

Zentrifugen*

Um sich auf dem Gebiet der Zentrifugal-trenntechniken einen repräsentativen Überblick über den Stand der Technik, Trends und Innovationen zu verschaffen, bot die 27. ACHEMA in Frankfurt/Main wieder die besten Voraussetzungen. Sie war erneut die weltgrößte Veranstaltung der chemischen Prozesstechnik, der Umwelttechnik und der Biotechnologie und besitzt nach wie vor wie keine andere Veranstaltung wegweisende Kompetenz für alle Bereiche der Prozessindustrie.

Mit 3822 Ausstellern (-7,9 % gegenüber 2000) war die ACHEMA 2003 hinsichtlich der Ausstellerzahl trotz des insgesamt nicht einfachen wirtschaftlichen Umfeldes die zweitgrößte Veranstaltung ihrer 83jährigen Geschichte und wurde nur von der zurückliegenden ACHEMA 2000 leicht übertroffen, die unter ungleich günstigeren Rahmenbedingungen stattfand. Diese vergleichsweise positive Nachricht spiegelte sich auch bei den befragten Zentrifugulieferanten in einer mehrheitlich positiven Beurteilung ihrer eigenen Situation wider.

Die in der Ausstellerbeteiligung neben Deutschland (2559) führenden fünf Länder waren Italien (245), Großbritannien (205), die Schweiz (174), die USA (150) und Frankreich (129). Unter den Ländern, die mit mindestens 10 Ausstellern vertreten waren, haben gegenüber dem Jahr 2000 die folgenden Länder die höchsten Steigerungsraten zu verzeichnen: Australien (+225 %), Südkorea (+180 %), Polen (+100 %), China (+84 %), Türkei (+60 %), Taiwan (+47 %), Indien (+39 %) und Spanien (+29 %).

Bei den insgesamt 12 Ausstellungsgruppen waren 10,1 % (387) der Aussteller den mechanischen Verfahren zuzuordnen. Unter diesen befanden sich 46 Hersteller von Betriebszentrifugen, wie sie hier behandelt werden sollen. Inklusive verwandter Ausstellergruppen wie Lieferanten von Zentrifugenteilen (16) und Laborzentrifugen (37) belegen diese Zahlen den bedeutenden Stellenwert, der den Zentrifugaltrenntechniken bei den mechanischen Verfahren zukommt.

Sucht man nach Trends, so ist hier vor allem die seit einigen Jahren auch in anderen Bereichen des Maschinen- und Apparatebaues anhaltende Konzentration und damit auch Beschränkung auf das Kerngeschäft zu beobachten.

Gegenüber der ACHEMA 2000 sind wieder viele Verbesserungen im Detail, doch nur wenige wirkliche Neuentwicklungen zu verzeichnen. Nicht repräsentativ, doch ein gewisser Hinweis hierfür sind die lediglich vier Einträge von Zentrifugenherstellern im ACHEMA-Innovationskatalog. Maschinen für die Pharmazie, die Feinchemie und für biotechnologische Produkte standen im Vordergrund der Präsentationen.

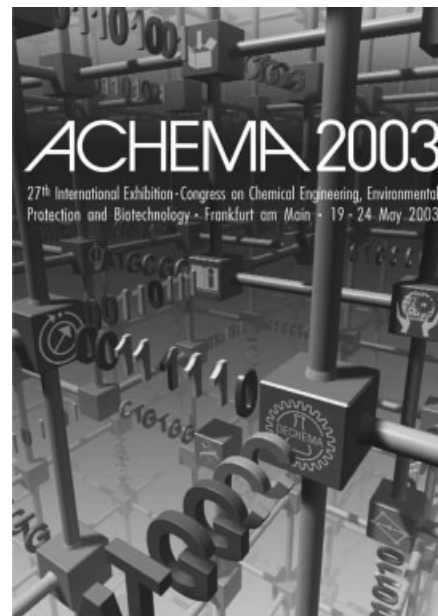
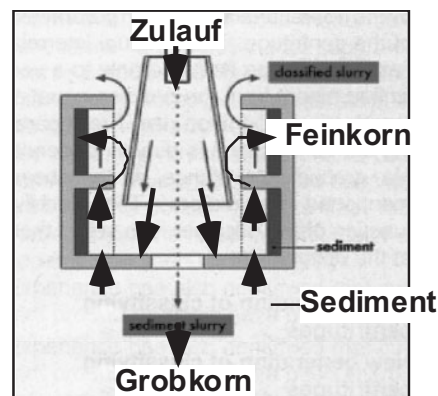
1 Röhrenzentrifugen und Tellerseparatoren

Für den Bereich hoher und höchster Zentrifugalbeschleunigungen oberhalb von 10 000 g, wie sie insbesondere im Bereich biotechnologischer Anwendungen zur sedimentativen Abtrennung extrem feiner Feststoffe mit meist sehr geringem Dichteunterschied zur umgebenden Flüssigkeit erforderlich sind, eignen sich insbesondere Röhrenzentrifugen und Kammer- bzw. Tellerseparatoren.

Bei den mit Überlauf arbeitenden Röhrenzentrifugen wurde auf der diesjährigen ACHEMA weitestgehend das bewährte Standardprogramm der einschlägigen Hersteller angeboten.

Überlaufzentrifugen können nicht nur zur Abscheidung, sondern in spezieller Ausführung auch zur Klassierung im Feinstkornbereich eingesetzt werden. Ein Beispiel hierfür ist das in Abb. 1 dargestellte „Nano-Cut/Micro-Cut“-System von **KRETTEK VERFAHRENSTECHNIK** für Trennkorngrößen bis in den Bereich von etwa 0,5 µm. Hier wird ausgenutzt, dass bei hohen Zentrifugalbeschleunigungen auch bei relativ hohen Suspensionskonzentrationen trotz gegenseitiger Teilchenbehinderung noch ein ausreichender Klassiereffekt erzeugt werden kann.

Abbildung 1. Feinstkornklassierzentrifuge (KRETTEK VERFAHRENSTECHNIK GMBH).



In segmentierten Kammern wird das ausgesedimentierte Grobkorn zurückgehalten und daran gehindert, mit in den Überlauf geschleppt zu werden. Das entsprechend langsam sedimentierende Feinkorn verlässt die Zentrifuge mit dem Überlauf. Nach Auffüllen der Kammern mit Grobkorn wird der Zulauf unterbrochen und die Drehzahl der Trommel stark reduziert. Bei geringer Drehzahl wird Flüssigkeit zur Resuspendierung des Grobkornsedimentes zugeführt und mittels eines einschwenkbaren Rührwerkzeuges mit diesem vermischt. Nach erfolgter Resuspendierung wird das Grobkorn als hochkonzentrierter Schlamm nach unten aus der Trommel ausgespült. Auf diese Weise lässt sich ein vollautomatischer Betrieb realisieren.

