



www.beru.com

Perfection built in



Perfektion eingebaut



Alles über Lambda-Sonden

Technische
Information
Nr. 03

Perfektion eingebaut

Perfection intégrée

Perfektion
eingebaut



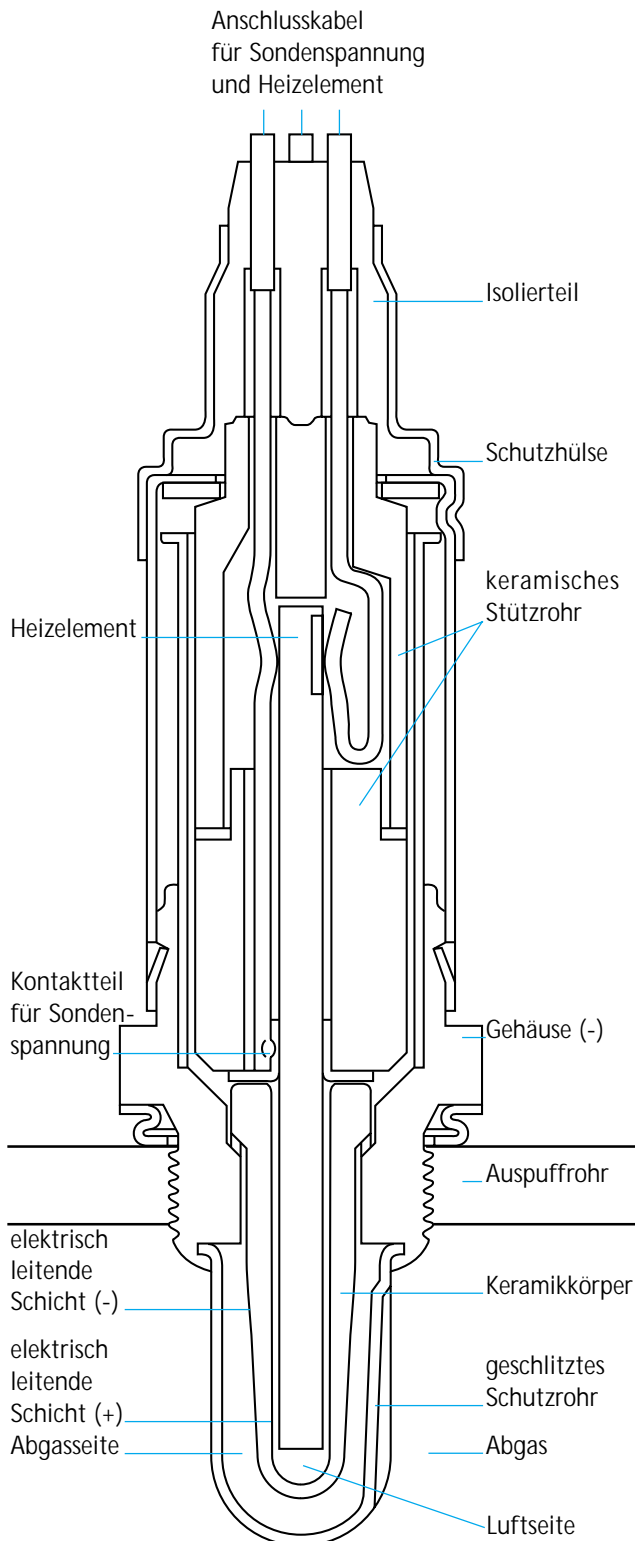
Inhaltsverzeichnis



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



Schnitt durch eine Lambda-Sonde



Einleitung

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 Dreiwegkatalysator 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. 60.000 bis 80.000 km sollte die Sonde ausgetauscht werden.

