

MTZ

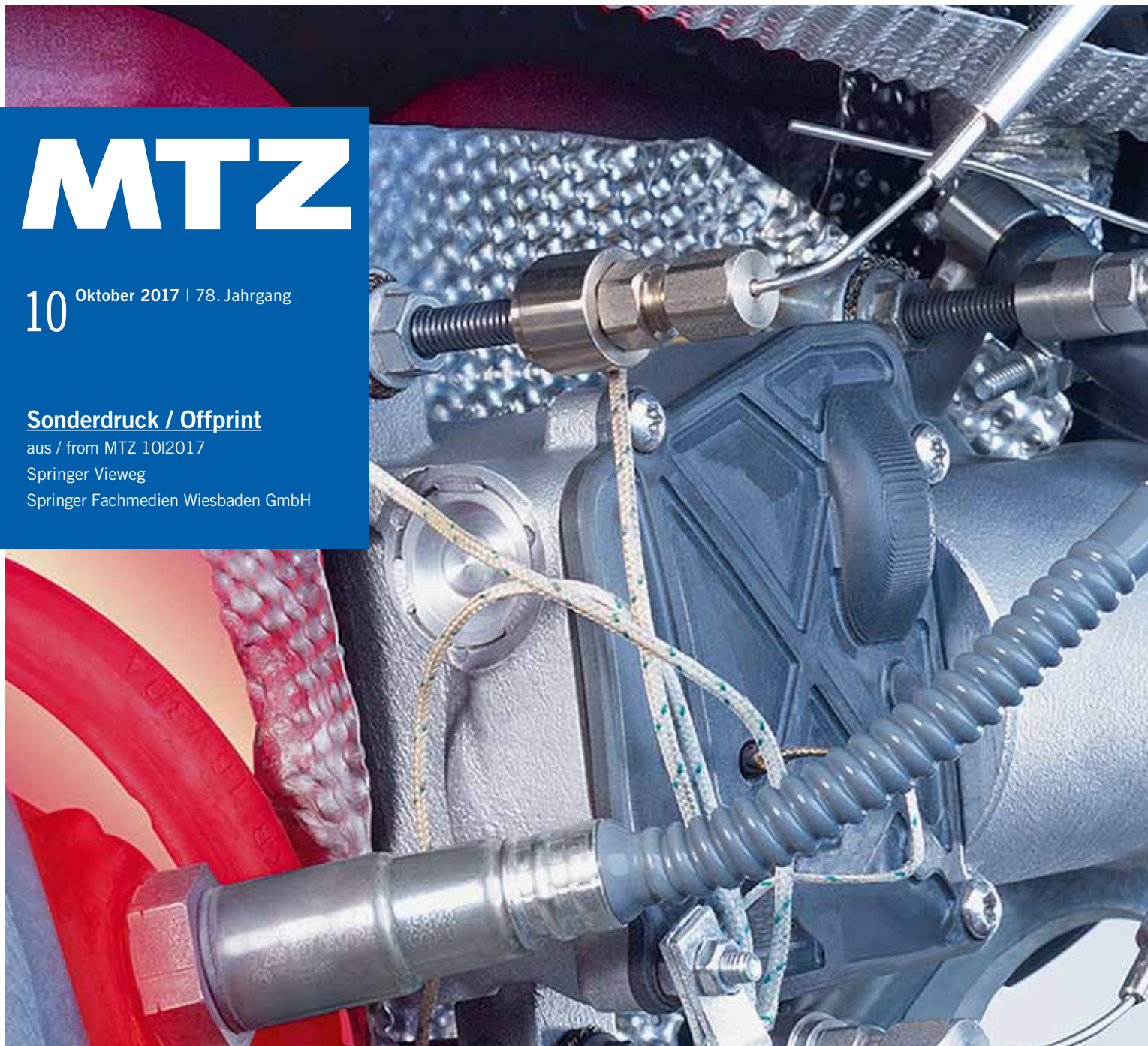
10 Oktober 2017 | 78. Jahrgang

Sonderdruck / Offprint

aus / from MTZ 10/2017

Springer Vieweg

Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH



© Pierburg

NEUARTIGER WASTEGATE-AKTUATOR ZUR VERBESSERTEN LADEDRUCKREGELUNG

NEW WASTEGATE ACTUATOR FOR IMPROVED BOOST PRESSURE CONTROL



Neuartiger Wastegate-Aktuator zur verbesserten Ladedruckregelung

Die Abgasturboaufladung ist eine der Schlüsseltechnologien zur Effizienzsteigerung von Ottomotoren. Als Hersteller mechatronischer Systeme stellt Pierburg zur Umsetzung einer verbesserten Wastegate-Ladedruckregelung ein neuartiges Aktuatorkonzept vor. Dieses sieht die mechanische Befestigung auf dem heißen Turbinengehäuse und die Direktkopplung von Aktuator und Wastegate-Welle vor. Daraus ergibt sich ein vielversprechender, neuartiger Ansatz.

AUTOREN



Dipl.-Ing. Stefan Rothgang
ist Abteilungsleiter in der Vorentwicklung für Nebenaggregate und alternative Antriebe bei der Pierburg GmbH in Neuss.



Dipl.-Ing. Hendrik Ferner
ist Entwicklungsingenieur in der Vorentwicklung für Nebenaggregate und alternative Antriebe bei der Pierburg GmbH in Neuss.



Dipl.-Ing. Martin Nowak
war Entwicklungsingenieur in der Vorentwicklung für Nebenaggregate und alternative Antriebe bei der Pierburg GmbH in Neuss.



Dr.-Ing. Michael Becker
ist Hauptabteilungsleiter der Vorentwicklung bei der Pierburg GmbH in Neuss.

Downsizing und Ladedruckregelung

Die konsequente Umsetzung der als Downsizing bezeichneten Hubraumreduzierung zur Erzielung geringer CO₂-Emissionen ist ein seit Jahren anhaltender Trend in der Motorenentwicklung. Um die Nennleistung bisheriger Saugmotoren zu erhalten, werden ein- oder mehrstufige Aufladegruppen eingesetzt [1]. Veränderte Prozessführungen zur Effizienzsteigerung im schwachlastigen Motorbetrieb, wie das Miller-Verfahren, erfordern höhere Ladedrücke und eine präzise Ladedruckregelung. Die künftig vorgeschriebene Berücksichtigung der Emissionen des realen Fahrbetriebs (RDE) macht zudem eine sehr dynamische Anpassung einzelner Motorparameter – wie des Ladedrucks – erforderlich.

