



Der neue 1,0-l-Dreizylinder-Ottomotor von Honda

Seit 2015 hat Honda eine Reihe von Ottomotoren mit Turboaufladung und Direkteinspritzung, genannt VTEC Turbo, auf den Markt gebracht. Im Frühjahr 2017 wurde der bislang kleinste Motor der Baureihe in Europa eingeführt, ein neuentwickelter 1,0-l-Dreizylindermotor. Downsizing und moderne Technologien zur Reibminderung ermöglichen beim Civic der zehnten Modellgeneration im Vergleich zum Vorgänger Kraftstoffeinsparungen von 26 %.

AUTOREN



Tomonori Niizato
ist Senior Chief Engineer in der Engine Development Division bei der Honda R&D Co., Ltd., Automobile Center, in Haga-gun, Tochigi (Japan).



Mitsuhiro Shibata
ist Chief Engineer Gasoline in der Engine Development Division bei der Honda R&D Co., Ltd., Automobile Center, in Haga-gun, Tochigi (Japan).



Dr.-Ing. Michael Fischer
ist Abteilungsleiter Powertrain and Material Research bei der Honda R&D Europe (Deutschland) GmbH in Offenbach.



Ulf Reinschmidt
ist Gruppenleiter Powertrain Engineering bei der Honda R&D Europe (Deutschland) GmbH in Offenbach.

ÜBERSICHT ÜBER DEN NEUEN DREIZYLINDERMOTOR

Als Erweiterung der Motorenbaureihe VTEC Turbo von Honda [1, 2, 3] wurde ein neuer 1,0-l-Dreizylinder-Ottomotor mit Turboaufladung und Direkteinspritzung entwickelt, der sowohl den Kraftstoffverbrauch reduziert als auch die Fahrleistungen verbessert. Allen VTEC-Turbomotoren gemeinsam ist eine schnelle Verbrennung mit hoher Tumbleströmung, die seitliche Lage der Mehrloch-Einspritzventile sowie eine intelligente Ladedruckregelung mit elektronisch gesteuertem Ladedruckregelventil. Zur Realisierung eines Atkinson-Zyklus wird für die Einlassventile zusätzlich zu einer doppelten Nockenwellenverstellung (VTC, Valve Timing Control) die VTEC-Technologie (Variable Valve Timing and Lift Electronic Control) eingesetzt, wodurch ein reduzierter Kraftstoffverbrauch bei niedrigem Ventilhub erreicht wird. Außerdem wurden moderne Techniken zur Reibminderung implementiert, um die Effizienz weiter zu erhöhen. Somit konnte der Kraftstoffverbrauch im Neuen Europäischen Fahrzyklus (NEFZ) im Vergleich zum Vorgängermotor um 26 % gesenkt werden, **BILD 1**.

SPEZIFIKATIONEN UND MOTORKONSTRUKTION

Der neue, turbau aufgeladene 1,0-l-Ottomotor mit Direkteinspritzung wurde als Nachfolger der 1,5- bis 1,8-l-Saugmotoren entwickelt. **TABELLE 1** zeigt die wichtigsten technischen Daten des neu entwickelten Motors im Vergleich zu den entsprechenden Werten der Vorgängermotoren. Grundlegende Kenngrößen wie Bohrungsdurchmesser, Zylinderabstand,

Kurbelgehäusehöhe, Schränkung, Aufbau des Ventiltriebs und Injektorposition sind zugunsten der Fertigungseffizienz und der Verwendung von Gleichteilen vom 1,5-l-Saugmotor abgeleitet.

BILD 2 zeigt den Motor im Quer- und Längsschnitt sowie den Kühlmittelfluss. Das Kurbelgehäuse wird mittels Druckgussverfahren aus einer Aluminiumlegierung gefertigt und weist eingegossene Laufbuchsen aus Gusseisen auf. Das Kühlmittel fließt in zwei Strömen durch einen Vorverteiler, der vor dem Kurbelgehäuse angeordnet ist. Ein Teilstrom tritt in den Wassermantel des Kurbelgehäuses ein und läuft von dort nach oben zum Zylinderkopf. Der andere Teilstrom wird direkt zum Zylinderkopf geleitet. So lässt sich die Durchflussmenge zwischen Kurbelgehäuse und Zylinderkopf regeln und über eine Querschnittsänderung der Durchflussöffnung an der Zylinderkopfdichtung optimieren. Geeignete Temperaturbedingungen sind auf diese Weise gewährleistet.

Auch die Kühlung des Brennraums wurde verbessert. Hierzu wurde neben dem oben genannten Kühlmittelfluss ein senkrecht unterteilter, zweiteiliger Wassermantel im Zylinderkopf umgesetzt, sodass das Kühlmittel über den unteren Wassermantel des Zylinderkopfs fließt und die Brennräume der einzelnen Zylinder gleichmäßig kühlt. Zudem kühlt der zweiteilige Wassermantel den Auslasskanal effizient von oben sowie von unten.

