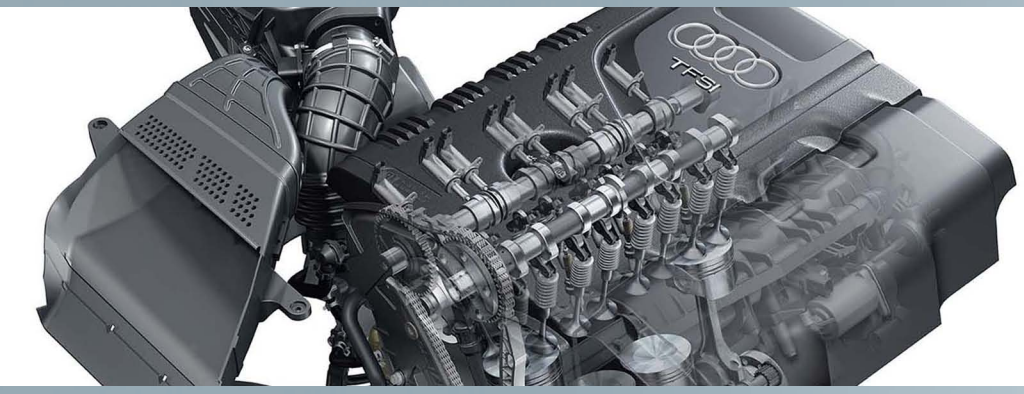
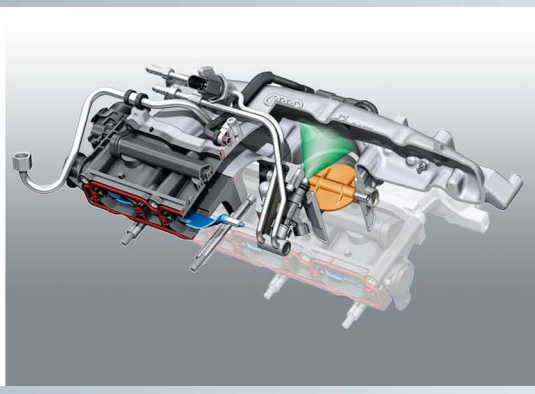
Selbststudienprogramm 439





Audi
2,0l-TFSI flexible fuel-Motor

Audi
Service Training

Audi leistet mit dem 2,0l-TFSI flexible fuel-Motor einen weiteren Beitrag zum Thema Umweltschutz und bietet seit Herbst 2009 den Audi A4 mit diesem ethanoltauglichen flexible fuel-Motor in Europa an. Bioethanol wird heute mittels alkoholischer Vergärung aus Energiepflanzen wie Weizen, Mais und Zuckerrohr gewonnen. Durch den hohen regenerativen Anteil fällt seine CO_2-Bilanz im Gesamtfahrzeug um bis zu 75 % günstiger aus als bei herkömmlichem Kraftstoff auf Erdölbasis.

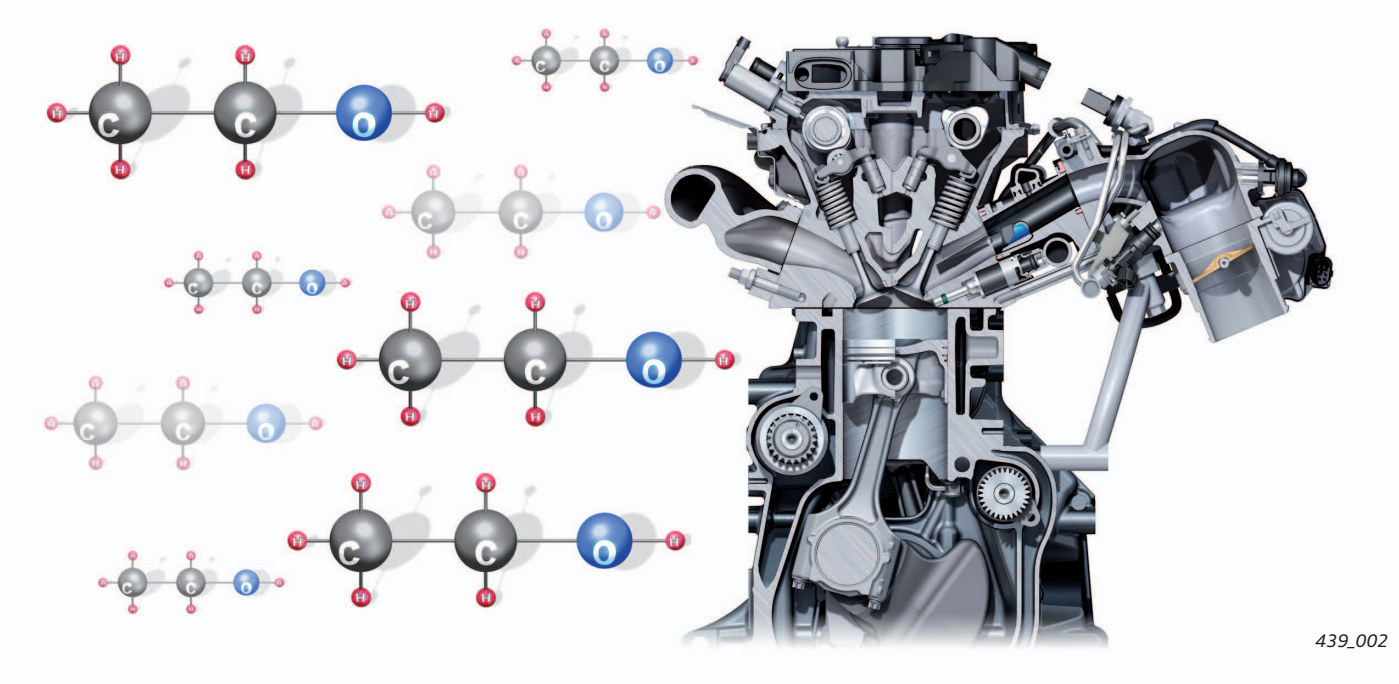
Ein Vorteil des Audi Konzepts ist es, dass der Motor bis zu einem maximalen Ethanol-Anteil von 85 %, jede beliebige Konzentration des Bioalkohols im Benzin verarbeiten kann, ohne dass ein spürbarer Unterschied im Fahrverhalten oder in der Fahrleistung zu bemerken ist.

Politische Zielsetzungen der Staatengemeinschaft zur Vermarktung von Bioethanol:

- Treibhausgasemissionen drastisch zu reduzieren.
- Reduzierung der Importabhängigkeit fossiler Energieträger.
- In der Agrarpolitik sollen mit Bioethanol Einkommensalternativen bzw. Entwicklungsmöglichkeiten für die Landwirtschaft geschaffen werden.
- In der Handelspolitik dient die intensivierte Produktion von Biokraftstoffen dazu, die landwirtschaftliche Überproduktion und mit ihr die Subventionen abzubauen.

Zielsetzungen bei der Entwicklung des 2,0l-TFSI flexible fuel-Motors:

- Ein vorhandenes Basisaggregat nutzen; der 2,0l-TFSI flexible fuel-Motor, der auf den Betrieb mit Ethanol ausgelegt ist, basiert auf dem bereits im Markt befindlichen 2,0l-TFSI-Motor mit *AVS**- und Start-Stopp-Technologie.
- Der Kunde wird vom Start an keinerlei Nachteile hinsichtlich Fahrkomfort und Fahrvergnügen spüren.
- Ohne den Motor vorzuwärmen, wie heute bei den Wettbewerbern üblich, soll der Motor auch bei tiefen Außentemperaturen zuverlässig mit Bioethanol anspringen.
- Im Motorbetrieb werden die günstigen Eigenschaften des Bioethanols ausgenutzt, um den Wirkungsgrad des Motors in jedem Betriebspunkt zu optimieren.



439_002

Lernziele dieses Selbststudienprogramms:

In diesem Selbststudienprogramm lernen Sie die Technik des 2,0l-TFSI flexible fuel-Motors kennen und welche Unterschiede zum Basismotor, dem 2,0l-TFSI-Motor, bestehen.
Wenn Sie dieses Selbststudienprogramm durchgearbeitet haben, können Sie folgende Fragen beantworten:

- Was verbirgt sich hinter der Bezeichnung „Bioethanol“?
- Welche Änderungen weist der 2,0l-TFSI flexible fuel-Motor gegenüber dem Basismotor auf?
- Welche Änderungen wurden an der Kraftstoffanlage vorgenommen?
- Welche Besonderheiten gibt es beim Motormanagement?
- Was ist im Service zu beachten?

Inhaltsverzeichnis

Einleitung
Technische Kurzbeschreibung 4
Technische Daten 5

Bioethanol
Grundinformationen 6
Festlegungen für Bioethanol 7
Kraftstoffeigenschaften im Vergleich 7
Warum E85 und kein reiner Alkohol? 7
Herstellungsprozess 9

Änderungen gegenüber dem Basismotor
Entwicklungsziele 10
Zylinderlaufbahnen 11
Zylinderkopf 11
Kurbeltrieb 12
Pleuel 12

Kraftstoffanlage
Einführung 13
Geber für Kraftstoffqualität G446 16

Motormanagement
Systemübersicht Bosch MED 17.1 20
Kaltstart 22
Kaltstart mit Ethanol 23
Kraftstoffein- und -austrag in das Motorenöl 26

Service
Wartungsumfänge 28
Steuer- und Nebenaggregateantrieb 28

Anhang
Glossar 29

Prüfen Sie Ihr Wissen
Zusammenfassung 31
Selbststudienprogramme 31

▸ 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.

Hinweis

Verweis

Einleitung

Technische Kurzbeschreibung

- Vierzylinder-Ottomotor mit Vierventiltechnik und Turboaufladung
- Basismotor: Zylinderblock in Grauguss; Ausgleichswellen im Zylinderkurbelgehäuse; Kurbelwelle in Stahl; geregelte Ölpumpe im Sumpf angetrieben über Kette von der Kurbelwelle; Steuertriebkette mit Anordnung auf der Motorvorderseite; Massenausgleich mit Antrieb mit Kette auf der Motorvorderseite
- Zylinderkopf: Vierventil-Zylinderkopf mit einem Nockenwellenversteller auf der Einlassseite und *AVS** auf der Auslassseite
- Saugrohr mit Saugrohrklappen (Ladungsbewegungsklappe = Tumbleklappe)
- Kraftstoffversorgung: niederdruck- und hochdruckseitig bedarfsgeregelt, Mehrloch-Hochdruckeinspritzventile; zusätzliches Kaltstartventil für Ethanolbetrieb
- Motormanagement: Motorsteuergerät MED 17.1
- Heißfilmluftmassenmesser (digital) mit integriertem Temperaturfühler; Drosselklappe mit berührungslosem Sensor
- kennfeldgesteuerte Zündung mit zylinderselektiver, digitaler Klopfregelung; Einzelfunken Zündspulen
- Turboaufladung: Abgasturbolader in Integraltechnik; Ladeluftkühler; Ladedruckregelung mit Überdruck; elektrisches Schubumluftventil
- Abgasanlage: einflutige Abgasanlage mit motornahem Vorkatalysator
- Brennverfahren: Direkteinspritzung homogen, Saugrohreinspritzung im Kaltstart



439_003

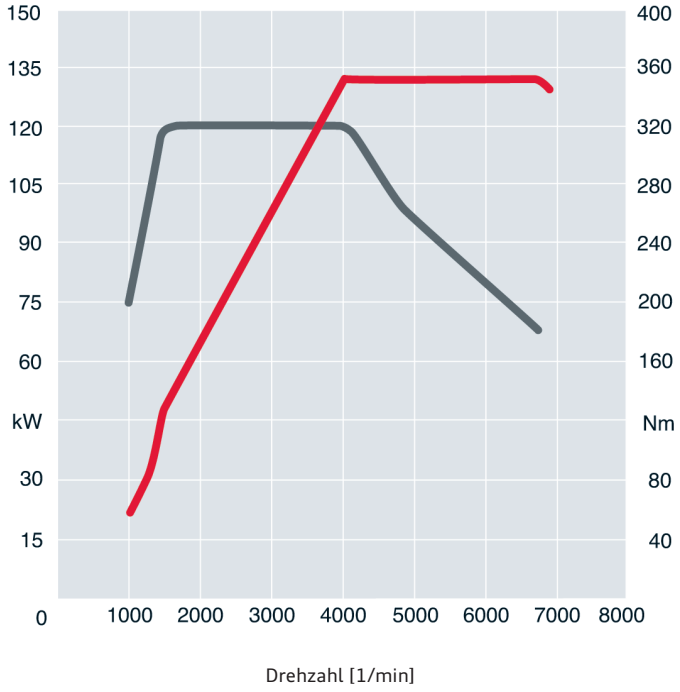
Verweis
Weitere Informationen zum Basismotor, dem 2,0l-TFSI-Motor, finden Sie in den Selbststudienprogrammen 436 „Änderungen am 4-Zylinder-TFSI-Motor mit Kettentrieb“ und 384 „Audi 1,8l 4V TFSI-Motor mit Kette“.

Technische Daten

Drehmoment-Leistungskurve

Leistung in kW

Drehmoment in Nm



439_004

Motorkennbuchstabe	**CFKA**
Bauart	Vierzylinder-Reihenmotor
Hubraum in cm^3	1984
Hub in mm	92,8
Bohrung in mm	82,5
Zylinderabstand in mm	88
Anzahl der Ventile pro Zylinder	4
Zündfolge	1-3-4-2
Verdichtung	9,6:1
Leistung in kW bei 1/min	132/4000 – 6000
Drehmoment in Nm bei 1/min	320/1500 – 3900
Kraftstoff	Benzin 95 ROZ[1)], Ethanol bis 85 % (E85) in allen Verhältnissen mischbar
Motormanagement	Bosch MED 17.1
CO_2-Emissionen in g/km	149[2)]

[1)] Auch Benzin bleifrei ROZ 91 zulässig, jedoch verminderte Leistung.
[2)] Wert bezieht sich auf Audi A4 mit Frontantrieb 6-Gang-Schaltgetriebe mit Superbenzin ROZ 95, je höher der Ethanolgehalt, desto geringer die CO_2-Emissionen.

Bioethanol

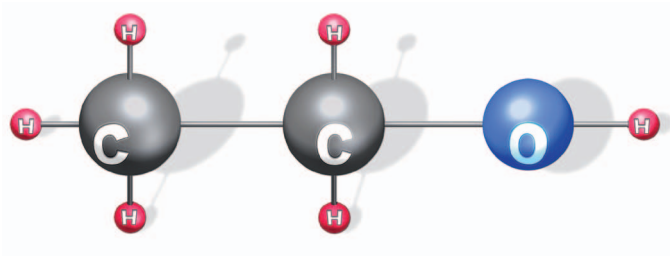
Grundinformationen

Ethanol ist eine organische Kohlenwasserstoffverbindung, die wie herkömmliches Benzin aus Kohlenwasserstoffmolekülen besteht. Ethanol besteht aus zwei Kohlenstoff-Atomen (in der Grafik schwarz) mit angehängten Wasserstoffatomen (rot) und einer Hydroxylgruppe, d. h. einem Sauerstoff-Atom (blau) mit einem Wasserstoff-Atom (rot).

Als Bioethanol bezeichnet man Ethanol, das ausschließlich aus Biomasse (nachwachsender Kohlenstoffträger) oder den biologisch abbaubaren Anteilen von Abfällen hergestellt wurde und für die Verwendung als Biokraftstoff bestimmt ist. Der Begriff *Bioethanol* ist ein aus den Begriffen *biogen* und *Ethanol* gebildetes Kofferwort. Wird das Ethanol aus pflanzlichen Abfällen, Holz, Stroh oder Ganzpflanzen hergestellt, bezeichnet man es auch als Cellulose-Ethanol.

Ethanol kann als Kraftstoffbeimischung in Mineralölderivaten für Ottomotoren, als reines Ethanol („E100“) oder zusammen mit anderen Alkoholen (z. B. Methanol) als Biokraftstoff verwendet werden.

Gängige Mischungen werden mit E2, E5, E10, E15, E25, E50, E85 und E100 bezeichnet. Die dem „E“ angefügte Zahl gibt an, wie viel Volumenprozent Ethanol dem Benzin beigemischt wurden. E85 besteht zu 85 % aus wasserfreiem Bioethanol und zu 15 % aus herkömmlichem Benzin. Bedingt durch die höhere Klopffestigkeit kann der Wirkungsgrad mit E85 gegenüber herkömmlichem Benzin zum Teil deutlich gesteigert werden.



Kohlenwasserstoffmolekül Hydroxylgruppe

439_005

Kurzinfo zu Bioethanol	
Chemisches Formelzeichen	C_2H_5OH
Andere Bezeichnungen	Ethanol, Äthanol, Äthylalkohol, Ethylalkohol, Alkohol, Agraralkohol, Spiritus, Kartoffelsprit, Weingeist, E100
Kurzbeschreibung	Kraftstoff für angepasste Ottomotoren
Herkunft	biosynthetisch (Bioethanol) bzw. biogen (Agraralkohol usw.)
Charakteristische Bestandteile	Ethanol (wasserhaltig)
Aggregatzustand	flüssig
Oktanzahl	104 ROZ
Weitere Eigenschaften	▸ Ethanol reagiert mit oder löst Naturgummi sowie Kunststoffe (z. B. PVC) ▸ Unbeschichtete Aluminiumkomponenten können durch Ethanol angegriffen werden

Festlegungen für Bioethanol

Die europäische Norm DIN EN 228 lässt es zu, dem herkömmlichen Benzin bis zu 5 % Ethanol beizumischen (E5).
Kraftstoffe mit über 5 % Bioethanol-Beimischung müssen in Europa entsprechend gekennzeichnet werden.
Bis auf einige wenige Ausnahmen könne alle modernen Audi Ottomotoren heute mit E10-Kraftstoffen betrieben werden.

