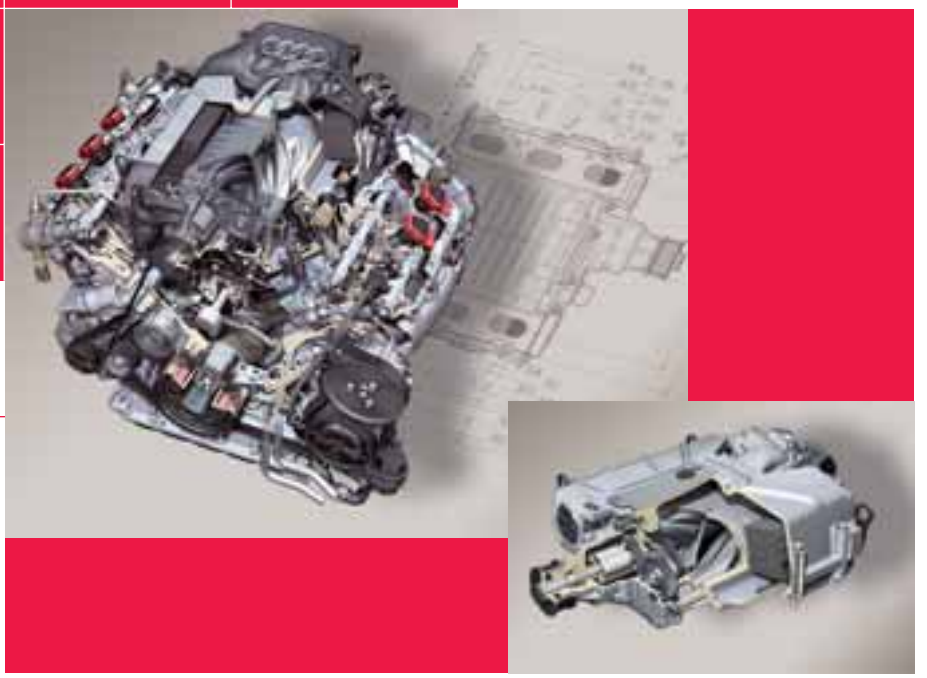
Service Training



Audi 3,0l-V6-TFSI-Motor mit Roots-Gebläse

Selbststudienprogramm 437

Mit dem 3,0l-V6-TFSI-Motor bietet Audi erstmals ein Aggregat mit mechanischer Aufladung an. Die Basis für den mittels Roots-Gebläse aufgeladenen Motor bildet der 3,2l-V6-Saugmotor aus der aktuellen V-Motoren-Familie von Audi.

Unter Einbeziehung neuer Technik und in Kombination mit dem FSI-Brennverfahren entstand ein Motorkonzept, das im Hinblick auf Kompaktheit, Akustik, Ansprechverhalten und Verbrauch mehr als überzeugt.

Die Charakteristik des Motors ist sehr breit gefächert. So reicht das Einsatzspektrum von komfortorientiert bis sehr sportlich. Gerade die sportliche Auslegung des Motors zielt auf eine spezielle Kundenklientel in den USA ab. Hier spielt das so genannte Take-Off-Verhalten des Fahrzeugs eine große Rolle. Ziel ist es dabei, im Stadtverkehr zwischen den einzelnen Ampelphasen eine möglichst hohe Beschleunigung zu erreichen.

Da der 3,0l-V6-TFSI-Motor mit seiner enormen Leistungsentfaltung aber auch sehr gut für eine komfortorientierte Fahrweise geeignet ist, ist er für einen breiten Einsatz innerhalb der Audi Produktpalette vorgesehen. So wird er ab Herbst 2008 erstmalig im Audi A6 in Europa, China und den USA angeboten.

Der Einsatz einer mechanischen Aufladung in Form eines Roots-Gebläses ist im historischen Blickwinkel nicht völlig neu für Fahrzeuge mit den vier Ringen. So wurden Roots-Gebläse bereits in den Motoren der legendären Rennwagen der AUTO UNION („Silberpfeile“) eingesetzt. Die Rennwagen verfügten über großvolumige V-Motoren mit bis zu 16 Zylindern und wurden von einem oder sogar zwei Roots-Gebläsen aufgeladen. Zwischen 1934 und 1939 erzielten die Fahrer der AUTO UNION wie Hans Stuck und Bernd Rosemeyer mit ihnen zahlreiche Grand-Prix-Siege und Geschwindigkeitsweltrekorde.



437_003

Audi 3,0l-V6-TFSI-Motor



437_004

Lernziele dieses Selbststudienprogramms

In diesem Selbststudienprogramm lernen Sie den Aufbau und die Funktion des 3,0l-V6-TFSI-Motors kennen.
Es soll Ihnen helfen, den Motor beschreiben zu können. Wenn Sie dieses Selbststudienprogramm durchgearbeitet haben, sind Sie in der Lage, folgende Fragen zu beantworten:

- Wie ist die Motormechanik aufgebaut?
- Wie funktioniert das Kühlsystem und was ist dabei im Service zu beachten?
- Wie funktioniert die mechanische Aufladung mittels Roots-Gebläse?
- Welche Besonderheiten hat das weiterentwickelte Kraftstoffsystem?
- Wie ist die Abgasanlage aufgebaut?
- Welche Neuerungen gibt es am Motormanagement?
- Was müssen Sie im Service über den neuen Motor wissen?

Inhaltsverzeichnis

Einleitung

Technische Kurzbeschreibung 6

Motormechanik

Zylinderblock 10
Kurbeltrieb 11
Kurbelgehäuseentlüftung 12
Zylinderkopf 13
Antrieb der Nebenaggregate 14

Ölversorgung

Ölkreislauf 15

Luftversorgung

Luftführung 16
Aufladermodul 20
Lastregelung 31
Saugrohrklappen 32
Geräuschdämpfung 34

Kühlsystem

Kühlkreislauf 36
Ladeluftkühlung 38

Abgasreinigung

Sekundärluftsystem 42

Kraftstoffsystem

Übersicht 46
Einspritzventile 47

Motormanagement

Systemübersicht 48
Motorsteuergerät 50

Service

Wartungsumfänge 51
Spezialwerkzeuge 52

Anhang

Glossar 53
Prüfen Sie Ihr Wissen 54

Zusammenfassung

Selbststudienprogramme 55



Verweis

Zu Begriffen, die kursiv und mit einem Stern gekennzeichnet sind, finden Sie eine Erklärung im Glossar am Ende dieses Selbststudienprogramms.

Das Selbststudienprogramm vermittelt Grundlagen zu Konstruktion und Funktion neuer Fahrzeugmodelle, neuen Fahrzeugkomponenten oder neuen Techniken.

Das Selbststudienprogramm ist kein Reparaturleitfaden!
Angegebene Werte dienen nur zum leichteren Verständnis und beziehen sich auf den zum Zeitpunkt der Erstellung des SSP gültigen Softwarestand.

Für Wartungs- und Reparaturarbeiten nutzen Sie bitte unbedingt die aktuelle technische Literatur.
Zu Begriffen, die kursiv und mit einem Stern gekennzeichnet sind, finden Sie eine Erklärung im Glossar am Ende dieses Selbststudienprogramms.

Verweis



Hinweis



Technische Kurzbeschreibung

Die Beschreibung des 3,0l-V6-TFSI-Motors bezieht sich auf den Audi A6 Modelljahr 2009. In diesem Fahrzeug hat das Aggregat seinen Ersteinsatz.

Hier die wichtigsten technischen Merkmale auf einen Blick:

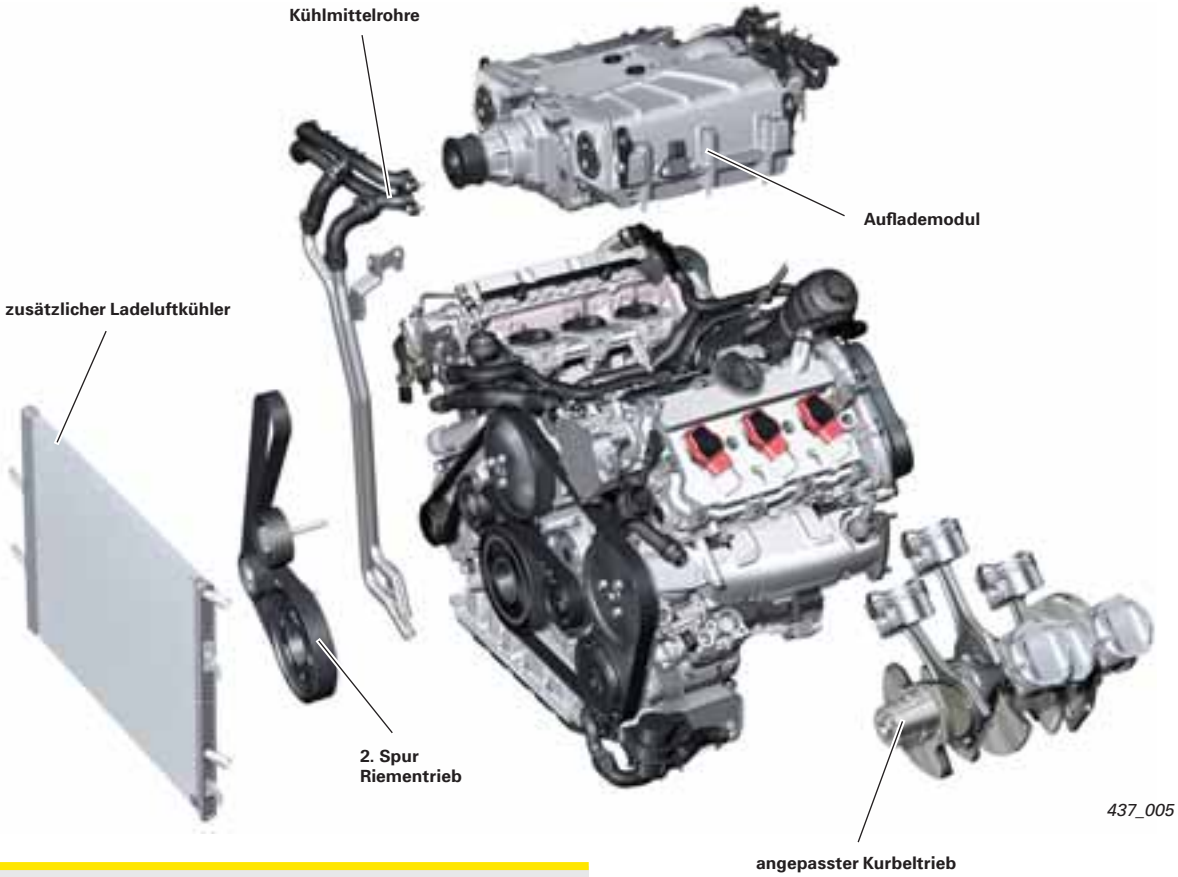
- Sechszylinder-V-Motor mit mechanischer Aufladung (technische Basis: 3,2l-V6-FSI-Motor)
- Kraftstoffversorgung, Aktivkohlefilteranlage, Abgasanlage (Krümmer für selektive Lambdaregelung) und Motorkühlung sind in Geometrie und Lage mit dem 3,2l-V6-FSI-Motor identisch.
- Unterdrucksystem mit mechanischer Vakuumpumpe (baugleich mit dem des 3,2l-V6-FSI-Motors)

Die wichtigste Änderungen gegenüber dem 3,2l-V6-FSI-Motor:

- Zylinderkurbelgehäuse (ZKG) mit Wärmebehandlung
- Kurbeltrieb
- Aufladermodul mit integrierter Ladeluftkühlung
- Wasserrohre zum Niedertemperaturkreislauf des Fahrzeugs
- Riementrieb für Antrieb des Aufladermoduls
- Motorsteuerung mit p/n-Regelung „Simos 8“
- Sekundärluftsystem für die Erfüllung der Abgasgesetzgebung EU V und ULEV II

Anpassungen erfolgten bei:
- Ansaugsystem
- Nockenwellen
- Ventilen und Ventilfedern
- Flansch für die Ladungsbewegungsklappen

Entfallen sind:
- Audi valvelift system
- Nockenwellenverstellung auf der Auslassseite



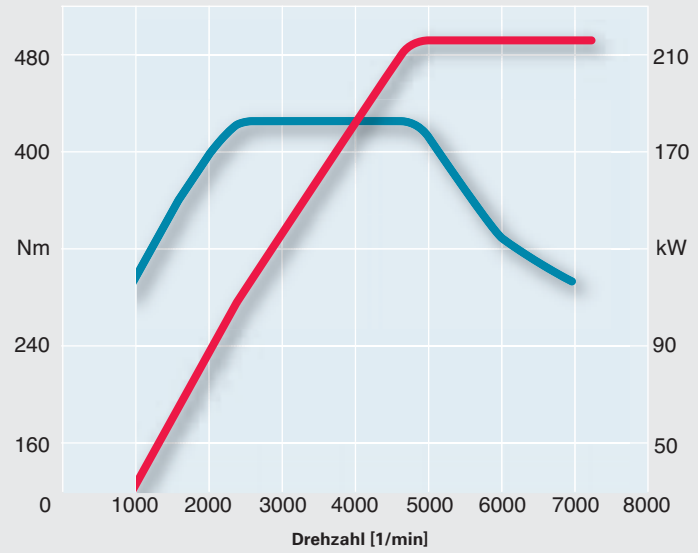
Verweis

Eine detaillierte technische Beschreibung zum Basismotor (3,2l-V6-FSI-Motor) finden Sie im Selbststudienprogramm 411 „Audi 2,8l- und 3,2l-FSI-Motor mit Audi valvelift system“.

Drehmoment-Leistungskurve

Drehmoment in Nm

Leistung in kW



Technische Daten

Kennbuchstabe	CAJA
Bauart	Sechszylinder-V-Motor
Hubraum in cm^3	2995
Leistung in kW (PS)	213 (290) bei 4850 – 7000 1/min
Drehmoment in Nm	420 bei 2500 – 4850 1/min
Anzahl Ventile pro Zylinder	4
Bohrung in mm	84,5
Hub in mm	89
Verdichtung	10,5 : 1
Zündfolge	1–4–3–6–2–5
Motorgewicht in kg	190
Motormanagement	Simos 8
Kraftstoff	95 ROZ*
Gemischbildung	Direkteinspritzung FSI (homogen) Kraftstoff-Hochdruckpumpe HDP 3
Abgasnorm	EU V, ULEV II
Abgasnachbehandlung	zylinderselektive Lambdaregelung mit einer Breitband-Vorkat-Sonde je Zylinderbank, zwei Keramikkatalysatoren mit Nachkat-Lambdasonde (Sprungsonde)
CO_2-Emission in g/km	228

* auch Benzin bleifrei ROZ 91 zulässig, jedoch verminderte Leistung

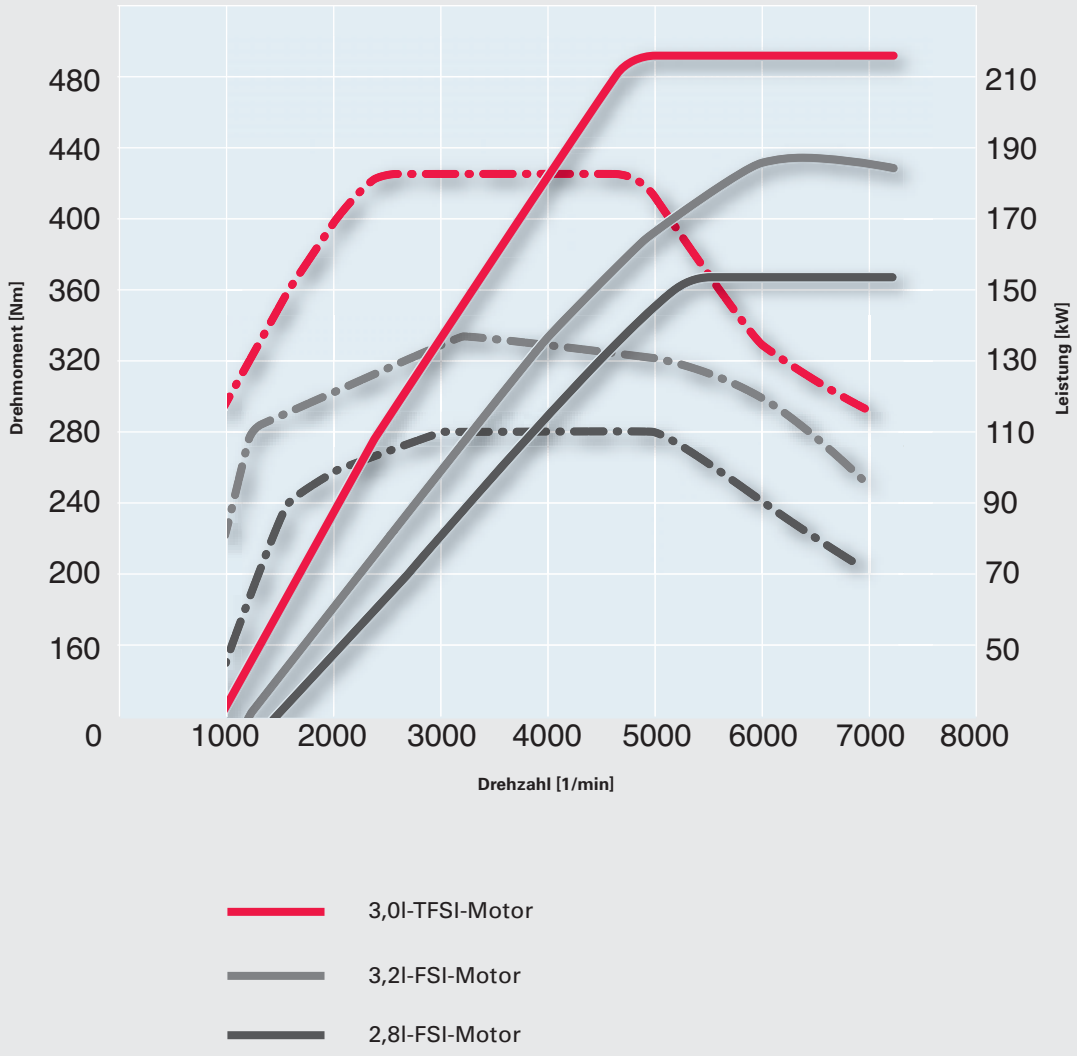
Charakterisierung

Obwohl der 3,0l-V6-TFSI-Motor nicht über den größten Hubraum der Audi V6-Motorenfamilie verfügt, markiert er dort die absolute Leistungsspitze.

Dies spiegelt sich auch bei den Fahrleistungen wieder, denn hier erreicht der Motor bessere Werte als der vergleichbare 3,2l-V6-FSI-Motor ohne Aufladung.

Gleiches gilt auch im Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit, also für den Kraftstoffverbrauch und die Schadstoffemissionen. In der Abbildung sehen Sie zum Vergleich die Volllastkurven der V6-FSI-Motoren, die im Audi A6 verbaut sind.

Drehmoment-Leistungskurven der V6-FSI-Motoren



Technische Daten V6-Motoren im Audi A6

Merkmal	2,4l MPI	2,8l FSI	3,2l FSI	3,0l TFSI
Hubraum in cm^3	2393	2773	3123	2995
Hub in mm	77,4	82,4	92,8	89
Bohrung in mm	81	84,5	84,5	84,5
Hub/Bohrung	0,96	0,98	1,10	1,05
Verdichtung	10,3 : 1	12,0 : 1	12,5 : 1	10,5 : 1
Zylinderabstand in mm	90	90	90	90
Bankversatz in mm	18,5	18,5	18,5	18,5
Hauptlagerdurchmesser in mm	58	58	65	65
Pleuellagerdurchmesser in mm	50	54	56	56
Pleuellänge in mm	159	159	154	153
Blockhöhe in mm	228	228	228	228
Max. Leistung bei Drehzahl in kW bei 1/min	130 bei 6000	154 bei 5250	188 bei 6500	213 bei 4800 – 7000
Max. Drehmoment bei Drehzahl in Nm bei 1/min	230 bei 3000	280 bei 3000 – 5000	330 bei 3250	420 bei 2500 – 4850
Kraftstoff in ROZ	95/91 [1)]	95/91 [1)]	95/91 [1)]	95/91 [1)]

1) mit reduzierter Leistung

Fahrleistungen im Vergleich: 3,2l-V6-FSI-Motor und 3,0l-V6-TFSI-Motor im Audi A6

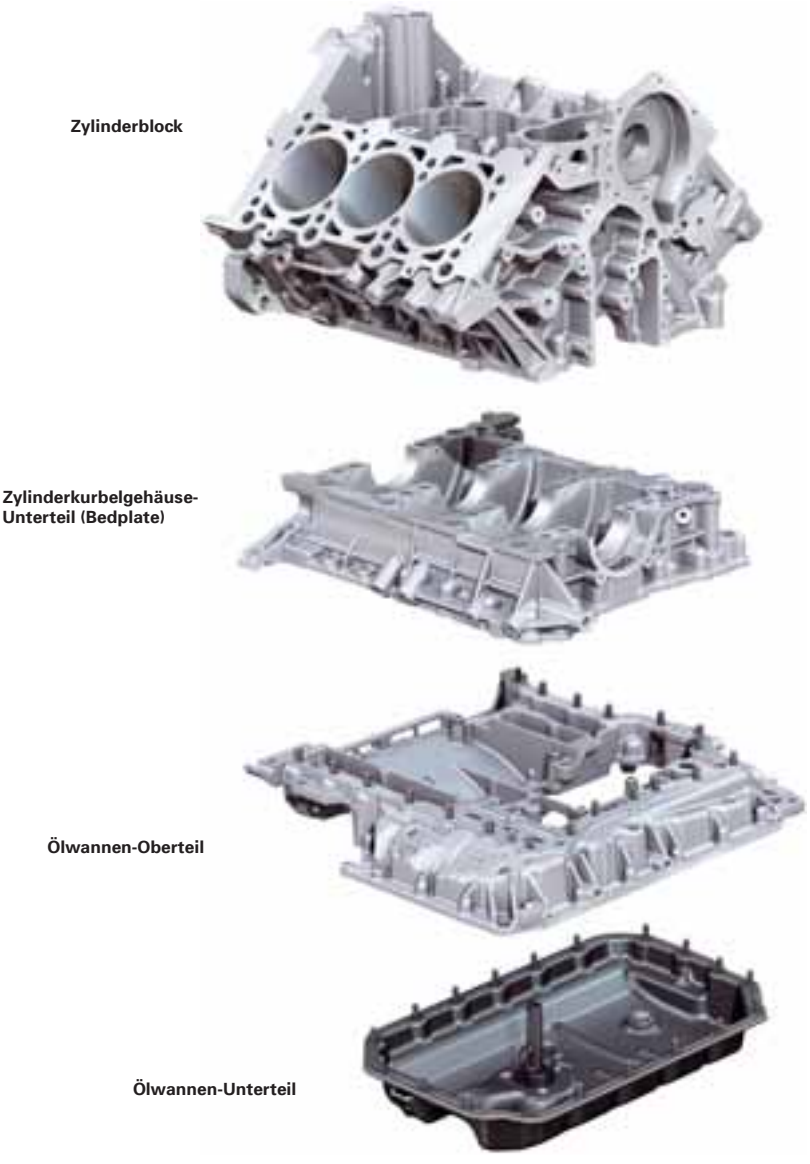
		Audi A6 3,2l FSI 188 kW/330 Nm tiptronic quattro Modelljahr 2008	Audi A6 3,0l TFSI 213 kW/420 Nm tiptronic quattro Modelljahr 2009
Merkmal	**Einheit**		
0 – 100 km/h	s	**7,1**	**6,3**
Elastizität in Fahrstufe D	km/h	80 – 120	80 – 120
	s	6,0	5,3
Höchstgeschwindigkeit	km/h	250 [2)]	250 [2)]
	1/min / Gang	6350 / 5	4500 / 6
Durchschnittsverbrauch gesamt	l/100 km	10,9	9,6
CO_2-Emission	g/km	259	228

2) abgeregelt

Zylinderblock

Der Zylinderblock ist baugleich mit dem des 3,2l-V6-FSI-Motors. Jedoch ist die Belastung aufgrund des gesteigerten mittleren Spitzendrucks (Verbrennungsdruck) höher.

