

Turbolader in der Werkstattpraxis

Technik, Varianten, Schäden und Ursachen



Mario Köhler

Krafthand Medien GmbH
ISBN 978-3-87441-145-5

powered by

 **BorgWarner**

Bibliografische Informationen der Deutschen Bibliothek
Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der
Deutschen Nationalbibliografie.
Detaillierte bibliografische Daten sind im Internet
über <http://portal.dnb.de> abrufbar.

ISBN: 978-3-87441-145-5

Band 17
aus der Reihe
KRAFTHAND-Praxiswissen

1. Auflage, Juni 2017

Autor: Mario Köhler

Realisierung / Lektorat: Georg Blenk

Titelgestaltung / Layout: Martin Dörfler

Titelbild: BorgWarner

Bilder / Grafiken: Audi, Blenk Georg, BorgWarner, Daimler, Bosch Mahle Turbosystems,
Continental, General Motors, Guranti Rudolf, Motair, NGL-Turbotechnik, Honeywell/Garret,
Jaquet, Kolbenschmidt Pierburg, Schmidt Torsten, STK Turbotechnik, Volkswagen.

Druck und buchbinderische Verarbeitung: Holzmann Druck, Bad Wörishofen
Printed in Germany

Das Werk entstand mit freundlicher Unterstützung der
BorgWarner Aftermarket Europe GmbH, Kirchheimbolanden

Alle Rechte vorbehalten

© Krafthand Medien GmbH

Walter-Schulz-Straße 1 · 86825 Bad Wörishofen

Telefon (08247) 30 07-0 · Telefax (08247) 30 07-70

info@krafthand.de · www.krafthand-medien.de

Geschäftsleitung: Gottfried Karpstein, Andreas Hohenleitner, Steffen Karpstein

Dieses Werk ist einschließlich aller seiner Teile urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechts-
gesetzes ist ohne die Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen,
Mikroverfilmungen und die Einspeisung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kenn-
zeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten
wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

*Bild- und Grafikmaterial – insbesondere grafische Darstellungen –, welches nicht gesondert mit einem Quellverweis versehen ist, ist dem
Autor Mario Köhler zuzuordnen.

Inhalt

Vorwort	5
1. Eine kurze Historie	7
2. Seitenblick: Der Verbrennungsmotor	9
2.1 Leistungsformel und Zusammenhänge	9
3. Turbolader: Komponenten, Wirkprinzip	11
3.1 Die Rumpfguppe	11
3.2 Die Lagerung der Läuferwelle	12
3.3 Die Abdichtung der Rumpfguppe	14
3.4 Die Ladedruck-Regelung und -Steuerung	14
3.5 Das elektrisch betätigte Schubumluftventil	17
4. Turbolader: Bauarten und Varianten	19
4.1 Der klassische Turbolader mit Wastegate.....	19
4.2 Der Turbolader mit variabler Turbinengeometrie (VTG).....	19
4.3 Der Twin-Scroll-Lader	20
4.4 Die Registeraufladung (abwechselnde Aktivierung)	22
4.5 Die Bi-/Twin-Turbo-Aufladung (Parallelschaltung).....	24
4.6 Zweistufige-Aufladung (Reihenschaltung).....	25
4.7 Der Dreifach-Turbo	26
4.8 Der Vierfach-Turbo	27
4.9 Kompressor-/Turbo-Kombination (am Beispiel des Volkswagen TSI)	29
4.10 Der VNTOP-Turbolader	31
4.11 Seitenblick: Turbolader mit wassergekühltem Turbinengehäuse	31
5. Peripherie, Nebenfunktionen	33
5.1 Die elektronische Ladedruckregelung.....	33
5.2 Der Ladeluftkühler.....	33
5.3 Drehzahlsensoren	35
5.4 Drallklappen/Tumbleklappen	35
6. VTG-Lader für Ottomotoren	37
7. Elektrische Verdichter	39
8. Schäden an Turboladern: Störungsbilder und Ursachen	41
8.1 Rauchentwicklung	41
8.2 Geräuschentwicklung.....	41
8.3 Motoröl, Ölverlust und mangelnde Schmierung.....	42

Inhaltsverzeichnis

8.4 Materialfehler, Produktion, Qualitätskontrolle	46
8.5 Fremdkörper, turbinenseitig	47
8.6 Fremdkörper, verdichterseitig.....	47
8.7 Leistungsverlust	48
9. Plagiate und Risiken	51
10. Tipps und Tricks für den Werkstatt-Profi.....	53
10.1 Die Prüfung elektropneumatischer Ventile	53
10.2 Der Luftmassenmesser	54
10.3 Der Partikelfilter	55
10.4 Die Motorentlüftung, das Kurbelgehäuse	56
11. Austauschturbolader, Aufbereitung.....	57
12. Die Diagnose und Abstimmung auf dem Leistungsprüfstand.....	59
12.1 Das Verdichter- und Turbinenkennfeld	59