Nicht geeignet für E10-Kraftstoff sind Fahrzeuge mit *FSI**-Saugmotoren der 1. Generation:

- A2 1,6l FSI, bis Modelljahr 2006
- A3 1,6l FSI, bis Modelljahr 2004
- A3 2,0l FSI, bis Modelljahr 2004
- A4 2,0l FSI, bis Modelljahr 2004

Warum E85 und kein reiner Alkohol?

Bedingt durch den festen Siedepunkt von Ethanol (78 °C), kann im ausgekühltem Motor kein zündfähiges Gemisch gebildet werden.
Deshalb mischt man dem Ethanol 15 % Kraftstoff bei.
E = Ethanol, 85 = 85 % Ethanol und 15 % Benzin.
Einem Einsatz von Reinethanol steht bei Fahrzeugen, welche nicht komplett auskühlen oder welche eine Motorheizung haben, nichts entgegen.

Bioethanol als Kraftstoff bietet folgende Vorteile:

- hohe Oktanzahl (110 *Oktan**)
- Schwefelfreiheit
- Aromatenfreiheit
- hoher Sauerstoffgehalt

Hinweis
Mit Standheizung ausgerüstete Audi A4 (8E9 mit Ottomotor der Baujahre 2000 – 2008 müssen bei Betrieb der Standheizung mit Super Plus betankt werden. Es ist keine Umrüstung möglich!

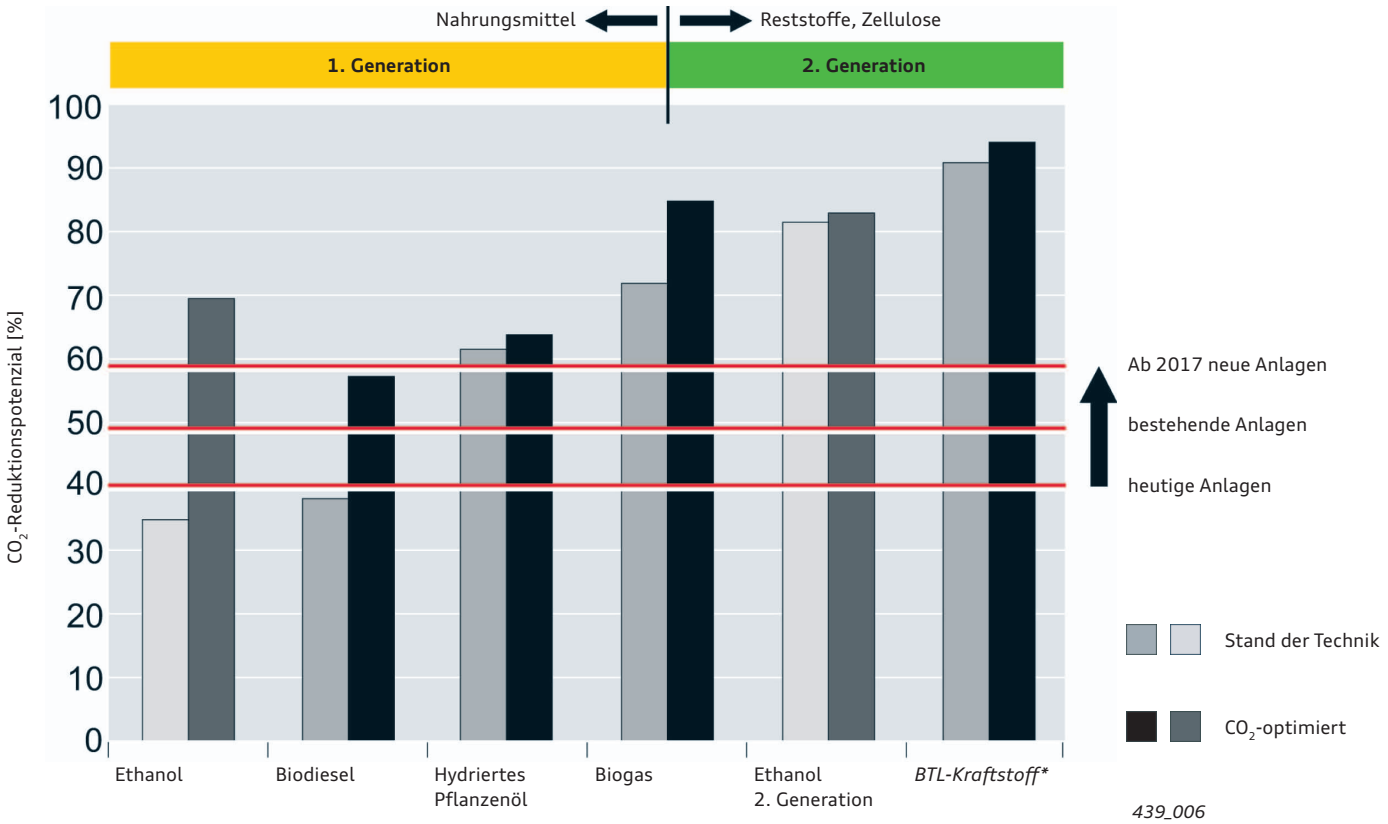
Kraftstoffeigenschaften im Vergleich

	Super-Benzin nach DIN EN 228	**E85 (besser als DIN 51625-10.2007)**
Dichte bei 15 °C in kg/m³	720 – 775	780 – 788
Heizwert in MJ/Liter	31,0	22,7
ROZ	mindestens 95	mindestens 103 (je nach Anforderungen Sommer-/Winterware)
MOZ	mindestens 85	mindestens 90 (je nach Anforderungen Sommer-/Winterware)
Verdampfungsenthalpie* in kJ/kg	440	840
höhere Alkohole C3 – C5 in Vol.%	keine Angabe	1,8
Wasser in Vol.%	keine Angabe	0,3
Säure als AcOH in mg/Liter	keine Angabe	40
Sauerstoffgehalt in Vol.%	max. 2,7	max. 32 (bei E90)
Schwefelanteil in ppm	max. 50	max. 8

Herstellung

Prinzipiell wird zwischen Biokraftstoffen der 1. und 2. Generation unterschieden. Biokraftstoffe der 1. Generation sind entweder aus „ölhaltigen“ oder aus „zuckerhaltigen“ Pflanzen hergestellt, die mit den Nahrungsmitteln konkurrieren. Die ölhaltigen Pflanzen werden durch auspressen und verestern zu Dieselkraftstoffen weiterverarbeitet, die zuckerhaltigen durch Vergärung zu Ethylalkohol.
Biokraftstoffe der 2. Generation nutzen als Grundstoffe organische Abfälle wie Stroh, Holzreste, Abfallprodukte aus der Agrarwirtschaft, Altholz, Sägerestholz und minderwertiges Waldholz.
Hinzu kommen schnell wachsende Pflanzen und Holzsorten zum Einsatz, die auch auf Feldern angebaut werden können, die bisher stillgelegt sind. Biokraftstoffe der 2. Generation sind Kraftstoffe, welche die CO_2-Bilanz ganzheitlich verbessern können.

Dies ist bei Biokraftstoffen der 1. Generation nicht der Fall ist, da zu ihrer Erzeugung zu große Mengen an fossilen Kraftstoffen benötigt werden.
Um in Zukunft Bioethanol noch kostengünstiger in großen Mengen herzustellen, ohne selbst dabei große Mengen CO_2 zu produzieren, wird es laut Beschluss des EU-Parlaments in der Zukunft neue Produktionsverfahren (2. Generation) geben.
Ab dem Jahr 2017 müssen neue Produktionsanlagen ein Reduktionspotenzial von mindestens 60 % nachweisen. Bestehende Anlagen müssen 50 % nachweisen.
Ethanol kann bereits mit dem Produktionsverfahren der 1. Generation diese Auflage erfüllen. Erreicht wird dieses Ziel durch die effektivere Nutzung von z. B. Zuckerrüben, welche über eine hohe Energieausbeute verfügen (siehe Grafik).
Fazit: Auch Ethanol der 1. Generation hat das Potenzial zu hoher CO_2-Reduktion.



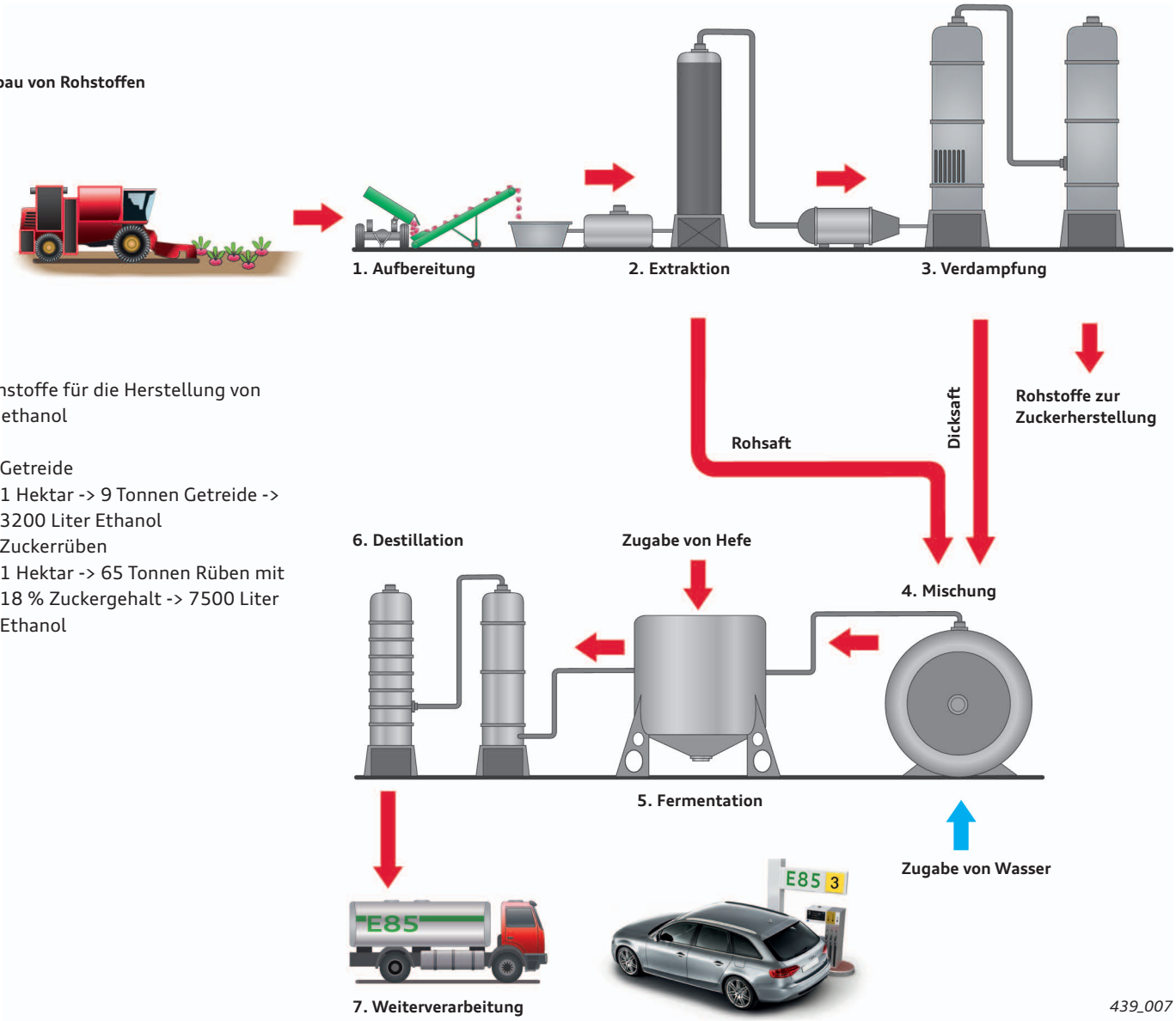
CO_2-Reduktion

Bislang wurden die Reduktionen in erster Linie durch Verbesserungen an den Fahrzeugen und Motoren erreicht. Bioethanol wird heute mittels alkoholischer Vergärung aus Energiepflanzen wie Weizen, Mais und Zuckerrohr gewonnen. Durch den hohen regenerativen Anteil fällt seine CO_2-Bilanz im Gesamtfahrzeug um bis zu 75 % günstiger aus als bei herkömmlichem Kraftstoff auf Erdölbasis.

Der Einsatz regenerativer Kraftstoffe kann bei Betrachtung des Gesamtprozesses zu einer weiteren deutlichen Einsparung führen. Die Pflanzen wandeln während ihres Wachstums CO_2 aus der Luft in Biomasse um. Diese regenerativ gewonnene Energie kann bei der Betrachtung der Emissionen des Autos abgezogen werden.

Herstellungsprozess

(beispielhaft mit dem Rohstoff Zuckerrüben - 1. Generation)



Rohstoffe für die Herstellung von Bioethanol

- Getreide
  1 Hektar -> 9 Tonnen Getreide -> 3200 Liter Ethanol
- Zuckerrüben
  1 Hektar -> 65 Tonnen Rüben mit 18 % Zuckergehalt -> 7500 Liter Ethanol

1. Aufbereitung
Nach der Anlieferung werden die Zuckerrüben zunächst gewaschen und anschließend zerkleinert.

2. Extraktion
Während der Extraktion wird so genannter Rohsaft gewonnen. Er dient u. a. als Ausgangsbasis für den Gärungsprozess.

3. Verdampfung
Nach der Saftreinigung entsteht in einem Verdampfungsprozess so genannter Dicksaft. Auch er kann als Ausgangsbasis für die alkoholische Gärung genutzt werden. In einer Zuckerfabrik schließt sich an dieser Stelle die Kristallisation an, bei der Rohstoffe für die Zuckerherstellung gewonnen werden.

4. Mischung
Als Vorstufe für die alkoholische Gärung werden Roh- bzw. Dicksaft mit Wasser vermischt.

5. Fermentation
Durch die Zugabe von Hefe kommt es zur alkoholischen Gärung des in den Zuckerrüben enthaltenen Zuckers zu Alkohol.

6. Destillation
Der Alkohol wird von der restlichen Flüssigkeit getrennt. Durch eine anschließende Rektifikation und eine Dehydrierung wird der Alkoholgehalt auf nahezu 100 % gebracht.

7. Weiterverarbeitung
Mit der Zugabe von herkömmlichen Benzin können verschiedene Kraftstoffe für Ottomotoren hergestellt werden, so z. B. E5 oder auch E85.

Änderungen gegenüber dem Basismotor

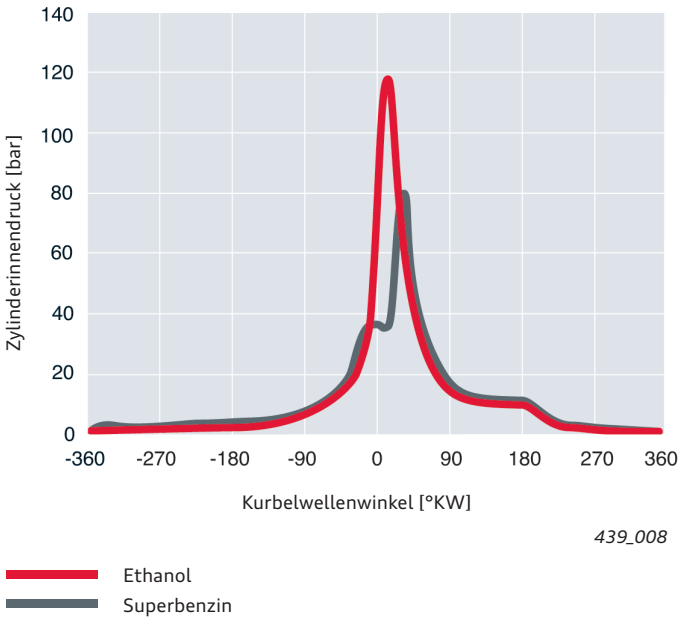
Entwicklungsziele

1. Gleiches Fahrverhalten bei allen Ethanol-Konzentrationen

Der Vorteil des Audi Konzepts ist, dass der 2,0l-TFSI flexible fuel-Motor jede erdenkliche Konzentration von Ethanol im Benzin verarbeiten kann. Obwohl der Motor technisch auf E85 ausgelegt ist, muss der Kunde dieses Gemisch nicht unbedingt tanken, sondern kann auch mit herkömmlichem Benzin oder anderen Mischungsverhältnissen fahren ohne einen spürbaren Unterschied im Fahrverhalten oder in der Fahrleistung zu bemerken.

