

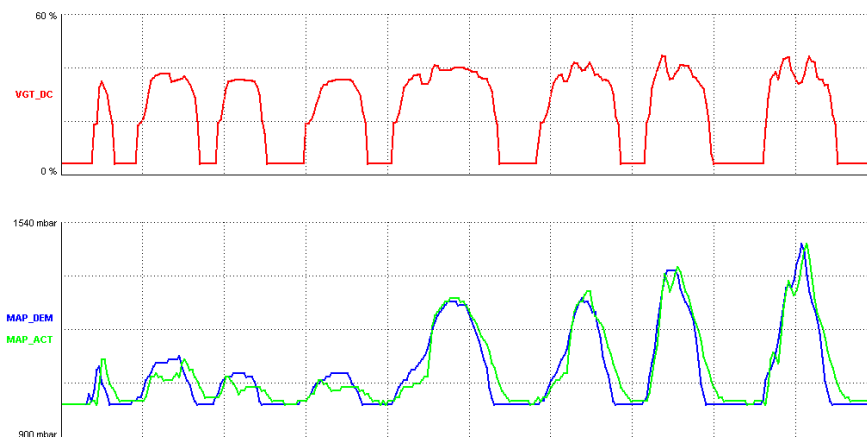
Die Turboaufladung für Verbrennungsmotoren ist ein relativ einfacher Weg zu mehr Leistung und weniger Verbrauch. Ab und zu versagen sie jedoch den Dienst, was vielerlei Ursachen und Folgen haben kann. Daher ist es für die Werkstatt wichtig, genau über Aufbau, Funktion und mögliche Fehler Bescheid zu wissen.

### Fehlersuche mit System

Symptome für einen defekten Turbolader sind meist eine mangelhafte Motorleistung und zu geringe Endgeschwindigkeit. Aber auch Blau- oder Schwarzrauchentwicklung, übermäßig hoher Ölverbrauch oder Geräusche deuten auf Schäden am Ladesystem hin. Um den Turbolader zweifelsfrei als den Verursacher dieser Beanstandungen zu ermitteln, sind vorab einige wichtige Überprüfungen vorzunehmen.

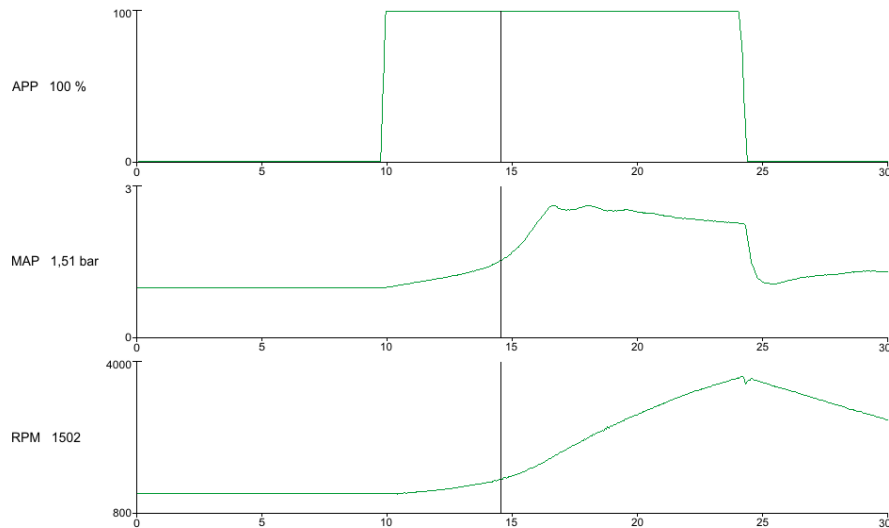
Zuerst müssen eventuell abgelegte Fehlercodes im Motorsteuergerät abgearbeitet und deren Fehlerursachen behoben werden. Nur wenn das gesamte Motorumfeld ohne Fehler ist, hat eine Fehlersuche am Turbolader auch Erfolgsaussichten. Der nächste Prüfschritt ist das Prüfen des Ladedrucks mit Hilfe eines Soll-Ist-Vergleichs während einer Probefahrt. Hier bieten die meisten Diagnosetester die Möglichkeit, den aktuellen Ladedruck mit in Kennfeldern hinterlegten Sollwerten zu vergleichen (**Bild 1**). Auch das Prüfen des Ladedrucks mit dem Manometer ist eine Möglichkeit.

