

## Blue Tron – Elektrisch Angetriebener Tellerseparator für Pkw-Anwendungen

Die sich weltweit verschärfenden CO<sub>2</sub>-Ziele stellen die Entwickler moderner Verbrennungsmotoren vor immer größere Herausforderungen. Hengst zeigt in diesem Beitrag die Leistungsfähigkeit elektrischer Tellerseparatoren hinsichtlich hocheffizienter Ölabscheidung und kennfeldweit negativer Kurbelgehäusedrücke.

AUTOREN



**Dipl.-Ing. Martin Rölover**  
ist Gruppenleiter Konstruktion bei Hengst SE & Co.KG in Münster.



**Dipl.-Ing. (FH) Mustafa Kuzgunoglu-Hennecke**  
ist Entwicklungsingenieur Konstruktion bei Hengst SE & Co. KG in Münster.



**Dr.-Ing. Eike Stitterich**  
ist Leiter Entwicklung Kurbelgehäuseentlüftung & Abscheider bei Hengst SE & Co.KG in Münster.



**Dipl.-Ing. Achim Brömmel**  
ist Chief Technology Officer bei Hengst SE & Co. KG in Münster.

**BEKANNTE ANWENDUNGEN FÜR ELEKTRISCHE TELLERSEPARATOREN**

Das Wirkprinzip des Tellerseparators ist in der Industrie schon viele Jahre bekannt. Nachdem man sich in industriellen Anwendungen zunächst die hohen Abscheidegrade aufgrund der Dichteunterschiede zu trennender Flüssigkeiten in dünnen Spalten eines aus vielen Einzeltellern aufgestapelten Rotors zunutze gemacht hat, wurde dieses Konzept schon bald zur Trennung von Flüssigkeitstropfen aus gasförmigen Medien erfolgreich angewendet [1]. Dabei hat sich in der Industrie aufgrund der Flexibilität bei der Energieversorgung schon früh der Elektromotor als vorteilhafte Form des Rotationsantriebs etabliert. Zur Reinigung der Gehäuseluft von Öl- und Kühlschmierstoffpartikeln werden heute beispielsweise in Bearbeitungszentren elektrische Tellerseparatoren mit Luftdurchsätzen von 500 bis 2500 m<sup>3</sup>/h eingesetzt. Der Vorteil dieser Technologie gegenüber der herkömmlichen Luftreinigung durch Filter besteht darin, dass die Systeme als Lebensdauerbauteile sehr wartungsarm sind und das abgeschiedene Kühlschmiermittel wiederverwendet werden kann [2].

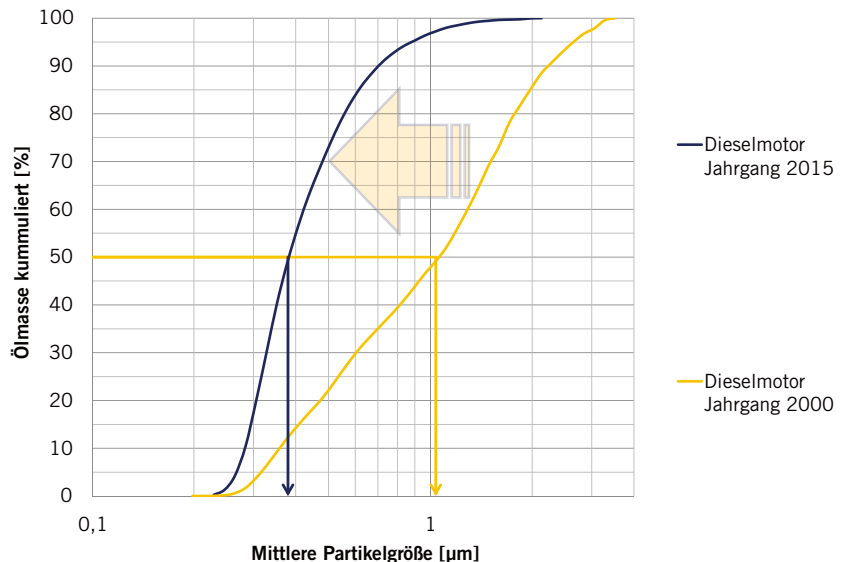
Diese ideale Kombination eines hocheffizienten Feinölabscheiders auf Basis eines rotierenden Tellerpaketes und eines flexiblen, effizienten und wartungsfreien Elektromotors für die Entölung des Blow-by-Gases von Nutzfahrzeug-Dieselmotoren wurde erstmals 2012