Tellerseparatoren zur Fest/Flüssig-, Flüssig/Flüssig- und Fest/Flüssig/Flüssig-Trennung für höchste Ansprüche wurden von einer ganzen Reihe von Herstellern vorgestellt. Neben der Präsentation bewährter Produkte konnten verschiedene Hersteller wieder mit einer Ergänzung ihrer Lieferpalette und auch mit verbesserten Modellen aufwarten. In den letzten Jahren erfolgte Neuentwicklungen wie etwa die viskositätsgesteuerten Ausstragsdüsen für den Feststoff haben sich bewährt und werden inzwischen als Standard angeboten.

Für den Bereich biotechnologischer Anwendungen ist es neben den Notwendigkeiten hermetischer und steriler Betriebsweise oft erforderlich, den abzutrennenden Feststoff mechanisch möglichst wenig zu belasten. Dies betrifft etwa die Abtrennung lebender Mikroorganismen. Sowohl dem Suspensionszulauf als auch dem Feststoffaustrag aus dem Separator muss hier besondere Beachtung geschenkt werden. Abb. 2 zeigt als Beispiel hierfür den Klärseparator „CSE 80“ von **WESTFALIA SEPARATOR INDUSTRY**, der in einer Package Unit zu sehen ist, wie sie

* Berichterstatter: Dr.-Ing. HARALD ANLAUF (E-mail: harald.anlauf@mvm.uni-karlsruhe.de), Universität Karlsruhe (TH), Institut für MVM, D-76128 Karlsruhe,

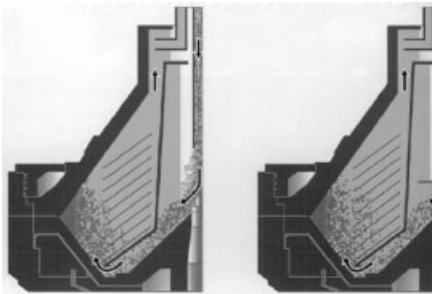
zur Verarbeitung tierischer Zellen eingesetzt wird. Derartige Package Units werden in ganz ähnlicher Form z. B. auch von ALFA LAVAL angeboten.

Abbildung 2.
Klärsseparator „CSE 80“ (WESTFALIA SEPARATOR INDUSTRY GMBH).



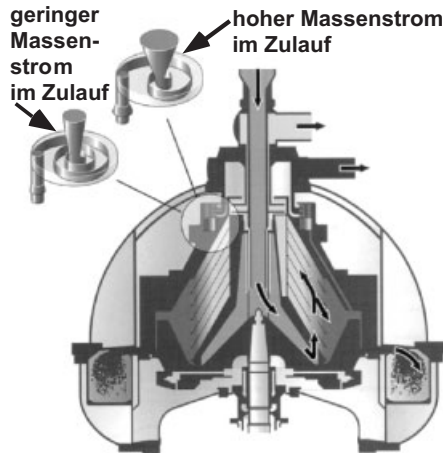
Die Suspension wird der Zentrifuge hier hydrohermetisch zugeführt. Die Zuführung des Produktes erfolgt unter dem Flüssigkeitsspiegel, wie in Abb. 3 auf der rechten Seite zu erkennen ist. Das System ermöglicht einen Flüssigkeitsspiegelstand bis zur Rotorachse, unter dem der Produktstrom schonend in die gefüllte Trommel eingespeist und beschleunigt wird.

Abbildung 3.
Hydrohermetischer Zulauf (WESTFALIA SEPARATOR INDUSTRY GMBH).



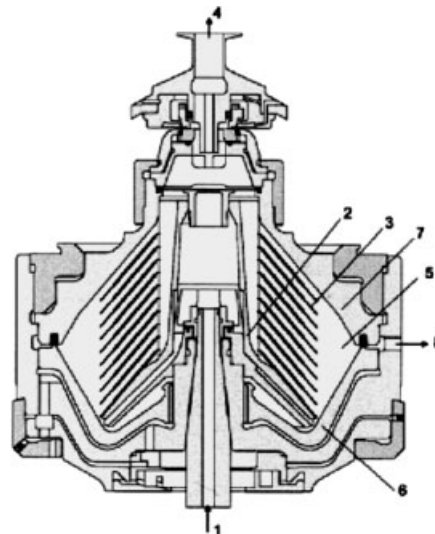
Werden die Feststoffe z. B. mittels Düsen aus dem Separator ausgetragen, so kann dies in besonders schonender Weise erfolgen, wenn man den Austragspunkt von der Trommelperipherie, an der bis zu 250 bar herrschen können, nach innen in die Nähe der Drehachse legt. In Abb. 4 ist dies in Verbindung mit viskositätsgesteuerten Düsen zu erkennen. Diese „VisCon“-Düsen machen das Anpassen der Entleerungszeiten bei veränderten Zulaufbedingungen überflüssig. Dadurch werden gleichbleibende Feststoffaustragskonzentrationen erreicht. Ist die Zulaufkonzentration und damit die Viskosität hoch, so entsteht ein weniger ausgebildeter Wirbel mit geringerem Druckverlust und damit höherer Durchflussrate. Bei starker Wirbelbildung im Falle niedriger Konzentration und Viskosität ist der Druckverlust in der Düse entsprechend hoch, so dass geringe Durchflüsse erzielt werden.

Abbildung 4.
„VisCon“-Austragsdüsen (WESTFALIA SEPARATOR INDUSTRY GMBH).



Ein ganz ähnlich funktionierendes Düsensystem wird von ALFA LAVAL unter der Bezeichnung „Vortex-Düse“ angeboten. Die entsprechende hermetische Produktzuführung (1) wird dabei über die hohle Welle von unten realisiert, wie in Abb. 5 am Beispiel eines periodisch ausstragenden Separators gezeigt wird. Die Suspension wird in einem Verteiler (2) beschleunigt und tritt in das Tellerpaket (3) ein. Die geklärte Flüssigkeit verlässt den Separator kontinuierlich an dessen Spitze (4), und die Feststoffe werden periodisch aus dem Sammelraum (5) der Peripherie (8) ausgeworfen und in einem nachgeschalteten Zyklon abgebremst. Steuerwasser presst im Schließzustand den Trommelboden (6) gegen das Trommeloberteil (7).

Abbildung 5.
Hermetische Trommel mit Produktzuführung von unten (ALFA LAVAL).



Den sich innerhalb von Sekundenbruchteilen vollziehenden Schlammauswurf kennt der Betreiber bisher in Verbindung mit einem ausgesprochen lauten und scharfen Knall. Der Separator

„schießt“. Dieses Jahr hat FLOTTWEG als Innovation erstmalig das „Soft-Shot“-System vorgestellt. Durch eine verfeinerte Regelung des Steuerwassers schlägt der sich zur Trommelöffnung verschiebende Trommelboden nicht mehr hart nach unten auf, sondern wird derart abgebremst, dass der Feststoffaustrag sich auf das leise rauschende Geräusch des ausgetragenen Schlammes reduziert.

