

# Technisches Merkblatt

Hella Elektronik-Rallye  
**2005** Fit für  
die Zukunft

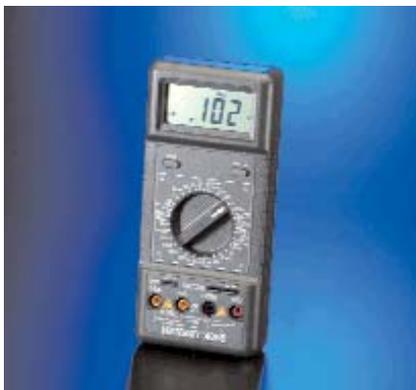
## ■ Fehlersuche an Sensoren

Nr. 4

### ■ Fehlersuche mit dem Oszilloskop

Ob als Handgerät oder fest im Motortester eingebaut – Oszilloskope sind aus dem Werkstattalltag nicht mehr wegzudenken. In dieser Ausgabe sollen Ihnen die Funktionsweise und die verschiedenen Prüf- und Diagnosemöglichkeiten praxisgerecht nähergebracht werden.

#### Multimeter oder Oszilloskop?



Ein digitales Multimeter reicht aus, um Stromkreise im statischen Zustand zu prüfen. Gleiches gilt für Checks, bei denen sich der Messwert allmählich ändert. Das Oszilloskop kommt dann zum Einsatz, wenn man intermittierende Fehler diagnostizieren will oder dynamische Prüfungen (am laufenden Motor) durchführt.

#### Das Oszilloskop bietet drei Vorteile:

1. Die Messwernerfassung erfolgt erheblich schneller als beim besten Multimeter.
2. Der Signalverlauf kann ohne großes Spezialwissen leicht dargestellt und (mit Hilfe von Vergleichsoszillogrammen) leicht interpretiert werden.
3. Es lässt sich sehr leicht anschließen, im Normalfall reichen zwei Kabel.

#### Das Leistungsspektrum des Oszilloskops



Der ältere analoge Oszilloskop-Typ eignete sich ausschließlich zur Prüfung der Hochspannungskreise im Zündsystem. Das moderne digitale Oszilloskop bietet zusätzlich einstellbare Niederspannungsmessbereiche (z. B. 0-5 V oder 0-12 V). Es verfügt auch über einstellbare Zeitmessbereiche, um die Oszillogramme bestmöglich ablesbar darzustellen.

Bewährt haben sich die Handgeräte, die direkt am Fahrzeug und sogar während einer Testfahrt eingesetzt werden können. Diese Geräte sind in der Lage, Oszillogramme und entsprechende Daten zu speichern, damit sie anschließend ausgedruckt oder auf einen PC runtergeladen und im Detail betrachtet werden können.

Das Oszilloskop kann Schwingungen, Frequenzen, Impulsbreiten und Amplituden des empfangenen Signals darstellen. Das Prinzip ist einfach: Es zeichnet auf der vertikalen (y) Achse einen Graphen aus der gemessenen Spannung und auf der horizontalen (x) Achse die ver-



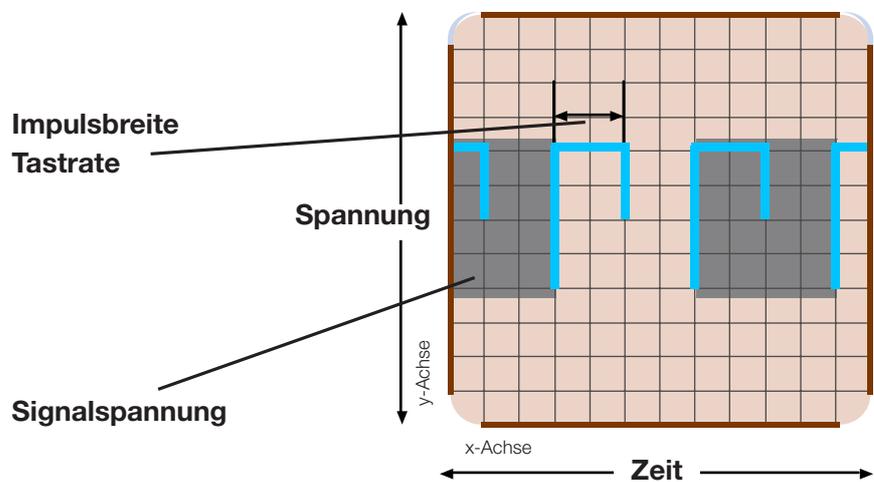
Ideen für das  
Auto der Zukunft

strichene Messzeit auf. Die kurze Reaktionszeit ermöglicht die Diagnose intermittierend auftretender Fehler. Es können also die Auswirkungen beobachtet werden, die durch Eingriffe auf das Bauteil verursacht werden – beispielsweise durch das Abziehen des Mehrfachsteckers.

## Oszillogramme

Jedes Oszillogramm enthält einen oder mehrere der folgenden Parameter:

- Spannung (U)
- Signalspannung zu einem bestimmten Zeitpunkt
- Frequenz – Schwingung pro Sekunde (Hz)
- Impulsbreite – Tastrate (%)
- Zeit (t), in der Signalspannung angezeigt wird
  - als Prozentsatz (%) der Gesamtzeit
- Schwingung (Änderung des Signals)



**Bild 1: Parameter**

## Interpretation von Oszillogrammen

Typische Oszillogramme (Bild 2 und 3) sind von vielen Faktoren abhängig und sehen deshalb sehr unterschiedlich aus. Wenn ein Oszillogramm von der „typischen“ Darstellung abweicht, sind vor der Diagnose und dem Auswechseln von Bauteilen folgende Punkte zu beachten:

### 1. Spannung

Typische Oszillogramme zeigen die ungefähre Lage des Graphen zur Nullachse an. Dieser Graph (Bild 2[1]) kann aber, je nach zu prüfendem System, innerhalb des Nullbereichs liegen (Bild 2[2] und 3[1]). Die Spannung bzw. die Amplitude (Bild 2[3] und 3[2]) ist von der Betriebsspannung des Schaltkreises abhängig. Bei Gleichspannungskreislängen hängt sie von der geschalteten Spannung ab. So ist z. B. die Spannung bei Leerlaufregelungseinrichtungen konstant, d.h. sie ändert sich nicht mit der Drehzahl. Bei Wechselspannungskreislängen hängt sie von der Geschwindigkeit des Signalerzeugers ab: Die Ausgangsspannung beispielsweise eines induktiven Kurbelwinkelsensors steigt mit der Drehzahl.

