

# Das Geheimnis um Lambda

Zweite  
erweiterte  
Auflage



# Lambda sichert saubere Luft...

## Die Lambdasonde – unverzichtbarer Assistent des Katalysators

Bei der Verbrennung von Kraftstoffen entstehen neben unschädlichen Produkten wie Wasser, Kohlendioxid oder Stickstoff auch gefährliche Schadstoffe. Sie zu reduzieren, ist die Aufgabe des geregelten Katalysators, der seit Ende der Achtzigerjahre in jedem neuen Pkw mit Ottomotor zu finden ist und mit ihm mindestens eine Lambdasonde. Denn diese garantiert überhaupt erst optimale Betriebsbedingungen für den Katalysator.

Seit vielen Jahren kämpfen Politik und Industrie gegen den Schadstoffausstoß von Fahrzeugen.

## Die Vorgaben des Gesetzgebers werden immer strenger:

So hat das Europäische Parlament bereits neue Grenzwerte für den Schadstoffausstoß von Pkw beschlossen. Euro 5 tritt zum 1. September 2009 in Kraft (siehe Abb. 1+2). Gleichzeitig hat die EU der Automobilindustrie bereits Standards für Euro 6 (ab 2014) vorgegeben.

Ohne Katalysator sind diese Grenzwerte nicht mehr einzuhalten. Von geschätzten 162 Millionen Pkw mit Ottomotor, die in Gesamteuropa registriert sind, sind bereits heute 135 Millionen mit geregelter Katalysator ausgestattet.

Zudem sind immer mehr neue Motorräder mit Katalysator ausgerüstet. Denn auch für sie wurden inzwischen Grenzwerte definiert und regelmäßige Abgasuntersuchungen vorgeschrieben.

## Katalysator und Lambdasonde: Das Team für saubere Luft

Geregelte Katalysatoren reduzieren die Schadstoffe im Abgas um mehr als 95 Prozent. Weil sie die drei Schadstoffe HC, CO und NOx unschädlich machen, werden sie auch „3-Wege-Katalysator“ genannt.

Ihr Innenleben ist mit den Edelmetallen Platin, Rhodium und Palladium beschichtet. An diesen Beschichtungen finden komplexe chemische Reaktionen statt: Kohlenstoffmonoxid (CO) und Kohlenwasserstoffe (HC) werden zu Wasser (H<sub>2</sub>O) und Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>) oxidiert. Stickoxide (NOx) werden zu Stickstoff (N<sub>2</sub>), Sauerstoff (O<sub>2</sub>) und Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>) reduziert.

Die Aufgabe der Lambdasonde – auch Sauerstoffsonde genannt – ist dabei, für optimale Betriebsbedingungen zu sorgen. Denn nur, wenn ein spezielles Mischungsverhältnis von Kraftstoff und Luft vorliegt, kann der Katalysator annähernd alle schädlichen Abgase „konvertieren“.

Hierzu verfügen moderne Autos über mindestens zwei Lambdasonden: eine Regelsonde vor dem Katalysator und eine Diagnosesonde hinter dem Katalysator. Sie messen den Restsauerstoff im Abgas. Mit Hilfe dieser Information kann die Motorsteuerung die Gemischzusammensetzung einstellen.



Abb. 1

### Emissionswerte für Fahrzeuge mit Ottomotoren

Emissionswerte für Neufahrzeuge						
	gültig ab	CO (g/km)	HC (g/km)	NOx (g/km)	HC+NOx (g/km)	PM
<b>Euro I</b>	12/92	2,72	–	–	0,97	–
<b>Euro II</b>	01/97	2,20	–	–	0,50	–
<b>Euro III</b>	01/00	2,30	0,20	0,15	–	–
<b>Euro IV</b>	01/05	1,00	0,10	0,08	–	–
<b>Euro V</b>	09/09	1,00	0,10	0,06	–	0,005*
<b>Euro VI</b>	09/14	1,00	0,10	0,06	–	0,005*

\* mit Direkteinspritzung

Abb. 2

### Emissionswerte für Fahrzeuge mit Dieselmotoren

Emissionswerte für Neufahrzeuge						
	gültig ab	CO (g/km)	HC (g/km)	NOx (g/km)	HC+NOx (g/km)	PM
<b>Euro I</b>	01/92	3,16	–	–	1,13	0,14
<b>Euro II</b>	01/96	1,00	0,15	0,55	0,70	0,08
<b>Euro III</b>	01/00	0,64	0,06	0,50	0,56	0,05
<b>Euro IV</b>	01/05	0,50	0,05	0,25	0,30	0,025
<b>Euro V</b>	09/09	0,50	0,05	0,18	0,23	0,005
<b>Euro VI</b>	09/14	0,50	0,09	0,08	0,17	0,005





### OBD-Überwachung

Um die Einhaltung der Abgasemissionen über die Lebensdauer des Fahrzeuges zu gewährleisten, wurde ein Prüfsystem vorgeschrieben, die OBD (On-Board-Diagnose). Abgasrelevante Fehler werden über eine in den Armaturen integrierte Signallampe optisch angezeigt und im Fehler-

speicher abgelegt. Leuchtet diese Signallampe auf, so ist ein Werkstattbesuch ratsam.

### Weitere Lambdasonden-Anwendungen

Neben dem Ottomotor gewinnen Lambdasonden auch im Diesel-

segment an Bedeutung. So sind moderne Dieselfahrzeuge auf spezielle Breitband-Lambdasonden angewiesen, um die weiter verschärften Abgasgrenzwerte zu erfüllen. Solche Lambdasonden sind außerdem in Benzin-Direkteinspritzern zu finden.

Abb. 3

### Abgaszusammensetzung bei Ottomotoren

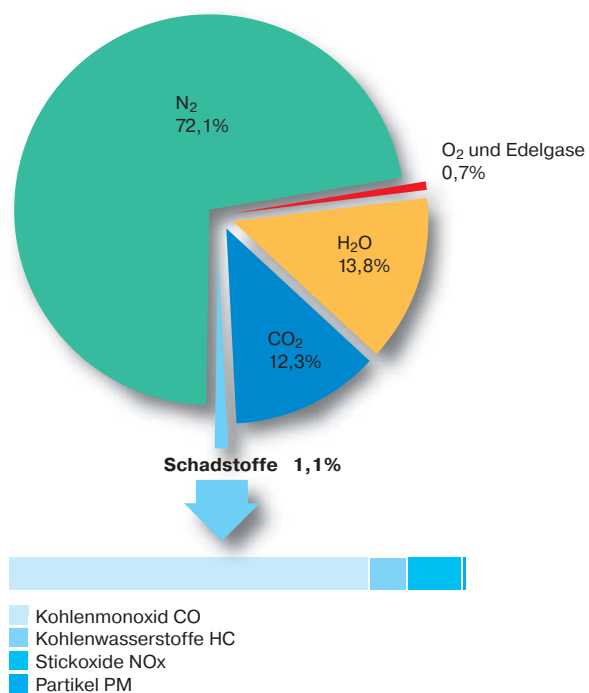
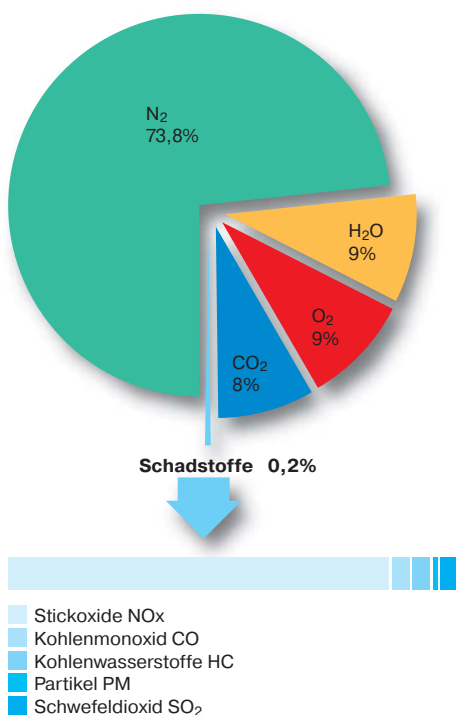


Abb. 4

### Abgaszusammensetzung bei Dieselmotoren





# Die Mischung macht's



**Erhöhte Emissionen entstehen dann, wenn das Luft-/Kraftstoffgemisch nicht exakt eingestellt ist.**

Das ideale Verhältnis von Kraftstoff und Luft liegt bei einem Ottomotor vor, wenn 14,7 kg Luft auf 1 kg Kraftstoff kommen. Es wird auch als „stöchiometrisches Gemisch“ bezeichnet. Nahezu alle Ottomotoren werden heute mit diesem idealen Gemisch betrieben. Die Lambdasonde spielt dabei eine entscheidende Rolle.

