

Düsenbodenwäscher – eine Alternative

Abscheidung wasserlöslicher Lösemittel, leichtflüchtiger Alkohole oder Ammoniak aus der Abluft



Bernd Glocker, Torsten Puritz, Biyan Aburass

Prozessgase sowie Abluftströme aus Produktionsanlage die mit organischen Lösemitteln, leichtflüchtigen Alkoholen sowie Ammoniak verunreinigt sind, müssen die geforderten Reingaswerte einhalten. Gemäß der aktuellen Gesetzeslage werden Reingaswerte von $\leq 50-75 \text{ mg/Nm}^3$ gefordert. Zu den allgemein bekannten verfahrenstechnischen Anlagen zur Abscheidung von gasförmigen Verunreinigungen stellt der Düsenbodenwäscher eine wirtschaftliche Alternative dar.

Autoren: Dr.-Ing. Bernd Glocker, Dipl.-Ing. Torsten Puritz, Dipl.-Ing. Biyan Aburass, PlasmaAir AG, Weil der Stadt-Hausen

Der PlasmaAir AG lag eine Projektanfrage der Firma Endress + Hauser GmbH & Co. KG über die Abscheidung von Ethanol aus einem Abluftstrom einer Reinigungsanlage von Edelstahlwerkstücken vor. Basierend auf Erfahrungen und Emissionsmessungen bei einer Alkoholschicht, wurden unterschiedliche verfahrenstechnische Anlagenkonzepte auf Eignung untersucht.

Aus den langjährigen, praktischen Erfahrungen von PlasmaAir heraus, mit unterschiedlichen Verfahren zur Abscheidung von Alkoholen bzw. organischen Lösemitteln, die allgemein den Stand der Technik darstellen, erfolgte die Projektentwicklung hin zu einem wirtschaftlich und technisch optimiertem Verfahrenskonzept. Für diesen speziellen Einsatzfall wurden die entsprechenden Verfahren unter technischen und betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkten analysiert.

Thermische Verfahren, u. a. thermische Wasserdampf-Plasmen, nicht-thermische Plasmen oder klassische Verbrennungsanlagen, blieben aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten, bedingt durch die niedrige Ethanol-Rohgaskonzentration sowie der Investitions- und Energiekosten, weitestgehend unberücksichtigt. Die Anwendung von Adsorptionsanlagen auf Basis von Aktivkohle für diesen Anwendungsfall, stößt in der Praxis meist an Einsatzgrenzen. Hohe Schadstoffkonzentrationen bzw. eine hohe relative Feuchtigkeit, führen zu einer kurzen Standzeit der Aktivkohle. Unwirtschaftliche Betriebskosten durch den notwendigen Austausch der Aktivkohle sind oftmals die Folge.

In einem ersten Versuch unter Praxisbedingungen wurde die Abscheidung von Ethanol mit einem Füllkörperwäscher mit Wasser als Waschmedium im Umlaufbetrieb untersucht. Es zeigte sich, dass nach kurzer Zeit der Reingaswert stark anstieg. Dies wurde darauf zurückgeführt, dass das absorbierte Ethanol nach einiger Zeit wieder austripte. Infolge dessen konnten die geforderten Reingaswerte mit diesem Wäscher nicht betriebssicher eingehalten werden. Wird der Füllkörperwäscher alternativ im

Durchlaufwasserbetrieb gefahren, um die Konzentrationen im Waschwasser niedrig zu halten und um die Gefahr des Ausstripens zu verhindern, steigen die Kosten für den Wasserverbrauch erheblich an.

Die Aufgabenstellung

PlasmaAir begann mit der Entwicklung und Qualifizierung eines neuartigen Absorptions-Waschverfahrens, bei dem ein geringer Wasserverbrauch selbst bei hohen Rohgaskonzentrationen, niedrigen Betriebskosten und einer effektiver Abscheideleistung zur sicheren Einhaltung der geforderten Reingaswerte gemäß der TA-Luft gewährleistet werden sollte.