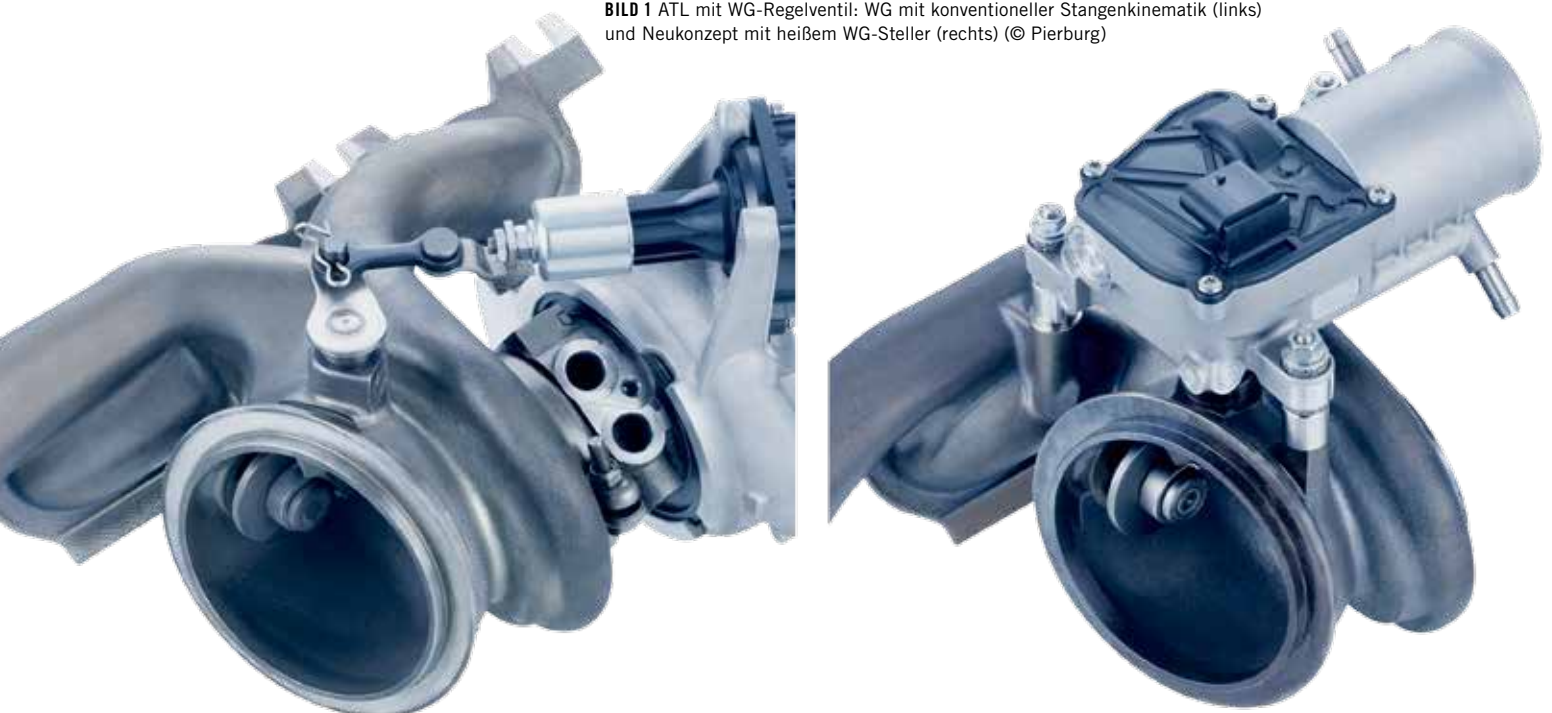
Gegenwärtige Ottomotoren werden überwiegend über den Einsatz einstufiger Abgasturbolader (ATL) mit einem auf der Turbinenseite installierten Wastegate(WG)-Ventil aufgeladen. Die Aktuierung des WG-Ventils wurde über lange Zeit von pneumatischen Systemen beherrscht. Inzwischen sind vollelektrische Aktuatoren Stand der Technik. Diese Aktuatoren bestehen aus einem 12-V-Gleichstrommotor, der mechanisch (DC) oder elektrisch (EC) kommutiert sein

kann, einem Getriebe mit Fail-Safe-Feder und einer mit einem Positionssensor ausgerüsteten mehrteiligen Stangenkinematik, **BILD 1** (links). Diese verbindet den zum Schutz vor Überhitzung auf dem kalten Verdichtergehäuse fixierten Aktuator mit einem auf dem Wellenende des Wastegates befindlichen Exzenterhebel. Auf dem gegenüberliegenden Wellenende befindet sich auf einem weiteren Exzenterhebel das Tellerventil, das den Massenstrom durch den WG-Kanal über Schwenkbewegungen von bis zu 45° einstellt.

Heißer Wastegate-Aktuator

Die bedarfsgerechte und präzise Bereitstellung des Ladedrucks setzt künftig erweiterte Eigenschaftswerte der zur Ladedruckregelung eingesetzten Aktuatorik voraus. Hierunter fallen unter anderem ein erweiterter Stellbereich zur abgasseitigen Entdrosselung, eine winkelunabhängige hohe Stelldynamik sowie die Robustheit gegen kritische äußere Einwirkungen, wie Schwallwasser und hohe Umgebungstemperaturen. Weiterhin ist ein wettbewerbsfähiger Produktpreis zu gewährleisten. Um diesen Ansprüchen gerecht zu werden, weitere Freiheitsgrade zu eröffnen und gegebene Potenziale in der Regelpräzision zu heben, entwickelte die

BILD 1 ATL mit WG-Regelventil: WG mit konventioneller Stangenkinematik (links) und Neukonzept mit heißem WG-Steller (rechts) (© Pierburg)



Pierburg GmbH ein neues Aktuatorkonzept, den sogenannten heißen WG-Aktuator, zur Montage auf dem Turbinengehäuse und Direktkopplung an die WG-Welle, **BILD 1** (rechts).

Die im Zuge des neuen Konzepts erforderliche Anpassung des Turbinengehäuses wird unter Berücksichtigung des Bauraums und der Strukturfestigkeit so umgesetzt, dass Stehbolzen in dafür angegossene Dome eingebracht werden können, **BILD 2**. Auf diesen finden zur definierten Abstandspositionierung des Aktuators abgesetzte, passgenaue Distanzhülsen Platz. In den Lagerlaschen des Aluminiumgehäuses befinden sich Bohrungen zur Aufnahme von Stahlgewebbuchsen, die bereits erfolgreich in Serienbauteilen zur Abgasrückführung zum Einsatz kommen, und zur Wärmeentkopplung und zum Toleranzausgleich dienen. Die Fixierung auf dem Turbinengehäuse erfolgt über die Vorspannkräfte der eingesetzten Hutmutter, die auf den Aktuator über die vordefinierte Verpressung der Gewebbuchsen einwirken.