Der Zylinderkopf verfügt über einen integrierten Auslasskrümmer, um die thermische Masse zu reduzieren. Dies trägt zur schnellen Aktivierung des Katalysators bei und führt letztlich zu geringeren Abgasemissionen und einem reduzierten Kraftstoffver-

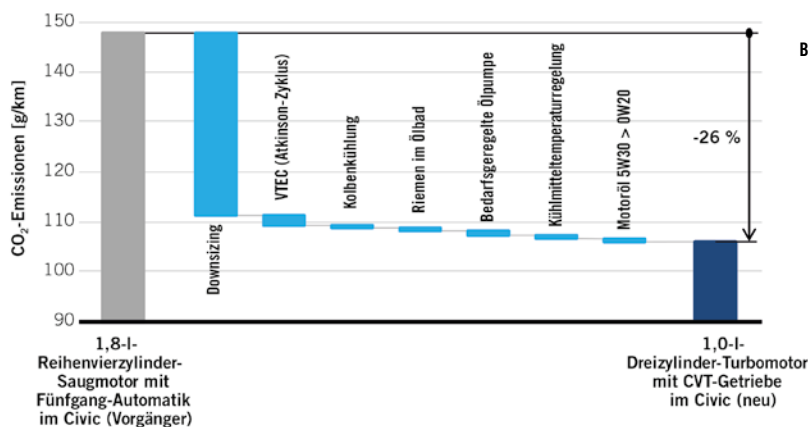


BILD 1 Vergleich der CO₂-Emissionen im NEFZ (© Honda)

Merkmal [Einheit]		Neuer 1,0-l-Dreizylinder-Turbomotor	Referenz: 1,5-l-Vierzylinder-Saugmotor	Vorgänger: 1,8-l-Vierzylinder-Saugmotor
Bohrung × Hub [mm]		73 × 78,7	73 × 89,4	81 × 87,3
Hubraum [cm³]		988	1496	1798
Zylinderabstand [mm]		80	80	84
Schrägung [mm]		14	14	12
Verdichtung [-]		10,0	11,5	10,6
Ventilwinkel Einlass/Auslass [°]		15/15	15/15	17/17
Anzahl Ventile Einlass/Auslass [-]		2/2	2/2	2/2
Ventildurchmesser Einlass/Auslass [mm]		28/23	29/25	33/26
Durchmesser Kurbelwellenlager Hauptlager/Pleuellager [mm]		38/35	46/40	55/45
VTC [-]		Einlass/Auslass	Einlass	–
VTEC [-]		Einlass	Einlass	Einlass
Nockenwellenantrieb [-]		Zahnriemen	Steuerkette	Steuerkette
Einspritzsystem [-]		Direkteinspritzung (seitlich)	Direkteinspritzung (seitlich)	Kanaleinspritzung
Kraftstoff [-]		RON 95	RON 95	RON 95
Turbo- lader	Durchmesser Turbinenrad [mm] / Flügelzahl [-]	31 / 10	–	–
	Durchmesser Verdichterrad [mm] / Flügelzahl [-]	37 / 5+5	–	–
	Wastegate [-]	Elektrisch	–	–
Nennleistung [kW]		95 bei 5500/min	97 bei 6600/min	106 bei 6500/min
Drehmoment [Nm]		200 bei 2250/min	155 bei 4600/min	174 bei 4300/min

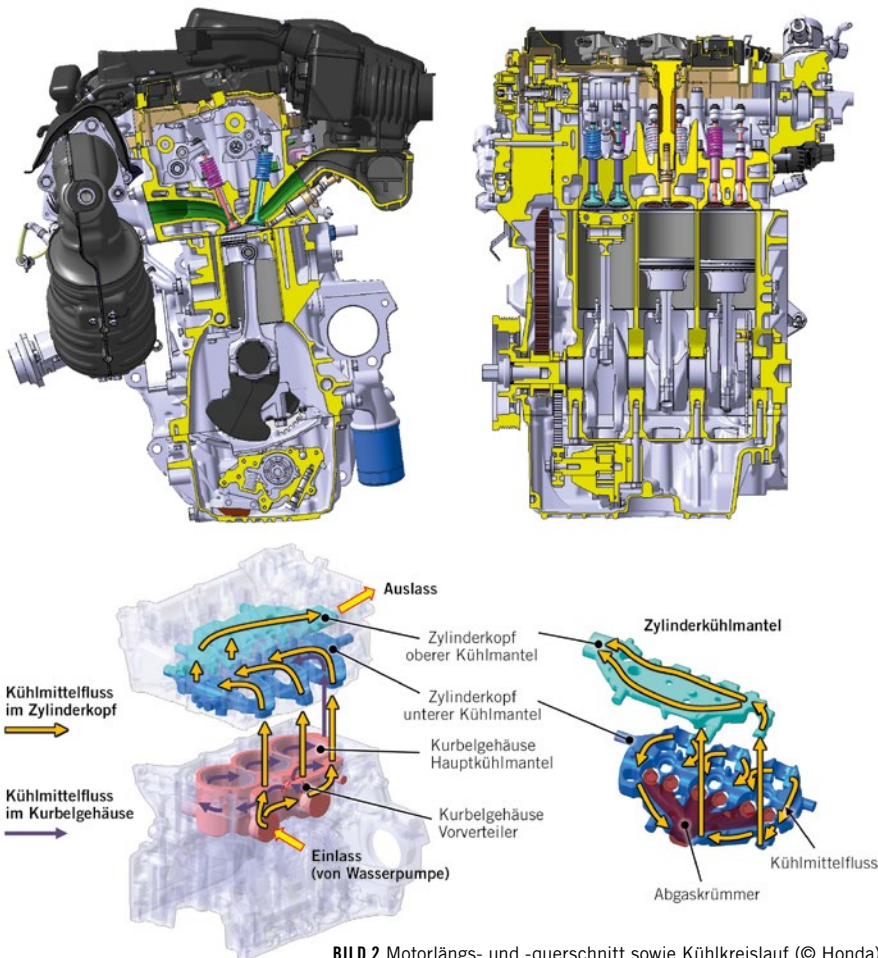
TABELLE 1 Technische Daten (© Honda)

BILD 2 Motorlängs- und -querschnitt sowie Kühlkreislauf (© Honda)

brauch in der Katalysator-Aufheizphase während des Warmlaufs. Gleichzeitig wurde die Abgastemperatur unter Vollast gesenkt, sodass für den Turbolader hitzebeständiges Standardmaterial verwendet werden kann. Auf diese Weise wird auch die Wärmebeanspruchung des Zylinderkopfs verringert und die Kraftstoffanreicherung im Hochlastbereich reduziert, was zu einem niedrigeren Kraftstoffverbrauch führt.

