

# In feinen Schwaden

Zerstäubungstechnik bei der Stickoxidreduktion mit Harnstoff

Bei der Rauchgasentstickung werden Stickoxide durch die Zugabe eines Reduktionsmittels in einen Stoff umgewandelt, der schadlos abgegeben oder weiterverwendet werden kann. Immer häufiger wird dabei das Reduktionsmittel Ammoniak durch harmlosen Harnstoff ersetzt, der jedoch beim Zerstäuben zum Auskristallisieren neigt. Betrachtet man die in der Harnstoffzerstäubung eingesetzten Düsensysteme, so zeigt sich, dass ein störungsfreier Betrieb nicht immer gewährleistet ist.

UWE WEIB

**N**O<sub>x</sub> entsteht als Nebenprodukt von Verbrennungsprozessen mit hohen Temperaturen nicht nur in Kraftfahrzeugmotoren, sondern auch in zahlreichen industriellen Prozessen. Aus diesem Grund werden beispielsweise Kraftwerksbetreiber oder Düngemittelhersteller durch die immissionsschutzrechtlichen Vorschriften dazu verpflichtet, ihre Stickoxid-Emissionen durch dem Stand der Technik angepasste Primär- und/oder Sekundärmaßnahmen zu vermindern. Während primäre Maßnahmen die Verbrennung vorwiegend anhand der Luftzahl direkt optimieren, wandeln die sekundären, abgasseitigen Maßnahmen die Stickoxide in einen Stoff um, der entweder schadlos abgegeben oder weiterverwendet werden kann.

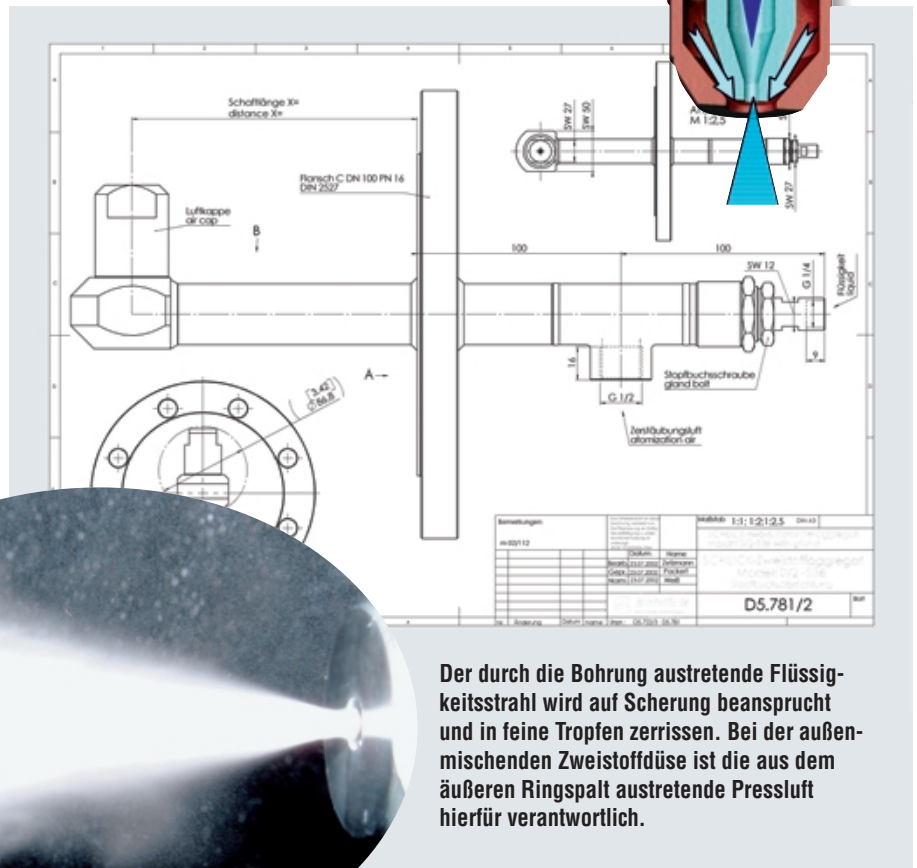
## Sekundärmaßnahmen zur NO<sub>x</sub>-Minderung

Die trockenen sekundärseitigen Verfahren wie

- SNCR-Verfahren (selektive nichtkatalytische Reduktion) und
- SCR-Verfahren (selektive katalytische Reduktion)

zielen dabei auf die Reduktion der Sti-

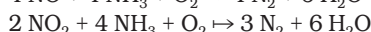
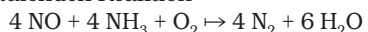
Der Autor ist Stellvertretender Leiter Projektierung/Verfahrenstechnik bei Düsen-Schlick



Der durch die Bohrung austretende Flüssigkeitsstrahl wird auf Scherung beansprucht und in feine Tropfen zerrissen. Bei der außenmischenden Zweistoffdüse ist die aus dem äußeren Ringspalt austretende Pressluft hierfür verantwortlich.

