Entwicklung von Filtersystemen mit beständigen Werkstoffen für alternative Kraftstoffe im On- und Off-Highway-Bereich

Dr. Andreas Dworog | Group Director Advanced Development

purifying our planet

Inhalt

01 | Einleitung

01 | Alternative Kraftstoffe weltweit

03 | Problemfall Kraftstoffalterung

05 | Gesamtentwicklungsprozess deckt Labor- und Feldtests ab

08 | Blue.maxx – Baukasten für alle Anwendungen

10 | Zusammenfassung & Ausblick

10 | Kontakt

Einleitung

Insbesondere bei Nutzfahrzeugen und im Off-Highway-Bereich wird der Verbrennungsmotor noch viele Jahre das Antriebssystem mit der größten Verbreitung bleiben. Um den Klimaschutz voranzutreiben, entwickelt Hengst die Kraftstofffilter-Systeme für diese Anwendungen so weiter, dass sie auch bei Nutzung alternativer Kraftstoffe eingesetzt werden können. Anhand modernster Prüfmethoden wird dabei unter anderem die Beständigkeit der Filterwerkstoffe gegenüber gealterten und damit säurehaltigen Biokraftstoffen abgesichert. Ein Beispiel ist das innovative modulare Kraftstofffilter-System Blue.maxx, das dank eines Baukastenkonzepts schnell und einfach auf die spezifischen Anforderungen der jeweiligen Anwendung abgestimmt werden kann.

Alternative Kraftstoffe weltweit im Kommen

Im Bereich der schweren Nutzfahrzeuge und bei Off-Highway-Anwendungen werden Verbrennungs- und hier speziell Dieselmotoren auch künftig eine der wichtigsten Antriebsquellen bleiben, neben alternativen Konzepten wie dem E-Antrieb mit Batterie oder der Brennstoffzelle. Die Diversifizierung der Antriebsoptionen trägt den unzähligen speziellen Anforderungen in den vielen unterschiedlichen Segmenten, etwa in der Landwirtschaft, im Bauwesen, beim Materialtransport, im Bergbau und bei der Stromerzeugung, aber auch beim Überland-Warentransport auf der Langstrecke und den spezifischen Bedingungen in den verschiedenen Regionen weltweit Rechnung.

Eine Reduzierung der Treibhausgas-Emissionen beim Dieselmotor zur Umsetzung der gesellschaftlich und politisch vorgegebenen Klimaziele wird durch alternative Kraftstoffe möglich. Sie können entweder in reiner Form genutzt oder fossilem Kraftstoff zugemischt werden. Allerdings weisen insbesondere Kraftstoffe aus biogenen Grundstoffen im Vergleich zu handelsüblichem Diesel zum Teil stark abweichende physikalisch-chemische Eigenschaften auf, die die Lebensdauer der im Kraftstofffiltrations-Pfad verwendeten Werkstoffe beeinträchtigen können. Bei Fahrzeug- und Motorenherstellern sorgt das teilweise für Unsicherheiten, denn selbstverständlich erwarten deren Kunden die gewohnten Eigenschaften

