

Vollsynthetische Filtermaterialien zur Motorluftfiltration

Veröffentlicht in: MTZ extra, Juni 2016.
Springer Fachmedien Wiesbaden.

Autoren

- » Thilo Müller, Material- und Produktentwickler in der Entwicklung Luftfilterelemente
- » Dr. Till Batt, Material- und Produktentwickler in der Entwicklung Luftfilterelemente
- » Dr. Michael Heim, Leiter der Entwicklung Luftfilterelemente

Luftfilterelemente mit Vliesmedien bestehen durch ihre hervorragende volumenspezifische Lebensdauer. Ihr Einsatz bietet deshalb große Vorteile gegenüber Papierelementen – vor allem in Bezug auf die weitere Bauraumreduzierung. Neue Möglichkeiten beim Materialdesign und in der Fertigungstechnik stellen zudem eine weiterhin positive Entwicklung ihrer Filterleistung in Aussicht.

Herausforderung Bauraumverknappung

Ansaugluftsysteme sind dafür verantwortlich, Verbrennungsmotoren mit sauberer Luft zu versorgen. Die Luft von angesaugtem Staub und biologischem Material zu reinigen, ist dabei die Hauptaufgabe des Luftfilterelements. Entscheidende Faktoren für die Lebensdauer der Filterelemente sind einerseits die eingesetzten Filtermedien und andererseits der zur Verfügung stehende Bauraum. Je

mehr Volumen zur Verfügung steht, desto mehr Filterfläche kann untergebracht werden. Die Einführung neuer sicherheits- und funktionsrelevanter Komponenten im Motorraum hat allerdings zu einer scharfen Konkurrenzsituation um den verfügbaren Bauraum geführt. Angesichts aktueller Technologietrends wie Hybridisierung und thermischer Motorkapselung ist davon auszugehen, dass sich in naher Zukunft die Bauraumsituation für die Motorluftfiltration weiter verschärfen wird.

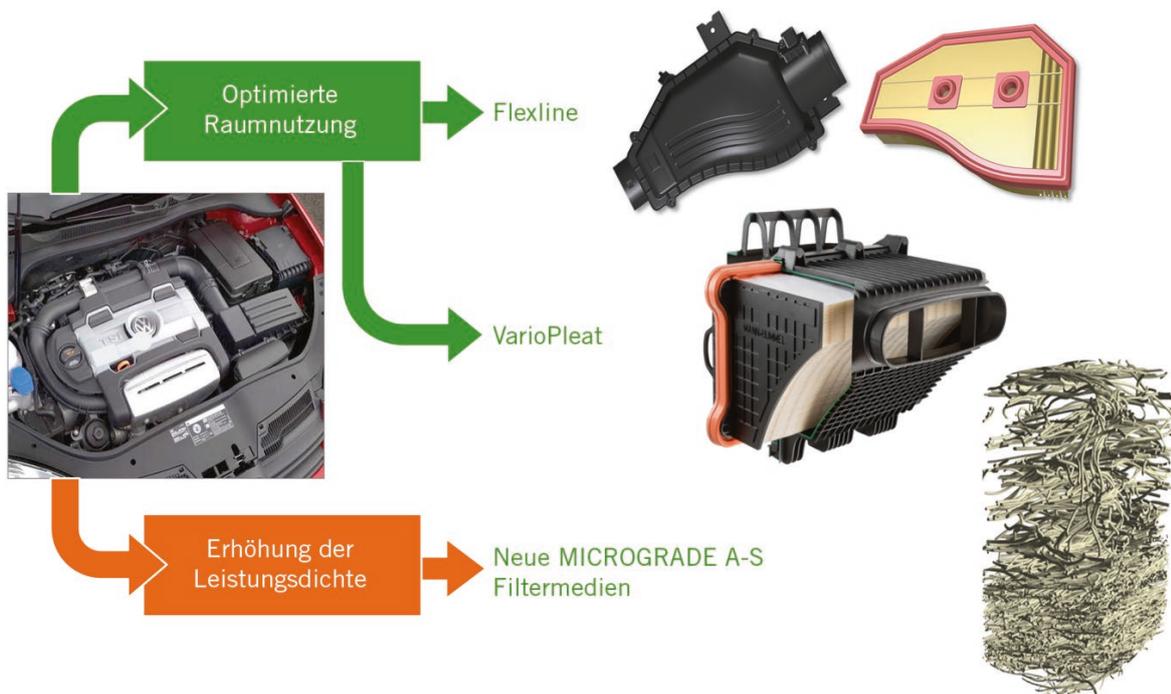


BILD 1: Strategische Ansätze zur Bauraumoptimierung (© MANN+HUMMEL)