Nur wenn dieses Verhältnis vorliegt, ist eine vollständige Verbrennung gewährleistet und der Katalysator kann die schädlichen Abgase Kohlenwasserstoff (HC), Kohlenstoff-

monoxid (CO) und die Stickoxide (NOx) nahezu komplett in umweltverträgliche Gase umwandeln. Dieser ideale Gemischzustand wird mit dem griechischen Buchstaben Lambda (als  $\lambda = 1$ ) bezeichnet.

### Doch wie kommt er zustande?

Für die Zusammensetzung des Gemischs ist die Motorsteuerung (auch „ECU“ = „Engine Control Unit“) verantwortlich. Sie kontrolliert den Gemischbildner, der dem Verbrennungsprozess ein genau dosiertes Luft-/Kraftstoffgemisch zuführt.

Hierzu muss die Motorsteuerung allerdings wissen, ob der Motor gerade mit einem fetten Gemisch

(Luftmangel,  $\lambda < 1$ ) oder mit einem mageren Gemisch (Luftüberschuss,  $\lambda > 1$ ) fährt.

### Diese entscheidende Information liefert die Lambdasonde:

Je nach Anteil des Restsauerstoffs im Abgas produziert sie ein unterschiedliches Sondersignal. Die Motorsteuerung interpretiert dieses Signal und regelt den Gemischbildner.

### Erfolgsmodell Lambdaregelung

Auf diesem Grundprinzip aufbauend hat sich die Lambdasondentechnik stetig weiterentwickelt. Sie gewährleistet bis heute einen geringen Schadstoffausstoß und sorgt für einen effektiven Verbrauch und eine lange Lebensdauer des Katalysators.

Abb. 1 Mischungsverhältnis

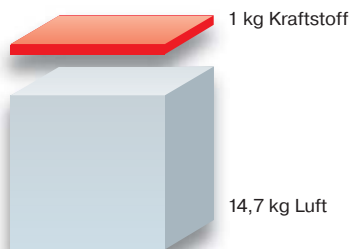
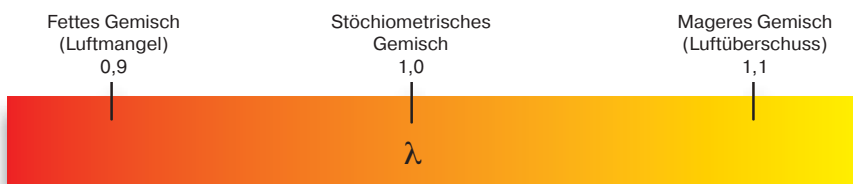
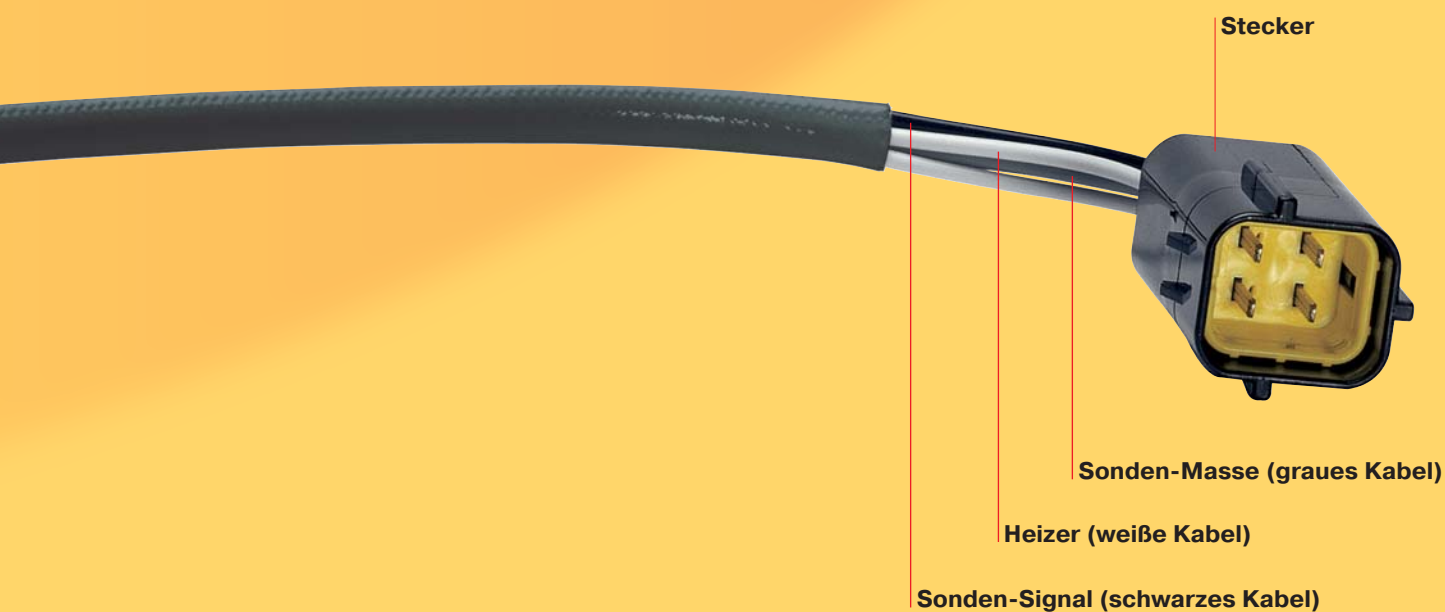


Abb. 2 Luftzahl





**Schon in den Achtzigerjahren gehörte NGK mit Lambdasonden der Marke NTK zu den Pionieren auf diesem Gebiet.**

Dass die Abgasreinigung seither immer effizienter und besser wurde, liegt nicht zuletzt an innovativster Technik und unablässiger Forschung. So erlaubt heute etwa der Einsatz

hocheffektiver, keramischer Heizer in der Lambdasonde eine extrem schnelle Betriebsbereitschaft.

Auch die keramischen Bauteile wurden kontinuierlich verbessert, immer mit dem Ziel, eine noch bessere Messung zu gewährleisten um so einen spürbaren Beitrag zum Einhalten der

strengen Euro-Normen zu leisten. Zudem wurden weitere Sondentypen für spezielle Anwendungen entwickelt, etwa Lambdasonden, deren elektrischer Widerstand sich mit der Gemischzusammensetzung ändert oder Breitbandsonden.

Abb. 3  
**Lambda-Fenster**

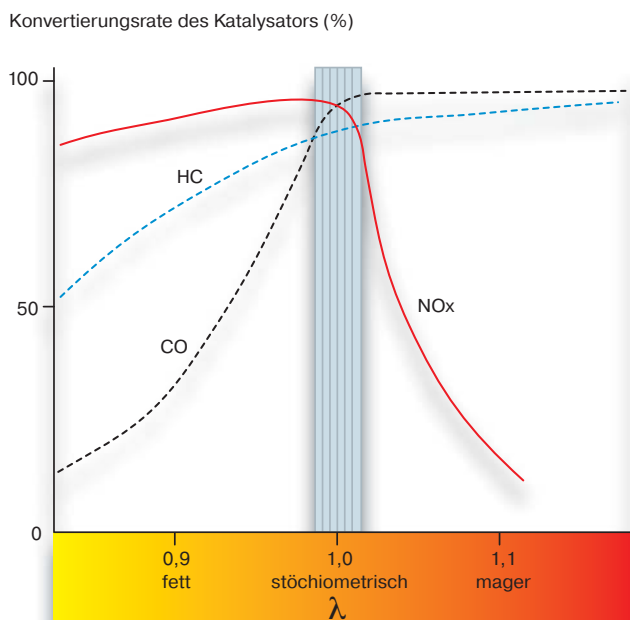
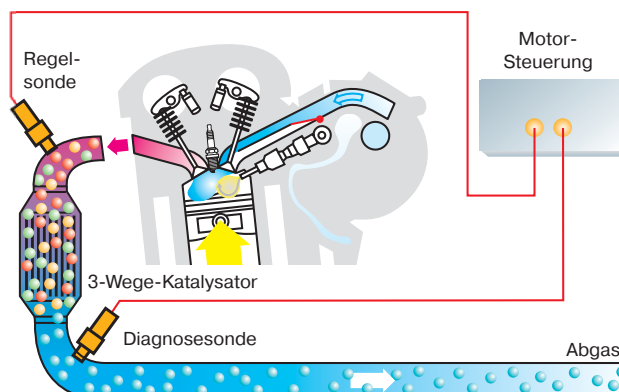


Abb. 4  
**Funktionsweise**

Damit der Katalysator optimal arbeitet, muss das Verhältnis von Kraftstoff und Luft exakt abgestimmt sein. Dafür sorgt die Lambdasonde. Sie ermittelt kontinuierlich den Restsauerstoffgehalt im Abgas. Über ein Ausgangssignal regelt sie die Motorsteuerung, die dadurch das Luft-/Kraftstoffgemisch exakt einstellt.

