

Technik Ratgeber

Band 1 | Turboladerschäden



Vorwort

Dieser Ratgeber soll Ihnen bei der Fehlersuche nach einem Turboladerschaden helfen. Sie sehen Schadensbilder, die von außen an einem unzerlegten Abgasturbolader teilweise nicht zu erkennen sind.

Die Erklärung der Schadensbilder zeigt Ihnen, welche Schäden im Inneren eines Abgasturboladers entstehen können. Ein Abgasturbolader ist kein Verschleißteil und so ausgelegt, dass er bei optimaler Wartung der Peripherie ein Motorleben lang hält.

Die Entwicklung des Turboladers

Die ersten Versuche, die Motorleistung durch Vorkompression von Luft zu erhöhen, gehen auf Gottlieb Daimler und Rudolf Diesel Ende des 19. Jahrhunderts zurück. 1905 erteilte das Reichspatentamt in Berlin dem Schweizer Ingenieur Alfred Büchi das Patent Nr. 204630 auf dieses Prinzip der Leistungsgewinnung im Verbrennungsmotor. Büchi hatte die Idee, die vorhandene Abgasenergie für den Antrieb einer Turbine nutzbar zu machen. Die Turbine selbst treibt den Verdichter an, der die angesaugte Luft vorverdichtet. 1925 erreichte er mit dieser Methode eine Leistungssteigerung von über 40 %.

Nach ersten Anwendungen bei großen Motoren, wie z. B. Schiffsmotoren, brachte die Schweizer Maschinenfabrik Saurer 1938 den ersten Nfz-Motor mit Abgasaufladung auf den Markt.

Die ersten Pkw mit Turbomotoren waren 1962/63 die US-Modelle Chevrolet Corvair Monza und Oldsmobile Jetfire.

Diese konnten sich wegen ihrer Anfälligkeit jedoch nicht am Markt durchsetzen.

Mit der Ölkrise 1973 begann bei den Motorenbauern ein Umdenken. Erst im Nutzfahr-



zeugbereich, dann aber auch bei den Pkw wurden Turbolader verstärkt eingesetzt. Ihren Teil trug in dieser Zeit auch die Formel 1 durch die Einführung des Abgasturboladers bei deren Boliden bei.

Noch hinderten Leistungsverzögerung der relativ großen Turbolader den wahren Beginn des Siegeszuges der Abgasturboaufladung. Dieser begann dann endgültig zwischen 1978 und 1981 mit den Pkw-Modellen Mercedes Benz 300 D und VW Golf TDI. Die Fahrleistung erreichte erstmals Werte eines Ottomotors bei gleichzeitiger Reduzierung der Schadstoffemissionen.

Heute betrachtet man Aufladung vielschichtiger. Neben höherer Leistung zählen Kraftstoffersparnis und der geringere CO₂-Ausstoß und somit eine geringere Umweltbelastung als weitere wichtige Kriterien, sich für einen Turbomotor zu entscheiden.

Selbst bei Ottomotoren geht der Trend zur Aufladung, da durch die Turbo-Technologie zusätzlich die Motoren kleiner werden. Diese rasante Weiterentwicklung wird nicht mehr aufzuhalten sein und der Turbolader wird sich im Motorenbau immer weiter durchsetzen.

Inhaltsverzeichnis

Inhalt:	Seite:
Vorwort	2
Die Entwicklung des Turboladers	2
Inhaltsverzeichnis	3
Impressum	3
1. Im Falle eines Turboladerproblems ...	4
2. Diagnose	4
3. Der Turbolader erzeugt Pfeifgeräusche	4
4. Schadensmatrix	5
5. Ursachen für Turboladerschäden	6
5.1 Schlechtes Öl	6
5.2 Mangelnde Schmierung	7
5.3 Ölverlust	9
5.4 Fremdkörperschaden am Verdichter	9
5.5 Fremdkörperschaden an der Turbine	10
5.6 Überdrehzahl/Überhitzung	12
5.7 Sonstige Schäden	13
5.8 Materialfehler	13
6. Einbau eines neuen Turboladers	14
BTS Anbausatz	14
BTS Schadensplakat	14
BTS Einbauvorschrift	15

Impressum:

Text und Inhalt:

BTS GmbH | Paradeisstraße 56 | 82362 Weilheim
www.bts-turbo.com

Bildnachweis:

BorgWarner Turbo & Emissions Systems | Garrett by Honeywell | BTS Turbo GmbH

Konzept und Gestaltung:

r. wie marketing GmbH | Töpfergrubenweg 2 | 95030 Hof
www.r-wiemarketing.de

1. Im Falle eines Turboladerproblems...



Versuchen Sie zu verstehen, warum der Lader ausgefallen ist. Geben Sie nicht einfach dem Turbolader die Schuld; meist ist er nur das Opfer eines anderen Problems am Motor.

Oft werden neue Lader eingebaut, aber das eigentliche Problem wird nicht behoben - wahrscheinlich fällt der neue Lader auch bald aus!

2. Diagnose



Diagnosegeräte sind ein gutes Hilfsmittel bei der Fehlersuche. Leider kann ein Diagnosegerät nicht erkennen, welche Schadensursache am Turbolader vorliegt. Ein Diagnosegerät kann beispielsweise Pfeifgeräusche nicht lokalisieren oder einen Ausfall des Turboladers wegen Ölmangel feststellen. Sie können mit diesen Geräten bei der Überprüfung eines Turboladers lediglich eine Ladedruckabweichung oder ein defektes Stellglied feststellen.

Ist jedoch die Läuferwelle des Turbos ge-

brochen oder wird starker Ölverlust beklagt, so stößt man mit einem Diagnosegerät schnell an Grenzen. Hier ist echte Handarbeit gefragt. Der Turbolader fällt nur durch einen Schaden oder ein Problem in der Peripherie aus. Dieser Schaden muss durch eine teilweise intensive Suche lokalisiert werden. Sollte die Schadensursache nicht gefunden und beseitigt werden, so ist ein Wechsel des Turboladers mit einem sehr hohen Risiko behaftet, da der gleiche Schaden am Turbolader wieder auftreten kann. In den folgenden Seiten werden einige Schadensbilder beschrieben, die Ihnen die Fehlersuche künftig erleichtern sollte.

3. Der Turbolader erzeugt Pfeifgeräusche

Überprüfen Sie den korrekten Anschluss aller Luft- und Gasanschlüsse.

Wenn ein Leck nicht offensichtlich erkannt wird, verwenden Sie Seifenwasser oder Lecksuchspray zur Dichtheitsprüfung. Gehen Sie hierzu wie folgt vor.

Überprüfen Sie die Verbindungen zwischen:

- **Abgaskrümmer und Turbinengehäuse-eintrittsflansch.**
Leck vorhanden → beseitigen Sie Rückstände oder Verschmutzungen und überprüfen Sie die planaren Anschlussflächen mit Hilfe eines Haarlineals auf Ebenheit. Achten Sie auch auf fehlende oder lose Dichtungen.
- **Abgaskrümmer und Motor.**
Leck vorhanden → gehen Sie wie bei Punkt 1 vor.
- **Turbinengehäuseaustrittsflansch und Abgasleitung.**
Leck vorhanden → überprüfen Sie wie bei Punkt 1 die planaren Flächen und achten Sie auf eine spannungsfreie Verschraubung.
- **Verdichteraustritt und Luftsammler/Ladeluftkühler/Motorluftsammler.**

4. Schadensmatrix

Anmerkung: Beachten Sie auch den Punkt „Turbolader erzeugt Geräusche“ in unserer Schadensmatrix.

Mögliche Ursachen	Art der Störung								
	Verdichter-/ Turbinenrad defekt	Leistungsmangel/ Ladedruck zu niedrig	Ladedruck zu hoch	Schwarzauch	Blaurauch	Turbolader erzeugt Geräusche	Hoher Ölverbrauch	Ölleckage am Verdichter	Ölleckage an der Turbine
Luftfilteranlage verschmutzt		•		•	•		•	•	
Saug- und Druckleitung deformiert oder undicht		•		•		•			
Abgasanlage hat zu hohen Strömungswiderstand/ Undichtigkeiten vor Turbine		•		•	•	•	•	•	
Ölzu- und ableitungen verstopft, undicht und deformiert					•		•	•	•
Kurbelgehäuseentlüftung verstopft und deformiert					•		•	•	•
Lagergehäuse des Turboladers verkocht, verschlamm					•		•	•	•
Kraftstoffanlage/Einspritzanlage defekt oder falsch eingestellt		•	•	•					
Ventilführung, Kolbenringe, Motor oder Zylinderlauf- buchsen verschlissen/erhöhtes Blow-By		•		•	•		•	•	•
Verschmutzung des Verdichters oder Ladeluftkühlers		•		•	•	•	•	•	
Ladedruckregelklappe/Ventil schließt nicht		•		•					
Ladedruckregelklappe/Ventil öffnet nicht			•						
Steuerleitung zu Regelklappe/Ventil defekt		•	•						
Kolbenringdichtung defekt					•		•	•	•
Turbolader Lagerschaden	•	•		•	•	•	•	•	•
Fremdkörperschaden an Verdichter oder Turbine	•	•		•		•			
Abgasleckage zwischen Turbinenauslass und Auspuffrohr						•			
Motorluftsammler gerissen/fehlende, lose Dichtungen		•		•		•			
Turbinengehäuse/Klappe beschädigt	•	•		•		•			
Mangelnde Ölvorsorgung des Turboladers	•	•		•		•			
Luftmassenmesser prüfen		•		•					
AGR-Ventil prüfen		•		•					

5. Ursachen für Turboladerschäden

- **Schlechtes Öl**
verschmutzt, falsche Ölsorte, schlechte Qualität
- **Mangelnde Schmierung/Ölverlust**
zu wenig Öl/zu geringer Öldruck
- **Fremdkörper gelangen in Verdichter oder Turbine**
- **Überdrehzahl/Überhitzung**
oft durch Manipulation am Motor oder am Lader
- **Nicht fachgerechte Instandsetzung**
Unkenntnis über Herstellervorschriften, Verwendung von Nachbauteilen...
- **Materialfehler/sonstige Schäden**

Gegenmaßnahmen:

Öl- und Filterwechsel nach den Vorgaben des Motorherstellers durchführen. Nur für Turbomotoren geeignetes Öl verwenden.



Axialagerverschleiß durch verschmutztes Öl

5.1 Schlechtes Öl

Im Motoröl sammeln sich mit der Zeit Ruß, Schmutz, Kraftstoff, Wasser, Verbrennungsrückstände, Metallabrieb usw. an. Diese verändern die Viskosität, die Schmiereigenschaften und die Temperaturbeständigkeit des Öls.

Mögliche Wege zum Ausfall:

- a | **Oberflächen der Lager werden durch Partikel abgetragen**
 - Lagerspiel des Laufzeugs nimmt zu
 - Verschleiß der Kolbenringe
 - Anstreifen der Räder
 - Ölverlust
 - Schaufel- oder Wellenbruch
- b | **Falsche Viskosität führt zu instabilem Ölfilm** (siehe auch Ölmenge)
- c | **Mangelnde Temperaturbeständigkeit**
 - Ölkohlebildung bereits bei relativ geringen Temperaturen
 - Ölkohle lagert sich Schicht für Schicht in den Lagerstellen, den Ölkanälen im Lagergehäuse und den Dichtspalten ab, die dadurch verstopft werden.
 - Verschleiß der Lager und Kolbenringe. Behinderung der Ölzufuhr.

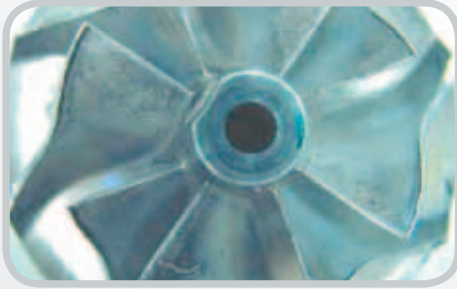


Riefen auf der Radiallagerbuchse durch Schmutzpartikel



Schmutzriefen auf der Welle

5. Ursachen für Turboladerschäden



Verdichterrad mit Anstreichspuren

Verdichterradschaufeln im Verdichtergehäuse gleichmäßig angelaufen.

Mögliche Ursachen:

Vergrößerung des Radial- und Axiallagerspiels durch Öl­mangel und/oder Verschleiß mangels Öl­pflege.



Axiallager mit Ölkohleablagerungen



Starker Ölkohleaufbau im Lagergehäuse

5.2 Mangelnde Schmierung

Mischreibung, fälschlicherweise als Öl­mangel bezeichnet, wird durch mangelnde Schmierung hervorgerufen. Im Betrieb werden rotierende und stehende Teile in der Lagerung durch einen dünnen Ölfilm getrennt – die Ölfilmdicke beträgt nur 0,01 bis 0,08 mm!

Direkter Kontakt der drehenden mit den stehenden Teilen führt zu:

- Sofortigem starkem Verschleiß
- Anlauffarben auf den Stahlteilen
- Materialübergang vom Lager auf das benachbarte Teil
- Blockieren der Welle (häufig)

Die Relativgeschwindigkeit zwischen Lager und Welle kann bis zu 50 m/s betragen!

Mögliche Wege zum Ausfall:

- Zu geringer Öldurchfluss (1 - 13 l/min) oder zu geringer Öl­druck (min. 1,5 bar unter Last) → instabiler Ölfilm
- Zu niedriger Motorölstand/Undichtheit in der Öl­ansaugung → Öl­pumpe fördert Luft ins Öl­system
- Öl zu dickflüssig (Viskosität zu hoch) → verzögerter Öl­druckaufbau beim Kaltstart
- Öl zu dünnflüssig (Viskosität zu niedrig) → kein stabiler Ölfilm bei hoher Drehzahl/Temperatur



Anlauffarben und Lagermetallauftrag

5. Ursachen für Turboladerschäden

Typisches Schadensbild eines Läufers mit Lagermaterialauftrag des weichen Radiallagers auf die gehärtete Läuferwelle als Folge von Mischreibung (mangelnde Ölversorgung der Lagerstellen).

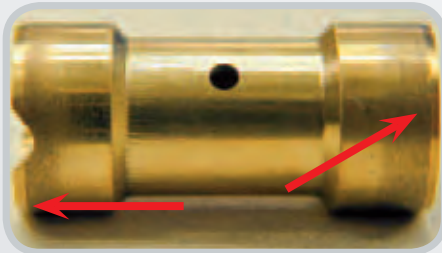
Folge: Vergrößerung des Radialspiels mit Anstreifen des Verdichter- und Turbinenrades an den Gehäusen.

Verdrehung der Lagerbuchse durch Öl-mangel



Ölmangelschaden am Axiallager

Verleiß der Keilflächen. Verfärbung der Keilflächen durch Kontakt (Mischreibung) mit dem Lagerbund und / oder der Dichtungsbuchse.



Kontaktschäden zwischen Lagerung und Lagergehäuse

Folgeschäden am Turbolader:

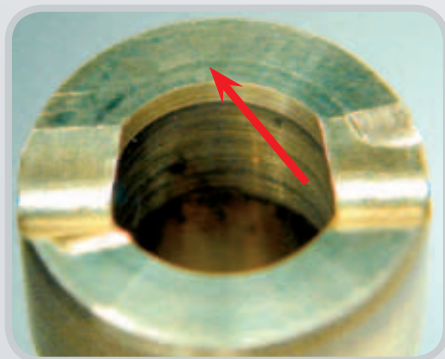
- Lagerverschleiß → Kolbenringverschleiß → Ölundichtigkeit
- Erhöhtes Spiel des Laufzeugs → Anstreifen der Räder

oder:

- Blockieren der Welle → Wellenmutter kann sich lösen (nur möglich bei Linksgewindeausführung)
- Räder versuchen sich weiterzudrehen → Bruch der Läuferwelle infolge Torsionsbelastung

Vermeidung von Ölmangelschäden:

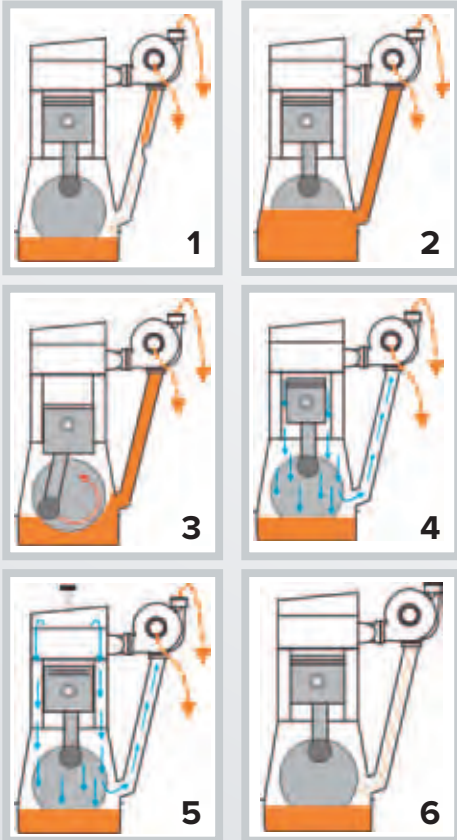
- Geeignetes Öl verwenden (Angaben des Motorherstellers beachten)
- Ölstand regelmäßig prüfen
- Innerhalb 30 Sekunden nach dem Kaltstart den Motor nicht voll belasten
- Ölsystem auf Defekte oder Verstopfung untersuchen, wenn ein Lader durch Öl-mangel ausgefallen ist
- Heißabstellen vermeiden
- Einbauvorschriften beachten



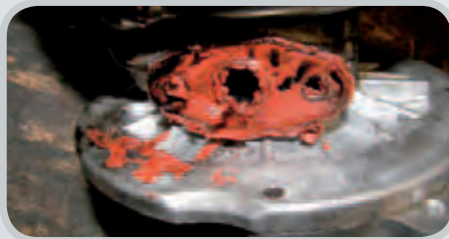
Die Lagerbuchse ist über die Verdrehsicherung gedreht worden. Drehspuren der Verdrehsicherung auf den Stirnflächen der Lagerbuchse.

5. Ursachen für Turboladerschäden

5.3 Ölverlust



Blockierter Ölrücklauf



Die Verwendung von Dichtpaste am Ölrücklauf kann zu massivem Ölverlust führen, da nach innen gedrückte Dichtpaste den Querschnitt der Öl Ablaufbohrung verschließt.

Es ist unbedingt darauf zu achten, dass das Öl drucklos in die Ölwanne zurücklaufen kann. Ist dies nicht der Fall, so kommt es zum Ölrückstau und das Öl läuft über die Kolbenringabdichtung des Turboladers in den Ladeluftkühler bzw. den Abgastrakt.

Die Folgen sind häufig:

- Blaurauch
- Die Leitschaufeln der variablen Turbinengeometrie klemmen durch Ölverkockung
- Leistungsverlust
- Erhöhter Abgasgegendruck durch Verkockung des Partikelfilters/Katalysators

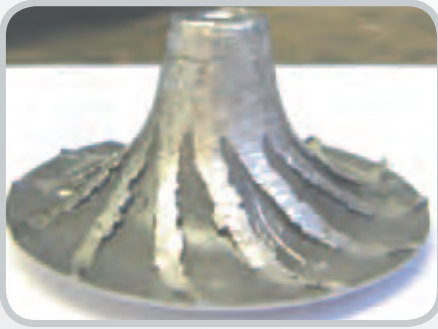
5.4 Fremdkörperschaden am Verdichter

Durch das Eindringen von Fremdkörpern in den Luftansaugtrakt kommt es zu Schäden am Verdichter und in der Folge auch zur Beschädigung des Ladeluftkühlers oder Motors. Als Fremdkörper werden alle Medien außer Luft bezeichnet. Häufig werden die Verdichterräder durch Staub, Gummipartikel, Muttern/Schrauben etc. beschädigt. Wird der Turbolader nach einem Fremdkörperschaden gewechselt, so sind alle angrenzenden Leitungen und Bauteile auf Rückstände des beschädigten Turboladers gründlich zu untersuchen. Bedenken Sie hierbei auch, dass der Ladeluftkühler verschmutzt bzw. beschädigt sein kann, deshalb ist nach einem mechanischen Schaden am Turbolader der Ladeluftkühler zwingend zu wechseln. Im Nfz-Bereich ist zusätzlich eine Untersuchung des Luftkompressors notwendig. Durch die Wucht des Aufpralls von Fremdkörperteilen auf das rotierende Verdichterrad ist es möglich, dass Teile entgegen dem Ansaugluftstrom zurückgeschleudert werden.

5. Ursachen für Turboladerschäden

5.5 Fremdkörperschaden an der Turbine

Ein Fremdkörperschaden am Turbinenrad ist ohne Zerlegung des Turboladers oft von außen schwer zu erkennen. Von außen sieht man als erstes die Gasaustrittskanten, die in der Regel unbeschädigt sind. Entfernt man das Turbinengehäuse, so ist der Schaden an den Gaseintrittskanten klar zu sehen.



Verdichterrad mit Fremdkörperschaden durch harten Fremdkörper

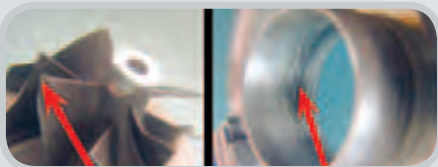


Fremdkörperschaden am Turbinenrad



Verdichterradschaden durch Staub, Sand oder Schmutz

Mögliche Ursachen: Betrieb ohne Luftfilter oder undichte Ansaugleitung. Typisches Schadensbild bei Baumaschinen.



Verdichterradschaden durch weiche Fremdkörper

Bei einem Turbolader mit variabler Turbinengeometrie werden zusätzlich die Leitschaufeln beschädigt, dies führt zu sofortigem Leistungsverlust. Der Fremdkörper schlägt zunächst an die Leitschaufeln, trifft dann auf das Turbinenrad und wird durch die Wucht des Aufpralls vom sich drehenden Turbinenrad zurückgeschleudert und trifft dann wieder das Turbinenrad. Dieser Prozess wird solange fortgeführt, bis sich das Fremdkörperteil über das Turbinenrad in den Abgastrakt vorarbeitet. Dabei werden die Leitschaufeln der variablen Turbinengeometrie meist so stark beschädigt, dass ein Klemmen der Leitschaufeln folgt.

5. Ursachen für Turboladerschäden



Fremdkörperschaden an den Leitschaufeln der variablen Turbinengeometrie



Abgasstromverlauf am Leitring der VTG

Mögliche Ursachen:

- Ventilbruch (Ein- oder Auslassventil), Kolbenringschäden
- Gelöste Gussteile, Ablagerungen bzw. Rost vom Abgaskrümmer
- Typischer Schaden bei einem V6 2.5 TDI Motor der Audi/ VW Gruppe. Hier sind die Kompensatorrohre bzw. Abgaskrümmer mangelhaft gefertigt, es können sich Teile lösen.

Maßnahmen

Bei zu hohem Ladedruck (Regelgrenze überschritten) ist die Ursache meist eine schwergängige oder klemmende Leitschaufelver-

stellung des Turboladers. In diesem Fall schaltet das Motorsteuergerät in den Notlauf, die Motorleistung wird über die Einspritzmenge stark reduziert. Prüfen Sie in diesem Fall die Verstellung der Leitschaufeln wie folgt:

Schließen Sie eine Handvakuumpumpe am Anschluss der Unterdruckdose des Turboladers an. Prüfen Sie mittels der Pumpe die Freigängigkeit des Gestänges. Sollte sich bei diesem Test ein Haken oder Klemmen der Verstellung ergeben, so müssen Sie den Turbolader nach Beseitigung der Fehlerursache austauschen.

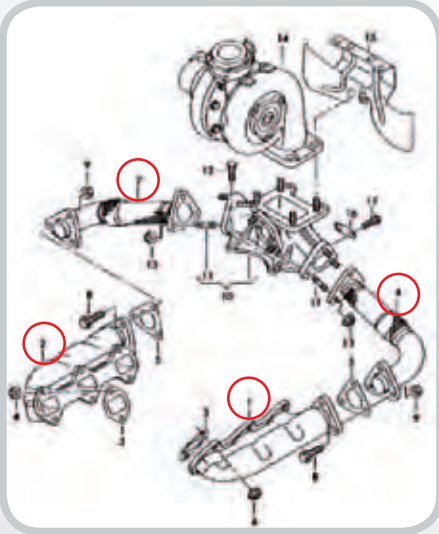
Ergibt sich dieses Schadensbild bei einem Turbolader des V6 2.5 TDI Motor der Audi/ VW Gruppe, so sind hier neben dem Turbolader auch die Kompensatorrohre und Krümmer (siehe Bild Seite 12 - Gaseintritt Pos. 1,2,6,7) auszutauschen, um einen erneuten Ausfall aus diesem Grund auszuschließen.

Beachten Sie bitte auch, dass Teile des zerstörten Turbinenrades sowie die Fremdkörperteile in den Abgasstrang gelangen und auch dort Beschädigungen hervorrufen können.



Prüfung der VTG Verstellung

5. Ursachen für Turboladerschäden



Gaseintritt beim V6 2.5 TDI Motor der Audi/VW Gruppe

5.6 Überdrehzahl/ Überhitzung

Jeder Turbolader ist für eine bestimmte maximale Drehzahl und maximale Temperatur ausgelegt, die er ohne Schäden auf Dauer erträgt. Die wichtigsten Größen für die Auslegung sind: Luftdurchsatz, Ladedruck, Abgastemperatur.

Länger andauerndes Überschreiten der zulässigen Drehzahlgrenze führt zu Ausfall durch mechanische Überlastung. In der Regel versagen zuerst die Laufräder, da in deren Inneren die höchsten Spannungen auftreten.

Bei Überhitzung ohne Überdrehzahl findet man oft starke Ölkohleablagerungen im Lagergehäuse

und Risse im Turbinengehäuse. Auch die Ölverkokung in der Ölzulauf- bzw. Ölablaufleitung kann zu massiven Schäden führen.

Ein verstopfter Ölzulauf führt zum Ölmanagementschaden, der sich bei Drehzahlen der Läuferwelle von bis zu 280.000 1/min, teilweise in Sekundenschnelle bemerkbar macht. Durch Überhitzung verkokte Ölleitungen sind nur schwer zerstörungsfrei zu prüfen. Ein „Durchblasen“ der Ölleitung ist kein Mittel zur Überprüfung des Ölleitungsquerschnitts. Am sichersten ist der Tausch der entsprechenden Ölzulauf- und Ölablaufleitungen. Der Kostenaufwand hierfür ist im Verhältnis zum Turboladerwechsel und einem sonst resultierenden erneuten Turboladerschaden absolut gerechtfertigt.



Durch Überdrehzahl geborstenes Verdichterrad

Vermeidung von Überdrehzahlschäden:

Nur den für den Motor bzw. das Fahrzeug freigegebenen Turbolader verwenden. Keine Änderungen an den Einstellungen des Motors oder des Turboladers vornehmen.

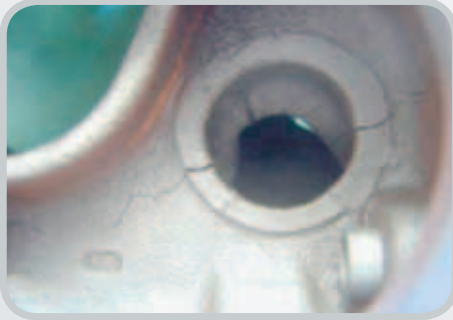
Laut unseren Lieferbedingungen erlischt die Garantie, wenn:

- Der ATL unsachgemäß eingesetzt wird (z. B. an einem leistungsgesteigerten Motor)
- Am ATL ohne unsere Zustimmung Veränderungen vorgenommen werden (z. B. an der Steuereinstellung)

5. Ursachen für Turboladerschäden



Überhitzung der Ölzulaufleitung beim 1,8 T Benzinmotor



Risse durch zu hohe Abgastemperatur

Vermeidung von Überhitzungsschäden:

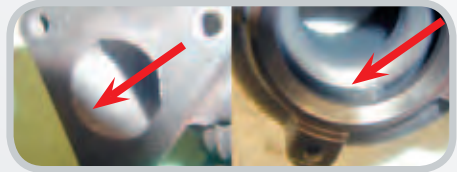
„Kaltfahren“ nach hoher Belastung
Das Temperaturgefälle im Turbolader beträgt zwischen den Gasen der heißen Turbinenseite und dem kalten Verdichtereintritt auf einer Strecke von nur wenigen Zentimetern bis zu 1.000 °C. Während des Motorbetriebes kühlt das durch das Lager fließende Schmieröl das Lagergehäuse, dadurch treten keine kritischen Bauteiltemperaturen auf. Nach dem Abstellen des Motors, insbesondere aus hohen Lastpunkten, kann es im Lagergehäuse zu Hitzestaus kommen, die zu einer Verkokung des Schmieröls und Rissbildung führen können.

Nach Vollastfahrten sollte daher der Motor etwa 2-3 Minuten nachlaufen oder im Teillastbereich betrieben werden.

5.7 Sonstige Schäden

Verunreinigungen bzw. Ablagerungen auf der Turbinenseite sind häufig bei Betrieb eines Motors mit Biogas oder minderwertigen Brennstoffen zu sehen. Durch Ablagerungen auf dem Turbinenrad kommt es in der Folge zur Unwucht des Laufzeugs und später zum Ölverlust. Zu massiven Ablagerungen kommt es natürlich auch nach einem kapitalen Motorschaden.

Ablagerungen nach Motorschaden



Ein kapitaler Motorschaden führte zur Zerstörung des Turboladers. Geschmolzenes Aluminium setzte sich in allen Abgaskanälen des Turbinengehäuses fest.

5.8 Materialfehler

Materialfehler sind natürlich auch bei einem Turbolader nicht ausgeschlossen. Die Schadensquote ist allerdings so gering, dass keine genauere Erläuterung zu diesem Kapitel notwendig ist. Ein Materialfehler ist meist ohne aufwendige Analyse zu erkennen.



Verdichterrad ist am Radrücken ausgebrochen (Kaltfließstelle)

6. Einbau eines neuen Turboladers

6. Einbau eines neuen Turboladers

Voraussetzung beim Einbau eines neuen Turboladers ist natürlich, dass die Schadensursache für den Ausfall des alten Turboladers gefunden und beseitigt wurde. Es sind alle Rückstände, die der Turboladerschaden verursacht hat, zu beseitigen. Gehen Sie wie folgt vor und beachten Sie unsere mitgelieferte Einbauvorschrift:

- Alle Leitungen zum und vom ATL sorgfältig reinigen
- Motoröl, Ölfilter und Luftfilter wechseln
- Lagergehäuse mit sauberem Öl oder mitgeliefertem BTS Additiv auffüllen
- Nur neue, passende Dichtungen verwenden (Anbausatz), KEIN FLÜSSIGDICHTMITTEL (Silikon) VERWENDEN! (Es verstopft die Ölkänaile im Lagergehäuse oder blockiert den drucklosen Ölablauf)
- Zündung/Einspritzung abklemmen und Motor mit dem Anlasser durchdrehen, bis sich Öldruck im gesamten System aufgebaut hat.



