

1 Einbau des Contour™-Mischers von Sulzer in den Abluftkanal eines Kraftwerks bei GKM, Mannheim, Deutschland.

Durchflussoptimierung für grosse Gaskanäle

In grossen Feuerungsanlagen, wie z. B. Kraftwerken, Raffinerien oder Zementwerken, werden enorme Mengen fossiler Brennstoffe verbrannt. Dabei werden Rauchgase generiert, die zum Schutz unserer Umwelt ausgereinigt werden. Sulzer bietet Einbauten für Abluftkanäle, um diese Rauchgasreinigungsanlagen wirtschaftlicher und effizienter zu machen.

In grossen Feuerungsanlagen werden Gebläse zum Transport von Gasströmen eingesetzt. Der Antrieb der Gebläse ist energie- und kostenintensiv. Ein minimaler Durchströmungswiderstand in der Anlage reduziert die Betriebskosten beträchtlich. Sulzer entwickelt ständig neue Methoden und Produkte, um Strömungen innerhalb der Kanäle zu optimieren.

Mithilfe von numerischer Strömungsmechanik (Computational Fluid Dynamics, CFD) berechnen Sulzer-Ingenieure das Strömungsverhalten des Gases. Durch die Optimierung der Strömung werden Strömungsabriss, Verwirbelungen und Druckverlust reduziert. Sulzer-Kunden haben dank der CFD-Simulation und nachfolgender Analyse die Sicherheit, dass Neuinstallationen oder Nachrüstungen (Abb. 1) die geforderten Betriebsbedingungen oder gesetzlichen Normen erfüllen.

Ursachen für Druckverlust

Der Verlust von Gebläseleistung in Gaskanälen hat zwei Hauptursachen. Zum einen haben die Gebläse in Gaskanälen einen kleineren Durchmesser als die Kanäle und fördern das Gas mit grosser Geschwindigkeit in einen grossen Kanal weiter. Dabei geht ein grosser Teil der Gebläseleistung verloren. Ein weiterer Grund ist der Einsatz von schalldämpfenden Einbauten im Gaskanal, die ebenfalls zu Druckverlust führen.

Nicht immer sind die Platzverhältnisse so, dass man den Gaskanal nach dem Gebläse in strömungstechnisch optimaler Form bauen kann. Entweder ist das Gebäude nicht gross genug, oder andere Einbauten in der Anlage sind im Weg. In solchen Fällen bedarf es einer anderen Lösung, um das Problem zu lösen.

Gasströme können Vibrationen verursachen

Wer weiss, wie laut der Wind um die Hausecken blasen kann, hat eine Vorstellung davon, wie laut es sein kann, wenn Luft nicht strömungsoptimiert fliesst. Bei Feuerungsanlagen wird nach den Gebläsen oft ein Kulissenschalldämpfer eingebaut, damit die Lärmemissionen den gesetzlichen Bestimmungen entsprechen. Ohne Schalldämpfer können zudem Vibrationen auftreten, die zu Folgeschäden in der Anlage führen können.

Bessere Blasleistung ohne Vibrationen

Um die Gaskanäle in den Anlagen effizienter und wirtschaftlicher zu gestalten, hat Sulzer die Lizenz für einen neuen, patentierten Einbau für Kanalerweiterungen – EcoSpand genannt – erworben. EcoSpand wird in den Luftkanal nach dem Gebläse oder vor dem Schalldämpfer eingebaut, bzw. an der Stelle, an welcher der Kanalquerschnitt vergrössert wird.

