

## INNOTRAP: Kreuzkanal - Partikelfilter für Dieselmotoren, ein Spin-Off aus der Solartechnik

Thomas Fend\*, Oliver Reutter, Jörg Sauerhering, P.M. Rietbrock

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) e. V.,  
Institut für Technische Thermodynamik, Solarforschung,  
Linder Höhe, 51147 Köln

---

### Zusammenfassung

Der vorliegende Artikel berichtet über Ziele und erste Ergebnisse des Verbundprojektes INNOTRAP, das sich im Rahmen von F&E-Arbeiten auf dem Gebiet der Strömungen in Porenmaterialien entwickelt hat. In einer Einführung in die Problematik der Nachbehandlung von Dieselmotorabgasen wird das Problem der derzeitigen Filtertechnologie geschildert und die vorgeschlagene Lösung beschrieben. Erste Ergebnisse der Arbeiten im DLR werden gezeigt und der Zusammenhang mit den Arbeiten der übrigen F&E-Partner hergestellt. Die DLR-Arbeiten befassen sich im Wesentlichen mit der Charakterisierung der Strömungseigenschaften und der Thermophysik der Filtermaterialien.

---

### 1 Einführung und Ziele

Das Institut für Technische Thermodynamik im DLR befasst sich seit ca. 15 Jahren mit der Entwicklung von Luftreivern für solare Turmkraftwerke. Luftreivern bestehen aus offenporösen Materialien und werden im Brennpunkt einer solaren Turmanlage auf Temperaturen bis ca. 800-1000°C erhitzt. Gleichzeitig strömt Kühlluft durch die Poren des Materials. Die erhitzte Luft betreibt dann einen konventionellen Dampfkreislauf<sup>[1]</sup>. Die rechnerische Beschreibung der Wärme- und Impulsübertragung im Porenmaterial stellt eine komplexe Aufgabe dar und erfordert die experimentelle Bestimmung der thermophysikalischen und Strömungsdaten der verwendeten Materialien. Basierend auf diesen Forschungsarbeiten hat sich eine Arbeitsgruppe gebildet, die sich mit Strömungsphänomenen in Porenkörpern auch in anderen Anwendungen beschäftigt.

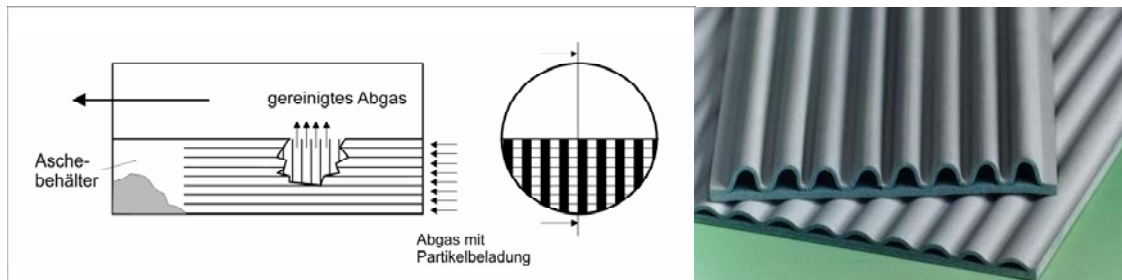
Im Partikelfilter strömen Dieselabgase durch ein Porenmaterial, welches je nach System einen erheblichen Gegendruck für den Motor darstellt. Durch die sich ablagernden Rußpartikel wird der Gegendruck noch kontinuierlich erhöht. Während der Regeneration des Filters brennt der Ruß ab und erzeugt – ähnlich wie beim Luftreivern – kleine Wärmequellen im Material. Die Verbrennungsrückstände lagern sich jedoch bei den derzeit verwendeten Filtern dauerhaft in den Einlasskanälen des Filters ab und stellen ab einer bestimmten Motorleistung ein dauerhaftes Gegendruckproblem dar<sup>[2][3]</sup>. Ein zweites Problem der aktuellen Technologie sind thermische Spannungen bei der Regeneration. Ziel von INNOTRAP ist die konzeptionelle Entwicklung eines Partikelfilters für LKW- und andere große Dieselmotoren (kleine Nutzfahrzeuge, Industriemotoren, Schiffe etc.), der eine deutliche Verbesserung im Hinblick auf diese beiden Probleme darstellt.

### 2 Resultate und Diskussion

Das dem Projekt zu Grunde liegende Filterkonzept sieht eine Kreuzkanalgeometrie vor (Abb. 1). Bei diesem Konzept sind jeweils Ebenen von Ein- und Auslasskanälen senkrecht zueinander angeordnet. Das ungereinigte Abgas tritt also zunächst in den Einlasskanal, passiert dann die zwischen den Ebenen liegende Filterwand und mündet zuerst im Ausgangskanal und danach im Sammler der zum Abgasrohr führt. Die Geometrie ermöglicht es, dass die Einlasskanäle in ein Aschereservoir münden, das entweder so groß ist, dass es die Asche eines Motor-Lebenszyklusses aufnehmen kann, oder so konstruiert ist, dass es bei Wartungsarbeiten des Motors entleert werden kann. Die Idee wurde zunächst mit keramischer Folientechnologie umgesetzt, die seitens des Fraunhofer Institut für keramische Werkstoffe und Systeme (IKTS) bereits für Filtration eingesetzt wurde, und für die dort umfangreiche Erfahrungen vorlagen<sup>[4][5]</sup>.