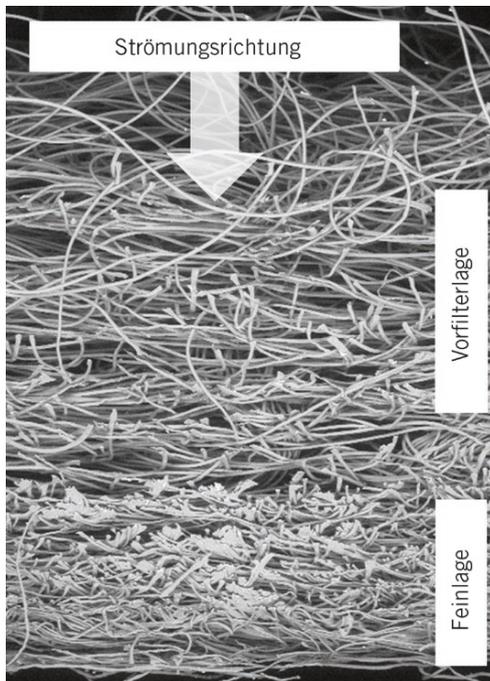


BILD 2: Aufbau eines Vliesfiltermediums für die Luftfiltration (© MANN+HUMMEL)



Zur Verbesserung der Bauraumnutzung werden bei MANN+HUMMEL zwei Optimierungskonzepte verfolgt, die in BILD 1 gezeigt werden. Dies sind zum einen innovative Bauteildesigns, die schwer erschließbare Bereiche im Motorraum nutzbar machen. Dazu kommen Filtergehäuse und passende Filtereinsätze mit unkonventionellen Außenkonturen zum Einsatz. Parallel zu diesen Designkonzepten werden zielgerichtet neue Filtermaterialien entwickelt, um die volumenbezogene Bauteillebensdauer zu erhöhen. Die neueste Generation synthetischer Filtermedien überzeugt mit extrem hoher Staubkapazität und stellt deshalb eine vielversprechende Alternative zu den marktüblichen Filtermedien auf Zellulosebasis dar.

Funktionsprinzip von Vliesmedien

Vliesfiltermedien für die Motorluftfiltration bestehen aus Kunststofffasern, die in mehreren Schichten angeordnet sind, BILD 2. Üblicherweise wird eine verdichtete Feinfilterlage mit mindestens einer offenporigen Vorfilterlage

kombiniert. Hierin liegt die Ursache der hohen Staubaufnahmefähigkeit dieser Medien. Während sich der abgeschiedene Staub bei konventionellen Filtermedien primär an der Oberfläche ansammelt und dort eine schwer durchströmbare Staubschicht aufbaut, verteilt er sich im Vliesmedium gleichmäßig auf die Fasern der Vorfilterlage¹. Auch bei sehr hoher Staubbelastung setzt sich diese nie vollständig mit Staubteilchen zu. Die Luftdurchlässigkeit in solchen Tiefenfiltern sinkt deshalb nur sehr langsam, sodass große Staubmengen im Medium untergebracht werden können².

In Bezug auf das Materialdesign haben Vliesmedien den Vorteil, dass alle ihre Einzelschichten individuell optimiert werden können. Dies betrifft einerseits die Faserzusammensetzung. Feine, gut filtrierende Fasern können mit groben Fasern kombiniert werden, die die mechanischen Eigenschaften des Materials verbessern. Andererseits können durch Verdichtungstechniken die Schichtdicke und der Verlauf der Packungsdichte der Fasern sehr genau eingestellt werden. Daraus ergeben sich viele entwicklungs-technische Freiheitsgrade, die zur gezielten Optimierung der Staubkapazität genutzt werden können.

