

# Die perfekte Mischung für saubere Luft

**FELIX MOSER**  
**SEBASTIAN HIRSCHBERG**  
**WERNER KOLLER**  
**SULZER CHEMTECH**

NO<sub>x</sub> ist eine Sammelbezeichnung für Stickoxide, die unter anderem bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe entstehen. Sie sind giftig, bilden mit Luftsauerstoff das Reizgas Ozon und tragen zur Entstehung von saurem Regen bei. Bei der selektiven katalytischen Reduktion (*selective catalytic reduction*, SCR), einer verbreiteten Methode zur Entstickung der Abgase in fossil befeuerten Kraftwerken, wird ein flüssiges oder gasförmiges Reduktionsmittel in den Abgasstrom eingespritzt und das Gemisch über einen Katalysator geleitet. Sulzer Chemtech bietet statische Mischer und Einspritzsysteme an, welche die kleinen Mengen des Reduktionsmittels sehr gut im großen Abgasvolumen von Kraftwerken verteilen können.

► Das Abgas in fossil befeuerten Kraftwerken wird mit einer Reihe chemischer Verfahren behandelt, darunter auch Katalysatoren, die Schadstoffe wie Staub, SO<sub>2</sub> oder NO<sub>x</sub> entfernen (Bild 1). Das Kohlekraftwerk Elm Road liegt in Wisconsin (USA). Es hat 2 neue Kessel mit je 2 SCR-Reaktoren. In der Entstickungsanlage dieses Kraftwerks wird anstelle des bisher üblichen Verfahrens mit gasförmigem Ammoniak flüssiges Ammoniak-Wasser-Gemisch eingespritzt. Vor allem aus Sicherheitsgründen bietet das flüssige Reduktionsmittel Vorteile, da kein

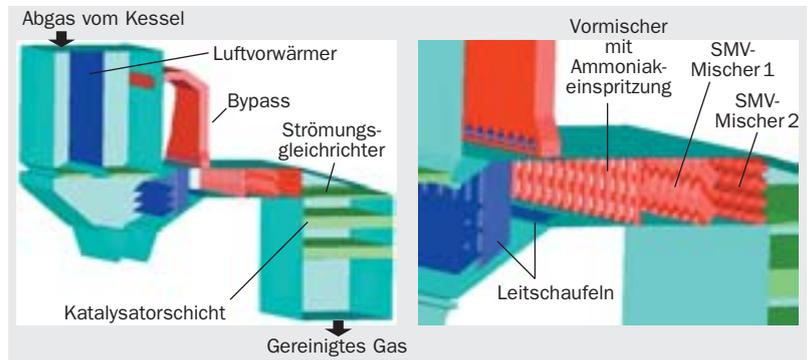
gasförmiges Ammoniak – ein giftiges und explosives Gas – auf dem Kraftwerksgelände gelagert werden muss. Sulzer Chemtech US liefert das Ammoniak-Wasser-Einspritzsystem und statische SMV™-Mischer für dieses Kraftwerk.

## **Herausfordernde Anlage**

Angesichts der äußerst komplexen Führung der Abluftkanäle, vor allem wegen der kurzen Abstände zwischen den 2 Mixchern, dem Strömungsgleichrichter und dem Entstickungskatalysator, sind die Anforderungen an die Mischgüte

eine große Herausforderung. Der Variationskoeffizient (CoV, die relative Standardabweichung bezogen auf den Mittelwert) muss für die Geschwindigkeit unter 10% liegen, während für das  $\text{NH}_3/\text{NO}_x$ -Verhältnis am Eintritt in den SCR-Reaktor 5% verlangt sind. Alle Tropfen müssen auf der kurzen Strecke zwischen Einspritzung und dem ersten Mischer verdampft sein. Damit die Flüssigkeitsoberfläche groß genug wird, um eine rasche Verdampfung zu bewirken, werden technisch ausgefeilte Einspritzdüsen eingesetzt, die sehr kleine Tröpfchen erzeugen (unter  $100\ \mu\text{m}$ ). Durch 2-Stoff-Düsen mit Zusatzdruckluft, welche die Flüssigkeit fein zerstäubt, werden die nötige Tropfengröße und -größenverteilung erreicht. Die feine Zerstäubung ist nötig, da die Anlage keinen elektrostatischen Filter zwischen Kessel und Entstickungsanlage hat und das Abgas deshalb extrem staubhaltig

