

Und es brennt!

Bei Verbrennungsprozessen eingesetzte Düsensysteme

In der Industrie werden Heizöl und Flüssigkeitsrückstände zur Energie- bzw. Energierückgewinnung vollständig verbrannt. Durch eine unsaubere bzw. nicht vollständige Verbrennung des Mediums entsteht Ruß und gleichzeitig steigen die Emissionswerte in der Brennkammer an. Bei flüssigen Brennstoffen findet die Verbrennung immer in der Gasphase statt: Der flüssige Brennstoff wird zuerst fein zerstäubt, dann verdampft, mit Luft vermischt und schließlich in der Gasphase verbrannt. Wie durch verschiedene, spezielle Düsen die Zerstäubung beeinflusst werden kann, zeigt dieser Beitrag.

Die Flüssigkeit wird in Tropfen umgewandelt, um die Oberfläche zu erhöhen und somit die Verdampfung und Vermischung des Brennstoffdampfes mit der Luft zu ermöglichen. In der Natur wird ein Minimum an Oberfläche angestrebt und deshalb stellt der Spray einen instabilen Zustand dar. Entweder verdampft ein Spray, wodurch sich die Oberfläche vermindert, oder durch Tropfenkollision vereinigen sich viele kleine Tropfen zu wenigen großen, wobei sich die Oberfläche verkleinert.

Anforderung an die Zerstäubung beim Verbrennungsprozess:

Für einen vollständigen Verbrennungsprozess der zerstäubten Flüssigkeitsmenge muss das Düsensystem eine Vielzahl von Randbedingungen erfüllen. Erfahrungsgemäß darf der volumet-

risch mittlere Tropfendurchmesser eine Partikelgröße von 40 Mikrometer nicht übersteigen. Die Flüssigkeitsmenge ist je nach Auslastung von 10% bis 100% Last bei gleich bleibender Zerstäubungsqualität einstellbar. Durch die unterschiedlichen stoffspezifischen Kenngrößen der Flüssigkeit (Dichte, Viskosität, Oberflächenspannung) muss die Düse die Zerstäubungsqualität individuell beeinflussen können.

Die Materialauswahl wird entsprechend der chemischen Beständigkeit und den herrschenden Temperaturen von 800°C bis 1.250°C angepasst. Hierbei wird bei Schlick standardmäßig der hitzebeständige Edelstahl 1.4841 verwendet, falls chemische Korrosion die Lebensdauer der Brennerlanze verkürzt, kommen Sondermaterialien (z.B. Hastelloy oder Inconel) zum Einsatz. Häufig werden auch hochgiftige Flüssigkeitsrückstände verbrannt. Die Brennerlanzen werden dann

gemäß der Druckgeräterichtlinie 97/23/EG (Kategorie II bis IV) ausgeführt. Der erforderliche Dauerbetrieb der Düsen bedingt eine Verstopfungsunempfindlichkeit.

Technische Realisierung des Sprays

Betrachtet man die bei Verbrennungsprozessen eingesetzten Düsensysteme, Druckdüsen oder Zweistoffdüsen, stellt man fest, dass die genannten Forderungen nur bedingt eingehalten werden. Man unterscheidet zwischen Druckdüsen, Außenmischenden und Innenmischenden Mehrstoffdüsen.

Druckdüsen

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 umso höher der Flüssigkeitsdifferenzdruck, desto feiner wird das Tropfenspektrum. Aufgrund dieser Tatsache sind nur kleine Flüssigkeitsregelbereiche möglich



Abb. 3: Spray einer Schlick-Zweistofflanze



Uwe Weiß, Stellvertretender Technischer Leiter von Düsen-Schlick

Randbedingungen für einen vollständigen Verbrennungsprozess an das Düsensystem

- Der volumetrisch mittlere Tropfendurchmesser sollte zwischen 20 bis 40 Mikrometer liegen
- Homogene Flüssigkeitsverteilung über den gesamten Querschnitt
- Flüssigkeitsregelbereich bis 1:10
- Temperaturbeständig
- Korrosionsbeständig
- Verstopfungsunempfindlich, damit ein störungsfreier Betrieb gewährleistet werden kann
- Maximale Kontaktfläche zwischen Spray und Verbrennungsluft
- Gleichmäßige Geschwindigkeitsverteilung mit ausreichender Austrittsgeschwindigkeit, zur optimalen Ausnutzung der Brennkammergeometrie