Die Zentrierung des Aktuators übernimmt ein bearbeiteter Bund am WG-Wellendurchtritt des ATLs, der eine im Aluminiumgehäuse fixierte Hülse aufnimmt. Die Drehmomentübertragung zwischen Aktuator und WG erfolgt durch eine gehärtete und damit verschleißfeste Oldham-Kupplungseinheit, die aus den beiden Kupplungselementen an Aktuator und WG-Welle und dem darin geführten Nutenstein besteht. Diese kraftschlüssige Verbindung dient zum Ausgleich von Fluchtungsfehlern und zur thermischen Entkopplung beider Wellen.

Um die Gefahr von Hitzeschäden am Aktuator auszuschließen, wird neben dem Hitzeschutzblech ein mithilfe der Simulation gestalteter Kühlkanal zur Kühlmittel(KM)-Kühlung des Aluminiumgehäuses eingesetzt, **BILD 2**. Die Kühlung des Gehäuses umschließt zum

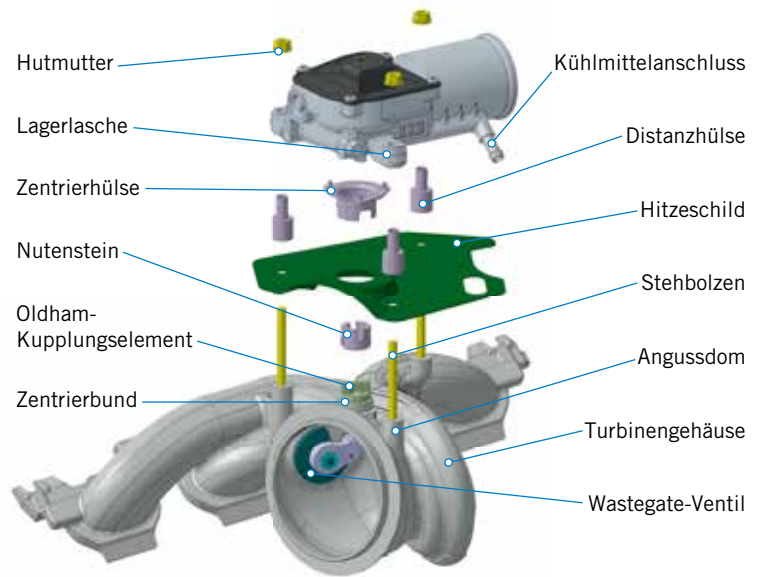


BILD 2 Adaption des heißen WG-Aktuators auf dem Turbinengehäuse
(© Pierburg)

einen die Aktuatorwelle, was die Abdichtung gegen Schwallwasser mittels eines Radialwellendichtrings ermöglicht, zum anderen den Bereich des E-Motors. Hierdurch kann der aus Kostengründen anstelle eines EC-Motors verwendete konventionelle Bürstenmotor mit einer höheren mittleren Stromstärke belastet und eine geringe Übersetzung des verwendeten zweistufigen Getriebes ermöglicht werden, was sich positiv auf den Bauraum und die Dynamik auswirkt. Die Kühlung sichert ebenfalls die Funktion der optionalen Fail-Safe-Feder ab, die als Spiralfeder umgesetzt ist. Die Aktuatorwerte sind **TABELLE 1** zu entnehmen.

QUALITATIVER VERGLEICH

Das Neukonzept weist einige wesentliche Vorteile gegenüber klassischen WG-Aktuatoren auf, die in einem qualitativen Vergleich in **TABELLE 2** dargestellt

sind. Der durch die Direktkopplung von Aktuator und WG-Welle ermöglichte Wegfall der mehrteiligen Stangenkinematik verringert die Anzahl der im Stellprozess eingesetzten mechanischen Komponenten, die über Laufzeit Alterung und Verschleiß unterliegen. Ebenso entfällt der bisherige Spielausgleich an den Koppelstellen des mechanischen Triebes zur Kompensation der thermischen Dehnung und von Winkelstellungen. Hierüber werden, neben der Realisierung einer präziseren Vorsteuerung und der hysteresefreien Lage-regelung, die bei klassischen WG-Aktuatoren akustisch wahrnehmbaren Verfah- und Haltegeräusche der Kinematik vollständig vermieden.

Durch den Entfall der vom WG-Wellenlager aufzunehmenden, winkelabhängigen Querkräfte der Stangenkinematik und die direkte Aufnahme des Stellmoments über die Fixierpunkte des Turbinengehäuses kann die Führungslänge des Wellenlagers erheblich reduziert werden. Der für die Motoruntersuchungen angepasste ATL weist eine Führungslänge auf, die nur 50 % der konventioneller Systeme entspricht. Darüber hinaus wird vermieden, Kräfte über die Koppelstellen von Turbinen- und Verdichtergehäuse zu leiten, was die lokale Bauteilbelastung verringert.

Eine flexible Vergrößerung des derzeitigen Klappenstellwinkels von etwa 40° ist durch den Einsatz des Neukonzepts ohne Einschränkung und Anpassung des

Spezifikation		
Parameter	Wert	Einheit
U_{Nenn}	12	V
Getriebe/Übersetzung	Zweistufig /1:105	–
M_{Nenn} / M_{Max}	7/>12	Nm
Stellwinkel Ist/max.	60/360	°
Winkelgeschwindigkeit $\omega @ M_{Nenn}$	>175	°/s

TABELLE 1 Spezifikation des WG-Aktuators
(© Pierburg)

Stellwinkelbereich	+	0
Regelgenauigkeit	+	0
Verschleiß/Alterung	+	0
Akustik	+	0
Bauraumbedarf	0	0
Kühlmittelbedarf	-	+

TABELLE 2 Qualitativer Vergleich der Eigenschaftswerte (© Pierburg)

Aktuators möglich. Die bisherige Abhängigkeit des Stellwinkels von der Hebelkinematik entfällt und negative Auswirkungen auf die Winkelgeschwindigkeit bleiben aus. Durch den Einsatz eines berührungslosen Sensors mit einem am Innenumfang des Abtriebszahnrad befestigten und thermisch entkoppelten Ringmagneten kann die Position des WG-Ventils über volle 360° erfasst werden. So wird es vor allem in Kaltstartphasen möglich, den Abgasgegendruck der Turbine über den vergrößerten Stellbereich des WG-Ventils abzusenken und eine verbesserte Anströmung der sich stromab der Turbine anschließenden Abgasnachbehandlung herbeizuführen.

