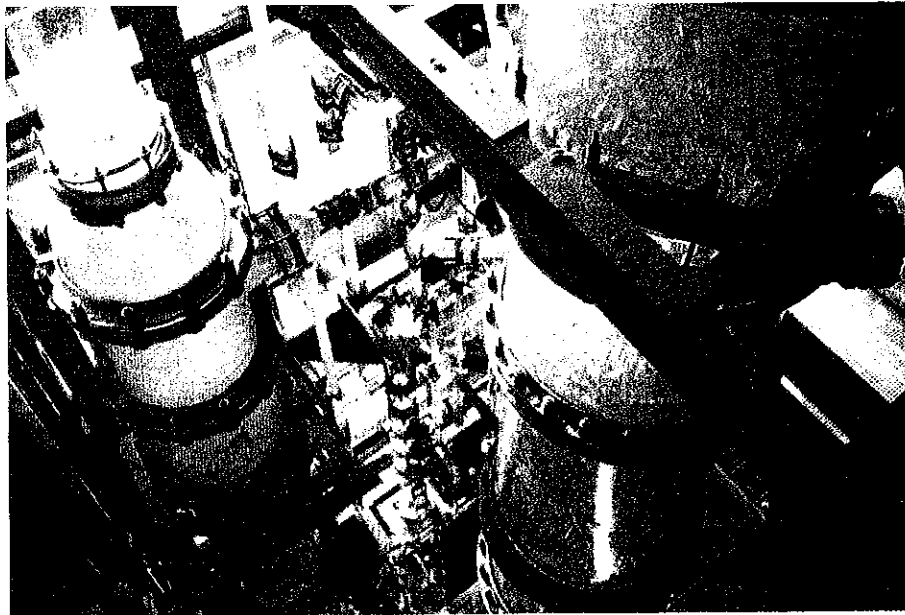


# 8. Minisymposium Verfahrenstechnik



**2. Mai 2012**  
**Johannes Kepler Universität Linz**

**Book of Abstracts**

Book of Abstracts  
zum 8. Minisymposium der Verfahrenstechnik  
1. Auflage 2012  
Verlag der Johannes Kepler Universität Linz  
[www.jku.at](http://www.jku.at)  
ISBN 978-3-200-02647-6

Herausgeber:  
Institut für Verfahrenstechnik  
Johannes Kepler Universität Linz  
[www.jku.at/ivt](http://www.jku.at/ivt)

Verantwortlicher Bearbeiter: Mag. Dipl.-Ing. Lukas Wessely

## Optimierung der Stömungsführung in einem Reaktor am Beispiel des Katalysatorkühlers einer intern zirkulierenden FCC-Pilotanlage

Alexander Weinert, Peter Bielansky, Mark Berchtold, Alexander Reichhold  
TU Wien, Institut für Verfahrenstechnik, 1060 Wien, Getreidemarkt 9/133  
alexander.weinert@tu-wien.ac.at

### Kurzfassung

Im Zuge der Erstinbetriebnahme und der darauffolgenden Testversuche einer *fluid catalytic crackin* (FCC)-Anlage im Technikumsmaßstab an der TU Wien fiel auf, dass die Durchmischung im Katalysatorkühler nicht ausreichend war, es also im Betrieb nicht zu einem zufriedenstellenden Wärmetransport kommen konnte. Zusätzlich führten diese Totzonen zu einem gelegentlichen „Nachrutschen“ von kühlerem Bettmaterial, wodurch ein stationärer Betrieb unmöglich ist. Der Einbau von *baffles* konnte Abhilfe schaffen.

### Die FCC-Pilotanlage im Technikumsmaßstab

Im Gegensatz zu vielen kommerziellen FCC-Anlagen, die als extern zirkulierende Wirbelschichten ausgeführt sind, handelt es sich bei der an der TU-Wien entwickelten Technikumsanlage um eine intern zirkulierende Wirbelschicht. Bei dieser Bauform sind Reaktor und Regenerator nicht voneinander getrennt sondern in einem Bauteil untergebracht.

Die Technikumsanlage (siehe *Abbildung 5*) kann in zwei wesentliche Bereiche geteilt werden: In den als Riser ausgeführten Reaktionsbereich, wo die eigentlichen Crackreaktionen stattfinden und den Regenerationsbereich, in dem der Abbrand des entstandenen Koks stattfindet. Im Folgenden werden diese beiden Bereiche nur Riser bzw. Regenerator genannt.