Abb. 1: Druckdüsen



Abb. 2: Zweistoffdüse mit Aussenmischung

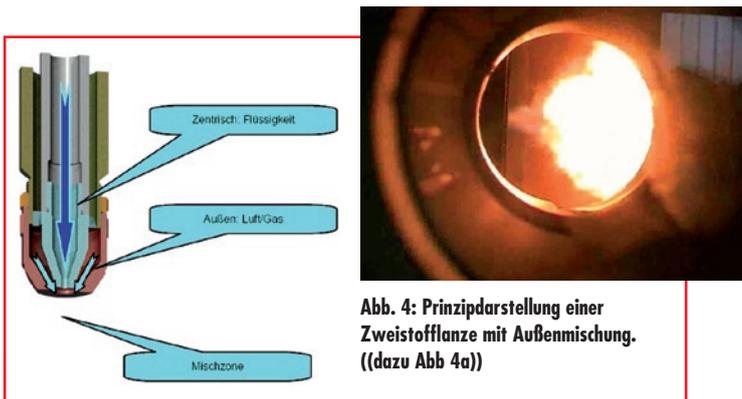


Abb. 4: Prinzipdarstellung einer Zweistofflanze mit Außenmischung. ((dazu Abb 4a))

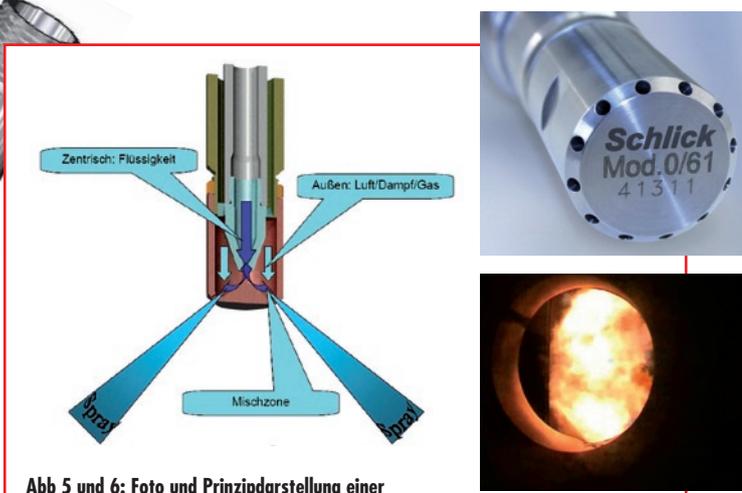


Abb 5 und 6: Foto und Prinzipdarstellung einer innenmischenden Zweistoffdüse. ((dazu Abb 6a))



Abb. 7: Zum Schutz der Zerstäuberlanze vor hohen Temperaturen bietet Schlick wasser-gekühlte Lanzen mit Vor-Rücklauf (wie die abgebildeten) oder luftgekühlte Systeme an.

(1:3 im Maximalfall). Um Tropfen-
größen unter 50 Mikrometer zu er-
reichen sind, Bohrungsquerschnitte
kleiner 0,5mm und Drücke bis zu
40 bar notwendig.
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. Bewegungs-
energie umgesetzt. Um einen Luft-
kern bildet sich ein rotierender
Flüssigkeitsfilm, der durch die

Mündungsbohrung als Hohlkegel-
strahl austritt und nach Überwin-
dung der Oberflächenspannung in
eine Vielzahl feiner Tröpfchen zer-
fällt.
Die Zerstäubungsqualität und
das Tropfenspektrum sind vom
Bohrungsdurchmesser, der Höhe
des Druckes, dem Streukegel, der
Dichte, der Viskosität und der Ober-
flächenspannung abhängig. Durch
den erforderlichen Drallkörper mit
sehr kleinen Drallschlitzen oder
Drallbohrungen innerhalb der

Düse wird eine kontinuier-
liche Betriebssicherheit nicht
mehr erreicht.

Mehrstoffdüsen

Eine oder mehr zugeführte
Flüssigkeiten wird/werden
durch ein oder mehr gasfö-
rmige Zerstäubungsmedien
(Luft, Dampf...) in Tröpfchen
zerrissen. Man unterscheidet
nach dem Ort des Zusammen-
treffens der Flüssigkeit und
des Gases generell zwischen
Innen- und Außenmischung,
im Regelfall setzt man bei
Schlick wegen des besseren
Regelverhaltens, der Vorteile
im Bereich Verstopfungsanfälli-
gkeit, Verschleiß, Tropfengrö-
ßenverteilung u.v.m. auf die
Außenmischung, wobei momen-
tan patentierte Schlick-
Entwicklungen einer verbes-
serten Innenmischung, ohne
diese Nachteile, in der Erpro-
bung sind.

