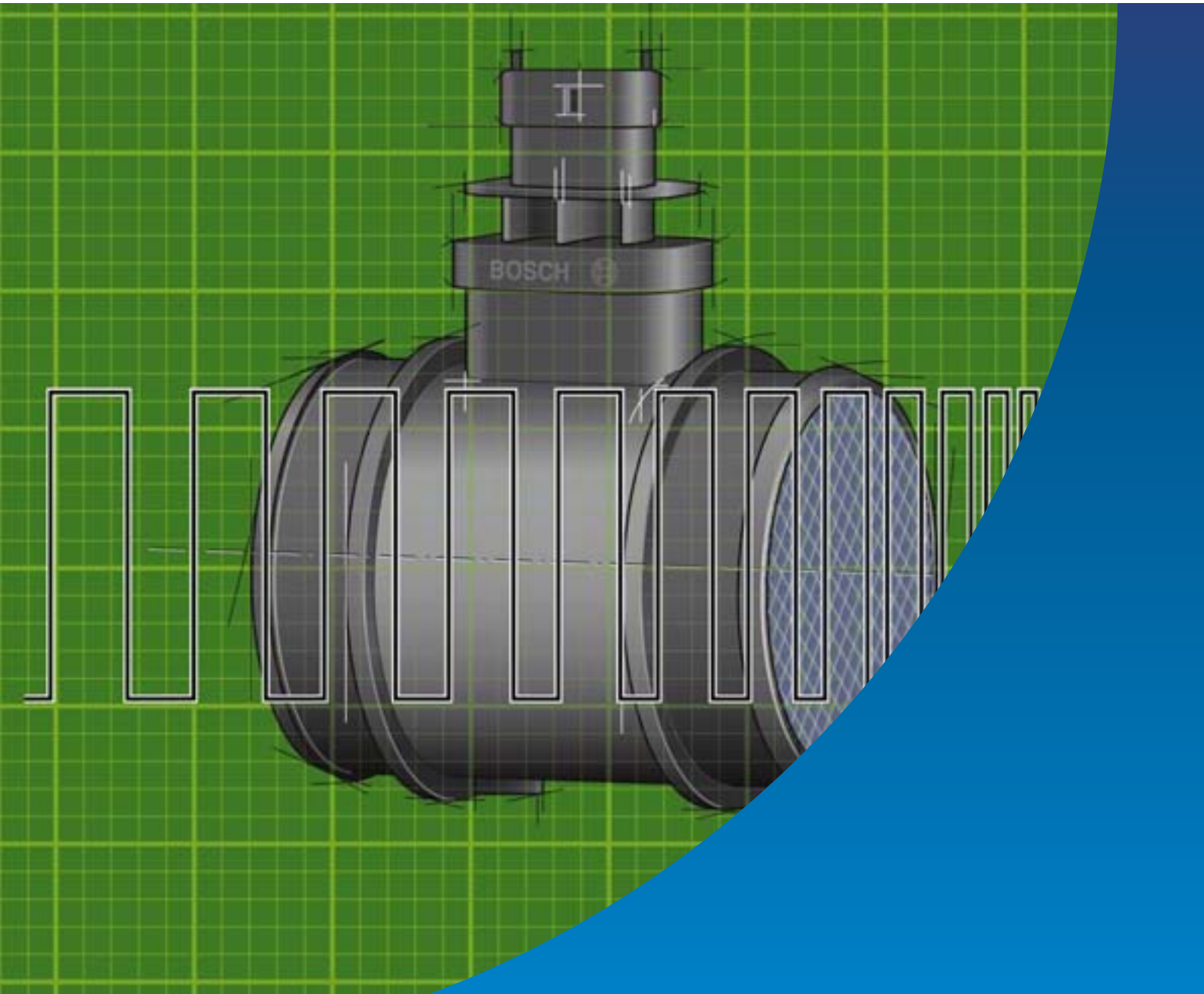
Service Training

Selbststudienprogramm 358

Heißfilm-Luftmassenmesser HFM 6

Konstruktion und Funktion



Durch eine Weiterentwicklung der Normen und Gesetze zu Abgasemissionen in Kraftfahrzeugen werden ständig Bauteile mit einer besseren Messgenauigkeit benötigt.
So wird im Motormanagement eine neue Generation von Heißfilm-Luftmassenmessern eingesetzt.

Zur Erfüllung der Gesetze und Normen reicht es nicht, die Abgase nach der Verbrennung umzuwandeln, sondern sie müssen durch eine effiziente Verbrennung möglichst gering gehalten werden.

Weiterhin bieten moderne Motoren immer mehr Leistung bei gleichem oder geringerem Kraftstoffverbrauch.

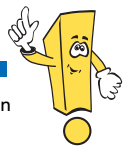
Zur Bewältigung all dieser Anforderungen trägt neben anderen Maßnahmen auch die exakte Bestimmung der angesaugten Luft durch den Luftmassenmesser bei.

Dieses Selbststudienprgramm soll Ihnen helfen, die Grundlagen zur Bestimmung der angesaugten Luftmasse sowie die Funktionsweise des Heißfilm-Luftmassenmessers HFM 6 kennenzulernen und zu verstehen.



S358_019

NEU



Achtung Hinweis



Das Selbststudienprogramm stellt die Konstruktion und Funktion von Neuentwicklungen dar! Die Inhalte werden nicht aktualisiert.

Aktuelle Prüf-, Einstell- und Reparaturanweisungen entnehmen Sie bitte der dafür vorgesehenen KD-Literatur.

Auf einen Blick

Grundlagen der Luftmassenmessung 4
Temperatur und Luftdruck 4

Auswirkung der Temperatur und des Luftdrucks auf die Luftmasse 5

Grundlagen der Verbrennung 6
Luft-Kraftstoff-Verhältnis 6

Emissionsvorschriften 7

Heißfilm-Luftmassenmesser HFM 6 8
Aufgabe 8

Einbauort 8

Aufbau 9

Sensorelement 10
Aufbau 10

Bypasskanal 11

Messverfahren 12

Rückströmerkennung 13

Übertragung des Luftmassensignals zum Motorsteuergerät 14

Ansauglufttemperatursensor 15

Service 16
Diagnose 16

Prüfen Sie Ihr Wissen 18

Grundlagen der Luftmassenmessung

Temperatur und Luftdruck

Hören wir das Wort „Luft“, denken viele sofort an das Medium, das uns umgibt. Also an die Luft unter normalem atmosphärischen Druck und angenehmen Temperaturen.
Aber wie wir wissen, verändern sich die Temperaturen und auch der Luftdruck ständig.

Weltweit und ortsabhängig sind die Temperaturen und der Luftdruck extrem unterschiedlich.
(Mit zunehmender Höhe nehmen die Temperatur und der Luftdruck ständig ab.)