Liegt der Graph zu hoch oder geht er nach oben über den Bildschirmrand hinaus, muss der Spannungsmessbereich vergrößert werden, um die gewünschte Darstellung zu erhalten. Ist der Graph zu klein, minimiert man den Spannungsmessbereich. Einige Schaltkreise mit Magnetventilen, wie z. B. Leerlaufregelungseinrichtungen, erzeugen Spannungsspitzen (Bild 2[4]), wenn der Kreis ausgeschaltet ist. Diese Spannung wird von dem entsprechenden Bauteil erzeugt und kann in der Regel ignoriert werden. Bei einigen Schaltkreisen, deren Oszillogramm die Form einer Rechteckspannung aufweist, kann die Spannung am Ende der Schaltperiode allmählich abfallen (Bild 2[5]). Diese Erscheinung ist typisch für einige Systeme – sie braucht ebenfalls nicht beachtet zu werden.

## 2. Frequenz

Die Frequenz ist abhängig von der Betriebsgeschwindigkeit des Schaltkreises. In den dargestellten Oszillogrammen wurde der Zeitmessbereich festgelegt, damit der Graph im Detail betrachtet werden kann.

Bei Gleichspannungskreislösungen hängt der einzustellende Zeitmessbereich von der Geschwindigkeit ab, mit der der Schaltkreis geschaltet wird (Bild 2[6]). So ändert sich z. B. die Frequenz einer Leerlaufeinrichtung mit der Motorlast.

Bei Wechselspannungskreislösungen hängt der einzustellende Zeitmessbereich von der Geschwindigkeit des Signalerzeugers ab (Bild 3[3]). So steigt z. B. die Frequenz eines induktiven Kurbelwinkelsensors mit der Drehzahl.

Ist das Oszillogramm zu stark komprimiert, muss der Zeitmessbereich verkleinert werden. So erhält man die gewünschte Darstellung. Bei einem stark auseinandergezogenen Oszillogramm vergrößert man den Zeitmessbereich. Verläuft der Graph in umgekehrter Richtung (Bild 3[4]), sind die Bauteile im zu prüfenden System in entgegengesetzter Polarität zum dargestellten typischen Oszillogramm angeschlossen. Dies ist kein Hinweis auf einen Fehler und kann in der Regel ignoriert werden.

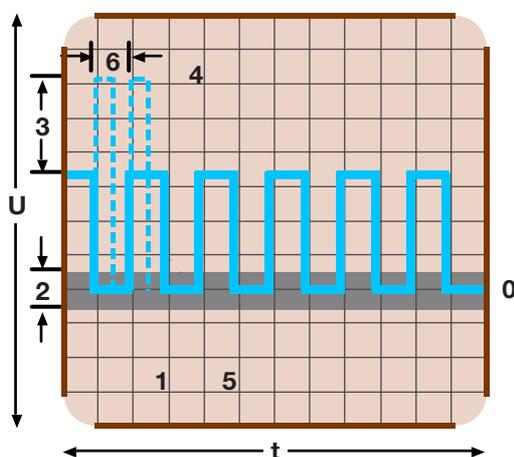


Bild 2: Digitales Oszillogramm

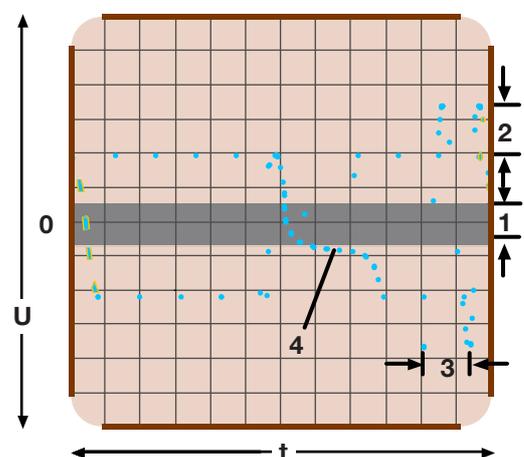


Bild 3: Analoges Oszillogramm

## Beispiele von Signalformen

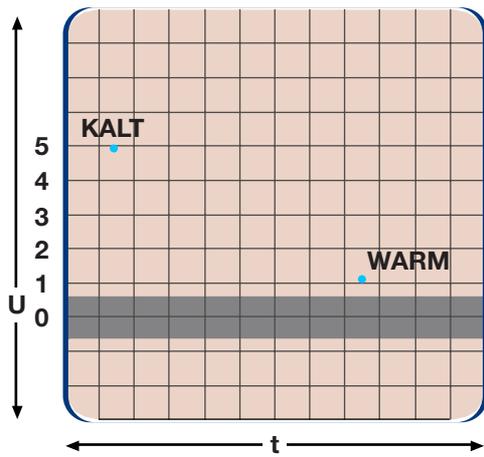


Bild 4: Kühlmitteltemperatursensor

## Gleichspannungssignale

Beispiele für Bauteile mit Gleichspannungssignalen:

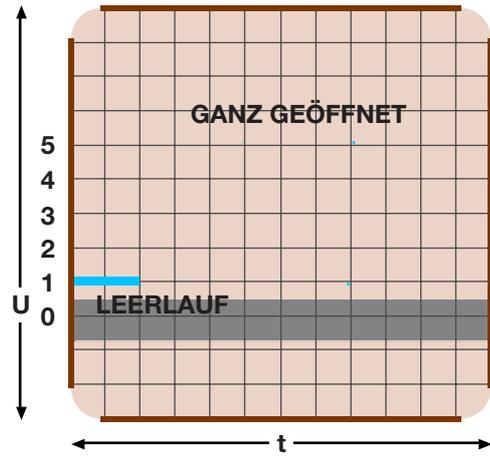


Bild 5: Drosselklappenpotentiometer

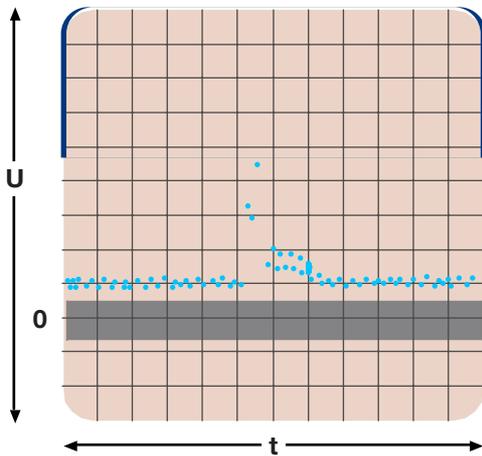


Bild 6: Luftmengenmesser

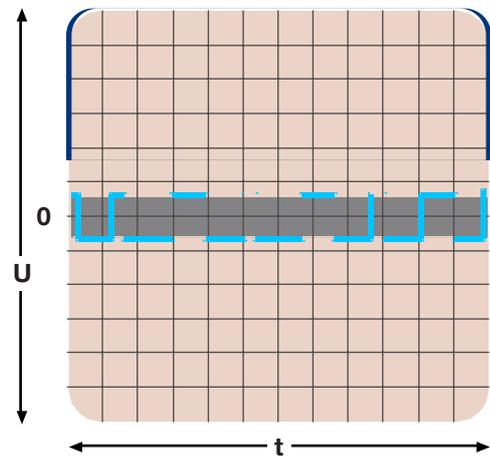


Bild 7: Luftmassenmesser (digital)