Vorwort

Die Aufladung von Pkw-Verbrennungsmotoren mithilfe eines oder mehrerer Turbolader hat in den letzten Jahren stark an Bedeutung gewonnen. Der Hintergrund ist die Tendenz immer kleinere und leistungsfähigere Motoren zu bauen bei gleichzeitig reduziertem Kraftstoffverbrauch und reduzierten Abgasemissionen. Dieser Umstand stellt Konstrukteure und Ingenieure vor immer neue Herausforderungen. Am Ende müssen jedoch auch die Kfz-Service-Profis in den Kfz-Betrieben mit der immer komplexeren Technik Schritt halten können und das Gesamtsystem eines Turboladers verstehen.

Abgasturbolader sind so ausgelegt, dass sie im Normalfall und bei ordnungsgemäßer Wartung der Peripherie ein Motorleben lang halten. In der Praxis ist das längst nicht immer der Fall. Der Lader rückt spätestens dann in den Fokus, wenn ein Kunde mit seinem Pkw die Kfz-Werkstatt aufsucht und über Leistungsverlust, Geräusche, Qualmen oder Ähnliches berichtet. Jetzt ist der kompetente Kfz-Mechatroniker gefragt.

Die vorliegende Fachbroschur ‚Turbolader in der Werkstattpraxis – Technik, Schäden, Fehlersuche‘, aus der Reihe KRAFTHAND-Praxiswissen, liefert eine detaillierte und klar verständliche Übersicht zum Thema. Sie dient als praxisnaher Ratgeber für den Werkstattalltag und richtet sich sowohl an Auszubildende, als auch an Pkw-Diagnoseprofis.

Ein besonderer Dank gilt der BorgWarner Aftermarket Europe GmbH, Kirchheimbolanden, für die Unterstützung bei der Erstellung der vorliegenden Publikation. Mein weiterer Dank gilt den darüber hinaus erwähnten Unternehmen für die Lieferung von Zusatzinformationen sowie Herrn Georg Blenk von der Krafthand Medien GmbH. Ohne ihn wäre die Erstellung der Fachbroschüre nicht möglich gewesen.

Ich wünsche Ihnen viel Freude und Erkenntnisgewinn bei der Lektüre!

Wittighausen, im Juni 2017



Mario Köhler

3. Turbolader: Komponenten, Wirkprinzip

3.1 Die Rumpfgruppe

Abgasturbolader verfügen grundsätzlich über eine Abgas- und eine Frischluftseite. Das Hauptbauteil, die sogenannte Rumpfgruppe, besteht aus dem Lagergehäuse, der Lagerung selbst und der Läuferwelle auf dem das Turbinen- und das Verdichterrad sitzen. Das Verdichterrad befindet sich auf der Frischluftseite, das Turbinenrad auf der Abgasseite.

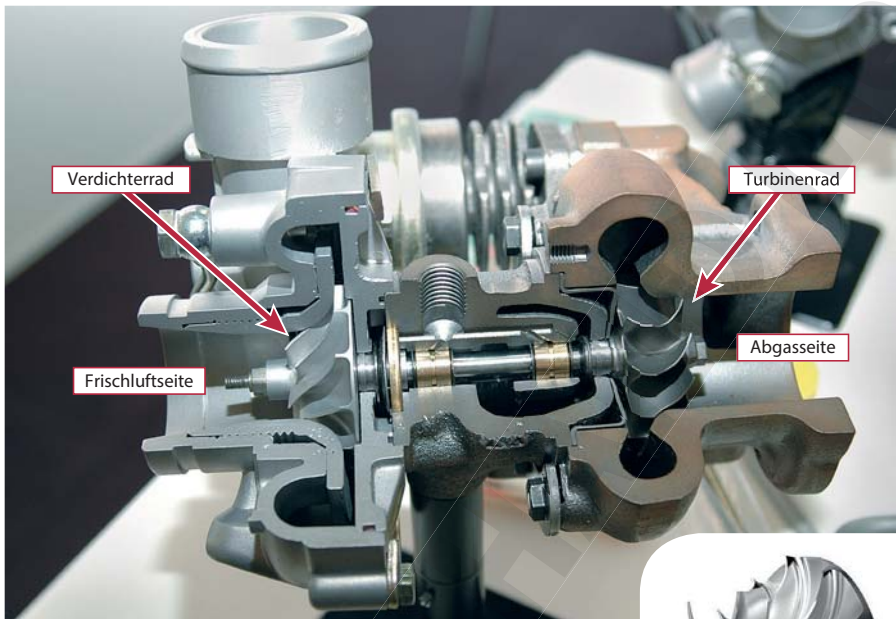


Bild 5
Rumpfgruppe, bestehend aus Turbine (Abgasseite) und Verdichterrad (Frischluftseite), angeordnet auf einer gemeinsamen Welle. Bild: Blenk



