

Projektkennblatt
der
Deutschen Bundesstiftung Umwelt



Az	09934	Referat	34	Fördersumme	195.500,00 DM
----	--------------	---------	-----------	-------------	----------------------

Antragstitel **Optimierte Herstellung von Biopolymeren**

Stichworte Biotechnologie, Messtechnik, Laser, Forschung, nachwachsende Rohstoffe

Laufzeit	Projektbeginn	Projektende	Projektphase(n)
3 Jahre und 4 Monate	28.11.1997	29.03.2001	1

Förderbereich 1991 – 1998	II.4.-	Umweltforschung
<i>Umweltvorsorge, angewandte Umweltforschung</i>		
Umweltvorsorge, angewandte Umweltforschung		

Bewilligungsempfänger	Fachhochschule Ostfriesland	Tel	04921/807-1574
	FB Naturwissenschaftliche Technik	Fax	04921/807-1593
	Constantiaplatz 4	Projektleitung	Prof. Dr. A. Borchert
	26723 Emden	Bearbeiter	Prof. Dr. A. Borchert

Kooperationspartner INOTEC GmbH
79761 Waldshut-Tiengen

Zielsetzung und Anlaß des Vorhabens

Biopolymere sind biotechnologisch hergestellte und biologisch abbaubare Materialien. Sie bieten verständlicherweise entscheidende Umweltvorteile als Verpackungsmaterialien. Den ökologischen Vorteilen stehen die hohen Produktkosten gegenüber, die auf den komplexen Herstellungsprozess zurückzuführen sind. Ziel des Projektes ist es, die wesentliche Stufe des Herstellungsprozesses, die Fermentation, die in einem Rührreaktor realisiert wird, zu charakterisieren. Unter Nutzung der ermittelten Ergebnisse können Maßnahmen zur Energieeinsparung und Kostensenkung umgesetzt werden. Biopolymere sind viskoelastische Flüssigkeiten, über deren Rührverhalten generell sehr wenig bekannt ist. Mit Hilfe von transparenten Modellfluiden und der verschiedensten Meßmethoden wird diese Prozeßstufe aus strömungstechnischer und aus energetischer Hinsicht untersucht.

Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden

Die detailliertere Beschreibung dieser Kurzfassung kann der interessierte Leser aus dem beiliegenden Bericht entnehmen.

Die Versuche wurden in zwei sehr ähnlichen Modellrührbehältern am Deutschen Institut für Lebensmitteltechnik e. V. (DIL) und an der Fachhochschule Ostfriesland (FHO) durchgeführt. Zwei typischen Rührorgane (Propellerrührer und Viscojet-Rührer), sowie drei Modellfluide wurden hier angewandt, konkret wurden Lösungen von Polyethylenglykol (PEG), Carboxymethylcellulose (CMC) und Polyacrylamid (PAA) eingesetzt. Der Hintergrund, der zu dieser Auswahl führte war, daß nun ein newtonsches Fluid sowie zwei nicht-newtonsche Fluide mit ähnlichen viskosen aber unterschiedlichen viskoelastischen Eigenschaften eingesetzt und entsprechend bewertet werden konnten. Außerdem waren die Fluide transparent, so dass die optische Meßmethode möglich war. Es wurden folgende Methoden angewandt: rheologische Charakterisierung der Fluide (DIL), Leistungsmessungen (DIL), Mischzeitbestimmungen (DIL), Strömungsvisualisierung (FHO) und zeit- und orts aufgelöste Geschwindigkeitsmessungen mittels Laser-Doppler Anemometrie.

Ergebnisse und Diskussion

Die Leistungskurven zeigen, dass bei niedrigen Reynolds-Zahlen der Viscojet-Rührer mehr Leistung aufnimmt als der Propellerrührer. Bei hohen Re-Zahlen ist der Leistungsbedarf näherungsweise gleich. CMC verhält sich ähnlich wie das newtonsche Fluid, während bei PAA die Leistungserhöhung gegenüber dem newtonschen Fall beim Viscojet wesentlich höher ist als beim Propellerrührer.

Die Mischzeitkurven zeigen einen entgegengesetzten Trend. Bei niedrigen Reynolds-Zahlen zeigt der Viscojet-Rührer eine verringerte Mischzeit, bei hohen Reynolds-Zahlen verhalten sich beide Rührer gleich. CMC und PAA weisen eine in gleichem Maße erhöhte Mischzeit im Vergleich zum newtonschen Fluid auf, allerdings ist die Erhöhung für den Propellerrührer wesentlich größer.

Obwohl die Energiekurven Unsicherheiten aufgrund der Streuung um die Ausgleichskurve enthalten, zeigen die unter Einsatz der newtonschen Fluide ermittelten Ergebnisse, dass bei ganz niedrigen Reynolds-Zahlen der Viscojet-Rührer etwas weniger Energie benötigt, als der Propellerrührer, bei mittleren Reynolds-Zahlen ist der Energiebedarf höher und bei hohen Reynolds-Zahlen verhalten sich die Rührer näherungsweise gleich. Diese Unterschiede sind aber gering. Für nicht-newtonsche Fluide sind die beiden Rührer praktisch gleich, wobei aber der Energiebedarf mit steigender Viskoelastizität zunimmt.