VERIFIKATION AM BEFEUERTEN MOTOR

Die technische Verifikation des Neukonzepts erfolgte am Motorprüfstand der Pierburg GmbH an einem aus dem Serieneinsatz stammenden Vierzylinder-Reihenmotor mit einer Leistung von 170 kW aus 2,0 l Hubraum und einem einstufigen ATL mit WG-Regelung. Dieser ATL wurde gegen einen, mit dem heißen WG-Aktuator gerüsteten, baugleichen ATL ausgetauscht und für alle nachfolgenden Untersuchungen über die Ladedruckregelung der seriellen Motorsteuerung (ECU) angesteuert. Die Verifikation des Konzepts erfolgte sowohl im Rahmen von Kennfeldvermessungen, insbesondere in den Vollastarbeitspunkten mit hoher thermomechanischer Belastung des Aktuators, als auch unter Betrachtung transients Prozesse. Der heiße Aktuator konnte die an ihn gestellten Erwartungen in allen Untersuchungen und unter Berücksichtigung aller im Fahrbetrieb zu erwartenden Betriebszustände erfüllen.

Zur zusätzlichen Absicherung der Aktuatorfunktionalität unter Extrembedingungen wurde eine Untersuchung

zur Nachhitzestabilität des Konzepts angeschlossen. Der dieser Nachhitzephase vorangehende Motorbetrieb zur thermischen Vorkonditionierung erfolgte unter Einstellung einer minimalen KM-Menge, die sich mittels einer Messreihe mit stetig reduzierter Kühlung auf circa 20 l/h festlegen ließ. Dieser Wert stellte sicher, dass selbst im Motorvollastbetrieb bei geringer Konvektionskühlung und einer KM-Temperatur von 80 bis 90 °C eine Schädigung von ATL und WG-Aktuator ausblieb. Das KM wurde dem Aktuator in allen Untersuchungen über eine gesonderte, vom Motor unbeeinflusste und umgebungs offene Konditioniereinheit zur Verfügung gestellt. Die Tempera-

tur des KM wurde unmittelbar eingangs und ausgangs des Aktuators erfasst.

Der thermischen Konditionierung des Versuchsträgers im Vollastbetrieb bei 2000/min schloss sich ein sofortiger Motorstillstand mit abgestellter KM-Versorgung an. Zeitgleich wurde der ATL mit einer Abdeckung thermisch gekapselt, um jegliche freie Konvektion zu unterbinden.

In **BILD 3** sind die Positionen der eingesetzten Thermoelemente dargestellt. Hierbei stehen T_1 bis T_3 für jeweils zwei Sensoren am Stehbolzen und an der Lagerlasche des Aktuators. Ebenso wurden die Aktuatorwellentemperatur am Abtriebszahnrad sowie die Temperatur

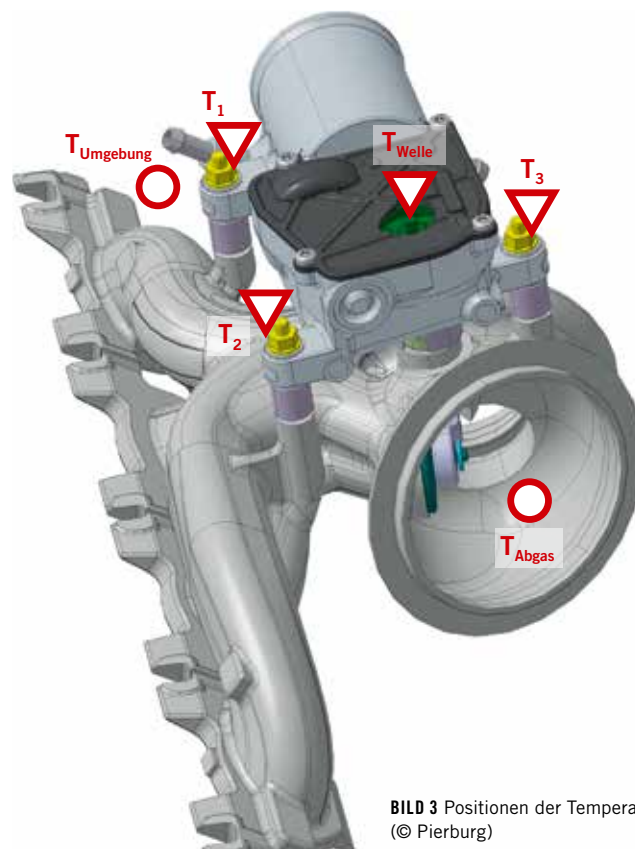


BILD 3 Positionen der Temperatursensoren (© Pierburg)

