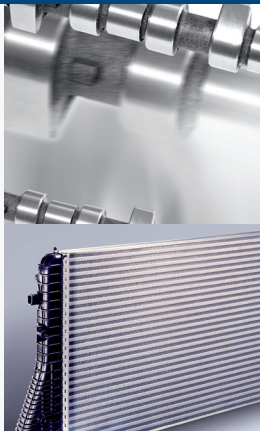


BTS Technik Ratgeber



Band 3 - Werkstattpraxis, Turboschäden

www.bts-turbo.de



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.

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 Tellerand“, 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.

Inhaltsverzeichnis

Inhalt:	Seite
Vorwort	2
Inhaltsverzeichnis	2
Duale Diagnose	3
Sonderfall VTG	4
Der Ladedruckkreis	5
Ventile im Ladedruckkreis	6
Ladedruckprobleme	7
Nebenschauplätze	9
BTS-Expertentipp	11
Impressum	11



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 Defektursache. 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 Prüfablauf 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:

Turbolader mit variabler Turbinengeometrie

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 zurück gegeben.

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;
- 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:

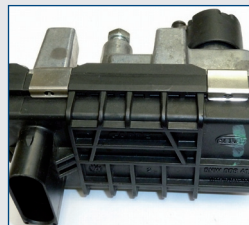
- Defekte elektropneumatische Ventile (Steuerdose, Druckwandler, Versteller der VTG);
- Ein defekter elektrischer Ansteller der VTG;
- Leckagen im Unterdrucksystem (Schläuche, Leitungen, Ventile);
- Eine schadhafte Unterdruckpumpe (defekt/bringt zu wenig Leistung) bei Diesel-Motoren;
- Ein schwergängiger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

Diagnose:

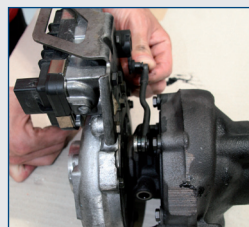
- Fehlerspeicher auslesen;
- Ansteuerung und Tastverhältnis der Steuerdose prüfen (Istwert-Auslese mit Diagnosetester, PWM-Signal mit Oszilloskop (siehe Seite 7), Spannung/Masse mit Multimeter);
- VTG-Verstellmechanismus auf Freigängigkeit prüfen: Beim Verschieben der Betätigungsstange von Hand/mit Hilfe 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.

Ständig unter Druck:

Die Ladedruckregelung

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.**

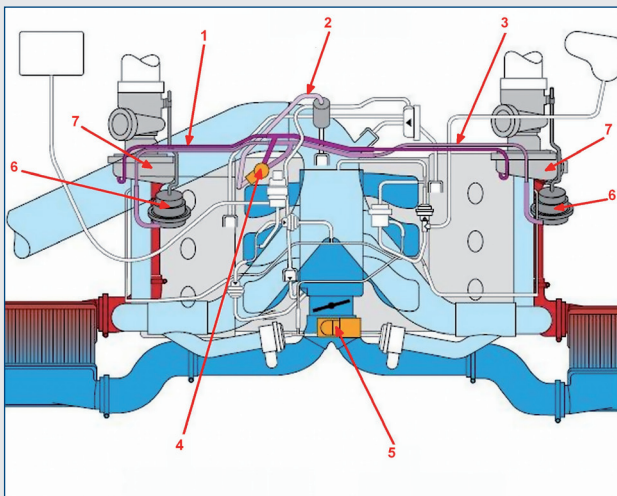
Mit einer rein mechanischen Regelung des Ladedrucks (LD) wäre dies schon seit langem nicht mehr zu bewerkstelligen. Moderne Turbomotoren – sowohl Otto- als auch Dieselmotoren – verfügen daher über eine elektronische LD-Regelung. Gegenüber einer rein pneumatischen Regelung, die lediglich den Vollast-Ladedruck 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 klappengesteuertes 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 Ladedruckregelung 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 Abgasmassenströmen 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!).



