

Filter- / Trenntechnik

Auf dem Sprung

Die selektive Magnetseparation steht vor der industriellen Umsetzung



Produkte aus biotechnologischen Prozessen sind bisher oftmals teurer als vergleichbare synthetische, wodurch viele dieser Prozesse noch nicht konkurrenzfähig umgesetzt werden können. Der Schwachpunkt biotechnologischer Prozesse ist momentan die Aufbereitung der Biorohsuspensionen – das so genannte Downstream Processing. Ein möglicher Weg zur Verbesserung des Downstream Processing ist die selektive Magnetseparation. Die größte Herausforderung ist momentan in der Bereitstellung der magnetischen Mikrosorbentien zu sehen. Daneben spielt aber auch die effektive Trenntechnik eine nicht zu vernachlässigende Rolle.

Kontakt

Institut für Mechanische
Verfahrenstechnik und Mechanik
(MVM), Universität Karlsruhe (TH)
Tel.: 0721/6082427
Fax: 0721/6082403
www.mvm.uni-karlsruhe.de

Weitere Themen

- | | |
|-----------------------|-------|
| ■ Zuluftfilteranlagen | S. 48 |
| ■ Mini-Membrantechnik | S. 50 |
| ■ Mikrofiltration | S. 52 |

Auf dem Sprung

Die selektive Magnetseparation steht vor der industriellen Umsetzung



Prof. Dr.-Ing. Hermann Nirschl, Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Mechanik, Universität Karlsruhe (TH)



Dipl.-Ing. Mathias Stolarski, Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Mechanik, Universität Karlsruhe (TH)



Dipl.-Ing. Christian Eichholz, Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Mechanik, Universität Karlsruhe (TH)



Dr.-Ing. Karsten Keller, Solae-Dupont, St. Louis, MO 63110 USA

Die Biotechnologie wird als die Schlüsseltechnologie für das 21. Jahrhundert bezeichnet. Produkte aus biotechnologischen Prozessen sind bisher jedoch oftmals teurer als vergleichbare synthetische, wodurch viele dieser Prozesse noch nicht konkurrenzfähig umgesetzt werden können. Der Schwachpunkt biotechnologischer Prozesse ist momentan die Aufbereitung der Biorohsuspensionen – das sog. Downstream Processing. Ein möglicher Weg zur Verbesserung des Downstream Processing ist die selektive Magnetseparation.

Neben verbreiteten Anwendungen der Biotechnologie in der Pharmazie, Landwirtschaft oder Lebensmitteltechnologie setzen sich biotechnologische Prozesse auch immer mehr in der chemischen Industrie oder auch Abfallwirtschaft und Umwelttechnik durch. Produkte aus biotechnologischen Prozessen sind bisher jedoch oftmals teurer als vergleichbare synthetische, wodurch viele dieser Prozesse noch nicht konkurrenzfähig umgesetzt werden können. Der Schwachpunkt biotechnologischer Prozesse ist momentan die Aufbereitung der Biorohsuspensionen – das sog. Downstream Processing. Dieses bündelt teilweise bis zu 80% der Investitions- und Betriebskosten. Beispielsweise besteht die Extraktion des Zielprodukts nach einer Fermentation aus einer langen Prozesskette einzelner Trennschritte, wie Chromatographie, Fällung, Zentrifugation, Filtration – oft auch mehrstufig, wie bei einer komponentenweisen Fällung (Abb. 1).

Ein möglicher Weg zur Verbesserung des Downstream Processing ist die selektive Magnetseparation (Abb. 2). Dabei werden spezielle Magnetbeads mit einer auf das Zielprodukt abgestimmten Oberflächenfunktionalisierung als Trägerpartikeln eingesetzt. Durch diese Oberflächenfunktionalisierung ist es möglich – analog zu Chromato-

graphieverfahren – das Zielprodukt selektiv zu binden. Die Gewinnung des Zielprodukts erfolgt dann durch die Abtrennung des magnetischen Trägermaterials. Die größte Herausforderung ist momentan in der Bereitstellung der magnetischen Mikrosorbentien zu sehen. Gegenstand der aktuellen Forschung sind vor allem kostengünstige