2. Ausnutzung der Kraftstoffeigenschaften

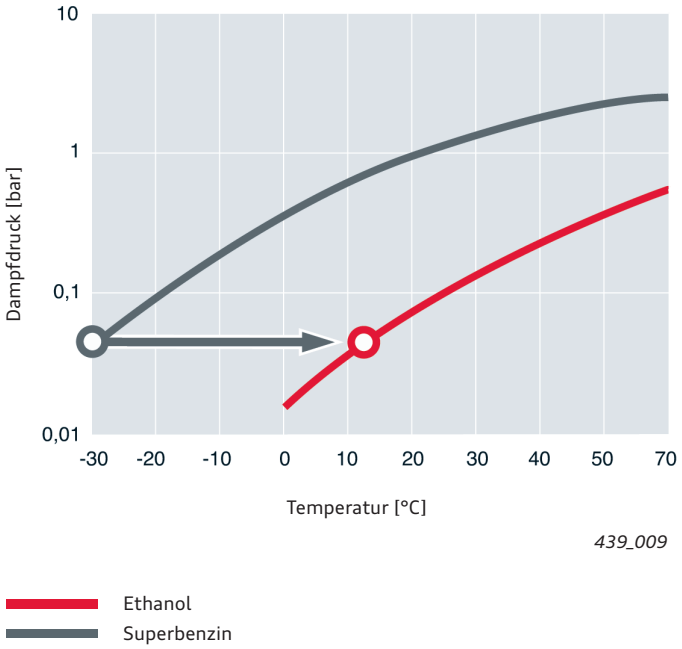
Einige Wettbewerber erhöhen die Motorleistung aufgrund der höheren Oktanzahl des Bioethanols. Dies ist möglich, weil der Zylinderdruckverlauf im Vergleich zum Basismotor höher ist. Audi betreibt den 2,0l-TFSI flexible fuel-Motor wirkungsgradoptimiert, weshalb seine Leistung gleich dem Basismotor (132 kW) ist.
Das bedeutet wiederum, dass ab einer Ethanol-Konzentration von ca. 60 % im Volllastbereich ein klopffreier Betrieb dargestellt werden kann. Der Vorteil dieser Strategie ist es, dass der volumetrische Mehrverbrauch von ca. 40 %, der durch den geringeren Energiegehalt von Ethanol vorgegeben ist, deutlich reduziert werden kann und somit die Einbußen in der Reichweite verringert werden.



439_008

3. *Autarker Kaltstart**

Der niedrige *Dampfdruck** von Ethanol erschwert das Verdampfen des Kraftstoffs bei tiefen Temperaturen, wodurch die Gemischbildung negativ beeinträchtigt wird. Das hat zur Folge, dass zur sicheren Entflammung kein zündfähiges Gemisch gebildet werden kann.
Um diese negativen Auswirkungen auf das Starten des Motors bei Temperaturen unter dem Gefrierpunkt entgegenzuwirken, kamen in der Vergangenheit, besonders in den skandinavischen Ländern, so genannte *Blockheater** zum Einsatz. Das Fahrzeug wird dabei über mehrere Stunden an eine Steckdose angeschlossen, der Motorblock erwärmt und somit ist ein sicheres Starten gewährleistet.
Audi hat sich zum Ziel gesetzt, ohne diese für den Kunden unkomfortable Lösung auszukommen, um auch bei tiefen Außentemperaturen das Fahrzeug mit Ethanol sicher starten zu können.



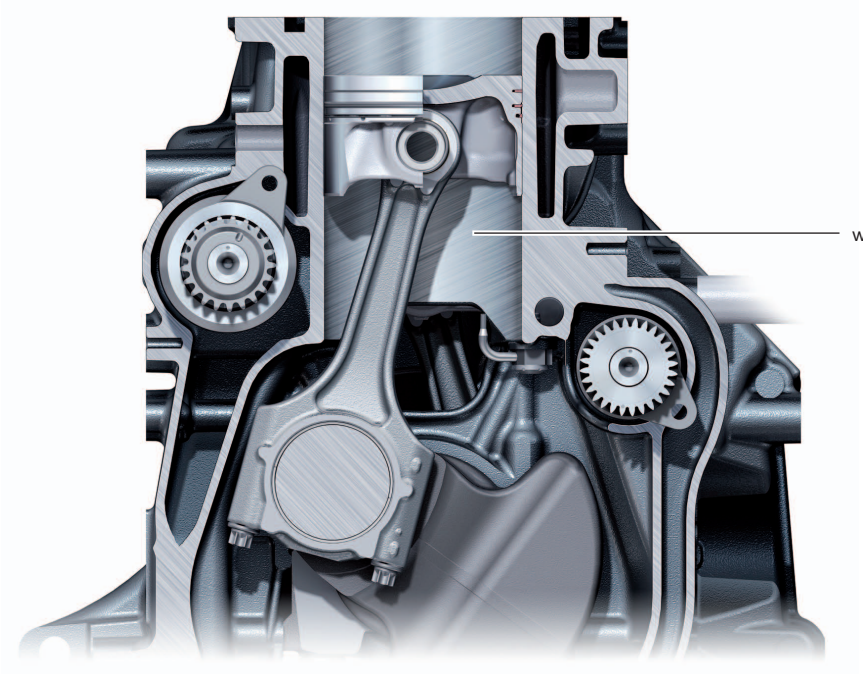
439_009

Zylinderlaufbahnen

Erstmals bei einem Vierzylinder-Ottomotor wird eine spezielle Oberflächenbehandlung der Zylinderlaufbahnen in Serie eingeführt. Durch Umschmelzen mittels eines Laserstrahls wird eine sehr verschleißfeste Randschicht erzeugt.

Bei Zylinderlaufbahnen aus Grauguss mit Graphitlamellen führt der Honvorgang zu einem „Zuquetschen“ der Graphitlamellen. Damit wird ein wesentlicher Vorteil des Graugusses zunichte gemacht, da die „zugequetschten“ Graphitlamellen nur noch eingeschränkt zur Öleinlagerung nutzbar sind. Bei dem angewendeten Verfahren werden die Graphitlamellen wieder freigelegt. Dies erfolgt durch Verdampfen der obersten Schicht mit einem Laser.

Neben dem Freilegen der Graphitlamellen hat das Verfahren den Vorteil, dass sich eine nanokristalline Schicht mit hohem Stickstoffanteil bildet, die der Lauffläche keramische Eigenschaften verleiht. Das Verfahren zeigt gegenüber konventioneller Bearbeitung durch Honen Verschleißvorteile bis 90 % und einen um bis zu 75 % reduzierten Ölverbrauch.
Bei einer Weiterentwicklung des Laserhonens brennt ein am Werkzeugkopf des Honwerkzeugs angebrachter Laser winzige Taschen in gleichmäßigen Abständen in die Zylinderoberfläche aus Grauguss z. B. GGV (*Vermikulargraphitguss**), über die sich der Kolben bzw. die Kolbenringe bewegen. Diese Taschen füllen sich mit Öl und verbessern so die Ölversorgung der Zylinderlauffläche. Öl- und Kraftstoffverbrauch sowie die Emissionen sinken.



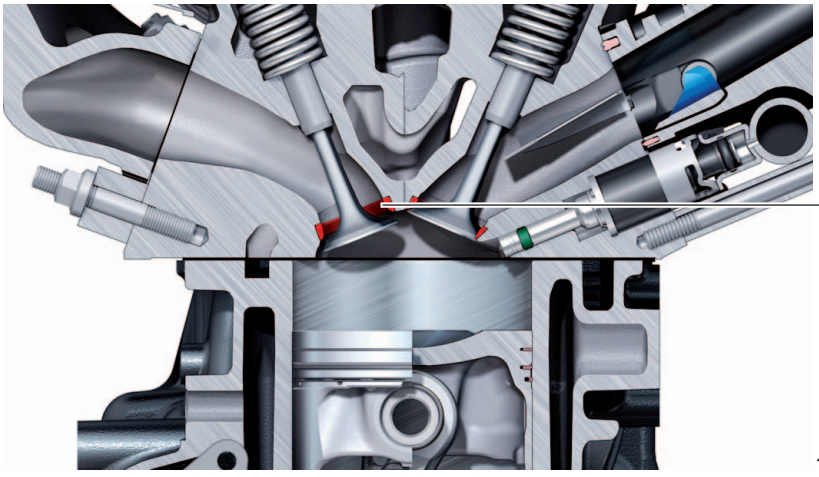
weiterentwickeltes Honverfahren für die Zylinderlaufbahnen

439_010

Zylinderkopf

Eine der chemischen Eigenschaften von E85 ist das stark korrosive Verhalten (z. B. gegenüber Alu, Cu). Das Basistriebwerk ist bereits für diesen Kraftstoff ausgelegt, so dass weder kraftstoffführende Leitungen oder Dichtungen modifiziert werden mussten.

Aufgrund der geringeren Schmierfähigkeit des Ethanols mussten der Werkstoff der Ventilsitzringe verschleißfester ausgeführt werden.



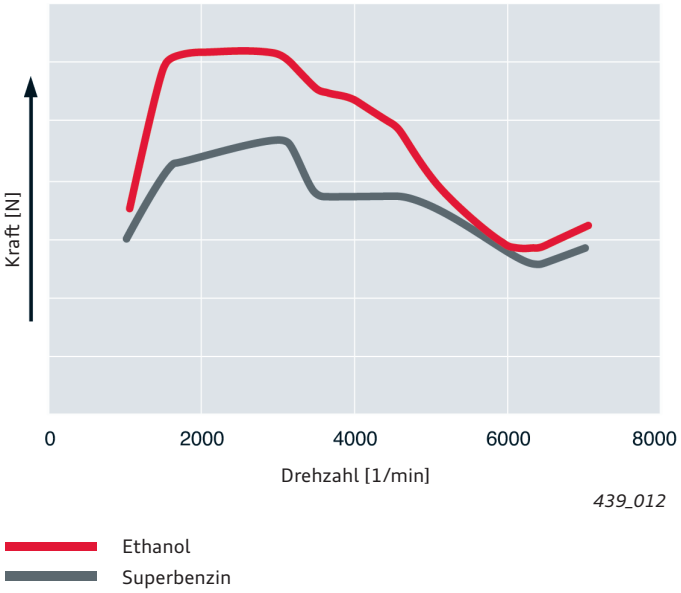
weiterentwickeltes Honverfahren für die Zylinderlaufbahnen

439_011

Kurbeltrieb

Durch die deutliche Anhebung des Spitzendrucks erhöhen sich die Kräfte, welche auf die Kolbengruppe und den Kurbeltrieb wirken (siehe Grafik).
Die Kolben, die Kurbelwelle und die Kurbelwellenlagerung sind bereits für das höhere Niveau der Krafteinleitung ausgelegt.
Das Pleuel und seine Lagerungen mussten aber verstärkt werden.
In diesem Fall konnte man das Pleuel und die Pleuelbuchse des 2,5l-R5-TFSI-Motors verwenden.

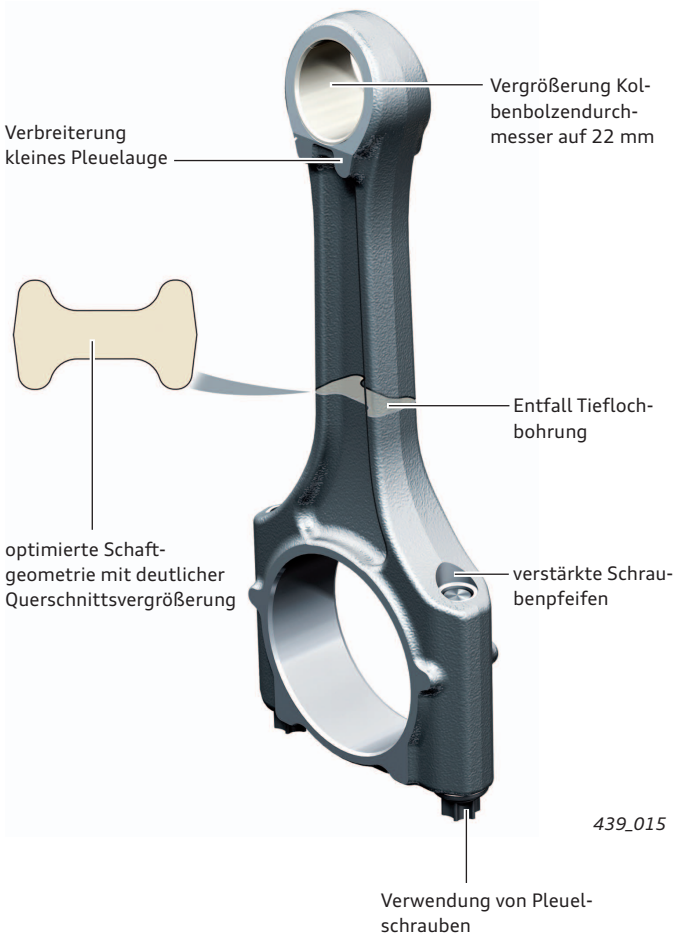
Die Pleuellagerung an der Kurbelwelle musste jedoch zusätzlich weiterentwickelt werden, um die kurzfristig auftretenden Spitzendrücke aufzunehmen. Dazu bekommt das geometrisch gleich gestaltete Lager zusätzlich eine Aluminiumeinlage. Sie soll die kurzfristig auftretenden Spitzendrücke aufnehmen und die Kraft an den Grundträger weiterleiten.



439_012

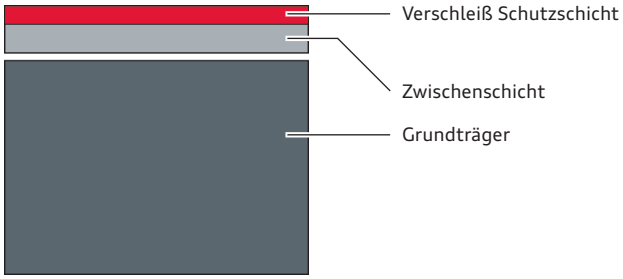
Pleuel

Auch die Pleuel wurden aufgrund der geänderten Druckverläufe gegenüber dem Basismotor verstärkt. Zusätzlich verfügen die Lager der Pleuel über einen geänderten Materialaufbau, der sie noch verschleißfester macht.



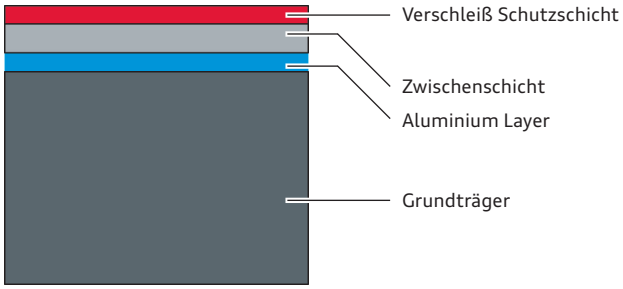
439_015

Pleuellager des Basismotors



439_013

Pleuellager des 2,0l-TFSI flexible fuel-Motors

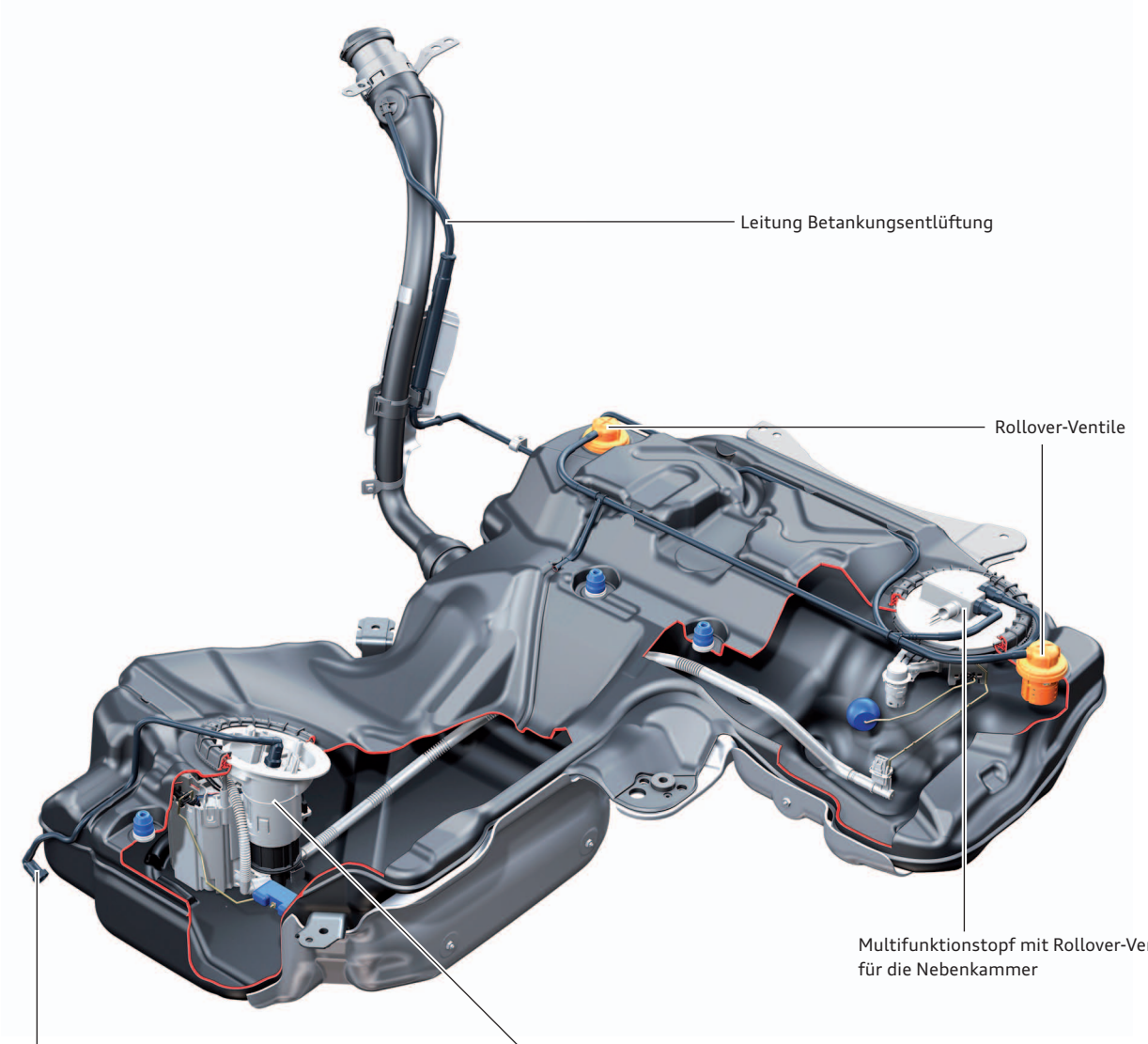


439_014

Einführung

Im gesamten Kraftstoffsystem mit Kraftstoffbehälter, Vorförderpumpe und Kraftstoffleitungen mussten neue Materialien eingesetzt werden, die von den stark korrosiv wirkenden Bestandteilen des Kraftstoffs nicht angegriffen werden. Dichtungen und alle Kunststoffteile müssen gegen die erhöhte Quellneigung resistent sein.