## Wechselspannungssignale

Beispiele für Bauteile mit Wechselspannungssignalen:

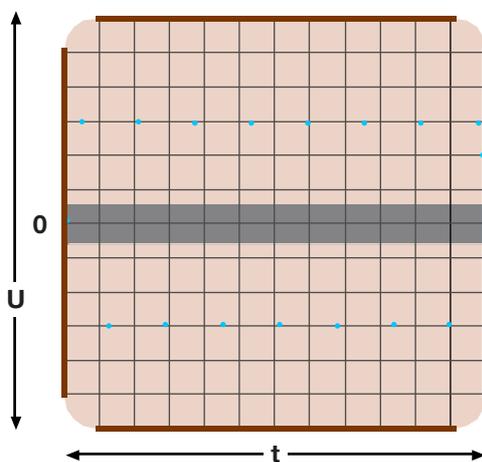


Bild 8: Drehzahlsensor (induktiv)

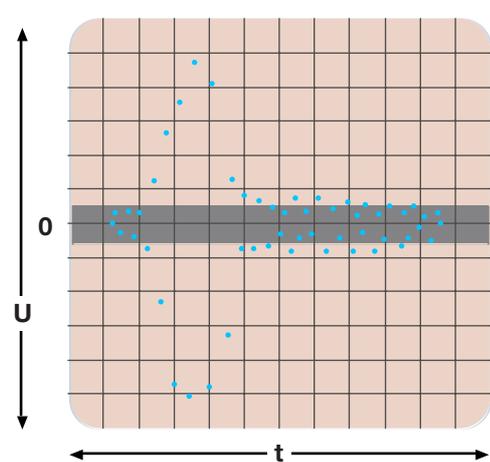


Bild 9: Klopfsensor

## Beispiele von Signalformen

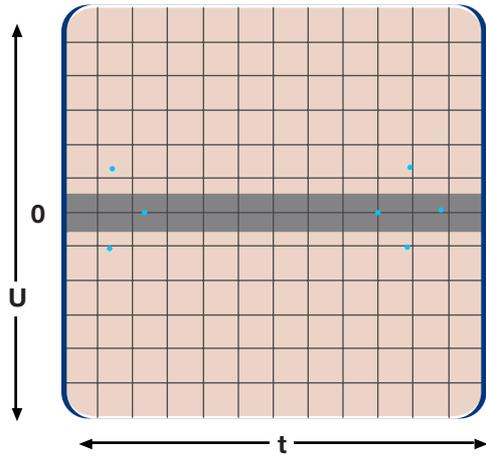


Bild 10: Nockenwellensensor (induktiv)

## Frequenzmodulierte Signale

Beispiele für Bauteile mit frequenzmodulierten Signalen:

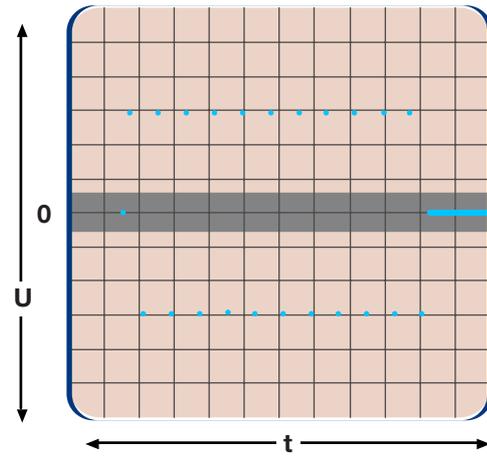


Bild 11: Geschwindigkeitssensor (induktiv)

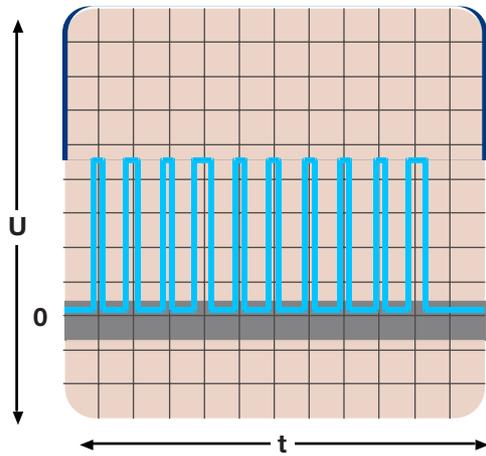


Bild 12: Optischer Drehzahl- und Positionssensor

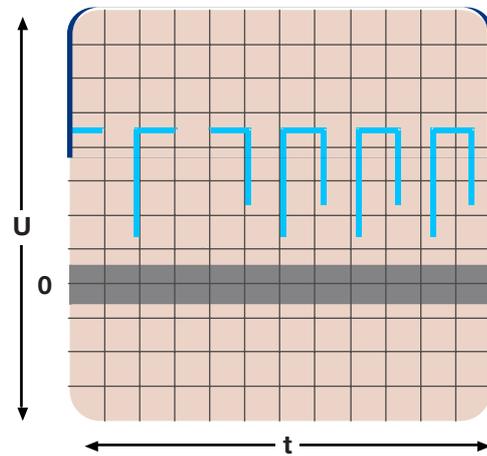


Bild 13: Digitaler Luftmassensensor

## Beispiele von Signalformen

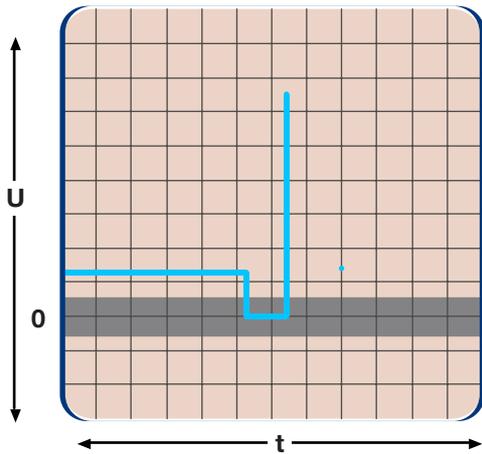


Bild 14: Einspritzventil

## Impulsbreitenmodulierte Signale

Beispiele für Bauteile mit impulsbreitenmodulierten Signalen:

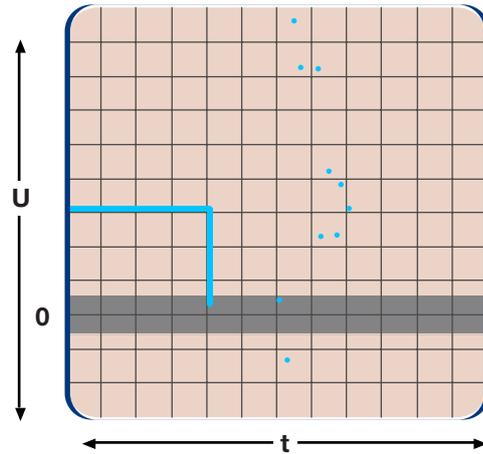


Bild 15: Primärzündkreis

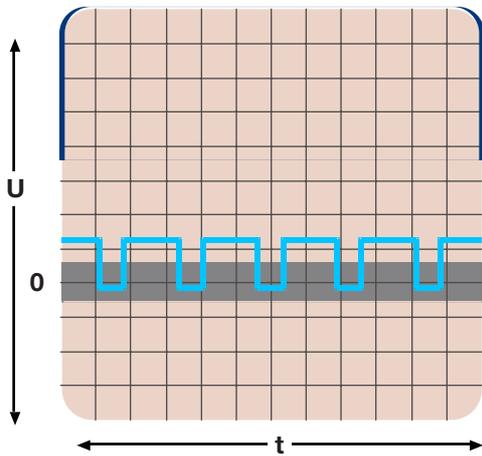


Bild 16: Abgasrückführungsventil

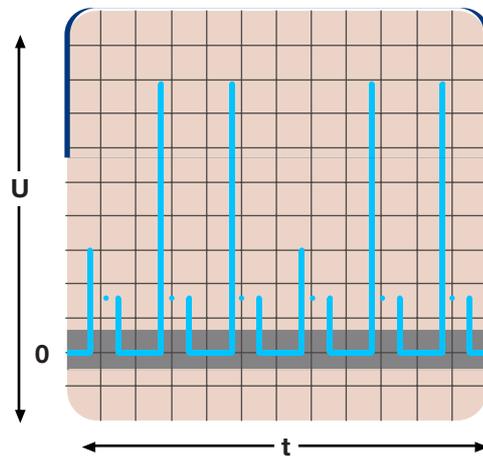


Bild 17: Aktivkohlefilter-Magnetventil

## Tipps zum Einsatz des Oszilloskops

In der Werkstattpraxis ist es oft schwierig, ohne genaue Messwerte für das zu prüfende Bauteil die richtige Einstellung für das Oszilloskop zu finden. Es empfiehlt sich, den Messbereich groß zu wählen und dann langsam zu verkleinern, bis das Oszillogramm deutlich zu erkennen ist.

Die **Spannung** bzw. die Amplitude ist abhängig von der Betriebsspannung des zu prüfenden Bauteils. Das bedeutet, bei Gleichspannungskreisen hängt sie von der geschalteten Spannung ab. Zum Beispiel bei Leerlaufregelungseinrichtungen bleibt die Spannung konstant und ändert sich nicht bei Drehzahlschwankungen. Bei Wechselspannungskreisen kann sich die Spannung mit der Geschwindigkeit des Spannungserzeugers, z. B. eines induktiven ABS-Sensors, ändern. Ist bei der Darstellung der Graph zu klein, muss der Spannungsbereich (Y-Achse) verkleinert werden; ist der Graph außerhalb des Bildschirms, muss der Spannungsbereich vergrößert werden. Bei Schaltkreisen, die mit einem Magnetventil arbeiten, kann es beim Abschalten zu Spannungsspitzen kommen, die in der Regel ignoriert werden können.



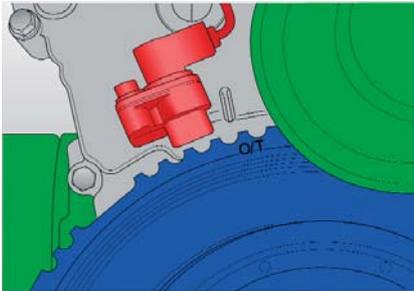
Bei der **Frequenz** (Zeit) verhält es sich ähnlich wie bei der Spannung. Der einzustellende Messbereich ist abhängig von der Betriebsgeschwindigkeit des zu prüfenden Schaltkreises. Bei Gleichspannungskreisen, z. B. Leerlaufregelungseinrichtungen, ist die Frequenz abhängig von der Geschwindigkeit des Schaltkreises. Sie ändert sich mit der Motordrehzahl. Bei Wechselspannungskreisen ändert sich die Frequenz mit der Geschwindigkeit des Signalerzeugers, z. B. bei einem induktiven ABS-Sensor. Die Frequenz ändert sich mit der Drehzahl.

Ist bei der Darstellung das Oszillogramm zu weit auseinander gezogen, muss der Zeitmessbereich (X-Achse) vergrößert werden; ist es zu stark komprimiert, muss der Zeitmessbereich verkleinert werden. Zur Prüfung eines Bauteils werden die beiden Prüfkabel des Oszilloskops an das Bauteil oder den entsprechenden Steuergerätepin (rotes Kabel) und einen geeigneten Massepunkt (schwarzes Kabel) angeschlossen. Werden die beiden Kabel vertauscht, hat dies in der Regel zur Folge, dass das Oszillogramm falsch herum dargestellt wird.

## ■ Kurbelwellensensor

### Allgemeines

Kurbelwellensensoren haben die Aufgabe, die Drehzahl und die Kurbelwellenposition zu ermitteln. Sie werden am häufigsten in der Nähe des Schwungrads an einem Zahnkranz eingebaut. Es gibt zwei Bauarten: Induktivgeber und Hallgeber. Vor einer Kurbelwellensensor-Prüfung muss unbedingt ermittelt werden, um welche Art von Geber es sich handelt. (Technische Angaben → Hella-Teilekatalog)



### Funktionsweise

Die Drehbewegung des Zahnkranzes bewirkt Magnetfeldänderungen. Die von den Magnetfeldern erzeugten unterschiedlichen Spannungssignale werden an das Steuergerät geleitet. Aus den Signalen errechnet das Steuergerät Drehzahl und Position der Kurbelwelle, um wichtige Grunddaten für die Einspritzung und Zündverstellung zu erhalten.