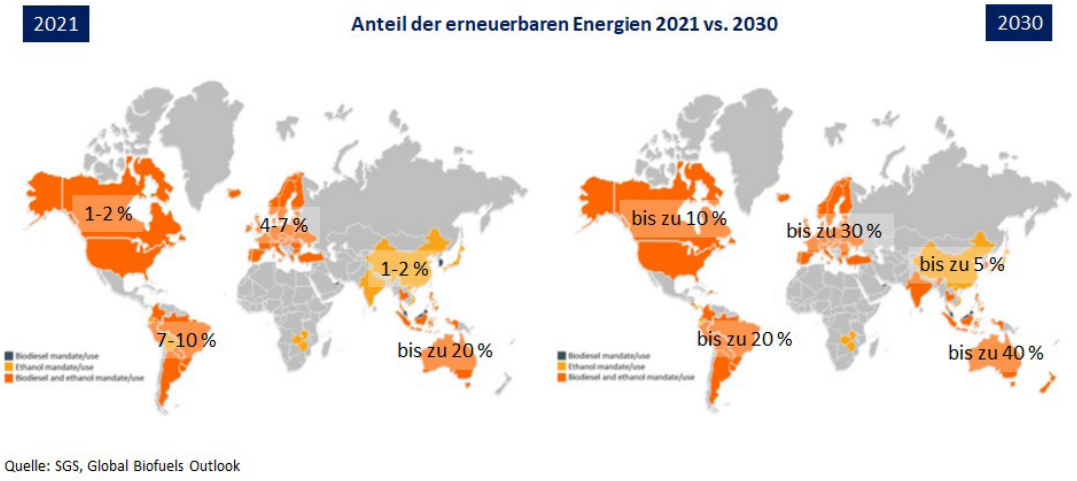


Abb. 1: Erwartete weltweite Steigerung von alternativen Kraftstoffen

des Dieselmotors, wie geringe Betriebskosten, hohe Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit sowie Langlebigkeit, egal mit welchem Kraftstoff er betrieben wird. Bekannte Probleme sind unter anderem stärkere Wasseraufnahme, Entstehung von Säuren durch Alterung, erhöhte Gefahr von Pilzen und Bakterien (die sogenannte Dieselpest) sowie Bildung von Polymeren durch Reaktion mit Sauerstoff. Im Feld kann das zu Filterverstopfungen, Korrosion und, bei ungeeigneten Werkstoffen, zu quellenden Dichtungen und Beschädigungen an den Filterelementen führen. Eine effiziente Wasserabscheidung durch den Filter trägt sowohl zur Vermeidung der Dieselpest als auch zur Reduktion von Korrosion im Kraftstoffsystem bei.

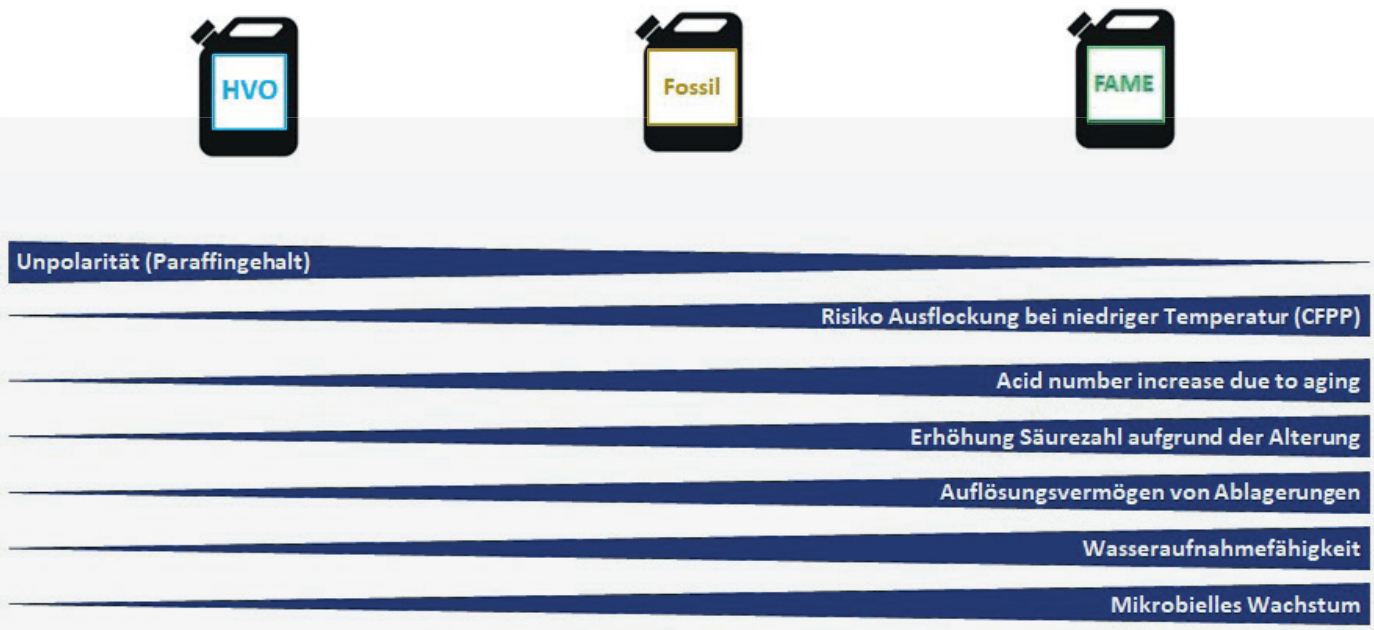
Ein wichtiger Baustein hierfür ist eine spezielle Prüfmethodik, mit der Werkstoffe für Filtersysteme gezielt für die Verwendung mit Biokraftstoffen ausgewählt und entwickelt werden. Die Grundlage bildet die Auswahl und chemische Analyse der künftig in den unterschiedlichen Weltregionen für die verschiedenen Anwendungsbereiche relevanten alternativen Kraftstoffe. Im Feldeinsatz führt das hohe, von Temperatur und Lagerbedingungen abhängige Alterungspotenzial von Biokraftstoffen zu höheren Ausfallrisiken. Dabei können aggressiv wirkende Säuren entstehen, die die Lebensdauer des Kraftstofffilter-System erheblich verringern können. Beim Benchmarking-Vergleich der verschiedenen Biokraftstoffe kristallisierten sich

