

Erfahrungsbericht Turbopfeifen 1,9 TDI ASZ 96kW

1 Übersicht

1.1 Problembeschreibung

Lautes Pfeifen des Abgasturboladers (ATL) bereits bei geringen Lastanforderungen, Drehmoment/Leistung sind unbeeinträchtigt.

1.2 Zielstellung

Beseitigung des abnormalen Geräuschs.

1.3 Methode

Austausch der Rumpfgruppe des ATL.

1.4 Fahrzeugdaten

- Volkswagen: Golf 4
- Typ: 1J5 (Variant)
- Baujahr 2002
- 1,9 TDI mit Pumpe-Düse Einspritzsystem
- Motorsteuerung EDC15P
- Motorkennbuchstabe (MKB) ASZ
- Schaltgetriebe
- Laufleistung ca. 230.000km
- mit Dieselpartikelfilter (DPF) als Nachrüstlösung, keine Überwachung

2 Voruntersuchung

Nach dem Studium von Kfz-Internetforen und Webseiten professioneller ATL-Instandsetzer wurde überwiegend davon abgeraten, den Tausch der Rumpfgruppe selbst vorzunehmen. Entgegen dieser Empfehlung soll anschließend der Eigenversuch beschrieben werden. Grund des Autors sich über diese Empfehlung hinwegzusetzen waren das finanzielle Einsparpotential (im Beispiel: Rumpfgruppe + Dichtsatz zur Montage am Motor 170€, Vgl. Abbildung 1, Instandsetzung seriös: 370€, ATL neu seriös/original Zulieferer: 700€) sowie das eigene Interesse an der Vorgehensweise selbst.



Abbildung 1: Reparatursatz / Montagesatz Turbolader GT1749VA 038253016F ASZ [2]

Internetvideos wie z.B. [1], beschreiben sehr gut, wie der mechanische Anschlag für die Turbinenleitschaufeln im Düsenring in Position: maximaler Ladedruck, von der alten Rumpfgruppe auf die Neue übertragen werden kann. Dass diese Methodik keiner Feineinstellung auf einem Durchflussmengenprüfstand entspricht, sei an dieser Stelle wohlwissentlich erwähnt.

-Persönliche Anmerkung des Autors-

Eine solche Exaktheit erscheint notwendig, wenn der ATL ohne spätere Feineinstellung im Fahrzeug betrieben werden soll. Fraglich ist jedoch was aus fahrzeugtechnischer Sicht sinnhafter ist: Eine Baugruppe auf einen definierten Festwert einzustellen, damit sie an jedem Fahrzeug bzw. an jedem Motor bei gleichen Randbedingungen gleich funktioniert, oder diese auf die Gegebenheiten des individuellen Motors abzustimmen (natürlich ist dies weder serientauglich noch ein handhabbares Vorgehen für den Ersatzteillieferanten/Instandsetzer).

Am erwähnten Motor ist ein ATL der Marke GARRETT (KKK) des Typs GT179VA verbaut. Das Ersatzteil stammt (ursprünglich) von der Firma KOBE aus Polen, die laut Webauftritt über eine Auswuchtmaschine für Turbinenlaufzeuge verfügen.

3 Demontage des ATL

Der Ausbau des ATL erfolgt ohne erwähnenswerte Besonderheiten. Lediglich der Doppelnippel in der Rumpfgruppe für die Ölvorlaufleitung musste durch einen abgeschliffenen 17ner Maulschlüssel gegengehalten werden, da er sich an der Rumpfgruppe, und nicht am Überwurf der Ölversorgungsleitung, löste. Alternativ hätte auch eine neue Ölzulaufleitung verbaut werden können, wie ohnehin meist präventiv empfohlen.

3.1 Zerlegung des ATL

Zunächst sollte die Lage der Bauteile: Turbinengehäuse zur Rumpfgruppe und Rumpfgruppe zum Verdichtergehäuse (auf Höhe der Bohrungsmittelachse des Ölzulaufs), durch einen leichten Körnerschlag gekennzeichnet werden. Mechanische Markierungen sind Farbmarkierungen vorzuziehen, da sich diese nicht abgreifen/ablösen (Handhabung, Lösungs- / Reinigungsmittel...) können.