- 1 Die Kühltürme eines thermischen Kraftwerks geben unschädlichen Wasserdampf ab. Die Abgasreinigung dagegen erfordert aufwändige Technik. Sulzer Chemtech liefert bewährte Komponenten, mit denen sich schädliche Stickoxide entfernen lassen.

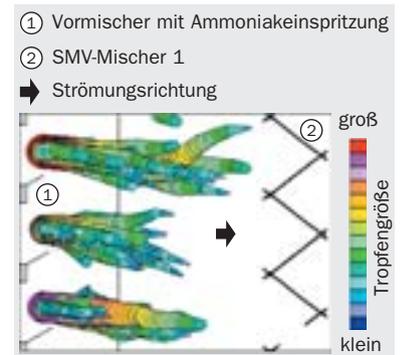


- 2 Die Sulzer-SMV-Mischer verteilen die Ammoniak-Wasser-Tropfen gleichmäßig über die Katalysatorschichten.

ist. Falls das flüssige Ammoniak-Wasser-Gemisch die Mischerbleche oder andere Oberflächen benetzt, würden dort Staubpartikel anhaften und zu Ablagerungen führen.

### CFD-Studie ergänzt Modellversuch

Wie für derartige Anlagen üblich, wurden Modellversuche (Maßstab 1:14) durchgeführt. Da für die Größenverteilung der Tropfen und deren Verdampfungsverhalten keine



- 3 Die CFD-Studie liefert Größe der Tropfen und deren Bahnlinien. Durch die Regelung der Flüssigkeitsmenge in den Düsen lässt sich erreichen, dass alle Tropfen verdampft sind, bevor sie den Mischer erreichen.

Ähnlichkeitsgesetze bekannt sind, ist es nicht möglich, das Problem bezüglich der Flüssigkeitseinspritzung korrekt zu skalieren. Deshalb führte Sulzer Innotec numerische Strömungsuntersuchungen (*computational fluid dynamics*, CFD) durch, die das Verdampfungsverhalten simulieren (Bild 2). Die CFD-Studie lieferte das Strömungsfeld, die Druckverluste und Informationen über die Mischungsgüte im SCR-Reaktor und in den zugehörigen Abgaskanälen.

### Anforderungen erfüllt

Im Modellversuch wurde ein gasförmiger Kohlendioxid-Indikator (Tracer) benutzt, um die Ammoni-

ak-Wasser-Einspritzung zu simulieren. Mit Hilfe der Ergebnisse der CFD-Untersuchung und der Versuchsergebnisse ist es nun möglich, die Anlage so zu justieren, dass die Anforderungen im Kraftwerk erfüllt werden. Unter anderem wurde für die einzelnen Düsen die Flüssigkeitsmenge individuell eingestellt (Bild 3).

Der erste Block des Kraftwerks Elm Road wird Ende 2007 in Betrieb gehen, der zweite Ende 2008.

### Neuer Mischer entwickelt

Sulzer Chemtech hat DeNO<sub>x</sub>-Anlagen in über 50 Kraftwerken mit SMV-Mischern ausgerüstet. Die Erfahrung aus diesen Anwendungen und intensive Entwicklungsarbeiten haben zu einem neuen Mischertyp geführt, dem statischen Mischer Contour™. Dieser besteht aus mehreren Mischflügeln, die entsprechend den Erfordernissen der jeweiligen Anwendung montiert werden (Bild 4). In Fällen, bei denen eine Zumischung nötig ist, wie bei der Entstickung mit SCR, kann die Flügelhalterung als Injektor dienen.

