

Landtag NRW
Platz des Landtags 1
40221 Düsseldorf



DSM Fine Chemicals
Austria Nfg GmbH & Co KG
Peter Poehlauer

St.-Peterstrasse 25
4021 Linz
Österreich

Datum
28. April 2014

Telefon ++43 70 6916 2570
Handy ++43 664 316 82 93
peter.poehlauer@dsm.com

Stellungnahme: Intensivierte Verfahren - Anhörung EK II - 9.5. 2014

Katalyse

1. Die Entwicklung katalytischer Herstellprozesse realisiert unmittelbar eines der 12 Prinzipien der „grünen Chemie“, die von Autoren der U.S.-amerikanischen „Environmental Protection Agency“ erstellt wurden, und deren Berücksichtigung die Nachhaltigkeit der Herstellung von Chemikalien und daraus hergestellten Produkten verbessert. Auf dem Gebiet katalytischer Prozesse hat man große Fortschritte erzielt. Das betrifft insbesondere:
 - Die Biokatalyse (die Herstellung und Verwendung von Enzymen als Katalysatoren): hier wurde einerseits die Verfügbarkeit maßgeschneiderter Enzyme verbessert, andererseits das Verständnis der Wirkungsweise von Enzymen wesentlich vertieft.
 - Die Homogenkatalyse mit Übergangsmetallen: insbesondere die Selektivität wurde wesentlich erhöht.
 - Die Heterogenkatalyse: Hier wurden wesentliche Fortschritte durch Erkenntnisse über Herstellung und Eigenschaften von Nanostrukturen erzielt.

Weitere Fortschritte sind möglich, diese betreffen insbesondere:

- a. Aktivität: die Geschwindigkeit, mit der der Katalysator Rohstoffe umsetzt, kann gesteigert werden, was eine Verbesserung der Nachhaltigkeit in 2 Richtungen bewirken kann:
 - i. Chemieanlagen mit einer bestimmten Kapazität werden kleiner.
 - ii. Es wird sehr wenig Katalysator pro Produktmenge gebraucht, sodass eine ökonomische Herstellung von Produkten auch mit sehr teuren Katalysatoren möglich ist.
- b. Standzeit: Die Menge an Startmaterial, die ein Katalysator in seiner Lebenszeit umsetzt, steigt, sodass für ein bestimmtes Produktvolumen weniger Katalysator gebraucht wird.
- c. Selektivität: Die Selektivität eines Katalysators bezeichnet seine Fähigkeit, die entsprechende Umsetzung ausschließlich in die gewünschte Richtung zu lenken. Die Bildung von Nebenprodukten (und damit von Abfall) wird minimiert.

- d. Die chemische Zusammensetzung: Gegenwärtig enthalten viele Homogenkatalysatoren Edelmetalle (Palladium, Platin, Rhodium, Iridium). Ihre Verwendung erfordert einen sehr hohen Rückführungsgrad. Der mit Abtrennung, Aufbereitung und Wiedereinsatz verbundene Aufwand ist teilweise erheblich. Neuerdings werden vermehrt Katalysatoren auf Basis von gut zugänglichen und in der Umwelt unbedenklichen Metallen wie Eisen entwickelt.

Die weitere Verbesserung katalytischer Prozesse in Verbindung mit zeitgemäßer Verfahrenstechnik ist ein wesentliches Element, um Europäische Produktionsstandorte konkurrenzfähig zu erhalten.

2. Modulare Mikroreaktoren stellen eine spezialisierte Untergruppe modularer Strömungsreaktoren zur kontinuierlichen Prozessführung dar. Sie werden dort eingesetzt, wo die Eigenschaften einer bestimmten chemischen Umsetzung hohe Präzision in der Temperaturführung und der Reaktionszeit erfordern, um die gewünschte hohe Selektivität und Prozesssicherheit zu gewährleisten. DSM Fine Chemicals verwendet (in Deutschland hergestellte) Reaktoren dieses Typs für einzelne Herstellverfahren.