Bild 6
Feingewuchtetes Verdichterrad eines Turboladers aus einer Aluminium-Legierung. Bild: BMTS



Bild 7
Turbinenrad eines Turboladers aus einer hochwarmfesten Nickel-Legierung. Bild: BMTS

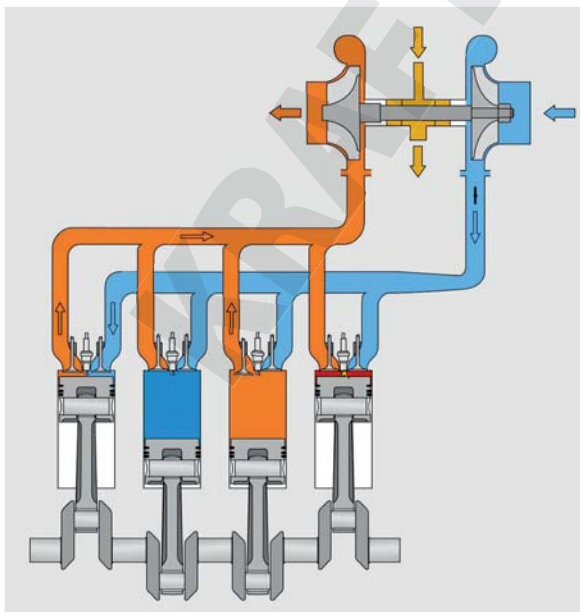


Bild 8
Das Wirkprinzip eines einfachen 4T-Abgasturboladers. Grafik: BorgWarner

Das Wirkprinzip des Abgasturboladers

In Betrieb werden vom Motor heiße Abgase ausgestoßen und über den Abgaskrümmer zum Turbolader geleitet. Die Abgase erzeugen – abhängig vom Abgasvolumen – am Turbinenrad eine Drehbewegung, diese wird über eine Welle 1:1 an das Verdichterrad weitergegeben. Der Verdichter saugt über den Ansaugkanal Frischluft an, verdichtet sie und leitet die Luft mit entsprechendem Überdruck über den Ansaugkanal in die Zylinder des Motors.

Turbolader: Komponenten, Wirkprinzip

Stau-Aufladung

Bei der sogenannten Stau-Aufladung wird die gesamte Abgasmenge aller Zylinder im Abgaskrümmter zusammengefasst und der Turbine des Turboladers zentral zugeführt.

Stoß-Aufladung

Bei der Stoß-Aufladung werden Teilabgasmengen je Zylinder dem Turbolader über eine gemeinsame ‚Düse‘ zugeführt. Es ergibt sich ein spontaneres und schnelleres Ansprechverhalten. Die Stoß-Aufladung bringt einen erheblichen Vorteil bei niedrigeren Motordrehzahlen mit sich, da die dynamische Energie aus den Abgasimpulsen, den geringen Massenstrom teilweise kompensieren kann.

Entsprechend nachteilig verhält sich ein Motor, dessen Turbolader mit Fokus auf die Stoß-Aufladung konstruiert wurde, in Hinblick auf die Nennleistung.

Kombination

In der Praxis wird aus Platzgründen eine Kombination aus Stau- und Stoß-Aufladung gewählt. Die Wahl des Verfahrens hängt zudem von der Zylinderanzahl, beziehungsweise der Bauart des Motors sowie von der angestrebten Leistung und der gewünschten Motorcharakteristik ab. Drei Faktoren sind für den Antrieb der Turbine relevant: der Abgasdruck, die Abgastemperatur und der sogenannte Flow – der Massenstrom.

Seitenblick:

Die Aufladung mittels Kompressor

Eine andere Möglichkeit die Leistung eines Verbrennungsmotors zu steigern ist die rein mechanische Aufladung durch einen Kompressor. Dabei wird ein Verdichterrad im Ansaugtrakt durch den Motor selbst angetrieben. Die erreichte Leistungssteigerung wird dabei jedoch zum Teil durch die erhöhte Antriebsleistung des Kompressors (bis zu 15 Prozent) wieder aufgezehrt. Der Kraftstoffverbrauch ist im Vergleich zum turboaufgeladenen Motor etwas höher.

Eine weitere Kompressor-Variante, jedoch mit anderem Verdichterkonzept, ist der sogenannte G-Lader der bei Volkswagen beispielsweise beim Golf II, III, Polo II, Passat G60 Syncro oder Corrado zum Einsatz kam. Die Luft wird mit dem sogenannten Scroll-Verfahren verdichtet. Dabei bewegen sich radial zwei Verdrängerplatten, die mit Spiralen ausgestattet sind, zueinander. Der G-Lader wird ebenfalls mit einem Riemen mechanisch vom Motor angetrieben.