Gezähmte Strömung mit EcoSpand, dem neuen Einbau für Kanalerweiterungen

Auf einem konischen, sich in Durchflussrichtung verjüngenden Innenteil werden mehrere Expansionsdiffusoren sternförmig angeordnet (Abb. 2). Diese Expansionsdiffusoren zerteilen den Gasstrom in mehrere Einzelströme – ähnlich wie ein Schiffskiel im Wasser. Durch ihre Keilform, vorne schmal und hinten breit, bieten die Expansionsdiffusoren dem Gasstrom

wenig Widerstand. Hinter den Expansionsdiffusoren verwirbeln sich die einzelnen kleinen Gasströme, es gibt gezielte Strömungsabrissse und kaum Vibrationen. Mit EcoSpand wird die Gasgeschwindigkeit über den gesamten Durchmesser des Gaskanals egalisiert, und es geht weniger dynamische Gebläseleistung verloren als ohne EcoSpand (Abb. 2).

Individuelle Ausführung

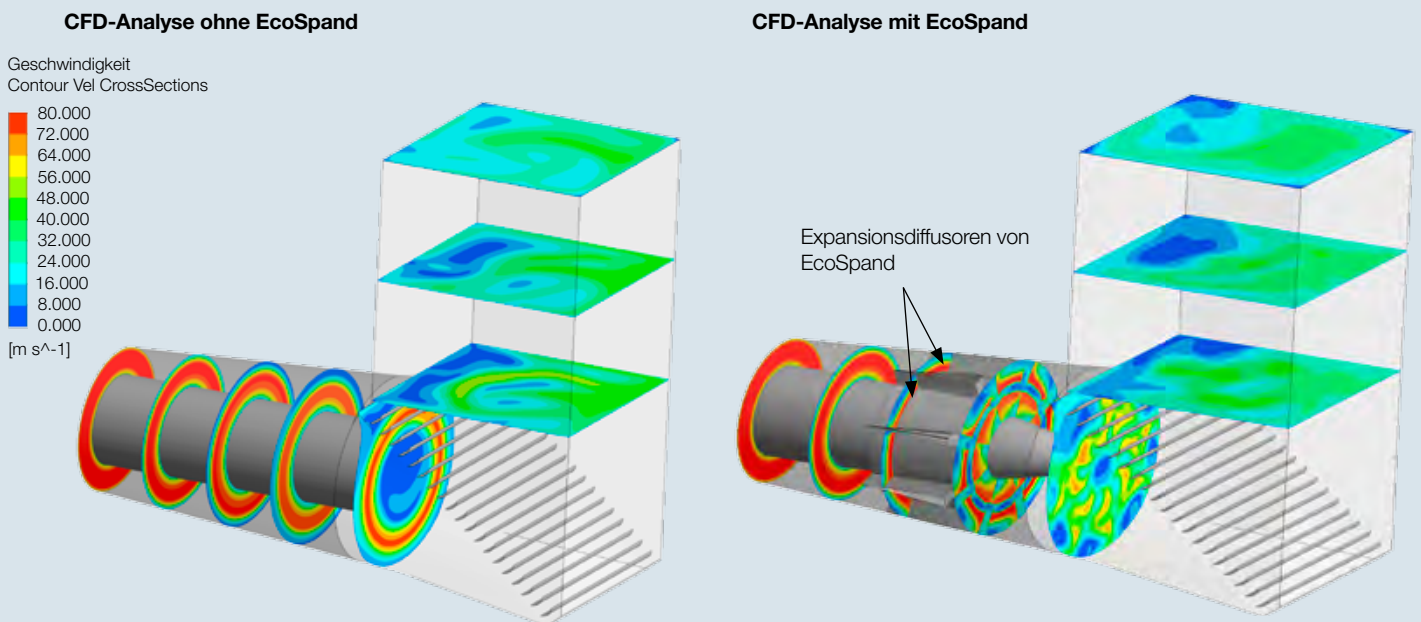
Die Verringerung der Vibrationen mit EcoSpand ist eindrücklich, und die Betreiber können auf nachgeschaltete Schalldämpfer verzichten.