durch Hengst zur Serienreife gebracht. Dazu musste die in der Industrie etablierte, sehr massiv und groß ausgeführte Bauform auf ein im Fahrzeugbau akzeptiertes Maß reduziert werden, welches sich durch deutlich kompaktere Maße, stark reduzierten Materialeinsatz, kostengünstige und durch Massenproduktion herstellbare Komponenten und Prozesse auszeichnet. Zugleich werden die im verbrennungsmotorischen Umfeld deutlich höheren Anforderungen bezüglich Umgebungstemperaturen, Medienbeständigkeit und äußeren Schwingungsanregungen erfüllt.

**AKTIVE KURBELGEHÄUSEENTLÜFTUNG**

Die weltweit stetig anspruchsvoller werdenden CO<sub>2</sub>-Ziele stellen die Entwickler moderner Verbrennungsmotoren vor immer größere Herausforderungen. Um diese Ziele zu erreichen und gleichzeitig dem Leistungsanspruch der Kunden zu genügen, sind Downsizing-Motoren mit starker Aufladung sowohl bei Otto- als auch bei Dieselmotoren längst etabliert.

Diese Motorenkonzepte bedingen aufgrund ihrer hohen Leistungsdichte neben gestiegenen Lade- und Mitteldrücken auch höhere Temperaturen im Brennraum und im Abgassystem. Als Folge dessen sowie aufgrund der Verwendung niedrigviskoser Schmieröle hat sich die mittlere Tröpfchengröße der Feinölpartikel im Blow-by-Gas in den letzten fünfzehn Jahren mehr als halbiert, **BILD 1** [3]. Auch wenn feinste Öl-



**BILD 1** Entwicklung der Rohgaspartikelspektren von Pkw-Dieselmotoren (© Hengst)

partikel ( $\ll 1 \mu\text{m}$ ) im Vergleich zu den Grobölpartikeln ( $>1 \mu\text{m}$ ) in der Gesamtmasse des durch die Kurbelgehäuseentlüftung ausgetragenen Öls nur einen kleinen Anteil ausmachen, führen sie bei mangelhafter Abscheidung zu erheblichen motorischen Problemen. Bei hoch aufgeladenen Ottomotoren können sie bei niedriger Drehzahl und hoher Last beispielsweise stochastisch auftretende Vorentflammungseffekte (Low Speed Pre-Ignition - LSPI) im Brennraum begünstigen, welche erhebliche Motorschäden verursachen [4]. Um dies zu verhindern, muss in vielen Fällen die Leistung der Motoren in diesen Kennfeldpunkten herabgesetzt werden.

Bei modernen Dieselmotoren hingegen, stellt die Versottung von Motorkomponenten im Ansaugtrakt das größte Problem einer unzureichenden Feinabscheidung dar. Die sehr feinen und durch hohe Scherkräfte stark oberflächenaktivierten Ölpartikel verkoken und verlacken Komponenten wie Turbolader, Ladeluftkühler und Luftklappen in kurzer Zeit, was nicht selten zu messbaren Leistungsverlusten des Motors führt. Da diese Effekte durch hohe Temperaturen begünstigt werden, sind die Motorenentwickler daher häufig gezwungen die Lufttemperatur nach Verdichter unabhängig vom Ladedruck zu begrenzen.

Mit aktiven Ölabscheidern, wie dem hydraulisch angetriebenen Tellerseparator Blue Disc [3] oder der elektrisch angetriebenen Variante Blue Tron lassen sich beide Probleme durch die gegenüber passiven Abscheidesystemen deutlich gesteigerte Abscheideleistung feiner Ölpartikel erheblich minimieren. Neben dieser wichtigen Funktion erfüllen beide aktiven Systeme zudem deutlich besser als herkömmliche Abscheider die Anforderung, im Kurbelgehäuse kontinuierlich