3.2 Die Lagerung der Läuferwelle

Bei den heutigen Turboladern, die in Serie verbaut werden, erreichen die Läuferwellen teilweise über 300.000 Umdrehungen pro Minute (Beispiel: der extrem kleine Lader im Smart CDI). Dementsprechend müssen die Lager der Läuferwelle ausgelegt sein.



Bild 9

Die ‚klassische‘ Lagerung einer Läuferwelle mittels Radial- und Axiallager.
Bild: Mario Köhler

Turbolader in der Werkstattpraxis

Man unterscheidet zwei Lagerungen, das Radiallager (nimmt die Kraft radial auf) und das Axiallager (nimmt die Kraft in Längsrichtung der Welle auf). Das Radiallager kann als Ein- oder Zwei-Buchsen-Gleitlager ausgelegt sein und läuft verschleißfrei auf einem Ölfilm.

Bei der Einbuchsen-Lagerung ist die Buchse fest im Lagergehäuse eingepresst, nur die Welle dreht sich. Der Vorteil ist eine kompaktere Bauweise und ein geringer Lagerabstand.

Anders bei der Zweibuchsen-Lagerung. Diese ist so aufgebaut, dass sich zwischen dem stehenden Lagergehäuse und der drehenden Welle eine mit halber Wellendrehzahl mit rotierender Radiallagerbuchse aus Messing befindet. Somit kann es zu keiner Festkörper-Reibung zwischen Lagerung und Läufer kommen. Der äußere Ölfilm dient zur Dämpfung und sorgt für eine stabile Wellenbahn des Läufers.

Info

Bei der Ein- und Zweibuchsen-Lagerung können keine Axialkräfte aufgenommen werden. Axialkräfte wirken auf das Verdichter- und Turbinenrad aufgrund der Gaskräfte. Es kommt also auch ein Axiallager zum Einsatz. Es ist als Keilflächen-Gleitlager ausgelegt und fest im Lagergehäuse fixiert. Als Anlauffläche dienen zwei Scheiben, die fest mit der Welle verbunden sind.

3

Die Lagerung mittels Kugellager

Die Lagerung der Läuferwelle wird mittlerweile nicht nur in Rennsport-Fahrzeugen mit einem Kugellager ausgeführt. Beispielsweise setzt BorgWarner seit Kurzem auch in der Serie auf Kugellager.

Durch die Kugel- beziehungsweise Wälzlager kann ein sehr schnelles Ansprechverhalten (im Gegensatz zum Gleitlager) erzielt werden, die benötigte Schmiermittelmenge fällt geringer aus. Ein weiterer Vorteil: Es können mit einer Lagereinheit Kräfte in axialer und radialer Richtung aufgenommen werden. Die geringere Reibung macht sich beim Kaltstart bemerkbar und darüber hinaus kann man den Turbolader kleiner ausführen. Der Wirkungsgrad wird gesteigert und das Ansprechverhalten des Motors verbessert.

Aufgrund der immer schärfer werdenden gesetzlichen Emissionsgrenzwerte gewinnt die Kugellagerung immer mehr an Bedeutung auch bei der Seri-



Bild 10

Turbolader mit Wälzlagerung für die Serienanwendung. Bild: BorgWarner

enproduktion. Zum Beispiel liefert die Firma SKF Kugellager-Einheiten für Turbolader. Nachteil der Kugellagerung sind jedoch die etwas höheren Herstellungskosten.



Bild 11

Aufbau einer Wälzlagerkartusche. Die Kugeln sind beispielsweise aus Siliziumnitrid. Ein Nachteil gegenüber der klassischen Gleitlagerung ist die Geräuschentwicklung – die dämpfende Ölschicht fehlt. Durch konstruktive Maßnahmen (unter anderem eine schwimmende Lagerung des Kugellager-Außenrings) kann dies kompensiert werden. Bild: BorgWarner

Turbolader: Komponenten, Wirkprinzip

3.3 Die Abdichtung der Rumpffgruppe

3

Das Lagergehäuse beziehungsweise die Rumpffgruppe muss gegen Gaskräfte sowie gegen Ölverlust abgedichtet sein. Dieses geschieht – nicht wie oftmals irrtümlich angenommen mithilfe eines Simmerings – sondern mit Kolbenringen die fest im Lagergehäuse fixiert sind und sich nicht mitdrehen.



Bild 12
Kolbenring zur Abdichtung der Rumpffgruppe. Bild: STK Turbo Technik

Es handelt sich um eine berührungslose Abdichtung, vergleichbar einer Labyrinth-Dichtung. Dies erschwert die Ölleckage durch Umlenkung und bewirkt, dass nur eine geringe Abgasmenge in das Kurbelgehäuse gelangen kann.



Lösen Sie niemals das Verdichterrad um Instandsetzungen am Turbolader vorzunehmen, da das Laufzeug (Turbinne, Verdichter, Welle) feinstgewuchtet sind. Dies sollte einer Spezialfirma mit den passenden Maschinen (zum Beispiel einer Hochdrehzahl-Präzisionswuchtanlage) überlassen werden. Bei der kleinsten Beschädigung des Laufzeugs können sehr schnell kapitale Schäden entstehen.