Beispiel für einen BTS Anbausatz



Schadensfälle am Turbolader

Problem	Auswirkung	Ursache	Empfehlung
Ölüberkolkung im Lagergehäuse	Überhöhen des Turboladers und/oder des Motorschalters Übermäßige Ölmenge im Ölwannebereich Übermäßige Ölmenge im Ölwannebereich Übermäßige Ölmenge im Ölwannebereich	Überhöhen des Turboladers und/oder des Motorschalters Übermäßige Ölmenge im Ölwannebereich Übermäßige Ölmenge im Ölwannebereich Übermäßige Ölmenge im Ölwannebereich	Überhöhen des Turboladers und/oder des Motorschalters Übermäßige Ölmenge im Ölwannebereich Übermäßige Ölmenge im Ölwannebereich Übermäßige Ölmenge im Ölwannebereich
Ölüberkolkung Ölleitung	Überhöhen des Turboladers und/oder des Motorschalters Übermäßige Ölmenge im Ölwannebereich Übermäßige Ölmenge im Ölwannebereich Übermäßige Ölmenge im Ölwannebereich	Überhöhen des Turboladers und/oder des Motorschalters Übermäßige Ölmenge im Ölwannebereich Übermäßige Ölmenge im Ölwannebereich Übermäßige Ölmenge im Ölwannebereich	Überhöhen des Turboladers und/oder des Motorschalters Übermäßige Ölmenge im Ölwannebereich Übermäßige Ölmenge im Ölwannebereich Übermäßige Ölmenge im Ölwannebereich
Ölüberkolkung durch blockierten Ölrücklauf	Überhöhen des Turboladers und/oder des Motorschalters Übermäßige Ölmenge im Ölwannebereich Übermäßige Ölmenge im Ölwannebereich Übermäßige Ölmenge im Ölwannebereich	Überhöhen des Turboladers und/oder des Motorschalters Übermäßige Ölmenge im Ölwannebereich Übermäßige Ölmenge im Ölwannebereich Übermäßige Ölmenge im Ölwannebereich	Überhöhen des Turboladers und/oder des Motorschalters Übermäßige Ölmenge im Ölwannebereich Übermäßige Ölmenge im Ölwannebereich Übermäßige Ölmenge im Ölwannebereich
Fremdkörperschaden am Verdichter	Überhöhen des Turboladers und/oder des Motorschalters Übermäßige Ölmenge im Ölwannebereich Übermäßige Ölmenge im Ölwannebereich Übermäßige Ölmenge im Ölwannebereich	Überhöhen des Turboladers und/oder des Motorschalters Übermäßige Ölmenge im Ölwannebereich Übermäßige Ölmenge im Ölwannebereich Übermäßige Ölmenge im Ölwannebereich	Überhöhen des Turboladers und/oder des Motorschalters Übermäßige Ölmenge im Ölwannebereich Übermäßige Ölmenge im Ölwannebereich Übermäßige Ölmenge im Ölwannebereich
Fremdkörperschaden am Verdichterring	Überhöhen des Turboladers und/oder des Motorschalters Übermäßige Ölmenge im Ölwannebereich Übermäßige Ölmenge im Ölwannebereich Übermäßige Ölmenge im Ölwannebereich	Überhöhen des Turboladers und/oder des Motorschalters Übermäßige Ölmenge im Ölwannebereich Übermäßige Ölmenge im Ölwannebereich Übermäßige Ölmenge im Ölwannebereich	Überhöhen des Turboladers und/oder des Motorschalters Übermäßige Ölmenge im Ölwannebereich Übermäßige Ölmenge im Ölwannebereich Übermäßige Ölmenge im Ölwannebereich
Fremdkörperschaden am Verdichterring	Überhöhen des Turboladers und/oder des Motorschalters Übermäßige Ölmenge im Ölwannebereich Übermäßige Ölmenge im Ölwannebereich Übermäßige Ölmenge im Ölwannebereich	Überhöhen des Turboladers und/oder des Motorschalters Übermäßige Ölmenge im Ölwannebereich Übermäßige Ölmenge im Ölwannebereich Übermäßige Ölmenge im Ölwannebereich	Überhöhen des Turboladers und/oder des Motorschalters Übermäßige Ölmenge im Ölwannebereich Übermäßige Ölmenge im Ölwannebereich Übermäßige Ölmenge im Ölwannebereich
Risse im Turbinengehäuse	Überhöhen des Turboladers und/oder des Motorschalters Übermäßige Ölmenge im Ölwannebereich Übermäßige Ölmenge im Ölwannebereich Übermäßige Ölmenge im Ölwannebereich	Überhöhen des Turboladers und/oder des Motorschalters Übermäßige Ölmenge im Ölwannebereich Übermäßige Ölmenge im Ölwannebereich Übermäßige Ölmenge im Ölwannebereich	Überhöhen des Turboladers und/oder des Motorschalters Übermäßige Ölmenge im Ölwannebereich Übermäßige Ölmenge im Ölwannebereich Übermäßige Ölmenge im Ölwannebereich
Verdichterring angegriffen	Überhöhen des Turboladers und/oder des Motorschalters Übermäßige Ölmenge im Ölwannebereich Übermäßige Ölmenge im Ölwannebereich Übermäßige Ölmenge im Ölwannebereich	Überhöhen des Turboladers und/oder des Motorschalters Übermäßige Ölmenge im Ölwannebereich Übermäßige Ölmenge im Ölwannebereich Übermäßige Ölmenge im Ölwannebereich	Überhöhen des Turboladers und/oder des Motorschalters Übermäßige Ölmenge im Ölwannebereich Übermäßige Ölmenge im Ölwannebereich Übermäßige Ölmenge im Ölwannebereich
Turbinenrad Fremdkörperschaden an den Gasenritzkanten	Überhöhen des Turboladers und/oder des Motorschalters Übermäßige Ölmenge im Ölwannebereich Übermäßige Ölmenge im Ölwannebereich Übermäßige Ölmenge im Ölwannebereich	Überhöhen des Turboladers und/oder des Motorschalters Übermäßige Ölmenge im Ölwannebereich Übermäßige Ölmenge im Ölwannebereich Übermäßige Ölmenge im Ölwannebereich	Überhöhen des Turboladers und/oder des Motorschalters Übermäßige Ölmenge im Ölwannebereich Übermäßige Ölmenge im Ölwannebereich Übermäßige Ölmenge im Ölwannebereich

www.bts-turbo.com

Unternehmen der hauer Unternehmensgruppe

6. Einbau eines neuen Turboladers



Hinweise für die Montage des Turboladers

1. Beim Einbau des Turboladers muss dieser, vor Befestigung der Ölzufuhrleitung, mit frischem Motoröl oder BTS-Additiv durch die Öleinlassbohrung randvoll aufgefüllt werden.
2. Bei Anschluss der Ölleitungen nie flüssige Dichtungsmittel verwenden.
3. Eine Reinigung der Luftfilteranlage ist zwingend notwendig, der Luftfilter sollte ersetzt werden. Es ist darauf zu achten, dass keine Fremdkörper in den Turbolader gelangen.
4. Am Motor muss vorab zwingend ein Motoröl- und Filterwechsel durchgeführt werden.
5. Vor dem Einbau ist das gesamte Umfeld des Turboladers zu prüfen. Die Ölzufuhr- und Abgasleitungen sollten erneuert werden - BTS Turbo Service Set verwenden. Zumindest muss die komplette Durchgängigkeit der Leitungen gewährleistet sein. Prüfen, reinigen bzw. erneuern Sie die Luftansaugleitung, den Ladeluftkühler, den Luftkompressor, den Katalysator und das Abgassammelrohr des Motors. Achten Sie hier insbesondere auf Rückstände aus vorangegangenen Turboladerschäden.
6. Nach dem Einbau des Turboladers den Motor starten und vor Erhöhung der Drehzahl erst 2 bis 3 Minuten im Leerlauf drehen lassen.



Schadensmatrix

Mögliche Ursachen	Verdröscher/ Turbinenrad defekt	Leitungsringe/ Leitendruckverstellung	Ladedruck zu hoch	Schmerzpunkt	Bezug	Turbolader erzeugt Vibrationen	Hohes Ölverbrauch	Ölmenge am Ventil	Ölmenge in der Turbine
Luftfilteranlage verschmutzt		•			•		•	•	
Staug- und Druckleitung deformiert oder undicht			•		•		•		
Abgasanlage hat zu hohen Strömungswiderstand/ Undichtigkeiten vor Turbine		•			•		•	•	
Ölzu- und ableitungen verstopft, undicht und deformiert						•		•	•
Kurbelgehäuseentlüftung verstopft und deformiert							•	•	•
Lagergehäuse des Turboladers vernickelt, verschliffen						•		•	•
Kraftstoffanlage/Einspritzanlage defekt oder falsch eingestellt		•	•	•					
Ventilführung, Kolbenringe, Motor oder Zylinderlauf- buchten verschliffen/hoher Blow-by		•	•	•			•	•	•
Verschmutzung des Ventilscheitels oder Ladeluftkühlers		•	•	•			•	•	•
Ladedruckregelklappe/Ventil schließt nicht		•		•					
Ladedruckregelklappe/Ventil öffnet nicht				•					
Steuerleitung zu Regelklappe/Ventil defekt				•	•				
Kolbenringdichtung defekt						•		•	•
Turbolader Lager Schaden	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Fremdkörper Schaden an Ventilcher oder Turbine	•	•		•			•		
Abgasleckage zwischen Turbinenauslass und Auspuffrohr							•		
Motorluftsammler gerissen/fehlend, lose Dichtungen		•		•			•		
Turbinegehäuseklappe beschädigt	•	•		•			•		
Mangelnde Ölversorgung des Turboladers	•	•		•			•		
Luftmessmessner prüfen		•		•					
AGR-Ventil prüfen		•		•					

BTS Einbauvorschrift

Wenn Sie unsere Ratschläge beachten, so können Sie sorgenfrei einen neuen Turbolader montieren und er hält was er verspricht, er läuft ein Motorleben lang. Bedenken Sie bei der Diagnose bitte immer, dass ein Turbolader kein Verschleißteil ist und auch nicht ohne Grund ausfällt.

Sollte die Schadensursache einmal unklar sein, so kontaktieren Sie bitte vor dem Turboladerwechsel Ihren zuständigen Service/Lieferanten. Von diesem erhalten Sie auch alle abgedruckten Informationsmaterialien aus dieser Broschüre.

Technik Ratgeber

Band 2 | Turboladerbauarten, Funktion



Vorwort

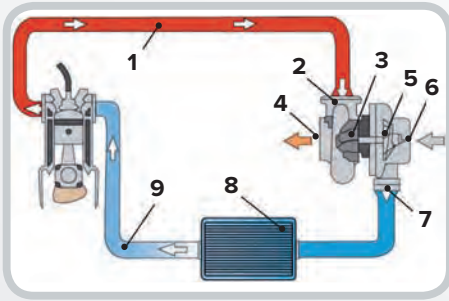
Dieser Ratgeber gibt Ihnen einen Überblick über die Entwicklung der Turboaufladung bei Serienmotoren. Die einzelnen Bauarten werden nach den Entwicklungsstufen geordnet erklärt und die Verbesserungen der Bauvarianten dargestellt. Der Überblick soll Ihnen helfen die Funktionsweise der Turbolader zu verstehen, um Fehldiagnosen bei vermeintlichen Turboladerschäden zu ver-

meiden. Bei einem Turbolader handelt es sich um ein thermisch hoch beanspruchtes Aggregat, das in seiner Funktion relativ einfach gestaltet ist. Entscheidend für die korrekte Funktion ist vorrangig die optimale Ansteuerung und Versorgung. Zu Turboladerschäden und der richtigen Diagnose bei Turboladerschäden finden Sie im BTS Technik Ratgeber Band 1 und 4 nützliche Tipps.

Inhaltsverzeichnis

Inhalt:	Seite:
Vorwort	2
Inhaltsverzeichnis	2
Funktionsweise der Abgasturboaufladung	3
Grundaufbau eines Turboladers	4
• Turbine	4
• Verdichter	5
• Lagerung	5
• Wassergekühlte Lagergehäuse	10
Ladedruckregelungen	10
• Ladedruckregelventil	11
• Ladedruckregelklappe	12
Variable Turbinengeometrie	14
• Arten der Turboladeransteuerung	16
• Weitere Entwicklung der Bauformen	17
Twin-Scroll Aufladung	19
Mehrstufige Aufladungssysteme	19
• 2-stufig geregelte Aufladung	19
• Parallel sequentielle Aufladung	20
• Kompressor und Turbolader	20
• Elektro Booster	21
• 3-stufig geregelte Aufladung	21
Neuentwicklungen	22
• Abgasturbolader mit Aluminiumgehäuse	22
• Hybridaufladung – Cross-Charger	22
Impressum	23

Funktionsweise der Abgasturboaufladung



1. Die heißen Abgase werden vom Motor-Brennraum ausgestoßen und über den Abgaskrümmern direkt zum Turbolader geleitet.
2. Durch den Gaseintritt des Turbinengehäuses gelangen die Abgase in einen sich verengenden Kanal (Drallkanal). Die Abgase werden durch die Querschnittsverengung im Drallkanal beschleunigt und treffen auf die Außenkanten (Gaseintrittskanten) der Turbinenschaufeln und geben die Energie des Abgasstromes an das Turbinenrad (3) weiter.
3. Das Turbinenrad wird rein durch die Abgasenergie in Rotation versetzt. Die Drehzahl des Turbinenrades ist daher abhängig von der Abgasmenge und der Geschwindigkeit des Abgasstroms. Das Turbinenrad ist meist durch eine Reibschweißung mit der Turbinenwelle verbunden, Turbinenrad mit Welle ergibt daher ein Bauteil, dass als Läuferwelle bezeichnet wird.
4. Die Abgase werden durch ein sich verengendes Spiralgehäuse radial von außen nach innen an den Turbinenschaufeln entlang gepresst, versetzen diese in extreme Rotation und verlasen axial das Turbinengehäuse in das Abgassystem (Partikelfilter, Katalysator, Auspuff).
5. Das Verdichterrad ist kraftschlüssig mit der Läuferwelle verbunden und hat somit die gleiche Drehzahl wie

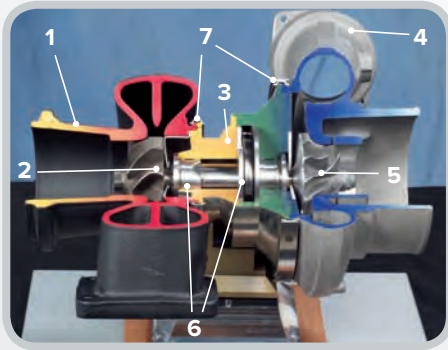
das Turbinenrad. Das Verdichterrad ist mit einer Mutter auf der Welle gesichert.

6. Am Lufteintritt des Verdichtergehäuses wird die Frischluft vom Luftfilter axial in das Verdichtergehäuse eingeleitet. Das Verdichterrad (5) saugt Frischluft infolge des durch die Rotation entstehenden Unterdrucks an und presst sie in den Drallkanal des Verdichtergehäuses. Dabei wird der Querschnitt des Drallkanals immer größer.
7. Der Luftaustritt des Verdichtergehäuses, auch als Druckseite bezeichnet, gibt die verdichtete und durch den Verdichtungsprozess stark erwärmte Luft aus dem Turbolader frei.
8. Im Ladeluftkühler wird die komprimierte und auf bis zu 200 °C erwärmte Luft heruntergekühlt. Die Kühlung ist zur Erhöhung des Sauerstoffgehalts infolge höherer Luftdichte notwendig und bringt bei einer Abkühlung um 50 °C eine Leistungssteigerung des Motors von etwa 15 %.
9. Die abgekühlte und komprimierte Luft wird den Verbrennungsräumen zugeführt und sorgt für einen höheren Sauerstoffanteil beim Verbrennungsprozess.

Effekt:

Mit dem vorhandenen Abgas wird, ohne zusätzlich Energie aufzuwenden, ein Aggregat (Abgasturbolader) betrieben, das für einen Luftüberschuss bei der Verbrennung sorgt. Dieser Vorteil ist aufgrund der hohen Leistungsausbeute, der sauberen und optimierten Verbrennung sowie der daraus resultierenden Kraftstoffeinsparungen bei heutigen Downsizing-, Downspeeding- und Rightsizing-konzepten nicht mehr wegzudenken. Die Turboladertechnik ist ein wichtiger Schlüssel zur Erreichung strengster Abgasnormen.

Grundaufbau eines Turboladers

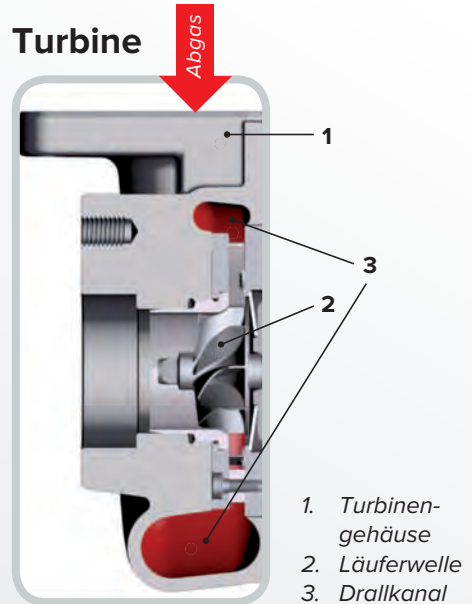


1. Turbinengehäuse
2. Läuferwelle
(=Turbinenrad mit
angeschweißter Welle)
3. Lagergehäuse
4. Verdichtergehäuse
5. Verdichterrad
6. Lagerung
7. Verbindungselemente

Beschreibung:

Der Kern eines jeden Abgasturboladers ist die Rumpfgruppe: Sie besteht aus dem Lagergehäuse (3), der Lagerung (6), der Läuferwelle (2) und dem Verdichterrad (5). Die Einzelteile der Rumpfgruppe werden montiert und das Verdichterrad mit einer Mutter gesichert. Nach der Montage wird jede Rumpfgruppe dynamisch auf einer Wuchtmaschine feingewuchtet (Wuchttoleranz ca. 5 mg). Die Mutter am Verdichterrad darf nicht mehr gelöst werden!

Turbine

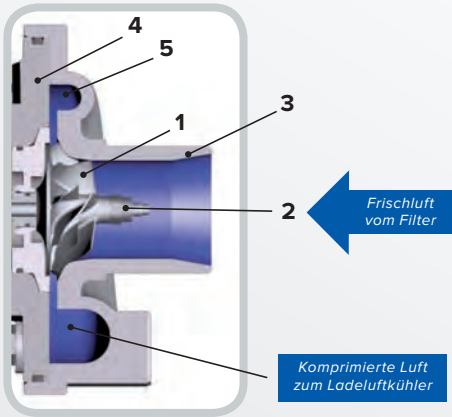


1. Turbinen-
gehäuse
2. Läuferwelle
3. Drallkanal

Beschreibung:

Die Abgase des Motors werden über den Abgaskrümmen in den Abgasflansch des Turbinengehäuses geleitet. Bei modernen Turboladern können der Abgaskrümmen und das Turbinengehäuse aus einem Gussteil bestehen. Die Abgase durchströmen den sich im Querschnitt verengenden Drallkanal. Durch die Querschnittsverengung erreicht man eine hohe Abgasgeschwindigkeit somit auch eine hohe Drehzahl der Läuferwelle. Die Geometrie des Drallkanals ist mit Ansprecherhalten eines Turboladers, die Drehzahl der Läuferwelle und den Ladedruck. Im unteren Motordrehzahlbereich steht sehr wenig Abgas zur Verfügung, die Folge sind geringe Drehzahlen der Läuferwelle und nur geringer Ladedruck. Dieser Zustand wird als „Turboloch“ bezeichnet. Erst bei steigendem Abgasdruck und somit höherer Drehzahl der Turbinenwelle liegt leistungssteigernder Ladedruck an.

Verdichter



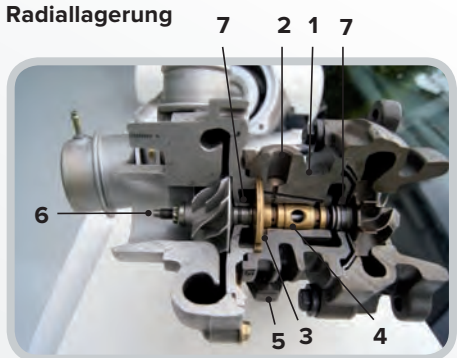
- 1. Verdichterrad
- 2. Sicherungsmutter
- 3. Verdichtergehäuse
- 4. Verdichtergehäuse-Rückwand
- 5. Drallkanal

Beschreibung:

Das Verdichterrad hat die gleiche Drehzahl wie die Läuferwelle. Durch die Geometrie von Verdichtergehäuse und Verdichterradschaufeln wird Unterdruck erzeugt, der über den Luftfilter Frischluft ansaugt, die dann in den Drallkanal des Verdichtergehäuses gefördert wird. Der Querschnitt des Drallkanals öffnet sich immer weiter bis zum Ausgang des Verdichtergehäuses. Die Frischluft wird durch diesen Prozess komprimiert und erhitzt sich auf bis zu 200 °C. Ein auf der Druckseite angeschlossener Ladeluftkühler sorgt dafür, dass die Ladeluft optimal abgekühlt wird. Durch die Abkühlung erhöht sich die Dichte der Luft und der Füllungsgrad im Zylinder steigt. Somit erreicht man einen höheren Sauerstoffanteil bei der Verbrennung, die Leistung des Motors steigt und die Emissionswerte verbessern sich.

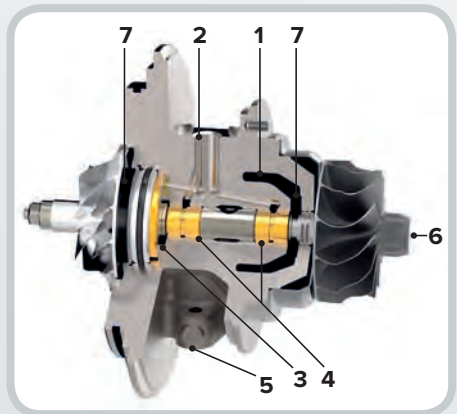
Lagerung

Radiallagerung



Statische (Einbuchsen-)Lagerung

- 1. Lagergehäuse
- 2. Ölzulauf
- 3. Axiallager
- 4. Radiallagerbuchsen
- 5. Ölablauf
- 6. Läuferwelle
- 7. Kolbenringabdichtung



Dynamische (Zweibuchsen-)Lagerung

Radiallagerung

Bei den heutigen Serienturboladern dreht sich die Läuferwelle mit bis zu 320.000 Umdrehungen pro Minute. Da der Turbolader nicht zu den Verschleißteilen in einem Fahrzeug zählt, ist die Lagerung der Läuferwelle entsprechend verschleißfrei ausgelegt.

Wir unterscheiden in statische Lagerung und dynamische Lagerung.

So ist bei erst genannter die Lagerbuchse fest in der Rumpfgruppe verankert. Die Welle dreht sich innerhalb einer stehenden Buchse, die von außen mit Öl umspült wird. Somit steht nur ein Ölfilm zur Schmierung, Kühlung und zur Dämpfung der Drehbewegungen zur Verfügung.

Statisch gelagerte Turbolader:

→ Diese Turbolader haben im Ruhezustand nur geringes, fühlbares Lagerspiel, geprüft an der Mutter vom Verdichterrad. Dabei kann der äußere Spalt zwischen Lagergehäuse (1) und der Radiallagerbuchse (3) speziell auf die Lagerdämpfung ausgelegt werden, da keine Drehbewegung stattfindet. Der so mögliche geringere Lagerabstand führt zu einer kompakten Bauweise des Turboladers.

Bei der dynamischen Lagerung (doppelt schwimmende Lagerung) dreht sich die Läuferwelle (6) auf einem Ölfilm innerhalb der Radiallagerbuchsen (4). Die Ölversorgung (2) erfolgt aus dem Motorölkreislauf. Die Lagerung ist so aufgebaut, dass sich zwischen dem stehenden Lagergehäuse (1) und der drehenden Welle (6) sich mit etwa halber Wellendrehzahl mitrotierende Radiallagerbuchsen (4) aus Messing befinden. Es kommt bei dieser Lagerbauart in keinem Betriebszustand zur Festkörperreibung zwischen Lagerung (4) und Läuferwelle (6). Der äußere Ölfilm dient zur Dämpfung und sorgt für eine stabile Wellenbahn des Läufers (6).

→ Erst der anliegende, korrekte Öldruck sorgt für die verschleißarme Lagerung und lange Lebensdauer der Turbinenwelle.

Axiallagerung

Weder die statische noch die dynamische Lagerung nehmen Kräfte in axialer Richtung auf. Durch die unterschiedlich hohen Gaskräfte, die auf das Verdichterrad und das Turbinenrad in axialer Richtung wirken, würde der Läufer (6) in axialer Richtung verschoben werden. Das Axiallager (3), ein Keilflächen-Gleitlager, nimmt diese Kräfte auf. Als Anlaufflächen dienen zwei kleine Scheiben, die fest auf der Welle verspannt sind. Das Axiallager (3) ist im Lagergehäuse (1) fixiert.

→ Ein minimales, gerade fühlbares Axialspiel, gemessen an Mutter des Verdichterrades ist notwendig, damit sich ein Ölfilm zwischen Axiallager und Druckring aufbauen kann.

Großes Axialspiel hat die Ursache im Axial Schub, der entweder auf Behinderungen im Ansaugtrakt oder durch zu hohen Abgasgegendruck (max. 0,3 Bar) im Bereich der Abgasanlage zurück zu führen ist.



Axiallager mit Keilflächen



Druckring

Kugellager

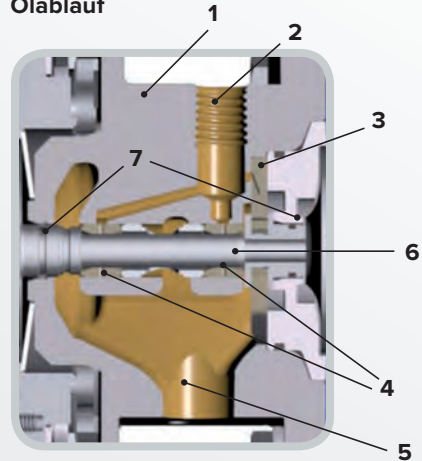
Kugelgelagerte Turbolader waren bis 2010 kaum bei Serienfahrzeugen eingesetzt, ihr Einsatz war auf Hochleistungsanwendungen, den Rennsportbereich oder auf getunte Fahrzeuge beschränkt. Mit einem kugelgelagerten Turbolader wird ein schnelleres Ansprechverhalten erzielt (Verkürzung der Boost Zeit), da die Kugellagerkartusche weniger Energie absorbiert als ein Gleitlager. (Der anliegende Öldruck zwischen Lagerbuchse und Turbinenwelle hemmt das Beschleunigen der Welle.) Ein weiterer Vorteil dieser Lagerart ist die Belastbarkeit des Lagers in axialer und radialer Richtung, was im Rennsportbereich durch die hohen Lastwechselkräfte und dem entstehenden hohen Axial Schub erforderlich ist. Der große Nachteil dieser Lagerbauart lag in der beschränkten Auslegungsgrenze (nutzbarem Drehzahlband), der größeren Anfälligkeit infolge von Abnutzungserscheinungen zwischen den Kugellagern in den Stahlkanälen (kaltes Verschweißen) was zum Eintrag von Verschleißpartikeln ins Öl führte. Auch sind die Herstellungskosten dieser Lader deutlich höher.



2010 gelang Honeywell mit der Einführung der Keramik-Hybrid-Kugellagerkartuschen in Verbindung mit der VNT Regelung der Durchbruch in der Großserie. Der Vorteil

der Keramikkugeln (aus Siliziumnitrid) liegt im geringeren Gewicht (nur 40 % Masse im Vergleich zu Stahl), damit geringere Trägheit, geringere Vibrationen, reduzierte Zentrifugalkräfte und geringere Wärmeentwicklung.

Ölablauf



1. Lagergehäuse
2. Ölzulauf
3. Axiallager
4. Radiallagerbuchsen
5. Ölrücklauf
6. Läuferwelle
7. Kolbenringabdichtung

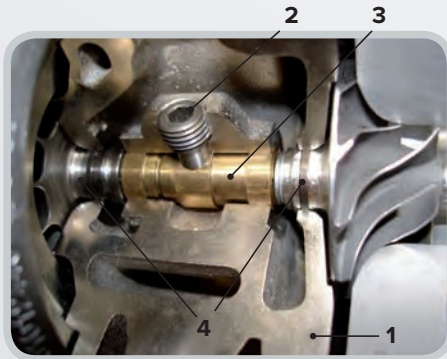
Das Schmieröl strömt mit ca. 4 bar in den Turbolader (2). Der Ölablauf (5) erfolgt nahezu drucklos. Die Leitung ist daher im Durchmesser wesentlich größer ausgelegt als der Ölzulauf (2). Das Lager wird konstruktiv bedingt senkrecht von oben nach unten durchströmt und der Ölrücklauf erfolgt oberhalb des Motorölspiegels in das Kurbelgehäuse. Wird aber der Ölrücklauf im Betrieb behindert, kommt es zu einem Ölrückstau in der Lagerung. Das Öl strömt dann durch die Kolbenringabdichtung (7) in das Verdichter- und in das Turbinengehäuse. Es gelangt somit in die Ladedruckleitungen und den Abgaskanal.

Abdichtung

Das Lagergehäuse (1) ist gegen die heißen Abgase der Turbine, die sonst in das Lagergehäuse strömen würden und gegen den Ölverlust aus dem Lagergehäuse radial abgedichtet. Turbinen- und verdichtenseitig befinden sich je nach Ausführung ein oder zwei Kolbenringe (7) in einer Nut auf der Läuferwelle (6). Diese Kolbenringe drehen sich nicht mit, sondern sind im Lagergehäuse (1) fest verspannt. Diese Labyrinthdichtung erschwert die Ölleckage durch die vielen Strömungsumlenkungen und bewirkt, dass nur geringe Abgasmengen in die Rumpfgruppe gelangen.



Doppelte Kolbenringabdichtung



Einfache Kolbenringabdichtung

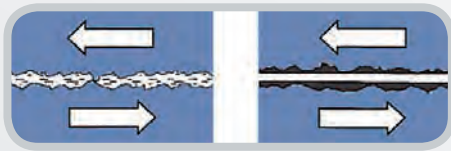
1. Lagergehäuse
2. Lagerfixierung
3. Radiallagerbuchse
4. Kolbenringabdichtung

Montagehinweis!

Bei der Montage eines neuen Turboladers ist größte Vorsicht geboten. Da ein stabiler Ölfilm zwischen den Lagerbauteilen unbedingt erforderlich ist, muss vor dem Anschluss der Ölzulaufleitung des Turboladers der komplette Ölzulaufkanal mit frischem Motoröl, besser aber mit den BTS Erstbefüllungsadditiv, aufgefüllt werden. Sollte die Erstbefüllung unterlassen werden, kommt es durch den Trockenlauf im Lager auf Grund der enormen Drehzahlen der Läuferwelle in kürzester Zeit zu Verschleißschäden oder gar zum Totalausfall des Turboladers.