Um dennoch eine hohe Standfestigkeit und Stabilität zu gewährleisten, werden die Bereiche der Lagerstühle im Herstellungsprozess einer speziellen Wärmebehandlung unterzogen. Zusätzlich haben die Hauptlagerschrauben eine andere, höhere Festigkeitsklasse.



437_007

Kurbeltrieb

Kurbelwelle

Die Kurbelwelle ist auf einen Hub von 89 mm angepasst. Sie ist, wie beim 3,2l-V6-FSI-Motor, in *Split-pin-Bauweise** (siehe Glossar) ausgeführt.

Die neu entwickelten, *gecrackten Pleuel** sind 153 mm lang und festigkeitsoptimiert. Alle Lagerschalen sind als bleifreie 3-Stoff-Lagerschalen ausgeführt.

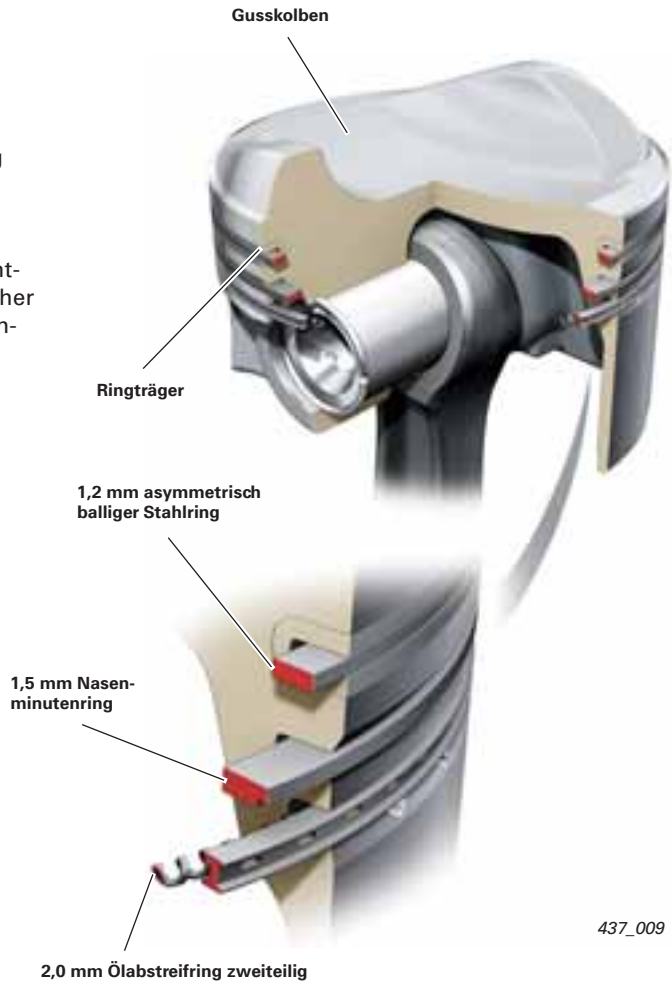


437_008

Kolben

Die Kolben sind im Gegensatz zum 3,2l-V6-FSI-Motor als Ringträgerkolben auf eine Verdichtung von 10,5 : 1 ausgelegt.

Die Kolbenschäfte sind deshalb mit einer verschleißfesten Ferrostanschicht versehen. Eine entsprechende Kolbenringkombination sorgt bei hoher Leistung für geringe Werte bei Blow-by-Gasdurchsatz sowie Ölverbrauch und das bei gleichzeitig minimaler Reibung und Verschleiß.

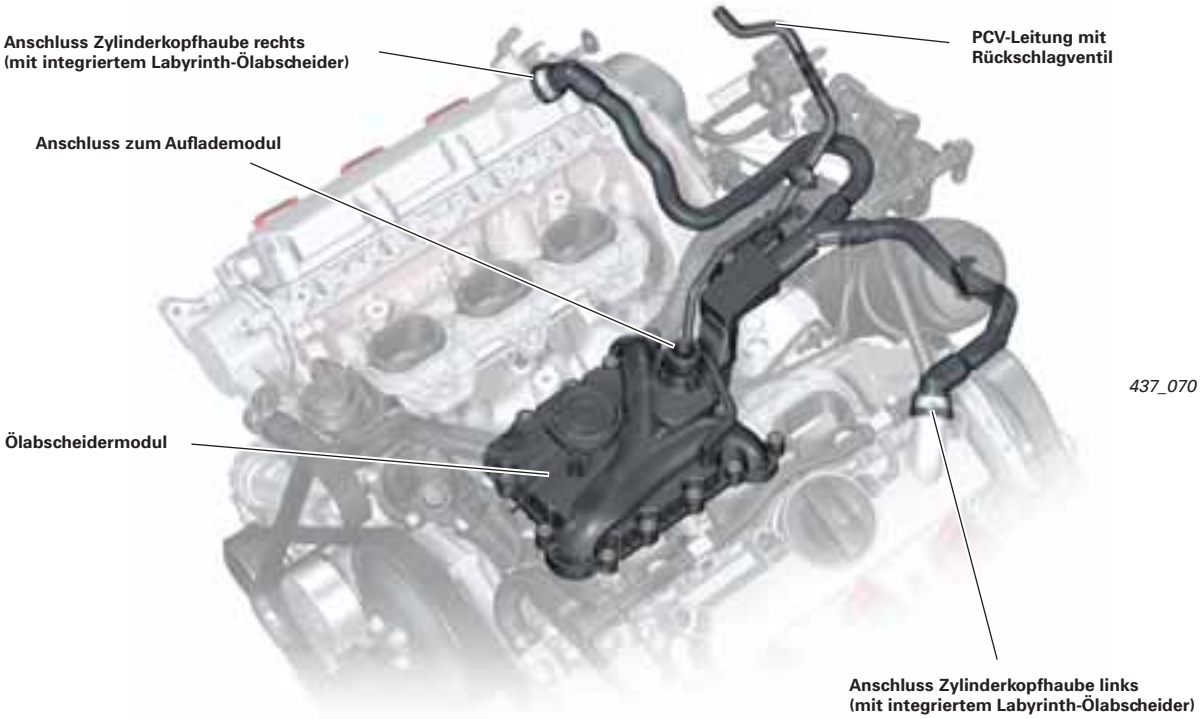


437_009

Kurbelgehäuseentlüftung

Die Kurbelgehäuseentlüftung, wie auch -belüftung, erfolgt analog zum 3,2l-V6-FSI-Motor.

Ein Unterschied besteht bei der Einleitung der gereinigten Entlüftungsgase. Sie erfolgt auf möglichst kürzestem Weg direkt aus dem V-Raum vor die Rotoren des Roots-Gebläses.



437_070

Anschluss an das Aufladedmodul

Die *Blow-by-Gase** werden an der Unterseite in das Aufladedmodul eingeleitet. Ein Zwischenstück dichtet die Zuleitung gegen das Aufladedmodul ab. Die Öffnung des Aufladedmoduls ist konisch ausgeführt, um das Einführen des Zwischenstücks zu erleichern.

Das Zwischenstück ist mit einer Nase versehen. Damit ist bei der Montage die genaue Positionierung am Ausgang der Kurbelgehäuseentlüftung sichergestellt.



437_050

Verweis

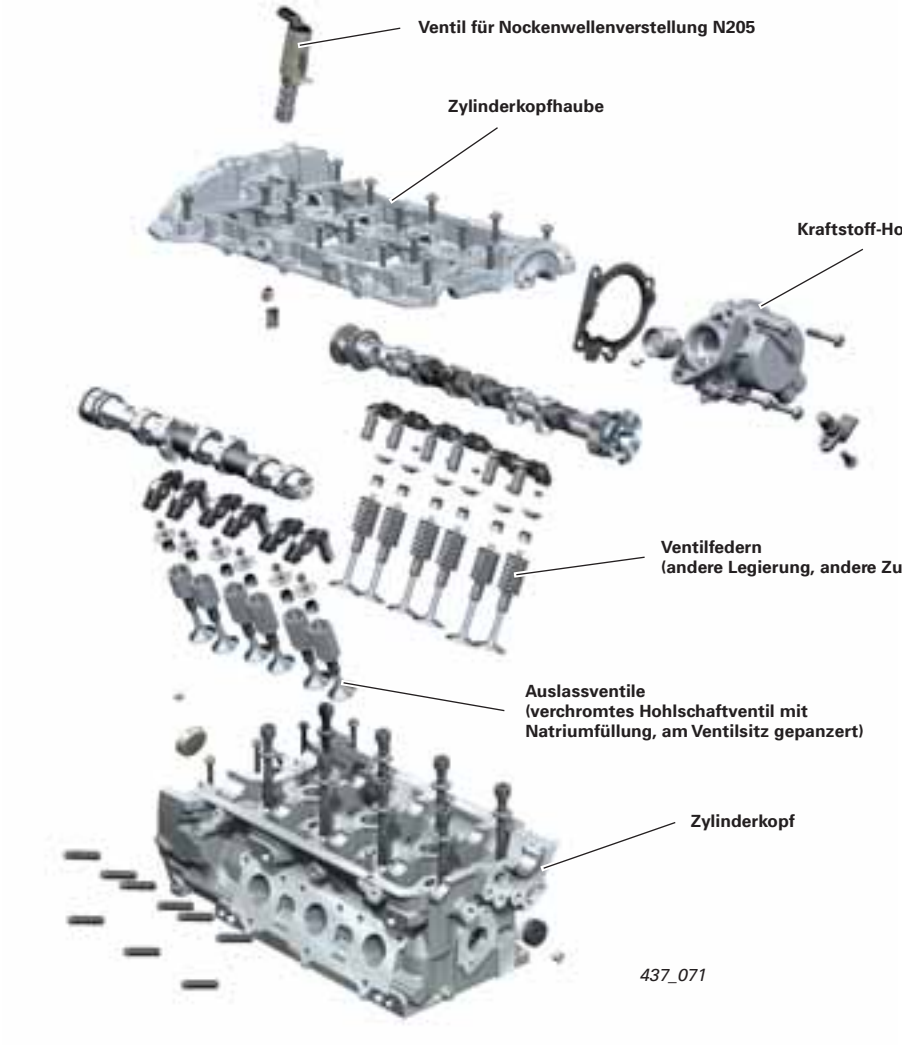
Eine Beschreibung des Aufbaus und der Funktion von Kurbelgehäuseentlüftung und Kurbelgehäusebelüftung finden Sie im Selbststudienprogramm 411 „Audi 2,8l- und 3,2l-FSI-Motor mit Audi valvelift system“.

Zylinderkopf

Die Vierventil-Zylinderköpfe werden weitestgehend vom 3,2l-V6-FSI-Motor übernommen.
Das Audi valvelift system kommt bei diesem Aggregat nicht zur Anwendung.

Auch konnte auf die Auslass-Nockenwellenversteller verzichtet werden. Eine interne Abgasrückführung ist aber trotz allem realisiert.

Änderungen gegenüber 3,2l-V6-FSI-Motor



Kettentrieb

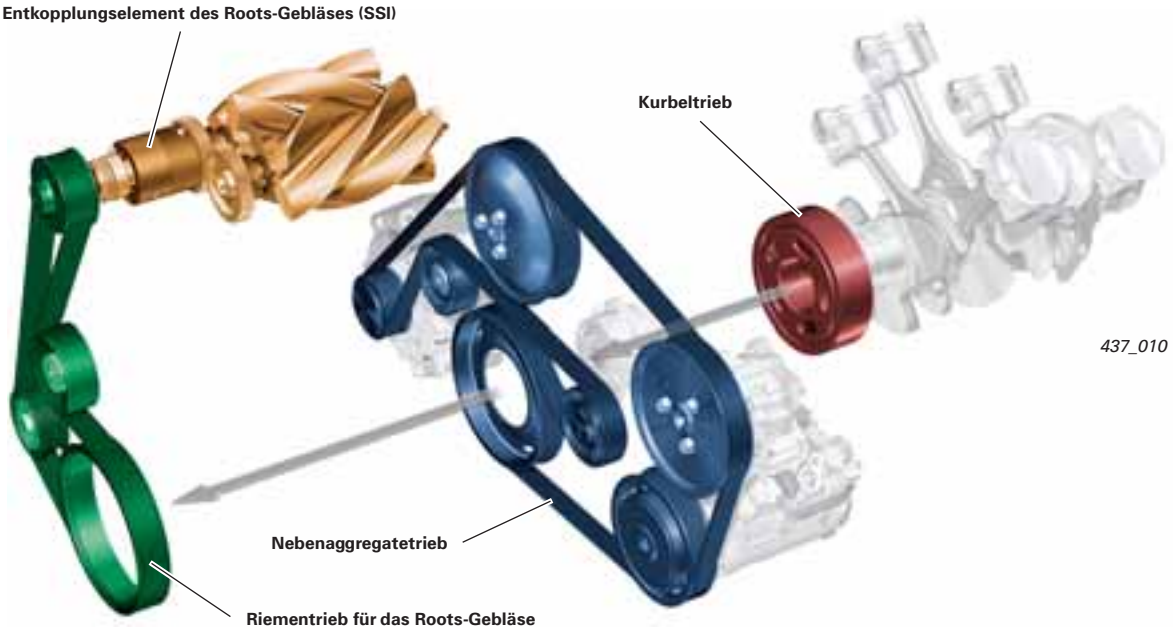
Der Kettentrieb entspricht im Aufbau dem des 3,2l-FSI-Motors.
Unterschiede bestehen bei den geänderten *Steuerzeiten** und fehlenden Nockenwellenverstellern auf der Auslassseite.



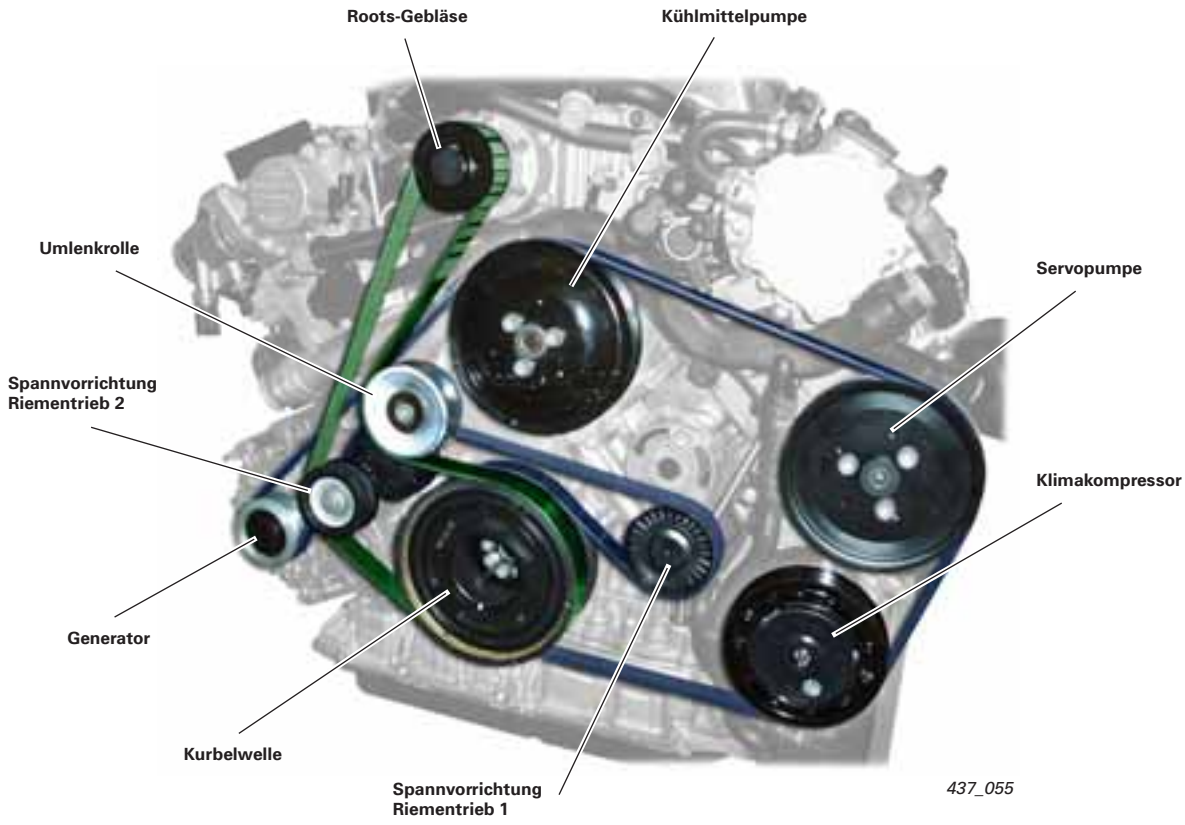
Antrieb der Nebenaggregate

Für den Antrieb der Nebenaggregate verfügt der Motor über zwei getrennte Riementriebe.
Der Nebenaggregatetrieb treibt den Generator, den Klimakompressor und die Hydraulikpumpe der Servolenkung an.

Der Antrieb des Roots-Gebläses wird von einem separaten Riementrieb übernommen.



Anordnung der Aggregate



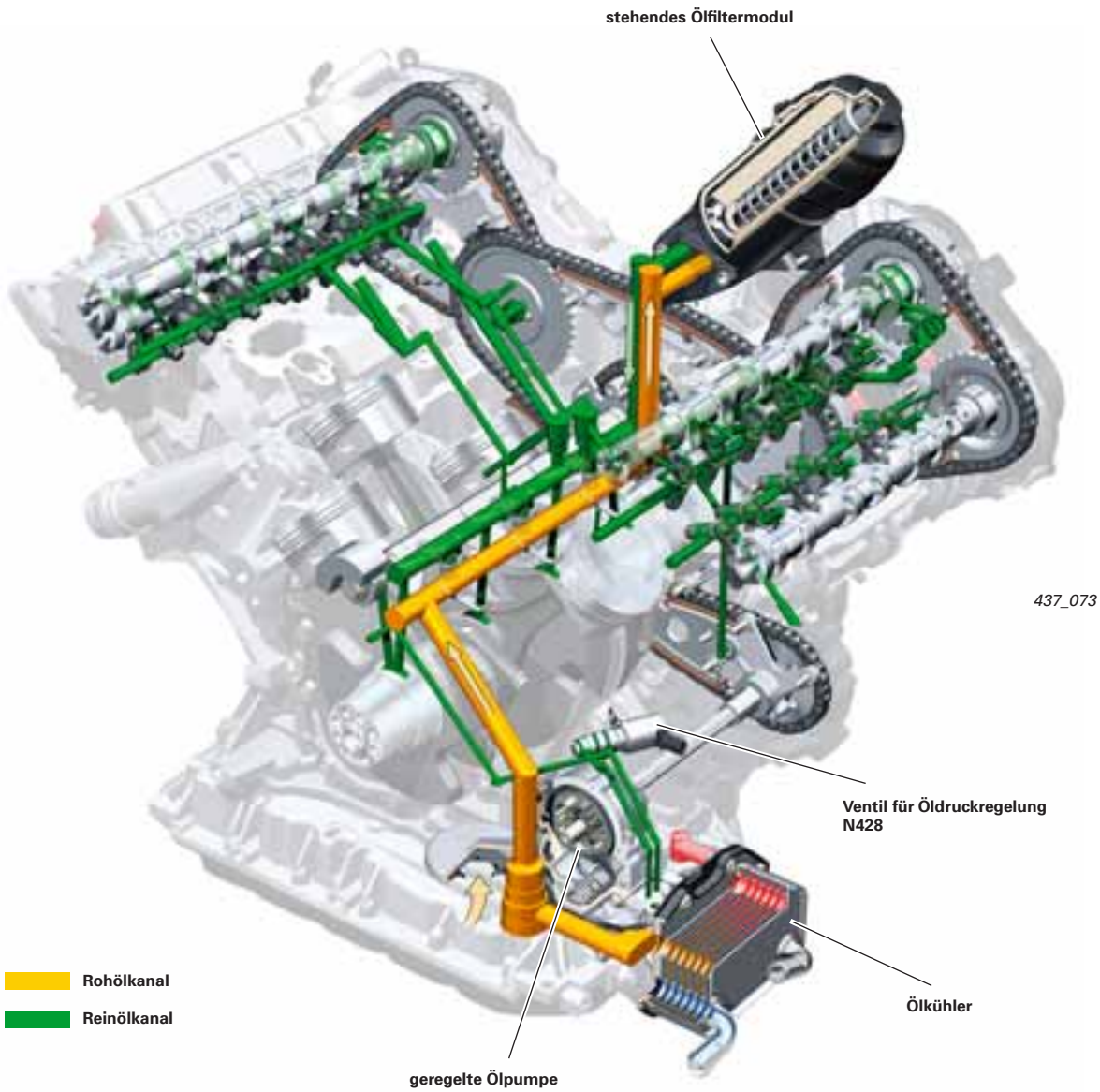
Ölkreislauf

Der Ölkreislauf des 3,0l-V6-TFSI-Motors wurde vom 3,2l-V6-FSI-Motor übernommen.

Unterschiede bestehen jedoch folgende:

– Entfall der Spritzdüsen für die Schlepphebel im Ventiltrieb, diese sind nur in einem Motor mit Audi valvelift system erforderlich, da die schmaleren Rollen eine bessere Schmierung benötigen.

– Entfall der Ansteuerung der Auslass-Nockenwellenversteller

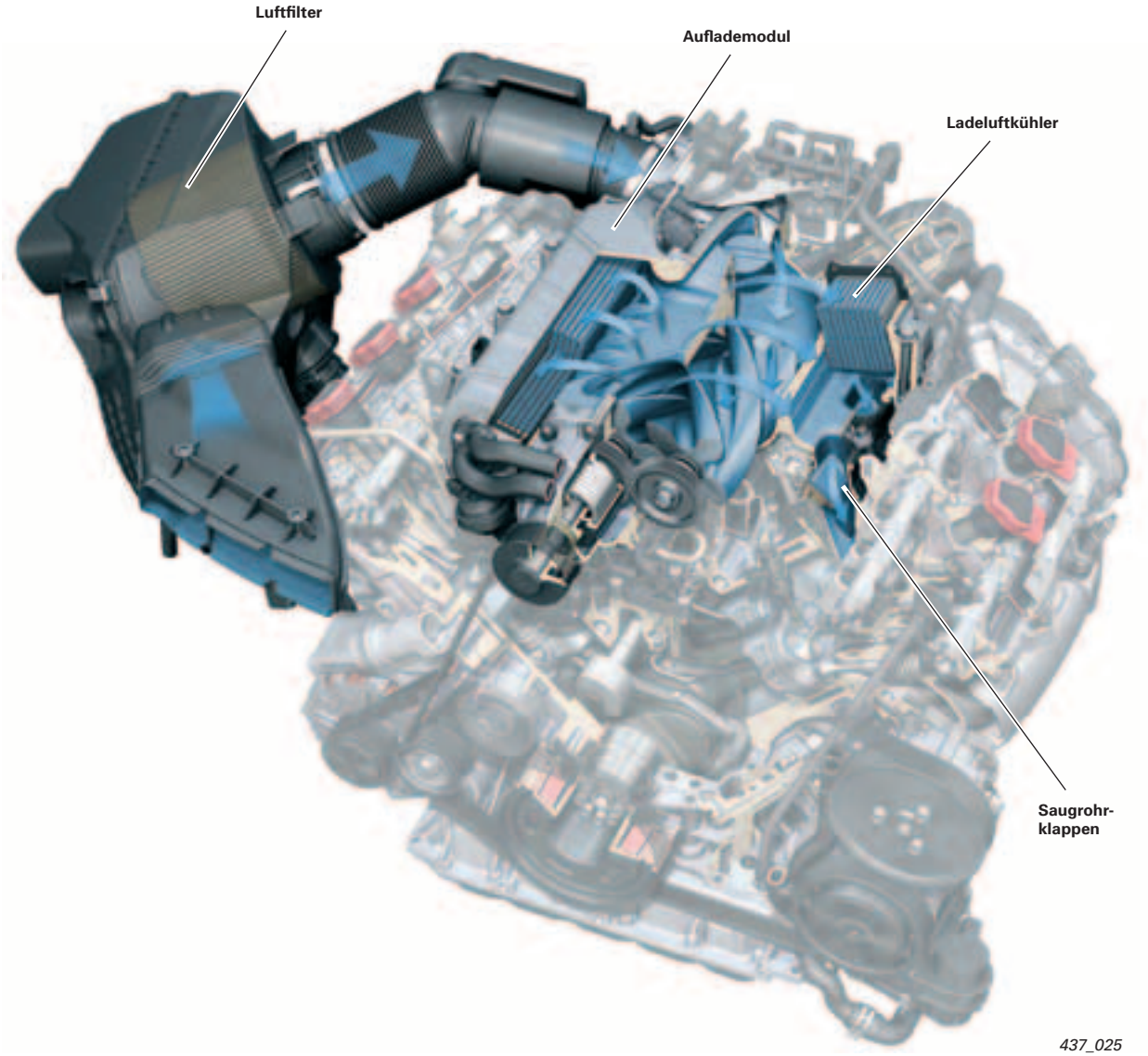


Verweis

Eine Beschreibung des Aufbaus und der Funktion des Schmierölkreislaufs sowie der Ölpumpe finden Sie im Selbststudienprogramm 411 „Audi 2,8l- und 3,2l-FSI-Motor mit Audi valvelift system“.

