbeitet werden. Dies ist bei konventionell betriebenen Maschinen nicht möglich, weil die Zeit für eine Kuchenbildung beim Überschwemmen bereits gebildeten Kuchens infolge höheren Filterwiderstandes nicht ausreichen würde.

6 Kontinuierliche Vakuum- und Überdruckfilter zur Kuchenfiltration

Wie oben bereits am Beispiel einer Zusammenschaltung von Tellerseparator und Querstrommembranfilter gezeigt, können Hybridtechniken durch Synergie besonders vorteilhafte Prozessergebnisse liefern. Eine Hybridtechnik, welche die kontinuierliche Druckfiltration mit ther-

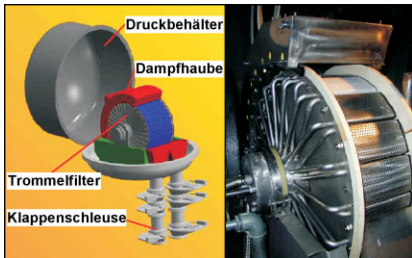


Abbildung 14. Hi-Bar-Dampfdruckfilter „Oyster“ (BOKELA).

mischer Trocknung verbindet, stellt die sog. „Dampfdruckfiltration“ dar. Wie Abb. 14 am Beispiel eines Überdrucktrommelfilters der Fa. **BOKELA** verdeutlicht, tritt der Filterkuchen beim Austauschen aus der Suspension in eine Dampfhaube ein, in welcher sich hochgespannter Wasserdampf des Druckes befindet, der auch im übrigen Druckraum herrscht. Der Dampf verdrängt nun unter Ausbildung einer dünnen Kondensatfront das kalte Filtrat nahezu ideal kolbenförmig aus den Kuchenporen und heizt den Filterkuchen auf. Sobald die Konsensatfront durch das Filtermedium hindurchbricht, ist der nun heiße Filterkuchen nicht nur weitgehend mechanisch entfeuchtet, sondern zusätzlich auch intensiv gewaschen. Der Dampf durchbruch erfolgt bei richtiger Dimensionierung beim Austritt des Kuchens aus der Dampfhaube. Nachfolgend durch den

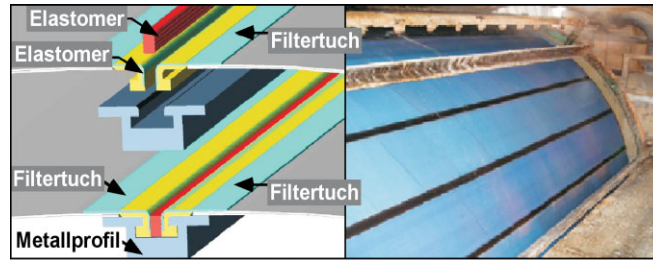


Abbildung 15. Filtertuchbefestigungssystem Frame Trak® (Clear Edge/BOKELA).

Kuchen geblasene Druckluft trocknet den Feststoff thermisch nach. Das in Abb. 14 gezeigte Trommelfilter weist als weitere Besonderheit einzeln auswechselbare Filterzellen auf, wie man sie z. B. von Scheibenfiltersektoren her kennt.

Für den gesamten Bereich kontinuierlicher Drehfilter zur Kuchenfiltration wurde gemeinsam von der Fa. **Clear Edge** (Madison Filter) und der Fa. **BOKELA** das System Frame Trak® völlig neu entwickelt und auf der **ACHEMA** erstmalig vorgestellt. Dieses System erleichtert den Filtertuchwechsel bei Scheiben-, Trommel- oder Planfiltern durch eine neue Tuchverbindungstechnik. Sie besteht entsprechend Abb. 15 im Wesentlichen aus einem speziell gestalteten Stahlprofil, einem Elastomerprofil zur Aufnahme der Filtertuchenden und einem Elastomerstreifen zur Fixierung. Die Fixierung des Tuches erfolgt einfach von Hand mit einem Spezialwerkzeug. Das Filtertuch kann somit segmentweise schnell und unkompliziert ausgetauscht werden. Abb. 15 zeigt ein Trommelfilter als Ausführungsbeispiel.