Bei der Zerlegung sollte (nach der Demontage der Druckdose) mit den Schrauben des Aluminium Verdichtergehäuses mittels Ring- (Ratschen-) Schlüssel begonnen werden. Dies ist beim vorliegenden ATL lediglich kraftschlüssig durch die Schraubenklemmkraft mit der Rumpfgruppe verbunden und muss bei der Montage wieder entsprechend der alten Markierungen positioniert werden. Nach der Schraubendemontage kann das Verdichtergehäuse vorsichtig abgenommen werden. Dabei sollte der Silikondichtring zwischen Rumpfgruppe und Gehäuse des Verdichters möglichst nicht beschädigt werden, da dieser im Lieferumfang des verwendeten Reparatursatzes nicht enthalten ist. Jedoch kann dieser (auf Nachfrage) wiederverwendet werden. Nach dem Abnehmen des Verdichtergehäuses sind die Schrauben des Turbinengehäuses für den Einsatz von Stecknüssen parallel zur Schraubachse frei zugänglich. An diesen Schrauben empfiehlt sich eine vorherige Erwärmung der Gewindebutzen um das Losbrechmoment der Schrauben zu reduzieren und damit den Schraubenkopf vor Überdrehen zu bewahren. Die Abdichtung zwischen Rumpfgruppe und Turbinengehäuse erfolgt über einen Plansitz und erfordert kein zusätzliches Dichtelement. Die Positionierung der Rumpfgruppe zum Turbinengehäuse erfolgt formschlüssig durch einen Passstift, welcher in der verwendeten Austausch-Rumpfgruppe bereits eingesetzt ist.

3.2 Übernahme der Grobposition: mechanischer Anschlag Verstellhebel für minimalen Strömungsquerschnitt/maximalen Ladedruck

Nun ist die alte Rumpfguppe separiert und dient nachfolgend als Positionsreferenz für die Einstellung des oberen, mechanischen Anschlags der variablen Turbinengeometrie (VTG) im Düsenring. Wie erwähnt ist diese Prozedur in etlichen Internetvideos wie diesem [1] anschaulich beschrieben und soll deshalb nur in knappen Zügen dargelegt werden.

Die alte Rumpfguppe wird nach Kontrolle der VTG auf Leichtgängigkeit und optische Funktionalität in das Turbinengehäuse eingesetzt. Anschließend wird der Verstellhebel, an dem das Gestänge der Druckdose befestigt wird, gegen die Einstellschraubenschraube der alten Rumpfguppe gedrückt. Durch vorsichtiges Entfernen der alten Rumpfguppe verbleibt die VTG des Düsenrings in Ihrer Position. Nun kann diese durch eine Markierung zwischen Verstellring und Düsenring (der fest mit dem Turbinengehäuse verschraubt ist) gekennzeichnet werden. Anschließend wird die neue Rumpfguppe in das Turbinengehäuse eingesetzt, der Verstellhebel abermals auf Anschlag der Einstellschraube gedrückt und die Rumpfguppe wieder vorsichtig entfernt. Die vorher angebrachte Markierung zeigt nun die notwendige Verstellung der Einstellschraube, um die Leitschaufelposition für max. Ladedruck auf den vorherigen Wert der alten Rumpfguppe einzustellen. An dieser Stelle sei erwähnt, dass diese Einstellung durchaus keinerlei Anspruch auf Präzision erhebt. Vernachlässigt werden u.a.: Einarbeitungseffekte an der Einstellschraube (welche zu Gunsten kleiner Strömungsquerschnitte durch die VTG gehen), Bauteiltoleranzen und abweichende Spiele zwischen den stömungsbeeinflussenden Bauteilen, Strömungseinflüsse aufgrund konstruktiver Abweichungen sowie veränderten Oberflächenrauheiten usw.. Spätestens an diesem Punkt erschließt sich dem Leser, dass es sich hierbei nur um eine grobe Voreinstellung handeln kann, die einen motorischen Erstbetrieb ermöglichen soll.