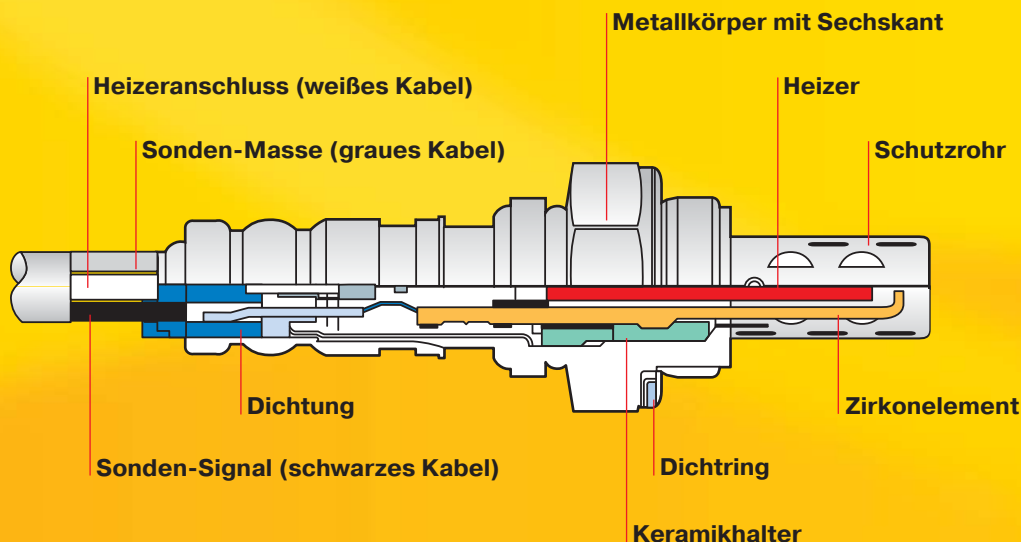






# Die Zirkondioxid-Lambdasonde

(Sprungsonde OZAS-S1)



Kabelzuordnung S. 14

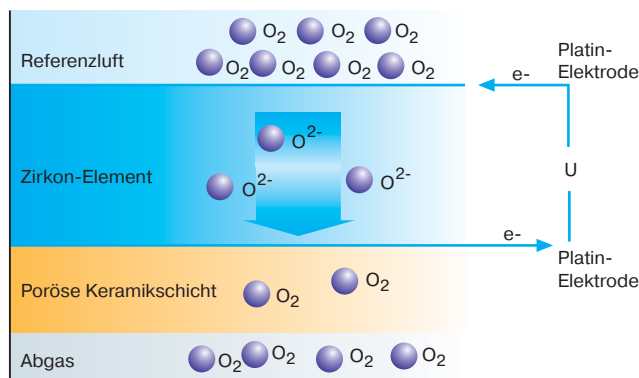
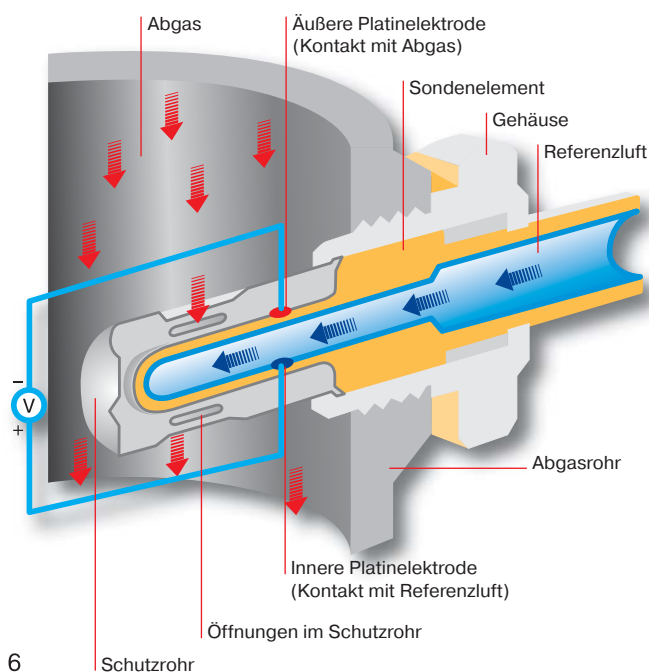
Die Zirkondioxid-Lambdasonde ist der am häufigsten verwendete Sondentyp. Sie wird auch als Sprungsonde bezeichnet, weil beim Übergang von einem mageren in einen fetten Betriebszustand ein charakteristischer Spannungssprung von rund 0,8 Volt zu beobachten ist.

**Aufbau des Sonderelements**  
Zirkondioxid ( $ZrO_2$ , auch Zirkoniumdioxid oder Zirkonoxid) ist ein keramischer Werkstoff mit besonderen Eigenschaften: Ab einer Temperatur von  $300^\circ C$  ist er durchlässig für Sauerstoff-Ionen. Das Sonderelement der Zirkondioxid-Lambdasonde ist fingerförmig und innen hohl. Der Hohlraum im Innern hat Kontakt zur Außen- bzw. Referenzluft, während die Außenseite – von einem Schutzrohr umgeben – im heißen Abgas-

strom liegt. Beide Seiten sind mit einer dünnen, porösen Platinschicht überzogen, die als Elektrode fungiert.

**Wie das Sondersignal entsteht**  
Erreicht die Lambdasonde ihre Betriebstemperatur, beginnt eine Ionen-Wanderung: Von der Außenluft – hier herrscht eine Sauerstoffkonzentration von etwa 20,8 Prozent – bewegen sich Sauerstoff-Ionen in Richtung Abgas (siehe Abb. 1). Hier liegt eine deutlich geringere Sauer-

Abb. 1  
Arbeitsprinzip der Zirkonia-Sonde



Die Spannung (U) ist proportional zum Sauerstoffgehalt.



stoff-Konzentration vor, die durch diese Wanderung ausgeglichen werden soll. Durch die so entstehende Potenzialdifferenz – also die unterschiedliche Anzahl von Elektronen auf beiden Seiten – liegt eine elektrische Spannung (U) an den Platinelektroden an, die an die Motorsteuerung weitergeleitet wird.

### So sieht das Signal aus

Ist das Gemisch mager, beträgt der Restsauerstoff im Abgas etwa 2 Prozent. Das entsprechende SONDENSIGNAL beträgt etwa 0,1 Volt. Bei weniger Restsauerstoff im Abgas ist das Gemisch fett, das SONDENSIGNAL springt

auf 0,9 Volt. Zwischen diesen Werten pendelt es mit einer Frequenz von 1 bis 2 Hz (ein bis zwei Mal je Sekunde) um den Idealwert  $\lambda=1$  und übermittelt die Abweichung vom idealen, stöchiometrischen Gemischzustand.

### Gut zu wissen ...

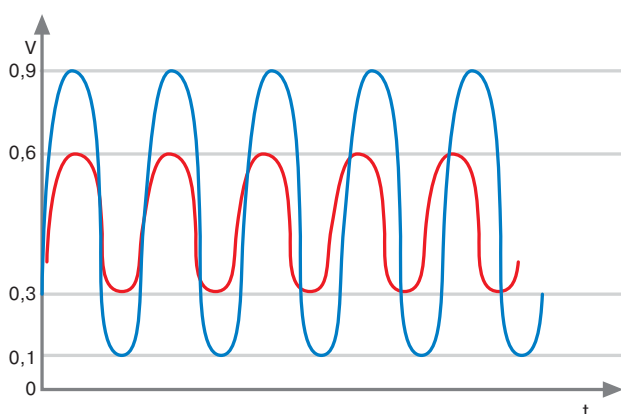
- Wasser-, Öl- oder Kraftstoffdämpfe können die Referenzluft verunreinigen und so das Messergebnis verfälschen. NTK entwickelte eine „atmende“ Sensorstruktur, die der Referenzluft über eine spezielle Membran erlaubt, zu „atmen“. Dies ist ein Beitrag zum Schutz der

Referenzluft vor so genannter „Vergiftung“ und dient somit der Zuverlässigkeit der Sonde.

- Das Schutzrohr aus Metall schützt das SONDENELEMENT vor Festkörpern im Abgas- und WASSERSCHLAG. Auftretendes Wasser im Abgasrohr kann zu Thermobrüchen der heißen Keramikelemente führen.
- Ein integrierter Heizer sorgt dafür, dass das SONDENELEMENT sehr schnell die erforderliche Betriebstemperatur erreicht und bereits auf den ersten Metern umweltschonend gefahren wird. Diese Ansprechzeit wird auch als „Light-off time“ bezeichnet.