Einfluss der Höhe auf Lufttemperatur und -druck

Beispiel:

Höhe: 1000 Meter
Luftdruck: 898 hPa (0,898 bar)
Temperatur: 13,5° C

Höhe: 500 Meter
Luftdruck: 954 hPa (0,954 bar)
Temperatur: 16,75° C

Höhe: 100 Meter
Luftdruck: 1001 hPa (1,001 bar)
Temperatur: 19,35° C

Höhe: 0 Meter
Luftdruck: 1013 hPa (1,013 bar)
Temperatur: 20° C



S358_002

Auswirkung der Temperatur und des Luftdrucks auf die Luftmasse

In einem gleichbleibenden Volumen ändert sich mit der Temperatur und dem Luftdruck die Luftmasse.

Niedriger Luftdruck, hohe Temperatur

In einem zylindrischen Behälter mit einer Flache von 1 m^2 und einer Höhe von 1 m befindet sich 1 m^3 Luft.

Der Luftdruck ist niedrig und die Temperatur der Luft ist hoch.
Durch den niedrigen Druck und die hohe Temperatur ist die Luftdichte gering.
(Es befindet sich eine geringe Luftmasse im Behälter.)
Die Luftmasse im Behälter ist gering.



S358_003

Hoher Luftdruck, niedrige Temperatur

In einem Behälter gleicher Größe befindet sich Luft unter einem hohen Druck und niedriger Temperatur.
Durch den hohen Druck und die niedrige Temperatur ist die Luftdichte deutlich höher.
(Es befindet sich eine deutlich größere Menge Luftmasse im Behälter.)
Die Luftmasse im Behälter ist deutlich größer.

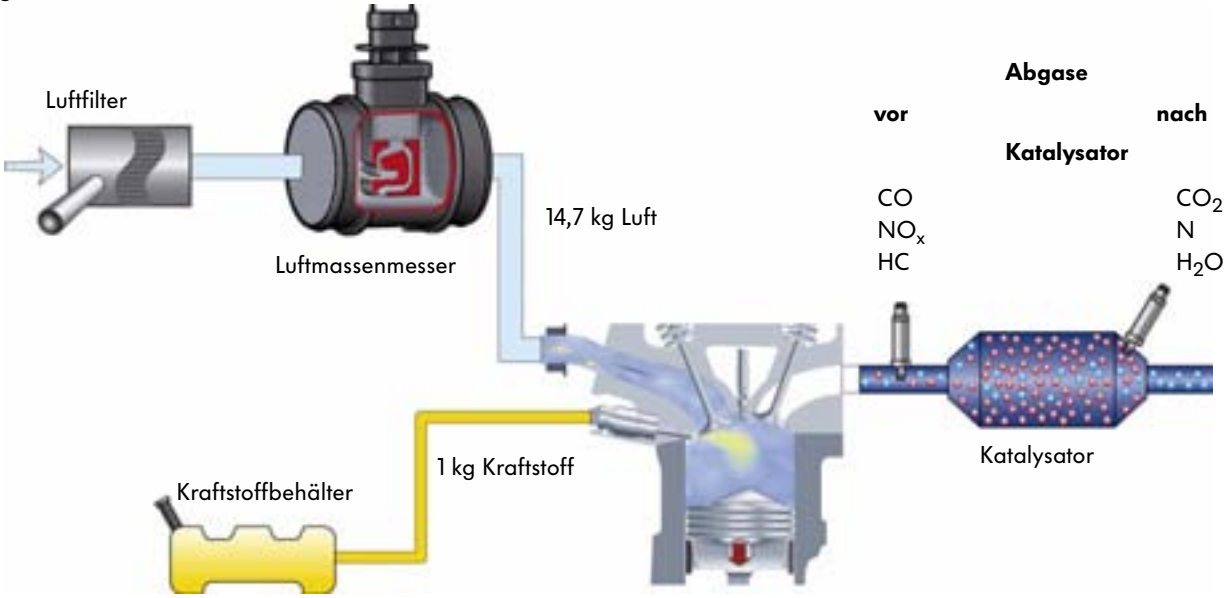


S358_004

Grundlagen der Verbrennung

Luft-Kraftstoff-Verhältnis

Weg der Luft



Weg des Kraftstoffs

S358_005

Für die optimale Verbrennung von 1 kg Kraftstoff benötigt der Verbrennungsmotor 14,7 kg Luft. Dieses Verhältnis von Kraftstoff zu Luft wird in der Technik als stöchiometrisches Verhältnis bezeichnet.

Damit das Motorsteuergerät in jeder Betriebssituation das richtige Verhältnis von Kraftstoff zu Luft einstellen kann, benötigt es eine genaue Information über die angesaugte Luftmasse.

Im stöchiometrischen Betrieb hat das Luft-Kraftstoff-Verhältnis den Lambda-Wert 1.
Nur im stöchiometrischen Betrieb können Schadstoffe im Abgas nahezu vollständig durch den Katalysator entfernt werden.

Fettes Luft-Kraftstoff-Verhältnis

Bei einem fetten Luft-Kraftstoff-Verhältnis (Lamba < 1) sind zu viele Kohlenmonoxiode (CO) und unverbrannte Kohlenwasserstoffe (HC) im Abgas enthalten.

Beispiel: $\frac{\text{1,2 kg Kraftstoff}}{\text{14,7 kg Luft}}$

Mageres Luft-Kraftstoff-Verhältnis

Bei einem mageren Luft-Kraftstoff-Verhältnis (Lambda >1) sind zu viele Stickoxide (NO_X) im Abgas enthalten.

Beispiel: $\frac{\text{0,8 kg Kraftstoff}}{\text{14,7 kg Luft}}$

Die genaue Messung der angesaugten Luftmasse trägt somit dazu bei, das Luft-Kraftstoff-Verhältnis im Bereich Lambda 1 zu halten und Schadstoffe im Abgas zu reduzieren oder zu vermeiden.

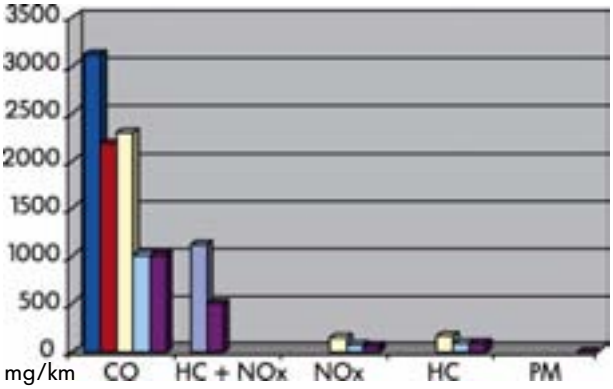
Emissionsvorschriften

Der Heißfilm-Luftmassenmesser trägt durch seine verringerten Messtoleranzen gegenüber den Vorgängermodellen dazu bei, dass die stetig steigenden Verschärfungen der Emissionsvorschriften in Europa und den Vereinigten Staaten eingehalten werden.