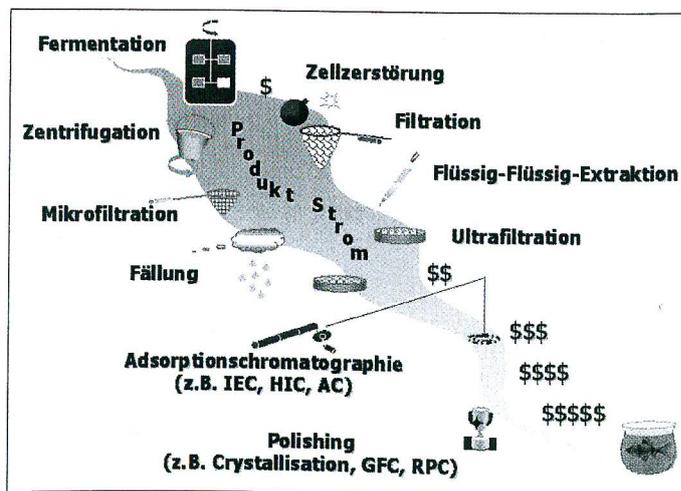


Abb. 1: klassischer Downstreamprozess zur Bioproduktgewinnung aus einer Fermentation

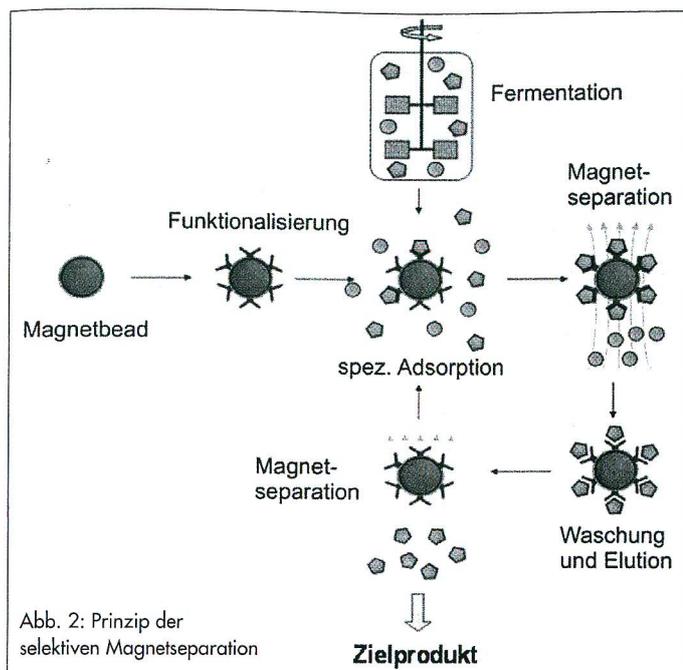


Abb. 2: Prinzip der selektiven Magnetseparation

Synthese- und Funktionalisierungsverfahren im großtechnischen Maßstab. Dabei sind eine lange Lebensdauer der Mikro-

sorbentien, eine vollständige Elution der adsorbierten Moleküle und eine vollständige Partikelregenerierung von größtem

Interesse, um die Trägerpartikeln in mehreren Zyklen einsetzen zu können.

Daneben spielt aber auch die effektive Trenntechnik eine nicht zu vernachlässigende Rolle. Auch hier gibt es eine Vielzahl verschiedener Ansätze, bei denen sich auf Dauer einige wenige durchsetzen und dann standardisiert zum Einsatz kommen werden. Ausgehend von dem schon bestehenden Prinzip der Hochgradienten-Magnetseparation (HGMS), bei dem magnetische Partikeln innerhalb eines Magnetfeldes an einer Drahtmatrix (z.B. Stahlwolle) abgeschieden werden – diskontinuierlich und nur für geringe Konzentrationen der Trägerpartikeln geeignet –, konnten am Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Mechanik in Zusammenarbeit mit industriellen Partnern Verfahren ohne die genannten Nachteile entwickelt

werden. Bei der magnetfeldüberlagerten Zentrifugation wird die Drahtmatrix kontinuierlich abgereinigt, wodurch eine kontinuierliche Magnetseparation ermöglicht wird. Auf dem Prinzip der Offenen Gradienten-Magnetseparation basierend, bei der die magnetischen Partikeln aufgrund des natürlichen Gradienten der Magnetfeldquelle abgetrennt werden, wurde zudem ein effektives Filtrationsverfahren entwickelt. Beide Verfahren sollen im Folgenden näher erläutert werden.

Zentrifugation

Der magnetfeldüberlagerten Zentrifugation liegt ebenfalls das HGMS-Prinzip zugrunde. Dabei durchfließt die Partikelsuspension ein Magnetfeld, in dem sich eine magnetisierbare Matrix befindet, die auf Grund



[www.filtraguide.com]

Das Industrieportal für Filtrations- und Separationstechnik. 3,5 Millionen Kontakte pro Jahr sprechen für sich. Sie machen Technik. Wir machen Werbung für Ihre Technik.