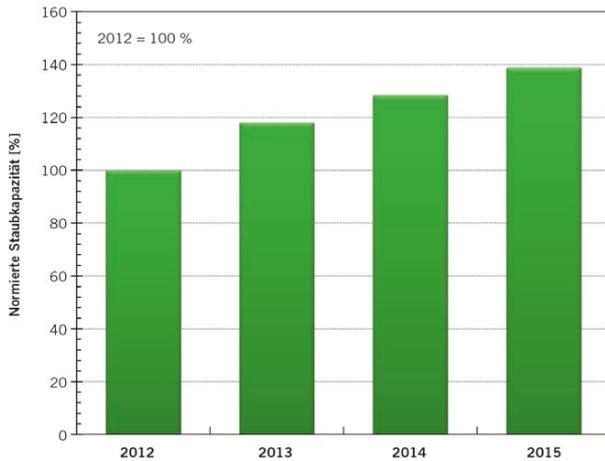


BILD 3: Entwicklung der volumenbezogenen Staubkapazität von Vliesmedien (© MANN+HUMMEL)

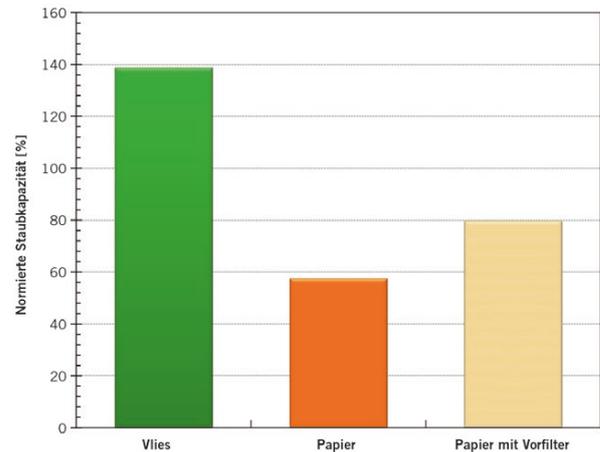


BILD 4: Vergleich der Staubkapazität von Vlies- und Papierluftfiltern (© MANN+HUMMEL)

Vollsynthetische Motorluftfiltervliese

Das für die Motorluftfiltration am besten geeignete Fasermaterial ist Polyester, weil es vorteilhafte Materialeigenschaften mitbringt. Durch die hohe Steifigkeit der Polyestervliese sind gefaltete Filterbälge besonders stabil und verformen sich selbst im Vollastbetrieb kaum. Diese Steifigkeit wird weder durch starke Wasserbeaufschlagung des Filterelements noch durch hohe Betriebstemperaturen beeinträchtigt. Zudem sind die Vliesmaterialien schwer entflammbar. Weiterer Vorteil: ihre Eignung für das Umspritzen mit Kunststoffen. Dadurch sind variable Elementformen auch in Großserien umsetzbar. In Einzelfällen wird durch den Einsatz von Vlieselementen außerdem eine verbesserte akustische Dämpfung unerwünschter Geräusche erzielt.

Leistungsentwicklung bei Vliesmedien

Bei MANN+HUMMEL werden seit 1998 Luftfilterelemente mit Vliesmedien ausgerüstet. In dieser Zeit hat sich die Leistung

der Materialien kontinuierlich verbessert. BILD 3 zeigt die Entwicklung der volumenspezifischen Staubkapazität über die letzten Jahre. Die sichtbaren Trends sind direkt auf die Lebensdauer der Filterelemente übertragbar. Auffällig ist vor allem der rapide Anstieg der Staubkapazität in den letzten Jahren, der der Einführung einer vollständig neu entwickelten Generation von Vliesmedien zuzuschreiben ist. Die Daten beruhen auf marktüblichen Bestäubungsprüfungen gemäß ISO 5011³ mit Filterelementen identischer Bauform unter vergleichbaren Anströmbedingungen.

Dieselben Prüfungen wurden auch mit konventionellen Papierelementen durchgeführt. Einen Vergleich zwischen Vlies- und Papierelementen zeigt BILD 4. Im selben Bauraum bieten die Vlieselemente stets klare Lebensdauervorteile. Allerdings lässt sich daraus nicht automatisch auch ein Bauraumvorteil in gleicher Höhe ableiten. Eine Volumenreduzierung impliziert immer eine Reduktion der Filterfläche. Dadurch erhöht sich die Strömungsgeschwindigkeit durch das Filtermedium. Filtrationstechnisch wird eine Geschwindigkeitserhöhung immer begleitet von einem Rückgang des Abscheidewirkungsgrads. Die Zielvorgaben für den

Abscheidewirkungsgrad geben demnach vor, wie stark sich das Volumen eines Filterelements durch den Einsatz eines entsprechenden Vliesmaterials reduzieren lässt. Realistische Werte liegen dabei zwischen 5 und 25 %.