Bilder: Düsen-Schlick

ckoxide zu Stickstoff und Wasser ab. In der Praxis hat sich die selektive katalytische Reduktion bewährt, da hiermit die größten Minderungsraten und Reingaskonzentrationen von 100 bis 200 mg/Nm<sup>3</sup> bei geringeren Temperaturen erzielt werden können. Die Stickoxide werden bei einer Temperatur von 380 bis 450 °C (1000 °C beim SNCR-Verfahren) mit Ammoniak oder Harnstofflösung katalytisch reduziert. Die für die Reduktion notwendige Flüssigkeitsmenge wird dem Rauchgas vor Eintritt in den Reaktor zugemischt, worauf die Rauchgase gleichmäßig über den Querschnitt verteilt mehrere Katalysatorlagen durchströmen. Der Vanadiumpentoxid- oder Wolframtrioxid-Katalysator in Waben- oder Plattenbauweise setzt die Aktivierungsenergie der ablaufenden Reaktion



zumindest für einen der Reaktionspartner (Harnstoff oder Ammoniak bzw. Stickstoffoxide) herab, was sich in einer beschleunigten Umsetzung in Stickstoff und Wasserdampf niederschlägt. Heutzutage wird

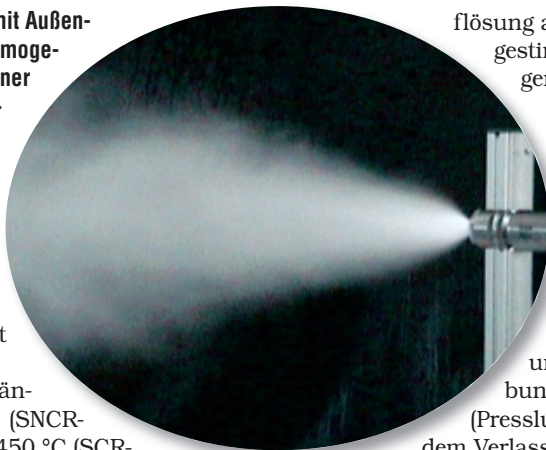
als Reduktionsmittel immer häufiger eine im Umgang wesentlich einfachere wässrige Harnstofflösung anstelle von Ammoniak eingesetzt. Der farblose, geruchsfreie, ungiftige und biologisch unbedenkliche Harnstoff ist problemlos bei Transport und Lagerung. Ein Einsatzbeispiel, welches diese Unbedenklichkeit dokumentiert ist die Landwirtschaft: Hier kommt der Harnstoff als Dünger- oder Futtermittelzusatz zum Einsatz.

## Zerstäubungstechnik ist keine Philosophie

Der Harnstoff neigt jedoch beim Zerstäuben innerhalb der Düse zum Auskristallisieren, weshalb ein störungsfreier Betrieb nicht von jeder Druck- oder Zweistoffdüse gewährleistet werden kann. Die bei der Rauchgasentstickung mit Harnstoff eingesetzten Düsen

- müssen verstopfungsunempfindlich sein,
- eine homogene Flüssigkeitsverteilung im Abgasstrom erreichen,
- eine gleichmäßige Geschwindigkeitsverteilung mit ausreichender Austrittsgeschwindigkeit haben, damit der gesamte

Die Zweistofflanze mit Außenmischung hat ein homogenes Sprühbild mit einer gleichmäßigen Flüssigkeitsverteilung und einem feinen Tropfenspektrum.



Kanalquerschnitt erreicht wird,

- temperaturbeständig bis 1000 °C (SNCR-0Verfahren) bzw. 450 °C (SCR-Verfahren) sein,
- volumetrisch mittlere Tropfendurchmesser von 20 bis 30 µm erzielen,
- die Kontaktfläche zwischen Spray und Abgas maximieren und
- einen Flüssigkeitsregelbereich bis 1:10 besitzen.