Abb. 2

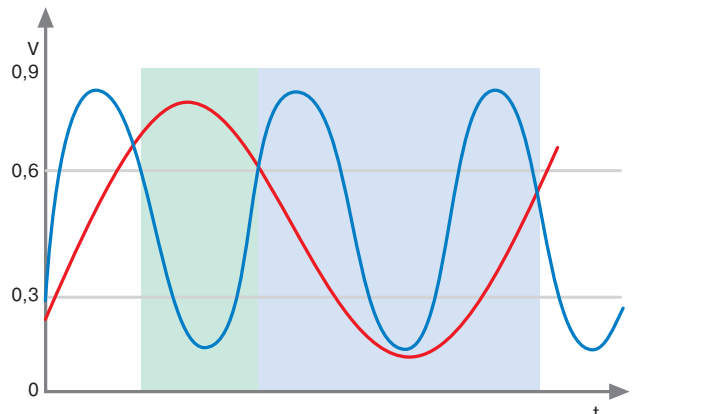
### Sondenspannung: Amplitude



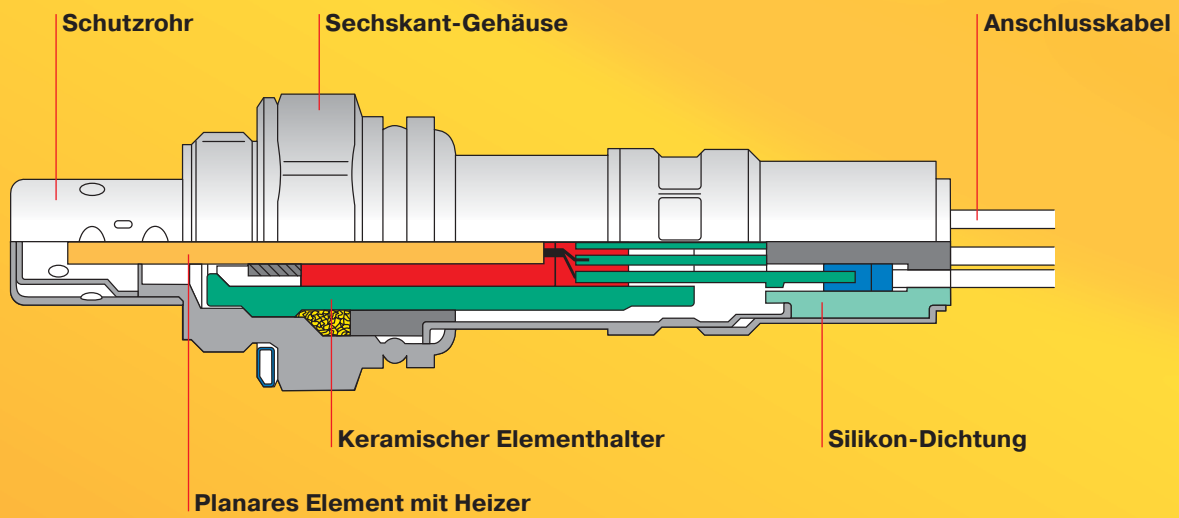
Bei einer schadhafte Sonde fällt der Spannungssprung geringer aus. Eine genaue Erkennung der Gemischzusammensetzung ist nicht mehr möglich.

Abb. 3

### Sondenspannung: Ansprechzeit



Die schadhafte Sonde reagiert träge. Die Motorsteuerung erhält die benötigten Informationen nicht schnell genug.



Kabelzuordnung S. 14

**Mit der Anforderung der Verbrauchs- und Emissionsreduzierung kam auch die Notwendigkeit auf, Motoren außerhalb des stöchiometrischen Betriebspunktes geregelt zu betreiben.**

Vor allem die Anfettung des Gemisches während des Kaltstarts, aber auch die Anfettung im Vollastbereich sind die Kernpunkte der

Betrachtung. Neuere Motorenkonzepte sehen aber z.B. auch einen Magerbetrieb über weite Betriebsbereiche vor, der entsprechend geregelt sein muss. Zu diesem Zweck wurden so genannte Breitbandsonden entwickelt, die ein dem Luft-/Kraftstoffverhältnis proportionales Ausgangssignal abgeben.

**Das Messprinzip**

Das Abgas gelangt über poröse Diffusionspassagen in eine Messkammer, wo der Sauerstoffgehalt mit Hilfe von Messelektroden festgestellt und mit einem Sollwert verglichen wird. Als Resultat dieser Vergleichsmessung wird dann ein Pumpstrom ( $I_p$ ) aktiviert, der die Sauerstoffkonzentration in der Messkammer auf

Abb. 1 Räumliche Darstellung des Elementes einer Breitbandsonde

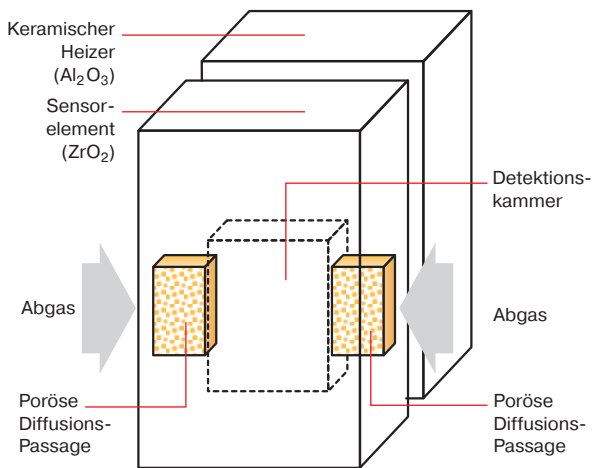
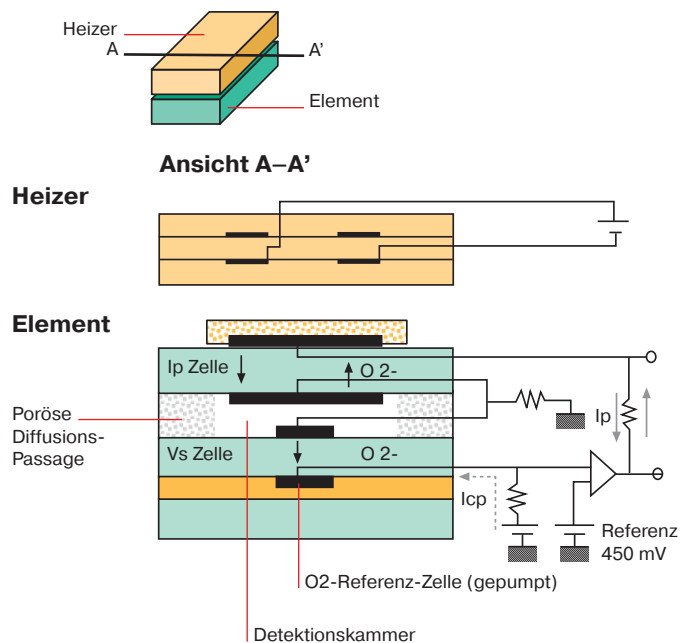


Abb. 2 Querschnitt durch das planare Element einer Breitband-Sonde







den Sollwert von 450mV einregelt. Über den Sensor-Pumpstrom wird dann an das Steuergerät der so gemessene breitbandige Lambda-Wert zur Auswertung weitergeleitet. Dieser Pumpstrom ist proportional zum Restsauerstoffgehalt im Abgas. Bei stöchiometrischem Gemisch ist der Pumpstrom gleich Null, da der Sauerstoff-Partialdruck der Messkammer dem oben genannten Sollwert von 450mV entspricht.

Im mageren Betrieb befindet sich Luftüberschuss in der Messkammer und ein positiver Pumpstrom wird

eingestellt, wogegen im Luftmangel der Pumpstrom umgekehrt wird und negativ ist.

Somit ist die Breitbandsonde in der Lage, ein dem Luft-/Kraftstoffverhältnis proportionales Ausgangssignal zu liefern. Stöchiometrische ebenso wie über- und unterstöchiometrische Betriebspunkte werden exakt detektiert, um jeweils eine optimale Luft-/Kraftstoffmischung zu gewährleisten und dementsprechend die strengen Abgasgesetze erfüllen zu können.

**Gut zu wissen ...**

- Breitbandsonden der Marke NTK finden bereits seit Ende der Neunzigerjahre Verwendung.
- Zu ihren Eigenschaften zählen höchste Genauigkeit und Zuverlässigkeit, ebenso wie eine besonders kurze Ansprechzeit.
- Breitband-Lambdasonden benötigen keine Referenzluft und können mit einem absolut hermetischen Gehäuse ausgestattet werden.
- Sie bieten eine äußerst schnelle Betriebsbereitschaft dank kompakter Sonderelemente.