Das Prinzip der vergleichenden Sauerstoffmessung

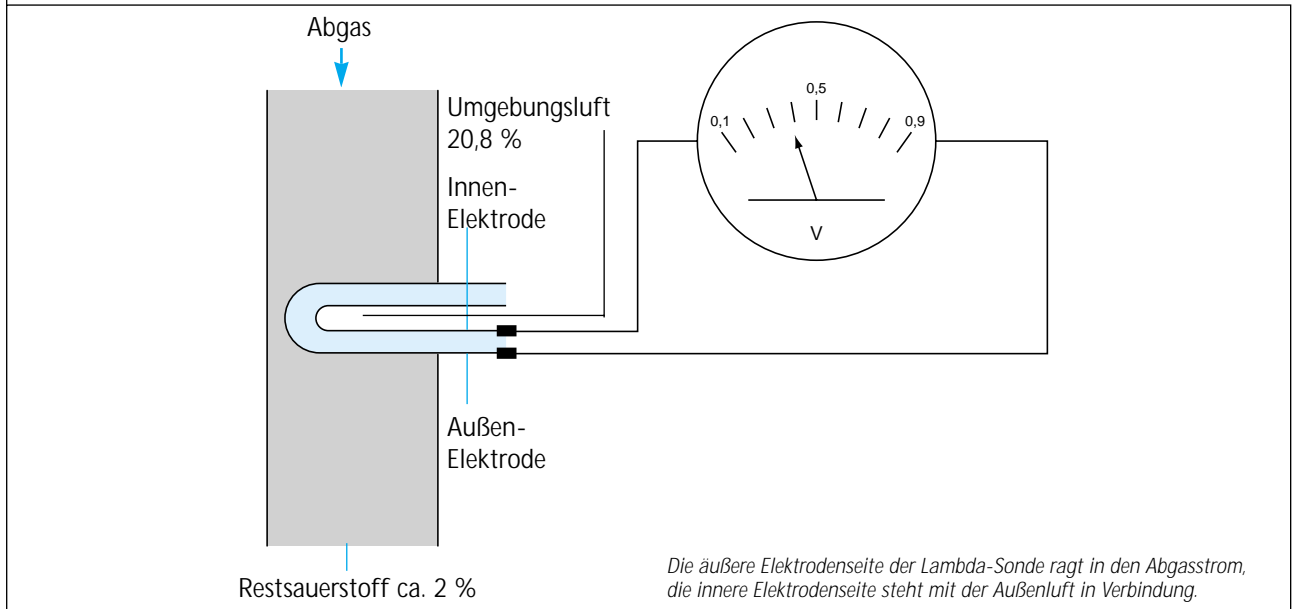


Der Sauerstoffgehalt der Umgebungsluft liegt normalerweise bei 20,8 %. Dieser Referenzwert wird mit dem Restsauerstoff an der Lambda-Sonde verglichen.

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 O₂ = 2%
Außenelektrode sitzt im Abgasstrom
(Rest O₂ = 2%)
Innenelektrode ist mit der Umgebungsluft verbunden (O₂ = 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 Millivoltbereich bewegt.

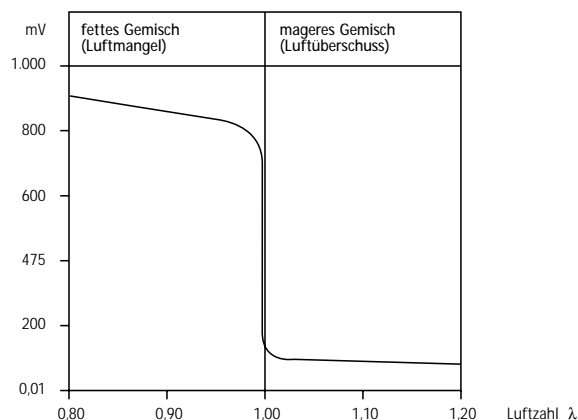
Bei Lambda-Sonden gibt es verschiedene Funktionsweisen: Titanoxid-Sonden verändern den Widerstand, Zirkonium-Sonden verändern die Spannung. Da zumeist Letztere eingesetzt werden, sind diese im Weiteren beschrieben.

In einem Stahlgehäuse ist ein Keramikeil (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