3.4 Die Ladedruck-Regelung und -Steuerung

Regelung

Von Regeln spricht man, wenn permanent ein definierter Sollwert mit einem Istwert verglichen wird. Weicht der Istwert vom Sollwert ab, regelt ein Stellglied entsprechend nach, bis der Wert wieder (annähernd) erreicht ist.

Gemäß DIN 19226 ist das Regeln ein Vorgang, „bei dem eine Größe (die zu regelnde Größe), zum Beispiel die Temperatur, die Drehzahl oder die Spannung, fortlaufend erfasst und mit einem vorgegebenen Wert (der Führungsgröße) verglichen wird. Abhängig vom Ergebnis dieses Vergleichs wird durch den Regelvorgang eine Angleichung der zu regelnden Größe an den Wert der vorgegebenen Größe vorgenommen.“ Beispielsweise wird der Ladedruck permanent von der ECU überwacht und je nach definierter Lastsituation (mehrere Einflussfaktoren) des Motors entsprechend dynamisch angepasst.

Sobald ein Sensor beteiligt ist, handelt es sich meist um eine Regelung.

Steuerung

Man spricht gleichsam von einer Steuerung, wenn eine Eingangsgröße, durch bestimmte Gesetzmäßigkeiten im System (es können mehrere Einflussgrößen ausschlaggebend sein), eine Ausgangsgröße direkt beeinflusst. Beispiele von Steuerungen sind die Zündzeitpunktverstellung über einen Fliehkraftregler oder die Beschleunigungsanreicherung (Vergaser) über die Gaspedalstellung.

Nach DIN 19226 ist das Steuern „ein Vorgang, bei dem eine Eingangsgröße in gesetzmäßiger Weise eine Ausgangsgröße beeinflusst. Kennzeichnend für das Steuern in seiner einfachsten Form ist der offene Wirkungsablauf in einem einzelndem Übertragungsglied oder in einer Steuergröße.“

Die Regelung des Turboladers

Erhöht sich die Drehzahl des Motors, erhöht sich auch die Abgasenergie und damit zwangsläufig die Turbinendrehzahl und damit die daraus resultierende Luftmenge die dem Motor zugeführt wird. Die Leistung steigt. Dies ist aber nur bis zu einer Grenze gewünscht und technisch machbar und sinnvoll. Aus diesem Grund

Turbolader in der Werkstattpraxis

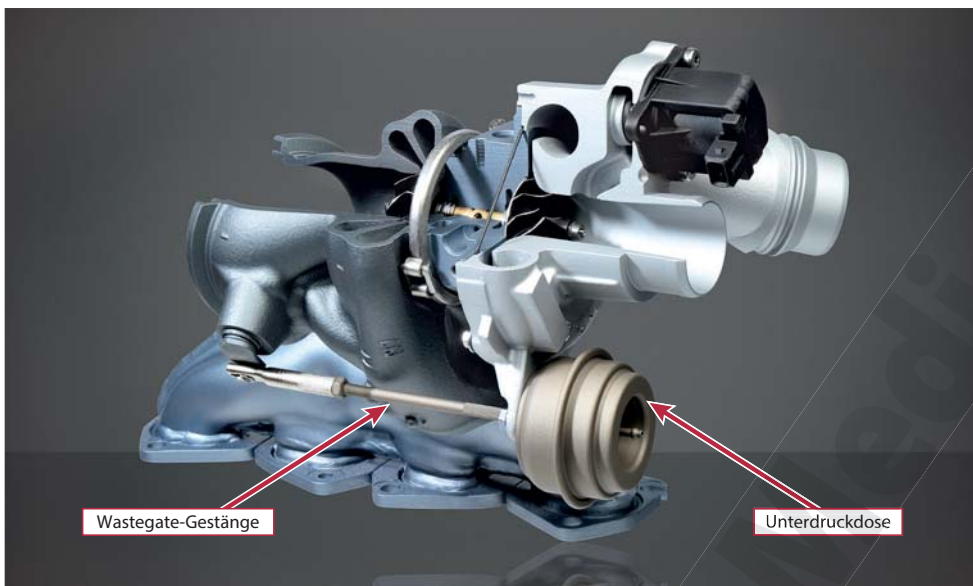


Bild 13
Wastegate, inklusive federbelasteter Membrandose (Steuerdose) und Gestänge.
Bild: Honeywell/Garrett

ist es erforderlich, die Leistungsabgabe des Turboladers zu regeln. Dies kann auf unterschiedlichste Weise geschehen:

- abgasseitig,
- frischluftseitig,
- durch eine Kombination aus beidem.

