

**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.



## Audi 3,0I-V6-TFSI-Motor



437\_004

### Lernziele dieses Selbststudienprogramms

In diesem Selbststudienprogramm lernen Sie den Aufbau und die Funktion des 3,0I-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
Auflademodul . . . . .	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 Lambda-regelung) 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:

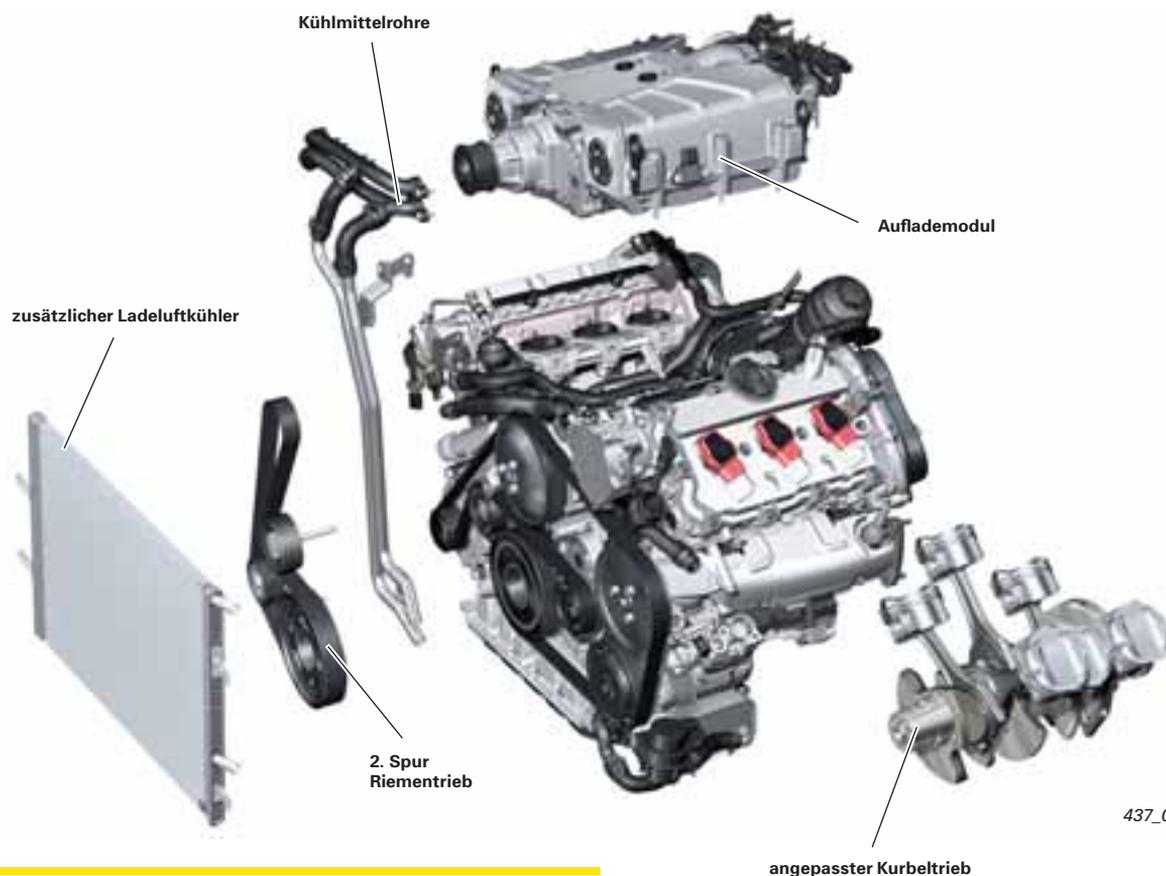
- Zylinderkurbelgehäuse (ZKG) mit Wärmebehandlung
- Kurbeltrieb
- Auflademodul mit integrierter Ladeluftkühlung
- Wasserrohre zum Niedertemperaturkreislauf des Fahrzeugs
- Riementrieb für Antrieb des Auflademoduls
- Motorsteuerung mit p/n-Regelung „Simos 8“
- Sekundärluftsystem für die Erfüllung der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

Anpassungen erfolgten bei:

- Ansaugsystem
- Nockenwellen
- Ventilen und Ventilfedern
- Flansch für die Ladungsbewegungskappen

Entfallen sind:

- Audi valvelift system
- Nockenwellenverstellung auf der Auslassseite



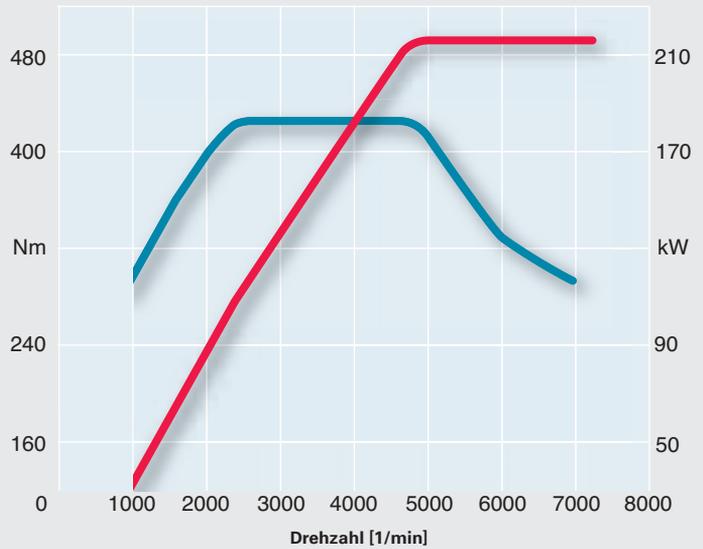
### Verweis

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

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

\* auch Benzin bleifrei ROZ 91 zulässig, jedoch verminderte Leistung

# Einleitung

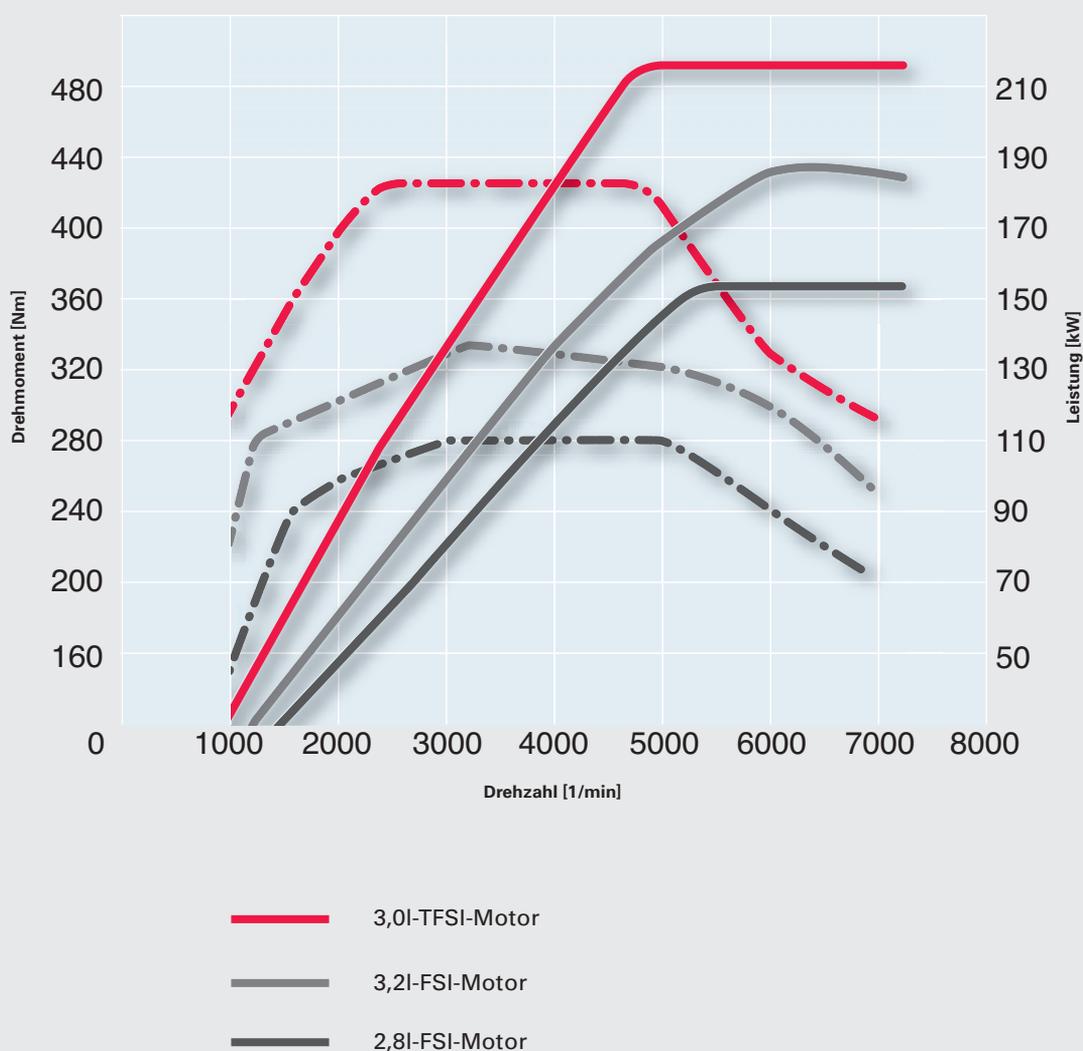
## Charakterisierung

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 <sup>3</sup>	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 <sup>1)</sup>	95/91 <sup>1)</sup>	95/91 <sup>1)</sup>	95/91 <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> mit reduzierter Leistung

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

Merkmal	Einheit	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
		0 – 100 km/h	s
Elastizität in Fahrstufe D	km/h	80 – 120	80 – 120
	s	6,0	5,3
Höchstgeschwindigkeit	km/h	250 <sup>2)</sup>	250 <sup>2)</sup>
	1/min / Gang	6350 / 5	4500 / 6
Durchschnittsverbrauch gesamt	l/100 km	10,9	9,6
CO <sub>2</sub> -Emission	g/km	259	228

<sup>2)</sup> 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.

Zylinderblock



Zylinderkurbelgehäuse-Unterteil (Bedplate)



Ölwannen-Oberteil



Ölwannen-Unterteil



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 Lager-schalen sind als bleifreie 3-Stoff-Lagerschalen ausgeführt.

