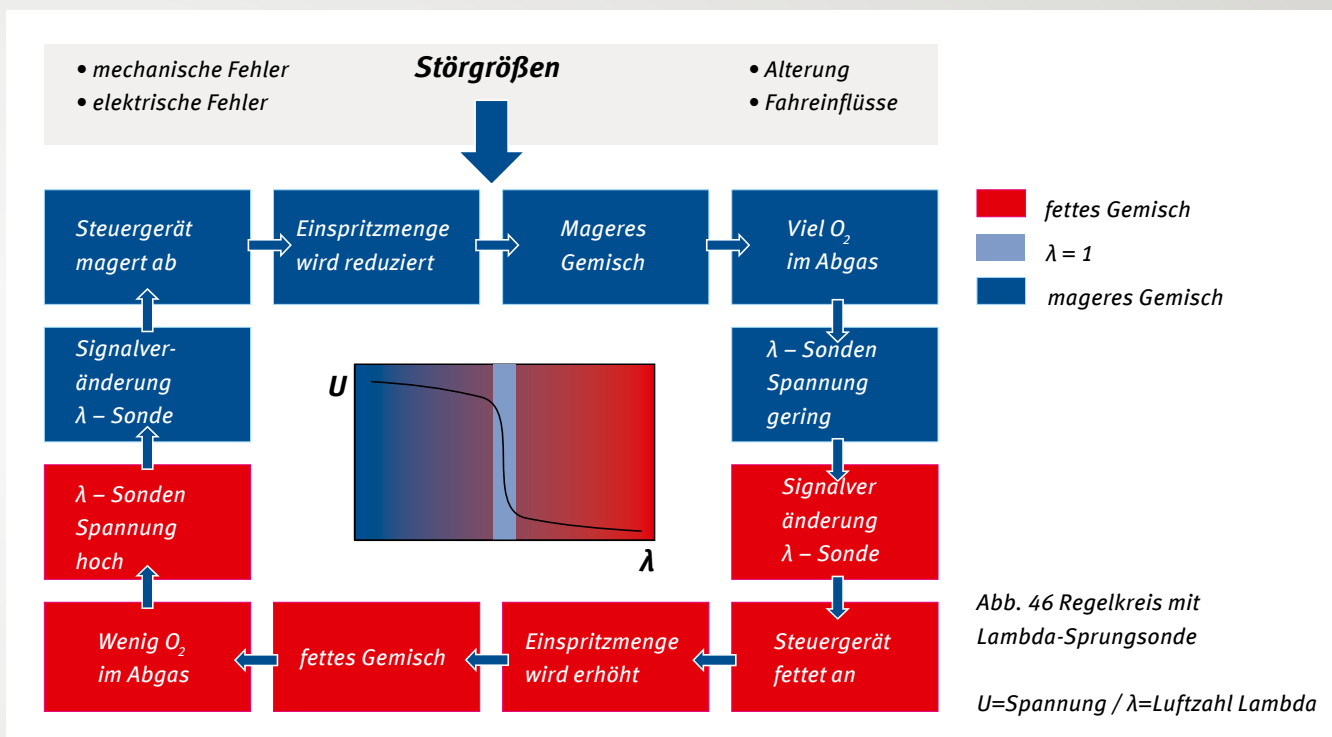


## 5.2 Lambdasonden

Lambdasonden messen den Sauerstoffanteil im Abgasgemisch. Sie sind Bestandteil eines Regelkreises, der ständig die richtige Zusammensetzung des Kraftstoff-Luftgemisches sicherstellt. Das Mischungsverhältnis von Luft zu Kraftstoff, bei

dem die maximale Umsetzung der Schadstoffe im Katalysator erreicht wird, liegt bei Lambda ( $\lambda$ ) = 1 (stöchiometrisches Mischungsverhältnis = 14,7 kg Luft zu 1 kg Kraftstoff, in Volumen ausgedrückt: 1l Kraftstoff auf ca. 9500 l Luft).