Abgasseitig ist es möglich über eine Abgasregelklappe (englisch Wastegate) überschüssige Abgasenergie abzuführen. Ein Teil der Energie erreicht die Turbine des Turboladers also gar nicht. Das Wastegate ist über eine Regelstange mit einer pneumatischen Steuerdose verbunden.

Ab einem bestimmten Druck öffnet das Wastegate und leitet einen Teil des Abgases am Turbolader vorbei (Überdrucksystem). Dadurch wird der Ladedruck begrenzt. Das Öffnen der Regelklappe wird bestimmt durch die Fläche der Membran, der Federkraft der Feder, das Flächen/Hebel-Verhältnis der Regelklappe sowie dem Druck der auf die Membrandose wirkt.

Das Problem dieser Anordnung sind die hohen (Abgas-)Temperaturen. Dadurch werden die Regelklappe im Abgaskrümmen durch den Abgasstrom sowie die turbinenseitige Membrandose sehr stark belastet. So kann es zu thermischen Problemen wie Rissen in der Regelklappe oder Beschädigungen der Membran oder der Membrandose kommen.



Bild 14
Wastegate mit Überdruckregelung. Der Ladedruck betätigt hier über einen Schlauch die Steuerdose beziehungsweise die Wastegateklappe.
Bild: Mario Köhler

Turbolader: Komponenten, Wirkprinzip

3

Info

Beim Wastegate kann der Ladedruck über einen Schlauch von der Verdichter-Ausgangsseite direkt oder über ein 3-Wege-Ventil zur Steuerdose geführt werden.

Ist beispielsweise der Schlauch porös, rissig und undicht, bleibt das Wastegate länger geschlossen und der Turbolader wird nicht mehr abgeregelt. Es kommt zu einer Überschreitung des Ladedrucks. Bei modernen Motoren geht das Motormanagementsystem ab einer gewissen Überschreitung des Sollladedrucks in ein Notlaufprogramm und nimmt damit die Leistung zurück.



Bild 15

Blow-off-Ventil. Bild: Mario Köhler

Blow-off-/Pop-off-Ventile

Ansaug- beziehungsweise frischluftseitig werden Ladedrücke über sogenannte Blow-off-/Pop-off-Ventile (im Motorsport handelt es sich um offene Systeme) oder Schubumluftventile (Serienfahrzeuge, geschlossenen Systeme) bei der Gasrücknahme gesteuert.

Blow-off-/Pop-off-Ventile stellen eine Art Schutzfunktion dar und verhindern, dass der Verdichter ins ‚Pumpen‘ läuft. Bei Ottomotoren schließt die Drosselklappe bei Gas-Wegnahme und der Verdichter fördert gegen einen hohen Widerstand. Die Belastung des Verdichterrades ist dabei sehr groß, es kann zum Schaden kommen. Infolgedessen kommen Blow-off-/Pop-off-Ventile auch nur bei Otto-Anwendungen zum Einsatz.



Blow-off-/Pop-off-Ventile beziehungsweise Schubumluft-Ventile dienen nicht zur Regelung des Ladedrucks.

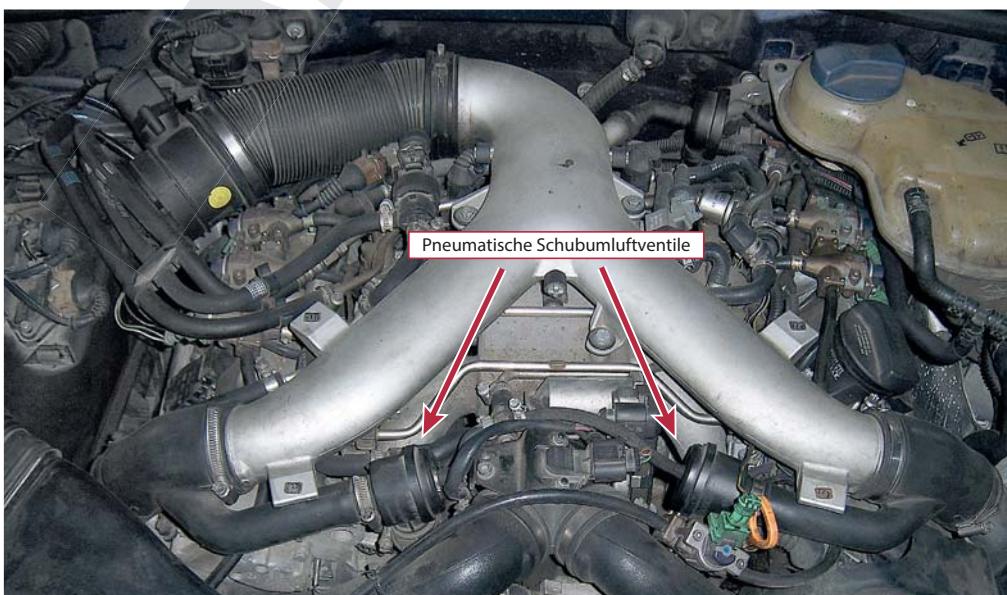


Bild 16

Pneumatische Schubumluftventile eines Audi 2,7-l-Bi-Turbo-Motors. Bild: Mario Köhler

Turbolader in der Werkstattpraxis

Des Weiteren muss hier erwähnt werden, dass neuere Turbolader über Unterdruckdosen oder durch elektrische Steller geregelt werden können. Es ergibt sich ein leichter Verbrauchsvorteil. Eine sogenannte ‚Fail-Safe-Open-Funktion‘ sorgt dafür, dass bei defekter Regelung die Klappe geöffnet bleibt.