7 Pressfilter und Filterpressen

Eine echte Neuentwicklung, die auf der **ACHEMA06** erstmalig der Öffentlichkeit vorgestellt wurde, ist die in Abb. 16 dargestellte „Tornado Press“™ der japanischen Fa. **TSK** (Tsukishima Kikai) zur effektiven Trennung kompressibler Schlämme vorwiegend aus dem Abwasserbereich. Diese



Abbildung 16. Tornado Press™ (TSK).

in Zusammenarbeit mit der Fa. **BOKELA** entwickelte neue Technologie setzt konsequent Erkenntnisse aus der Grundlagenforschung zur Entwässerung hoch kompressibler Schlämme

um und kann sich daher erfolgreich mit konkurrierenden Systemen wie etwa Doppelbandpressen, Schneckenpressen oder Dekantierzentrifugen messen. Die Stichworte sind hier dreidimensionale Scherung, dünne Schichten, kontinuierlicher Betrieb und große Filterflächen.

Wie aus Abb. 17 hervorgeht, wird ein geflockter Schlamm von unten in einen ringförmigen Spalt zwischen zwei Siebzylinder gedrückt, die langsam mit weniger als 1 Upm rotieren. Die Rotation der Zylinder in Verbindung mit einer still stehenden Förderschnecke sorgt für den sicheren Förderttransport des Schlammes. In der ersten Verfahrenszone wird der Schlamm voreingedickt, bevor er in die Entwässerungszone eintritt. Der erforderliche Auspressdruck kann durch eine im Austragsbereich angeordnete Gegendruckplatte auf das Produkt abgestimmt werden. Infolge der beidseitigen Filterfläche, der dreidimensionalen Scherung und der geringen Schichtdicke läuft die Kinetik des Entwässerungsvorganges besonders schnell ab.

Bei den Herstellern von Filterpressen und Filterplatten hat sich der Trend, eine integrierte thermische Trocknung anzubieten, fortgesetzt. So bietet u. a. neben der Fa. **JVK** und der Fa. **Klinkau** jetzt auch die Fa. **Straßburger Filter** eine „heiße Filterpresse“ in Form einer Vakuumkontakttrocknung an. Membranplatten wechseln sich hier z. B. mit metallischen Heizplatten ab. Letztere werden mit heißem Wasser oder Wasserdampf durchströmt. Gleichzeitig wird an den Filtratleitungen Vakuum angelegt. Abb. 18 zeigt die prinzipielle Anordnung am Beispiel des DDE-Plattenpaketes der Fa. **Klinkau** zur Dampfdruckentwässerung. Das Plattenpaket wird hier zentral verspannt, um die Plattenverformung infolge der Temperaturdifferenzen beherrschen zu können.

Abb. 19 zeigt beheizbare Membranplatten der Fa. **JVK**, bei denen der Hohlraum zwischen Pressmembran und Plattengrundkörper mit heißem Wasser oder Dampf

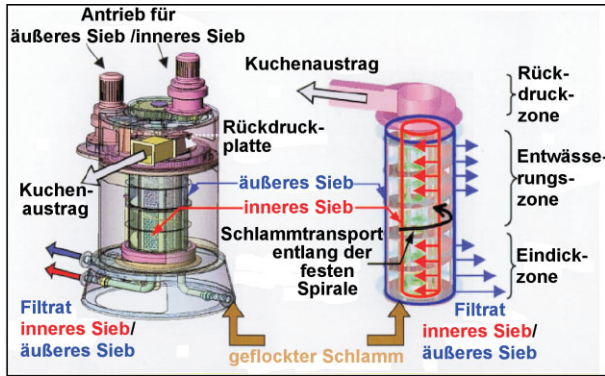


Abbildung 17. Funktionsschema der Tornado Press™ (TSK).

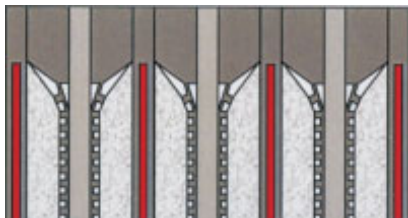


Abbildung 18. DDE-Plattenpaket für „heiße Filterpressen“ (Klinkau).

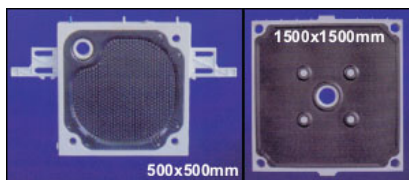


Abbildung 19. Beheizbare Membranplatten (JVK).

durchströmt wird. Durch diese Variante kann auf zusätzliche Heizplatten verzichtet werden.