### Bild Decoster



**Bild 1** Die Testfahrt mit angeschlossenem Diagnosetester ermöglicht einen aussagekräftigen Vergleich von Soll- und Istwerten des Ladedrucks. MAP\_DEM = erforderlicher Ladedruck, MAP\_ACT = gemessener Ladedruck, VGT\_DC = Ansteuerung des elektrischen Stellmotors.

Bietet der Diagnosetester keinen Soll-Ist-Vergleich an, sollte man die Funktion des Turboladers wie folgt prüfen. Das Fahrzeug im dritten Gang bei etwa 1200 1/min fahren und anschließend, nach Möglichkeit an einer Steigung, das Fahrpedal voll durchtreten. Am Messwertaufnehmer kann man das gleichzeitige Ansteigen der Motordrehzahl und des Ladedrucks beobachten (**Bild 2**).



**Bild 2** Bei voll durchgetretenem Fahrpedal (APP), stiegen Motordrehzahl (RPM) und Ladedruck (MAP) parallel an.

Im Allgemeinen geht man davon aus, dass ein Turbolader mit variabler Turbinengeometrie bei einem Dieselmotor den Absolutdruck von 1,5 bar bei ungefähr 1500 1/min erreichen muss und den Maximalwert bei ungefähr 2000 1/min. Werden diese Druckwerte erreicht, können Sie davon ausgehen, dass der Turbolader und der Ladedruck-Sensor im Ansaugkrümmer einwandfrei arbeiten.

Werden jedoch diese Richtwerte nicht erreicht oder bei einer zu hohen Drehzahl erreicht, weist dies auf ein mechanisches Problem des Turboladers, ein Steuerungsproblem des Turboladers oder auf eine Störung des Ladedruck-Sensors hin.

Vor allem sollte man darauf achten den Turbolader nicht durch eine Fehldiagnose voreilig als Verursacher für den Leistungsmangel verantwortlich zu machen. Bei einem zu niedrigen Ladedruck erhält der Motor zu wenig Frischluft. Das Motorsteuergerät nimmt zur Schwarzrauchbegrenzung die Einspritzmenge zurück. Deshalb ist eine ordentliche Prüfung der Ladeluftstrecke (Dichtungen, Ladeluftkühler, Schläuche bzw. Rohre) und der Auspuffanlage (zu hoher Staudruck) vonnöten.

**Hinweis:** Der Ladedruck kann auch zu hoch ansteigen. Die meisten heutigen Motormanagementsysteme reagieren darauf, indem sie weniger Kraftstoff einspritzen und die Drehzahl begrenzen um Schäden am Motor oder am Turbolader zu vermeiden. Das System ist dann im Notlauf.

### Ladedruckregelung als mögliche Fehlerursache

Die Ladedruckregelung ist oft auch eine mögliche Ursache für einen Einbruch der Motorleistung. Deshalb ist vor einem zu schnellen Austausch des Turboladers der gesamte Regelkreis zu überprüfen – vom Ladedruck-Sensor bis zum Ladedrucksteller.

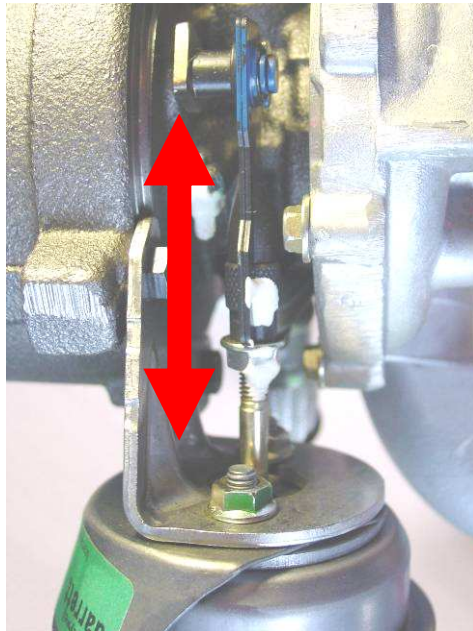
Eine Fehlfunktion des Ladedruck-Sensors wird im Regelfall im Fehlerspeicher abgelegt. Der Ladedruck-Sensor sollte vor allem auf Verschmutzung durch Ruß geprüft werden und entsprechend gereinigt werden. Bei Zweifel ob der der Ladedruck-Sensor einwandfrei funktioniert, hilft der probeweise Austausch des Sensors.