Info

Die Funktion der Blow-off-/Pop-off-Ventile ist mit dem Schubumluftventil identisch, nur das dabei die Luft ins Freie geleitet wird.

Tipp

Bei zu niedrigem Ladedruck und Fehlermeldung: „Ladedruck unterschritten“ könnte die mögliche Ursache ein defektes Schubumluftventil sein. Die Erfahrung hat gezeigt, dass diese in der Praxis des Öfteren einen Defekt aufweisen und nicht mehr richtig schließen beziehungsweise die Membran gerissen ist.

3.5 Das elektrisch betätigte Schubumluftventil

Beispielsweise hat Kolbenschmidt-Pierburg ein elektrisch betätigtes Schubumluftventil in den Turbolader mit integriertem Abgaskrümmner eingebracht. Das Bauteil ist separat erhältlich und austauschbar. Ein Vorteil für Kfz-Betriebe und Werkstattkunden. Die Vierol-Tochter Vemo liefert ebenfalls Schubumluftventile für den Aftermarket.

Elektrische Schubumluftventile haben mehrere Vorteile. Das Bauteil ist kompakt und weniger anfällig. Pneumatikleitungen, der Unterdruckspeicher, das Rückschlagventil und das Elektroumschaltventil entfallen. Durch die direkte Ansteuerung ergeben sich bis zu 70 Prozent kürzere Schaltzeiten, was bei schnellem Lastwechsel gerade den sportlich ausgelegten Turbomotoren entgegenkommt. Das elektrisch betätigte Schubumluftventil hatte 2004 seine Serienpremiere im 2,0-l-Turbo-FSI-Motor von Audi sowie dem Volkswagen Golf V GTI.



Bild 17
Elektrisch betätigtes Schubumluftventil.
Bild: Kolbenschmidt-Pierburg



Bild 18
Schubumluftventil am Turbolader. Es verhindert ein plötzliches Abbremsen des ATL beim plötzlichen Schließen der Drosselklappe.
Bild: Kolbenschmidt-Pierburg

Info

Zahlreiche motorsportbegeisterte Fahrzeuglenker verbauen anstelle des originalen Schubumluftventils sogenannte offene Blow-off-Ventile. So erhalten Sie das im Motorsport bekannte ‚Zisch-Geräusch‘. Durch die Ventile wird bei Gaswegnahme bereits komprimierte Luft ins Freie abgeblasen.

Ein bekannter Nachteil ist die ‚Verwirrung‘ des Motorsteuergeräts wegen ‚springender‘ Werte des Luftmassenmessers. In zahlreichen Ländern verstoßen Blow-off-Ventile gegen die Emissionsgesetzgebung. In Deutschland werden sie bei der Hauptuntersuchung nicht abgenommen.

6. VTG-Lader für Ottomotoren



Bild 52

Der BV50G war der weltweit erste Serien-VTG-Turbolader für Ottomotoren. Zum Einsatz kam er beim Porsche 911 Turbo. Bild: BorgWarner

Der Porsche 911 Turbo war vor rund 10 Jahren als erstes Fahrzeug mit einem VTG-Lader von BorgWarner für Ottomotoren ausgestattet. Heute kommen zahlreiche Porsche-Modelle mit dieser Technik der 4. Generation daher – unter anderem auch der Porsche 718 Boxster mit Vier-Zylinder-Boxermotor.



Bild 53

Moderner VTG-Turbolader für Ottomotoren mit Ladedruckregelklappe. Bild: BorgWarner

Eine Herausforderung für die Otto-VTG-Technologie sind die deutlich höheren Abgastemperaturen (bis zu 1.000 °C). Neue Werkstoffe, eine ausgeklügelte Verstell- und Lagermechanik sowie neue Brennverfahren machen eine Realisierung möglich. Die Vorteile: Die gesamte Abgasenergie wird genutzt, das Wastegate entfällt.

Otto-VTG von BorgWarner für den Volumenmarkt

BorgWarner liefert Otto-VTG-Lader auch für den Volumenmarkt. Der Turbolader mit verstellbarer Turbinengeometrie ist laut BorgWarner für neue Verbrennungssysteme und für Hybridanwendungen optimiert. Der Lader ist für die höheren Abgastemperaturen ausgelegt, soll ein verbessertes Ansprechverhalten bei niedrigen Drehzahlen sowie eine direkte und lineare Beschleunigung gewährleisten.