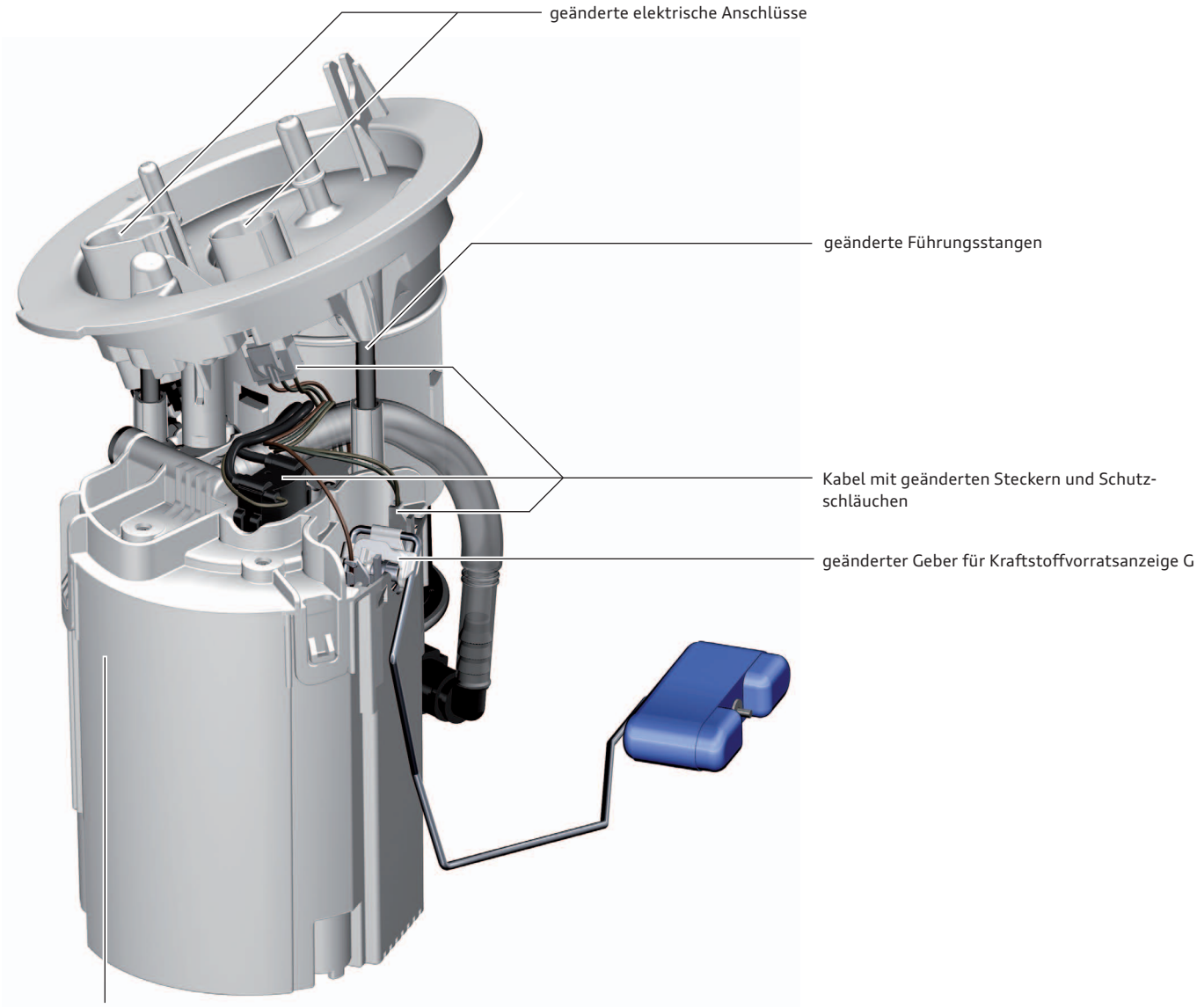
Um Kraftstoffe mit verschiedenen Ethanolanteilen verarbeiten zu können, kommt zusätzlich ein Geber für Kraftstoffqualität G446 zum Einsatz. Damit können unterschiedlichste Ethanol-Benzin-Verhältnisse gefahren werden.



Kraftstoffördereinheit

An der Kraftstoffördereinheit wurden Veränderungen bei folgenden Bauteilen für die Verwendung von E85-Kraftstoff vorgenommen:

- Führungsstangen
- Isolierung elektrischer Leitungen
- Geber für Kraftstoffvorratsanzeige G
- Flansch
- Wellrohre

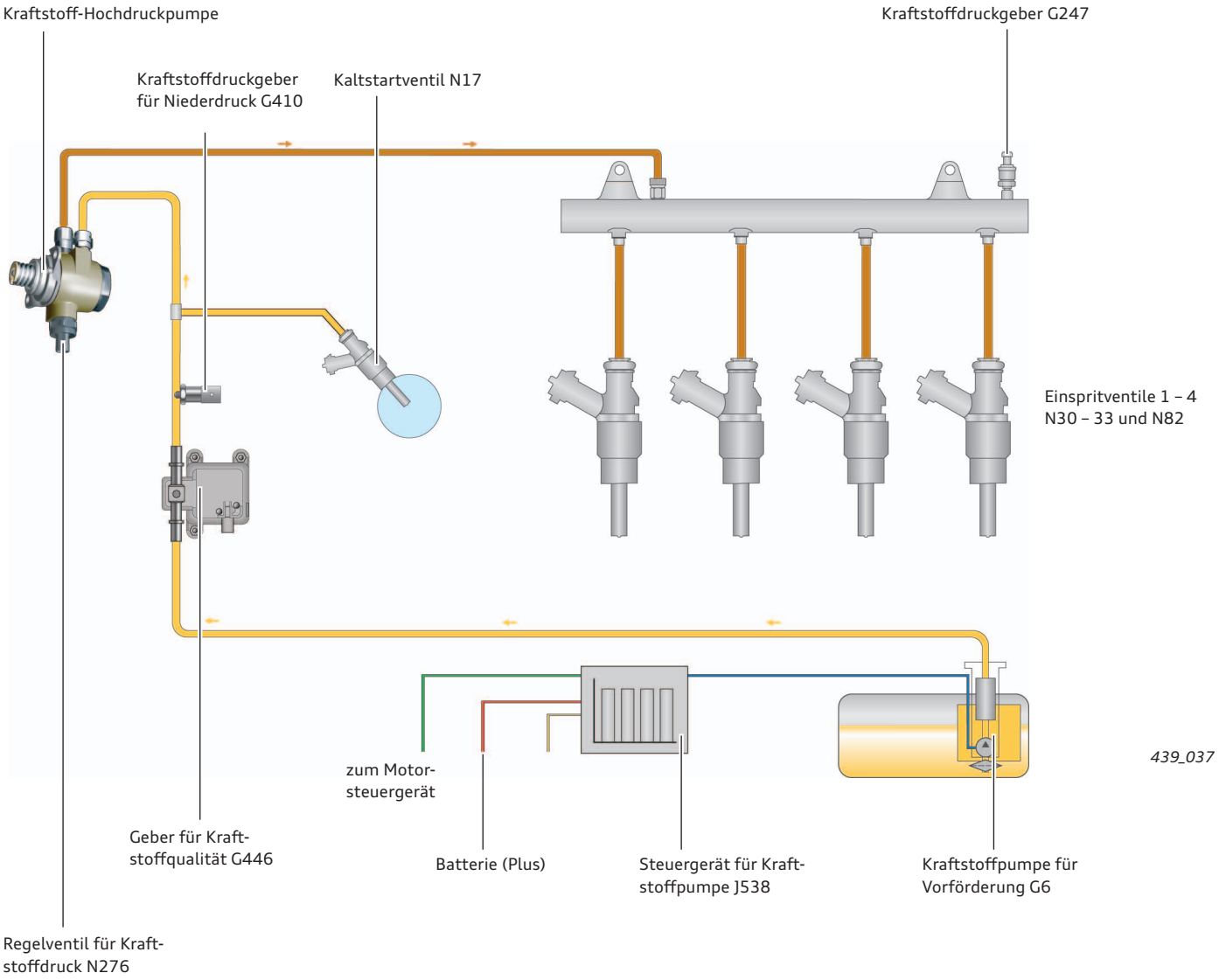


An der Kraftstoffpumpe für Vorförderung G6 wurden Veränderungen bei folgenden Bauteilen für die Verwendung von E85-Kraftstoff vorgenommen:

- Pumpengehäuse
- Pumpenstufe
- Anschlussdeckel

Verweis
Grundlegende Informationen zum Kraftstoffsystem finden Sie in den Selbststudienprogrammen 384 „Audi 1,8l 4V TFSI-Motor mit Kette“ und 432 „Audi 1,4l-TFSI-Motor“.

Systemübersicht



Hinweis

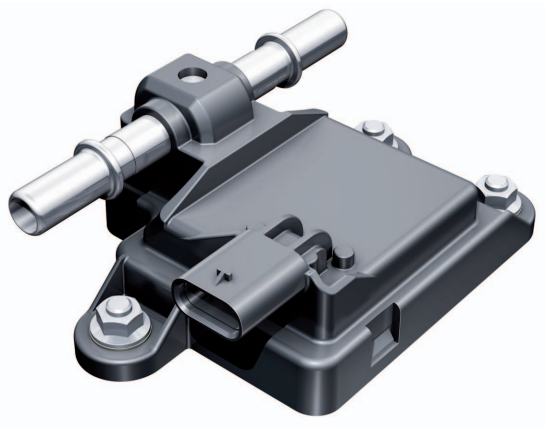
Achtung Verletzungsgefahr! Die Anlage kann unter sehr hohem Druck stehen! Zum Öffnen der Hochdruckseite bitte unbedingt den Anweisungen im Reparaturleitfaden Folge leisten!

Geber für Kraftstoffqualität G446

Um das gesamte Kraftstoffspektrum optimal ausnutzen zu können, wird zur Erkennung der Ethanol-Konzentration ein Sensor verwendet.

Seine Aufgabe ist:
- schnelle und sichere Erkennung des Ethanolwerts mittels kapazitiver Messmethode (*Dielektrizitätszahl** bei Raumtemperatur für Benzin = 2,3; E100 = 25)

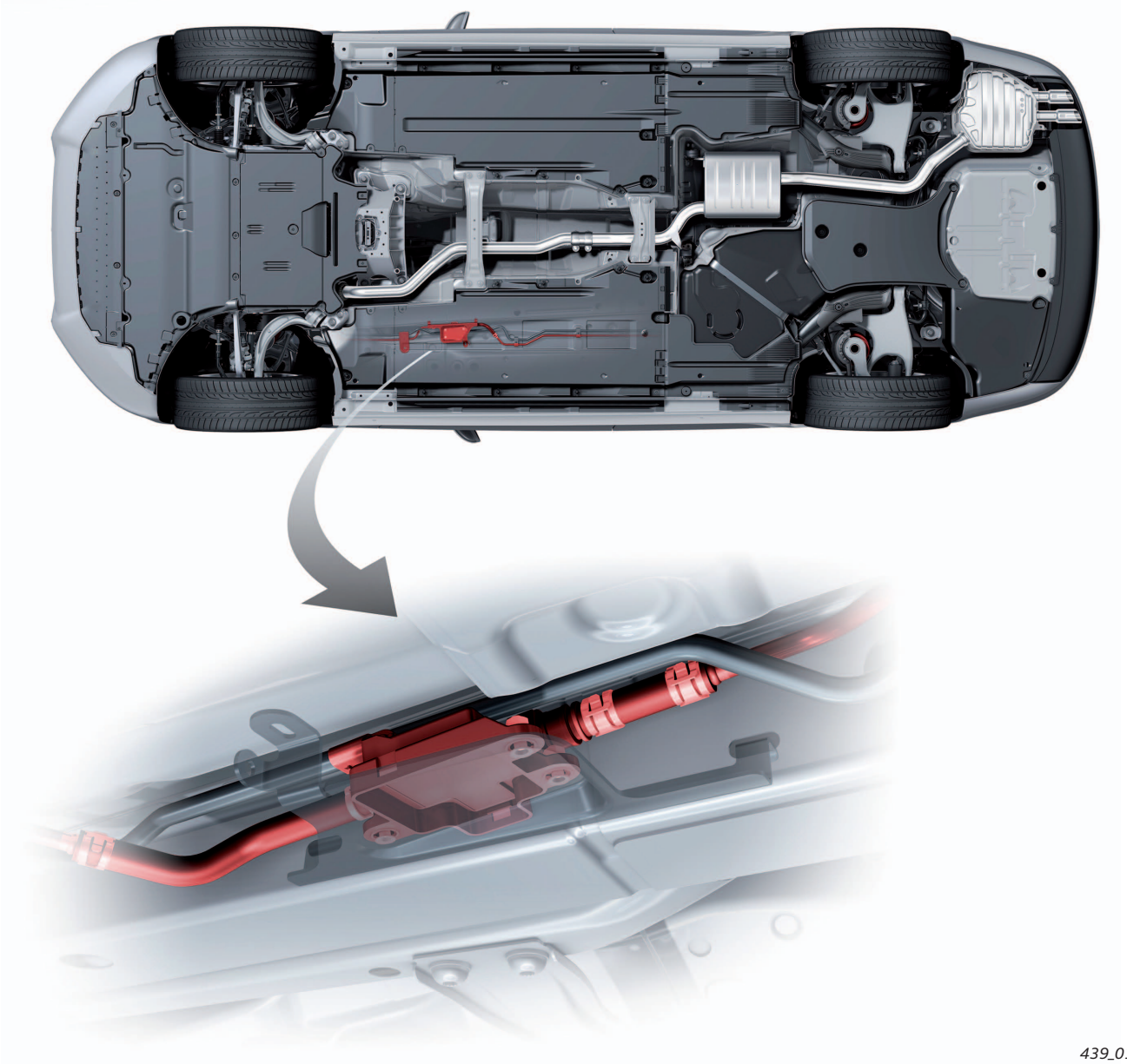
Vorteile bei der Berechnung im Motorsteuergerät:
- thermodynamische Ausnutzung der Kraftstoffeigenschaften
- exakte Gemischvorsteuerung



439_018

Einbauort

Der Geber für Kraftstoffqualität G446 befindet sich im Unterbodenbereich des Fahrzeugs unterhalb des rechten Sitzes.

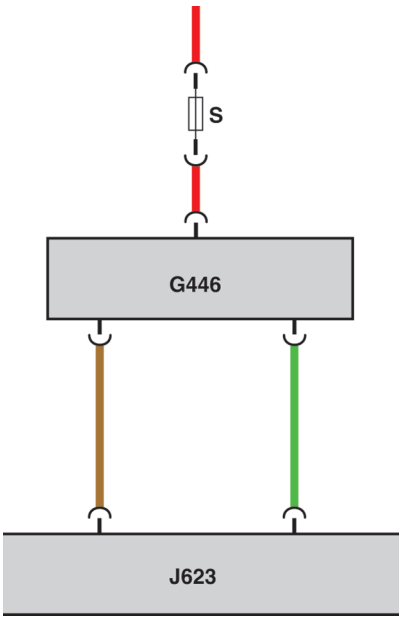


439_019

Arbeitsweise

Die Messung des Ethanolgehalts mit einem Ethanolsensor ist zwar das teuerste aber auch das exakteste Verfahren.
In der Kraftstoffleitung, vor der Einspritzung, tauchen zwei Elektroden in den Kraftstoffstrom. Der Kraftstoff wird so zu einem elektrischen Element als Teil eines Stromkreises.
Je nach Ethanolanteil verändern sich Widerstand und Dielektrizität der Flüssigkeit.
Diese Größen werden gemessen und der daraus errechnete Ethanolgehalt steht dem Motorsteuergerät zur Verfügung.
Das Steuergerät passt die variablen Größen, wie die Einspritzdauer und den Zündzeitpunkt, entsprechend an.

