

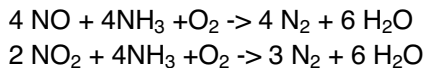
Fluitec Druckvorlage Nr. 11.131 Rev. 1

Strömungsmodelle und statische Mischer für DeNOx-Anlagen

Seit 1995 designt die Firma Fluitec Georg AG Strömungskanäle für katalytische Entstickungsanlagen. Die Realisierung von 11 grösseren DeNOx Strömungsmodellen (Durchsatz Anlage: 50'000 bis 2'000'000 Nm³/h) und deren systematische Auswertung erlauben es heute, auf den Bau von aufwändigen Strömungsmodellen zu verzichten. Mit Hilfe von CFD-Berechnungen und der mikromakro[®] Technologie kann heute mit geringem Aufwand eine gleichmässige Verteilung der Geschwindigkeit, der Temperatur und der Ammoniak-Konzentration gewährleistet werden.

Prinzipieller Aufbau einer DeNOx-Anlage

Bei der Verbrennung - insbesondere bei hohen Temperaturen - verbindet sich Stickstoff mit dem Luftsauerstoff zu Stickoxiden (NO_x). Rauchgasentstickungsanlagen, auch DeNOx-Anlagen genannt, reduzieren die vorhandenen Stickoxide indem dem Rauchgas vor Eintritt in den DeNOx-Katalysator Ammoniak (NH₃) zugemischt wird. Dabei spielen sich folgende chemische Reaktionen ab:



Für die selektive thermische Reduktion von NO_x wird in dem Gasstrom Ammoniakgas, Ammoniakwasser oder Harnstoff eingedüst. In vielen Fällen hat sich Ammoniakwasser (25%-ig) bewährt. Man unterscheidet zwei verschiedene SCR-Verfahren. Beim ersten Verfahren wird das Ammoniakwasser direkt im Rauchgaskanal zerstäubt und im Fluitec mikromakro[®] Mischer homogen verteilt.

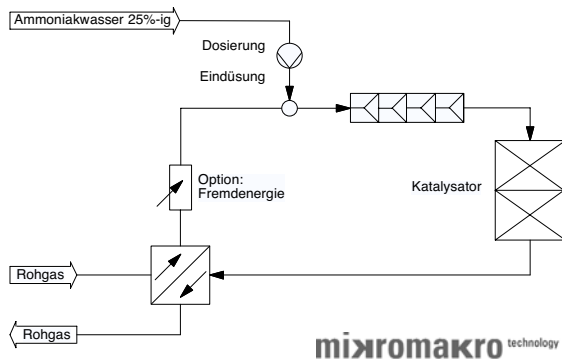


Abb. 1 SCR-Verfahren mit Direkt-Eindüsung

Das zweite Verfahren verdampft das Ammoniakwasser in einem By-Pass Gasstrom. Das Gasgemisch wird danach über Makrodüsen vorverteilt und in einem Mikromischer homogen gemischt.

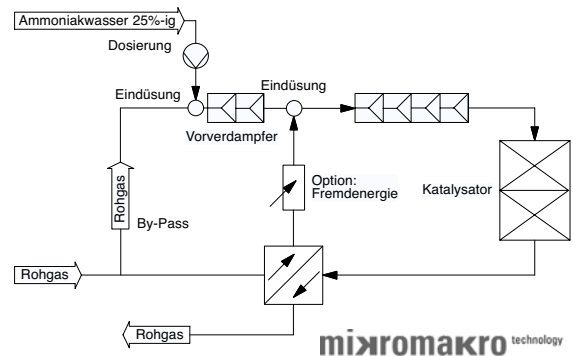


Abb. 2 SCR-Verfahren mit Vorverdampfer

Die Wahl des geeigneten SCR-Verfahrens ist abhängig von der zu behandelnden Gasmenge, dem geforderten Entstickungsgrad, der Geometrie der Anlage, der Rauchgastemperatur und von den Anteilen der Aschepartikel. Die DeNOx-Anlage kann im Weiteren optimiert werden durch günstige Auslegung im Bezug auf den Mischungsgrad und die Geschwindigkeitsverteilung vor der Katalysatorlage. Dazu wurden früher Strömungsmodelle gebaut, die eine qualitative Aussage über die Strömungskanäle ermöglichten. Heute dimensioniert die Firma Fluitec Georg AG Strömungskanäle nur noch mittels CFD-Analysen.

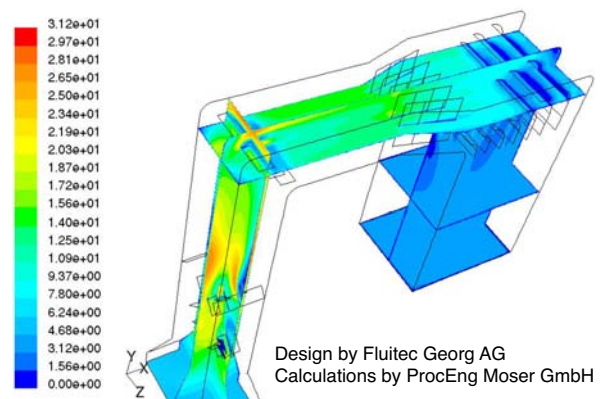


Abb. 3 CFD-Analyse einer DeNOx-Anlage

Reale Modelle - wissenschaftlich fundiert?

