

Adaptive Ölabscheidung für eine effiziente Kurbelgehäuseentlüftung

Der Trend zu Downsizing-Verbrennungsmotoren mit gesteigerten Mitteldrücken führt zu immer feineren Ölpartikeln im Blow-by-Gas. Ölabscheidesysteme separieren diese Feinölpartikel aus dem Blow-by-Gas und erfüllen so eine wichtige Funktion in der Kurbelgehäuseentlüftung. Bei der neuen Multitwister-Technologie hat Reinz die Ölabscheidung um eine adaptive Lösung erweitert, die den Druckverlauf aktiv beeinflusst und den Wirkungsgrad weiter steigern kann.

AKTUELLE HERAUSFORDERUNGEN IN DER ÖLABSCHEIDUNG

Die allgemeine Entwicklung des Downsizing scheint nicht mehr aufzuhalten zu sein. Der Nachteil der Technik: feinere Ölpartikel im Blow-by-Gas, das als Gemisch aus Verbrennungsgas und diesen Partikeln konstruktionsbedingt am Kolben vorbei in das Kurbelgehäuse entweicht. Ziel der Ölabscheidung ist es, diese Ölpartikel möglichst vollständig aus dem Blow-by-Gas zu separieren, um eine bestmögliche Kurbelgehäuseentlüftung und saubere Abgase zu garantieren. Nur so sind die Auflagen immer strengerer Emissionsgesetze heute und in Zukunft umzusetzen. Darüber hinaus sorgen effiziente Ölabscheidesysteme für längere Ölwechselintervalle und effektiveren Bauteilschutz.

Die immer kleineren Ölpartikel stellen die Entwickler vor neue Herausforderungen. Wird das Blow-by-Gas wieder aus dem Kurbelgehäuse abgesaugt und der Verbrennung zugeführt, gelangt das nicht abgeschiedene Öl über die Ansaug-

AUTOREN



Dipl.-Ing. (FH) Francesco Zitarosa ist Leiter der globalen Anwendungstechnik Kurbelgehäuseentlüftung bei der Reinz-Dichtungs-GmbH in Neu-Ulm.



Philipp Zedelmair, B. Eng. arbeitet in der Entwicklung Ölabscheidung des Bereichs Kunststoffsysteme bei der Reinz-Dichtungs-GmbH in Neu-Ulm.



Dipl.-Ing. (FH) Christoph Erdmann ist Leiter der Entwicklung des Bereichs Kunststoffsysteme bei der Reinz-Dichtungs-GmbH in Neu-Ulm.



Dr. Jürgen Schneider ist Leiter der Produktentwicklung Europa bei der Reinz-Dichtungs-GmbH in Neu-Ulm.

luft in den Ansaugtrakt. Die möglichen Folgen sind Ablagerungen, zum Beispiel am Turbolader und an den Einlassventilen, sowie höhere Emissionen. Zusätzlich geben die Automobil- und Motorenhersteller niedrigere Grenzwerte im Volllastbereich – einzelne Hersteller auch über das komplette Kennfeld – für Grob- und Feinölpartikel im Blow-by-Gas vor. Vor rund zehn Jahren lag das tolerierte Maximum bei circa 5,0 g/h, es folgte eine Phase, in der 1,0 g/h als Standardwert galt. Mittlerweile fordern die OEMs Werte von maximal 0,5, teilweise sogar 0,25 g/h Ölaustrag und darunter.

Die Kombination aus kleinsten Ölpartikeln und niedrigen Grenzwerten macht die Ölabscheidung immer anspruchsvoller. Nur wenn der Wirkungsgrad des Ölabscheiders erhöht wird, sind zukünftige Anforderungen zuverlässig zu erfüllen.