### Auswirkungen bei Ausfall

Bei einem Ausfall des Kurbelwellensensors können folgende Fehler-symptome auftreten:

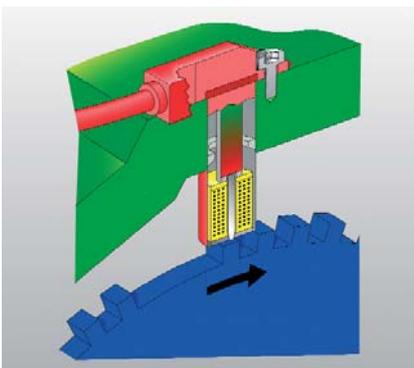
- Aussetzen des Motors
- Motorstillstand
- Abspeichern eines Fehlercodes

### Ausfallursachen können sein:

- Innere Kurzschlüsse
- Leitungsunterbrechungen
- Leitungskurzschluss
- Mechanische Beschädigungen des Geberrades
- Verschmutzungen durch Metallabrieb

### Fehlersuche

- Auslesen des Fehlerspeichers
- Elektrische Anschlüsse der Sensorleitungen, des Steckers und des Sensors auf richtige Verbindung, Bruch und Korrosion prüfen
- Auf Verschmutzung und Beschädigung achten



Die direkte Überprüfung des Kurbelwellensensors kann schwierig werden, wenn man nicht die genaue Bauart des Sensors kennt. Vor der Prüfung muss geklärt werden, ob es sich um einen Induktiv- oder Hallgeber handelt. Die beiden lassen sich optisch nicht immer voneinander unterscheiden. Bei einer Steckerpinanzahl von drei lassen sich keine genauen Aussagen über den jeweiligen Typ treffen. Hier helfen die spezifischen Herstellerangaben und die Angaben im Ersatzteilkatalog weiter. Solange die Bauart nicht eindeutig geklärt ist, darf kein Ohmmeter für die Überprüfung benutzt werden. Es könnte einen Hallgeber zerstören!



Besitzt der Sensor einen 2-poligen Stecker, handelt es sich vorrangig um einen Induktivgeber. Hier können der Innenwiderstand, ein eventueller Masseschluss und das Signal ermittelt werden. Dazu entfernt man die Steckverbindung und prüft den Innenwiderstand des Sensors. Beträgt der Innenwiderstandswert 200 bis 1.000 Ohm (je nach Sollwert), ist der Sensor in Ordnung. Bei 0 Ohm liegt ein Kurzschluss und bei M Ohm eine Unterbrechung vor. Die Masseschlussprüfung erfolgt mit dem Ohmmeter von einem Anschlusspin zur Fahrzeugmasse. Der Widerstandswert muss gegen unendlich tendieren. Die Überprüfung mit einem Oszilloskop muss ein Sinussignal in ausreichender Stärke ergeben. Bei einem Hallgeber sind lediglich die Signalspannung in Form eines Rechtecksignals und die Versorgungsspannung zu überprüfen. Es muss sich in Abhängigkeit von der Motordrehzahl ein Rechtecksignal ergeben. Es sei noch einmal gesagt: Der Einsatz eines Ohmmeters kann den Hallgeber zerstören.

### Montagehinweis

Auf korrekten Abstand zum Geberrad und Sitz des Sensors achten.