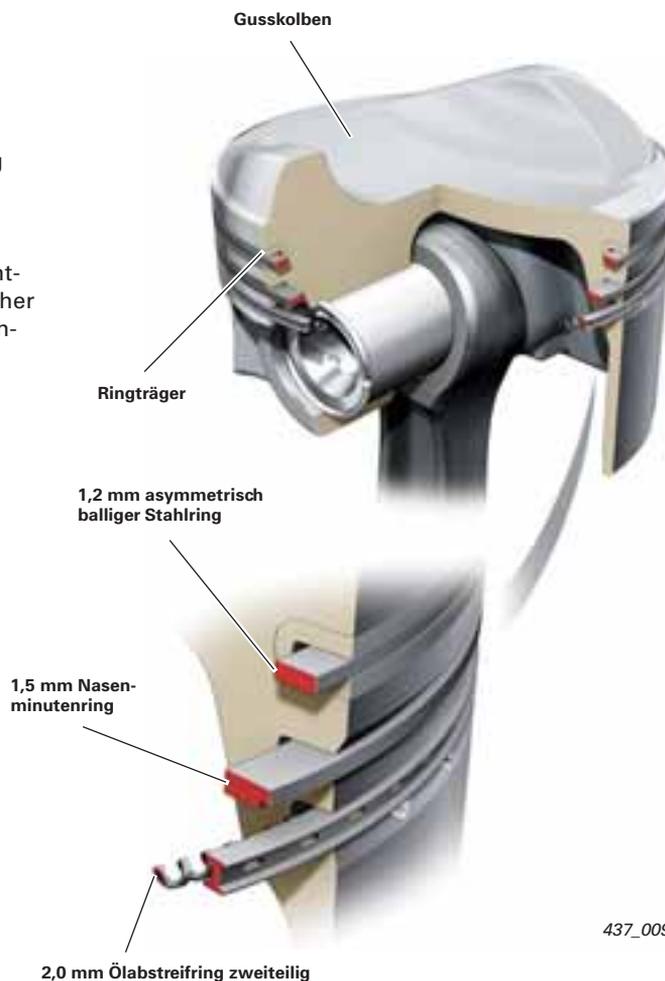


437\_008

### 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.

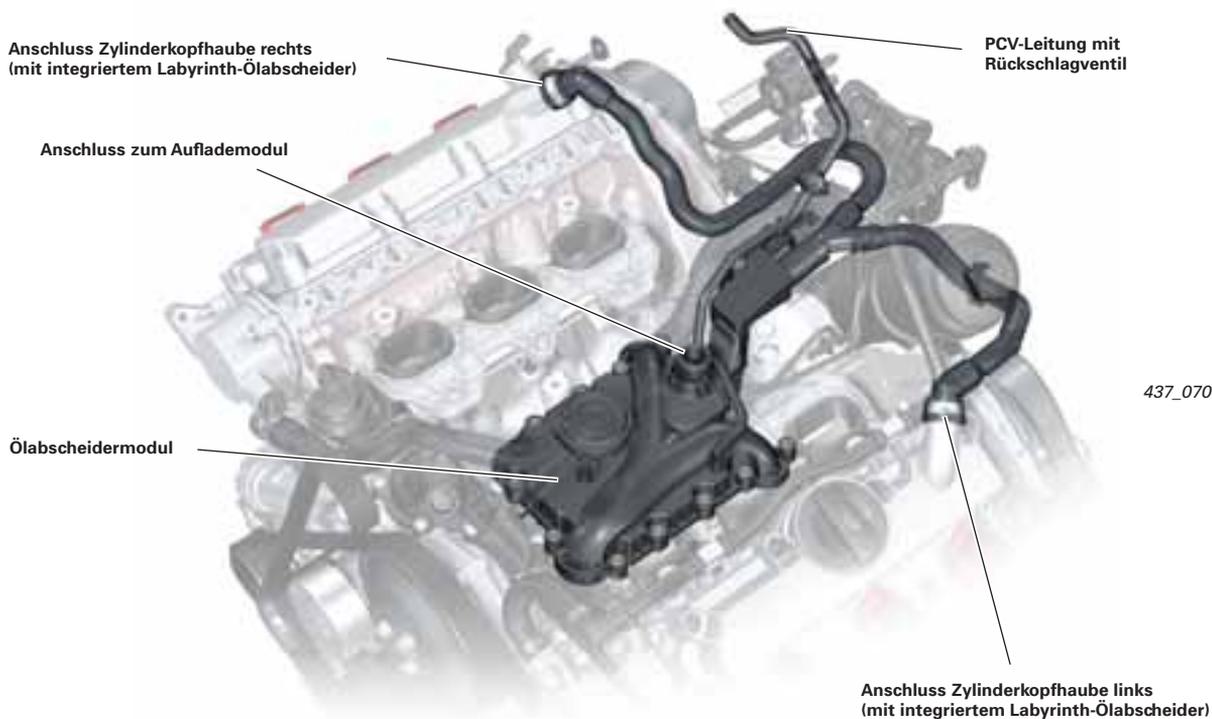


437\_009

## 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.



### Anschluss an das Auflademodul

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

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



### 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“.

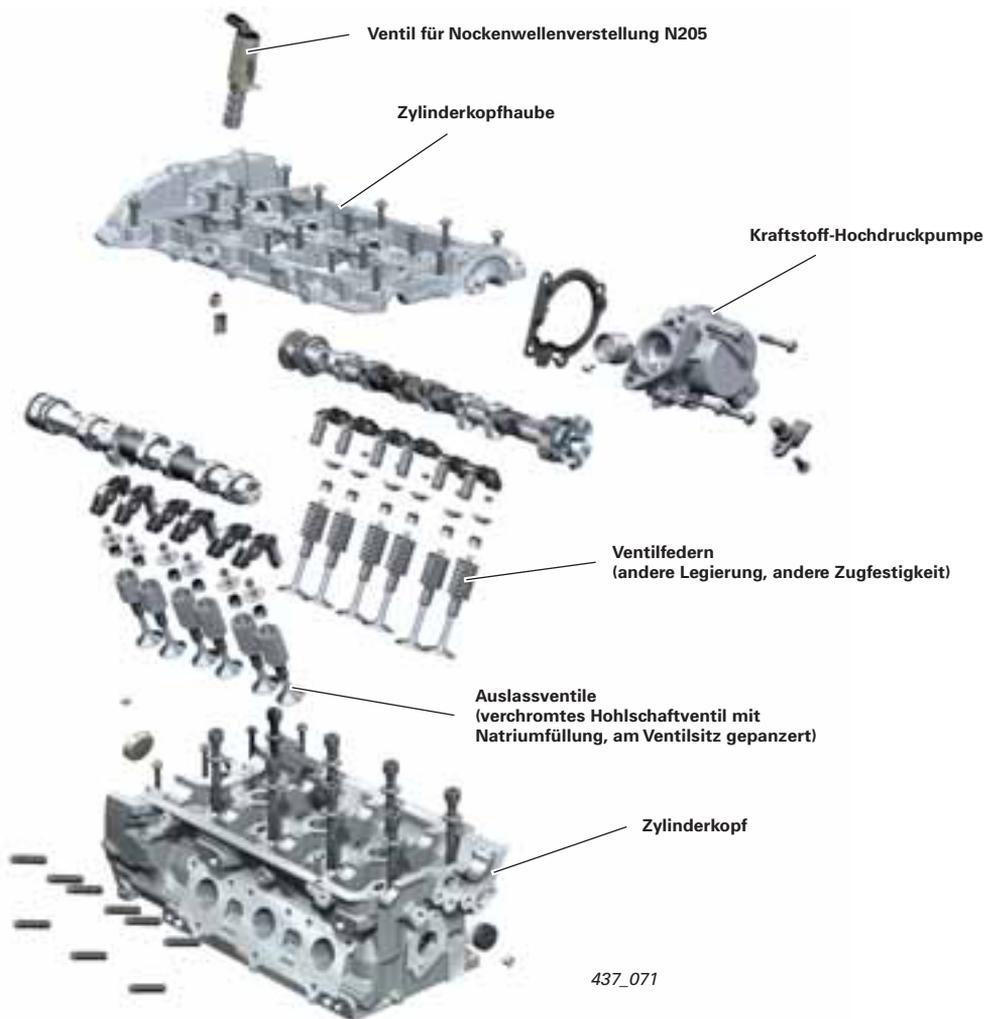


## Zylinderkopf

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.

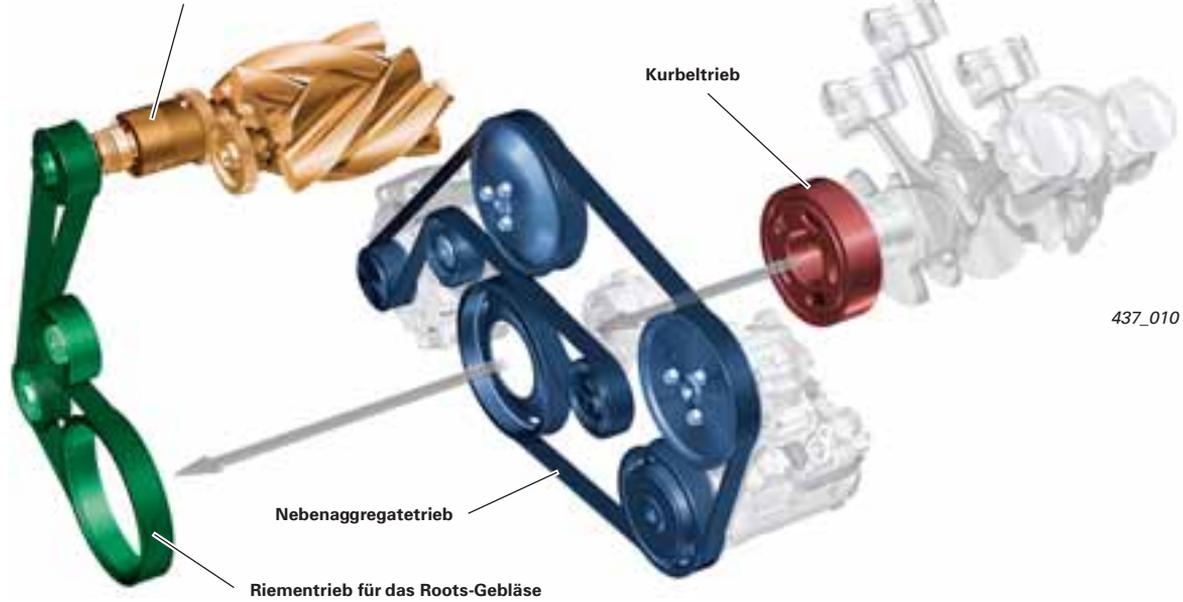


## Antrieb der Nebenaggregate

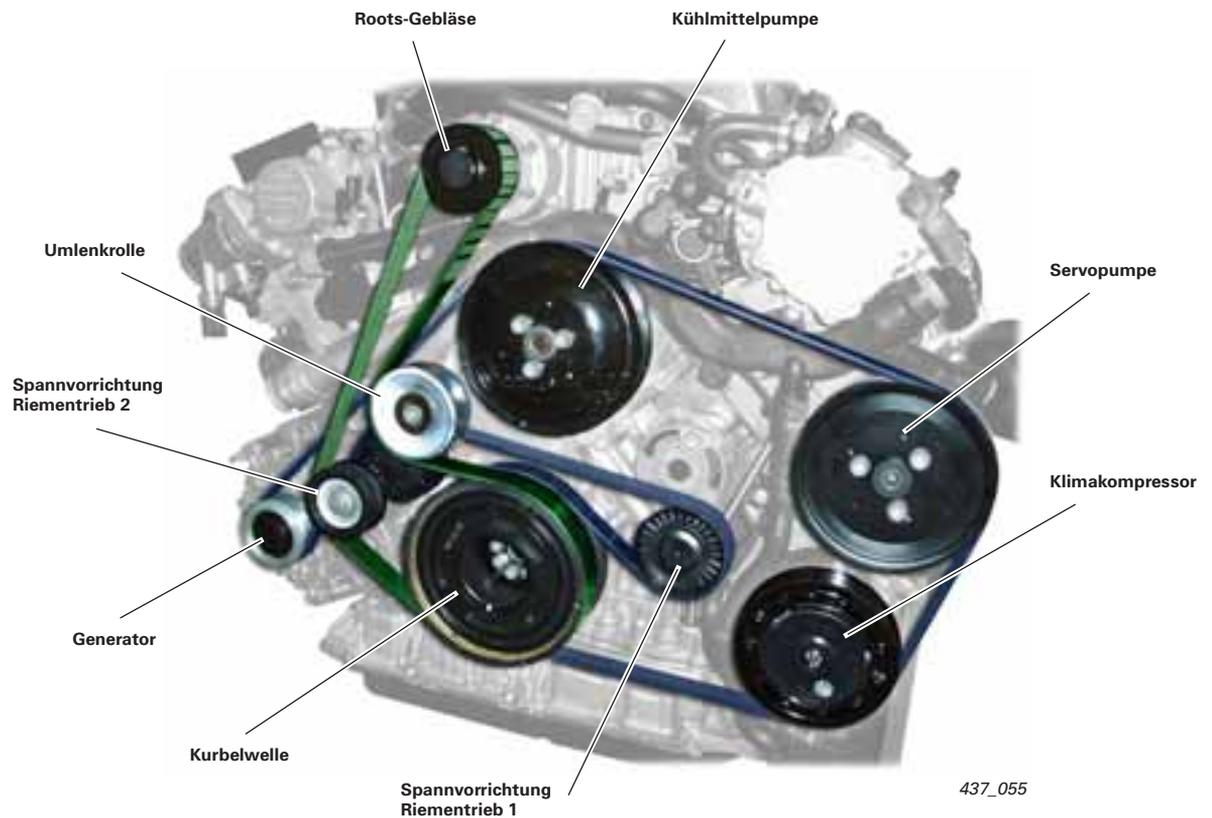
Für den Antrieb der Nebenaggregate verfügt der Motor über zwei getrennte Riementriebe. Der Nebenaggregattrieb treibt den Generator, den Klimakompressor und die Hydraulikpumpe der Servolenkung an.

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

Entkopplungselement des Roots-Gebläses (SSI)



## Anordnung der Aggregate

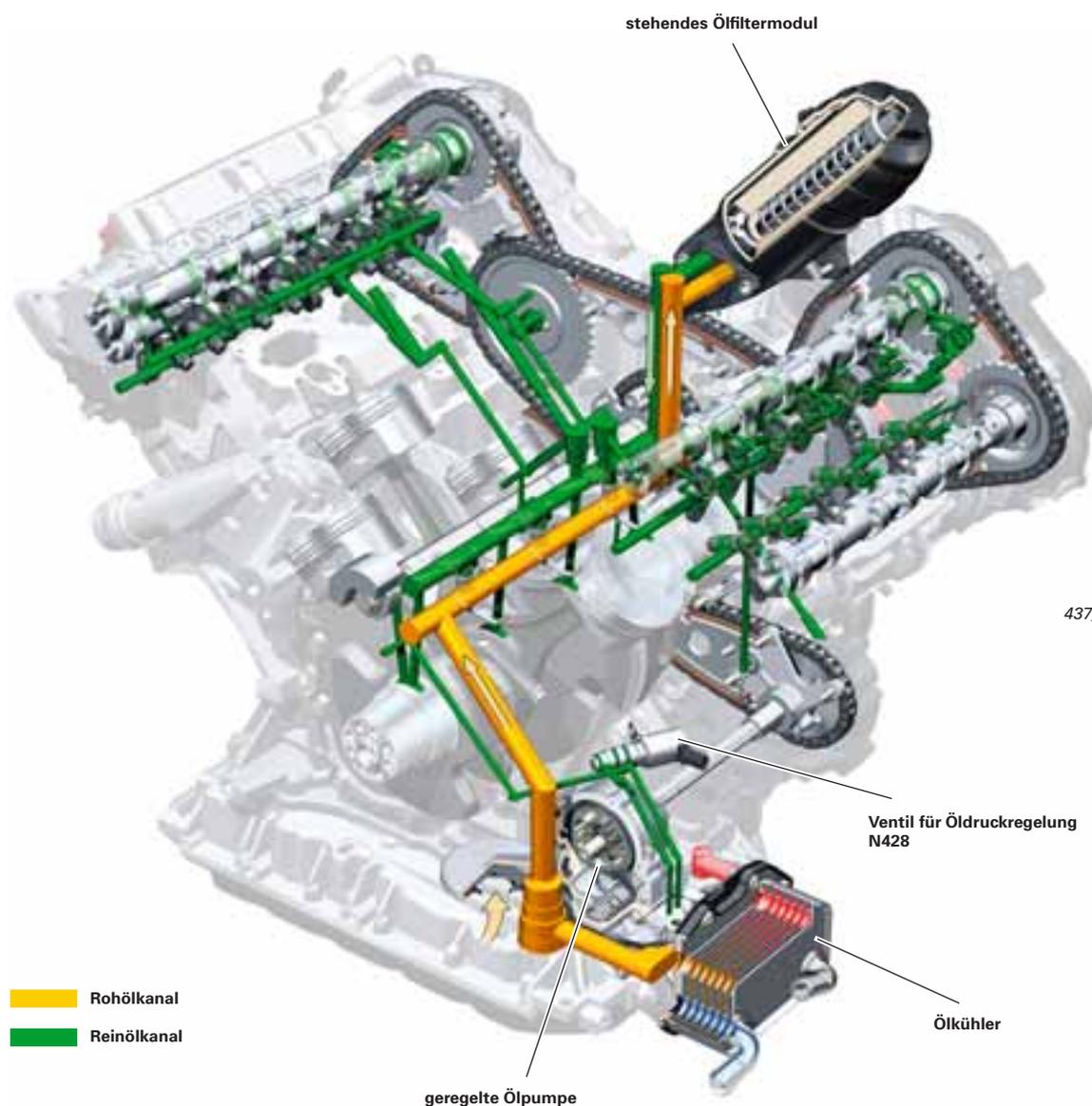


## Ölkreislauf

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 Schleppebel im Ventiltrieb, diese sind nur in einem Motor mit Audi valvelift system erforderlich, da die schmalen Rollen eine bessere Schmierung benötigen.
- Entfall der Ansteuerung der Auslass-Nockenwellenversteller