Die Geschwindigkeitsmessungen wurden bei $Re = 126$ durchgeführt. Diese Zahl gehört zum unteren Ende des „mittleren Re-Zahl Bereichs“. Die Strömung ist im Übergangsbereich aber doch mehr der laminaren, als der turbulenten Strömung zuzurechnen. Die folgenden allgemeinen Aussagen sind möglich:

- Unabhängig vom Rührer sieht die Strömung in der Längsschnittebene qualitativ gleich aus: es liegt ein von dem Rührorgan ausgehender mehr oder weniger radialer Strahl, der zwei Wirbel voneinander trennt, vor. Die genaue Form und Position der Wirbel ändert sich in Abhängigkeit vom Rührorgan und vom Fluid.
- Der Strahl hat höhere Geschwindigkeiten während der Anwesenheit des Rührorgans als in seiner Abwesenheit. Wesentlich höhere Spitzengeschwindigkeiten wurden bei CMC im Vergleich zu PEG gemessen. Bei PAA sind die mittleren Geschwindigkeiten in der gleichen Größenordnung wie bei PEG, dies ist zum Teil auch auf den Mittelungsprozess zurückzuführen. Die Spitzengeschwindigkeiten sind beim Viscojet-Rührer stets höher.
- In der tangentiellen Richtung, die als Hauptrichtung der Strömung zu betrachten ist, produziert der Viscojet Rührer wiederum wesentlich höhere Werte als der Propellerrührer, jeweils bei Einsatz sämtlicher Fluide. Bei den beiden nicht-newtonschen Fluiden erreicht die Geschwindigkeit an der Rührerspitze beinahe die Umfangsgeschwindigkeit bei dem Viscojet, d. h., dass der Rührer das Fluid praktisch mitnimmt. In dem Fall von PEG erreicht die maximale Geschwindigkeit nur die Hälfte der Umfangsgeschwindigkeit. Am gleichmäßigsten ist die Geschwindigkeit im Gefäß bei CMC verteilt. Bei PEG ist die Verteilung etwas unregelmäßig, aber das ganze Volumen ist in Bewegung, während bei PAA nur ein begrenztes Volumen in der Nähe des Rührorgans erwähnenswerte Geschwindigkeiten auf, der Rest ist fast in Ruhe, was den Einfluß der Viskoelastizität verdeutlicht. Dieses Volumen ist kleiner bei dem Propellerrührer.
- Die physikalische Bedeutung der RMS Geschwindigkeiten wurde bereits ausführlich diskutiert. Mit den bekannten Beschränkungen können die Ergebnisse interpretiert werden. Im allgemeinen sind die RMS-Werte bei dem Viscojet Rührer höher als beim Propellerrührer - sowohl die Spitzenwerte als auch die allgemeinen Werte im Gefäß. Die Werte für CMC sind für beiden Rührer deutlich höher als für PEG und für PAA noch einmal wesentlich höher. Hier spielt die steigende Elastizität eine Rolle.

Zusammenfassend kann man sagen, dass der Viscojet Rührer in diesem Reynolds-Zahl Bereich die investierte Energie effizienter in die Bewegungsenergie des Fluides umwandelt als der Propellerrührer, da alle Geschwindigkeitskomponenten und die Schwankungsgeschwindigkeiten höhere Werte aufweisen. Dies gilt sowohl für newtonsche als auch für nicht-newtonsche Fluide mit verschiedener Viskosität. Die entscheidende Frage ist, in wieweit dies in eine bessere Mischwirkung konvertiert wird. Die Vergleichbarkeit der Energiekurven scheint jeglichem Unterschied zu widersprechen.

Die Leitfähigkeitssonde ermittelt die Mischgüte in einem räumlichen Punkt. Es ist wohl möglich, dass wegen der unterschiedlichen Strömungsfelder, die die zwei Rührorgane erzeugen, auch messtechnisch bedingte Unterschiede auftreten, die Tendenzen können aber anhand der vorliegenden Ergebnisse beurteilt werden.

Aufgrund des ermittelten, umfangreichen Datenmaterials zu den Strömungsfeldern wagen wir aber die Hypothese, dass der Viscojet-Rührer für niedrigen Reynolds-Zahlen sowohl für newtonschen, als auch für nichtnewtonschen Fluiden effizienter arbeitet und entsprechend eingesetzt werden sollte.

Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation

Es wurde ein Poster an der Fachmesse ACHEMA vorgestellt. Eine Veröffentlichung in einer Fachzeitschrift ist geplant.

Fazit

Mit den gewonnenen Erfahrungen können wir wesentlich gezielter entsprechende Strömungen untersuchen. Es ist notwendig weitere Rührergeometrien – auch in unterschiedlichen Re-Zahl Bereichen - zu untersuchen. Es wird aber nicht notwendig sein, derartig detaillierte Geschwindigkeitsmessungen durchzuführen, vielmehr wird nur ein Bereich in der Nähe des Rührorgans zu betrachten sein. Eine andere Möglichkeit besteht in der Durchführung von numerischen Simulationen, zu deren Validierung diese Meßdaten sich hervorragend eignen. Allerdings ist das keine einfache Aufgabe mit dem derzeitigen Stand der Technik.

Die Ergebnisse des Projektes können genutzt werden, um den Herstellungsprozess der Biopolymere zu optimieren. Entsprechend werden diese ökologisch wertvollen Produkte in der Marktfähigkeit unterstützt, was zu einer weiteren Verbreitung in der Praxis beitragen kann.