

Anlagenbau	Chemie	Pharma	Ausrüster
✓	✓	✓	✓
Planer	Betreiber	Einkäufer	Manager
✓	✓	✓	✓



Düsenkopf mit demontierbaren Hohlkegeldüsen

## FEIN ZERSTÄUBT

**Prozessgase effizient abkühlen** In einer Vielzahl von industriellen Bereichen, wie etwa Papierfabriken, Glasfabriken, Zementwerke, Kraftwerke, Stahlindustrie, Müllverbrennung etc., gewinnt eine wirtschaftliche und vor allem energieeffiziente Abkühlung der Prozessgase immer mehr an Bedeutung. Die wirksamste Methode zur Kühlung und Konditionierung von Abgasen ist die Verdunstungskühlung. Durch die Abkühlung der Gase wird eine definierte Volumenreduzierung erreicht.

**A**ls wichtiger Bestandteil des Kühlprozesses sind Zerstäubungsanlagen zum definierten Einbringen des Kühlwassers notwendig. Eine stärkere Reduzierung des Gasvolumens verringert die erforderlichen Energiekosten. Die unerwünschte Kondensation des Kühlwassers wird durch die erforderliche Tropfengrößenverteilung und der damit verbundenen Düsentechnologie verhindert. Die Flüssigkeit wird in Tropfen umgewandelt, um die Oberfläche zu erhöhen und somit die vollständige Verdunstung mit dem Abgas zu ermöglichen. In der Natur wird ein Minimum an Oberfläche angestrebt, und deshalb stellt das Spray einen instabilen Zustand dar. Entweder verdampft ein Spray, so dass sich die Oberfläche vermindert, oder durch Tropfenkollision vereinigen sich viele kleine Tropfen zu wenigen großen, wobei sich die Oberfläche verkleinert. Für einen vollständigen Verdunstungsprozess der zerstäubten Flüssigkeitsmenge muss das Düsen-system eine Vielzahl von Randbedingungen erfüllen.

Die Materialauswahl wird entsprechend der chemischen Beständigkeit und

den herrschenden Temperaturen angepasst. Hierbei wird hitzebeständiger Edelstahl verwendet; falls chemische Korrosion die Einsatzdauer der Düsenlanzen verkürzt, kommen Sonderwerkstoffe zum Einsatz. Durch den in der Regel erforderlichen Dauerbetrieb der Düsen ist eine entsprechende Verstopfungsunempfindlichkeit unumgänglich.

### Kleine, gleichmäßige Tröpfchen erwünscht

Folgende Anforderungen werden an das Düsen-Spray gestellt:

- kleine, gleichmäßige und reproduzierbare Tropfengröße,
- flexible Einstellung der Tropfengröße,
- vollständiges Verdampfen, bevor das Tropfenkollektiv die Wandung erreicht,
- Sprühstrahlformierung,
- angepasster Sprayimpuls bezogen auf die Anlagengeometrie,
- gleichmäßige Flüssigkeitsverteilung über die Spraybreite,
- keine Kondensatbildung sowie
- Veränderung von Durchsatz bei gleichbleibender Zerstäubungsgüte.

Ziel einer Zerstäubung ist häufig eine starke Vergrößerung der freien Oberfläche, um Stoff- oder Wärmeübertragungsvorgänge zu begünstigen. Ein ideales Spray besteht nur aus Tropfen mit gleich großem Durchmesser, man spricht dann

von einem monodispersen Spray. Ein Tropfenkollektiv mit gleich großen Einzeltropfen lässt sich in Hinblick auf die Gesamtoberfläche einfach berechnen, wohingegen Tropfenkollektive mit einer breiteren Tropfengrößenverteilung allenfalls näherungsweise zu berechnen sind. Ein rein monodisperses Spray wird jedoch sehr selten erreicht. Realistisch sind dagegen Sprays mit einer engen Tropfengrößenverteilung.

