

**MAHLE**

*Driven by performance*

# **TURBOLADER:** SCHADENSBILDER, URSACHEN UND VERMEIDUNG

Technische Information

AFTERMARKET





# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Vorwort</b>	4
<b>2</b>	<b>Schmierungsmangel</b>	6
<b>3</b>	<b>Verunreinigtes Öl</b>	8
<b>4</b>	<b>Ölaustritt am Turbolader</b>	10
<b>5</b>	<b>Fremdkörperschaden</b>	12
<b>6</b>	<b>Schäden durch zu hohe Abgastemperaturen</b>	13
<b>7</b>	<b>Überdrehzahlen</b>	14

# 1 Vorwort

MAHLE ist einer der bedeutendsten Entwicklungspartner und Hersteller von Motorkomponenten und -systemen sowie Filtersystemen in der Automobilindustrie. Die Ingenieure von MAHLE entwickeln gemeinsam mit den Motoren- und Fahrzeugherstellern weltweit Produkte von höchster Qualität. Dieselben hohen Qualitätsrichtlinien kommen auch bei den Ersatzteilen für den Aftermarket zum Einsatz.

Vielfache Kontrollen während und nach der Fertigung sichern das hohe Qualitätsniveau der MAHLE Produkte. Sollte es im Praxisbetrieb einmal zu Ausfällen kommen, liegen die Ursachen zumeist im motorischen Umfeld.

## **TURBOLADER – DAS AGGREGAT**

Turbolader werden zur Leistungssteigerung und Optimierung der Verbrennung eingesetzt. Für eine gute und vollständige Verbrennung im Motor ist ein Mischungsverhältnis von 1 kg Kraftstoff und ca. 15 kg Luft notwendig (stöchiometrisches Kraftstoffverhältnis). Diese Luftmenge entspricht etwa 11 m<sup>3</sup>. Bei der Aufladung wird die Dichte der Ansaugluft erhöht und damit die Luftmenge vergrößert.

Durch die Aufladung wird der Füllungsgrad und somit der Wirkungsgrad des Verbrennungsmotors deutlich verbessert. Darüber hinaus kann das Drehmoment deutlich angehoben werden, wodurch eine Leistungssteigerung erzielt werden kann. Der im Vergleich zum Saugmotor leistungsgleiche turboaufgeladene Motor kann also mit kleinerem Hubraum und daher geringerem Gewicht ausgelegt werden (Downsizing).

Das Herzstück des Turboladers ist das Laufzeug, bestehend aus Turbinenrad mit Welle und Verdichterrad. Das Turbinenrad befindet sich an der Abgasseite. Es ist fest mit der Welle verbunden, z. B. durch Reibschweißverfahren oder Laserschweißen. Das Verdichterrad ist am anderen Ende der Läuferwelle montiert, zumeist durch Verschraubung.

Der Abgasstrom aus dem Motor wird durch die Turbine geleitet. Dadurch wird das Turbinenrad in eine schnelle Drehbewegung versetzt, die das Verdichterrad antreibt. Die Turbinendrehzahl ist von Bauart und Abgasmenge abhängig. In kleinen Turboladern erreicht das Laufzeug bis zu 300.000 U/min. Um den Turbolader und den Motor nicht zu zerstören, wird der maximale Ladedruck meist über eine Ladedruckregelung begrenzt.

## **TURBOLADER-TAUSCH: DARAUf KOMMT'S AN**

Konstruktiv und funktional wird ein Turbolader auf die Lebensdauer des Motors ausgelegt. In der Praxis jedoch sind die Hochleistungskomponenten im Abgasstrang diversen Risikofaktoren ausgesetzt, die zum vorzeitigen Ausfall führen können.

Voraussetzung für eine erfolgreiche Reparatur sind die Analyse und das Beheben der Ausfallursache. Erfolgt dies nicht, besteht die Gefahr, dass der neue Turbolader nach kurzer Zeit wieder ausfällt.