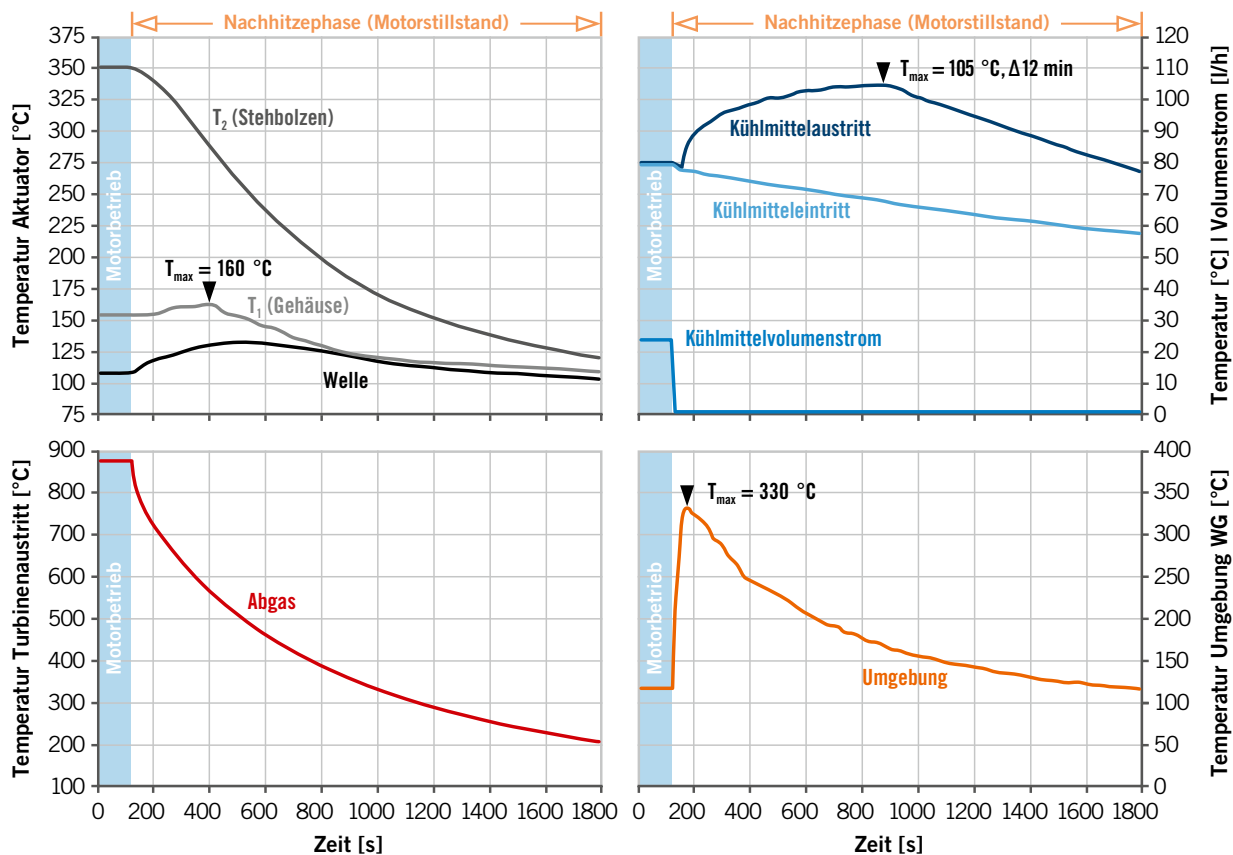


BILD 4 Ergebnis der Nachhitzeuntersuchung (© Pierburg)

des Abgases am ATL-Ausgang und der Umgebung zwischen Aktuator und Krümmer unterhalb des Hitzeschutblechs erfasst.

Die in **BILD 4** dargestellten Diagrammverläufe weisen die jeweils höchste Bauteiltemperatur aus. Bei Abgastemperaturen stromab des ATLs von annähernd 900 °C betrug die maximale Stehbolzen-temperatur am Fixierpunkt etwa 350 °C. Die Temperaturen für das Gehäuse und die Welle des Aktuators stiegen in der Nachhitzephase auf hohe, aber noch unkritische Werte zwischen 130 und 160 °C an. Am Verlauf der KM-Austritts-temperatur ist die einsetzende freie KM-Konvektion (Thermosiphoneffekt) im Zuge lokalen Siedens unter dem vorherrschenden Umgebungsdruck erkennbar. Durch die von der Aktuatorwelle, vom Lager und von der Umgebung, die bis zu 330 °C Spitzentemperatur erreichte, an das KM abgegebene Wärme stellte sich erst etwa 12 min nach Abstellen des Motors das Maximum der KM-Temperatur von 105 °C ein. Das im Aktuator befindliche KM verhinderte daher auch in den Phasen extremer Stauwärme und

inaktiver Durchspülung eine thermische Schädigung von Komponenten und der Baugruppe aufgrund der bauteilschützenden KM-Konvektion. So zeigte sich über die gesamte Untersuchungsdauer mit einer kumulierten Betriebszeit von mehr als 500 h keinerlei Funktionseinschränkung am Aktuator.

ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Das vorgestellte Konzept des heißen WG-Aktuators ist ein neuer, vielversprechender Ansatz, der am befeuerten Motor erfolgreich untersucht und bewertet wurde. Sowohl im Motorbetrieb als auch unter der Extrembelastung einer folgenden Nachhitze-einwirkung erwies sich das Konzept als so vielversprechend, dass es in die Serienentwicklung übernommen wurde.

Durch die freie Anpassbarkeit auf die Anforderungen der jeweiligen Applikation und die erweiterten Eigenschaftswerte ist der Einsatzbereich des Aktuators nicht auf die WG-Ladedruckregelung an Pkw-Motoren begrenzt. Eine Variante des

heißen Aktuators befindet sich gegenwärtig in der Untersuchung bei einem ATL-Hersteller, um einen Neuansatz für eine verbesserte Ladedruckregelung umzusetzen. Weitere Einsatzmöglichkeiten wären beispielsweise der Ersatz der bisher pneumatisch aktuierten Bypassklappe der Hochdruckstufe einer zweistufigen Aufladegruppe oder die Nutzung als Aktuator im Nutzfahrzeugbereich.

LITERATURHINWEIS

[1] Glahn, C.; Kluin, M.; Königstein, A.; Herrmann, I.: Anforderungen an das Aufladesystem zukünftiger Ottomotoren. In: MTZ 78 (2017), Nr. 4, S. 16-23



READ THE ENGLISH E-MAGAZINE
Test now for 30 days free of charge:
www.mtz-worldwide.com



© Pierburg

New Wastegate Actuator for Improved Boost Pressure Control

Exhaust gas turbocharging is one of the key technologies to improve efficiency of gasoline engines. Pierburg, a mechatronic systems supplier, has developed a new actuator design for optimised wastegate boost pressure control. The new actuator is mechanically coupled to the hot turbine housing and is directly mounted to the wastegate shaft. This results in a truly innovative and advantageous approach.

AUTHORS



Dipl.-Ing. Stefan Rothgang
is Senior Manager for Auxiliaries
and Alternative Drives in the
Advanced Engineering Organisation
at Pierburg GmbH in Neuss
(Germany).



Dipl.-Ing. Hendrik Ferner
is Development Engineer for
Auxiliaries and Alternative Drives
in the Advanced Engineering
Organisation at Pierburg GmbH
in Neuss (Germany).



Dipl.-Ing. Martin Nowak
was Development Engineer for Aux-
iliaries and Alternative Drives in the
Advanced Engineering Organisation
at Pierburg GmbH in Neuss
(Germany).



Dr.-Ing. Michael Becker
is Head of Advanced
Engineering at
Pierburg GmbH in Neuss
(Germany).

DOWNSIZING AND BOOST PRESSURE CONTROL

The term downsizing refers to the reduction of engine displacement in order to reduce CO₂ emissions. Consistently implementing this has been an ongoing trend in engine development for many years. Single or multiple-stage turbocharging systems are used in order to maintain the nominal power of current naturally aspirated engines [1]. Altered process controls for increasing efficiency at low engine loads, such as the Miller cycle, require higher boost pressure and even more precise boost pressure control. Future legislation requirements on real driving emissions (RDE) demand highly dynamic adjustment of individual engine parameters such as boost pressure.

