

## **Thema:**

# Simulationsmodell zur Entwicklung effektiver Abscheidesysteme für Bremsfeinstaubpartikel

## **Problemstellung:**

Bremsfeinstaub bildet neben der aus Verbrennungsvorgängen hervorgehenden partikulären Phase den größten Anteil an gesundheitsschädlichen, lungengängigen, aus dem Verkehrsaufkommen hervorgehenden Feinstpartikeln (PM<sub>2,5</sub> und kleiner). Größenverteilung und Materialzusammensetzung der Partikel hängen von den Randbedingungen des betrachteten Bremsprozesses und der dabei eingesetzten Materialien ab. Sie sind zudem bedingt durch thermische Einflüsse und Partikel-Partikel Wechselwirkungen in der Gasphase nach Freisetzung durch den Bremsprozess. Die Effektivität eines zur Abscheidung des entstehenden Bremsstaubs eingesetzten Abscheidesystems ist von physikalischen Einflüssen geprägt, die sich über mehrere Größenskalen erstrecken: Makroskopische Strömungsführung am Bremssystem und Strömung der staubbeladenen Luft im Abscheidesystem, Temperaturverhältnisse im Gesamtsystem, Größe und Form der Staubpartikel, Oberflächenbeschaffenheit der Staubpartikel und der Komponenten des Abscheidesystems, insbesondere auch die Makro- und Mikrostruktur eingesetzter Filtermedien.

Die Problemstellung der Arbeit befasst sich mit der Erfassung der relevanten physikalischen Prozesse, die für die Partikelbildung, Partikeldynamik und Partikelabscheidung im Brems- und Abscheidesystem eines Personenkraftwagens relevant sind. Hierbei geht es zunächst um die virtuelle Entwicklung eines geeigneten Prüfstandes, anhand dessen die entsprechenden physikalischen Modelle entwickelt, validiert und in ein Gesamtsimulationsmodell umgesetzt werden. Letzteres soll es erlauben, effiziente Bremsstaubabscheidesysteme für zukünftige Kraftfahrzeuge gezielt zu entwickeln.

## **Relevanz der Themenstellung:**

Feinstaub in der Atemluft stellt neben gasförmigen Schadstoffen ein erhebliches Gesundheitsrisiko dar. Dies gilt insbesondere in innerstädtischen Wohnbezirken aufgrund des dort vorzufindenden erheblichen Verkehrsaufkommens. Entwicklungen zur Reduzierung schädlicher Staubpartikel und insbesondere Feinstaub (PM<sub>10</sub> und PM<sub>2,5</sub>) konzentrierten sich in der Vergangenheit vorwiegend auf die Verbesserung von Verbrennungsmotoren und deren Abgasreinigungsanlagen. Fortschritte in diesem Bereich führten dazu, dass sich heute ein bedeutender Anteil der in der Atemluft befindlichen Kleinstpartikel aus Bremsabrieb, Reifenabrieb und sich von der Fahrbahnoberfläche ablösenden Partikeln ergibt. In Bezug auf die Umweltbelastung durch Bremsabrieb sind insbesondere diejenigen Bereiche von Bedeutung, wo Bremsstaub erzeugt wird, und die sich durch eine hohe Populationsdichte auszeichnen, d.h., an Fußgängerampeln im Straßenverkehr, an Bahnsteigen in Bahnhöfen und den Haltestellen von Straßenbahnen und U-Bahnen.

Trotz des zunehmenden Ausbaus der E-Mobilität und regenerativen Bremssystemen in Elektrofahrzeugen auf Straße und Schiene wird Feinstaub aus Bremsabrieb auch mittelfristig eine Belastung für Mensch und Umwelt darstellen.

Vor diesem Hintergrund verfolgt die vorgegebene Themenstellung: a) die Entwicklung eines repräsentativen virtuellen Prüfstandes, welcher die aerodynamischen und thermischen Bedingungen im Bremsraumbereich eines Pkws genau abbildet (dieser Prüfstand wird vom Industriepartner gebaut

und in Betrieb genommen) und b) die Entwicklung geeigneter physikalischer Modelle zur Beschreibung der Bremsstaubbildung, dessen Dynamik im Strömungsfeld und dessen Abscheidung. In Bezug auf b) ist eine sukzessive Vorgehensweise geplant, wobei zunächst von vereinfachten, semi-empirischen Modellbildungen aus, auf komplexere (mehrschalige, multiphysikalische) Modelle zugearbeitet wird. Ziel ist es, ein Gesamtsimulationsmodell bereitzustellen, um in Zukunft effektive, ökologisch und ökonomisch nachhaltige Bremsstaubabscheidesysteme für Anwendungen im Automobilbereich entwickeln zu können.

**Wissenschaftliche Fragestellung:**

Die wissenschaftliche Fragestellung befasst sich mit der virtuellen Entwicklung eines geeigneten Prüfstandes für Bremsstaubabscheidesysteme im Pkw-Bereich und der physikalischen Modellierung der Bremsstauberzeugung und Bremsstaubabscheidung. Von besonderem Interesse ist hierbei die Abbildung des Einflusses von auftretenden Temperaturprofilen auf die erzeugten Bremsstaubpartikel und die Partikelverteilung, sowie der Einfluss der Luftführung am Bremssystem und im Abscheidesystem auf Partikelbeladung und Partikelabscheidung.

**Hinweis für interessierte Bewerberinnen und Bewerber:**

Die Forschungsarbeit wird im Rahmen des Promotionsprogramms der GSaME (Graduate School of Excellence advanced Manufacturing Engineering) an der Universität Stuttgart angeboten. Die entsprechenden Bewerbungsvoraussetzungen für interessierte Bewerberinnen und Bewerber sind zu beachten (<https://www.gsame.uni-stuttgart.de/admission/>).