**Zweistoffdüsen
mit Außenmischung**

Bei außenmischenden Systemen
werden Flüssigkeit und Zerstä-
bungsmedium (meist Pressluft)
kurz nach dem Verlassen der Stirn-
seite intensiv durchmischt. Der Aus-
trittskegel der Zweistoffdüse be-
trägt ca. 30° bis 40°. Bei einer
volumetrisch mittleren Tropfengrö-
ße von 40 Mikrometer ist der Flüs-
sigkeitsrückstand bzw. das Heizöl
bereits nach einer Strecke von 1000
bis 2000 mm vollständig verbrannt.
Aufgrund der Rohr-in-Rohr-Kon-
struktion schützt die außen liegende
Pressluft die innen liegende Flüs-
sigkeit. Dadurch wird eine Vorver-
dampfung aufgrund der hohen
Temperaturen verhindert und somit
eine kontinuierliche Mengenzufö-
hrung gewährleistet.

Durch die getrennte Zufö-
hrung ist diese Düsentechologie wesent-
lich verstopfungsunempfindlicher
als Zweistoffdüsen mit Innen-
mischung. Die gewünschte Tropfengrö-
ße kann individuell über das Mas-
senverhältnis Luft zu Flüssigkeit
eingestellt werden. Damit groö-



Abb. 8: Schlick-Dreistoffdüse Modell 0/56 S3

Flüssigkeitsregelbereiche gefahren
werden können, ist es notwendig,
eine Vorzerstäubung auf der Flüssig-
keitsseite zu integrieren, die strö-
mungstechnisch ein Verstopfen
verhindert. Es wurde ein Dreinu-
tendrallkörper entwickelt, der einen
geringeren Umlenkungswinkel im
Vergleich zu anderen Flüssigkeits-
drallkörpern besitzt. Bei Flüssig-
keitsregelbereichen von 1:5 ist ein
Druckregelbereich von 1:25 notwen-
dig. In der Praxis wird dann der Mi-
nimaldurchsatz auf 0,3 bar und der
Maximaldurchsatz auf 75 bar ausge-
legt. Zur Zeit gibt es 5 Modellvarian-
ten, die Durchsatzbereiche von 1/h
bis 1500/h abdecken.

Innenmisch-Zweistoffdüse

Grundlegendes Konzept der Ent-
wicklung war die Änderung der
Geometrie der Innenmischzone,
insbesondere unter Vermeiden von
verstopfungsanfälligen Einbauten
und um eine intensivere Durchmi-

Verdüsung in Brennkammer

Bei der Verbrennung von Abgasen und Rückstandsflüssigkeiten kommen die Düsen vorwiegend in zwei Bereichen zum Einsatz und zwar bei der Eindüsung

- der Rückstandsflüssigkeiten in die Verbrennung bzw. Brennkammer
- von Reduktionsmittel bei der selektiven nicht katalytischen Reduktion (SNCR) in die Reaktionskammer, um Stickoxide zu ungefährlichen Stickstoff umzuwandeln.

In beiden Fällen ist eine möglichst gleichmäßige Flüssigkeitsverteilung über den zur Verfügung stehenden Kammerquerschnitt bei feinstmöglicher Dispersion der Flüssigkeiten für ein gutes Reaktionsergebnis von Nöten.

Die Verbrennung energiereicher Flüssigkeiten geschieht im hochturbulenten Drallbrenner, dem Combustor. Durch die Art der Luftführung und der Formgebung des Ausströmorgans entsteht eine der Axialbewegung überlagerte Drallströmung. Die Folge ist eine intensive Durchmischung der Schadstoffe mit der Prozessabluft/Frischlufte und dem Zusatzbrennstoff.

Die Drehströmung wird so erzeugt, dass sie

- zu einer extrem schnellen Vermischung der Reaktionspartner in hochturbulenten Zonen führt und damit eine vollständige Umsetzung der Schadstoffe und Brennstoffe auf kleinstem Raum ermöglicht.
- den Verbrennungsvorgang strömungstechnisch stabilisiert und daher ein zuverlässiges Brennverhalten auch für extreme Bedingungen sicherstellt.