3.3 Austausch des Düsenrings

Durch den Verschmutzungsgrad des Düsenrings wie in Abbildung 2 zu sehen, entstand zunächst das Vorhaben des Autors, den Düsenring mit allen zugehörigen Einzelteilen in einem Ultraschallbad zu reinigen. Dabei traten Komplikationen im weiteren Demontageprozess auf, deren Erläuterung an dieser Stelle hintenangestellt sei.



Abbildung 2: Düserring im verbauten Zustand, direkt nach Demontage des ALT



Abbildung 3: Turbolader Düserring Garrett GT 1749VA Borgwarner KP39 KKK ASZ BTB 038253016F * [2]

Wie in [3] beschrieben, ist vom Entfernen des Rußes zwischen den Gleitpartnern der VTG abzusehen, da die Ruß-Kohlenstoffverbindung gute Gleiteigenschaften aufweisen. Unter Beachtung der Einlaufspuren der Leitschaufeln auf der Grundplatte des Düserrings sowie dem Demontagegrad des Fahrzeugs inkl. ATLS, ist der Verbau eines neuen Düserrings (Vgl.: Abbildung 3) abzuwägen. Problem: Die übernommene Grundeinstellung der alten Rumpfguppe ist dann vollkommen hinfällig, da zwei aufeinander referenzierende Bauteile erneuert werden.

Um dennoch eine halbwegs brauchbare Grundeinstellung für den Erstbetrieb nach Instandsetzung zu erhalten, kann die minimale Spaltbreite zwischen zwei benachbarten Leitschaufeln der VTG mit einer Fühlerlehre gemessen werden (Vgl.: Abbildung 4). Dabei werden zunächst die Leitschaufeln des alten Düserrings auf den mechanischen Anschlag der alter Rumpfguppe positioniert, markiert (Verstellring zu Düserring) und ggf. durch Heißkleber o.ä. fixiert. Nach dem Ausbau des Düserrings in dieser Position kann der Abstand zweier benachbarter Leitschaufeln mittels Fühlerlehre gemessen werden. Wird diese Prozedur für den neuen Düserring in Kombination mit der neuen Rumpfguppe (bereits auf den alten Düserring eingestellt) wiederholt, können die ermittelten Maße: alt zu neu, verglichen werden. Die Differenz ergibt die notwendige Nachstellung der Einstellschraube an der neuen Rumpfguppe, die durch die Abweichung der Düserringe entsteht.

Dabei entpuppt sich jedoch die Ausrichtung der Lehre normal zur potentiellen Strömungsrichtung, sowie das große Radialspiel der Leitschaufeln im Düserring als erhebliche Messunsicherheit. Auch hier kann erneut nur von einer Grobeinstellung

gesprochen werden.



Abbildung 4: Ermittlung der minimalen Spaltbreite zwischen zwei benachbarten Leitschaufeln der VTG mittels Fühlerlehre (linker Düsenring: alt, @ 5 Uhr)

3.4 Instandsetzung genau genommen

Zurück zu den Komplikationen der Demontage des Düsenrings: Konkret rissen alle drei Befestigungsschrauben M4 des Düsenrings knapp über der Gewindebohrung im Turbinengehäuse ab, wie in Abbildung 5 zu sehen ist.



Abbildung 5: Abgerissene Befestigungsschrauben für den Düsenring im Turbinengehäuse des ATL

Zunächst bestand die Idee, die abgerissenen Schrauben auf die nächst größere Gewindeabmessung M5 nachzuarbeiten. Von diesem Vorhaben kann an dieser Stelle ganz konkret abgeraten werden. Grund dafür ist das (vermutlich) gesinterte Metall der originalen Distanzbuchsen des Düsenrings, welches sich nicht zum Zerspannen mit handelsüblichen (HSS-) Bohrern eignet. Zudem ist der Senklochdurchmesser im Düsenring für die Köpfe der M4er-Zylinderschrauben so weit optimiert, dass zur äußeren Bauteilkontur lediglich noch ca. 1mm Material verbleibt. Diese Erkenntnisse wurden erst nach dem Aufbohren der Durchgangslöcher des alten Düsenrings gewonnen, wodurch dieser ersetzt werden musste. Das entsprechende Ersatzteil (Vgl.: Abbildung 3) kostete im Onlinehandel 100€.

