

Etablierung eines Praktikumsversuchs zur Demonstration von Kräften und Interaktionen von Partikeln am Beispiel der Aerosolfiltration mit Faserfiltern

1 Antragsteller/in

Lehrstuhl Feststoffverfahrenstechnik
M.Sc. Kevin Hoppe, Dr. Judith Winck

2 Kurzbeschreibung des Projektes

Universelle Grundlage in der Mechanischen Verfahrenstechnik (MV) ist das Verständnis der auf Partikel(-kollektive) wirkenden Kräfte und ihrer Interaktion untereinander oder mit der Umgebung (z.B. andere Fluide, Oberflächen). Diese Sachverhalte zu verstehen, erfordert von den Studierenden ein hohes Maß an Abstraktionsvermögen und ist für die Lehrenden auf theoretischem Wege nur schwer zu vermitteln. Die BCI-Laborpraktika bieten hierbei die Möglichkeit, Mechanismen und Prozesse der MV für die Studierenden praktisch erfahrbar zu machen, wobei der Fokus bisher eher auf den jeweiligen Prozessen an sich, aber weniger auf der Ebene grundlegender Kräfteverhältnisse und Interaktionen lag. Ein neuer Praktikumsversuch, welcher grundlegende (mechanische und elektrostatische) Kräfte anhand der Partikelabscheidung aus Gasen mittels Fasern verdeutlicht, soll diese Lücke schließen. Die Studierenden sollen dabei explorativ in dem Praktikum gezielt den Einfluss verschiedener Kräfte oder Interaktionen (z.B. der Partikel mit dem Filtermaterial) anhand von Experimenten erfahren, was das Verständnis und den Lernerfolg in diesem Bereich deutlich erhöhen soll.

3 Details zum Projekt

3.1 Istzustand vor Beantragung

In den Grundlagenfächern „Mechanische Verfahrenstechnik 1“ und „Mechanische Verfahrenstechnik 2“ lernen die Studierenden Grundlagen über die Analyse, die Eigenschaften, die Erzeugung, die Weiterverarbeitung und die Abscheidung von Partikeln. Insbesondere das Verständnis von Kräften, die auf Partikel wirken (z.B. Diffusions- oder Trägheitskräfte) sind dabei für viele klassische Unit Operations der mechanischen Verfahrenstechnik essentielle Grundlage für künftige Absolvent*innen. Allerdings hat sich in den letzten Jahren immer stärker herausgestellt, dass viele Studierende Schwierigkeiten haben, diese auf Partikel wirkenden Kräfte und Wechselwirkungen zu verstehen, da die Thematik als sehr abstrakt und wenig anschaulich empfunden wird. Insofern bestehen auch große Schwierigkeiten darin, die Lerninhalte auf unbekannte Aufgabenstellungen, beispielsweise zu Abscheidemechanismen von Partikeln, zu übertragen und praktisch anzuwenden. Gleiches gilt für das Verständnis der Herstellung von Partikeln und der Messtechnik (z.B. der Partikelgröße).

Das BCI-Praktikum bietet die Möglichkeit das gelernte Wissen praktisch anzuwenden und zu verstetigen. Bisher stehen im Praktikum der FSV verschiedene Praktikumsversuche, auch zur Partikelabtrennung bei der Fest/Flüssig-Filtration zur Verfügung. Allerdings können dort prozessbedingt nicht explizit verschiedene auf Partikel wirkende Kräfte veranschaulicht und von den Studierenden experimentell erfasst werden. Es bleibt bei einer eher makroskopischen Betrachtung der mechanischen Partikelabtrennung am Filtermedium aufgrund der Partikelgröße. Hierbei ist bisher auch eine Betrachtung z.B. einer nach Partikelgrößen auflösenden Messtechnik der Abscheidung (Fraktionsabscheidegrad) nicht vorgesehen.

3.2 Projektziel/Projektbeschreibung

Ziel des beantragten Projektes ist die Entwicklung und Etablierung eines neuen Praktikumsversuchs, um die auf Partikel wirkenden mechanischen und elektrostatischen Kräfte sowie Partikelinteraktionen anschaulich zu vermitteln und praktisch erfahrbar zu machen. Die Betrachtung der Partikelabscheidung aus Gasen mittels Fasern ist in diesem Zusammenhang ein besonders geeignetes Beispiel mit dem es gelingt, alle wesentlichen Mechanismen anschaulich und angewandt abzubilden. Weiterhin handelt es sich hierbei um ein alltägliches praktisches Beispiel (Klimaanlagen, Reinraumtechnik, Covid19) was den Studierenden einen einfachen Zugang in die Thematik bieten wird. Die Studierenden sollen dabei explorativ im Rahmen des Praktikums gezielt den Einfluss verschiedener Kräfte oder Interaktionen (z.B. der Partikel mit dem Filtermaterial) anhand von Experimenten erfahren und Einflussparameter wie die Partikelgröße, elektrostatische Aufladung von Fasern/Partikeln und Gasgeschwindigkeit beurteilen. Insgesamt soll durch den neu entwickelten Praktikumsversuch das grundlegende Verständnis für verschiedene Prozesse der mechanischen Verfahrenstechnik und damit der Lernerfolg der Studierenden deutlich verbessert werden.