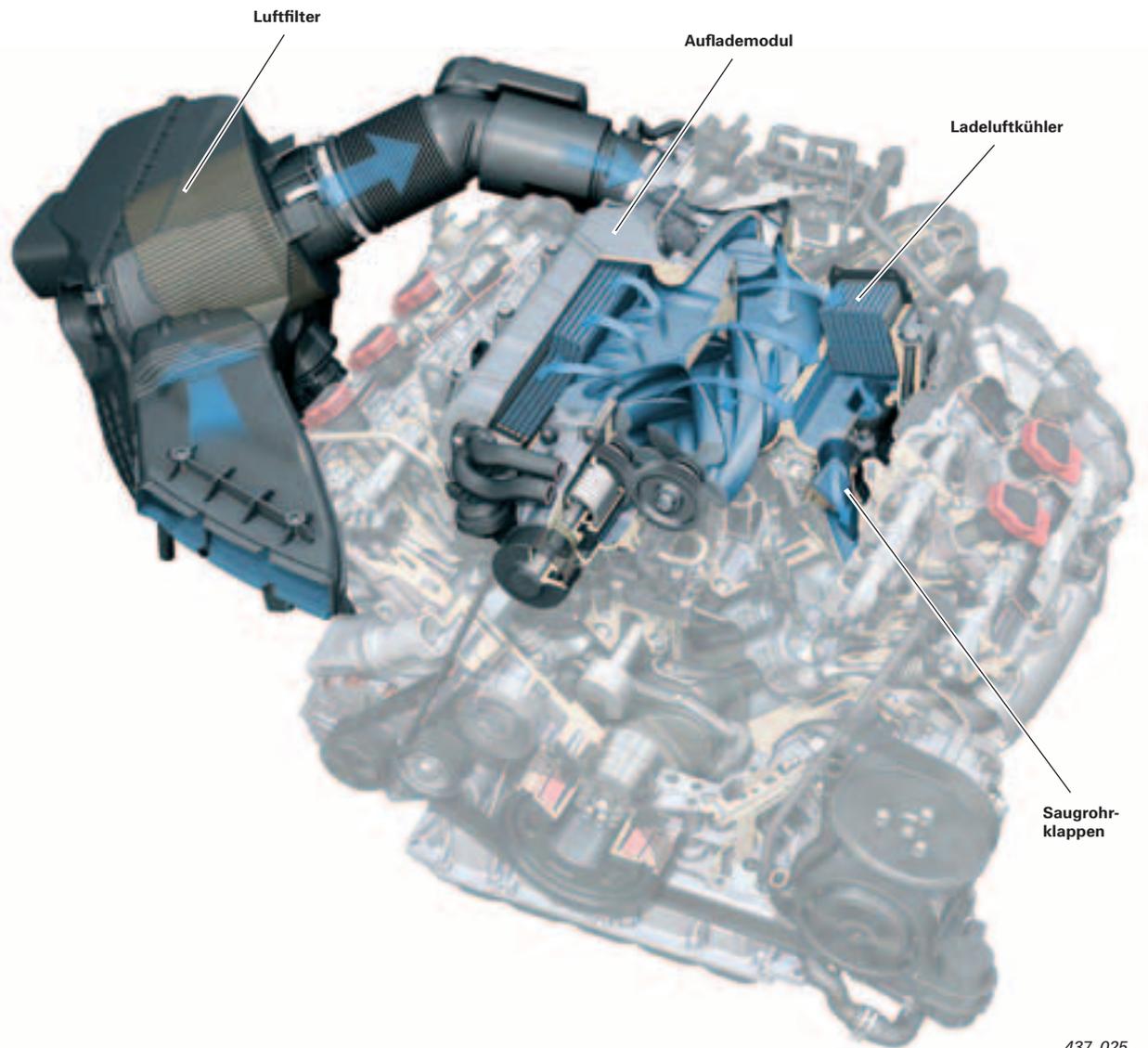
### Verweis

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 Auflademodul. Darin sind das Roots-Gebläse, die Bypassregelung und die Ladeluftkühlung integriert.



437\_025

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

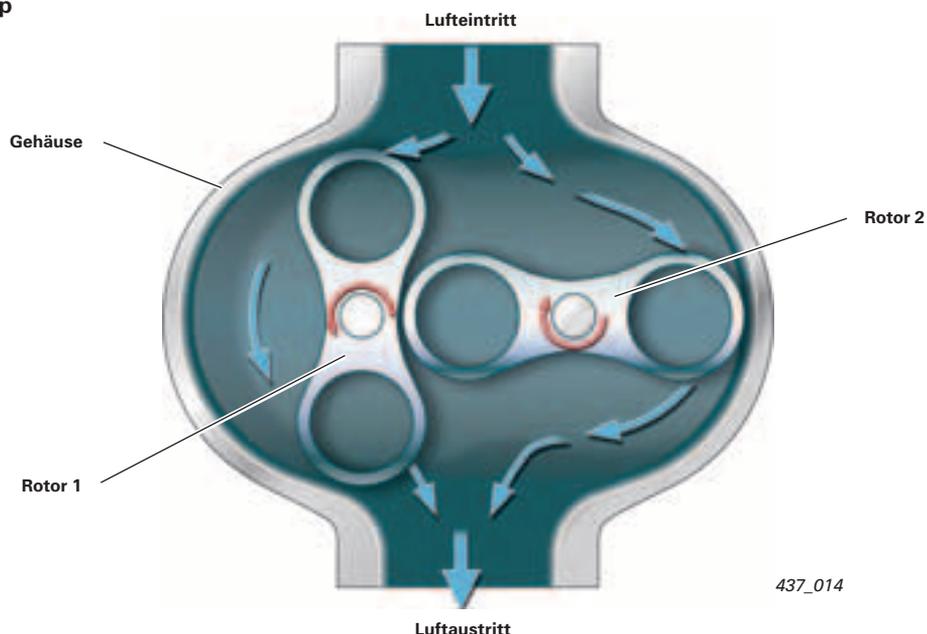


437\_044

## 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.

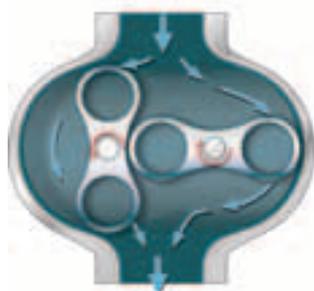
### Grundprinzip



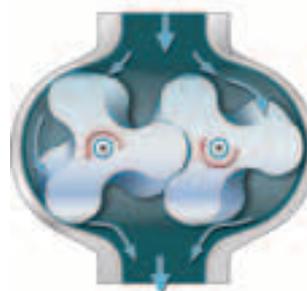
Was sind Roots-Gebläse? Sie sind der Bauform nach Drehkolbenmaschinen. Sie arbeiten ohne innere Verdichtung nach dem Verdrängerprinzip. Das Gebläse besteht aus einem Gehäuse, in dem sich zwei Wellen (Läufer) drehen. Der Antrieb beider Läufer erfolgt mechanisch, zum Beispiel von der Kurbelwelle aus. Mit 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

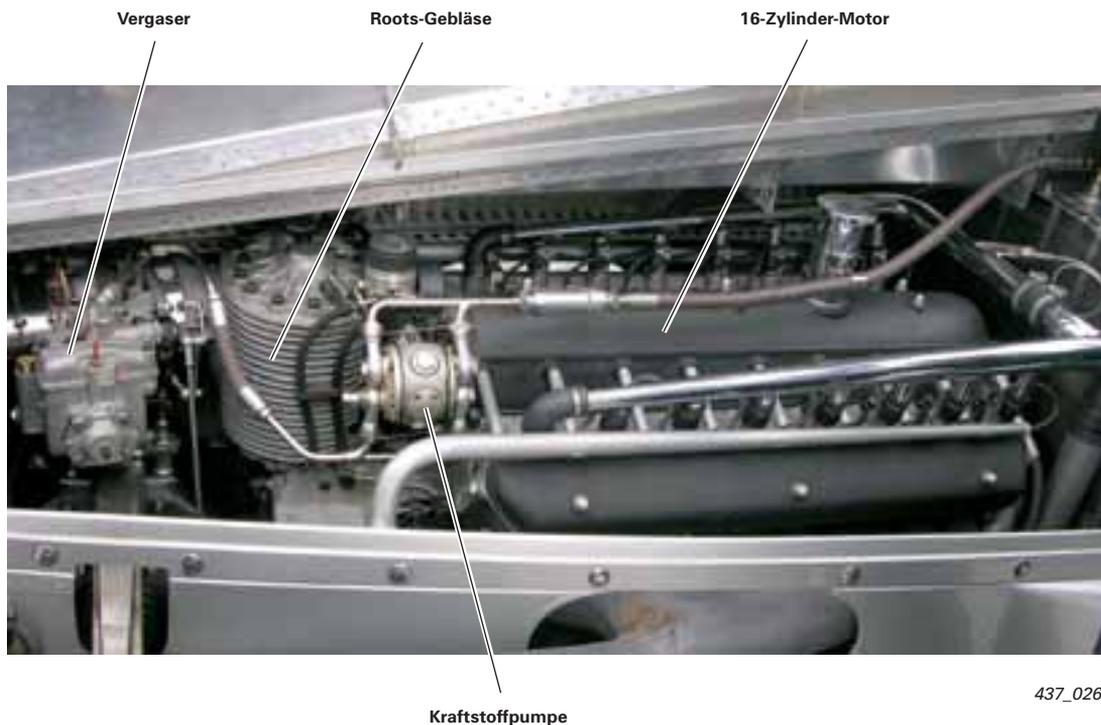
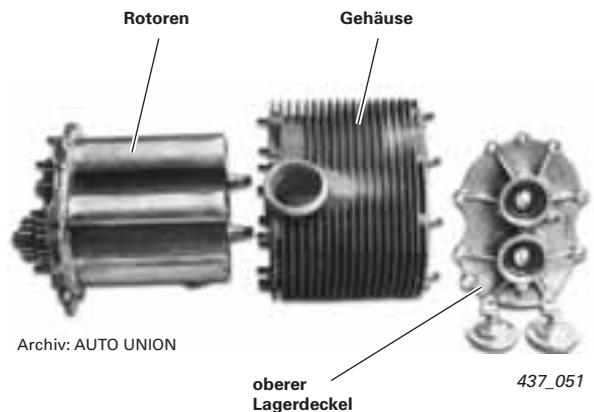
Der Name des Systems stammt von den Gebrüdern Philander und Francis Roots, die sich das Prinzip schon im Jahr 1860 patentieren ließen.

Damals wurden Roots-Gebläse meistens als Wind-erzeuger 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 „Kompressorkreisichen“ 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.