Eine gangbare Lösung um das zwischenzeitlich ebenfalls aufgebohrte Turbinengehäuse instand zu setzen, stellte das Einsetzen von Gewindebuchsen dar. Die Schraubenreste wurden bereits mittels Ständerbohrmaschine auf das notwendige Maß von 6,1mm ausgebohrt und der Bohrungsansatz leicht angesenkt.

Hinweise für das Ausbohren der abgerissenen Schrauben:

- die Bohrungen sind nicht im 120°-Winkel zueinander angeordnet
- Die Grundplatte des Düsenrings (Kreisringscheibe mit 3 Durchgangslöchern, welche auf dem Turbinengehäuse aufliegt) eignet sich hervorragend als Bohrschablone (Vgl.: Abbildung 7)
- Beim Ausbohren empfiehlt es sich mit Kühlschmierstoff zu kühlen (Rostlöser o.ä. genügt bei mittleren Drehzahlen, moderatem Vorschub und kurzen Pausen)
- Das zyklische anheben des Bohrers unterstützt den Spanbruch, was die Gefahr vor Verklemmen des Bohrers minimiert



Abbildung 6: Turbinengehäuse, eine Schraube ausgebohrt



Abbildung 7: Turbinengehäuse, Grundplatte Düsenring als Bohrschablone

Das Schneiden des Gewindes erfolgt beim Einsetzen der Buchsen und bedarf keiner Vorarbeit außer einem Ansenken um den Anschnitt zu unterstützen (Vgl.: Abbildung 8). Zu beachten ist, die Einsätze mit Gefühl und vor allem orthogonal zur Grundfläche in die zylindrischen Bohrungen einzusetzen. Hinweis: werden geschlitzte Gewindebuchsen verwendet, sollte das Eindrehwerkzeug nicht bis in den Schlitzbereich eingeschraubt werden. Dieser Bereich dient der Aufweitung der Buchse, und damit dem sicheren Halt in der Bohrung durch die nachträglich eingesetzte Schraube. Zudem ist die Bohrtiefe, in diesem Fall 8mm, auf maximal 10mm zu erweitern. Achtung, Gefahr vor Durchbohren des Turbinengehäuses. Das Resultat der Instandsetzung ist in Abbildung 9 dargestellt.



Abbildung 8: Turbinengehäuse, Schraubenreste M4 vollständig ausgebohrt und Bohrungen angesenkt



Abbildung 9: Turbinengehäuse, Gewindebuchsen M4 eingesetzt

4 Montage des ATL

4.1 Montage des Rumpfungruppe und übertragen der Grobposition

Nach erfolgreicher Montage der Gewindebuchsen erfolgt der Montageprozess der neuen Bauteile Düsenring und Rumpfungruppe unter Beachtung der einschlägigen Anzugsdrehmomente (Beachte vor allem den Gewindenenddurchmesser sowie die Schraubenfestigkeit bei z.B.: A2-70er Schrauben)

Anschließend erfolgt die Grobeinstellung der neuen Rumpfungruppe (Vgl.: Unterpunkt 3.2) sowie des neuen Düsenrings (Vgl.: Unterpunkt 3.3).

Nach erfolgreicher Montage der Baugruppe sowie der Motorkomponenten, erfolgt die dynamische Feineinstellung des mechanischen Anschlags für maximalen Ladedruck mittels PC-Diagnose während laufendem Motor, wie anschließend dargestellt.

4.2 Dynamische Feineinstellung des mechanischen Anschlags für maximalen Ladedruck

Da die Einstellschraube beim erwähnten Fahrzeug lediglich von unten zugänglich ist, muss hierfür der Unterfahrerschutz demontiert sein. Zudem ist es notwendig, das Fahrzeug aufzubooken bzw. mittels Hebebühne anzuheben.