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

Schalten und walten:

Die Ventile im Ladedruckkreis

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 da 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.

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 Leitschaufeln bei Turboladern mit variabler Turbinengeometrie (VTG) sowie die Ansteuerung von Ventilen der Abgas-

rückführung (AGR). EPW werden durch ein pulsweitenmoduliertes Signal (siehe Infokasten „Pulsweitenmodulation“ auf S. 7) vom Motorsteuergerät angesteuert.

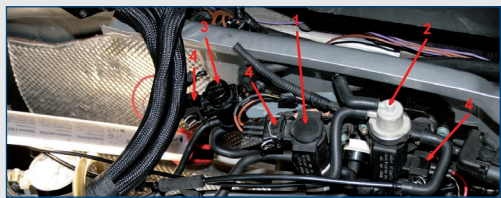
Diagnose:

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-Scantool 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 Multimeter 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.



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.



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

Ladedruckprobleme I

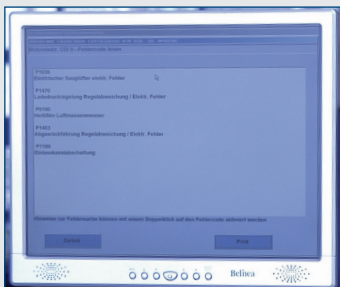
Die Regelung des Ladedrucks erfolgt bei modernen Turbomotoren elektronisch über das Motormanagement. Zu den Haupteingangssignalen des Motorsteuergeräts gehören unter anderem Ladedruck, Drosselklappenstellung und Klopfneigung. Übliche Korrekturgrößen sind Ansauglufttemperatur, Motor-temperatur, Drehzahl 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“ minutschnell 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 elektronischen 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.



Ladedruckprobleme II

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:

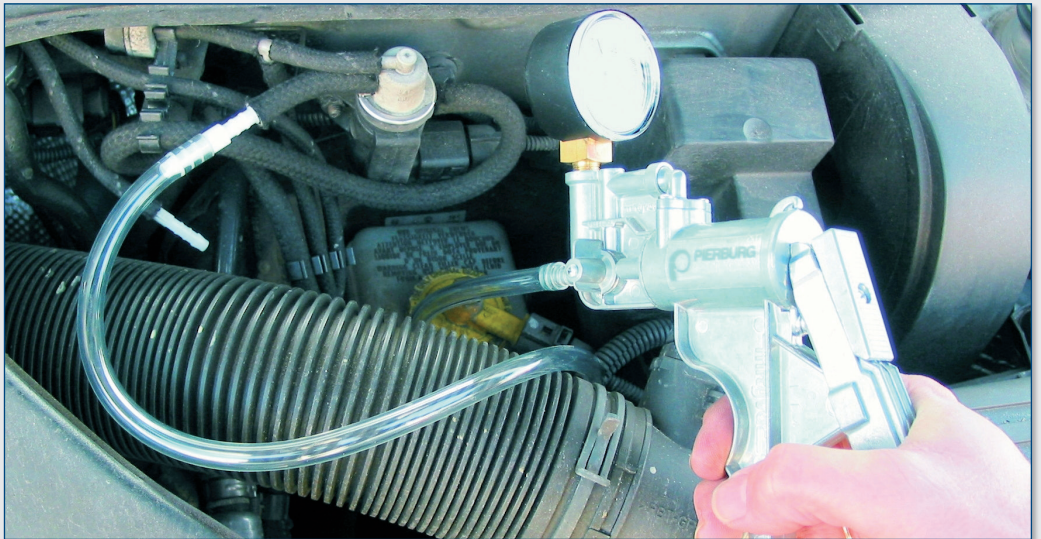
- Fehlerspeicherauslese;
- Istwert-Auslese;
- Signalbild mit dem Oszilloskop prüfen;
- Unterdruckschläuche prüfen.

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 Unterspeicher 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 I

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.

