

Alles über Lambda-Sonden

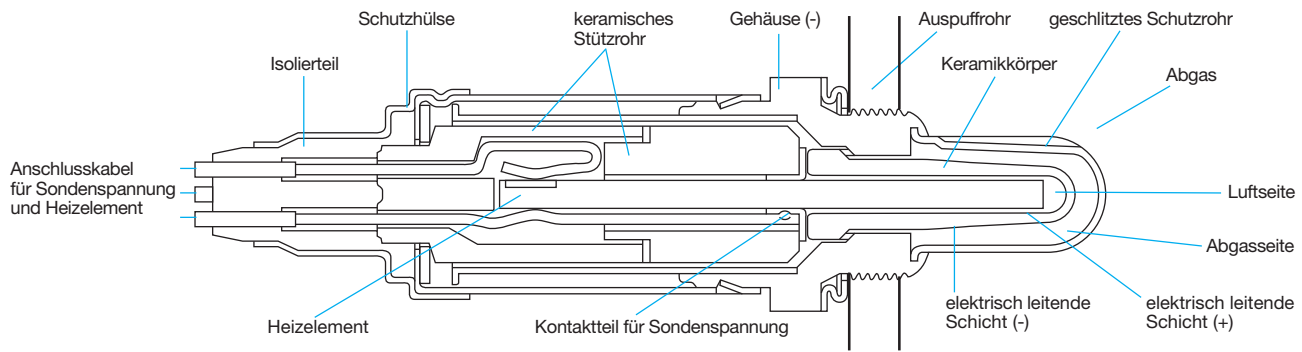
Technische
Information
Nr. 03

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	3
Das Prinzip der vergleichenden Sauerstoffmessung	4
Aufbau und Funktion einer Lambda-Sonde	4
Sondenheizung und Verkabelung	5
Grundprinzip der Lambda-Regelung	5
Prüfung der Lambda-Sonde	6–8
Der geschlossene Regelkreis	6
Check der Lambda-Sonde	7
Fehlersuche bei der Lambda-Regelung	7
Überprüfung der Lambda-Regelung im offenen Regelkreis	8
Vergleich einer neuen Lambda-Sonde mit einer gealterten	9
Schadstoffumwandlung	10
Überwachung und Analyse des Katalysatorzustandes	10
Typische Defekte an Lambda-Sonden	11
Selbsttest	12–13
Auflösung des Selbsttests	14–15



Schnitt durch eine Lambda-Sonde



Zur einwandfreien Verbrennung des Benzins im Ottomotor sind je Kilogramm Benzin etwa 14 kg Luft, also ungefähr 11 Kubikmeter, erforderlich. Das Verhältnis der tatsächlich benötigten Luftmenge zum theoretischen Luftbedarf bezeichnet man als Lambda-Wert (Formelzeichen λ). Die Angabe „ $\lambda=1$ “ bedeutet also, dass die Luftmenge zugeführt wird, die für die Verbrennung optimal ist. Zu berücksichtigen ist jedoch, dass der Ottomotor seine höchste Leistung bei 0–10 % Luftmangel (also bei $\lambda=0,9$ bis $\lambda=1,0$) erbringt – und der geringste Kraftstoffverbrauch bei etwa 10 % Luftüberschuss (also $\lambda \approx 1,1$) erreicht wird.

Beim Kraftstoff-Luft-Gemisch wird zwischen „fetttem Gemisch“ (mit einem relativ hohen Anteil an Kraftstoff) und „magerem Gemisch“ (mit einem relativ hohen Anteil an Luft) unterschieden. In den Abgasen eines sehr fetten Gemisches ist der Anteil von Kohlenmonoxid und Kohlenwasserstoff sehr hoch und sinkt mit größer werdendem Lambda-Wert ab. Der Stickstoffanteil ist bei einem fetten Gemisch relativ gering und erreicht erst bei $\lambda=1$ seinen Höchstwert. Beim mageren Gemisch hingegen ist der Luftanteil und damit auch der Sauerstoffanteil im Abgas relativ hoch.

Bei einem optimalen Katalysator wird der Kohlenmonoxidanteil durch Oxidation mit Sauerstoff zu Kohlendioxid umgewandelt. Allerdings würde so für die Umwandlung von Stickstoffmonoxid in elementaren Stickstoff zu wenig CO übrig bleiben. Die katalytische Abgasreinigung ist also nicht nur eine Frage des geeigneten Katalysators, sondern auch eine der jeweils optimalen Abgaszusammensetzung.

Hierfür wurde der Dreiwegekatalysator entwickelt. Er setzt Kohlenmonoxid, Kohlenwasserstoffe und Stickoxide in einem Reaktor gleichzeitig um. Die hierzu erforderliche Abgaszusammensetzung wird durch eine elektronisch geregelte Aufbereitung des Kraftstoff-Luft-Gemisches erzielt.

Voraussetzung hierfür ist eine permanente Messung des Sauerstoffanteils im Abgas. Diese Messung wird von der Lambda-Sonde vorgenommen.

Der ermittelte Messwert gibt an, wie vollständig bzw. unvollständig das Kraftstoff-Luft-Gemisch im Motor verbrennt.

Die Lambda-Sonde ermittelt die Abgaskonzentration durch eine vergleichende Sauerstoffmessung: Der Sauerstoffgehalt der Außenluft wird mit dem Restsauerstoff im Abgas verglichen. Diese Unterschiede werden über ein Spannungssignal an das Steuergerät weitergegeben. Das Steuergerät korrigiert dann Zündung und Einspritzung entsprechend.

Durch die starke Belastung der Lambda-Sonde im Abgasstrom ist diese einem natürlichen Verschleiß unterworfen.

Bei der im festgelegten Turnus stattfindenden Abgasuntersuchung wird die Funktion der Lambda-Sonde gemessen und ein eventueller Verschleiß festgestellt. Spätestens nach einer Laufleistung von ca. 50.000 km (unbeheizte Sonde) bis ca. 100.000 km (beheizte Sonde) sollte.

Montagehinweise Lambdasonden



Wichtig: Das richtige Werkzeug zur Demontage / Montage der Lambda-Sonden. Empfohlenes Anzugsdrehmoment: 50 Nm

Lambdasonden sind extremen Beanspruchungen ausgesetzt: Um störungsfreie Funktion sicherzustellen, empfehlen wir die Sonde alle 30.000 km zu prüfen, **BERU Tester 0 810 800 002 (OST 02)**. Eine defekte Lambdasonde führt zu deutlich erhöhtem Kraftstoffverbrauch (ca. 15%), unrundem Motorlauf, erhöhten Abgaswerten und Rußausstoß. Die Gefahr, dass der Katalysator beschädigt wird ist groß. Das Verrußen der Zündkerze kann auf eine defekte Sonde hinweisen.