Die Fa. Larox präsentierte im Verbund mit Hoesch ein breites Spektrum von standardisierten Membranfilterpressen, deren Auswahl und Dimensionierung für den Kunden durch das neu eingeführte interaktive Programm „My Filter Creator“ online ermöglicht wird (www.filtercreator.com). Nach der Eingabe sämtlicher für die Auslegung der Filterpresse relevanten Daten und den benötigten Prozessanforderungen wird ein Angebot im PDF-Format mit technischen Spezifikationen und Standardzeichnungen erstellt.

Im Grenzbereich zwischen Kuchen bildender hydrostatischer Druckfiltration und Pressfilter wurde von der Fa. Z-Filter am Stand des Metallgewebeherstellers GKD-Gebr. Kufferath ein für die Prozesswasseraufbereitung entwickeltes Siebscheibenfilter mit integrierter Schlammverpressung vorgestellt. Die Fa. GKD vertreibt dieses in Abb. 20 abgebildete

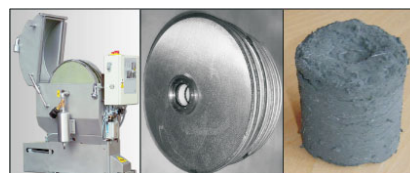


Abbildung 20. Anlage zur Feinfiltration mit integrierter Schlammverpressung (Z-Filter).

Gerät unter dem Namen „Max Flow“ und hat die hier als Filtermedium eingesetzten Edelmischgewebe (Y-Max 300) entwickelt.

Die Filterkuchenabnahme erfolgt durch pneumatische Rückspülung, und der sich im Filterraum ansammelnde Schlamm wird mittels einer pneumatisch betriebenen Kolbenvorrichtung in einer Presskammer mit bis zu 60 bar zu Briquets verpresst und automatisch ausgetragen.

8 Beutel-, Kerzen- und Schichtenfilter

Die hier behandelten diskontinuierlichen Filtersysteme sind an der Grenze zwischen reiner Tiefenfiltration und Kuchenfiltration mit Tiefenfilterkomponenten angesiedelt. Sie dienen vorzugsweise der Klärung von flüssigen Wertprodukten, und der Feststoff fällt als



Abbildung 21. HAYFLOW™-Filterelement (Eaton).

Abfall an. Beutelfilter sind eine in diesem Anwendungsbereich häufig eingesetzte Apparatevariante. Ein auswechselbarer Filterbeutel wird in einen Stützkorb eingesetzt, und man filtert so lange von innen nach außen, bis der Filterbeutel eine entsprechend definierte Beladung mit abgeschiedenen Partikeln erreicht hat. Nachteile dieser Systeme sind die relativ geringe Filterfläche im Kessel und der entsprechend große Totraum, der häufig durch Verdrängerkörper gefüllt wird. Die Fa. Eaton hat hier mit dem HAYFLOW™-Filterelement einen neuen Hybridfilter entwickelt, der Beutel- und Kerzenfilter miteinander verbindet.

Wie in Abb. 21 zu sehen ist, befindet sich im Innern des für Beutelfilter üblichen Stützkorb konzentrisch ein weiterer kerzenförmiger Siebkorb. In den zwischen den Siebkörben entstehenden kreisringförmigen Spalt wird ein Spezialbeutel eingesetzt. Die Flüssigkeit der zu trennenden Suspension wird nun durch den äußeren Siebkorb nach außen und durch den inneren Siebkorb nach innen filtriert. Bis zu 65 % größere Filterfläche, längere Standzeiten und geringere Wechselintervalle machen dieses Filter besonders leistungsfähig. Der bei üblichen Beutelfiltern häufig eingesetzte Verdrängerkörper zur Minimierung der Restflüssigkeit entfällt hier grundsätzlich.

Eine ähnliche Entwicklung wird in Form



Abbildung 22. DuoFlo™-Beutelfilter (Cuno).

des „DuoFlo“-Filters von der zum 3M-Konzern gehörenden Fa. Cuno angeboten (s. Abb. 22). Der zusätzliche Vorteil dieser Entwicklung besteht darin, dass der Filterkessel direkt und ohne zusätzliche Krümmer in eine Rohrleitung hineingeflanscht werden kann.