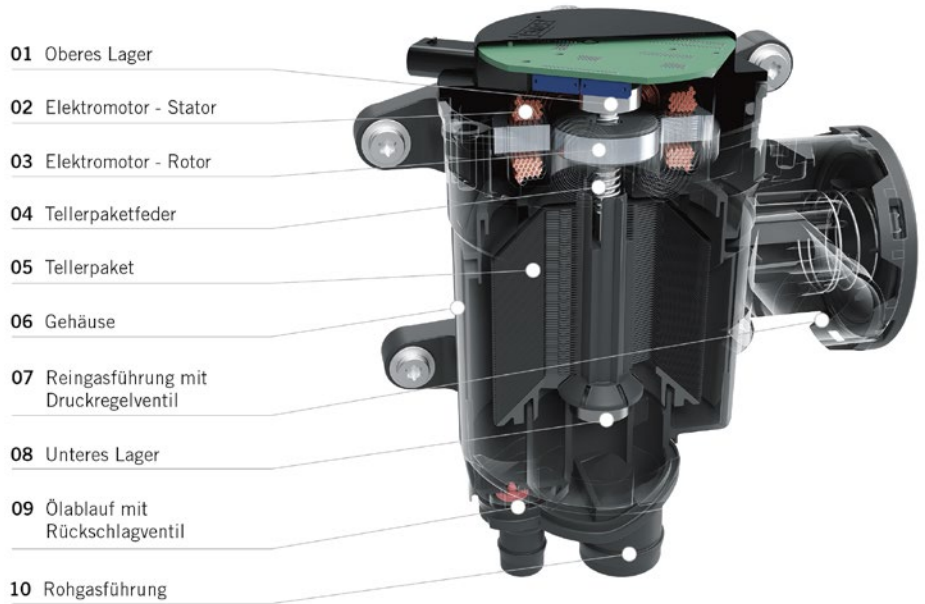


BILD 2 Hengst Blue Tron in der Schnittdarstellung (© Hengst)

einen Druck unterhalb des Umgebungsluftdrucks zu gewährleisten. Während passive Abscheidesysteme die zur Ölabscheidung erforderliche Energie aus der Druckdifferenz zwischen Kurbelgehäuse und Saugseite des Verbrennungsmotors beziehen, wird bei Tellerseparatoren der Gasstrom durch das rotierende Tellerpaket erzeugt. Der Volumenstrom wird also aktiv aus dem Kurbelgehäuse gefördert.

**DAS BLUE-TRON-KONZEPT**

Einen elektrisch angetriebenen Tellerseparator für die Anwendung im Pkw zu entwickeln, bedeutete für Hengst, zunächst die Erfahrungen aus dem Nfz-Serienprodukt zu bündeln. Ein bürstenloser Gleichstrommotor in gekapselter Ausführung hat sich gerade im Hinblick

auf aggressive Blow-by-Zusammensetzungen, wie Sie durch die Verwendung von alternativen Kraftstoffen vermehrt auftritt, und die Vermeidung von Zündquellen im Blow-by-Strom als Vorzugslösung erwiesen. Eine über 20.000 h erprobte, wartungsfreie Wälzlagerkombination, ein bewährtes Kunststofftellerdesign mit spezieller Material- und Wandstärkengestaltung sowie eine optimierte Gas- und Ölführung am Austritt des Tellerpakets können ebenfalls aus der Nfz-Variante übertragen werden. Allerdings sind auch die Pkw-spezifischen Belange auf die Produktgestaltung anzuwenden – insbesondere hinsichtlich der Größen- und Gewichtsziele. Neben einem reduzierten Tellerdurchmesser hilft ein innovatives Tellervorspannkonzep, die Baugröße des Rotors zu minimieren. Die direkte Integration der Lager im Stator des elektrischen Antriebs und dem Gehäuse sowie eine sehr dünnwandige Gehäuseausführung tragen den ambitionierten Gewichtszielen Rechnung.

Auch für die Pkw-Anwendung wird das Konzept des von Innen nach Außen durchströmten Tellerseparators verwendet, da die sich hierdurch einstellende Fördercharakteristik des Blow-by-Gases die geringfügigen Nachteile in der Partikelabscheidung an anderer Stelle kompensiert. Die Verringerung der Abscheideleistung, welche aus der Verkleinerung der Separatorteller auf Pkw-Dimensionen