### Flexibles Arrangement

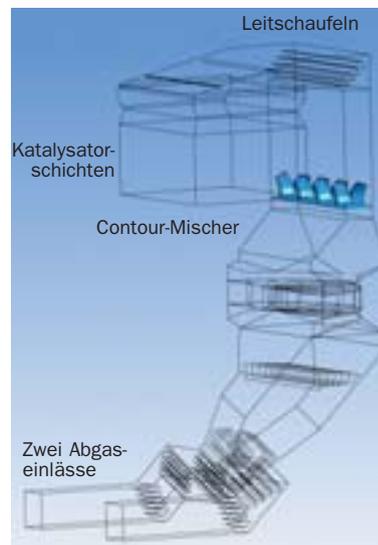
CFD-Berechnungen haben diese Neuentwicklung stark unterstützt (Bild 5). Da die Mischflügel mit unterschiedlichem Winkel und va-

riabler Anordnung eingebaut werden können, ist dieser Mischer sehr flexibel und lässt sich an verschiedene Anforderungen anpassen. Allerdings ist die Auslegung etwas aufwändiger als die eines herkömmlichen statischen Mixers.

Der Contour-Mischer von Sulzer verursacht geringere Druckverluste als andere Systeme, die auf dem Markt angeboten werden, und er liefert eine sehr hohe Mischgüte. Die Strömung im Mischer ist sehr stabil und ablösungsfrei, was zu einer zeitlich stabilen Qualität der Vermischung führt.

### Modellversuche bestätigen Leistungsfähigkeit

Zum Nachweis der Leistungsfähigkeit des neuen Mixers hat Sulzer Chemtech Modellversuche und CFD-Studien durchgeführt (Bild 6). Vor dem Modellversuch legten die Entwickler das neue System mit Hilfe von numerischen Parameterstudien aus und nahmen die Feinabstimmung vor. Die Strömungsrandbedingungen für den Modellversuch und die numerische Untersuchung waren ein Luftstrom von 21 000 m<sup>3</sup>/h und ein Zusatzstrom von 180 m<sup>3</sup>/h, der das Reduktionsmittel modellierte. Die Ergebnisse beider Studien zeigten gute, großflächige Vermi-



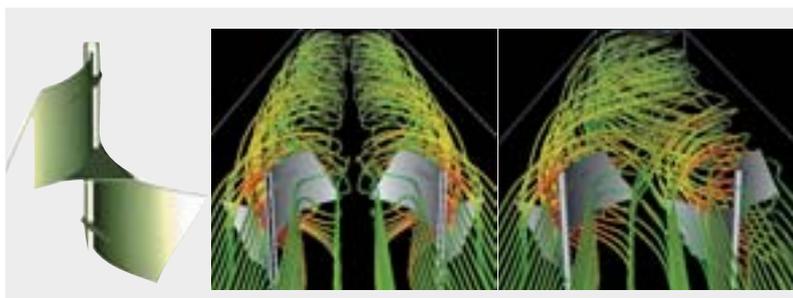
**5** Das Berechnungsgebiet für die CFD-Studie des Contour-Mischer in der DeNO<sub>x</sub>-Anlage eines fossil befeuerten Kraftwerks.

schung mit sehr geringem Druckverlust. Die CoV-Werte aus der CFD-Studie und den Modellmessungen stimmen sehr gut überein. Dieser Nachweis ist deshalb wichtig, weil damit CFD verlässlich zur Auslegung von Contour-Mischer-Systemen eingesetzt werden kann. Mit diesem Werkzeug lässt sich der Contour-Mischer sehr gut an die spezifischen Anforderungen der jeweiligen Anwendung anpassen.



**6** Versuchsaufbau für die Untersuchung des Contour-Mischer. Gemessene Geschwindigkeitsverteilung und Tröpfchendichte stimmten gut mit den Ergebnissen der CFD-Studie überein.

**4** Der neue Contour-Mischer erzeugt gleich- oder gegenläufige Wirbel, je nach Bedarf der Anwendung.



### Kontakt

Sulzer Chemtech AG  
 Werner Koller  
 Sulzer-Allee 48  
 8404 Winterthur  
 Schweiz  
 Telefon +41 52 262 61 49  
 Fax +41 56 262 00 69  
 werner.koller@sulzer.com