



ZYKLON-APEX - Entstaubung von Gasströmen

Dedusting of Gasflows

„Zyklon“ heißt nicht nur ein Wirbelsturm, sondern auch ein Gerät, das in der Verfahrenstechnik zum Entstauben von Gasströmen z.B. Rauchgas oder Abluft genutzt wird. Ein Zyklon ist ein kreisrunder, unten kegelig eingezogener Behälter, der im Oberteil einen tangentialen Einlass für das staubbeladene Gas, sowie einen zentralen Auslass für das Reingas, das „Tauchrohr“, hat. Der Staub verlässt den Zyklon am unteren, kegelligen Ende.

Der tangentiale Einlass teilt dem Gasstrom eine Umfangsgeschwindigkeit mit, die ihrerseits zur Ausbildung eines Potenzialwirbels führt. Da die Staubpartikel eine größere Dichte besitzen als das Gas, werden sie an die Wand geschleudert. Dieses war der Gedankengang des Zyklonerfinders vor mehr als 100 Jahren - und im Prinzip ist er auch richtig. Die tatsächliche Gasströmung und der tatsächliche Abscheidvorgang sind aber wesentlich komplexer und werden bis heute nicht vollständig verstanden. Die publizierten Berechnungsregeln haben nur für wenige geometrische Formen und Betriebsbedingungen Gültigkeit. Die heutigen mathematischen Werkzeuge verlangen geradezu nach einer Simulation der Strömung und damit der Abscheidung in einem Zyklon.

Ein weiterer Grund sich mit dem Zyklon näher zu befassen, ist eine in unserem Labor mehr oder weniger zufällig gefundene, neue Gestaltung des Staubaustrages; mit solch einem „neuen“ Staubaustrag wird eine entschieden bessere Staubabscheidung erzielt als mit einem konventionell gestalteten Staubaustrag.

In dem Forschungsvorhaben ging und geht es darum herauszufinden, warum diese „neue“ Geometrie besser abscheidet als konventionelle Geometrien. Hierzu wird in drei Stufen vorgegangen:

- 1) Verschiedene Geometrieformen von Staubausträgen werden auf dem Prüfstand hinsichtlich ihrer Abscheideeigenschaften und des Druckverlustes miteinander verglichen.
- 2) Ein Zyklon mit konventioneller Geometrie und ein Zyklon mit der neuen Geometrie werden mit moderner Strömungsmesstechnik, nämlich Laser- Doppler- Anemometer (LDA) und Phasen- Doppler- Anemometer (PDA) vermessen.
- 3) Unter Verwendung des kommerziellen Simulationsprogramms für Strömungen FLUENT wird versucht, die gemessenen Strömungsfelder mit und ohne Partikel nachzubilden.

Nachdem wir uns in einem vorangegangenen Projekt mit dem Oberteil des Zyklons (Einlass und Tauchrohr) befasst hatten, war es in diesem Projekt der Staubaustrag, also der Unterteil des Zyklons. An immer denselben Zyklon wurden Staubaustragsstücke unterschiedlicher Geometrie angebaut und der Abscheidegrad bei immer gleichen Betriebsbedingungen bestimmt. Es zeigte sich, dass die Geometrie A am schlechtesten abscheidet, Geometrien B und E „mit dem Apexkegel“ scheiden deutlich besser ab als A. Die „neuen“ Geometrieformen C und D sind jedoch nochmals entschieden besser als die Geometrien mit Apexkegel. Obendrein sind sie einfacher zu bauen und betriebssicher, da kein Apexkegel den Staubaustrag versperrt.



Abb. 1: Zyklon, Prinzipskizze

Um nun herauszufinden, warum gerade die Geometrie C, „Fallrohr“ den größten Abscheidegrad hat, wurden aufwändige Messungen mit LDA zur Bestimmung des strömungsfreien Gasstromes sowie mit PDA zur Bestimmung der Partikelgeschwindigkeit und der Partikelgröße durchgeführt. Dabei wurde völlig neu erkannt, dass durch den Staub (auch schon bei sehr geringer Beladung) der Potenzialwirbel im Unterteil des Fallrohres zu einem Festkörperwirbel wird. Außerdem konnten wir durch die PDA- Mes-