Während Beutel- bzw. Kerzenfilter die Bildung eines Filterkuchens einschließen, arbeiten Schichtenfilter ausschließlich als Tiefenfilter. Auf diesem Gebiet

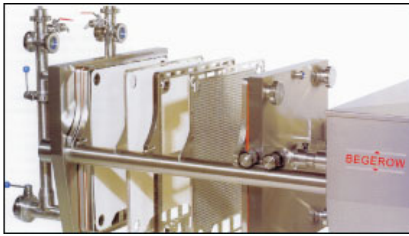


Abbildung 23. Hermetisches Schichtenfilter BECO ITEGRA®-Plate EP (Begerow).

stellte die Fa. **Begerow** mit dem in Abb. 23 wiedergegebenen BECO ITEGRA®-Plate EP ein hermetisch abgeschlossenes Schichtenfiltersystem vor, das aufgrund seiner Konstruktion, aber auch wahlweise zur Kuchenfiltration genutzt werden kann. Dieses CIP- und SIP-fähige Filter wurde unter Berücksichtigung von GMP-Richtlinien und FDA-Bestimmungen entwickelt. Eine Reinigungsvalidierung steht zur Verfügung. Die Abdichtung der Produktkanäle der Filterelemente erfolgt direkt über die BECO-Tiefenfilterschicht, und es sind keine zusätzlichen Dichtungen notwendig. Somit ist gewährleistet, dass nur das Filterelement und die Tiefenfilterschicht mit dem Produkt in Kontakt kommen. Eine zusätzlich umlaufende Dichtung schließt das Filterpaket vollständig ab. Die Filterelemente bestehen aus Polypropylen oder PVDF. Eine weitestgehende Restfiltration und Entleerung des Systems ist durch die besondere Anordnung der unteren Produktkanäle und Steigleitungen realisierbar.

9 Querstrom-Mikrofiltration

Bei den Querstromfiltern liegen ganz offenbar Rotationsscherspaltsfilter mit kreisförmigen Filterscheiben im Trend. Während beim Dyno® der Fa. **BOKELA** Rührflügel zwischen feststehenden Membranfilterscheiben für die nötige Scherströmung sorgen, rotiert bei anderen Anbietern die Filterscheibe selbst, oder die Rotationsströmung wird durch tangentiale Zuführung der Suspension erzeugt. Während Firmen wie **Andritz** oder **Membrflow** (Westfalia Separator) auf gegenläufig rotierende Tellerpakete

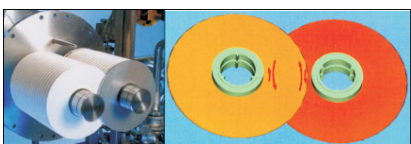


Abbildung 24. Rotationsquerstromfilter mit sich überschneidenden Scheiben (Andritz).

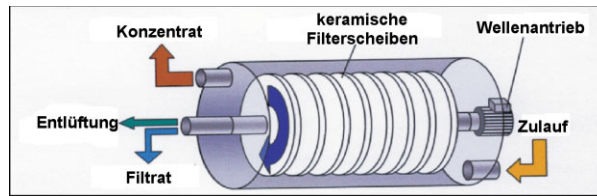


Abbildung 25. BBF-Keramikscheibenfilter (Bellmer).

setzen (s. Abb. 24), die sich teilweise überschneiden, bevorzugen Firmen wie **Bellmer** oder **Kerafol** auf einer einzigen Drehachse angeordnete Filterscheiben (s. Abb. 25). Bei der Fa. **Novoflow**, die hierfür 2005 mit dem bayerischen Staatspreis ausgezeichnet wurde, steht der Apparat entsprechend Abb. 26 still, und die Flüssigkeit wird ähnlich einem Hydrozyklon tangential zugeführt und in eine Wirbelströmung gezwungen.

Die in Abb. 24 dargestellte Variante mit sich überschneidenden Scheiben hat den Vorteil, im Überschneidungsbereich eine sehr homogene Scherströmung zu erzeugen, da die äußeren Bereiche der einen Scheibe mit großer Umfangsgeschwindigkeit gerade mit den inneren Bereichen geringer Umfangsgeschwindigkeit der benachbarten Scheiben korrespondieren. Es ergibt sich eine homogene mittlere Scherrate.