Durch die Verkleinerung der Baugrößen der Turbolader und der Forderung der Fahrzeughersteller nach hohen Ladedrücken bereits bei erhöhter Leerlaufdrehzahl (Beispiel: ein Twin Scroll Turbo erreicht bei 1.000 U/min bereits einen Ladedruck von 1,1 Bar) erreichen Turbolader heute im Leerlauf schon Drehzahlen bis zu 15.000 U/min und beschleunigen innerhalb einer Sekunde auf 150.000 U/min. BTS empfiehlt deshalb unbedingt das sofortige Starten des Motors zu unterbinden (z. B. Injektor abklemmen) und die Ölversorgung durch Betätigen des Anlassers aufzubauen. Gut bewährt haben sich 3 x 20 s starten mit 10 s Pause um eine Überbeanspruchung der Anlassanlage zu vermeiden.

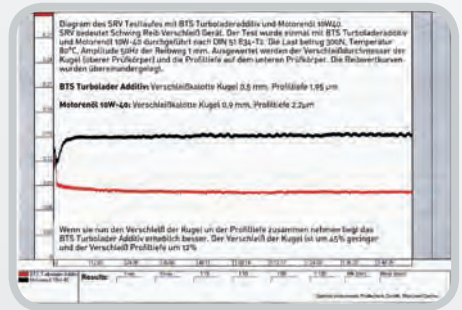
Um einem Ausfall des Turboladers durch eine fehlende oder mangelhafte Erstbefüllung vorzubeugen, liefert die BTS GmbH bei jedem Turbolader ein spezielles Additiv, das in enger Zusammenarbeit mit Liqui Moly entwickelt wurde, mit. Das Additiv erhöht durch die Benetzung der Lageroberflächen die Notlaufeigenschaften des Laders, womit Schäden an der Lagerung bei der Inbetriebnahme minimiert werden.



In der Grafik sehen Sie eine Lageroberfläche in der vielfachen Vergrößerung. Trotz modernster Bearbeitungsmethoden ist eine Oberflächenrauheit immer vorhanden.

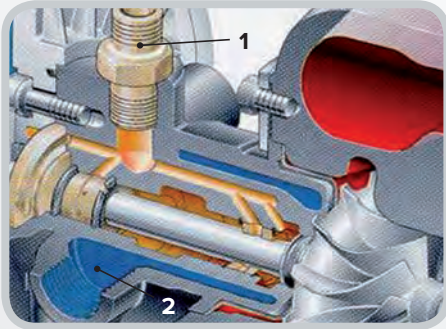
Das Additiv glättet die Oberflächen und vergrößert somit die nutzbare Lagerfläche deutlich.

Die Wirkstoffkombination aus chemisch wirkenden Additiven und dem Festschmierstoff MoS₂ garantiert einen verschleißarmen Einlauf. Die laminiare Struktur der MoS₂-Partikel füllt die Oberflächenrauigkeit des Metalls auf und reduziert so Reibung und Verschleiß. Durch eine speziell abgestimmte Additivkombination wird zusätzlich der Reibungsbeiwert um ca. 40 % gesenkt. Diese Wirkstoffkombination lässt sich im Öl nachweisen. Die Verwendung des BTS-Turbolader-Additivs kann bei einer Schadensanalyse nachträglich festgestellt werden.



Wassergekühltes Lagergehäuse

Ladedruckregelungen



1. Ölzulaufanschluss
2. Wasserzulaufanschluss



Beschreibung:

Um einer Überhitzung des Öls vorzubeugen, werden bei Ottomotoren, deren Abgastemperaturen noch 200 bis 300 °C höher liegen als bei Dieselmotoren, teilweise wassergekühlte Lagergehäuse eingesetzt. Während des Motorbetriebes ist das Lagergehäuse in den Kühlkreislauf des Motors integriert.

Bereits nach kurzer Zeit (ab 55 Sekunden!) hat der Turbolader im Benzinmotor seine Betriebstemperatur erreicht und glüht. Beim sofortigen Abstellen in diesem Zustand (Heißabstellen) bei nicht nachlaufendem Kühlkreislauf verdunstet das Kühlmedium und auch das Motoröl verkockt. Wichtig ist, dass nach dem Abstellen des Motors die Stauwärme mittels eines separaten Kühlkreislaufes abgeführt wird, betrieben z. B. von einer thermostatisch geregelten elektrischen Wasserpumpe.

Eine Ladedruckregelung ist bei heutigen Serienturboladern nicht mehr wegzudenken. Da die Drehzahl des Abgasturboladers von der Abgasmenge abhängig ist, wird die Turbinenseite für ein schnelles Ansprechverhalten ausgelegt, d. h. der Drallkanal des Turbinengehäuses ist mit einem engen Ausgangsquerschnitt ausgelegt. Dadurch wird eine hohe Strömungsgeschwindigkeit der Abgase und somit eine hohe Turbinendrehzahl erreicht. Parallel dazu steigt natürlich auch der Ladedruck sehr schnell an. Bei maximaler Motordrehzahl und Abgasmenge würde die Läuferwelle des Turboladers zu schnell drehen. Um Schäden zu verhindern und die Drehzahl zu begrenzen, müssen die Abgase vor dem Auftreffen auf die Turbine aus dem Turbinengehäuse ausgeleitet werden. Eine andere Möglichkeit, die Turbinendrehzahl zu begrenzen, ist die variable Veränderung des Ausgangsquerschnitts durch eine variable Turbinengeometrie (VTG).

Schubumluftregelung:

Für Benzinturbomotoren ist noch eine weitere Regelung notwendig. So muss beim Schließen der Drosselklappe (Gas wegnehmen), der sich zum Turbo zurück stauende Ladedruck abgeleitet werden, bevor die Drucksäule die Turbinenschaufeln erreicht. Ein Rückstau des Ladedrucks beschädigt die Schaufeln des Verdichterrades und führt zum Ausfall des Turboladers. Zum Abblasen des Überdruckes wurden früher Abblasventile (Pop Off) eingesetzt. Infolge der immer strengeren Umweltnormen darf keine ungereinigte Abluft mehr an die Umwelt abgeführt werden. So wird der entweichende Ladedruck mit einem Schubumluftventil (SUV) aus der Ladedruckseite abgeleitet und vor dem Verdichterrad der Ansaugluft wieder zugeführt. So wird zum Umweltschutz auch noch ein schnelleres Ansprechen des Turboladers erreicht.

Ladedruckregelventil



Membran gesteuertes SUV

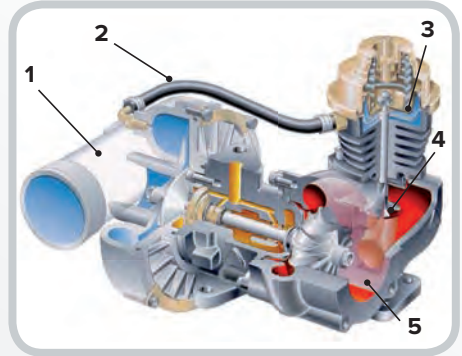


Zylindergesteuertes SUV



Im Verdichtergehäuse integriertes SUV

Während die ersten beiden Modelle in separaten Bypassleitungen enthalten waren, integrieren modernste Konstruktionen das SUV in das Verdichtergehäuse. Infolge dessen konnten die Ansprechzeiten der Turbolader weiter verbessert, der Verbrennungszyklus optimiert, sowie der Schadstoffausstoß reduziert werden.



1. Verdichtergehäuse
2. Steuerleitung
3. Federbelastete Membran
4. Ventil
5. Gasaustritt Turbinengehäuse

Die Regelung des Turboladers mittels Ladedruckregelventil wird in modernen Konstruktionen nicht mehr angewendet. Ihre Einführung war in den 80er Jahren der Durchbruch bei der Leistungssteigerung bei Dieselmotoren. Durch die Einbaulage auf dem Turbinengehäuse war das Ventil hohen Temperaturen ausgesetzt.

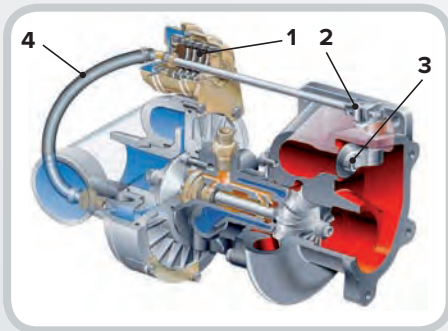
Die Folge war das Aushärten und damit der Ausfall der Druckmembran, sowie das Verrußen des Ventilschaftes wodurch das Ventil sich verklemmte. Auch die Steuerleitung war infolge der Einbaulage und der Umgebungstemperaturen anfällig. Auch sorgte Verbiss durch Marder für manchen Ausfall.

Beschreibung:

Um ein schnelles Ansprechverhalten des Turboladers zu erzielen, ist im unteren Motordrehzahlbereich das Ventil (4) geschlossen; der gesamte Abgasstrom trifft auf die Turbine. Beim Motorhochdrehen steigen der Abgasdruck und parallel dazu der Ladedruck. Der Druck im Verdichtergehäuse (1) wird über eine Steuerleitung (2) an eine federbelastete Membran (3) weitergegeben.

Ab einem bestimmten Druck öffnet das Ventil (4) und sorgt dafür, dass ein Teil der Abgase ungenutzt in den Gasaustritt des Turbinengehäuses (5) entweicht. Durch diese Aufteilung des Abgasstromes werden die Drehzahl und somit auch der Ladedruck begrenzt.

Ladedruckregelklappe



1. *Steuerdose*
2. *Steuerdoseneinstellung*
3. *Regelklappe*
4. *Steuerleitung*



Beschreibung:

Der „Klappenlader“ oder auch Wastegate-Lader genannt, ist die Weiterentwicklung des Regelventils. Konstruktiv wurde die Regeleinrichtung auf die „kalte Seite“, die Verdichterseite des Turbos versetzt. Das Regelventil wurde durch eine Regelklappe ersetzt und die beiden Komponenten mit einer Regelstange verbunden. Die Ansteuerung kann mit Überdruck, Unterdruck oder durch elektropneumatische Wandler erfolgen. Sie wird heute noch überwiegend im Bereich der Benzinmotoren, für leistungsarme Dieselmotoren oder als Verbundlader in Mehrladerkonstruktionen verwendet. Die Steuerdose (1) wird über die Steuerleitung (4) mit dem aktuellen Ladedruck angesteuert. Die Regelklappe (3) öffnet sich komplett bei maximalem Ladedruck und sorgt auch hier für eine Aufteilung des Abgasstromes. Fällt der Ladedruck ab, so schließt sich die Regelklappe und der Abgasstrom beschleunigt komplett die Turbine. An der Steuerdoseneinstellung (2) darf keinesfalls eine Veränderung vorgenommen werden; sie dient lediglich der Grundeinstellung beim Turbolader-Hersteller. Eine Verstellung könnte zum Überdrehen oder einem starken Leistungsverlust des Turboladers führen. Der Vorteil dieser Bauart liegt bei der Platzierung der Steuerdose an dem weniger thermisch beanspruchten Verdichtergehäuse, der einfachen Konstruktion und vergleichsweise geringen Kosten.

Weiterentwicklungen der Regelklappe

Neueste Entwicklungen verlangen auch von der Ladedruckregelung eine volle Diagnosefähigkeit. Folgerichtig war die Kombination der pneumatischen Regeldose mit einem Positionssensor. Für die weitere Optimierung der Verbrennungsvorgänge und eine Emissionsverbesserung waren schnellere Reaktionszeiten der Regelklappen notwendig. Pneumatisch war dieses Problem nur aufwendig zu lösen, indem die Regeldose mit Unterdruck, Überdruck und atmosphärischem Druck angesteuert werden musste.

So hielten die elektronischen Aktuatoren auch im Bereich der Klappenlader Einzug. Modernste Konstruktionen erreichen eine Regelfrequenz 200 μ s und eine Öffnungswinkeländerung von 5°.



Regeldose mit Positionssensor



Elektronischer Aktuator am Klappenlader von Cummins Turbo Technologies

Ein weiterer Entwicklungsschritt ist die Weiterentwicklung des Klappendesigns. Hier wird vom klassischen Tellerdesign immer mehr zu Kegel und Pfeilformen übergegangen. Somit werden die Abgasströme optimiert. Die Kegeldichtflächen sorgen für bessere Abdichtung und haben durch die Form eine bessere Wärmeableitung. Sie sind robuster und erreichen damit höhere Standzeiten als herkömmliche Konstruktionen. Sie tragen somit der Erhöhung der Abgastemperaturen Rechnung. Auch gelingt es mit der Kegelform, die Pulsation (Schwingen der Abgassäule) die besonders bei 3 Zylindermotoren auftritt, zu eliminieren.

Variable Turbinen Geometrie

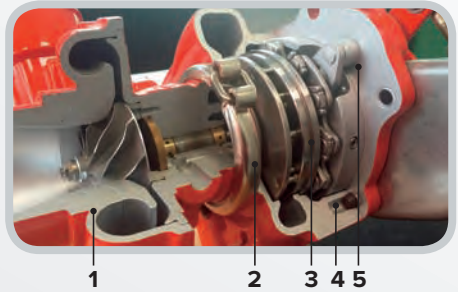
Neuartig ist auch die Twin Port Wastegate Technologie von Cummins Turbo Technologies, hierbei werden zwei Kegel zur Ladedruckregelung verwendet. Bei Twin Scroll (Zweikanal) Technologien ist erstmal möglich, Überdruck aus beiden Kanälen abzublasen. Kombiniert mit elektronischen Aktuatoren ist es ein weiterer Entwicklungsschritt für Euro 6 und EPA 13 Norm.

geschützte Begriffe:

- VTG Variable Turbinengeometrie, geschützt durch KKK (BorgWarner)
- VNT Variable Nozzle Turbine, geschützt durch Garrett by Honeywell
- VGS Variable Geometry System, geschützt durch IHI Charging System International



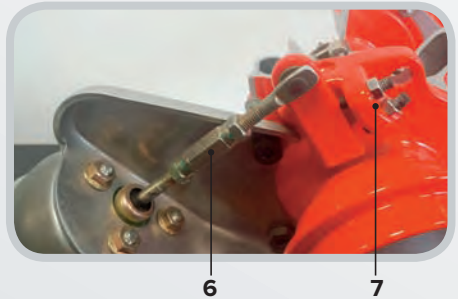
Garrett by Honeywell:
Kegeldesign der Klappe

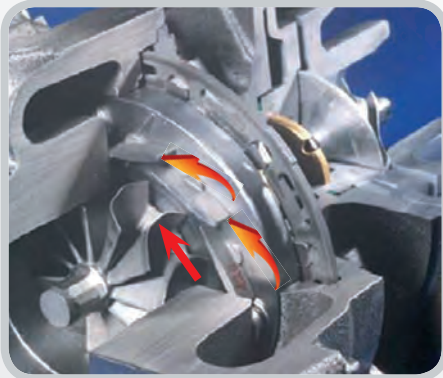


1. Verdichtergehäuse
2. Verbindungselement
3. VTG Leitkranz
4. Turbinengehäuse
5. Hebelwerk VTG
6. Justierung der pneumatischen Ansteuerung
7. Anschläge zur Einstellung des Abgasdurchsatzes (Minflow/Maxflow)

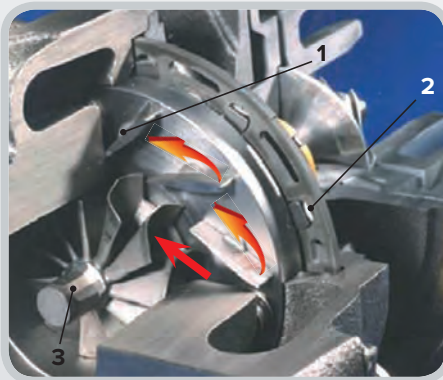


Cummins Turbo Technologies:
Twin Port Wastegate





VTG geschlossen: Abgase treffen die Außenkanten des Turbinenrades



*VTG offen: Abgase treffen erst im Kernbereich auf das Turbinenrad.
Bei Motor aus – VTG offen*

1. Leitschaufel
2. Verstellring
3. Turbinenrad

Beschreibung:

Durch die variable Turbinengeometrie wird das „Turboloch“ nahezu ausgeschaltet. Der Drallkanal des Turbinengehäuses wird bei dieser Bauart an den Volllastbereich angepasst. Bei maximaler Abgasmenge werden die Leitschaufeln komplett geöffnet (Bild VTG offen) und der Abgasstrom durch einen großen Strömungsquerschnitt in den Kernbereich der Turbinenschaufeln geleitet. Durch den höheren Drehwiderstand im Kernbereich der Turbinenwelle und der in steilem Winkel eingepressten Abgase wird ein Überdrehen der Turbinenwelle verhindert. Im unteren Motordrehzahlbereich wird durch Schließen der Leitschaufeln (Bild VTG geschlossen) der Strömungsquerschnitt stark verengt. Die Abgase treffen durch einen kleinen Spalt nur auf die Außenkanten (Gaseintrittskanten) des Turbinenrads. Konstruktiv erreicht man so mit wenig Abgasdruck eine hohe Turbinendrehzahl und somit hohen Ladedruck. Der große Vorteil dieser Technik ist das breite, nutzbare Drehzahlband des Motors. Bei dieser Regelung steht bereits bei geringer Motordrehzahl ein nutzbarer Ladedruck zur Verfügung. Durch die Veränderung der Anstellwinkel der nicht mitrotierenden Leitschaufeln wird somit die Drehzahl des Turboladers an den Leistungsbedarf des Motors angepasst. Der Leitring sorgt für eine gleichmäßige Verstellung der Leitschaufeln und wird über einen Hebelmechanismus von einer Druckdose oder einer elektronischen Stelleinheit angesteuert. Die Einstellung und Justierung erfolgt herstellerseitig auf einer Flutbank mit realen Druckverhältnissen. Nur dort können die VTG Fahnen exakt positioniert werden und der minimale (Minflow) und maximale (Maxflow) Abgasdurchsatz justiert werden. Die Einstellungen dürfen keinesfalls verändert werden.

Arten der Turboladeransteuerung



Pneumatisch gesteuerte Regeldosen, rechts mit Über-, Unter- und Steuerdruckanschlüssen



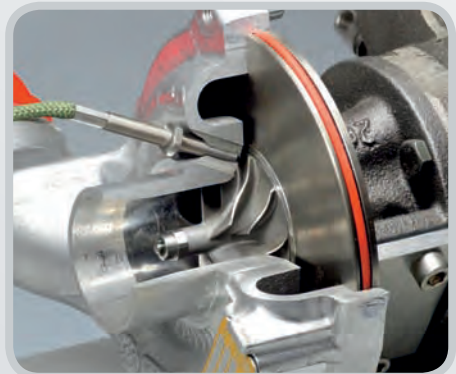
REA – Regelung mit eigenem Prozessor SREA – Regeleinheit

Einfache Turboladerkonstruktionen kommen mit einer Unter- oder Überdruck gesteuerten Membran gesteuerten Regeldose aus.

Für extrem schnell drehende Turbolader (Smart) sind wegen der sehr kurzen Regelzyklen sehr aufwendige Konstruktionen der Regeleinrichtung notwendig. Die Regelungen verfügen über Anschlüsse für Unter-, Über- und atmosphärischen Druck. Die logische Weiterentwicklung waren elektronische Regeleinrichtungen. Die 1. Generation Rotary Electronic Actuator (REA) erreichte bereits extrem kurze Reaktionszeiten und

ermöglichte VTG Fahnen Verstellung um 5°. Diese Regeleinrichtungen verfügen über einen eigenen Prozessor und müssen auf dem Prüfstand genau auf den jeweiligen Turbolader kalibriert werden. Der Austausch der REA Regeleinheit wird durch die Turboladerhersteller abgelehnt, da eine genaue Justierung auf die Mindestdurchlassmenge von Abgasen nicht erfolgen kann. Der in der Regeleinheit integrierte Prozessor behinderte den Datenaustausch mit der Motorelektronik und der OBD. Die Weiterentwicklung war die Simple Rotary Electronic Actuator (SREA) Einheit. Sie ermöglicht unter anderem die Übermittlung der genauen Fahnenposition, übermittelt Fehler im Bewegungszyklus und ist voll diagnosefähig. Neuste Konstruktionen haben eine Reaktionszeit von 200 μ s.

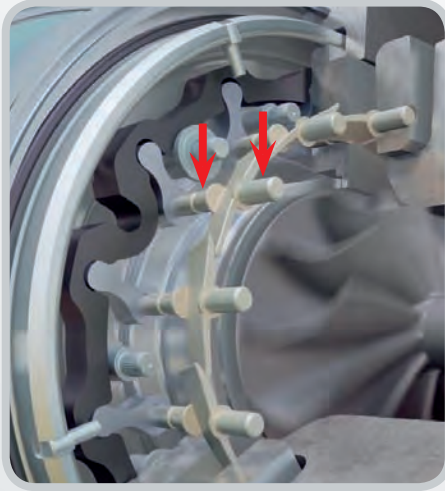
Ein weiterer Entwicklungsschritt zur vollständigen Überwachung ist die Drehzahlüberwachung der Turbinenwelle. Sie erfolgt mittels „Speedsensor“ z. B. auf der Verdichterseite. So können VTG Stellung und Turbinendrehzahl überwacht werden und ermöglichen so eine noch präzisere Aufladung. Gleichzeitig wird eine Zerstörung des Turboladers infolge Überdrehzahl verhindert.



Drehzahlabnahme mittels Speedsensor by MicroEpsilon

Weitere Bauformen der variablen Turbinengeometrie

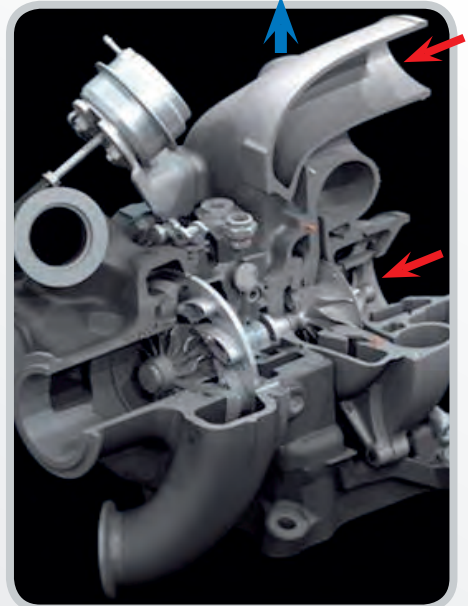
Garrett VNT DutyDrive Turbo



VNT- Fahnen sind beidseitig im Gehäuse gelagert

Im Nutzfahrzeug und Schwerlastbereich genutzte Turbolader sind noch wesentlich härteren Nutzungsbedingungen hinsichtlich der Druckverhältnisse ausgesetzt. Während im Pkw Abgasdrücke bis 3 Bar herrschen, können im Nutzfahrzeugs-ektor Drücke bis über 5 Bar unter Einsatz der Motorbremse auftreten. Deshalb hat Garrett das DutyDrive Konzept entwickelt. Die VTG Fahnen sind auf zwei Achsen zwischen Verstell- und Düsenring gelagert und erhalten beidseitig Abgasdruck. Das bietet eine kürzere Beruhigungszeit der Fahnen, führt zu einer erheblichen Verbesserung der Motorbremse und zu einer Optimierung der Abgasrückführung. Eine speziell für die hohen Belastungen ausgelegte elektronische Ansteuerung, sowie Titan-Verdichterrad und Drehzahlsensor komplettieren die VNT DutyDrive Turbos von Garrett.

Garrett VNT™ DualBoost™



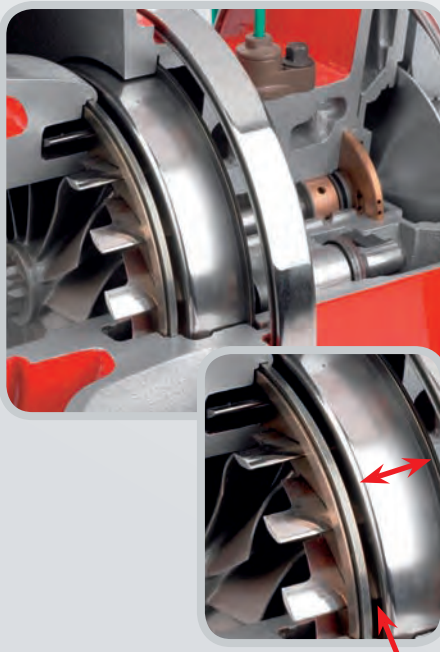
Rote Pfeile: zwei separate Ansaugkanäle, blauer Pfeil: 1 Ladedruckkanal



Rote Pfeile: zweiseitiges Verdichterrad

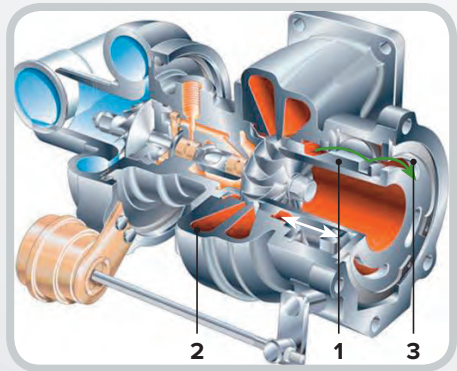
Hier gelang es erstmals eine neue Verdichter Technologie zu entwickeln, welche fast die Leistung einer zweistufigen Aufladung in einem einzigen Turbolader ermöglicht. Die Ingenieure von Honeywell konnten mit DualBoost erfolgreich den Luftstrom von zwei Verdichterrädern in einem einzigen Verdichtergehäuse kombinieren. Zwei Verdichterräder wurden zu einem einzigen Bauteil mit spiegelbildlich angeordneten Schaufeln. Diese befinden sich in einem komplett neu entwickelten Verdichtergehäuse mit zwei separaten Eingängen und einem einzigen, gemeinsamen Ausgang. Mit dieser Entwicklung gelang nicht nur ein Quantensprung bezüglich der Turboladerleistung, sondern auch die Baugröße und das Gewicht gegenüber einer herkömmlichen 2-stufigen Aufladung konnten deutlich verringert werden.

*Cummins Turbo Technologie:
variable Turbinengeometrie*



Bei dieser Technologie für Nfz-Anwendungen, wird die veränderliche Geometrie durch einen Leitschaukelring gewährleistet, der axial verschoben wird und den Abgaskanal öffnet oder schließt (grauer Pfeil). Je breiter der Spalt (roter Pfeil) öffnet, desto mehr Abgas trifft auf die Leitschaukeln. Bei dieser Konstruktion sind die Leitschaukeln fixiert, der Winkel des Abgasstromes zum Auftreffen auf die Schaufeln des Turbinenrades ist nicht veränderbar.

VST – Variable Schieber Turbine von BorgWarner



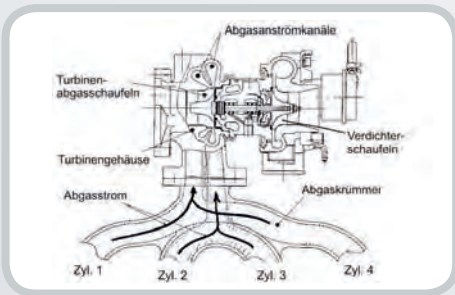
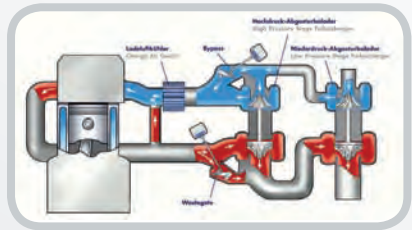
Konstruktiv ähnlich ist die VST Turbine aufgebaut. Ein axial verschiebbarer Zylinder (1), der auf eine Buchse gleitet, ermöglicht die effiziente Abgasmengensteuerung. Bei niedrigen Drehzahlen ist nur der linke Abgaskanal (2) freigegeben. Der Wirkungsgrad entspricht einem kleinen unregelmäßigen Lader und sorgt für schnelles Ansprechverhalten. Bei steigendem Abgasdruck wird der rechte Kanal durch den Regelschieber freigegeben. Bei Überschreitung des Maximaldrucks öffnet ein Bypass (3) und der Überdruck entweicht in die Abgasanlage ohne das Turbinenrad zu streifen.

2-stufig geregelte Aufladung

Twin-Scroll Aufladung



Twin-Scroll – 2 getrennte Abgaskanäle im Turbinengehäuse



Funktion:

Die Twin Scroll Aufladung ist ein weiterer Optimierungsschritt bei der Abgasturboladertechnik.

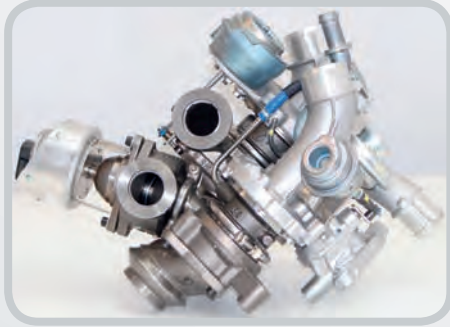
Hierbei werden die unterschiedlichen Längen der Abgaskanäle der einzelnen Zylinder ausgenutzt. Bei den beiden inneren Zylindern 2 + 3 werden die Abgasrohre gebündelt und gelangen genau wie die Abgasrohre der Zylinder 1 + 4 in je einen separaten Anströmkanal der Turbinenseite des Turboladers. Durch die geringeren Abgaswege der inneren Zylinder erreicht man ein deutlich schnelleres Ansprechen des Turboladers. Der Twin Scroll kann mit den unterschiedlichen Bauarten kombiniert werden.

Biturbo Aufladung:

Bei der zweistufig geregelten Aufladung werden zwei Abgasturbolader in einem System beispielsweise durch eine Reihenschaltung verbunden. Im unteren Motordrehzahlbereich bleibt das Wastegate geschlossen, die Abgasenergie wird auf die Turbine des kleineren Hochdruck Abgasturboladers geleitet. Das Verdichterrad des kleinen Hochdruck-Turboladers übernimmt den Großteil der Verdichtungsarbeit. Im mittleren Motordrehzahlbereich wird das Wastegate geöffnet und beide Turbinen durch den Abgasstrom angetrieben. Auf der Verdichterseite arbeitet das Verdichterrad des Niederdruck-Abgasturboladers als Vorverdichter und das Verdichterrad des Hochdruck-Abgasturboladers als Nachverdichter. Sobald der obere Motordrehzahlbereich erreicht wird, öffnet zur Abregelung des Ladedrucks das Bypassventil und leitet einen Teil der vorverdichteten Luft am Hochdruck-Verdichterrad vorbei direkt über den Ladeluftkühler zum Brennraum. Das Wastegate bleibt hierbei geöffnet.

Effekt:

Durch die Reihenschaltung dieser Aufladetechnik wird der Leistungsbedarf des Motors in allen Lastbereichen abgedeckt. Der kleinere Turbolader sorgt bei geringem Abgasmassenstrom für ein schnelles Ansprechverhalten und der größere für die Abdeckung im oberen Motordrehzahlbereich.