Für die unterschiedlichen Einsatzbereiche steht EcoSpand in individuellen Ausführungen zur Verfügung:

- Standard (Einsatz ohne Schalldämpfer)
- Kombiniert mit Schalldämpfern (mit reduzierter Dämpfungsleistung)
- Kombiniert mit Dosiermischern und Vormischern

Vormischgitter – optimal für kurze Mischlängen

Es ist nicht einfach, einen heissen und einen kühlen Luft- oder Gasstrom über äusserst kurze Mischlängen zu vermischen. In diesen Fällen kommen übliche statische Mischer teilweise an ihre Grenzen. Um zwei ähnlich grosse Gasströme auf sehr kurzer Distanz homogen miteinander zu vermischen, hat Sulzer ein Vormischgitter konzipiert. Eine Anwendung ist



2 CFD-Analyse der Geschwindigkeitsverteilung im Gaskanal (links ohne EcoSpand / rechts mit EcoSpand).

beispielsweise das Temperieren der Luft in Kraftwerken mit Biomassefeuerung genau vor den Mahlwerken der Biomasse. Das Vormischgitter mischt die beiden Ströme durch eine intensive Vorverteilung (Abb. 4, D). Gleichzeitig ist der Druckverlust des Hauptstroms bei der Durchströmung dieses Mischgitters äusserst gering. Diese Mischung funktioniert nicht nur bei zwei gleich grossen Durchflussmengen, sondern auch wenn die Durchflussmenge des Nebenstroms stark variiert.

Mischen und Strömungsführung mit geringem Druckverlust

Die selektive katalytische Reduktion (SCR) ist eine Technik zur Verringerung von Stickoxiden in Abgasen von Feuerungsanlagen, Gasturbinen oder Verbrennungsmotoren. Die chemische Reaktion am SCR-Katalysator ist selektiv, bevorzugt werden Stickoxide (NO, NO₂) reduziert. Für die katalytische Entstickung (Detail 1 in Abb. 3) ist eine homogene Zumischung von Ammoniak und eine gleichmässige Temperaturverteilung von grosser Bedeutung, sodass Mischer zum Einsatz kommen.

Contour™-Mischer für geringen Druckverlust

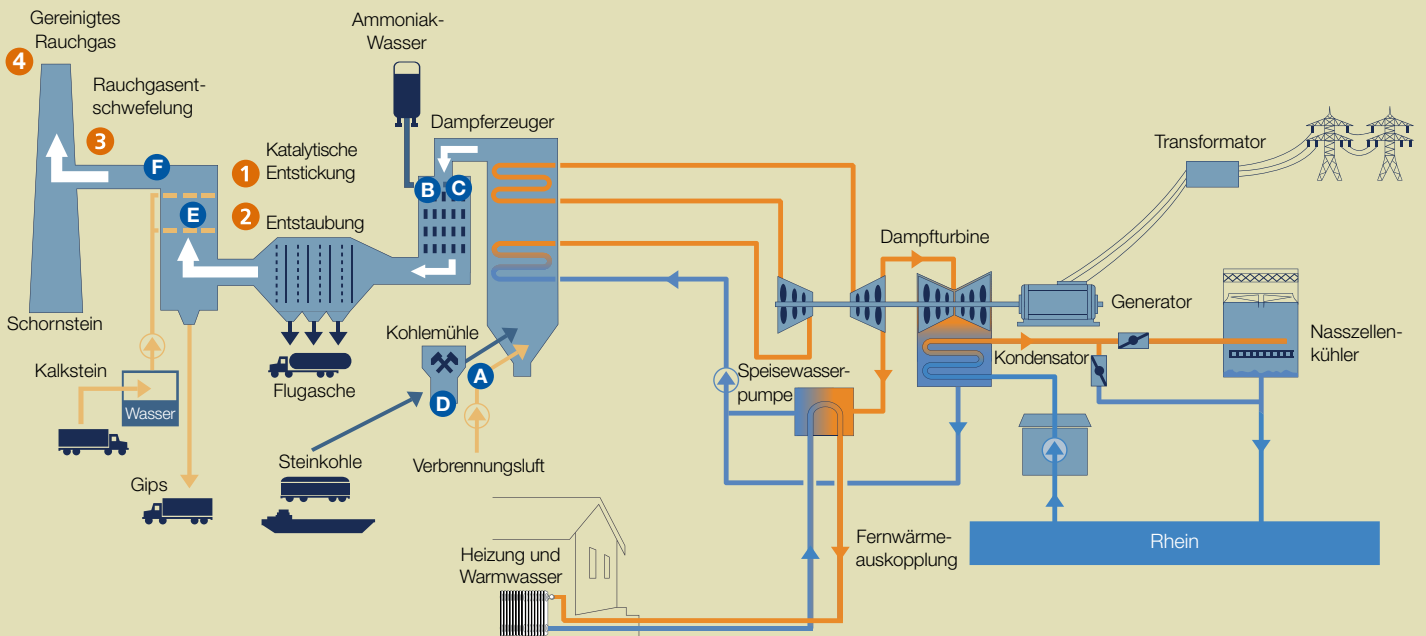
Vor SCR-Reaktoren, vor Staubfiltern oder nach der Rauchgasentschwefelung werden immer häufiger statische Mischer eingesetzt. Mit dem Sulzer-Contour™-Mischer wird ein Druckverlust unter 1 mbar bei gleichzeitig ausgezeichnete Mischleistung erzielt. Nach ein-