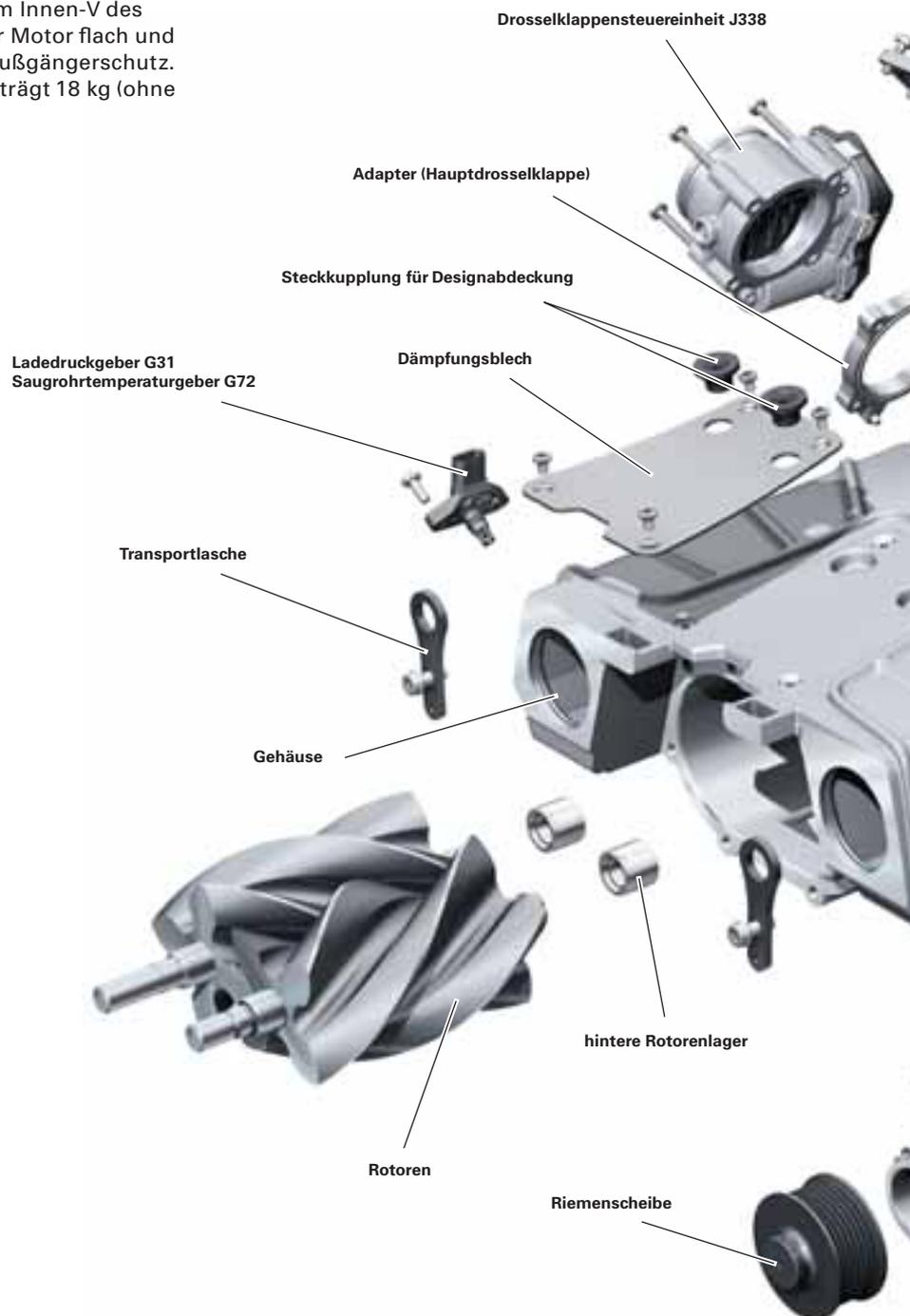
## Auflademodul

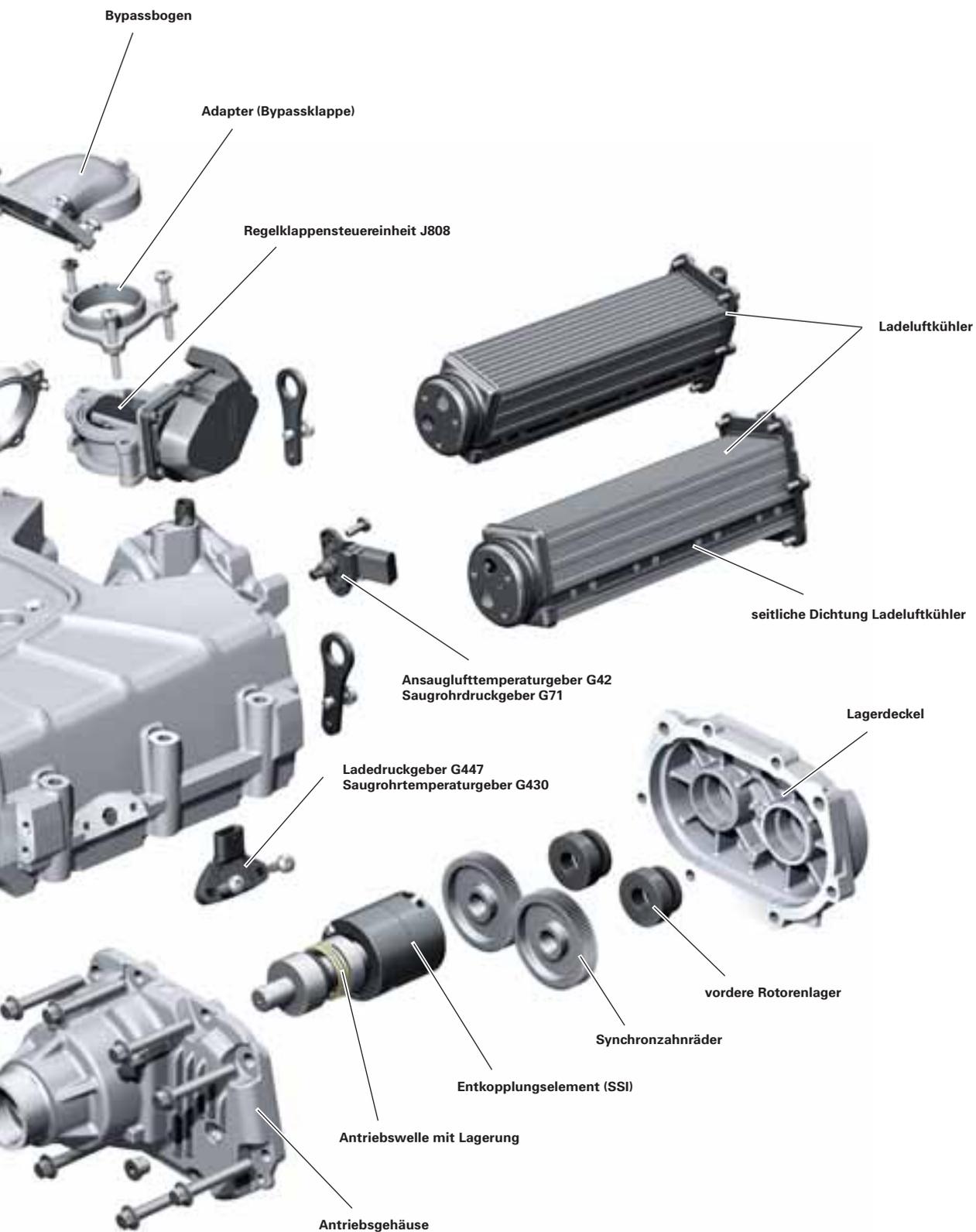
Moderne Roots-Gebläse, so auch der bei Audi eingesetzte Typ, sind Schraubenlader. Gegenüber der Vorgänger-Generation mit dreiflügeligen Rotoren verfügt das Audi Roots-Gebläse über vierflügelige Rotoren. Jeder Flügel der beiden Rotoren ist um 160° zur Längsachse verdreht. Dadurch erfolgt eine kontinuierlichere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





437\_037

# Luftversorgung

## 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 Auflademodul verschraubten Transportlaschen dienen zur Aufhängung des Motors bei Aus- und Einbau.

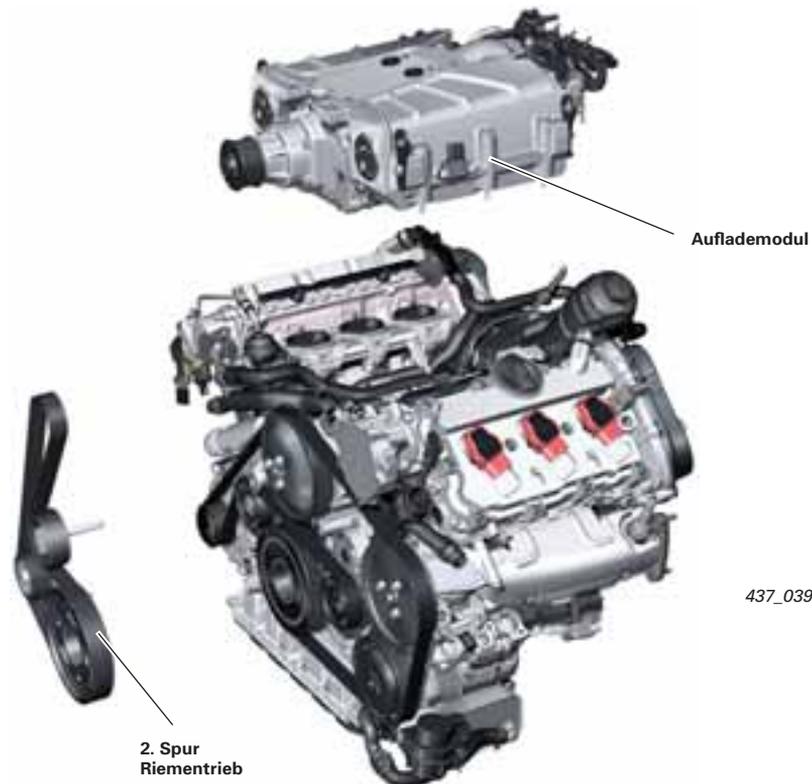


## Antrieb

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 Auflademodul beträgt 1:2,5. Dadurch ist eine maximale Drehzahl von 18.000 1/min möglich.



Die Ankopplung des Roots-Gebläses erfolgt über das Entkopplungselement (SSI = Single Spring Isolator). Dieses Entkopplungselement ist im Antriebsgehäuse des Auflademoduls 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 Keilripenriemens für das Roots-Gebläse liegt bei 120.000 km.



# Luftversorgung

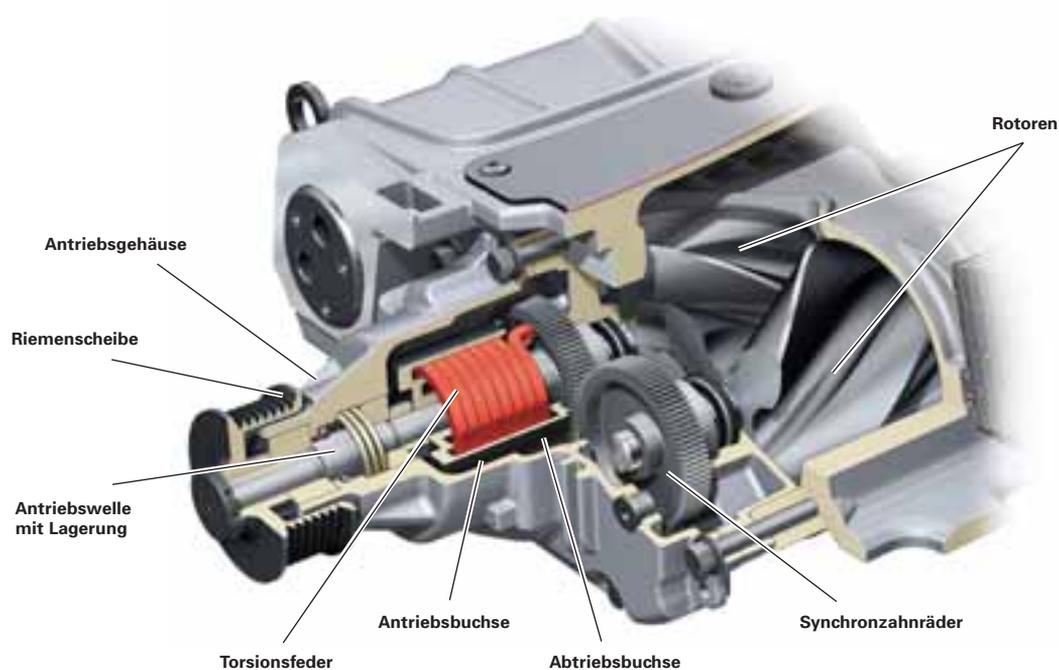
## Funktion

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 Lastwechsellvorgängen, ein hartes Anschlagen vermeiden, was zu Störgeräuschen führen kann.

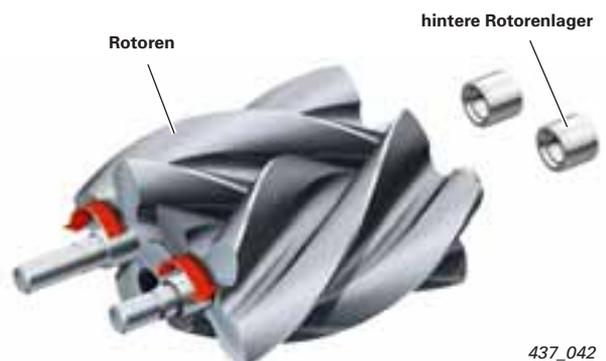
Im weiteren Verlauf des Antriebs wird der zweite Rotor, über ein Zahnradpaar, angetrieben. Dadurch laufen beide Rotoren absolut synchron und in entgegengesetzter Drehrichtung. Eine sehr hohe Anzahl von Zähnen vermindert die Übertragung von Schwingungen. Die Zahnräder sind auf die Wellen der Rotoren aufgedrückt. 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.



## Rotoren

Die vierflügeligen Rotoren haben eine Verdrillung von 160°. Beide Rotoren laufen in wartungsfreien Wälzlager. 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.



## 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 Magnetcupplung abgeschaltet.

Für den 3,0l-V6-TFSI-Motor wird zur Regelung des Ladedrucks die Regelklappensteuereinheit J808 verwendet. Sie ist im Auflademodul 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.

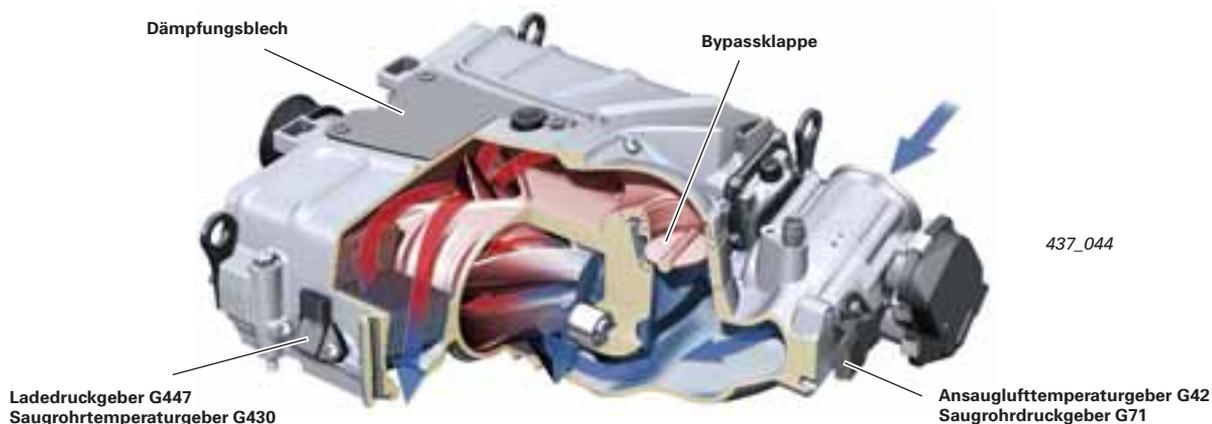
Aufgaben der Regelklappensteuereinheit J808:

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

## Funktion

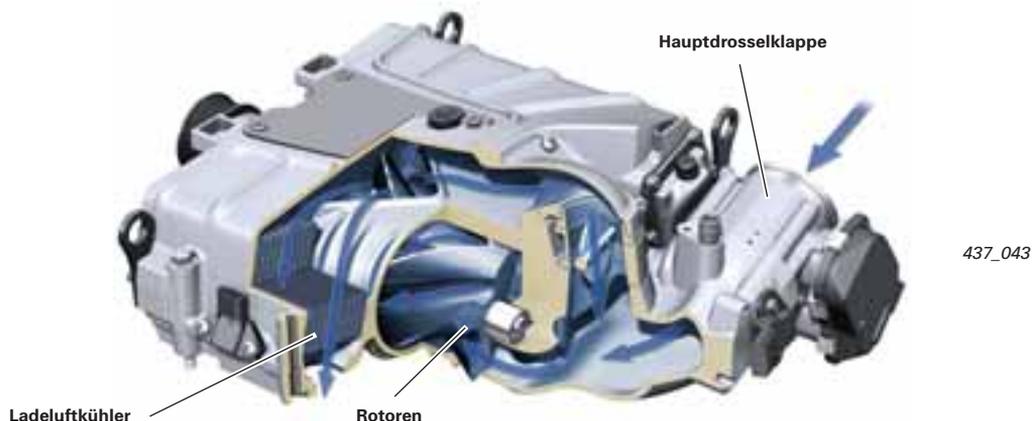
### Volllastbetrieb (Bypassklappe geschlossen)

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



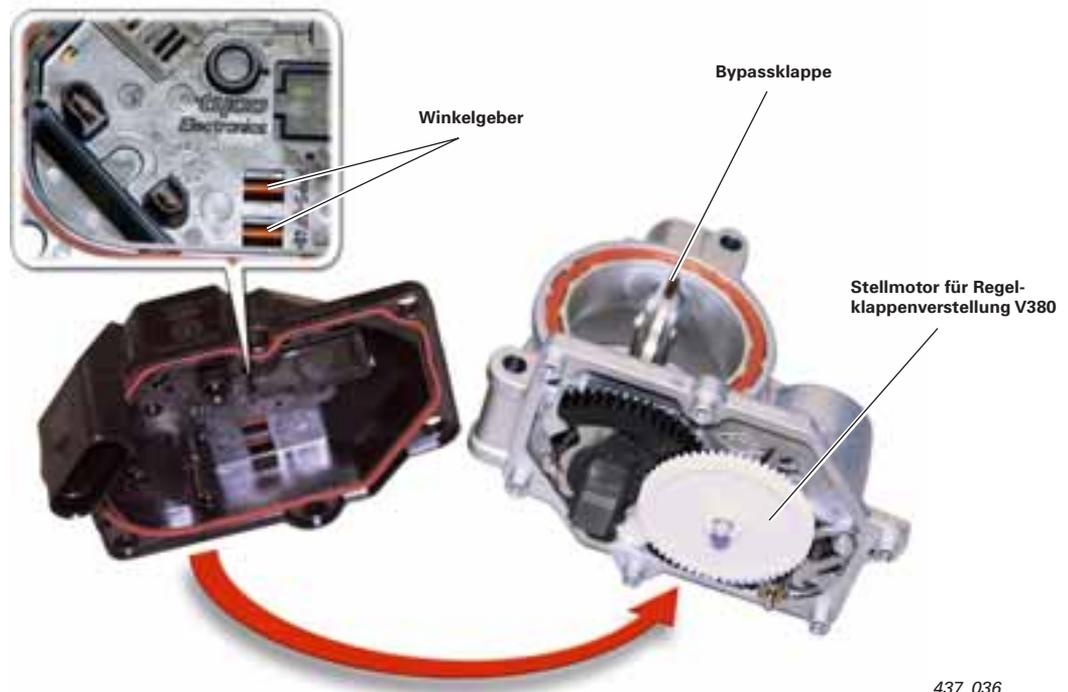
### Teillastbetrieb (Bypassklappe geöffnet)

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



## Regelklappensteuereinheit J808

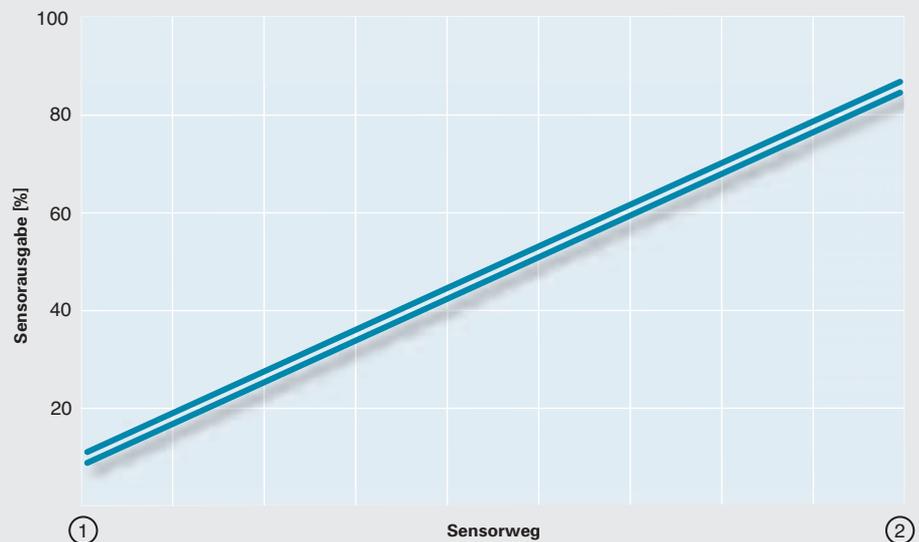
Durch den Einsatz der Regelklappensteuereinheit J808 kann auf eine aufwändige und teure Abschaltung des Riementriebs in Form einer Magnetkupplung verzichtet werden. Die Leistungsaufnahme des Auflademoduls liegt je nach Motordrehzahl zwischen 1,5 und 38 kW.