Für die dynamische Einstellung wird (in diesem Fall) ein Laptop mit VCDS-Software mit dem Fahrzeug verbunden. Nach dem Kommunikationsaufbau mit dem Motorsteuergerät wird bei laufendem Motor die Gruppe 4: Grundeinstellung, angewählt und der Kanal 11 aktiviert. Dies bewirkt eine Anhebung der Leerlaufdrehzahl auf 1400 1/min sowie eine zyklische 0%-(ON-) /100%-(OFF-) Antaktung des Magnetventils für die Ladedruckverstellung im 10-Sekunden-Takt. Dabei steht der Anzeigewert Tastverhältnis (duty cycle) für die Antaktung des Ventils. Ist dieses mit ca. 100% getaktet, liegt die Steuerspannung permanent an der Magnetspule des Ladedruckventils an, wodurch es maximal geöffnet wird und die Unterdruckdose für die VTG des ATLs entlüftet. Dadurch werden die Leitschaufeln im Düsenring maximal geöffnet wodurch sich die durchströmte Fläche zwischen diesen vergrößert. In folge dessen reduzieren sich die Strömungsgeschwindigkeit und der Winkel mit dem die Abgase auf die Turbinenschaufeln treffen. Resultierend sinkt der Ladedruck. Ist das Tastverhältnis des Ventils ca. 0% (ON), bedeutet das entsprechend der Wirkkette einen maximalen Ladedruckaufbau.

Wie in [2] beschrieben, ist die Ladedruckdifferenz (Ladedruck Ist-Wert ON – Ladedruck Ist-Wert OFF) Maß für die korrekte Einstellung des mechanischen Anschlags für maximalen Ladedruck.

Um den in [2] erwähnten Einfluss eines erhöhten Abgasgedrucks auf die Abgasrückführrate auszuschließen, wurde diese für die Justage des Anschlags im Motorsteuergerät temporär deaktiviert. Der Vergleich der Ladedruckwerte direkt nach Einbau des instandgesetzten ATLS zeigte Werte von ca. 60mbar. Gemessen an den Werten von 100...200 mbar, die ein korrekt eingestellter ATL bei betriebswarmen Motor erreichen sollte, erscheint eine Feineinstellung als zwingend erforderlich. Die Sensibilität des Systems nahe dem mechanischem-geschlossen-Anschlag konnte der Autor nicht feststellen. Möglicherweise, weil die Grundeinstellung zu weit weg vom optimal geschlossenen Anschlag lag. Vor der ersten Verstellung des Anschlags wurde zunächst eine Probefahrt durchgeführt. Dabei erfolgte der Ladedruckaufbau erst bei ca. 2200 1/min, und schlagartig, was laut [2] zwei Ursachen haben kann: 1. Der Brennraum wird durch zu hohen Abgasgedruck/zu weit geschlossene Leitschaufeln, im unteren Drehzahlbereich mit Abgas geflutet oder, der Strömungsquerschnitt ist zu groß wodurch die Abgasströmungsgeschwindigkeit nicht ausreicht, um das Turbinenrad auf die notwendige Drehzahl zu beschleunigen. Durch kontinuierliches Verstellen der Schraube für den mechanischen Anschlag des ATLS in Richtung engerer Leitschaufelquerschnitte, konnte die Ladedruckdifferenz zwischen den Betriebszuständen auf maximal 100mbar erhöht werden. Dies hatte eine Verschiebung des Drehmomentaufbaus ab ca. 1700 1/min zur Folge. Das Diagramm in Abbildung 10 verdeutlicht die Ladedruckunterschiede vor- und nach der Feinjustage.