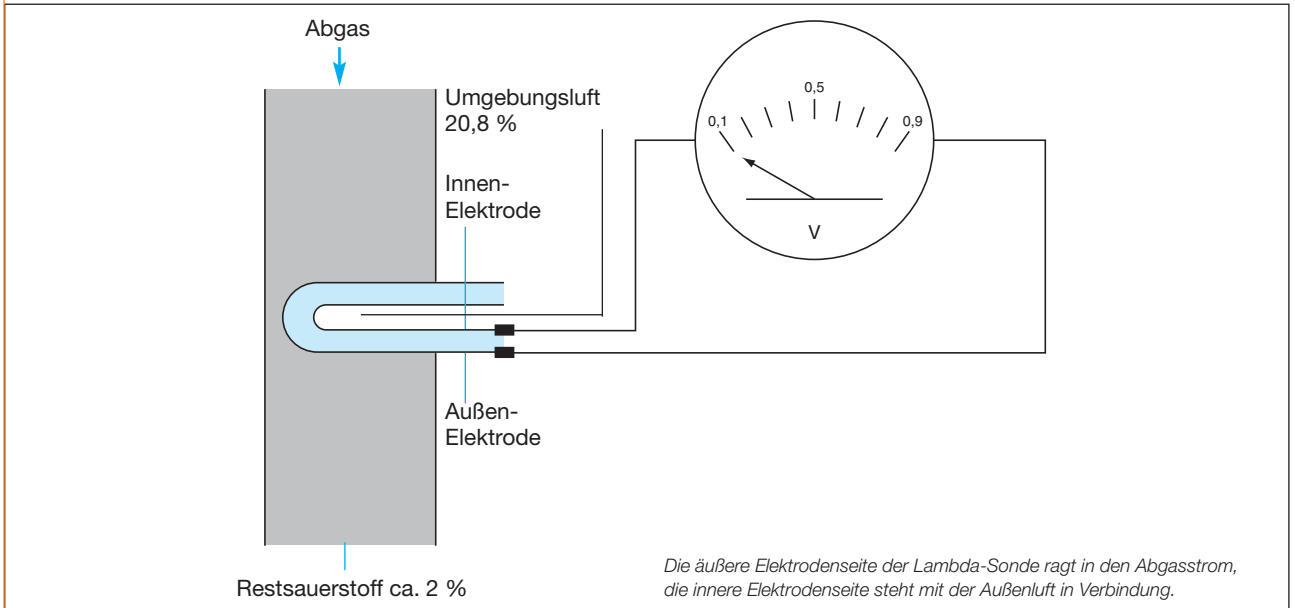
Das Prinzip der vergleichenden Sauerstoffmessung

Der Sauerstoffgehalt der Umgebungsluft liegt normalerweise bei 20,8 %. Dieser Referenzwert wird mit dem Restsauerstoff an der Lambda-Sonde verglichen.

Befindet sich im Abgasstrom ein Restsauerstoffgehalt von 2 % („mageres Gemisch“), entsteht aufgrund der Differenz zum Umgebungssauerstoff eine Spannung von ca. 0,1 Volt.

Sind weniger als 2 % Restsauerstoff im Abgasstrom enthalten („fettes Gemisch“), macht sich diese erhöhte Differenz zum Außensauerstoff durch eine SONDENSPIGUNG von ca. 0,9 Volt bemerkbar.

*Beispiel: Rest $O_2 = 2\%$ Außen-
elektrode sitzt im Abgasstrom
(Rest $O_2 = 2\%$)
Innenelektrode ist mit der Umge-
bungsluft verbunden ($O_2 = 20,8\%$)*



Aufbau und Funktion einer Lambda-Sonde

Die Lambda-Sonde besteht im Wesentlichen aus einem Spezialkeramikkörper, dessen Oberflächen mit gasdurchlässigen Platinelektroden versehen sind. Die Wirkung der Sonde beruht auf zweierlei physikalischen Faktoren: Zum einen ist das keramische Material porös und lässt so eine Diffusion des Luftsauerstoffes zu, zum anderen wird die Keramik bei Temperaturen von ca. 300 °C leitend. Auf beiden Seiten der Elektroden wird der Sauerstoffgehalt der Luft gemessen. Schwankt die Differenz, so entsteht an den Elektroden eine elektrische Spannung, die sich im Minivoltbereich bewegt.

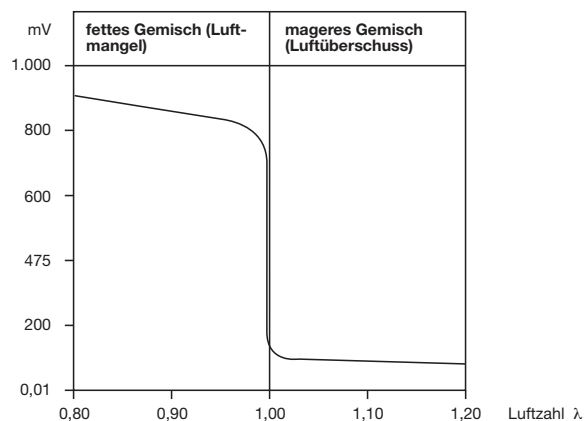
Bei Lambda-Sonden gibt es verschiedene Funktionsweisen: Titanoxid-Sonden verändern den Widerstand, Zirkonium-Sonden verändern die Spannung. Da zumeist Letztere eingesetzt werden, sind diese im Weiteren beschrieben.

In einem Stahlgehäuse ist ein Keramikkörper (Festelektrolyt) eingebracht. Der äußere Teil des Keramikkörpers befindet sich im Abgasstrom, der innere Teil steht mit der Außenluft in Verbindung.

Die Elektrodenwanderung verursacht einen sprunghaften Anstieg der SONDENSPIGUNG. Dieser Spannungssprung wird als Lambda-Regelung benutzt.

*Lambda < 1 = fettes Gemisch
U-Lambda ca. 0,9 Volt*

*Lambda > 1 = mageres Gemisch
U-Lambda ca. 0,1 Volt*



Sondenheizung und Verkabelung

Um die Sonde nach dem Motorstart schnell auf Betriebstemperatur zu bringen, werden beheizte Sonden eingesetzt. Diese weisen nicht nur einen, sondern drei bzw. vier elektrische Anschlüsse auf.

Bei Sonden mit drei elektrischen Anschlüssen wird die Masse für das Heizelement herausgeführt. Bei Sonden mit vier Anschlüssen sind Signalmasse und Heizelementmasse getrennt. Dadurch werden Störungen vermieden, die durch Korrosion und Dichtungen an den Masseverbindungen auftreten können.

- Lambda-Sonde mit 1 Kabel
Kabelfarbe:
Schwarz = Signal für Steuergerät
- Lambda-Sonde mit 3 Kabeln
Kabelfarben:
Schwarz = Signal für Steuergerät
2 x Weiß = Spannungsversorgung für Sondenheizung
- Lambda-Sonde mit 4 Kabeln
Kabelfarben:
Schwarz = Signal für Steuergerät
2 x Weiß = Spannungsversorgung für Sondenheizung
Grau = Masse