EVOLUTION DER ÖLABSCHEIDESYSTEME

Der Multitwister der ReinZ-Dichtungs-GmbH zählt zu den kleinsten und gleichzeitig leistungsfähigsten Ölabscheidesystemen für die Kurbelgehäuseentlüftung. Das Spritzgussteil besteht in der Standardversion aus parallel geschalteten Axialzyklonen (Bohröffnungen/Kanälen) mit zwei 180°-Leitwendeln und entgegengesetztem Drehsinn. Dieser Aufbau wird nach wie vor dadurch erreicht, dass zwei identische sogenannte Twisterplatten seitenverkehrt mit den Bohröffnungen aneinandergesetzt sind, sodass je zwei entgegengesetzte Wendeln aufeinanderstoßen. Das ölnebelhaltige Blow-by-Gas wird dadurch beim Durchströmen rotationsartig beschleunigt, wobei ein Großteil der Öltröpfchen auf die Außenwände trifft und dort einen Film bildet. Turbulenzen durch Drehsinnumkehr innerhalb des Multitwister erhöhen zusätzlich dessen Leistungsfähigkeit. Das Rohrende leitet die nun noch weiter gesteigerte abgeschiedene Ölmenge zuverlässig ab, sodass das Öl besonders umweltschonend wieder in den Schmierstoffkreislauf integriert wird.

SYSTEM MIT GESTEIGERTER EFFIZIENZ

Die bedeutendste Weiterentwicklung des Multitwister MT 2.0 ist seine gesteigerte

Effizienz, **BILD 1**. Für den Wirkungsgrad eines Ölabscheiders ist entscheidend, wie viele der Grob- und Feinölpartikel er aus dem durchströmenden Gasgemisch herausfiltert. Diese Daten, in Relation gesetzt zu der Anzahl und der Qualität der Ölpartikel vor dem Ölabscheider, beschreibt der sogenannte X50-Wert. Die bisherige Leistung des Multitwister konnte von einem X50-Wert von 1,0 µm durch das neuentwickelte System auf 0,65 µm – bei gleichem Druckverlust – gesenkt werden. Dieser verbesserte Wert wirkt sich auch auf die Umweltfreundlichkeit aus: Je effizienter ein Ölabscheider arbeitet, umso mehr Öl kann in den Kreislauf zurückgeführt werden.

Der Multitwister MT 2.0 ist robust, funktionssicher, wartungsfrei und kommt als festintegriertes Bauteil in Ventilhauben und Ölabscheidemodulen zum Einsatz. Er ist im Volumen sehr flexibel und funktioniert lageunabhängig, sodass jeder Einbauplatz möglich ist. Mit der Steigerung des Wirkungsgrads um 20 % belegt der Multitwister MT 2.0 einen Spitzenplatz unter den passiven Ölabscheidesystemen.

VERBESSERTE LEITGEOMETRIE

Die zentrale Frage für die Weiterentwicklung des Multitwister lautete: Wie lassen sich Konstruktion und Wirkungsgrad optimieren, ohne die Bauform zu verändern? Denn die Einflussmöglichkeiten auf die Einbausituation und damit auf die Ventilhaube sind – wenn überhaupt vor-

handen – marginal, da die standardisierte Außenkontur des Multitwister nur eingeschoben oder eingeschweißt wird.

Bei identischer Außengeometrie verfolgten die Entwicklungsingenieure unterschiedliche innovative Ansätze, die mittels CAD-Anpassungen, Strömungssimulationen (CFD-Berechnungen), numerischer und statistischer Methoden und Prototypuntersuchungen konsequent umgesetzt wurden. Der innere Aufbau des Multitwister MT 2.0 zeichnet sich durch folgende Optimierungen aus:

- verringerte Wandstärken
- optimierte Durchmesser der Twister
- verbesserte Helixgeometrie innerhalb der einzelnen Kanäle
- effiziente modulare Konstruktion für den schnellen Serieneinsatz.

Der gesteigerte Wirkungsgrad ist insbesondere das Ergebnis der verbesserten Helixgeometrie in Verbindung mit dem optimierten Bohrungsdurchmesser. Der geringere Strömungswiderstand und der damit verbundene geringere Druckverlust führen zu einem deutlich verbesserten Wirkungsgrad der Ölabscheidung.