437\_036

### Signalbild des Potenziometers für Regelklappe G584

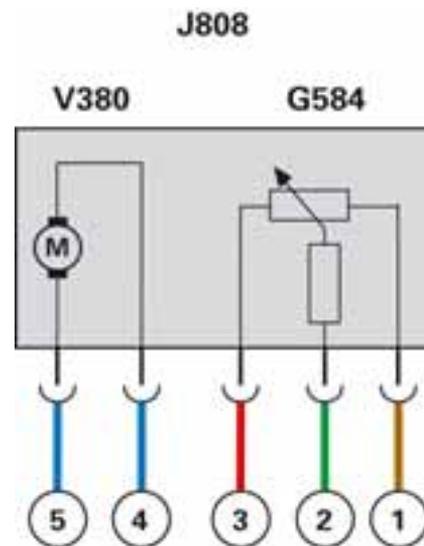
- ① unterer mechanischer Anschlag
- ② oberer mechanischer Anschlag



### Legende:

- G584 Potenziometer für Regelklappe
- J808 Regelklappensteuereinheit
- V380 Stellmotor für Regelklappenverstellung  
(Bauart: DC-Motor (Gleichstrommotor))

- ① Sensorspannung Masse
- ② Steuersignal
- ③ Sensorspannung Plus
- ④ } Versorgungsspannung Motor
- ⑤ }



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“.



# Luftversorgung

## 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:

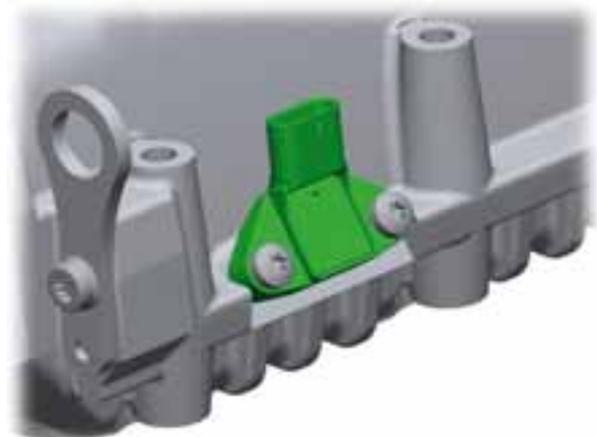
- Ansauglufttemperaturgeber G42
- Saugrohrdruckgeber G71



437\_028

Die beiden anderen, baugleichen Geber sind im Auflademodul 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

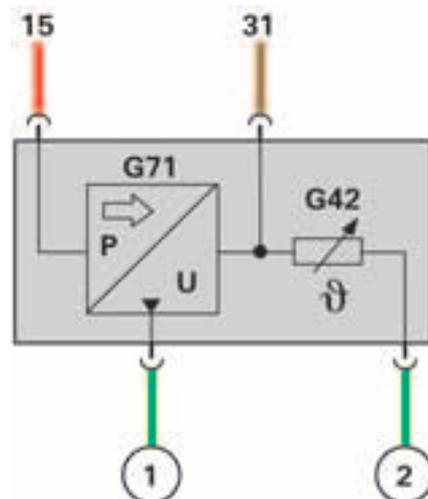
## Schaltung

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

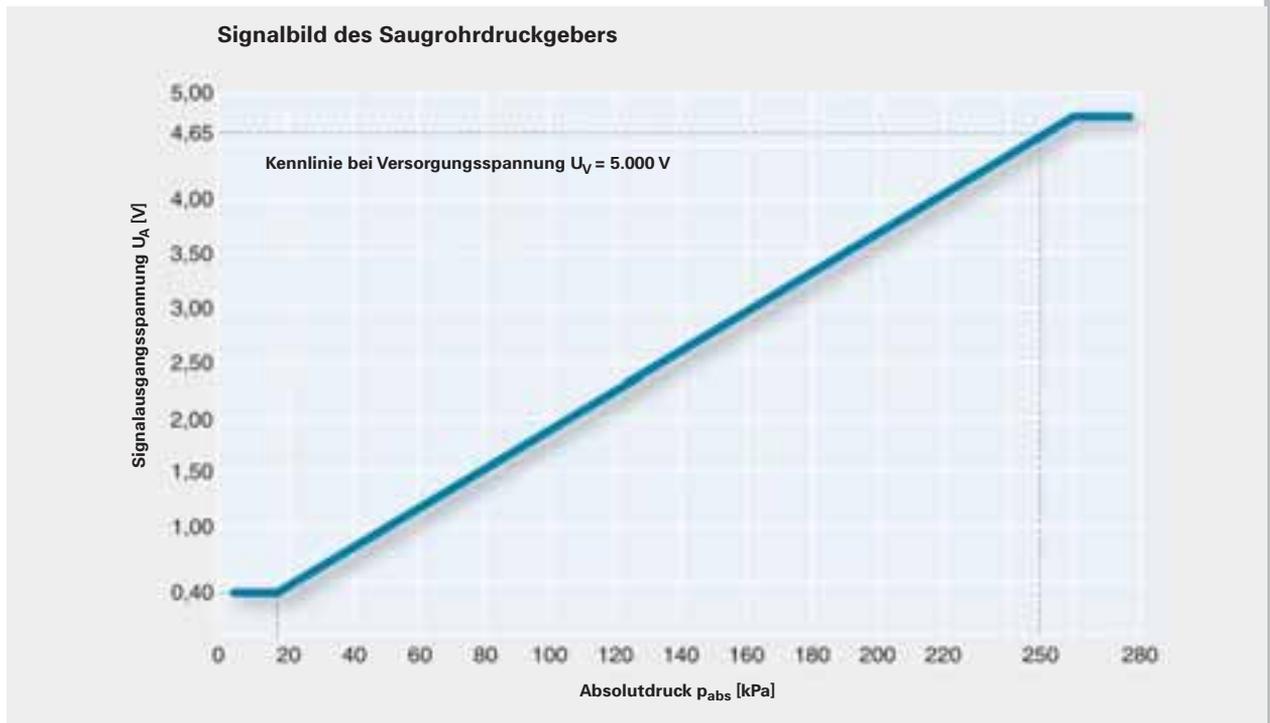
### Legende:

- G42 Ansauglufttemperaturgeber
- G71 Saugrohrdruckgeber
- 15 Klemme 15
- 31 Klemme 31

- ① Spannungssignal Saugrohrdruck
- ② Widerstandssignal Ansauglufttemperatur



437\_018



### 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 Auflademodul 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.

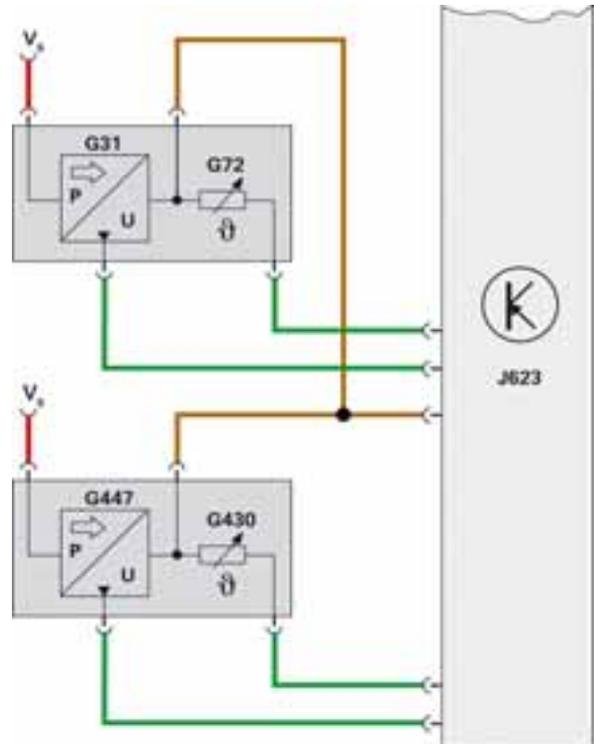
Daher werden alle Geber ab Einschalten der Zündung plausibilisiert. Werden hier Auffälligkeiten festgestellt, erfolgt ein Fehlerspeichereintrag und es wird entweder auf einen „gleichwertigen“ Sensor bzw. auf das Ersatzmodell umgeschaltet. Dadurch verhält sich das System für den Fahrer weitestgehend wie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



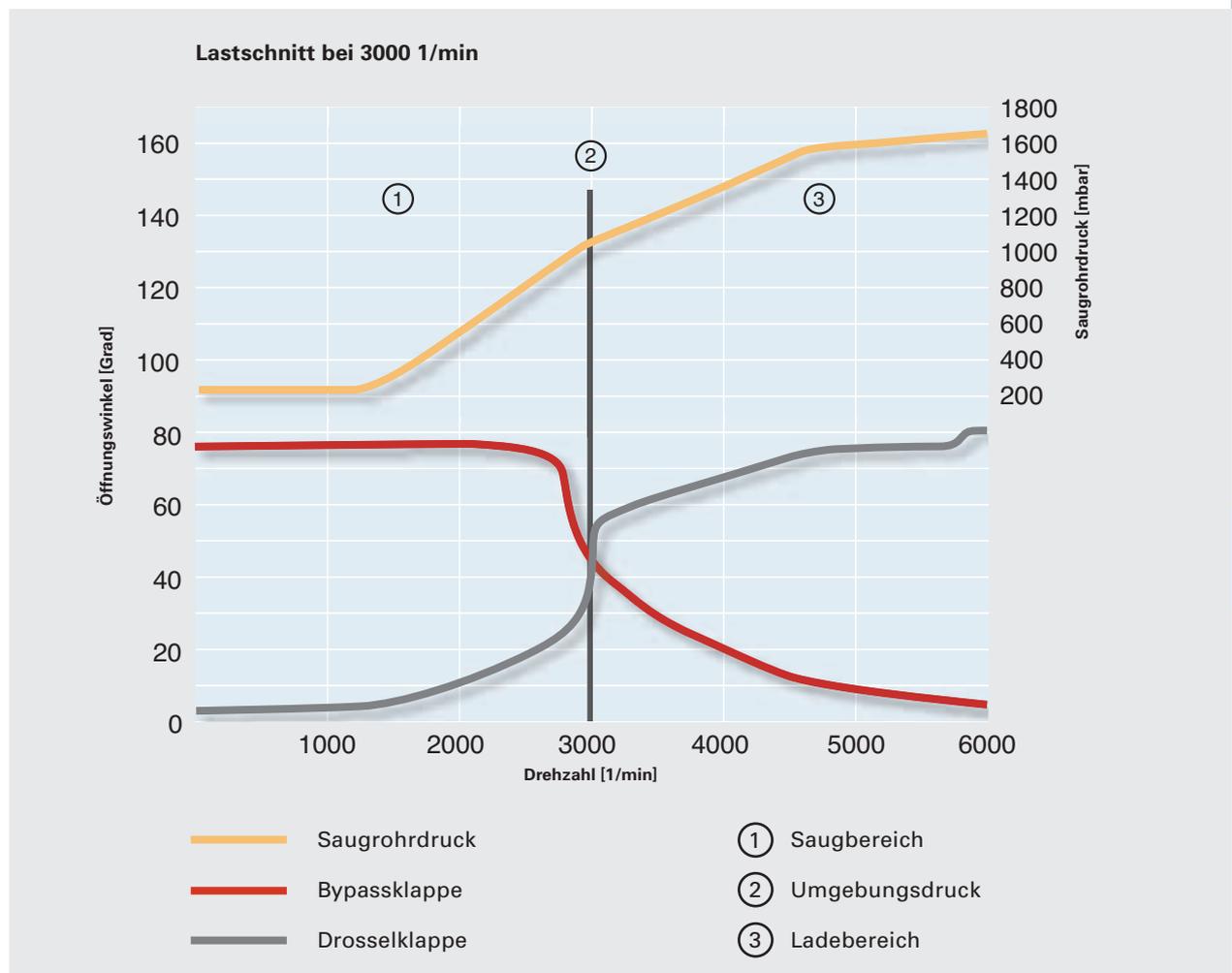
437\_020

## 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.



## Saugrohrklappen

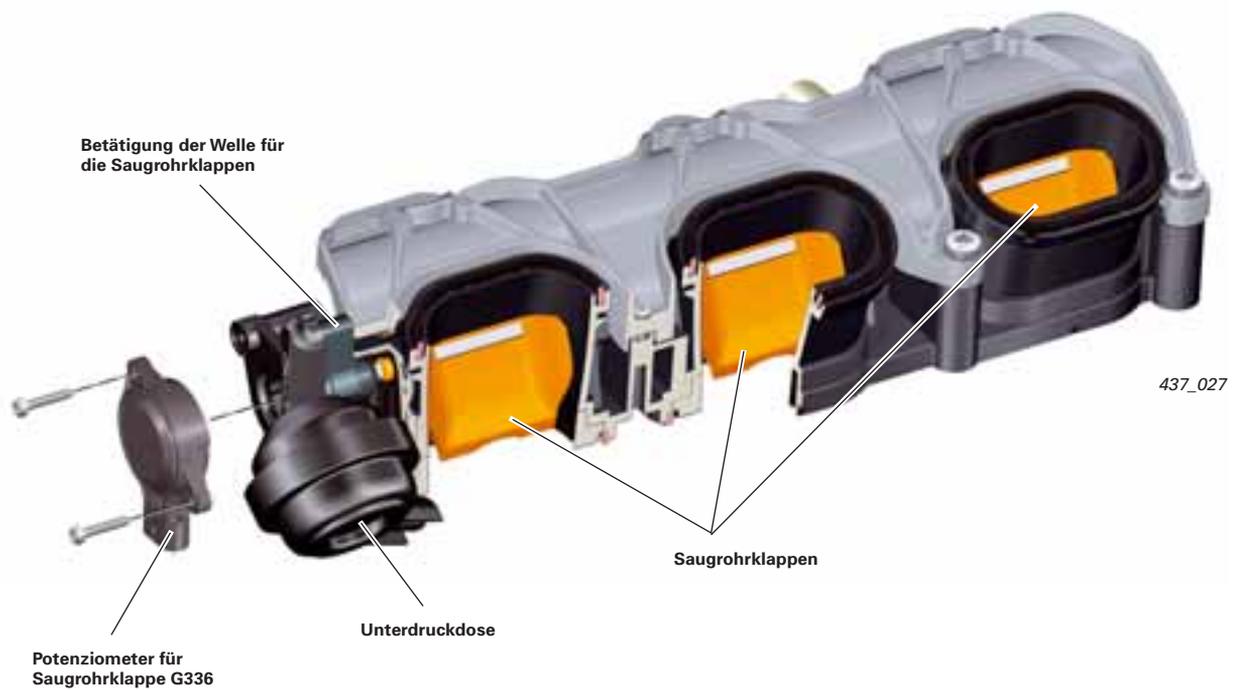
Zur Verbesserung der inneren Gemischbildung werden beim 3,0I-V6-TFSI-Motor Saugrohrklappen eingesetzt. Sie befinden sich in einem Zwischenflansch zwischen Auflademodul und Zylinderkopf.