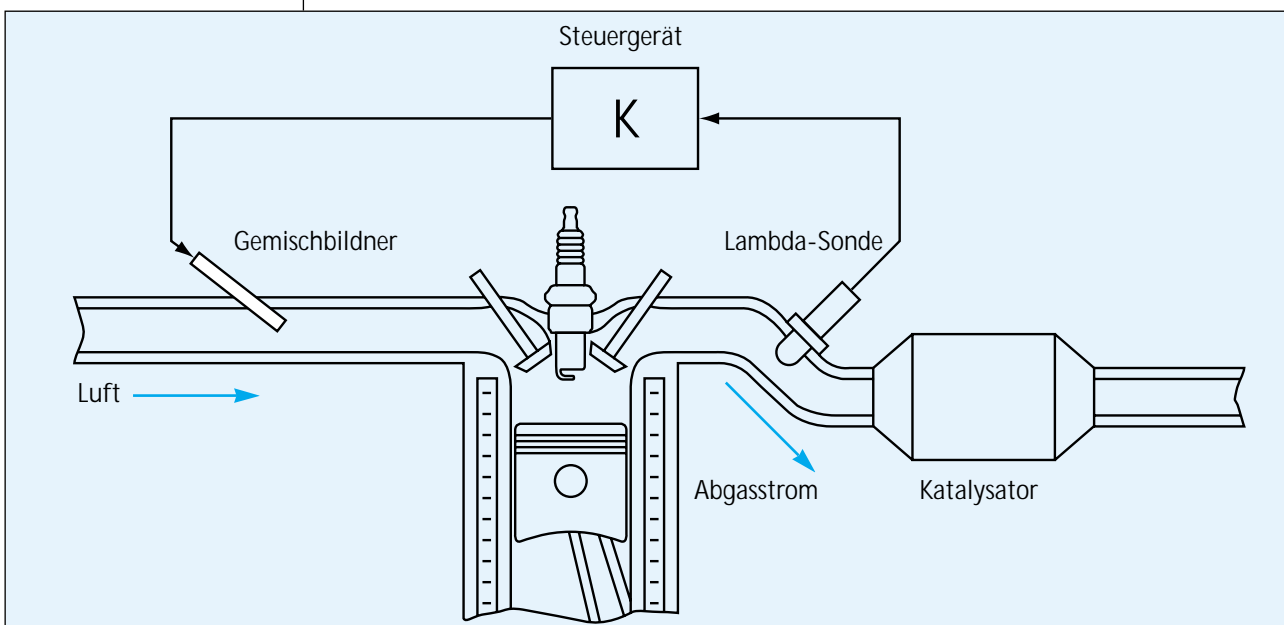


Grundprinzip der Lambda-Regelung

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

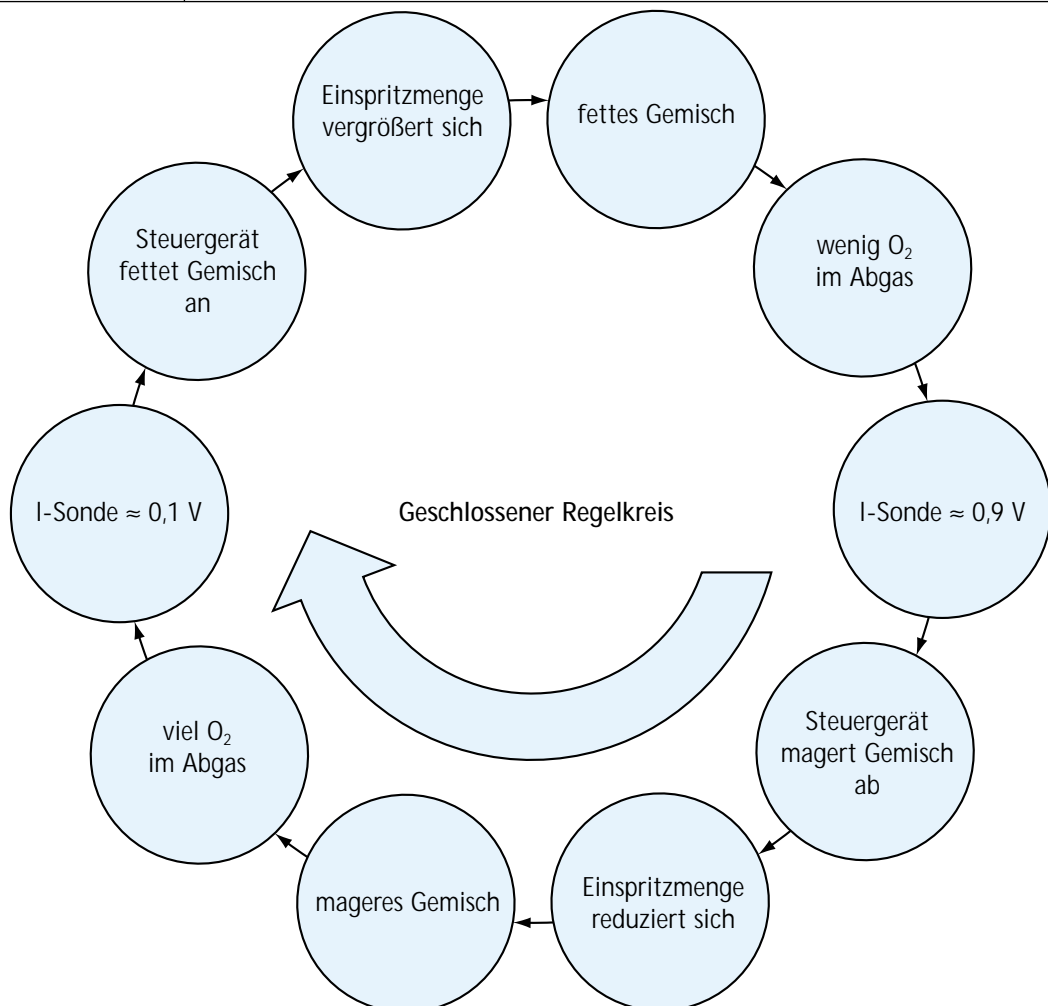
Der geschlossene Regelkreis

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.