Früher wurden Strömungsmodelle gebaut, die eine qualitative Aussage über die Strömungskanäle ermöglichten. Reale Strömungsmodelle für DeNOx-Anlagen gelten jedoch als nicht wissenschaftlich, da die Reynolds-Zahl im Strömungsmodell nicht konstant gehalten werden kann.

$$\text{Re}_{dh} = \frac{w \cdot \rho \cdot d_h}{\eta} \quad \text{Gl. 1}$$

Bei einem Scale-Up Faktor von beispielsweise 10 verändert sich auch der hydraulische Durchmesser um den Faktor 10. Darum muss die Strömungsgeschwindigkeit um das 10-fache erhöht werden, da die Dichte und die Viskosität im realen Strömungsmodell nicht geändert werden können. Bei generellen Strömungsgeschwindigkeiten von 3 bis 20 m/s müssten im Modell Geschwindigkeiten von 30 bis 200 m/s erzielt werden, was zu sehr hohen Druckverlusten führen würde und somit durch die Gebläse nicht umgesetzt werden könnte.

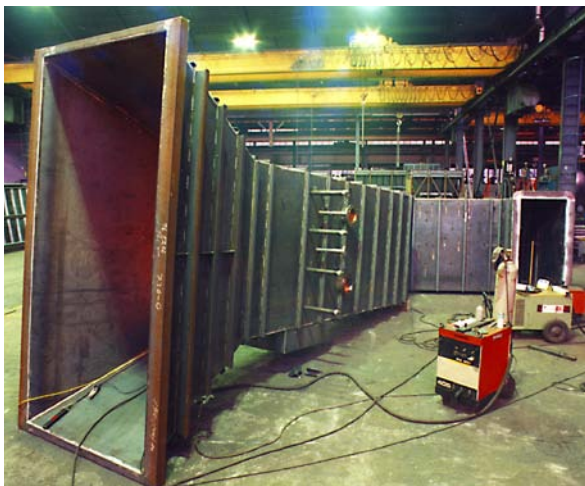
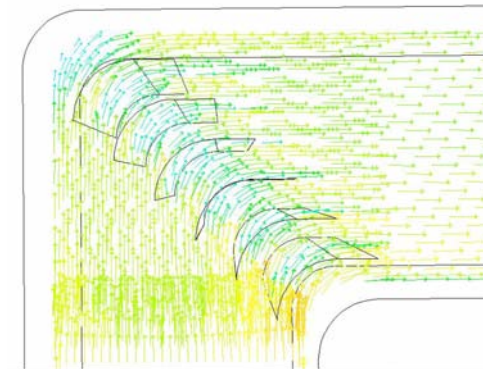


Abb. 4 Rauchgaskanal einer DeNOx Anlage

CFD-Analysen mit hoher Reproduzierbarkeit

Bei der Optimierung eines Strömungskanales müssen für das Design entsprechende Spezialisten herangezogen werden. Neben dem Fertigungs- und Verfahrenstechniker benötigt man für die Auslegung optimierter Strömungskanäle auch Spezialisten, die mittels CFD-Berechnungen das Design überprüfen können. Die langjährigen Erfahrungen der Firma Fluitec Georg AG mit Strömungsmodellen sowie die Auswertung bestehender DeNOx-Anlagen, ermöglichen heute dank intensiver Zusammenarbeit mit der Firma ProcEng Moser GmbH eine wissenschaftliche Auslegung von Strömungskanälen mit hoher Reproduzierbarkeit. Die Firma ProcEng Moser GmbH ist für die CFD Berechnung von DeNOx Anlagen unser Vertragspartner. Das systematisch erarbeitete Know-how ermöglicht heute die effiziente Auslegung von DeNOx-Anlagen. Neben der möglichen Ungenauigkeiten und aufgrund der hohen Kosten kann heute generell auf reale Strömungsmodelle verzichtet werden.



Design by Fluitec Georg AG
Calculations by ProcEng Moser GmbH

Abb. 5 Strömungsvektoren in einem Bogen

Lieferkonzept für DeNOx-Anlagen

Der Lieferumfang für DeNOx-Anlagen kann heute wie folgt beschrieben werden:

- Strömungstechnische Auslegung von Rauchgaskanälen
- Design und Fertigung des statischen Mischers
- Design und Fertigung von Leitblechen und Gleichrichtern
- CFD-Analyse des Rauchgaskanals und Optimierung der Mischgüte, der Strömungsprofile und des Druckverlustes
- Montageüberwachung der statischen Mischelemente und der Umlenkleche
- Auslegung und Fertigung von Zerstäuberlanzen
- Auslegung und Fertigung von Ammoniakwasser-Dosierstationen inkl. Montage oder Montageüberwachung

Die Firma Fluitec Georg AG besitzt die Zulassungen nach EN729, HP-0, SVTI und PED.



Abb. 6 Rauchgaskanal mit statischen Mixern

Einsatzbereiche

Statische Mischer und Dosiersysteme von Fluitec haben sich bei der Verdampfung von Ammoniakwasser sowie dem Einmischen von Ammoniak in das Rauchgas besonders bewährt. Sie werden in folgenden Industriezweigen eingesetzt:

- Kehricht- / Müllverbrennungsanlagen
- Chemische Industrie
- Zementproduktionsanlagen
- befeuerte Kesselanlagen
- Schlamm- / Sondermüllverbrennungsanlagen
- Abgasreinigung an grossen Motoren