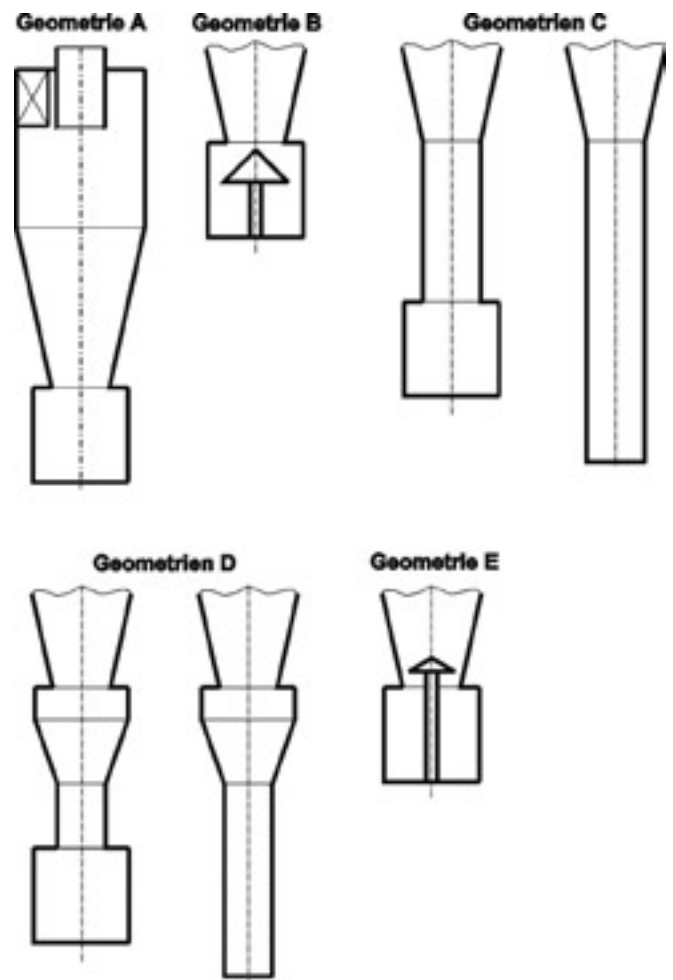


Abb. 2: Untersuchte Staubaustragsgeometrien

sungen erstmals zweifelsfrei nachweisen, dass kleine Staubteilchen, etwa $<2\mu\text{m}$, Agglomerate bilden und so abgeschieden werden. Dieser Mechanismus ist noch in keiner Berechnungsregel berücksichtigt. Die Berechnung des staubfreien Strömungsfeldes gelingt uns - wie der Vergleich mit der LDA- Messung zeigt - schon recht gut. Die staubbeladene Gasströmung mit der Agglomerationskinetik zu berechnen ist unser nächstes Ziel.

Wir können heute erklären warum der Zyklon mit dem „Fallrohr“ besser abscheidet:

- 1) Im Zyklon geraten die Partikel in die Grenzschicht an der Wand, die abwärts in das Fallrohr fließt.
- 2) Im Fallrohr ist die Umfangsgeschwindigkeit größer als sonst

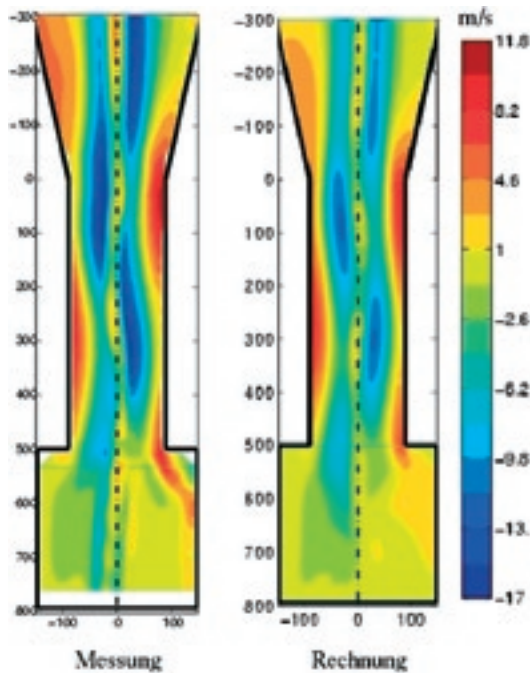


Abb. 3: Axialgeschwindigkeiten der reinen Gasströmung im Fallrohr

wo im Zyklon, darum werden alle Partikel, auch jene die vom Behälterboden aufgewirbelt wurden, sehr effektiv an die Wand gebracht und können das Fallrohr nicht mehr nach oben verlassen.

- 3) Durch die hohe Partikelkonzentration wird im Fallrohr die Agglomeration gefördert.

Die Erkenntnis, warum der Zyklon mit „Fallrohr“ besser abscheidet, ist eine wesentliche Voraussetzung für die Berechnung der relevanten Effekte. Die Berechnung dieser Effekte bleibt als Herausforderung bestehen.

Dedusting of Gasflows

A cyclone is an apparatus for the separation of dust particles from a gas flow. The dust-laden gas enters a cylindrical/conical vessel through a tangential inlet which creates a strong swirl of the gas mass in the vessel. Dust particles are centrifuged to the vessel wall, where they get trapped in the boundary layer flow.

In our lab we found - rather accidentally - that a cyclone which has a cylindrical extension below the cone will separate more and even smaller particles than a cyclone of conventional design. After having executed an extensive flow measuring program with Laser-Doppler-Anemometry (LDA) and Phase-Doppler-Anemometry (PDA) we can now explain why a cyclone with a „drop tube“ is superior:

- 1) *The particle-laden boundary layer flows down into the drop tube.*
- 2) *The circumferential velocity is higher in the drop tube than anywhere else in the cyclone.*
- 3) *Particles which get swirled up from the bottom are separated very effectively due to the strong swirl in the drop tube.*
- 4) *The very high particle concentration prevailing in the drop tube serves to promote agglomeration and thus aids the separation of very fine particles.*

We are presently working on integrating this new-found knowledge into calculation procedures.