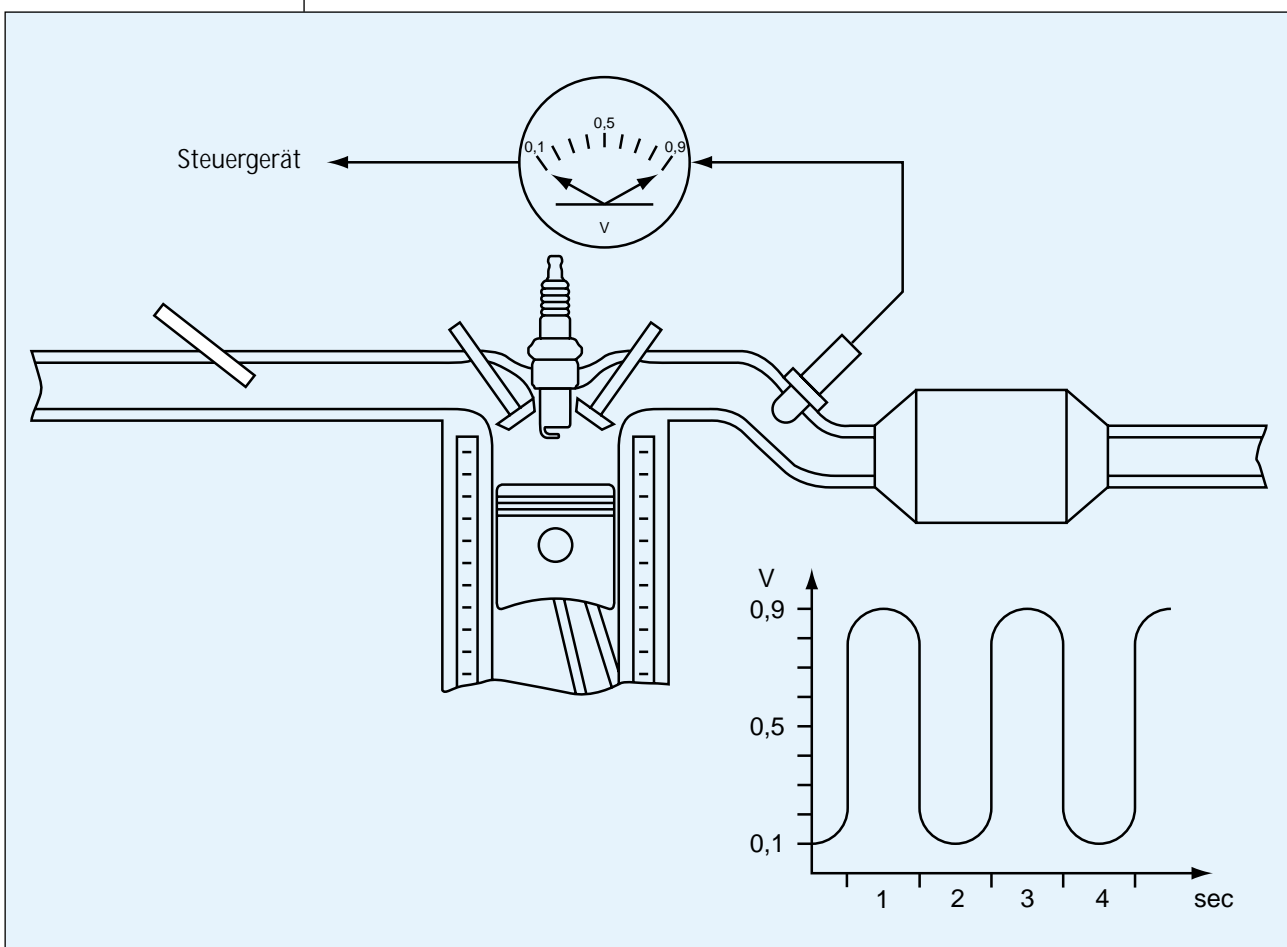


■ Check der Lambda-Sonde

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 beispiels-

weise „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.

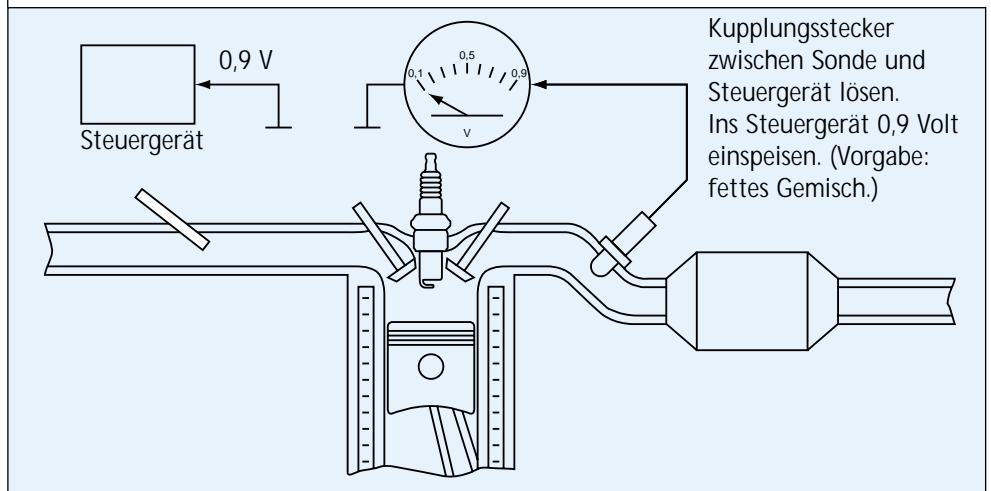
Vorgabe: fettes Gemisch

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? Entweder 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!