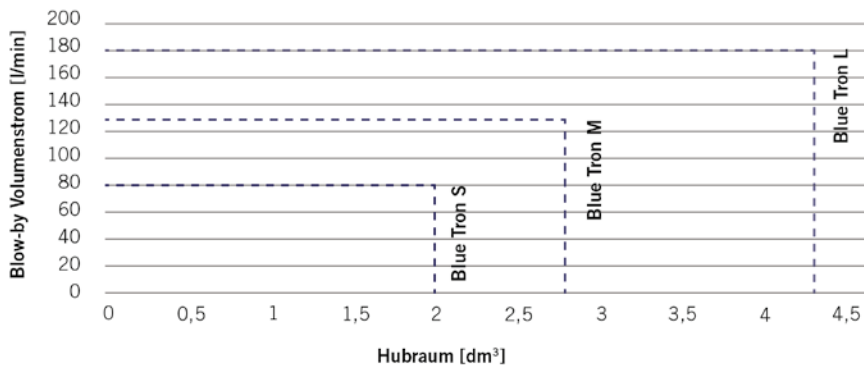
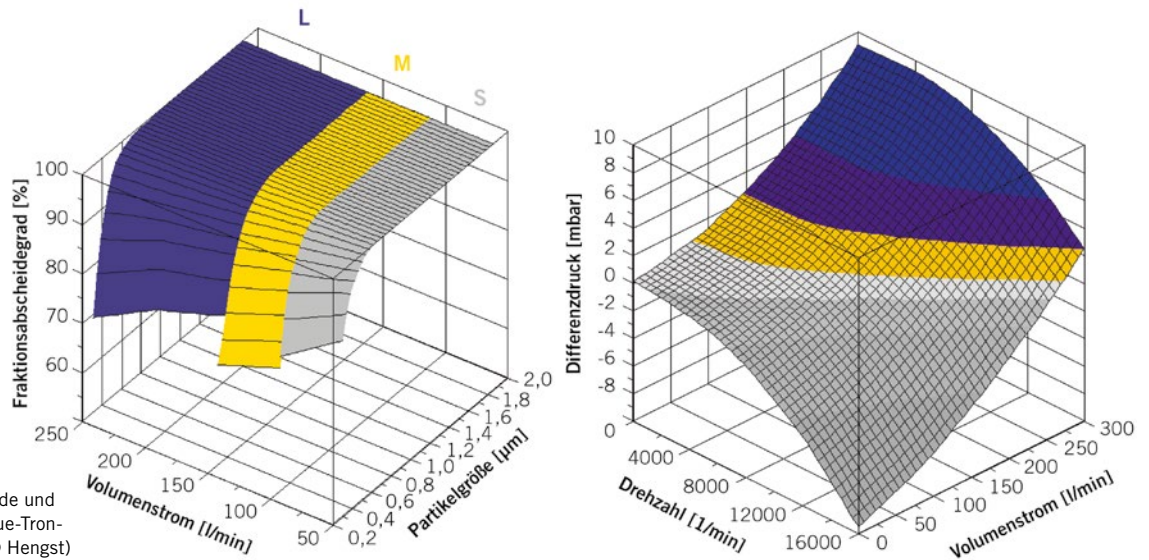


BILD 3 Funktionale Definition des Blue-Tron-Tellerseparatorbaukastens (© Hengst)



**BILD 4** Fraktionsabscheidegrade und Differenzdruckverlauf des Blue-Tron-Tellerseparatorbaukastens (© Hengst)

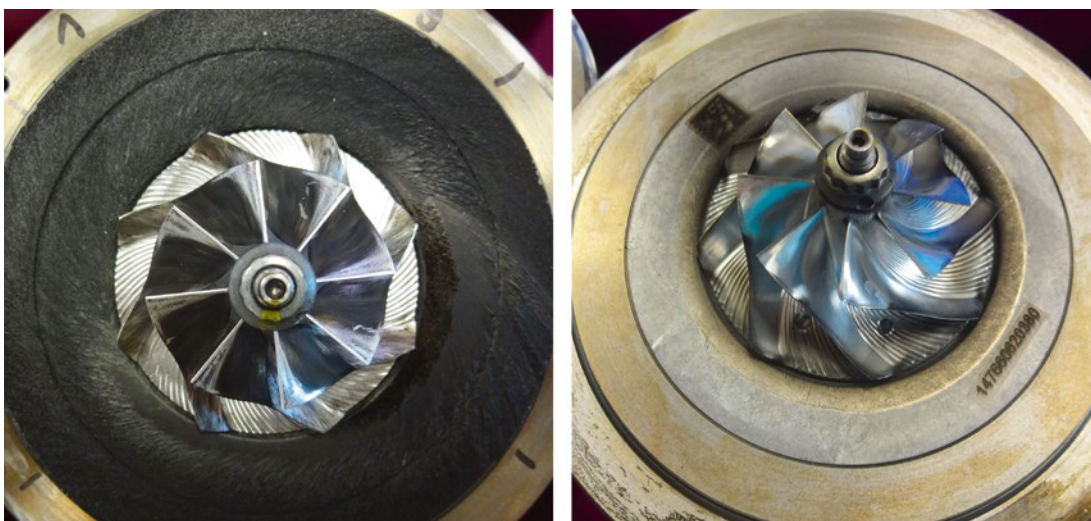
resultiert, wird durch eine Anhebung der maximalen Tellerseparator Drehzahl von 12.000 auf 16.000/min ausgeglichen. Die Standardkomponenten Druck- und Ölrücklaufregelung auf der Roh- bzw. Reinseite des Tellerseparators können je nach Anwendungsfall und Einbausituation beziehungsweise Schnittstellengestaltung integriert werden, **BILD 2**. Um eine modulare Lösung für eine große Bandbreite an Motoren kurzfristig zur Verfügung stellen zu können, wurde ein Baukasten aus drei Blue-Tron-Größen definiert. Dieser ist in **BILD 3** mit Bezug auf die Blow-by-Menge beziehungsweise den Motorhubraum dargestellt. Für alle Tellerseparatorgrößen sind stehende und liegende Varianten definiert, wobei sich