Abb. 2: Wirkkette vom Kraftstoff zum Motor

Problemfall Kraftstoffalterung

Hengst ist einer der führenden Hersteller von Kraftstofffilter-Systemen und verfolgt seit vielen Jahrzehnten das Ziel, die Umweltfreundlichkeit des Dieselantriebs durch Produktweiterentwicklungen und -innovationen weiter zu verbessern. Um den Klimaschutz voranzutreiben, entwickelt Hengst die Kraftstofffilter-Systeme für den Nutzfahrzeug- und Off-Highway-Bereich so weiter, dass sie auch bei Nutzung alternativer Kraftstoffe eingesetzt werden können.

Fettsäuremethylester-Verbindungen, auch FAME (vom Englischen Fatty Acid Methyl Ester) genannt, in diesem Zusammenhang als besonders kritisch heraus. Sie werden durch Umesterung aus Pflanzenöl gewonnen, als Grundstoff kommen entsprechend der regionalen Verfügbarkeit vor allem Raps (RME, in Europa), Ölpalme (in Malaysia, Indonesien) oder Soja (SME, in Argentinien, Brasilien, USA) zum Einsatz. Demgegenüber zeigten alternative Kraftstoffe wie hydrierte Pflanzenöle (Hydrogenated Vegetable Oils, HVO) und synthetische Kraftstoffe keine von Diesel (EN 590) differierenden Eigenschaften und müssen bei der Entwicklung künftiger Kraftstofffilter-Systeme in Bezug auf die Alterungsbeständigkeiten nicht besonders berücksichtigt werden.



Alternatives Tanken:
Hohe Beimischungen von HVO in fossilen oder biologischen Kraftstoffen können aufgrund der geringen Löslichkeit von HVO zu einer starken Ausflockung von ansonsten gelösten Oligomeren/Polymeren führen.

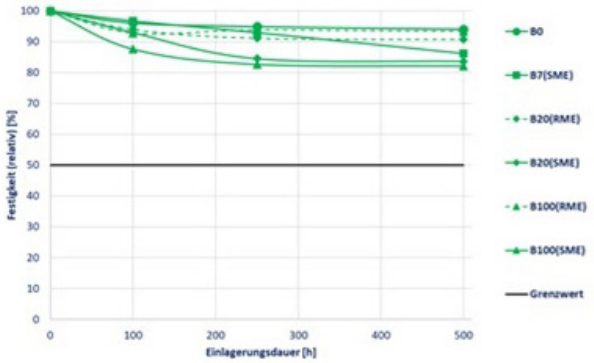
Abb. 3: Potenzielle Risiken mit FAME

Die bei den Laboruntersuchungen gewonnenen Erkenntnisse führten zu Eckpunkten für die unternehmenseigenen Werkstofftests bei Hengst, mit denen sich die Alltagsbedingungen auf dem Prüfstand realistisch abbilden lassen:

- Die Beständigkeit von Filtermedien wird maßgeblich durch die Säurezahl des verwendeten Kraftstoffs bestimmt. Die Höhe der Säurezahl richtet sich nach den Gegebenheiten in der Region, in der der Filter Verwendung finden soll. Während in Europa, Japan und gegebenenfalls auch in Nordamerika mit normgerechten Dieselkraftstoffen gerechnet werden darf (Säurezahl < 0,5 Milligramm Kaliumhydroxid/Gramm) muss bei internationaler Verwendung der Bauteile auch mit einer Säurezahl > 1,0 Milligramm Kaliumhydroxid/Gramm gerechnet werden.
- Um realistische Bedingungen zu erzeugen, werden die Kraftstoffe vor den Tests künstlich gealtert. Die Alterungstemperatur orientiert sich an der maximalen Verwendungstemperatur und ist somit je nach Region und Applikation unterschiedlich.