Abb. 3  
**Ausgangssignal Vs-Signal**

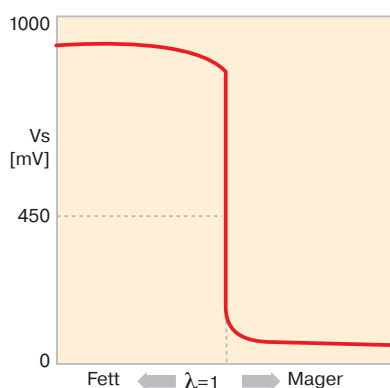


Abb. 4  
**Ausgangssignal Ip-Signal**

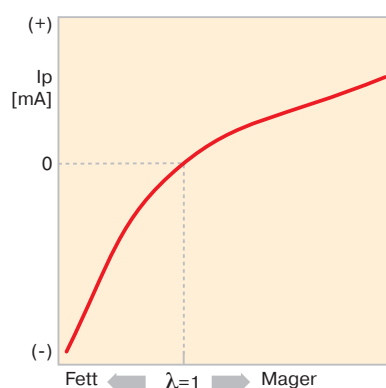
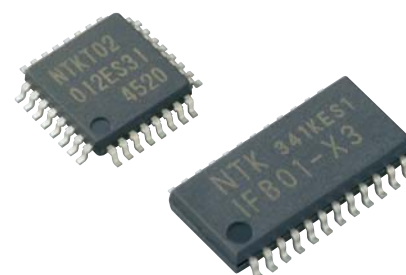


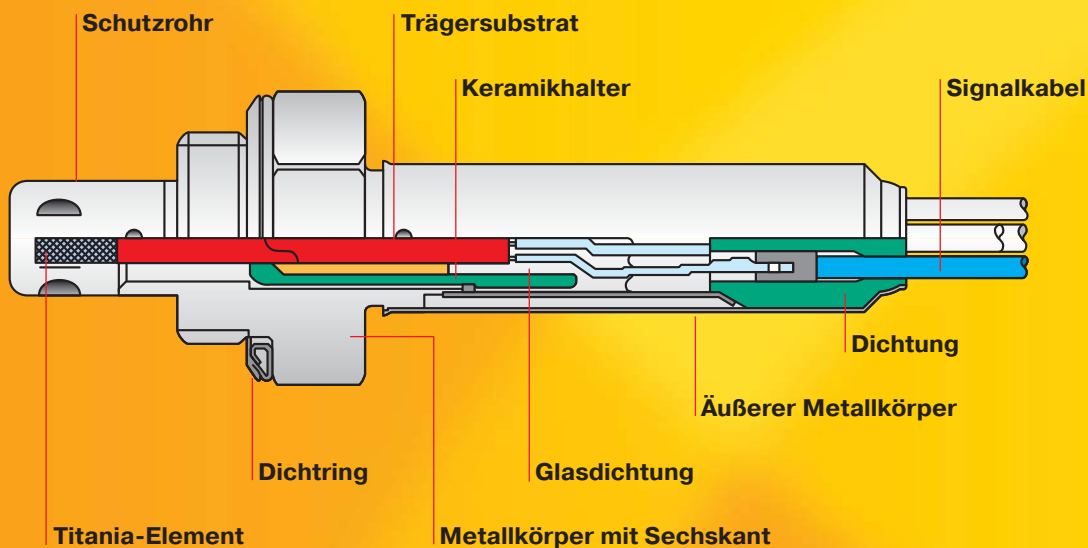
Abb. 5  
**Asic Element**





# Die Titandioxid-Lambdasonde

(Widerstands-Sprungsonde)



Kabelzuordnung S. 14

**Das keramische Sonderelement dieser Lambdasonde wird in Mehrlagen-Dickschichttechnik aus dem keramischen Werkstoff Titandioxid hergestellt.**

Das Funktionsprinzip der Titandioxid-Lambdasonde unterscheidet sich wesentlich von dem der Zirkondioxid- und auch der Breitband-Lambdasonden, denn Titandioxid besitzt eine spezielle Eigenschaft: Sein elektrischer Widerstand ändert sich

proportional zum Sauerstoff-Anteil im Abgas.

Liegt ein Sauerstoffüberschuss ( $\lambda > 1$ ) vor, nimmt die Leitfähigkeit des Titandioxids ab. Ist der Sauerstoffanteil niedriger ( $\lambda < 1$ ) wird das Titandioxid dagegen leitfähiger.

Je nach Größe des elektrischen Widerstands weiß die Motorsteuerung also, ob der Motor sich im mageren oder fetten Betriebszustand

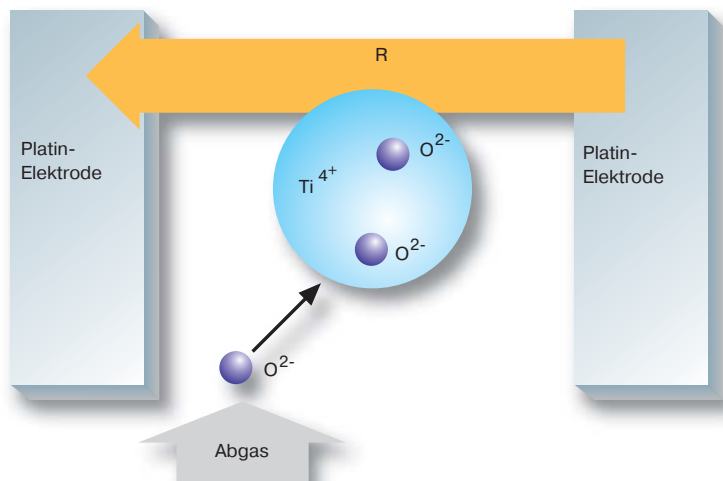
befindet. Bei hohen Temperaturen verändert sich der elektrische Widerstand besonders schnell. Die Betriebstemperatur dieser Lambdasonden liegt zwischen 200 und 700°C.

### Vorteile der Titandioxid-Lambdasonden:

- Robust und kompakt
- Hohe Reaktionsgeschwindigkeit
- Keine Referenzluft erforderlich
- Schnelles Erreichen der Betriebstemperatur

Abb. 1

### Arbeitsprinzip der Titania-Sonde



Der Widerstand (R) wird bei fettem Abgas kleiner.





### Spezialist im Magerbetrieb

Steigende Benzin- oder Kraftstoffpreise und Umweltschutz sind auch morgen noch ein Thema. Um Ottomotoren sparsamer und umweltfreundlicher zu machen, setzen die Automobilhersteller zunehmend auf Benzin-Direkteinspritzer, die unter Teillast mager betrieben werden. Das beschert einen zwölf bis 20 Prozent niedrigeren Verbrauch – erfordert aber auch einen NOx-Sensor.

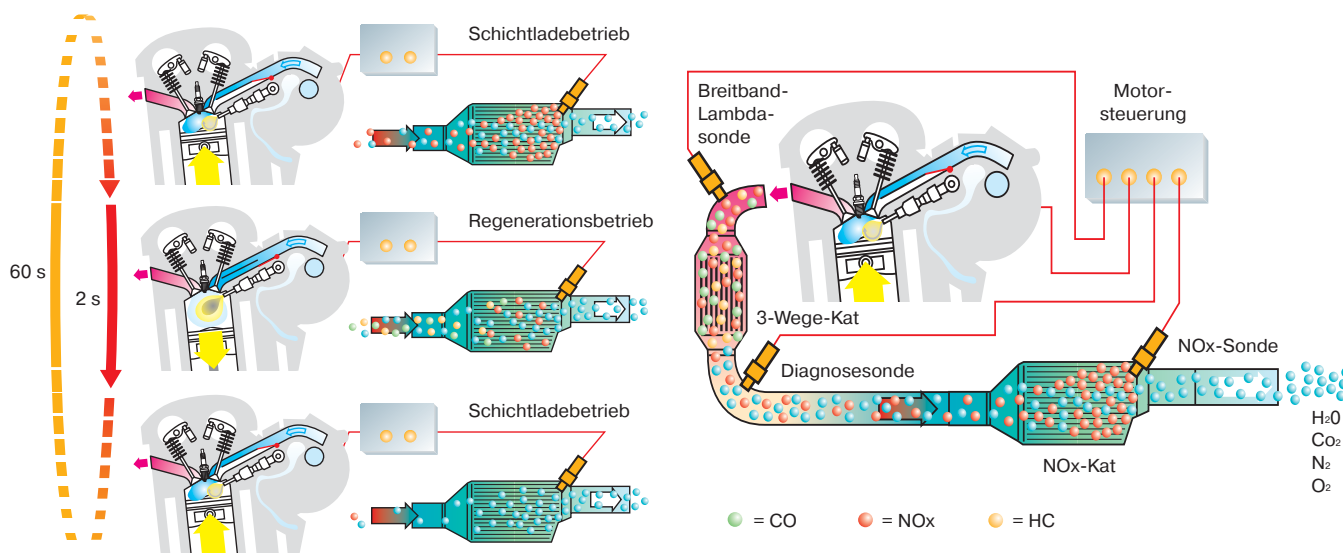
### Funktion

Im mageren Schichtladebetrieb liegt der Betriebspunkt weit außerhalb des Lambda-Fensters. Der Katalysator kann die bei der Verbrennung entstehenden Stickoxide nicht mehr optimal konvertieren. Aus diesem Grund wird ein spezieller NOx-Speicher-Katalysator eingesetzt, der die Stickoxide zwischenlagert. Ist seine Speicherkapazität erschöpft, wird dies von dem NOx-Sensor erkannt. Er weist die

Motorsteuerung an, für rund zwei Sekunden auf fetten Betrieb ( $\lambda < 1$ ) umzuschalten. Durch die Verbrennung des angefetteten Gemisches wird das NOx wieder freigesetzt und zu harmlosem Stickstoff reduziert. Dieser Vorgang wird als „Regenerationsphase“ bezeichnet, sie wiederholt sich im Magerbetrieb etwa alle 60 Sekunden.