VERBRENNUNGSKONZEPT

Wie bei den bereits eingeführten 1,5-l- und 2,0-l-Vierzylinder-VTEC-Turbomotoren wird beim Dreizylindermotor auf eine schnelle Verbrennung gesetzt. Eine der Herausforderungen bei diesem Motor bestand darin, die anspruchsvollen Zielwerte für Leistung und Abgasemissionen mit einem relativ kleinen Bohrungsdurchmesser von 73 mm und seitlicher Kraftstoffdirekteinspritzung zu erreichen.

Die Brennraumgestaltung ist bezüglich Ventil- und Zündkerzenwinkel sowie Injektorposition vom bisherigen Saugmotor abgeleitet. Die Form des Einlasskanals und der Kolbenboden sind so konzipiert, dass sie die Tumbleströmung für eine schnelle Verbrennung erhöhen. Der Einlassventildurchmesser wurde zur

Vermeidung von Kraftstoffadhäsion verringert. Die Simulation der Zylinderinnenströmung in **BILD 3** zeigt, dass die Ansaugluft am dachförmigen Brennraum und der flachen Tellerform des Kolbenbodens entlang strömt und im Vergleich zum 1,5-l-Saugmotor eine deutlich stärkere Tumbleströmung erzeugt wird.

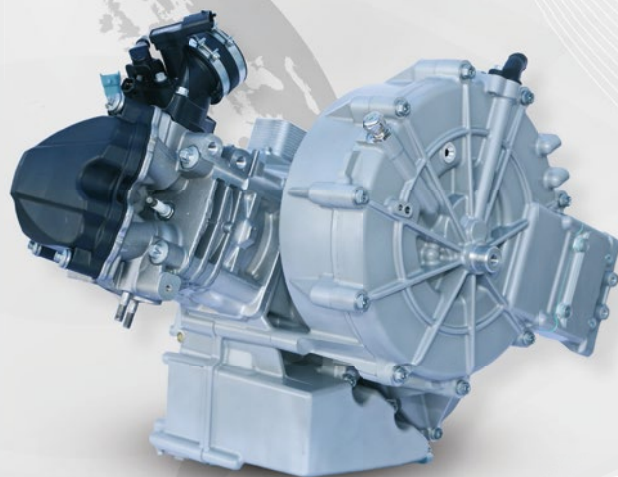
Die Tumbleströmung des neuen Motors wird während des Verdichtungs takts beibehalten und schließlich noch vor Erreichen des oberen Totpunkts zu einer höheren turbulenten kinetischen Energie umgewandelt. Dies ist für eine hohe Verbrennungsgeschwindigkeit durch schnelle Flammenausbreitung wichtig. Der ebenfalls in **BILD 3** dargestellte Brennverzögerung bei Volllast liegt am unteren Ende des Streubands bestehender Motoren und zeigt somit die positiven Auswirkungen einer verstärkten Tumbleströmung, was sowohl in Berechnungen als auch im gefeuerten Testbetrieb bestätigt werden konnte.

KURBELTRIEB

BILD 4 zeigt den konstruktiven Aufbau des Kurbeltriebs. Schwingungen aus dem Massenmoment erster Ordnung sind ein Phänomen, das bei Dreizylindermotoren nur schwer zu verhindern ist. Trotzdem wurde auf den Einsatz von Ausgleichswellen verzichtet, um einen Anstieg von Reibung und Gewicht zu vermeiden. Stattdessen wurde das Ausgleichsverhältnis der oszillierenden Massen durch Gegengewichte optimiert. So konnten an den Aufhängungspunkten des Motors die vertikalen Schwingungen reduziert werden, die stärker als horizontale zur Karosserieschwingung beitragen. Bei der Entwicklung des Motors wurden verschiedene Ausgleichsverhältnisse getestet. Letztlich fiel die Wahl auf ein Ausgleichsverhältnis von 75 % der oszillierenden Masse, da diese Option die geringsten vertikalen Schwingungen ausweist.

Darüber hinaus wurden für die Haupt- und Pleuellager außergewöhnlich kleine Durchmesser gewählt, um die Rotationsreibung des Motors zu reduzieren. Möglich wurde dies durch die Verwendung eines nitrierten Stahls. Ein Vergleich des Reibmitteldrucks der oszillierenden Bauteile in **BILD 4** zeigt, dass die Reibung des neuen Motors im jeweiligen Streuband am unteren Ende liegt. Allerdings führt eine Verringerung der Lagerdurchmesser tendenziell zu einer höheren Torsions-

ROTAX®



©2017 BRP - Rotax GmbH & Co. KG. All rights reserved.

POWERING THE ULTIMATE RIDE

DAS KONZEPT

Einzyylinder 4-Takt Verbrennungsmotor für kompakten, modularen Range Extender

ROTAX®



Serienproduktion in kleinen Losgrößen möglich. Komponenten, Fertigung und Prototypenaufbau.