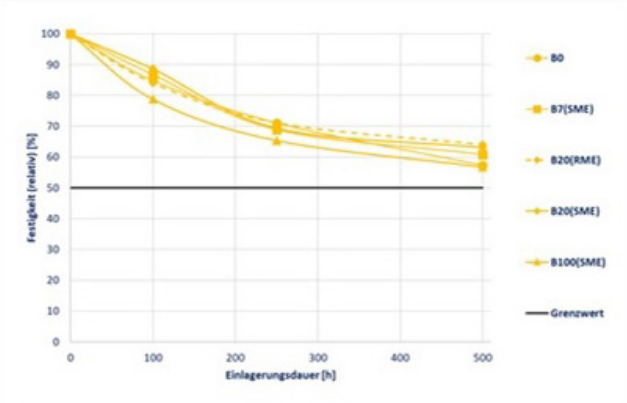
Ungealterter Kraftstoff

Bei der Alterung eines Standardfiltermedium in einem Basiskraftstoff mit unterschiedlichen Biokraftstoffanteilen treten nur geringfügig unterschiedliche Alterungseffekte auf. Die Alterungseffekte sind eher gering.



Grenzwertig gealterter Kraftstoff

(z.B. Europa, Japan, USA)
Bereits bei einem Anstieg der Säurezahl auf den normseitig zulässigen Wert von 0,5 mg KOH/g muss unter diesen Prüfbedingungen mit Festigkeitsverlusten von bis zu 45 % gerechnet werden. Aufgrund der hohen Anfangsfestigkeit derartiger Filtermedien wäre dieser Wert gerade noch ausreichend.



Kritischer Kraftstoff

(z.B. Brasilien, Indonesien, Malaysia)
Eine weitere Erhöhung der Säurezahl auf 1 mg KOH/g erzeugt Alterungseffekte von mehr als 50 %. Da der Anstieg der Säurezahl maßgeblich von dem Anteilen Biokraftstoff abhängig ist, wurde bei der Beständigkeitsprüfung mit der Säurezahl 1,0 mg KOH/g auf den Einsatz eines B0-Kraftstoffverzichtet.

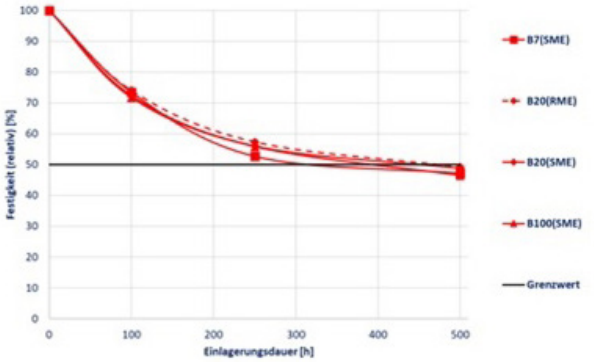


Abb. 4: Steigende Säurezahl bei Kraftstoffalterung

Gesamtentwicklungs-prozess deckt Labor- und Feldtests ab

Zur Entwicklung maßgeschneiderter Filtrationslösungen für die spezifischen Kundenanforderungen hat Hengst einen Gesamtentwicklungsprozess etabliert, der sich vom ersten Entwurf eines neuen Filtermoduls über Simulation und Test von Materialen, Bauteilen und Gesamtsystem bis hin zu Langzeittests im Realfahrzeug und der Applikation der fertigen Komponente erstreckt. Der Versuchsumfang geht dabei weit über die branchenüblichen und von den Fahrzeug- und Motorherstellern geforderten Standards hinaus.

In der Abbildung werden wesentliche Bestandteile des Entwicklungsprozesses eines Kraftstofffiltersystems vom Filtermedium bis zum Filterelement dargestellt, die Werkstoffalterung ist nur ein kleiner Teil davon. Die Tests mit Hydrauliköl sind hervorragend für vergleichende Untersuchungen der

verschiedenen Filtermedien geeignet. Versuche mit genormten Stäuben gemäß ISO12103 geben erste Hinweise auf das Beladungsverhalten, sind alleine jedoch nicht aussagekräftig, deshalb führt Hengst darüber hinaus Zeitraffertests einer realen Bestaubung auf dem Refueling-Teststand durch. Referenzkraftstoffe (CEC-Kraftstoffe) ermöglichen eine Vergleichbarkeit der Tests, jedoch werden schwankende Qualitäten nicht abgedeckt, sodass diese zu wenig Einblick in die Vorgänge unter realen Bedingungen geben. Die Untersuchungen auf dem Pulsations-/Vibrationsprüfstand und die Lebensdaueranalysen ergänzt Hengst daher durch umfangreiche Realtests auf der Straße, sowohl mit ganzen Fahrzeugflotten als auch einzelnen Fahrzeugen für Dauertests. Die Testfilter werden nach dem Einsatz im Fahrzeug befundet, beispielsweise hinsichtlich ihrer realen Staubaufnahme und damit noch verbleibenden Lebensdauer sowie der tatsächlichen Wasserabscheidung am Ende ihres Serviceintervalls. Die Fahrzeugtests liefern die aussagekräftigsten Ergebnisse, verlangsamen jedoch den Entwicklungsprozess. Hengst setzt die Tests daher als vorgelagerten Entwicklungsschritt ein. Die Performance des Filters wird durch den Gesamtentwicklungsprozess gewährleistet, der auf dem Vergleich der gesamten Kette vom Filtermaterial (Partikel) und Coalescer (Wasser) bis zur Rückmeldung der Filterbefundung nach dem Feldeinsatz beruht.