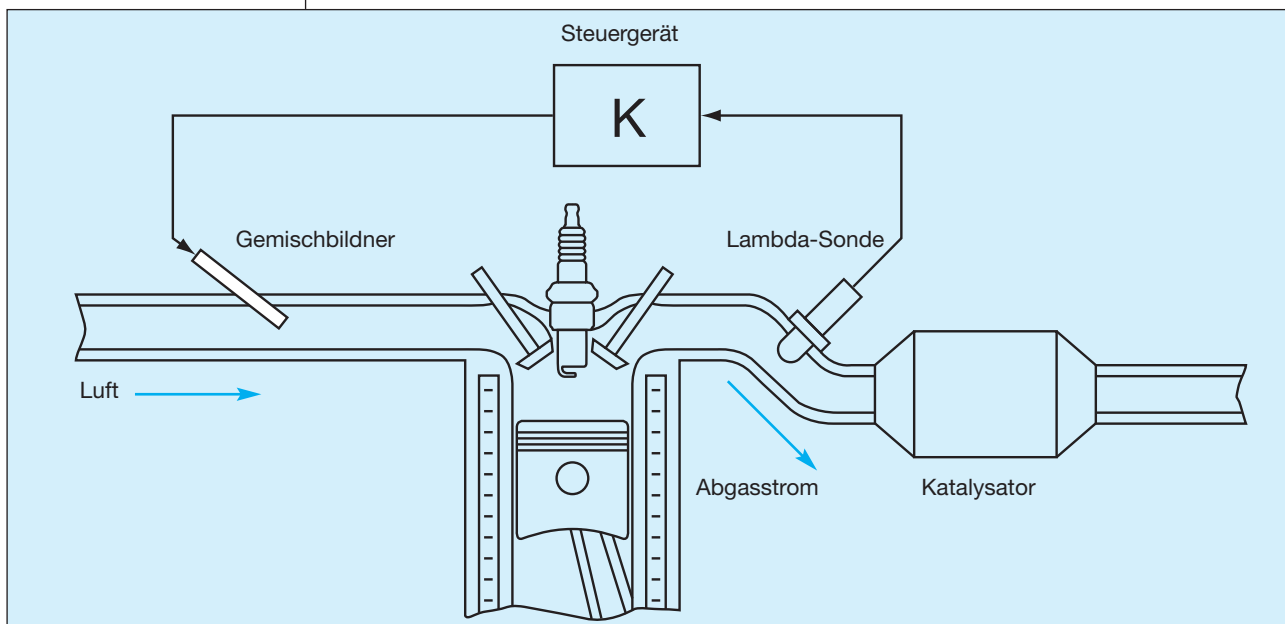


Grundprinzip der Lambda-Regelung

Wenn die Lambda-Sonde an das Steuergerät „mageres Gemisch“ meldet, fettet das Steuergerät das Gemisch an.

Wenn die Lambda-Sonde an das Steuergerät „fettes Gemisch“ meldet, magert das Steuergerät das Gemisch ab.

Damit die Gemischzusammensetzung sich permanent im Lambda-Fenster bewegt (d. h. in dem Bereich, der für die optimale Wirkung des Katalysators erforderlich ist), wird die Lambda-Sonde vor dem Katalysator ins Abgasrohr gebaut. Sie gibt die Information, ob die Luftzahl Lambda größer oder kleiner 1 ist, an das Steuergerät und beeinflusst durch den Gemischbildner die Gemischzusammensetzung und somit die Luftzahl Lambda.



Prüfung der Lambda-Sonde

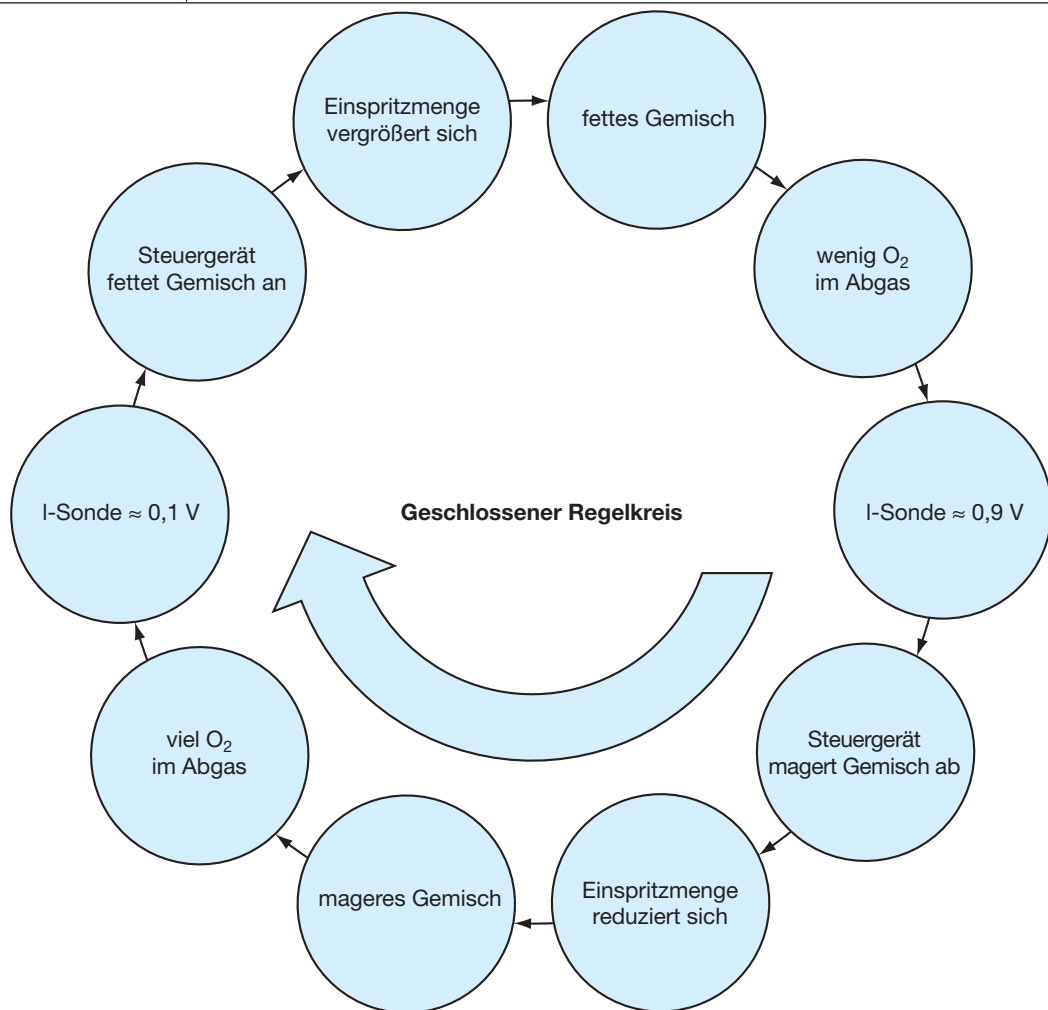
Der geschlossene Regelkreis

Damit die Lambda-Sonde ihre Anspringtemperatur von ca. 250–300 °C erreicht, müssen Motor und Sonde betriebswarm sein. Anschließend den Kupplungsstecker der Lambda-Sonde vom Steuergerät trennen, den passenden Adapterstecker dazwischen stecken und die Verbindung zum Steuergerät wieder herstellen.

Die Funktion der Lambda-Sonde wird mittels eines Voltmeters gemessen – wir empfehlen ein Voltmeter mit Analoganzeige, da hier die Spannungssprünge besser abzulesen sind.

Bei betriebswarmem Motor und betriebswarmer Sonde muss das Voltmeter zwischen 0,1 und 0,9 Volt hin und her pendeln.

Somit wird der geschlossene Regelkreis sichtbar gemacht: Beträgt die Spannung am Voltmeter 0,1 Volt, befindet sich ein mageres Gemisch im Abgasrohr und die Sonde gibt dem Steuergerät das Signal anzufetten. Zeigt das Voltmeter 0,9 Volt an, befindet sich ein fettes Gemisch im Abgasrohr, die Sonde gibt dem Steuergerät das Signal zur Abmagerung.