Abb. 1

### Funktionsprinzip





## Lambda-Technik im Motorsport

**Viele führende Teams der Formel 1 setzen nicht nur auf Zündkerzen von NGK, sondern auch auf Lambdasonden der Marke NTK.**

Auch in der „Königsklasse“ des Rennsports, der Formel 1, wollen die Spitzenteams nicht mehr auf Lambdasonden von NTK verzichten. Denn über Sieg oder Niederlage entscheidet nicht selten die optimale Motorleistung, geregelt von NTK-Lambdasonden. Wenn es um Sekunden geht, muss ein Motor immer optimal funktionieren, um das Maximum zu erreichen.

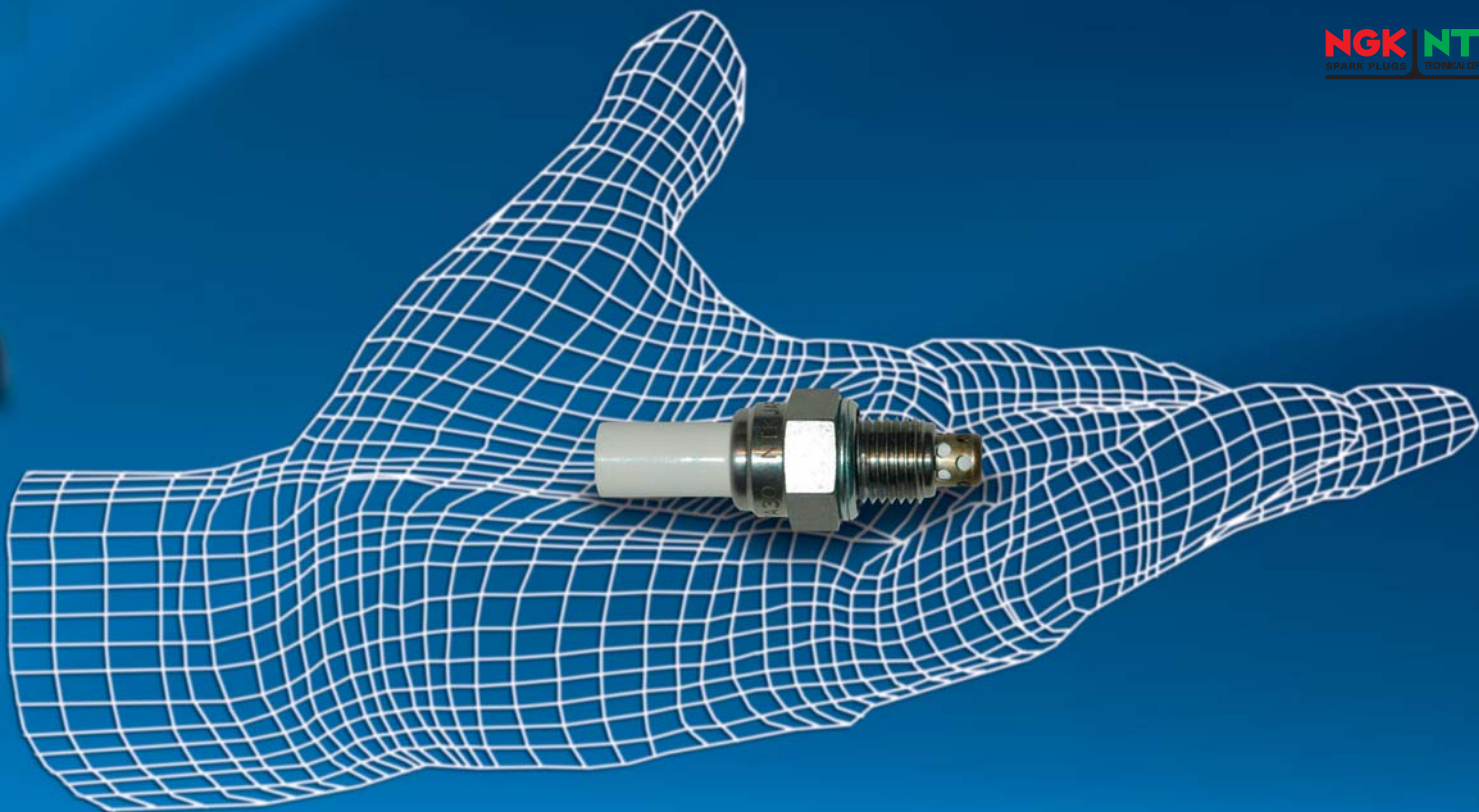
Die Lambdasonden von NTK stehen nicht nur für saubere Abgase, sie garantieren außerdem einen effektiven Benzinverbrauch und maximale Leistung.

Der Motorsport stellt besonders harte Anforderungen an die Lambdasonden, denn hier herrschen extreme Abgastemperaturen. Außerdem sind die Sonden hohen Vibrationen und Drücken ausgesetzt, die weder die Sonde beschädigen, noch das Messergebnis verfälschen dürfen.

**Ähnliches gilt in der MotoGP, der höchsten Rennklasse des Zweiradsports. NGK beliefert auch hier die führenden Teams nicht nur mit Zündkerzen, sondern auch mit Lambdatechnik.**







## Lambdasonden für Motorräder

**Auch Motorradentwickler müssen sich mit immer strengeren Abgasnormen auseinandersetzen und effizientere Motoren entwickeln. Auf den Abgasemissionen liegt dabei ein besonderer Fokus.**

Alle neu zugelassenen Motorräder müssen aktuell die Abgasnorm Euro 3 erfüllen.

Die Motorradhersteller arbeiten seit vielen Jahren daran, den Schadstoffausstoß zu senken. Ein wachsender Anteil neuer Motorräder wird daher mit geregelter Katalysator ausgeliefert – und mit Lambdasonde.

Bei der Entwicklung setzen alle führenden Motorradhersteller auf NGK. Zu den Unternehmen, die Lambdasonden von NTK in Serie nutzen, gehören Aprilia, BMW, Ducati, Honda, Kawasaki, KTM, Moto Guzzi, Suzuki und Triumph.

Übrigens hat NTK mit der OZAS-S3 eine Lambdasonde eigens für Zweiräder entwickelt. Sie ist die wohl kleinste Lambdasonde der Welt und hat die Form einer Zündkerze. Sie erreicht auch ohne Heizer schnell die Betriebstemperatur, eine zusätzliche Stromversorgung ist nicht erforderlich. Dies ermöglicht eine kompakte

Bauweise. Das erzeugte Spannungssignal übermittelt die Sonde über einen aufgesetzten Stecker.