In der Entwicklungsphase veränderten die Ingenieure die „alte“ Auslegung des Multitwister, indem sie den Verlauf der Helixgeometrie schrittweise modifizierten. Um den Strömungswiderstand zu senken, wurde die Wandstärke von ursprünglich 0,9 auf 0,15 mm verdünnt und parallel der Bohrungsdurchmesser im letzten Schritt auf 2,0 mm angepasst. Im Ergebnis ist der Strömungswider-

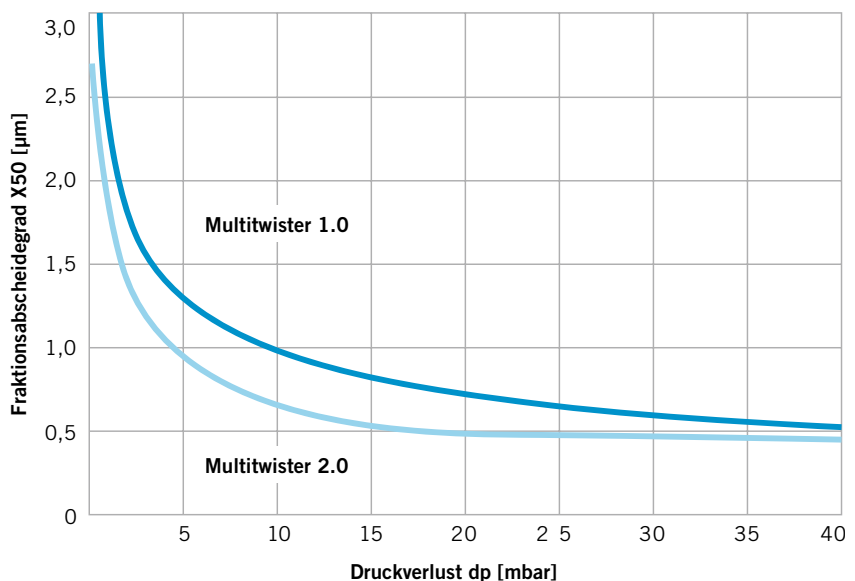
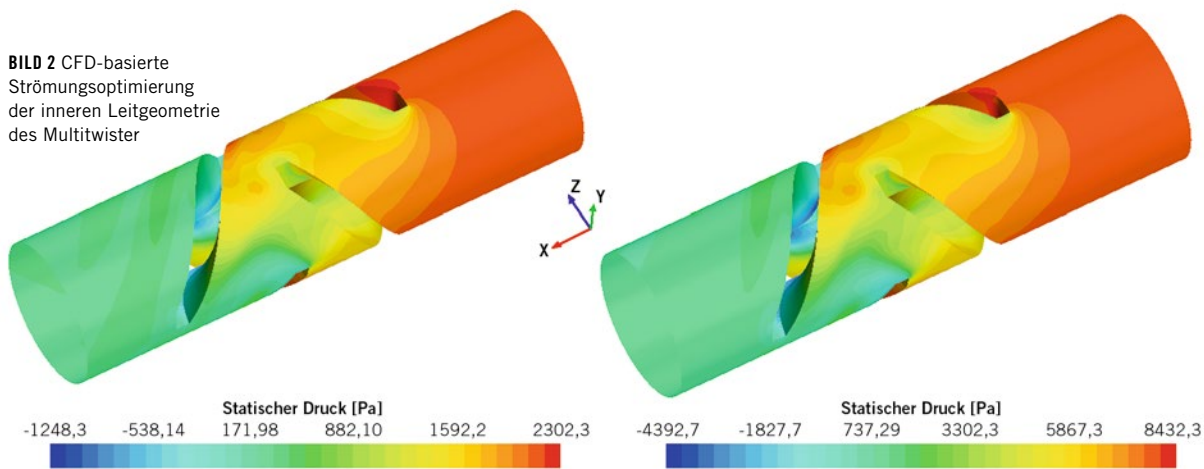


BILD 1 Effizienzsteigerung des Multitwister von Version 1.0 zu 2.0

BILD 2 CFD-basierte Strömungsoptimierung der inneren Leitgeometrie des Multitwister



stand bei identischer Ablenkung und Beschleunigung der Ölpartikel niedriger und der Wirkungsgrad um 30 % höher.