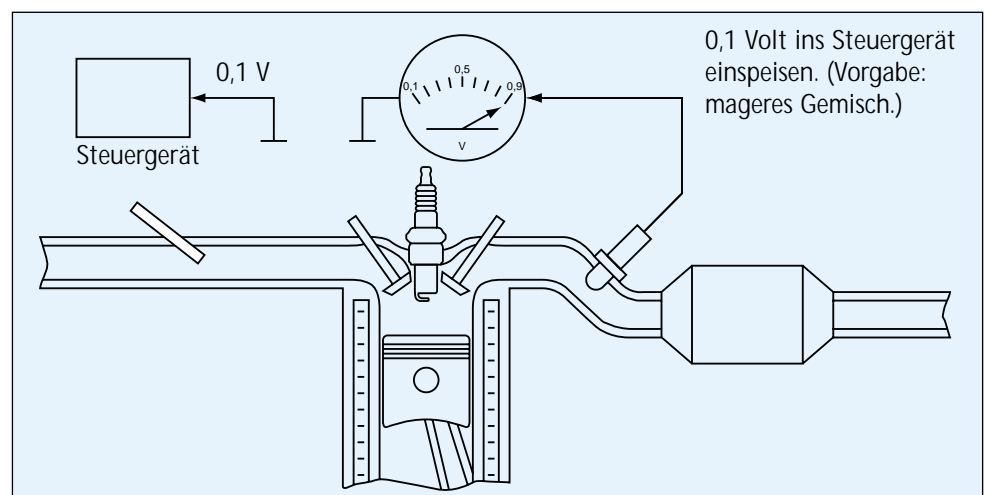
Vorgabe: mageres Gemisch

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? Entweder 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!

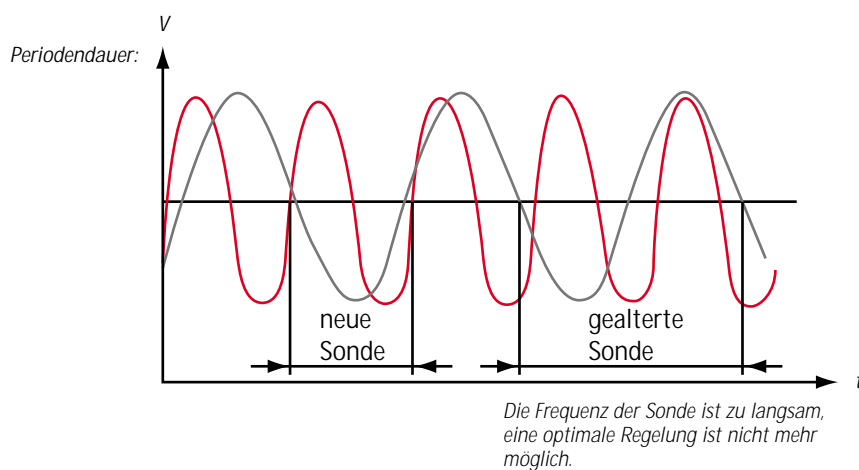
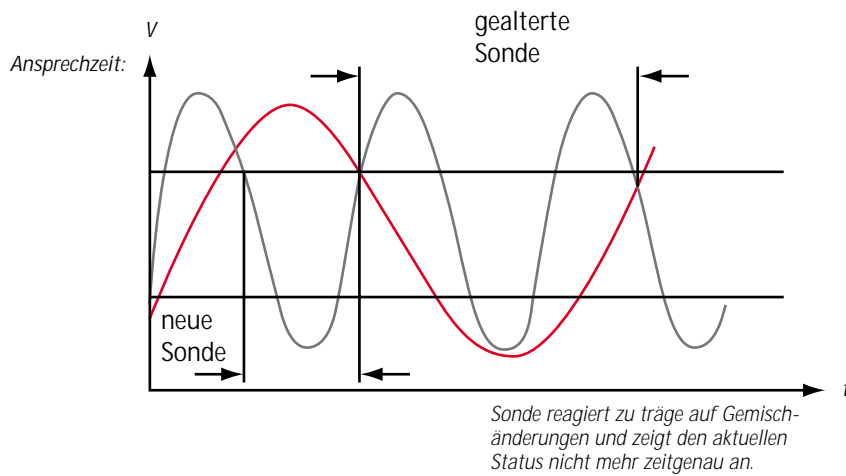
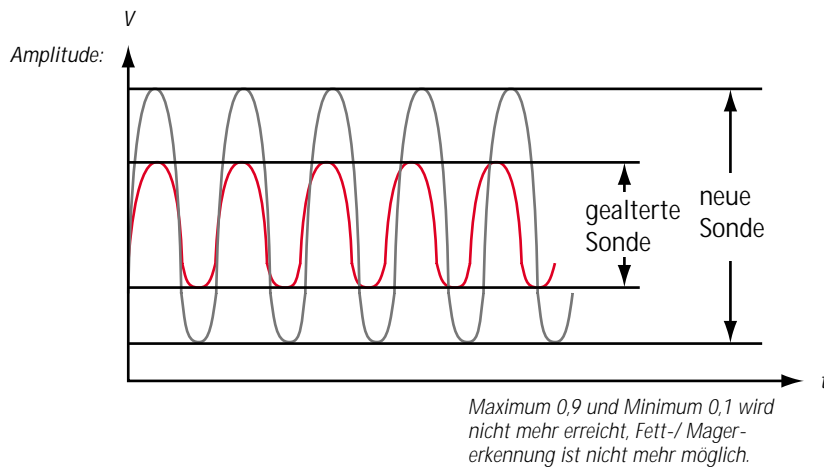


Wird nur 0,7 Volt Spannung erreicht? Dann ist die Sonde gealtert und muss ausgetauscht werden.