aus diesen auch jedwede Winkellage generieren lässt.

Die Größenauswahl kann sich an den in **BILD 3** gezeigten Motorparametern orientieren, sollte aber auch auf Basis des gewünschten Förderverhaltens und des auftretenden Partikelspektrums im Rohgas betrachtet werden. Ein größerer Tellerseparator bietet wie in **BILD 4** dargestellt neben einer verbesserten Abscheideleistung bei gleichem Blow-By-Volumenstrom eine verstärkte Förderung des Gases aus dem Kurbelgehäuse zur Ansaugstrecke des Motors. Die Varianten des oben beschriebenen Baukastens sind so ausgelegt, dass eine Abscheidung von 0,4 µm Partikeln bei einem spezifischen Blow-By-Volumenstrom zu 90 % erreicht wird.

### FUNKTIONSPOTENTIALE FÜR KURBELGEHÄUSEENTLÜFTUNG UND MOTORBETRIEB

Neben den absoluten Verbesserungen bei Abscheideleistung und Druckhaushalt gegenüber passiven Trägheitsabscheidern zeichnen den elektrisch angetriebenen Tellerseparator noch weitere Vorzüge aus. Durch den vom Verbrennungsmotor unabhängigen Antrieb kann die Abscheideleistung betriebspunktindividuell und bedarfsgerecht eingestellt werden. Gerade im Vergleich zu hydraulisch oder pneumatisch angetriebenen aktiven Abscheidern zeigen sich hier Vorteile bei feinen Partikelspektren und niedrigen Motordrehzahlen, im Umschaltbereich



**BILD 5** Verdichter nach Versottungsdauerlauf mit passivem Abscheider (links) und elektrischem Tellerseparator (rechts) (© Hengst)

zwischen Teil- und Vollast sowie bei hohen Motordrehzahlen und niedrigen Lasten. In letztgenanntem Fall verbrauchen hydraulisch und pneumatisch angetriebene Systeme in der Regel erheblich mehr Energie als notwendig wäre. Folglich lassen sich neben der Anpassung des Tellerseparatorbetriebs auf Abscheideleistung und Kurbelgehäusedruck weitere Regelszenarien denken.

Diese Potentiale auf Systemebene bedingen natürlich einige Vorteile auf Gesamtmotorebene. So reduziert stark entöltes Blow-By die Ablagerungsbildung im Ansaugtrakt des Motors. Insbesondere heiße Motorkomponenten wie Verdichter und Ventile, aber auch Ladeluftkühler und Drosselklappen werden hier konkret sauber gehalten, **BILD 5**. Folglich behält der Motor über eine längere Einsatzzeit seine Effizienz. Darüber hinaus ermöglicht nur nahezu ölfreies Blow-By die weitere Optimierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen des Verbrennungsmotors über höhere Verdichtungsendtemperaturen hin zu höheren Ladedrücken. Vor dem Hintergrund der aktuell strenger werdenden Abgasgesetzgebung mit besonderer Betrachtung des realen Fahrbetriebs (RDE) und des Emissionsverhaltens über die Fahrzeuglebensdauer zeigt sich, dass die drastische Reduzierung des Öleintrags aus der Kurbelgehäuseentlüftung hilft, der aschebasierten Degradation der Abgasnachbehandlungsorgane entgegenzuwirken (siehe Forschungsvorhaben M1416 und M2016 der Forschungsvereinigung Verbrennungsmotoren FVV). Bei

hochaufgeladenen Ottomotoren mit direkter Kraftstoffeinspritzung weisen aktuelle Studien eine Relevanz des Öleintrags aus der Kurbelgehäuseentlüftung aus [5]. Dieser Effekt wird im FVV-Vorhaben „Öleintrag in Verbrennung“ seit August dieses Jahres näher untersucht.