Die Funktionsweise und die Konstruktionen von Abluftwäschern sind in der Praxis vielfältig und von verschiedenen Einsatzkriterien wie z. B. Art der Phasenverhältnisse und Stoffstromführung abhängig. Theoretisch könnten bis zu 200 Reaktortypen zum Einsatz kommen, praxisrelevant sind jedoch nur 20 bis 30 Reaktorbauarten. Zielstellung an einer optimalen Reaktorgegestaltung ist die gewünschte Abscheidung verbunden mit möglichst geringen Kosten. Durch den Einsatz des Kaskadenprinzips stellte die Bodenkolonne einen prädestinierten Lösungsansatz für die Abscheidung von wasserlöslichen organischen Lösemitteln und leichtflüchtigen Alkoholen wie Ethanol dar.

Grundsätzlich besteht eine Bodenkolonne aus einer definierten Anzahl von Blasen Säulen mit einer geringen Flüssigkeitssäule. Die Kaskadeneinbauten führen zu einem einheitlichen Verweilzeitverhalten des Waschmediums. Die rechnerische Auslegung der Abscheidung bei Bodenkolonnen ist kaum möglich, da wichtige Auslegungsfaktoren wie Stoffübergang oder die Bestimmung der spezifischen Phasengrenzfläche der jeweiligen Stoffgemische teilweise nur experimentell ermittelt werden können.

Bodenkolonnen ermöglichen den intensiven Kontakt der beiden Gegenstromphasen Gas und Waschmedium und damit ei-

Messwert	Betriebspunkt 1	Betriebspunkt 2
Abluftvolumenstrom [m^3/h]	1000	850
Rohgaskonzentration [ppm]	250	2600
Reingaskonzentration [ppm]	35	38
Wasserdurchsatz [l/h]	250	1250

Messwerte zur Abgasabscheidung mit Ethanol über einen vierstufigen Bodenwäscher

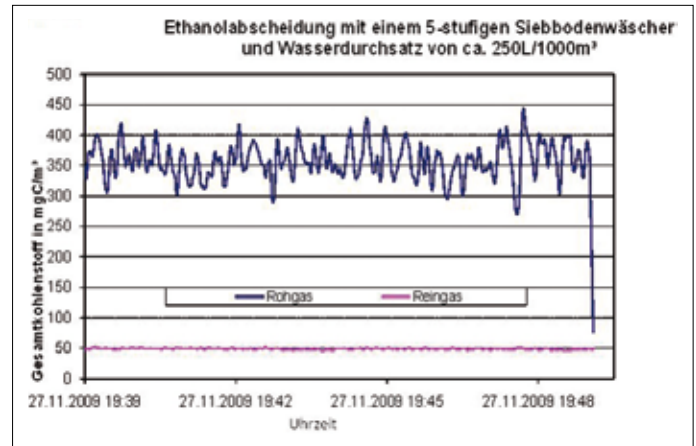
nen guten Stoffaustausch bei geringem Waschmedium Einsatz. Bei den Bodenkolonnen gelangt das Waschmedium über Zulauf- und Ablaufschächte von einem der waagrecht übereinander angeordneten Böden zu dem anderen. Die zu reinigende Luft tritt durch die Bodenöffnungen je nach Bodenausführung direkt oder umgelenkt in Form einzelner Blasen in die Flüssigkeitszone ein. Dadurch entstehen über der Bodenplatte eine Sprudelzone und darüber eine Sprühschicht, in denen die Stofftransportvorgänge ablaufen. Über die Anzahl der Böden und den Wasserdurchsatz kann der Abscheidegrad optimiert werden. Somit kann über diese Parameter bei vorgegebenen Rohgaskonzentrationen die Einhaltung eines Reingasgrenzwertes sichergestellt werden.