Besuchen Sie uns auf der POWTECH 2008 in Nürnberg. Sie finden uns in Halle 6/6-440.

... we are creating ebusiness!

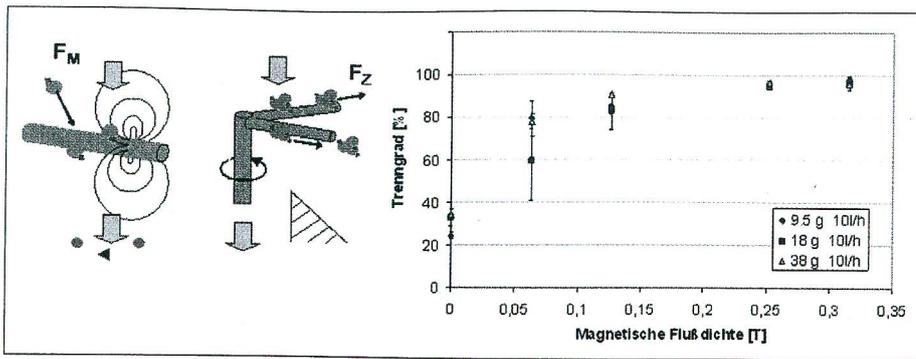


Abb. 3: links – Wirkprinzip der Magnet- und Zentrifugalkraft; rechts – Abscheideergebnisse zur Bioseparation geeigneter magnetischer Polymerpartikeln

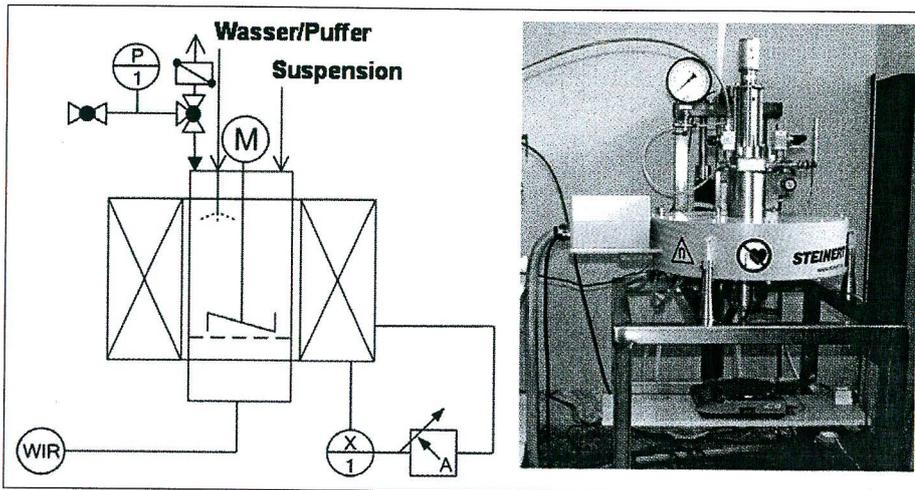


Abb. 4: Prinzip und Bild der gerührten Druckkutsche zur magnetfeldüberlagerten Filtration (Bokela GmbH, Steinert Elektromagnetbau)

magnetischer Kräfte die Partikeln anzieht. Die Kraft mit der die Partikeln angezogen werden ist dabei nach Gl.(1) proportional zum Feldgradienten.

$$F_m = \frac{\pi}{6} \cdot \mu_o \cdot M_p \cdot \nabla H \quad (1)$$

Das Verfahren der HGMS ermöglicht sehr hohe Abscheidegrade bei verhältnismäßig geringen Feldstärken. Dadurch lassen sich Platz- und Energiebedarf im Betrieb reduzieren. Ist allerdings die Matrix mit Partikeln gesättigt, muss der Prozess in der Regel für die Partikelentnahme unterbrochen werden. Ein solches mit einer Tiefenfiltration vergleichbares Verfahren wird momentan nahezu ausschließlich in der Laboranalytik und im Technikumsmaßstab eingesetzt. Während für den Laborbetrieb kleine Permanentmagneten ausreichend sind um die erwünschte Separation zu erreichen, sind im Industriemaßstab stärkere magnetische Wechselwirkungen erforderlich, um auch bei hohen Durchsätzen eine zufriedenstellende Trennleistung zu gewährleisten. Insbesondere der diskontinuierliche Betrieb

steht hier einer Umsetzung in größeren Maßstäben im Wege.