AVL

Konstruktion und Integration des Range Extenders in ein Fahrzeug.



www.avl.com

www.rotax.com

e-mail: rotax.oem@brp.com

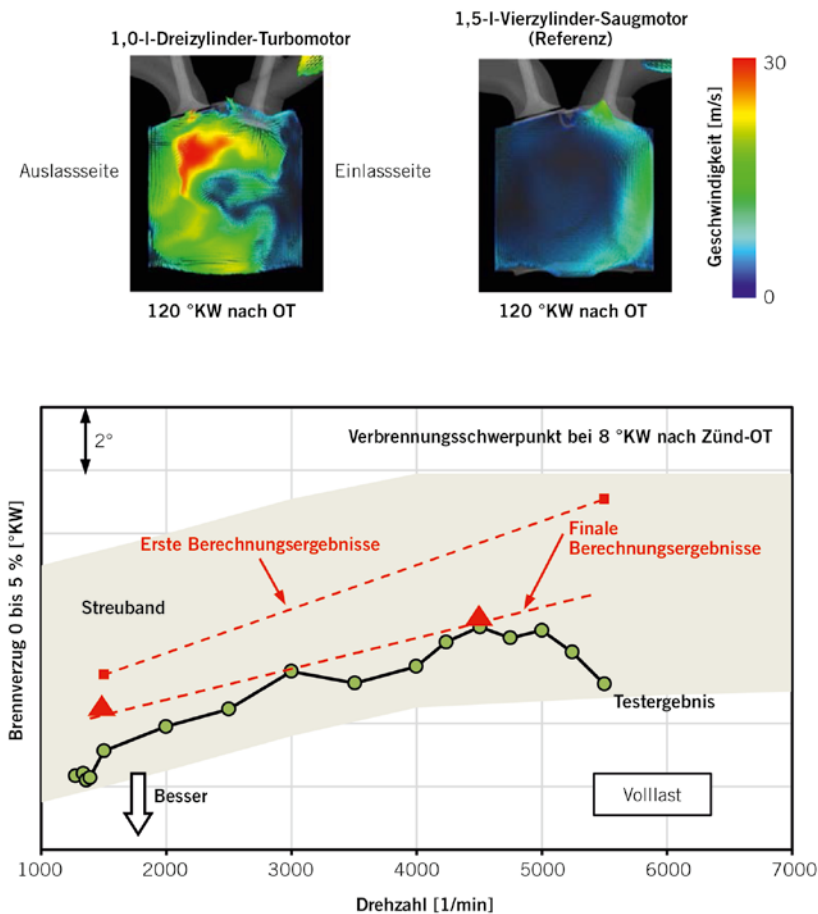


BILD 3 Zylinderinnenströmung und Brennverzögerung im Vergleich zum FEV-Streuband (© Honda)

schwingung und damit zu einer Verschlechterung der Geräusch- und Schwingungswerte des Motors. Zur Vermeidung dieses Problems wurden die Trägheitsmasse und die Eigenfrequenz des Kurbelwellendämpfers sorgfältig optimiert.

Die Kolben verfügen über einen Kühlkanal, durch den die Kolbenbodentemperatur mittels Zwangsölkühlung um mehr als 30 K gesenkt werden kann. Dies sorgt für ein verbessertes Klopfverhalten und ermöglicht ein höheres

Verdichtungsverhältnis sowie einen optimalen Zündzeitpunkt, was im NEFZ zu Kraftstoffeinsparungen von 0,5 % führt. Die Absenkung der Kolbenbodentemperatur bewirkt zudem reduzierten Verschleiß an der Kolbenringnut. Dadurch kann selbst bei einem Motor mit solch hoher Leistungsdichte auf entsprechende Oberflächenbehandlungen, wie etwa eine Anodisierung, verzichtet werden. Die Spritzdüse zur Kolbenkühlung verfügt über ein integriertes Rückschlagventil und ist so eingestellt, dass die Kühlung nur dann aktiviert wird, wenn die bedarfsgeregelte Ölpumpe in den Hochdruckbetrieb schaltet. Die Ölpumpe wird abhängig von den Betriebsbedingungen elektronisch über ein Magnetventil gesteuert.

VENTILTRIEB

BILD 5 zeigt den Aufbau des Ventiltriebs sowie die Ventilhubkurven in verschiedenen Kennfeldbereichen. Beim Ventiltrieb kommt sowohl auf der Ein- als auch auf der Auslassseite eine Phasenverstellung der Nockenwelle (VTC) zum Einsatz. An der Einlassseite befindet sich zudem ein VTEC-System, das Ventilhub und Ventilöffnungsdauer variabel anpassen kann. Bei niedrigem Hub sind Ventilhub und Öffnungsdauer so eingestellt, dass ein Atkinson-Zyklus mit frühem Einlassschluss realisiert wird. Die Kipphebel werden auf vollen Hub geschaltet, wenn eine hohe Leistung benötigt wird. Auf diese Weise kann der Kraftstoffverbrauch bei gerin-