Das Anlagenkonzept

In 2009 wurde ein Prototyp eines solchen Wäschers entwickelt und das Verfahren wurde intensiv untersucht. Es wurde im Labor eine Dosierstation aufgebaut, mithilfe der unterschiedliche Konzentrationen von Alkoholen im Rohgasstrom vor dem Wäscher eingestellt werden können. Es wurden FID-Messungen parallel im Roh- und Reingas durchgeführt, um zeitnah die Optimierung durchführen zu können. Neben dem Abscheidegrad war die Optimierung der Hydrodynamik ein zentraler Entwicklungsschwerpunkt. Es konnten so die Rechenmodelle überprüft und optimiert werden. Zudem wurden für die unterschiedlichen Rohgaskonzentrationen die optimale Anzahl der Düsenböden und des Durchlaufwassers bestimmt.

Die **Tabelle** zeigt für zwei unterschiedliche Betriebspunkte die Messwerte. Die Rohgaskonzentration am Betriebspunkt 1 ist typisch für Reinigungsstationen mit Alkoholen. Der Wasserverbrauch mit 250 l/h

Roh- und Reingaswerte nach der Optimierung des Wasserdurchsatzes in der Industrieanlage



ist sehr gering. Am Betriebspunkt 2 wurde die Abscheidung bei sehr hoher Rohgaskonzentration untersucht. Es konnte gezeigt werden, dass mit diesem Prinzip auch bei hohen Rohgaskonzentrationen die geforderten Reingaswerte eingehalten werden können. Dies ist durch eine Erhöhung des Wasserdurchsatzes möglich. Damit besteht bei dem untersuchten Wäschertyp die Möglichkeit, über den Wasserdurchsatz den geforderten Reingaswert auch bei hohen Rohgaskonzentrationen einhalten zu können.

Die Bauweise wurde im Labor optimiert und zwei Anlagen zur Abscheidung von Ethanol und Isopropanol bei der Firma Endress+Hauser installiert. Eine Anlage wurde für einen Volumenstrom von 2300 Bm³/h gebaut. Daran sind zwei Reinigungsstationen angeschlossen, die entweder zusammen oder im Wechsel betrieben werden können. Die Anlage wurde auf diese zwei unterschiedlichen Betriebspunkte optimiert: 2300 Bm³/h und 1400 Bm³/h. Es sollten auf Vorgabe von Endress + Hauser eine Reingaskonzentration von < 50 mg/Nm³ bei einer Rohgaskonzentration von max. 500 mg/Nm³ eingehalten werden. Es konnte demonstriert werden, dass mit den Anlagen die geforderten Grenzwerte eingehalten werden können.

halten werden können. Dies wurde durch ein unabhängiges Messinstitut nachgewiesen. Zwischenzeitlich wurde eine zweite Anlage für 1000 Bm³/h installiert.

Bedingt durch das Funktionsprinzip kann der Wäscher direkt vom Wasserleitungsnetz am Aufstellort versorgt werden. Die Installation einer Umwälzpumpe ist nicht notwendig. Der Auslauf kann drucklos ins Abwassernetz erfolgen. Somit kann auf eine Steuerung verzichtet werden. Neben der kostengünstigen Bauweise ist ein weiterer Vorteil dieses Anlagenkonzeptes, dass Vorlaufzeit und Nachlaufzeit kurz sind. Dies bedeutet, dass die Anlagen bei Bedarf ein- bzw. abgeschaltet werden können.

Der mit Lösemitteln belastete Abwasserstrom ist sehr gut biologisch abbaubar und kann daher direkt einer Kläranlage zugeleitet werden. Die Konzentration der Lösemittel im Abwasser lässt sich über den Wasserdurchsatz beeinflussen und so auf die Anforderungen einer Abwasserreinigung optimieren. Grundsätzlich ist es möglich, die Wäscher sowohl in Kunststoff, in Edelstahl als auch in Stahl zu bauen und somit Korrosionsgesichtspunkten Rechnung zu tragen.

PLASMAAIR