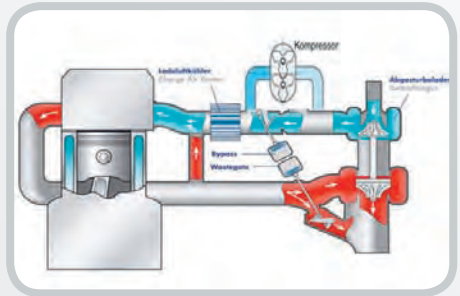
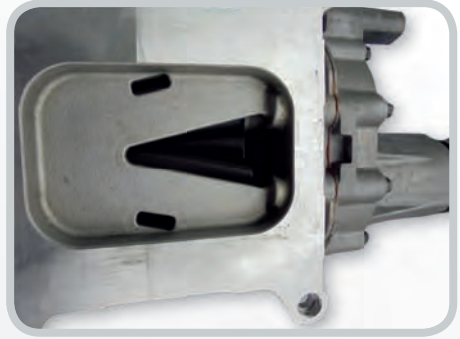


Parallel sequentieller Biturbo (PSA)

Parallel sequentielle Aufladung, hierbei werden 2 kleine identische Abgasturbolader miteinander kombiniert. Im unteren Drehzahlbereich übernimmt ein Lader die Aufladung, der Zweite schaltet sich erst bei höheren Drehzahlen zu. Dies geschieht je nach Last zwischen 2.600 und 3.200 U/min. Vorteil: Die Lader sind klein und besitzen deshalb eine geringe Massenträgheit. So sprechen sie schon bei geringem Abgasdruck an. In der Konsequenz steht bereits bei 1.500 U/min das maximale Drehmoment zur Verfügung.

Kompressor und Turbolader

Die Technik der zweistufigen Aufladung wird heutzutage immer wichtiger. Neuentwicklungen zielen auf hubraumkleine Motoren wie z. B. den 1,4 TSI Motor von VW ab. Diese hubraumkleinen Motoren haben für ein schnelles Ansprechen des Turboladers im unteren Lastbereich einen nur geringen Abgasmassenstrom zur Verfügung.

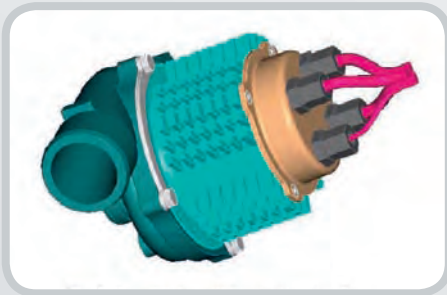
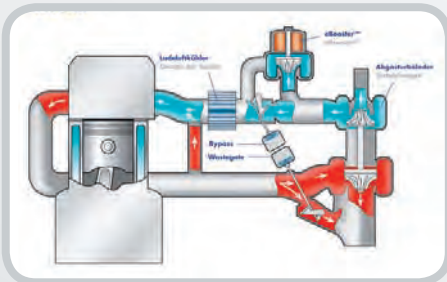


Konstruktiv benötigt man hier eine kleine Baugröße um ein schnelles Ansprechen zu gewährleisten, im hohen Drehzahlbereich eine große Baugröße um den maximalen Abgasstrom zu nutzen. Um diese Aufgabe zu lösen, wird die Kombination eines Abgasturboladers für den oberen Lastbereich mit einem Kompressor für den unteren Lastbereich ausgenutzt. Der Kompressor wird hierbei über die Kurbelwelle des Motors übersetzt angetrieben, was für einen schnellen Ladedruckaufbau sorgt. Der große Nachteil des Kompressors, das Verzehren von Leistung durch den Riemenantrieb, wird beseitigt, indem der Abgasturbolader im mittleren Drehzahlbereich die Arbeit aufnimmt und der Kompressor abgekoppelt wird. Mit dieser Methode werden hohe Ladedrücke um die 2,5 bar erzielt und die Hubraumverkleinerung mehr als ausgeglichen.

3-stufig geregelte Aufladung

Elektro Booster

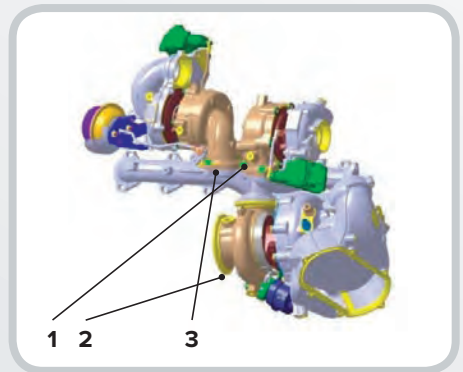
Der eBooster ist eine weitere Entwicklungsstufe der mehrstufigen Aufladung. Hierbei wird anstatt des kleinen Hochdruck Abgasturboladers oder des Kompressors ein Elektrolüfter (eBooster) in den Ladedruckkreislauf integriert. Dieser übernimmt im unteren bis mittleren Drehzahlbereich die Aufladung bis genug Abgasmenge vorhanden ist, um den groß dimensionierten Turbolader anzutreiben. Dieser übernimmt dann bis zur Abregelgrenze die Aufladung.



eBooster™ Design Studie

Triturbo R3S System BorgWarner

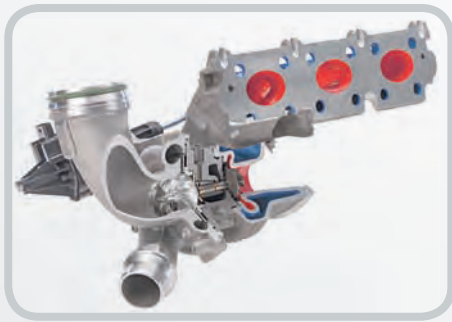
Diese Entwicklung zeigt, dass derzeit technisch mögliche zur effizienten Leistungsausbeute bei Dieselmotoren durch Turboaufladung. An den aktuellen BMW 3,0 Liter Reihenmotor Dieselaggregaten mit Common Rail Direkteinspritzung wurde eine 3 stufige Aufladung integriert, welche beeindruckende Leistungs- und Verbrauchswerte vereint. 280 KW Leistung bei nur 165 g CO² / Km sind erstmalig bei einem Serienmotor erreicht worden. 25 % mehr Leistung und 8 % Kraftstoffeinsparung gegenüber der 2-stufigen Aufladung beim Vorgängermodell.



Funktion:

Ab Start beschleunigt der kleine VTG Hochdrucklader (1) und sorgt trotz geringer Abgasmenge für hohen Ladedruck. Ab ca. 1.500 U/min bringt der größer dimensionierte Niederdrucklader (2) vollen Ladedruck, so dass bei ca. 2.000 U/min das maximale Drehmoment von 740 Nm anliegt. Ab ca. 2.500 U/min wird der 3. kleine VTG Hochdrucklader (3) zugeschaltet. Der Motor verfügt über indirekte Ladeluftkühler und einen separaten Niedertemperaturkühlkreislauf mit elektrischer Pumpe.

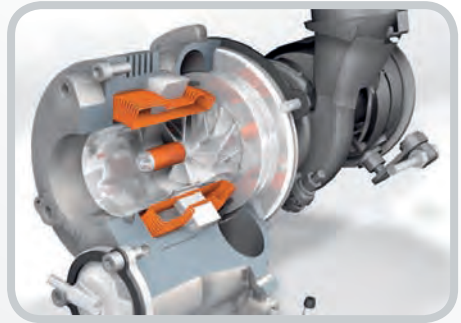
Abgasturbolader mit Aluminiumgehäuse



Continental Turbolader mit wassergekühltem Alugehäuse

Erstmals kam es 2014 zum Serieneinsatz von Continental Turboladern mit doppelwandigen Aluminiumgehäusen. Dabei wird das Turbinengehäuse von Kühlflüssigkeit umspült. Der Turbolader ist in den Abgaskrümmer integriert. So ist es gelungen, das Gewicht um ca. 30 % zu reduzieren. Durch die Absenkung der Gehäusetemperaturen auf ca. 120 °C ist es möglich, im Umfeld aufwendige Wärmeisulierungen zu verzichten. Im Inneren bleibt die Temperatur des Turbinengehäuses unter 350 °C, so dass man auch das Problem des Verkoks des Motorenöls in der Rumpffgruppe durch Heißabstellen lösen konnte.

Hybridaufladung



Cross-Charger von G+L Innotec



Turbo by wire Technologie

Der Begriff Hybridaufladung wird fälschlicherweise gern im Tuningbereich genutzt, um die Kombination von unterschiedlichen Baugrößen von Rumpffgruppen, Verdichter- und Turbinengehäusen für Leistungssteigerungen zu deklarieren. Tatsächlich ist ein Hybridlader die Kombination von Elektromotor und Abgasturbolader in einem Gehäuse. Hierbei wird ein Elektromotor in das Verdichtergehäuse integriert, welcher den Ladedruck im unteren Drehzahlbereich erzeugt. Mit zunehmendem Abgasdruck übernimmt der Turbolader den Ladedruckaufbau. Ähnliche Konstruktionen finden bereits in der Formel 1 Anwendung.

Technik Ratgeber

Band 3 | Werkstattpraxis | Turboschäden



Vorwort

Mit der Broschüre „Turboladerschäden in der Werkstattpraxis“ halten Sie bereits den dritten BTS Technik-Ratgeber zum Thema „Turbolader“ in der Hand. Der dritte Teil dieser Praxisratgeber-Reihe beschäftigt sich mit der Fehlersuche an modernen Turboladern und setzt damit das Bestreben von Band 1 und 2 – den Werkstattfachmann für den aufstrebenden „Turbo-Trend“ fit zu machen – auf logische Weise fort. Der Band 1 „Turboladerschäden“ des BTS Technik-Ratgebers gibt anhand von zahlreichen Schadensbildern wertvolle Hinweise zu mechanischen Turboladerschäden und deren mögliche Ursachen. Band 2 „Turboladerbauarten, Funktion“ indes gibt einen detaillierten Überblick über die Entwicklung der Turboaufladung bei Serienmotoren und erklärt die einzelnen Bauarten sowie deren Funktionsweisen.

Band 3 trägt dem technischen Fortschritt bei der Turboaufladung Rechnung, denn die Elektronifizierung des Automobils hat auch vor dem einst rein mechanisch geregelten Turbolader nicht halt gemacht. Moderne Turbolader sind mittlerweile in das komplexe System des Motomanagements eingebunden und erfordern vom Werkstattfachmann bei der Fehlersuche und der Diagnose viel mehr Know-how als bisher. Der BTS Technik-Ratgeber Band 3 will den Werkstattfachmann bei seiner täglichen Arbeit unterstützen und ihm einen Einblick in die komplexe Welt der Turboaufladung geben.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	2
Duale Diagnose	3
Variable Turbinengeometrie	4
Ständig unter Druck – die Ladedruckregelung	6
Ladedruckprobleme	9
Nebenschauplätze	12
Impressum	14
BTS-Experten-Tipp	15

Neben den erforderlichen Systemkenntnissen vermittelt die Broschüre vor allem auch interessante Hintergründe und gibt Hinweise und Tipps zur Fehlersuche und Diagnose. Denn wenn einem modernen Turbomotor die Puste ausgeht, muss dies nicht zwangsläufig an einem mechanischen Defekt des Turboladers liegen. Bei typischen Turbolader-Bearstandungen wie „Leistungsmangel“, „schlechtes Übergangsverhalten“, „verzögerte Gasannahme“ oder dem bekannten „Turboloch“ sollte der Werkstattfachmann immer auch an die elektronische Ladedruckregelung denken. Wegen der zunehmenden Vernetzung der Fahrzeugsysteme untereinander darf man allerdings auch „den Blick über den Tellerrand“, sprich: die Peripherie des Aufladesystems, nicht vergessen. Denn häufig werden Turbolader ersetzt und/ oder auf Gewährleistung beziehungsweise Garantie eingereicht, die bei der Befundung keinen Defekt aufweisen.



Duale Diagnose

Mechanische Prüfungen und Steuergerätediagnose intelligent miteinander verknüpfen:

Geht einem modernen Turbomotor die Puste aus, muss nicht zwangsläufig der Lader defekt sein. Allerdings lassen sich bei den zunehmend elektronisch geregelten Ladedrucksystemen viele Fehler und Defekte nur noch zusammen mit einem Diagnosetester zielsicher aufspüren. Denn eingebunden in einen mehr oder weniger komplexen Regelkreis mit diversen elektronischen Sensoren und Stellgliedern verlangt die Fehlersuche an einem modernen, elektronisch geregelten Ladedrucksystem mittlerweile mehr als den Einsatz eines einfachen Manometers oder einer Handunterdruckpumpe, um den aktuellen Ladedruck auf einer Probefahrt unter Last oder die Funktion der Turboladerverstellung festzustellen.

Mit dem Einzug der Elektronik ist die Fehlersuche am Ladedrucksystem und am Turbolader selbst nicht einfacher geworden. Vielmehr teilt sich die Diagnose und Fehlersuche bei typischen Kundenbeanstandungen wie „mangelhafte Motorleistung“, „zu geringe Endgeschwindigkeit“, „mangelndes Durchzugsvermögen“, „hoher Kraftstoffverbrauch“ oder „starkes Rauchen beim Beschleunigen“ in eine mechanische und eine elektronische Fehlersuche auf: Spätestens wenn die mechanische Prüfung kein eindeutiges Ergebnis – oder gar ein „OK“ des Turboladers ergibt –, schlägt die Stunde der Steuergerätediagnose.

Ein systematisches und überlegtes Vorgehen ist dabei besonders wichtig. Als erstes sollte man den Fehlerspeicher des Motormanagements auslesen, um sich einen Überblick zu verschaffen. Wie gesagt: Nicht immer ist die Aufladung schuld, wenn die Motorleistung fehlt. Allerdings enthält der

Fehlerspeicher nicht immer eindeutige Hinweise auf die tatsächliche Defekursache. Fehlerspeichereinträge wie „Ladedruck zu gering“ oder „Ladedruck – Regelgrenze unterschritten“ müssen daher nicht zwangsläufig auf einen „ausgelutschten“ Turbolader hinweisen. Auch ein schadhafter Luftmassenmesser, ein vom Marder verbissener Unterdruckschlauch im Ladedruckregelkreis oder ein fehlerhafter Ladedrucksensor können derartige Fehlercodes ebenfalls verursachen.

In der Praxis hat sich deshalb die „Duale Diagnose“, also die Kombination aus mechanischen und elektronischen Prüfungen und Tests, bewährt. Dabei sollte man sich allerdings immer an die gültigen Herstellervorgaben halten und zudem auch die aktuellen BTS-Serviceinformationen berücksichtigen, die wichtige Tipps für die Fehlersuche bieten. Zudem sollte man sich immer vom Einfachen (und Billigeren) zum Schwierigen (und manchmal auch Unwahrscheinlicheren) vortasten. Folgender Prüfungsablauf hat sich bewährt:

Mechanische Prüfungen

- Probefahrt („Ist die Kundenbeanstandung nachvollziehbar?“);
- Sichtprüfung: Ladedruckschläuche (Risse, Dichtigkeit, Schellen), Unterdruckverschlauchung der Ladedruckregelung (Marderverbiss!), elektrische Verkabelung der Ladedruckregelung (Sensoren, Stellglieder, Verstellung der variablen Turbinengeometrie);
- Abhören von Nebengeräuschen (Pfeifen, Zischen, Rauschen → Undichtigkeiten Ladeluft- oder Unterdrucksystem);
- Ladedruck mit dem Manometer/Diagnosegerät (Herstellervorgaben beachten!) auf Probefahrt prüfen;
- Weitere mechanische Prüfungen wie in Band 1 „Turboladerschäden“ beschrieben.

Wichtig: Zuerst alle mechanischen Schäden reparieren, dann weiter diagnostizieren.



Elektronische Diagnose

- Fehlerspeicher auslesen und protokollieren;
- Fehlercodes interpretieren (direkte/indirekte Hinweise auf vorhandene Fehler);
- Bei „unplausiblen“ beziehungsweise „unmöglichen“ Fehlern: Fehlerspeicher löschen, auf Probefahrt gehen. Anschließend Fehlerspeicher erneut auslesen und auf Relevanz prüfen;
- Relevante Steuergeräte-Ist-Werte auslesen (Herstellerangaben beachten), falls möglich, Soll-Ist-Vergleich vornehmen;
- Stellglieddiagnose/Funktionstests mit dem Diagnosetester vornehmen;
- Weiterführende Prüfungen mit Multimeter (Spannung, Stromaufnahme, Widerstand) und Oszilloskop (Spannungssignale, Ansteuerung, Signal-Reinheit, etc.).



Der kleine Unterschied

Seit dem flächendeckenden Einsatz von Turboladern bei Dieselmotoren Mitte der achtziger Jahre hat es in der Turboladerentwicklung mit der Einführung der variablen Turbinengeometrie (VTG, VNT, VGS) nochmals einen kräftigen Leistungsschub gegeben. Die VTG ermöglicht es, den Strömungsquerschnitt der Turbine in Abhängigkeit des Motorbetriebspunktes zu verstellen. Dadurch lässt sich über einen weiten Drehzahlbereich die gesamte Abgasenergie nutzen, zudem ermöglicht die VTG einen für jeden Betriebspunkt optimalen Strömungsquerschnitt der Turbine. Gegenüber einem Turbolader mit herkömmlicher Ladedruckregelung lässt sich der Wirkungsgrad des Turboladers – und damit des Motors – erheblich verbessern. Wie ein Turbolader mit variabler Turbinengeometrie genau funktioniert, ist im BTS Technik-Ratgeber Band 2 „Turboladerbauarten, Funktion“ auf Seite 10 detailliert beschrieben.

Darüber hinaus kommen bei der neuesten Generation VTG-Lader immer öfter auch elektrische Ladedrucksteller zum Einsatz. Die Vorteile im Vergleich zu einem pneumatischen Magnetventil sind:

- Kürzere Verstellzeit und damit ein schnellerer Aufbau des Ladedrucks;
- Informationen werden vom elektrischen Steller an das Motorsteuergerät zurückgegeben.

Typische Beanstandungen, die auf einen Fehler an, beziehungsweise im Umfeld der VTG hinweisen, sind:

- Leistungsmangel;
- Zögernde Gasannahme („Turboloch“);
- Schlechte, beziehungsweise verzögerte Beschleunigung;
- Kurzzeitig extreme Leistung, dann Notlauf und Leistungseinbruch;
- Ruckeln während der Fahrt und beim Beschleunigen;

Variable Turbinengeometrie

- Schwarzrauch;
- Motorkontrollleuchte (MI-Lampe) leuchtet;
- Motormanagement geht in den Notlauf (deutlich reduzierte Leistung, Motor dreht nur bis zu einer bestimmten Drehzahl);
- Fehlerspeichereinträge „Ladedruck zu gering“, „Ladedruck Regelgrenze unterschritten“.

Häufig werden solche Beanstandungen einem defekten Turbolader zugeschrieben. Doch - wie eingangs schon erwähnt - haben mit der Elektronifizierung des Aufladesystems die Fehlerursachen zugenommen, und man muss neben mechanischen Fehlern immer auch elektrische und elektronische Fehler in Betracht ziehen. Zudem darf man das Turbolader-Umfeld nicht vergessen.

Mögliche Fehlerursachen:

- Defekte elektropneumatische Ventile (Steuerdose, Druckwandler, Versteller der VTG);
- Ein defekter elektrischer Ansteller der VTG;
- Leckagen im Unterdrucksystem (Schläuche, Leitungen, Ventile);
- Eine schadhafte Unterdruckpumpe (defekt/bringt zu wenig Leistung) bei Diesel-Motoren;
- Ein schwergängiger, beziehungsweise hakender VTG-Verstellmechanismus (z. B. wegen Verkokung/Ölkohle, siehe dazu auch Seite 11).

Diagnose:

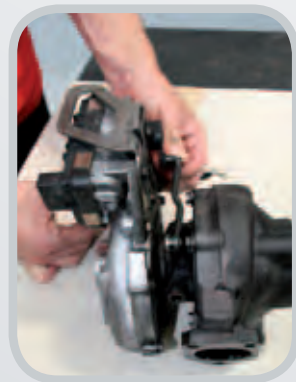
- Fehlerspeicher auslesen;
- Ansteuerung und Tastverhältnis der Steuerdose prüfen (Istwert-Auslese mit Diagnosetester, PWM-Signal mit Oszilloskop (siehe Seite 7), Spannung/Masse mit Multimeter);
- VTG-Verstellmechanismus auf Freigängigkeit prüfen: Beim Verschieben der Betätigungsstange von Hand/mit Hilfe der Unterdruckpumpe darf diese nicht haken/sich schwergängig bewegen oder blockiert sein;
- Unterdruckanlage mit Handunterdruckpumpe prüfen.



Bei einem Turbolader mit variabler Turbinengeometrie (VTG) ermöglichen die verstellbaren Leitschaufeln des Turbinenrades eine optimale Ladedruckregelung.



Bei der neuesten Generation VTG-Lader kommen immer öfter auch elektronische Ladedrucksteller zum Einsatz, um die Leitschaufeln zu verstellen.



Der Verstellmechanismus der VTG muss sich leicht und ohne zu haken bewegen lassen. Bei unterdruckbetätigten VTG-Ladern lässt sich die Funktion mit der Handunterdruckpumpe prüfen.

Die Ladedruckregelung

Ständig unter Druck

Das Aufladesystem moderner Turbomotoren ist recht komplex und besteht längst nicht nur aus dem Turbolader selbst, sondern darüber hinaus auch noch aus zahlreichen Sensoren und Aktuatoren. Während die **Sensoren**, beispielsweise für den Ladedruck, die angesaugte Luftmasse, die Ansaugluft- oder die Kraftstofftemperatur, das Steuergerät des Motormanagements mit Informationen versorgen, führen **Aktuatoren** wie der elektropneumatische Druckwandler, die Steuerdose für die Ladedruckregelung, der Ansteller der VTG oder auch das AGR-Ventil die vom Steuergerät in Sekundenbruchteilen exakt errechneten Aktionen aus. **Ziel ist es, eine optimale Leistung und ein bestmögliches Ansprechverhalten des Motors zu erzielen und dabei den Kraftstoffverbrauch und die Emissionen so gering wie möglich zu halten.**

Mit einer rein mechanischen Regelung des Ladedrucks (LD) wäre dies schon seit langem nicht mehr zu bewerkstelligen. Moderne Turbomotoren – sowohl Otto- als auch Dieselmotoren – verfügen daher über eine elektronische LD-Regelung. Gegenüber einer rein pneumatischen Regelung, die lediglich den Vollast-Ladedruck begrenzt, lässt sich der Ladedruck über eine flexible, elektronische Regelung auch im Teillastbereich optimal einstellen. Das Motormanagement berücksichtigt dabei Eingangsgrößen wie etwa Ladelufttemperatur, Einspritzparameter, Zündwinkel oder die Kraftstoffqualität.

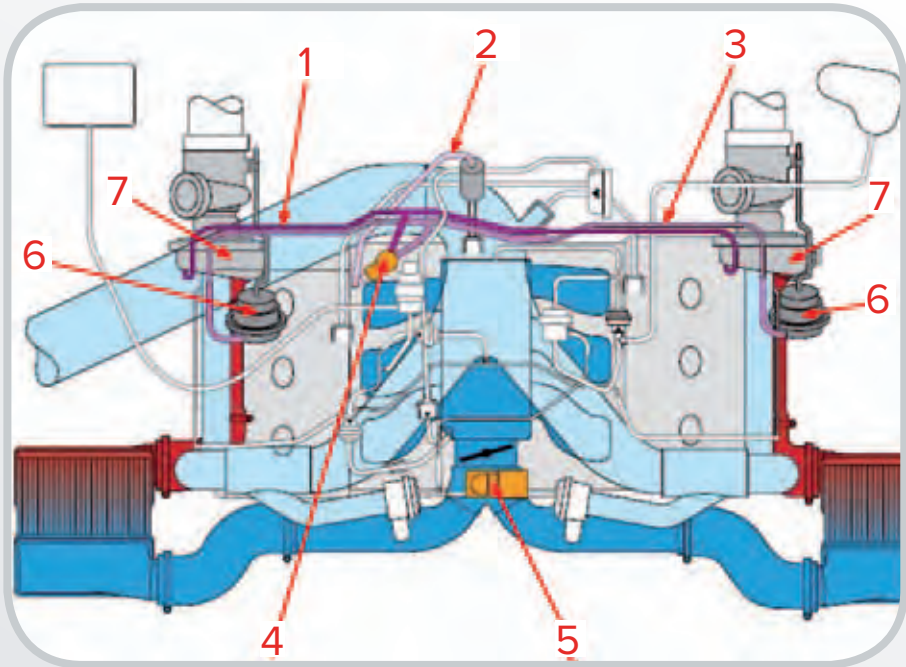
Bei Turboladern mit Ladedruckregelklappe leitet ein Wastegate einen Teil der Abgase zur Druckregelung an der Turbine vorbei. Als Regelorgan kommt ein klappen-gesteuertes Wastegate zum Einsatz,

das entweder von einer unter-, beziehungsweise überdruckgesteuerten Steuerdose oder von einem Aktuator (elektrisch gesteuerter LD-Regler) betätigt wird. Die Ansteuerung des Wastegate erfolgt kennfeldgesteuert über ein elektrisches Umschaltventil, welches vom Motorsteuergerät in einem bestimmten Tastverhältnis (= Ansteuerung zu unterschiedlichen Zeitanteilen, siehe dazu auch Infokasten „Pulsweiten-Modulation“ auf Seite 7) angetaktet wird. Je nach Tastverhältnis wird die Membran des LD-Regelventils mit Steuerdruck beaufschlagt, wodurch sich dessen Öffnungsquerschnitt verändert. Der Steuerdruck für die Ladedruckregeldose ist ein „Mischdruck“, der sich aus dem aktuellen Ladedruck und dem Druck am Eintritt des Turboladers (= ca. Umgebungsdruck) bildet.

Bei neueren Turbolader-Generationen übernehmen zunehmend elektrisch gesteuerte Aktuatoren die Ladedruckregelung. Die Vorteile im Vergleich zu einem pneumatischen Magnetventil sind:

- Kürzere Verstellzeit und damit ein schnellerer Aufbau des Ladedrucks;
- Höhere Betätigungskräfte möglich, wodurch das Wastegate auch bei hohen Abgasmasseströmen sicher geschlossen bleibt, um den Soll-Ladedruck zu erreichen;
- Das Wastegate lässt sich unabhängig vom Ladedruck betätigen und kann deshalb im unteren Last-/Drehzahlbereich geöffnet werden. Dadurch sinken der Grundladedruck und die Ladungswechselarbeit des Motors, was wiederum den Wirkungsgrad steigert;
- Fällt ein elektronischer Ladedrucksteller aus, drückt der Abgasstrom das Wastegate-Ventil auf, wodurch der Ladedruck drastisch sinkt (→ Fehlercode!).

Die Ladedruckregelung



Der Ladedruckkreis: Im Bild das Beispiel eines V6-Diesel-Direkteinspritzers mit zwei Turboladern. (1) Ladedruck, (2) Atmosphärendruck (= Umgebungsluftdruck), (3) Steuerdruck, (4) Magnetventil für Ladedruckbegrenzung, (5) Ladedrucksensor, (6) Steuerdosen für Ladedruckregelung, (7) Turbolader.

Die Ladedruckregelung – Schalten und Walten

Elektro-Umschaltventil:

Als Ladedruckregelventil kommt häufig ein als 3/2-Wegeventil ausgelegtes Elektro-Umschaltventil (EUV) zum Einsatz. Seine Funktion ist mit einem Schalter im elektrischen Stromkreis vergleichbar, allerdings schaltet das EUV nicht Strom, sondern Druck oder Unterdruck. EUV sind überall dort am Motor zu finden, wo Luftdrücke (Unter- oder Überdruck) zu steuern oder zu regeln sind, um Motorkomponenten (Stellglieder/Aktuatoren) pneumatisch zu betätigen, etwa das Wastegate des Turboladers oder das Schaltventil der Abgasrückführung (AGR).

Elektrischer Druckwandler:

Elektrische Druckwandler (EDW) sind eine Weiterentwicklung der Elektro-Umschaltventile (EUV) und stellen die Vorstufe zum elektropneumatischen Druckwandler (EPW, siehe unten) dar. Sie bestehen im Prinzip aus einem EUV mit angebautelem Druckbegrenzer, welcher einen annähernd konstanten Unterdruck erzeugt. Das in den Druckwandler integrierte EUV wird vom Motorsteuergerät mit einem Tastverhältnis von 20 % bis 85 % angetaktet und kann dadurch einen pneumatischen Steller, etwa für die Schaufelverstellung der VTG oder ein AGR-Ventil, exakt ansteuern und betätigen.

Die Ladedruckregelung

Elektropneumatischer Druckwandler:

Elektropneumatische Druckwandler generieren – vergleichbar einem „Dimmer“ – aus Unterdruck und dem Umgebungsdruck (Atmosphärendruck) einen Mischdruck (Steuerdruck), mit dessen Hilfe sich pneumatische Steller (Unterdruckdosen) stufenlos verstellen lassen. Typische Einsatzgebiete elektropneumatischer Druckwandler (EPW) sind die Verstellung der Leitschaukeln bei Turboladern mit variabler Turbinengeometrie (VTG) sowie die Ansteuerung von Ventilen der Abgasrückführung (AGR). EPW werden durch ein pulsweitenmoduliertes Signal (siehe Infokasten „Pulsweitenmodulation“ auf S. 7) vom Motorsteuergerät angesteuert.



Ventile im Ladedruckkreis:

- (1) Elektro-Umschaltventil (EUV),
- (2) elektropneumatischer Druckwandler (EPW),
- (3) Elektro-Umschaltventil (EUV),
- (4) elektrischer Anschluss.

Ein EPW funktioniert ähnlich wie ein Dimmer im Stromkreis: der Steuerdruck für den unterdruckgesteuerten Aktuator lässt sich stufenlos einstellen.

Diagnose:

Die elektronisch angesteuerten Ventile im Ladedruckkreis werden von der Eigendiagnose/On-Board-Diagnose (OBD) überwacht und etwaige Fehler im Fehlerspeicher des Motorsteuergeräts abgelegt. Allerdings überwacht die OBD nicht die Funktion des Ventils, sondern nur dessen elektrische Seite (Durchgang, Kurz- oder Masseschluss). Fehlercodes lassen sich mit dem OBD-Scan-tool oder dem Steuergeräte-Diagnosetester auslesen. Typische Defekte sind:

- Elektrische Fehler (z. B. Wicklung defekt);
- Fehler in der elektrischen Ansteuerung (Kabelbruch, Masse- oder Plus-Versorgung fehlt);
- Schadhafte Unterdruckleitungen;
- Schadhafte/defekte Vakuumpumpe.

Bei einer Fehlersuche sind allerdings die Systemkenntnisse des Werkstattfachmanns gefragt, der sich nicht blind auf den Fehlerspeicher verlässt und nur das darin als fehlerhaft abgelegte (und möglicherweise falsche) Bauteil erneuert, sondern die Fehlercodes hinterfragt und nach deren Ursachen sucht. Dazu gehört beispielsweise, die Dichtheit eines elektropneumatischen Ventils mit der Handunterdruckpumpe zu prüfen. Weiterführende elektrische Prüfungen (Ansteuerung, Masseverbindung, Widerstand der Spule, etc.) sind mit einem handelsüblichen Multi-Meter möglich.

Hilfreich ist zudem ein Oszilloskop, um elektrische Signale sichtbar zu machen und um das Tastverhältnis (siehe Infokasten auf S. 7) zu prüfen. Mit Hilfe des Diagnosetesters lassen sich außerdem über den Stellgliedtest elektrische Ventile aktivieren, wobei ein deutliches Schaltgeräusch zu hören sein sollte. Darüber hinaus lässt sich das Tastverhältnis mit der Istwert-Auslese numerisch darstellen.