gehender Beratung passen die Sulzer-Ingenieure den Contour-Mischer (Abb. 4, B) individuell an die Kundenanforderungen an. Die Flügelgeometrie wird an den Kanaldurchmesser und die vorhandene Mischstrecke adaptiert. Zudem kann der Contour-Mischer so ausgelegt werden, dass die durch ihn erzeugten Wirbel gegenläufig oder gleichläufig rotieren. Dadurch kann der Mischprozess optimiert werden.

Der Contour-Mischer ist die ideale Wahl, wenn zur Ammoniakdosierung Ammoniakwasser oder Harnstofflösung mittels Düsen flüssig zerstäubt werden soll. Hier bietet Sulzer eine praxiserprobte, sicherheitstechnisch geeignete Prozessmethode an, bei der im Nachlauf der Contour-Mischer optimierte Dosierverhältnisse des Ammoniaks erreicht werden. Durch die Leichtbauweise des Contour-Mischers braucht es beim Einbau in bestehende Kanäle keine zusätzlichen Verstärkungen am Kanal, sodass Nachrüstungen einfach möglich sind (Abb. 1, Seite 10).

Verteilen von Staub- oder Aschepartikeln mit Sulzer-SMV™-Mischern

Bei einigen Praxisanwendungen enthält der Rauchgasstrom hohe Mengen an Asche- oder Staubpartikeln. In manchen Fällen sollen diese Partikel gezielt abgetrennt werden, in anderen Fällen möglichst gleichmässig im Rauchgasstrom verteilt werden. Bei der Anordnung des SCR-Katalysators direkt nach dem



3 Rauchgasreinigung in der Praxis – am Beispiel des Kohlekraftwerks Block 9 (Quelle: GKM, Mannheim, Deutschland).

Kessel – ohne vorgängige Staubabscheidung – ist eine möglichst gleichmässige Verteilung des Staubs im Rauchgas erwünscht (Detail 2 in Abb. 3). So wird verhindert, dass der teure Katalysator einseitig abgenutzt wird. Entsprechend der Kundenanforderungen können die Sulzer-Ingenieure den SMV-Mischer so auslegen, dass die Verteilung der Staubpartikel im Gasstrom vor dem Katalysator homogenisiert wird. Dadurch erhöht sich die Lebensdauer des Katalysators, und die Wirtschaftlichkeit wird verbessert.