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

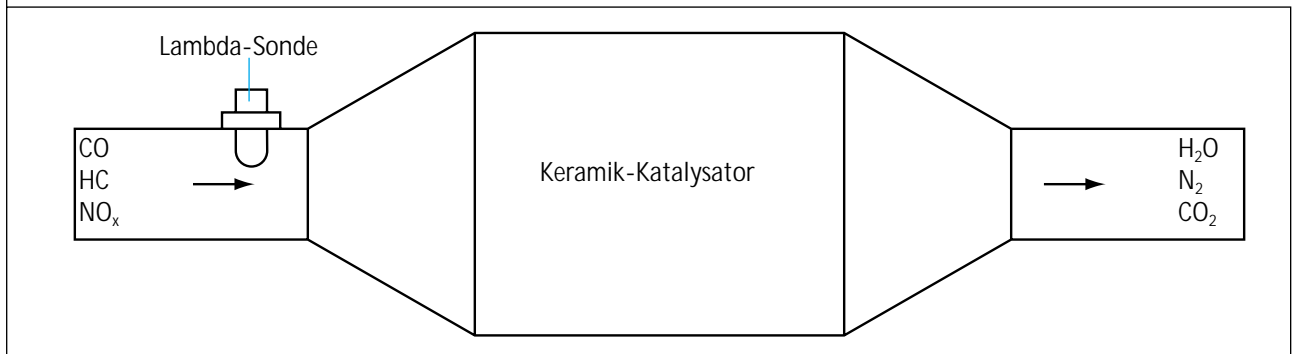
CO (Kohlenmonoxid) oxidiert zu CO₂ (Kohlendioxid)
 HC (Kohlenwasserstoff) oxidiert zu H₂O und CO₂ (Wasser und Kohlendioxid)

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

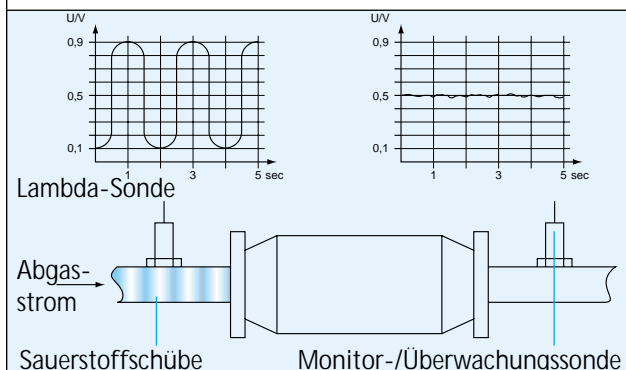
Hinter dem Katalysator ist eine zweite Lambda-Sonde (Monitor- oder Überwachungssonde genannt) angebracht. Diese Monitor-/Überwachungssonde unterscheidet sich in Aufbau und Funktion nicht von der vor dem Katalysator verbauten Lambda-Regelsonde. Das bedeutet: Beide Sonden geben – in Abhängigkeit vom Restsauerstoffgehalt – 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.

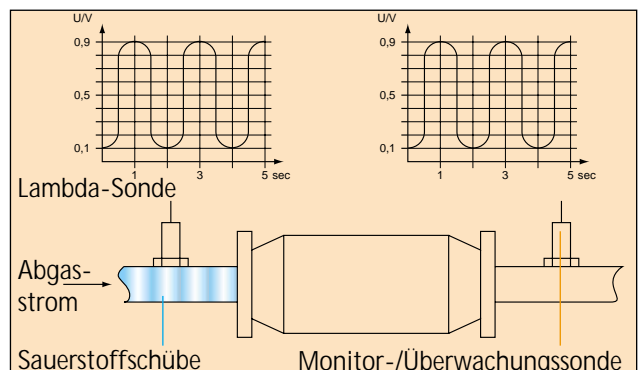
Mit zunehmendem Alter des Katalysators lässt dessen Sauerstoffspeicherfähigkeit nach, wodurch auch die Dämpfung der Sauerstoffschwankungen abnimmt. Dieser Vorgang ist an der Monitorsonde hinter dem Katalysator messbar.

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 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 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 |