Luftführung

Das zentrale Bauteil der Luftversorgung ist das im Innen-V des Motors verbaute Aufladedmodul. Darin sind das Roots-Gebläse, die Bypassregelung und die Ladeluftkühlung integriert.



Angesichts der umfangreichen Erfahrungen von Audi mit dem Einsatz von Abgasturboladern als Aufladungssystem stellt sich die Frage, warum für den 3,0l-V6-TFSI-Motor eine mechanische Aufladung gewählt wurde.

Nach sorgfältigem Abwägen der Vor- und Nachteile und aufgrund zahlreicher Versuche während der Konzeptions- und Entwicklungsphase wurde die Entscheidung zu Gunsten der mechanischen Aufladung getroffen.

Dabei waren folgende Kriterien besonders ausschlaggebend:

- hoher Komfortanspruch
- kraftvolles Anfahrverhalten, breites Einsatzspektrum zwischen komfortorientiert bis sehr sportlich
- Der Motor kann aufgrund seiner Charakteristik in mehreren Fahrzeugmodellen verbaut werden (von Audi A4 bis zum A8).
- Erfüllung aller aktuellen und in naher Zukunft gültigen Abgasnormen (EU V und ULEV II)

Vor- und Nachteile der mechanischen Aufladung mit Roots-Gebläse gegenüber einer Aufladung mit Abgasturbolader

Vorteile:

- bei Bedarf sofort verfügbarer Ladedruck
- Der Ladedruck wird kontinuierlich geliefert und steigt mit der Drehzahl.
- Die Ladeluft muss nicht so stark abgekühlt werden.
- hohe Lebensdauer, wartungsfreundlicher Betrieb
- kompakte Bauweise (lässt sich platzsparend im Innen-V anstelle des Saugrohrs verbauen)
- günstiger Kraftstoffverbrauch
- schneller, dynamischer Drehmomentaufbau; frühes Spitzendrehmoment, dadurch gutes Anfahrverhalten
- sehr kurze Wege der zu verdichtenden Luft bis in die Zylinder; Es ergibt sich ein sehr geringes Luftvolumen, dadurch spontanes Ansprechverhalten.
- besseres Abgasverhalten; Grund: Der Katalysator erreicht schneller seine Betriebstemperatur. Bei einem Motor mit Abgasturboaufladung geht ein Teil der Wärmeenergie für den Antrieb des Turboladers verloren.

Nachteile:

- in der Herstellung sehr aufwendig, aufgrund sehr enger Fertigungstoleranzen (der Rotoren zum Gehäuse und Rotoren zueinander)
- höhere Empfindlichkeit gegen das Eindringen von Fremdkörpern in die Reinluftstrecke
- relativ hohes Gewicht
- großer Aufwand zur Geräuschdämpfung
- Zum Antrieb des Gebläses geht ein Teil der Motorleistung verloren.

Abgasturbolader



437_053

Roots-Gebläse

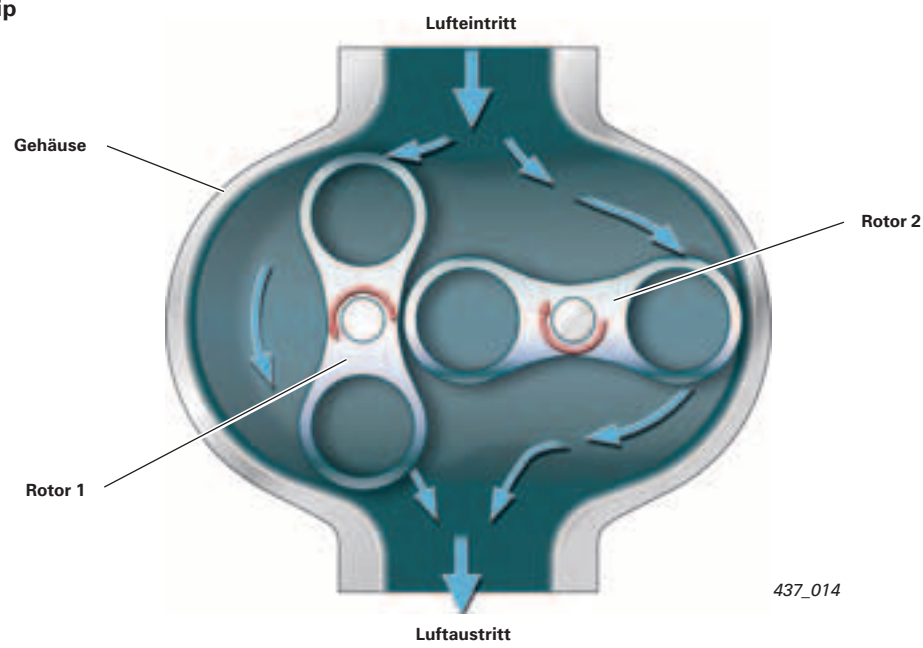


437_044

Grundinformationen zu Roots-Gebläsen

Roots-Gebläse gewinnen mit ihrer Technik der mechanischen Aufladung für Audi gegenwärtig wieder an Bedeutung. In diesem Abschnitt finden Sie grundlegende Informationen zum Aufbau und zur Entwicklung dieser Technik.

Grundprinzip



Was sind Roots-Gebläse? Sie sind der Bauform nach Drehkolbenmaschinen. Sie arbeiten ohne innere Verdichtung nach dem Verdrängerprinzip.
Das Gebläse besteht aus einem Gehäuse, in dem sich zwei Wellen (Läufer) drehen.
Der Antrieb beider Läufer erfolgt mechanisch, zum Beispiel von der Kurbelwelle aus. Mit einer Zahnradstufe, außerhalb des Gehäuses, werden beide Läufer synchron verbunden und drehen sich gegenläufig. So kämmen sie miteinander.

Bei der Konstruktion ist es besonders wichtig, dass die Läufer miteinander und zum Gehäuse abdichten. Die Schwierigkeit: Dabei darf möglichst keine Reibung entstehen.
Bei Betrieb (Rotation der Läufer) wird die Luft zwischen den Flügeln und der Außenwand vom Lufteintritt (Saugseite) zum Luftaustritt (Druckseite) gefördert. Der Druck der geförderten Luft entsteht durch Rückströmung.

Bauarten



Die historischen Gebläse waren mit zweiflügeligen Läufern ausgestattet.



Die modernen Ausführungen sind meist dreiflügelig und schraubenförmig. Damit wird ein höherer und vor allem ein konstanter Ladedruck erzielt (besserer Wirkungsgrad).

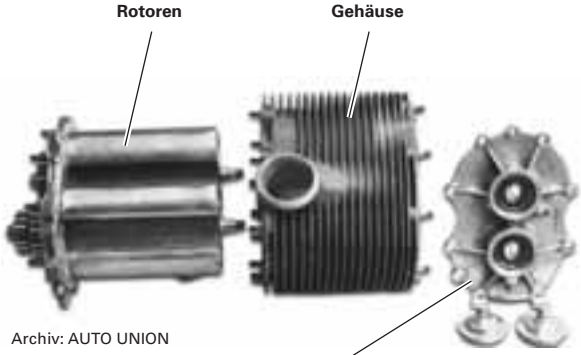
Historische Entwicklung

Der Name des Systems stammt von den Gebrüdern Philander und Francis Roots, die sich das Prinzip schon im Jahr 1860 patentieren ließen.

Damals wurden Roots-Gebläse meistens als Winderzeuger für Hochöfen verwendet, fanden aber auch in anderen Industriezweigen Anwendung.
Als erster baute Gottlieb Daimler im Jahr 1900 ein Roots-Gebläse in ein Auto ein. In den zwanziger und dreißiger Jahren kamen Roots-Gebläse im Motorsport zum Einsatz.

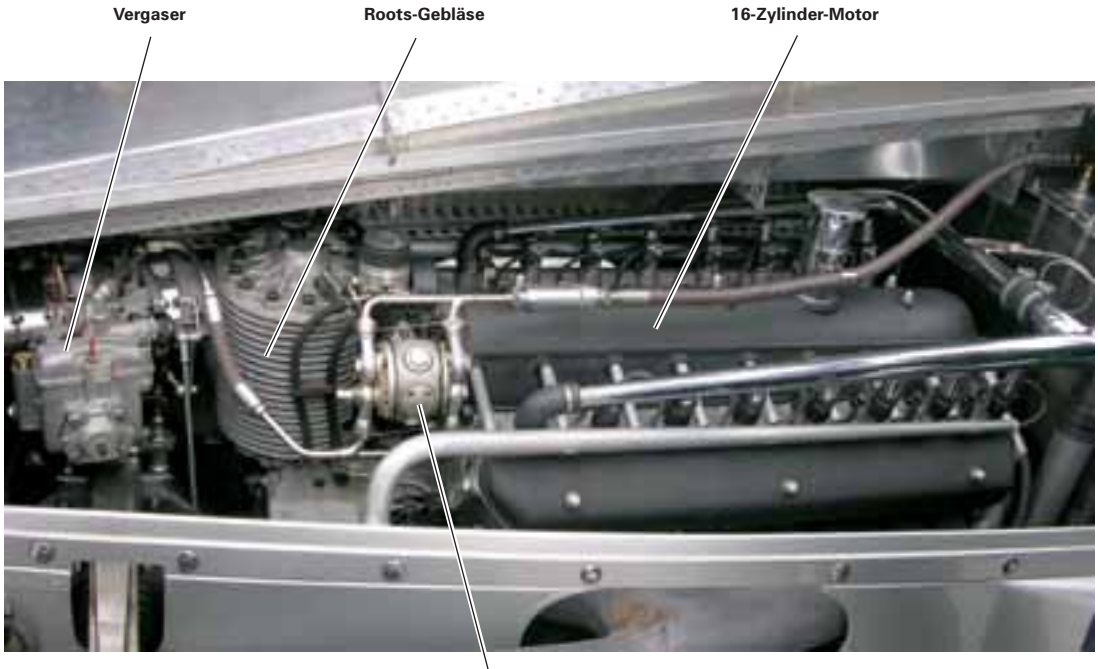
Besonderes Merkmal: Diese Motoren konnte man gut an dem typischen „Kompressorkreischen“ erkennen. Die unten stehende Abbildung zeigt ein Roots-Gebläse des AUTO UNION Grand-Prix-Rennwagens Typ C von 1936.
Mit der Entwicklung Hochtemperatur beständiger Werkstoffe verloren Roots-Gebläse gegenüber dem Abgasturbolader an Bedeutung. Roots-Gebläse kommen heute vor allem in sportlichen Fahrzeugen zum Einsatz.

Anders als beim 3,0l-V6-TFSI-Motor befand sich die Gemischaufbereitung der AUTO UNION Rennwagen noch vor dem Roots-Gebläse.
Konzeptbedingt wurde diese Anordnung gewählt, da nur vor dem Roots-Gebläse ausreichend Unterdruck vorhanden war, um den Kraftstoff aus dem Vergaser anzusaugen.
Im Roots-Gebläse wurde also ein Kraftstoff-Luft-Gemisch komprimiert.



Archiv: AUTO UNION

437_051



437_026

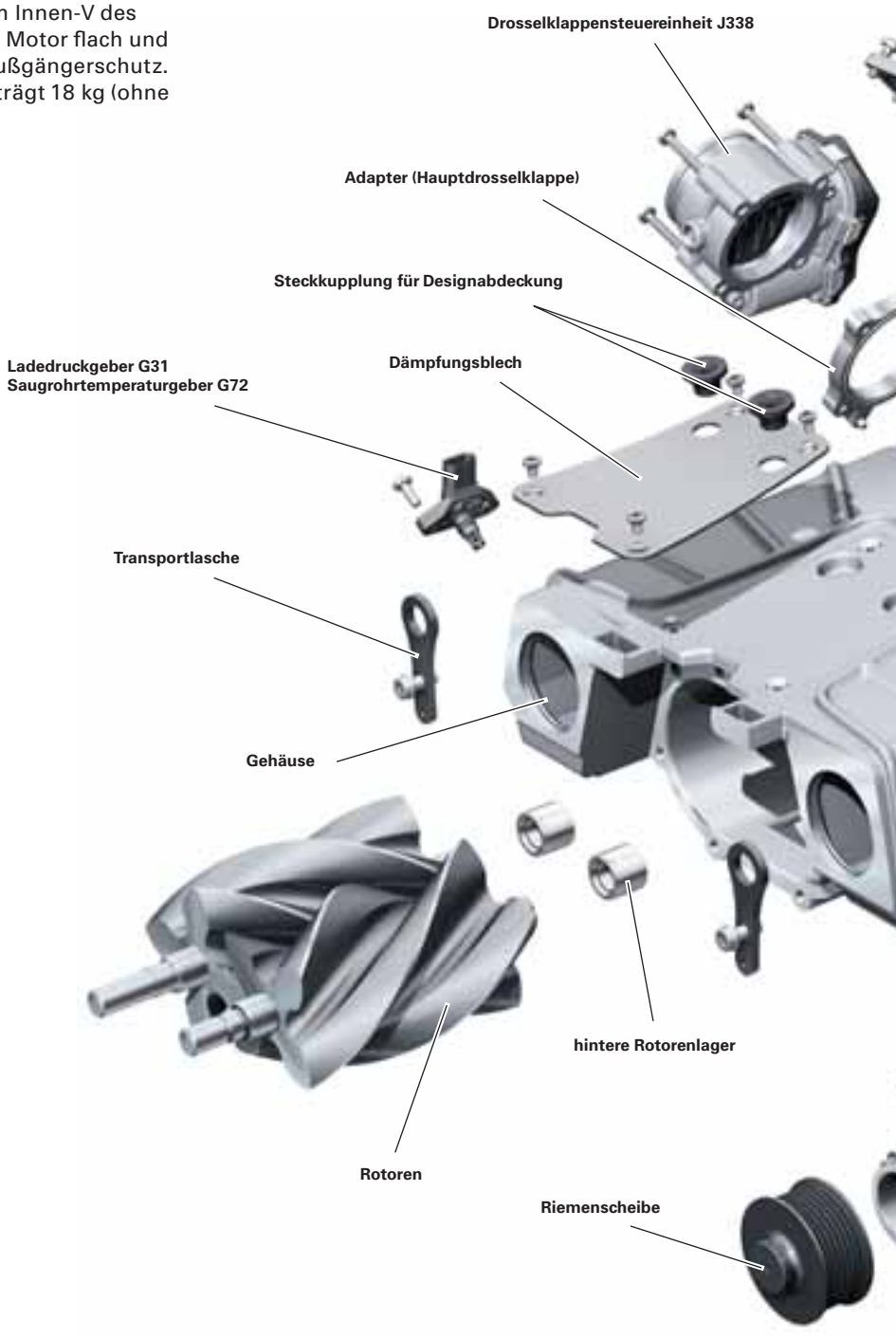
Aufladermodul

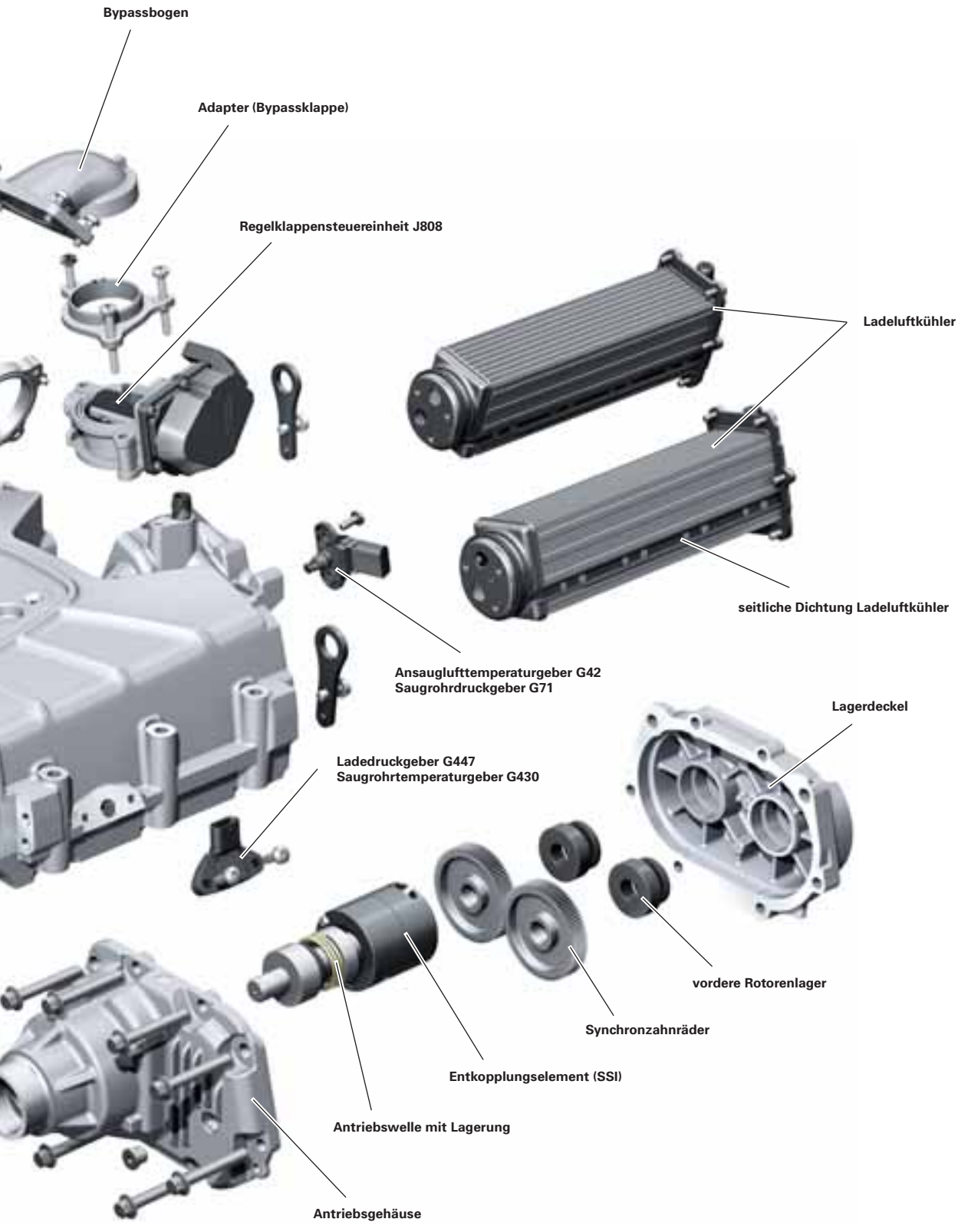
Moderne Roots-Gebläse, so auch der bei Audi eingesetzte Typ, sind Schraubenlader.
Gegenüber der Vorgänger-Generation mit dreiflügeligen Rotoren verfügt das Audi Roots-Gebläse über vierflügelige Rotoren. Jeder Flügel der beiden Rotoren ist um 160° zur Längsachse verdreht. Dadurch erfolgt eine kontinuierlichere und pulsationsärmere Luftförderung.

Der Hersteller des Roots-Gebläses für den 3,0l-V6-TFSI-Motor ist die Firma EATON.
Diese Firma hat bereits über viele Jahre Erfahrung mit der Herstellung von Roots-Gebläsen.

Aufbau

Das Aufladermodul ist vollständig im Innen-V des Motors angeordnet. Somit baut der Motor flach und erfüllt die Anforderungen an den Fußgängerschutz. Das Gesamtgewicht des Moduls beträgt 18 kg (ohne Kühlmittelfüllung).



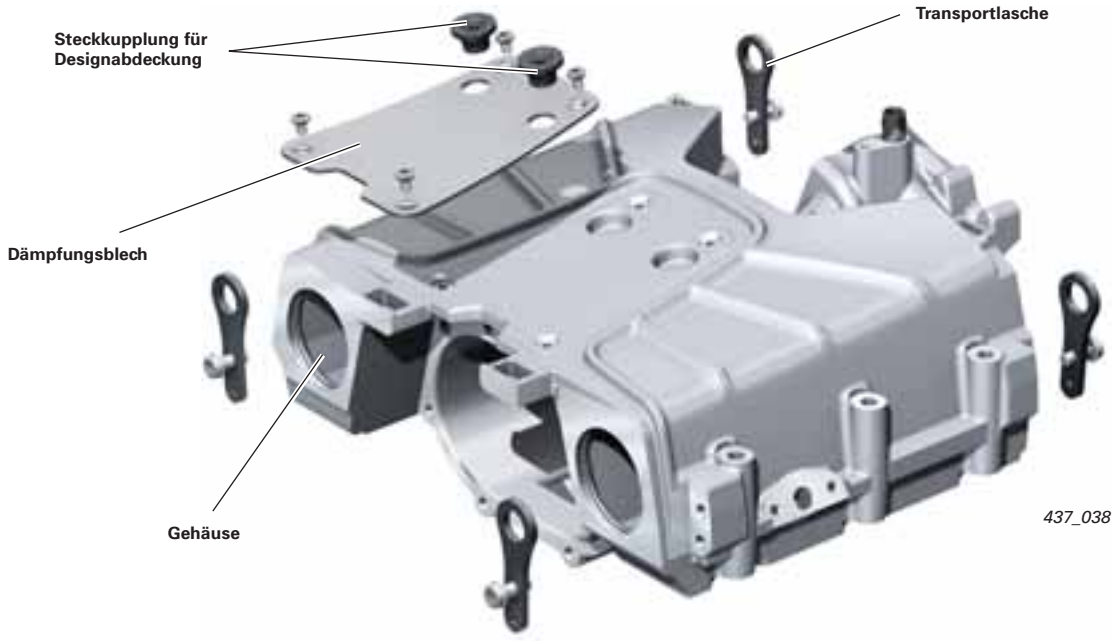

Bypassbogen
Adapter (Bypassklappe)
Regelklappensteuereinheit J808
Ladeluftkühler
seitliche Dichtung Ladeluftkühler
Ansauglufttemperaturgeber G42
Saugrohrdruckgeber G71
Lagerdeckel
Ladedruckgeber G447
Saugrohrtemperaturgeber G430
vordere Rotorenlager
Synchronzahnräder
Entkopplungselement (SSI)
Antriebswelle mit Lagerung
Antriebsgehäuse

437_037

Gehäuse

Im einteiligen Gussgehäuse sind das Roots-Gebläse, eine elektrisch angesteuerte Bypassklappe und für jede Zylinderbank je ein Ladeluftkühler integriert.