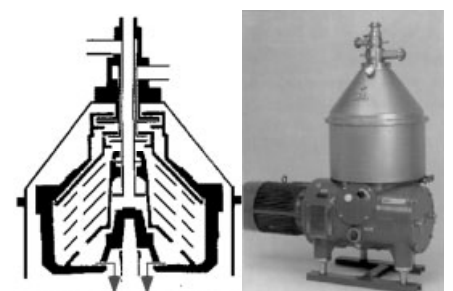
Als weitere Neuentwicklung ist eine neue Laborzentrifugengeneration von WESTFALIA SEPARATOR INDUSTRY zu nennen, die sich besonders für die Entwicklung neuer Wirkstoffe im Labormaßstab mit Leistungen bis zu 100 L/h eignet. Abb. 6 zeigt das kompakte Design dieses Zentrifugentyps, der einfach zu handhaben und platzsparend zu installieren ist. Der Laborseparator kann mit Vollmanteltrommel oder selbstentleerender Trommel zum automatischen Feststoffaustrag geliefert werden.

Abbildung 6.
Laborseparator (WESTFALIA SEPARATOR INDUSTRY GMBH).



Schließlich sei in Abb. 7 mit dem „TC 100“ von WESTFALIA SEPARATOR INDUSTRY noch ein weiterentwickelter Flüssig/Flüssig-Separator z. B. zur Herstellung von Polycarbonat oder Nitroaromaten vorgestellt. Neben einer Reihe weiterer Details zeichnet diese Maschine sich insbesondere durch die restlose Entleerbarkeit der Trommel durch Öffnungen am Trommelboden aus.

Abbildung 7.
Trenn-Separator „TC-100“ (WESTFALIA SEPARATOR INDUSTRY GMBH).



2 Dekanter

Die kontinuierlich arbeitende Vollmantel-schnecken-zentrifuge ist eine der am vielseitigsten einsetzbaren Maschinen zur mechanischen Trennung von Suspensionen. Die Hersteller ergänzen und verbessern immer wieder ihre Angebotspalette, auch wenn wirkliche Innovationen rar sind.

So präsentiert sich beispielsweise **PIERALISI DEUTSCHLAND** mit neuen Dekantertypen, wie dem „GIGANT III“ mit 800 mm Trommeldurchmesser, einem l/d von > 3 , mehrgängiger Schnecke und einem konstant zur Verfügung stehenden Getriebemoment von 30 000 Nm zur Abtrennung von mehr als 10 t/h TS im Ex-Bereich, insbesondere für die Chemieindustrie.

Bei der neuen „Hercules“-Serie, die von **PIERALISI DEUTSCHLAND** angeboten wird, sticht nach Abb. 8 nach außen vor allem das maschinentechnische Design hervor. Die Konstruktion zeichnet sich durch sehr ruhigen und vibrationsarmen Lauf mit entsprechend geringem Geräuschpegel aus.

Abbildung 8. „Hercules“-Dekanter (**PIERALISI DEUTSCHLAND GMBH**).



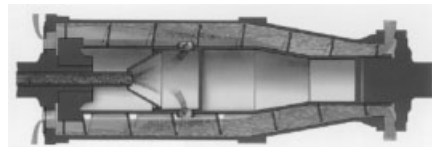
Geringe Geräuschbelastung stand auch im Vordergrund der schon seit Jahren am Markt bewährten und nun weiter verbesserten Version der „Centripress“ von **BIRD MACHINE**. Wie in Abb. 9 zu erkennen ist, zeichnet sie sich durch eine kompakte Bauweise aufgrund von rahmenintegriertem Haupt- und Schneckenantrieb mit wartungsfreundlichem Gehäuse aus.

Abbildung 9. „Centripress“-Dekanter (**BIRD MACHINE**).



Der Schallpegel ist hier auf Werte von < 80 dB(A) abgesenkt. Das Prinzip dieser Maschine zum Erzielen besonders hoher Trockenstoffgehalte bei der Abtrennung kompressibler Schlämme zeigt Abb. 10. Im konischen Bereich der Maschine wird der bereits kompaktierte Feststoff unter dem Einfluss einer biaxialen Pressung weiter verdichtet und damit weiter entfacht. Zur Beherrschung der dabei auftretenden hohen Drehmomente bei sehr kleinen Differenzdrehzahlen zwischen Trommel und Schnecke und zur Realisierung eines automatisierten und lastabhängigen Betriebsablaufes bei sich ändernden Zulaufbedingungen bietet **BIRD MACHINE** mit „Centrifuge System Control – CSC“ ein entsprechendes Regulationssystem an.

Abbildung 10. Schnittzeichnung des „Centripress“-Dekanters (**BIRD MACHINE**).

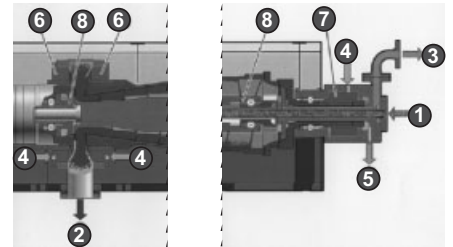


Entsprechende Systeme werden inzwischen als Standard bei allen namhaften Zentrifugenherstellern als Variante einer ganzen Palette elektrischer oder hydraulischer Antriebe und unterschiedlicher Getriebe angeboten. Exemplarisch seien hier neben dem System von **BIRD MACHINE** das „Rotovariator-System“ von **PIERALISI**, das „SIMP-DRIVE-System“ von **FLOTTWEG** oder der „2-Getriebe-Antrieb“ von **WESTFALIA SEPARATOR INDUSTRY** genannt.

Die Vielseitigkeit des Prinzips der Dekantierzentrifuge hat zu einer ganzen Reihe von Sonderbauarten geführt, die sich inzwischen über die Jahre bewährt haben. Dekantierzentrifugen können unter Druck betrieben werden, trennen körnige Materialien und konzentrieren feinste Schlämme, sortieren, klassieren und werden zur Dreiphasentrennung und Extraktion eingesetzt.

Für gasdichte Anwendungen von der Schutzgasüberlagerung zum sicheren Arbeiten mit Lösungsmitteln bis hin zur Nieder- und Hochdruckanwendung bis 10 bar in der chemischen und pharmazeutischen Industrie, der Biotechnologie und der Nahrungsmittelindustrie hat **WESTFALIA SEPARATOR INDUSTRY** mit dem „CD 305“ gemäß Abb. 11 einen Klärdekanter mit einem neuartigen Maschinenkonzept für Leistungen bis zu 6000 L/h vorgestellt. Durch ein völlig neues Konzept verkleinert sich der Druckraum um 90 % gegenüber bisherigen Standardlösungen. Durch den kleinen Produktraum erfolgt die Inertisierung sehr schnell, und es bilden sich keine Produktablagerungen zwischen Rotor und Gehäuse.