Die Einsatzstoffe gelangen nach der über das Feedrohr in den Reaktor. Dort kommt es zum Kontakt mit dem Katalysator und die Crackreaktionen finden statt. Da es sich beim Reaktor um ein schmales Steigrohr handelt, wird dafür auch die Bezeichnung „Riser“ verwendet. Die Sogwirkung im Riser lässt sich durch die Tatsache erklären, dass beim Cracken der flüssige Feed in gasförmige Produkte umgewandelt wird, die einen vielfach höheren Platzbedarf aufweisen, welcher durch das Entweichen des Gases nach oben gedeckt wird.

Über dem Riser ist ein Prallblech angeordnet, an welchem der Katalysator abgeschieden wird, während das Crackgas am oberen Ende die Anlage über eine Rohrleitung verlässt. Der mit Koks beladene Katalysator rieselt über den Rückführteil in den Regenerator. Um Leckagen zu verhindern, befindet sich an dessen unteren Ende der so genannte Siphon, der mit Stickstoff fluidisiert ist. Außerdem wird so gewährleistet, dass kaum Produktgas in den Regenerator gelangt (Stripeffekt). Der Regenerator selbst ist als Wirbelschicht mit einer eigenen Fluidisierung ausgebildet. Hier findet der Abbrand des Koks am Katalysator und somit dessen Regeneration statt. Die dabei entstandenen Abgase verlassen die Anlage über eine Abgasleitung.

Am unteren Ende des Regenerators befindet sich der Katalysatorkühler. Dieser ist in Form von drei Wärmetauscher-Schlangen ausgeführt. Jede dieser Kühlschlangen kann unabhängig von den anderen ein- bzw. ausgeschaltet werden. Der Kühlbereich der Anlage

verfügt über einen separaten Fluidisationsring.

Unter dem Katalysatorkühler ist die Bodenfluidisierung. Diese soll ähnlich der Siphonfluidisierung eine Unterbrechung des Katalysatortransports vom Regenerator in den Riser verhindern und gleichzeitig gewährleisten, dass weder Abgas noch Luft aus dem Regenerations- in den Reaktionsbereich gelangen, was die Crackreaktionen erheblich stören würde. Der regenerierte Katalysator hingegen wird durch die Sogwirkung im Riser wieder in Kontakt mit dem eingeleiteten Feed gebracht.

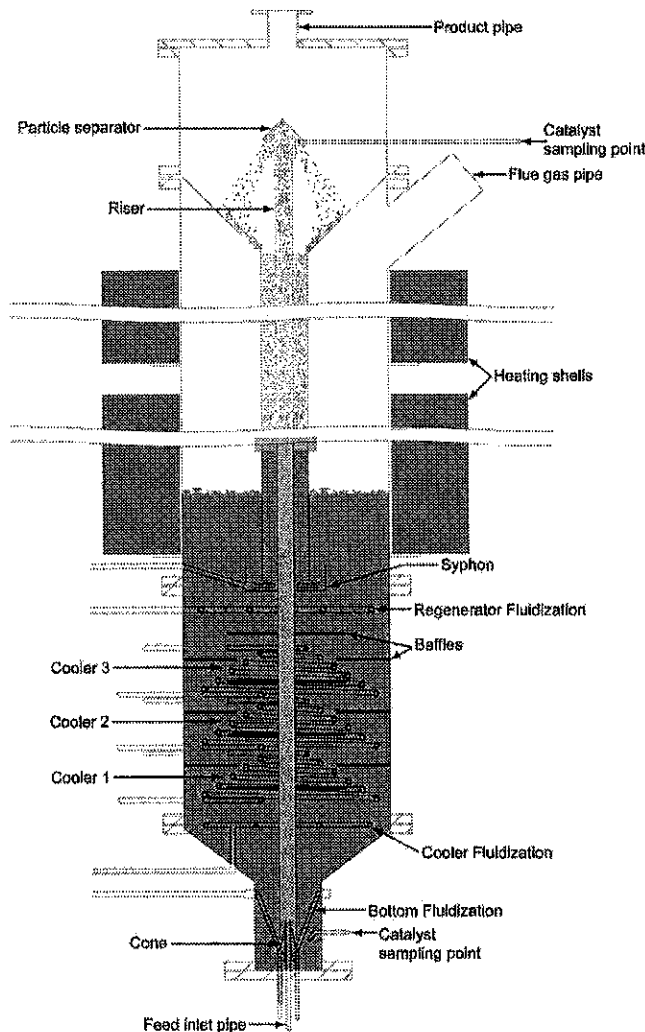


Abbildung 1: Schema der intern zirkulierenden FCC-Anlage

Die Vorteile einer intern zirkulierenden FCC-Anlage sind in erster Linie der geringere Platzbedarf durch die konzentrische Anordnung, sowie die bessere Wärmekopplung zwischen Reaktor und Regenerator. Diese Wärmekopplung ermöglicht es außerdem, trotz der endothermen Crackreaktionen, dass die Temperatur im oberen Riserbereich höher als im unteren eingestellt werden kann, was zu einer stärkeren Produktion von gasförmigen Produkten führt.