Durch die genaue Erfassung der angesaugten Luftmasse wird die Gemischbildung optimiert und die Nachbehandlung der Abgase durch Katalysatoren vereinfacht.

Entwicklung der Emissionswerte am Beispiel Europa

Benzinmotoren

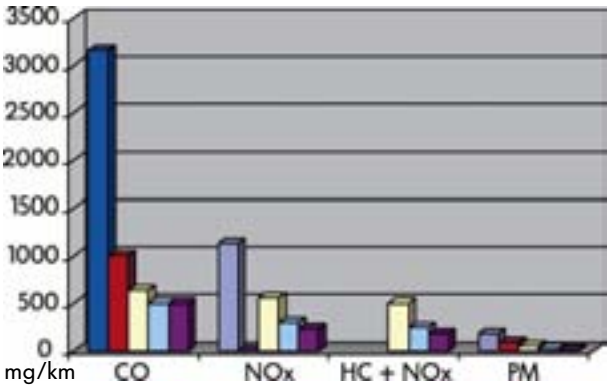


S358_010

Norm	Euro 1	Euro 2	Euro 3	Euro 4	Euro 5**
gültig ab	01.07.92	01.01.96	01.01.00	01.01.05	01.09.09
CO	3160	2200	2300	1000	1000
HC + NOx	1130	500			
NOx			150	80	60
HC			200	100	100
PM				5*	5*

* Fahrzeuge mit Direkteinspritzung
** Werte nach bisherigen Informationen
Erklärung der chemischen Zeichen siehe Seite 19

Dieselmotoren



S358_011

Norm	Euro 1	Euro 2	Euro 3	Euro 4	Euro 5**
gültig ab	01.07.92	01.01.96	01.01.00	01.01.05	01.09.09
CO	3160	1000	640	500	500
HC + NOx	1130	700/ 900*	560	300	230
NOx			500	250	180
PM	180	80/100*	50	25	5

* Fahrzeuge mit Direkteinspritzung
** Werte nach bisherigen Informationen
Erklärung der chemischen Zeichen siehe Seite 19

Legende

EURO 1 ab 1992 auch EWG Stufe 1 (Europäische Wirtschaftsgemeinschaft)
EURO 2 ab 1996 auch EG Stufe 2 (Europäische Gemeinschaft)
EURO 3 ab 2000
EURO 4 ab 2005
EURO 5 ab 2009

Heißfilm-Luftmassenmesser HFM 6

Aufgabe

Der Heißfilm-Luftmassenmesser HFM 6 dient zur Erkennung der angesaugten Luftmasse. Das Motorsteuergerät erkennt anhand seines Signals die exakt angesaugte Luftmasse.

Bei Benzinmotoren werden die Signale zur Berechnung aller lastabhängigen Funktionen genutzt.

Die lastabhängigen Funktionen sind:

- der Zündzeitpunkt,
- die Einspritzzeit,
- die Einspritzmenge und
- die Aktivkohlebehälter-Anlage.

Bei Dieselmotoren finden die Signale Verwendung zur Steuerung

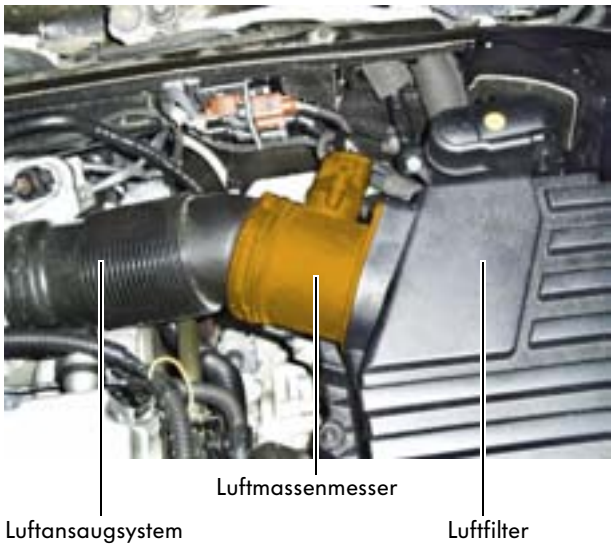
- der Agasrückführungsmenge und
- der Einspritzzeit.

Folgende Motoren sind schon damit ausgestattet:

- 3,2l-V6-FSI-Motor
- 3,6l-V6-FSI-Motor
- 2,5l-R5-TDI-Motor

Einbauort

Der Heißfilm-Luftmassenmesser ist zwischen dem Luftfilter und der Drosselklappe in das Luftansaugsystem des Motors eingebaut.



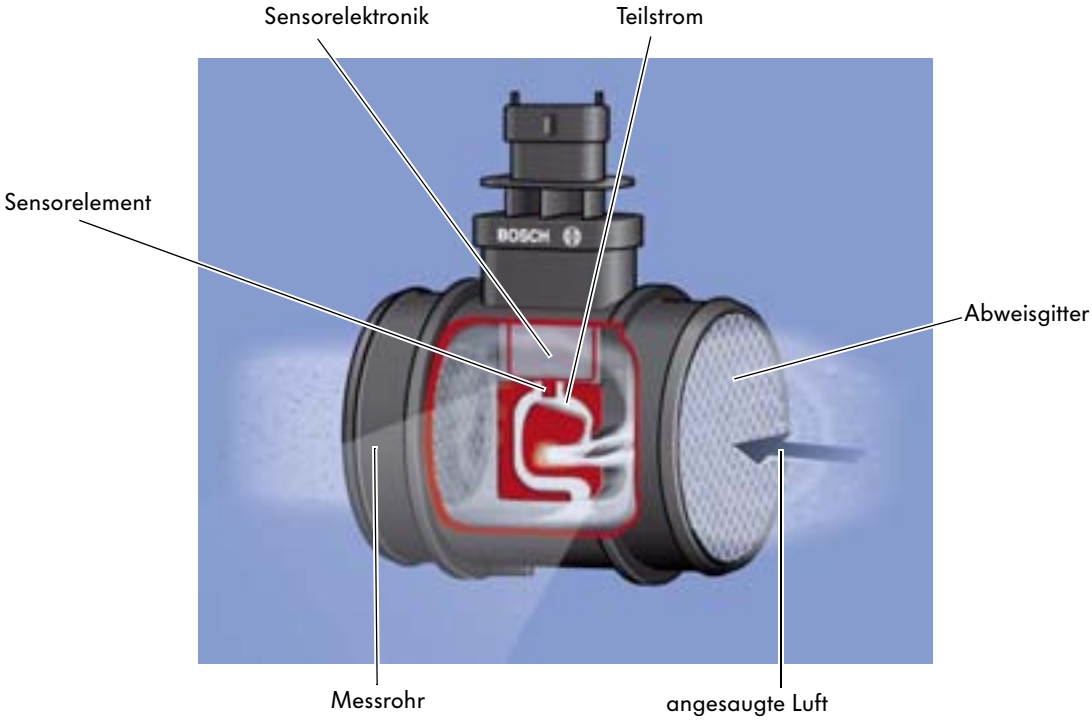
S358_016

Aufbau

Der Heißfilm-Luftmassenmesser HFM 6 besteht aus:

- dem Messrohr und
- der Sensorelektronik mit Sensorelement.