Abb. 3  
**OZAS S3**



Abb. 1  
**Größenvergleich**

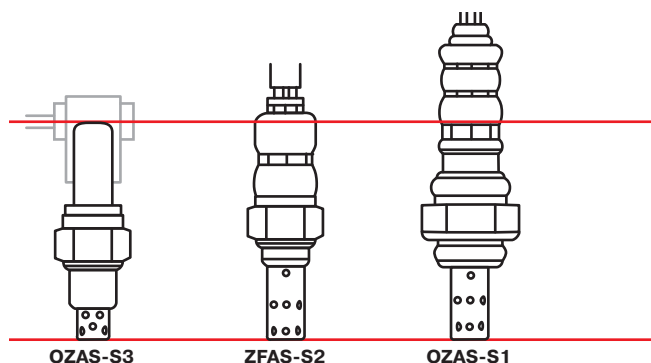
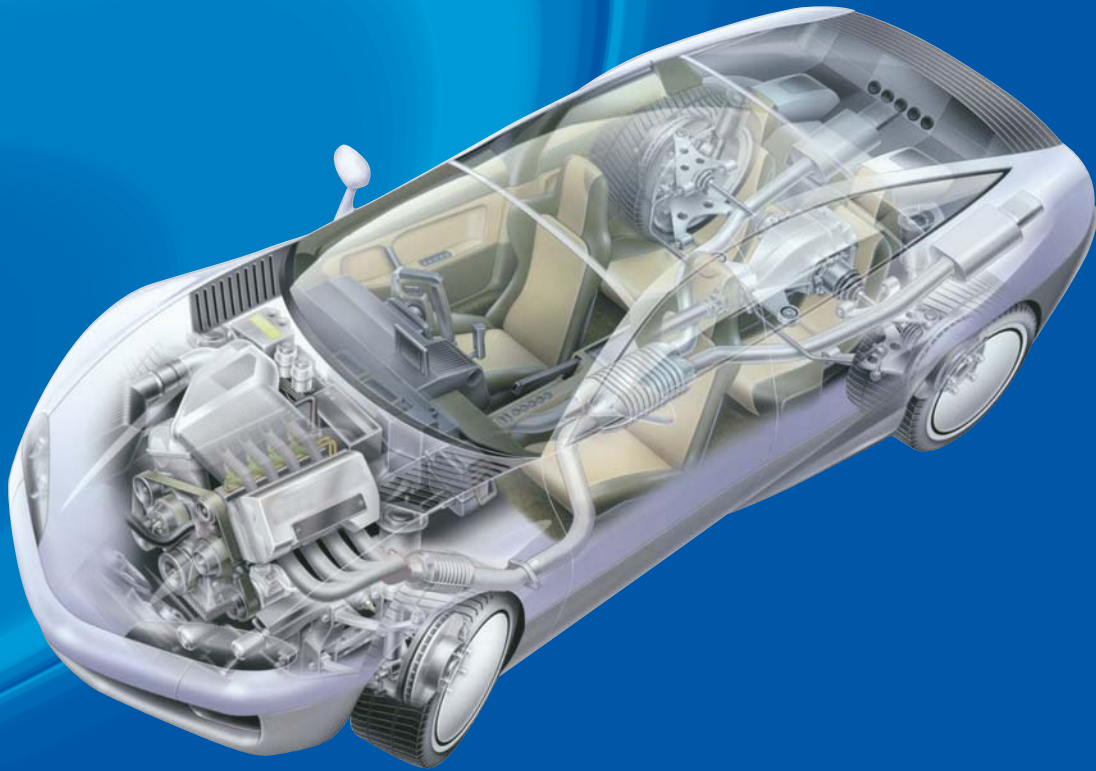


Abb. 2  
**ZFAS-S2**





# Kabelzuordnung

## Zirkondioxid-Lambdasonde

(Sprungsonde)

### Unbeheizt

1 Kabel	2 Kabel
schwarz => Signal	schwarz => Signal
	grau => Masse

### Beheizt

3 Kabel	4 Kabel
schwarz => Signal	schwarz => Signal
2x weiß => Heizelement	grau => Masse
	2x weiß => Heizelement

## Titandioxid-Lambdasonde

(Widerstands-Sprungsonde)

### Typ I

rot	=> Heizelement (+)
weiß	=> Heizelement (-)
schwarz	=> Signal (-)
gelb	=> Signal (+)

### Typ II

grau	=> Heizelement (+)
weiß	=> Heizelement (-)
schwarz	=> Signal (-)
gelb	=> Signal (+)

## Breitbandsonde

gelb	=> Heizelement (-)
blau	=> Heizelement (+)
weiß	=> Ip (+)
grau	=> Vs (+)
schwarz	=> Ip (-), Vs (-)

## NOx-Sonde

gelb	=> Heizelement (-)
blau	=> Heizelement (+)
weiß	=> Ip I (+)
grün	=> Ip II (+)
grau	=> Vs (+)
schwarz	=> Ip (-), Vs (-)

**Da die Lambdasonden einem gewissen Verschleiß und einer Alterung unterliegen, empfiehlt es sich, die Funktion alle 30.000 km und/oder bei jeder Abgasuntersuchung zu prüfen.**

Eventuelle Funktionsstörungen machen sich bemerkbar durch:

- Unruhigen Motorlauf
- Abgaswerte werden nicht eingehalten
- Gestiegenen Benzinverbrauch

## Wartungshinweise bei Störungen

- Bei Vibrationen  
=> Halterung prüfen
- Bei mechanischer Beschädigung  
=> Sonde austauschen
- Bei hohem Kraftstoffverbrauch  
=> Sonde auf Funktionalität prüfen
- Verunreinigung der Referenzluft  
=> Sonde austauschen
- Steckverbindungen  
=> Sitz prüfen

## Praktische Ausführung

**Achtung:** Die Anschlussstecker müssen zum Fahrzeug passen; für jedes Fahrzeug gibt es spezielle Sonden – keinesfalls Provisorien benutzen.

## Heizer prüfen

Zündung ausschalten, Stecker abziehen und den Widerstand zwischen den beiden weißen (OZA – Zirkondioxid) oder den rot-weißen (OTA – Titandioxid) Kabeln prüfen. Ist der Widerstand größer als 30 Ω, muss die Lambdasonde ausgetauscht werden. Eine indirekte Messung bei der Abgasuntersuchung erfolgt über Störgrößenbeaufschlagung.

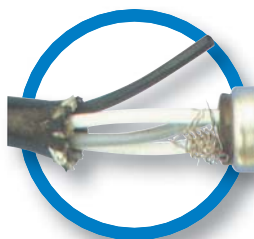
Achtung: Eine direkte Messung der Sondenspannung kann zu einer Beschädigung der Kabel führen.

# Lambdasonden Schadensbilder



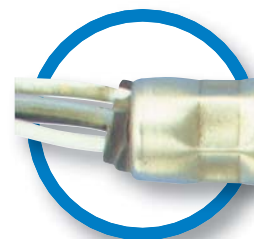
**Problem:** Kabel und Stecker durch Kontakt mit Abgasanlage geschmolzen

**Lösung:** Wechseln der Sonde und Verlegen des Kabels ohne Kontakt mit Abgasanlage



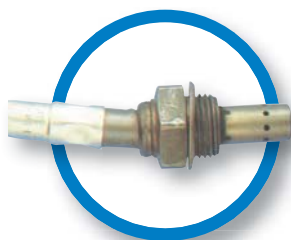
**Problem:** Ausgefranzte und gebrochene Kabel

**Lösung:** Wechseln der Sonde und nicht zu strammes Verlegen des Kabels



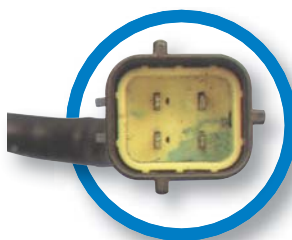
**Problem:** Kabeldichtung gelöst. Wasser kann in die Sonde eindringen

**Lösung:** Wechseln der Sonde und nicht zu strammes Verlegen des Kabels



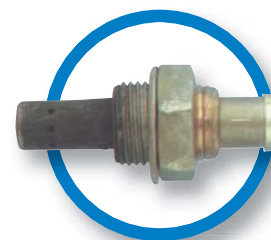
**Problem:** Sonde ist abgeknickt

**Lösung:** Wechseln der Sonde



**Problem:** Wasser im Stecker, Kontakte angerostet

**Lösung:** Wechseln der Sonde. Überprüfen der elektrischen Anschlüsse zwischen Sonde und Motorsteuergerät.



**Problem:** Rußablagerungen verschließen die Öffnungen des Schutzrohres, z.B. durch fettes Gemisch oder hohen Ölverbrauch durch Verschleiß von Motor und Ventilen oder Leckagen im Abgassystem.

**Lösung:** Fehlerdiagnose und Beseitigung. Anmerkung: Übermäßige Ruß- und Ölablagerungen auf dem SONDENSCHUTZROHR werden nicht vom Sensor selbst verursacht.





# Diagnosetipps für die Werkstatt

**Es gibt viele Möglichkeiten, die Funktion einer Lambdasonde zu prüfen.**

**Fehlerausgabe über OBD/EOBD**

Autos mit Eigendiagnose erkennen Fehler selbständig. Auftretende Fehler werden dem Fahrer über eine Signallampe im Armaturenbrett angezeigt und dauerhaft im Fehlerspeicher abgelegt. Der Fehlerspeicher kann durch die Fachwerkstatt über genormte Schnittstellen ausgelesen, der Fehler analysiert und behoben werden.

**Die OBD/EOBD überwacht unter anderem:**

- Lambdasondenfunktion
- Wirkungsgrad des Katalysators
- Verbrennungsaussetzer

**Sichtprüfung**

Ersten Aufschluss, ob die Lambdasonde defekt ist, gibt die Sichtprüfung: Alle Anschlussleitungen, Stecker und der Sondenkörper sollten vor dem Funktionstest optisch kontrolliert werden (siehe Seite 15).