In dieser Broschüre wurden typische Schadensbilder zusammengestellt und deren mögliche Ursachen beleuchtet. Ergänzt werden diese Informationen mit Tipps zur künftigen Vermeidung solcher Schäden.

Damit wollen wir der Werkstatt und dem Motoreninstandsetzer die Suche nach möglichen Schadensursachen erleichtern und zu einer fachgerechten Motorenreparatur beitragen, die wiederum Voraussetzung für eine lange und zuverlässige Funktion unserer Produkte und damit des gesamten Motors ist.

## 2 Schmierungsmangel

Schmierungsmangel zählt zu den häufigsten Ausfallursachen eines Turboladers. Wird der Turbolader mit zu wenig Öl versorgt, tritt der Schaden innerhalb kürzester Zeit ein. Grund hierfür sind die sehr hohen Drehzahlen des Turboladers.

### AUSWIRKUNGEN

- Das Verdichter- und das Turbinenrad können aufgrund eines Lager Schadens am Turboladergehäuse anschlagen (Abb. 1). Erkennbar ist dies an den Anlaufspuren am Gehäuse (Abb. 2).
- Ist der Turbolader-Ladedruck zu gering, weist der Motor einen Leistungsmangel auf: Das Laufzeug erreicht nicht mehr die maximale Drehzahl und kann dadurch nicht mehr den vollen Ladedruck aufbauen. Ursache hierfür ist die durch den Schmierungsmangel bedingte Mischreibung.
- Aus der Abgasanlage kommt schwarzer Rauch. Dies sind die Auswirkungen einer Unterversorgung des Motors mit Luft und eines entsprechend zu fetten Kraftstoff-Luft-Gemisches.
- Der Wellenschaft weist eine deutliche Verfärbung auf (Abb. 3). Diese entsteht durch Reibung und resultierenden hohen Temperaturen zwischen der Welle und den Lagern. Ursache ist Schmierungsmangel. Überschreitet die Temperatur einen bestimmten Wert, kommt es zum Aufschweißen des Lagermaterials auf die Welle (Abb. 4) oder gar zum kompletten Verschweißen der Lagerbuchse mit der Welle.
- Ein gebrochener Wellenschaft (Abb. 5) ist die Folge von langem Betrieb des Turboladers unter Öl-mangel. Dabei kann das Material der Welle ausglühen und brechen.
- Wenn sich fest im Lagergehäuse eingebaute Lagerbuchsen mit der Welle verschweißen, können sich die Buchsen im Lagergehäuse verdrehen (Abb. 6).
- Die Welle kann aufgrund der Mischreibung schlagartig im Lagergehäuse blockieren. Kommt es zu diesem schlagartigen Blockieren des Laufzeugs, kann sich die Sicherungsmutter des Verdichterrads lösen.
- Durch das Anlaufen am Gehäuse kann das Laufzeug eine große Unwucht aufweisen. In der Folge besteht die Gefahr, dass das Radiallager bricht (Abb. 7).
- Bedingt durch falsches Öl oder Heißabstellen des Motors kann das Lagergehäuse verkoken.
- Die Radiallager haben gefressen.
- Das Axiallager weist Fressspuren oder Ölkohleablagerungen auf.
- Ausgeschlagene Lager können ein zu starkes Taumeln der Welle verursachen, wodurch auch der Lagerbund beschädigt werden kann.