Die Messung der Luftmasse erfolgt in einem Teilstrom (Bypass). Durch den speziellen Aufbau kann der Luftmassenmesser die angesaugte und die rückströmende Luftmasse messen.



Gelangen Schmutzpartikel, Motoröldämpfe und Luftfeuchtigkeit zum Sensorelement wird das Messergebnis verfälscht. Aus diesem Grund ist bei der Konstruktion des Messrohrs und des Abweisgitters besonders darauf geachtet worden, dass diese Verunreinigungen nicht zur Sensorelektronik gelangen.

Sensorelement

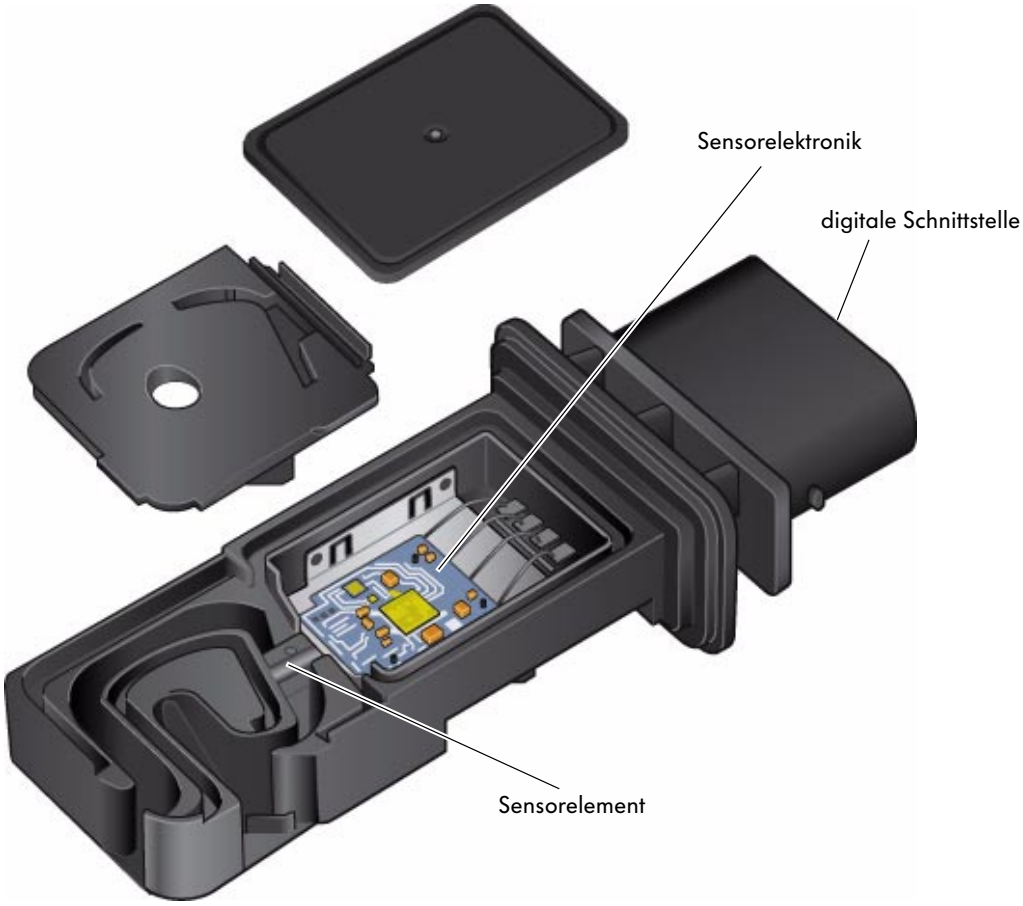
Aufbau

Der neue Luftmassenmesser arbeitet wie seine Vorgänger nach einem thermischen Messprinzip.

Er besteht aus folgenden Hauptbauteilen:

- dem mikromechanischen Sensorelement mit Rückströmerkennung und Ansauglufttemperatursensor;
- einer Sensorelektronik, das eine digitale Signalverarbeitung beinhaltet
- und einer digitalen Schnittstelle.

Gegenüber den bisher genutzten Luftmassenmessern ist bei der neuen Generation durch die digitale Schnittstelle die Auswertung des Signals im Motorsteuergerät genauer und stabiler.



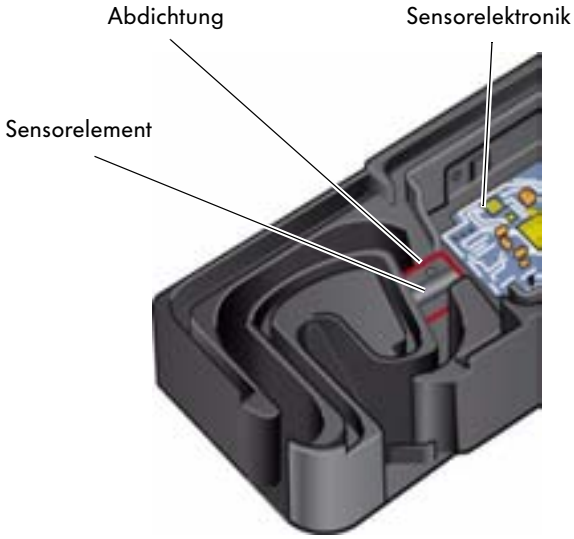
S358_001

Digitale Signalverarbeitung

Gegenüber den Vorgängermodellen sendet der Luftmassenmesser HFM 6 ein digitales Signal zum Motorsteuergerät. Bisher bekam das Motorsteuergerät ein analoges Signal, bei dem, mit zunehmender Alterung, Übergangswiderstände das Signal verfälscht haben.

