

Kurzbeschreibung des EFRE STaF-RL Projekts „Einsatz elektrohydrodynamisch getriebener Strömungen zur erweiterten Nutzung von Elektroabscheidern“

Projektzeitraum: 01.10.2016 bis 30.09.2019

Das Kooperationsprojekt „Einsatz elektrohydrodynamisch getriebener Strömungen zur erweiterten Nutzung von Elektroabscheidern“ wird vom Lehrstuhl Mechanische Verfahrenstechnik und vom Lehrstuhl Numerische Strömungs- und Gasdynamik an der BTU Cottbus-Senftenberg gemeinsam durchgeführt. Die einzelnen Prozessschritte in Gasreinigungssystemen zur Reinigung von Abgasen und Prozessgasen (Wärmeaustausch, Partikelabscheidung, Gaswäsche) sind bislang als eigenständige Verfahreseinheiten hintereinander geschaltet, obwohl die Kombination von Prozessen sowohl wirtschaftliche als auch technische Vorteile eröffnen kann.

Der Elektroabscheider ist prädestiniert für eine kombinierte Nutzung, da sich elektrohydrodynamische Strömungen aufgrund der hohen elektrischen Feldstärken und der großen Raumladungen ausbilden. Diese auch als elektrischer Wind bezeichnete Strömung führt zu einer signifikanten Erhöhung des Stoff- und Wärmetransports, welches für die integrierte Realisierung eines Wärmetauschers oder einer Gaswäsche von großer Relevanz ist. Die Verwendung eines Elektroabscheiders mit erweiterter Nutzung ermöglicht die wesentlich kompaktere und kostengünstigere Errichtung von Gasreinigungssystemen, wodurch Elektroabscheider auch für Anwendungen mit geringeren Volumenströmen interessant werden (z.B. Kleinf Feuerungsanlagen). Das Konzept wird jedoch bisher nicht angewendet, da die zuverlässige Auslegung von Elektroabscheidern mit erweiterter Nutzung aufgrund fehlender Grundlagen ein hohes wirtschaftliches Risiko im Falle einer Fehl auslegung darstellt.

Ziel des Projekts ist daher Erarbeitung der wissenschaftlichen Grundlagen zur Auslegung von Elektroabscheidern, die gleichzeitig die Aufgaben des Wärmetauschers oder der Gaswäsche übernehmen. Die Forschungsergebnisse sollen dazu genutzt werden, eine simulationsbasierte Auslegung von Elektroabscheidern mit erweiterter Nutzung zu ermöglichen. Da der elektrische Wind eine zentrale Rolle bei den Transportprozessen spielt und dessen Entstehung auf instabil geschichteten Strömungen basiert, kann zur Simulation nicht auf die etablierten Ansätze zur Strömungsmodellierung zurückgegriffen werden. Allerdings bieten kürzlich entwickelte ODT-Modelle (One-Dimensional Turbulence) die Möglichkeit, zusätzliche Phänomene wie den elektrischen Wind durch eine geeignete mathematische Beschreibung in das Modell zu implementieren. Das eindimensionale Modell kann für Kanal- und Rohrströmungen verwendet werden, welche im Fall von Elektroabscheidern dominierend zum Einsatz kommen. Bei Bedarf kann eine mehrdimensionale Variante namens ODT-LES (ODT large eddy simulation) eingesetzt werden, falls im spezifischen Anwendungsfall die Beschreibung als Kanal- oder Rohrströmung nicht zutreffend ist.

Mit diesem Projekt leisten die Projektteilnehmer einen entscheidenden Beitrag zur effizienteren Gasreinigung und zur Eröffnung von neuen Applikationsmöglichkeiten in den Bereichen der chemischen Industrie, der Nahrungsmittelherstellung und der Abgasreinigung von Kleinf Feuerungsanlagen.

Abstract of the EFRE STaF-RL project „Einsatz elektrohydrodynamisch getriebener Strömungen zur erweiterten Nutzung von Elektroabscheidern“

Project period: 1st October 2016 to 30th September 2019

The joint project „Application of electro-hydrodynamic driven flows for advanced use of electrostatic precipitation“ is carried out by the chair of Particle Technology and the chair of Numerical Fluid and Gasdynamics at Brandenburg Technical University Cottbus-Senftenberg. Until now the necessary unit operations in gas purification systems for the treatment of exhaust and process gases (heat exchange, particle separation, gas scrubbing) are addressed one by one instead of a combined approach in a single process step which could offer technological and economic benefits due to synergetic effects.

Electrostatic precipitators offer the largest synergies for a combined approach. That is why an electro-hydrodynamic flow is formed by high electrical field intensity and large space charge present in the process unit. This electrically induced flow is also known as electric wind and causes a large increase in mass and heat transfer which is important for a combined use of an electrostatic precipitator for particle separation and heat transfer or gas scrubbing. Using such an extended electrostatic precipitator allows a consolidated and more economic design of gas purification systems which would allow the application in processes with small volumetric flow rates such as small combustion plants or heating systems. However, this concept is not used commercially yet due to a lack of conceptual and dimensioning knowledge and therefore a high economical risk by misconstruction is implied.

The project aims to investigate the improved mass and heat transfer and to create the scientific foundation for reliable dimensioning of advanced electrostatic precipitators with extended use covering the tasks of heat exchangers and gas scrubbers. The results of the research will be used to establish a model-based dimensioning tool. The electric wind has a significant influence on transport phenomena and therefore it must be implemented in the model. Since the electrical wind emerges from instable arranged flow layers this cannot be modeled with established approaches of fluid modelling. However, recently developed ODT models (One-Dimensional Turbulence) offer the opportunity to include additional phenomena like the electrical wind by developing a suitable mathematical description and subsequent implementation. The one-dimensional model can be used for pipe and channel flow which are often applicable to electrostatic precipitators. If necessary a multi-dimensional version named ODT-LES (ODT large eddy simulation) can be used if other flow patterns have to be modeled for a certain application case.

With this project the participants contribute significantly to the goal of a more effective and more efficient gas purification and commence the use of electrostatic precipitation in other fields like chemical industry, food industry and gas purification for small combustion plants.