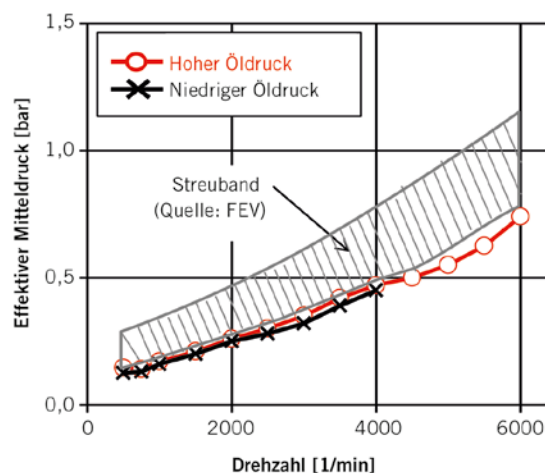
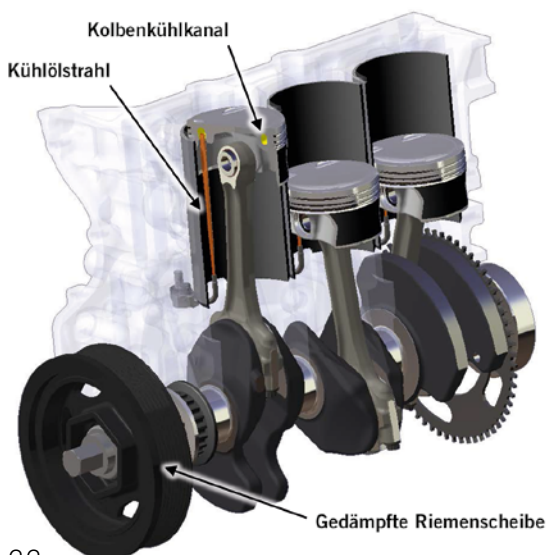


BILD 4 Kurbeltrieb und Reibung der oszillierenden Bauteile (© Honda)

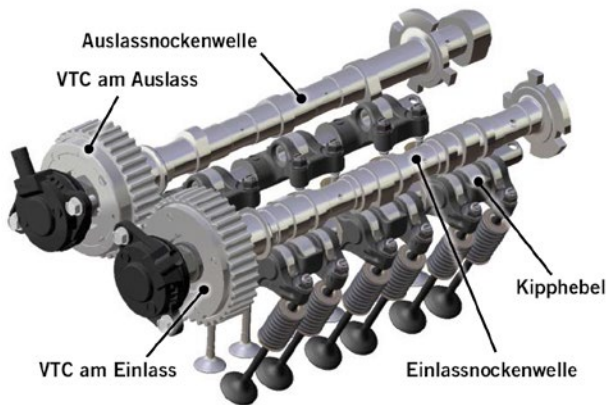
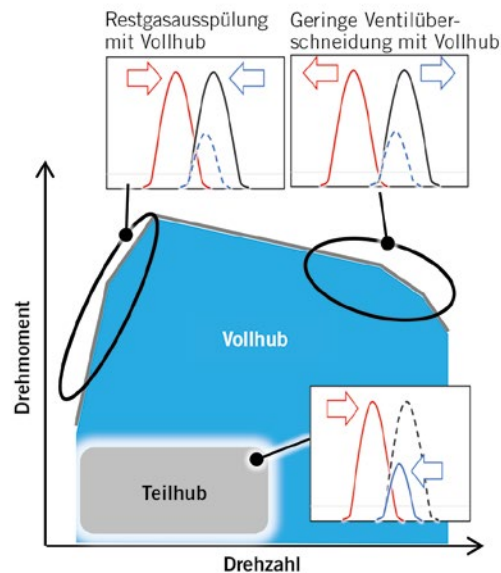


BILD 5 Ventiltrieb und Steuerung des Ladungswechsels (schematisch)
(© Honda)



ger Last verbessert werden, gleichzeitig ist bei hoher Last ein großes Drehmoment möglich. Mit dieser Betriebsstrategie werden die Pumpverluste durch die Wahl eines frühen Einlassschlusses bei geringer Last gesenkt. Bei niedrigem Hub sinkt der spezifische Kraftstoffverbrauch (b_p) um bis zu 5 %, der Kraftstoffverbrauch des Fahrzeugs im NEFZ reduziert sich um 2 %. Die optimale VTC- und VTEC-Steuerung erfolgt anhand der Betriebsbedingungen, etwa Motorlast und Motordrehzahl, wie im VTEC-Kennfeld in **BILD 5** dargestellt.

Ein Dreizylindermotor mit geringer Gesamtlänge bietet wenig Bauraum, insbesondere wenn ein Turbolader verbaut werden soll. Daher muss die

variable Nockenwellensteuerung effizient platziert werden. Beim hier vorgestellten Motor wurde eine Anordnung realisiert, bei der der VTC-Aktuator und das Ölgelventil auf der Nockenwellenachse liegen. Auf diese Weise wird der Ölkreislauf vereinfacht. Die Wirkung des integrierten Rückschlagventils trägt zudem zu einer verbesserten Ansprechzeit bei.

RIEMENTRIEB

Nockenwelle und Ölpumpe des neuen Motors werden über innenliegende Zahnriemen angetrieben, wie in **BILD 6** dargestellt. Da sich die Zahnriemen innerhalb des Motors befinden, werden

die Laufgeräusche der Riemen durch die Isolierung gedämpft. Auch die Motorreibung wird um 1,8 % reduziert, da auf Gleitführungsschienen verzichtet werden kann. Im NEFZ wurde dadurch ein im Vergleich zu einer herkömmlichen Steuerkette um 0,6 % verringerter Kraftstoffverbrauch festgestellt. Die Materialien für den Zahnriemen wurden im Rahmen der Entwicklung bereits so ausgewählt, dass sie eine zuverlässige Beständigkeit gegen Öl bieten. Ebenfalls in **BILD 6** dargestellt ist die Dauerhaltbarkeit im Vergleich zu einem herkömmlichen, an der Luft laufenden Zahnriemen. Der im Öl betriebene Riemen weist hierbei eine deutlich höhere Lebensdauer auf.