An der Unterseite befinden sich die Luftaustrittsöffnungen zu den einzelnen Zylindern.
Die am Aufladermodul verschraubten Transportlaschen dienen zur Aufhängung des Motors bei Aus- und Einbau.



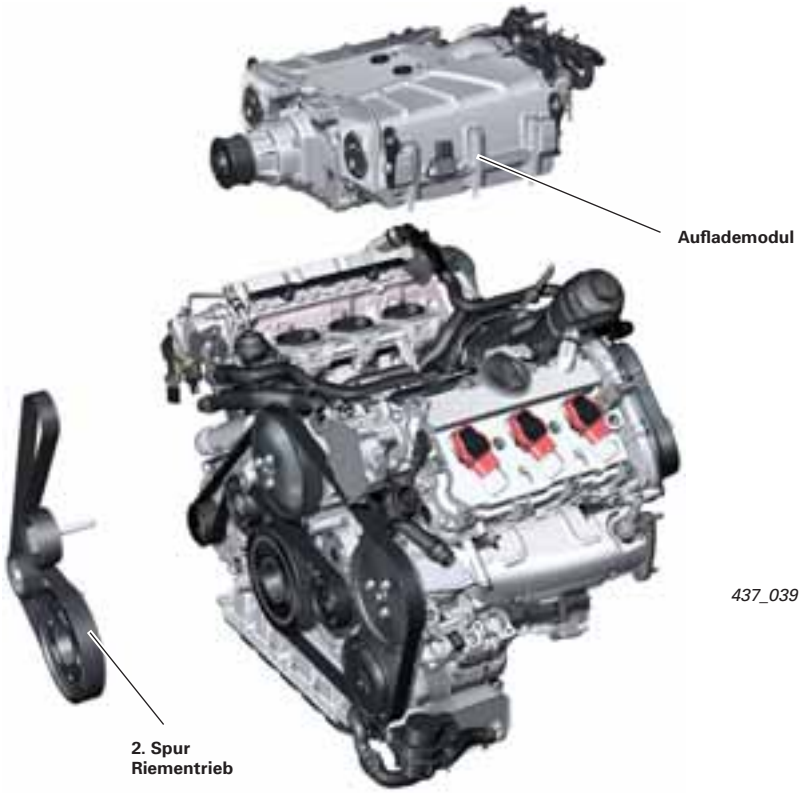


Antrieb

Über die zweite Spur der Riemenscheibe wird das Roots-Gebläse von der Kurbelwelle angetrieben. Der Antrieb erfolgt permanent und wird nicht von einer Magnetkupplung zu- bzw. abgeschaltet. Beide Triebe werden über eine Gummilage, im gemeinsamen Torsionsschwingungsdämpfer, von den Schwingungen der Kurbelwelle abgekoppelt.

Damit konnte das Resonanzverhalten bei niedrigen Drehzahlen und bei Volllast verbessert werden. Nebeneffekt: Die Riemenbelastung wurde deutlich verringert.

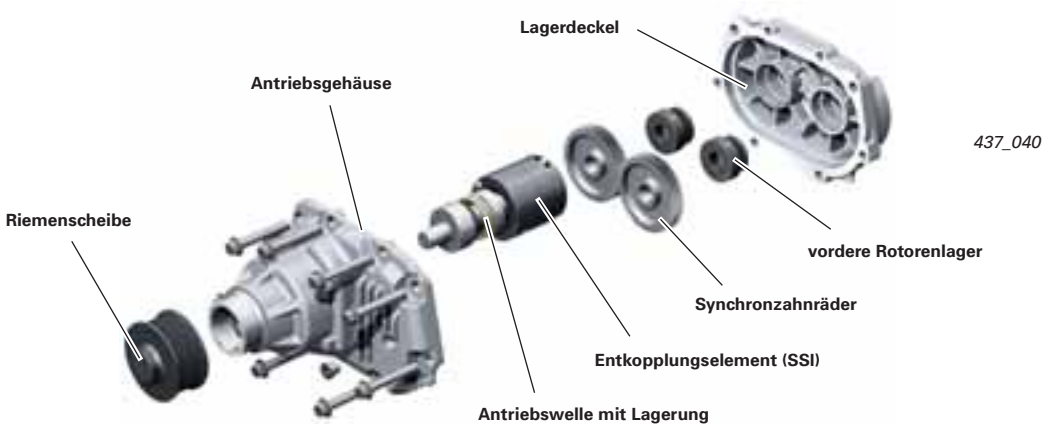
Die Übersetzung zwischen Kurbelwelle und Aufladeмodul beträgt 1:2,5. Dadurch ist eine maximale Drehzahl von 18.000 1/min möglich.



437_039

Die Ankopplung des Roots-Gebläses erfolgt über das Entkopplungselement (SSI = Single Spring Isolator). Dieses Entkopplungselement ist im Antriebsgehäuse des Aufladeмoduls integriert. Es hat die Aufgabe, die Kraftverläufe bei Lastwechselvorgängen zu optimieren.

Dadurch wird eine sehr hohe Laufruhe (optimierte Akustik) erreicht und die Lebensdauer des Antriebsriemens erhöht. Das Wechselintervall des Keilrippenriemens für das Roots-Gebläse liegt bei 120.000 km.



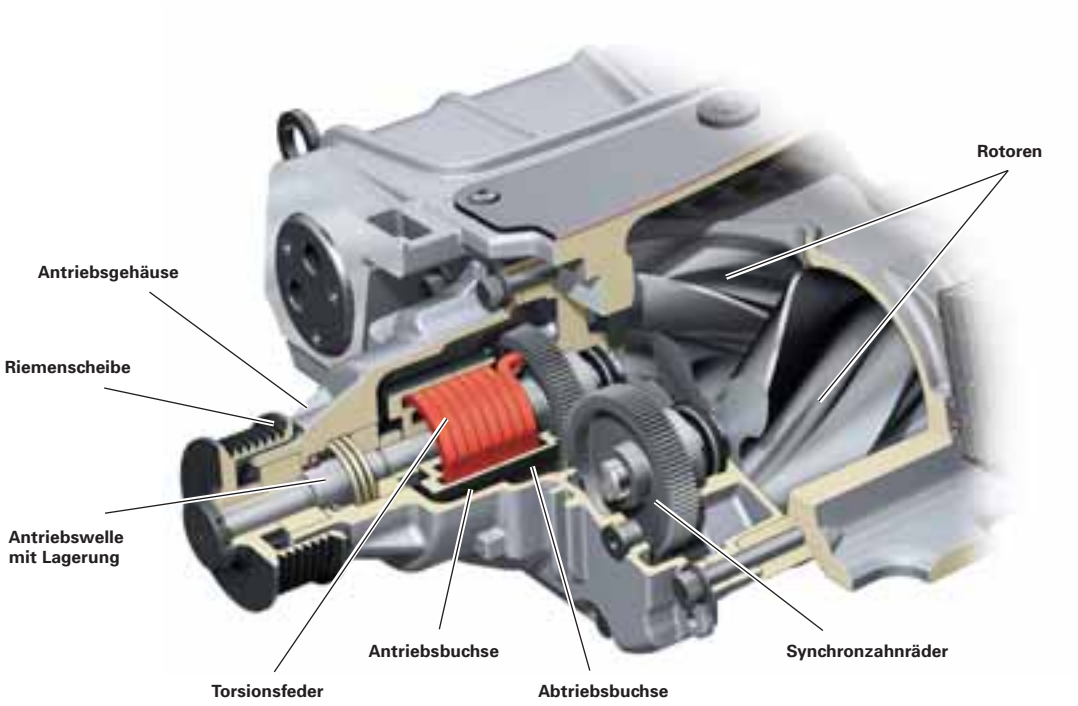
437_040

Funktion

Im Antriebsgehäuse des Roots-Gebläses ist ein Federelement verbaut. Hier wird eine Torsionsfeder von einer Antriebs- und einer Abtriebsbuchse geführt. Die Feder überträgt das Antriebsmoment von der Riemenscheibe auf die Zahnradstufe.
Die Antriebs- und Abtriebsbuchsen übernehmen die Begrenzung des Schwingwegs in und gegen die Drehrichtung des Roots-Gebläses.

Das Federelement wurde so ausgelegt, dass es „weich" genug ist, um effizient abzukoppeln. Es muss aber auch im dynamischen Betrieb, also bei Lastwechselvorgängen, ein hartes Anschlagen vermeiden, was zu Störgeräuschen führen kann.

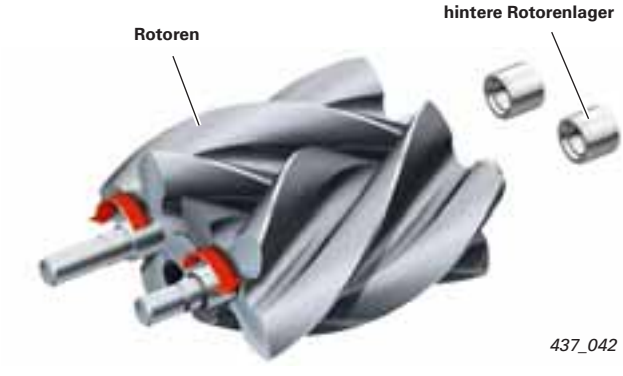
Im weiteren Verlauf des Antriebs wird der zweite Rotor, über ein Zahnradpaar, angetrieben. Dadurch laufen beide Rotoren absolut synchron und in entgegengesetzter Drehrichtung. Eine sehr hohe Anzahl von Zähnen vermindert die Übertragung von Schwingungen. Die Zahnräder sind auf die Wellen der Rotoren aufgepresst. Dieser Aufpressvorgang wird beim Hersteller mit speziellen Lehren durchgeführt.
Die Passung muss sehr genau sein, da sich die Rotorflügel andernfalls berühren könnten.
Deshalb dürfen im Service die Zahnräder nicht von den Wellen gepresst werden. Der Antriebskopf ist mit einer speziellen Ölfüllung versehen.



437_041

Rotoren

Die vierflügeligen Rotoren haben eine Verdrillung von 160°. Beide Rotoren laufen in wartungsfreien Wälzlagern. Damit in der Einlaufphase der Verschleiß möglichst gering ist, sind die Rotoren mit einer graphithaltigen Schicht überzogen.
Die Beschichtung gewährleistet eine optimale Abdichtung gegen Luft-Leckage (Rotor zu Rotor und Rotor zu Rotorbohrung) – Leistungsgewinn.



437_042

Regelung der Luftströmung und des Ladedrucks

Das Roots-Gebläse wird permanent angetrieben. Wäre keine Ladedruckregelung vorhanden, dann würde das Roots-Gebläse immer den, für die jeweilige Drehzahl, maximalen Luftstrom und somit den maximalen Ladedruck erzeugen.

Da aber nicht in allen Betriebszuständen Ladeluft benötigt wird, würde es einen zu hohen Luftstau auf der Druckseite des Gebläses geben. Dies wiederum würde zu unnötigem Leistungsverlust des Motors führen. Es muss also eine Möglichkeit geben, den Ladedruck regeln zu können.

Bei anderen Systemen wurde zur Begrenzung des Ladedrucks der Antrieb des Riementriebs über eine Magnetkupplung abgeschaltet.

Für den 3,0l-V6-TFSI-Motor wird zur Regelung des Ladedrucks die Regelklappensteuereinheit J808 verwendet. Sie ist im Aufladermodul verschraubt und verbindet die Druckseite mit der Saugseite. Durch das Öffnen einer Bypassklappe wird ein Teil des geförderten Luftvolumens, über den offenen Bypass, auf die Saugseite des Roots-Gebläses zurückgeführt.
Die Funktion der Bypassklappe ist vergleichbar mit einer Wastegate-Klappe an einem Ottomotor mit Abgasturbolader.

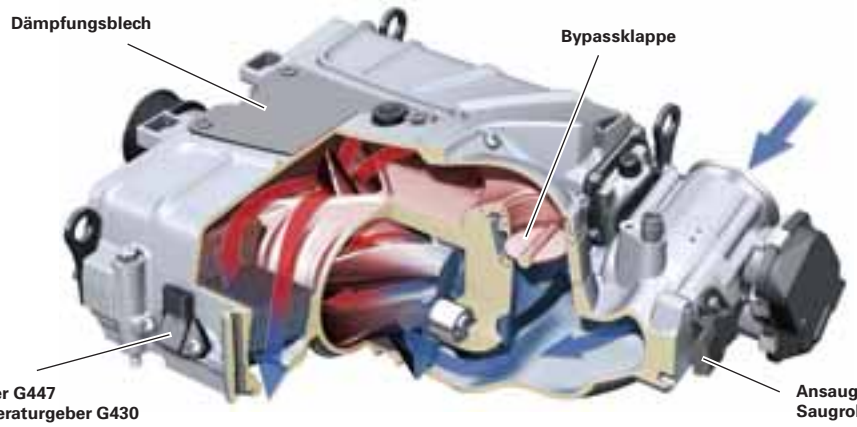
Aufgaben der Regelklappensteuereinheit J808:

- Regelung des vom Motorsteuergerät vorgegebenen Ladedrucks
- Begrenzung des maximalen Ladedrucks auf 1,9 bar absolut

Funktion

Volllastbetrieb (Bypassklappe geschlossen)

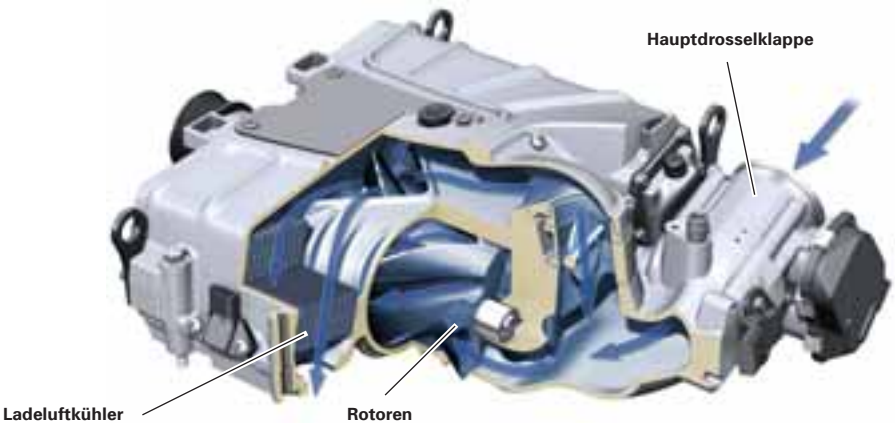
Im Volllastbetrieb strömt die Luft über die Drosselklappe, das Roots-Gebläse und die Ladeluftkühler zum Motor.



437_044

Teillastbetrieb (Bypassklappe geöffnet)

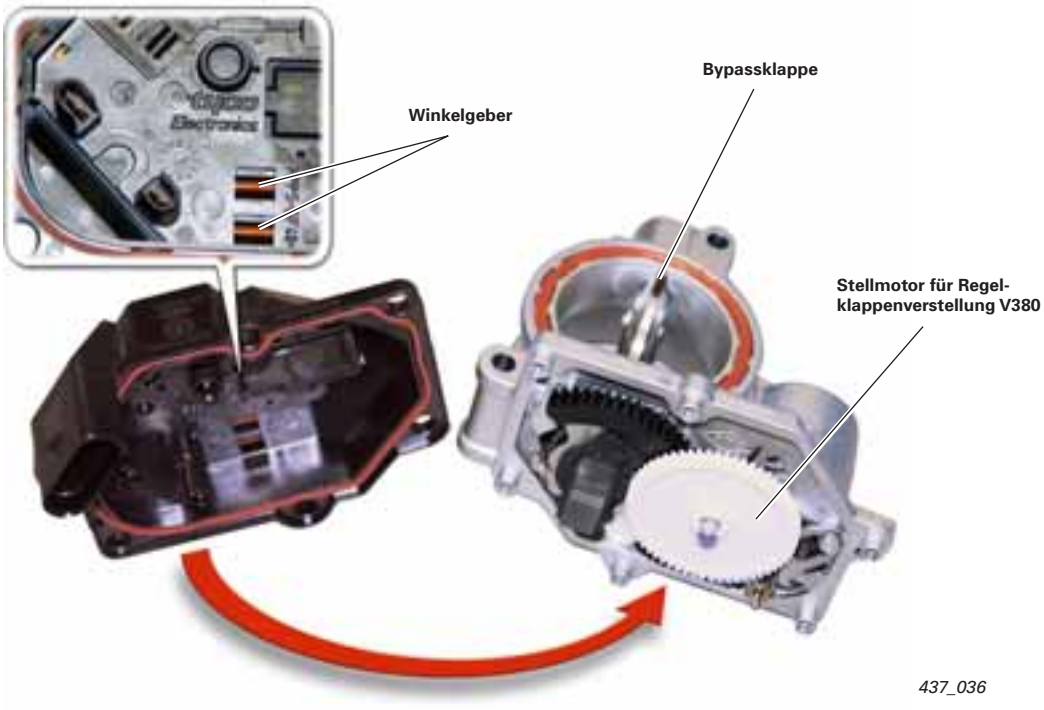
Im Teillastbetrieb, im Leerlauf und im Schub wird ein Teil des geförderten Luftvolumens über den offenen Bypass auf die Saugseite zurückgeführt.



437_043

Regelklappensteuereinheit J808

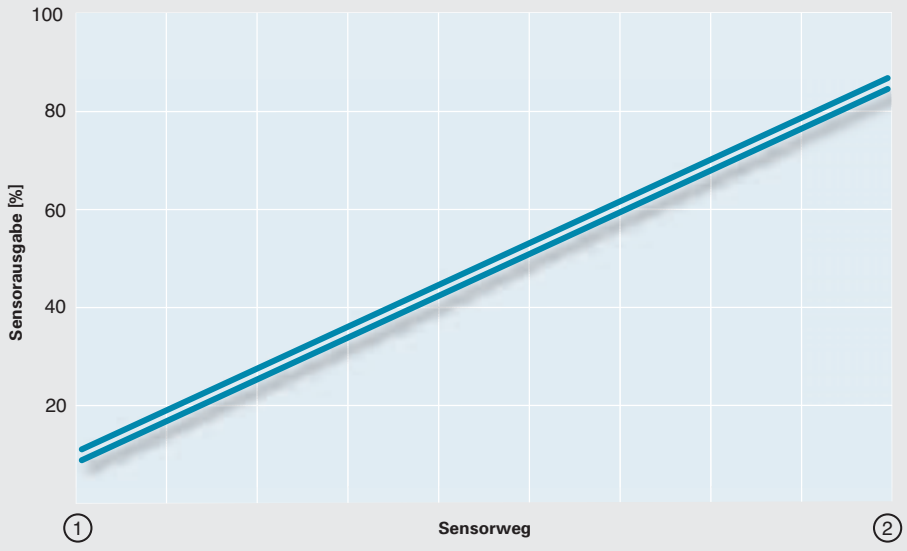
Durch den Einsatz der Regelklappensteuereinheit J808 kann auf eine aufwändige und teure Abschaltung des Riementriebs in Form einer Magnetkupplung verzichtet werden. Die Leistungsaufnahme des Aufladem-oduls liegt je nach Motordrehzahl zwischen 1,5 und 38 kW.



Signalbild des Potenziometers für Regelklappe G584

① unterer mechanischer Anschlag

② oberer mechanischer Anschlag



Legende:

G584 Potenziometer für Regelklappe

J808 Regelklappensteuereinheit

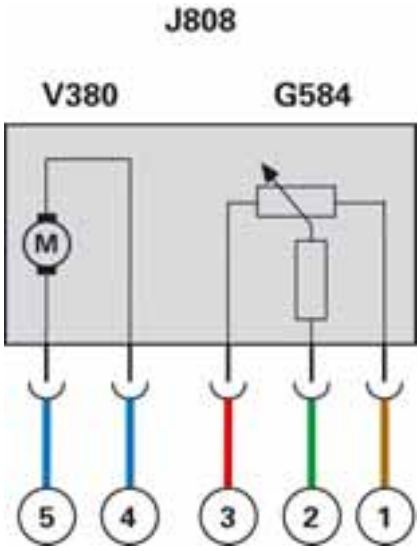
V380 Stellmotor für Regelklappenverstellung (Bauart: DC-Motor (Gleichstrommotor))

① Sensorspannung Masse

② Steuersignal

③ Sensorspannung Plus

④ ⑤ Versorgungsspannung Motor



437_052

Potenziometer für Regelklappe G584

Das Bauteil erkennt die aktuelle Lage der Regelklappe. Es ist im Deckel des Stellergehäuses verbaut.
Sein Ausgangsspannungsbereich liegt zwischen 0,5 und 4,5 V. Das Potenziometer arbeitet nach dem magnetoresistiven Messprinzip. Es ist daher unempfindlich gegenüber elektromagnetischer Strahlung *(EMV*)*.

Auswirkungen bei Signalausfall

Die Klappe wird stromlos gestellt und fährt federbelastet in den offenen Anschlag. Der Fehlerfall ist irreversibel für einen Fahrzyklus.
In diesem Fall wird kein Ladedruck aufgebaut.
Es stehen weder die volle Leistung noch das volle Drehmoment zur Verfügung.
Das Bauteil ist OBD-pflichtig, das heißt, bei Ausfall wird die Abgaswarnleuchte K83 (MIL) angesteuert.

Signalverwendung

Das Rückmeldesignal der Klappenlage wird genutzt, um die Reglereingangsgröße festzulegen. Weiterhin dient es zur Ermittlung der Adaptionswerte.

Verweis

Informationen zu magnetoresistiven Sensoren finden Sie im Selbststudienprogramm 411 „Audi 2,8l- und 3,2l-FSI-Motor mit Audi valvelift system“.

Sensoren zur Erfassung der Luftmasse und des Ladedrucks

Für die Lastregelung des Motors werden als Hauptsteuergrößen die Luftmasse und der Ladedruck verwendet.
Dazu gibt es drei Sensoren, die von der Funktionalität her absolut identisch sind. Sie messen die Ansauglufttemperatur und den Saugrohrdruck.
Der erste Geber befindet sich vor der Drosselklappensteuereinheit J338. In ihm befinden sich folgende Geber:

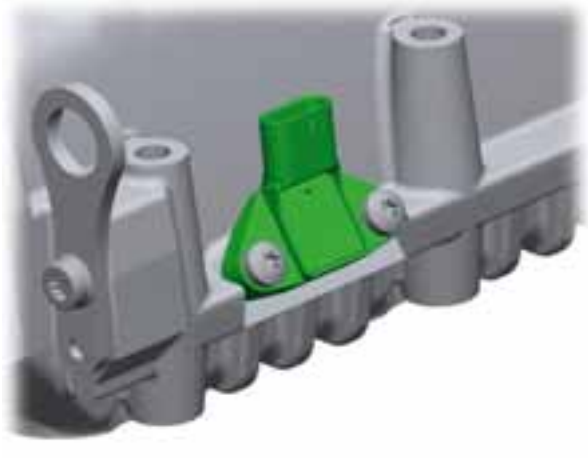
– Ansauglufttemperaturgeber G42
– Saugrohrdruckgeber G71



437_028

Die beiden anderen, baugleichen Geber sind im Aufladermodul verbaut. Sie messen den Druck und die Temperatur der Luft jeder Zylinderbank einzeln. Wichtig dabei ist, dass der Messpunkt hinter den Ladeluftkühlern sein muss. Die dort ermittelten Messwerte entsprechen dann auch der tatsächlichen Luftmasse der Zylinderbänke.
Es sind die Geber:

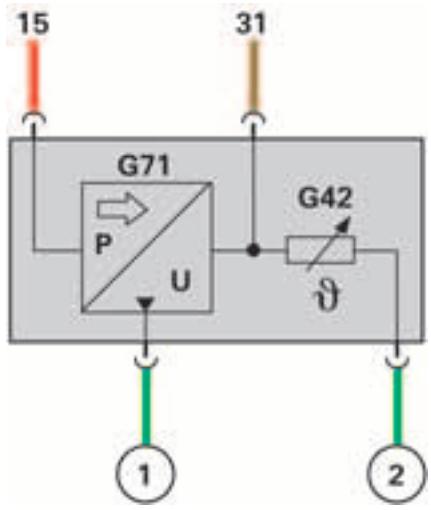
– Ladedruckgeber G31 (Zylinderbank 1)
– Saugrohrtemperaturgeber G72 (Zylinderbank 1)
– Ladedruckgeber G447 (Zylinderbank 2)
– Saugrohrtemperaturgeber G430 (Zylinderbank 2)



437_029

Schaltung

Der Ansauglufttemperaturgeber G42 ist ein Temperatursensor mit negativem Temperaturkoeffizienten (NTC). Er gibt ein Spannungssignal an das Motorsteuergerät aus.

