

Innovative Filtermedien durch integrierte Nanofasern

Irema-Filter GmbH hat ein Patent angemeldet, Nanofasern direkt in das Filtermedium einzubinden und somit auch im Bereich der Feinstpartikelabscheidung bei geringer Druckdifferenz eine hervorragende Standzeit zu erzielen.

Wolfgang Rupertseder, Thomas Ertl
IREMA-FILTER GmbH, Postbauer-Pavelsbach

Seit über 30 Jahren beschäftigt sich die Fa. Irema-Filter GmbH mit der Herstellung von synthetischen Filtermedien. Schwerpunkt seit nunmehr über 15 Jahren ist hierbei die Entwicklung und Produktion sowohl plissierfähiger als auch plissierter Luftfiltermedien. Die Medien werden sowohl in der Kfz-Innenraumfiltration eingesetzt - Irema-Medien besitzen hier einen Marktanteil von rund 30% - als auch im Bereich industrieller Anwendungen.

Anforderung an künftige Luftfiltermedien

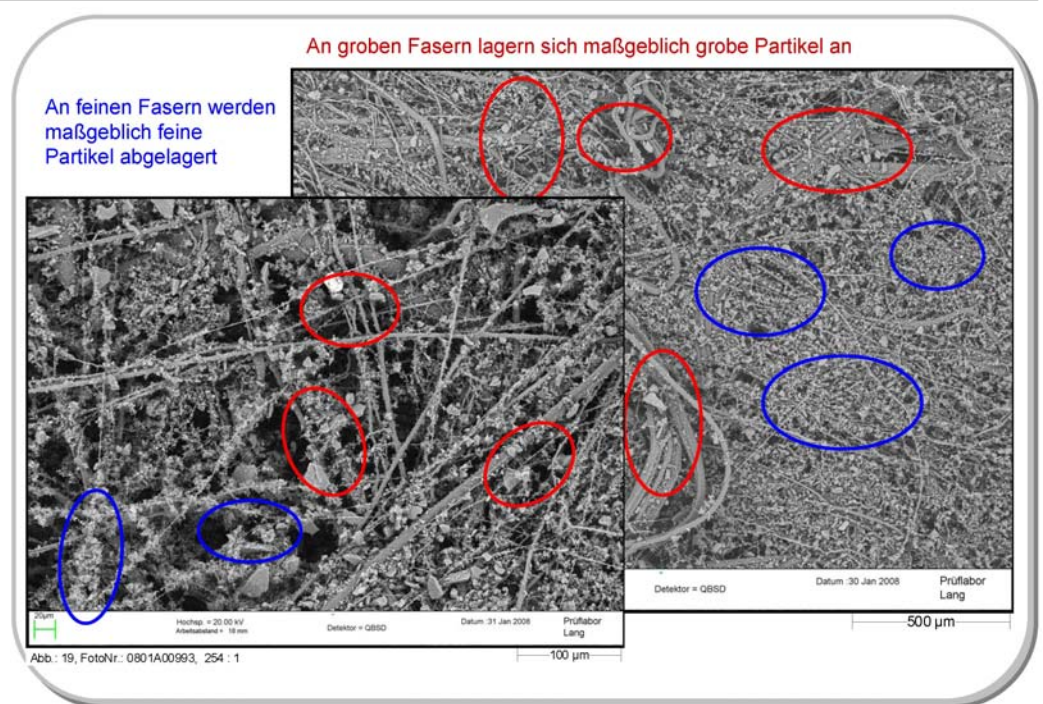
Immer lauter wird der Ruf nach synthetischen Luftfiltermedien, die insbesondere im Bereich der Feinstpartikelabscheidung eine deutlich erhöhte Effizienz aufweisen. Entsprechend arbeiten alle namhaften Hersteller synthetischer Filtermedien daran, die Abscheideleistung für Partikel kleiner 1 µm durch die Verwendung von Nanofasern deutlich zu verbessern. Gleichzeitig sollen diese Medien über eine hohe Standzeit verfügen und in Zeiten sprunghaft steigender Energiepreise einen möglichst geringen Widerstand in der Luftströmung aufweisen. Ist die zurzeit propagierte Nanofasertechnologie auch die Lösung des Problems? Und wie sieht idealerweise der Aufbau eines Filtermediums aus?

Binden feinsten Schmutzpartikel

Bereits 1965 hat Paul Dutch untersucht, welchen Einfluss der Faserdurchmesser auf die Abscheidungsfähigkeit unterschiedlich großer Partikel im Luftstrom hat. Es konnte gezeigt werden, dass die Bindungskräfte zwischen Faser und Schmutzpartikel immer dann am größten sind, wenn die Durchmesser von Faser und Schmutzpartikel in etwa gleich groß sind. [1]

Zur Verdeutlichung dieses Effektes hat die Irema-Filter GmbH verschiedene Medien im Strömungskanal mit unterschiedlichen Partikeln (NaCl, ISO-Staub sowie Ashrae-Staub) beladen und anschließend mittels Rasterelektronenmikroskop untersucht. In allen Fällen konnte der oben beschriebene Zusammenhang experimentell nachgewiesen werden. (Bild1)