Abbildung 11. Druckdichter Dekanter (**WESTFALIA SEPARATOR INDUSTRY GMBH**); 1 – Zulauf, 2 – Feststoffaustrag, 3 – Zentratauslass, 4 – Sperrgas, 5 – Leckage, 6 – Gehäusedichtung, 7 – Einlaufrohrdichtung, 8 – Schneckenlagerdichtung.

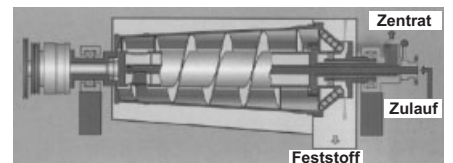


Insbesondere bei Druckenwendungen reduziert sich die Reibung zwischen Trommel und Atmosphäre, was zu einer erheblichen Einsparung von Energiekosten führt. Die Einsparung von axialem Bauraum zwischen den Hauptlagern ermöglicht ein Maximum an Klärfläche. Das modular aufgebaute Dichtungskonzept erlaubt eine einfache Realisierung gas- oder druckdichter Varianten.

Neben der reinen Abtrennung von körnigen Materialien in der klassischen Gegenstromdekantierzentrifuge werden spezielle Dekanter zur Eindickung schwer sedimentierender Schlämme angeboten.

Seit 1994 präsentierte **FLOTTWEG** nun zum 4. Mal in Folge den erfolgreichen „Sedicanter“ für die Abtrennung feinstpartikulärer Schlämme an prominenter Stelle. Diese Maschine vereint besondere Vorzüge der feststofforientierten Dekantierzentrifugen mit bis zu 70 Vol.-% Feststoff im Zulauf mit entsprechenden Tellerseparatoren mit Zentrifugalwerten bis zu 10 000 g und hat sich als feste Größe am Markt etablieren können. Abb. 12 zeigt noch einmal das Prinzip dieser Maschine in der Schnittzeichnung.

Abbildung 12. „Sedicanter“ (**FLOTTWEG GMBH & Co. KGAA**).



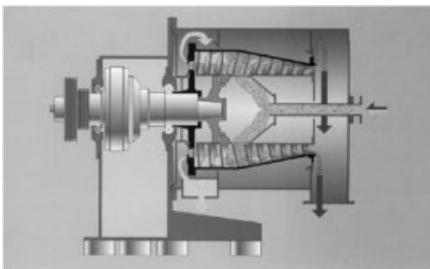
Ähnlich wie beim Zentrifugieren von zwei nicht ineinander löslichen Flüssigkeiten bildet sich bei feinstkörnigen Schlämmen eine Trennzone zwischen abgetrenntem Sediment und der geklärten Flüssigkeit aus. Die Lage der Trennzone im Dekanter entscheidet über den Klärgrad der Flüssigphase und die Restfeuchte des Feststoffes. Die optimale Lage dieser Trennzone lässt sich während des Betriebes über zwei Parameter einstellen. Der erste Parameter wird durch die wäh-

rend des Betriebes verstellbare Schäl-scheibe zur Ableitung der geklärten Flüssigkeit geliefert. Durch die Verstellung taucht sie mehr oder weniger tief in die Flüssigkeit ein. Dadurch verändert sich die Niveauhöhe der Flüssigkeit in der Trommel und damit die Lage der Trennzone. Zur automatischen Regulierung wird die Schäl-scheibe über einen Stell-antrieb bewegt. Je nach Einsatz wird als Regelgröße das Drehmoment an der Förder-schnecke, die Trübung des Zentrats oder der Druck im Zentrat verwendet.

Der zweite Parameter ist durch die ver-stellbare Differenzdrehzahl zwischen Trommel und Schnecke gegeben. Diese bestimmt die Verweilzeit des Feststoffes in der Trommel. Eine Veränderung der Diffe-renzdrehzahl hat Einfluss auf den Füllgrad der Trommel mit Feststoff und damit auf die Lage der Trennzone. Durch Verwen-dung des bereits oben erwähnten „SIMP-DRIVE-Systems“ lässt sich die Differenz-drehzahl während des Betriebes stufenlos regulieren, ohne die Trommeldrehzahl da-bei zu beeinflussen. Als Regelgrößen wer-den die gleichen Parameter wie für die ver-stellbare Schäl-scheibe verwendet.

Dekanter für vorzugsweise körnige Materialien mit gutem Sedimentations- und Drainageverhalten wurden auf der diesjährigen ACHEMA wieder von **SIEB-TECHNIK** mit seiner inzwischen auch über einige Jahre erfolgreich bewährten Serie von Spezialdekantern angeboten. Der in Abb. 13 dargestellte „Short Bowl Decanter“ zeichnet sich infolge seiner fliegen- den Lagerung durch besonders gute Zu-gänglichkeit und Reinigbarkeit aus.

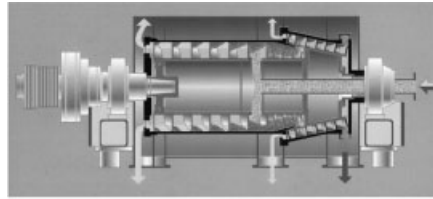
Abbildung 13.
„Short Bowl Decanter“ (SIEBTECHNIK
GMBH).



Die Masse der rotierenden Teile und der Abstand des Schwerpunktes zum Lager begrenzen die Betriebsdrehzahl und geben auch das relativ geringe Verhältnis von Durchmesser zu Länge der Trommel vor. Dabei wird hier lediglich der zylindrische Teil der Trommel verkürzt und schränkt damit nur das Klär-volumen ein. Die Maschine ist daher für Feststoffe mit sehr gutem Sedimentationsverhalten konzipiert.

Bei der Notwendigkeit eines größeren Klärteiles und dem Ziel optimaler Feststoffentfeuchtung wird der „Twin Cone Decanter“ gemäß Abb. 14 eingesetzt. Nach der Eindickung der Suspension im zylind-

Abbildung 14.
„Twin Cone Decanter“ (SIEBTECHNIK
GMBH).