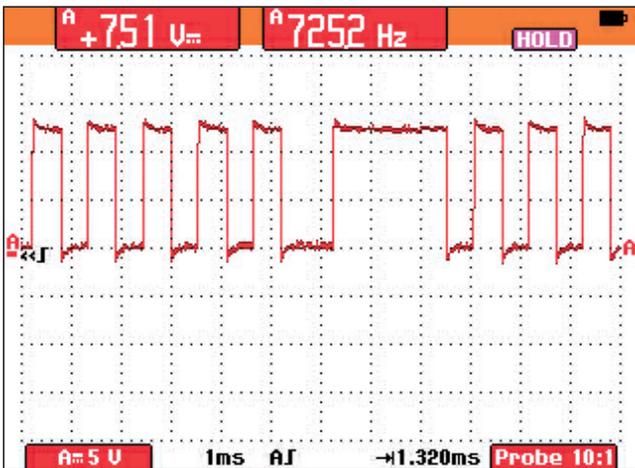


Bild 19: Livebild ok

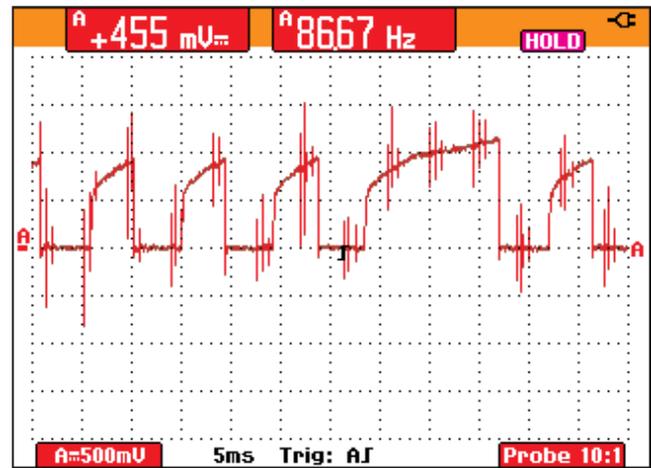


Bild 20: Livebild mit Fehler:  
fehlende/beschädigte Zähne am Geberrad

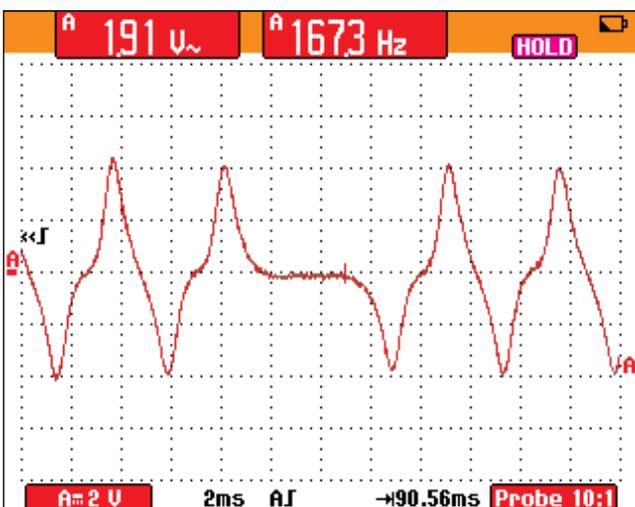


Bild 22: Livebild ok

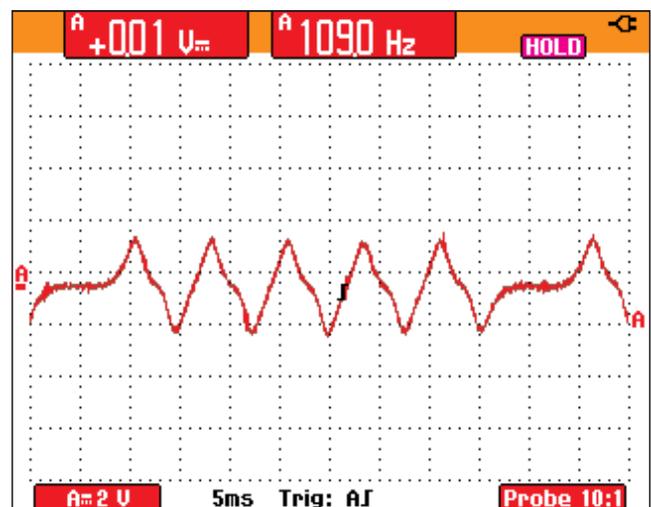


Bild 23: Livebild mit Fehler:  
Sensorabstand zu groß/verschmutzt

## ■ Lambdasonde

### Allgemeines

Immer strengere Abgasvorschriften verpflichten die Automobilindustrie, die Abgasemissionen der Fahrzeuge weiter zu reduzieren. Aus diesem Grund werden in fast alle Fahrzeuge mit Ottomotoren Drei-Wege-Katalysatoren eingebaut. Um eine gute Konvertierungsrate des Katalysators und eine optimale Funktionsweise des Motors zu erreichen, muss das Kraftstoff-Luftgemisch kontinuierlich überwacht und angepasst werden. Diese Aufgabe übernehmen die Lambdasonde und das Motorsteuergerät.

### Funktion

Um eine optimale vollständige Verbrennung zu erreichen, muss das Kraftstoff-Luftgemisch ca. 1:14,5 betragen. Dieses Verhältnis wird auch als  $1(\text{Lambda}) = 1$  bezeichnet. Um immer das optimale Verhältnis zu gewährleisten, misst die Lambdasonde den Restsauerstoffgehalt im Abgas. In Abhängigkeit des Restsauerstoffs wird dem Motorsteuergerät ein fettes oder mageres Gemisch mittels Spannung angezeigt. Das Steuergerät regelt mit diesen Messdaten die optimale Gemischzusammensetzung. Dieses System wird als geschlossener Regelkreis bezeichnet.

### Zwei Sondenarten

Die Messung des Restsauerstoffgehalts erfolgt durch zwei verschiedene Arten von Lambdasonden:

1. Zirkondioxid-Sonden
2. Titandioxid-Sonden

Sie unterscheiden sich dadurch, dass die Zirkondioxid-Sonde eine Spannung erzeugt, die Titandioxid-Sonde dagegen mit einer Spannung versorgt werden muss.



#### 1. Zirkondioxid-Sonde

Das Zirkondioxid-Element steht mit seiner Außenseite, geschützt durch eine Hülse, im direkten Kontakt mit dem Abgas. Die Innenseite hat Kontakt mit der Umgebungsluft. Beide Seiten des Elements sind mit einer als Elektrode wirkenden Platinschicht überzogen. Sauerstoffionen passieren diese Platinschicht und hinterlassen eine Spannung. Ab einer Temperatur von 300 °C wird das Zirkondioxid-Element für Sauerstoffionen leitfähig. Ist der Sauerstoffgehalt an der Außen- und Innenseite unterschiedlich, entsteht eine Spannung, die als Messgröße für das Motorsteuergerät dient.

Hohe Spannung = fettes Gemisch

Niedrige Spannung = mageres Gemisch



## 2. Titandioxid-Sonde

Sie erzeugt keine Spannung, sondern arbeitet mit einem sich ändernden Widerstand. Mit variierendem Restsauerstoffgehalt verändert sich auch der Widerstand des Titandioxid-Elements. Legt man an das Element eine Spannung an, zeigt die Ausgangsspannung die jeweilige Sauerstoffkonzentration im Abgas. Die Titandioxid-Sonde braucht im Vergleich zur Zirkondioxid-Sonde keine Referenzluft und ist deshalb in den Abmessungen kleiner.

Beide Arten von Lambdasonden werden mit einem Heizelement ausgestattet, um schnell die Arbeitstemperatur zu erreichen.

Die Lambda-Regelung wird während des Kaltstarts, der Warmlaufphase und bei Vollast abgeschaltet.

### Auswirkungen bei Ausfall

Bei einem Ausfall der Lambdasonde können folgende Fehlersymptome auftreten:

- Hoher Kraftstoffverbrauch
- Schlechte Motorleistung
- Hohe Abgasemissionen (AU)
- Aufleuchten der Motorkontrollleuchte
- Abspeichern eines Fehlercodes

Ein Ausfall kann aus verschiedenen Gründen erfolgen:

- Innere und äußere Kurzschlüsse
- Fehlende Masse/Spannungsversorgung
- Überhitzung
- Ablagerungen/Verschmutzung
- Mechanische Beschädigung
- Verwendung von verbleitem Kraftstoff/Additiven

### Fehlersuche

Bei der Fehlersuche sollten folgende Prüfschritte berücksichtigt werden:

1. Sichtprüfung der Stecker, Steckkontakte und Kabel auf Beschädigungen, korrekten Sitz und Verlegung.
2. Auslesen des Fehlerspeichers
3. Prüfung mit dem Oszilloskop:
  - Schließen Sie die Prüfkabel des Oszilloskops an die Lambdasonde an. Beachten Sie dabei die Kabelfarben (grundsätzlich sind die Herstellerangaben zu berücksichtigen):

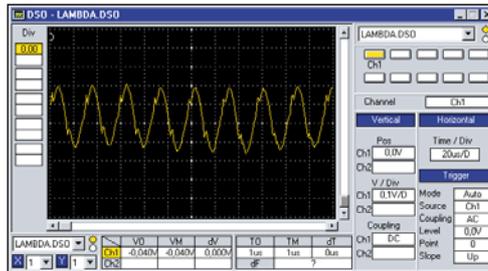
Schwarz = Signalleitung

Grau = Signal-Masseleitung

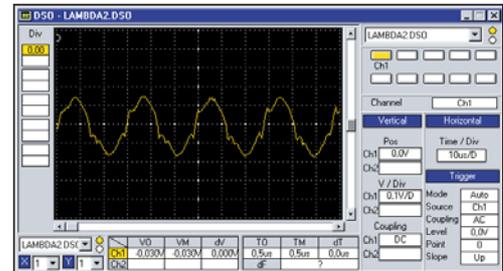
Weiß = Heizelement-Leitungen

### Einstellung der X- und Y-Achse Zirkondioxid-Sonde

- X-Achse (Zeit): 5 Sekunden
- Y-Achse (Spannung): 2 Volt
- Motor auf Betriebstemperatur bringen und mit einer Drehzahl von 2000 U/min laufen lassen. Auf dem Oszilloskop muss ein Signal sichtbar werden, dessen Minimalspannung ca. 0,1 V und Maximalspannung ca. 0,9 V beträgt. Die Reaktionszeit (Anstieg von mager 0,1 V bis fett 0,9 V) sollte ca. 300 Millisekunden betragen.