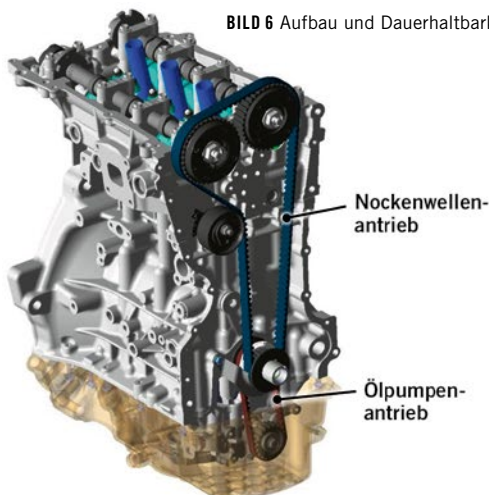
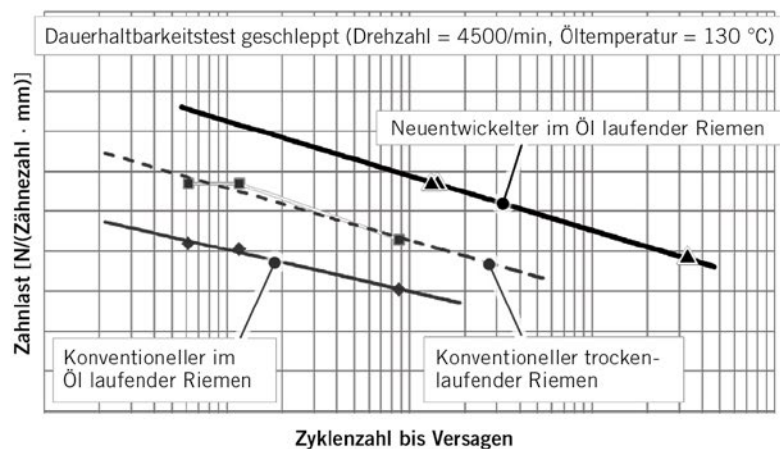


BILD 6 Aufbau und Dauerhaltbarkeit des Riementriebs im Vergleich zu konventionellen Zahnriemen (schematisch) (© Honda)



BEDARFSGEREGLTE ÖLPUMPE

Zur Reduktion der Motorreibung und Wärmeverluste wird eine bedarfsgeregelte Ölpumpe verwendet. **BILD 7** zeigt eine Schnittansicht der Ölpumpe. Die Pumpe befindet sich unten im Motor und wird von der Kurbelwelle über den in Öl laufenden Zahnriemen angetrieben. Die Leistung der Ölpumpe wird über eine Vorrichtung angepasst, die die Exzentrizität durch das Schwenken des Stellringrings verändert, der den äußeren Ring der Drehflügelpumpe bildet. Der Öldruck, der auf die Kammer über (Kammer 1) und unter (Kammer 2) dem Stellring ausgeübt wird, steuert die Exzentrizität. Ein elektronisch betätigtes Magnetventil dient zum Umschalten des Öldrucks zwischen zwei Stufen in Abhängigkeit von Motorlast und -drehzahl. Auf diese Weise kann der Soll-Öldruck gehalten beziehungsweise abgesenkt werden. Mittels eines Regelkolbens wird der Öldruck auf den Zielwert reguliert. Dies verhindert ein zu starkes Ansteigen des Öldrucks auch beim Motorwarmlauf mit niedriger Öltemperatur und hoher Viskosität im Niederdruckmodus. Zudem wird die Kolbenkühlung zur Minimierung der Wärmeverluste abgeschaltet.

Der Hochdruckmodus wird aktiviert, wenn die Betriebswerte des Motors eine bestimmte Schwelle überschreiten. Dies ist nötig, wenn die Temperatur der Kolben durch die Kolbenkühlung reduziert beziehungsweise die Temperatur des Pleuel-

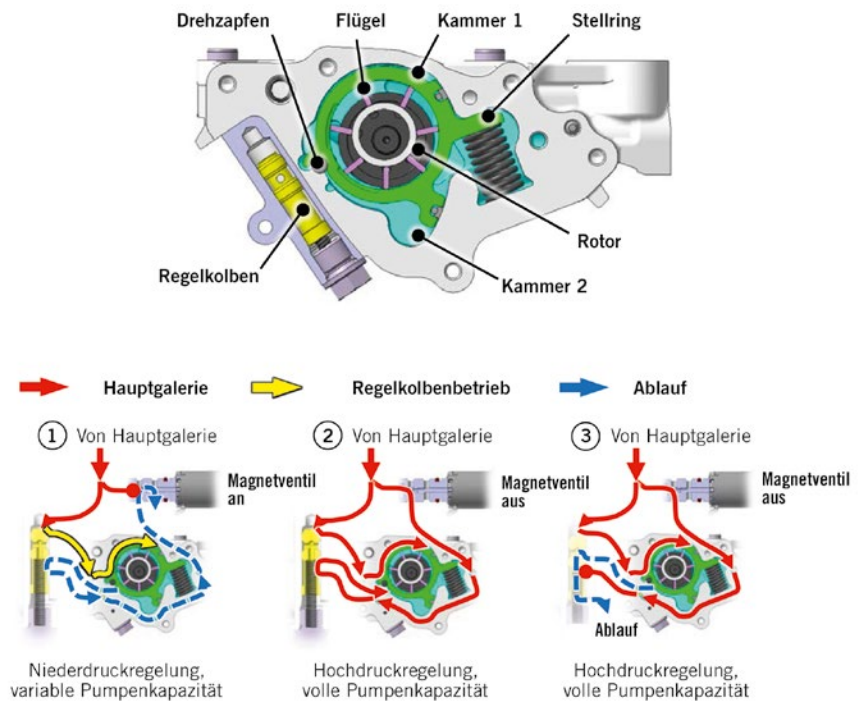


BILD 7 Aufbau und Betriebsmodi der bedarfsgeregelten Ölpumpe (© Honda)