Ladedruckprobleme



Elektropneumatischer Druckwandler (EPW): Anschlüsse: Vakuum (weiß, oben), Steuerdruck (blau, Mitte), Umgebungsluft (grün, unten), elektrischer Anschluss (ganz unten).

Ladedruckprobleme

Die Regelung des Ladedrucks erfolgt bei modernen Turbomotoren elektronisch über das Motormanagement. Zu den Haupteingangssignalen des Motorsteuergeräts gehören unter anderem Ladedruck, Drosselklappenstellung und Klopfneigung. Übliche Korrekturgrößen sind Ansauglufttemperatur, Motortemperatur, Drehzahl und Umgebungsdruck. Aus diesen Werten berechnet das Motorsteuergerät ein so genanntes PWM-(pulsweiten-moduliertes) Spannungssignal (siehe Infokasten) und steuert damit ein elektropneumatisches Taktventil an, welches wiederum das Ladedruckregelventil per Unterdruck öffnet, beziehungsweise schließt. Die Vorteile der elektronischen Ladedruckregelung:

- Spontanes Ansprechen (kein „Turbo-Loch“ mehr);
- Konstante Leistungsabgabe, da Ladedruck unabhängig vom Umgebungsdruck;
- Ladedruck lässt sich kennfeldgesteuert bis zur Klopfgrenze steigern.

Ladedruck prüfen:

Mit der elektronischen Ladedruckregelung ist die Fehlersuche gleichermaßen einfacher und aufwändiger geworden. Einfacher, weil moderne Ladedruckregelsysteme eigendiagnosefähig sind und sich viele Tests mit dem Diagnosegerät und der Messtechnik erledigen lassen: Der Ladedruck etwa lässt sich über die „Istwert- oder Parameter-Auslese“ minutenschnell sowohl numerisch als auch grafisch darstellen. Und aufwändiger, weil es mehr Einflussgrößen und mögliche Fehlerursachen gibt. In jedem Fall ist ein strukturiertes, überlegtes Vorgehen bei Fehlercodes wie „Ladedruck zu hoch“ oder „Ladedruck zu gering“ wichtig, denn die Ursachen dafür können aufgrund der zahlreichen „elektronischen Helferlein“ vielfältig sein.

Eine weitere wichtige Prüfung ist die Ansteuerung der elektrischen Schaltventile. Das so genannte Tastverhältnis lässt sich numerisch über die „Istwert- oder Parameter-Auslese“ ermitteln oder das PWM-Signal als Signalkurve mit dem Oszilloskop grafisch darstellen.



Elektronische Ladedruckregelsysteme sind eigendiagnosefähig. Fehler werden im Fehlerspeicher abgelegt.

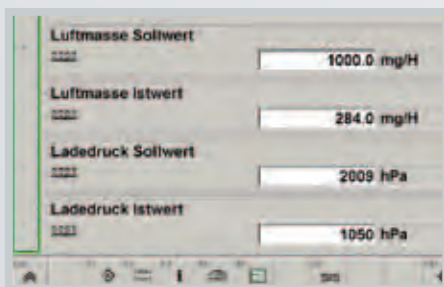
Ladedruckprobleme

Ladedrucksensor prüfen:

Der Ladedrucksensor misst den Absolutdruck vor der Drosselklappe, aus dem das Motorsteuergerät einen Korrekturwert für den Ladedruck berechnet. Liefert der Sensor falsche oder unplausible Werte, hat dies unmittelbaren Einfluss auf die Höhe des Ladedrucks. Typische Ausfallursachen sind interne Kurzschlüsse, ein beschädigtes Messelement sowie eine fehlende Spannungs-/Masseversorgung.

Diagnose:

- Fehlerspeicher auslesen;
- Istwerte auslesen (Plausibilität!);
- Signalbild mit dem Oszilloskop prüfen.

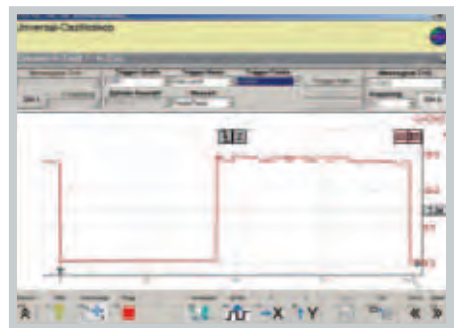


Der Ladedruck lässt sich mit dem Diagnosetester auslesen. Im Beispiel baut der Lader keinen Druck auf (Ladedruck-Istwert = Umgebungsluftdruck), die angesaugte Luftmasse ist viel zu gering.

Pulsweitenmodulation

Elektropneumatische Ventile werden vom Motorsteuergerät masseseitig mit konstanter Frequenz angetaktet. Man spricht von einem Rechteck-Signal (= PWM-Signal) mit variabler Schaltdauer. Die Einschaltdauer wird als „Tastverhältnis“ bezeichnet und lässt sich mit dem Testgerät in Prozent (%) auslesen. Alternativ kann man das PWM-Signal mit dem Oszilloskop messen und das Signalbild beurteilen. Es gilt folgende Faustregel:

- Ladedruck niedrig
 - Tastverhältnis groß
 - Taktventil offen
 - Ladedruckregelventil geschlossen
 - Turbine enthält vollen Abgasstrom.
- Ladedruck hoch
 - Tastverhältnis klein
 - Taktventil geschlossen
 - Ladedruckregelventil geöffnet
 - Turbine erhält gedrosselten Abgasstrom



Über das Tastverhältnis lässt sich die Ansteuerung der elektropneumatischen Schaltventile und der VTG-Verstellung prüfen. Neben der Signaldarstellung mit dem Oszilloskop ist die Istwert-Auslese möglich.

Ladedruckprobleme

Saugrohrdrucksensor

Der Saugrohrdrucksensor misst den Absolutdruck (Unterdruck) im Saugrohr nach der Drosselklappe und kann direkt im Ansaugrohr sitzen oder mittels Schlauchleitung mit dem Saugrohr verbunden sein. Zusammen mit weiteren Messwerten, etwa des Ansaugluft-Temperaturfühlers, des Luftmassenmessers oder eines Drehzahlgebers, kann das Motorsteuergerät daraus die angesaugte Luftmasse berechnen. Der Absolutdruck dient als Grundlage für die Gemischaufbereitung und die Zündungssteuerung. Ein schadhafter Saugrohrdrucksensor kann sich mit starkem Leistungsverlust, schlechter Beschleunigung oder Beschleunigungsaussetzern bemerkbar machen.

Typische Ausfallursachen: interner Kurzschluss, beschädigtes Messelement, fehlende Spannungs-/Masseversorgung, Kurzschluss sowie gerissene oder beschädigte Unterdruckschläuche.

Diagnose:

- Fehlerspeicherauslese;
- Istwert-Auslese;
- Signalbild mit dem Oszilloskop prüfen;
- Unterdruckschläuche prüfen.



Vakuumpumpe/Unterdruckanlage prüfen:

Unterdruck wird im Automobil als Hilfsenergie eingesetzt, bei Turbomotoren beispielsweise, um den Ladedruck oder die Abgasrückführung zu steuern. Ladedruckprobleme haben deshalb häufig eine einfache Ursache, die ebenso häufig „übersehen“ wird: Lecks und Undichtigkeiten im Unterdrucksystem. Neben defekten Schläuchen, undichten Schalt- und Steuerventilen kommen immer wieder auch undichte Unterdruckspeicher und schadhafte Vakuumpumpen vor. Ist die Vakuumpumpe verschlissen oder defekt, produziert sie nicht mehr genügend Unterdruck, um pneumatisch betätigte Aktuatoren (z. B. Versteller für VTG, Ladedruckregeldose, Waste-Gate-Ventil, etc.) vollständig zu öffnen, was zu einem unzureichenden Ladedruckaufbau, beziehungsweise Leistungsmangel führt.

Luftfilter prüfen:

Bei Ladedruckproblemen sollte man immer auch an den Luftfilter denken: Ein zugesetzter oder verstopfter Luftfilter beeinträchtigt einerseits die angesaugte Luftmenge (Fehlmesung Luftmassenmesser > Ladedruck zu gering!) und kann andererseits aufgrund des „Staubsauger-Effekts“ die Turbinendrehzahl unzulässig erhöhen und im Extremfall zum Überdrehen führen. Aus diesem Grund sollte ein Luftfiltercheck zu jedem Turbo-Test dazugehören.

*Undichtigkeiten im Unterdrucksystem führen zu Ladedruckproblemen.
Die Dichtigkeit lässt sich mit der Handunterdruckpumpe prüfen.*

Nebenschauplätze

Nicht immer ist der Turbolader selbst schuld, wenn einem aufgeladenen Motor die Puste ausgeht. Aufgrund der Elektrifizierung des Ladedrucksystems muss der Werkstattfachmann bei Turbolader-Problemen zunehmend „systemübergreifend“ denken und auch weitere Fahrzeugsysteme und deren Komponenten bei der Fehlersuche und Diagnose berücksichtigen. Nachfolgend sind einige der häufigsten „Nebenschauplätze“, die dem ersten Anschein nach auf ein Turbolader-Problem hinweisen, aufgeführt.

Luftmassenmesser

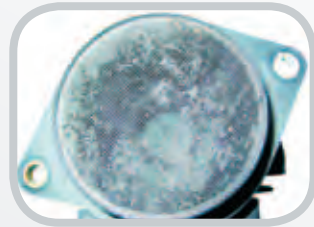
Häufig ist bei modernen Turbomotoren ein defekter Luftmassenmesser die Ursache für Leistungsverlust und Ruckeln, denn die angesaugte Luftmasse gehört zu den Basisparametern, aus denen das Motorsteuergerät die Höhe des Ladedrucks beziehungsweise das Taktverhältnis für die elektropneumatischen Ventile berechnet. Eine geringe gemessene Luftmasse bedeutet einen geringen Ladedruck – und damit eine geringe Motorleistung. Allerdings leuchtet bei diesem Fehler nicht in jedem Fall die Motorkontrollleuchte (MI-Lampe) auf, vielfach ist sogar auch der Fehlerspeicher leer.

Mögliche Ursachen können Kabelbrüche, Kontaktfehler an den elektrischen Anschlüssen, eine beschädigte Messzelle, eine Drift der Messzelle (= Verlassen des Messrahmens) sowie mechanische Beschädigungen sein.

Diagnose:

- Fehlerspeicher auslesen;
- Sichtprüfung: Stecker, Verkabelung, Gehäuse und Sensorelemente auf Beschädigung;

- Istwert-Auslese der angesaugten Luftmasse mit dem Diagnosetester. Achtung: Die Messung erfolgt üblicherweise unter Last, da die Werte im Leerlauf oder bei der freien Beschleunigung nicht aussagekräftig sind (Herstellerangaben beachten!);
- Versorgungsspannungen und Ausgangssignale mit Multimeter (Spannung, Widerstand) oder Oszilloskop (Signalbild) prüfen.



Ein derart verschmutzter Luftmassenmesser liefert zu geringe Messwerte für den Luftdurchsatz ans Motorsteuergerät. Die Folgen sind Leistungsverlust und ein zu geringer Ladedruck, weil zu wenig Kraftstoff eingespritzt wird.

Abgasrückführung AGR

Viele AGR-Systeme verkoken mit zunehmender Laufleistung und unter ungünstigen Betriebsbedingungen. Die Ablagerungen können nicht nur die Funktion des AGR-Ventils beeinträchtigen und dieses am Schließen oder Öffnen hindern, sondern vor allem auch den Ansaugkrümmer zusetzen. Dies verringert den Luftdurchsatz und beeinträchtigt die Zylinderfüllung, was zum Leistungsverlust führt. Dieser wird dann oftmals (und irrtümlich) dem Turbolader zugeschrieben.

Diagnose:

- Fehlerspeicher auslesen;
- Ansteuerung prüfen (Spannungsvorsorgung, Tastverhältnis);
- Stellgliedtest durchführen;
- Unterdruckanlage auf Dichtheit prüfen;
- AGR-Ventil abbauen und auf Ablagerungen prüfen.

Nebenschauplätze

Schubumluftventil

Bemängelt der Kunde ein ausgeprägtes „Turbo-Loch“, kann das Schubumluftventil (auch: By-Pass- oder Pop-off-Ventil, Schnarrventil) die Ursache sein. Dieses verhindert beim plötzlichen Schließen der Drosselklappe ein unnötiges Abbremsen des Turboladers und bewirkt bei einem Lastwechsel ein schnelleres Ansprechen des Turboladers. Bei geschlossener Drosselklappe entsteht im Schiebebetrieb ein Staudruck durch die in Bewegung befindliche Luftsäule, welcher das Verdichterrad abbremst und zu hohen Belastungen der Drosselklappe und der Turbinenseite führt.

Damit das Verdichterrad weiterlaufen kann, wird ein Umluftventil eingesetzt. Dabei handelt es sich entweder um ein saugrohrgesteuertes Umluftventil (Abblasventil) oder – bei neueren Motoren – um ein elektrisches Schubumluftventil, das ein Umpumpen der Luft von der Verdichterseite zur Ansaugseite ermöglicht.

Diagnose:

- Fehlerspeicher auslesen;
- Ansteuerung prüfen (Spannungsversorgung; Tastverhältnis);
- Membrane des Schubumluftventils prüfen (Membrane kann brechen und somit nicht mehr schließen).



Starke Ablagerungen am AGR-Ventil und im Ansaugkrümmer führen zum Leistungsverlust und können einen defekten Turbolader „vorgaukeln“.

Ladeluftanlage:

Werden ein schlechtes Ansprechverhalten, mangelnde Leistung und unrunder Motorlauf beanstandet, können marode oder gelöste Ladeluftschläuche die Ursache dafür sein. Öldämpfe, Witterungseinflüsse und Alterung setzen den Schläuchen zu und machen sie porös, wodurch es zu Ladedruckverlusten kommt. Zudem kann mit der Zeit die Vorspannung der Schlauchschellen abnehmen, so dass diese lose werden und bei hohem Ladedruck einen Teil davon entweichen lassen. Ladeluftschläuche sind üblicherweise trocken zu montieren, um ein Abrutschen zu vermeiden, außerdem ist die vorgeschriebene Schellenart zu verwenden.

Häufig enthält der Fehlerspeicher bei einem undichten Ladeluftsystem Einträge wie „Ladedruck Regeldifferenz“ oder „Ladedruck zu gering“. Zum Prüfen der Dichtheit der Ladeluftanlage sind die Ladedruckschläuche auszubauen und auf poröse Stellen oder Rissbildung zu untersuchen. Alternativ lässt sich die Dichtheit der Anlage mit Hilfe einer Druckluftpistole, einem Druckmanometer und geeigneten Verschlussstopfen bei kaltem Motor prüfen. Wichtig: Bei diesem Test muss man unbedingt die Motor-, beziehungsweise Kurbelgehäuseentlüftung vom Ladedrucksystem entkoppeln, um Schäden an Simmeringen und Dichtungen zu vermeiden!

Beim Austausch eines mechanisch zerstörten Turboladers oder wenn der Verdacht besteht, dass feste Partikel ins Ladedrucksystem eingedrungen sind, ist unbedingt der Ladeluftkühler zu ersetzen, um teure Folgeschäden, sprich einen neuerlichen Ausfall des Turboladers, zu vermeiden. Ein Ausblasen oder Reinigen des Ladeluftkühlers ist nicht möglich.

Nebenschauplätze

Lambdasonde

Bei Otto-Motoren sollte man bei einem Leistungsmangel, beziehungsweise einem zu geringen Ladedruck, auch die Lambdasonde prüfen, da diese dem Motorsteuergerät wichtige Basisinformationen für die Gemisch-Zusammensetzung sowie zur Steuerung des Ladedrucks liefert. Agiert die Sonde zu träge oder liefert sie fehlerhafte Signale, kann das zur Gemischabmagerung und damit zu Leistungsverlusten, Aussetzern und einem zu geringen Wirkungsgrad des Turboladers führen.

Diagnose:

- Fehlerspeicher auslesen (typischer Fehlercode „Lambdawert – Regelgrenze über-/unterschritten“ o. ä.);
- Istwert-Auslese Regelbereich;
- Signalbild mit Oszilloskop prüfen.



Eine schadhafte Lambdasonde liefert dem Motorsteuergerät unplausible Werte, was zur Gemischabmagerung und einer reduzierten Motorleistung führen kann.

Undichtigkeiten im Ladeluftsystem verhindern, dass sich der Ladedruck korrekt aufbaut. Beim Prüfen mit Druckluft muss man unbedingt die Kurbelgehäuse abkoppeln, um Schäden an Simmerringen und Dichtungen zu vermeiden.



„Unprofessionelles Tuning“/Manipulation

Weist die Istwert-Auslese einen zu geringen oder einen zu hohen Ladedruck aus, kann eine verstellte Verbindungsstange zwischen der Membrandose der Steuerdose und der Regelstange des Turboladers die Ursache sein. Bei einem zu geringen Ladedruck ist vielfach eine gelöste Kontermutter schuld. Ist der gemessene Ladedruck indes zu hoch, lässt dies eher auf „unsachgemäßes Tuning“, sprich eine bewusste Manipulation, schließen. Sofern der Fahrzeughersteller keine Grundeinstellung der Regelstange vorgesehen hat, ist in einem solchen Fall der Turbolader zu erneuern.

Chip-Tuning und Drehzahlerhöhung

Ein „unsachgemäßes Tuning“, sprich Manipulation, sollte der Diagnostizierende immer auch dann in Erwägung ziehen, wenn der ermittelte Ladedruck deutlich und über den gesamten Drehzahlbereich hinweg über dem herstellereitigen Sollwert liegt. Häufig werden bei solchen „Tuning-Maßnahmen“ durch ein Umprogrammieren von Kennfeldern im Steuergerät oder durch den Einsatz von „Zwischen-Steuergeräten“ Parameter wie die Kraftstofftemperatur oder der Rail-Druck manipuliert, worauf hin das Motorsteuergerät den Ladedruck erhöht. Typische Schäden eines dauerhaft deutlich zu hohen Ladedrucks sind Ausbrüche am Verdichterrad. Achtung: Im Extremfall können solche unsachgemäßen Manipulationen sogar zum Bersten der Turbine führen.

Impressum:

Inhalt und Text:

BTS GmbH
Paradeisstr. 56 · 82362 Weilheim
www.bts-turbo.de

Klaus Kuss
Redaktionsbüro „der techniKKuss“,
Maurerweg 30
87616 Marktoberdorf-Rieder

Konzept und Gestaltung:

r. wie marketing GmbH
Töpfergrubenweg 2 · 95030 Hof
www.r-wiemarketing.de

Bildnachweis:

BTS GmbH; Liqui Moly;
BorgWarner Turbo & Emissions Systems;
Bosch; Garrett by Honeywell; Kuss.

BTS-Experten-Tipp:

Keine Chancen für Chemie, wenn die variable Turbinengeometrie (VTG, VNT, VGS) klemmt.

Bei Turboladern mit variabler Turbinengeometrie (VTG, VNT, VGS) kann es mit zunehmender Lauflistung zu einem schwergängigen Verstellmechanismus der Turbinenschaufeln kommen. Hauptursachen hierfür sind Rußablagerungen (z. B. über die Abgasrückführung) und eingetragene Motoröldämpfe (z. B. über die Kurbelgehäuseentlüftung). Je nach Verschmutzungsgrad kann dies zu Leistungsmangel - und im Extremfall - zum Total-Ausfall des Turboladers führen.

Die angebotenen Produkte – teils zum Beimschen in den Kraftstoff, teils als Sprühschaum oder als so genannte „professionelle Reinigungssysteme“ – erzielen nicht immer die gewünschte Wirkung.

Man muss sich vor dem Einsatz im Klaren sein um welche Art der Schwergängigkeit es sich handelt. Sind Verrußungen die Ursache, kann man durch den Einsatz von Chemie eine zufriedenstellendes Ergebnis erzielen. Prüfen kann man das zum Beispiel durch Demontage des AGR-Ventils. Ist dieses verrußt (siehe Abb. Seite 12) kann ein Versuch mit Chemie lohnen. Voraussetzung ist aber, dass die zugänglichen Leitungssysteme rund um die Motorentlüftung und um das AGR-Ventil vorab gründlich mechanisch oder im Ultraschallbad gereinigt werden. Danach können Reinigungssprays oder Kraftstoffsystemreiniger zum Einsatz kommen. Letztere haben noch den positiven Nebeneffekt, dass die Einspritzelemente und auch der Partikelfilter (Dieselmotor) mit gereinigt werden. Um die gewünschte Wirkung zu erzielen, ist der Kraftstoffsystemreiniger hoch konzentriert einzusetzen und das Fahrzeug möglichst bei einer Motordrehzahl von 3.000 U/min (Betriebstemperatur beachten!) 10 Minuten über die Autobahn zu bewegen. Bei anschließenden Lastwechseln kann die Motorelektronik in den Notlauf gehen. Dieser

erlischt nach einem Neustart. Ist das der Fall, sollte man den Partikelfilter demontieren und die davor sitzenden Rußpartikel entfernen. In den meisten Fällen verursacht zu hoher Abgasgedruck als Folge der gelösten Rußpartikel den Notlauf.

Für alle anderen Fälle der Schwergängigkeit konnten keine positiven Ergebnisse mit chemischen Produkten nachgewiesen werden. Eine häufiger auftretende Ursache bei Dieselmotoren, die im Kurzstreckenbetrieb genutzt werden, sind Anrostungen im Bereich der VTG-Leitschaufeln. Diese entstehen durch das bei der Verbrennung freigesetzte Wasser. Durch die fehlende Erwärmung und die geringen Abgasgeschwindigkeiten setzen sich Wassertröpfchen ab und verklemmen in Verbindung mit Rußpartikeln die Verstellung. Die Feuchtigkeit hält sich in dieser Kombination lange, dadurch korrodieren die VTG-Leitschaufeln. Das führt zum Verklemmen der VTG-Verstellung. Hier hilft dann nur der Tausch des Turboladers.

Sinnvoller ist es im Falle einer schwergängigen VTG-Verstellung, den Turbolader zu erneuern und den Kunden darauf hinzuweisen, dass sich ein Verkoken des VTG-Laders mit dem Einsatz von aschearmem Motoröl und der Verwendung von Kraftstoffzusätzen, um den Verbrennungsvorgang zu optimieren, aufgrund des so verringerten Rußausstoßes reduzieren und hinauszögern lässt.



Ruß- und Ölkohleablagerungen können mit der Zeit dazu führen, dass der Verstellmechanismus der VTG schwerfällig wird und die Leitschaufeln klemmen. Ein zufriedenstellendes, dauerhaftes Entfernen der Ablagerungen ist weder mechanisch noch chemisch möglich.

Technik Ratgeber

Band 4 | Diagnose im Umfeld des Turboladers



Vorwort

- Ein Fahrzeug kommt in die Werkstatt – Leistung fehlt oder die Motorkontrollleuchte blinkt. Erste Tests per On Board Diagnose zeigen erhöhten Ladedruck.
- Beim Abziehen des Ladedruckschlauches von der Verdichterseite des Turboladers läuft Öl aus. Oft gestellte Diagnose: Turboladerschaden. Aber ist er wirklich die Ursache für die Symptome?
- Turbo getauscht – Problem beseitigt. Zumindest vorerst...
- Nach kurzer Zeit kehren die Probleme wieder. Der Turbolader wird reklamiert, die Reklamation wird abgelehnt. Immer dasselbe.
- Am Turbolader liegt es nicht. Klar, der ist nie schuld...



Inhaltsverzeichnis

Inhalt:

Die Hauptbaugruppen des Abgasturboladers	3
Probleme und ihre Ursachen	
Ölverlust	4
Einsaugen von Öl über Motorentlüftung	4
Ölverlust am Turbolader	5
Verstopfung und Verklebung	6
OE-Vorgaben	7
Motorentlüftung mit Sichtprüfung	8
Wassereintrag über die Motorentlüftung	8
Verstopfte Partikelfilter	8
On Board Diagnose – freie und verstopfte Abgasanlage	9
Messdifferenzen	10
Notwendige Probefahrten	12
Welche Erschwernisse können noch auftreten?	ab 12

Bitte Umfeld/Peripherie prüfen!

Aber was ist das eigentlich, was gehört dazu?

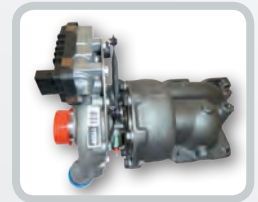
Wichtige Informationen zum Diagnostikumfeld finden Sie in diesem neuen Ratgeber!

*Jetzt auch als Video unter:
www.bts-turbo.de verfügbar!*

Der Abgasturbolader bereitet viele Probleme bei der Diagnose.

Infolge immer strengerer Abgas- und Verbrauchsnormen und der Abgasnachbehandlung wurden in den letzten Jahren eine Vielzahl von Überwachungs- und Regeleinrichtungen um den Turbo angeordnet.

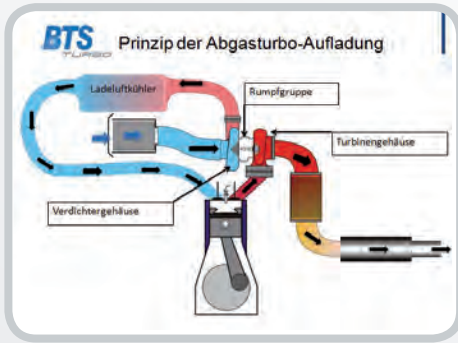
Bitte beachten Sie bei der Diagnose, dass der Turbolader zwar defekt und Teil des Problems ist, jedoch so gut wie nie die Ausfallursache darstellt.



Seite:

3
4
4
5
6
7
8
8
8
9
10
12
ab 12

Die 3 Hauptbaugruppen des Abgasturboladers



hen im Gehäuse Temperaturen bis zu 830 °C bei Dieselmotoren und bis zu 1.050 °C bei Benzinmotoren.

Diese 3 Hauptbaugruppen bestehen aus unterschiedlichen Materialien, da sie verschiedenen Temperaturbereichen ausgesetzt sind. Sie können sich unterschiedlich ausdehnen, ohne zu verspannen. Dies gewährleistet eine störungsfreie Funktion unter allen Lastzuständen. Turbolader sind konstruktiv weder gas- noch öldicht.

- **LINKS** das **Verdichtergehäuse**, in welches atmosphärische Luft eingesaugt, verdichtet und in den Ladeluftkühler weitergeleitet wird.
- **MITTIG** befindet sich die **Rumpfgruppe**. Hier ist die Lagerung und die Abdichtung der Turbinenwelle untergebracht. Die Lagerung bei Serienturboladern erfolgt in der Regel durch Gleitlager, schwimmend in einer Druckölschmierung aus dem Hauptölstrom des Motors. **Erst der anliegende Öldruck stabilisiert und zentriert die Turbinenwelle und ist für die einwandfreie Funktion überlebenswichtig.**
- **RECHTS** daran grenzt das **Turbinengehäuse**. Es wird vom Abgas durchströmt, bevor dieses durch die Abgasanlage wieder in die Umwelt gelangt. Durch das Spiralgehäuse wird der Abgasstrom stark beschleunigt, bevor er auf die Schaufeln des Turbinenrades trifft. Infolge dessen werden Turbinendrehzahlen bis 340.000 U/min erreicht. Da das Turbinenrad direkt von den heißen Abgasen aus dem Verbrennungsraum angeströmt wird, entste-

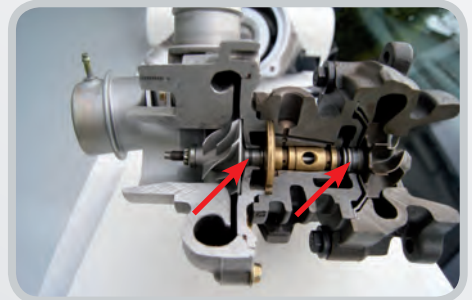


Bild Nr. 1: Abdichtungen durch Kolbenringe

Probleme und ihre Ursachen

1. Ölverlust

Die Abdichtung gegen Ölverlust und heiße Gase erfolgt in der Rumpfgruppe beidseitig durch Kolbenringe (s. Bild Nr. 1) und eine Labyrinth-Bauweise. In der Praxis muss sich der Abgasturbolader in der Druckwaage befinden. Liegt auf der Turbinenseite 1 bar Abgasdruck an, erzeugt der Turbo auf der Verdichterseite 1 bar Ladedruck.

Gerät der Turbo z.B. durch einen verstopften Luftfilter aus der Druckwaage, entsteht ein Unterdruck im Verdichtergehäuse. Dann wird über den verdichterseitigen Kolbenring Öl aus der Rumpfgruppe in das Verdichtergehäuse gesaugt, durch die Zentrifugalkraft des rotierenden Verdichterrades (s. Bild Nr. 2) zerstäubt und in den Ladeluftstrom integriert.



Bild Nr. 2: Strahlenförmiger Ölauftrag auf der Rückseite des Verdichterrades

Entscheidenden Einfluss hat zudem die Motorentlüftung. Da keine ungefilterte Abluft mehr an die Umwelt abgegeben werden darf, mündet der Abluftschlauch der Motorentlüftung in den Ansaugschlauch des Turboladers (s. Schaubild Nr.3). Durch die hohen Bio-Anteile im Kraftstoff und einer Fahrzeugnutzung im Kurzstreckenbetrieb kommt es zum teilweise Zusetzen dieser Filterelemente.

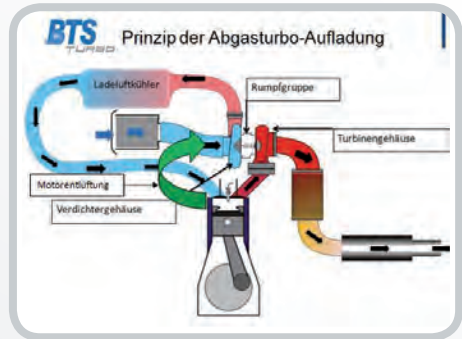


Bild Nr. 3

2. Der Turbo saugt Ölnebel über die Motorentlüftung und führt diesen mit der Ladeluft dem Motor wieder zu

Entfernt man den Ansaugschlauch, steht Öl im Lufttrichter. Das sichtbare Öl tritt nicht aus dem Turbo aus. **Dies ist nur bei gebrochener Turbinenwelle möglich.** (siehe Bild Nr. 4.)



Bild Nr. 4: Öl im Lufttrichter

Probleme und ihre Ursachen

Ausschließlich die Rumpfgruppe führt Öl, das sich nur entlang der Turbinenwelle ausbreiten kann. Durch Unterdruck oder erhöhten Abgasgedruck kann es den verdichterseitigen Kolbenring überwinden.

Dort trifft es auf die Rückseite der Verdichterrades, wird durch die Zentrifugalkraft in den Spiralkanal des Verdichtergehäuses geschleudert und abtransportiert.

Zur Ölverfrachtung aus der Rumpfgruppe kommt es nur, wenn Öldruck anliegt – sprich bei laufendem Motor.

Dann liegt aber auch Abgasdruck an und die Turbinenwelle mit Verdichterrad dreht sich und erzeugt Ladedruck.