Änderungen in der Abgaszusammensetzung werden bei der Steuerung zahlreicher Funktionen vom Motormanagement berücksichtigt und dienen oft als erster Hinweis auf mögliche Fehler.



Das Motorsteuergerät nutzt dieses Signal zur Steuerung der Einspritzzeiten. Zur Regelung wird nur eine Sonde vor dem Katalysator („Vorkat-“ oder „Regelsonde“) benötigt. Im Rahmen der OBDII wurde eine zusätzliche Lambdasonde in das System integriert, die hinter dem Katalysator liegt („Nachkatsonde“, „Korrektur-“ oder „Monitorsonde“).

Sie dient zur Prüfung des Katalysators und kann baugleich mit der Vorkatsonde sein. Ein versehentliches Vertauschen der Steckverbindungen beider Sonden wird zumeist durch unterschiedliche Steckerarten und Farben verhindert.

Lambdasonden arbeiten ab einer Temperatur von 350 °C. Der Betriebspunkt liegt bei

etwa 600 °C. Eine Temperatur von 850 °C sollte nicht überschritten werden, da es ab 930 °C zu Schäden kommt.

## 5 | Weitere Systeme und Diagnosen

Man unterscheidet zwischen Sprung- und Breitbandsonde.

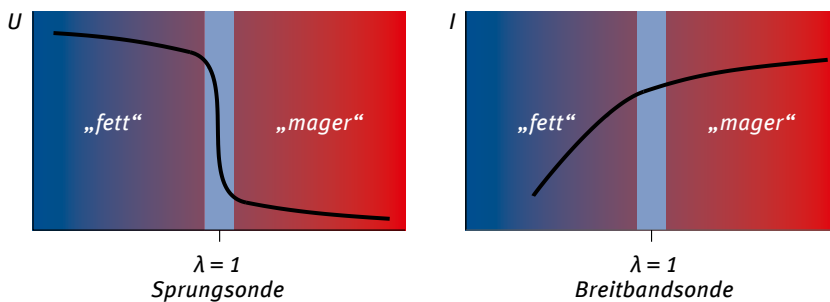


Abb. 47 Regelverhalten von Sprung- und Breitbandsonde  
 $U = \text{Spannung} / I = \text{Stromstärke} / \lambda = \text{Luftzahl}$

### Sprungsonden

Das Ausgangssignal der Lambdasonde („Sondenspannung“) ist abhängig vom Kraftstoff-Luftverhältnis.

Bei der Sprungsonde ändert sich die Spannung um  $\lambda = 1$  sprunghaft. Darum kann das Signal nur im Bereich  $\lambda = 1 \pm 0,03$  verwendet werden. Bei Motoren im mageren Bereich  $\lambda > 1,03$  ist eine Signalverarbeitung nicht möglich.

Mit dieser Sonde ist daher nur eine Zweipunktregelung möglich. Vor- und Nachkatsonden sind baugleich.

- Ein fettes Gemisch ( $\lambda < 1$ ), erzeugt eine Sondenspannung von ca. 800 mV. Zur Regelung werden die Einspritzzeiten verkürzt.

### Breitbandsonden

Die Breitbandsonde misst im Gegensatz zu den Sprungsonden kontinuierlich über einen weiten Lambda-Bereich von fett bis mager. Es erfolgt keine sprunghafte Änderung bei  $\lambda = 1$ . Damit ist eine Lambdaregelung sowohl bei „fetten“ als auch bei „mageren“ Luftkraftstoffgemischen von ca.  $\lambda = 0,7 - 3,0$  möglich. Sie ist somit auch bei Direkteinspritzung und für