Damit deckt der Entwicklungsprozess auch Herausforderungen ab, die erst im Feld zutage treten. Neben den genannten Problemen mit Biodiesel sind das beispielsweise schwankende Kraftstoffqualitäten durch die weltweit differierenden Kraftstoffnormen sowie sehr häufig Verunreinigungen, die in Raffinerien, Pipelines oder der Tankstelle eingetragen werden. Unter diesen herausfordernden Bedingungen muss das Kraftstofffilter-System über Lebenszeit eine Filterperformance auf der Abström- oder Reinseite des Filters gewährleisten, mit der Schäden durch Partikel oder Korrosion verhindert und Verschleiß von Motorbauteilen und -komponenten wie der Einspritzpumpe oder -düse minimiert werden. Ein besonderes Augenmerk der Entwicklerinnen und Entwickler liegt dabei auf Wechselbelastungen, die durch Pulsation oder bei Vibrationen im Realbetrieb unvermeidlicherweise auftreten und zur Ablösung von Partikeln und deren Eintrag in den reinseitigen Kraftstoff führen können. Versuche von Hengst zeigen beispielsweise, dass ein Filtermedium mit einem Beta-Wert im Labor von 1000 bei 4µm (Verhältnis aus Partikelzahl 1000 vor und 1 nach dem Filterdurchgang) im Realbetrieb unter Umständen nur noch einen Beta-Wert von 5 (von 1000 Partikeln gelangen 200 Partikel zur Reinseite) erreicht. Durch ein Filterelement, das auch bei Vibration und Pulsation stabile, hohe Abscheidegrade erzielt, wird der Verschleißschutz des sensiblen, eng tolerierten Einspritzsystems und damit auch ein hoher Motorwirkungsgrad über Lebensdauer abgesichert.

Abb. 5: Gesamtentwicklungsprozess neuer Filtersysteme bei Hengst

Dabei sind die Herausforderungen an das Filtersystem in den vergangenen Jahren stark gestiegen, denn die zunehmend komplexeren Einspritzsysteme reagieren immer empfindlicher auf Kontaminationen im Kraftstoff. War noch vor wenigen Jahren eine Filtrationseffizienz von 99 Prozent ausreichend (entspricht einem Beta-Wert von 100), erreichen moderne Systeme von Hengst heute eine Filtereffizienz von 99,99 Prozent (Beta-Wert 10.000). Durch neue Filtermedien (Werkstoffe) konnte dabei parallel die Staubspeicherfähigkeit gegenüber Wettbewerbern sogar zum Teil verdreifacht werden, auf rund 180 Gramm/Kubikdezimeter heute. Bei höherer Filterleistung bieten die Systeme damit auch unter widrigen Einsatzbedingungen identische oder sogar längere Standzeiten als noch vor wenigen Jahren.