Bild 1: Grobe Fasern – große Partikel, feine Fasern – feine Partikel



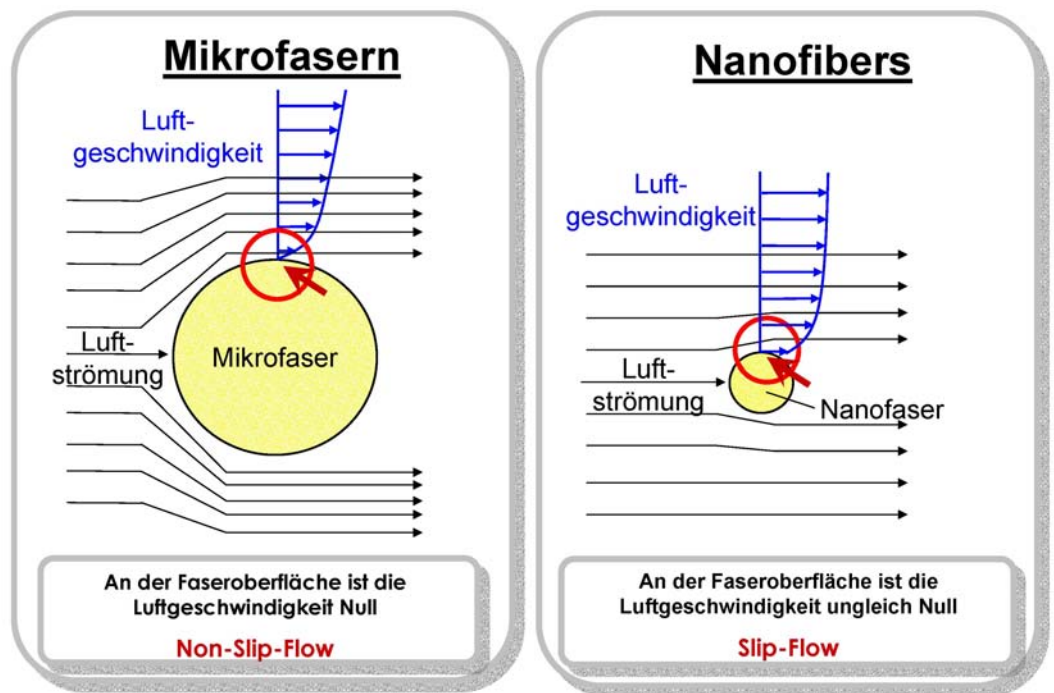
Um also Feinstpartikel (Durchmesser $< 1 \mu\text{m}$) hocheffizient abscheiden zu können, ist der Einsatz von Nanofasern zwingend notwendig. Die Wahrscheinlichkeit für ein Feinstpartikel, in der Luftströmung von einer Nanofaser festgehalten zu werden, steigt dabei gleichzeitig mit der Anzahl an Nanofasern. Das Gewicht der Nanofasern ist hierbei vernachlässigbar klein. Hierzu folgende Verdeutlichung: mit gleichem Materialeinsatz können anstelle einer Mikrofaser (typischer Durchmesser $d = 10 \mu\text{m}$) 10.000 Nanofasern mit einem Durchmesser von $d = 100 \text{ nm}$ hergestellt werden.

Slip-Flow-Effekt

Neben der Abscheideleistung wird ein Filtermedium auch durch seinen Druckverlust charakterisiert. In der Welt der Nanofasern und Nanopartikel treten physikalische Effekte auf, die den Strömungswiderstand dieser Filtermedien positiv beeinflussen.

Betrachtet man die Luftströmung um eine Mikrofaser, so ist die Strömungsgeschwindigkeit direkt an der Oberfläche der Faser gleich Null, wodurch ein entsprechend hoher Strömungswiderstand aufgebaut wird. Bei Fasern mit Durchmessern kleiner 500 nm tritt der so genannte Slip-Flow-Effekt ein, der dafür sorgt, dass die Strömungsgeschwindigkeit bei derart kleinen Fasern an der Oberfläche nicht auf Null absinkt, was zu einem vergleichsweise geringen Strömungswiderstand führt. [2] (Bild 2)

Bild 2: Slip-Flow Effekt



Produktion von Filtermedien mit Nanofasern

Heutzutage sind wohl 3 Verfahren üblich, die Nanofasern aufzutragen:

1. Elektrospinning
2. Island in the Sea
3. Meltblown-Prozess

Bei allen 3 Verfahren werden die Nanofasern in Form einer einzelnen Lage auf ein Trägervlies meist abströmseitig aufgetragen und verfestigt. Dabei erweist es sich als schwierig, ausreichend viele Nanofasern aufzutragen, um entsprechend hohe Abscheideleistungen für Feinstpartikel $< 1 \mu\text{m}$ zu gewährleisten ohne gleichzeitig die Standzeit negativ zu beeinträchtigen. Prinzipiell gilt für Einzellagen aus Nanofasern: je mehr Nanofasern aufgebracht werden, desto mehr Arbeit muss in die Verfestigung des Mediums investiert werden, was wiederum mit der Zielsetzung einer geringen Druckdifferenz kollidiert.