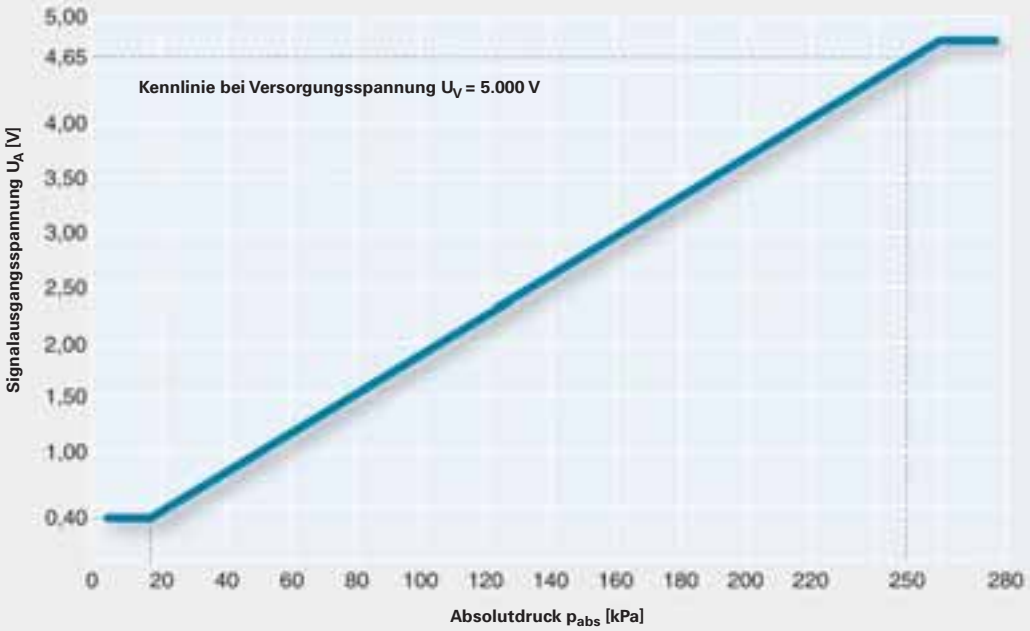


437_018

Legende:

G42	Ansauglufttemperaturgeber
G71	Saugrohrdruckgeber
15	Klemme 15
31	Klemme 31
(1)	Spannungssignal Saugrohrdruck
(2)	Widerstandssignal Ansauglufttemperatur

Signalbild des Saugrohrdruckgebers



Signalverwendung

Das Signal des Saugrohrdruckgebers G71 vor der Drosselklappensteuereinheit dient dazu, die Sollposition der Bypassklappe vorauszuberechnen.
Dies ist erforderlich, um den gewünschten Ladedruck einzuregeln. Diese benötigte Sollposition der Bypassklappe hängt stark vom Druckniveau vor dem Aufladedmodul ab.

Die beiden Ladedruckgeber G31 und G447 dienen zum einen dazu, den Ladedruck auf den gewünschten Sollwert einzuregeln. Zum anderen wird aus deren Ausgangssignal bei jedem Arbeitsspiel die Luftmasse berechnet. Diese Luftmasse ist wesentliche Eingangsgröße der momentenbasierten Motorsteuerung, die Einspritzmenge, Einspritzzeitpunkt und Zündwinkel bestimmt.

Auswirkungen bei Signalausfall

Bei Ausfall wird die Abgaswarnleuchte K83 (MIL) angesteuert. Ein Ausfall des Saugrohrdruckgebers G71 führt dazu, dass der Ladedruck schlechter eingeregelt wird, was sich für den Fahrer in Form von ungleichmäßiger Beschleunigung äußern kann.
Ausfälle der Ladedruckgeber G31 und G447 führen im gesamten Last-Drehzahlbereich zu einer fehlerhaften Zusammensetzung des Gemischs, da eine fehlerhafte Luftmasse berechnet wird.
Dies bewirkt wiederum eine fehlerhafte Einspritzmenge. Ergebnis ist eine Beeinträchtigung des Abgasverhaltens, aber auch der Leistungsentfaltung (bis hin zu Zündaussetzern). Im Ladebetrieb kann ein Defekt dieser Geber zu falschen Ladedrücken führen, was zur Zerstörung des Motors führt.

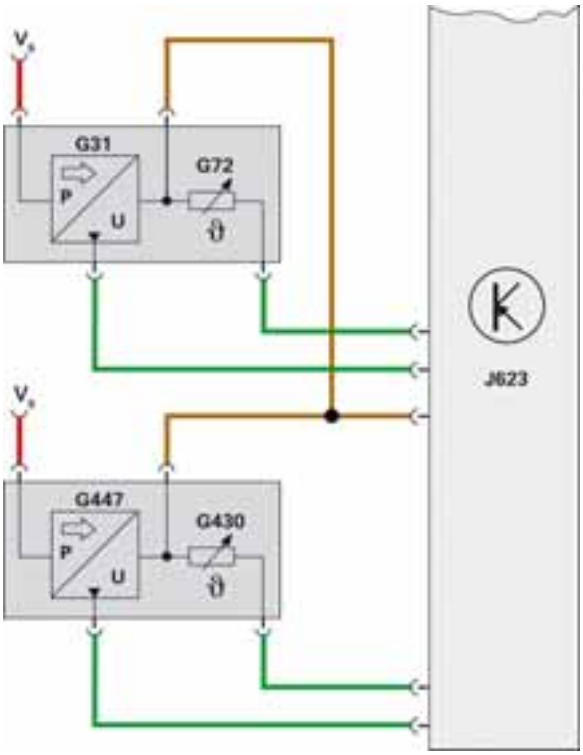
Daher werden alle Geber ab Einschalten der Zündung plausibilisiert. Werden hier Auffälligkeiten festgestellt, erfolgt ein Fehlerspeichereintrag und es wird entweder auf einen „gleichwertigen“ Sensor bzw. auf das Ersatzmodell umgeschaltet. Dadurch verhält sich das System für den Fahrer weitestgehend wie im korrektem Zustand und Folgeschäden werden vermieden.

Schaltbild

Legende:

G31	Ladedruckgeber (Zylinderbank 1)
G72	Saugrohrtemperaturgeber (Zylinderbank 1)
G430	Saugrohrtemperaturgeber (Zylinderbank 2)
G447	Ladedruckgeber (Zylinderbank 2)
J623	Motorsteuergerät
V_s	Versorgungsspannung (5 Volt)

Plus
Masse
Sensorsignal



437_020

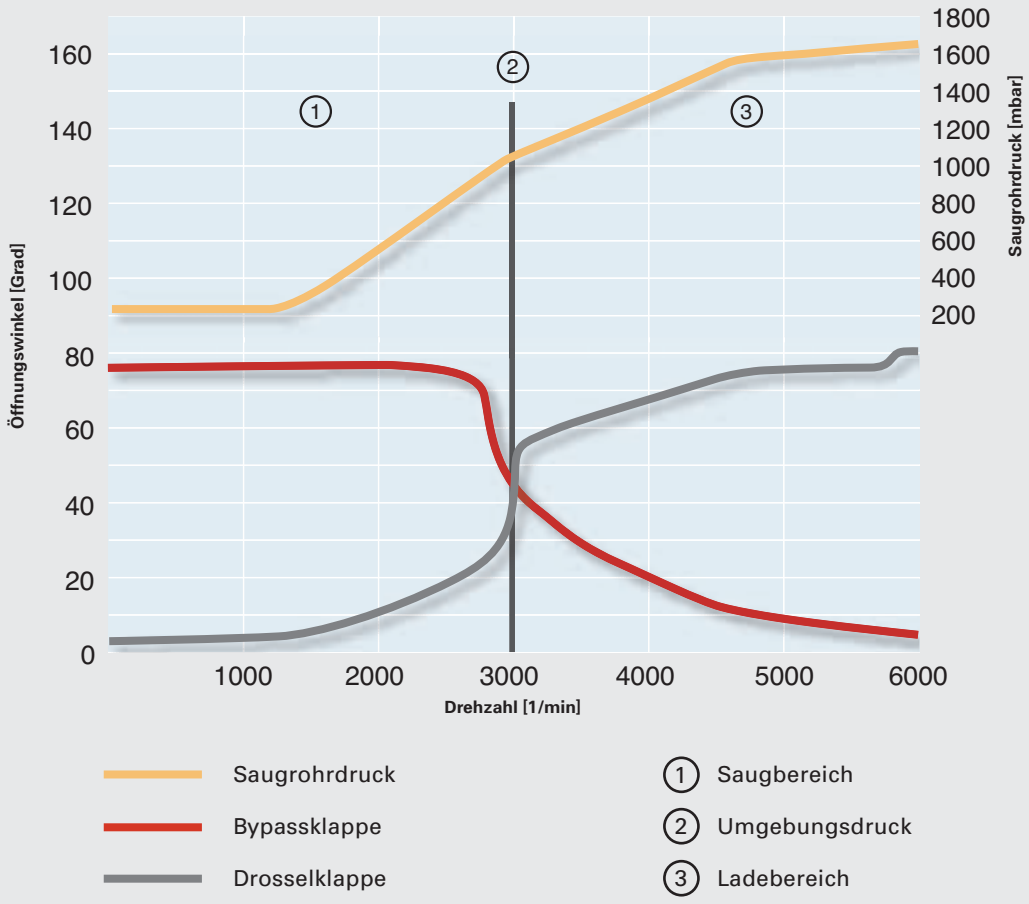
Lastregelung

Die Regelklappensteuereinheit J808 arbeitet im Zusammenspiel mit der Drosselklappensteuereinheit J338.

Bei der Entwicklung dieser Regelung wurde das Augenmerk auf einen möglichst drosselfreien Betrieb und gleichzeitig einer kraftvollen Leistungsentfaltung gelegt.

In der nachfolgenden Grafik ist die Arbeitsteilung der beiden Klappen erkennbar. Im Teillast-/Saugbereich ist die Bypassklappe drosselfrei geöffnet, die Motordrosselklappe übernimmt die Laststeuerung. Im Ladedruckbereich übernimmt die Bypassklappe die Lastregelung, die Motordrosselklappe ist voll geöffnet.

Lastschnitt bei 3000 1/min



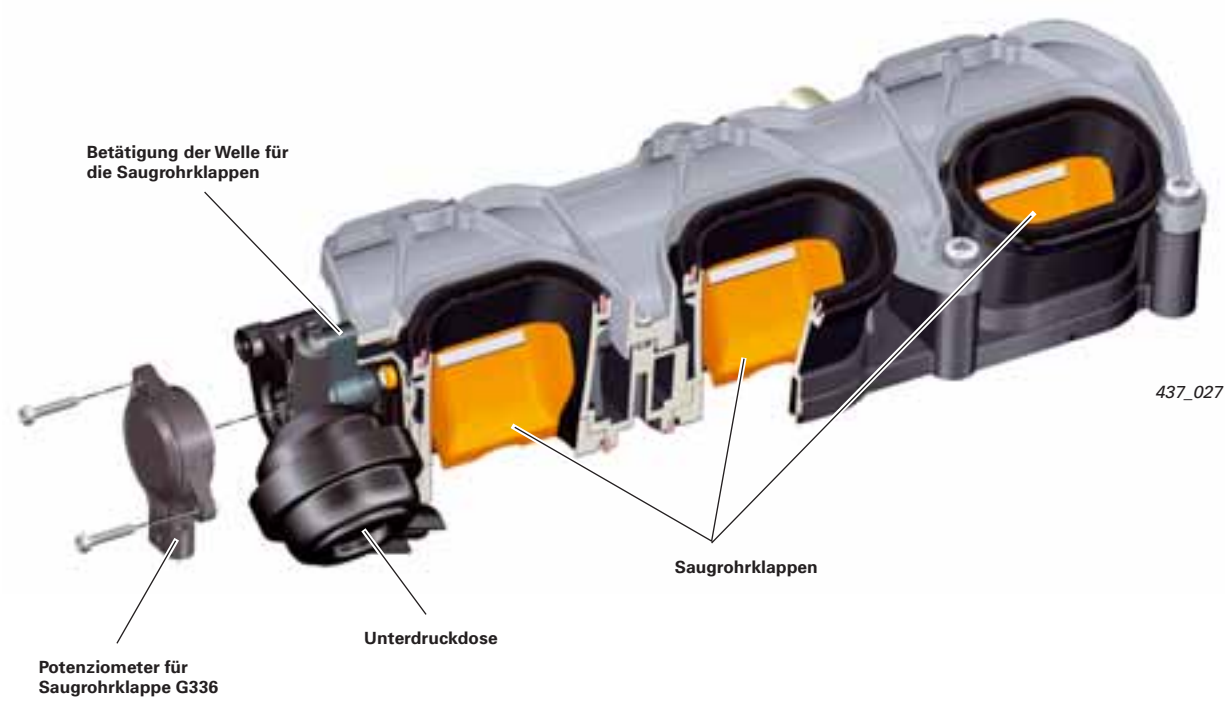
Saugrohrklappen

Zur Verbesserung der inneren Gemischbildung werden beim 3,0l-V6-TFSI-Motor Saugrohrklappen eingesetzt. Sie befinden sich in einem Zwischenflansch zwischen Aufladedmodul und Zylinderkopf.

Hinweis

Bei der Montage des Zwischenflanschs müssen die Saugrohrklappen in Leistungsstellung (Saugkanal offen) gebracht werden.

Saugrohrklappenmodul linke Zylinderbank



Ventil für Saugrohrklappe N316

Die Betätigung der Saugrohrklappen, die an einer gemeinsamen Welle befestigt sind, erfolgt durch eine Unterdruckdose.
Der dazu erforderliche Unterdruck wird vom Ventil für Saugrohrklappe N316 aufgeschaltet. Das Motorsteuergerät steuert das Ventil für Saugrohrklappe N316 dazu kennfeldabhängig an.



Auswirkungen bei Ausfall

Bei nicht angesteuertem oder defektem N316 wird kein Unterdruck geschaltet. In diesem Zustand verschließen die Saugrohrklappen über die Federkraft der Unterdruckdose den Leistungskanal im Zylinderkopf. Die Motorleistung wird damit reduziert.

Potenziometer für Saugrohrklappen

Die Stellung der Saugrohrklappen überwachen zwei Geber:

- Zylinderbank 1: Potenziometer für Saugrohrklappe G336
- Zylinderbank 2: Potenziometer für Saugrohrklappe 2 G512

Die Geber sind unmittelbar im Flansch der Unterdruckdose integriert. Es sind berührungslose Drehwinkelgeber, die nach dem *Hallgeber**-Prinzip arbeiten.
In der Sensorelektronik wird ein Spannungssignal erzeugt, das vom Motorsteuergerät ausgewertet wird.



437_030

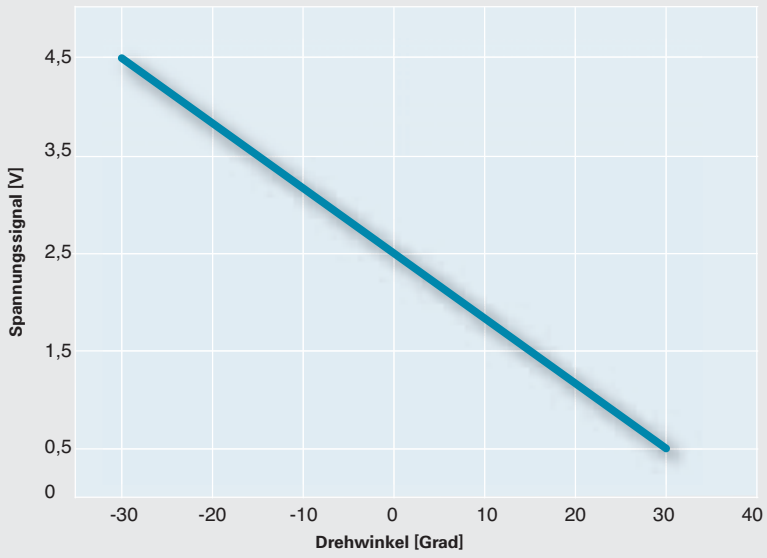
Signalverwendung

Das Signal dient zur Überwachung der Lage und wird für Diagnosezwecke (zum Beispiel Verschleiß usw.) genutzt.

Auswirkungen bei Signalausfall

Die Lage wird nicht mehr korrekt erkannt.
Es ist keine Diagnose möglich.
Das Bauteil ist OBD-pflichtig, das heißt, bei Ausfall wird die Abgaswarnleuchte K83 (MIL) angesteuert.
Eventuell ist ein Leistungsverlust möglich.

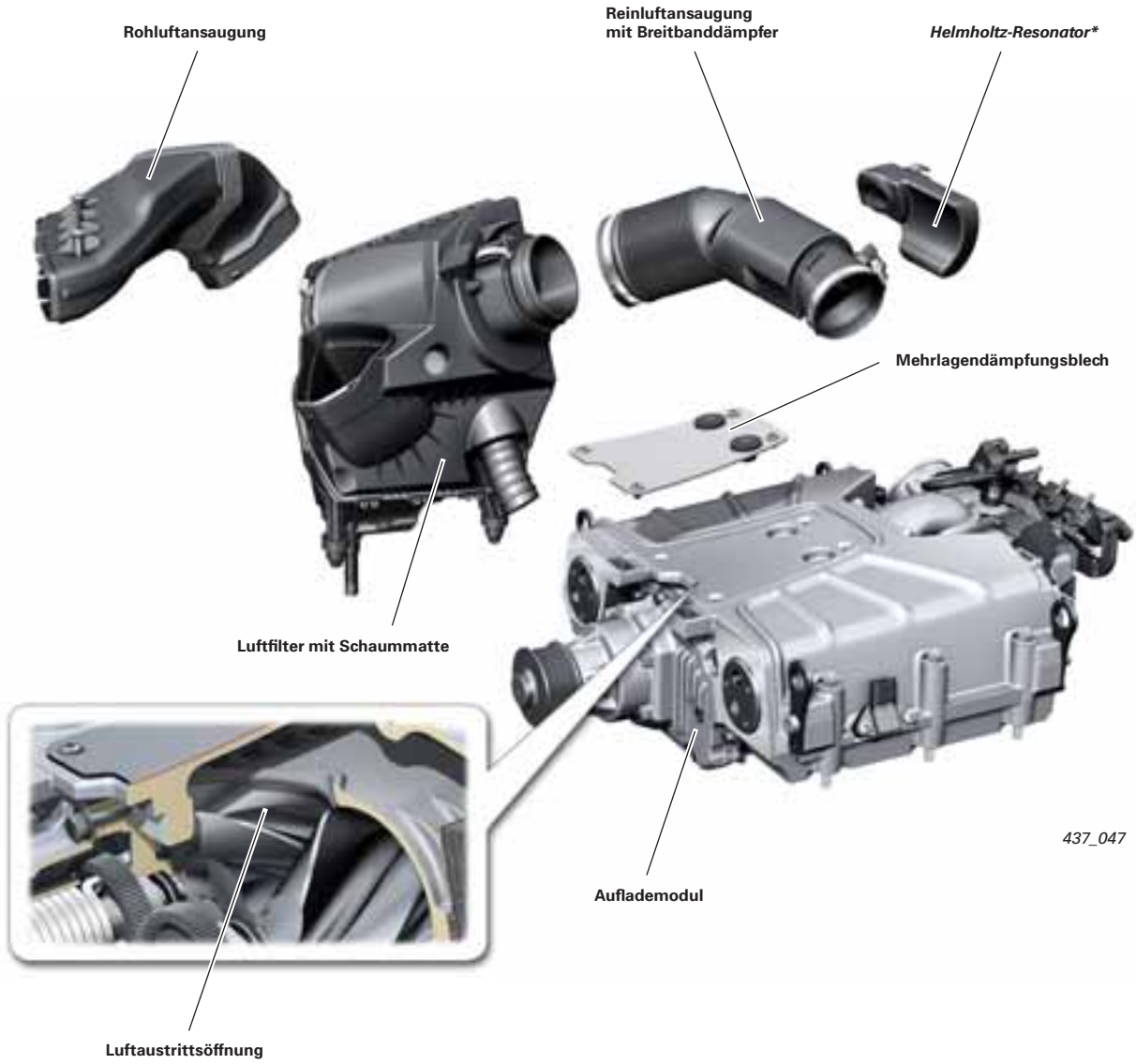
Signalbild des Potenziometers für Saugrohrklappe



Geräuschdämpfung

Ein weiteres Ziel bei der Entwicklung war eine geringe Geräuschentwicklung des Roots-Gebläses. Dies wird durch konstruktive Maßnahmen am Gehäuse umgesetzt. Ein Mehrlagendämpfungsblech wirkt an der Gasaustrittsöffnung des Roots-Gebläses.

Weiterhin werden durch Maßnahmen im Ansaugbereich zusätzlich Geräusche vermindert (siehe Abbildung). Als zusätzliche Maßnahmen zur Geräuschdämpfung dienen Dämm-Matten, die um und unter dem Aufladedmodul eingelegt sind.



Dämm-Matten

Zwischen Aufladem odul und Zylinderkopf bzw. -block sind mehrere Dämm-Matten eingelegt. Sie dämmen die Geräusche des Roots-Gebläses nach unten ab. Zwei kleine Dämm-Einlagen befinden sich an der Rückseite des Aufladem oduls (siehe nebenstehende Abbildung).



437_031

Weitere Dämm-Matten befinden sich unter dem Aufladem odul im Innen-V des Motors. Während eine größere Matte zwischen den beiden Saugrohren platziert ist, sind zwei schmalere Dämm-Matten seitlich zwischen den Saugrohren und den Zylinderköpfen eingelegt.



437_032

Die nebenstehende Abbildung zeigt das komplette Dämm-Mattenpaket zwischen Aufladem odul und Zylinderkopf bzw. -block.



437_033

Kühlkreislauf

Für den Kühlkreislauf gibt es im Audi A6 mit 3,0l-V6-TFSI-Motor je nach Markt unterschiedliche Ausführungen.

Die neben stehende Abbildung zeigt eine Variante mit Standheizung und Pumpe für Kühlmittelnachlauf V51 (für Super-Heißländer PR-Nr.: 8z9).