#### Druckdüsen

Als Druckzerstäubern werden Flachstrahl- oder Hohlkegeldüsen eingesetzt, deren Tropfengröße vom Düsenquerschnitt und vom anstehenden Flüssigkeitsdifferenzdruck abhängt: Je kleiner der Düsenquerschnitt und umso höher der Differenzdruck, desto feiner wird das Tropfenspektrum. Aus diesem Grund sind nur Flüssigkeitsregelbereiche von maximal 1:3 möglich und Tropfengrößen unter 50 µm erfordern Bohrungsquerschnitte kleiner 0,5 mm sowie Drücke bis zu 50 bar. Außerdem wird ein Drallkörper mit sehr kleinen Drallschlitzen oder Drallbohrungen innerhalb der Düse benötigt, weshalb eine kontinuierliche Betriebssicherheit nicht mehr gegeben ist. Der Harnstoff würde hier mit Sicherheit auskristallisieren und die Düse verstopfen. Des Weiteren müsste auch noch die Vorverdampfung durch ein Schutz- bzw. Kühlrohr verhindert werden, weshalb der Düsentyp in dieser Anwendung ungeeignet ist.

#### Zweistoffdüsen

Bei innenmischenden Zweistoffdüsen wird der Harnstoff mit Druckluft in der Düse gemischt. Die Zweiphasenströmung verlässt die Düse danach durch eine Bohrung mit einem Streukegel von etwa 10°. Hierdurch bedingt würde sich das Spray nur rund 200 mm ausbreiten, weshalb eine homogene Verteilung im Abgaskanal nicht erreicht wird. Aufgrund der innenliegenden Mischzone ist auch dieser Düsentyp sehr verstopfungsanfällig und Flüssigkeitsregelbereiche von 1:10 sind kaum möglich, da sich die beiden Komponenten innerhalb der Düse beeinflussen. In diesem Fall müssen bei veränderten Durchsatzwerten Pressluft und Harnstoff-

lösung auf einander abgestimmt und nachgeregelt werden.

Für die Harnstoffzerstäubung sind außenmischende Systeme am besten geeignet. Hierbei werden Flüssigkeit und Zerstäubungsmedium (Pressluft) kurz nach dem Verlassen der Stirnseite intensiv durchmischt.

### **Je kleiner die Tropfen, desto größer die Oberfläche**

Der Austrittskegel der Zweistoffdüse liegt bei etwa 30 bis 40°. In Verbindung mit der höheren Austrittsgeschwindigkeit im Vergleich zu den anderen Düsensystemen beträgt die Ausbreitung des Sprays nach einer Strecke von 2 m rund 1000 mm. Bei einer volumetrisch mittleren Tropfengröße von 20 bis 30 µm ist der Harnstoff bereits nach einer Strecke von 1000 mm vollständig verdampft. In der Rohr-in-Rohr Konstruktion mit Loslagerung wird die innenliegende Harnstofflösung durch die außenliegende Pressluft geschützt, wodurch eine vorzeitige Verdampfung vermieden wird. Außerdem ist dieser Düsentyp durch die getrennte Zuführung verstopfungsunempfindlicher und die gewünschte Tropfengröße kann sehr einfach über das Luft/Flüssigkeits-Verhältnis gesteuert werden.

Bei Düsen-Schlick wurde zudem eine Vorzerstäubung auf der Harnstoffseite integriert, welche das Verstopfen verhindert und sehr große Flüssigkeitsregelbereiche erlaubt. Mit dem eigens hierfür entwickelten Vorzerstäuber, welcher im Vergleich zu anderen Flüssigkeitsdrallkörpern einen geringeren Umlenkungswinkel besitzt, ist bei einem Flüssigkeitsregelbereich von 1:10 ein Druckregelbereich von 1:100 erforderlich. In der Praxis sieht das dann so aus, dass der Minimaldurchsatz auf 0,1 bar und der Maximaldurchsatz auf 10 bar ausgelegt wird. Augenblicklich werden auf dieser Basis Modelle mit Durchsätzen von 1 bis 700 l/h angeboten. ■

#### **Weitere Informationen über:**



[www.process.de](http://www.process.de)

- Vernebelung mit Zweistoffdüsen im Schnellzugriff



**Kennziffer:**

**331**

**Achema: Halle 6, Stand 623–625**