Abb. 1  
Am Gehäuse angeschlagenes Verdichterrad



Abb. 2  
Anlaufspuren im Verdichtergehäuse



Abb. 3  
Verfärbung des Wellenschafts



Abb. 4  
Auf die Welle aufgeschweißtes Lagermaterial



Abb. 5  
Gebrochener Wellenschaft

## URSACHEN

- Der Ölstand im Motor ist generell zu niedrig. Dadurch erhält nicht nur der Motor, sondern auch der Turbolader eine nur unzureichende Ölschmierung und Ölkühlung.
- Das verwendete Öl ist nicht ausreichend temperaturbeständig. Dadurch wird vermehrt Ölkohle gebildet. Dies kann Probleme hervorrufen: Die Ölzulaufleitung des Turboladers und die Ölbohrungen im Lagergehäuse des Turboladers können verkoken.
- Wenn der Motor heiß abgestellt wurde, kann die Ölzulaufbohrung verkoken, wodurch der Turbolader nicht mehr ausreichend mit Öl versorgt werden kann.
- Wurde der kalte Motor sofort nach dem Start auf hohe Drehzahlen gebracht, besteht die Gefahr, dass die Ölversorgung im Turbolader noch nicht ausreicht und dadurch der Ölfilm im Turbolader abreißt.
- Befinden sich Fremdkörper im Ölkreislauf, beispielsweise Schmutz oder Dichtungsreste, kann die Ölzulaufleitung des Turboladers und/oder das Lagergehäuse des Turboladers verstopft werden.
- Ist die Viskosität des Öls zu hoch, verzögert sich der Transport des Öls zu den Lagerstellen, wodurch die rechtzeitige Ölversorgung des Turboladers nicht gewährleistet ist. Bei zu niedriger Viskosität ist die Tragfähigkeit des Öls zu gering, was zur Mischreibung führen kann.
- Wenn der Motor mit Biodiesel oder Pflanzenöl betrieben wird, besteht die Gefahr, dass das Motoröl versulzt. Dadurch erhöht sich die Viskosität des Öls, und es kann nicht mehr durch die dünnen Ölbohrungen im Turbolader transportiert werden.
- Der Querschnitt der Lagergehäuse-Zulaufbohrung kann entweder durch eine falsche Flanschdichtung oder durch Flüssigdichtmittel reduziert sein.

## ABHILFE/VERMEIDUNG

- Der Motor muss warm- und kaltgefahren werden.
- Der Motor muss ausreichend mit Öl versorgt sein.
- Es dürfen nur vom Fahrzeug- oder Motorenhersteller freigegebene Motoröle verwendet werden.
- Es sollte vermieden werden, ausschließlich Kurzstrecken zu fahren.
- Die Wartungsintervalle gemäß Herstellerangaben sind unbedingt einzuhalten.
- Es sollten nur qualitativ hochwertige und exakt für das Fahrzeug vorgesehene Ölfilter verbaut werden.
- Es ist immer der entsprechende Anbausatz für den Turbolader zu verwenden.
- Beim Betrieb des Motors mit Biodiesel oder Pflanzenöl sind die Service-Intervalle mindestens zu halbieren.



Abb. 6  
Verdrehte Lagerbuchse



Abb. 7  
Gebrochenes Radiallager

### 3 Verunreinigtes Öl

Schmutz, Ruß, Kraftstoff, Wasser, Verbrennungsrückstände oder Metallabrieb können das Öl verunreinigen. Durch die extrem hohen Drehzahlen des Turboladers können schon kleinste Partikel im Öl starke Beschädigungen am Turbolader verursachen.

#### AUSWIRKUNGEN

- Kleinste Fremdkörper im Öl verursachen Riefen in den Lagerbuchsen (Abb. 1). Die Kolbenringe im Turbolader können stark verschleifen. Da verschlissene Kolbenringe den Turbolader nicht mehr ausreichend abdichten können, gelangt das Öl in die Turbinenseite. Erkennbar ist dies an einem erhöhten Ölverbrauch.
- Das Lagerspiel des Laufzeugs vergrößert sich aufgrund der verschlissenen Lagerbuchsen. Dies führt zu Taumelbewegungen und zum Anlaufen des Turbinen- bzw. des Verdichterrads am Gehäuse (Abb. 2). Im weiteren Verlauf kann die Welle abbrechen.
- Der Lagerbund, d. h. die Anlaufscheibe des Axiallagers, weist Riefen auf.
- Im Axiallager sind Riefen oder Fressspuren erkennbar.
- Durch eine blockierte Ölrücklaufleitung kann das im Turbolader befindliche Öl nicht mehr abfließen und wird stattdessen zur Verdichter- und Turbinenseite herausgedrückt. Auf der Turbinenseite kann dann das Öl auf der Welle festbrennen und verkoken (Abb. 3). Bedingt durch die Ölkohleschicht können dann das Lagergehäuse und die Kolbenringe stark abgenutzt werden.
- Die Welle des Turboladers weist an den Lagerstellen deutliche Verschleißspuren auf (Abb. 4).