### 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.



## Potenzimeter 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.

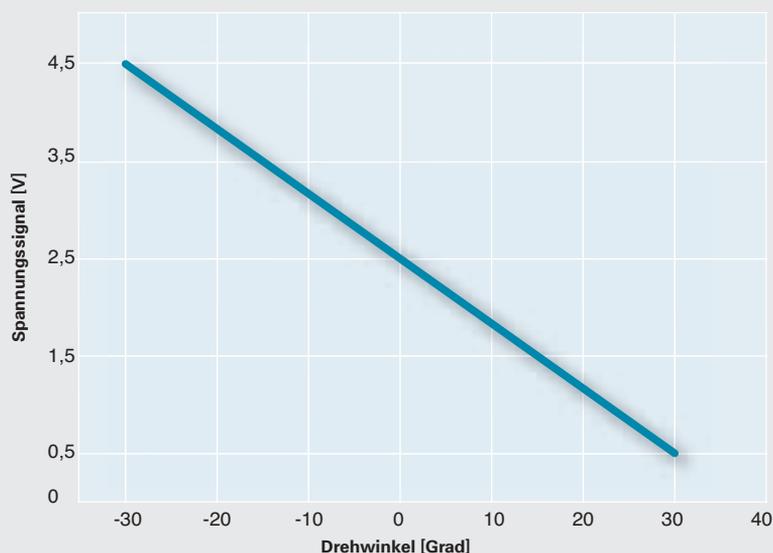
## Auswirkungen bei Signalausfall

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.

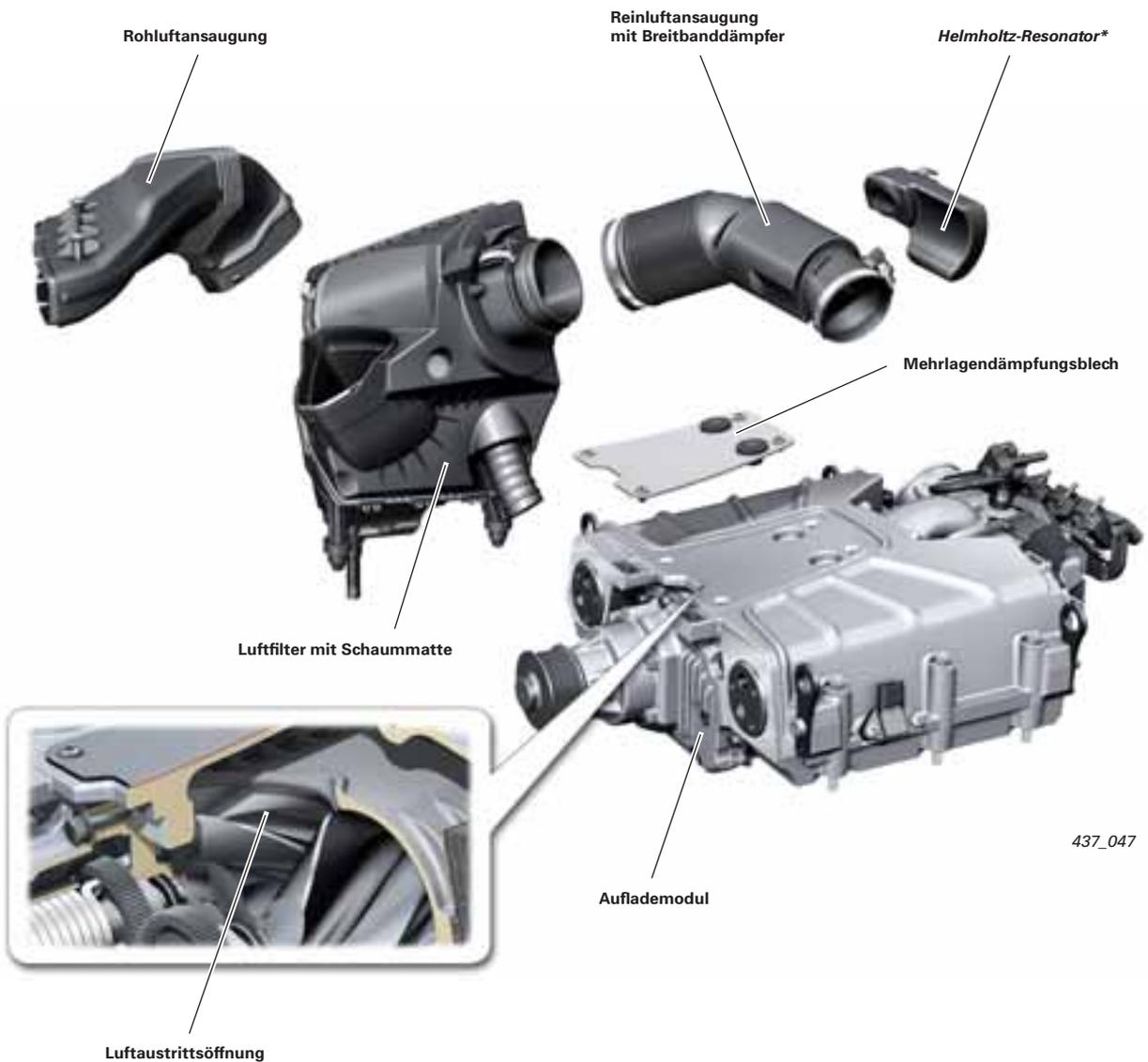
Signalbild des Potenziometers für Saugrohrklappe



## 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 Auflademodul eingelegt sind.



437\_047

## Dämm-Matten

Zwischen Auflademodul 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 Auflademoduls (siehe nebenstehende Abbildung).



437\_031

Weitere Dämm-Matten befinden sich unter dem Auflademodul 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 Auflademodul und Zylinderkopf bzw. -block.



437\_033

# Kühlsystem

## 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.

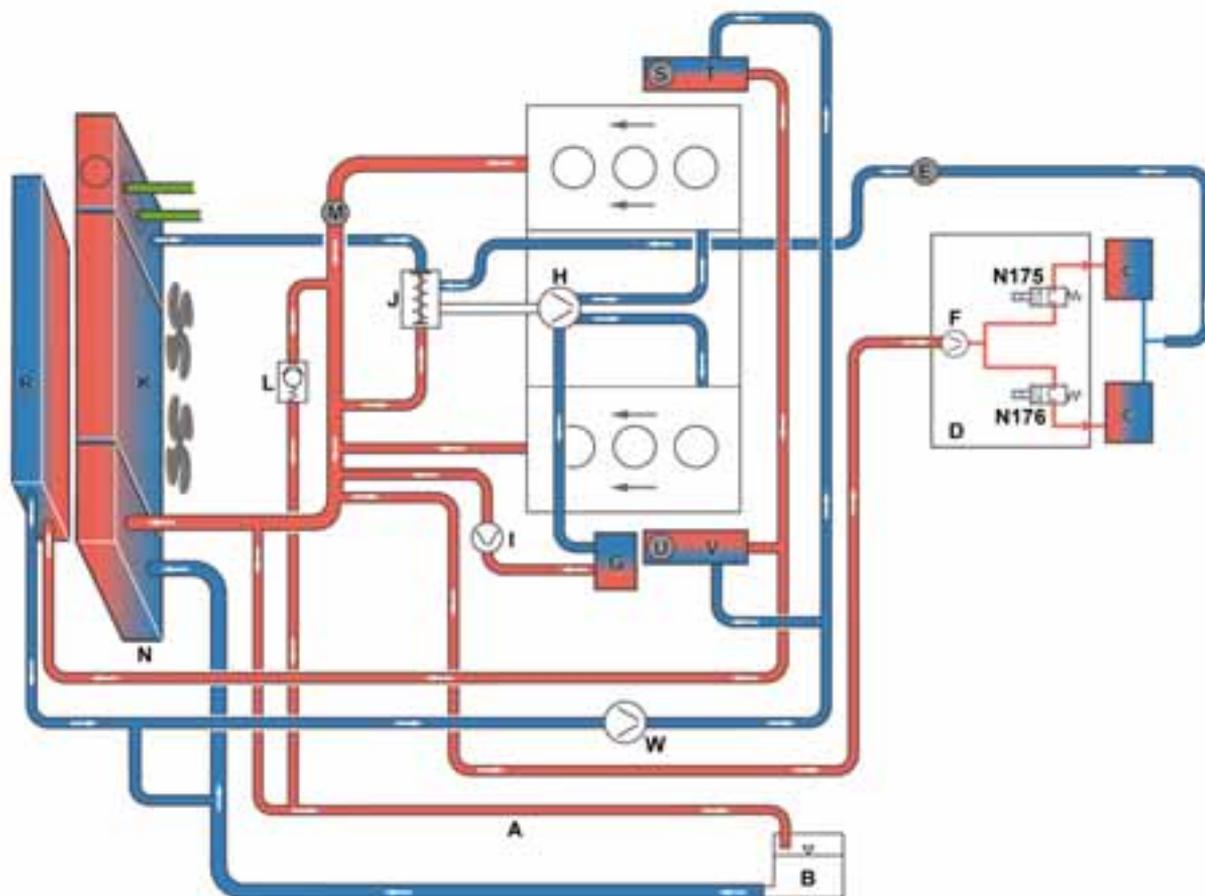
Beide Kreisläufe stehen jedoch miteinander in Verbindung und nutzen gemeinsam den Kühlmittel-ausgleichsbehälter.

### Hinweis



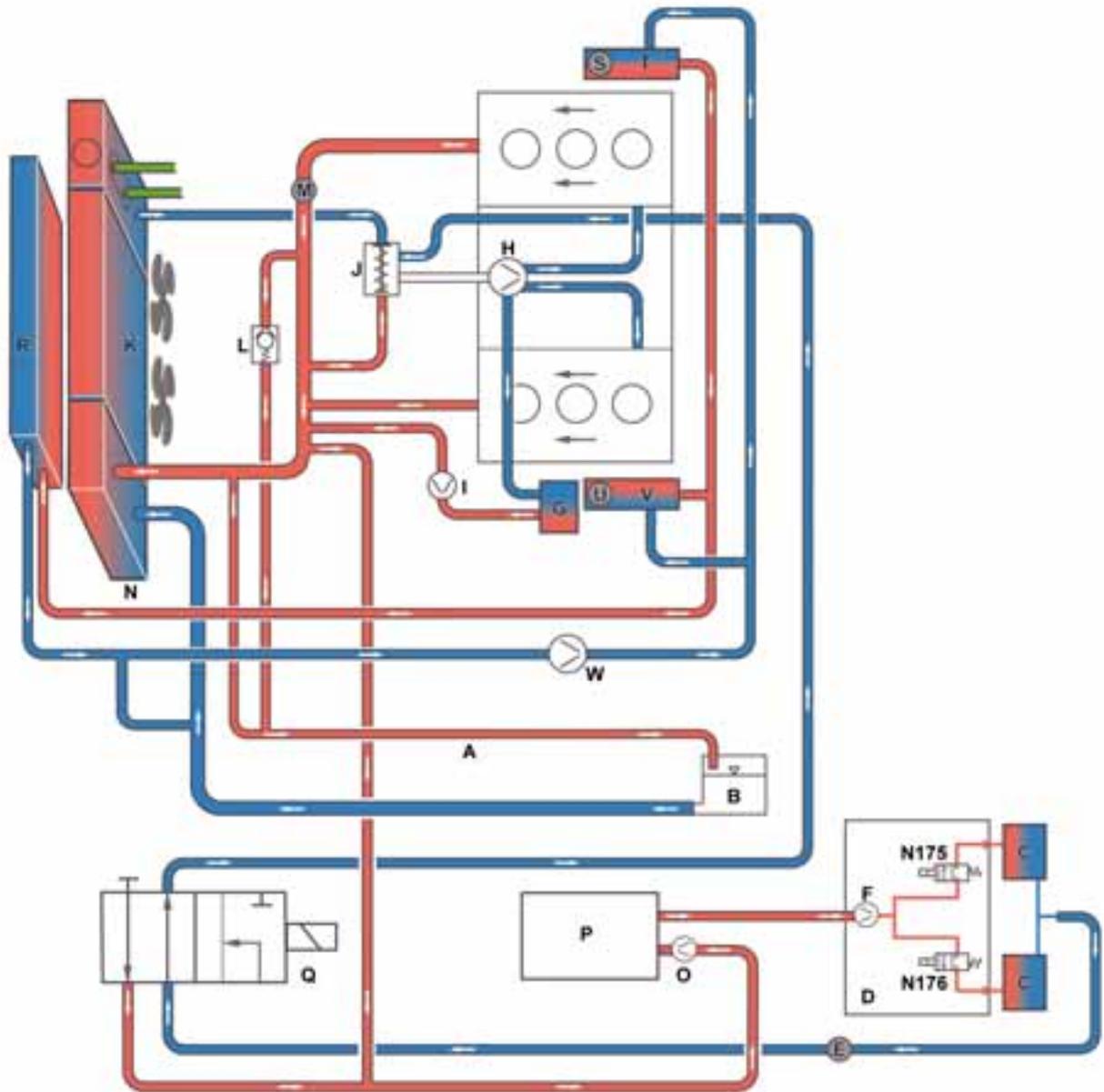
Beachten Sie bei der Befüllung und Entlüftung des Kühlmittelkreislaufs bitte die Arbeitsanweisungen in der Serviceliteratur.