Verbesserung der Schwefeldioxidabscheidung mit Packungsgittern

Zur Schwefeldioxid-Abscheidung (SO_2) in Kohlekraftwerken wird normalerweise eine Kalkstein-Suspension ins Rauchgas eingespritzt (Detail 3 in Abb. 3). Dieses Verfahren hat sich bewährt, und der anfallende Gips wird in der Bauindustrie weiterverarbeitet. Bei Einspritzungen mit unzureichender Verteilung der Kalkstein-suspension reicht der Abscheidungsgrad des SO_2 für strenge Emissionsrichtlinien nicht aus. Die Entwicklungsingenieure von Sulzer haben spezielle Packungsgitter entwickelt, mit denen die Abscheidungsmenge erhöht wird. Die Packungsgitter (Abb. 3, E), sorgen für eine sehr homogene Verteilung der Kalkstein-Suspension und folglich für sehr hohe SO_2 -Abscheidungsgrade (bis unter 35 mg/Nm^3), wie sie in immer mehr Ländern von strengeren Gesetzen verlangt werden. Gleichzeitig wird durch die Suspension auf den Packungsgittern

Staub aus dem Rauchgas abgeschieden, sodass auch äusserst anspruchsvolle Grenzwerte für Staub im Rauchgas (weniger als 10 mg/Nm^3) erreicht werden können. Trotz dieser bemerkenswerten Effizienz bewirken die Packungsgitter kaum eine merkliche Erhöhung des Druckverlustes (Druckverlust unter 1 mbar). Sulzer bietet ein breites Angebot unterschiedlicher Tropfenabscheider (Abb. 3, F) mit hohem Wirkungsgrad an. Beispielsweise können die Tropfenabscheider Mella-chevron™ oder KnitMesh™ 9797 nach der Rauchgasentschwefelung eingebaut werden, damit keine schwefelsäurehaltigen Tropfen in die Umwelt gelangen.

Individuell, effizient und wirtschaftlich

Da Feuerungsanlagen individuell gebaut werden und keine Anlage der anderen gleicht, ist die Strömungsoptimierung mit CFD-Simulationen bei der Projektierung der Anlagen sehr wichtig. CFD-Simulationen für Kunden sind wesentlicher Bestandteil bei der projektspezifischen Beratung von Kunden und der Entwicklung von neuen Produkten. Die Effizienz und Wirtschaftlichkeit der Anlagen ist vorgängig nur über diese Berechnungen nachweisbar, wird aber für den Nachweis der Einhaltung von gesetzlichen Bestimmungen immer wichtiger.

Autor: Sebastian Hirschberg und Marcel Suhner
sulzertechnicalreview@sulzer.com

Funktionsweise der Abluftreinigung in einem modernen Kohlekraftwerk

- 1 **Entstickung:** Mit Katalysatoren und Ammoniakwasser wird dem Rauchgas das Stickoxid (NO_x) entzogen.
- 2 **Entstaubung:** In einem Elektrofilter werden die Staubpartikel aus dem Rauchgas ausgeschieden. Der Staub wird negativ aufgeladen und an positiv geladenen Metallplatten abgeschieden.
- 3 **Rauchgasentschwefelung:** Mit dem Kalk-Gips-Verfahren wird das Rauchgas entschwefelt. Das Schwefeldioxid (SO_2) wird mit einer Suspension aus gemahlenem Kalkstein und Wasser in Gips umgewandelt.
- 4 **Gereinigtes Rauchgas**

In diesem Abgasreinigungsprozess können verschiedene Lösungen von Sulzer für die Effizienzsteigerung integriert werden:

- A EcoSpand-Kanaleinbau
- B Contour-Mischer
- C SMV-Mischer
- D Vormischgitter
- E Packungsgitter
- F Separatoren zur Tropfenabscheidung



4 Kundenspezifische Kombination aus drei Mixchern für die Temperaturhomogenisierung von Gasströmen.