Gegenwärtig werden die meisten Grundchemikalien aus fossilen Rohstoffen von unterschiedlichen Herstellern in großen „Monoanlagen“ mittels kontinuierlicher Verfahren hergestellt. Hier sind inkrementelle, finanziell oft sehr lohnende Verbesserungen durch Verwendung von Mikroreaktoren möglich und auch realisiert worden. Ein Ersatz der existenten Anlageninfrastruktur, deren Skaleneffekt („economy of scale“) durch zentrale Anlieferung der Rohstoffe (pipeline) und zentrale Weiterverarbeitung bzw. Verteilung gewährleistet ist, ist nicht zu erwarten.

Der vermehrte Einsatz nachwachsender Rohstoffe zur Gewinnung von Basischemikalien macht eine verteilte Produktion in flexiblen, modularen vor-Ort-Anlagen attraktiver als das Sammeln und Verarbeiten in großen zentralen Anlagen. (vgl. neue Konzepte der Energiewirtschaft).

Chemische Verfahren zur Nutzung nachwachsender Rohstoffe werden jedenfalls die Vorteile modularer Strömungsreaktoren bzw. Mikroreaktoren, wo erforderlich, nutzen.

3. Biokatalysatoren: Trotz vorhersehbarer Weiterentwicklungen (z.B. Steigerung der Stabilität) werden Biokatalysatoren im Wesentlichen Proteine sein.
Homogenkatalysatoren: Wie oben erwähnt, werden Homogenkatalysatoren in geringerem Maße als bisher Edelmetalle enthalten.
Heterogenkatalysatoren: Insbesondere bei der Herstellung und gezielten Formgebung nanostrukturierter Katalysatoroberflächen mit hoher Aktivität und Selektivität hat man große Fortschritte gemacht; hier sind wesentliche Entwicklungen zu erwarten. Dabei steht weniger die Energieeffizienz als die Effizienz der jeweiligen chemischen Umsetzung im Mittelpunkt.
4. Die Verbindung von Mikrostrukturtechnik (große Oberflächen / Volumenverhältnisse) mit Heterogenkatalyse unter Anwendung von Nanostrukturierung erscheint theoretisch sehr attraktiv. Die praktische Anwendung ist allerdings bislang durch die limitierte Standzeit der jeweiligen Katalysatoroberflächen und den hohen Aufwand der Herstellung bzw. Regenerierung limitiert. Reaktionsgemische mit Heterogenkatalysatoren in Suspension können heute bereits in Strömungsreaktoren verarbeitet werden.

Flow Chemistry

5. Status: Nahezu jede Firma mit wesentlichen Aktivitäten auf dem Gebiet der Herstellung von Feinchemikalien hat sich bereits mit Flow Chemistry beschäftigt. Ihre Anwendung erfolgt zumeist streng opportunistisch: wenn im Einzelfall ein unmittelbarer Vorteil gesehen wird, wird der jeweilige Prozessschritt als kontinuierlicher Schritt entwickelt. Die Prinzipien der Flow Chemistry sind gut verstanden. Laboranlagen unterschiedlicher Typen und von unterschiedlichen Herstellern stehen zur Verfügung.

Allerdings bieten nur vergleichsweise wenige Hersteller Anlagen für den Pilotanlagen - bzw. Produktionsmaßstab an. Daher ist der Preis durch geringe Stückzahlen bzw. zu aufwendige Produktionsweisen der Apparate vielfach noch zu hoch. Das gilt insbesondere für Apparate, die im Inneren sehr kleine Strukturen (kleiner als 0,5-1 mm) aufweisen. Die Entscheidung, ob solche Apparate im Einzelfall unbedingt erforderlich sind bzw. wie ein für den jeweiligen Fall ideal geeigneter Apparat auszusehen hat, erfordert ein Zusammenspiel von unterschiedlicher Disziplinen:

Erfolgreiche Entwicklungen in der Flow Chemistry erfordern enge Zusammenarbeit von Chemikern, Verfahrenstechnikern und Apparatebauern. Das erfordert Kenntnisse auf diesen Gebieten, die in Deutschland, aber auch international trotz wissenschaftlicher Spitzenleistungen auf jedem einzelnen dieser Gebiete in integrierter Form gegenwärtig nur an wenigen Hochschulen gelehrt werden.