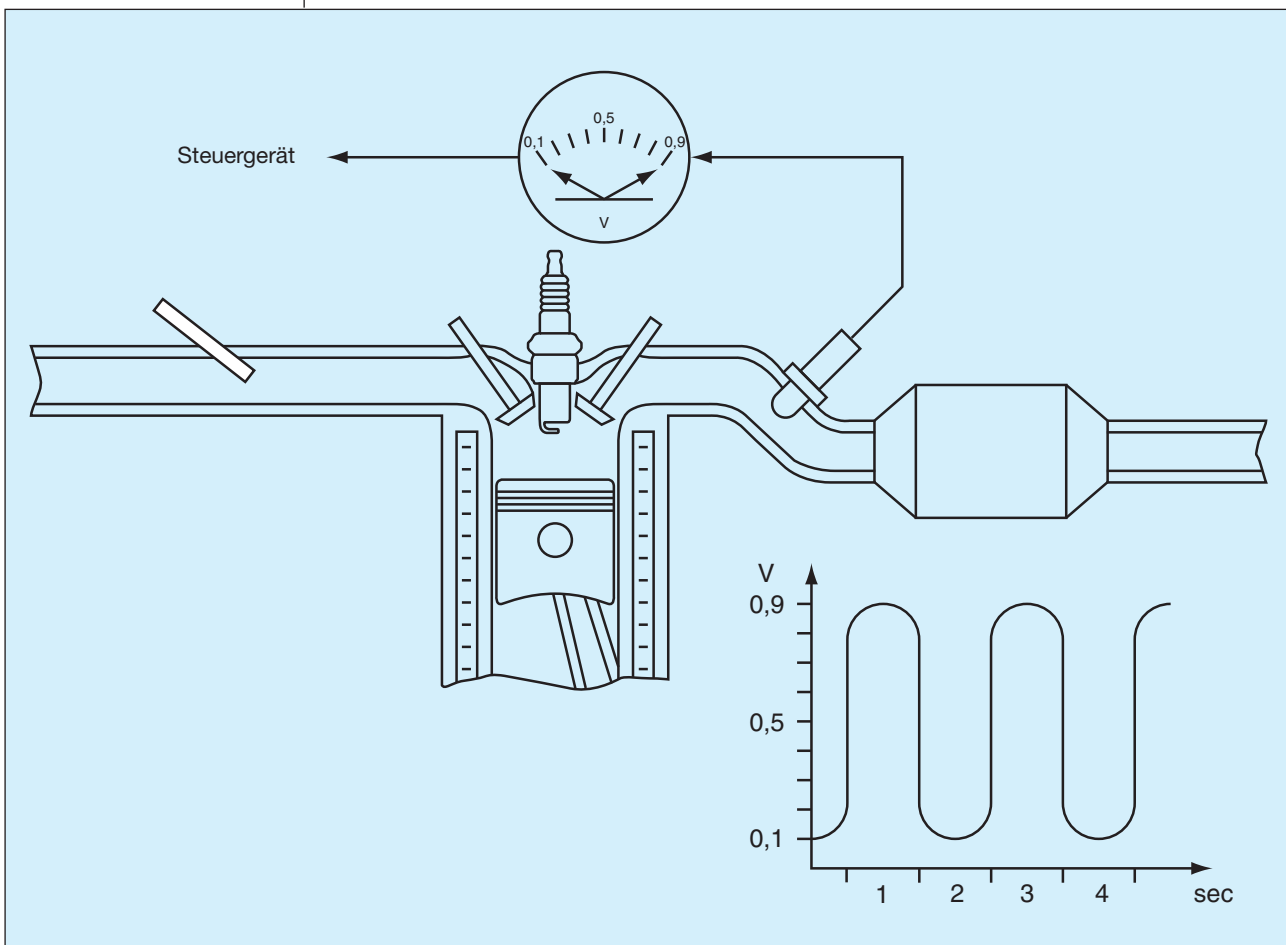


Check der Lambda-Sonde

Mit zunehmender Laufleistung wird die Platinbeschichtung der Sonde durch chemische und thermische Abnutzung inaktiv. Die abgegebene Spannung bewegt sich dann hin zu niedrigen Spannungswerten. Wenn die Referenzspannung von 0,5 Volt nicht mehr überschritten wird, wird auch die Information „fettes Gemisch“ nicht mehr an das Steuergerät gegeben – und das Steuergerät fettet ständig an.

Auch kann die Sondenheizung ausfallen. Die Folge ist ein stark verzögertes Erreichen der Betriebstemperatur – und somit ein Ausfall der Regelung über weite Betriebsbereiche wie Kurzstrecken und Leerlauf.

Schwankt die Spannung zwischen 0,1 und 0,9 Volt? Dann ist die Sonde in Ordnung.



Fehlersuche bei der Lambda-Regelung

Die elektrische Überprüfung der Lambda-Regelung erfolgt im geschlossenen Regelkreis. Voraussetzung für die Prüfung:

- Der Motor muss betriebswarm sein.
- Die Lambda-Sonde muss betriebswarm sein (ca. 250 °C) und diese Information muss dem Steuergerät vorliegen. (Achtung: Defekte am Kühlmitteltemperaturfühler können, besonders bei einer Unterbrechung, dazu führen, dass das Steuergerät Fehlinformationen – wie beispielsweise „Motortemperatur unter 70 °C“ – erhält.)

- Falls eine Sondenheizung vorhanden, muss diese angeschlossen und funktionsfähig sein.
- Benötigt wird ein analoges Voltmeter.

Vorgehensweise:

Motor warm fahren, Kupplungsstecker zwischen Lambda-Sonde und Steuergerät lösen, Adapterstecker dazwischen stecken. (Unser Tipp: Falls kein Adapter vorhanden, können Sie mittels handelsüblichen Verbindern einen anfertigen.)

Überprüfung der Lambda-Regelung im offenen Regelkreis

Ist bei der Prüfung der Lambda-Regelung im geschlossenen Regelkreis ein Fehler aufgetreten, muss zunächst untersucht werden, ob alle Voraussetzungen (wie Motortemperatur, Sonden­temperatur, Temperaturfühler usw.) den Vorgaben entsprechen. Ist dies der Fall, bietet sich eine elektrische Stör­größenaufschaltung an. Dabei wird dem Steuergerät durch eine äußere Spannungsquelle eine Spannung vorgegeben, die ihm ein mageres oder fettes Gemisch simuliert. Sind Steuergerät und Kabelverbindungen in Ordnung, wird das Steuergerät versuchen, entsprechend der Vorgabe das Gemisch zu verändern.

Dieser Vorgang kann leicht mit dem Abgasmessgerät oder akustisch festgestellt werden: Beim Anfetten läuft der Motor runder, beim Abmagern neigt er zum Rucken. Entsprechend ändert die funktionsfähige Lambda-Sonde ihre Spannung.

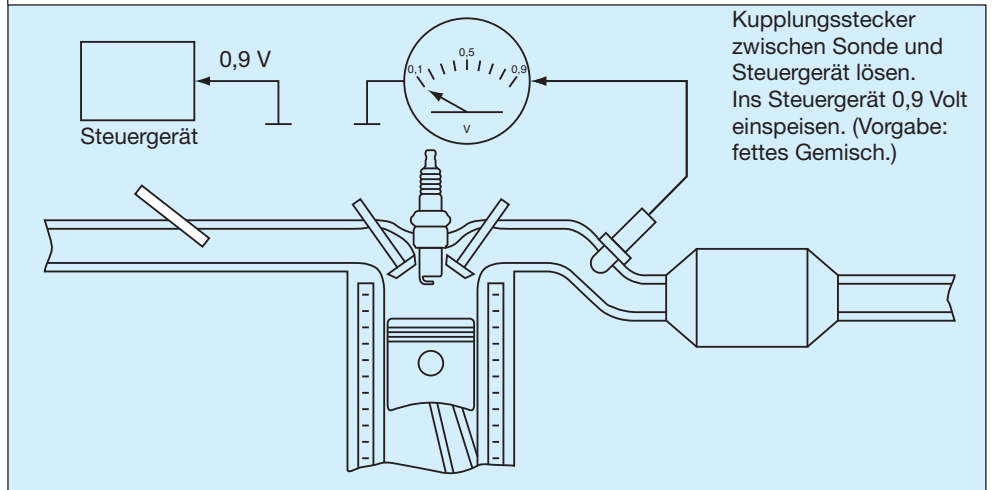
Vorgabe: fettes Gemisch

Das Steuergerät versucht abzumagern. Der Motorlauf wird unrunder. Die Sonden­spannung muss sich bei 0,1 Volt einpendeln.