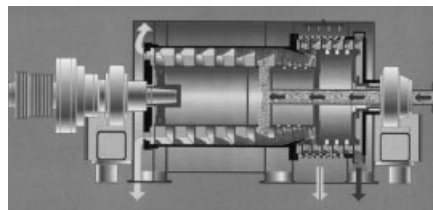


rischen Teil wird der Feststoff zunächst auf einem Kurzkonus vorentfeuchtet und dann über eine Abwurfkante auf einen zweiten Konus mit größerem Durchmesser aufgegeben. Der Feststoffkuchen wird dabei aufgebrochen, umgelagert und auseinandergezogen, so dass Flüssigkeitseinschlüsse freigegeben werden können. Der größere Durchmesser sorgt gleichzeitig für noch größere, die Entfeuchtung begünstigende Zentrifugalkräfte. Die separate Abführung des Sekundärzentrates ermöglicht eine Waschung mit separater Abführung der Waschflüssigkeit.

Eine noch größere Betonung des Fil-trationsaspektes bietet schließlich ent-sprechend Abb. 15 der auf dem Messe-stand ausgetestete „Turbo Screen Decanter“. Er vereint die Vorteile von Vollmantel- und Siebzentrifuge und vermeidet die Notwendigkeit eines Kompromisses zwischen Klär- und Entfeuchungsbereich. Im ersten Schritt arbeitet die Zentrifuge wie der zuvor besprochene „Twin Cone Decanter“. Der voreingedickte Feststoff wird dann über die Abwurfkante in eine nachgeschaltete Siebtrommel mit größerem Durchmesser abgeworfen.

Da der Feststoff mit bereits sehr hoher Konzentration auf das Siebteil gelangt, wird der bei Siebzentrifugen allgemein gefürchtete Feststoffdurchschlag ins Zentrat reduziert. Die Möglichkeit einer guten Feststoffwaschung mit getrennter Abführung der Waschflüssigkeit und optimaler Entfeuchtung bei hohen Zentrifugalwerten ist hier kombiniert.

Abbildung 15.
„Turbo Screen Decanter“ (SIEBTECHNIK
GMBH).



3 Kontinuierliche Siebzentrifugen

Vom Siebdekanter ist der Weg zu den kon-tinuierlichen Siebzentrifugen für sehr schnell filtrierende Suspensionen nicht sehr weit. Die selbsttransportierenden

Abbildung 16.
Schubzentrifuge mit integrierter
Voreindickzone (FERRUM AG).



Gleit-, Taumel oder Schwingzentrifugen spielten auf der Messe nur eine untergeordnete Rolle. Im Vordergrund standen mit der Schub- und der Siebschnecken-zentrifuge kontinuierliche Siebzentrifugen mit Zwangstransport für den Feststoff.

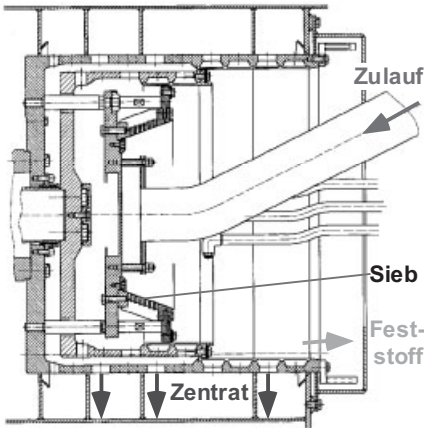
Einen besonderen und die Anbieter verbindenden Aspekt stellte die Möglich-keit zur Voreindickung der zu trennenden Suspension direkt in der Zentrifuge dar. Kontinuierliche Siebzentrifugen benötigen wegen geringer Produktverweilzeit im Rotor und entsprechend großen Spalt- weiten der Siebeläge eine hohe Aufgäbe- konzentration zur schnellen Kuchen- bildung und zur Reduktion des Fest- stoffdurchschlages ins Zentrat. Hierfür werden in der Regel externe Einrich- tungen wie Sedimentationsbecken, Bogensie- be, Hydrozyklone o. ä. eingesetzt.

Nun ist mit der Integration dieser Vor- eindickung in die Trennmaschine selbst eine Idee aus den 70er Jahren des letzten Jahrhunderts wieder aufgegriffen und umgesetzt worden. Die Firma **FERRUM** präsentierte als Messeneuheit die in Abb. 16 gezeigte Schubzentrifuge mit integriertem Sieb in der Suspensionsaufgabezone. Die Abbildung zeigt den Innenraum der Zentrifuge mit zentralem Zulaufrohr, dem Füllverteiler und einem konischen Sieb- element oberhalb des axial oszillierenden Schubbodens, der den Feststoff über das Spaltsieb transportiert. Rechts unten sind vier Rohre zum Aufdüsen von Waschflüssigkeit auf den Filterkuchen zu erkennen.

Abb. 17 verdeutlicht die Anordnung des Voreindicksiebes noch einmal in der Schnittzeichnung einer zweistufigen Schubzentrifuge.

Die Voreindickung der Suspension in der Maschine macht diese unempfind- licher gegen Schwankungen der Konzen- tration im Zulauf, die sehr schnell zu der bei Schubzentrifugen gefährdeten Fehl- funktion des „Flutens“ führen können. Mit höherer Zulaufkonzentration verringert sich weiterhin der Feststoffdurchschlag

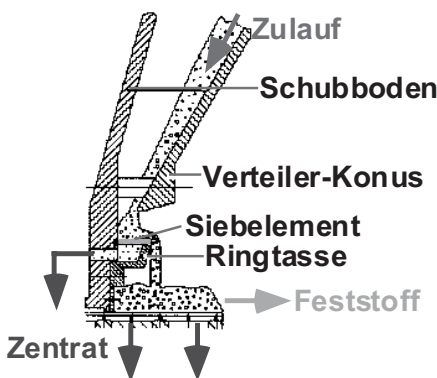
Abbildung 17.
Zweistufige Schubzentrifuge mit Voreindicksieb (FERRUM AG).



ins Zentrat, und der Filterkuchen baut sich gleichmäßiger auf, was neben der Entfeuchtung auch einen eventuell notwendigen Waschvorgang begünstigt. Nicht zuletzt verbessert die in der Maschine vorgenommene Voreindickung die Produktbeschleunigung mit der Konsequenz, dass die Suspension im Zulauf schonender behandelt wird, als dies bei den üblichen Einlaufgeometrien möglich ist. Eine schonende Produktbehandlung ist vielfach gewünscht, um Kristallbruch zu vermeiden.

Die Voreindickung in der Aufgabzone von Schubzentrifugen wird auch für Maschinen der **SIEBTECHNIK GMBH** angeboten. Abb. 18 zeigt in schematischer Darstellung die patentierte (DBP-DE 19546019C1) Variante dieses Herstellers.

Abbildung 18.
Schubzentrifuge mit integrierter Voreindickzone (SIEBTECHNIK GMBH).