Potentiale: die vermehrte Anwendung der Flow Chemistry in der Herstellung von Feinchemikalien stellt eine der bedeutendsten Entwicklungen der chemischen Verfahrenstechnik in den letzten 20 Jahren dar. Sie bietet die Möglichkeit, Chemikalien nachhaltig, das heißt: zeit- und kosteneffizient und nach Europäischen Standards sozial akzeptiert und umweltverträglich herzustellen.

6. Mengen- und produktbezogene Anwendungsbereiche: Wie erwähnt, dürften Änderungen in der auf fossilen Rohstoffen basierenden Chemie der Grundchemikalien (Produktpreis unter 1€/kg, Volumina über 50.000 to/Jahr) kaum stattfinden. Die dabei angewandten Prozesse laufen zum Großteil kontinuierlich und sind hoch optimiert. Anwendungen zu Herstellung von Basischemikalien aus nachwachsenden Rohstoffen in modularen dezentralen Anlagen erscheinen realistisch. Dabei sind Anzahl und Kapazität der Einzelanlagen auf Rohstoffverfügbarkeit und Produktvolumen abzustimmen.

Chemikalien als Zwischenprodukte für die Kunststoff-, Farben-, Textil-, Pflanzenschutzmittel-, und verwandte Industrien (Produktpreis 1- 30€/kg, Volumina 1000 - 50.000 to/Jahr): Hier werden teilweise diskontinuierliche (chargenweise) Produktionsverfahren eingesetzt. Wesentliche Verbesserungen durch Flow Chemistry konnten in Einzelfällen realisiert werden; systematisches Aufsuchen von Möglichkeiten und Anwendung von Flow Chemistry wird es erlauben, ihre Vorteile in größerem Ausmaß zu lukrieren.

Feinchemikalien als Zwischenprodukte für die Agro-, Elektronik-, Geruch- und Geschmackstoff-, Kosmetik- und Pharma-, und verwandte Industrien: (Produktpreis 30-1000€/kg, Volumina 10 - 1000 to/Jahr): Hier werden zumeist diskontinuierliche (chargenweise) Produktionsverfahren eingesetzt.

Die relativ kleinen Volumina und die Vielzahl an Produkten bedingen eine Herstellung in „Kampagnen“, während derer eine chemische „Mehrzweckanlage“ zunächst zur Herstellung eines bestimmten Produktes konfiguriert, gereinigt und auf Funktion überprüft, dann zur Herstellung verwendet, und schließlich wieder gereinigt und für das nächste Produkt re-konfiguriert wird.

Die in diesen Branchen sehr häufigen Neueinführungen von Produkten und Produktwechsel erfordern, dass die entsprechenden Herstellverfahren im Labor schnell zu entwickeln und verlässlich (unter Wahrung der Produktqualität und Verfahrenssicherheit) in größeren Maßstab zu übertragen sind. Während der Entwicklungs- und Einführungsphase ist das Risiko, dass das Produkt nicht zum Markt zugelassen wird, Umsatzprognosen nicht erfüllt oder nach kurzer Zeit vom Markt genommen werden muss, oft noch sehr hoch. Daher werden Investitionen (z.B. in Anlagenerweiterungen oder in detaillierte Verfahrensentwicklungen) in diesen Phasen minimiert.

Hier bietet die Flow Chemistry sehr gute Möglichkeiten, ausgehend von Laborverfahren größere Produktvolumina rasch, sicher und mit gut kontrollierbarer Qualität mit vergleichsweise kleinen Investitionen herzustellen.