Die feine Dispersion der Flüssigrückstände in das Drallfeld sorgt ebenfalls für die rasche und rückstandsfreie Umsetzung der Schadstoffe. Der Energieinhalt der Flüssigkeiten kompensiert den Brennstoffverbrauch. Bei genügend großem Energieinhalt kann auf Zusatzbrennstoff verzichtet werden

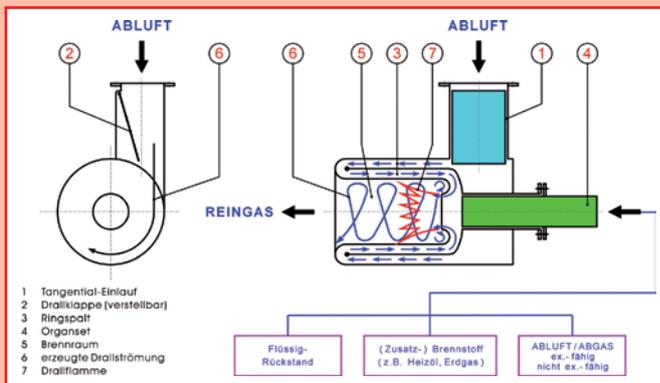


Abb. 9: Schematische Darstellung des Combustors

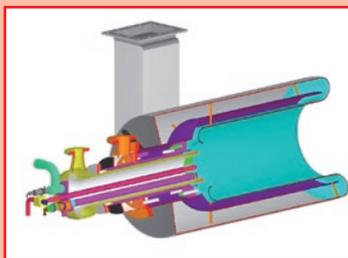


Abb. 10: Organset für Flüssigrückstand, Abgase und Brennstoff

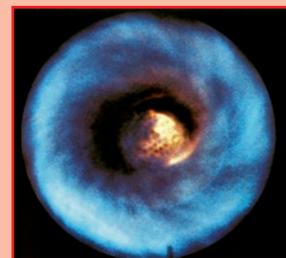


Abb. 11: Hochdrallflamme

schung von Zerstäubungsluft und Flüssigkeit zu erreichen. Dadurch ist es möglich, den Luftbedarf der Düse bei gleichbleibender Tropfen-größe zu reduzieren und damit die Durchschlagskraft des Sprühstrahles zu minimieren. Parallel sollte durch die Anordnung der Bohrungen der Sprühwinkel stark vergrößert werden. Ein in der Mischkammer vorhandener Kegel bewirkt ein Zerteilen des zentral auf die Kegelspitze auftreffenden Flüssigkeitsstrahles zu einem Film, der von der Zerstäubungsluft in einzelne Tropfen zerrissen wird. Die Flanken dieser Kegelkontur laufen in die Düsenbohrungen aus. Die Düsenbohrungen sind entsprechend der Steigung des Kegels geneigt, Flüssigkeitsreste werden somit definiert ausgeblasen, die beaufschlagte Oberfläche ist größer. Der gesamte vordere Düsenbereich ist abnehmbar und wird als Luftkappe bezeichnet.

Drei- und Vierstoffdüsen

Bei Verbrennungsprozessen, bei denen gleichzeitig Heizöl, Abwasser und Flüssigkeitsrückstände ver-

brannt werden, kommen Drei- und Vierstoffdüsen mit externer Mischung zum Einsatz. Schlick-Mehrstoffaggregate bieten die Möglichkeit, mehrere Flüssigkeiten gleichzeitig mit einer Düse und nur einem Zerstäubungsmedium (Luft, Gas oder Dampf) sehr fein zu zerstäuben. Gleichzeitig findet eine intensive Vermischung der Medien beim Austritt aus der Düsenmündung statt. Es besteht zudem die Möglichkeit, einen Kanal zusätzlich mit Luft, Gas oder Dampf zu beaufschlagen, und so eine größere Austauschfläche zwischen Zerstäubungsmedium und Flüssigkeit zu schaffen. Reaktionen der unterschiedlichen Flüssigkeiten innerhalb der Düse sind ausgeschlossen, da auf Grund der Außenmischung die Medien erst am Düsenaustritt zusammentreffen. Mit den Mehrstoffdüsen wird ein Vollkegelsprühbild erzeugt.

Kontakt:
Uwe Weiß
Düsen-Schlick GmbH, Untersiemau
Tel.: 09565/9481-16
Fax: 09565/2870
weiss@duesen-schlick.de
www.duesen-schlick.de