Der durch das aktive Förderverhalten verbesserte Druckhaushalt im Kurbelgehäuse kann sich zum einen positiv auf den Ölrücklauf am Turbolader auswirken, zum anderen sogar die Auslegung der berührenden Dichtungen an Nocken- und Kurbelwelle vereinfachen [6]. Ursächlich hierfür ist ein konstant niedriges Kurbelgehäusedruckniveau, welches idealerweise unterhalb des Ansaugdrucks vor Verdichter liegt. Die elektrische Drehzahlregelung ermöglicht sehr konstante Kurbelgehäusedrücke bei allen Betriebspunkten.

### AUSBLICK

Aktuelle Versuche an verschiedenen Motoren belegen die Leistungsfähigkeit elektrischer Tellerseparatoren hinsichtlich hocheffizienter Ölabscheidung und kennfeldweit negativer Kurbelgehäusedrücke. Wie die Ansteuerung elektrischer Tellerseparatoren in einer Serienapplikation gestaltet sein wird, ist derzeit noch in Diskussion. Eine Drehzahlregelung anhand von auftretendem Partikelspektrum oder Kurbelgehäusedruck erscheint grundsätzlich sinnvoll [7]. Zudem sind bei stationärem Motorbe-

trieb Drehzahlvariationen am Tellerseparator denkbar, welche zusammen mit der Auswertung eines Kurbelgehäusedrucksignals eine Diagnose des Entlüftungssystems hinsichtlich Dichtheit ermöglichen könnten [8].

Obgleich aktuell nur Applikationen eines elektrischen Tellerseparators als alleinstehende Motorkomponente in Diskussion sind, gehen die Modularisierungsgedanken dahin, dieses Entlüftungssystem mit einer Hengst Ölfiltration zu kombinieren, **BILD 6**. Neben der Minimierung von Montageaufwand für die Kunden stehen hier vor allem die Reduzierung von Schnittstellen, Systemgewicht und der Anzahl von Verbindungselementen im Fokus.

### LITERATURHINWEISE

- [1] Anderson, S. M.: Electrically Driven Cream Separator, US Patent 2,265,053, 1941
- [2] <https://www.3nine.de/oelnebelabscheider/>, aufgerufen am 21.07.2017
- [3] Kuzgunoglu-Hennecke, M. et al.: Aktive Kurbelgehäuseentlüftung für PKW Motoren. In: MTZ 77 (2016), Nr. 3, S. 38-45
- [4] Mayer, M.; Hofmann, P.; Williams, J.; Tong, D.: Vorentflammungseinfluss des Motoröls bei hochaufgeladenen Ottomotoren mit direkter Einspritzung. In MTZ 77 (2016), Nr. 6, S. 42-47
- [5] Niizato, T. et al.: Hondas neue Turbo-GDI Motorenfamilie für globale Anwendung. 37. Internationales Wiener Motorensymposium, 2016
- [6] Paulisch, A.; Heilig, M.; Knezic, P.: Dynamische Kurbelwellendichtung mit hoher Vakuumtoleranz. In: MTZ 78 (2017), Nr. 6, S. 62-67
- [7] Skoog, J.: Device and Method for Cleaning Crankcase Gas, US Patent US 9,243,528 B2, 2016
- [8] Pursifull, R. D. et al.: Crankcase Breach Detection for Boosted Engines, US Patent Application 2010/0147270 A1, 2010



**BILD 6** Kombination eines hydraulischen Tellerseparators Blue Disc mit einem Energetic Ölfiltersystem (© Hengst)

## DANKE

Wir danken allen beteiligten Mitarbeitern des Unternehmens Hengst SE & Co. KG für die Mitwirkung an diesem Beitrag.



### READ THE ENGLISH E-MAGAZINE

Test now for 30 days free of charge:  
[www.mtz-worldwide.com](http://www.mtz-worldwide.com)