Sämtliche Konstruktionsmodifikationen basieren auf Strömungssimulationen mit anschließenden Prototypentests auf unternehmenseigenen Prüfständen. Denn schließlich muss sich das Verhältnis von Lochdurchmesser zu Wandstärke in der Helixgeometrie auch in der Praxis umsetzen und prozesssicher fertigen lassen. Bei der Auslegung des Multitwister spielte die numerische Berechnung über CFD-Software eine entscheidende Rolle, **BILD 2**. Um die Strömungssimulationen effizient zu nutzen, wurden die Strömungsräume direkt aus einem 3D-CAD-Modell abgeleitet und mit finiten Elementen abgebildet. Als Richtlinie diente dabei der Quotient aus Druckverlust und Strömungsgeschwindigkeit. Ziel war und ist es, den Druckverlust so gering wie möglich zu halten und gleichzeitig die Strömungsgeschwindigkeit zu steigern. Die sogenannte radiale Geschwindigkeit entscheidet in diesem Zusammenhang über die Qualität der Ölabscheidung. Sie beschleunigt die Partikel auch in Richtung Wand und ermöglicht erst die eigentliche Abscheidung.

In mehreren Testphasen ermittelte das Entwicklungsteam Konstruktionen mit unterschiedlichen Wandstärken und Bohrl Lochdurchmessern, die einen deutlichen Effizienzsprung zu den bestehenden darstellten. Diese wurden auf Prototypen übertragen, im Labor vermessen und auf den Prüfständen getestet. Der Multitwister MT 2.0 und der in der Folge beschriebene adaptive Multitwister MT 3.0 sind die Ergebnisse einer kompletten Entwicklungskette mit CAD, CFD, Interpretation der Ergeb-

nisse, Umsetzung in Bauteile sowie Labor- und Prüfstandtests.

Eine Twisterplatte mit einer Wandstärke von 0,15 mm stellt eine Herausforderung für die Werkzeugtechnologie dar. Ziel musste es sein, das komplexe Bauteil in einem einfachen, aber sicheren Prozess herzustellen. Als Spritzgussmaterial nutzt Reinz glasfaserverstärktes Polyamid 6.6 – ein sehr resistenter, hydrolysebeständiger und standardgeprüfter Werkstoff für Heißölanwendungen. Dieses Material ist bereits erfolgreich für Ventilhauben und Ölabscheidemodule im Einsatz und hat sich in der Praxis bewährt.

Der Vorteil der Multitwister-Konstruktion gegenüber Ölabscheidensystemen mit Vlieslösungen liegt in der uneingeschränkten Resistenz gegenüber den Bestandteilen des Blow-by-Gases. Im Gegensatz zu Vlieswerkstoffen sind beim Multitwister keine Anzeichen für Versotung oder Alterungsprozesse zu erkennen. Auch einen Test mit extremer Kurzstrecke im Winter zur Überprüfung des Verhaltens in der Kälte besteht der Multitwister einwandfrei. Ein weiterer Vorteil des Multitwister aus Polyamid 6.6 ist die Restschmutzfreiheit. Während Vliese Fasern absondern können, erfüllt der Multitwister die Restschmutzanforderungen der Motorenhersteller vollständig. Langzeittests haben ergeben, dass Multitwister noch nach zehn Jahren im Einsatz die gleiche Effizienz wie Neuteile aufweisen.