### Kühlkreislauf ohne Standheizung



437\_013

## Kühlkreislauf mit Standheizung



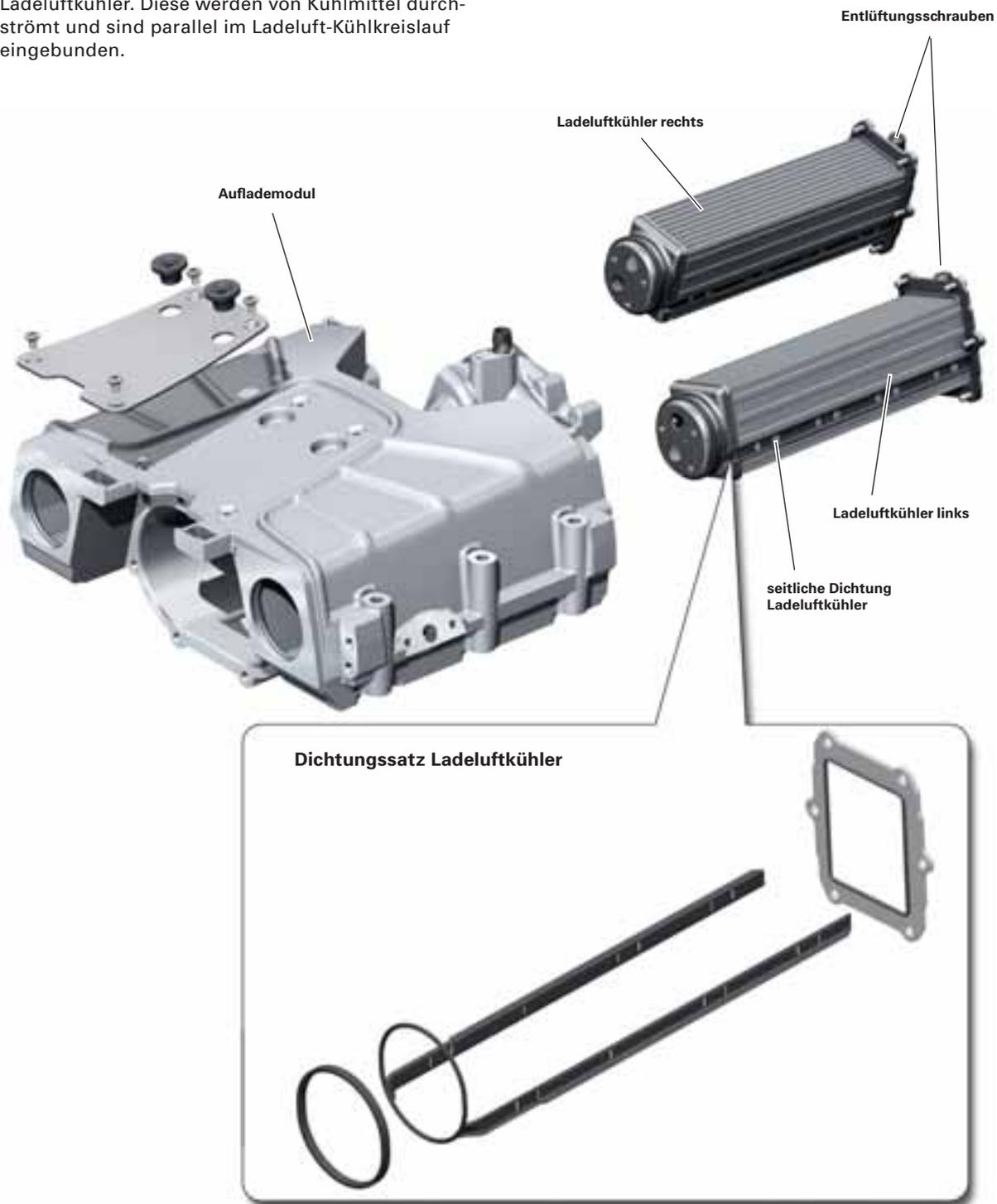
437\_012

### Legende:

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

## Ladeluftkühlung

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



437\_045

### Hinweis

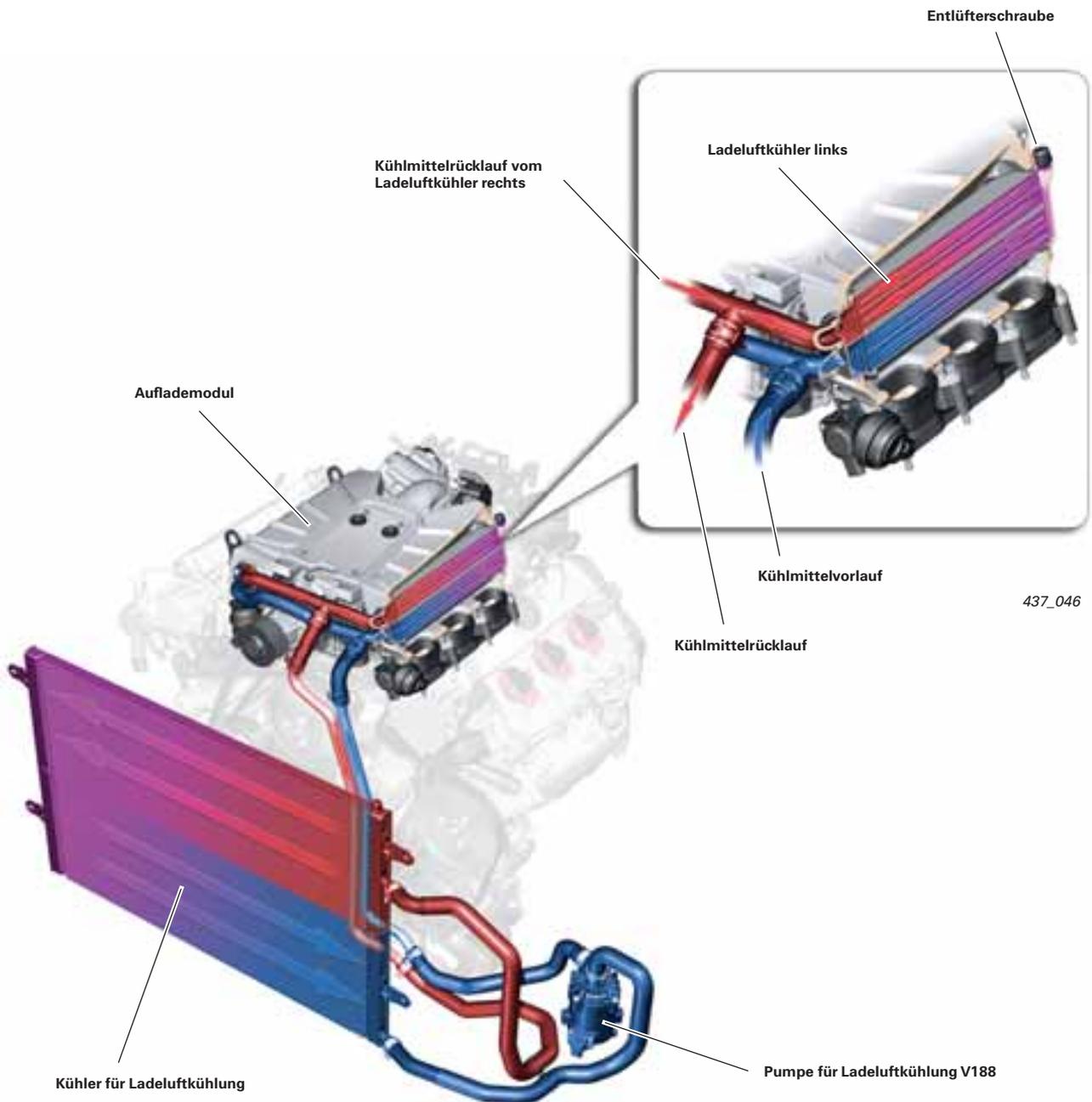


Der Ein- und Ausbau der Ladeluftkühler muss mit größter Sorgfalt erfolgen. Beachten Sie dazu die Hinweise im Reparaturleitfaden.

## 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.



437\_046

## 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 Auflademodul 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.



437\_057

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

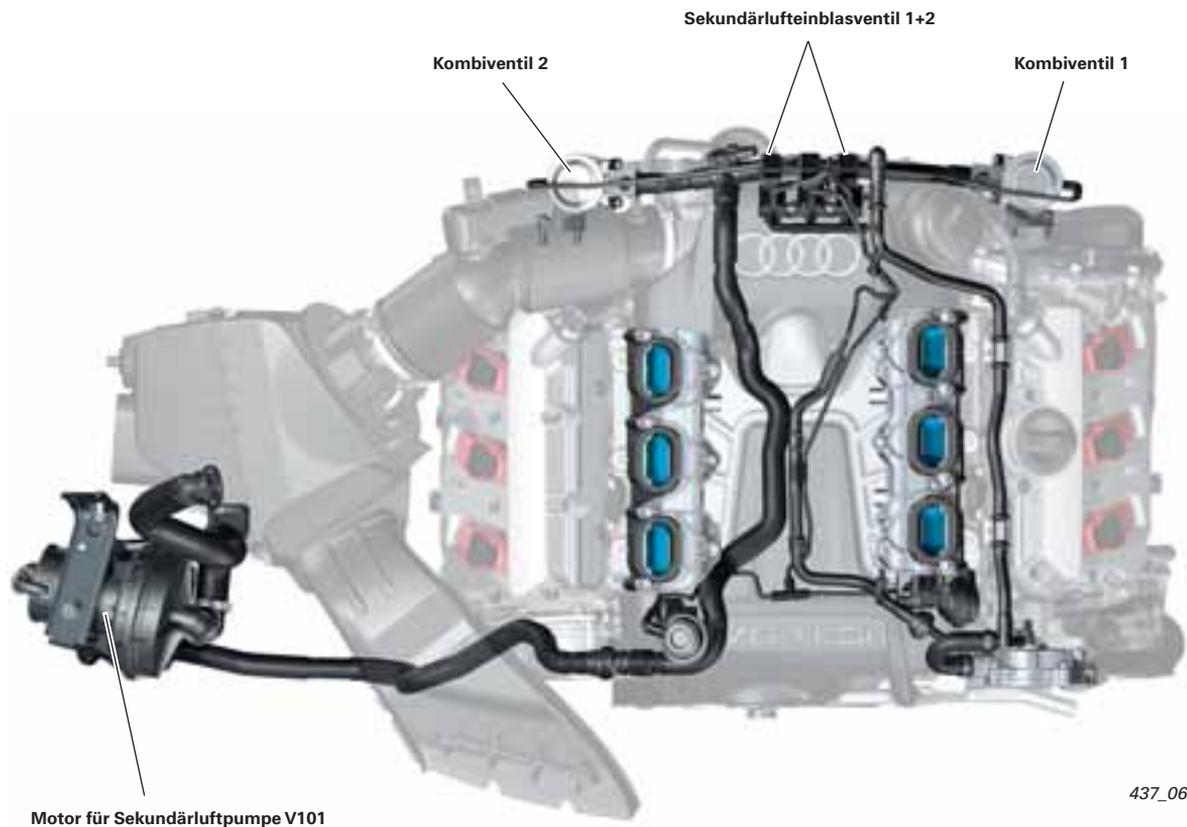
Bei der Durchführung des Stellgliedtests werden verschiedene Drehzahlen der Pumpe angefahren und vom Motorsteuergerät bewertet. Der Stellgliedtest darf deshalb nicht unterbrochen werden.

## 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.



437\_069

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 einen Drucksensor, den 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.

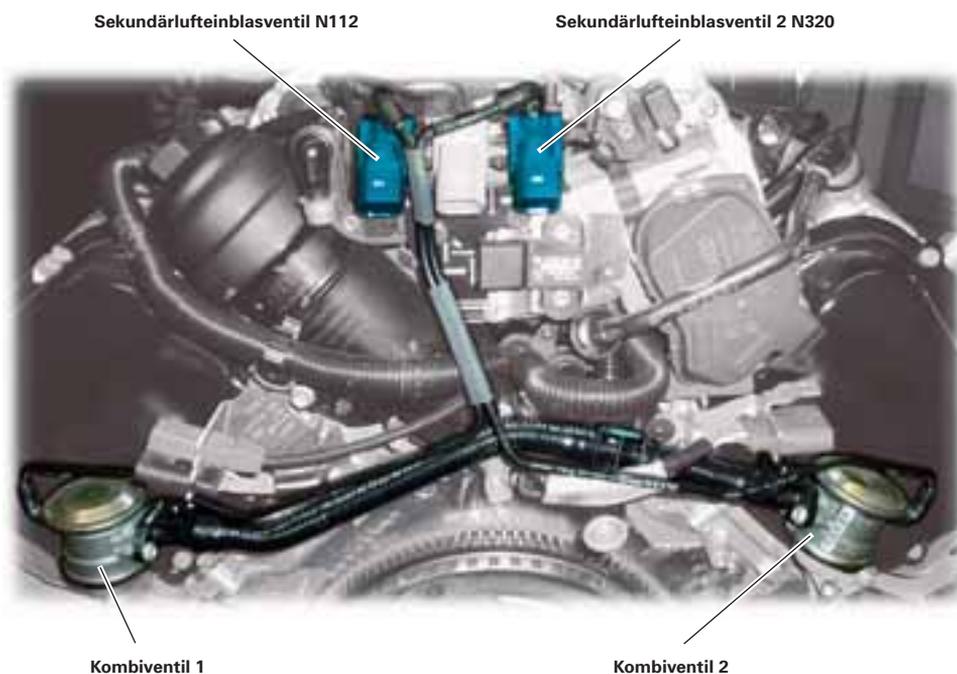


## Sekundärlufteinblasventile

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.



### 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 Einbläsung 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.