Öltröpfen können nicht entgegen dem Luftstrom aus dem Lufttrichter austreten. (Wie man auch kein Haar in die Düse eines laufenden Föns stopfen kann).

Der braune Pfeil in Bild Nr. 5 stellt den Weg dar, den das Öl gegen die Luftströmung nehmen müsste.

Zum Vergleich der Strömungsverhältnisse im Turbolader bei Leerlaufdrehzahl eignet sich ein Fön mit 2.000 Watt.

Der auftretende Druck gegen die Handfläche oder gegen einen Wasserstrahl lassen die bewegten Luftmassen in einem Turbolader bei Leerlaufdrehzahl erahnen.

PKW Turbolader kleiner Bauart benötigen bereits bei Leerlaufdrehzahl 20 - 30 l Luft/Sekunde! Steigt die Drehzahl bauartbedingt von Leerlauf (ca. 12.000 U/min) auf über 300.000 U/min bei vollem Abgasdruck, so vervielfacht sich die Luftmenge bei vollem Ladedruck.

3. Ölverlust am Turbolader, VTG fest, AGR verrußt durch erhöhten Kurbelgehäusedruck

Auch ein Ölaustritt über die Kolbenringe der Turbinenwelle Richtung Ladeluftkühler und/oder Abgasanlage und/oder am Gehäuse ist möglich. Hier ist unbedingt der Kurbelgehäusedruck bei warmem Motor (80 °C) zu prüfen. Der Druck im Ventildeckel darf 5mbar nicht übersteigen.

Bei höherem Druck kann das Öl vom Turbolader nicht drucklos in die Motorölwanne zurücklaufen.

- ➔ **Die Folge:** Ölverlust über die Gehäuse – selbst bei intakter Abdichtung.

Bitte beachten Sie hier unsere aktuellen Service Informationen!

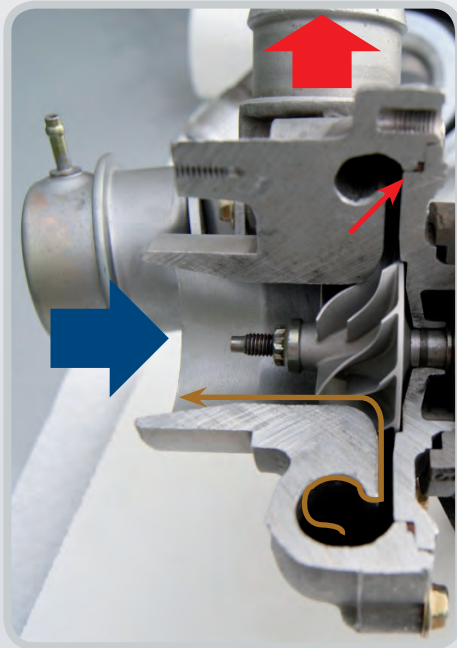


Bild Nr. 5: Den braun dargestellten Weg müsste das Öl entgegen dem Ansaugluftstrom nehmen

Probleme und ihre Ursachen

4. Ölverlust am Turbolader und Öl in der Verdichterseite

Ursache ist hier der ungenügende Gasaustausch zwischen Kurbelgehäuse und Zylinderkopf. Durch Ablagerungen in den Kanälen ist der Gasaustausch eingeschränkt. Durch den hohen Saugdruck des Turboladers kann es neben der Ölverfrachtung auch zum Hereinziehen der Ventildeckeldichtung in den Zylinderkopf kommen. Ölverluste im Bereich dieser Abdichtung sind erkennbar.

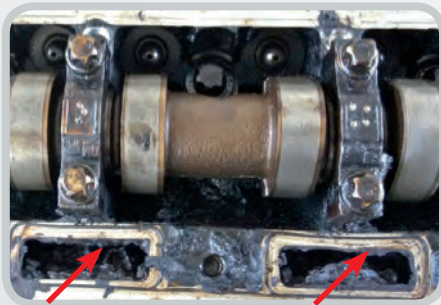


Bild Nr. 6: Eingeschränkter Gasaustausch durch Ablagerungen in den Kanälen

5. Ursachen für Verstopfung und Verklebung

Moderne Motorentlüftungen sind meist wartungsfrei und in Kombination mit Öleinfüllstutzen oder als kompletter Ventildeckel ausgeführt.

Ursachen für eine Verstopfung:

- Hohe Bioanteile der Kraftstoffe
- Kurzstreckenbetrieb

Strikte politische Vorgaben in der EU zwingen die Fahrzeughersteller zur Einhaltung rigoroser Verbrauchs- und Abgasnormen. Bei Fahrzeugtests werden nur hochwertigste Kraftstoffe eingesetzt, die keine oder nur geringste Bioanteile enthalten.

Die Praxis sieht aber anders aus:



Bild Nr. 7: Im Ventildeckel integrierte Motorentlüftung

Verbraucher tanken überwiegend die preiswerteren, biohaltigen Kraftstoffe.

a) Verkleben der Motorentlüftungen in Dieselmotoren

V. a. durch Rapsmethylester, Ruß und Wasser

b) Verkleben der Motorentlüftungen in Benzinmotoren

V. a. durch Ölrückstände, Ruß und Wasser

Die Turbolader saugen den Ölnebel mit an und verfrachten diesen mit der Ladeluft in den Verbrennungsraum. Dadurch entsteht vorrangig in kaltem, nicht betriebswarmen Zustand und im Kurzstreckenbetrieb eine unsaubere Verbrennung; Partikelfilter und/oder den Katalysator verrußen. Die Folge: Vorschnelle Sättigung und kürzere Regenerationszyklen.

Durch das Zusetzen der Abgasanlage erhöht sich der Abgasgedruck $> 0,3$ bar, damit potenziert sich der Verschleiß. Staut sich das Abgas nach dem Turbo, gerät dieser aus der Druckwaage. Das Abgas wird durch alle Ritzen gepresst.

Probleme und ihre Ursachen



Bild Nr. 8: Abgasaustritt am Turbolader

Typische Austrittsstellen: Das Hebelwerk der VTG oder Regelklappe

Abgas gelangt in die Rumpfgruppe, verschmutzt das Motoröl und wird über die Kolbenringabdichtung ins Verdichtergehäuse gepresst. Von dort aus gelangt es zusammen mit der Ladeluft in den Verbrennungsraum.

Die Folgen:

- Ölverfrachtung in die Ladeluft
- Noch mehr Ruß sowie Abgasgegen- druck
- Axialschub der Turbinenwelle
- Lagerschäden und das Anstreifen der Turbinenräder



Bild Nr. 9: Starker Verschleiß des Axiallagers

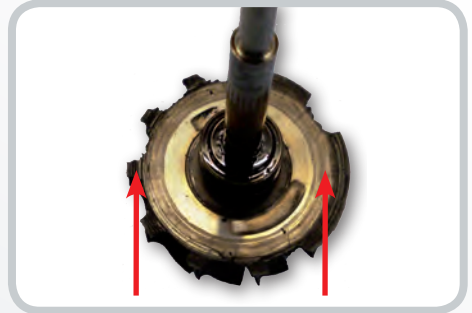


Bild Nr. 10: Deutliche Kontaktsuren am Turbinenrad

Während des Axialschubs kommt es unter Lastzuständen zu Quietsch- Geräuschen aus dem Turbolader, die beim Rotationskontakt zwischen Turbinenrad und Wärmeschutzscheibe entstehen. Bei deutlich fühlbarem Axialspiel (entlang der Turbinenwelle) ist der Turbolader bereits geschädigt und muss ersetzt werden. Davor muss jedoch unbedingt die Ursache für den Axialschub beseitigt worden sein!

6. OE-Vorgaben unbedingt beachten

Einige Hersteller haben reagiert und Wechsel- filtereinsätze (s. Bild Nr. 11) für die Motor- entlüftung eingeführt. Diese unterliegen den Serviceintervallen und sind regelmä- ßig zu erneuern (z. B. BMW). Beachten Sie in jedem Fall die aktuellen Vorgaben der Fahrzeughersteller. Hier werden Hinweise wie „Verkürzung des Wechselintervalls bei Fahrzeugnutzung unter erschwerten Be- triebsbedingungen“ genannt, die dem Ser- vicepartner die Kontrolle der Filter und die Prüfung der Nutzungsumstände des Fahr- zeuges auferlegen.

Kurzstreckenbetrieb ist immer eine er- schwerte Betriebsbedingung!

Bild Nr. 11:
Beispiel Filtereinsatz
der Motorentlüftung



Probleme und ihre Ursachen

7. Sichtprüfung der Motorenlüftung

Die Überprüfung der Motorenlüftung erfolgt durch Sichtprüfung. Ist ein Öltransport Richtung Turbolader erkennbar (s. Bild Nr. 12), muss eine gründliche Reinigung (auch der Leitungen!) oder ein Austausch erfolgen. Danach muss der Druck geprüft werden: Der Überdruck im Ventildeckel darf nicht > als 5 mbar sein!



Bild Nr. 12: Deutlicher Ölstand in der Leitung der Motorenlüftung

8. Wassereintrag über die Motorenlüftung bei Benzin- und 1.3 CDTi –Motoren (Opel, Fiat)



Bild Nr. 13

Hier ist eine genaue Kontrolle von Öleinfülldeckel (Bild Nr. 13), Ölfilter und Motorenlüftung (Bild Nr. 14) wichtig. Ins Öl eingespültes Wasser kann mit einer Ölschlammspülung und anschließendem Ölservice beseitigt werden.

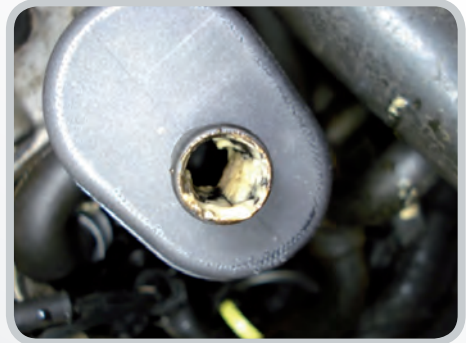


Bild Nr. 14

Bei 1.3 CDTi Motoren beachten Sie bitte unsere aktuellen Service Informationen!

Frost und Kurzstreckenbetrieb lassen das Kondenswasser in der Motorenlüftung gefrieren. Es wird als Eiskristall in den Turbo gesaugt und führt verdichterseitig zum Fremdkörperschaden.

➔ Hier hilft nur eine regelmäßige Trockenlegung – besonders vor dem Winter.

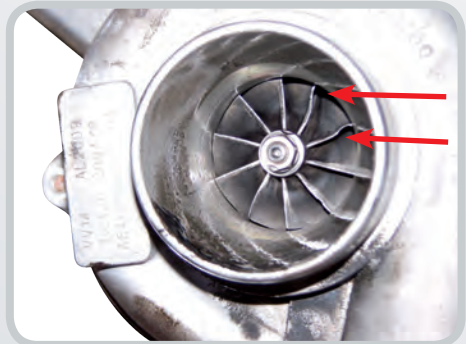


Bild Nr. 15: Fremdkörperschaden am Turbo durch Eisklumpen

9. Warum setzen sich Partikelfilter zu?

Sie bestehen aus Siliziumkarbid (SiC) und sind als Wandstromfilter ausgelegt. Das mit Ruß durchsetzte Abgas wird bei der Durchdringung der porösen Filterwand gefiltert.

Probleme und ihre Ursachen

Größere Partikel können die Filterwand nicht passieren und lagern sich an ihrer Oberfläche ab. So können sich bis zum Regenerationszeitpunkt bis zu 2.000 µm dicke Schichten bilden.

Neu sind Filterwände weiß, je nach Sättigung dunkeln sie bis zum Braun nach. Bei fehlenden Abgasgeschwindigkeiten fehlt der Druck, um das rußhaltige Abgas durch die Filterelemente zu pressen. Besonders gefährdet sind großvolumige Dieselmotoren im Kurzstreckenbetrieb. Bei Bild Nr. 17 sind die Kapillaren komplett verstopft, was eine Durchdringung der Filterwände ausschließt. Hoher Abgasgedruck wird aufgebaut.



Bild Nr. 16: Verstopfter Partikelfilter



Bild Nr. 17: Komplett verstopfte Kapillaren

10. Freie und verstopfte Abgasanlage

Kann die On Board Diagnose Turboladerschäden diagnostizieren? In Zusammenarbeit mit der Handwerkskammer Erfurt hat BTS die OBD Diagnose mit realen Messdaten verglichen. Mit einem Manometer am Differenzdrucksensor haben wir die Werte mit einem Motortester abgeglichen.

Zeigt uns die On Board Diagnose eine Sättigung des Partikelfilters an?

Es wurden 2 Messreihen gefahren:

a) Mit freiem Auspuff



Messung 1

b) Mit verstopftem Auspuff



Messung 2

Probleme und ihre Ursachen

	Messung 1 originaler Auspuff	Messung 2 verstopfter Auspuff
Leistung	2380 N bei 4090 U/min	2230 N bei 4090 U/min
Differenzdruck PDF	198,90	193,80
Ladedruck	2,0094 bar	2,0298 bar
Saugrohrdruck	795,0 mg/H	775 mg/H
Abgasgedrueck am Manometer	0,05 bar	0,45 bar

Diese Messungen decken sich mit den Aussagen vieler Werkstätten, die erhöhte Ladedruckwerte feststellten, diesen Mangel nach Austausch des Ladedrucksensors aber falsch der VTG des Turbos zuordneten.

Dies kann bei gleichzeitigem Sinken des Saugrohrdrucks ausgeschlossen werden.

Das Phänomen „Ansteigender Ladedruck bei gleichzeitigem Abfallen des Saugrohrdrucks“ hängt ursächlich mit der verstopften Abgasanlage zusammen.

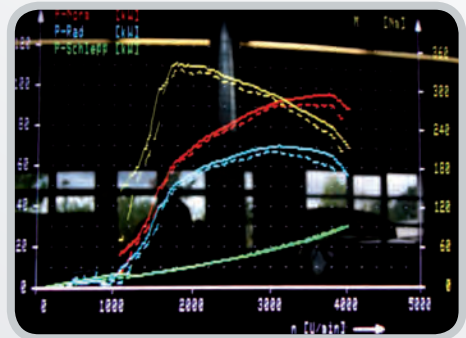
Am Kundenfahrzeug fehlt aber die Vergleichsmessung mit freier Abgasanlage. Ohne diese kommt es jedoch zur Fehlinterpretation.

Leistungsdatendiagramm

Das rechts stehende Diagramm zeigt beide Leistungsdaten übereinander gelegt. Der Unterschied von freier zu verstopfter Abgasanlage fällt mit 98 zu 92 KW sehr gering aus.

Jedoch verlängert sich die Beschleunigungszeit erheblich.

Die Fahrer bemängeln dann ebenso, dass das Fahrzeug nicht mehr „richtig zieht“.



11. Messdifferenzen bei der Datenabnahme:

Die Sonden befinden sich im Abgasstrang. Sie sind damit Abgasen, Ruß, Feuchtigkeit und extremen Temperaturschwankungen ausgesetzt. Hat sich auf den Sonden eine Kruste angelagert, sind die gewonnenen Messwerte nicht mehr aussagekräftig.

Saubere Messsonden sind ebenso wichtig wie die Durchlässigkeit der Gaspendelleitung zum Differenzdrucksensor. Auch hier sammeln sich Ruß und Feuchtigkeit.

➔ **Die OBD Diagnose ergibt somit keine eindeutige Aussage.**

Vor Anwendung dieses Verfahrens müssen Diagnosefehler durch verstopfte Auspuffanlagen ausgeschlossen werden!

Probleme und ihre Ursachen

Bei Fahrzeugen mit Differenzdrucksensor wird am Sensor ein T-Stück mit Schlauch und Manometer eingesetzt (s. Bild Nr. 18). Der Schlauch zum Manometer muss so lang sein, dass dieses während der Fahrt gut beobachtet werden kann.

Der Abgasgegendruck darf 0,3 bar nicht überschreiten!

3. Das gewonnene Rohrstück in das Gewinde einschrauben und mit genügend langem Schlauch und Manometer verbinden.
4. Nach der Testfahrt verschließen Sie die Bohrung mit einer Schraube M5 x 16 mit Kupferdichtring.



Bild Nr. 18: T-Stück mit Schlauch

Verfügt das Fahrzeug nicht über einen Differenzdrucksensor, gehen Sie folgendermaßen vor:

1. Bohren Sie in eine Schweißnaht vor dem Kat oder Partikelfilter ein 4 mm Loch und schneiden ein M5 Gewinde hinein.
2. Ein Stück Bremsleitung (4,75 mm x 150 mm) ebenfalls mit M5 Gewinde versehen.

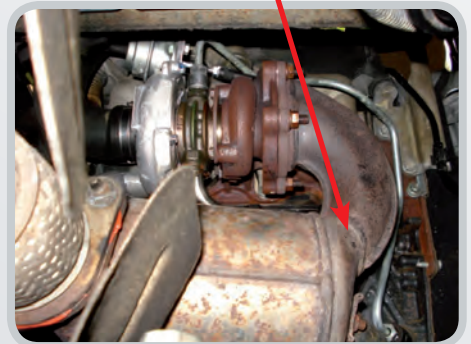


Bild Nr. 19: Mögliche gut zugängliche Stelle für das Loch

Welche Erschwernisse können noch auftreten?

12. Probefahrten auf der Autobahn

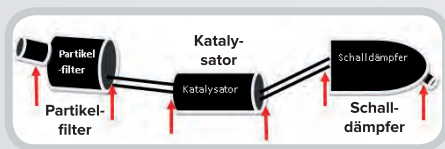
Für Probefahrten gut bewährt haben sich 10 min. Autobahnfahrt bei einer Motordrehzahl von 3.000 U/min. Dabei sollte Kraftstoffsystemreiniger verwendet werden, so bekommen Einspritzdüsen, Brennraum, Turbo und Auspuff eine extra Reinigung.

Die hohen Temperaturen lösen die Ablagerungen, die hohen Abgasgeschwindigkeiten sorgen für den Druck um die Partikel durch die Kapillaren der Filter zu pressen und deren Arbeitstemperatur sicherzustellen.

Die hohen Abgasgeschwindigkeiten reißen Ablagerungen und Stauwasser mit und scheiden es aus.

Die Abgasanlage wird komplett durchwärmt. Mit einem Digitalthermometer werden direkt nach der Probefahrt die Temperaturen vor und nach den einzelnen Komponenten der Abgasanlage gemessen.

Temperaturmesspunkte an der Auspuffanlage



Starker Temperaturabfall nach DPF/KAT/NSD = verringerter Abgasdurchsatz.

In der Abgasanlage sammeln sich neben den Verbrennungsrückständen große Mengen Wasser. Dies ist im Kurzstreckenbetrieb eine große Gefahr auch bei Dieselmotoren. Infolge der geringen Abgasgeschwindigkeiten und der schnell erhaltenden Abgase kondensiert das Was-

ser und bleibt im Inneren der Abgasanlage zurück. Moderne Schalldämpfer arbeiten nach dem Resonanzverfahren und enthalten keine Dämmwolle mehr.

Die Folge:

- Die Prallbleche rosten infolge des Stauwassers innerlich weg.
- Unter hohem Abgasdruck können sie umkippen und so die Abgasweiterleitung verhindern.

Tropfende Schalldämpfer sind alltäglich, jedoch können sich konstruktiv bis zu 7 l Wasser darin sammeln. Ein Einfrieren und Wiederauftauen im Winter sorgt für sporadische Fehler.

13. Weitere Probleme

Verdrehte Luftfilter, immer länger werdende Wechselintervalle und Kurzstreckenbetrieb in Großstädten verursachen ein schnelles Zusetzen der Filter.

Dringen durch Risse im Filtermaterial Staub und Schmutzpartikel in den Turbolader ein, schleifen sie die Lufteintrittskanten des Verdichterrades ab. Der Abstand zum Verdichtergehäuse wird größer, der Turbo baut später Ladedruck auf.



Bild Nr. 20: Verdrehter Luftfilter

Welche Erschwernisse können noch auftreten?

a) Nasse Luftfilter – ein neues Phänomen

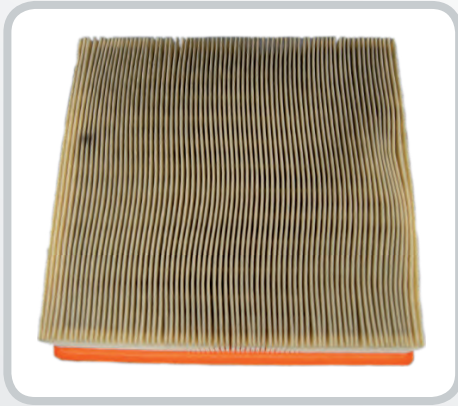


Bild Nr. 21: Nasser Luftfilter mit Feuchtigkeitstest

Wenigfahrer im Kurzstreckenbetrieb bei schlechtem Wetter – ein bekanntes, aber selten hinterfragtes Problem. Im Kurzstreckenbetrieb speichert der Luftfilter die Feuchtigkeit.

- Der Gewichtsunterschied:

Ein 1 Jahr lang genutzter Luftfilter mit einer Fahrleistung von 5.000 km ist um 161 Gramm schwerer als ein neues Exemplar.

- Feuchtigkeitstest:

Hierfür den Luftfiltereinsatz fest auf Werkstattpapier drücken. Hinterlässt er darauf Abdrücke, muss der Luftfilter ersetzt werden, egal wie hoch die Fahrleistung war. Die Folge nasser Luftfilter ist die gleiche wie bei verdreckten Luftfiltern. Der Turbo saugt über den verdichterseitigen Kolbenring Öl aus der Rumpfgruppe und fördert diesen Richtung Ladeluftkühler.

b) Bioanteile im Kraftstoff und Kurzstreckenbetrieb



Bild Nr. 22: Durch Ladedruckrückstau verformte Verdichterschaufeln

Dies ist eine problematische Kombination, welche die Kraftstofffilter schneller verschleifen lässt. Es bilden sich mehr Ablagerungen, die Dichtungen in den Schubumkehrventilen werden durch die veränderte Kraftstoffzusammensetzung angelöst (s. Bild Nr. 23) bzw. die Zylinderwandungen entfettet (s. Bild Nr. 24). Das führt bei Benzinturboladern (hier beim 1.8T Motor von VW) zum Rückstau des Ladedrucks auf die Verdichterschaufeln (s. Bild Nr. 22) und somit zum Ausfall des Laders.



Bild Nr. 23: Angelöste Dichtung



Bild Nr. 24: Entfettete Zylinderwandung

Welche Erschwernisse können noch auftreten?

c) (Magnet)ventile

- Sie können versehentlich verkehrt herum eingebaut werden.
- Die Fehlermeldung: „Ladedruckregelgrenze überschritten“
- Auch ein elektrisch falscher Anschluss ist möglich:
Hier passt der Stecker vom Taktventil des Kraftstoffsystems.



Bild Nr. 25

- Achten Sie auf Sauberkeit und Freigängigkeit der Luftventile. Gerade wenn sie unterhalb des Turboladers angebracht sind, sammeln sie Öl- und Wassereinträge (s. Bild Nr. 26)!
- **Wichtig 1:** Ein Test der Luftventile auf Funktion und Dichtheit!
- **Wichtig 2:** Die Überprüfung des Luftmassenmessers und aller im Ansaugkanal befindlichen Sonden und Sensoren, da abgebrochene Teile einen Fremdkörperschaden verursachen, sobald sie angesaugt werden.
- **Wichtig 3:** Bei der Montage von Kunststoffteilen muss auf einen maßvollen Kraftaufwand geachtet werden.



Bild Nr. 26

Bruchstücke erzeugen hier einen sofortigen Fremdkörperschaden auf der Verdichterseite des Turboladers (s. Bild Nr. 28).

d) Luftleitungen



Bild Nr. 27:
Luftmassenmesser



Bild Nr. 28

Sie sind eine weitere Fehlerquelle.

- Knicke und Aufweitungen reißen gern.
- Ummantelte Stellen sind schwer zu finden.
- Eine gequetschte Wärmeisolierung bewirkt, dass sich der Schlauch im warmen Zustand nach innen zusammenzieht (im warmen Zustand ist das Material flexibler.)

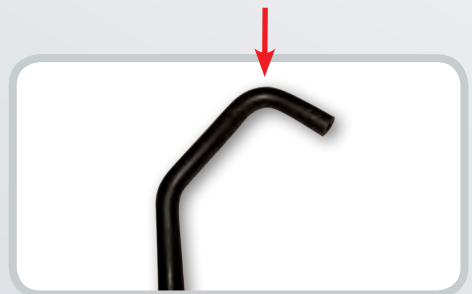


Bild Nr. 29: Knicke an Luftleitungen können leicht reißen.

Welche Erschwernisse können noch auftreten?

Typisches Beispiel VW Transporter:

Beim Zahnriemenwechsel muss das steuerseitige Motorlager demontiert werden und der Motor wird z. Bsp. an einer Motorbrücke aufgehängt.

Wird dabei der Motor zu stark angehoben oder Richtung Spritzwand verdreht, wird infolge der Einbaulage die ummantelte Unterdruckleitung vom Turbolader gegen die Spritzwand gepresst und verdrückt. So entstehen in der Folge Ladedruckregelgrenzenfehler.

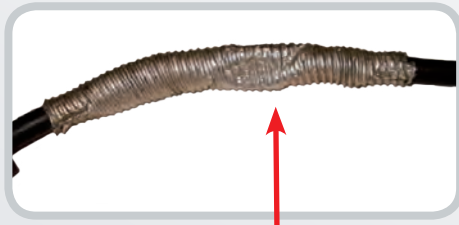


Bild Nr. 30: Gequetschte Wärmeisolierung

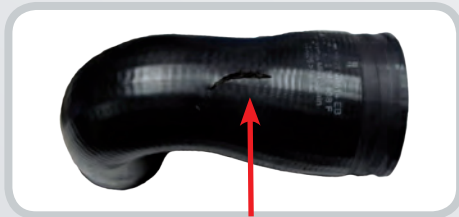


Bild Nr. 31: Riss in einem Ladeluftschlauch

e) Abgaskrümmer

Er stellt eine weitere Diagnosemöglichkeit dar (siehe Bild Nr. 32)

- Hier kann man im Bereich des 4. Zylinders (roter Kreis) Kraftstoffübertritte sehen. Diese sind auf eine fehlerhafte Einspritzdüse zurückzuführen. Der Zylinder 1 (rote Pfeile) weist Gasübertritte auf. Diese können ein Pfeifen des Turboladers verursachen. Insgesamt ist der Krümmer verzogen.

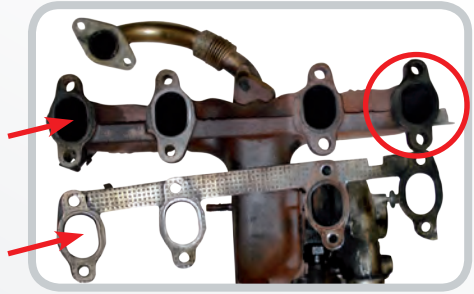


Bild Nr. 32: Untersuchung eines Abgaskrümmers

- Ein Blick in die Kanäle des Krümmers zeigt auf Bild 33 kupferbraune Anrostungen bis an den Flansch. Sie deuten auf eine Undichtheit im Zylinderkopf hin. Das Kühlmittel läuft in den Krümmer und wird durch die Abgase gefärbt.

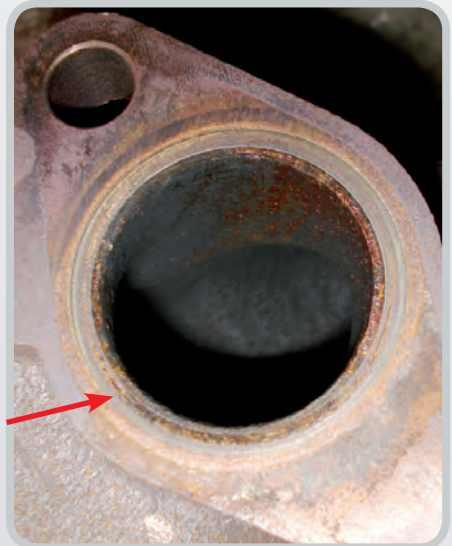


Bild Nr. 33: Rost im Krümmerkanal

Welche Erschwernisse können noch auftreten?

f) Wassergekühlte AGR-Ventile

- Hier gibt es eine Undichtigkeit zwischen Kühlkörper und Regeleinrichtung (siehe Bild Nr. 34). Äußerlich sind sie dicht und dadurch schwer zu entdecken. Der Wasserverlust ist meist nur gering. Eine sichere Diagnose ist oft nur mit einer Demontage des AGR Ventils möglich. Meist sind die Kühlmittleinspülungen als weißlich-rostige Ablagerungen zu erkennen. Der Grund dafür liegt im Zeitpunkt des Wassereintrittes und der Einbaulage des AGR Ventils. Sitzt es auf dem Krümmer, läuft das Kühlmittel nach dem Abstellen des Motors durch den Restdruck im Kühlmittelkreislauf in den Krümmer und trocknet dort fest.



Bild Nr. 34: Undichtigkeit zwischen Kühlkörper und Regeleinrichtung verursacht weißlich-rostige Ablagerungen

- Die Turbinenseite des Krümmers weist in Richtung Abgasanlage die gleichen Kühlmittelspuren auf (siehe Bild Nr. 35). Meist kommt es in diesem Zusammenhang zu Ladedruck-Regel-

grenzenfehlern. Ursache sind thermische Schockzustände und Klemmen der VTG Verstellung oder der Turbinenwelle.



Bild Nr. 35: Kühlmittelspuren an der Turbinenseite des Krümmers

g) Defekte Einspritzdüsen

Sie erzeugen vielfältige Schäden. Auch hier haben Bioanteile in den Kraftstoffen sowie Kurzstreckenbetrieb einen die Lebensdauer verkürzenden Einfluss.



Bild Nr. 36: Defekte Einspritzdüsen

- Verklebte und verharzte Düsen (s. Bild Nr. 36)

Welche Erschwernisse können noch auftreten?

- Verringerte Selbstreinigungskräfte in den Brennräumen durch niedrige Brennraum-Temperaturen und Motordrehzahlen sowie sinkende Abgasgeschwindigkeiten.
- Bei tropfenden Einspritzdüsen brennt immer Kraftstoff im Kolbenboden, egal ob der Kolben oben oder unten ist. Durch die extrem hohen Verbrennungsdrücke und Temperaturen schmilzt der Kolbenboden ab (s. Bild Nr. 37). Diese Schmelzpartikel werden mit dem Abgas mitgerissen und in den Turbolader verfrachtet. Teilweise läuft Kraftstoff in den Krümmer. Durch die vorhandene Kolbenbodenkühlung bleibt der Motor funktionstüchtig.
- Die Schmelzpartikel lagern sich vorrangig auf den nicht rotierenden Teilen des Turboladers ab (s. Bild Nr. 38) – die VTG und die Wärmeschutzscheibe. Dadurch klemmt die VTG und es kommt zur Fehlermeldung: „Ladedruckregelgrenze über- oder unterschritten“, je nachdem, bei welcher Stellung die VTG verklemmt. Hierbei fällt der Turbo ebenso aus, er ist aber nicht die Problemursache.