Schutzrohr stark verrußt



Helle Ablagerungen



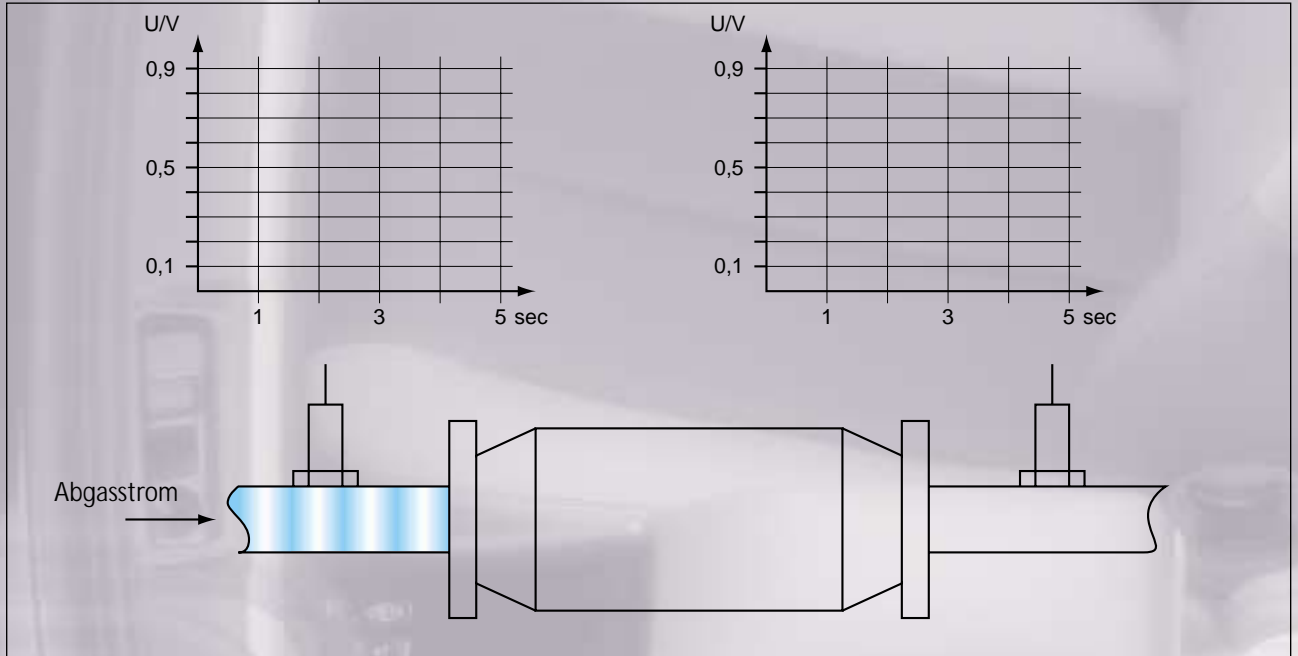
Unsachgemäßer Einbau

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

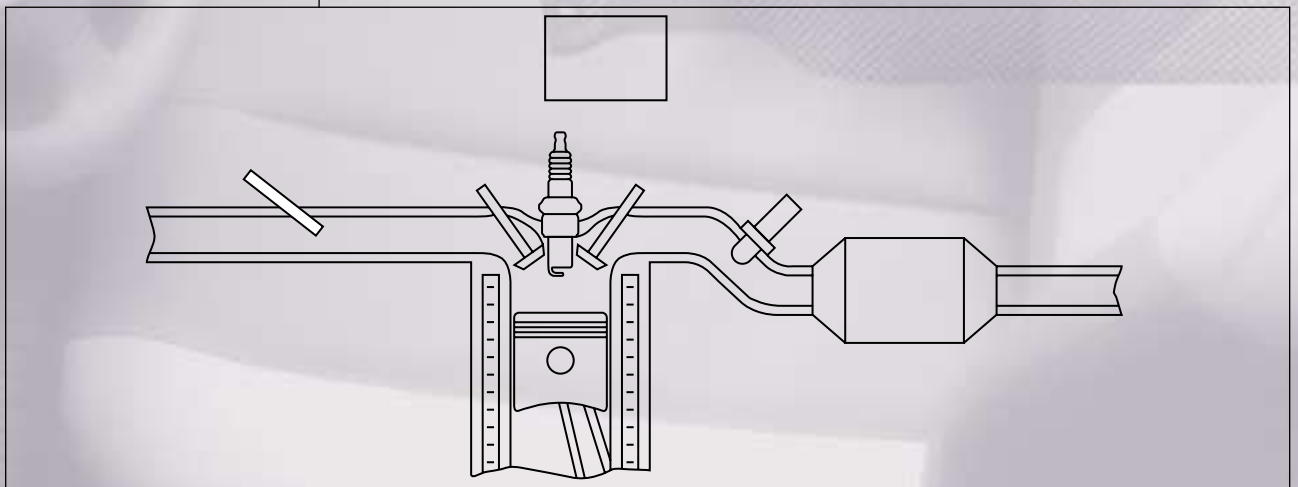
Wie nennt man die beiden Lambda-Sonden ...

... 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 angefüllt 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

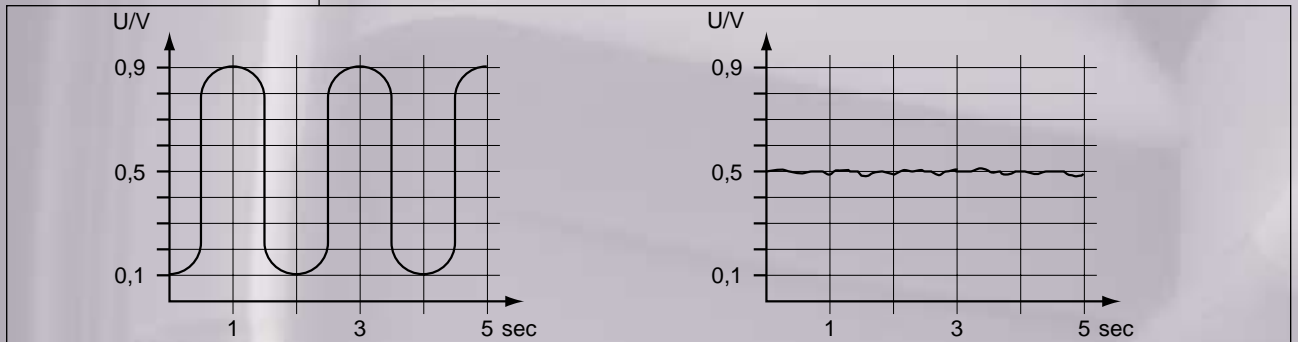
Welche Gase werden als giftig definiert?