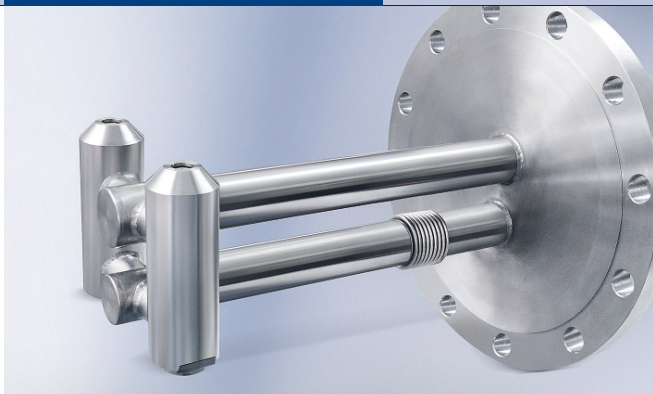
Da die Tropfengröße jedoch nur einen Teilaspekt zur Bewertung einer Düse darstellt, ist es entscheidend, weitere maßgebliche Kriterien in die Beurteilung einzubeziehen. Hierfür wird ein dynamisches Tropfenmeßgerät (Dual-PDA=Phasen-Doppler-Anemometer) verwendet. Die Auswertung eines Sprays beinhaltet Tropfengröße, Tropfengeschwindigkeit und Volumenstromdichte. Der Streukegel der Düse wird nun durch dieses Messvolumen bewegt und programmgesteuert über eine Traversiereinrichtung in zwei Achsen bewegt. Der einzelne Tropfen verändert nun den Laserstrahl bzgl. seiner Richtung; diese Änderung wird von der Empfangsoptik registriert und im Prozessor ausgewertet.

Durch diese Detailinformation des Tropfenschwarmes und Laborversuche in Simulationskanälen (Abgasgeschwindigkeiten zum Beispiel 10 m/s) wurden entsprechende Zerstäuberdüsen ent-



### Autor

**Uwe Weiß,**  
stellvertretender technischer Leiter  
Düsen-Schlick



Einsteckrohr mit  
zwei Zweistoffdüsen  
externer Mischung

wickelt, die eine optimale Durchmischung mit der notwendigen Prozesssicherheit erreichen.

Betrachtet man die bei der Abgaskühlung eingesetzten Düsenysteme, Druckdüsen oder Zweistoffdüsen, stellt man fest, dass die oben genannten Forderungen nur bedingt eingehalten werden. Man unterscheidet zwischen Druckdüsen, außenmischenden und innenmischenden Zweistoffdüsen.

### Druckdüsen sind verstopfungsanfällig

Bei den Druckzerstäubern werden Hohlkegeldüsen eingesetzt. Die zu erwartende Tropfengröße ist abhängig vom Querschnitt der Düse und vom anstehenden Flüssigkeitsdifferenzdruck. Je kleiner der Düsenquerschnitt und je höher der Flüssigkeitsdifferenzdruck, desto feiner wird das Tropfenspektrum. Aufgrund dieser Tatsache sind nur kleine Flüssigkeitsregelbereiche möglich – 1 : 3 im Maximalfall. Um mittlere Tropfengrößen unterhalb von 70 µm zu erreichen, sind Bohrungsquerschnitte < 1,2 mm und Drücke bis zu 40 bar notwendig. Durch Reduzieren des Drucks auf 4 bar vergrößert sich der mittlere Tropfen auf 130 µm. Leider sind diese kleinen Düsenquerschnitte verstopfungsanfällig und können langfristige Prozesssicherheit nicht erreichen.

Die Flüssigkeit wird der Düse unter Druck zugeführt und tritt durch tangentielle Schlitze oder Bohrungen in die Umlaufkammer ein. Hier wird die Druckenergie in Rotationsenergie bzw. Bewegungsenergie umgesetzt. Um einen Luftkern bildet sich ein rotierender Flüssigkeitsfilm, der durch die Mündungsbohrung als Hohlkegelstrahl austritt und nach Überwindung der Oberflächenspannung in eine Vielzahl feiner Tröpfchen zerfällt. Die Zerstäubungsqualität und das Tropfenspektrum sind vom Bohrungsdurchmesser, der Höhe des Druckes, dem Streukegel, der Dichte, der Viskosität und der Oberflächenspannung abhängig. Durch den erforderlichen Drallkörper mit sehr kleinen Drallschlitzen oder Drallbohrungen innerhalb der Düse wird eine kontinuierliche Betriebssicherheit nicht mehr erreicht.

Durch fallabhängige Auslegung – unter Berücksichtigung der entscheidenden technischen und wirtschaftlichen Einflussgrößen – werden die Düsen individuell an die vorhandenen Gegebenheiten angepasst.