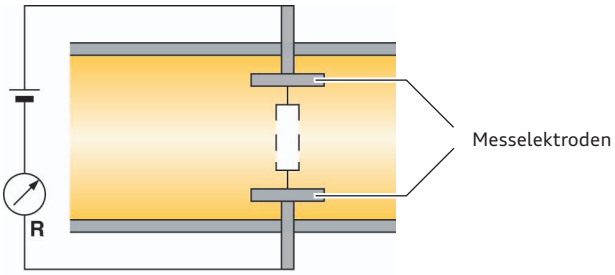
Die elektrischen Größen sind stark von der Kraftstofftemperatur abhängig. Der Sensor braucht deshalb eine separate Temperaturerfassung für die Kraftstofftemperatur. Auch kann die Messung durch schlechte Kraftstoffqualität (durch Wasseranteil, Schmutz oder unerwünschte Beimischungen) beeinträchtigt werden.



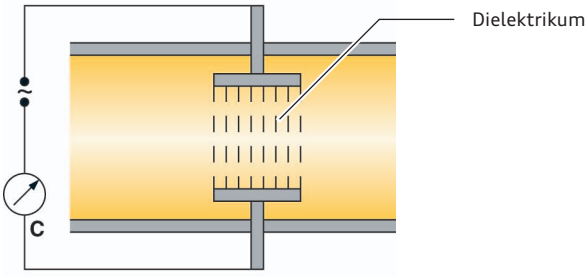
439_020

Wirkprinzip

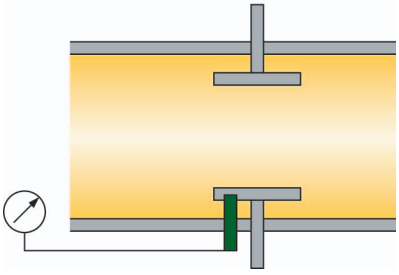
Der elektrische Strom fließt zwischen den beiden Messelektroden durch den Kraftstoff. Der Kraftstoff stellt für Gleichstrom einen Widerstand dar. Der Widerstandswert (R) hängt vom Ethanolgehalt ab.



Der Kraftstoff stellt ein *Dielektrikum** dar, das die elektrische Kapazität des Kondensators (gebildet durch die Messelektroden) beeinflusst. Mit Wechselstrom kann die Kapazität (C) gemessen, daraus die Dielektrizität errechnet und auf den Ethanolgehalt geschlossen werden.



Die Kraftstofftemperatur beeinflusst stark dessen elektrische Eigenschaften. Zur Korrektur muss die Temperatur (direkt am Sensor) deshalb separat gemessen werden.

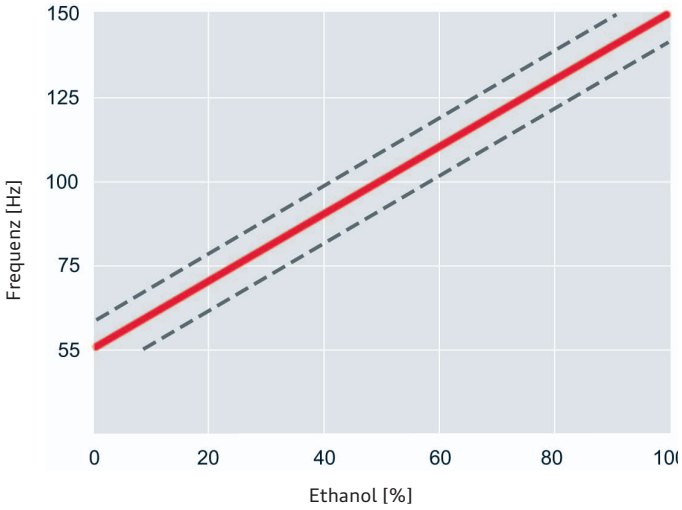


439_021

Sensorsignal für das Motorsteuergerät

Von der Elektronik im Geber für Kraftstoffqualität G446 wird ein Ausgangssignal in Form einer Frequenz auf PIN 2 gelegt.
Die Frequenz ist abhängig vom gemessenem Ethanolgehalt und der Temperatur des Kraftstoffs.

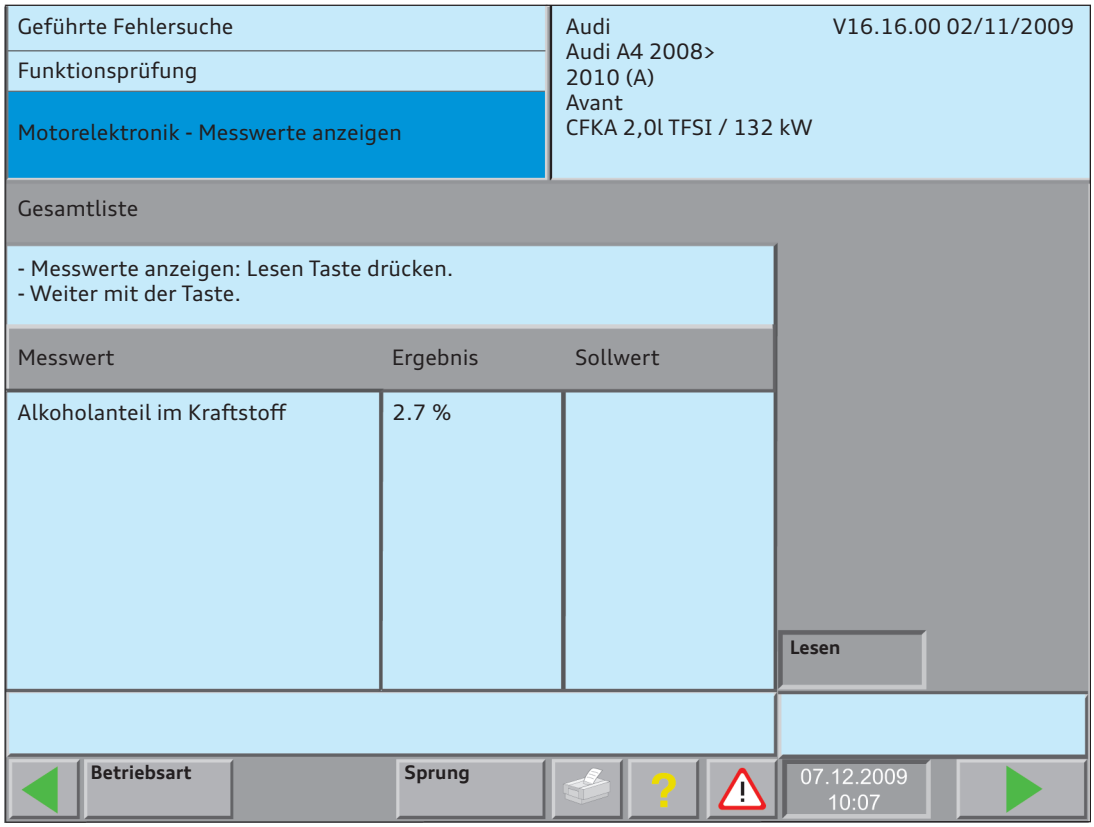
Die Grafik zeigt die Frequenz zum Ethanolgehalt bei Raumtemperatur.



439_022

Signalbild

In der Geführten Fehlersuche kann der Signalverlauf des Gebers für Kraftstoffqualität G446 dargestellt werden. Die Grafik 439_023 zeigt den Spannungsverlauf bei einem Ethanolgehalt von 2,7 %.

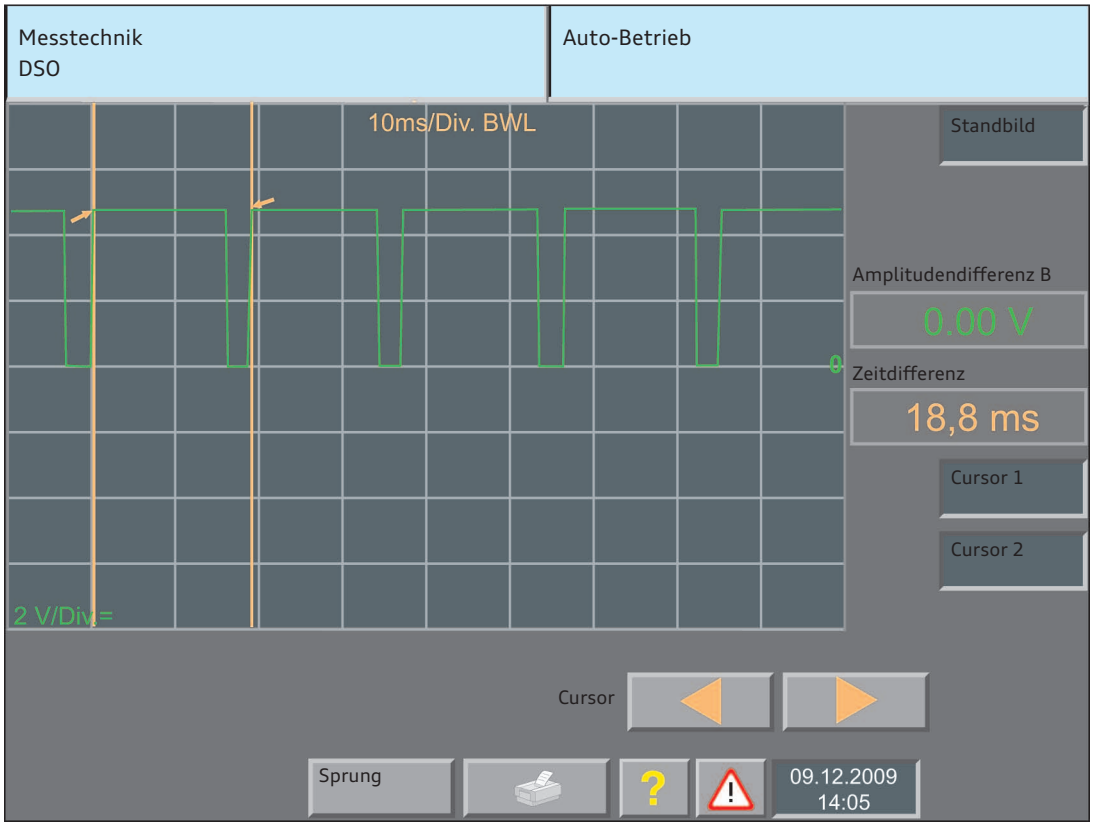


439_023

Ermittlung des Ethanolgehalts

Das Rechtecksignal ist frequenzmoduliert. Das heißt, mit Änderung des Ethanolgehalts ändert sich die Zeit des Signals.
In unserem Beispiel beträgt die Zeit 18,8 Millisekunden.

Teilt man nun 1 durch 18,8 und multipliziert das Ergebnis mit 1000, so erhält man die Frequenz des Signals, in unserem Fall sind das 53,19 Hz. Jetzt kann man in der Tabelle bei dem errechneten Wert auf den Ethanolgehalt schließen und somit die Plausibilität des Sensors einschätzen.



439_024

Überwachung der Kraftstoffqualitätserkennung

- elektrischen Anschlüsse werden überprüft (Kurzschluss nach Masse und Batterie, Lastabfall)
- Ethanolsensor hat eine Selbst-Diagnose-Funktion, die interne elektrische Fehler erkennt und im Fehlertext ausgibt
- es wird kontinuierlich geprüft (während der Fahrt), ob sich das Sensorsignal unplausibel schnell ändert und sequenziell, ob das Sensorsignal auf einem Ethanolwert hängen geblieben ist
- wie bei konventionellen Fahrzeugen wird ein Werkstattbesuch angefordert, wenn das Kraftstoffversorgungssystem soweit fehlerhaft ist, dass eine Verschlechterung der Emissionen zu erwarten ist
- nur im Falle eines erkannten Fehlers des Kraftstoffversorgungssystems aus dem Lambda-Modell wird die Plausibilitätsprüfung des Ethanolsensors in den Fehlerspeicher eingetragen. Sie dient dazu, aus den vielen möglichen Ursachen eines Fehlers des Kraftstoffversorgungssystems genau den Ethanolsensor als Fehlerquelle anzuzeigen

Auswirkungen bei Signalausfall

Bei Fehlern bzw. inakzeptablen Abweichungen werden im Rahmen gesetzlicher Vorgaben verschiedene Strategien verfolgt:

- Das Gemisch wird allein über das Lambda-Modell eingestellt.
- Es wird ein mittlerer Ethanolwert angenommen.
- Die Zündwinkel und der Bauteileschutz wird auf die sichere Seite, d. h. E0, eingestellt (verhindern von Motorklopfen).
- Ein Verlust an Effizienz (spürbarer Leistungsverlust) wird dabei hingenommen.

Motormanagement

Systemübersicht Bosch MED 17.1

Sensoren

Luftmassenmesser G70
Ansauglufttemperaturgeber G42

Kühlmitteltemperaturgeber am Kühlerausgang G83

Kühlmitteltemperaturgeber G62

Ladedruckgeber G31

Motordrehzahlgeber G28

Hallgeber G40

Drosselklappensteuereinheit J338
Winkelgeber 1 für Drosselklappenantrieb bei elektrischer Gasbetätigung G187
Winkelgeber 2 für Drosselklappenantrieb bei elektrischer Gasbetätigung G188

Gaspedalstellungsgeber G79
Gaspedalstellungsgeber 2 G185
Kupplungspositionsgeber G476
Kupplungspedalschalter für Motorstart F194