Bypasskanal

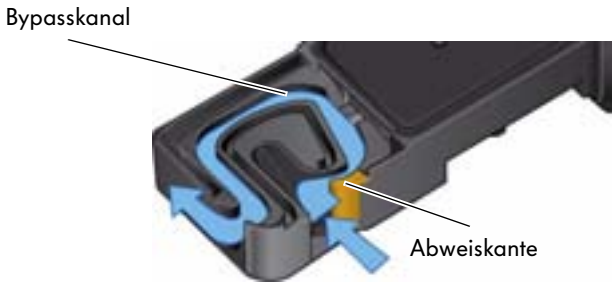
Der Bypasskanal ist gegenüber dem Vorgängermodell HFM 5 störmungsoptimiert.
Der zur Luftmassenmessung benötigte Teilstrom wird hinter der Abweiskante in den Bypasskanal gesaugt.



S358_013

Sensorstabilität

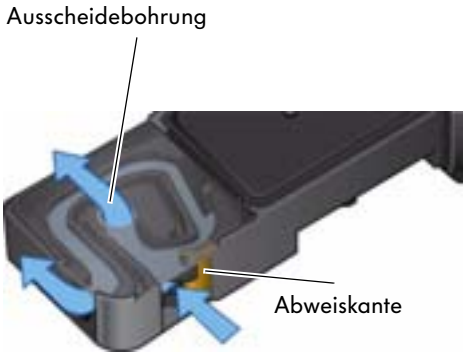
Der Bypasskanal ist durch Verklebungen und Abdichtungen des Sensorelements vollständig von der Sensorelektronik getrennt. Außerdem ist das Material des Sensorelements verstärkt worden.
Durch diese Maßnahme wird eine erhöhte Sensorrobustheit erreicht.



S358_008

So funktioniert es:

Durch die Konstruktion der Abweiskante entsteht hinter ihr ein Unterdruck.
Durch diesen Unterdruck wird der zur Luftmassenmessung benötigte Teilluftstrom in den Bypasskanal gesaugt. Die trägen Schmutzpartikel können dieser schnellen Bewegung nicht folgen und werden über die Ausscheidebohrung wieder der Ansaugluft zugeführt.
So können die Schmutzpartikel das Messergebnis nicht verfälschen und das Sensorelement nicht beschädigen.



S358_012

Sensorelement

Messverfahren

An der Sensorelektronik befindet sich das Sensorelement.
Das Sensorelement ragt in den zur Luftmassenmessung abgenommenen Teilluftstrom hinein.

Auf dem Sensorelement befinden sich:

- ein Heizwiderstand,
- zwei temperaturabhängige Widerstände R1 und R2 und
- ein Ansaugluftemperatursensor.

So funktioniert es:

Das Sensorelement wird in der Mitte durch den Heizwiderstand auf 120 °Celsius über der Ansaugluftemperatur aufgeheizt.

Funktionsbeispiel:

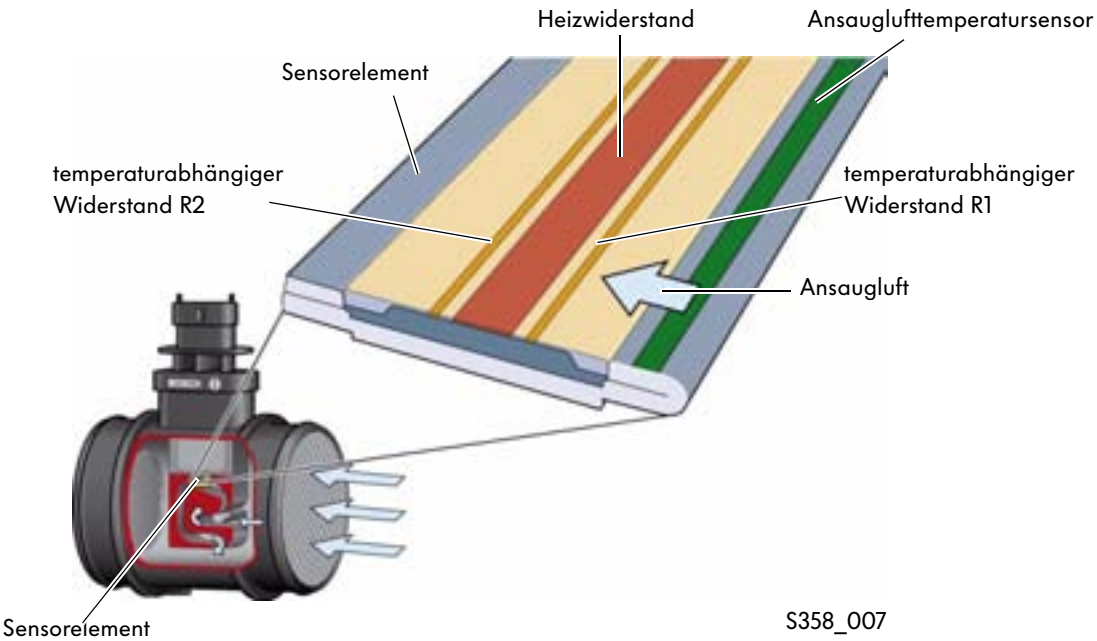
Ansaugluftemperatur 30 °C
Heizwiderstand wird auf 120 °C aufgeheizt
gemessene Temperatur 120 °C + 30 °C = 150 °C

Bedingt durch die Entfernung zum Heizwiderstand fällt die Temperatur des Sensorelements zum Rand hin ab.

Messbeispiel:

Ansaugluftemperatur:	30 °C
Temperatur am Sensorelementrand:	30 °C
Heizwiderstand:	150 °C
Temperatur an R1 und R2 ohne Ansaugluftstrom:	90 °C
Temperatur an R1 mit Ansaugluftstrom:	50 °C
Temperatur an R2 mit Ansaugluftstrom:	bleibt bei ca. 90 °C

Durch den Temperaturunterschied an R1 und R2 erkennt das Elektronikmodul die angesaugte Luftmasse und die Strömungsrichtung der Luft.



Rückströmerkennung

Bei geschlossenen Einlassventilen prallt die angesaugte Luft an ihnen ab und strömt zum Luftmassenmesser zurück. Wird sie nicht als Rückströmung erkannt, verfälscht sie das Messergebnis.