- Ein mageres Gemisch ( $\lambda > 1$ ) ergibt eine Sondenspannung von ca. 20 mV. Zur Regelung werden die Einspritzzeiten verlängert. Es gibt Sprungsonden in verschiedenen Ausführungen.
- Die Titansonde (Titandioxid-Sonde) reagiert bei Veränderung der Gemischzusammensetzung durch eine Änderung des elektrischen Widerstandes. Sie arbeitet mit einer höheren Sondenspannung von bis zu 5 Volt. Mit dieser Sonde können kritische Abgastemperaturen erkannt werden.
- Die potentialfreie Lambdasonde verfügt über ein separates Massekabel aus dem

zukünftige „Mager-Konzepte“ einsetzbar. Realisiert wird dieses Verfahren durch eine Pumpzelle (Miniaturpumpe), welche die Elektrode auf der Abgasseite mit soviel Sauerstoff versorgt, dass die Spannung zwischen den beiden Elektroden konstant 450 mV beträgt. Der Stromverbrauch der Pumpe wird vom Steuergerät in einen Lambdawert umgerechnet.

Steuergerät. Die Spannung des Regelbereichs wird um 700 mV angehoben. Es ergibt sich so eine Regelspannung zwischen 700–1700 mV (gemessen gegen Fahrzeugmasse). Diese technische Änderung wurde für die Eigendiagnose und die EOBD notwendig.



#### Hinweis:

Ein Erkennungsmerkmal für die potentialfreie Lambdasonde ist die 4-polige Sondenleitung. Aber: Nicht alle 4-poligen Lambdasonden sind potentialfrei!



#### Hinweis:

Herkömmliche Lambdasonden sind als „Fingersonden“ ausgeführt. Neuere Sprung- und Breitbandsonden werden zunehmend in planarer Bauform („Planarsonden“) gefertigt. Planarsonden sind weiterentwickelte beheizte Lambdasonden. Durch das Beheizen sind diese Sonden schon kurz nach dem Kaltstart funktionsbereit. Damit setzt die Gemischregelung früher ein.

### 5.2.1 Überwachung

Bedingungen für die Überwachung von Lambdasonden

- Lambdaregelung arbeitet im Regelbereich.
- Das Fahrzeug befindet sich im Fahrbetrieb bei Geschwindigkeiten zwischen ca. 5 – 80 km/h.
- Der Motor hat Betriebstemperatur erreicht.
- Der Katalysator hat Temperaturen von 350 – 650 °C.
- Die Drehzahl und die Gaspedalstellung sind weitgehend konstant.
- Die Überwachung erfolgt bei jedem konstanten Betrieb von mehr als 20 Sekunden Dauer.

#### Regelsonde (Sprungsonde)

Durch Alterung oder Vergiftung kann das Ansprechverhalten einer Lambdasonde beeinflusst werden. Eine Verschlechterung kann sich in einer Verlängerung der Reaktionszeit (Periodendauer) oder Verschiebung des Messbereichs (Sonden-Shift) äußern.

Beides führt zu einer Verkleinerung des  $\lambda$ -Fensters und damit zu einer schlechteren Abgaskonvertierung des Katalysators. Zur Überwachung wird das Signal der Nachkatsonde ausgewertet.

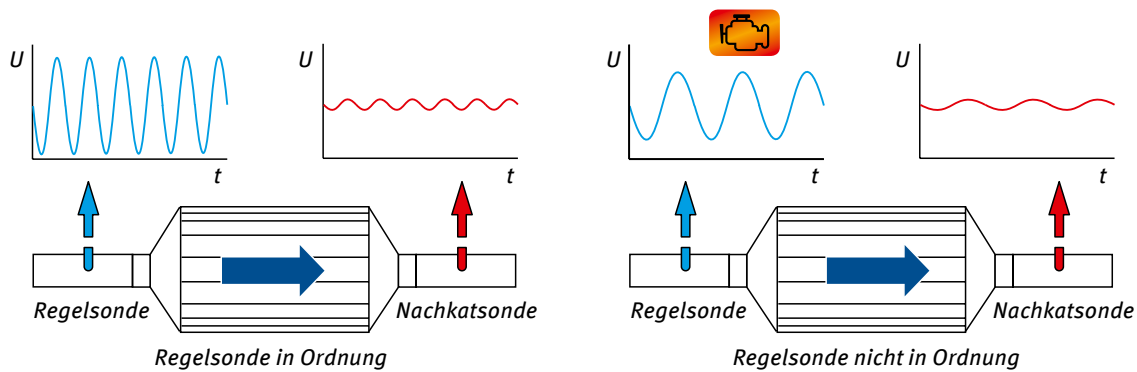


Abb. 48 Prüfung der Regelfrequenz (Trägheit der Regelsonde – Sprungsonde)  
 $U = \text{Spannung} / t = \text{Zeit}$