### Zweistoffdüsen mit Außenmischung

Bei außenmischenden Systemen werden Flüssigkeit und Zerstäubungsmedium – meist Pressluft – kurz nach dem Verlassen der Stirnseite intensiv durchmischt. Der Austrittskegel der Zweistoffdüse beträgt etwa 30 bis 40°. Durch das getrennte Zuführen ist diese Düsentechnologie wesentlich verstopfungsunempfindlicher als Druckdüsen oder Zweistoffdüsen mit Innenmischung. Die gewünschte Tropfengröße kann individuell über das Massenverhältnis Luft zu Flüssigkeit eingestellt werden. Damit große Flüssigkeitsregelbereiche gefahren werden können, ist es unbedingt notwendig, eine Vorzerstäubung auf der Flüssigkeitsseite zu integrieren, die strömungstechnisch ein Verstopfen verhindert. Daher wurde ein Dreiminutendrallkörper entwickelt, der einen geringeren Umlenkungswinkel im Vergleich zu anderen Flüssigkeitsdrallkörpern besitzt. Bei Flüssigkeitsregelbereichen von 1 : 10 ist ein Druckregelbereich von 1 : 100 notwendig. In der Praxis wird dann der Minimaldurchsatz auf 0,1 bar und der Maximaldurchsatz auf 10 bar ausgelegt.

Das Leistungsspektrum von Zweistoffdüsen mit externer Mischung liegt zwischen 1 bis 6 000 kg/h. Sicherlich nimmt bei zunehmender Durchsatzmenge die Zerstäubungsqualität der Düse ab. Trotz allem sind hier durch entsprechende Maßnahmen mit Hilfe der Vorzerstäubung Tropfengrößen von weniger als 200 µm möglich.

### Zweistoffdüse mit Innenmischung

Durch Austausch der Luftkappe in die Innenmischluftkappe reduziert sich die Tropfengeschwindigkeit auf 45 %. Die Austauschfläche zwischen Abgas und Flüssigkeit steigt um Faktor 2 bis 2,5 an. Bei der innenmischenden Zweistoffdüse tritt die Flüssigkeit ebenfalls aus einer

## Für Anwender

- In einer Vielzahl von industriellen Bereichen gewinnt eine wirtschaftliche und vor allem energieeffiziente Abkühlung der Prozessgase immer mehr an Bedeutung.
- Durch fallabhängige Auslegung unter Berücksichtigung der entscheidenden technischen und wirtschaftlichen Einflussgrößen werden die Zerstäubungsdüsen individuell an die vorhandenen Gegebenheiten angepasst.
- Für einen vollständigen Verdunstungsprozess der zerstäubten Flüssigkeitsmenge muss das Düsenystem eine Vielzahl von Randbedingungen erfüllen.
- Durch die getrennte Zuführung sind Zweistoffdüsen mit Außenmischung wesentlich verstopfungsunempfindlicher als Druckdüsen oder Zweistoffdüsen mit Innenmischung.

zentrischen Bohrung aus, diesmal jedoch in eine Mischkammer. Ein Kegel in der Mischkammer Kegel bewirkt das Verteilen des zentral auf die Kegelspitze treffenden Flüssigkeitsstrahles zu einem Film, der von der gedrahten Zerstäubungsluft in Tropfen zerrissen wird. Die Flanken dieser Kegelkontur laufen in den Düsenbohrungen der Luftkappe aus. Die Bohrungen sind entsprechend der Kegelsteigung geneigt, Flüssigkeitsreste werden definiert ausgeblasen, die beaufschlagte Oberfläche ist größer. Der Leistungsbereich der Zweistoffanlagen reicht von 10 bis 1 500 l/h pro Einzeldüse.

Grundlegendes Konzept der Entwicklung war die Änderung der Geometrie der Innenmischzone. Ziel war es, durch Änderung der Geometrie, insbesondere durch Vermeiden von verstopfungsanfälligen Einbauten, eine intensivere Durchmischung von Zerstäubungsluft und Flüssigkeit zu erreichen. Dadurch ist es möglich, den Luftbedarf der Düse bei gleichbleibender Tropfengröße zu verringern und damit die Durchschlagkraft des Sprühstrahles zu reduzieren. Parallel sollte durch die Anordnung der Bohrungen der Sprühwinkel stark vergrößert werden. Häufig werden die Düsenanlagen extrem hohen Temperaturen, aggressiven Gasen und hohen Staubbelastungen ausgesetzt. Durch eine wartungsfreundliche Konstruktion mit demontierbarem Schutzrohr und dementsprechend robusten Düsendesign wird ein betriebssicherer Prozess gewährleistet. ■

**KONTAKT** [www.chemietechnik.de](http://www.chemietechnik.de)

Achema Halle 6.0 – G23  
Weitere Infos

CT 621