Most of today's gasoline engines are single-stage boosted, with a wastegate (WG) valve mounted on the turbine side. For many years the wastegate valve was actuated pneumatically. Fully electric actuators are now dominant. These are mechatronic actuators with direct current (DC) or electronically commutated (EC) 12-V motors, a gear unit with fail-safe spring and a multi-component rod kinematic system with position sensor, **FIGURE 1** (left). This rod connects the

actuator, attached to the cold compressor housing to prevent overheating, with an eccentric lever located on the shaft of the wastegate. On the opposite end of the shaft, the poppet valve is mounted which controls the massflow through the wastegate channel. The valve opens up to 45°.

HOT WASTEGATE ACTUATOR

The precise control of the boost pressure requires extended characteristics about the actuator in future. These include an enlarged adjustment range for exhaust-side dethrottling, a highly dynamic and angle-independent response and robustness against critical external influences such as splashing water and high ambient temperatures. The product price must also remain competitive. Pierburg GmbH has developed a new actuator design in order to meet these requirements. Known as the hot wastegate actuator, it is fitted on the turbine housing and connected directly to the wastegate shaft, **FIGURE 1** (right).

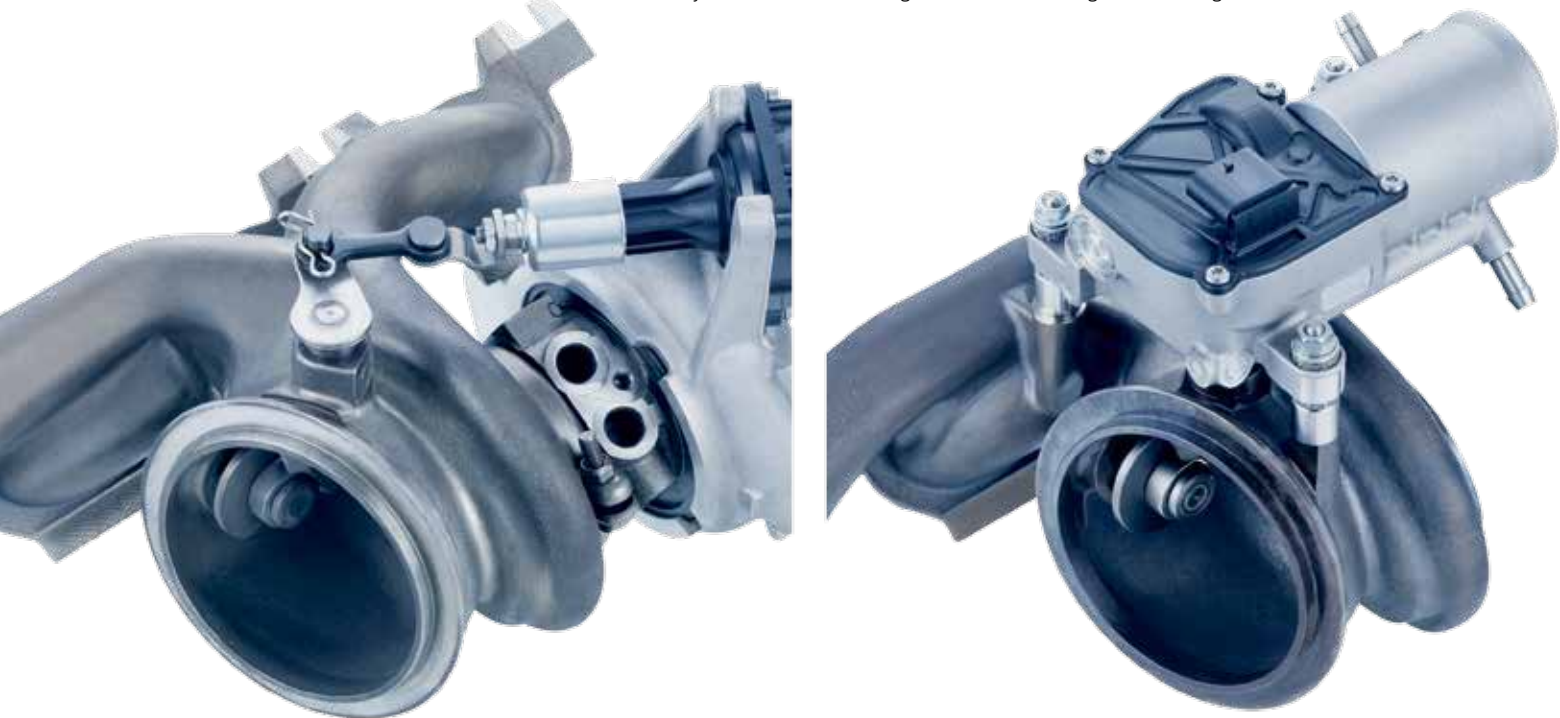
This new design requires an adaption of the turbine housing. Taking package constraints and structural integrity of the turbine housing into account, domes

were added to the housing that carry stud bolts, **FIGURE 2**. The actuator is mounted to the bolts via mesh bushings. These bushings are already used successfully in series production of EGR components and allow heat decoupling as well as tolerance compensation. The actuator is fixed to the turbine housing via the pre-tensioning forces of the cover nuts, which act on the actuator via the predefined compression of the mesh bushing.

The actuator is centred via a machined flange on the wastegate shaft exit of the exhaust gas turbocharger, which mounts a sleeve fixed in the aluminium housing. Torque is transmitted between the actuator and the wastegate by means of a hardened and therefore wear-proof Oldham coupling element, consisting of the two coupling elements of the actuator and wastegate shaft and the slot stone inserted in between. This connection helps compensate for misalignment and thermally decouples both shafts.

In addition to the heat shield, a cooling duct is integrated in the aluminium housing, **FIGURE 2**. This helps prevent heat damage to the actuator. The housing cooling includes both the actuator shaft, which enables sealing against splashing

FIGURE 1 Exhaust gas turbocharger with wastegate: wastegate with conventional rod kinematic system (left) and new design with hot actuator (right) (© Pierburg)



water with a radial shaft seal, and the area around the electric motor. This allows the conventional brushed motor (used instead of an EC motor for cost reasons) to be loaded with a higher average current, and also enables a lower transmission ratio of the two-stage gear unit. This has a positive effect on both the installation space and the dynamics. Cooling also ensures that the optional fail-safe spring (here a coil spring) is durable. **TABLE 1** lists the actuator characteristics.