Die gute Kontrolle über die Produktqualität durch Flow Chemistry bewirkt auch, dass Regulierungsbehörden beispielsweise im Bereich der Herstellung von Medikamenten (EMA; FDA) die Entwicklung und Einführung dieser Verfahren sehr befürworten und unterstützen.

7. Wie oben erwähnt, erfolgt die Entwicklung und Anwendung von Flow Chemistry zumeist streng opportunistisch: wenn im Einzelfall ein unmittelbarer Vorteil gesehen wird, wird der jeweilige Prozessschritt als kontinuierlicher Schritt entwickelt. Daher ist eher von einer stetig fortschreitenden Implementierung als von einer sprunghaften Valorisation auszugehen.

Die durch das Verlegen von Produktionsstätten nach Fernost in Europa vorhandene Überkapazität an Chemieanlagen konventioneller Technik macht ein sprunghaftes Umsteigen auf die neue Technik zudem unwahrscheinlich.

Integrierte Prozesstechnik

8. Integrierte Prozesstechnik setzt eine sehr detaillierte Prozessentwicklungsphase (Laborexperimente, ev. Pilotanlagenversuche und genaue Prozessmodellierung) voraus. Sie wird dort eingesetzt, wo ein langfristig vorhersehbarer und gesicherter Bedarf an einem bestimmten Produkt besteht. Traditionell wurde der Integrationsgrad von Prozessen entweder im Rahmen des kontinuierlichen Verbesserungsprozesses graduell immer weiter gesteigert, oder man erhöhte den Integrationsgrad im Zuge von Projekten zur Kapazitätserhöhung („de-bottlenecking“) einer bestehenden Anlage. Die bekanntesten Beispiele betreffen großvolumige Basischemikalien.
9. + 10. Integrierte Prozesstechnik kann insbesondere in Verbindung mit integrierter Prozesssteuerung die Prozesseffizienz (Energieeffizienz und Rohstoffeffizienz, insbesondere aber die Produktivität der Anlage einer bestimmten Größe) erhöhen. Dieser Trend wird von Fortschritten auf dem Gebiet der online-Messtechnik unterstützt: Geräte mit Messprinzipien, die traditionell Probenahme, Analyse, Datenauswertung und Reaktion durch das Anlagenpersonal erforderten (IR, NIR, Raman, NMR), können jetzt online Daten erfassen, verarbeiten und die Messergebnisse so rasch liefern, dass diese unmittelbar zur Anlagensteuerung verwendet werden können.
11. Durch steigenden Integrationsgrad steigt der Spezialisierungsgrad einer Anlage. Ihre Fähigkeit zur Herstellung unterschiedlicher Produkte sinkt.

Rahmenbedingungen / Auswirkungen

12. Wie oben erwähnt: Verstärkung der interdisziplinären Ausbildung auf den Gebieten Chemie (+Analytik) + Verfahrenstechnik + Apparatebau, wobei insbesondere die Möglichkeiten, die durch neueste Entwicklungen auf den jeweiligen Gebieten geschaffen wurden, zu berücksichtigen und spezifisch zu fördern sind.

Das sind:

In der Chemie: neueste katalytische Verfahren und Verfahren der grünen Chemie.

In der Analytik: neueste Konzepte der online-Analytik inklusive Prozesssteuerung.

In der Verfahrenstechnik: Prozessintensivierung / Flow-Chemistry.

Im Apparatebau: Konzepte des „rapid prototyping“ und Einmalkomponenten.

13. Auswirkungen:

- a. Erhalt der Produktqualität bei sinkenden Herstellkosten (möglicherweise entscheidend!)
- b. Erhalt der kommerziellen Konkurrenzfähigkeit der Produktionsstandorte.
- c. Erhalt der sozialen Akzeptanz und Umweltverträglichkeit.
- d. Erleichterung des Umstiegs auf nachwachsende Rohstoffe.