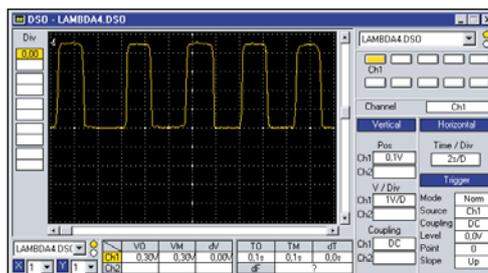
Livebild Zirkondioxid-Sonde ok



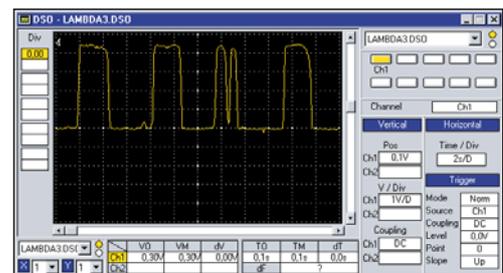
Livebild Zirkondioxid-Sonde mit Fehler

### Einstellung der X- und Y-Achse Titandioxid-Sonde

- X-Achse: 10 Sekunden
- Y-Achse: 5 Volt
- Motor auf Betriebstemperatur bringen und mit einer Drehzahl von 2000 U/min laufen lassen. Auf dem Oszilloskop muss ein Signal sichtbar werden, dessen Minimalspannung ca. 0,2 V und Maximalspannung ca. 4,5 V beträgt.



Livebild Titandioxid-Sonde ok



Livebild Titandioxid-Sonde mit Fehler

### Auswertung der Signalbilder

Die Signalspannung der Sonden muss immer im Bereich von 0,1 V – 0,9 V bzw. 0,2 V – 4,5 V liegen. Liegt die Signalspannung außerhalb dieser Werte, ist die Lambdasonde defekt. Bei der Titandioxid-Sonde ist in diesem Fall die Versorgungsspannung vom Steuergerät zu prüfen (Prüfwerte nach Herstellerangaben), bevor die Sonde erneuert wird. Zu berücksichtigen ist auch die Periodendauer (Wechselfrequenz zwischen mager und fett) und die Ansprechzeit (Reaktion auf eine Gemischänderung). Ist die Frequenz zu langsam oder die Ansprechzeit zu lang, findet keine optimale Regelung mehr statt.

**Neben der elektronischen Prüfung und der Sichtprüfung der Stecker und Kabel kann der Zustand des Schutzrohres des Sonderelements Aufschluss über die Funktionsfähigkeit geben.**



**Das Schutzrohr ist stark verrußt:** Motor läuft mit zu fettem Gemisch. Die Sonde sollte ausgetauscht werden und die Ursache für das zu fette Gemisch beseitigt werden, um ein erneutes Verrußen der Sonde zu vermeiden.



**Glänzende Ablagerungen auf dem Schutzrohr:** Verwendung von bleihaltigem Kraftstoff. Das Blei zerstört das Sonderelement. Die Sonde muss erneuert und der Katalysator überprüft werden. Bleihaltiger Kraftstoff muss durch bleifreien Kraftstoff ersetzt werden.



**Helle Ablagerungen (weiß oder grau) auf dem Schutzrohr:** Motor verbrennt Öl, zusätzliche Additive im Kraftstoff. Die Sonde muss erneuert und die Ursache für das Verbrennen von Öl muss beseitigt werden.



**Unsachgemäße Montage:** Eine unsachgemäße Montage kann die Lambdasonde so beschädigen, dass eine einwandfreie Funktion nicht gewährleistet ist. Darum sollte für die Montage das vorgeschriebene Spezialwerkzeug benutzt und das Anzugsdrehmoment beachtet werden.

## ■ Ansauglufttemperatursensor

### Allgemeines

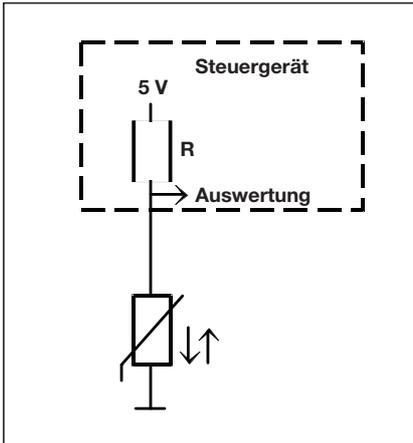
Der Ansauglufttemperatursensor ermittelt die im Saugrohr herrschende Temperatur und leitet die aus der einwirkenden Temperatur entstandenen Spannungssignale an das Steuergerät. Dieses wertet die Signale aus und beeinflusst die Gemischbildung und den Zündwinkel.



### Funktion

Abhängig von der Ansauglufttemperatur verändert sich der Widerstand des Temperaturfühlers. Bei steigender Temperatur verkleinert sich der Widerstand – dadurch sinkt die Spannung am Sensor. Das Steuergerät bewertet diese Spannungswerte, da sie im direkten Verhältnis zur Ansauglufttemperatur stehen (niedrige Temperaturen ergeben hohe und hohe Temperaturen niedrige Spannungswerte am Sensor).

## Auswirkungen bei Ausfall



Ein defekter Ansauglufttemperatursensor kann sich durch die Fehlererkennung des Steuergerätes und der hieraus resultierenden Notlaufstrategie unterschiedlich bemerkbar machen.

Häufige Fehlersymptome sind:

- Abspeichern eines Fehlercodes und eventuelles Aufleuchten der Motorkontrollleuchte
- Startprobleme
- Geringere Motorleistung
- Erhöhter Kraftstoffverbrauch

Ausfallursachen sind auf verschiedene Gründe zurückzuführen:

- Innere Kurzschlüsse
- Leitungsunterbrechungen
- Leitungskurzschluss
- Mechanische Beschädigungen
- Sensorspitze verschmutzt

## Fehlersuche

- Auslesen des Fehlerspeichers
- Elektrische Anschlüsse der Sensorleitungen, des Steckers und des Sensors auf richtige Verbindung, Bruch und Korrosion prüfen

### Die Überprüfung erfolgt mit dem Multimeter.



#### 1. Prüfschritt

Es wird der Innenwiderstand des Sensors ermittelt. Der Widerstand ist temperaturabhängig: bei kaltem Motor hochohmig und im warmen Zustand niederohmig.