- CO CO₂
 CH NO_x
 N₂O

Auflösung 1

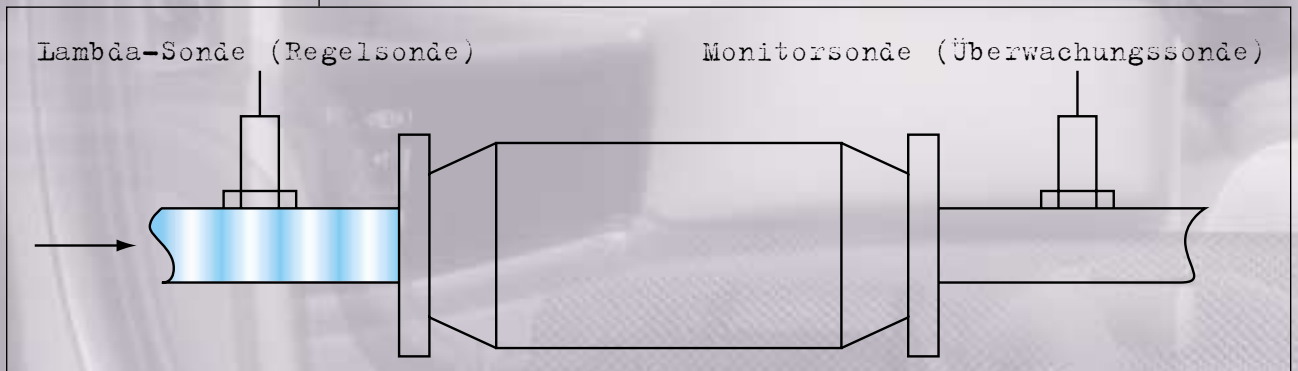
-
-
-

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



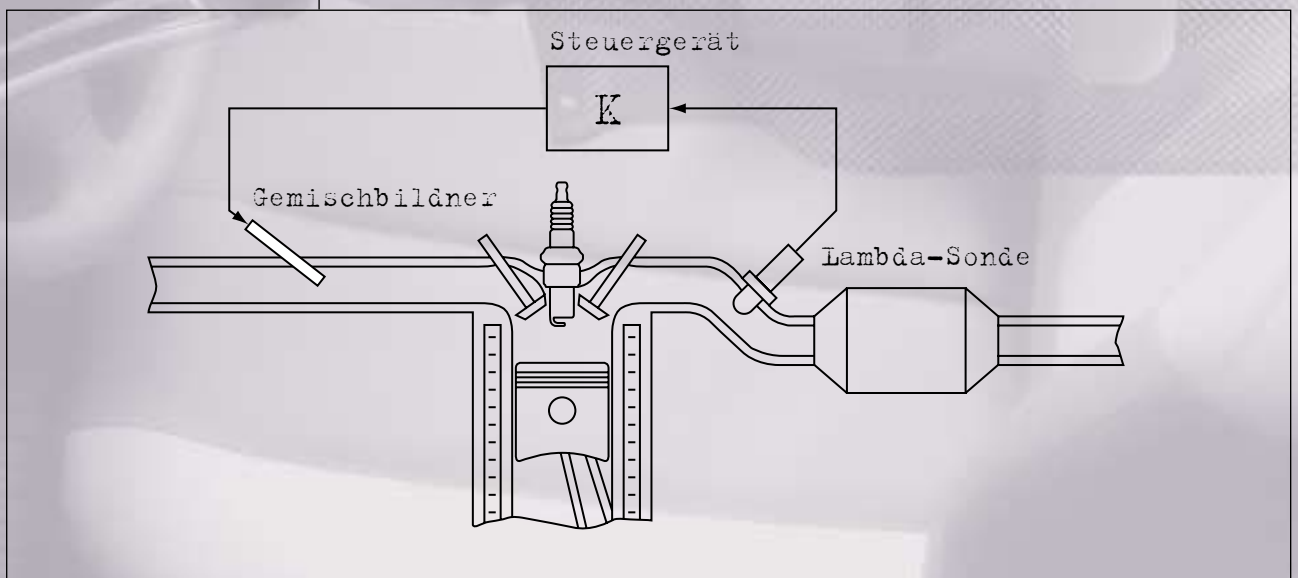
2

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.

5

Bei einer SONDENSspannung von 0,9 Volt ist das Gemisch ...
... fett, denn der Sauerstoffanteil im Abgas ist kleiner.

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 angefüllt 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

Perfektion eingebaut

Perfo

Perfektion ein



BERU Aktiengesellschaft
Mörikestraße 155
D-71636 Ludwigsburg
Telefon: ++49-7141-132-366
Telefax: ++49-7141-132-760
www.beru.com