## Regelsonde (Breitbandsonde)

Da eine Breitbandsonde kein ausgeprägtes Sprungverhalten um  $\lambda=1$  zeigt, muss das Kraftstoff-Luftgemisch „moduliert“ werden:

Ein leichter Wechsel zwischen magerem und fettem Gemisch wird vom Steuergerät künstlich erzeugt.

Die Reaktionszeit der Breitbandsonde auf diese aufgetragenen Schwankungen wird

überwacht. Dabei werden die aktuellen Istwerte mit den festgelegten Sollwerten verglichen.

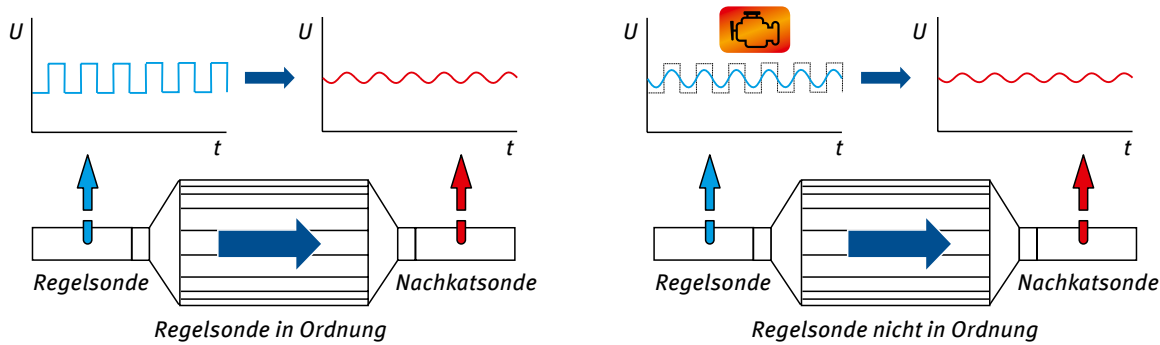


Abb. 49 Reaktionszeitdiagnose der Regelsonde (Breitbandsonde)  
 $U$ =Spannung /  $t$ =Zeit

## Nachkatsonde

Überwacht wird die Einhaltung der festgelegten Regelgrenzen des Lambda-Regelwertes.

Wenn sich z.B. das Luftkraftstoffverhältnis im Betrieb in Richtung „mager“ verändert, meldet die Nachkatsonde dem Steuergerät durch eine Spannungsabsenkung einen Sauerstoffanstieg im Abgas. Das Gemisch wird durch die Lambda-Regelung wieder

angefettet. Die Nachkatsondenspannung steigt und das Steuergerät kann den Lambda-Regelwert wieder senken. Bleibt trotz einer Anfertung die Sondenspannung niedrig, würde weiter angefettet bis die Regelgrenze überschritten ist. Dies wird als Fehler erkannt.

Diese Regelung erstreckt sich über einen längeren Fahrbetrieb.

Eine weitere Möglichkeit zur Überwachung ist die Diagnose des Regelverhaltens bei der Beschleunigung oder im Schubbetrieb. Auch hierbei werden die Auswirkungen der „Anfertung“ bei der Beschleunigung und der „Abmagerung“ im Schubbetrieb für die Bewertung der Sonde genutzt.