Die von der Fa. **Bellmer** vertriebene und am **Fraunhofer IGB** in Stuttgart entwickelte Variante in Abb. 25 ist mit einer

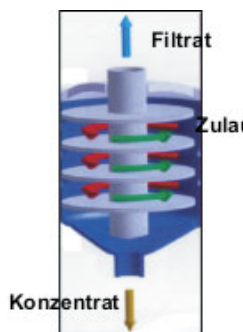


Abbildung 26. Pumpe-Düse-Filter (Novoflow).

einigen Welle einfacher aufgebaut und weist daher an der Welle geringere Scherraten auf als am äußeren Scheibenumfang. Macht man die Welle relativ dick, so nutzt man vorzugsweise den äußeren Membranring mit sehr hoher Scherrate aus, wo zusätzliche Taylor-Wirbel für eine intensive Membranreinigung sorgen.

Das von der Fa. **Novoflow** vorgestellte Pumpe-Düse-Filter (s. Abb. 26) kommt ohne bewegte Teile aus und ist somit die am einfachsten aufgebaute Variante, muss aber wie andere Querstrommo-

dule auch mit der Einschränkung leben, dass Überströmgeschwindigkeit und Transmembrandruck nicht unabhängig voneinander durch zusätzlich eingebrachte Bewegung eingestellt werden können. Letzt-

endlich entscheiden die Eigenschaften des abzutrennenden Stoffsystems über die Wahl der optimalen Apparatevariante.

Ein völlig anders geartetes Querstromfiltersystem stellt ein neuartiges dynamisches Querstrom-Pulsations-System dar, das Siliciummembranen verwendet. Dieses innovative Verfahren ist von der holländischen Fa. **FluXXion** in Eindhoven entwickelt worden und wird derzeit zusammen mit der Fa. **Bayer Technology Services BTS** weiterentwickelt und vermarktet. Es han-

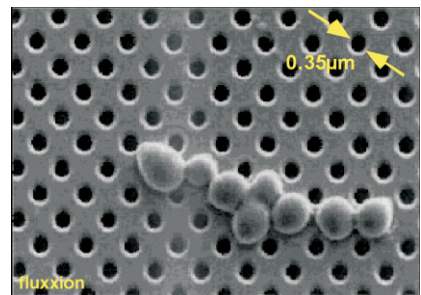


Abbildung 27. Siliciumwafermembran (FluXXion).

delt sich hierbei um ein Nebenprodukt der Wafer-Herstellung, wobei in Siliciumscheiben von nur 1 µm Dicke Mikroporen von 0,35 µm Durchmesser eingebracht werden. Dabei entstehen Membranen mit einer Porosität von bis zu 30 %, die dann mit Siliciumnitrid beschichtet werden, um den Korrosionsschutz zu gewährleisten (s. Abb. 27).

Geringe Membrandicke und hohe Porosität führen zu hoher Permeabilität. Die zu filtrierende Flüssigkeit wird durch ein Membranmodul gepumpt. Durch den Einsatz eines dynamischen Querstrom-Pulsations-Systems, das eine Hochfrequenz-Rückspülung bis zu 20 Hz nutzt, werden Membranverblockungen vermieden und hohe spezifische Flussraten erzielt. Aufgrund der geringen Dicke und hohen Porosität der Membran kann das System mit einem geringen Filtrationsdruck von nur etwa 0,4 bar und einem Transmembrandruck von etwa 0,2 bar betrieben werden. Dies entspricht etwa

einem Zehntel des Druckabfalls herkömmlicher Querstromfiltersysteme. In diesem Zusammenhang wäre auch die von der englischen Fa. **Micropore Technologies** aus Loughborough auf den Markt gebrachte „VibraFilter“-Technologie zu erwähnen. Es handelt sich hierbei um eine Mikrofiltrationstechnologie, die eine oszillierende Membran mit geschlitzten Poren nutzt. Aufgrund der schlitzförmigen Porengeometrie kommen die abzutrennenden Partikel nur an zwei Punkten mit der Membran in Berührung, so dass eine Membranverstopfung reduziert bzw. eine Membranregenerierung erleichtert wird. Durch eine lineare Oszillation der gesamten Membran (40 Hz Frequenz und 10 mm Amplitude) werden Schergeschwindigkeiten von bis zu $30\,000\text{ sec}^{-1}$ realisiert und Ablagerungen effektiv verhindert.