lagers bei hoher Last oder hoher Motordrehzahl gesenkt werden muss. Der Verbrauchsvorteil der bedarfsgeregelten im Vergleich zu einer herkömmlichen Ölpumpe ohne Öldruckregelung ist in der frühen Phase des NEFZ hauptsächlich durch eine Reduktion der Reibung begründet. In der zweiten Hälfte bringt die Senkung des Wärmeverlusts erhebliche Vorteile. Durch die Verringerung der Reibung und des Wärmeverlusts der Kol-

benkühlung wird der Kraftstoffverbrauch im NEFZ um insgesamt 1 % reduziert.

KÜHLSYSTEM

Ein elektronisch betätigtes Thermostat, **BILD 8**, mindert die Reibung und senkt so den Kraftstoffverbrauch. Außerdem sorgt es für die thermische Zuverlässigkeit des Motors. Die Ventilöffnungstemperatur für das Wachselement im elektronisch betätigten Thermostat am Motorauslass wurde auf 103 °C eingestellt, 20 °C mehr als bei einem herkömmlichen mechanischen Thermostat. Während des Niederlast-Motorbetriebs werden Kühlmittel und Öl auf hoher Temperatur gehalten, wodurch die mechanische Reibung gesenkt wird. Der Kolben im Wachselement enthält ein keramisches Heizelement. Hierüber kann das Thermostat bei einer geringeren Kühlmitteltemperatur geöffnet werden, als durch das Wachs eingestellt.

Das elektronisch betätigte Thermostatsystem bewirkt, dass die Motorreibung abhängig von der Steigerung der Kühlmittel- und Öltemperatur deutlich absinkt. In Folge der niedrigeren Motorreibung reduziert sich der Kraftstoffverbrauch um 0,6 % im NEFZ. Während des Hochlast-Motorbetriebs wird das Heizelement betätigt und das Kühlmittel auf einer

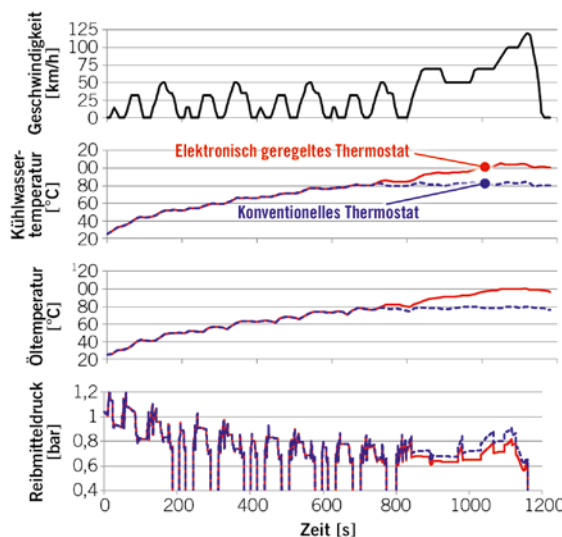
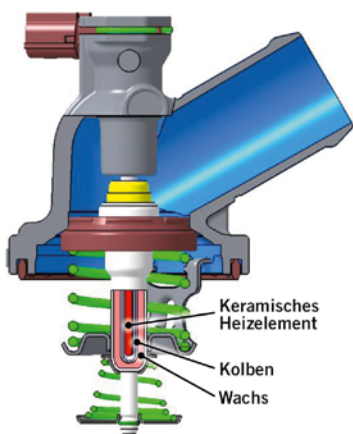


BILD 8 Schnittansicht des elektronisch geregelten Thermostats und Vergleich der Motorreibung im NEFZ (© Honda)

niedrigen Temperatur gehalten. So werden die thermischen Bedingungen des Motors, wie bei herkömmlichen Thermostatsystemen üblich, gewährleistet. Der Thermostat springt schnell an, um im Fall einer vorübergehenden Laststeigerung aufgrund plötzlicher Beschleunigung eine Überhitzung zu verhindern.

LEISTUNG UND EFFIZIENZ

Die Maximalleistung von 95 kW ist mit der des 1,5-l-Saugmotors vergleichbar, das maximale Drehmoment liegt mit 200 Nm sogar höher als das des 1,8-l-Saugmotors. Das maximale Drehmoment wird bereits bei 2250/min erreicht und bleibt bis 4500/min auf einem Niveau von 90 % des Maximalmoments. Daraus ergibt sich ein exzellentes Beschleunigungsverhalten im städtischen Stop-and-go-Verkehr. **BILD 9** zeigt das sich ergebende Kennfeld für den spezifischen Verbrauch sowie den Teillastverbrauch im Vergleich zu Wettbewerbmotoren.