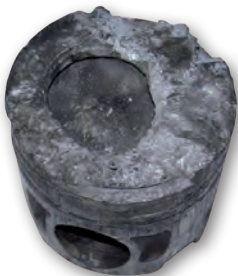


Bild Nr. 37: Geschmolzener Kolbenboden

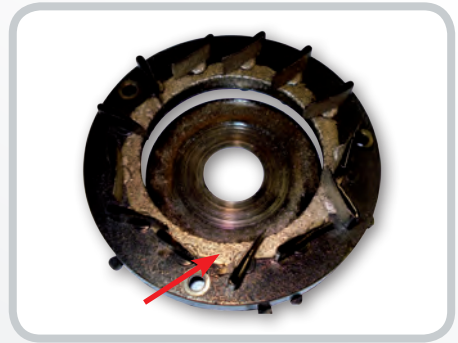


Bild Nr. 38

h) Korrekter Öldruck

Er ist die Lebensversicherung für den Turbolader.

- Verkockte Leitungen ruinieren den Turbo. Dann überhitzt und blockiert die Turbinenwelle - hier deutlich erkennbar an den thermischen Verfärbungen (s. Bild Nr. 39 und 40).
- Bitte beachten Sie hierzu unsere aktuellen Service Informationen!



Bild Nr. 39: Verkockte Leitung mit thermischer Verfärbung

Welche Erschwernisse können noch auftreten?



Bild Nr. 40: Thermische Verfärbung

i) Ansaugtrakt

Er ist ein neuer Aspekt bei der Turboladerdiagnose.

- Hier sind häufig Kunststoffkomponenten verbaut. Teile von Drallklappen o. ä. aus dem Ansaugkrümmer reißen sich aus der Verankerung und gelangen in den Brennraum. Dort verflüssigen oder verbrennen diese Kunststoffe. Die Reste gelangen über das Abgas in den Turbolader und beschädigen ihn (s. Bild Nr. 41).



Bild Nr. 41: Ausgerissene und in den Brennraum gelangte Teile

j) Wassereinspülung

Dies ist ein Sonderfall. Er kommt zustande als Folge eines Überdruck-Problems im Kühlsystem. Hier tritt Kühlmittel an der Wasserpumpe in den Ölkreislauf ein.

Bitte beachten Sie auch hierzu unsere aktuellen Service Informationen!

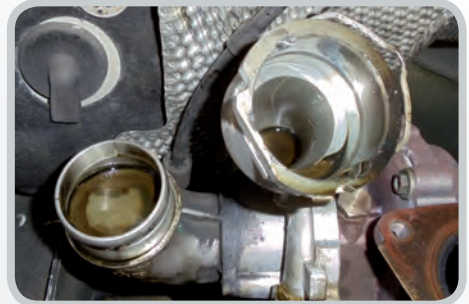


Bild Nr. 42: Erklärung Wassereinspülung in den Ölkreislauf

Zusammenfassung und Fazit

Die BTS GmbH bietet Ihnen rund um das Thema Turbolader umfangreiche Informationen und Hilfestellungen:

- Das Werkstattkonzept „BTS Turbo Experte“ für Fachwerkstätten mit Kunden-zuführung
- Trainings- und Schulungsprogramme
- Fachbücher der BTS Ratgeberserie
- Unterlagen und Broschüren der Technischen Marketingprogramme
- Technische Hotline
- Original Montageanleitungen mit Leit-faden, Einbauzeichnungen, Drehmo-mentangaben sowie Arbeits- und Richt-zeitangaben

Technik Ratgeber

Band 5 | Turboladerschäden bei Transportern



Vorwort

Mit dem **BTS Technik Ratgeber Band 5 „Turboladerschäden bei Transportern“** halten Sie den mittlerweile fünften BTS Technik Ratgeber rund um das Thema „Turbolader in der Werkstattpraxis“ in der Hand. Nummer fünf dieser erfolgreichen und bei Werkstattfachleuten äußerst beliebten Praxisratgeber-Reihe beschäftigt sich schwerpunktmäßig mit Turbolader-Problemen an Transporter-Motoren. Er setzt damit das Bestreben der Bände 1 bis 4 fort, das Wissen des Werkstatt-Profis angesichts des anhaltenden „Turbolader-Trends“ stets auf einem aktuellen Stand zu halten.

In Band 1 „Turboladerschäden“ erfährt der Werkstatt-Profi anhand zahlreicher Schadensbilder alles Wichtige über mechanische Schäden am Turbolader und deren Ursachen. Band 2 „Turboladerbauarten – Funktion“ indes gibt einen umfassenden Überblick über die Entwicklung der Turbolader-Technologie und erklärt die einzelnen Bauarten und deren Funktionsweisen im Detail.

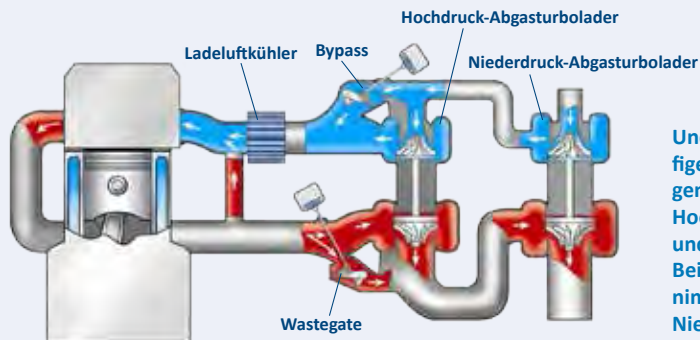
Band 3 „Werkstattpraxis – Turboschäden“ trägt dem technischen Fortschritt Rechnung, denn moderne Aufladesysteme sind sehr komplex und wegen der fortschreitenden Elektronifizierung der Fahrzeugsys-



Abgasturbolader gehören bei modernen Transporter-Motoren zum Stand der Technik. Sie sorgen für ansprechende Leistung und geringen Verbrauch. Die Spitze markieren derzeit zweistufige Aufladesysteme.

teme längst tief in das Motormanagement eingebunden. Fehlersuche und Diagnose verlangen deshalb viel Know-how und Systemkenntnisse – und auch geeignetes Prüfequipment, etwa ein Diagnosegerät, um die elektrifizierte Peripherie des Turboladers prüfen zu können. Zudem gewährt der dritte Band einen Blick über den Tellerrand: Denn nicht immer ist zwangsläufig der Turbolader defekt, wenn einem modernen Turbomotor die Puste ausgeht.

Diese Tatsache vertieft der BTS Technik Ratgeber Band 4 „Diagnose im Umfeld des Turboladers“ noch weiter und zeigt anhand typischer Schadensbilder mögliche Defekte



Und so funktioniert die zweistufige Aufladung: Schon bei niedrigen Drehzahlen sorgt der kleine Hochdruck-Turbolader für Schub und eliminiert so das Turboloch. Bei höheren Drehzahlen übernimmt zunehmend der größere Niederdrucklader das Regiment.

am Turbolader auf. Zudem erklärt er detailliert die Hintergründe zu den jeweiligen Ursachen. Band 4 will außerdem dazu beitragen, dass unnötige Zweit Reparaturen, abgelehnte Reklamationen und Probleme mit dem Kunden gar nicht erst vorkommen. Denn üblicherweise ist der defekte Turbolader zwar ein Teil des Problems, jedoch so gut wie nie die Ursache dafür.

Der neue Band 5 „**Turboladerschäden bei Transportern**“ aus der BTS Technik Ratgeber-Reihe befasst sich ausschließlich mit den für die Transporter-Klasse typischen Problemen in der Peripherie des Turboladers, zeigt charakteristische Schadensbilder auf und beschreibt die Hintergründe. Zudem bekommt der Leser praxisrelevante Experten-Tipps, welche nicht nur die Fehlersuche erleichtern, sondern auch helfen, Folgeschäden zu vermeiden.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	2
Inhaltsverzeichnis/Impressum	3
Lukratives Turbolader-Geschäft	4
Transporter-typische Turboladerschäden	5
Ölmangelschäden/Probleme mit dem Motoröl	7
Fremdkörperschäden	10
Fehlersuche + Diagnose	12
Fachgerechter Turbolader-Tausch	15
Nebenschauplätze	18
Modellspezifische Probleme	21
Qualität schafft Sicherheit – Das BTS-Tauschteile-Programm	22

Impressum

Text und Inhalt:

BTS GmbH | Paradiesstr. 56 | 82362 Weilheim | www.bts-turbo.de
Klaus Kuss | Redaktionsbüro 'der techniKKuss' | Maurerweg 30 | 87616 Marktoberdorf-Rieder

Konzept und Gestaltung:

Ostenrieder Design & Marketing | Birkland 40 | 86971 Peiting | www.ostenrieder.com

Bildnachweis:

BTS GmbH | Klaus Kuss | Borgwarner | Honeywell Garrett | Mitsubishi | Holset Cummins | Oberland Mangold

Lukratives Turbolader-Geschäft

Das Geschäft mit dem Turbolader-Tausch bei Transporter-Motoren ist interessant – vorausgesetzt, man beherrscht die Basics.

Seit der Schweizer Alfred Büchi im Jahr 1905 auf den von ihm erfundenen Abgasturbolader ein Patent bekommen hat, haben sich die Grundfunktionen des Turboladers kaum wesentlich verändert – wohl aber dessen Leistungsvermögen und Einsatzspektrum. Ursprünglich dazu gedacht, großen Schiffsdiesel- und Lkw-Motoren mehr Kraft einzuhauchen, ist er mittlerweile in nahezu allen Fahrzeugkategorien und Motorkonzepten – vom kleinsten City-Flitzer bis hin zum schwersten Lkw und gleichgültig, ob Benzin- oder Diesel – zu finden.

Zu den Förderern des flächendeckenden Einsatzes gehören einerseits immer strengere Emissionsgesetze und andererseits das Bestreben der Motorenentwickler, die Motorleistung immer noch weiter zu erhöhen und dabei gleichzeitig den Kraftstoffverbrauch zu senken – Stichwort Downsizing. Downsizing bedeutet, einen großvolumigen Saugmotor durch einen deutlich hubraumkleineren und direkt einspritzenden Motor zu ersetzen, wobei der Turbolader eine der Schlüsselkomponenten ist.

Dieser Trend zur Turboaufladung gilt seit längerem auch für die Motoren von Transportern: Kaum einer dieser „Lastesel der Nation“ verlässt heutzutage noch „unaufgeladen“ das Werk. Da das Leistungsspektrum breit gefächert ist, sind neben starren Turboladern aufgrund der strengen Abgasgesetzte immer öfter auch Turbolader mit variabler Turbinen-Geometrie (VTG, VNT, etc.) zu finden. Selbst Aufladesysteme mit zwei in Register-Manier hintereinander ge-



Transporter-Motoren stammen meist von Pkw-Aggregaten ab – und verfügen wie diese über einen Abgasturbolader. Demensprechend interessant ist das Geschäft mit dem Turbolader-Tausch.

schalteten Turboladern sind keine Seltenheit mehr.

Viele Transporter-Motoren stammen von Pkw-Aggregaten ab, sind aber auf die speziellen Anforderungen und Beanspruchungen des Fahrzeugsegments hin modifiziert. Je nach Philosophie des Fahrzeugherstellers – soweit es sich nicht um einen reinen Nutzfahrzeugbauer handelt – werden die Fahrzeuge entweder in den Pkw-Servicebetrieben oder in den Nutzfahrzeug-Werkstätten der jeweiligen Marke betreut. Oder aber die Fachwerkstätten des freien und unabhängigen Reparaturmarkts kümmern sich um diese spezielle Klientel, welche sich bunt gemischt aus Handwerkern, Gewerbetreibenden, Paket- und Zustelldiensten, Wohnmobilisten, Großfamilien, Freizeitsportlern sowie Lifestyle-orientierten Privatpersonen zusammensetzt.

Insbesondere der Trend, Dinge des täglichen Gebrauchs im Internet und bei Online-Versendern zu bestellen, hat die Transporter-Population auf Europas Straßen deutlich anwachsen lassen – sehr zur

Freude jener, die solche Fahrzeuge reparieren. Vor allem gewerblich genutzte Transporter legen häufig lange Strecken zurück, beziehungsweise sind durch das Gewicht der Ladung und die häufigen Lastwechsel im Zustellbetrieb außergewöhnlich hoch belastet, wodurch der Verschleiß zwangsläufig steigt.

Obleich der Turbolader auch bei Transporter-Motoren als „Lebensdauer-Komponente“ ausgelegt ist und nicht zu den typischen Verschleißteilen gehört, muss er aufgrund der extremen Betriebsbedingungen dennoch häufig ersetzt werden. Demensprechend interessant ist das Ersatzgeschäft – vorausgesetzt, man beachtet die transportertypischen Besonderheiten bei der Fehlersuche und



Transporter-Motoren werden häufig arg geschunden. Kein Wunder, dass ihnen hin und wieder aufgrund eines defekten Turboladers die Puste ausgeht. Aufgrund der hohen Beanspruchungen zeigen sich oft frapierende Turboladerschäden.

beim Austausch. Mit diesem Technik Ratgeber möchte BTS Turbo Ihnen das notwendige Turbo-Know-how an die Hand geben.

Transporter-typische Turbolader-Schäden

Die Komponenten von Transporter-Motoren sind höchst beansprucht. Das gilt besonders auch für den Turbolader. Doch fällt dieser aus, liegt es in den seltensten Fällen am Turbolader selbst.

Obschon es sich bei Transporter-Motoren um robuste Aggregate handelt, die auf lange Laufleistungen ausgelegt sind und auch bei rüder Behandlung zuverlässig ihren Dienst versehen, kommt es – neben klassischen, laufleistungs- und betriebs-



bedingten Verschleißreparaturen – immer wieder auch zu Schäden am Motor. Davon ist dann auch der Turbolader betroffen.

Doch erfahrungsgemäß sind die Gründe für den Turboladerschaden in den wenigsten Fällen beim Turbolader selbst zu finden, sondern vielmehr in dessen Umfeld, etwa in extremen Betriebsbedingungen, nachlässigen Wartungsgewohnheiten oder aufgrund einer unprofessionellen Vorreparatur. Nachfolgend beschreiben wir die häufigsten, Transporter-typischen Ausfallursachen nach dem Muster „Ursache – Schadensbild – Abhilfe – Hinweise + Expertentipps“.

Wegen seiner hydrostatischen Lagerung gehört der Turbolader nicht zu den klassischen Verschleißteilen eines Motors. Doch extreme Bedingungen im Fahrbetrieb verursachen „Transporter-typische“ Turboladerschäden.

Normaler Verschleiß

Wegen seiner hydrostatischen Gleitlagerung gehört der Abgasturbolader nicht zu den typischen Verschleißteilen des Fahrzeugs. Die Lagerung ist so aufgebaut, dass sich zwischen dem stehenden Lagergehäuse, der so genannten Rumpfgruppe, und der drehenden Laufzeug-Welle eine Lagerbuchse aus Messing befindet. Sämtliche Lagerkomponenten werden bei laufendem Motor vom Motoröl umspült und dadurch voneinander getrennt, so dass sich Welle und Lager in keinem Betriebspunkt berühren können. Damit ist die Lagerung des Turboladers quasi verschleißfrei – zumindest solange mit der Ölversorgung alles in Ordnung ist, denn die Lagerspalte betragen nur wenige Hundertstelmillimeter.

Vor allem aber im Paket- und Zustelldienst, wo permanent Zeitdruck herrscht, verlangen die Fahrer den Transporter-Motoren

alles ab. Häufig wechselnde Einsatzbedingungen – extremer Stop-and-Go-Verkehr in Städten und Dörfern gemischt mit Vollgasetappen dazwischen – und ein Werkstattbesuch nur dann, wenn dieser der unmittelbaren Fahrbereitmachung dient, fordern zwangsläufig ihren Tribut.

Doch auch Handwerker, zu deren Nutzerprofil häufige Kaltstarts mit anschließenden, extrem kurzen Distanzen – und dies meist voll beladen – gehören, zählen ebenfalls zu den „Risikofaktoren“ für einen vorzeitigen Turbolader-Totalschaden. Insbesondere, wenn dann angesichts der geringen Jahresfahrleistung auch noch sparsam „geölwechselt“ wird.

Bei beiden Kundengruppen kommen deshalb häufig schmierungsbedingte Turboladerschäden vor.

Ölmangelschäden / Probleme mit dem Motoröl

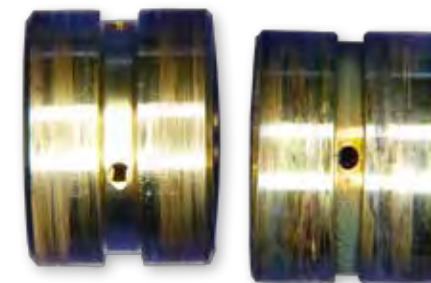
Turbolader-Defekte in Verbindung mit dem Motoröl kommen bei Transporter-Motoren häufig vor.

„Wer gut schmiert, der gut fährt!“ – das gilt ganz besonders für aufgeladene Transporter-Motoren, denn die Einsatz- und Betriebsbedingungen sind vielfach extrem. Hohe Öltemperaturen, häufige Motorstarts und ebenso häufiges Heißabstellen des Motors, ausgeprägter Kurzstrecken- und Stop-and-Go-Verkehr, falsches, minderwertiges und ungeeignetes Motoröl sowie vernachlässigte beziehungsweise weit überzogene Öl- und Filterwechselintervalle: alle diese Faktoren haben auf Dauer einen wesentlichen Einfluss auf die Schmierfähigkeit des Motoröls – und damit direkt auf die Lebensdauer der Lager des Turboladers.



Die tiefen Riefen auf der Innen- und Außenseite des Radiallagers stammen eindeutig von harten Schmutzpartikeln wie Ölkohle und Lagerabrieb.

Typische Anzeichen für einen mit Schmierungsproblemen behafteten Turbolader sind beispielsweise Blau- oder Schwarzrauch unter bestimmten Lastbedingungen, ein deutlich erhöhter Ölverbrauch, Ölaustritt an der Verdichter- und/oder Turbinenseite, Geräusche – und im Ext-



Wird das Motoröl lange nicht gewechselt können Ablagerungen aus dem Ölfilter über ein offenes Bypass-Ventil in den Schmierkreislauf gelangen. Dringen feste Schmutzpartikel ungefiltert in die Lagerstellen, führt das dort zum vorzeitigen Verschleiß.

remfall der Totalausfall des Laders. Doch wie schon gesagt: in den wenigsten Fällen ist der Turbolader selbst der Verursacher dieser Beanstandungen. Daher gilt es, vor dem Einbau eines neuen Laders die Schadensursache zweifelsfrei zu ermitteln und zu beseitigen.

Erhöhtes Lagerspiel

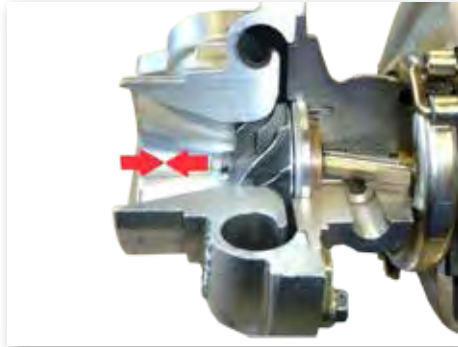
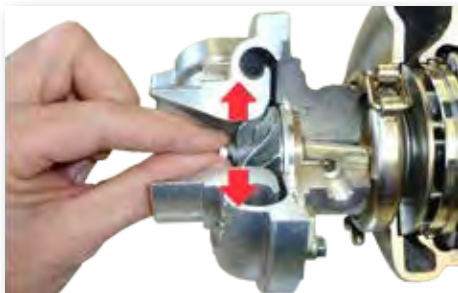
Schmiermittelmangel zählt zu den häufigsten Ausfallursachen eines Turboladers – das gilt auch bei Transporter-Motoren. Bekommen die Lager des Turboladers permanent zu wenig Öl, erhöht sich zwangsläufig das Lagerspiel. Denn aufgrund der reduzierten Ölmenge sinkt die Kühlleistung an Lagergehäuse und Läuferwelle, zudem verbrennt das Öl in den überhitzten Lagerstellen. Aufgrund des zu geringen Öldrucks verlieren die Lagerstellen außerdem ihre hydrostatischen Eigenschaften und es kommt zum Abriss des Ölfilms. Dieser kann auch reißen, wenn die Schmiereigenschaften durch fehlen-



Probleme mit der Schmierung zählen zu den häufigsten Ursachen für Turboladerschäden. Erhöhtes Lagerspiel ist ein sicheres Anzeichen dafür. Ein schmaler Streifen Papier zwischen Verdichterrad und -gehäuse eignet sich gut zum Prüfen.

de oder zerstörte Öladditive mangelhaft geworden sind. Wegen der hohen Drehzahlen des Laufzeugs kommt es innerhalb kürzester Zeit zum Lagertotalschaden und die Welle frisst.

Erhöhtes Lagerspiel lässt sich mit einer simplen Prüfung per Hand feststellen: Man nimmt die Mutter der Läuferwelle auf der Verdichterseite zwischen Daumen und Zeigefinger, hebt die Welle leicht an und bewegt sie sowohl in axialer als auch radialer Richtung. Doch Achtung: Wegen ihrer schwimmenden Lagerung weist die Läuferwelle in „trockenem“ Zustand zwangsweise ein größeres Spiel auf. Dieses sollte axial kaum (nicht größer als 0,1 mm), radial jedoch deutlich spürbar sein (zwischen 0,4 und 0,8 mm). Schleifgeräusche beim Drehen deuten allerdings auf eine bereits verschlissene Lagerung hin: der Turbolader ist defekt.



Hat die Welle überhaupt kein Spiel oder lässt sie sich nur mit merklichem Widerstand drehen, ist dies ebenfalls kein gutes Zeichen: in einem solchen Fall befindet sich verkoktes Öl in den Lagerstellen.



Gebrochene Läuferwelle

Weitere typische Folgen von Schmiermittelmangel – ein aufgrund von Überhitzung deutlich verfärbter Wellenschaft, auf die Läuferwelle aufgeschweißtes Lagermaterial oder Freißpuren am Axiallager – lassen sich allerdings erst nach dem Zerlegen des Laders erkennen.



Ist der Motorölstand generell und über längere Zeit zu gering, werden die Lagerstellen nur ungenügend geschmiert und gekühlt. Die blau angelaufene Läuferwelle deutet auf einen Überhitzungsschaden hin.

Mögliche Ursachen

Die möglichen Ursachen für Ölmangelschäden sind vielfältig:

- Motorölstand generell zu niedrig: dadurch werden die Lager nur unzureichend geschmiert und gekühlt.
- Falsches beziehungsweise minderwertiges Öl: Temperaturstabilität reicht nicht aus, es bildet sich vermehrt Ölkohle. Dadurch verkoken Lagerstellen, Ölbohrungen und Ölleitungen.
- Verunreinigtes Motoröl: unverbrannter Kraftstoff (Verbrennungsstörungen, Injektor undicht, Kraftstoff-Rücklauf gestört), Kühlflüssigkeit (Zylinderkopfdichtung defekt, AGR-Kühler undicht), Kondenswasser (Kurzstreckenbetrieb) verdünnen das Öl und setzen dessen Schmierfähigkeit drastisch herab.
- Fremdkörper (verbranntes Öl, Ölaufland), Ölkohlepartikel, Metallabrieb (mechanischer Verschleiß oder Rückstände nach Motorinstandsetzung, Ladeluftkühler bei Vorschaden nicht ersetzt), Dichtmittelreste, Schmutz (Luftfilter defekt, Öleinfüllbehälter verschmutzt, Verbrennungsrückstände, Ruß) wirken abrasiv und führen zum Lagerverschleiß (Spiel nimmt zu). Achtung: Bereits kleinste Partikel verursachen Riefen in den Lagerbuchsen und die Kolbenringe verschleifen.
- Wartungsintervalle überzogen: Der Ölfilter kann den Schmutz nicht mehr zurückhalten, durch das offene Bypass-Ventil des Filters gelangen die Schmutzpartikel ungefiltert an die Lagerstellen.



Minderwertiges Motoröl und extreme Betriebsbedingungen können zur Verkokung des Lagergehäuses führen. Extrem wird das Ganze, wenn aufgrund eines zu hohen Abgasgedrucks zudem heiße Verbrennungsgase ins Lagergehäuse gelangen.

BTS-Experten-Tipp:

Beim Turbolader-Tausch immer auch Motoröl, Öl- und Luftfilter erneuern sowie den Ladeluftkühler (LLK) auf Verschmutzung prüfen beziehungsweise sicherheitshalber ersetzen, außerdem den Beladungszustand des Dieselpartikelfilters (DPF) feststellen und die Funktion des Differenzdrucksensors prüfen.

Mit steigendem Motoralter und zunehmender Laufleistung sollte man die Ölwechselintervalle deutlich verkürzen.

Fremdkörperschäden

Gerät ein Fremdkörper in den Turbolader, bedeutet das meist dessen Totalschaden. Im Extremfall kann es sogar zu einem kapitalen Motorschaden kommen.

Fremdkörperschäden treten häufig auf. Typisch für sie ist das Schadensbild: Ein mehr oder weniger stark beschädigtes Verdichter- oder Turbinenrad. Je nach Art und Beschaffenheit des Fremdkörpers, und ob er von der Ansaug- oder Abgasseite eingedrungen ist, reichen die Beschädigungen von geringfügig „angefrästen“ bis hin zu vollständig „abgefrästen“ Lufteintrittskanten des Verdichterrads beziehungsweise Gaseintrittskanten des Turbinenrads. Auch umgebogene oder teilweise abgebrochene Schaufeln – einzeln oder mehrere – sind je nach Verursacher anzutreffen.



Ins Ansaugsystem eingedrungene Fremdkörper wie Schrauben, Muttern und harte Schmutzpartikel zerstören das Verdichterrad im Nu – und gehören ebenfalls zu den Hauptausfallursachen eines Turboladers.

Gelangen Fremdkörper wie Staub, Sand, Ölkohleablagerungen, Schrauben und Muttern, Bruchstücke eines schadhaften Ladeluftkühlers oder – bedingt durch einen mechanischen Schaden in der Motorperipherie – Bruchstücke von Kolbenringen, Ventilen, Ventilsitzen, Glühstiften, Kolben in den Lader, bedeutet das ebenso wie



Auch abgasseitig können Fremdkörper eindringen, etwa Bruchstücke von Glühkerzen, Ventilen und Ventilsitzen, Fragmente aus Blech-Abgaskrümmern, AGR-Ventilen, der Regelklappe des AGR-Ventils oder des im Abgaskrümmern sitzenden Temperatursensors.

beim Lastwechsel eingedrungene Fragmente eines schadhaften AGR- oder Schubluftventils oder der Regelklappen des AGR-Kühlers aufgrund der hohen Drehzahlen meist einen vollständigen Turbolader-Totalschaden.

Typische Kundenbeanstandungen bei einem Fremdkörperschaden lauten „Starke Rauchentwicklung“, „Schwarzrauch“, „Leistungsmangel“ beziehungsweise „Plötzlicher Leistungsverlust“, „Zunehmende Pfeifgeräusche“ oder „Plötzliche starke mechanische Geräusche“.



So sieht es aus, wenn ein Fragment der Läuferwelle aus dem vorausgegangenen Turbolader-Totalschaden in den Verdichterraum gelangt.

Typische Schadenbilder

Während eindringender Staub und Sand – etwa aufgrund eines schadhaften Luftfilters oder weil die Ansaugstrecke undicht ist – die Verdichterseite des Turboladers betreffen, entstehen Fremdkörperschäden auf der Turbinenseite meist durch einen Vorschaden in der Motormechanik oder dem Abgassystem: Harte Partikel und Bruchstücke aus dem Motor oder dem AGR-System können die Gaseintrittskanten des Turbinenrads beschädigen. Zudem können die eindringenden Teile die Luftleitflügel der VTG-Einheit beschädigen und verbiegen, was einen deutlichen Leistungsverlust verursacht.

Ist dagegen nur eine einzelne Schaufel des Verdichterrades verbogen, deutet



Eindringender Staub und Sand – etwa aufgrund eines schadhaften Luftfilters oder weil die Ansaugstrecke undicht ist – „raspelt“ mit der Zeit die Verdichterschaukeln ab. Das Schadensbild dazu ist typisch.

dies auf den Einschlag eines relativ weichen Fremdkörpers hin, etwa einen aus dem Ansaugschlauch gelösten Gummipfropfen oder einen Eisklumpen. Letzterer kann sich bei ungünstigen Betriebsbedingungen im Bereich Motorentlüftung aus Kondenswasser und Motoröl bilden und verdichterseitig in den Turbolader gesaugt werden. Aufgrund der ho-

hen Drehzahlen zerplatzen die Eispartikel beim Auftreffen auf die erste Schaufel, außerdem schmilzt die Motorwärme das Eis, so dass bei der Schadensfeststellung praktisch kein Fremdkörper aufzufinden ist. Allerdings ist die einzelne umgebogene Schaufel das charakteristische Schadensbild für einen solchen „Eisschaden“. In einem solchen Fall sollte man immer auch die Funktion und den Zustand der Kurbelgehäuseentlüftung sowie den Zustand der zugehörigen Leitungen prüfen.



Eine einzelne umgebogene Leitschaukel weist auf den Einschlag eines weichen Fremdkörpers wie einem Gummipfropfen oder Eisklumpen hin.

Häufiger Anlass für Ärger mit dem Kunden

Fremdkörperschäden sind übrigens einer der häufigsten Gründe für eine Reklamation oder eine Wiederholungsreparatur: Werden nämlich die Späne und Bruchstücke des ursprünglichen Turboladerschadens nur unzureichend entfernt, können im Ladeluftsystem verbliebene Bruchstücke und Späne beim folgenden Motorbetrieb in die Ladeluftstrecke gelangen, angesaugt werden und den eben erst getauschten Turbolader zerstören. Deshalb sollte man bei Fremdkörperschäden

besonders sorgfältig vorgehen und das gesamte Ladeluftsystem inspizieren und – wo technisch möglich – gründlich reinigen und einen neuen Luftfilter einbauen. Im Zweifelsfall sollte man auch den Ladeluftkühler ersetzen, da sich dieser nicht zuverlässig reinigen lässt.

Fremdkörperschäden treten aber immer wieder auch unmittelbar nach mehr oder weniger umfangreichen Reparaturen im Umfeld des Turboladers auf, bei denen die Luftansaugstrecke geöffnet wurde: Unbemerkt in den Luftfilterkasten oder einen Ladeluftschlauch gefallene Schrauben, Muttern oder Schmutzpartikel gelangen später in den Ansaugtrakt des Laders, wo sie das empfindliche Verdichterrad zerstören.

Doch es gibt auch einen besonders kuriosen Fremdkörperschaden, auf den schon so mancher Werkstattfachmann „hereingefallen“ ist: die gelöste Mutter des Verdichterrads, die beim vorausgegangenen Turboladertausch übersehen wurde. Hintergrund: Ist der ursprüngliche Lader aufgrund mangelhafter Schmierung ausgefallen, kann

sich beim Festfressen der Radiallagers und dem damit verbundenen abrupten Abbremsen der Welle die Befestigungsmutter des Verdichterrads lösen. Wird diese dann bis in den Luftfilterkasten geschleudert und bleibt dort unbemerkt liegen, lässt der Exitus des eben erneuerten Turboladers meist nicht lange auf sich warten.