Kraftstoffdruckgeber G247

Kupplungspedalschalter F36

Potenziometer für Saugrohrklappe G336

Öldruckschalter F22

Ölstands- und Öltemperaturgeber G266

Klopfsensor 1 G61

Lambdasonde vor Kat G39
Lambdasonde nach Kat G130

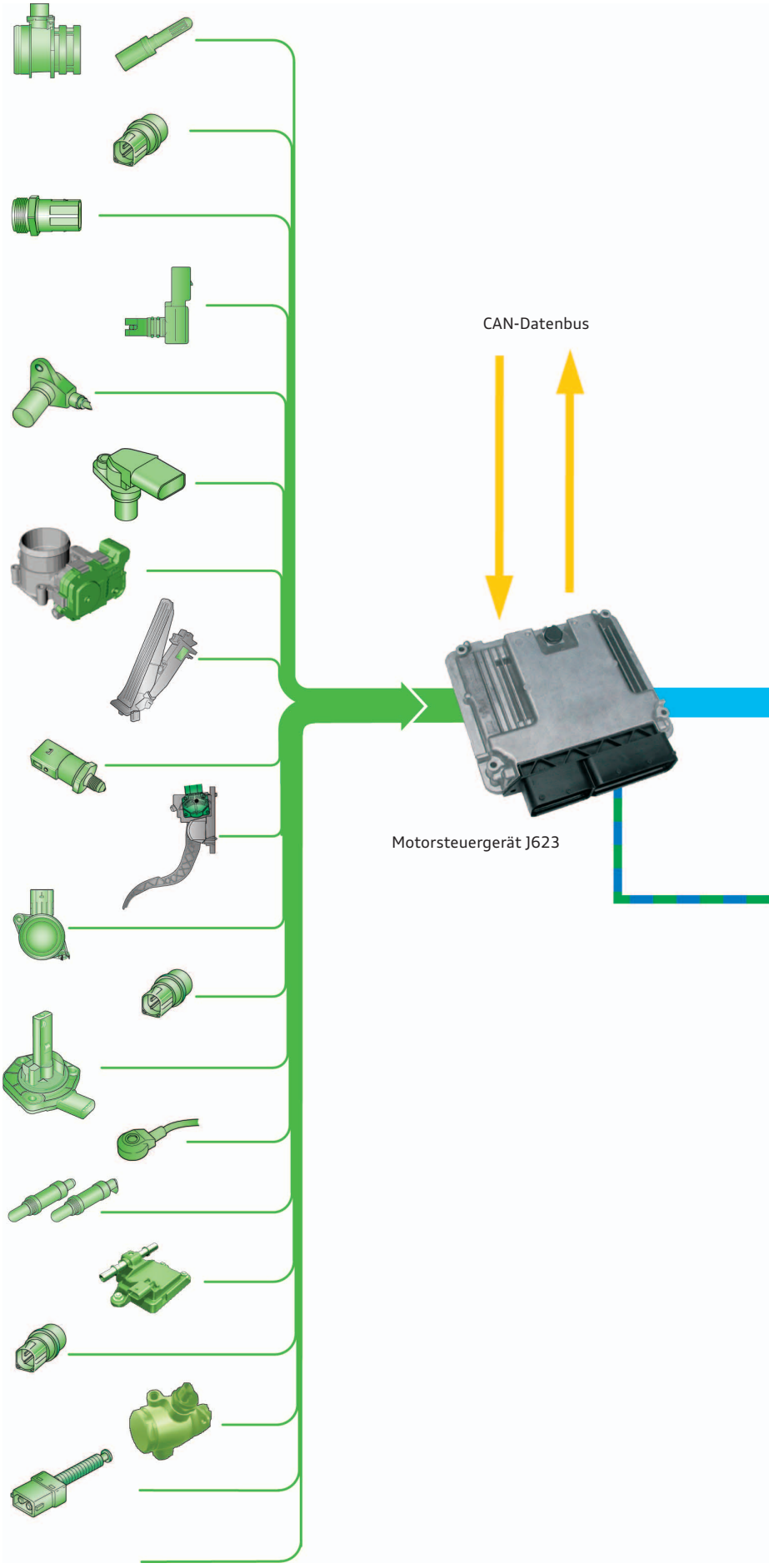
Geber für Kraftstoffqualität G446

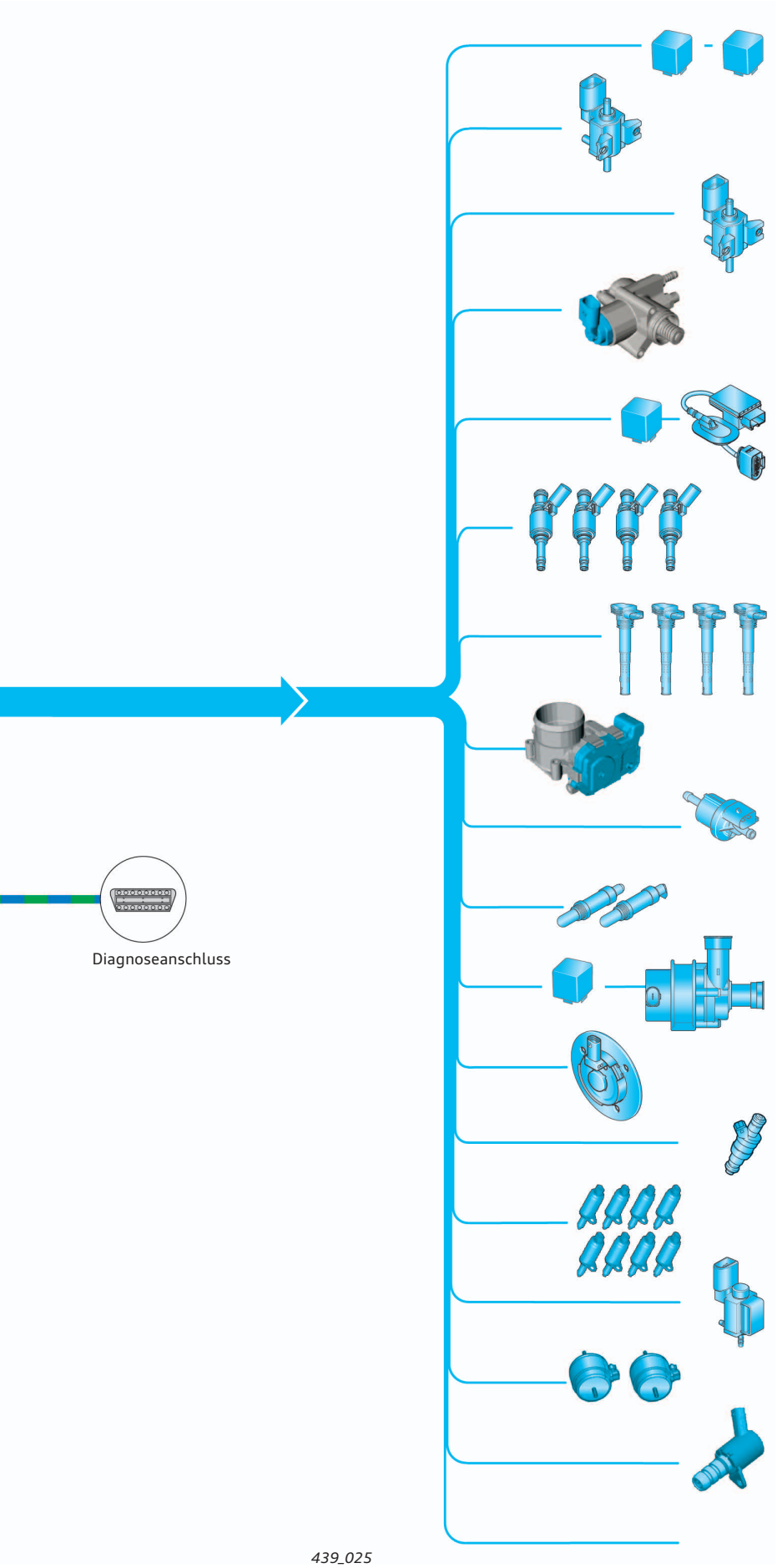
Öldruckschalter für reduzierten Öldruck F378

Kraftstoffdruckgeber für Niederdruck G410

Bremslichtschalter F

Zusatzsignale





439_025

Aktoren

Stromversorgungsrelais für Motronic J271
Stromversorgungsrelais für Motorkomponenten J757

Ventil für Saugrohrklappe N316

Magnetventil für Ladedruckbegrenzung N75

Regelventil für Kraftstoffdruck N276

Steuergerät für Kraftstoffpumpe J538
Kraftstoffpumpe für Vorförderung G6

Einspritzventil für Zylinder 1 – 4 N30 – N33

Zündspule 1-4 mit Leistungsendstufe N70, N127, N291, N292

Drosselklappensteuereinheit J338
Drosselklappenantrieb für elektrische Gasbetätigung G186

Magnetventil 1 für Aktivkohlebehälter N80

Heizung für Lambdasonde Z19
Heizung für Lambdasonde 1 nach Katalysator Z29

Relais für Kühlmittelzusatzpumpe J496
Pumpe für Kühlmittelnachlauf V51

Ventil 1 für Nockenwellenverstellung N205

Kaltstartventil N17

Stellelement 1 – 8 für Nockenverstellung F366 – F373

Umluftventil für Turbolader N249

Magnetventil links für elektrohydraulische Motorlagerung N144
Magnetventil rechts für elektrohydraulische Motorlagerung N145

Ventil für Öldruckregelung N428

Zusatzausgangssignale

Kaltstart

Durch die Information über die Kraftstoffqualität kann schon ab dem Kaltstart das richtige Gemisch eingestellt werden.
In Abhängigkeit von der Kraftstoffqualität (Ethanolanteil im Benzin) verändern sich der *Dampfdruck** und somit die Gemischbildungseigenschaften. Reines Ethanol (E100) hat etwa bei 13 °C den gleichen Dampfdruck wie handelsübliches Benzin bei –30 °C. (siehe Abschnitt „Autarker Kaltstart“ auf Seite 10)
Dank der ***FSI****-Technologie ist es möglich, eine Hochdruck-Mehrfacheinspritzung zu realisieren. Mit ihr ist es möglich, auf eine Motorvorwärmung zu verzichten und einen sicheren Kaltstart bis –25 °C zu realisieren.

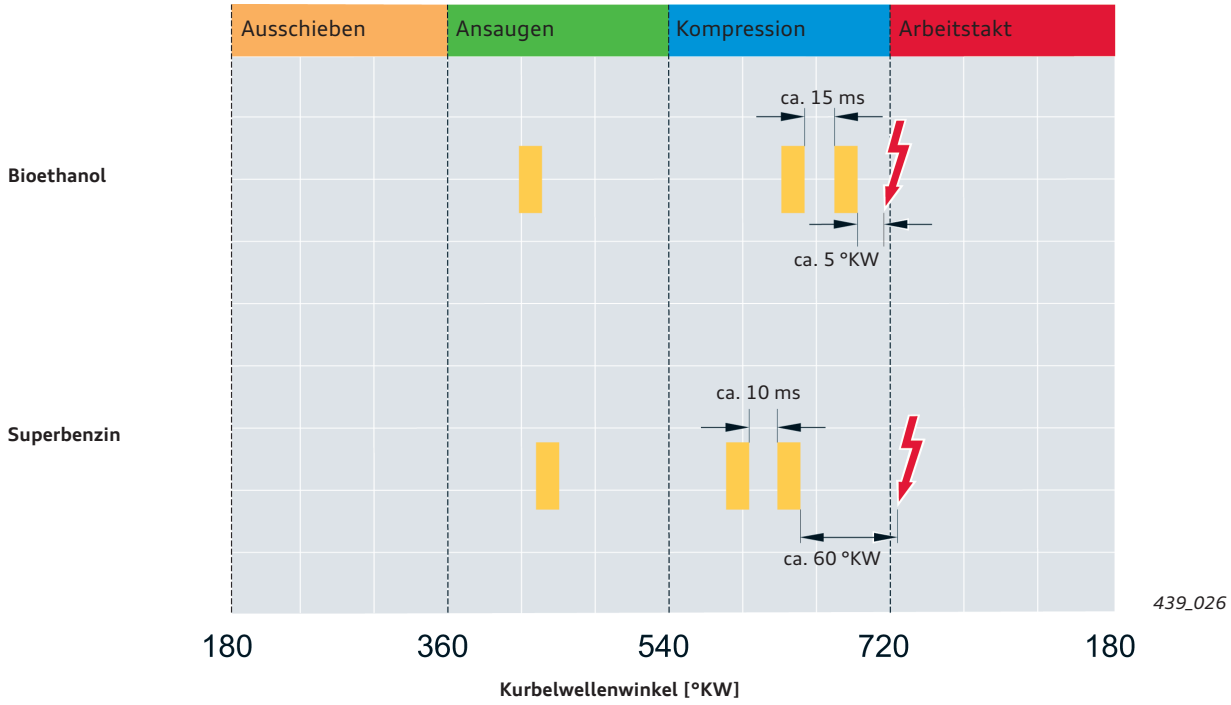
Die Mehrfacheinspritzung verfügt über drei statt wie bisher zwei Einspritzfenster.

Während bei der Zweifacheinspritzung die Einspritzfenster im Ansaughub und im Kompressionshub ausgegeben wurden, wird bei der Mehrfacheinspritzung die Kompressionshubeinspritzung in zwei variable Einspritzpakete aufgeteilt. Zeitpunkt und Menge der einzelnen Einspritzpakete können frei gewählt werden.

Einspritzstrategien

Die Einspritzstrategien im Vergleich zwischen Benzin und E85 im Kaltstart sind ähnlich:

- Die erste Einspritzung wird im Ansaugtakt abgesetzt und gewährleistet eine „Grundfettigkeit“ des Luft-Kraftstoff-Gemischs.
- Im Kompressionstakt erfolgen zwei dicht aufeinander folgende Einspritzungen. Die Unterbrechung zwischen den beiden Einspritzungen gewährleisten eine verbesserte Gemischaufbereitung und eine homogenere Verteilung im Brennraum und somit auch im Gebiet um die Zündkerze, wo zum Zündzeitpunkt ein brennfähiges Gemisch vorliegen muss.



Unterschiede zwischen Benzin- und E85-Einspritzstrategie

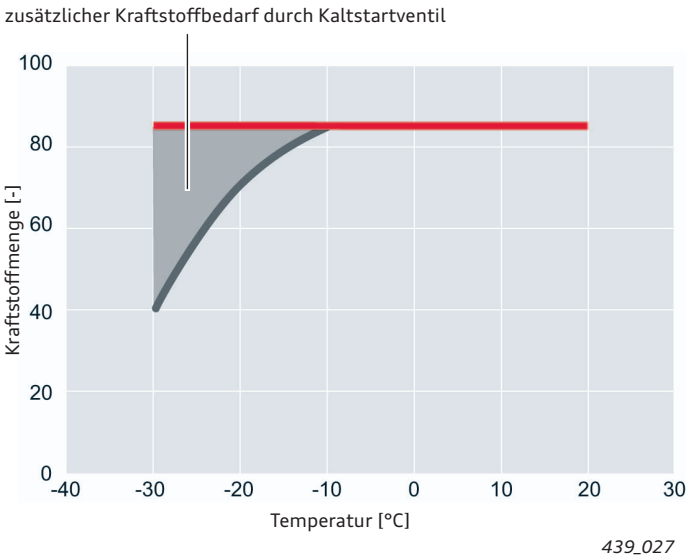
Im Ansaugtakt wird das Einspritzfenster nahezu gleich gewählt. Hier wird nur berücksichtigt, dass die Einspritzung mit E85 aufgrund des volumetrischen Mehrbedarfs länger ist.
Dank der Direkteinspritzung kann im Kaltstart die Kompressionswärme für die Gemischbildung gezielt ausgenutzt werden. Daher liegen im Kompressionstakt die zwei Einspritzpakete bei E85 deutlich später und der Abstand dazwischen wird kürzer gewählt. Auch der Abstand zwischen der letzten Einspritzung und der Zündung, welche um OT liegt, wird kürzer gewählt als beim Start mit Benzin.

Mit Benzin findet die Einspritzung früher statt und auch der Abstand zwischen der letzten Einspritzung und dem Zündzeitpunkt ist größer. Hierdurch wird eine bessere Homogenisierung des Gemischs erreicht und so die Rußbildung im Kaltstart vermieden.
Für den Kaltstart wird ein Kraftstoffhochdruck von 150 bar appliziert.
Dadurch wird eine feine Zerstäubung des Kraftstoffs erreicht und gleichzeitig bei gleicher Einspritzzeit eine größere Kraftstoffmenge abgesetzt.

Kaltstart mit Ethanol

Startfähigkeit bei hohem Ethanolanteil

Beim Kaltstart mit E85-Kraftstoff kann es zu einer Problematik kommen, die den Einsatz zusätzlicher Technik erforderlich macht. Unabhängig vom hohen Kraftstoffdruck reicht, aufgrund des höheren volumetrischen Bedarfs an Ethanolkraftstoff, die Fördermenge der Hochdruckpumpe beim Kaltstart nicht aus.
Die Förderleistung der Hochdruckpumpe wurde für das Basisaggregat mit Benzinkraftstoff ausgelegt und gewährleistet eine ausreichende Versorgung mit Benzin bis –30 °C.

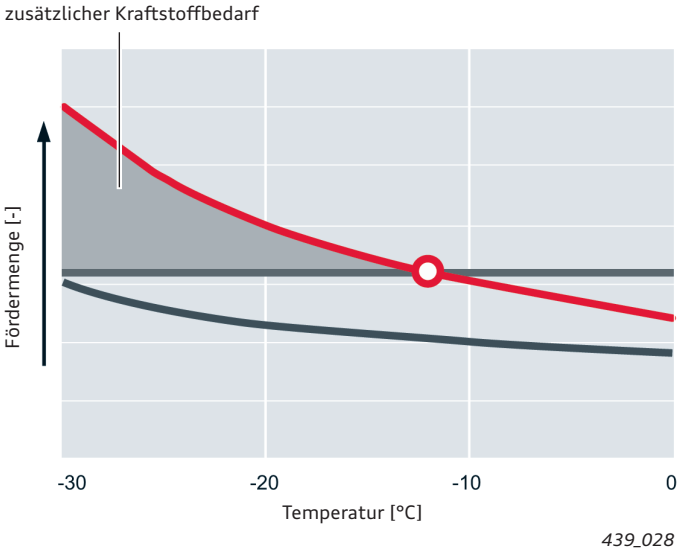


mit Kaltstartventil
ohne Kaltstartventil

Kraftstoffversorgung im Kaltstart

Unterhalb des Gefrierpunkts erhöht sich die Startmenge mit E85 gegenüber der Startmenge mit Benzin deutlich.
Für einen sicheren Motorstart bei –30 °C mit E85 wird etwa die doppelte Startmenge benötigt.

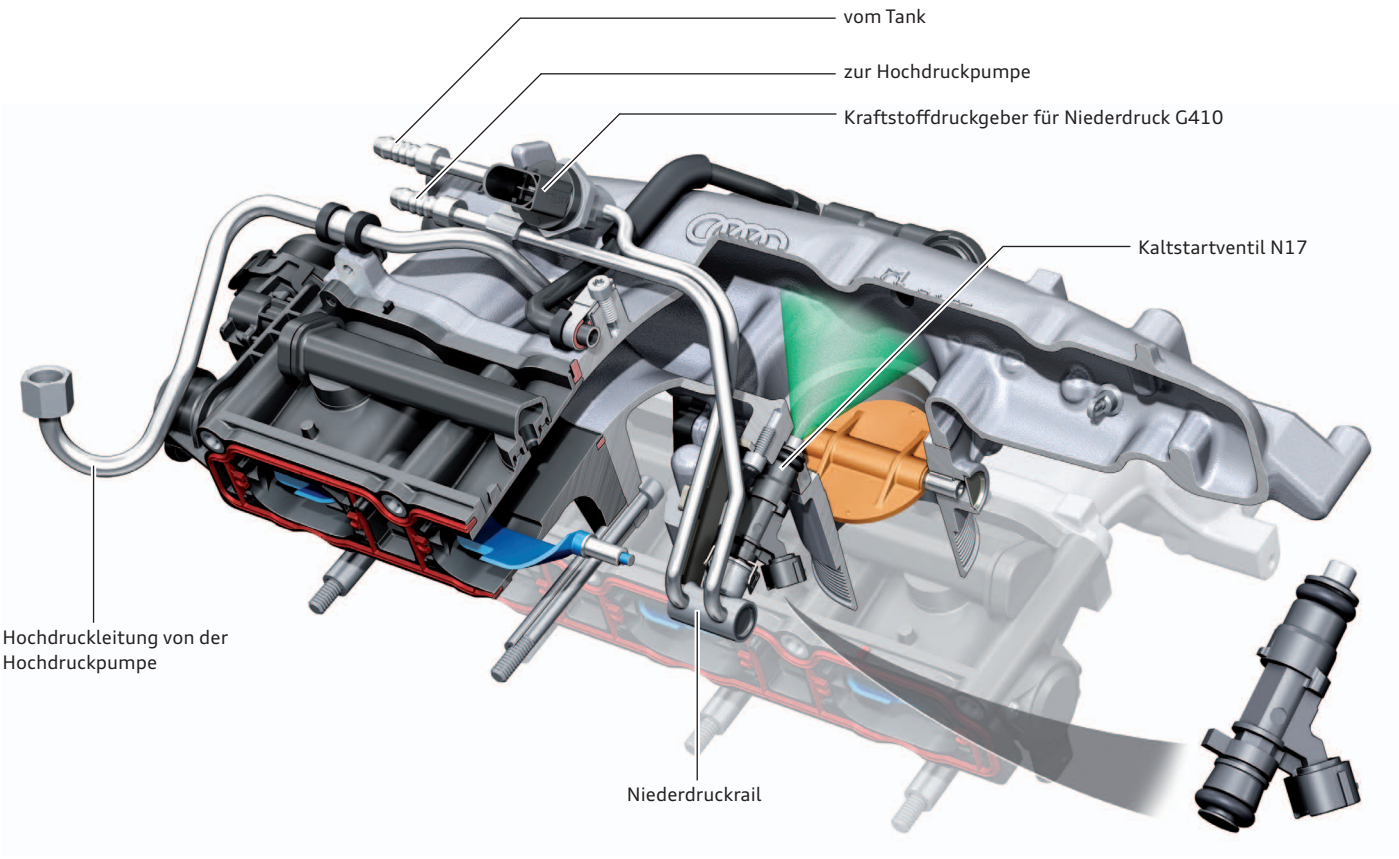
Bei ca. –10 °C ist die maximale Förderleistung der Hochdruckpumpe ausgeschöpft, obwohl zur Steigerung der Förderleistung beim 2,0l-TFSI flexible fuel-Motor der Hub des Pumpennockens um 6 % erhöht wurde. Hier schafft das Kaltstartventil N17 Abhilfe.