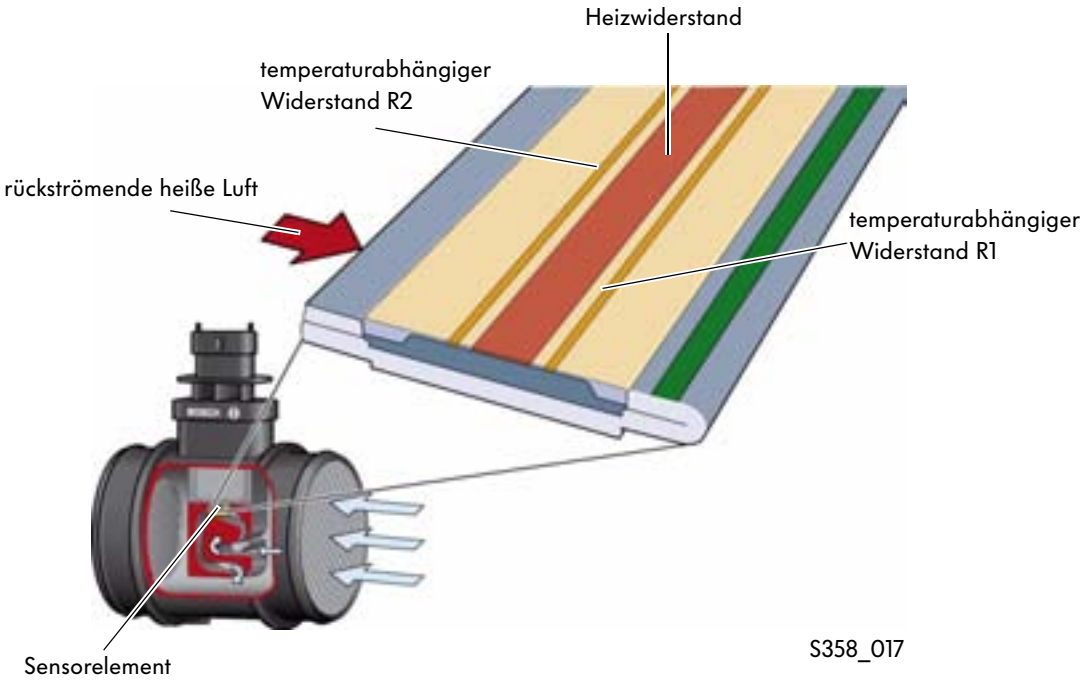
So funktioniert es:

Die rückströmende Luft trifft auf das Sensorelement und strömt zuerst über den temperaturabhängigen Widerstand R2, anschließend über den Heizwiderstand und dann über den temperaturabhängigen Widerstand R1.

Beispiel:

Ansaugluftemperatur:	30 °C
Heizwiderstand:	150 °C
Temperatur an R2:	50 °C
Temperatur an R1:	90 °C

Durch den Temperaturunterschied an R1 und R2 erkennt das Elektronikmodul die rückströmende Luftmasse und die Strömungsrichtung der Luft.

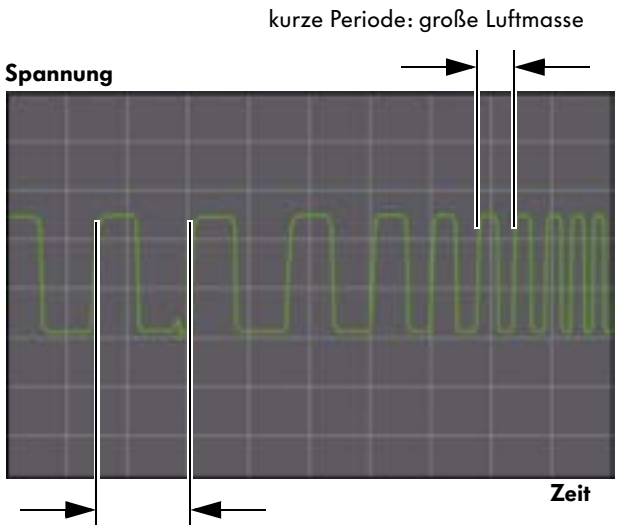


Sensorelement

Übertragung des Luftmassensignals zum Motorsteuergerät

Der Luftmassenmesser sendet ein digitales Signal der gemessenen Luftmasse als Frequenz zum Motorsteuergerät. Aus der Periodenlänge kann das Motorsteuergerät die gemessene Luftmasse erkennen.

Frequenzsignal



S358_018

Vorteil:

Die digitalen Botschaften sind unanfälliger gegen Störungen als analoge Leitungsverbindungen.

Signalverwendung

Benzinmotor

Die angesaugte Luftmasse benötigt das Motorsteuergerät zur genauen Berechnung der lastabhängigen Funkionen.

Dieselmotor

Die gemessenen Werte werden vom Motorsteuergerät zur Berechnung der Abgasrückführungsmenge und der Einspritzmenge benötigt.

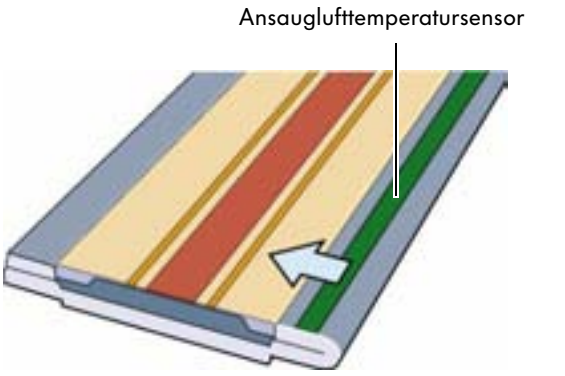
Auswirkung bei Signalausfall

Benzinmotor und Dieselmotor

Bei Ausfall des Luftmassenmessers verwendet das Motorsteuergerät ein Ersatz-Luftmassenmodell, das für diesen Fall im Motorsteuergerät abgelegt ist.

Ansauglufttemperatursensor für Sensorelement

Der Ansauglufttemperatursensor befindet sich auf dem Sensorelement, dieses erkennt dadurch die aktuelle Ansauglufttemperatur.



S358_009

Signalverwendung

Der Ansauglufttemperatursensor dient zur Bewertung der Temperaturen innerhalb des Luftmassenmessers.

Hinweise:

Zur Erkennung der Ansauglufttemperatur hat das Motormanagement einen eigenen unabhängigen Sensor.

Der 3,2l-V6-FSI-Motor und der 3,6l-V6-FSI-Motor haben zur Erkennung der Ansauglufttemperatur den Ansauglufttemperatursensor G42.