Die fehlende Befestigungsmutter des Verdichterrads weist auf ein kurzzeitiges Fressen der Läuferwelle hin, etwa, weil der Ölfilm abgerissen ist. Vor dem Einbau des neuen Turbos muss man die Mutter unbedingt aus der Ansaugstrecke entfernen.

Fehlersuche und Diagnose

Strukturiertes Vorgehen bei der Fehlersuche spart Zeit und Ärger.

Mangelt es einem modernen, turboaufgeladenen Transporter-Motor an Leistung oder macht er „komische“ Geräusche, muss nicht zwangsläufig der Turbolader defekt sein. Häufig liegt die Ursache für die Beanstandung im Umfeld des Turboladers. Diese muss in jedem Fall vor dem Einbau des neuen Laders gefunden und beseitigt werden, sonst ist ein neuerlicher Turbolader-Ausfall vorprogrammiert: Je nach vorliegendem Schaden kann der neue Turbolader sonst

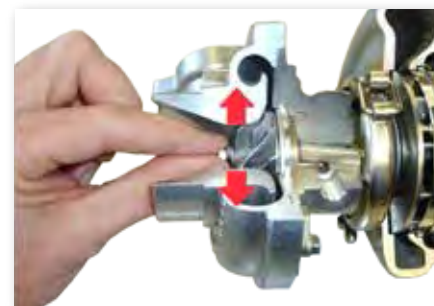
schon beim ersten Motorstart nach dem Einbau irreparablen Schaden nehmen – was sich dann in der Folgezeit bemerkbar macht –, oder sofort ausfallen.

Klassische Beanstandungen aufgrund eines schadhafte Aufladesystems sind „geringe Motorleistung“, „Endgeschwindigkeit wird nicht (mehr) erreicht“, „mangelnder Durchzug“ (insbesondere an Steigungen), „hoher Kraftstoffverbrauch“, aber auch Pfeif-, Heul- oder Zischgeräusche. Im Extremfall rollt der Transporter mit leuchtender Motorkontrolllampe (MI-Leuchte) und im Notlauf

befindlichem Motorsteuergerät auf den Werkstatthof.

Um schon bei der Reparaturannahme die Schadensursache schnell und sicher aufzuspüren, beginnt man die Fehlersuche mit einem ausführlichen Kundengespräch und einer gemeinsamen Probefahrt. Dabei sollten Fragen wie:

- Ist die Beanstandung reproduzierbar?
- Wie und bei welcher Gelegenheit hat sich der Schaden erstmals bemerkbar gemacht?
- Wurde unmittelbar vor dem Auftreten des Turbolader-Mangels etwas am Motor repariert?
- Wurden regelmäßig Inspektionen vorgenommen und dabei das vom Fahrzeughersteller vorgeschriebene Motoröl verwendet und der Ölfilter regelmäßig gewechselt?
- Wie sehen die Haupteinsatzbedingungen und Fahrergewohnheiten aus? Betreiben mehrere Fahrer das Fahrzeug? Wird der Ölstand regelmäßig kontrolliert?
- Ist der Motor Chip-getunt?



Etwas „Luft“ ist normal, da die Läuferwelle hydrostatisch gelagert ist und erst, wenn der Öldruck aufgebaut ist, spielfrei läuft. In radialer Richtung darf das Spiel zwischen 0,4 und 0,8 mm liegen.



In axialer Richtung sollte das Spiel der Läuferwelle nicht mehr als 0,1 mm betragen. Schleifgeräusche beim Drehen deuten allerdings auf einen defekten Turbolader hin.

Als nächstes liest man mit dem Diagnosesetester den Fehlerspeicher des Motorsteuergeräts aus, um sich einen globalen Überblick zu verschaffen. Beim Auswerten der Fehlercodes ist zu berücksichtigen, dass nicht alle beanstandungsrelevant sind beziehungsweise direkt auf die wirkliche Fehlerursache hinweisen. Beispielsweise können Fehlerspeichereinträge wie „Ladedruck zu gering“ oder „Ladedruck – Regelgrenze unterschritten“ beispielsweise ihre Ursache in einem schadhafte Luftmassenmesser, einem vom Mar-



Die Fehlerspeicher-Auslese gehört ebenso zur Fehlersuche wie das ausführliche Kundengespräch inklusive gemeinsamer Probefahrt. Allerdings muss man die Fehlercodes richtig zu interpretieren wissen.

der verbissenen Unterdruckschlauch im Ladedruckregelkreis, einem fehlerhafter Ladedruck- oder Abgas-Differenzdrucksensor oder einer undichten Regeldose der VTG-Verstellung haben. Ein Stellglied-Test (AGR-Ventil, VTG-Versteller, etc.) mit dem Diagnosetool rundet die elektronische Diagnose ab.

Im Anschluss daran folgt die genaue Sichtprüfung des gesamten Ladedrucksystems: Ladedruckschläuche auf Risse, Undichtigkeiten und lose/abgefallene Schellen sowie Unterdruckschläuche auf Risse, Brüche und poröse Stellen prüfen, Verkabelung der Ladedruckregelung auf Scheuerstellen, Korrosion und Marderverbiss(!) untersuchen, Leichtgängigkeit des Gestänges der Ladedruckregelung beziehungsweise der Verstellung der VTG prüfen (mit Handunterdruckpumpe). Zusätzlich empfehlenswert: Schlauchwaagen-Test mit dem BTS Turbo-Diagnosetool MESS01, um den Kurbelgehäusedruck zu ermitteln und die Funktion der Kurbelgehäuseentlüftung zu prüfen. Außerdem Abgasgegendruck vor dem Dieselpartikelfilter (DPF) sowie Steuerdruck an der pneumatischen Regeldose kontrollieren.

Bei allen Prüfungen sollte sich der Kfz-Fachmann stets an die gültigen Herstellervorgaben halten und zudem die aktuellen, fahrzeugspezifischen BTS-Service Informationen berücksichtigen, welche wichtige Tipps für die Fehlersuche enthalten. Zudem sollte man sich beim versuchsweisen „Teile-Tauschen“ immer vom Einfachen (und Billigeren) zum Schwierigen (und manchmal auch Unwahrscheinlicheren) vorantasten.

Hilfreiche Hinweise für eine erfolgreiche Turbolader-Diagnose geben zudem die BTS Technik Ratgeber Teil 3 und 4 sowie die von BTS entwickelte Diagnose-Matrix (Download unter www.turboexperte.de).



Eine wertvolle Hilfe bei der Fehlersuche ist das von BTS entwickelte Turbolader-Diagnosetool „MESS01“. Damit lassen sich wichtige analoge Messungen vornehmen und Fehler aufspüren, die über die OBD nicht erfasst werden.



Es enthält eine Schlauchwaage, um die Druckverhältnisse am Turbolader und von der Kurbelgehäuseentlüftung zu prüfen.



Das Diagnosetool enthält zudem alles, um den Abgasgegendruck und den Steuerdruck von pneumatischen Regeldruckdosen zu prüfen.

BTS-Experten-Tipp:

Immer zuerst alle mechanischen Schäden reparieren, dann erst weiter diagnostizieren. Erst wenn alle Schäden in der Peripherie beseitigt sind, darf der Turbolader ersetzt werden.

Fachgerechter Turbolader-Tausch

Obwohl es sich bei einem Turbolader-Tausch prinzipiell um eine simple Routinearbeit handelt, passieren immer wieder Fehler. Doch wer die folgenden wenigen, aber wichtigen Punkte beachtet, kann unnötige Nachreparaturen und Ärger mit dem Kunden sicher vermeiden.

Ist ein Turbolader zu erneuern, gelten vorrangig die Einbau- und Montagevorschriften sowohl des Fahrzeug- als auch des Turboladerherstellers. Wer diese nicht beachtet, riskiert nicht nur den Verlust sämtlicher Garantieansprüche, sondern auch eine Fehlfunktion – und im Extremfall sogar die Zerstörung des eben erneuerten Turboladers.

Darüber hinaus gibt es auch noch einige wichtige, allgemeingültige Einbauhinweise, die man ebenfalls beachten sollte. Diese allgemeinen Hinweise für die Montage des Turboladers stehen auf der Internetseite von BTS Turbo unter www.turboexperte.de zum Download zur Verfügung und liegen zudem jedem BTS-Ersatzturbolader bei.

Hier die Schritte im Einzelnen:

- Sicherstellen, dass der Ersatzturbolader zu dem betreffenden Motor passt. Die Installation eines falschen Turboladers kann den Lader und/oder den Motor beschädigen. Zudem verfällt die Garantie.
- Vor dem Einbau des neuen Turboladers unbedingt die Ursache für den ursprünglichen Turboladerausfall feststellen und beseitigen.
- Bei mechanischen Turboladerschäden das gesamte Ladeluftsystem inspizieren und reinigen. Luftfilterkasten aussau-

gen und Luftfilterelement ersetzen. Bei Spänen und Fremdkörpern Ladeluftkühler unbedingt ersetzen.

- Bei abgasseitigen Fremdkörperschäden Oxidationskatalysator beziehungsweise Dieselpartikelfilter, gegebenenfalls auch das Abgassammelrohr/den Abgaskrümmern erneuern.
- Motoröl, Ölfilter und Luftfilter in jedem Fall erneuern, idealerweise vor dem Einbau des neuen Laders, um eine Verschmutzung über den Ölkreislauf zu vermeiden.
- Sämtliche Dichtflächen auf Zustand und Planheit prüfen, gegebenenfalls nacharbeiten.
- Während der gesamten Einbauprozedur darauf achten, dass weder Schmutz noch Fremdkörper in den Turbolader und das Ladeluftsystem eindringen können. Schutzkappen während der Montage am Lader belassen, vor dem endgültigen Anschluss jedoch vollständig entfernen.
- Ölzu- und Ablaufleitungen grundsätzlich erneuern. Idealerweise verwendet man einen fahrzeugspezifischen Anbau- oder Montagesatz beziehungsweise ein komplettes „BTS Turbos Service Set“. Die übrigen Leitungen für Luft, Abgas, Kühlmittel, etc. genau kontrollieren und auf Dichtheit, Verschmutzung, Verstopfung und Beschädigung prüfen – und im Zweifelsfall ebenfalls ersetzen.
- Ladeluftschläuche und -Leitungen auf Dichtheit und Beschädigungen (interne Risse, Gewebebrüche, Aufquellungen!) prüfen, gegebenenfalls erneuern.
- Grundsätzlich alle Flanschdichtungen und Befestigungsschrauben erneuern.

Drehmomentangaben der Fahrzeugbeziehungsweise Turboladerherstellers beachten!

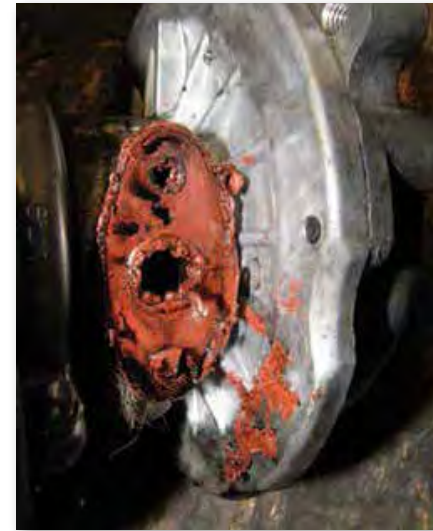
- Beim Anschluss der Ölleitungen keinesfalls flüssige Dichtmittel verwenden. Beim Ölzu- und Ablauf kann überschüssige Dichtmasse unbemerkt ins Lagergehäuse des Laders eindringen und Ölkanäle blockieren, so dass die betreffenden Lagerstellen nicht geschmiert werden – was schließlich zum Turbolader-Totalschaden führt. Rücklaufseitig dagegen kann überschüssige Dichtmasse den Querschnitt reduzieren und den drucklosen Rücklauf des Schmieröls in die Ölwanne verhindern. Darüber hinaus können losgelöste Dichtmassereste in den innermotorischen Ölkreislauf gelangen und an der Motormechanik nuschwerzu diagnostizierende Defekte verursachen.
- Kurbelgehäuseentlüftung prüfen, gegebenenfalls reinigen oder erneuern.
- Lagergehäuse des neuen Turboladers über die Ölzu- und Ablaufbohrung mit frischem Motoröl, besser mit dem mitgelieferten BTS-Additiv, befüllen und Läuferwelle einige Male von Hand durchdrehen, damit sich der Schmierstoff in den Lagerstellen verteilen kann.
- Nach Einbau des Turboladers den Motor mit unterbrochener Zündung/ Einspritzung so lange durchdrehen, bis sich im gesamten System der Öldruck aufgebaut hat. Anschließend Motor starten und zirka drei Minuten im Leerlauf laufen lassen, dann erst darf die Drehzahl erhöht werden. Während des Leerlaufs und nach der Probefahrt alle Anschlüsse und Dichtungen auf Dichtheit prüfen.



Auch wenn es sich beim Turbolader-Wechsel um eine simple mechanische Arbeit handelt, gilt es einige wichtige Punkte zu beachten. BTS hat deshalb fahrzeugspezifische Aus- und Einbau-Anleitungen mit Schaubildern, Anzugsmomenten, Arbeitswerten und Informationen zu Spezialwerkzeugen erarbeitet. Die Montaggeanleitungen lassen sich über die BTS-Identifikations-Nr., der dem Ersatz-Turbolader beiliegt, direkt von der Homepage herunterladen.



Die Ölu- und Ablaufleitungen spielen eine wichtige Rolle: sie müssen unbeschädigt und ungehindert durchgängig sein. Im Zweifelsfall sollte man sie ersetzen – idealerweise verwendet man einen fahrzeugspezifischen Anbausatz oder gleich das „BTS Turbo Service Set“.



Beim Anschließen der Ölleitungen darf man keinesfalls Dichtmasse verwenden. Die Montage erfolgt „trocken“. Überschüssiges Dichtmittel kann nämlich unbemerkt in das Lagergehäuse eindringen und dort die Ölkanäle blockieren.



Beim Einbau der Dichtung muss man auf die richtige Positionierung und Einbaulage achten. Andernfalls drohen Leistungseinbußen und Geräusche.

BTS
TURBO



Über die Ölzu- und Ablaufbohrung füllt man frisches Motoröl, besser noch das „BTS-Turbolader-Additiv“ ins Lagergehäuse und dreht die Läuferwelle einige Male von Hand, damit sich der Schmierstoff verteilt. Das verhindert, dass die Laderwelle bereits nach dem Erststart frisst.

Nebenschauplätze

Fällt ein Turbolader aus, ist in den seltensten Fällen ein Materialfehler oder betriebsbedingter Verschleiß daran schuld. Häufig liegt der eigentliche Grund für den „Turbolader-Tod“ in seinem Umfeld begründet. Wird die tatsächliche Ausfallursache beim Turbo-Tausch nicht erkannt und beseitigt, droht dem erneuerten Turbolader zwangsläufig ebenfalls ein Schaden. Meist gerät dann als erstes der erneuerte Lader in Verdacht. Deshalb ist es äußerst wichtig, auf der Suche nach der tatsächlichen Ursache auch das Turbolader-Umfeld genau zu checken. Nachfolgend einige solcher typischen – und nicht immer augenscheinlichen – „Nebenschauplätze“.

Leistungsmangel nach Turboladertausch – Beladungsgrenze des Dieselpartikelfilters (DPF) erreicht

Problem: Nach dem Einbau eines neuen Turboladers bemängelt der Kunde weiterhin einen Leistungsmangel des Motors. Der erneuerte Turbolader fällt im Extremfall nach kürzester Zeit wieder aus.



Ist der Dieselpartikelfilter (DPF) verstopft, erhöht sich der Abgasgegendruck. Dadurch kann Abgas in das Lagergehäuse eindringen und die Lagerstellen überhitzen – was zwangsläufig den sicheren „Turbo-Tod“ bedeutet.

Ursache: Dieselpartikelfilter (DPF) voll/verstopft, dadurch steigt der Abgasgegendruck zwischen Turbo und DPF und es kommt zum Leistungsabfall und Störungen im Fahrbetrieb – und zu einem verdichterseitigen Ölaustritt am Turbolader. Im Extremfall fällt der Turbo komplett aus, da die Abgase durch den stark erhöhten Abgasgegendruck in das Lagergehäuse eindringen und den Ölfilm an den Radiallagern des Laufzeugs verbrennen können. Zudem verschieben die eindringenden Abgase die Läuferwelle axial, wodurch das Axiallager äußerst schnell verschleißt.

Abhilfe: Turbolader ersetzen. DPF reinigen oder ersetzen. Motorperipherie (Abgasrückführung, Einspritzbild + Dichtigkeit der Injektoren, Rücklaufmengen, etc.) prüfen. Kunden ggf. auf problematische Einsatzbedingungen (extremer Stop-and-Go-Betrieb, überwiegend Kurzstrecken- oder Stadtverkehr, etc.) hinweisen.

BTS Experten-Tipp:

Eine stark verkockte Ölrücklaufleitung ist typisch für dieses Schadensbild. Beim Einbau eines neuen Turboladers – am besten noch vorher! – unbedingt immer auch den Beladungszustand des DPF feststellen. Hierzu ist ein geeignetes Diagnosegerät zum Auslesen der Istwerte (Differenzdruck, Abgas-Gegendruck, etc.) notwendig. Gegebenenfalls muss man eine manuelle Regeneration mit dem Diagnosegerät anstoßen und ausführen.

Abschließend sollte man bei einer Probefahrt unter Last den Abgasgegendruck manuell messen, etwa mit dem von BTS entwickelten Diagnosewerkzeugset MESS01, um andere Ursachen im Abgasstrakt und der Sensorik ausschließen zu können.

Abgasseitiger Fremdkörperschaden durch gebrochene Regelklappe des AGR-Kühlers

Problem: Kunde beklagt plötzlich eingetretenen, permanenten Leistungs-mangel, häufig verbunden mit „komischen“ (undefinierbaren) mechanischen Geräuschen. Im Fehlerspeicher des Motor-managements sind häufig Einträge wie „Laderdruck – Saugrohrdruck zu niedrig“ oder „Ladedrucksystem – Funktion fehlerhaft“ zu finden.



Der weiße Pfeil weist auf die tatsächliche Ursache des Turboladerschadens hin: ein Bruchstück der Regelklappe aus dem AGR-Kühler (kleines Bild). Da dieser unterhalb des Turboladers sitzt, gelangen beim Lastwechsel die Fragmente durch den Unterdruck im Abgaskrümmen zuerst in den Krümmer und anschließend in das Turbinengehäuse, wo sie die Leitschaufeln des Turbinenrads beschädigen.

Ursache: Die Regelklappe des AGR-Kühlers ist gebrochen. Bei harten Lastwechseln wird das Bruchstück in den Abgaskrümmen zurück geschleudert und gelangt schließlich durch das Turbinengehäuse in das Turbinenrad. Durch die Beschädigung der Gaseintrittskanten des Turbinenrads kommt es zum Leistungsabfall und zu Geräuschen.

Abhilfe: Turbolader ersetzen. Abgaskrümmen, AGR-Kühler und -Rohre sowie AGR-Ventil auf Beschädigungen und Bruchstücke untersuchen. Beschädigte Bauteile nach Herstellervorgabe erneuern.

Defektes Zweimassenschwungrad zerstört Turbolader

Problem: Läuferwelle des Turboladers weist trotz geringer Laufleistung vergleichsweise viel Spiel auf.

Ursache: Insbesondere bei Transportern mit längs eingebautem Motor kippt der Motor stark beim Anfahren und bei harten Lastwechseln (typisches Betriebsprofil bei Zustell- und Paketfahrzeugen!), wodurch die Dämpfung der hydrostatischen Lagerung nicht mehr ausreicht, um die Läuferwelle zu zentrieren und die Welle taumeln kann. Dadurch reißt der Schmierfilm immer wieder punktuell ab und es kommt zur Mischreibung – und damit zu einem Verschleiß. Ein schadhafte Zweimassenschwungrad (ZMS) und verschlissene beziehungsweise schadhafte Motor- und Getriebelager können diesen Effekt noch verstärken.

Abhilfe: Turbolader ersetzen. Zweimassenschwungrad sowie Motor- und Getriebelager auf Verschleiß und Schäden prüfen und im Schadensfall ersetzen.

Verdichterseitiger Fremdkörperschaden, weil sich Ansaugschläuche und Leitungen der Kurbelgehäuse-Entlüftung aufgrund von zu viel Blow-by-Gasen „innerlich“ auflösen.

Problem: Einzelne Schaufeln des Verdichterrads beschädigt (verbogen, abgebrochen).



Durch einen zu hohen Motorinnendruck oder wegen einer schadhaften Kurbelgehäuse-Entlüftung gelangen zu viel Blow-by-Gasen in den Ansaugschlauch vor dem Turbolader. Löst sich dieser dadurch „innerlich“ auf beziehungsweise trennen sich Innen- und Außenhaut, reduziert sich der freie Querschnitt und der Motor verliert Leistung. Darüber hinaus können sich Gummipartikel lösen und einzelne Luftschaufeln des Verdichterrads beschädigen.

Ursache: Aufgrund einer schadhaften Kurbelgehäuseentlüftung oder wegen eines fortgeschrittenen mechanischen Motorverschleißes erhöhten Kurbelgehäusedrucks gelangen vermehrt Öldämpfe, so genannte Blow-by-Gase, auf die Verdichterseite des Turboladers. Die heißen Gase greifen die Ladeluftschläuche an und weichen diese von innen her auf. In der Folge können sich von der Schlauchinnenseite kleine Gummipartikel lösen und über die Ansaugstrecke ins Verdichtergehäuse gelangen, wo sie auf das Verdichterrad treffen. Ein solcher weicher Gummipropfen kann einzelne Verdichterschaukeln verbiegen oder diese im Extremfall sogar abbrechen.

Abhilfe: Turbolader ersetzen, Ansaugschläuche prüfen und schadhafte ersetzen. Ladeluftsystem reinigen und Gummipartikel entfernen. Kurbelgehäuseentlüftung ersetzen und Kurbelgehäusedruck prüfen (z.B. mit „BTS Diagnosetool Turbolader“, siehe S. 14).

Modellspezifische Probleme

Bei manchen Fahrzeugmodellen gibt es auch modellspezifische Probleme. Diese sollte der Mechaniker kennen – und beseitigen. Ansonsten kann es zu einem erneuten Ausfall des Turboladers kurz nach der Reparatur kommen. Ein Beispiel dafür ist der Fiat Ducato (Typ 250) ab Bj. 2010 mit 2,3 JTD und 3,0 JTD-Motor (Euro 5).

Problem: Diverse Fehlerspeichereinträge im Motorsteuergerät. Motor geht in Notlauf beziehungsweise lässt sich zeitweise nur noch im Notlauf betreiben. Betroffen sind Fahrzeuge mit Garrett-Turboladern der Baureihen 806850-xxx (2,3 JTD) und 796122-xxx (3,0 JTD).

Ursache: Wasser tritt in die Unterdruckdose und den Positionsgeber des Turboladers ein und verursacht Schäden in den Komponenten, welche die Ansteuerung des Turboladers beeinträchtigen und zu den Fehlercodes führen. Das Wasser wird über die Belüftungsöffnung des Elektro-Pneumatischen Wandlers (EPW) angesaugt und gelangt beim Belüften der Unterdruckleitung in die Regeldose des Turboladers, wodurch es zur Korrosion kommt und der Geber dadurch ausfällt.

Abhilfe: Turbolader inklusive EPW ersetzen und Unterdruckleitungen reinigen. Um dauerhaft Abhilfe zu schaffen, müssen unbedingt auch die vom Hersteller vorgeschriebenen Servicemaßnahmen (u. a. Modifizierung des Wasserablaufs oberhalb des Motors), durchgeführt werden. Entsprechende Informationen gibt es beim Fiat-Vertragspartner.

Totalausfall des Turboladers aufgrund eines Bruchs der Verdichterrückwand beim Mercedes-Benz Sprinter (Typ 906) mit Motorcode OM651.

Problem: Turbolader fällt plötzlich aus, weil die Rückwand des Verdichtergehäuses bricht. Durch den schlagartigen Ausfall des 2-stufigen Turboladers kommt es häufig auch zu kapitalen Folgeschäden am Ladeluftkühler und den nachfolgenden Baugruppen.

Ursache: Der Turbolader sitzt direkt am Abgaskrümmter, der Ladeluftkühler dagegen auf der Fronttraverse. Aufgrund des längs eingebauten Motors kippt dieser bei jedem Lastwechsel mehr oder weniger stark. Diese Kippbewegung fangen die Gummi-Metall-Lager der Motoraufhängung ab. Ermüden die Lager mit der Zeit, vergrößern sich diese Kippmomente und das gesamte Aggregat senkt sich gegenüber dem Chassis ab. (Bei Fahrzeugen im Zustell- und Paketdienst sind die Lager aufgrund der vielen Lastwechsel extrem beansprucht!). Der kurze und steife Ladedruckschlauch kann den Relativ-Versatz und die vergrößerten Kippmomente des Motors jedoch nicht ausgleichen, wodurch es zur mechanischen Überbelastung der Bauteile und folglich zu einer Materialermüdung und zum Bruch kommt.

Wird das Fahrzeug darüber hinaus über längere Zeit mit einem schadhaften Zweimassenschwungrad (ZMS) betrieben, beansprucht dies die Motorlager ebenfalls über Gebühr, was genauso zu dem oben beschriebenen Schaden führt.

Abhilfe: Turbolader ersetzen. Motorlager erneuern. ZMS prüfen, ggf. ebenfalls ersetzen.

Qualität schafft Sicherheit

Als einer der führenden Anbieter von Abgasturbo ladern im freien Ersatzteilmarkt bietet BTS ein komplettes Lieferprogramm in Originalteile-Qualität. Das Sortiment enthält neue Werks-Turbolader aller wichtigen Originalhersteller sowie mit „BTS BLUE TURBO“ zusätzlich auch noch über ein breites Angebot an wiederaufbereiteten Ladern aus den Werksaustauschprogrammen der Originalhersteller sowie der hauseigenen BTS-Refabrikation speziell für die zeitwertgerechte Reparatur.

Bleibt ein Transporter wegen eines Turbo lader-Schadens liegen, ist Eile angesagt. Denn nur wenn das Fahrzeug schnellstmöglich wieder zurück auf der Straße ist, lässt sich damit wieder Geld verdienen. Dank einer leistungsfähigen Logistik und Lieferverträgen mit allen wichtigen Original-Turbolader-Herstellern gehört BTS zu den führenden Turbolader-Distributoren im freien Ersatzteilmarkt und kann schnell und kompetent Originalteile in Erstausrüsterqualität liefern.

Besser Original

Gerade bei Ersatz-Turbo ladern spielt die Qualität eine zentrale Rolle. Doch der anhaltende Turbolader-Trend bringt Gefahren und Risiken mit sich: Minderwertige Billig-Nachbauten und unfachmännisch aufbereitete Turbolader fragwürdiger Herkunft überschwemmen zunehmend den Markt. Allerdings können sich diese schnell als „Groschengrab“ erweisen – und richtig teuer werden.

Vergleichstests mit Original-Turbo ladern entlarven nämlich regelmäßig, dass Billig-Lader deutlich weniger Performance bringen und dadurch oft die Motorleistung

sinkt. Gleichzeitig treiben sie den Kraftstoffverbrauch sowie die Abgasemissionen in die Höhe. Im Extremfall kann ein solcher Billig-Lader sogar einen kapitalen Motorschaden verursachen. Darüber hinaus droht durch das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) aufgrund des völlig veränderten Abgas- und Emissionsverhaltens der Verlust der Allgemeinen Betriebserlaubnis (ABE) des Fahrzeugs.

Der Griff zum Qualitäts-Turbolader zahlt sich also in jedem Fall aus – nicht nur für den Transporter-Besitzer, sondern insbesondere auch für die Einbauwerkstatt: versagt nämlich ein Billig-Turbo aufgrund der hohen Belastungen nach wenigen Tausend Kilometern, zerstört dies meist auch die Kundenbeziehung.

Optimale Marktabdeckung

Als namhafter Turbolader-Spezialist führt BTS natürlich auch für Transporter ein breites Sortiment an Neu- und Werks-Turbo ladern in Originalteilequalität – und dies für nahezu alle Fahrzeugmodelle. Das Programm an Neuladern umfasst Produkte der Hersteller Garrett by Honeywell, BorgWarner (mit KKK und Schwitzer), Mitsubishi Turbocharger, Cummins Turbo Technologie (Holset), IHI Charging Systems International (CloverTurbo), CZ sowie Hitachi.

Und auch wenn es nicht unbedingt ein neues Ersatzteil sein muss, etwa für die zeitwertgerechte Reparatur, kann BTS mit den Austausch-Turbo ladern aus dem „BTS BLUE TURBO“-Programm eine passende Alternative liefern – und dies ebenfalls in Erstausrüsterqualität. Die wiederaufbereiteten Austausch-Turbo lader des „BTS BLUE TURBO“-Sortiments stammen sowohl aus

den Werkstauschprogrammen der Original-Turbo-Hersteller sowie der hauseigenen Refabrikation von BTS und sind so gut wie Neuteile – und dies bei gleicher Gewährleistung.

Ein eigener gut sortierter Lagerstock sowie der direkte Zugriff auf die Service-Lager der Original-Turbo lader-Hersteller garantiert dabei eine hohe Lieferfähigkeit und schnelle Lieferung.

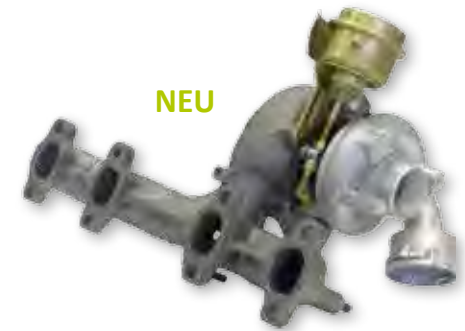


„BTS BLUE TURBO“ steht für:

- OE-Qualität durch industrielle, hochwertige Refabrikation,
- wiederaufbereitete Austausch-Turbo lader – „so gut wie neu“ und mit gleicher Gewährleistung,
- Wirtschaftlichkeit – speziell für die zeitwertgerechte Reparatur,
- Umweltschutz und Ressourcenschonung.



Wirtschaftlichkeit, Umweltschutz und Ressourcenschonung kennzeichnen die fachgerechte Wiederaufbereitung, auch Remanufacturing oder kurz Reman genannt. Austausch-Turbo lader in Erstausrüsterqualität sind eine interessante und wirtschaftlich sinnvolle Alternative zur zeitwertgerechten Reparatur.



Aus alt mach neu: Tauscherturbo lader aus dem „BTS Blue Turbo“-Sortiment sind so gut wie Neuteile – bei gleicher Gewährleistung. Die Aufbereitung erfolgt nach industriellen Standards und mit Original-Ersatzteilen.



Technik Ratgeber



BTS GmbH

Paradeisstraße 56
D-82362 Weilheim

Tel.: + 49 881 627-300
Fax: + 49 881 627-311

Web: www.bts-turbo.com

BTS Turbo GmbH

Dr.-Franz-Werner-Straße 30
A-6020 Innsbruck

Tel. : +43 512 214 220
Fax: +43 512 214 220-30

Mail: info@bts-turbo.com