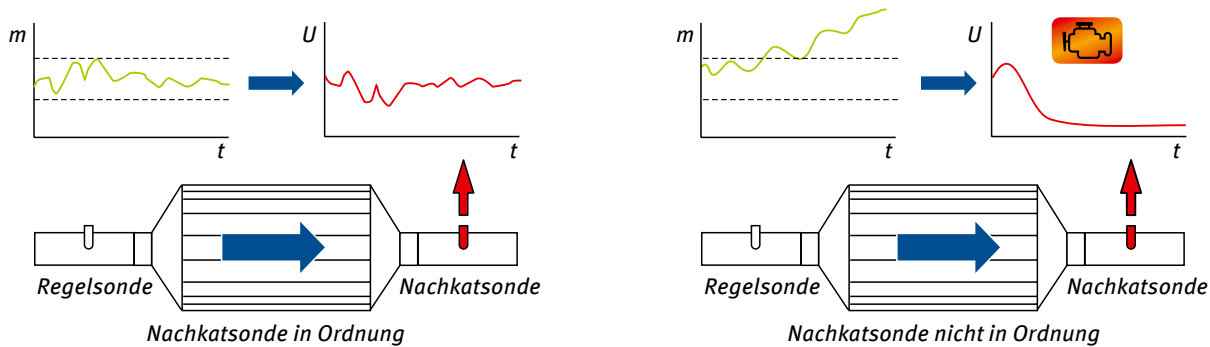


Abb. 50 Regelgrenzdiagnose der Nachkatsonde  
 $m$ = $\lambda$ -Regelwert /  $U$ =Spannung /  $t$ =Zeit

### 5.2.2 Mögliche Fehlercodes

P0036	O2-Sonde beheizt (Bank 1 Sonde 2)	Fehlfunktion
P0037	O2-Sonde beheizt (Bank 1 Sonde 2)	zu klein
P0038	O2-Sonde beheizt (Bank 1 Sonde 2)	zu groß
P0042	O2-Sonde beheizt – Heizsteuerkreis (Bank 1 Sonde 3)	Fehlfunktion
P0043	O2-Sonde beheizt – Heizsteuerkreis (Bank 1 Sonde 3)	zu klein
P0044	O2-Sonde beheizt – Heizsteuerkreis (Bank 1 Sonde 3)	zu groß
⋮		
P0064	O2-Sonde beheizt – Heizsteuerkreis (Bank 2 Sonde 3)	zu groß
P0130	O2 Sonde (Bank 1, Sonde 1)	Fehlfunktion
P0131	O2 Sonde (Bank 1, Sonde 1)	Spannung zu niedrig
P0132	O2 Sonde (Bank 1, Sonde 1)	Spannung zu hoch
P0133	O2 Sonde (Bank 1, Sonde 1)	langsame Reaktion
P0134	O2 Sonde (Bank 1, Sonde 1)	keine Aktivität festzustellen
P0135	O2 Sonde (Bank 1, Sonde 1)	Fehler im Heizkreis
⋮		
P0167	O2 Sonde (Bank 2, Sonde 3)	Fehler im Heizkreis

### 5.2.3 Diagnosehinweise

Fehler	Ursachen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erhöhter Kraftstoffverbrauch</li> <li>• Ruckeln im Schiebepetrieb</li> <li>• Motor "sägt" im Leerlauf.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Lambdasonde ist verschmutzt oder hat Ablagerungen als Folge von schlechter Verbrennung oder bleihaltigem Kraftstoff.</li> <li>• Die Lambdasonde reagiert zu träge d.h. die Lambdaregelung tendiert zu „fett“.</li> <li>• Die Lambdasonde ist durch zu hohe Abgastemperaturen geschädigt als Folge von fehlerhafter Gemischbildung oder Zündaussetzern.</li> <li>• Die elektrische Masseverbindung ist nicht in Ordnung.</li> </ul>

 **Hinweis:**

Bitte beachten Sie die allgemeinen

Hinweise in Kap. 3.

Zur Fehlerdiagnose

- Spannungssignal,
- Massenverbindung
- Beheizung (falls vorhanden) prüfen.

Dazu Fehlerspeicher auslesen und die Istwerte mit den Sollwerten vergleichen.

Stehen die Sollwerte nicht zur Verfügung

kann es hilfreich sein, diese Werte an einem baugleichen Fahrzeug im fehlerlosen Zustand auszulesen.