Technische Perspektiven

Die positiven Entwicklungen der Leistungsdaten von Vlieselementen in der jüngsten Vergangenheit werfen die Frage auf, ob in naher Zukunft mit weiteren starken Leistungszuwächsen zu rechnen sein kann. Voraussetzung dafür sind weitere Verbesserungen des Materialdesigns und deren fertigungstechnische Umsetzung.

MANN+HUMMEL entwickelte in den letzten Jahren neue Simulationstechniken⁴, mit denen die Materialstruktur gezielt untersucht und verbessert werden kann. Ausgangspunkt für die virtuelle Optimierung sind bildgebende Verfahren mit

sehr hoher Auflösung, mit deren Hilfe sich Filtermedien dreidimensional vermessen und virtuell rekonstruieren lassen. Dies erlaubt die Erstellung und Feinabstimmung der einzelnen Filterschichten bezüglich der Staubeinlagerung, des Abscheidewirkungsgrads und des Durchströmungswiderstands, BILD 5. Auch in Bezug auf die Herstellbarkeit der zunehmend komplexeren Materialstrukturen sind positive Trends zu beobachten. Verantwortlich dafür sind insbesondere Verbesserungen der Anlagentechnik zur Vliesherstellung und Lamination der Einzellagen. Außerdem können immer feinere Fasern produziert und verarbeitet werden, was der Abscheideleistung von Filtermedien grundsätzlich zugutekommt⁵.

Hinsichtlich der Zukunftsaussichten für synthetische Filtermaterialien ergibt sich folglich ein durchweg positives Gesamtbild. Es wird deshalb erwartet, dass sich die Filterleistung von solchen Filtermedien in den kommenden Jahren nochmals deutlich verbessern wird.

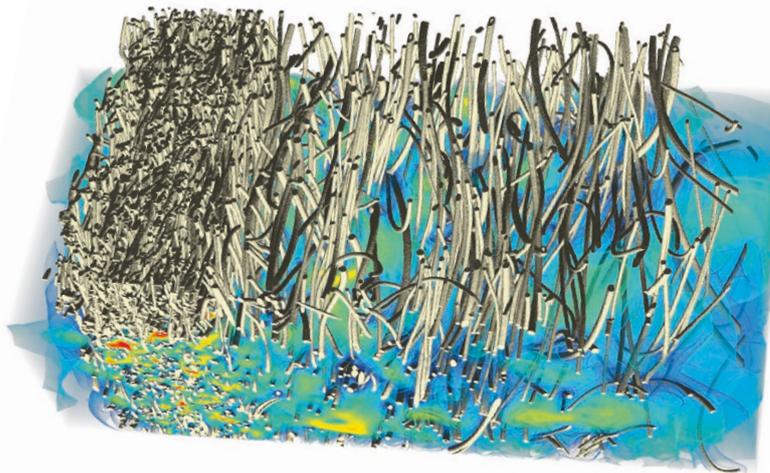


BILD 5: CFD-Simulation des Strömungsfelds durch ein Vliesmedium zur Materialoptimierung, basierend auf Röntgentomografieaufnahmen (© MANN+HUMMEL)

Literaturhinweise

- 1 H.-J. Rembor: Das Verhalten von Tiefenfiltern bei zunehmender Beladung. Aachen: Shaker Verlag, 2002
- 2 S. Fleck, M. Heim, A. Beck, N. Moser und M. Durst: Realitätsnahe Prüfung von Motorluftfiltern. In: Motortechnische Zeitschrift, 70 (2009), Nr. 5
- 3 M. Durst; G.-M. Klein: Filtration in Fahrzeugen. Landsberg/Lech: Verlag Moderne Industrie, 2002
- 4 M. J. Lehmann; J. Weber, A. Kilian; M. Heim: Microstructure simulation as part of fibrous filter media development processes – From real to virtual media. In: Chemical Engineering & Technology, 39 (2016), Nr. 3
- 5 T. Batt: Entwicklung eines Meltblow-Verfahrens zur Herstellung thermoplastischer Feinstfaser-Vliesstoffe. Universität Stuttgart, Dissertation, 2015