Kombidesign

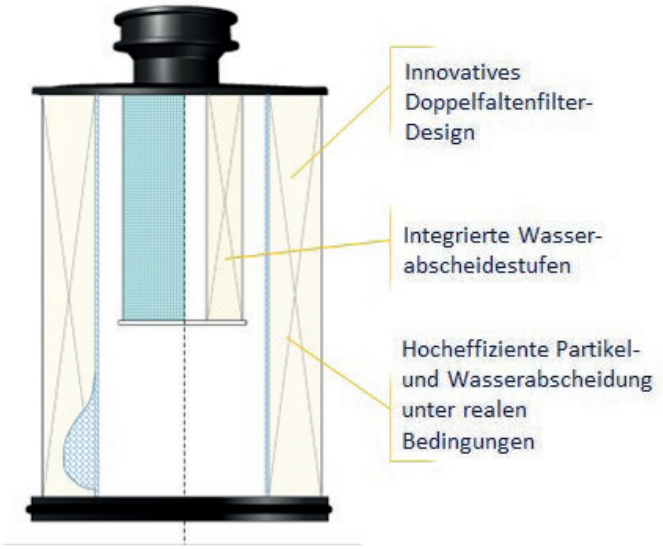


Abb. 6: Filtereinsatz im Kombidesign

Partikelfiltration

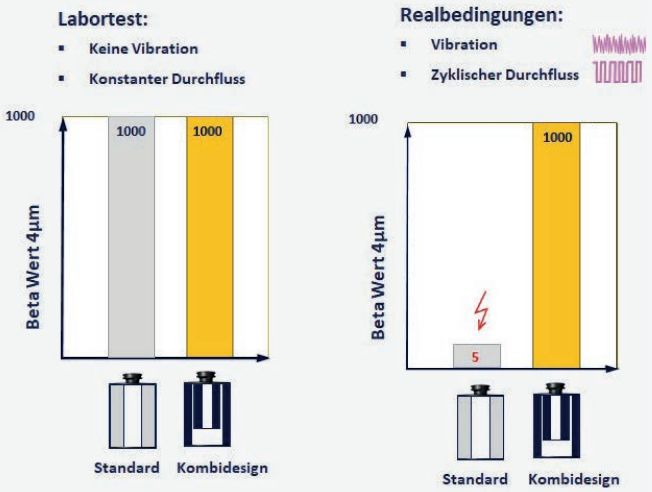


Abb. 7: Beispiel Vibration/Pulsation: Erst Realtests geben Aufschluss über die Filterperformance im Feld

Filtereffizienz und Staubaufnahmekapazität

Spezifische Durchflussmengen, Ende Δp = 80kPa

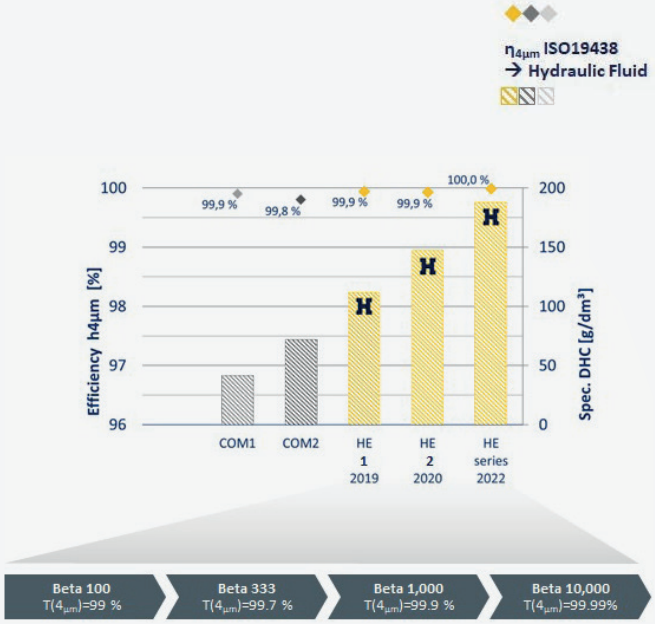


Abb. 8: Steigende Filterwirkungsgrade sichern die Funktion moderner Motorkonzepte ab

Blue.maxx – Baukasten für alle Anwendungen

Das Kraftstofffilter-Konzept Blue.maxx ist auf der Grundlage des umfassenden System- und Entwicklungs-Know-hows bei Hengst entstanden. Das System ist für alle derzeitigen und künftig voraussichtlich eingesetzten Kraftstoffe weltweit – sowohl auf fossiler als auch biogener und synthetischer Basis – geeignet.

Um den vielfältigen Anforderungen an die moderne Motortechnik mit Nutzfahrzeug- und Off-Highway-Bereich gerecht zu werden, hat Hengst das Kraftstofffilter-System modular aufgebaut. Es kann schnell und einfach als Erstausrüster- oder Nachrüstlösung an verschiedene Anwendungen angepasst werden. Auswahlhilfe gibt ein Konfigurator, der unter **www.hengst.com/blue.maxx** verfügbar ist und mit wenigen Eingabe-Clicks die ideale Blue.maxx Lösung für den individuellen Anwendungsfall ermittelt.

Der Aufbau des Filterkonzepts.