Zusätzlich verfügt die aktuelle VTG-Technologie über einen elektrischen Steller, der den Druck vor der Turbine durch die Verstellung der Leitschaufeln (S-Vane-Design) kontrolliert.



Bild 54

Die aktuelle VTG-Technologie für Ottomotoren ist laut BorgWarner auch für Volumenmodelle erhältlich. Bild: BorgWarner

VTG-Lader für Ottomotoren

Mit der sogenannten Floating-Nozzle-Technologie (FNT) möchte auch Bosch Mahle Turbosystems (BMTS) bei den Benzinern die Leistung steigern. Gerade bei benzinbetriebenen Fahrzeugen, und in Hinblick auf den Einsatz von Partikelfiltern, lässt sich laut BMTS der Verbrauch mit weiterentwickelten turboaufgeladenen Motoren um bis zu 20 Prozent reduzieren. Bei der FNT-Technologie handelt es sich um die Weiterentwicklung der als VTG-Technik bekannten variablen Turbinen-

schaufel-Verstellung. Die FNT für Ottomotoren baut jedoch kompakter, das Regelverhalten wurde laut BMTS verbessert und das System verfügt über eine geringere Klemmneigung bei identischem Leitschaufelspiel. Die Technik gewährleistet durch das ‚Floating-Prinzip‘ (Verzicht auf einen massiven Käfig, es liegt lediglich eine Deckscheibe auf Spacern auf) eine höhere Thermochockbeständigkeit bei Temperaturen bis 1.050 °C, die beim Ottomotor entstehen.

6

Das Wastegate entfällt

Die bislang bei Ottomotoren eingesetzten Wastegate-Turbolader kompensieren den erhöhten Abgasgegen- druck durch den Partikelfilter mit einem größeren Turbinenrad (ab 2017 verschärft die Euro-6c-Norm die Partikel-Grenzwerte auch für Benzin- er). Das schwere und größere Turbinenrad nimmt dem Motor aufgrund der höheren Massenträgheit jedoch einen Teil seiner Dynamik und Durchzugskraft. Ein Teil der Abgasenergie wird nicht genutzt. Die Otto-VTG-Technologie ersetzt das Wastegate, die Turbinenräder können kompakter ausgeführt werden.



Bild 55
Verstelleinheit eines Otto-FNT-Laders.
Bild: BMTS



Bild 56
Erste Serienanwendung eines Otto-VTG 2016. Technik-Komponenten des Volkswagen EA211 1,5-I-TSI-Evo-Motors.
Grafik: Volkswagen

KRAFTHAND

PRAXISWISSEN

Turbolader in der Werkstattpraxis

Technik, Varianten, Schäden
und Ursachen

Mario Köhler beschreibt in Band 17 der Reihe KRAFTHAND-Praxiswissen die unterschiedliche Technik, die Funktionsweise sowie die häufigsten Schadensursachen bei modernen Turboladern. Dabei beleuchtet er die Turboladertechnik sowohl bei Diesel- als auch bei Ottomotoren.

Zu Beginn skizziert Köhler die Geschichte des Turboladers und leitet dann auf die aktuelle Technik über. Er beschreibt verschiedene Bauformen und Komponenten. Im Detail geht er beispielsweise auf Turbos mit Wastegate, den Twin-Scroll- und VTG-Lader sowie auf verschiedene mehrstufige Aufladevarianten ein.

Weitere Kapitel beschäftigen sich mit dem elektrischen Verdichter sowie dem VTG-Lader für Ottomotoren.

Im zweiten Teil der Broschur beschreibt Köhler häufig auftretende Turboladerschäden, zeigt Schadensbilder und geht auf die möglichen Auswirkungen ein. Die Schadensursachen der Turboladerschäden füllen ein weiteres Kapitel. Köhler liefert Tipps und Tricks für den Werkstattprofi und geht auf die Fehlerdiagnose ein.

Ergänzende Abschnitte zu Themen wie Austausch und Aufbereitung sowie Plagiate runden die Fachbroschur ab.

„Mario Köhler beschäftigt sich in komprimierter Form mit der aktuellsten Technik von Turboladern und den Problemfeldern im Werkstattalltag. Ich kann die Publikation nur weiterempfehlen.“

Markus Krawczyk,
Geschäftsführer bei NGC-Turbotechnik,
Eckental

Der Autor

Mario Köhler ist gelernter Kfz-Mechatronikermeister. Er bildete sich zum Zweirad-Servicetechniker weiter und ist geprüfter Betriebswirt (HwO). Seit dem Jahr 2004 arbeitet Köhler im elterlichen Kfz-Betrieb. Er erwarb zahlreiche Zusatzqualifikationen durch die Belegung zusätzlicher Kurse. Unter anderen gehört das Thema Turbolader zu seinen Kernkompetenzen.