Ändert sich der Motorlauf nicht? Dann überprüfen Sie Temperaturfühler, Kabelbaum und Steuergerät. Defekte Teile austauschen!

Ändert sich die Sonden­spannung nicht? Eventuell ist die Sonde zu kalt – dann warm fahren.

Taucht der Fehler trotz warmer Sonde noch immer auf? Dann ist die Sonde defekt, die Sonden­heizung funktioniert nicht mehr – oder es liegt ein Massefehler vor. In jedem dieser Fälle unbedingt Sonde austauschen!



Vorgabe: mageres Gemisch

Das Steuergerät versucht anzufetten, der Motorlauf wird runder. Die Sonden­spannung muss ca. 0,9 Volt betragen.

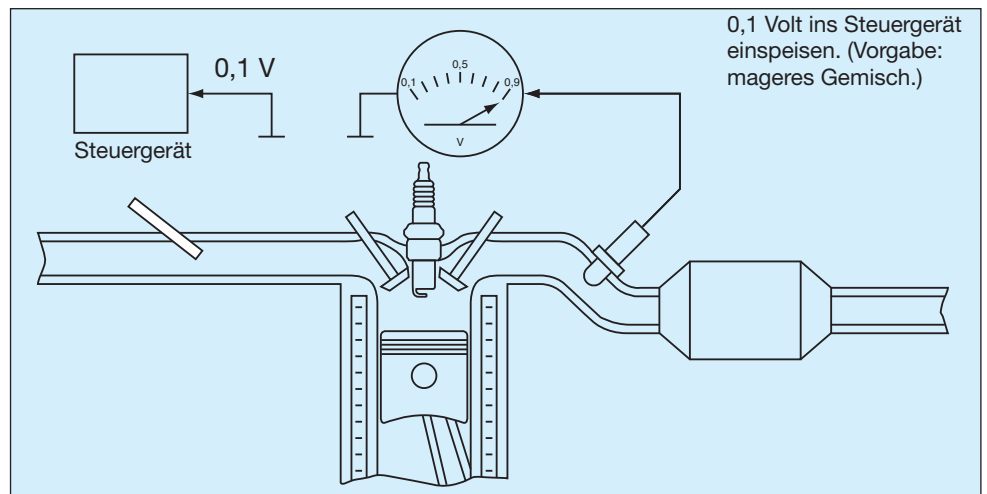
Ändert sich der Motorlauf nicht? Dann überprüfen Sie Temperaturfühler, Kabelbaum und Steuergerät. Defekte Teile austauschen!

Ändert sich die Sonden­spannung nicht? Eventuell ist die Sonde zu kalt – dann warm fahren.

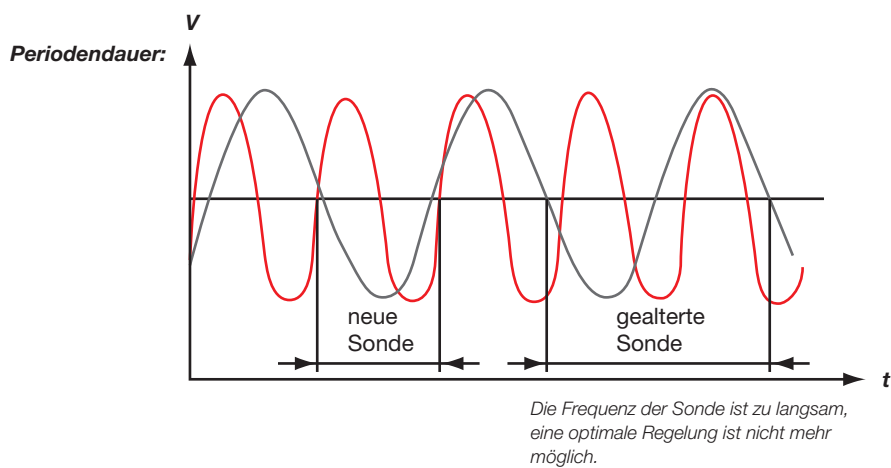
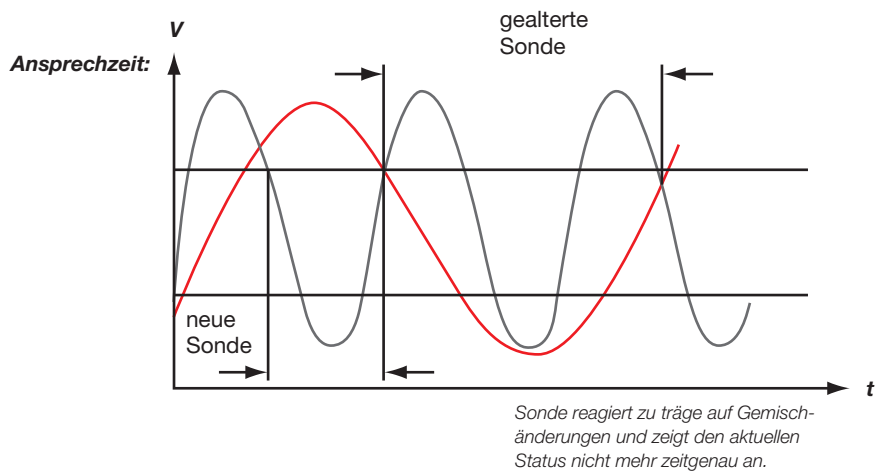
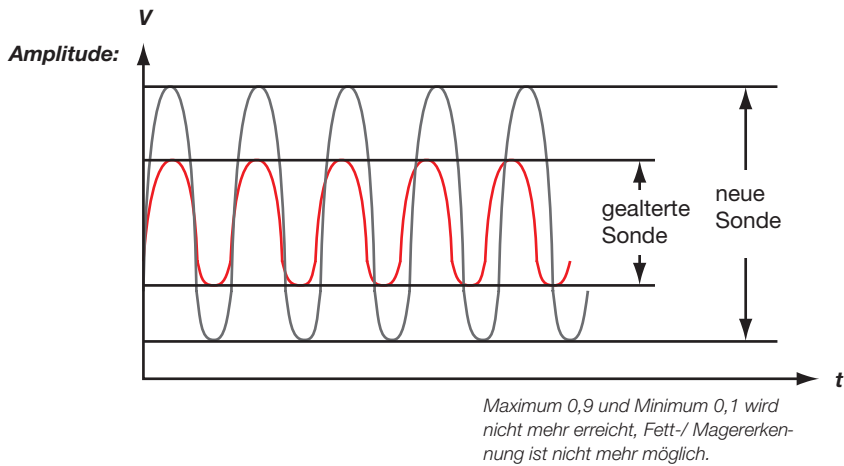
Taucht der Fehler trotz warmer Sonde noch immer auf? Dann ist die Sonde defekt, die Sonden­heizung funktioniert nicht mehr – oder es liegt ein Massefehler vor. In jedem dieser Fälle unbedingt Sonde austauschen!

Wird nur 0,7 Volt Spannung erreicht? Dann ist die Sonde gealtert und muss ausgetauscht werden.

Tritt Falschluf auf? Dann ist die Abgasanlage undicht. Auf Dichtheit prüfen.



Vergleich einer neuen Lambda-Sonde mit einer gealterten – hinsichtlich Gemischerkennung, Ansprechzeit und Regelfrequenz



Schadstoffumwandlung

Die Schadstoffumwandlung findet im Katalysator statt. Ein Katalysator ist ein Stoff, der eine chemische Reaktion hervorruft und/oder beschleunigt, ohne selbst daran teilzunehmen.