Dank der vorgestellten Technologien konnte ein spezifischer Verbrauch von 231 g/kWh im Bestpunkt beziehungsweise unter 240 g/kWh in einem weiten Kennfeldbereich erreicht werden. Betrachtet man den spezifischen Verbrauch bei 1500/min und den effektiven Mitteldruck von 2 bar als Referenzpunkt, weist der neue Motor den im Vergleich mit den Wettbewerbmotoren besten spezifischen Verbrauch auf [4, 5, 6].

ZUSAMMENFASSUNG

Honda hat einen neuen turboaufgeladenen 1,0-l-Ottomotor mit Direkteinspritzung entwickelt. Folgende Ergebnisse wurden mit ihm erreicht:

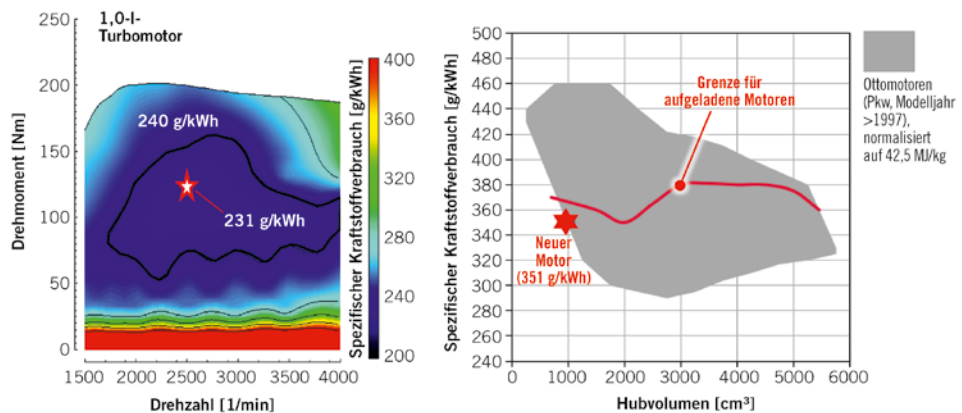


BILD 9 Leistungscharakteristik und spezifischer Verbrauch im Vergleich zum FEV-Streuband (1500/min, 2 bar Mitteldruck) (© Honda)

- Verglichen mit dem 1,8-l-Saugmotor als Vorgänger beim Civic konnte der Kraftstoffverbrauch um 26 % im NEFZ gesenkt werden.
- Der Motor zeigt den im Wettbewerbsumfeld besten spezifischen Verbrauch dank folgender Technologien: extrem schmale Kurbelwelle, Atkinson-Zyklus mit VTEC-System, in Öl laufendes Riemensystem, bedarfsgeregelte Ölpumpe und Kühlsystem mit elektronisch betätigtem Thermostat.
- Eine Nennleistung von 95 kW und ein maximales Drehmoment von 200 Nm bei niedrigen Motordrehzahlen sorgen für eine angemessene Fahrleistung im Alltag.

Gasoline Direct Injection Engine. SAE Technical Paper 2016-01-1020, USA, 2016

[3] Nakano, K.; Wada, Y.; Jono, M.; Narihiro, S.: New In-line Four-Cylinder Gasoline Direct Injection Turbocharged Downsizing Engine. Honda R&D Technical Review, Vol. 28, No. 1, Japan, 2016

[4] Yonekawa, A.: The New Engine for Accord Hybrid and Study of the Turbocharging Direct Injection Gasoline Engine of Small Diameter of Cylinder. 22. Aachener Kolloquium Fahrzeug- und Motorentechnik, 2013

[5] Ernst, R.; Friedfeldt, R.; Lamb, S.; Lloyd-Thomas, D.; Philips, P.; Russell, R.; Zenner, T.: The New 3 Cylinder 1.0-l Gasoline Direct Injection Turbo Engine from Ford. 20. Aachener Kolloquium Fahrzeug- und Motorentechnik, 2011

[6] Alt, M.; Damen, M.; Noe, A.; Gröniger, J.; Strehl, D.; Wagner, J.; O'Daniel, G.; Peralta, N.: The New Turbocharged Three-Cylinder Engine with Gasoline Direct Injection for Opel Adam. 22. Aachener Kolloquium Fahrzeug- und Motorentechnik, 2013

LITERATURHINWEISE

[1] Niizato, T.; Yasui, Y.; Urata, Y.; Wada, Y.; Jono, M.; Nakano, K.; Taguchi, M.: Hondas neue Turbo-GDI Motorenfamilie für globale Anwendung. 34. Internationales Wiener Motorsymposium, 2016

[2] Wada, Y.; Nakano, K.; Mochizuki, K.; Hata, R.: Development of a New 1.5-l I4 Turbocharged



READ THE ENGLISH E-MAGAZINE

Test now for 30 days free of charge:
www.mtz-worldwide.com

VCR-LÖSUNG

by FEV
weitere Informationen auf:



EINFACH UND EFFIZIENT – REDUZIEREN SIE CO₂-EMISSIONEN DURCH VARIABLE VERDICHTUNG.

REALISIEREN SIE MIT DEM 2-STUFIGEN VCR-PLEUEL EINE VERRINGERUNG DER CO₂-EMISSIONEN BIS ZU 8 PROZENT

Die Vorteile des FEV-Pleuels:

- > Modulares Konzept, das keine bzw. nur sehr geringe Änderungen am Grundmotor erfordert
- > Geeignet für Otto-, Dieselmotoren und auch Großmotoren
- > Verstellung des Verdichtungsverhältnisses in weniger als 0,5 Sekunden

FEV