**Hinweis:** Die Plausibilität des angezeigten Messwerts des Ladedruck-Sensor kann auf einfache Weise geprüft werden indem man den gemessenen Wert beim Einschalten der Zündung mit dem Atmosphärendruck vergleicht. Die meisten Motorsteuergeräte besitzen einen integrierten Luftdruck-Sensor mit dem man die beiden Messwerte vergleichen kann.

Vertauschte, defekte oder nicht aufgesteckte Schlauchanschlüsse der Unterdrucksteuerung, eine defekte Unterdruckpumpe oder ein undichter Unterdruckspeicher können auch ein Grund für Fehlfunktionen sein. Die Funktion des Magnetventils für die Ladedruckregelung oder des elektrischen Stellmotors lässt sich mit Hilfe des Stellgliedtests oder durch Drehzahlveränderung einfach ermitteln (**Bild 3**). Undichte Unterdruckleitungen, ein fehlerhaft arbeitendes Ladedruckregelventil oder schwergängige Betätigungshebel am Turbolader lassen sich so schnell ausfindig machen. Ist der Ladedrucksteller in Ordnung und freigängig, was sich beispielsweise auch mit einer Unterdruckpumpe einfach prüfen lässt, kommen Undichtigkeiten im Bereich der Zuluftwege oder Verstopfungen im Abgasstrang als mögliche Ursache außerhalb des Turboladers in Frage. Wenn sich hier kein Fehler findet, ist wahrscheinlich der Turbolader der Verursacher für den Leistungsmangel.

**Hinweis:** Prüfen Sie die Zuluftwege auf eventuelle Undichtigkeiten mit Hilfe eines Arbeitskollegen, den Sie bitten Gas zu geben um den Luftkreis unter Druck zu setzen, eventuell machen sich Undichtigkeiten durch Pfeiferäusche bemerkbar. Achten Sie vor allem auf die Anschlüsse der Verbindungsschläuche (da sie sich manchmal lösen) und auf die Stellen an denen die Metallleitungen geschweißt sind. Ein Anzeichen für eine Undichtigkeit kann der Ölaustritt an der entsprechenden Stelle sein.

#### Bild Decoster



**Bild 3** Bei einigen Fahrzeugen kann über einen Stellgliedtest, die Bewegung des Gestänges für die Ladedruckregelung visuell geprüft werden. Dabei auf ruckfreie Bewegung achten.

#### Schäden am Turbolader

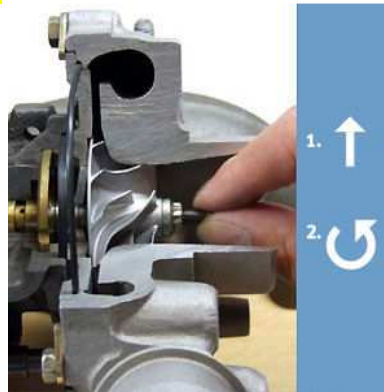
Sind Störungen im Umfeld des Abgasturboladers ausgeschlossen, wird die Fehlfunktion am Turbolader selbst liegen. Die genauere Diagnose von Turboladerschäden ist oft nur durch Demontage und der darauf folgenden Begutachtung aller Einzelteile zu erstellen. Die sechs häufigsten Probleme am Abgasturbolader sind:

- Ölverlust,
- Ölmangel,
- verschmutztes Öl bzw. schlechte Ölqualität = Verstopfung durch Schwarzschlamm,
- Fremdkörper im Verdichter,
- Fremdkörper in der Turbine,
- Geräusche, manchmal nur sporadisch auftretend.

### Spiel an der Läuferwelle

Wegen der schwimmenden Lagerung der Läuferwelle, muss ein bestimmtes Spiel im Bereich der Läuferwelle vorhanden sein. Axial ist das Spiel kaum spürbar, radial ist das Spiel jedoch deutlich zu fühlen. Die Spaltmasse zwischen den Schaufelrädern und dem Endgehäuse betragen im Umlauf etwa 6/10 mm. Zur Prüfung ist die Welle an der Verdichterradmutter leicht anzuheben. Nun die Welle drehen und beobachten, ob Schleifgeräusche oder Drehwiderstände festzustellen sind (**Bild 4**). Ist bei der Radialprüfung ein Schleifgeräusch oder ein Drehwiderstand festzustellen, muss der Turbolader erneuert werden. Hat die Welle kein Spiel, ist das ebenfalls als Fehler zu werten, der durch verkoktes Öl hervorgerufen wird.