#### URSACHEN

- Werden die Wartungsintervalle überschritten, kann der Ölfilter nicht mehr ausreichend Schmutz aus dem Öl filtern. In diesem Fall gelangen die Schmutzpartikel durch das geöffnete Bypass-Ventil des Ölfilters in den Motorkreislauf.
- Wird der Motor mit einem zugesetzten Ölfilter betrieben, können die kleinen abrasiven Partikel nicht aus dem Öl herausgefiltert werden.
- Ist die Zylinderkopfdichtung oder der Kühler undicht, gelangt Wasser in den Ölkreislauf und verdünnt das Öl. Dadurch wird dessen Tragfähigkeit reduziert.
- Wurde der Motor instand gesetzt, jedoch vor dem Zusammenbau nicht ordnungsgemäß gereinigt, befindet sich der Schmutz schon vor der ersten Inbetriebnahme im Motor.
- Der Ladeluftkühler wurde nicht erneuert. Angesammeltes Motoröl, Späne oder Bruchstücke aus dem vorangegangenen Schaden gelangen meist zeitversetzt in den Motor.
- Unterliegt der Motor starkem Verschleiß, gelangen die zumeist metallischen Verschleißpartikel über den Ölkreislauf auch in den Turbolader.
- Kommt es im Motor zu Verbrennungsstörungen, kann unverbrannter Kraftstoff ins Öl gelangen. Durch diese Verdünnung wird die Tragfähigkeit reduziert.



Abb. 1  
Riefen im Radiallager



Abb. 2  
An das Gehäuse angelaufenes Turbinenrad



Abb. 3  
Verkocktes Öl auf der Turbinenseite





Abb. 4  
Deutliche Verschleißspuren auf der Welle an der Lagerstelle

#### ABHILFE/VERMEIDUNG

- Die Wartungsintervalle gemäß Herstellerangaben sind unbedingt einzuhalten.
- Es sollten nur qualitativ hochwertige und exakt für das Fahrzeug vorgesehene Ölfilter verbaut werden.
- Es dürfen nur vom Fahrzeug- oder Motorenhersteller freigegebene Motoröle verwendet werden.
- Beim Tausch des Turboladers sind grundsätzlich ein neuer Ladeluftkühler und ein neuer Luftfilter zu verbauen. Darüber hinaus ist ein Ölwechsel inklusive Ölfilterwechsel durchzuführen.
- Das Luftfiltergehäuse sowie die Ladeluftstrecke sollten durch Aussaugen gereinigt werden.

## 4 Ölaustritt am Turbolader

Zeigt der Motor einen erhöhten Ölverbrauch und raucht blau, sollte der Turbolader unbedingt in die Ursachenanalyse einbezogen werden. Wichtig: Aus einem Turbolader wird nur dann Öl aus dem Gehäuse gedrückt, wenn in seinem Umfeld abweichende Betriebsbedingungen herrschen.