QUALITATIVE COMPARISON

The new design offers a number of advantages over conventional wastegate actuators, as presented in a qualitative comparison in **TABLE 2**. The direct coupling of the actuator and wastegate shaft avoids the use of the multi-component rod kinematic system. This reduces the number of mechanical components, which might age and wear over time. It also removes the previous backlash compensation on the mechanical drive couplings, which compensated for thermal expansion and angular misalignments. Alongside more precise pilot control and almost hysteresis-free position control, this also eliminates noise from the kinematic system, which might be audible for classic wastegate actuators.

The shaft bearing no longer has to absorb any angle-dependent radial forces, while the actuating torque is absorbed directly via the fixation points on the turbine housing. As a result, the guide length of the shaft bearing can be reduced significantly. The turbocharger prepared for the engine tests had a guide length just

half of that of a conventional system. Moreover, it is avoided that extra loads are imposed on the joints between compressor, turbine and centre housing. Thanks to the new design, it is possible to enlarge the current flap opening angle of around 40° without needing to adjust the actuator. The flap opening angle no longer depends on the kinematic lever system, and there are no negative effects on the angle speed. A contactless sensor with a thermally decoupled ring magnet on the inside of the output gear could detect the position of the wastegate across 360°. This makes it possible, above all in cold start phases, to lower the exhaust gas back pressure of the turbine via the enlarged opening angle of the wastegate, and improve the flow towards the exhaust gas aftertreatment system downstream of the turbine.

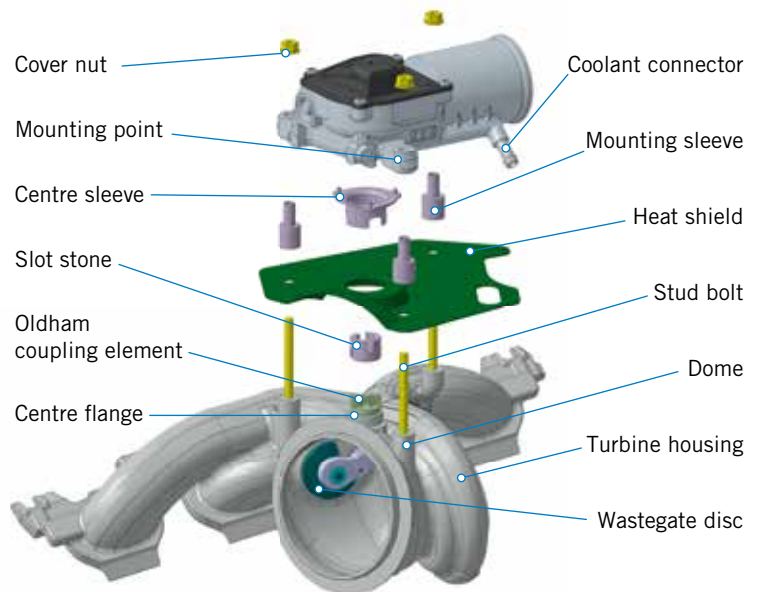


FIGURE 2 Adaption of the hot wastegate actuator on the turbine housing
(© Pierburg)

VERIFICATION ON A RUNNING ENGINE

The new design was validated on a Pierburg engine test bench. The test was conducted using a standard four-cylinder engine generating 170 kW of power and with an engine displacement of 2.0 l, together with a single-stage exhaust gas turbocharger with wastegate regulation. This turbocharger was replaced with an identical component fitted with the hot wastegate actuator. This actuator was controlled in all subsequent tests via the boost pressure controller of the standard engine control unit (ECU). The design was verified via characteristic measurements, in particular at full-load operating points where the actuator is exposed to higher thermal load, as well as taking transient processes into account. The hot actuator met expectations in all tests, which represented the expected engine operating conditions during driving.

The design's hot soak stability was also tested in order to further ensure actuator function under extreme conditions. This required the engine to be thermally preconditioned in advance through operation with a minimal quantity of coolant. This was set to approx. 20 l/h in a series of measurements. This value ensures that no damage is caused to the turbocharger and wastegate actuator, even at full

Specification		
Parameter	Value	Unit
U_{nom}	12	V
Gearbox/ratio	Two-stage /1:105	–
M_{nom} / M_{max}	7/ >12	Nm
Operation nom./max.	60/360	°
Angular speed $\omega @ M_{nom}$	>175	°/s

TABLE 1 Specification of the wastegate actuator (© Pierburg)

Assessment of WG actuators		
Characteristic	New concept	Conv. WG actuator
Operation range	+	0
Control accuracy	+	0
Deterioration	+	0
Acoustic level	+	0
Packaging	0	0
Cooling requirement	–	+

TABLE 2 Qualitative comparison of characteristics (© Pierburg)

engine load with low convection cooling and a coolant temperature of 80 to 90 °C. In all tests, the coolant was supplied to the actuator via a separate conditioning unit independent from the engine. The coolant temperature was measured immediately at the inlet and outlet of the actuator.

Once the test object had been thermally preconditioned at full load of 2000 rpm, the engine was switched off and the coolant supply was stopped immediately. The turbocharger was also thermally encapsulated with a cover to prevent any free convection.

FIGURE 3 shows the positions of the thermal elements used. Points T_1 to T_3 each correspond to a pair of sensors on the stud bolts and the mounting points of the actuator. The actuator shaft temperature was measured on the output gear-wheel. The temperature of the exhaust gas and turbocharger outlet was also measured, along with the ambient temperature between the actuator and the manifold beneath the heat shield.

The graphs in FIGURE 4 each indicate the highest temperature of the respective component. With exhaust gas

values of around 900 °C downstream from the turbocharger, the maximum stud bolt temperature at the fixation point was approximately 350 °C. The values for the housing and actuator shaft increased during the hot soak phase to high but non-critical levels of 130 to 160 °C. The curve for coolant outlet temperature shows the emergent free convection (thermosiphon effect) of the coolant, supported through local boiling effects. The maximum coolant temperature of 105 °C was reached around 12 min after the start of the hot soak phase. As a result of the heat transfer to the coolant from the wastegate shaft, the bearing and the ambient temperature reached a peak temperature of up to 330 °C. Therefore, the coolant in the actuator prevented thermal damage to the components and the assembly, even during phases of extreme heat accumulation and no active cooling, thanks to the coolant convection protecting the components. Across the entire test duration, with a total operating time of over 500 h, the actuator suffered no functional impairment.

SUMMARY AND OUTLOOK

The new hot wastegate actuator design presented here is a promising approach that was successfully tested and assessed on a running engine. Under both standard engine operating conditions and the extreme load of subsequent hot soak, the design proved itself to be so promising that it was transferred into series production development.