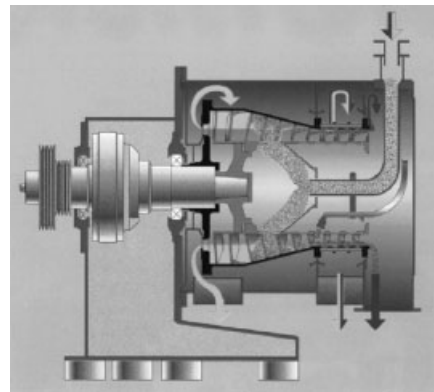


Die Suspension fließt hier vom Verteilerkonus kommend auf ein horizontal angeordnetes Siebelement, durch das ein erheblicher Teil der Flüssigkeit vorabgeschieden wird. Die Drainagewirkung kann durch ein in die Wand des Schubbodens eingebautes zusätzliches Siebelement noch vergrößert werden. Die durch das Siebelement hindurchgetretene Flüssigkeit wird in einer mit dem Schubboden verbundenen Ringtasse aufgefangen und durch diesen hindurch separat abgeführt. Die aufkonzentrierte Suspension strömt

in Form eines über den ganzen Umfang gleichmäßig verteilten Films über eine Kante auf das Spaltsieb der Siebtrommel, wo sich dann der Filterkuchen aufbaut.

Die in die kontinuierliche Siebzentrifuge integrierte Suspensionsvoreindickung kann nicht nur filtrativ wie bei den Schubzentrifugen erfolgen, sondern auch sedimentativ, wie am Beispiel der in Abb. 19 dargestellten Siebschneckenzentrifuge „Conthick“ von **SIEBTECHNIK** zu sehen ist. Die Maschine ähnelt dem in Abb. 13 gezeigten „Short-Bowl-Decanter“ und unterscheidet sich von diesem durch das der Sedimentation nachgeschaltete Siebteil zur eventuellen Produktwaschung und zur weitgehenden Entfeuchtung des abzutrennenden Produktes.

Abbildung 19.
Siebschneckenzentrifuge mit Voreindickung (SIEBTECHNIK GMBH).



4 Diskontinuierliche Filterzentrifugen/ Zentrifugentrockner

In diese Gruppe von Zentrifugen gehören hauptsächlich vertikale und horizontale Schälzentrifugen, die StülpfILTERZENTRIFUGE und Zentrifugentrockner. Schwerpunkt der meisten Anbieter war eindeutig der Einsatz dieser Maschinen in Pharmazie, Feinchemie und Biotechnologie mit den entsprechenden Anforderungen an die Ausführung der Maschinenteknik.

Gute Zugänglichkeit zum Zentrifugenraum durch wegklappbare Gehäuse, tottraumarme Innengestaltung und CIP-Fähigkeit und gegebenenfalls Sterilisierbarkeit sind durchgehender Standard. Abb. 20 zeigt als Beispiel die horizontal angeordnete Schälzentrifuge „HZ Pharma“ von **KRAUSS MAFFEI PROCESS TECHNOLOGY** mit geöffnetem Gehäuse.

Diese Maschine in ihrer neuesten Ausführung weist Verbesserungen gegenüber ihren Vorgängermodellen auf. Eine dieser Verbesserungen ist eine mit dem Schälmesser verbundene Abdeckung des Feststoffaustragsschachtes. Damit gelingt es, den Austragsschacht während der Füllphase vor eindringenden Suspen-

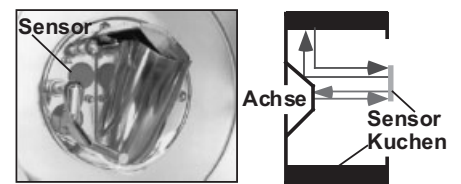
Abbildung 20.
„HZ Pharma“ (KRAUSS MAFFEI PROCESS TECHNOLOGY AG).



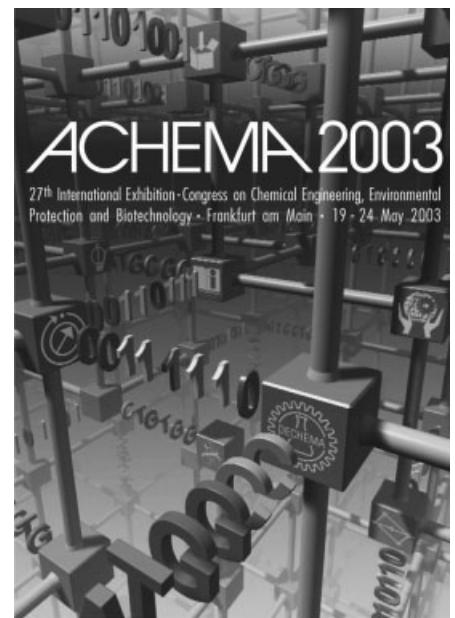
sionsspritzern zu schützen. Durch den Schwenkvorgang des Schälmessers beim Kuchenausrag wird die Öffnung dann freigegeben.

Neben der neuen Abdeckung des Feststoffschachtes besitzt die Maschine ein neues System zur Erfassung von Füllstand bzw. Kuchenhöhe in der Trommel, das den früher üblichen Einbau eines Schichtdickenfühlers ersetzt. Die in Abb. 21 dargestellte Methode beruht auf einer Längenmessung mit Ultraschall.

Abbildung 21.
Schichtdickenmessung (KRAUSS MAFFEI PROCESS TECHNOLOGY AG).



Die Sender/Empfänger-Einheit sitzt als flache Scheibe in der Zentrifugentür und vermeidet damit den kontaminationsanfälligen Einbau eines Tasters in die Trommel. Der Ultraschallstrahl wird an der Zentrifugenrückwand an einer schrägen Metallfläche um 90° umgelenkt, von der Schicht in der Trommel reflektiert



und wieder registriert. Weil sich die Schallausbreitungsgeschwindigkeit in der Trommel durch veränderte Zusammensetzung der Gasphase verändern kann, wird noch ein Kalibriersignal benötigt, das durch eine zusätzliche Beschallung der Trommelrückwand mit bekanntem Abstand zum Sensor gewonnen wird.

Für die Lösung des in Schälzentrifugen grundsätzlich auftretenden Problems der verbleibenden Produktgrundsicht auf dem Filtermedium und ihrer Entfernung hat sich inzwischen allgemein die Methode der pneumatischen Restschichtentfernung durchgesetzt. Abb. 22 zeigt hierfür ein Beispiel mit Abblasung von außen.

Abbildung 22.
Restschichtentfernung (KRAUSS MAFFEI PROCESS TECHNOLOGY AG).



Ganz ohne Restschicht arbeitet die in den 70er Jahren des letzten Jahrhunderts entwickelte und vor allem in der Pharmaindustrie und Spezialchemie fest etablierte StülpfILTERZENTRIFUGE. In der von HEINKEL angebotenen und zusätzlich mit dem „PAC“-System erweiterten Ausführung kann in der Maschine neben der reinen Zentrifugaltrennung eine Druckfiltration zur Effizienzsteigerung überlagert, eine Dampfwasche des Feststoffes vorgenommen, der Feststoff extrahiert und auch thermisch getrocknet werden.