### Der Katalysatorkühler

Während der Riser ein „fast fluidized bed“ (also eine Wirbelschicht im Bereich des pneumatischen Transportes) und der Regenerator ein „bubbling fluidized bed“ (die klassische blasenbildende Wirbelschicht) ist, wurde der Kühlerbereich der Anlage als sogenanntes „moving bed“ ausgelegt. Das heißt, dass bei entsprechend geringer

Fluidisierung ein Netto-Transport des Bettmaterials nach unten stattfindet (mit geringer Rückvermischung).

Im Zuge des Testbetriebs und erster Versuche fiel jedoch auf (siehe *Abbildung 2*), dass einerseits keine konstanten Temperaturverläufe erreicht werden konnten, und andererseits die Temperatur im Boden höher war als noch im unteren Bereich des Katalysatorkühlers (der jedoch über dem Bodenbereich liegt).

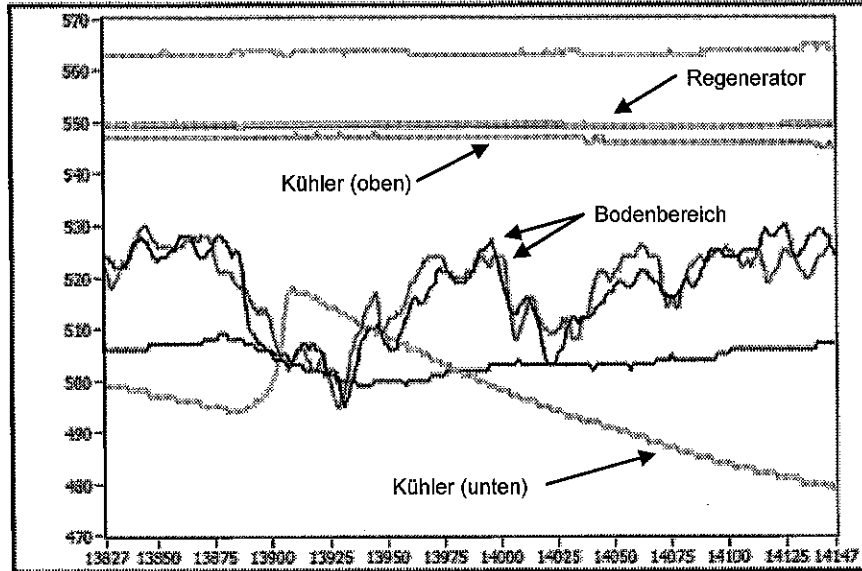


Abbildung 2: Zeitlicher Verlauf der Temperaturen (Temperatur  $T$  in  $^{\circ}\text{C}$  gegen die Zeit  $t$  [s])

Aufgrund dieser Beobachtungen wurde beschlossen, ein radiales Temperaturprofil über den gesamten Kühlerquerschnitt zu messen (siehe *Abbildung 3a*). Es zeigte sich, dass der Randbereich nicht (oder nur wenig) fluidisiert ist, da die Temperatur (trotz Isolation) sehr stark abfällt. Dieser Effekt ist im oberen Kühlerbereich ab ca. 9 cm und im unteren Bereich ab etwa 5 cm deutlich messbar.