Thanks to its expanded characteristic values and its adaptability to the requirements of the respective application, the actuator can be used for more than just controlling the wastegate in

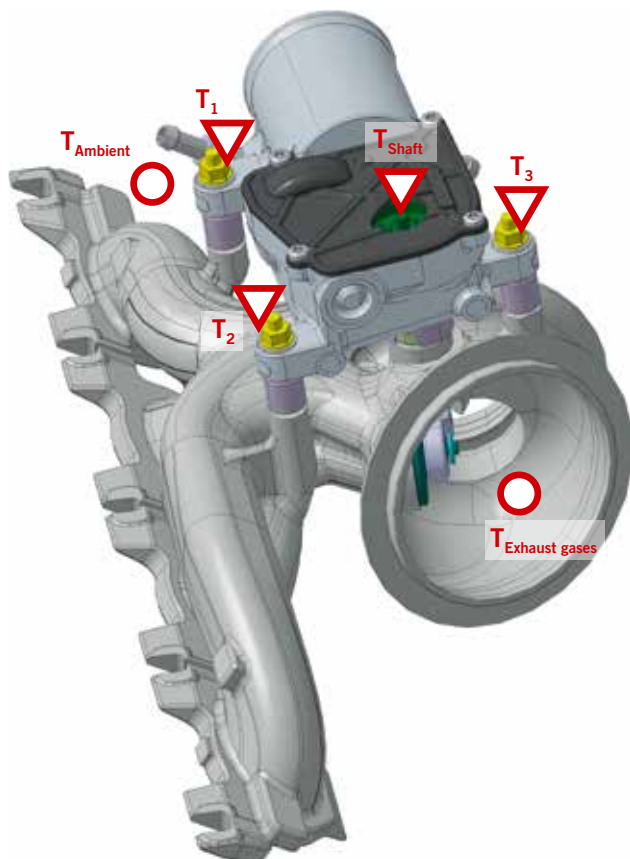


FIGURE 3 Positions of the temperature sensors (© Pierburg)

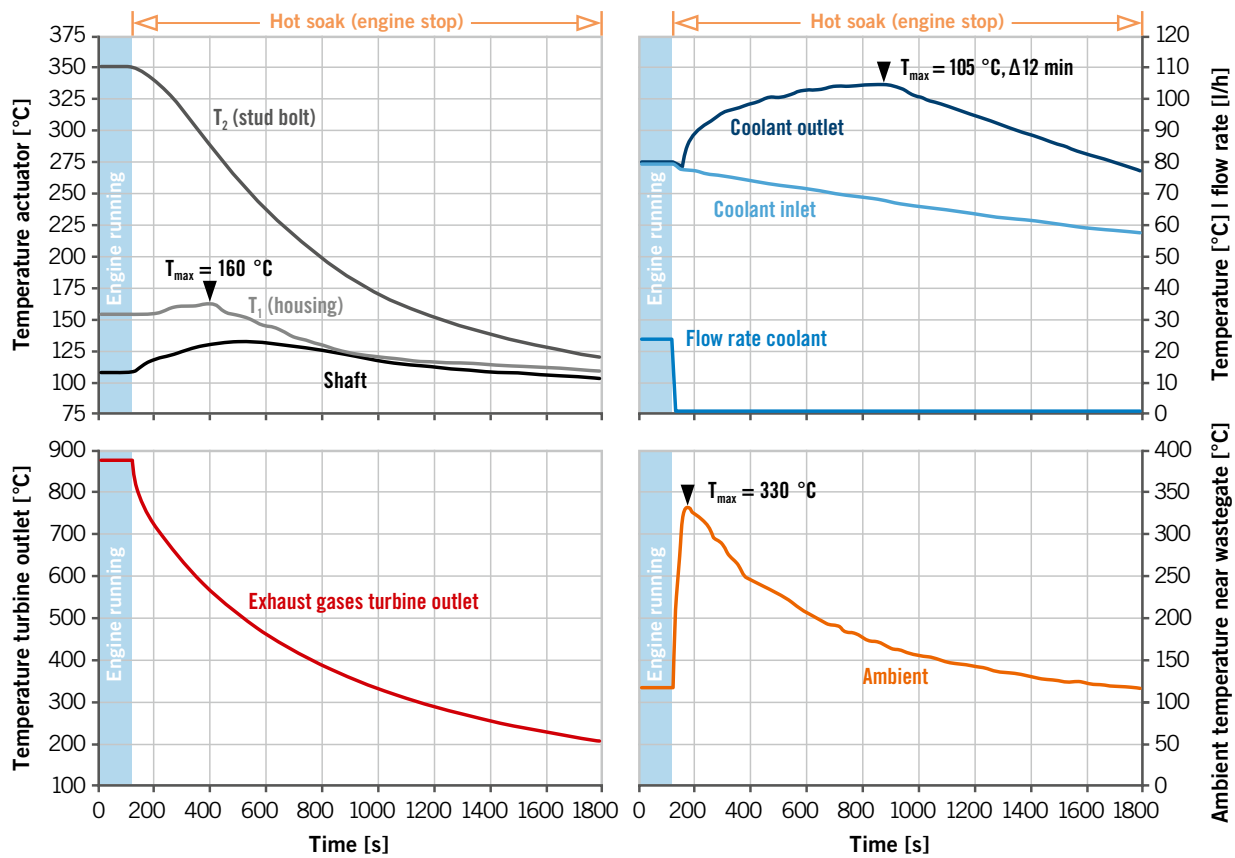


FIGURE 4 Results of hot soak test at fired engine (© Pierburg)

passenger car turbochargers. A variant of the hot actuator is currently being tested by a turbocharger manufacturer, in order to implement a new approach for improved boost pressure control.

Further possible areas of use include replacing the pneumatically actuated bypass valve of the high-pressure stage in a two-stage turbocharging system, or as an actuator in commercial vehicles.

REFERENCE

- [1] Glahn, C.; Kluin, M.; Königstein, A.; Herrmann, I.: Requirements for the Boosting System of Future Engine Concepts. In: MTZworldwide 78 (2017), No. 4, pp. 16-21



KOLBENSCHMIDT



PIERBURG



MOTORSERVICE



CHANGEDRIVEN

Unsere zukunftsweisenden Technologien werden die Mobilität von morgen nachhaltig verändern. Erfahren Sie mehr über unsere innovativen Lösungen für Verbrennungsmotoren, Hybrid- und Elektroantriebe auf www.rheinmetall-automotive.com

Technologies from Rheinmetall.
SOLUTIONS FOR A CHANGING WORLD.



**UNSER HERZ SCHLÄGT
FÜR IHREN ANTRIEB.**



RHEINMETALL
AUTOMOTIVE