Ethanol
Superbenzin
Hochdruckpumpe Förderleistung im Start

Angepasstes Saugrohr

Das Saugrohr ist eine Neukonstruktion. Die geplanten Motorenstückzahlen sind aber nicht so hoch, dass sich die Anschaffung eines Werkzeugs zur Herstellung eines Kunststoffteils lohnt. Aus diesem Grund ist das Saugrohr in Aluminium gefertigt.



439_029

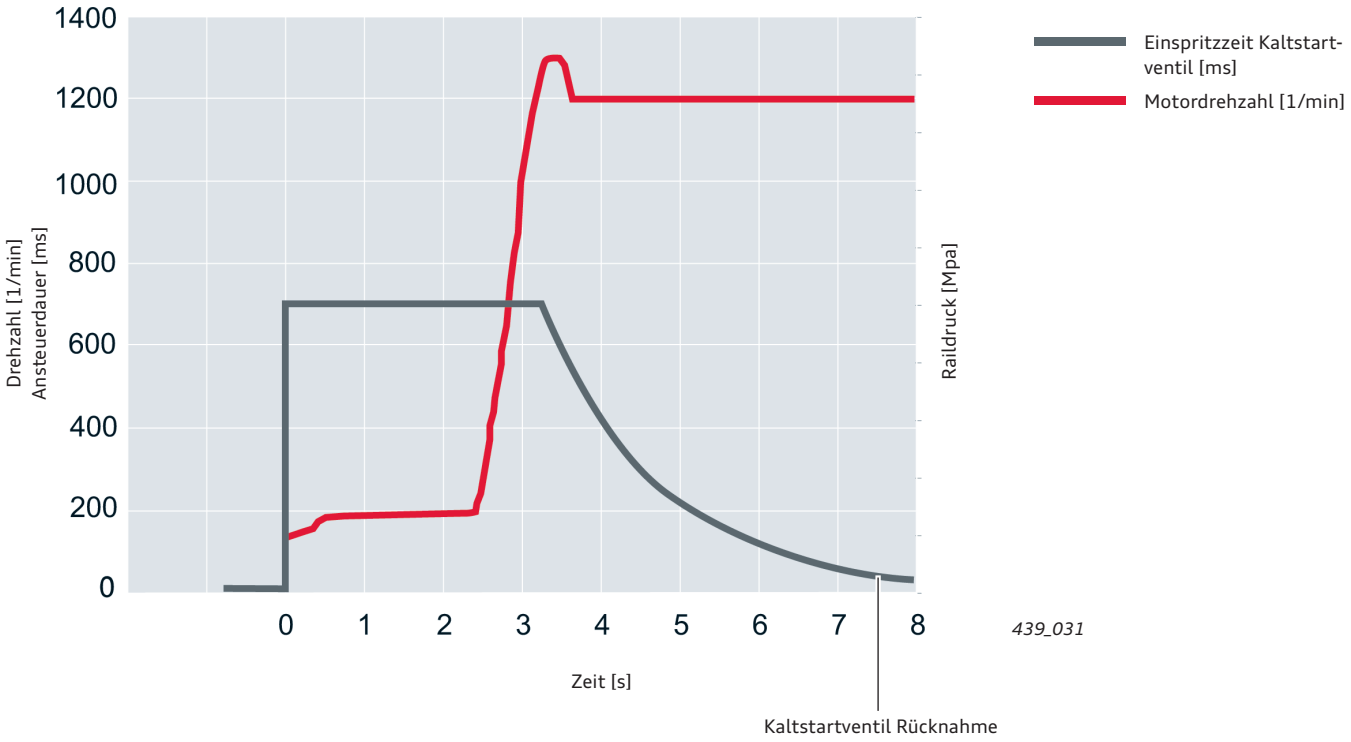
Kaltstartventil N17

Um unterhalb von –10 °C ausreichend Kraftstoff zum Start zur Verfügung zu haben, wurde in das Niederdruck-Kraftstoffsystem ein zusätzliches Kaltstartventil integriert.
Positioniert ist das Kaltstartventil hinter der Drosselklappe im Saugrohr.
Die Aufteilung der Kraftstoffmengen zwischen Hochdrucksystem und Niederdrucksystem ist so gewählt, dass über das Kaltstartventil nur die Mengen abgesetzt werden, die durch die Hochdruckpumpe nicht gefördert werden können.

Das heißt, das Hochdrucksystem wird in diesem Fall immer mit maximalem Tastverhältnis angesteuert.
Damit die Kraftstoffmenge des Kaltstartventils und die des Hochdrucksystems zur gleichen Zeit im Brennraum aufbereitet werden kann, muss im Start die Koordination der beiden Einspritzungen abgestimmt sein.

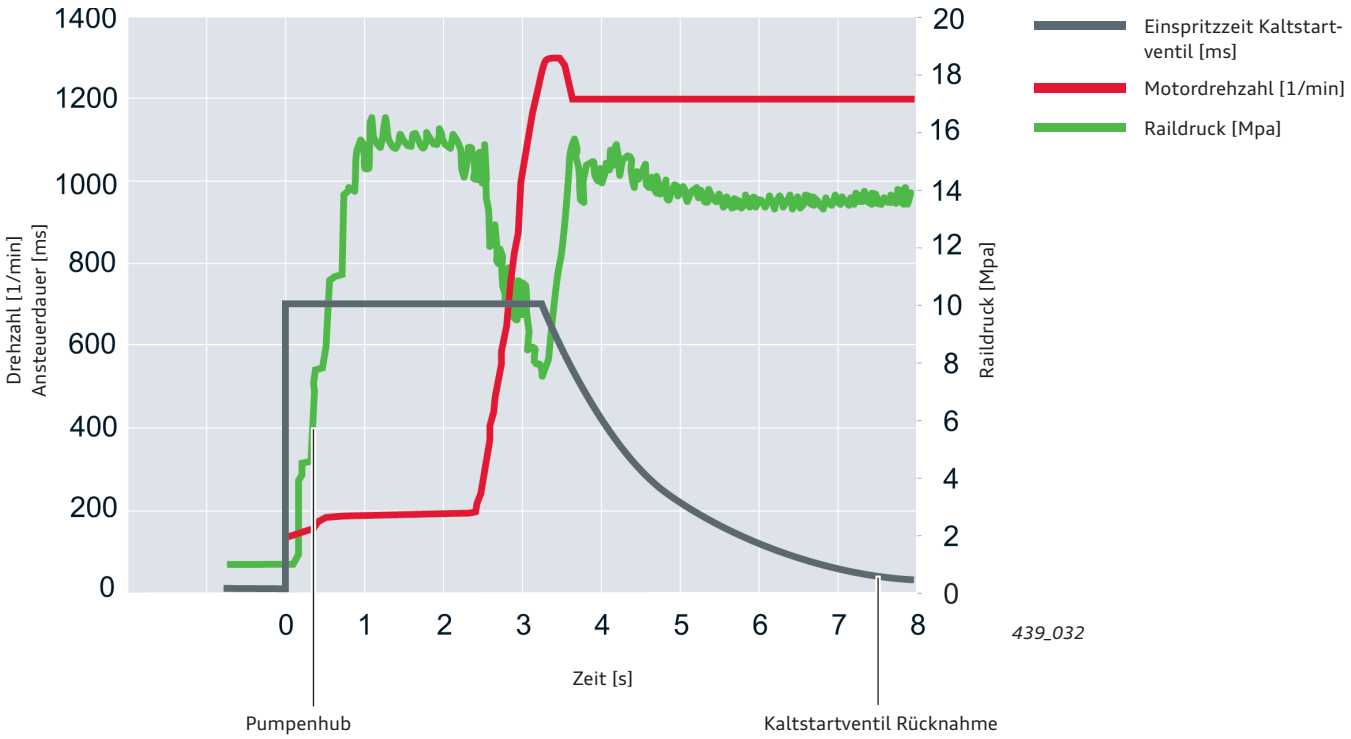
Ablauf eines Kaltstarts

1. Start
Der folgende Ablauf zeigt einen Kaltstart bei einer Außentemperatur von –25 °C. Mit Betätigung des Starters wird über das Kaltstartventil N17 Kraftstoff eingespritzt.



2. Hochdruckaufbau
Während das Kaltstartventil Kraftstoff einspritzt, wird gleichzeitig von der Hochdruckpumpe Hochdruck aufgebaut. Die Hochdruckeinspritzventile bleiben zunächst deaktiviert.

Der Zeitraum, der benötigt wird, um den Kraftstoff vom Kaltstartventil in den Brennraum zu transportieren, wird genutzt, um im Hochdrucksystem einen Raildruck von 150 bar bereitzustellen.

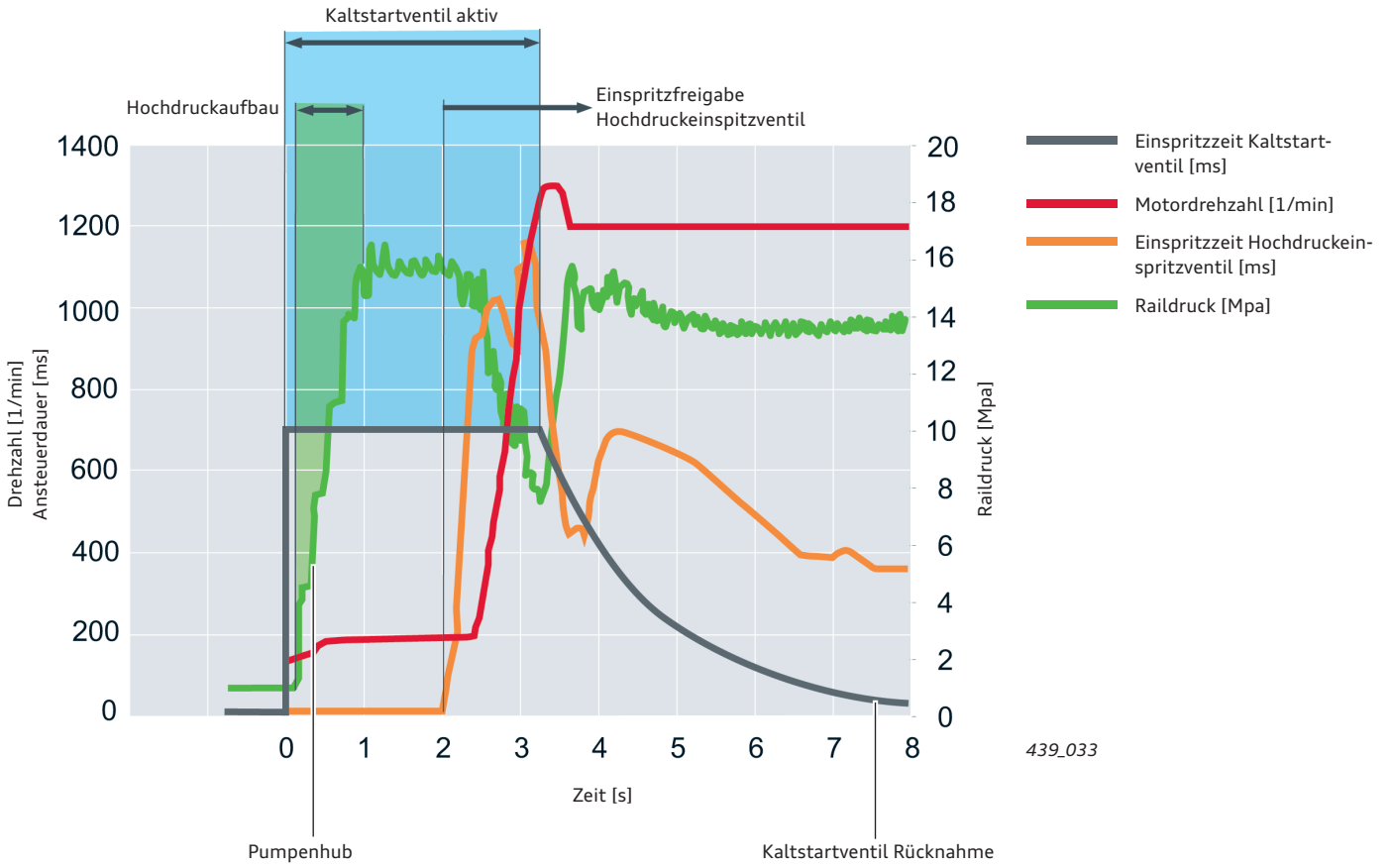


3. Hochdruckeinspritzung

Nachdem der Hochdruck aufgebaut wurde und der Kraftstoff des Kaltstartventils im Brennraum angelangt ist, wird die Hochdruckeinspritzung aktiviert. Durch die maximal mögliche Ansteuerung des Hochdrucksystems wird ein Einbruch im Hochdrucksystem bewusst in Kauf genommen. Jedoch darf der Druck nicht zu tief absinken. Dies hätte einen negativen Einfluss auf die Gemischbildung.
Sobald die Verbrennung einsetzt und der Motor „hochgelaufen" ist, wird die über das Kaltstartventil abgesetzte Kraftstoffmenge kontinuierlich reduziert.

Die Rücknahme erfolgt, sobald die Drehzahl der Leerlaufsolldrehzahl entspricht. Das Kaltstartventil wird kontinuierlich und langsam zurückgefahren, um Wandfilmeffekte abzubauen und die ersten Zyklen des Motorlaufs zu unterstützen.

Die zeitliche Steuerung des Hochdrucksystems ist somit abhängig von dem Einsatz des Kaltstartventils, dessen Einsatz wiederum abhängig vom der Ethanol-Konzentration und der Starttemperatur ist.



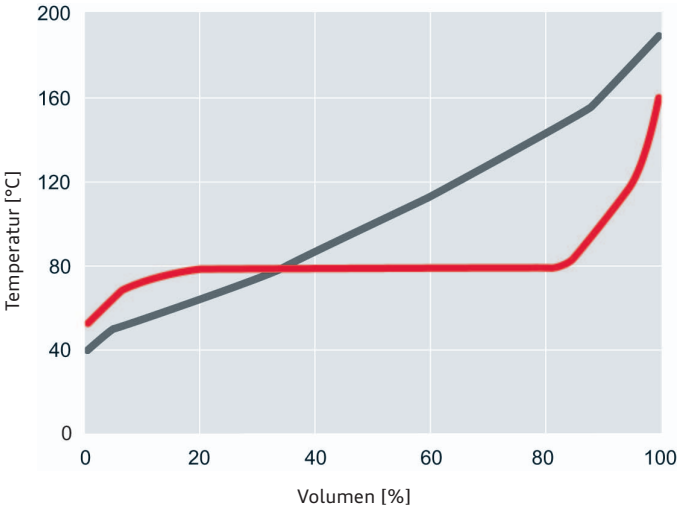
Kraftstoffein- und -austrag in das Motorenöl

Einführung

Aus Schmieröl, Kraftstoff und Wasser bildet sich eine komplexe Emulsion, in der verstärkt Wirkstoffe aus dem Öl ausgewaschen und Schadstoffe in das Öl übergehen können.
Ein hoher Kraftstoffgehalt im Motoröl führt zu einer extrem niedrigen Viskosität, dadurch wird der Schmierfilter dünner. Somit kann es zusätzlich zu *Kavitation** durch schnell verdampfenden Kraftstoff kommen.

Der Eintrag sauerstoffhaltiger Substanzen beeinträchtigt den Aufbau von Verschleißschutzschichten.
Aufgrund dieser Problematik ergeben sich die auf Seite 28 aufgezeigten Wartungsintervalle.