Die thermische Produkttrocknung in einer eigenen Ausführung der StülpfILTERZENTRIFUGE wurde auch von COMI CONDOR angeboten. Auf ähnliche Art und Weise wird die thermische Trocknung in dem ebenfalls seit einigen Jahren bewährten

Abbildung 23.
T2T-Zentrifugentrockner (FIRMA MASCHINENBAU).

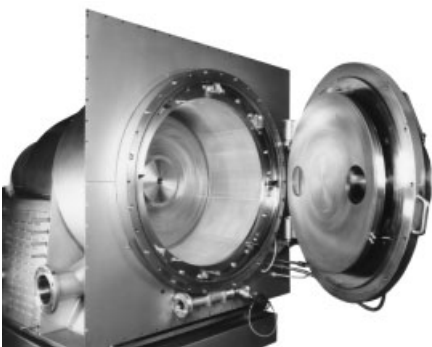
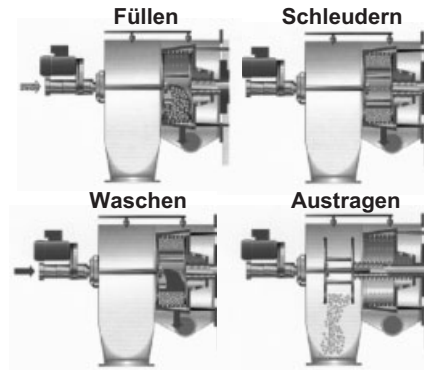


Abbildung 24.
Mechanische Zentrifugation im „Zentrifugentrockner HD“ (HEINKEL AG).



und wieder auf der ACHEMA 2003 präsentierten Zentrifugentrockner „T2T“ von FIRMA MASCHINENBAU praktiziert (s. Abb. 23).

Auf der diesjährigen Messe als Innovation vorgestellt wurde der „Zentrifugentrockner HD“ von HEINKEL, der auf der StülpfILTERTECHNOLOGIE aufbaut. Wie aus Abb. 24 hervorgeht, wird im Vergleich zu dieser hier jedoch kein sich beim Feststoffaustrag umstülpendes Filtergewebe verwendet, sondern ein metallisches Filterelement.

Der entfeuchtete Filterkuchen wird durch den schon von der StülpfILTERZENTRIFUGE bekannten Trommeleinsatz über das Filtermedium hinweg aus der Trommel ausgeschoben. Die dabei auf dem Filterelement zurückbleibende minimale Produktrestschicht kann mit Jet-Puls-Gasstößen abgesprengt werden, so dass ein vollständiger Produktaustrag gewährleistet ist. Im Zentrifugentrockner kann also ganz konventionell diskontinuierlich zentrifugiert werden. Für die thermische Nachtrocknung des abgetrennten Feststoffes stehen in dem neuen Zentrifugentrockner je nach Produkthanforderung die in Abb. 25 dargestellten vier verschiedenen Varianten zur Verfügung. Für die Festbett-trocknung wird erwärmtes und komprimiertes Gas eingesetzt. Der Filterkuchen wird von innen nach außen durchströmt. Die Kuchenstruktur wird erhalten, und Bypassströmungen des Trocknungsgases werden vermieden.

Bei der Wirbelschicht-trocknung werden Kapillaren aufgebrochen und Diffusionsstrecken reduziert. Ein intensiver Wärme- und Stoffaustausch findet statt. Hierzu wird der Filterkuchen vor der thermischen Trocknung durch Jet-Impuls-Gasstöße vom Metallfilterelement abgesprengt. Das Trocknungsgas wird von der Rückseite der Trommel in den Verfahrensraum geleitet, durchströmt den Feststoff und verlässt die Trommel wieder durch das Metallfilterelement, das hier gleichzeitig als Partikelfilter dient. Die Wirbelschicht wird durch langsames Drehen der Trommel ständig zusätzlich durchmischt.

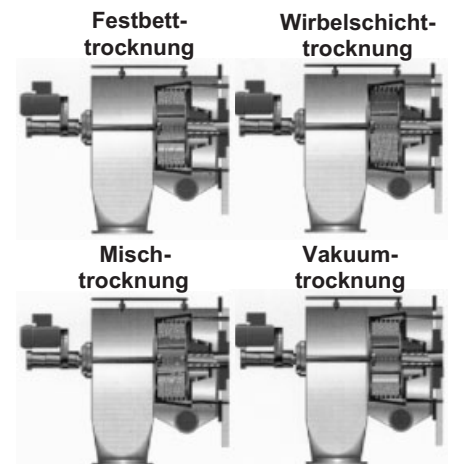
Bei der Misch-trocknung wird der Feststoff nach Absprengen vom Filtermedium bei geringer Trommelrotation vom Trocknungsgas umströmt, das dem Verfahrensraum durch das Füllrohr zugeführt wird. Auch hier wird durch den Mischvorgang für einen intensiven Wärme- und Stoffaustausch gesorgt, eventuell im Kuchen vorhandene Flüssigkeitseinschlüsse werden freigesetzt.

Die Vakuum-trocknung erfolgt schließlich in der Regel im Anschluss an eine der drei vorherigen Varianten, um bei herabgesetztem Siedepunkt der Flüssigkeit in möglichst kurzer Zeit auf minimale Restfeuchten zu kommen.

Der Zentrifugentrockner kann auch als Reaktor eingesetzt werden, in dem ein Produkt beispielsweise in der Wirbelschicht desodoriert wird oder funktionelle Molekülgruppen des Produktes verändert werden sollen.

Als Produkte für den neuen Zentrifugentrockner kommen vorzugsweise Pharmawirkstoffe, Spezialchemikalien und biotechnologisch hergestellte Stoffe in Frage.

Abbildung 25.
Thermische Trocknung im „Zentrifugentrockner HD“ (HEINKEL AG).



5 Fernüberwachung und Fernverstellung von Zentrifugen

Fernüberwachung und Fernverstellung spielen auch bei den Zentrifugen eine immer größere Rolle. Die fortgeschrittene Prozessautomatisierung, Sensortechnik und Informationstechnologie haben für Zentrifugen zur Entwicklung moderner und kundenorientierter Teleservice-Konzepte geführt. Exemplarisch sollen hier das „WEWATCH“-Konzept von WESTFALIA SEPARATOR INDUSTRY oder „COSMOS“ von ALFA LAVAL genannt werden. Sie machen in diesem Fall den Service von Dekantierzentrifugen und Tellersparatoren intelligent und planbarer. Die Minimierbarkeit

unvorhergesehener Maschinenausfälle ist die Folge.