### AUSWIRKUNGEN

- Aus der Turbinen- bzw. Verdichterseite des Turboladers wird Öl herausgedrückt.
- Aus der Abgasanlage entweicht Blaurauch.
- Im Ansaugtrakt und Ladeluftkühler hat sich Motoröl angesammelt.
- Der Motor weist einen Leistungsverlust auf.
- Im Motor entstehen unkontrollierte Überdrehzahlen (sogenanntes „Hochgehen“) durch das im Ladeluftkühler angesammelte Motoröl, das in die Ansaugung des Motors geblasen und verbrannt wird.
- Bei einem VTG-Turbolader können die Leitschaufeln verkocht sein.

### URSACHEN

- Ist die Ölrücklaufleitung des Turboladers verstopft (Abb. 1) oder durch einen Knick verengt, kann das Öl aus dem Turbolader nicht mehr ablaufen (Abb. 2, Skizze B). Mögliche Ursache für eine verstopfte Ölrücklaufleitung ist die Verkokung der Rücklaufleitung, was durch fehlende Hitzeschilde, eine schlecht verlegte Rücklaufleitung, das Heißabstellen des Motors, eine mangelhafte Ölqualität oder die Verwendung von Flüssigdichtmittel verursacht werden kann. Da der Turbolader weiterhin mit dem Öl aus dem Motorkreislauf versorgt wird, drückt dann das Öl zur Turbinen- bzw. Verdichterseite heraus.
- Wenn der Motor mit zu viel Öl befüllt ist, kann das Öl aus der Ölrücklaufleitung des Turboladers nicht mehr in die Ölwanne zurückfließen (Abb. 2, Skizze C). Zusätzlich panscht die Kurbelwelle das Öl auf. Dadurch entsteht Ölschaum, der eine zusätzliche Barriere für das rücklaufende Öl aus dem Turbolader bildet (Abb. 2, Skizze D).
- Ist der Druck im Kurbelgehäuse zu hoch – entweder durch zu hohes Blow-by (Abb. 2, Skizze E) oder durch eine verstopfte Kurbelgehäuseentlüftung (Abb. 2, Skizze F) – überträgt sich dieser Druck ebenfalls in die Ölrücklaufleitung des Turboladers. Dadurch ist der Ölabbau aus dem Turbolader behindert, und das Öl drückt aus der Turbinen- bzw. Verdichterseite heraus.



Abb. 1  
Verkokte Ölrücklaufleitung

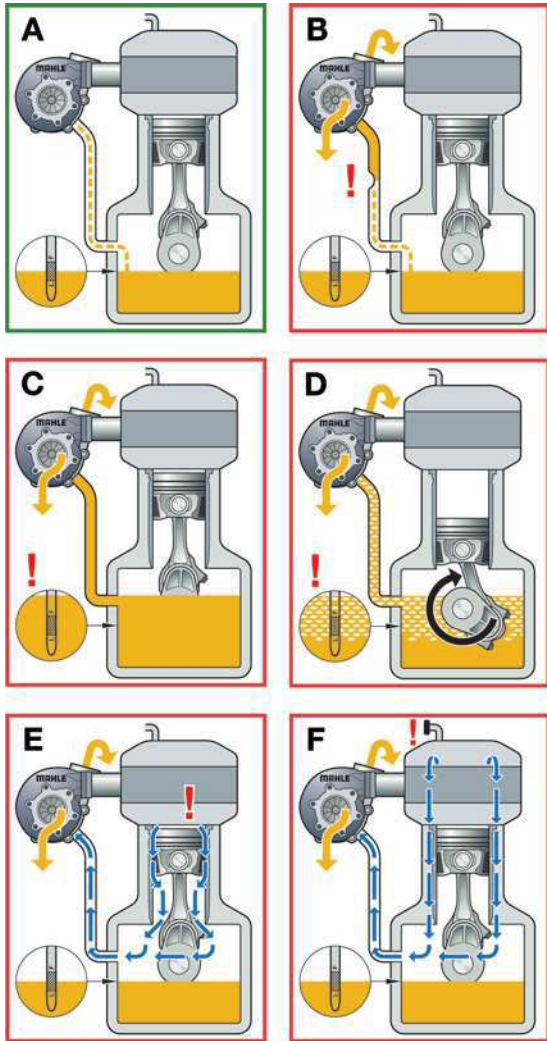


Abb. 2  
Ölaustritt am Turbolader. Skizze A zeigt den Optimalzustand.