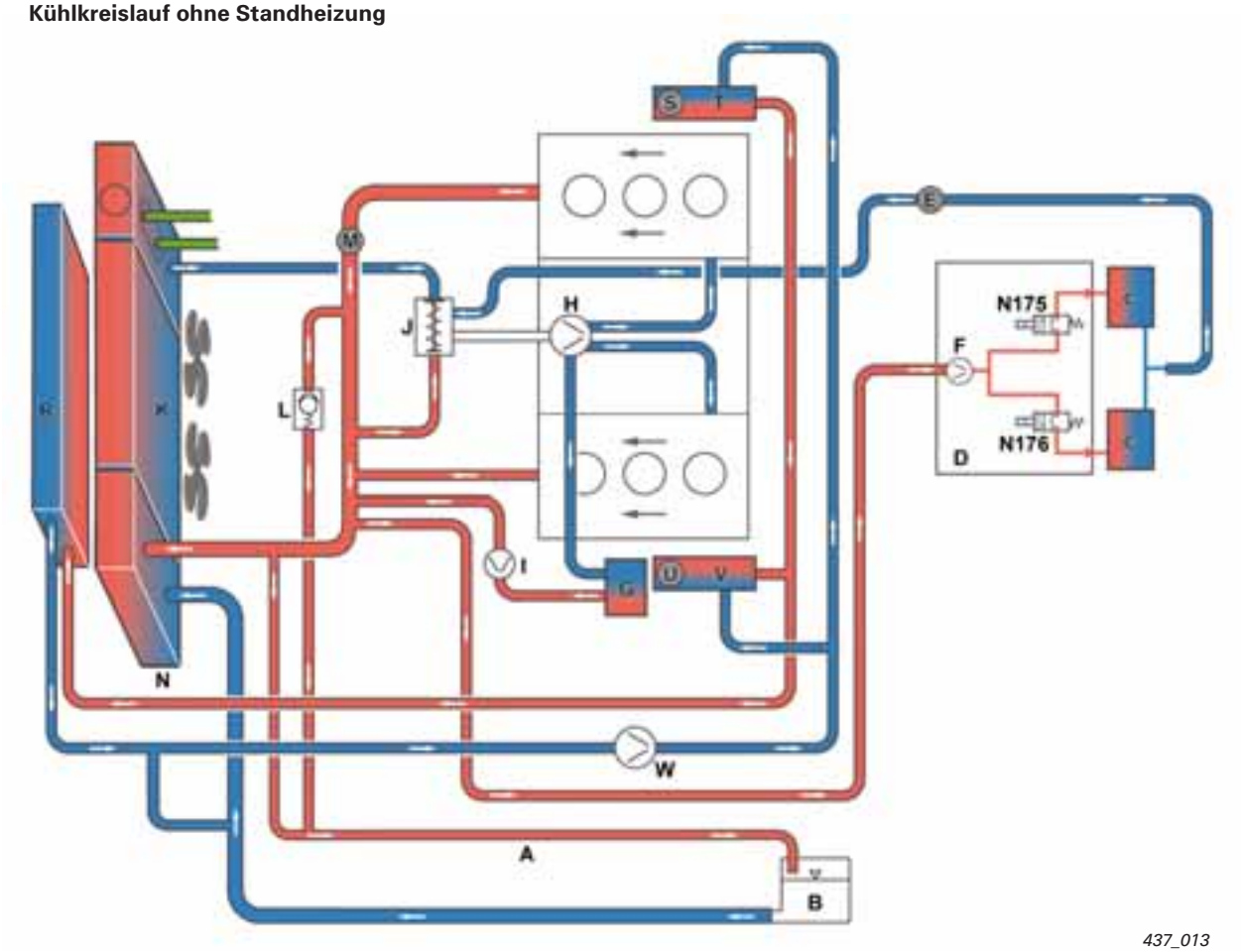
Eine weitere elektrisch angetriebene Kühlmittelpumpe ist die Pumpe für Ladeluftkühlung V188. Diese wird für den Niedertemperaturkreislauf der Ladeluftkühlung verwendet.

Beide Kreisläufe stehen jedoch miteinander in Verbindung und nutzen gemeinsam den Kühlmittelausgleichsbehälter.

Hinweis

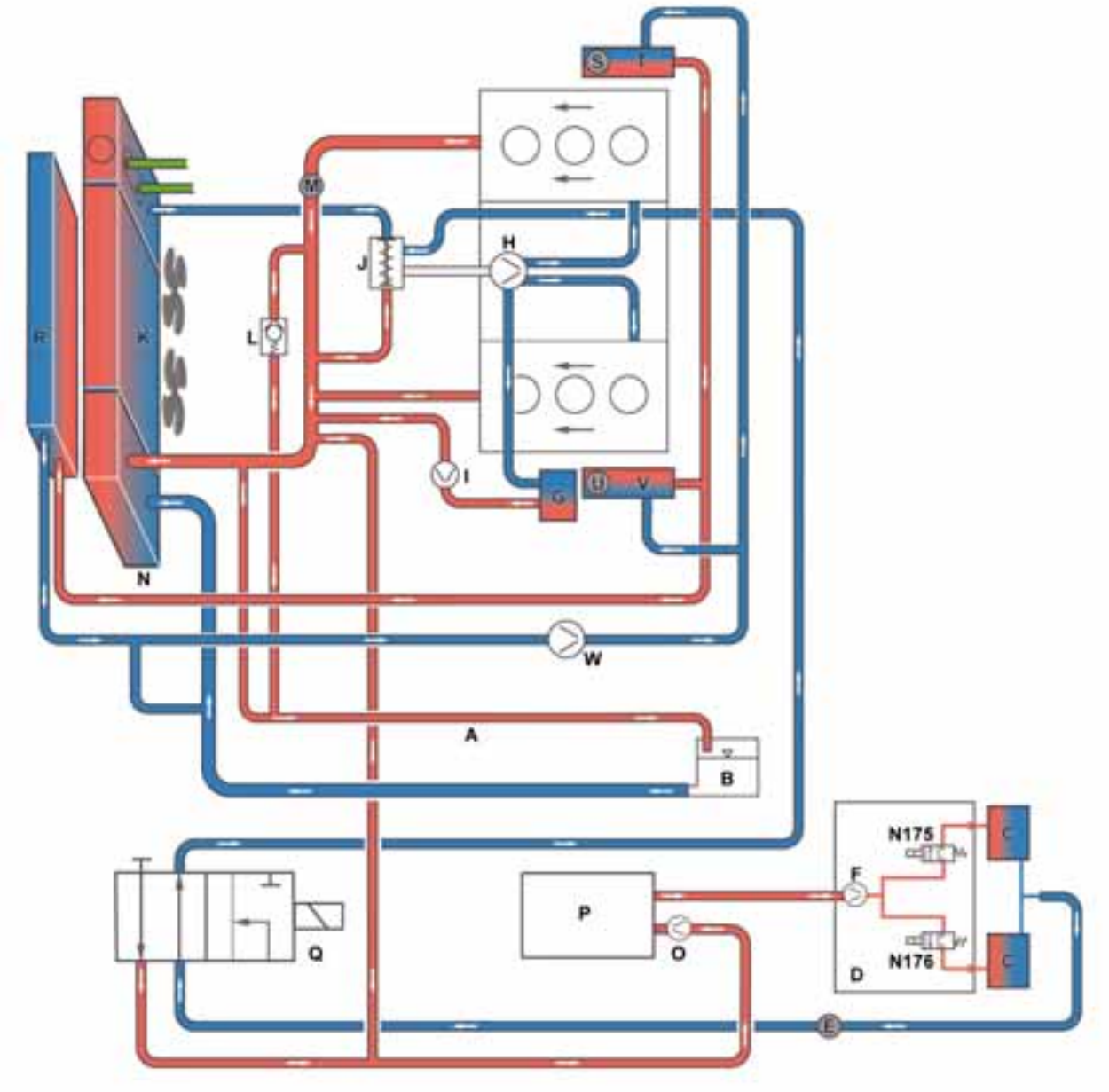
Beachten Sie bei der Befüllung und Entlüftung des Kühlmittelkreislaufs bitte die Arbeitsanweisungen in der Serviceliteratur.

Kühlkreislauf ohne Standheizung



437_013

Kühlkreislauf mit Standheizung



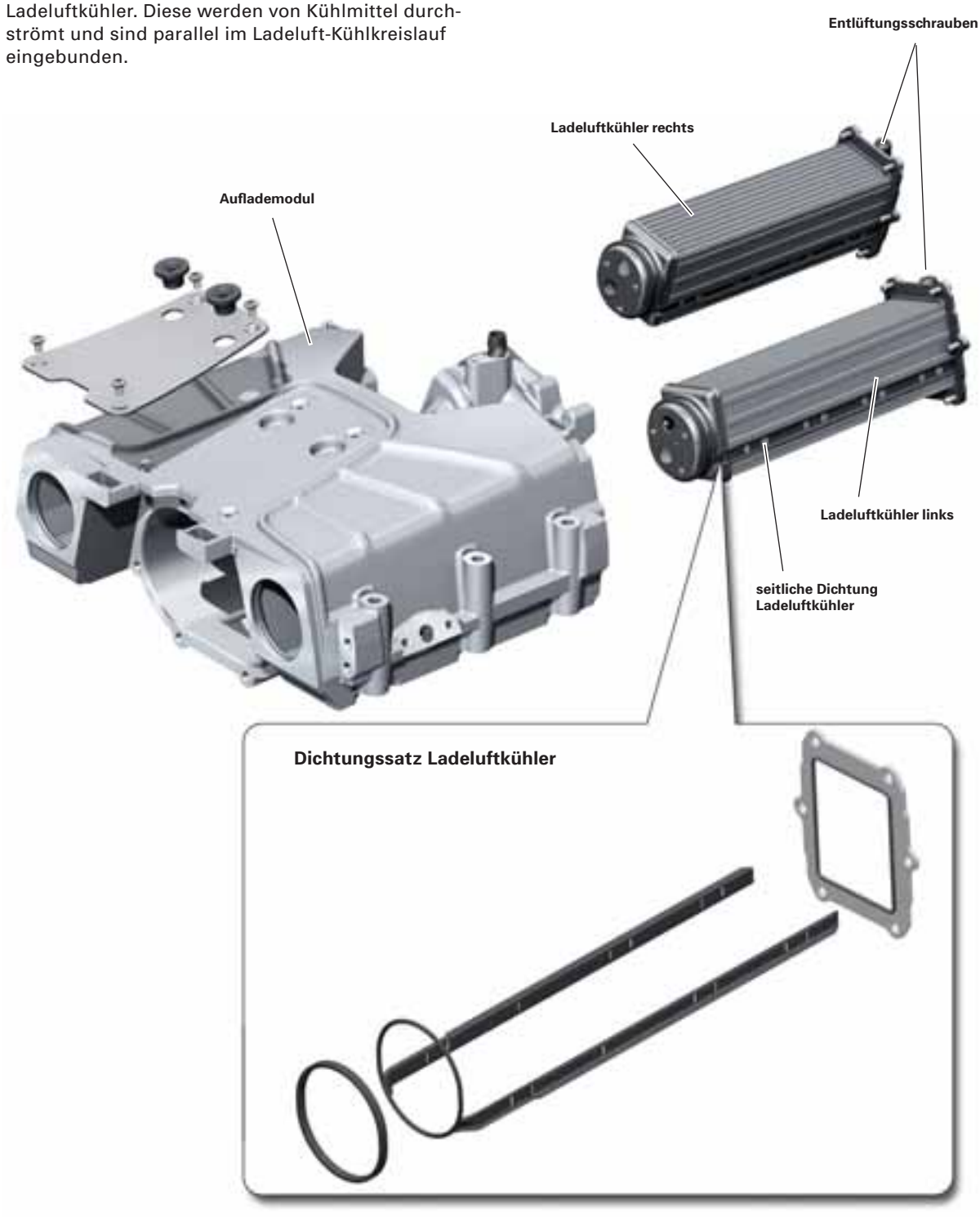
437_012

Legende:

A	Entlüftungsleitung
B	Ausgleichsbehälter
C	Wärmetauscher
D	Pumpenventileinheit (N175/N176 und V50)
E	Entlüftungsschraube
F	Pumpe für Kühlmittelumlauf V50
G	Motorölkühler
H	Kühlmittelpumpe
I	Pumpe für Kühlmittelnachlauf (nur Heißland)
J	Kühlmittelregler
K	Wasserkühler
L	Rückschlagventil
M	Kühlmitteltemperaturgeber G62
N	ATF-Kühler
N175	Ventil für Heizungsregelung links
N176	Ventil für Heizungsregelung rechts
O	Umwälzpumpe
P	Standheizung
Q	Absperrventil für Kühlmittel der Heizung N279
R	Zusatzkühler vorn
S	Entlüfterschraube
T	Ladeluftkühler rechts
U	Entlüfterschraube
V	Ladeluftkühler links
W	Pumpe für Ladeluftkühlung V188

Ladeluftkühlung

Im Aufladedmodul befindet sich pro Zylinderbank ein Ladeluftkühler. Diese werden von Kühlmittel durchströmt und sind parallel im Ladeluft-Kühlkreislauf eingebunden.



437_045

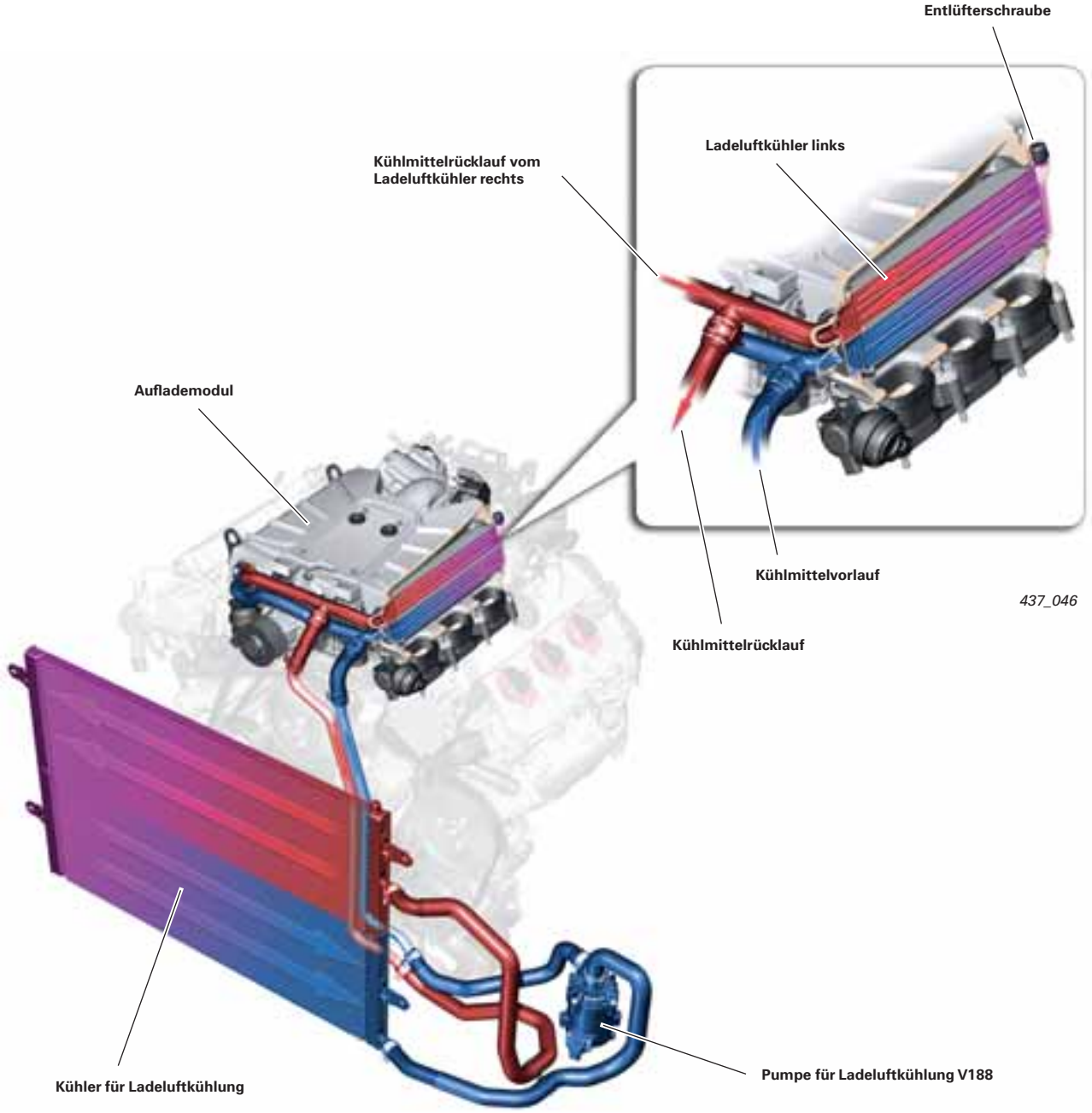
Hinweis

Der Ein- und Ausbau der Ladeluftkühler muss mit größter Sorgfalt erfolgen. Beachten Sie dazu die Hinweise im Reparaturleitfaden.

Ladeluft-Kühlkreislauf

Der Ladeluft-Kühlkreislauf ist ein eigenständiger Kühlkreislauf zum Hauptkühlkreislauf. Beide Kreisläufe stehen aber miteinander in Verbindung und nutzen gemeinsam den Kühlmittelausgleichsbehälter.

Im Ladeluft-Kühlkreislauf herrscht im Bezug auf den Hauptkreislauf meist ein niedrigeres Temperaturniveau.



Pumpe für Ladeluftkühlung V188

Die Pumpe für Ladeluftkühlung V188 ist eine elektrisch angetriebene Kühlmittelpumpe, die erstmals in einem Kühlsystem bei Audi eingesetzt wird.

Sie fördert das erwärmte Kühlmittel von den Ladeluftkühlern im Aufladem odul zum Niedertemperaturkühler. Dieser ist im Kühlerpaket im Frontend des Fahrzeugs (in Fahrtrichtung vor dem Hauptkühler) verbaut.
Die Pumpe ist in der Nähe des Ölkühlers vorn links im Motorraum verbaut.

Der Aufbau der Pumpe entspricht dem einer Kreiselpumpe. Eine Kreiselpumpe ist nicht selbstansaugend. Sie darf deshalb nicht trocken laufen. Das Pumpenlager könnte dabei überhitzen.

Im Pumpenmodul sind folgende Baugruppen integriert:

– Kreiselpumpe
– Elektromotor
– Elektronische Steuerung

Der elektrische Anschluss der Pumpe ist mit drei Pins ausgestattet:

– Batteriespannung vom Steuergerät für automatisches Getriebe J271
– *PWM-Signal**
– Klemme 31



Funktion der Pumpensteuerung

Die Ansteuerung der Pumpe erfolgt in Abhängigkeit von der im Motorsteuergerät aus einem Kennfeld entnommenen Temperatur nach Ladeluftkühler und dem Druck nach Ladeluftkühler. Sie läuft auf jeden Fall ab 1300 mbar oder ab 50 °C Kühlmitteltemperatur.

Die Pumpe wird vom Motorsteuergerät mit einem PWM-Signal angesteuert. Die Pumpenelektronik berechnet aus diesem Signal die angeforderte Pumpendrehzahl ab und steuert den Elektromotor an. Ist die Pumpe in Ordnung, wird von der Pumpenelektronik die aktuelle Pumpendrehzahl an das Motorsteuergerät zurückgemeldet. Dieser Vorgang läuft zyklisch während des gesamten Pumpenbetriebs ab.

Auswirkungen bei Fehlern

Erkennt die Pumpenelektronik einen Fehler, wird das PWM-Signal verändert. Das veränderte Signal wird vom Motorsteuergerät bewertet. Je nach Fehlerart kommt es zu einer entsprechenden Reaktion.

Bei Fehlererkennung kommt es zu Fehlerspeichereinträgen in das Motorsteuergerät.
Da bei Ausfall die Leistungsreduzierung nur unter Volllast bemerkbar ist und sich das Abgas nicht verschlechtert, wird keine Kontrolllampe angesteuert.

Im Motorsteuergerät wird bei Pumpenausfall keine direkte Ersatzreaktion ausgelöst. Jedoch wird die Ladelufttemperatur überwacht. Wird diese als zu hoch erkannt, dann wird die Leistung des Motors reduziert.

Wird die Signalleitung zur Pumpe unterbrochen oder liegt ein Kurzschluss nach Plus auf der Signalleitung vor, wechselt die Pumpe in den Notlauf, in dem Sie 100 % Leistung abgibt. Bei einem Kurzschluss nach Masse auf der Signalleitung, stoppt die Pumpe.

Fehlererkennung

Bei erkannten Fehlern wird versucht, die Pumpe zu schützen. Hierzu wird entweder die Drehzahl der Pumpe reduziert oder die Pumpe abgeschaltet.

In folgender Tabelle sind mögliche Fehler und die Auswirkungen darauf erkennbar.

Von der Pumpe erkannte Fehler	Auswirkungen
Trockenlauf durch zu geringe Kühlmittelbefüllung (Drehzahl höher als erwartet)	Drehzahlreduzierung auf 80 % (max. 15 min)
Geringe Kühlmittelbefüllung >15 min	Pumpe wird abgeschaltet
Übertemperatur	Drehzahlreduzierung in zwei Schritten auf 80 % und auf 50 %
Untertemperatur (zu kaltes Kühlmittel, hohe *Viskosität erhöht die Stromaufnahme)**	Drehzahlreduzierung in zwei Schritten auf 80 % und auf 50 %
Überspannung	Bei Spannung > 20 V wird die Pumpe abgeschaltet, solange Überspannung anliegt.
Blockierung des Flügelrads	Pumpe wird abgeschaltet. Sie versucht sich wieder „loszurütteln“.
Temperatur der Pumpenelektronik > 160 °C	Pumpe wird abgeschaltet, solange die Temperatur zu hoch ist.

Diagnosemöglichkeiten im Service

Folgende Diagnosemöglichkeiten bestehen:

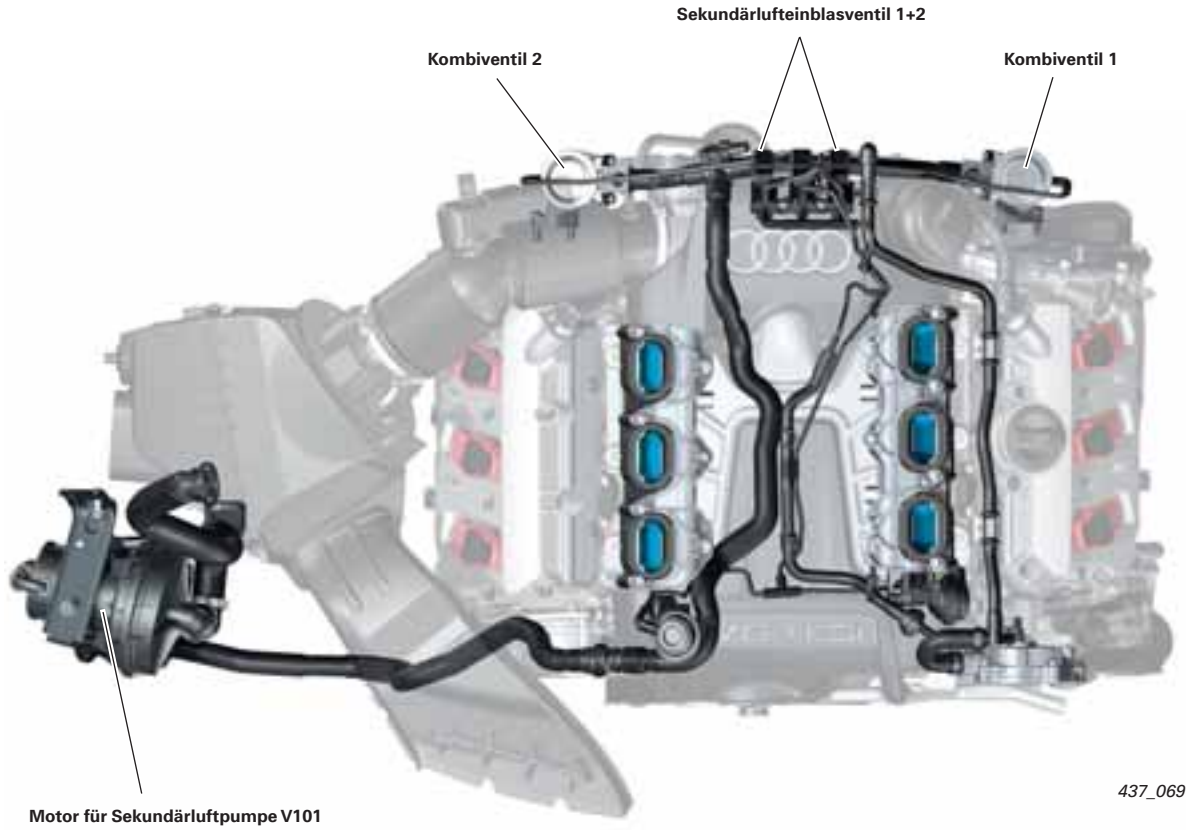
- Auslesen des Fehlerspeichers im Motorsteuergerät
- Prüfplan der Geführten Fehlersuche
- Auslesen des Messwerteblocks 109 (Audi A6)
- Stellgliedtest

Bei der Durchführung des Stellgliedtests werden verschiedene Drehzahlen der Pumpe angefahren und vom Motorsteuergerät bewertet. Der Stellgliedtest darf deshalb nicht unterbrochen werden.