**Prüfung mit dem Abgastester**

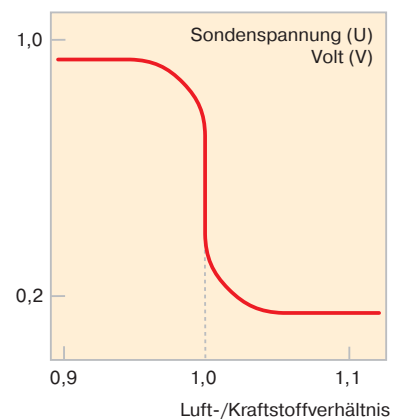
Diese Testmethode entspricht im Grunde dem Vorgehen bei einer Abgasuntersuchung:

- Bei betriebswarmem Motor Frischluft als Störgröße aufschalten.
- Durch die sich ändernde Abgaszusammensetzung ändert sich der vom Abgastester angezeigte Lambdawert.
- Die Gemischaufbereitung des Fahrzeugs muss innerhalb von 60 Sekunden neu ausregeln.
- Wird die Störgröße zurückgenommen, muss das System den ursprünglichen Lambdawert zurückregeln.
- **Achtung:** Moderne Motoren können trotz nicht funktionierender Lambdaregelung durch die genaue Lasterkennung das Gemisch auch so streuen, dass  $\lambda = 1$  ist.

**Prüfung mit dem Multimeter**

Nutzen Sie ein hochohmiges Multimeter. Aufgrund der schnellen Spannungswechsel lässt sich das Signal am besten mit einem analogen Gerät darstellen. Multimeter mit kleinerem Innenwiderstand belasten das Sondersignal zu stark, wodurch es zusammenbrechen kann.

Abb 1  
**Ausgangssignal einer Sprungsonde**







**Zum Testen:**

- Messbereich auf 1 oder 2 Volt einstellen.
- Multimeter parallel an Signalleitung anschließen (schwarzes Kabel).
- Nach dem Motorstart wird zunächst eine Referenzspannung von 0,4 – 0,6 Volt angezeigt.
- Motor bei 2.500 Umdrehungen laufen lassen, damit auch Lambda-sonden ohne eigenen Heizer ihre Betriebstemperatur erreichen. Im Leerlauf erreichen solche Sonden

- möglicherweise nicht die erforderliche Betriebstemperatur und kühlen wieder ab.
- Erreicht eine intakte Sonde die Betriebstemperatur, beginnt die Spannung, zwischen 0,1 und 0,9 Volt zu wechseln.

**Prüfung mit dem Oszilloskop**

Am genauesten ist der Test mit dem Oszilloskop. Es zeigt minimale und maximale Spannung, die Ansprechzeit und die Periodendauer an.

**Hierzu:**

- Motor bei 2.000 Umdrehungen auf Betriebstemperatur bringen und Oszilloskop an Signalleitung anschließen, ohne die Sonde von der Motorsteuerung zu trennen.
- Messbereich auf 1 – 5 Volt, Zeit auf 5–10 Sekunden einstellen (Herstellerangaben beachten). Ggf. automatische Signalerkennung aktivieren.
- Die Sonde sollte mindestens zwischen 0,1 und 0,9 Volt pendeln, mit einer Frequenz von 0,5 – 4 Hz.

Abb. 2

**Ausgangssignal einer Breitbandsonde: Vs-Signal**

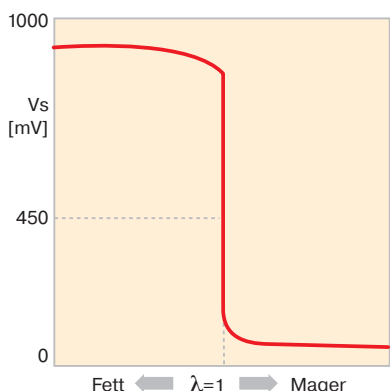


Abb. 3

**Ausgangssignal einer Breitbandsonde: Ip-Signal**

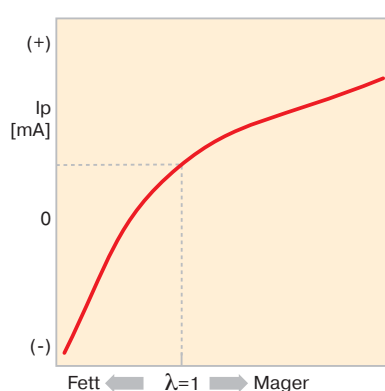
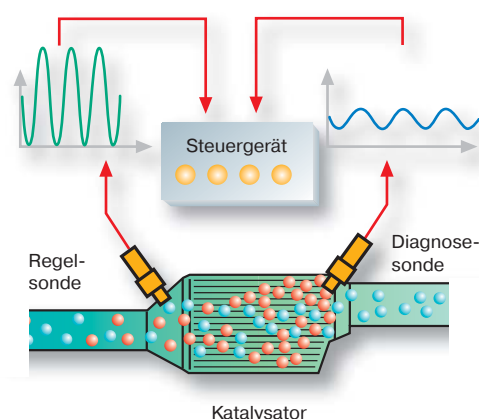


Abb. 4

**Katalysator-Überwachung**





# Handel

**Mehr als 90 Prozent aller im Markt befindlichen Fahrzeuge sind bereits heute mit Katalysator ausgestattet – und damit mit mindestens einer Lambdasonde. Tendenz steigend.**

Da die Lambdasonden enormen thermischen, chemischen und mechanischen Belastungen ausgesetzt sind, unterliegen sie einem gewissen Verschleiß. Gealterte Lambdasonden reagieren zu träge auf Gemischänderungen, regeln zu langsam und erreichen nicht mehr das normale Spannungsfeld mit Folgen für Autofahrer und Umwelt.

**Defekte Lambdasonden führen zu höherem Kraftstoffverbrauch und stärkerer Umweltbelastung.**

**Der Grund:**

- Erreicht ein unzureichendes SONDENSIGNAL die Motorsteuerung oder regelt die Sonde zu träge, schaltet der Motor auf „Notlauf“.
- Zum Bauteileschutz und um die abgefragte Leistung zu garantieren wird das Gemisch angefettet.
- Der Spritverbrauch steigt um bis zu 15 Prozent.
- Der Katalysator kann nicht mehr optimal arbeiten, der Schadstoffausstoß steigt.

Die langjährige Erfahrung bei der Entwicklung und Herstellung erlaubt es NTK für fast jedes Fahrzeug die geeignete Lambdasonde anzubieten. Eine hohe Marktabdeckung ist das Ergebnis dieser Arbeit.

**Der Lambdasonden Katalog: ein breit aufgestelltes Nachschlagewerk**

- Mehr als 500 unterschiedliche Lambdasondentypen
- Umfasst Lambdasonden für rund 5.600 Fahrzeuganwendungen
- Jetzt neu: mit Motorrad-lambdasonden

- Alle Lambdasonden erfüllen die Spezifikationen der Automobilhersteller.
- Sie finden die passende Lambdasonde für annähernd jedes Fahrzeug übersichtlich, schnell und mit vielen Zusatzinformationen.
- Steckerzeichnungen in Originalgröße helfen bei der Zuordnung.
- Das Sortiment wird laufend erweitert und aktualisiert.

**Wissen, leicht vermittelt**

NGK bietet Handel und Werkstatt Wissen aus erster Hand. Die interaktive Internetseite [www.ngk-elearning.de](http://www.ngk-elearning.de) beispielsweise erklärt die Funktionsweise und den Aufbau der wichtigsten NGK Produkte - mit Hilfe vieler 3D-Animationen und Grafiken. Darüber hinaus stellt NGK unter [www.ngk.de](http://www.ngk.de) Schulungsmaterialien zu Produkten bereit.



**Weitere Infos unter:**  
[www.lambdasonde.de](http://www.lambdasonde.de)



## Die Nr. 1 – weltweit

**Wie wichtig Lambdasonden zur Einhaltung der immer strenger werdenden, gesetzlich vorgeschriebenen Emissionswerte sind, haben die internationalen Automobilhersteller längst erkannt – und setzen daher auf das Know-how von NTK.**

NTK stellt seit 1982 Lambdasonden her. Bis 2007 Jahren lieferte NTK rund 400 Millionen Lambdasonden aus – an die Automobilhersteller und an den Aftermarket.

Die Referenzliste von NTK liest sich wie das „Who’s who“ des weltweiten Autobaus. So werden die Autos folgender Hersteller mit NTK-Lamdasonden ausgestattet: Aston Martin, Audi, BMW, Citroën, Daewoo, Daihatsu, DaimlerChrysler, Fiat, Ford,

General Motors, Honda, Hyundai, Isuzu, Jaguar, Kia, Lancia, Mazda, Mitsubishi, Nissan, Opel, Peugeot, Renault, Rover, Seat, Skoda, Subaru, Suzuki, Toyota, Volvo und VW.

NGK wird auch zukünftig dafür sorgen, dass für jeden Motor eine ideale Lambdasonde zur Verfügung steht.







NGK SPARK PLUG EUROPE GMBH  
Harkortstr. 41  
40880 Ratingen  
Germany  
Produktmanager Oliver Posati  
Tel. +49(0)2102/974-104  
Fax +49(0)2102/974-147  
[www.ngk.de](http://www.ngk.de)