## ABHILFE/VERMEIDUNG

- Der Motor darf nur mit der maximal vorgeschriebenen Ölmenge befüllt werden.
- Es dürfen nur vom Fahrzeug- oder Motorenhersteller freigegebene Motoröle verwendet werden.
- Die Ölrücklaufleitung muss exakt wie im Originalzustand verlegt werden. Darüber hinaus ist auf die Anbringung aller Hitzeschilder zu achten.
- Die Ölrücklaufleitung und die Anschlüsse bis zum Kurbelgehäuse sind auf Durchgängigkeit zu prüfen. Grundsätzlich empfiehlt sich, die Leitung und das Anschlussstück zu erneuern.
- Die Kurbelgehäuseentlüftung muss überprüft und ggf. erneuert werden.
- Der Kolben und die Kolbenringe sind auf Verschleiß zu prüfen und ggf. auszutauschen.
- Beim Tausch des Turboladers sind grundsätzlich ein neuer Ladeluftkühler und ein neuer Luftfilter zu verbauen. Darüber hinaus ist ein Ölwechsel inklusive Ölfilterwechsel durchzuführen.

## 5 Fremdkörperschäden

Kommt es auf der Ansaug- oder auf der Abgasseite zum Eintritt von Fremdkörpern, wie Staub, Sand, Schrauben, Teilen von Kolbenringen oder Ventilen und Ablagerungen, führt dies aufgrund der sehr hohen Drehzahlen meist zum Totalausfall des Turboladers. Auch Schäden am Ladeluftkühler können die Folge sein.

### AUSWIRKUNGEN

- Bedingt durch einen Vorschaden können Fremdkörper aus dem Motor oder dem Auspuffkrümmer die Gaseintrittskanten des Turbinenrades beschädigen.
- Die Luftleitbleche der VTG-Einheit werden beschädigt und verbogen (*Abb. 1*). Ein deutlicher Leistungsverlust ist die Folge.
- Durch Fremdkörper in der Ansaugluft kommt es zu Schäden am Verdichterrad (*Abb. 2*). Dabei können die Fahnen komplett abgetragen werden. Darüber hinaus kann der Ansaugkanal des Verdichtergehäuses beschädigt werden (*Abb. 3*).
- Durch im Ansaugtrakt gefrorenes Kondensat kann das Verdichterrad beschädigt werden. Kennzeichnend für diese Ursache ist der Schaden an lediglich einer Fahne: Aufgrund der hohen Drehzahlen zerbersten die Eispartikel beim Auftreffen auf die erste Fahne, wodurch keine weiteren Fahnen beschädigt werden (*Abb. 4*).

### URSACHEN

- Kommt es z. B. zum Abriss eines Ventils oder zum Bruch von Kolbenringen, treffen diese Teile über den Auspuffkrümmer auf die Leitschaufeln der VTG-Einheit und auf das Turbinenrad.
- Sowohl eine Undichtheit im Ansaugtrakt als auch ein verschmutzter oder defekter Luftfilter können die Ursache für das Eindringen von Fremdkörpern in den Ansaugtrakt sein.
- Im Winter kann es durch Kondensat zur Bildung von Eis im Ansaugtrakt kommen.

### ABHILFE/VERMEIDUNG

- Es ist auf die Dichtheit des Ansaugtraktes zu achten.
- Nach Arbeiten am Ansaugtrakt muss unbedingt sichergestellt werden, dass dort keine losen Teile verbleiben.
- Der Luftfilter muss nach Vorgabe des Herstellers gewechselt, und das Luftfiltergehäuse sowie die Ladeluftstrecke sollten durch Ausaugen gereinigt werden.
- Es sollte vermieden werden, ausschließlich Kurzstrecken zu fahren.