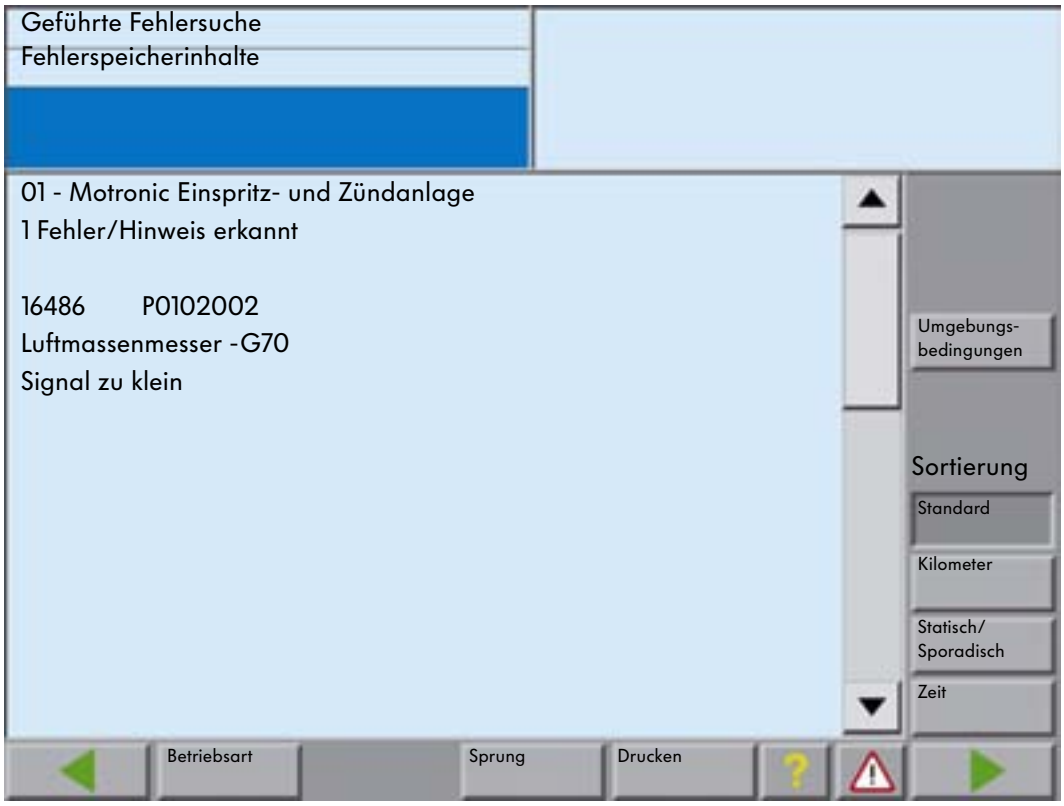
Beim 2,5l-R5-TDI-Motor dient zur Erkennung der Ansauglufttemperatur der Ansauglufttemperatur-geber G42. Er befindet sich zusammen mit dem Ladedruckgeber G31 in einem Bauteil.

Diagnose

Fehlerspeicher

Die Funktion des Luftmassenmessers wird durch einen Fehlerspeicher im Motorsteuergerät J623 überwacht.

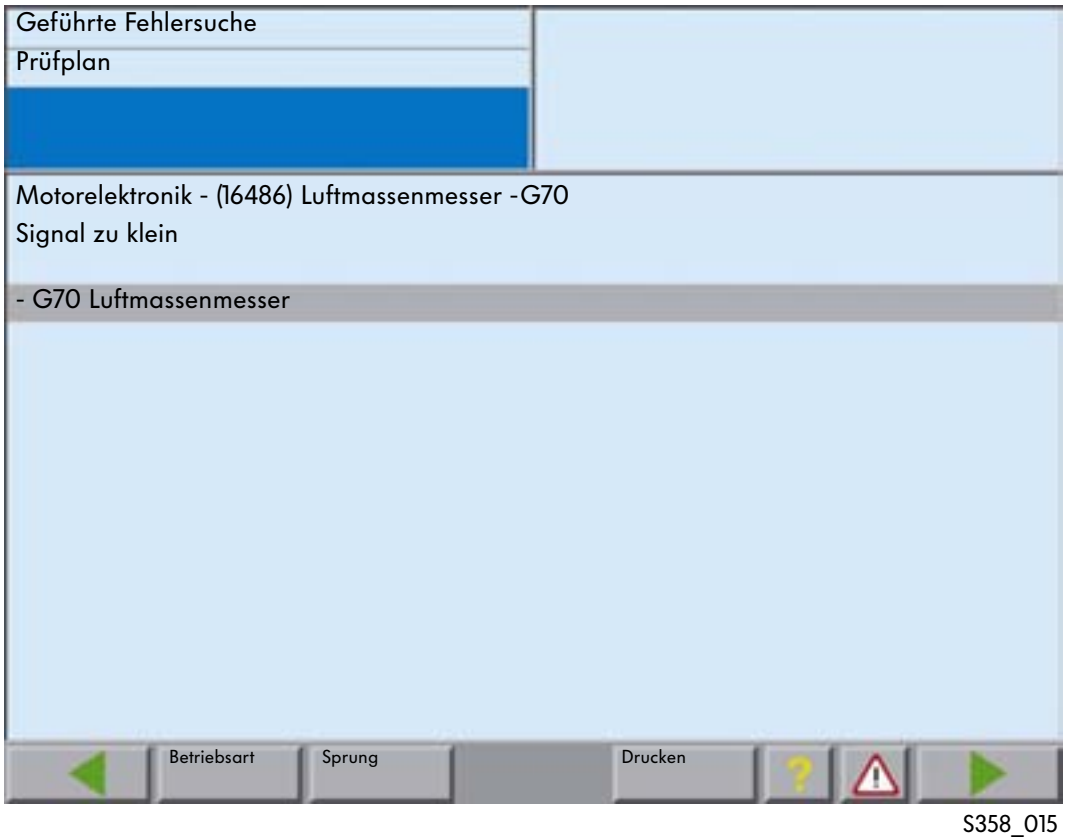
Tritt während des Betriebs eine Funktionsstörung auf, erfolgt ein Eintrag im Fehlerspeicher.



S358_014

Prüfplan

Abhängig vom Eintrag im Fehlerspeicher wird ein System-Prüfplan aufgerufen. In diesem Prüfplan werden die einzelnen Schritte zur Diagnose beschrieben.



S358_015

Der Luftmassenmesser ist wartungsfrei.
Die erforderlichen Reparaturmaßnahmen bei einer Fehlfunktionen sind in der Geführten Fehlersuche enthalten.

Prüfen Sie Ihr Wissen

1. Welche Aussage im Bezug auf die Luftdichte ist richtig?

- ☐ a) Eine geringe Luftdichte entspricht einer geringen Luftmasse.
- ☐ b) Eine hohe Luftdichte entspricht einer hohen Luftmasse.
- ☐ c) Eine geringe Luftdichte entspricht einer hohen Luftmasse.
- ☐ d) Die Luftdichte und Luftmasse sind unabhängig voneinander.