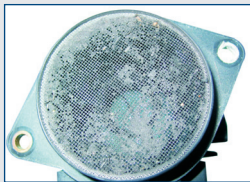
Luftmassenmesser

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 Multi-meter (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 (Spannungsversorgung, Tastverhältnis);
- Stellgliedtest durchführen;
- Unterdruckanlage auf Dichtheit prüfen;
- AGR-Ventil abbauen und auf Ablagerungen prüfen.

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 Umflutventil eingesetzt. Dabei handelt es sich entweder um ein saugrohrgesteuertes Umflutventil (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“.

Nebenschauplätze II

Ladeluftanlage:

Werden ein schlechtes Ansprechverhalten, mangelnde Leistung und unrunder Motorlauf beanstandet, können marode und 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 Simmerringen 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.

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.

„Unprofessionelles Tuning“/Manipulation

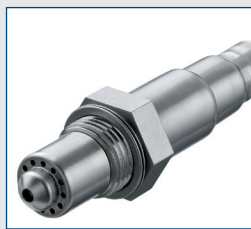
Weist die Istwert-Auslese einen zu geringen oder einen zu hohen Ladedruck aus, kann eine verstellte Verbindungsstange zwischen der Membrandose der Steuerdose und der Regelstange des Turboladers die Ursache sein. Bei einem zu geringen Ladedruck ist vielfach eine gelöste Kontermutter schuld. Ist der gemessene 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.



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.



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

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 Laufleistung 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.

Da es sich häufig um Motoren mit hohen Laufleistungen handelt, sind viele Werkstattfachleute versucht, die Rußrückstände und Verharzungen mit Werkstattchemie zu beseitigen, um dem Kunden kostengünstig weiterhelfen zu können. Dass dies mit spezieller Werkstattchemie möglich sein soll, versprechen zumindest die Anbieter solcher Mittel. Die angebotenen Produkte – teils zum Beimischen in den Kraftstoff, teils als Sprühschaum, oder als so genannte „professionelle Reinigungssysteme“ – erzielen jedoch kaum zufriedenstellende Ergebnisse. Dies haben Versuche von BTS bewiesen.

Getestet wurden verschiedene Produkte gemäß der Anweisungen des Chemieherstellers an ausgebauten Turboladern mit verkokter VTG. Obwohl exakt nach Gebrauchsanweisung angewandt, war das Gesamtergebnis der Reinigungsaktion gleich Null. Die eingesetzte Reinigungschemie war weder in der Lage, Ruß- oder Ölschlammablagerungen zufriedenstellend zu entfernen, noch die Freigängigkeit des VTG-Mechanismus wieder herzustellen oder die Ursache für die Schwergängigkeit

beseitigen. Angesichts des geringen Reinigungseffekts ist daher anzunehmen, dass es nach kurzer Zeit zu einer erneuten Fehlfunktion des VTG-Mechanismus kommt.

Der ohnehin in solchen Fällen fällige Ersatz des Turboladers hat sich damit zeitlich nur verzögert – zu Lasten des Kunden. Denn dieser hat die Kosten einer solchen fragwürdigen „Reinigung“ – der Demontageaufwand ist modellabhängig zum Teil erheblich – zusätzlich zum erforderlichen Turbotausch zu tragen. Zudem können sich eventuell gelöste Rückstände am tiefsten Punkt des Drallkanals im Turbinengehäuse sammeln und beim Starten des Motors losgerissen werden. Im Extremfall kann dies die Turbinenradschaufeln zerstören. Auch ein Verstopfen des AGR-Ventils oder des Rußpartikelfilters durch gelöste Partikel ist nicht auszuschließen.

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 Ölablagerungen 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.



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
TURBO

BTS GmbH
Paradeisstraße 56
D-82362 Weilheim

Tel.: +49(0)881 627300

Fax: +49(0)881 627311

E-Mail: info@bts-turbo.de

Internet: www.bts-turbo.de

Ein Unternehmen der **bauer** Gruppe