Durch die Kombination der HGMS-Filtration und der klassischen Zentrifugation konnte nunmehr ein kontinuierliches Verfahren entwickelt werden, bei dem durch Zentrifugalkräfte eine kontinuierliche Abreinigung der Drahtmatrix realisiert wurde. Neben der Magnetkraft spielt bei der magnetfeldüberlagerten Zentrifugation die Zentrifugalkraft eine wichtige Rolle bei der Abtrennung der Partikeln. Abbildung 3 verdeutlicht das Zusammenspiel zwischen Magnetkraft und Zentrifugalkraft bei der Separation. Eintretende Magnetpartikeln werden an den vom äußeren Feld magnetisierten Drähten abgeschieden und durch die Zentrifugalkraft entlang der Drähte nach außen transportiert. Dort lösen sich die Partikeln vom jeweiligen Draht und werden dann an der Rotorwand abgetrennt und können in einer späteren Version der Maschine, z.B. ähnlich einem Tellerseparator mit quasikontinuierlichem Austrag, entnommen werden. Die ferromagnetischen Drähte sind sternförmig angeordnet (Ab-

scheidematrix) und rotieren zusammen mit dem Hauptrotor. Nicht magnetische Komponenten des Zulaufstromes passieren die Drähte ungehindert und verlassen den Trennapparat kontinuierlich mit dem Flüssigkeitsstrom. Um möglichst viele der Magnetpartikeln aus einer Suspension abzutrennen, sollte der Einfangradius der Drähte idealerweise einen möglichst großen Teil der Querschnittsfläche des Separationsraumes abdecken. Dieses kann durch die Anzahl der Drähte eingestellt werden. Je nach Drahtdurchmesser variiert die Anzahl der Drähte. Der erzeugbare Gradient steigt bei Verwendung dünnerer Drähte zwar stark an, was zu einer höheren magnetischen Anziehungskraft führt, der Einfangradius des einzelnen Drahtes fällt aber mit der 3. Potenz ab. Die Relevanz dieser HGMS-Matrix wird dann deutlich, wenn Versuche ohne Matrix durchgeführt werden. Ohne Hintergrundmagnetfeld und Matrix, wird je nach Drehzahl mehr als die Hälfte der Magnetpartikeln nicht abgetrennt, sondern aus der Zentrifuge extrahiert. Selbst mit externem Magnetfeld sind in Abwesenheit der Matrix keine zufriedenstellenden Trenngrade erreichbar.

Das Verfahren soll unter anderem in Prozessen zur Isolierung von Proteinen mit hohen Durchsätzen wie z.B. in der Nahrungs- und Futtermittelindustrie für Ergänzungsmittel und im Bereich Functional Food zum Einsatz kommen. Auch eine Anwendung im Bereich der Gewinnung pharmazeutischer Substanzen ist denkbar. Einen detaillierten Einblick in die magnetfeldüberlagerte Zentrifugation und ihre mögliche industrielle Umsetzung geben die Autoren im Rahmen eines Vortrags bei der Process-Net Jahrestagung.

Filtration

Im Gegensatz zur HGMS wird bei der Offenen Gradienten-Magnetseparation (OGMS) auf den Einsatz einer Drahtmatrix verzichtet. Auf diese Weise ist die OGMS auch für hochkonzentrierte Suspensionen geeignet, da keine Kapazitätslimitierung durch die Matrix vorliegt. Auch können Probleme bei der Abreinigung der Matrix umgangen werden.

In einer klassischen Kuchenfiltration stellt der sich aufbauende Filterkuchen einen Strömungswiderstand dar und verlangsamt so den Filtratfluss. Dieser Widerstand hängt stark von Höhe und Struktur des Filterkuchens ab. Bei der magnetfeldüberlagerten Kuchenfiltration wird dem Differenzdruck als treibendes Filtrationsgefälle ein homo-

genes oder inhomogenes magnetisches Feld überlagert. Aufgrund der resultierenden magnetischen Wechselwirkungen lagern sich die Partikeln zu kettenförmigen Agglomeraten zusammen. Ein inhomogenes Magnetfeld ruft zusätzlich eine externe Kraft in Richtung ansteigender Feldstärke hervor (Gl. (1)), wodurch die Partikelbewegung im Prozessraum gezielt gesteuert werden kann.