Oxidation = Verbindung mit Sauerstoff

Reduktion = Entzug von Sauerstoff

CO (Kohlenmonoxid) oxidiert zu CO₂ (Kohlendioxid)

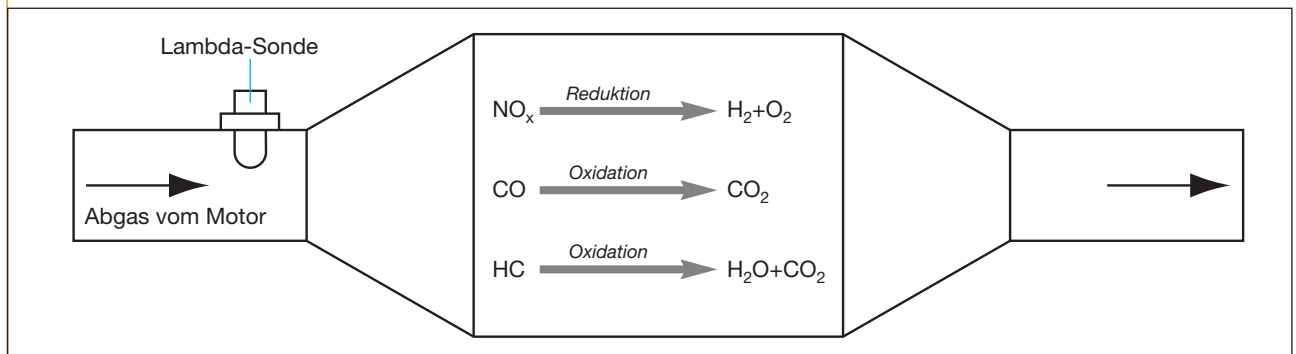
HC (Kohlenwasserstoff) oxidiert zu H₂O und CO₂
(Wasser und Kohlendioxid)

NO_x (Stickoxide) reduzieren N₂ und O₂
(Stickstoff und Sauerstoff)

Damit die Sauerstoffschübe entstehen,
muss die Lambda-Sonde

- abmagern
- anfetten

Die Konvertierungsrate, also der Anteil der umgewandelten Schadstoffe, beträgt bei modernen Katalysatoren 90–95 %.



Überwachung und Analyse des Katalysatorzustandes

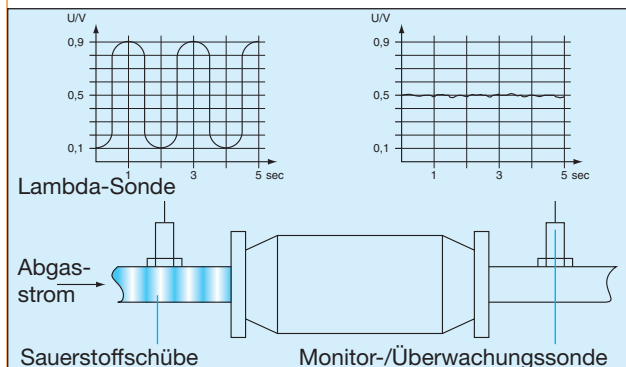
Hinter dem Katalysator ist eine zweite Lambda-Sonde (Monitor- oder Überwachungssonde genannt) angebracht. Diese Monitor-/Überwachungssonde unterscheidet sich in Aufbau und Funktion nicht von der vor dem Katalysator verbauten Lambda-Regelsonde. Das bedeutet: Beide Sonden geben – in Abhängigkeit vom Restsauerstoffgehalt – eine Spannung ab. Da beim Betreiben des lambda-geregelten Motors permanente Gemischkorrekturen in Richtung fett und mager durchgeführt werden, ändert sich der Restsauerstoffgehalt im Abgas entsprechend (Sauerstoffschübe), wodurch in der Sonde fortlaufend Spannungsschübe ausgelöst werden. Durch die hohe Sauerstoffspeicherfähigkeit des neuen Katalysators wird die Änderung des Sauerstoffgehalts nach dem Katalysator nahezu vollständig gedämpft.

Dies hat zur Folge, dass die Regelsonde die Sauerstoffschwankungen durch entsprechende Spannungssprünge anzeigt, während die Spannung der Monitorsonde nahezu konstant ist.

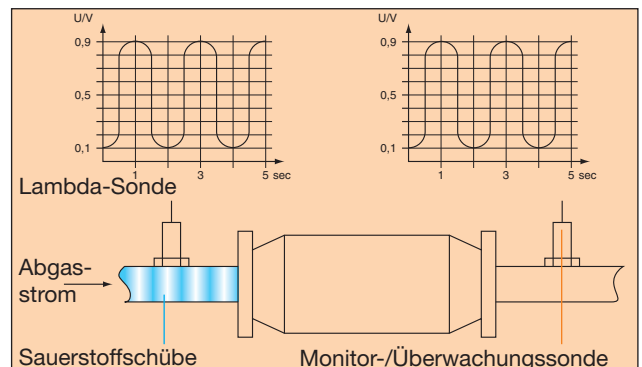
Mit zunehmendem Alter des Katalysators lässt dessen Sauerstoffspeicherfähigkeit nach, wodurch auch die Dämpfung der Sauerstoffschwankungen abnimmt. Dieser Vorgang ist an der Monitorsonde hinter dem Katalysator messbar.

Bei fortgeschrittener Alterung des Katalysators ist der Signalverlauf an der Monitorsonde nahezu identisch mit dem Signalverlauf der Regelsonde.

Katalysator in Ordnung



Katalysator defekt



Typische Defekte an Lambda-Sonden

Die häufigsten Ausfallursachen bei Lambda-Sonden

Diagnose	Ursache
Überhitzung	Temperaturen über 950° C durch Verbrennungsstörungen, falschen Zündzeitpunkt oder falsche Ventilzeiten
chemische Alterung	zu häufige Kurzstreckenfahrten
Falschlufansaugung	Sonde nicht exakt eingebaut
schlechte Masseverbindungen	Oxidation im Abgasrohr
schlechte Verbindungskontakte	Oxidationen in der Steckverbindung
Keramik und Bedampfung sind zerstört	zu großes Anzugsdrehmoment der Sonde
Bleiablagerungen	versehentliche Verwendung von in manchen Ländern noch erhältlichem verbleitem Kraftstoff
unterbrochene Lambda-Kabelverbindung	Marderverbiss
Zusetzung des Sondenkörpers durch Ölrückstände	unverbranntes Öl im Motor, z. B. durch verschlissene Kolbenringe oder Ventilschaftdichtungen

Was der Zustand des Schutzrohres verrät

Neben der Prüfung der Anschlussleitungen, Stecker und des Sondengehäuses muss auch das Schutzrohr des Sonderelementes auf Ablagerungen hin überprüft werden. Die wichtigsten Symptome:

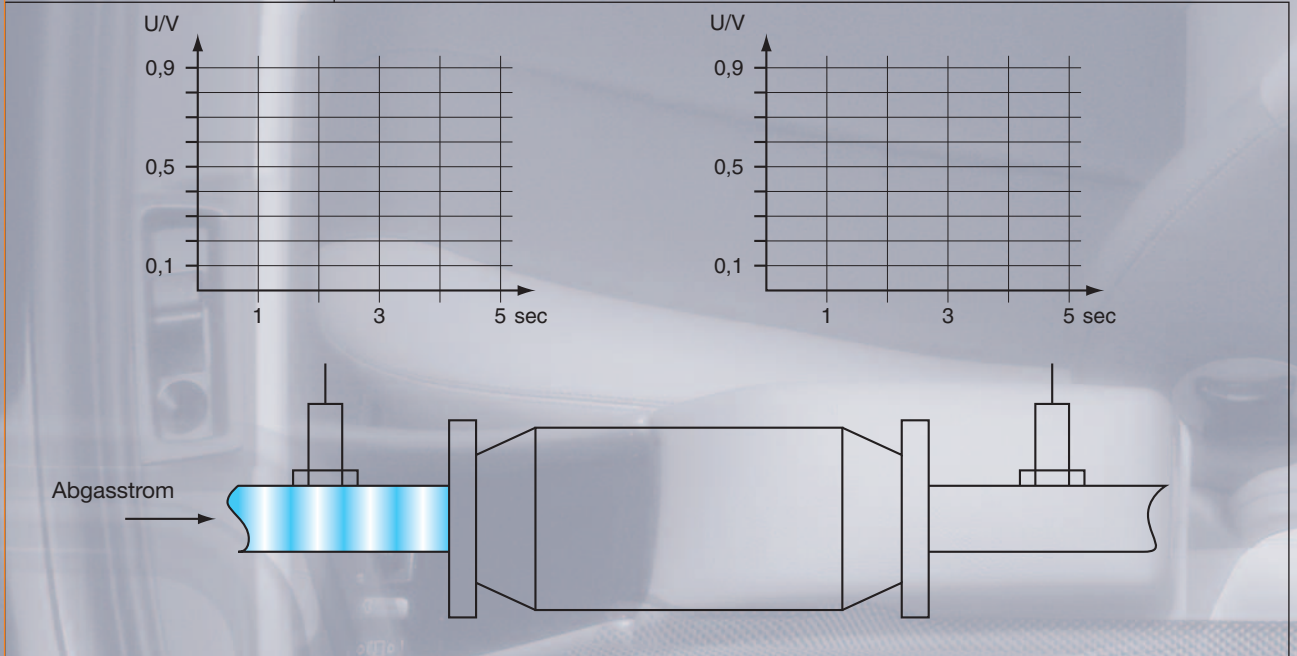
Symptom	Ursache	Behebung
Schutzrohr stark verrußt	zu fettes Kraftstoff-Luft-Gemisch, defekter Lambda-Sonden-Heizkörper	Sonde austauschen, ansonsten droht Gefahr von Zusetzung und somit Verringerung der Reaktionsgeschwindigkeit
glänzende Ablagerungen auf dem Schutzrohr	Verwendung von in manchen Ländern noch erhältlichem verbleitem Kraftstoff, dadurch wurden die Platinbeschichtungen der Lambda-Sonde und evtl. des Katalysators angegriffen und zerstört	Sonde unbedingt austauschen, Katalysator überprüfen
helle Ablagerungen auf dem Schutzrohr	Öl im Brennraum oder Verwendung bestimmter Kraftstoffadditive	Sonde unbedingt austauschen, Katalysator überprüfen, Motor auf Ölverlust prüfen



Um Beschädigungen der Lambda-Sonde beim Einbau zu vermeiden, bitte Anzugsdrehmomente beachten und ggf. Spezialwerkzeug verwenden.

Selbsttest 1

Zeichnen Sie die Kennlinien eines intakten Katalysators ein.
(Sonde und Kat haben Betriebstemperatur!)



2

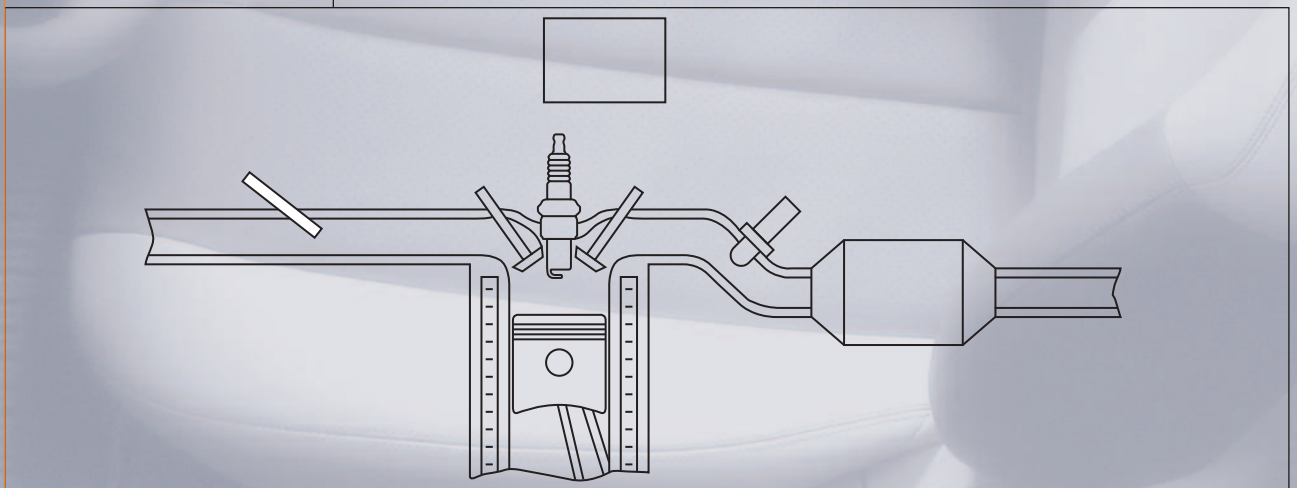
Wie nennt man die beiden Lambda-Sonden ...

... vor dem Kat? _____ sonde

... nach dem Kat? _____ sonde

3

Benennen Sie die Bauteile der Lambda-Regelung und verbinden Sie diese miteinander!



4

Bei einer SONDENSspannung von 0,1 Volt ist das Gemisch ...

5

Bei einer SONDENSspannung von 0,9 Volt ist das Gemisch ...

6

Welche 3 Gase wandelt der 3-Wege-Katalysator in ungiftige Stoffe um?

_____ ,

_____ und

_____ .

7

In welcher Größenordnung liegt die Konvertierungsrate bei Fahrzeugen mit geregelter Gemischaufbereitung und Katalysator?

- 10-50 % 60-70 %
- 90-95 % 100 %

8

Ab welcher Temperatur der Lambda-Sonde ist ein sicherer Regelbetrieb gewährleistet?

- ca. 10 °C ca. 800 °C
- ca. 250 °C über 900 °C

9

Über das Signal der Lambda-Sonde ermittelt die Motorsteuerung ...

- ... fortlaufend die Abgaszusammensetzung.
- ... ob der Motor mit klopfender Verbrennung arbeitet.
- ... ob das Kraftstoff-Luft-Gemisch angefettet oder abgemagert werden muss.

10

Welches ist die Leitungsfarbe des SONDENSsignals der Lambda-Sonde?

- Weiß
- Grau
- Schwarz

11

Was versteht man unter dem λ-Fenster?

- Nur in diesem Bereich kann der Katalysator arbeiten.
- In diesem Bereich ist die Umwandlung aller 3 schädlichen Abgaskomponenten in weniger schädliche am günstigsten.