01 Handförderpumpe / E-Pumpe

02 Entlüftungsschraube

03 Kraftstoffheizung (optional)

04 Patentierter Filtereinsatz Energetic®

05 Deckel mit integriertem Wassersammelraum

06 Wasserablassschraube (Wasserstandssensor optional)

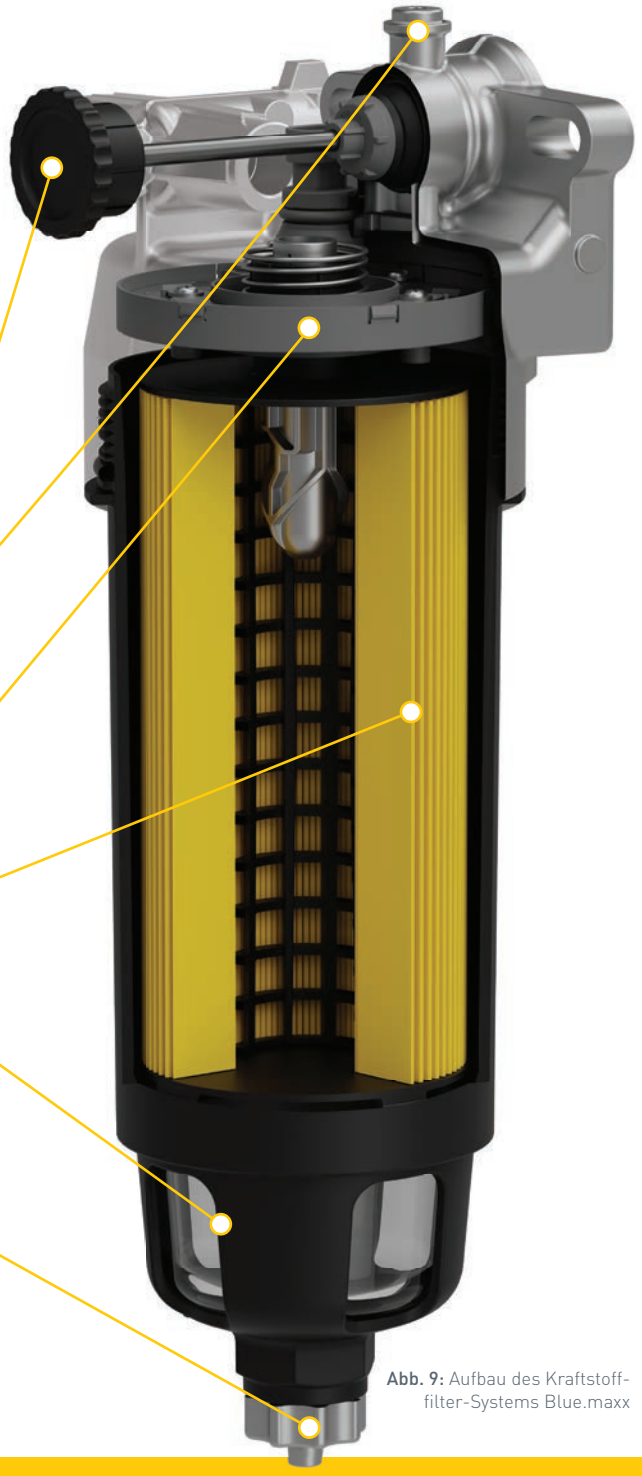


Abb. 9: Aufbau des Kraftstoff-filter-Systems Blue.maxx

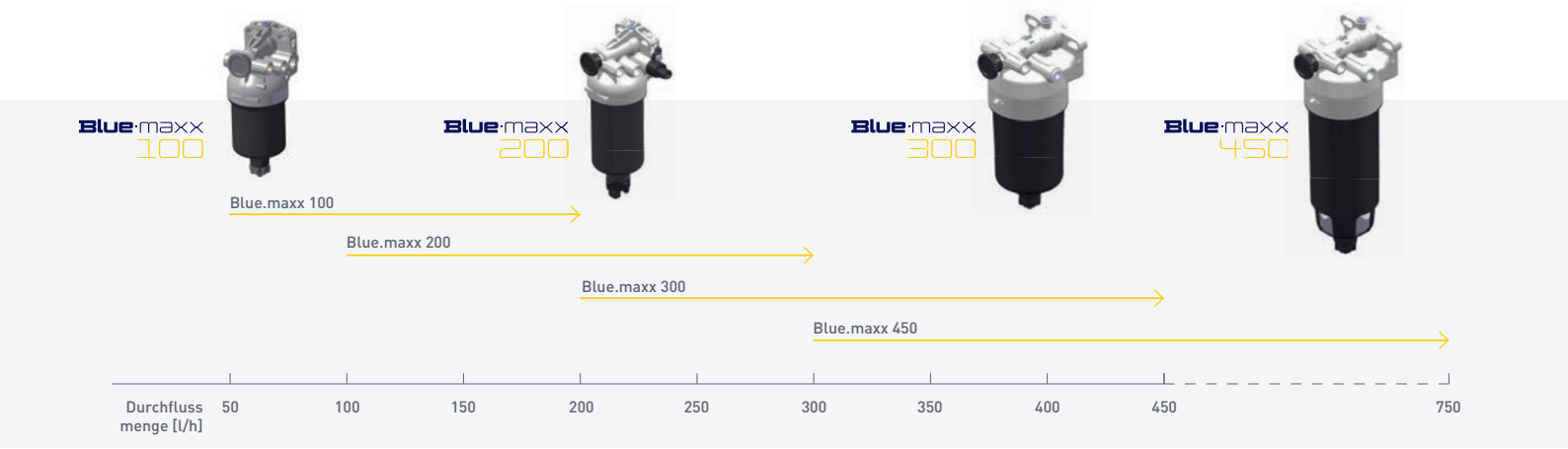


Abb. 10: Die vier Basisgrößen mit samt flexibel zusammenstellbaren Komponenten decken standartmäßig einen Großteil der Anwendungen ab.