Im kalten Motor können Kraftstoff vor der Verbrennung und Wasser aus dem Abgas im Ansaugtrakt und im Zylinder kondensieren und in den Ölkreislauf gelangen.
Im Betrieb mit E85 können in einem Kaltstartzyklus bis zu 160 g Kraftstoff in das Motoröl eingetragen werden. Am Ende der Kaltphase enthält das Motoröl etwa 15 % Kraftstoff und Wasser.
Das Kondensieren von E85-Kraftstoff führt zu einer Zunahme des Verbrauchs.
Bei Öltemperaturen unterhalb von etwa 50 °C reichern sich Kraftstoff und Wasser an. Bei Temperaturen oberhalb von 50 °C verdampfen Kraftstoff und Wasser.



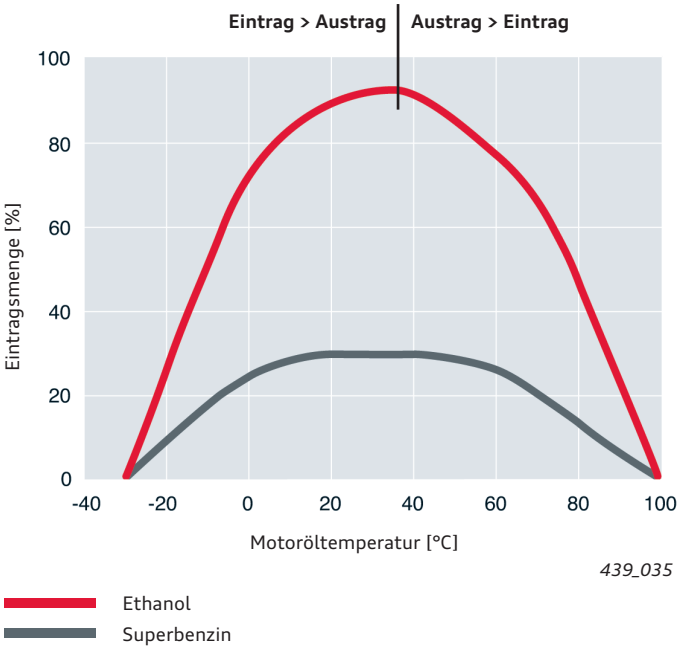
439_034

In der Warmlaufphase ist der Kraftstoffeintrag ins Motoröl bei E85-Betrieb wesentlich höher als bei Benzin.
Das hängt von zwei Punkten ab:

- volumetrischer Mehrverbrauch des E85-Kraftstoffs
- unterschiedliches Siedeverhaltens beider Kraftstoffe (siehe Grafik 439_034)

Im Gegensatz zu Benzin hat Ethanol keinen Siedeverlauf, sondern einen festen Siedepunkt. Dieser liegt bei 78 °C.

Während Benzin über das gesamte Temperaturspektrum von 40 °C bis 200 °C in seinen einzelnen Bestandteilen in den gasförmigen Zustand übergeht, tritt Ethanol bei einer festen Temperatur in den gasförmigen Zustand über. Dies liegt an der reinen molekularen Struktur des Ethanols.



439_035

Auswirkungen auf das Motormanagement

Der Eintrag des E85-Kraftstoffs in das Motoröl während der Warmlaufphase kommt zustande, weil eine größere Menge eingespritzt wird und vor allem aus dem Effekt des festen Siedepunkts.
Beim Kaltstart wird durch den volumetrischen Mehrverbrauch und der zusätzlichen Startanreicherung eine große Mehrmenge in den Motor eingespritzt. Das ist aber noch der kleinste Teil der Gesamtmenge, die in der gesamten Warmlaufphase eingespritzt wird.
Der Kraftstoffanteil, der nicht direkt an der Verbrennung teilnimmt und mit Motorkomponenten in Berührung kommt, welche 78 °C noch nicht erreicht haben, kondensiert wieder und wird entweder durch das Auslasssystem ausgeschoben oder an den Kolbenringen vorbei in das Motoröl eingetragen.
Der Effekt hält so lange an bis alle Motorkomponenten im Brennraum die Siedpunkttemperatur von Ethanol sicher überschritten haben. Dieser Punkt wird bei ca. 35 °C Motoröltemperatur erreicht. Ab diesem Zeitpunkt wird mehr Ethanol aus dem Motoröl ausgetragen als eingetragen.
Der Kraftstoffeintrag ins Motoröl kann besonders hoch werden, wenn häufig hintereinander Kurzstrecken gefahren werden.

Ablauf des Kraftstoffaustrags
Bei 78 °C Motoröltemperatur siedet das Ethanol vollständig aus. Das ausgesiedete Ethanol wird nun über die Kurbelgehäuseentlüftung der Verbrennung zugeführt.

Das Motormanagement muss hier im Leerlauf besondere Maßnahmen ergreifen, damit eine *stöchiometrische Verbrennung** stattfinden kann.
Je nach Situation und Ethanolanteil können folgende Maßnahmen ergriffen werden:

- Die eingespritzte Kraftstoffmasse wird über die Einspritzzeit der Einspritzventile verkürzt.
- Ist das nicht ausreichend, wird der Kraftstoffdruck auf 30 bar reduziert.
- In Extremfällen wird sogar der Zündzeitpunkt nach spät verstellt.
- Als letzte Maßnahme wird zusätzlich die Leerlaufdrehzahl angehoben.

Service

Wartungsumfänge

Wartungsarbeiten	Intervall
Motoröl-Wechselintervall generell ohne LongLife	Festintervall von 15.000 km oder 12 Monaten (je nachdem, was zuerst eintritt)
Motorölspezifikationen	Motoröl nach den VW-Normen 50400 oder 50200
Motorölfilter-Wechselintervall	bei jedem Ölwechsel
Kundendienst Motoröl-Wechselmenge	4,6 Liter (inklusive Ölfilter)
Motoröl absaugen/ablassen	beides ist möglich
Skalenwerte für das Prüfgerät der elektronischen Ölstandsanzeige (bei Entfall des Ölmessstabs)	▸ Vorgabe für den Einstellring (obere Skalenwert) 39 ▸ Vorgabe für den Bereich Öl min. bis Öl max. (unterer Skalenwert) 0 bis 24
Luftfilter-Wechselintervall	90.000 km
Kraftstofffilter-Wechselintervall	Lifetime
Zündkerzen-Wechselintervall	▸ 30.000 km oder 6 Jahre (je nachdem, was zuerst eintritt)

Steuer- und Nebenaggregateantrieb

Wartungsarbeiten	Intervall
Keilrippenriemen-Wechselintervall	Lifetime
Spannsystem der Keilrippenriemen	Lifetime
Wechselintervall der Kette des Steuertriebs	Lifetime
Spannsystem der Kette des Steuertriebs	Lifetime

Glossar

Autarker Kaltstart
Ein Kaltstart, welcher unabhängig von anderen Bauteilen (Blockheater) laufen oder betrieben werden kann. Hierzu wird mit der FSI-Technologie eine Hochdruck-Mehrfacheinspritzung realisiert, mit der es möglich ist, auf eine Motorvorwärmung zu verzichten und einen sicheren Kaltstart bis –25 °C zu realisieren.

AVS
Audi valvelift System
Das Audi valvelift System wurde zur Optimierung des Ladungswechsels entwickelt. Im 2,0l-TFSI-Motor wird das System nicht auf der Einlass-, sondern auf der Auslassseite eingesetzt. Genutzt wird hier die Zündfolgetrennung und damit eine Stoßaufladung des Abgasturboladers.

Blockheater
Um den negativen Auswirkungen auf das Starten des Motors bei Temperaturen unter dem Gefrierpunkt durch den niedrigen Dampfdruck von Ethanol entgegenzuwirken, kamen besonders in den skandinavischen Ländern, so genannte Blockheater zum Einsatz. Das Fahrzeug wird dabei über mehrere Stunden an eine Steckdose angeschlossen, der Motorblock erwärmt und somit kommt es zur sicheren Entflammung des gebildeten zündfähigen Gemischs und ein sicheres Starten ist gewährleistet.

BTL-Kraftstoff
Biomass To Liquid, deutsch: Biomasseverflüssigung
Sind synthetische Kraftstoffe, die aus Biomasse hergestellt werden. Als Endprodukt können Kraftstoffe erzeugt werden, die sich chemisch etwas von konventionellen Kraftstoffen wie Benzin oder Diesel unterscheiden, aber ebenfalls in Otto- oder Dieselmotoren verwendet werden können. BTL-Kraftstoffe sind Biokraftstoffe der 2. Generation.

Dampfdruck
Ist ein stoff- und temperaturabhängiger Gasdruck und bezeichnet den Umgebungsdruck, unterhalb dessen eine Flüssigkeit – bei konstanter Temperatur – beginnt, in den gasförmigen Zustand überzugehen.

Dielektrikum
Ist jede elektrisch schwach- oder nichtleitende, nichtmetallische Substanz, die mit elektrischen oder elektromagnetischen Feldern beaufschlagt werden und deren Ladungsträger im Allgemeinen nicht frei beweglich sind. Ein Dielektrikum kann sowohl ein Gas, eine Flüssigkeit oder ein Feststoff sein.

Dielektrizitätszahl (Permittivitätszahl)
Ist das Verhältnis von ε zur elektrischen Feldkonstante ε_0 (Permittivität des Vakuums) $\varepsilon_r = \varepsilon/\varepsilon_0$. Die dimensionslose Größe ε_r kennzeichnet die feldschwächenden Effekte der dielektrischen Polarisation innerhalb elektrisch isolierender Materialien.

FSI
Fuel Stratified Injection
Für die Benzinmotoren des VW-Konzerns eingesetzte Technologie für die direkte Kraftstoffeinspritzung in die Brennkammer mit einem Druck von mehr als 100 bar.

Kavitation
(lat.: cavitare - aushöhlen) Ist die Bildung und Auflösung von Hohlräumen in Flüssigkeiten durch Druckschwankungen. Man unterscheidet zwei Grenzfälle, zwischen denen es viele Übergangsformen gibt. Bei der Druckkavitation oder harten (transienten) Kavitation enthalten die Hohlräume hauptsächlich Dampf der umgebenden Flüssigkeit. Solche Hohlräume fallen unter Einwirkung des äußeren Drucks per Blasenimplosion zusammen (mikroskopischer Dampfschlag). Bei der weichen bzw. stabilen Gaskavitation treten in der Flüssigkeit gelöste Gase in die Kavitation ein und dämpfen oder verhindern deren Kollaps.

Oktan
Maßeinheit für die Fähigkeit des Kraftstoffs, nicht vorzeitig und unkontrolliert durch Selbstentzündung in der Brennkammer zu verbrennen. Je höher die Oktanzahl, desto höher die Energieausbeute des Kraftstoffs.

Stöchiometrische Verbrennung
Beschreibt das Kraftstoff-Luft Verhältnis, das bei einer vollkommenen Verbrennung des eingesetzten Kraftstoffs stattfindet, ohne dass Sauerstoff fehlt oder übrig bleibt.
Um ein Kilogramm Normal-Benzin vollständig zu verbrennen benötigt man 14,8 kg Luft, um ein Kilogramm Super-Benzin vollständig zu verbrennen benötigt man 14,7 kg Luft, um ein Kilogramm Ethanol vollständig zu verbrennen benötigt man 9,0 kg Luft, um ein Kilogramm Diesel vollständig zu verbrennen benötigt man 14,5 kg Luft.

Verdampfungsenthalpie
Die Verdampfungsenthalpie ΔVH ist die Energie, die erforderlich ist, um ein Mol einer Substanz isotherm und isobar vom flüssigen in den gasförmigen Zustand zu transportieren.

Vermiculargraphitguss
Ist ein Eisen-Kohlenstoff-Gusswerkstoff, dessen Graphitausbildung überwiegend in vermicularer Form (vermiculus = Würmchen) vorliegt. Im Allgemeinen spricht man von Gusseisen mit Vermiculargraphit, wenn mindestens 80 % vermicular sind, der Rest darf in Kugelform, jedoch nicht in Lamellenform vorliegen. Gusseisen mit Vermiculargraphit weist eine ausgeprägte 0,2 % Dehngrenze aus. Die Festigkeit liegt im Durchschnitt mindestens 50 % höher als bei Gusseisen mit Lamellengraphit, ist aber sowohl von der Wanddicke als auch vom Siliziumgehalt abhängig. Die Gewichtseinsparung zu Grauguss kann durch dünnere Wanddicken bis zu 15 % betragen.

Prüfen Sie Ihr Wissen

1. Was versteht man unter flexible fuel?

☐ a) Der Motor kann mit Benzin und Autogas betrieben werden.
☐ b) Der Motor kann mit Benzin und Diesel betrieben werden.
☐ c) Der Motor kann mit Benzin und Bioethanol betrieben werden.

2. Welche Aufgabe hat der Geber G446?

☐ a) Der Kraftstoffdruckgeber misst den Kraftstoffdruck im Rail.
☐ b) Der Kraftstoffdruckgeber misst die Ethanol-Konzentration.
☐ c) Der Kraftstoffdruckgeber bestimmt die exakte Gemischvorsteuerung.

3. Welche Merkmale charakterisieren den 2,0l-TFSI flexible fuel-Motor?

☐ a) Nutzung des 2,0l-TFSI-Motors mit AVS und Start-Stopp-Technologie.
☐ b) Keine spürbaren Nachteile hinsichtlich Fahrkomfort und Fahrvergnügen.
☐ c) Entwicklung einer speziellen Motorvorwärmung für „Kaltländer“.

4. Was verbirgt sich hinter der Bezeichnung „Bioethanol“?

☐ a) Ein Marketing Name.
☐ b) Eine organische Kohlenwasserstoffverbindung.
☐ c) Ein Brennstoff der aus schnell wachsenden Pflanzen, Holzsorten und organischen Abfällen gewonnen wird.

5. Welche Änderungen weist der 2,0l-TFSI flexible fuel-Motor gegenüber dem Basismotor auf?

☐ a) Einsatz eines Blockheaters.
☐ b) Einsatz verstärkter Pleuel.
☐ c) Erhöhung der Motorleistung.

6. Welche Änderungen wurden an der Kraftstoffanlage vorgenommen?

☐ a) Einsatz eines modifizierten Kraftstofftanks.
☐ b) Einsatz einer modifizierten Fördereinheit.
☐ c) Einsatz eines Gebers für Kraftstoffqualität G446.

7. Welche Besonderheiten gibt es beim Motormanagement?

☐ a) Verkürzung der Einspritzzeit im Leerlauf.
☐ b) Bis 35 °C Öltemperatur mehr Eintrag von Kraftstoffanteilen die nicht an der Verbrennung teilnehmen.
☐ c) Senkung der Leerlaufdrehzahl.

8. Was ist im Service zu beachten?

☐ a) Festintervall und kein LongLife Service.
☐ b) Zündkerzenwechsel aller 60.000 km.
☐ c) Bei jedem Service Wechsel des Kraftstofffilters.

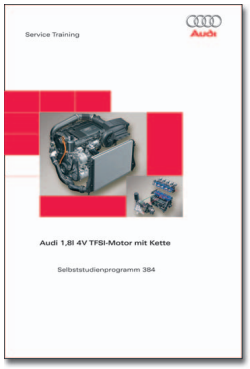
Lösungen des Tests:
1 c; 2 bc; 3 ab; 4 bc; 5 b; 6 bc; 7 ab; 8 a

Zusammenfassung

Die Verwendung von Ethanol stellt eine zugleich praktische wie kostengünstige Lösung gegenüber Benzin dar. Sie erfordert weder die Einführung grundsätzlich neuer Motortechnologien noch die Installation von Kraftstoff-Druckspeichern, wie beim Betrieb mit Flüssiggas LPG oder Erdgas CNG.
Der Audi 2,0l-TFSI flexible fuel-Motor ist der weltweit erste Flex-Fuel-Motor mit TFSI-Technologie. Er nutzt den Biokraftstoff E85 ebenso, wie konventionelles Benzin zum Erreichen eines optimalen Wirkungsgrads ohne Einschränkungen. Durch die Nutzung regenerativer Biokraftstoffe verbessert sich die CO_2-Bilanz um bis zu 75 Prozent.

Dank der neu entwickelten Hochdruckmehrfacheinspritzung ist der 2,0l-TFSI flexible fuel-Motor auch bei tiefen Außentemperaturen in der Lage, sicher mit E85 zu starten.
Im Vergleich zu seinen Wettbewerbern im Premium-Segment stellt der Audi A4 mit 2,0l-TFSI flexible fuel-Motor einen neuen Benchmark dar. Bei gleicher Performance zur Benzin-Basisvariante stellt der Audi A4 mit 2,0l-TFSI flexible fuel-Motor in seiner Klasse das mit Abstand verbrauchsgünstigste Fahrzeugkonzept mit einem Flex-Fuel-Ottomotor dar.

Selbststudienprogramme



439_038



439_039



439_040



439_041

SSP 384 Audi 1,8l 4V TFSI-Motor mit Kette, Bestellnummer: A06.5S00.29.00
SSP 436 Änderungen am 4-Zylinder-TFSI-Motor mit Kettentrieb, Bestellnummer: A08.5S00.52.00
SSP 411 Audi 2,8l- und 3,2l-FSI-Motor mit Audi valvelift system, Bestellnummer: A07.5S00.42.00
SSP 451 Audi TT RS mit 2,5l-R5-TFSI-Motor, Bestellnummer: A10.5S00.67.00

Alle Rechte sowie technische
Änderungen vorbehalten.

Copyright
AUDI AG
I/VK-35
service.training@audi.de

AUDI AG
D-85045 Ingolstadt
Technischer Stand 05/10

Printed in Germany
A10.5S00.57.00