2. Welche Aussage ist richtig?

Für die optimale Verbrennung von einem 1 kg Kraftstoff benötigt ein Verbrennungsmotor

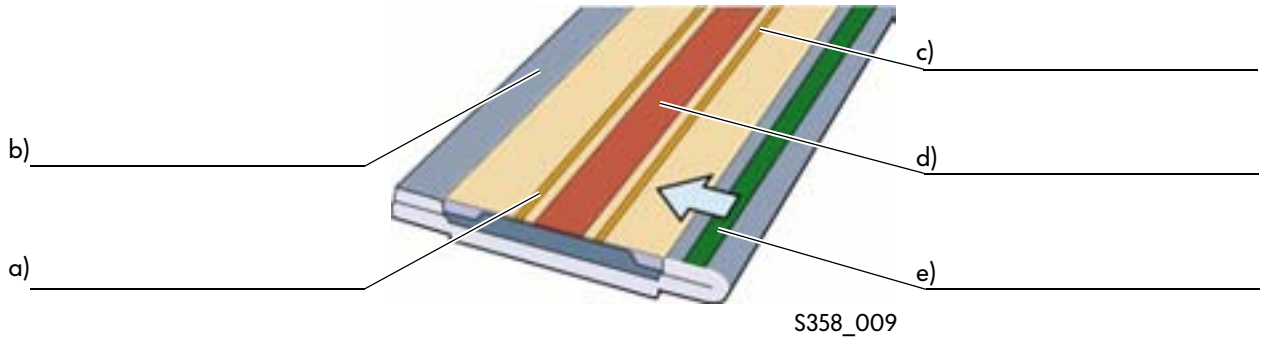
- ☐ a) 1 kg Luft
- ☐ b) 7,4 kg Luft
- ☐ c) 14,7 kg Luft
- ☐ d) 17,4 kg Luft

3. Bezeichnen Sie die Bauteile.



S358_006

4. Bezeichnen Sie die Bauteile.



5. Durch welche Bauteile erkennt der Luftmassenmesser rückströmende Luft?

- ☐ a) durch den temperaturabhängigen Widerstand R2
- ☐ b) durch den Heizwiderstand
- ☐ c) durch den Ansauglufttemperatursensor G42
- ☐ d) durch den temperaturabhängigen Widerstand R1

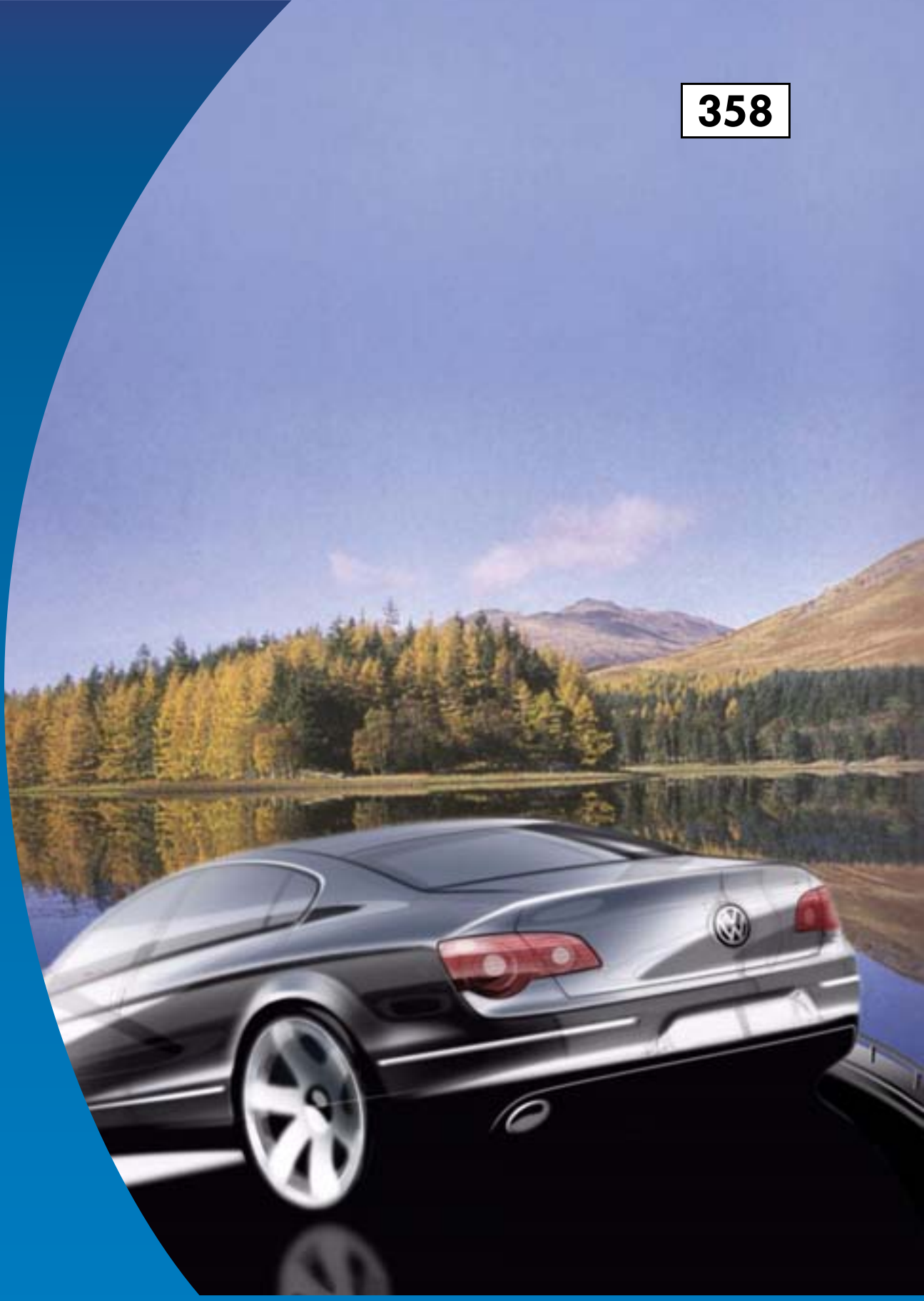
Glossar

Erklärung der chemischen Zeichen

- CO Kohlenmonoxid
- HC Kohlenwasserstoffe
- NOx Stickstoffoxide
- PM Partikel

Lösungen:
1 a, b; 2 c; 3 a: Sensorelement, b: Teillufstrom c: Messrohr d: angesaugte Luft;
4 a: Temperaturabhängiger Widerstand R2, b: Sensorelement, c: Temperaturabhängiger Widerstand R1, d: Heizwiderstand,
e: Ansaugluftemperaturfühler; 5 a, d

358



© VOLKSWAGEN AG, Wolfsburg
Alle Rechte sowie technische Änderungen vorbehalten.
000.2811.72.00 Technischer Stand 02.2007

Volkswagen AG
Service Training VSQ-1
Brieffach 1995
38436 Wolfsburg

Dieses Papier wurde aus chlorfrei gebleichtem Zellstoff hergestellt.