ADAPTIVES SYSTEM

Mit dem Multitwister MT 3.0, **BILD 3**, erweitert Reinz das Spektrum der Möglichkeiten um eine adaptive Variante. Eine Schaltvorrichtung öffnet und schließt eine definierte Anzahl von Multitwisterkanä-

len und optimiert so den Druckverlauf. Das Öffnen und Schließen wird über den Druck des Volumenstroms geregelt. In Bereichen geringer Volumenströme sind weniger Kanäle geöffnet, je höher der Volumenstrom ist, desto mehr Kanäle sind freigegeben. Die Adaption des Volumenstroms verbessert insbesondere bei geringen Blow-by-Gasmengen die Effektivität des Multitwister – mit deutlich positiven Auswirkungen für die Gesamtölabscheidung über das komplette Kennfeld.

Bei der Entwicklung der adaptiven Technologie auf Basis des Multitwister MT 2.0 mussten die Entwickler eine Besonderheit berücksichtigen: Für die CFD-Berechnungen waren aufgrund der Kombination aus Strömung und Mechanik spezielle Simulationsmodelle erforderlich. Diese Modelle mussten zunächst die Anströmung des Bauteils, als Resultat den Druckverlust, dann die Kraft auf die Schaltvorrichtung und schließlich den erneuten Druckverlust beim Öffnen der Schaltvorrichtung simulieren. Zusätzlich variiert der Druck, je nachdem wie weit sich der Spalt zwischen Schaltvorrichtung und Bauteil aufstellt. **BILD 4** zeigt Druckverläufe adaptiver und nichtadaptiver Ölabscheidensysteme im Vergleich.

Die Ölabscheidung ist in der Regel auf den vom OEM vorgegebenen maximalen oder nominalen Volumenstrom und damit auf einen Punkt ausgelegt. Aufgrund der fixen Geometrie erfolgte keine Optimierung der Ölabscheidung, obwohl es die Druckverhältnisse zulassen würden. Mit dem adaptiven Multitwister MT 3.0 ergeben sich hier völlig neue Ansätze. In einer ersten Variante des Multitwister MT 3.0 wird dieser zu einem dreistufigen Ölabscheidensystem aufgerüstet: Von insgesamt 22 Kanälen sind nur sechs dauerhaft