Das Herzstück des Blue.maxx ist der Kraftstofffilter-Einsatz Energetic. Je nach Abscheide- und Feinheitsanforderungen stehen verschiedene ein- oder mehrlagige Filterelemente zur Verfügung. Beim Wechsel des komplett thermisch verwertbaren, metallfreien Einsatzes vermeidet der Verbauschutz eine fehlerhafte Handhabung und den Einbau von Plagiaten. Das Blue.maxx System kann zweiteilig als Vor- und Hauptfilter oder als kombinierter Hauptfilter mit integrierter Wasserabscheidung ausgelegt werden. Die Wasserabscheidung stellt neben dem Korrosionsschutz einen wichtigen Beitrag zur Vermeidung der Dieselpest dar. Durch den im Filterelement integrierten Wasserabscheider, der aus Coalescer und Sieb besteht, erzielt das Kombi-System eine besonders effektive Wasserabscheidung und stellt einen hohen Reinheitsgrad des Kraftstoffs sicher. Im Wassersammelraum wird das abgeschiedene Wasser gesammelt. Der Blue.maxx Baukasten enthält vier Basisvarianten für Volumenströme von 50 bis 750 Litern/Stunde, die durch verschiedene Zusatzelemente individuell angepasst werden können.

Beispielsweise können Kunden zwischen einer manuellen und einer elektrischen Kraftstoffförderpumpe wählen. Beide Lösungen bieten hohes Fördervolumen, große Saughöhe, maximale Funktionssicherheit und geringe Leistungsverluste durch ein strömungsoptimiertes Design. Für die Temperierung des Kraftstoffs stehen eine Stab- und eine leistungsfähigere Ringheizung zur Auswahl, die durch einen integrierten Thermoschalter gesteuert werden. Der Wasserstand im Sammelraum lässt sich mithilfe einer aktiven oder passiven Sensorik detektieren. Zusatzfunktionen wie eine Wasserablassanzeige machen den Blue.maxx zu einer smarten Komponente im Elektroniksystem der Anwendung.

Filtereinsatz Energetic® | **Pumpe** | **Heizung** | **Steckverbinder** | **Sensorik**

Abb. 11: Modulare Erweiterung des Blue.maxx Filtersystems aus dem Baukasten.

Zusammenfassung und Ausblick

Aufgrund der komplexen Technik heutiger Verbrennungsmotoren ist die Integration eines modernes Filtersystems, das sowohl eine Vielzahl feinster Partikel als auch Wassertröpfchen abscheiden kann, unerlässlich. Künftig kommen bei Nutzfahrzeugen und im Off-Highway-Bereich aus Umweltschutzgründen verstärkt alternative Kraftstoffe und deren Blends zum Einsatz. Aufgrund von Alterungserscheinungen der Biokraftstoffe und des höheren Wasseraufnahmevermögens kann es dabei im Betrieb zu Problemen kommen. Um das Kraftstofffilter-System optimal auf alternative Kraftstoffe abzustimmen, hat Hengst spezielle Prüfmethodiken entwickelt.

Sie sind in den Gesamtentwicklungsprozess fortschrittlicher Kraftstofffilter-Systeme eingebettet und schaffen die Grundvoraussetzung für die Zuverlässigkeit und Langlebigkeit moderner Motoren. Ein Beispiel der so entwickelten Produkte ist das innovative Kraftstofffilter-System Blue.maxx, das aus serienmäßig verfügbaren Basisvarianten besteht und durch spezielle Zusatzmodule ergänzt werden kann. Ein Online-Konfigurator erleichtert die Zusammenstellung der passenden Filterlösung für die jeweilige Anwendung. Mit Innovationen wie dem Blue.maxx schafft Hengst die Voraussetzung für den weltweiten Einsatz effizienter und klimafreundlicher Dieselantriebe mit hoher Verfügbarkeit, Zuverlässigkeit und Lebensdauer.

Kontakt

Christof Schleusener · c.schleusener@hengst.de
+ 49 251 20202-622