Bild MS Motor Service



**Bild 4** Zum Prüfen der Lagerung wird die Läuferwelle an der Mutter des Verdichterrads leicht angehoben (1). Beim Drehen (2) der Welle darf kein Schleifgeräusch zu hören oder Druckwiderstand feststellbar sein.

### Ölverlust

Wie jede hochdrehende, schmierungsbedürftige Maschine verbraucht auch der Turbolader etwas Öl. Bei geringer Menge ist das normal und nicht zu beanstanden. Abgasturbolader werden abhängig von der Anwendung mit Drücken zwischen 1 und 10 bar vom Ölkreislauf des Motors mit Öl versorgt. Im Bereich der Lagerung läuft das Motoröl dann wieder drucklos, also nur noch durch die Schwerkraft in die Ölwanne des Motors zurück.

Gründe für überdurchschnittlichen Ölverlust des Turboladers sind:

- Stark verschmutzte Luftfilter mit der Folge zu geringen Luftmassendurchsatzes,
- Kurbelgehäuseentlüftung oder Ölrücklaufleitung verstopft oder verengt,
- Motorölstand zu hoch.

Ist das Druckgleichgewicht im System gestört, führt das manchmal zu überhöhtem Ölverlust, ohne dass ein Defekt am Turbolader vorliegt. In solchen Fällen sind der Luftfilter und alle Verbindungen zum Abgasturbolader zu prüfen. Weitere Ursache kann ein Defekt im System zur Ladluftkühlung sein.

**Hinweis:** Jeder Turbolader befördert geringe Ölmengen in die Ansaugluftwege. Ein leichter Ölfilm am Verdichterausgang ist daher unbedenklich.

### Fremdkörper in der Turbine

Beschädigungen an den mit enormen Drehzahlen rotierenden Teilen (bis ca. 300.000 1/min) führen zu Unwuchten im Laufzeug und damit zum schnellen Ausfall des Laders. Selbst kleine Schmutzpartikel können das Turbinen- oder Verdichterrad irreparabel zerstören. **(Bild 5)**.



**Bild 5** Zerstörte Turbinenschaufeln. Links, die Oberkante des Verdichterrades ist vom Fahren ohne Luftfilter stark aufgeraut. Mitte, sich ablösende Gummipartikel aus dem Saugrohr haben die Schaufeln an den Spitzen deformiert. Rechts, ein harter Fremdkörper, möglicherweise eine Schraube oder Unterlegscheibe, haben das Verdichterrad abgeräumt.

**Hinweis:** Bei zerstörten Turbinenschaufeln ist davon auszugehen, dass der Ladeluftkühler durch eingedrungene Metallspäne ebenfalls betroffen ist. Um folgeschwere Motorschäden zu vermeiden sollte der Ladeluftkühler in solchen Fällen stets getauscht werden.

### Pfeifgeräusche

Wenn der Abgasturbolader ein Pfeifen von sich gibt, deutet das auf eine Unwucht hin, die zumeist von einer beschädigten Schaufelspitze herrührt. Hier wirkt sich schon die kleinste Unwucht deutlich aus: Abgasturbolader sind ab Werk auf 5 mg genau ausgewuchtet.

### Fehlersuche leicht gemacht

BorgWarner Turbo Systems hat eine Diagnose-Matrix für Dieselmotoren entwickelt (**Tabelle 1**), die mögliche Ursachen beschreibt, wenn sich Störungen am Motor bemerkbar machen. Denn oft ist ein defekter Turbolader nur Folge eines anderen Schadens, der durch den Austausch des Laders nicht behoben werden kann.

Verdichter-/Turbinenrad defekt	Leistungsmangel/Ladedruck zu niedrig	Ladedruck zu hoch	Schwarzrauch	Blaurauch	Turbolader erzeugt Geräusche	Hoher Ölverbrauch	Ölleckage am Verdichter	Ölleckage an der Turbine	Mögliche Fehlerursachen
	●		●	●		●	●		Luftfilteranlage verschmutzt
	●		●		●				Saug- und Druckleitung deformiert oder undicht
	●		●	●	●	●	●		Abgasanlage hat zu hohen Strömungswiderstand/Undichtigkeiten vor Turbine
				●		●	●	●	Ölzu- und -ableitungen verstopft, undicht oder deformiert
				●		●	●	●	Kurbelgehäuseentlüftung verstopft und deformiert
				●		●	●	●	Lagergehäuse des Turboladers verkocht, verschlamm
	●	●	●						Kraftstoffanlage/Einspritzanlage defekt oder falsch eingestellt
	●		●	●		●	●	●	Ventilführung, Kolbenringe, Motor oder Zylinderlaufbuchsen 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 Ölversorgung des Turboladers