Die bisherigen Untersuchungen konzentrieren sich auf die Umsetzung in einer gerührten Drucknutsche (Abb. 4). Diese ist in die Bohrung eines Elektromagneten eingelassen. Der integrierte Rührer hilft beim Redispersieren der Magnetbeads für die jeweils folgenden Schritte. Alle Einzelschritte des Separationszyklus (Abb. 2) werden in einem einzigen Verfahrensraum durchgeführt. Somit verbleiben die Magnetbeads während des gesamten Prozesses im Verfahrensraum, wodurch der Materialverlust deutlich gesenkt werden kann. Zu Beginn werden die funktionalisierten Magnetpartikeln mit der Biosuspension gemischt. Nach erfolgter Adsorption des Zielprodukts wird in einem Magnetfiltrationsschritt die Flüssigkeit abgetrennt. Externe Magnetkraft und Druckkraft wirken entgegengesetzt, so dass die beladenen Trägerpartikeln zunächst vom Filtermedium fern gehalten werden, während die Biosuspension mit allen sonstigen Komponenten nahezu ungehindert abfließt. Der Vorteil ist dabei sowohl in der Erhöhung der Filtrationskinetik, als auch in

der Verbesserung der Selektivität zu sehen, da sich Fremdkomponenten nicht auf der Kuchenoberfläche oder in der Kuchenstruktur ablagern. Allerdings müssen die verwendeten Magnetbeads und das Filtermedium auf das zu trennende Stoffsystem abgestimmt werden, damit es nicht zu einem Verblocken des Filtermediums durch gröbere Verunreinigungen kommt.

Nach möglichen Waschschritten schließt sich die Elution des Zielprodukts an, bei der je nach Oberflächenfunktionalisierung beispielsweise durch pH-Wert-Änderung die Bindung zwischen Zielprodukt und Trägerpartikel gelöst wird. Die wieder unbeladenen Magnetpartikeln stehen für einen nächsten Separationszyklus zur Verfügung. Der Einsatz homogener Magnetfelder bei der Elution führt durch das Ausbilden der erwähnten kettenförmigen Agglomerate zu einem Kuchenaufbau mit erhöhter Porosität und homogener Porenradenverteilung, wodurch eine optimierte Filterkuchenwäsche durchgeführt werden kann. Durch die geringe Größe der biologischen Produkte, die in solchen Verfahren gewonnen werden, werden diese nicht im Filterkuchen eingeschlossen. Auch die einfach zu realisierende Kombination von Redispersieren und erneuter Kuchenwäsche ist zu diskutieren.

Erste Tests mit Lysozym als Modellprotein zeigten eine nahezu vollständige Abtrennung aus der Lösung. Die Elution lag mit einer Rate von über 90% ebenfalls in einem

viel versprechenden Bereich. Zusätzlich wurde bereits selektiv Lysozym aus Hühner-eiweiß abgetrennt. Bei einer Rückgewinnung von 80% des Lysozyms konnte dieses von ca. 1% auf über 50% angereichert werden. Bei diesen Versuchen stand das Protein Ovalbumin noch in Konkurrenz zum Lysozym. Durch eine Anpassung der Oberflächenfunktionalisierung ließe sich die Selektivität jedoch deutlich verbessern. Die Übertragung des Prinzips der Magnetfiltration auch auf kontinuierlich arbeitende Filter steht im Mittelpunkt künftiger Arbeiten am Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Mechanik.

Einen Vortrag zu diesem Thema werden die Autoren bei der Jahrestagung von Process-Net in Karlsruhe halten.

Kontakt

Dipl.-Ing. Christian Eichholz
Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Mechanik (MVM),
Universität Karlsruhe (TH)
Tel.: 0721/6082427
Fax: 0721/6082403
christian.eichholz@mvm.uni-karlsruhe.de
www.mvm.uni-karlsruhe.de

M-Sens 2

Online-Feuchtemessung
für Feststoffe

Besuchen Sie uns auf der
POWTECH
Halle 6
Stand 449

- Alle Feststoffe messbar
- Messbereich von 0,1... 80% Feuchte
- Temperaturkompensiert
- Einfache Nachrüstung
- Verkleinerte Bauform
- Multisensorik für schwierige Anwendungen
- Sensorfenster aus verschleißfester Keramik
- Äußerst einfache Kalibrierung
- Messung in Förderschnecken, auf Förderbändern, in Silos und Behältern
- Keine Einbauten in den produktführenden Bereich



Competence in Solids

SWR
engineering

Bypassfilterstaub
Cellulose
Getreide
Holzmehl
Kohle
Klärschlamm
Mehle
Milchpulver
Quarzsand
Soja
Tabak