# Abgasreinigung

## 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.

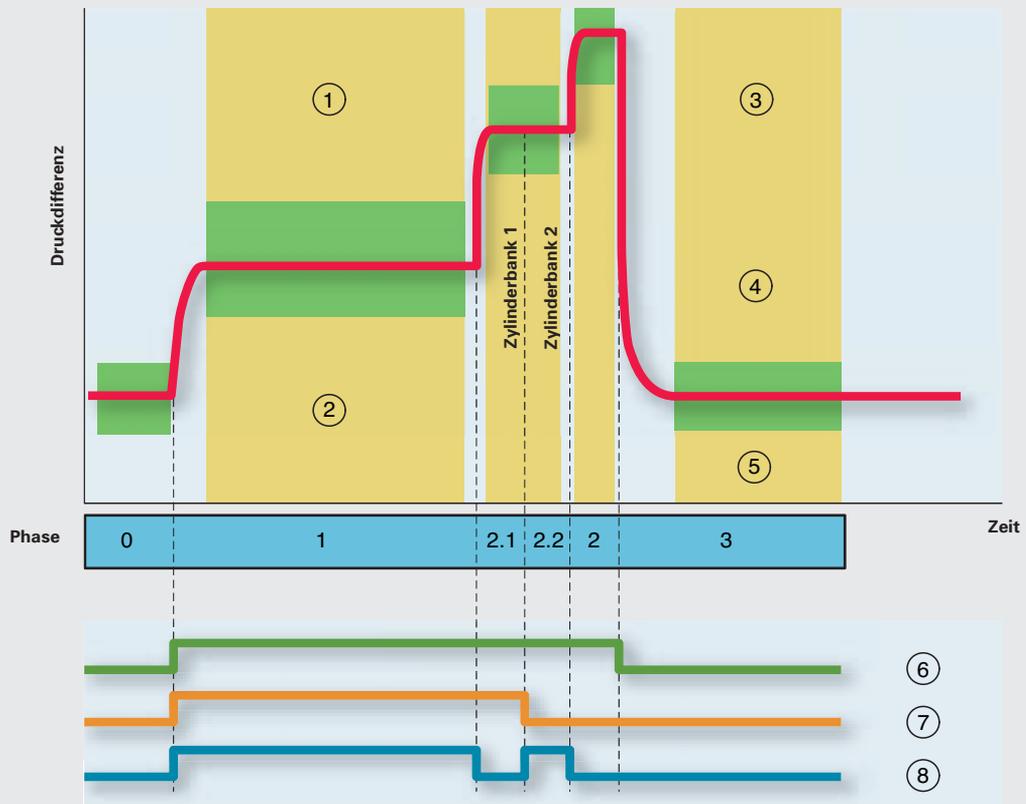
### Phase 2

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

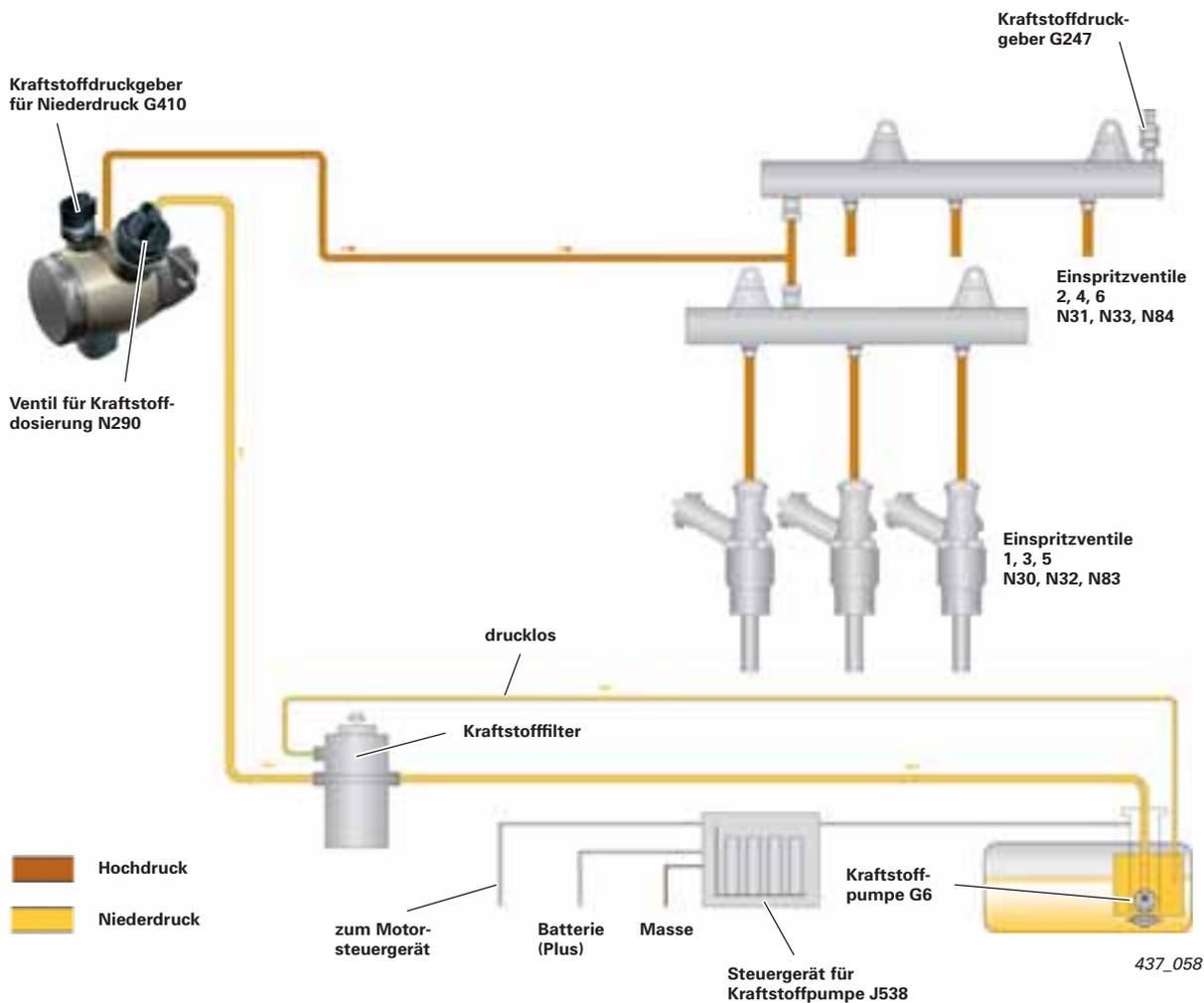
⑥ Sekundärluftpumpe läuft

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.



### 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 Sechslöcher-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 Vollast 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

# Motormanagement

## 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

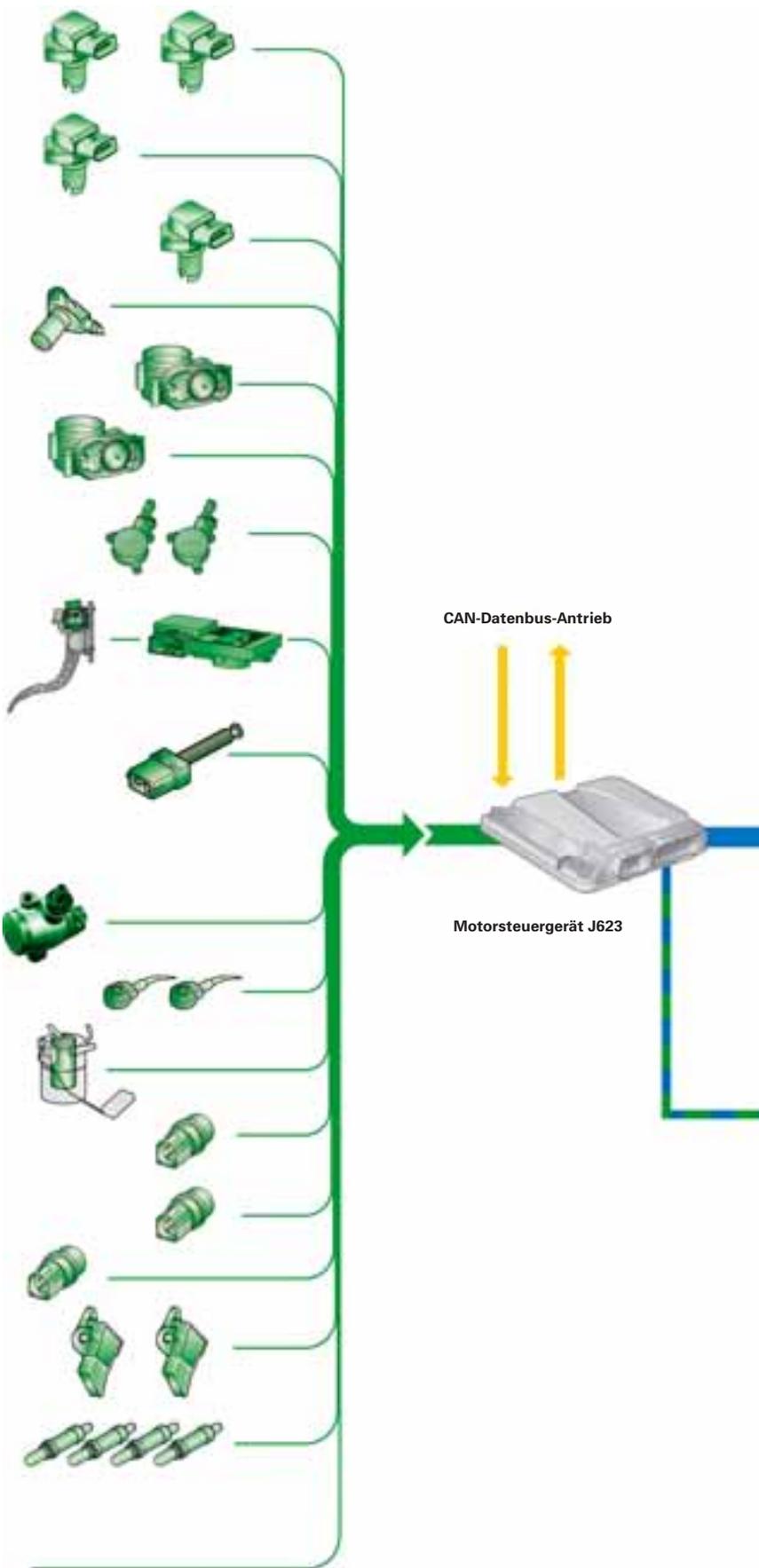
Öldruckschalter für reduzierten Öldruck F378

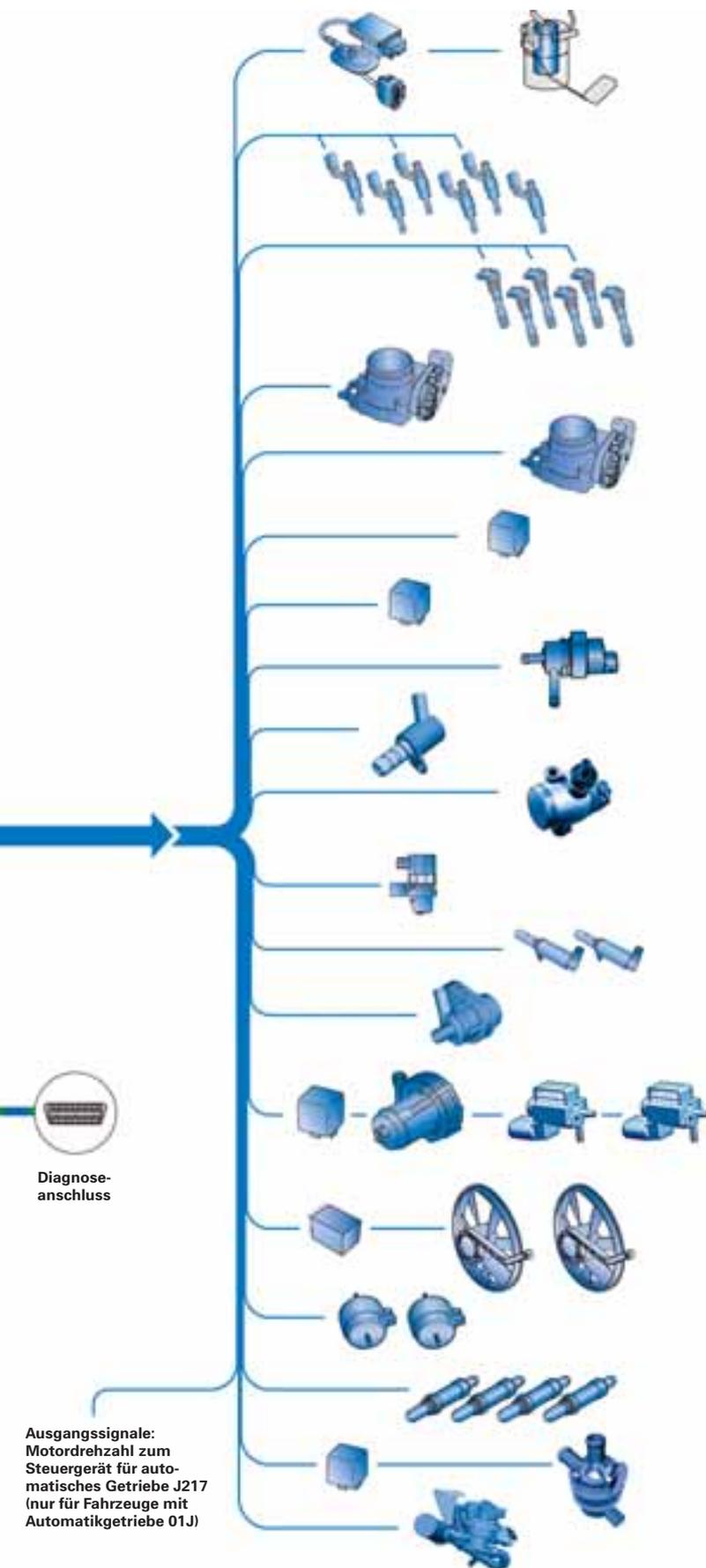
Kühlmitteltemperaturgeber G62

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





## 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

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)

437\_035

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

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

<sup>1)</sup> SIA = Service Intervall Anzeige

## Spezialwerkzeuge

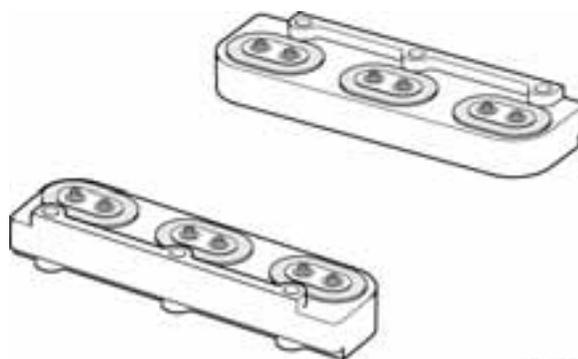


Hier sehen Sie die Spezialwerkzeuge für den 3,0l-V6-TFSI-Motor mit Roots-Gebläse.



437\_063

T40206/1 Halteplatte für Getriebe



437\_075

T40206/2 Aufnahme für Auflademodul

## 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 Ansaugeräusche. 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 übertragen 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 Auflademodul 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 .....

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

Lösungen:

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 Sechslöcher-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 Auflademodul 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.



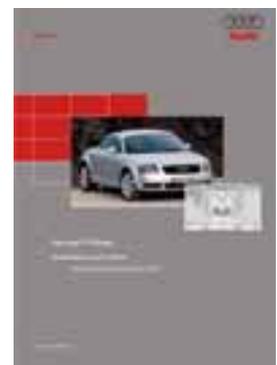
437\_060



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

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