Diese Problematik führte dazu, dass Irema-Filter GmbH ein innovatives Verfahren entwickelt hat, das die Integration der Nanofasern in das dreidimensionale Stützgerüst des Trägervlieses aus groben und feinen Fasern ermöglicht. Eine wesentlich höhere Zahl an Nanofasern kann somit über die Tiefe des Mediums gezielt verteilt werden.

Integrierte Nanofasern

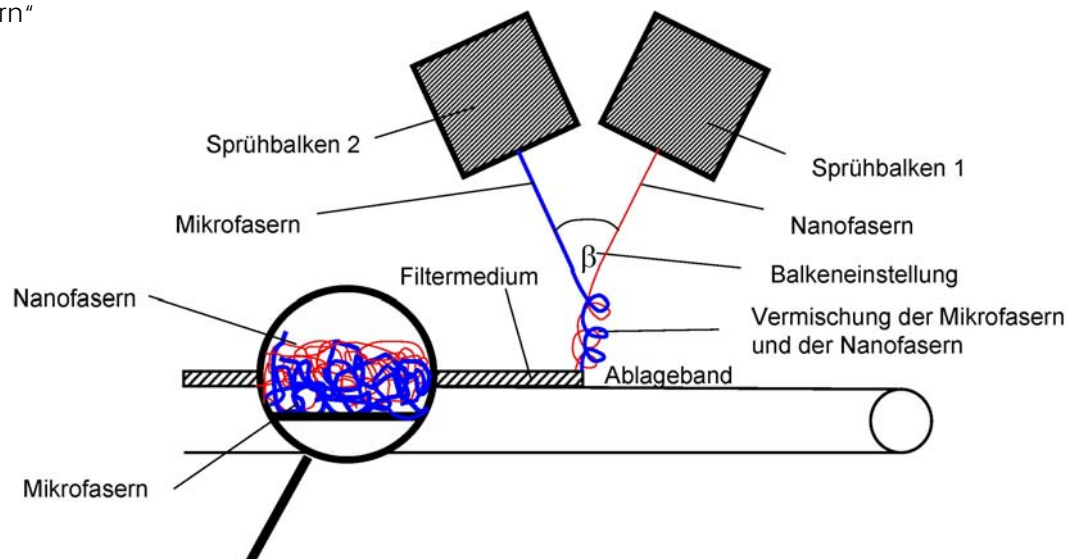
Grundlage des entwickelten Verfahrens ist ein modifizierter Meltblown-Prozess, der es erlaubt, Mikro- und Nanofasern in einem Prozessschritt herzustellen und miteinander zu verspinnen. Durch den Einsatz mehrerer verschiedener und separat gesteuerter Spinnbalken kann die Konzentration verschiedener Faserdurchmesser im Filterquerschnitt gezielt eingestellt werden, wobei jedem Spinnbalken eine bestimmte Funktion zugeordnet ist. Je nach Anforderung wird die Produktion von groben Fasern für die Festigkeit des Mediums, von feineren Fasern für die Grob- und Feinfiltration sowie von Nanofasern für die Filtration kleinster Partikel gesteuert. (Bild 3)

Bild 3: REM-Aufnahme:
Integrierte Nanofasern



Mit Hilfe dieser Technologie kann in einem Prozessschritt eine hohe Konzentration von Nanofasern in das Filtermedium eingebracht werden, ohne dass eine weitere Verfestigung erforderlich ist. Die hohe Variabilität dieses Verfahrens ermöglicht die Herstellung kundenspezifischer Produkte mit deutlich verbesserter Leistungsfähigkeit. (Bild 4)

Bild 4: Herstellverfahren
„Integrierte Nanofasern“



Erste Erfolge

Diese neue Technologie eröffnet der Irema-Filter GmbH völlig neue Optionen in der Entwicklung von High-Performance-Luftfiltermedien. Mehrere dieser innovativen Medien werden bereits erfolgreich in der Kfz-Innenraumfiltration eingesetzt. Für industrielle Anwendungen werden seit kurzem auch serienmäßig Filtermedien für den Einsatz in der Hepafiltration (H10 sowie H11) hergestellt. All diese Medien wurden von dem unabhängigen Prüfinstitut fiatic gemäß den Normen DIN EN 779, EN 1822, ASHRAE Standard 52.2 sowie einschlägiger Prüfverfahren der Automobilindustrie geprüft und zertifiziert.

Literaturverzeichnis:

- [1] National Air Filtration Association: NAFA GUIDE TO AIR FILTRATION, 4th Edition, 2007

- [2] Graham, K., Ouyang, M., Reather, T., Grafe, T., McDonald, B., Knauf, P.:
Polymeric Nanofibers in Air Filtration Applications, Donaldson Co. Inc., Presented at the 15th Annual Technical Conference & Expo of the American Filtration and Separation Society, Galveston, Texas, April 9-12, 2002