## Tabelle 1 Störungen am Turbolader und ihre Ursachen.

### Einbaufehler vermeiden

Muss der Turbolader erneuert werden, sollten die Einbauhinweise der Fahrzeug- bzw. Turboladerherstellers beachtet werden um eine Zerstörung oder eine Fehlfunktion des neuen Turboladers zu vermeiden.

- Vor Einbau des neuen Turboladers sollte die Ausfallursache des alten Turboladers festgestellt und beseitigt werden.
- Bei mechanischen Schäden am Turbolader, auch den Ladeluftkühler erneuern.
- Die gesamten Zu- und Ableitungen (Öl, Luft, Abgas, evtl. Wasser) einer genauen Kontrolle auf Dichtheit, Verschmutzung und Verstopfung unterziehen. Im Zweifelsfall sind diese zu erneuern.
- Kurbelgehäuseentlüftung prüfen.
- Motoröl und Ölfilter sollten auf jeden Fall erneuert werden.
- Vor Einbau des Turboladers mindestens 20 ml Spezialöl oder frisches Motoröl in die Zulaufbohrung füllen, dabei den Läufer manuell etwas drehen (**Bild 6**).
- Grundsätzlich alle Flanschdichtungen und Befestigungsschrauben erneuern.
- Beim Anschluss der Ölleitungen nie flüssige Dichtmittel verwenden.
- Nach Einbau des Turboladers den Motor starten und ca. 2 bis 3 Minuten im Leerlauf drehen lassen, bevor die Drehzahl erhöht wird. Während des Leerlaufs alle Anschlüsse und Dichtungen prüfen.

**Bild MS Motor Service**



**Bild 6** Turbolader-Anbausatz bestehend aus Dichtungen, die für den Einbau des Turboladers benötigt werden sowie eine Spritze mit Öl zur Erstbefüllung des Turboladers.

## **KASTEN**

### **Prüfungsaufgaben**

1. Wie erfolgt eine einfache Prüfung des Abgasturboladers in der Kfz-Werkstatt?
2. Welche Probleme können im Bereich des Abgasturboladers auftreten?
3. Was ist vor dem Einbau eines neuen Turboladers unbedingt zu beachten?
4. Weshalb sollte auch beim Einbau eines neuen Turboladers die Kurbelgehäuseentlüftung geprüft werden?
5. Durch welche Fremdkörper kann die Turbine des Laders zerstört werden?
6. Warum darf zum Abdichten der Ölleitung kein flüssiges Dichtmittel verwendet werden?

### **Antworten**

1. Zur relativ einfachen Prüfung des Turboladers wird die Welle an der Befestigungsmutter des Verdichterrades leicht angehoben und gedreht. Entsteht dabei ein Schleifgeräusch oder ein Drehwiderstand, ist der Abgasturbolader höchstwahrscheinlich defekt oder kurz vor dem Ausfall.
2. Die häufigsten, folgenreichen Probleme am Abgasturbolader sind Ölverlust, Ölmangel, verschmutztes Öl, Fremdkörper im Verdichter oder in der Turbine.
3. Vor dem Einbau eines neuen Turboladers muss unbedingt die Ölzulaufleitung auf einwandfreie Funktion geprüft werden.
4. Ist die Kurbelgehäuseentlüftung (Ölabscheider) blockiert, führt dies zu einem zu hohen Druck im Bereich Ölwanne/Kurbelgehäuse. Dies wiederum behindert den Rücklauf des Öles aus dem Turbolader und führt in Folge zum Ölverlust am Turbolader in Richtung Verdichter und/oder Turbine, ohne dass ein Fehler am Turbolader selbst vorliegt.
5. Durch Teile aus dem Motor oder Ansaugbereich, z.B. Ventilbruchstücke oder Gummiteile, kann die Turbine des Laders zerstört werden.
6. Überschüssiges flüssiges Dichtmittel in der Ölleitung birgt Verstopfungsgefahr und damit zu geringe Ölversorgung mit Folgeschäden.