Bislang wurden seitens des IKTS Arbeiten zur Keramikrezeptur und zur Verbindungstechnologie durchgeführt mit dem Ergebnis, dass nun ein Filterkörper der Dimension 70\*70\*140mm vorliegt. Das Solarinstitut Jülich (SIJ)

baute einen Motorteststand mit Partikelmesstechnik auf. Der Lehrstuhl für Strömungsmechanik der Universität Erlangen-Nürnberg (LSTM) führte numerische Arbeiten zur Berechnung der Strömung in den Kanälen und in der Filterwand durch. Insbesondere um für die numerischen Arbeiten eine Grundlage zu bilden wurden im Institut für Technische Thermodynamik des DLR im ITT grundlegende Arbeiten zur Permeabilität in dünnen keramischen Platten sowie in Einzelkanälen und Kanalgruppen durchgeführt. Für die Untersuchungen wurden vom IKTS und der Fa. Kerafol verschiedene Einzelplatten und Kanalverbunde hergestellt. Der Druckverlust wurde als Funktion der Leerrohrgeschwindigkeit gemessen, mittels der erweiterten Darcy-Gleichung angepasst und die Permeabilitätskoeffizienten ermittelt. Durch Untersuchung hinsichtlich Porosität und Dicke variierender, verschiedener Testkörper konnte ein funktionaler Zusammenhang zwischen der Dichte und den Permeabilitätskoeffizienten hergestellt werden. Dadurch sind Werkstoffkennwerte ermittelt worden, die auch über die untersuchten Materialien hinaus als Berechnungsgrundlage für andere Materialien dieser Werkstoffgruppe herangezogen werden können.



**Abbildung 1:** Prinzip des Kreuzstrom-Partikelfilters, geformte und verbundene Siliziumcarbid Filtermembranen

### 3 Ausblick

Mit den experimentellen und numerischen Untersuchungen der beteiligten Forschungsinstitute wurde begonnen, ein grundlegendes Verständnis für die Strömungsvorgänge in den zum Einsatz kommenden offenporigen Materialien und Kanalgeometrien aufzubauen. Dieses, für die Beherrschung der physikalischen Vorgänge beim Betrieb des Filters, notwendige Know-How wird seitens des DLR in weiteren Arbeiten zum konvektiven Wärmeübergang und zur Wärmeleitfähigkeit vertieft und ausgebaut. In Zusammenarbeit mit den übrigen Forschungspartnern sowie mit der Fa. Kerafol werden Alternativkonzepte zu der bisher verfolgten Variante des Kreuzstrompartikelfilters diskutiert und bewertet. Weitere wichtige Arbeiten werden zur Untersuchung der fertigen Filtertestkörper durchgeführt, um das Erreichen der gesetzten Ziele zu überprüfen. Abschließend werden vom SiJ und der Deutz AG praxisnahe Tests durchgeführt, die als wichtige Entscheidungsgrundlage für eine kommerzielle Verwertung der Projektergebnisse dienen.

*Wir bedanken uns beim Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie und bei den industriellen Verbundpartnern Deutz AG, Bauer Technologies, Kerafol, FCCS, Gero und Industriepartner Coswig für die finanzielle Unterstützung des Projektes*

### Literatur

- <sup>[1]</sup>Fend, Th., D., Pitz-Paal, R., Hoffschmidt, B., Reutter, O., Solar Radiation Conversion, in: Cellular Ceramics: Structure, Manufacturing, Properties and Applications (eds.: Scheffler, M. and Colombo, P.), Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KgaA, 2005, p 523-546
- <sup>[2]</sup>Terres, F. Michelin, J. Weltens, H.: Beladungs- und Regenerationsverhalten von Partikelfiltern für Diesel-Pkw; MTZ 7-8/2002
- <sup>[3]</sup>Ebener, S., Flörchinger, P.: Systeme zur Abgasnachbehandlung in Nutzfahrzeugen, Einsatz und Optimierung, MTZ 9, 2004
- <sup>[4]</sup>Richter, H.J, Adler, J., Lenk, R., Westerheide, R., Herterich, U. & Stroh, N.: Kostengünstige Flachmembranen aus Keramik – Herstellung und Leistungsdaten, Keramische Zeitschrift 54 (2002) 102-106
- <sup>[5]</sup>Piwonski, M.: Keramische Membranen auf der Basis von LPS-SiC: Schlicker-Entwicklung und Beschichtungsverfahren, Dissertation Technische Universität Dresden, 2005