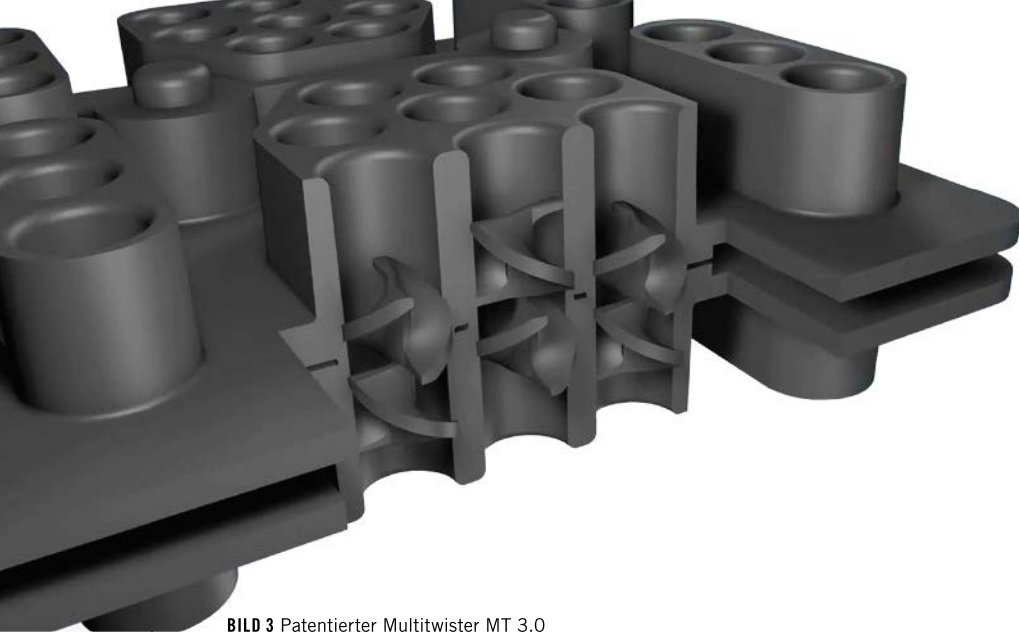


BILD 3 Patentierter Multitwister MT 3.0

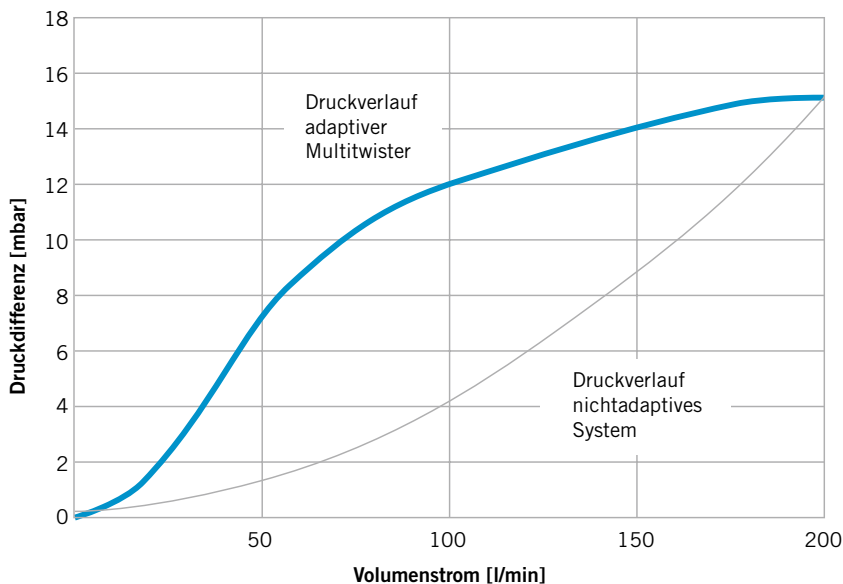


BILD 4 Druckverläufe adaptiver und nichtadaptiver Ölabscheidesysteme im Vergleich

geöffnet, die bei geringen Blow-by-Gas-Mengen effizient und schnell abscheiden. Erreicht der Volumenstrom eine definierte Stärke, öffnen weitere acht Kanäle. Erst bei maximalem Volumenstrom werden die restlichen acht Kanäle freigegeben. Sowohl die Anzahl der Kanäle als auch die jeweiligen Schaltpunkte der Schaltvorrichtung sind individuell konfigurierbar.

FAZIT UND AUSBLICK

Passive Systeme zur Ölabscheidung werden aus Kosten- und Gewichtsgründen mittelfristig die effizienteste Lösung für Pkw-Motoren bleiben. Ziel muss es sein, die Effektivität dieser Systeme weiter zu verbessern. Der adaptive Multitwister MT 3.0 ist ein wichtiger Schritt in diese Richtung.

Aktuell arbeitet Reinz an einer Neuentwicklung, die Ölabscheidung und Druckregelung in einem Bauteil zusammenschließt. Dieses System schafft die Voraussetzungen, den maximalen Unterdruck für die Ölabscheidung in jedem Lastpunkt zu nutzen. Ein solches integriertes System regelt bereits heute in einem Vorentwicklungsmotor den Kurbelgehäusedruck über das gesamte Kennfeld und liefert Ergebnisse mit deutlich reduzierten Ölausträgen.



DOWNLOAD DES BEITRAGS
www.springerprofessional.de/MTZ



READ THE ENGLISH E-MAGAZINE
 order your test issue now:
springervieweg-service@springer.com

Schmierfrei leicht gemacht



... und leicht in Form gebracht

Mit iglidur® Sonderteilen Schmierung eliminieren und Gewicht reduzieren: vom Fahrwerk bis zum Getriebe maßgeschneiderte iglidur® Polymergleitlager nach Wunsch. Halten länger, kosten weniger. Schnell geliefert.
igus.de/automotive

plastics for longer life®

igus®
 Technische Beratung:
 Tel. 02203 9649-694