Sekundärluftsystem

Eine weitere Maßnahme zur Erfüllung der Abgasnorm EU V und ULEV II ist der Einsatz eines Sekundärluftsystems.
Es sorgt für eine schnellere Aufheizung der Katalysatoren und zur Reduzierung der Abgasemissionen. Dazu wird nach dem Kaltstart des Motors für einen definierten Zeitraum Luft in den Abgasstrang hinter den Auslassventilen eingeblasen.

Die im Abgas enthaltenen oder im Katalysator angelagerten unverbrannten Kohlenwasserstoffe und Kohlenmonoxid reagieren dann mit dem Luftsauerstoff. Durch die frei werdende Wärme wird die *light-off-Temperatur** des Katalysators schneller erreicht.



Unterschiede zu bisher eingesetzten Systemen:

– Im System, mit dem die EU-V-Abgasnorm erreicht wird, kommen zwei elektrische Umschaltventile zum Einsatz. Bisher wurden beide Kombiventile durch ein Sekundärlufteinblasventil N112 angesteuert.

– Das System, mit dem die ULEV-II-Abgasnorm erreicht wird, hat zusätzlich noch ein Drucksensor, der Geber 1 für Sekundärluftdruck G609.
Er ist direkt in der Aufspaltung der Sekundärluftleitung zu den Zylinderbänken hin verbaut.

Verweis

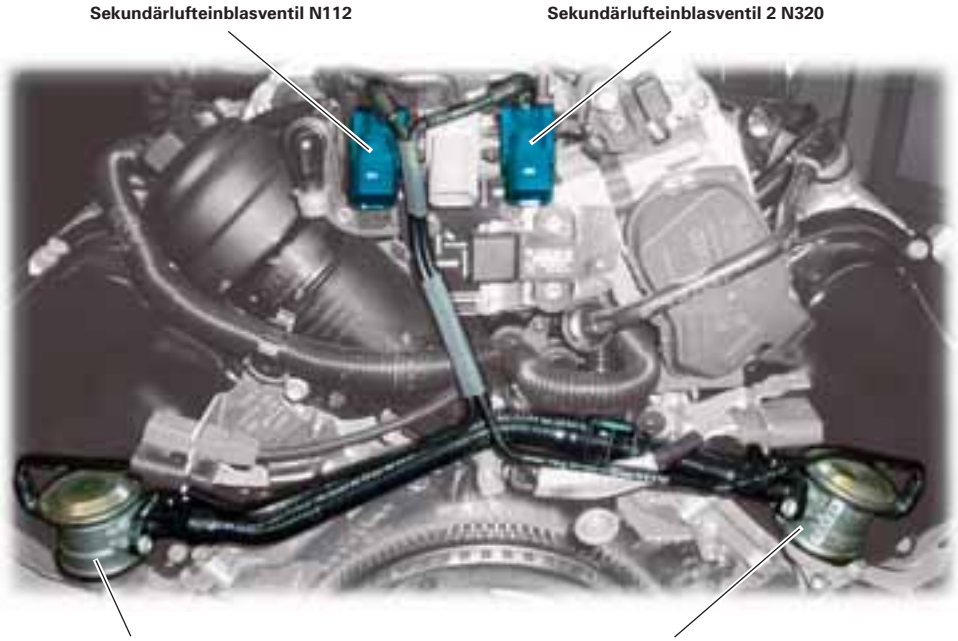
Eine genaue Funktionsbeschreibung des Systems lesen Sie in den Selbststudienprogrammen 207 und 217.

Sekundärlufteinblasventile

An der Rückseite des Motors befinden sich die beiden Sekundärlufteinblasventile zur Ansteuerung der beiden Kombiventile.
Sie schalten den Unterdruck und werden dazu vom Motorsteuergerät elektrisch angesteuert. Die Unterdruckversorgung erfolgt von der mechanisch angetriebenen Unterdruckpumpe.

Diagnose

Bei fehlerhaftem System können sehr schnell die Grenzwerte der vorgeschriebenen Abgasemissionen überschritten werden. Der 1,5fache Wert des Abgasstandards darf nicht überschritten werden. Deshalb verlangen die Gesetzgeber die Prüfung des Systems.



437_048

Hinweis

Ein Vertauschen der Stecker und Schläuche der Sekundärlufteinblasventile darf auf keinen Fall passieren, da sonst Störungen am System auftreten können!

Prüfung des Systems bei Motoren mit EU-V-Abgasnorm

Für die Motoren mit EU-V-Einstufung kommt zur Systemprüfung die **„lambdasondenbasierte Sekundärluft-Diagnose“** zur Anwendung.

Die Sekundärluftmasse wird während der Einblasung von Sekundärluft über den sich ändernden Sauerstoffgehalt vom Motorsteuergerät berechnet. Die Diagnose erfolgt aber nicht während der normalen Sekundärluftbetriebszeit, da die Lambdasonden ihre Betriebstemperatur zu spät erreichen.
Zur Diagnose wird das System separat angesteuert. Die Überprüfung erfolgt in mehreren Phasen.

Messphase:
Die Sekundärluftpumpe wird angesteuert und die Sekundärluftventile (Kombiventile) geöffnet. Das Motorsteuergerät wertet die Signale der Lambdasonden aus und vergleicht diese mit den Schwellwerten. Werden die Schwellwerte nicht erreicht, wird ein Fehler gesetzt.

Offsetphase:
Nach Abschalten der Sekundärluftpumpe wird die Güte der Gemischvorsteuerung bewertet. Weicht der ermittelte Wert zu stark ab, wird das Ergebnis der Sekundärluftdiagnose verworfen. Man geht dann davon aus, dass ein Fehler bei der Gemischbildung vorliegt.

Prüfung des Systems bei Motoren mit ULEV-Abgasnorm (Nordamerika und Südkorea)

Die kalifornische Umweltschutzbehörde „California Air Resource Board" (CARB) fordert die Überprüfung des Sekundärluftsystems schon während der Aufheizphase des Katalysators.
Die Lambdasonden sind aber hierfür nicht schnell genug auf Betriebstemperatur. Deshalb wird für die Diagnose ein Drucksensor (Geber 1 für Sekundärluftdruck G609) verwendet. Mit ihm wird die **„druckbasierte Sekundärluft-Diagnose"** durchgeführt.

Bei diesem System wird das Signal vom G609 im Motorsteuergerät ausgewertet. Über das Druckniveau wird auf die eingeblasene Luftmenge geschlossen. Eine Drossel, zum Beispiel eine Verschmutzung im System hinter dem Drucksensor, führt zu einer Erhöhung des Druckniveaus. Eine Drossel vor dem Drucksensor oder eine Leckage im System führen zur Verminderung des Druckniveaus.

Ablauf der druckbasierten Sekundärluft-Diagnose (siehe Abbildung)

Phase 0
Mit „Zündung ein" wird das Steuergerät initialisiert. Das Signal des Gebers 1 für Sekundärluftdruck G609 wird gespeichert und mit den Signalen des Umgebungsdrucksensors und des Saugrohrdrucksensors verglichen.

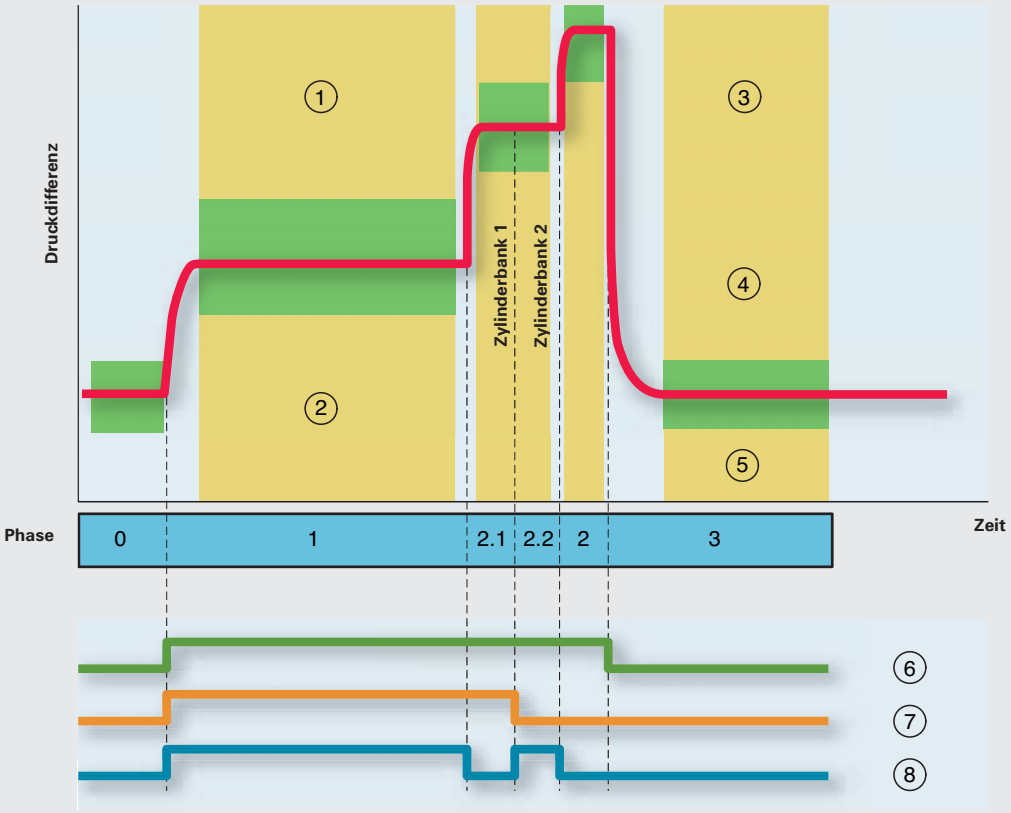
Phase 1
Beim Einblasen der Sekundärluftmasse steigt auch der Druck im Sekundärluftsystem (auf ca. 90 mbar). Dieser Druckanstieg wird vom Geber 1 für Sekundärluftdruck G609 ermittelt. Das erzeugte Analogsignal wird durch das Motorsteuergerät ausgewertet. Überschreitet es den festgelegten Grenzwert, zum Beispiel durch Systemstau oder Leckage, kommt es zum Fehlereintrag. Tritt erneut ein Fehler auf, wird die Kontrollleuchte für Motorelektronik angesteuert. Tritt in Phase 1 kein Fehler auf, wird die Diagnose fortgeführt.

Phase 2.1 und 2.2
In diesen beiden Phasen wird wechselseitig für kurze Zeit, ein Sekundärluftventil (Kombiventil) geöffnet und das andere geschlossen. Die ermittelten Werte werden mit dem in Phase 0 gespeicherten Wert verglichen. Verstopfungen oder Leckagen können so für jede Zylinderbank ermittelt werden. Durch die Höhe der Druckamplituden können sogar Leckagen hinter den Kombiventilen ermittelt werden.

Phase 2
Hier werden beide Kombiventile geschlossen und auf Dichtheit geprüft. Dazu wird der ermittelte Wert des Gebers 1 für Sekundärluftdruck G609 ausgewertet.

Phase 3
Die Sekundärluftpumpe wird abgeschaltet, beide Kombiventile werden geschlossen. Die Differenz zwischen aktuell gemessenem Druck und dem gespeicherten Wert aus Phase 0 wird ausgewertet. Eine defekte Sekundärluftpumpe (schaltet nicht ab) oder ein defekter Geber 1 für Sekundärluftdruck G609 kann so erkannt werden.

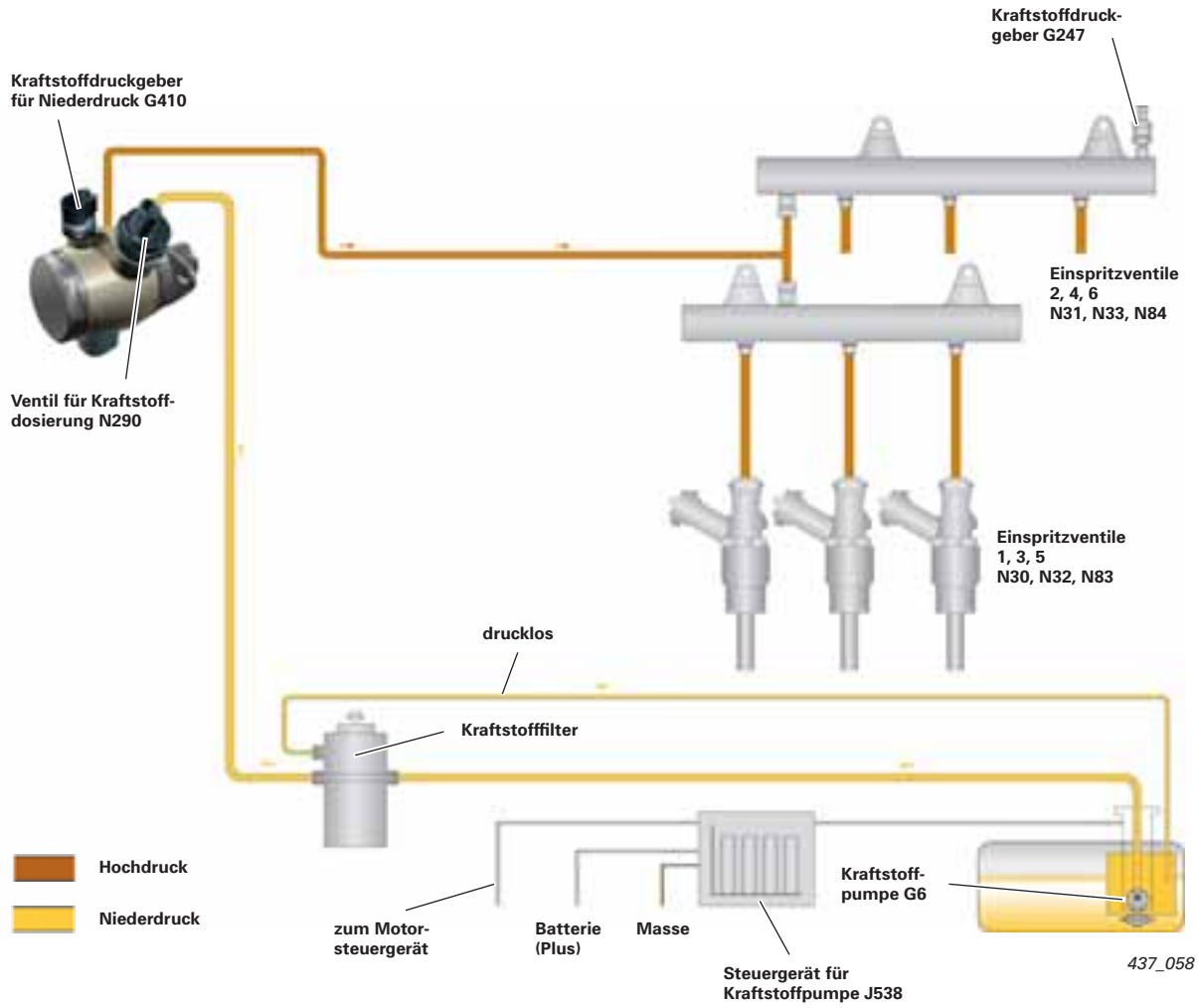
Sekundärluft-Diagnose-Phasen



1. Verstopfung (Drosselung)
2. Reduzierte Pumpenleistung oder Verstopfung vor dem Geber 1 für Sekundärluftdruck G609
3. Sekundärluftpumpe läuft (schaltet nicht ab)
4. Drucksensor defekt
5. Drucksensor defekt
6. Sekundärluftpumpe läuft
7. Kombiventil 1 geöffnet
8. Kombiventil 2 geöffnet

Übersicht

Wie schon beim 3,2l-V6-FSI-Motor mit Audi valvelift system kommt auch beim 3,0l-V6-TFSI-Motor das bedarfsgeregelte Kraftstoffsystem zum Einsatz.



437_058

Kraftstoff-Hochdruckpumpe

Als Kraftstoffpumpe kommt eine Pumpe der 3. Generation zum Einsatz.
Hersteller der Kraftstoff-Hochdruckpumpe ist die Firma Hitachi.



437_059

Verweis

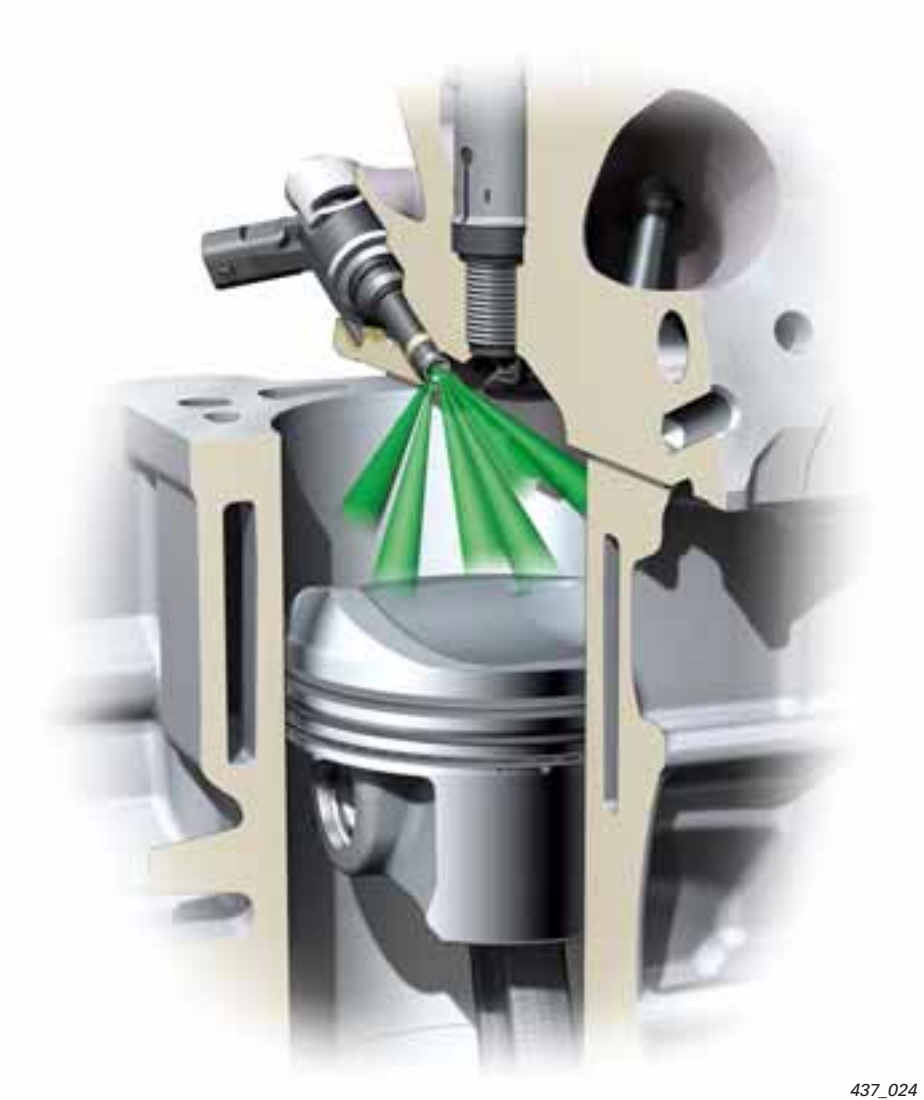
Informationen zur Funktion und zum Ansteuerkonzept finden Sie im Selbststudienprogramm 432 „Audi 1,4l-TFSI-Motor“.

Einspritzventile

Eine Weiterentwicklung stellen hier die in Zusammenarbeit mit der Firma Continental (vormals Siemens VDO) entwickelten Einspritzventile dar. Die Sechsloch-Düsen wurden so ausgelegt, dass in jedem Betriebszustand des Motors eine optimale Homogenisierung des Kraftstoff-Luft-Gemischs sichergestellt ist.
Weiterhin wurde der Mengendurchsatz erheblich gesteigert. Dadurch reduziert sich die Einspritzdauer (bei Volllast weniger als 4 Millisekunden).