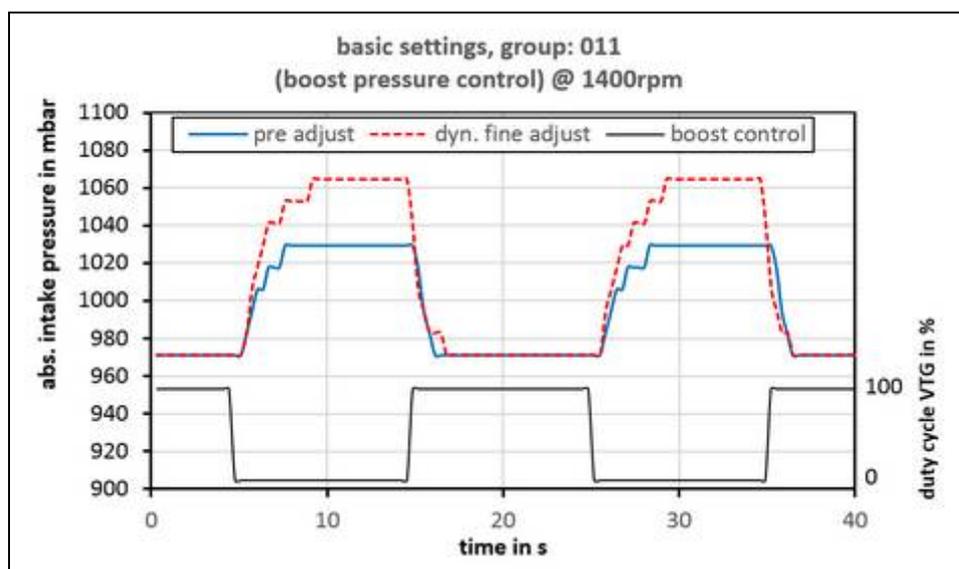


Abbildung 10: Ladedruckregelung, Ladedruckwerte nach Grund- und Feineinstellung

5 Fazit

Das Ziel der Geräuschbeseitigung wurde erreicht. Die Erkenntnis, ob das verursachende Bauteil der Düsenring oder die Rumpfungruppe war, kann durch den Tausch beider Baugruppen nicht gewonnen werden.

Nach persönlicher Meinung des Autors jedoch, stammt das Geräusch vom turbinenseitigen Abdichtungselement der Rumpfungruppe. Die Schmierstellen der ATL-Welle sind mittels Kolbenringen gegen die Gasseiten abgedichtet.



Abbildung 11: Laufzeug der ersetzten Rumpfungruppe, Turbinenseite

Wie in Abbildung 11 zu erkennen, ist der Kolbenring durch verbrannte Ölreste und/oder Rußablagerungen in der Nut verklemmt. Die blaue Anlauffarbe (entsteht ab ca. 300°C) weist zudem auf eine Überhitzung der Lagerstelle hin. Ob die Überhitzung der Grund für das Verkoken des Kolbenringes war, oder die Verkokung des Ringes die Überhitzung verursacht hat, lässt sich nicht sicher bestimmen. Oftmals wird ein zu stark beladener Dieselpartikelfilter als Ursache eines ATL-Defekts angeführt. Durch den Rückstau der Abgase kommt es zu einem erhöhten Rußeintrag im abgasseitigen Teil des ATLs. Zudem steigt die Bauteiltemperatur und es entstehen unerwünschte Verwirbelungen der Abgase um das Turbinenrad. In Folge dessen gerät das Laufzeug in ein Trudeln, was bereits zur Geräuschbildung oder leichten Undichtigkeiten führen kann [4]. Ein kontinuierlicher Ölaustritt könnte dann in Verbindung mit dem verkokten Kolbenring stehen. Eine präventive Reinigung des Dieselpartikelfilters ist in diesem Zuge auf jeden Fall ratsam.

In Summe hat die Reparatur des ATLs im Selbstversuch ca. 270€ gekostet (Teilepreis Rumpfungruppe + Düsenring) exklusive des Reparaturwerkzeuges zur Gewindeinstandsetzung.

Literatur

[1] Turbolader selber überholen: <https://www.youtube.com/watch?v=mv0g7DYBqRQ>,
31.08.2018

[2] www.ks-turbo.de, 31.08.2018

[3] ulf: VTG-Lader: Funktionsprinzip und Einstellungen (Fachartikel),
<https://community.dieselschrauber.org/viewtopic.php?t=10810>, 28.08.2018

[4] Turbolader (Wartung): [https://www.t4-wiki.de/wiki/Turbolader_\(Wartung\)](https://www.t4-wiki.de/wiki/Turbolader_(Wartung)), 31.08.2018

[5] Turbolader pfeift - Ursache für Pfeifen finden und beheben:
<https://www.youtube.com/watch?v=WFUXXq9RUsk>, 31.08.2018