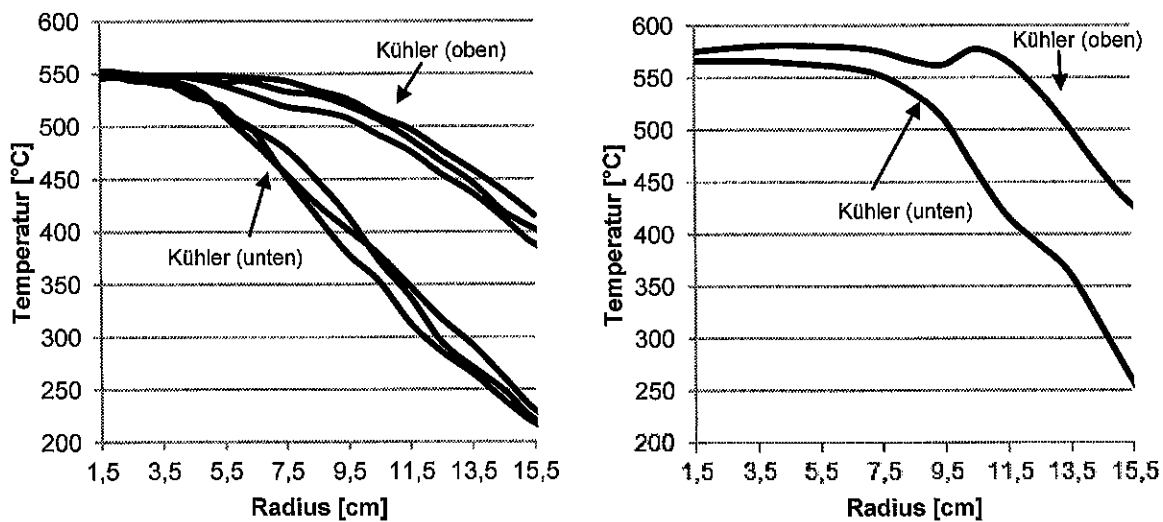


Abbildung 3: Radiales Temperaturprofil (a) ohne und (b) mit Einbauten

Da unter diesen Umständen ein stationärer Betrieb der Anlage nicht möglich ist, wurden Umlenklebhe bzw. Einbauten (engl. „baffles“) konstruiert (siehe *Abbildung 4*).

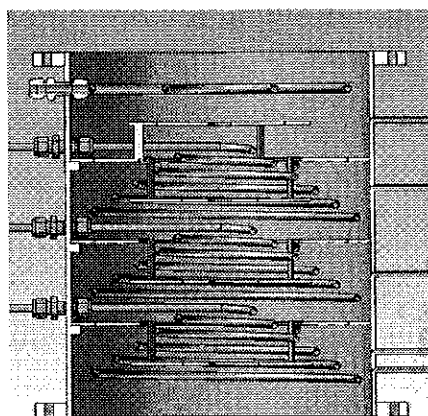


Abbildung 4: Konstruktionsskizze der Umlenkebleche im Katalysatorkühler

### Zusammenfassung

Die *Baffles* sind in der Lage, die Strömung im Katalysatorkühler deutlich zu beeinflussen (siehe *Abbildung 5a und b*). Ohne Einbauten wurde das Fluidisierungsgas messbar zur Mitte hin kanalisiert. Dieser Effekt wurde vermutlich durch die Geometrie der Kühlschlangen hervorgerufen (oder zumindest verstärkt). Durch die *Baffles* wird jedoch eine Strömung an den Kühlschlangen vorbei erzwungen, es kommt hierbei tatsächlich zu einer verbesserten Ausbildung eines *moving beds* (siehe auch *Abbildung 3b*).

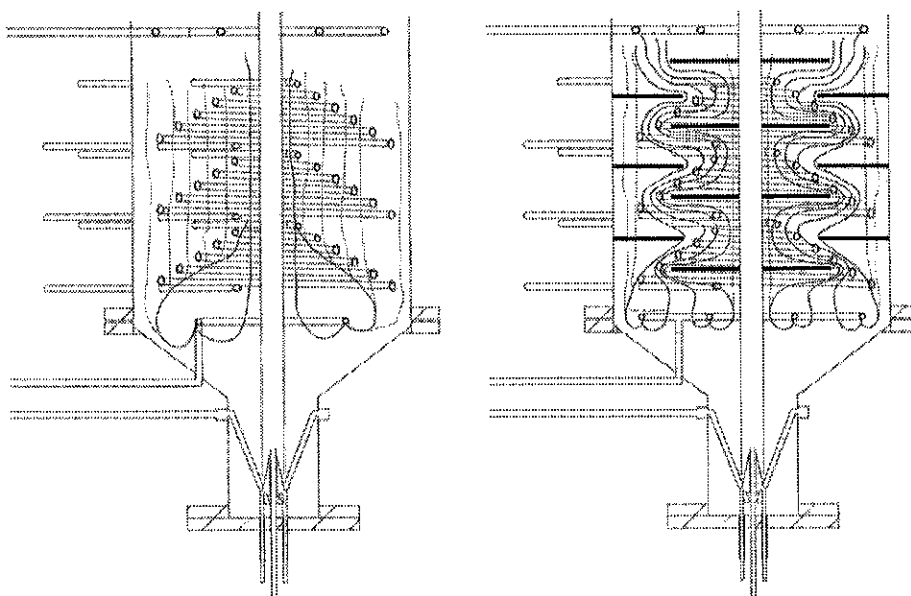


Abbildung 5: Strömungsführung im Kühler (a) ohne und (b) mit Einbauten

### Literatur

- [1] Auer, A.; „Fluiddynamische Untersuchungen an einer neuartigen FCC Anlage mit intern zirkulierender Wirbelschicht und integriertem Katalysatorkühler“. Bachelorarbeit. 2011, TU Wien.
- [2] Benedikt, F.; „Untersuchungen zum Temperaturverlauf einer FCC-Pilotanlage mit eingebautem Katalysator-Cooler“. Bachelorarbeit. 2012, TU Wien.