Abb. 1  
Beschädigte Luftleitbleche der VTG-Einheit



Abb. 2  
Durch Fremdkörper beschädigtes Verdichterrad



Abb. 3  
Fremdkörpereinschläge im Ansaugkanal des Verdichtergehäuses



Abb. 4  
Nur eine Fahne des Verdichterrads beschädigt

## 6 Schäden durch zu hohe Abgastemperaturen



Abb. 1  
Riss im Turbinengehäuse

Jeder Turbolader ist nur für einen definierten Temperaturbereich ausgelegt. Wird dieser überschritten, kann es schon nach wenigen Sekunden zum Ausfall des Turboladers kommen.

### AUSWIRKUNGEN

- Im Gehäuse des Turboladers entstehen Risse (Abb. 1).
- Ölleitungen können verkoken: Verkocht die Zulaufleitung, wird der Turbolader nur unzureichend mit Öl versorgt. Verkocht die Rücklaufleitung, kann das Öl nicht mehr abfließen, und aus dem Turbolader drückt Öl nach außen (siehe auch Kapitel „4 Ölaustritt am Turbolader“, Seite 10).

### URSACHEN

- Durch Tuning wurde das Temperaturniveau verändert.
- Im Motor sind Verbrennungsstörungen aufgetreten.
- Der Motor wurde heiß abgestellt.

### ABHILFE/VERMEIDUNG

- Der Turbolader darf ausschließlich im dafür vorgesehenen Fahrzeug verbaut werden.
- Der Turbolader darf nur im Original-Lieferzustand verbaut und betrieben werden. Technische Veränderungen sind unzulässig.
- Der Motor muss nach hoher Beanspruchung, wie Fahrten unter Vollast, immer unter moderaten Drehzahlen kaltgefahren werden.

## 7 Überdrehzahlen

Die in einem Turbolader verbauten Teile sind für ein definiertes Drehzahlenspektrum ausgelegt. Wird dieses überschritten, kann es binnen Sekunden zu kapitalen Turboladerschäden kommen.

### AUSWIRKUNGEN

- Auf der Rückseite des Verdichterrads sind kleine Dellen zu sehen (Abb. 1). Das Material (meist Aluminium) hat sich bei der Überdrehzahl durch die hohen Zentrifugalkräfte plastisch verformt. Es beginnt zu fließen, und der Außendurchmesser vergrößert sich.
- Steigen die Drehzahlen noch weiter, kann es zum Anlaufen des Verdichterrads am Gehäuse und/oder zum Auseinanderbrechen kommen (Abb. 2).

### URSACHEN

- Durch Tuning wurde die maximal zulässige Drehzahl des Turboladers überschritten.
- Durch Verkokung blockieren die VTG-Luftleitbleche in der Stellung für niedrige Drehzahlen. Werden dann die Motordrehzahlen erhöht, wird der Turbolader überdreht.
- Die pneumatische oder elektrische Regelung ist defekt oder undicht.

### ABHILFE/VERMEIDUNG

- Der Turbolader muss immer im Lieferzustand belassen werden.
- Der Turbolader darf nur in den dafür vorgesehenen Fahrzeugen verbaut werden.
- Der Motor muss nach hoher Beanspruchung, wie Fahrten unter Vollast, immer unter moderaten Drehzahlen kaltgefahren werden.
- Es dürfen nur vom Fahrzeug- oder Motorenhersteller freigegebene Motoröle verwendet werden.
- Die Wartungsintervalle gemäß Herstellerangaben sind unbedingt einzuhalten.



Abb. 1  
Dellen auf der Rückseite des Verdichterrads



Abb. 2  
Auseinandergebrochenes Verdichterrad



# **MAHLE**

*Driven by performance*

[www.mahle-aftermarket.com](http://www.mahle-aftermarket.com)