Grundlage des geplanten Praktikumsversuchs sind bereits am Lehrstuhl für Feststoffverfahrenstechnik genutzte Aufbauten zur Partikelerzeugung und Filtration. Diese können speziell für den angedachten Versuch umgebaut, angepasst und erweitert werden. Im Rahmen eines Forschungsvorhabens wurde ein Partikelerzeuger mitsamt einer Filterteststrecke entwickelt und erprobt, mit dem sich Salzpartikel mit einem ungefähren $d_{50,3}$ von $1\ \mu\text{m}$ erzeugen lassen. Der entwickelte Partikelerzeuger zeichnet sich im Gegensatz zu kommerziellen Aerosolgeneratoren unter anderem durch seine Flexibilität hinsichtlich der Partikelgröße und Beladung aus. Weiterhin kann der Partikelerzeuger von den Studierenden in Zusammenarbeit mit dem Betreuer selbst aufgebaut werden, was die einzelnen Schritte der Aerosolerzeugung vertieft. Mit einem am Lehrstuhl vorhandenen portablen Aerosolmessgerät kann dann die Filtrationseffizienz von Luftfiltern in Abhängigkeit der Partikelgröße bestimmt werden. Der geplante Praktikumsversuch soll sich schließlich in drei Teile gliedern, welche im Folgenden erläutert werden.

In einem ersten Teil des Versuchs soll den Studierenden durch eine gezielte Variation der Anströmgeschwindigkeit auf den Filter ermöglicht werden die gängigen mechanischen Abscheidemechanismen von Partikeln an Fasern (Trägheit, Sperreffekt, Diffusion) experimentell sichtbar zu machen. Durch einen Vergleich der erhobenen experimentellen Daten mit Modellrechnungen sollen zusätzlich mögliche Annahmen bezüglich Interaktion mit den Fasern dargestellt werden. Diese Evaluierung erfolgt anhand des sich in Abhängigkeit des Partikeldurchmessers und der Gasgeschwindigkeit verändernden Abscheidegrads.

In einem zweiten Teil sollen den Studierenden elektrostatische Effekte, welche im Zusammenhang mit der Filtration auftreten können, veranschaulicht werden. Dafür sollen die Studierenden Filtrationsversuche mit unterschiedlichen Kombinationen aus elektrostatisch aufgeladenen bzw. entladenen Filtermaterialien sowie Partikeln durchführen. Dabei sollen durch Filtrationen mit nur einem aufgeladenen Partner (Filtermaterial oder Partikel) auftretende Bildkräfte bzw. bei gegensätzlich aufgeladenen Partnern Coulomb-Kräfte und ihr Einfluss auf die Filtration sichtbar gemacht werden. Der Versuchsplan zur Darstellung der Kräfte soll dabei von den Studierenden in Zusammenarbeit mit der betreuenden Person selbst erarbeitet werden.

Im dritten Teil ist eine Demonstration des zeitlichen Verhaltens eines Filtermaterials vorgesehen. Dabei wird der Filter über eine bestimmte Zeit (ca. 30 min) beladen und es wird den Studierenden ermöglicht, den Einfluss auf die Filtrationseffizienz und Druckdifferenz zu unterschiedlichen Zeitpunkten, beziehungsweise von verschiedenen Zuständen, zu bestimmen.

3.3 Einzelmaßnahmen, Schritte etc.

Das Projekt gliedert sich in sechs Arbeitspakete. Dabei werden als Eigenanteil des Lehrstuhls zunächst die bereits in diversen Forschungsvorhaben gewonnenen Erfahrungen im Bereich der Filtration und

Aerosolherstellung eingebracht. Weiterhin werden die Möglichkeit der reproduzierbaren elektrostatischen Aufladung von Filtermaterialien und die für die Bestimmung der Filtereffizienz benötigte grundlegende Messtechnik eingebracht. Dafür wird ein bereits bestehendes Konzept zur Filtration adaptiert und auf einen Lehrversuch angepasst. Nach erfolgter Beschaffung benötigter Komponenten (z.B. zur elektrostatischen Konditionierung des Aerosols) wird der Versuch aufgebaut und in Betrieb genommen. Anschließend wird der Praktikumsversuch mit Unterstützung von wissenschaftlichen Hilfskräften unter Koordination der Antragstellenden erprobt. Es wird erwartet, dass iterativ Anpassungen vorgenommen werden müssen, insbesondere in der Auswahl geeigneter Filtermaterialien und Betriebsbedingungen, um die gewünschten Effekte für die Studierenden im Zeitrahmen eines Lehrversuchs erfahrbar zu machen.

3.4 Geplante Laufzeit

Start im Februar 2022, Einsatz des Versuches im Wintersemester 2022/23 als begleitendes Praktikum in der Vertiefungsveranstaltung „Entstaubungstechnik“.

3.5 Indikatoren zur Evaluation des Projektes:

Im Fokus des Projektes steht insbesondere der Lernerfolg der Studierenden, aber auch die Lernmotivation. Dafür ist eine Evaluation des Praktikumsversuchs mithilfe eines selbst entwickelten Fragebogens vorgesehen. Hierbei soll insbesondere die Lernmotivation sowie der Lernfortschritt der Studierenden abgefragt werden. Weiterhin soll der Lehrerfolg anhand einer Befragung der Lehrenden über den Lernfortschritt in den im Anschluss an das Projekt durchgeführten Veranstaltungen evaluiert werden.

3.6 Nachhaltigkeit/Verstetigung

Eine Verstetigung des Praktikumsversuchs ist vorgesehen und von Beginn an fest eingeplant. Zunächst ist ein Testlauf anhand eines Demoversuchs auf freiwilliger Basis mit Teilnehmenden der Vertiefungsveranstaltung Entstaubungstechnik (10 - 20 Teilnehmer*innen) im Wintersemester 2022/23 sowie einer abschließenden Evaluierung und Optimierung geplant. Anschließend soll der Versuch ab dem Sommersemester 2023 ein fester Bestandteil der Grundlagenveranstaltung „Mechanische Verfahrenstechnik 2“ (bis zu 100 Teilnehmer*innen pro Semester) werden. Eine fortlaufende Evaluation des Praktikumsversuchs durch Studierenden- und Lehrendenbefragungen wird auch hier umgesetzt.