Das „WEWATCH“-System beispielsweise ist modular aufgebaut. In einer ersten Stufe meldet die entsprechend an das System angeschlossene Maschine, dass ein Service ansteht. Sobald die Betriebsstundengrenze erreicht ist, geht automatisch – in diesem Fall bei **WESTFALIA SEPARATOR INDUSTRY** – per Fax oder E-mail die entsprechende Meldung ein. In der nächsten Stufe wird eine direkte Verbindung zwischen Maschine und Servicetechniker hergestellt. Die Anbindung der Maschinensteuerung über Festnetzkomponenten oder Mobiltelefonmodem ermöglicht den direkten Zugriff auf die Maschine. Der Betriebszustand kann auf diese Weise schnell erkannt und Programme können angepasst werden.

6 Zentrifugen für Pharmazie, Biotechnologie und Lebensmitteltechnologie

Der Schwerpunkt der Anwendungen für den größten Teil der präsentierten Zentrifugen lag in der Pharmazie, Fein- und Spezialchemie sowie der Biotechnologie.

Entsprechend den besonderen Anforderungen an Hermetik, Hygiene u. a., die diese Anwendungen an die Maschinenteknik stellen, waren bei allen Herstellern der in den entsprechenden Bereichen eingesetzten Zentrifugen durchgängig CIP-Systeme zur Reinigung mit Spüleinrichtungen im Gehäuse und im eigentlichen Verfahrensraum, hygienisch verschliffene Schweißnähte, adäquate Oberflächengüten der produktberührten Teile mit entsprechenden Rautiefen, hygienische Abdichtungen u. a. m. zu finden.

Nicht ausschließlich für die Zentrifugentechnik einsetzbar, aber in diesem Zusammenhang von **WESTFALIA SEPARATOR INDUSTRY** auf der **ACHEMA 2003** präsentiert wurde mit dem in Abb. 26 dargestellten „PharmaCIP PCA 5“ ein innovativer Reinigungsapparat, der nach dem aus der Computertechnik bekannten Prinzip „plug and play“ als kompakte Komponente schnell und einfach in einen Prozess zu integrieren ist und vollautomatisch arbeitet. Das Gerät besitzt in der Ausführung „PCA 5“ einen 250-Liter-CIP-Behälter und kann auch in Verbindung mit einer stärkeren CIP-Pumpe als „PCA 10“ mit einem 500-Liter-Behälter geliefert werden.

Abbildung 26.
PharmaCIP PCA 5 (WESTFALIA SEPARATOR INDUSTRY GMBH).



Die Anlage arbeitet zur Vermeidung von Crosskontaminationen nach dem Prinzip der verlorenen Reinigung. Alle Komponenten des Systems sind auf einem fahrbaren Rahmen aus Edelstahl kompakt montiert. Die komplette Steuerungstechnik befindet sich ebenfalls auf dem Grundrahmen. Die Dichtungen bestehen aus EPDM. Die Verbindungen sind mit Sterilverraubungen oder Clamp-Verbindungen ausgeführt.

Wärmeübertrager*

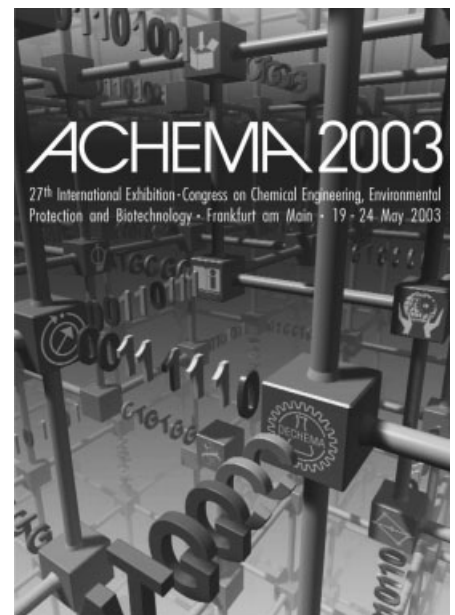
Anlässlich der **ACHEMA 2003** zeigten mehr als 200 Aussteller ihre Produkte aus dem Bereich der Wärmeübertrager. Die Aussteller deckten das komplette Spektrum vom mittelständischen Apparatehersteller über den Entwickler von Speziallösungen bis hin zum großen Anlagenbauer ab. Die gezeigte Produktpalette ist dementsprechend ebenso breit wie teilweise unübersichtlich. Die folgende Vorstellung ist somit sicherlich unvollständig und beruht außerdem im Wesentlichen auf eigenen Angaben der Anbieter.

Weiterentwicklungen der Apparate und Verfahren auf dem Gebiet der Wärmeübertragung finden aufgrund des erreichten Entwicklungsstandes meist nur noch in kleinen Schritten statt. Bahnbrechende Neuerungen sind auch selten, nicht zuletzt aufgrund der wirtschaftlichen Rahmenbedingungen und der

damit oft verbundenen Reduzierung der Entwicklungsaufwendungen. Die meisten Aussteller konzentrieren sich vielmehr auf die Verbreiterung ihres Produktportfolios durch bekannte, aber von ihnen bisher nicht angebotene Technologien oder Dienstleistungen. Viele der anzusprechenden Entwicklungen lassen sich den folgenden Punkten zuordnen:

1. Der Trend im Wärmeübertragerbau geht weiterhin zu immer kompakteren Apparaten. Hierbei werden einerseits die Einsatzbereiche der Kompaktwärmeübertrager mit geprägten Platten, Thermoblechen oder in Spiralbauart in Richtung höherer Temperaturen und Drücke oder auch aggressiverer Medien erweitert. Beispielhaft können hier die Entwicklungen der **ALFA LAVAL GMBH**, Glinde, **API SCHMIDT-BRETTEN**, Bretten, **APV THERMOTECH GMBH**, Artern, **BUCO WÄRMEAUSTAUSCHER GMBH**, Geesthacht, **RALPH COIDAN LTD**, GB-Stockton-on-Tees, **DEG ENGINEERING GMBH**, Gelsenkirchen, und **TRANTER PHE**, Hildesheim, genannt werden. Andererseits gibt es

immer mehr Anbieter, die im Prinzip konventionelle Rohrbündelwärmeübertrager mit verdrallten, gedellten oder berippten Rohren ausrüsten (**BUCO WÄRMEAUSTAUSCHER GMBH**, Geesthacht, **EBNER GMBH**, Eiterfeld, **HRS SPIRATUBE**, E-MURCIA, **AXIMA STERITEC**, Stadtallendorf) und somit die



* Berichterstatter: Dr.-Ing. MICHAEL RINNER (E-mail: Michael.Rinner@degussa.com), DEGUSSA AG, Fluidverfahrenstechnik, Rodenbacher Chaussee 4, D-63457 Hanau-Wolfgang, Germany.