

Monitoring-System mit adaptiven Wärmebilanzen für Batch-Reaktoren

Motivation und Zielsetzung

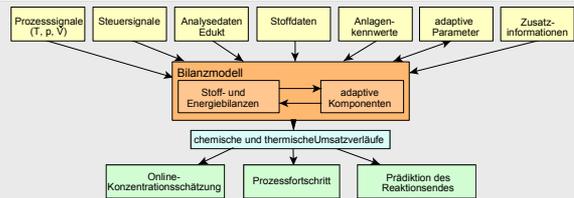
Bei komplexen, stark exothermen Batch- und Semibatch-Reaktionen ist die frühzeitige Erkennung von unerwünschten Betriebszuständen aus Gründen der Anlagensicherheit und der Sicherung einer hohen Ausbeute und Produktqualität von besonderer Bedeutung. Auf Grund der Komplexität des Reaktionsmechanismus und der instationären Prozessführung sind derartige Zustände nicht direkt aus den Prozesssignalverläufen ersichtlich.

Ziel eines BMBF-Verbundprojektes¹ war die Entwicklung eines **Online-Monitoring-Systems (MoSys)**, das dem Operator bei der mehrphasigen, komplexen Hydrierung von Nitroaromaten (Haber-Reaktionsschema) wichtige Informationen über den Prozessfortschritt, das voraussichtliche Reaktionsende und die Akkumulation von Zwischenprodukten zur Verfügung stellt, ohne dass eine teure Online-Prozessanalytik installiert werden muss.

Methode

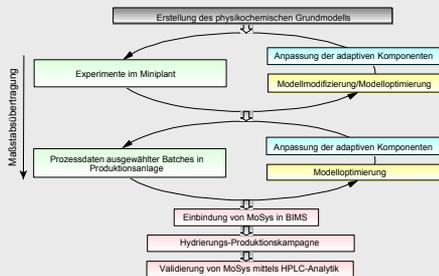
Modellierung

- Das physikochemische Grundmodell basiert auf gekoppelten dimensionslosen Wärme- und Stoffbilanzen.
- Berücksichtigung schwer modellierbarer Einflüsse (Wärmeverluste, Wärmebrücken, systematische Messunsicherheiten) durch adaptive Modellkomponenten
- Softwaregestützte Anpassung der adaptiven Modellkomponenten an die Chemieanlage mittels Messdaten ungestörter Batch-Verläufe



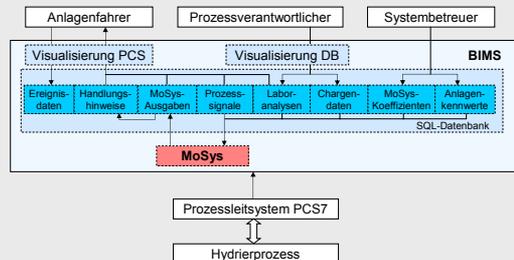
Systementwicklung

- Erstellung und Optimierung der Modelle mit Hilfe von Hydrierexperimenten in automatischen Laborreaktoren (Miniplant)
- Erprobung eines MoSys-Prototyps im 4m³-Rührreaktor der Degussa AG
- Validierung des MoSys durch HPLC-Analysen des Reaktionsgemisches



Anbindung des Systems an die Chemieanlage

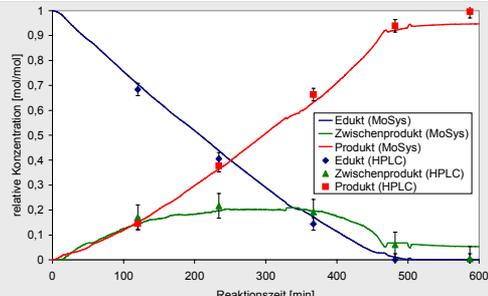
- Integration in ein Batch-Informations-Management-System (BIMS)
- Grafische Darstellung der MoSys-Ergebnisse an den Terminals des Prozessleitsystems parallel zu den Prozessmessdaten
- Frühzeitige Alarmierung bei Auftreten eines unerwünschten Betriebszustandes, einschließlich Handlungshinweisen für Gegenmaßnahmen



Ergebnisse



Online-Darstellung der MoSys-Ergebnisse an den Terminals



Vergleich der MoSys-Konzentrationsverläufe mit Ergebnissen der HPLC-Analysen

Schlussfolgerungen

- Ein Online-Monitoring-System, basierend auf adaptiven Stoff- und Wärmebilanzen, ist für die Schätzung von Konzentrationsverläufen und die Identifikation des Prozesszustandes bei der Hydrierung von Nitroaromaten einsetzbar.
- Derartige Zustandserkennungssysteme sind weiterhin bei allen ausreichend exothermen Batch- und Semibatch-Prozessen einsetzbar, wenn die Nutzinformationen in der Wärme- und Stoffbilanz enthalten sind.
- Unerwünschte Betriebszustände, wie erhöhte Zwischenproduktakkumulation und verringerte Raum-Zeit-Ausbeute, können frühzeitig detektiert werden.
- Der Einsatz zusätzlicher Online-Prozessanalytik ist nicht zwingend erforderlich.
- Es wird weiterführendes Prozesswissen generiert, das als Grundlage für eine Prozessoptimierung genutzt werden kann.