10 Filtermedien

Für die Flüssigkeitsfiltration mit feinsten Partikeln präsentierte die englische Fa. **Madison Filter** (Clear Edge) das neue Produkt Azurtex™ (s. Abb. 28). Hierbei handelt es sich um eine mikroporöse

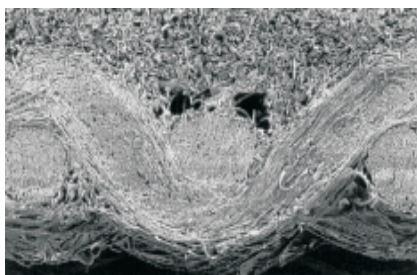


Abbildung 28. Azurtex-Membranfiltergewebe (Madison Filter).

Polymermembran hoher Porosität, die in eine Gewebestruktur aus Polypropylen integriert ist. Auf diese Weise wird hohe Abscheideleistung mit so großer mechanischer Stabilität des Mediums verbunden, dass es auf allen gängigen Apparaten zur Kuchenfiltration wie Vakuumdrehfiltern, Filterpressen oder

Druckblattfiltern eingesetzt werden kann. Die mittlere Porengröße einer vergleichsweise steilen Porengrößenverteilung wird mit $6\ \mu\text{m}$ angegeben (Blasenpunktsbestimmung). Neben hohem Abscheidegrad feinsten Partikel wird auf hohe Permeabilität, gute Kuchenablöseigenschaften und geringe Verstopfungstendenz hingewiesen. Das Filtermedium wird besonders für Produkte wie Titandioxid, Pigmente, Kaolin und Feinchemikalien empfohlen. Speziell für den Einsatz in der Pharmaindustrie hat die schweizerische Fa. **SEFAR** mit „SEFAR PHARMA Grade“ eine neue



Abbildung 29. Endkontrolle eines Pharma-Grade-Filterbeutels (SEFAR).

Produktlinie entwickelt. Sämtliche eingesetzten Materialien und Zubehörteile bei der Herstellung und der Konfektionierung der Gewebe sind strengen Zulassungskriterien unterworfen. Es wurde ein spezieller Konfektionsprozess mit definierten GMP-Leitlinien eingeführt. PHARMA-Grade-Filtermedien sind für alle typischen Filter der Pharmaindustrie wie Schäl- und StülpfILTERZENTRIFUGEN oder Nutschen-Filter/Trockner erhältlich. Abb. 29 zeigt die Endkontrolle eines Filterbeutels.

Ebenfalls von der Fa. **SEFAR** wurde ein neues Tuchverschlussystem vorgestellt (s. Abb. 30), das Filterbänder endlos miteinander verbindet. Es sorgt für einen glatten, stabilen und vor allem auch partikeldichten Übergang an der Stoßstelle.



Abbildung 30. Verbindungselement für Endlosfilterbänder (SEFAR).

11 Filterhilfsmittel

Filterhilfsmittel werden für die Anschwemmfiltration oder als „body-feed“ zur Verbesserung der Drainagefähigkeit von schwer durchströmbar Filterkuchen verwendet. Hierbei ist ein Trend von den mineralischen zu organischen Stoffen auf Cellulosebasis zu beobachten. Geringes Gewicht, zusätzlicher Heizwert bei thermischer Verwertung des Filterkuchens, gesundheitliche Unbedenklichkeit und eine weit gefächerte Palette an Produktqualitäten machen diese aus nachwachsenden Rohstoffen erzeugten Produkte interessant, auch wenn sie noch nicht in jedem Einsatzfeld preislich mit mineralischen Produkten mithalten können. Neben den klassischen Einsatzgebieten erschließen sich Filterhilfsmittel auf Cellulosebasis neue Anwendungsfelder und werden auch hinsichtlich ihrer Produkteigenschaften weiterentwickelt. So präsentierte die Fa. **Josef Rettenmaier & Söhne JRS** eine neuartige Anwendung von Cellulosefasern als Drainagemittel in Dekantierzentrifugen zur Olivenölproduktion.

Eine Neuentwicklung stellt auch der Einsatz von Silicagel getränkten Cellulosefasern in der Speiseölraffination dar, die klassischerweise Bleicherde, Kieselgur und Silicagel verwendet. Das neue organische Trägermaterial vereinigt nun Adsorptions- und Drainageeigenschaften in einem einzigen Produkt miteinander.