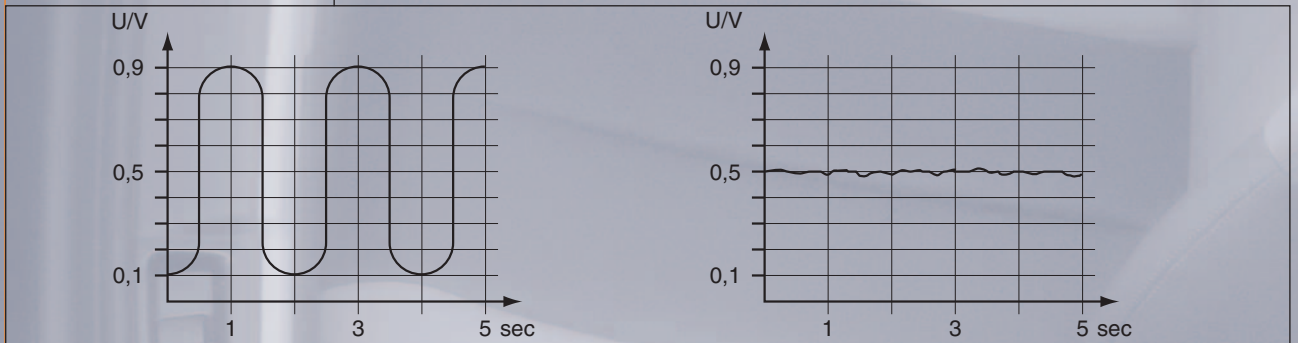
12

Welche Gase werden als giftig definiert?

- CO CO₂
- CH NO_x
- N₂O

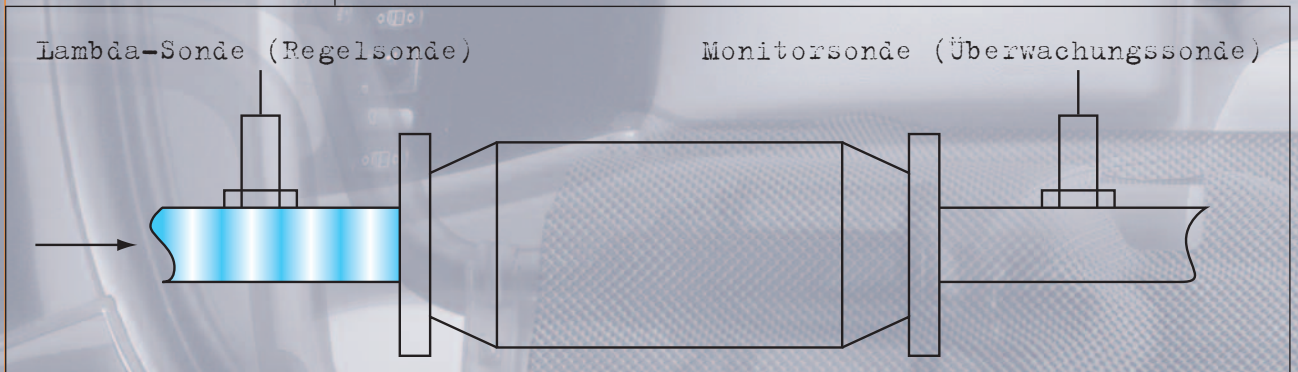
Auflösung 1

Zeichnen Sie die Kennlinien eines intakten Katalysators ein.
(Sonde und Kat haben Betriebstemperatur!)



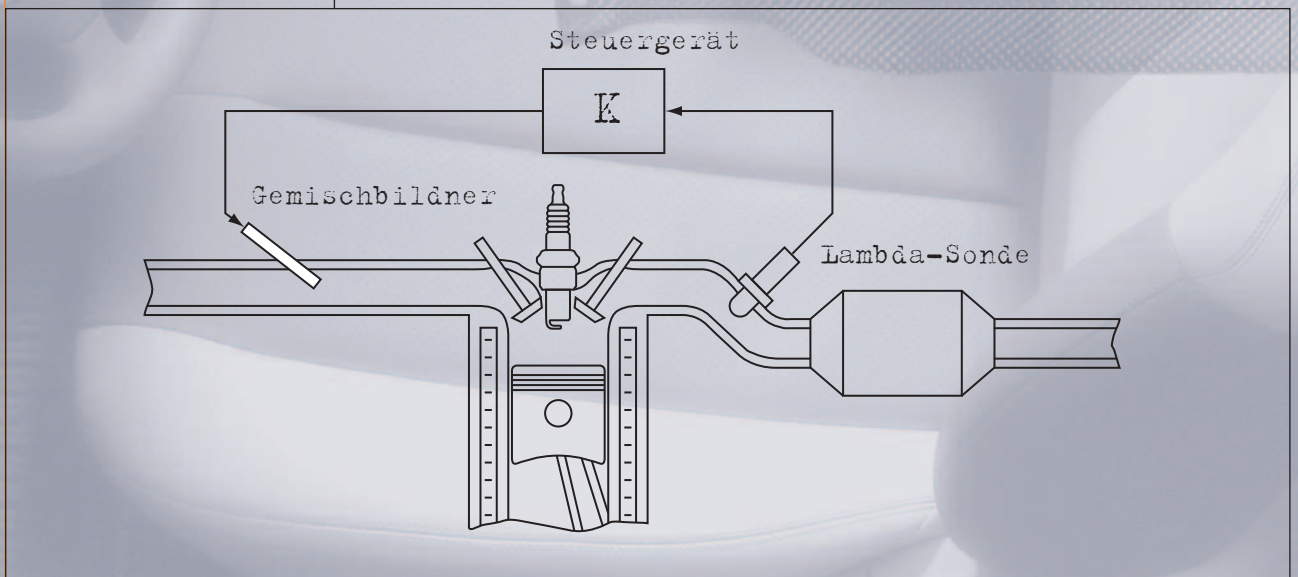
2

Wie nennt man die beiden Lambda-Sonden ...



3

Benennen Sie die Bauteile der Lambda-Regelung und verbinden Sie diese miteinander!



4

Bei einer SONDENSspannung von 0,1 Volt ist das Gemisch ...
 ... mager, denn der Sauerstoffanteil im Abgas ist größer und daher die Differenz kleiner ($U_{\lambda} > 0,1$ Volt)

5

Bei einer SONDENSspannung von 0,9 Volt ist das Gemisch ...
 ... fett, denn der Sauerstoffanteil im Abgas ist kleiner und daher die Differenz größer ($U_{\lambda} > 0,9$ Volt)

6

Welche 3 Gase wandelt der 3-Wege-Katalysator in ungiftige Stoffe um?
 Kohlenmonoxid (CO), Kohlenwasserstoffe (HC) und Stickoxide (NO_x).

7

In welcher Größenordnung liegt die Konvertierungsrate bei Fahrzeugen mit geregelter Gemischaufbereitung und Katalysator?

10-50 % 60-70 %
 90-95 % 100 %

8

Ab welcher Temperatur der Lambda-Sonde ist ein sicherer Regelbetrieb gewährleistet?

ab ca. 10 °C ca. 800 °C
 ca. 250 °C über 900 °C

9

Über das Signal der Lambda-Sonde ermittelt die Motorsteuerung ...

... fortlaufend die Abgaszusammensetzung.
 ... ob der Motor mit klopfender Verbrennung arbeitet.
 ... ob das Kraftstoff-Luft-Gemisch ange-fettet oder abgemagert werden muss.

10

Welches ist die Leitungs-farbe des SONDENSsignals der Lambda-Sonde?

Weiß
 Grau
 Schwarz

11

Was versteht man unter dem λ-Fenster?

Nur in diesem Bereich kann der Katalysator arbeiten.
 In diesem Bereich ist die Umwandlung aller 3 schädlichen Abgaskomponenten in weniger schädliche am günstigsten.

12

Welche Gase werden als giftig definiert?

CO CO₂
 CH NO_x
 N₂O



 **BorgWarner**



A BorgWarner
Business

BERU AG

Mörkestraße 155
71636 Ludwigsburg
Tel.: +49(0)7141 132 366
Fax: +49(0)7141 132 760
E-Mail: info@beru.com
www.beru.com