Das Zeitfenster der Einspritzung kann deshalb so gewählt werden, dass weder ein sehr früher Zeitpunkt der Einspritzung (Kraftstoffanlagerung am Kolben) noch ein sehr später Zeitpunkt der Einspritzung (kurze Gemischbildungsdauer bis Zündzeitpunkt) gewählt werden muss.
Die neuen Einspritzventile tragen maßgeblich dazu bei:

- Reduzierung der Kohlenwasserstoffemissionen
- Erhöhung der Brenngeschwindigkeit
- reduzierte Klopfneigung



437_024

Systemübersicht (Audi A6 Modelljahr 2009)

Sensoren

Ladedruckgeber G31, G447
Saugrohrdruckgeber G72, G430

Saugrohrdruckgeber G71
Ansauglufttemperaturgeber G42

Geber 1 für Sekundärluftdruck G609
(nur für ULEV-Fahrzeuge)

Motordrehzahlgeber G28

Drosselklappensteuereinheit J338
Winkelgeber G188, G187

Regelklappensteuereinheit J808
Potenziometer für Regelklappe G584

Hallgeber G40 (Einlass Bank 1)
Hallgeber 2 G163 (Einlass Bank 2)
Hallgeber 3 G300 (Auslass Bank 1)
Hallgeber 4 G301 (Auslass Bank 2)

Gaspedalstellungsgeber G79
Gaspedalstellungsgeber 2 G185
Kupplungspositionsgeber G476

Bremslichtschalter F

Kraftstoffdruckgeber G247
Kraftstoffdruckgeber für Niederdruck G410

Klopfsensor G61 (Bank 1)
Klopfsensor G66 (Bank 2)

Geber für Kraftstoffvorratsanzeige G
Kraftstoffvorratsgeber 2 G169

Öldruckschalter F22

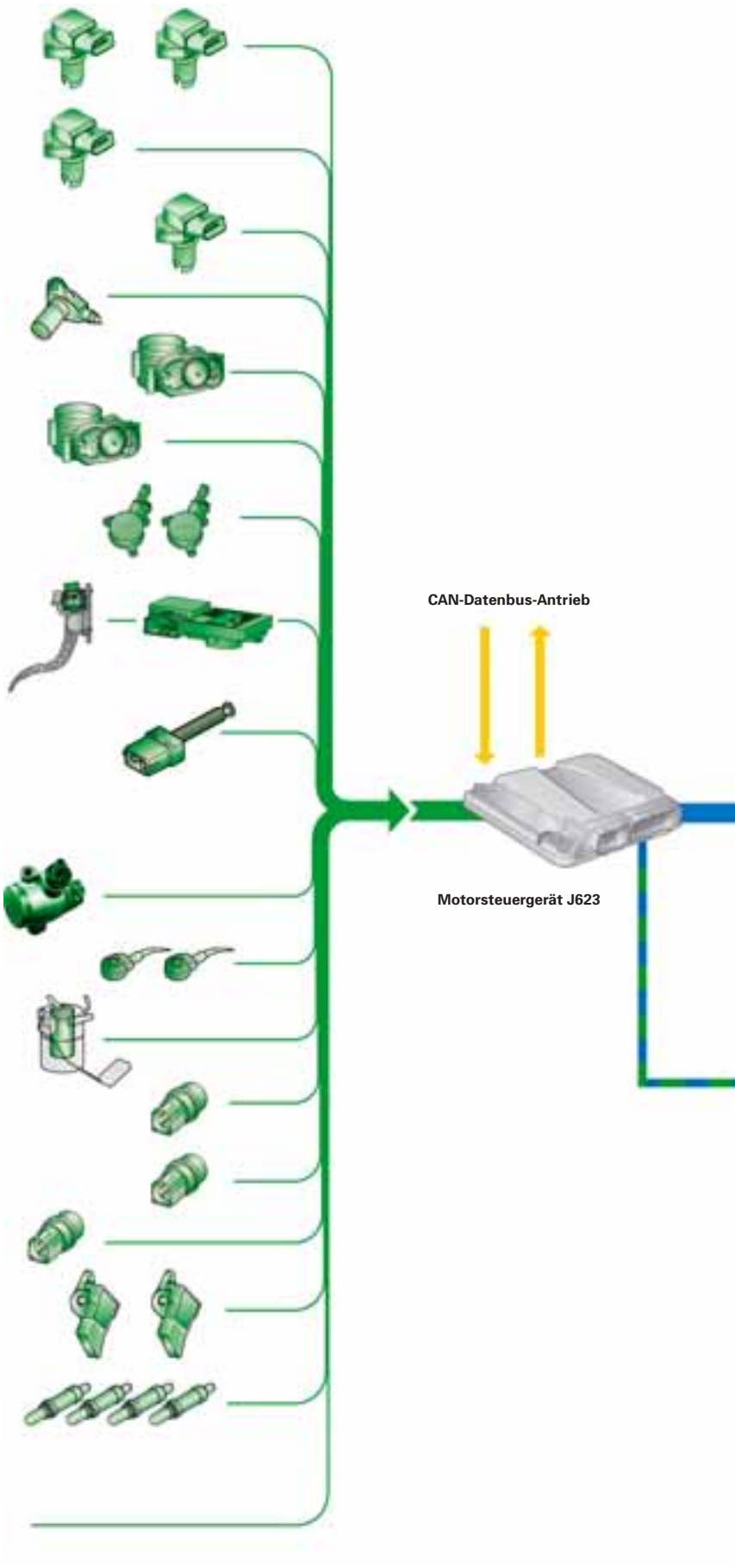
Öldruckschalter für reduzierten Öldruck F378

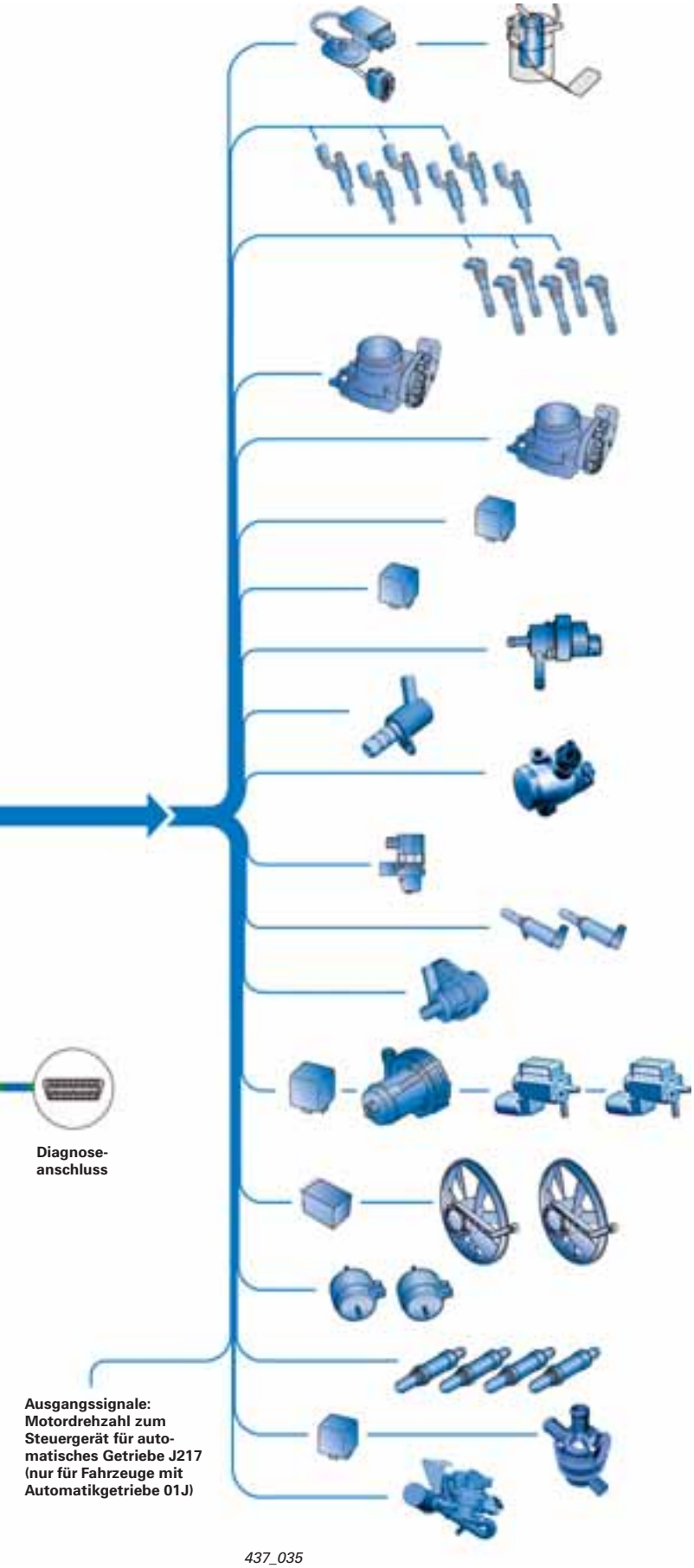
Kühlmitteltemperaturgeber G62

Potenziometer für Saugrohrklappe G336 (Bank 1)
Potenziometer für Saugrohrklappe 2 G512 (Bank 2)

Lambdasonde vor Kat G39 (Bank 1), G108 (Bank 2)
Lambdasonde nach Kat G130 (Bank 1), G131 (Bank 2)

Zusatzsignale:
J393 Türkontaktsignal
E45 Geschwindigkeitsregelanlage (EIN/AUS)
J364 Standheizung (87b)
J695 Ausgang Startrelais Klemme 50 Stufe 2
J53 Ausgang Startrelais Klemme 50 Stufe 1
J518 Anforderung Start
J518 Klemme 50 am Starter





437_035

Aktoren

Steuergerät für Kraftstoffpumpe J538
Kraftstoffpumpe für Vorförderung G6

Einspritzventile für Zylinder 1 – 6
N30 – 33 und N83, N84

Zündspulen für Zylinder 1 – 6
N70, N127, N291, N292, N323, N324

Drosselklappensteuereinheit J338
Drosselklappenantrieb G186

Regelklappensteuereinheit J808
Stellmotor für Regelklappenverstellung V380

Stromversorgungsrelais für Motorkomponenten J757

Stromversorgungsrelais für Motronic J271

Magnetventil 1 für Aktivkohlebehälter N80

Ventil für Öldruckregelung N428

Ventil für Kraftstoffdosierung N290

Ventil für Saugrohrklappe N316

Ventil für Nockenwellenverstellung 1+2 N205 (Einlass Bank 1), N208 (Einlass Bank 2)

Pumpe für Ladeluftkühlung V188

Relais für Sekundärluftpumpe J299
Motor für Sekundärluftpumpe V101
Sekundärlufteinblasventil 1+2 N112, N320

Diagnose-anschluss

Steuergerät für Kühlerlüfter J293
Kühlerlüfter V7
Kühlerlüfter 2 V177

Magnetventile für elektrohydraulische Motorlagerung
N144, N145

Heizung für Lambdasonde Z19, Z28, Z29, Z30

Relais für Kühlmittelzusatzpumpe J496
Pumpe für Kühlmittelnachlauf V51

Diagnosepumpe für Kraftstoffsystem V144
(für Fahrzeuge mit Diagnosepumpe für Kraftstoffsystem)

Ausgangssignale:
Motordrehzahl zum Steuergerät für automatisches Getriebe J217 (nur für Fahrzeuge mit Automatikgetriebe 01J)

Motorsteuergerät

Bei diesem Aggregat kommt die neueste Motorsteuergeräte-Generation zum Einsatz.
Das Simos 8-Motorsteuergerät ist eine gemeinsame Entwicklung von Audi und Continental (zuvor Siemens VDO).

Bei der Entwicklung wurde besonders auf eine drosselfreie Lastregelung wertgelegt (siehe Abschnitt Lastregelung).



437_056

Betriebsarten

Das FSI-Einspritzverfahren ist auf den Betrieb mit einer homogenen Gemischbildung ausgelegt.
Dabei wird die gesamte Kraftstoffmenge während des Ansaugens in den Brennraum eingespritzt.
Ausnahme ist der Motorstart und die Warmlaufphase. Hier kommen die nachfolgend beschriebenen Betriebsarten zur Anwendung.

1. Motorstart

In der Startphase des Motors wird ein **Hochdruck-Schichtstart** realisiert.
Dazu wird der Kraftstoffdruck auf 45 – 100 bar erhöht. Die Höhe des Kraftstoffdrucks ist abhängig von der Motortemperatur. Bei niedrigen Temperaturen ist der Kraftstoffdruck höher.

Der Betriebsbereich beim Hochdruck-Schichtstart liegt bei Kühlmitteltemperaturen zwischen -24 °C und Betriebstemperatur (90 °C).
Bei Kühlmitteltemperaturen unterhalb -24 °C wird zum Bauteileschutz mit „Niederdruck“ gestartet.
Der Druck entspricht dem Druck der elektrischen Kraftstoffpumpe im Kraftstoffbehälter.

2. Kaltstart/Warmlaufphase

In dieser Phase kommt die Betriebsart Doppeleinspritzung oder auch Homogen-Split (HOSP) genannt, zur Anwendung.
Dabei wird der Kraftstoff, in zwei Teilmengen verteilt, zu unterschiedlichen Zeitpunkten in den Brennraum eingespritzt. Die Zeitfenster der Einspritzung liegen jeweils vor und nach dem unteren Totpunkt des Kolbens. Bei der zweiten Einspritzung sind die Einlassventile bereits geschlossen.

Die Betriebsart HOSP kommt bei zwei Anwendungen zum Einsatz:

- Die erste Anwendung ist der „Kaltstart“ und wird immer angewendet. Sie dient zur Aufheizung der Katalysatoren und findet im Temperaturbereich zwischen -7 °C und 45 °C Kühlmittel-temperatur statt.

- Die zweite Anwendung ist der „Warmlauf“, der nur bei höherer Lastanforderung läuft.
  Sie dient zur Last- und Drehzahloptimierung, aber auch zur Reduzierung der Rußemissionen.
  Der Temperaturbereich für diese Anwendung liegt zwischen -20 °C und 45 °C. Die zweite Einspritzung findet hier später statt als beim Kaltstart.

Wartungsumfänge

Wartungsarbeiten	Intervall
Motoröl Wechselintervall mit LongLife:	bis maximal 30.000 km oder maximal 24 Monate je nach SIA [1] (Wechselintervall ist abhängig von Fahrweise)
Motorölspezifikationen:	Motoröl nach VW-Norm 50 400
Motoröl Wechselintervall ohne LongLife:	Festintervall von 15.000 km oder 12 Monate (je nachdem, was zuerst eintritt)
Motorölspezifikationen:	Motoröl nach VW-Norm 50 400 oder 50 200
Motorölfilter Wechselintervall:	bei jedem Ölwechsel
Kundendienst Motoröl Wechselmenge (inkl. Filter):	6,5 Liter
Motoröl absaugen/ablassen:	beides möglich
Luftfilter Wechselintervall:	90.000 km
Kraftstofffilter Wechselintervall:	Lifetime
Zündkerzen Wechselintervall:	90.000 km oder 6 Jahre (je nachdem, was zuerst eintritt)

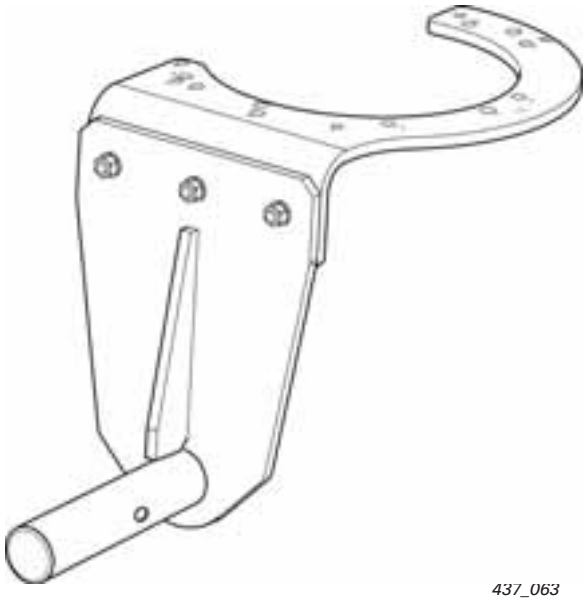
Steuer- und Nebenaggregateantrieb	
Wechselintervall des Keilrippenriemens für Nebenaggregate außer Roots-Gebläse:	Lifetime
Wechselintervall des Keilrippenriemens für Roots-Gebläse:	120.000 km
Spannsysteme beider Keilrippenriemen:	Lifetime
Steuertrieb Kette Wechselintervall:	Lifetime
Spannsystem Steuertrieb Kette:	Lifetime

[1] *SIA = Service Intervall Anzeige*

Spezialwerkzeuge

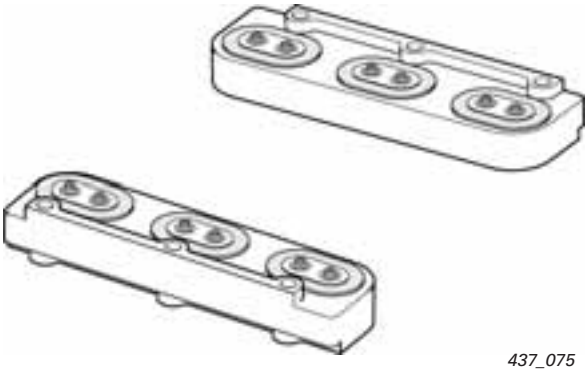


Hier sehen Sie die Spezialwerkzeuge für den 3,0l-V6-TFSI-Motor mit Roots-Gebläse.



437_063

T40206/1 Halteplatte für Getriebe



437_075

T40206/2 Aufnahme für Aufladermodul

Glossar

Zu allen Begriffen in diesem Selbststudienprogramm, die kursiv und mit einem Stern gekennzeichnet sind, finden Sie hier eine Erklärung.

Blow-by-Gase
Auch als Leckage-Gase bezeichnet. Sie gelangen während des Motorlaufs, am Kolben vorbei, aus dem Brennraum in das Kurbelgehäuse. Ursachen sind die hohen Drücke im Brennraum und völlig normale Undichtigkeiten an den Kolbenringen. Aus dem Kurbelgehäuse werden die Blow-by-Gase durch eine Kurbelgehäuseentlüftung abgesaugt und der Verbrennung zugeführt.

Crackpleuel
Diese Bezeichnung von Pleueln geht auf ihre Herstellung zurück. Dabei werden Pleuelschaft und Pleueldeckel durch gezieltes Brechen (Cracken) voneinander getrennt. Vorteil dieses Verfahrens ist die exakte Passform der beiden Bruckstücke zueinander.

EMV
Diese Abkürzung steht für Elektromagnetische Verträglichkeit. Sie beschäftigt sich damit, dass sich technische Geräte nicht wechselseitig durch ungewollte elektrische oder elektromagnetische Effekte störend beeinflussen.

Hallgeber
Auch bekannt als Hall-Sensor oder Hall-Sonde, nutzt den Hall-Effekt zur Messung von Magnetfeldern und Strömen oder zur Lageerfassung. Wird ein Hall-Sensor von einem Strom durchflossen und in ein senkrecht dazu verlaufendes Magnetfeld gebracht, liefert er eine Ausgangsspannung, die proportional zum Produkt aus magnetischer Feldstärke und Strom ist.

Helmholtz-Resonator
Ein Helmholtz-Resonator ist ein akustischer Resonator zur Reduzierung der Ansauggeräusche. Er besteht aus einem Luftvolumen mit einer engen Öffnung nach außen. Der Helmholtz-Resonator wurde nach dem deutschen Physiker Hermann von Helmholtz benannt.

Light-off-Temperatur
Ist die Temperatur, bei der die Konvertierungsrate des Katalysators 50 % beträgt. Sie ist bei zukünftigen Abgasnormen von großer Bedeutung, da diese auch bei kaltem Motor einen entsprechend geringen Schadstoffausstoß fordern.

PWM-Signal
Die Abkürzung PWM steht für pulsweitenmoduliertes Signal. Dabei handelt es sich um ein digitales Signal, bei dem eine Größe (zum Beispiel der elektrische Strom) zwischen zwei Werten wechselt. Die Abstände dieser Wechsel werden je nach Ansteuerung verändert. Dadurch können digitale Signale übetragen werden.

Split-pin-Bauweise
Durch den V- oder Bankwinkel ist je nach Motor eine Kröpfung der Kurbelzapfen vorhanden, die auch als Split-pin bezeichnet wird. Sie ist notwendig, um einen gleichmäßigen Zündabstand zu erreichen.

Steuerzeiten
Werden die Zeiträume genannt, in denen die Ventile eines Motors geöffnet oder geschlossen sind. Ihre Winkelbereiche, in ein Kreisdiagramm übertragen, ergeben das Steuerdiagramm eines Motors.

Viskosität
Eine wichtige physikalische Eigenschaft von Flüssigkeiten ist die Viskosität. Sie ist temperaturabhängig und gibt an, wie zähflüssig eine Flüssigkeit in Abhängigkeit der Temperatur ist. Bei Ölen wird die Viskosität mit dem Viskositätsindex angegeben. Er gibt an, welches Fließverhalten ein Öl bei unterschiedlichen Temperaturen aufweist.

Prüfen Sie Ihr Wissen

Welche Antworten sind richtig?
Manchmal nur eine.
Vielleicht aber auch mehr als eine – oder alle!

1. Warum kommt am 3,0l-V6-TFSI-Motor eine Aufladung mittels Roots-Gebläse zum Einsatz?

☐ A Der Motor bietet damit sowohl ein kraftvolles Anfahrverhalten, als auch ein breites Einsatzspektrum von komfortorientiert bis sehr sportlich.
☐ B Aufgrund der Charakteristik, die aus der Aufladung resultiert, kann der Motor in mehreren Fahrzeugmodellen verbaut werden (vom Audi A4 bis zum A8).
☐ C Mit einem Abgasturbolader können die zukünftig gültigen Abgasnormen nicht eingehalten werden.

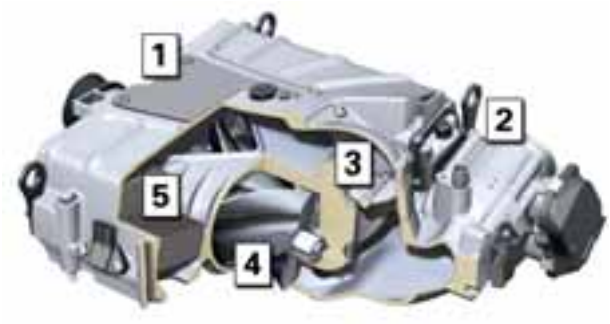
2. Welche Vorteile bietet ein Roots-Gebläse gegenüber einem Abgasturbolader?

☐ A Kostengünstige Herstellung und niedriges Gewicht.
☐ B Sehr kurze Wege der zu verdichtenden Luft bis in die Zylinder. Daraus resultiert ein spontanes Ansprechverhalten.
☐ C Besseres Abgasverhalten, weil der Katalysator schneller seine Betriebstemperatur erreicht.

3. Warum ist im Aufladem odul eine Bypassklappe angeordnet?

☐ A Um den Ladedruck bei hoher Leistungsabforderung erhöhen zu können.
☐ B Als Ersatz für eine aufwändige Abschaltung des Riemenantriebs zum Antrieb des Roots-Gebläses.
☐ C Zur Regelung des Ladedrucks.

4. Bitte bezeichnen Sie die Bauteile des Roots-Gebläses!



437_064

1 .....

2 .....

3 .....

4 .....

5 .....

Lösungen:

1. A, B;
2. B, C;
3. B, C;
4. 1 = Dämpfungsblech, 2 = Hauptdrosselklappe, 3 = Bypassklappe, 4 = Rotoren, 5 = Ladeluftkühler

Aus der Rennsporttradition der 30er Jahre im Zeichen der vier Ringe feiert das Roots-Gebläse sein Comeback. Der neue 3,0l-TFSI-Motor ist nicht nur stark, spontan und hocheffizient. Er präsentiert sich als neue Topversion der V6-Motorenreihe. Auch im Verbrauch und in den Abgaswerten setzt er überzeugende Bestmarken. Der Motor hängt sportlich am Gas und wirkt so ungewöhnlich agil und bissig. Und er dreht spielerisch leicht hoch bis zum Maximum von 6.500 Touren, wobei er seine Nennleistung von 213 kW (290 PS) bereits knapp unterhalb von 5.000 1/min erreicht.

Dies alles wurde durch ein ganzes Paket voller Hightech-Feinheiten möglich.
Das Kurbelgehäuse wurde den höheren Druckverhältnissen angepasst. Alle Bauteile sind konsequent auf minimale Reibung ausgelegt. Die beiden Einlassnockenwellen lassen sich um 42° Kurbelwinkel verstellen. In den Ansaugkanälen versetzen Tumble-Klappen die einströmende Luft in Bewegung und unterstützen so die optimale Gemischbildung.

Die weiterentwickelte Kraftstoffanlage erlaubt mit ihren neuen Sechsloch-Düsen in Zukunft bis zu drei Einspritzungen pro Arbeitstakt. Die hohe Verdichtung des Motors von 10,5:1 trägt ebenfalls entscheidend zur Effizienz bei. Auch sie ist der Direkteinspritzung zu verdanken, weil bei ihr der intensiv verwirbelte Kraftstoff den Brennraum kühlt und damit die Klopfneigung senkt. Im Inneren des Roots-Gebläses arbeiten zwei gegenläufig drehende, vierflügelige Rotoren, die bis zu 23.000 1/min drehen und bis zu 1000 kg Luft pro Stunde bei 0,8 bar fördern können. Die Effizienz wird zusätzlich durch die beiden Wasser-Luft-Ladeluftkühler gesteigert, die im Aufladermodul integriert sind. Ein umfangreiches Paket an Maßnahmen dämmt die Geräusche, die das Roots-Gebläse erzeugt, auf ein Minimum.

Der neue 3,0l-TFSI wird in fast allen Audi Modellen mit Längsmotor, für die er vorgesehen ist, klar unter 10 Liter/100 km Durchschnittsverbrauch bleiben. Hier kommt der Slogan „Vorsprung durch Technik“, wie bei allen Innovationen von Audi, voll zum Tragen.

Selbststudienprogramme

In diesem Selbststudienprogramm sind alle wichtigen Informationen zu diesem Motor zusammengefasst. Weitere Informationen zu erwähnten Teilsystemen finden Sie in weiteren Selbststudienprogrammen.



437_060



437_061



437_062



437_065

SSP 411 Audi 2,8l- und 3,2l-FSI-Motor mit Audi valvelift system
SSP 432 Audi 1,4l-TFSI-Motor
SSP 325 Audi A6 ‘05 Aggregate
SSP 207 Der Audi TT-Coupé

Vorsprung durch Technik **www.audi.de**

437

Alle Rechte sowie technische Änderungen vorbehalten.

Copyright
AUDI AG
I/VK-35
Service.training@audi.de
Fax +49-841/89-36367

AUDI AG
D-85045 Ingolstadt
Technischer Stand 10/08

Printed in Germany
A08.5S00.53.00