Je nach Hersteller:

25 °C	2,0 – 5,0 KOhm
80 °C	300 – 700 Ohm

Beachten Sie spezielle Sollwertangaben.



#### 2. Prüfschritt

Die Verkabelung zum Steuergerät prüfen, indem jede einzelne Leitung zum Steuergerätstecker auf Durchgang und Massechluss geprüft wird.

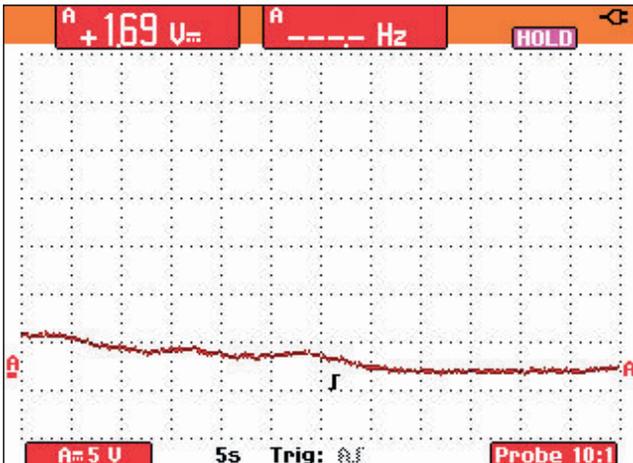
1. Ohmmeter zwischen Temperaturfühlerstecker und abgezogenem Steuergerätstecker anschließen. Sollwert: ca. 0 Ohm (Schaltplan erforderlich für Pin-Belegung Steuergerät).
2. Jeweiligen Pin am Sensorstecker mit Ohmmeter und abgezogenem Steuergerätstecker gegen Masse prüfen. Sollwert: >30 MOhm.



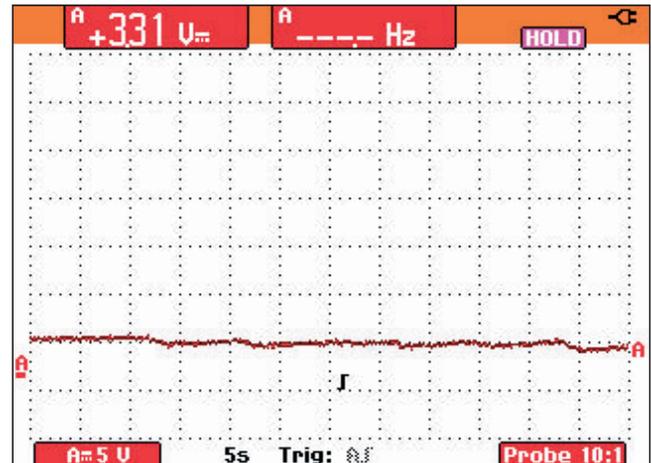
### 3. Prüfschritt

Mit dem Voltmeter am abgezogenen Sensorstecker die Versorgungsspannung prüfen. Dies erfolgt bei aufgestecktem Steuergerät und eingeschalteter Zündung. Sollwert: ca. 5 V.

Wenn der Spannungswert nicht erreicht wird, ist die Spannungsversorgung des Steuergerätes einschließlich der Masseversorgung nach Schaltplan zu prüfen. Ist diese in Ordnung, kommt ein Steuergeräte-defekt in Betracht.



Livebild Temperatüföhler ok



Livebild Temperatüföhler mit Fehler: Spannung bleibt trotz Temperaturveränderung fast gleich

## ■ Kühlwasser-temperatüföhler

### Allgemeines

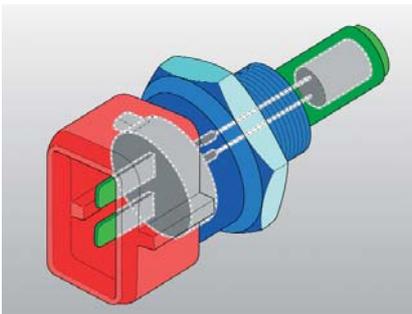
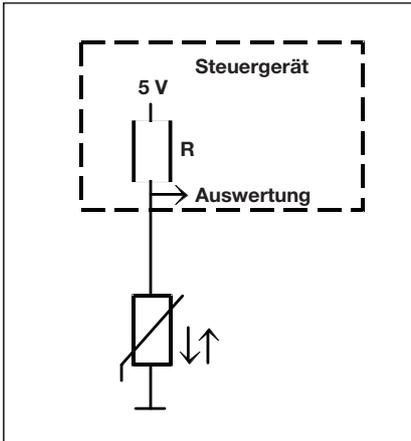
Der Kühlwassertemperatüföhler dient dem Gemischaufbereitungssystem zur Erfassung der Betriebstemperatur des Motors. Das Steuergerät passt in Abhängigkeit der Sensorinformation die Einspritzzeit und den Zündwinkel an die Betriebsbedingungen an. Der Sensor ist ein Temperatüföhler mit negativem Temperaturkoeffizient: Bei steigender Temperatur verringert sich der Innenwiderstand.



### Funktion

Abhängig von der Kühlmitteltemperatur verändert sich der Widerstand des Temperatüföhlers. Bei steigender Temperatur verkleinert sich der Widerstand und es sinkt dadurch die Spannung am Sensor. Das Steuergerät bewertet diese Spannungswerte, da sie im direkten Verhältnis zur Kühlmitteltemperatur stehen (niedrige Temperaturen ergeben hohe und hohe Temperaturen niedrige Spannungswerte am Sensor).

## Auswirkungen bei Ausfall



Ein defekter Kühlmitteltemperaturfühler kann sich durch die Fehlererkennung des Steuergerätes und der hieraus resultierenden Notlaufstrategie unterschiedlich bemerkbar machen.

Häufige Fehlersymptome sind:

- Erhöhte Leerlaufdrehzahl
- Erhöhter Kraftstoffverbrauch
- Schlechtes Startverhalten

Hinzu kommen eventuelle Probleme beim AU-Prüfzyklus durch erhöhte CO-Werte bzw. Aussetzen der Lambdaregelung.

Im Fehlerspeicher des Steuergeräts können folgende Einträge abgespeichert sein:

- Masseschluss in der Verkabelung oder Kurzschluss im Sensor
- Pluschluss oder Leitungsunterbrechung
- Unplausible Signalveränderungen (Signalsprung)
- Motor erreicht nicht die Mindestkühlmitteltemperatur

Der letzte Fehlercode kann auch bei einem defekten Kühlmittelthermostat auftreten.

## Fehlersuche

- Auslesen des Fehlerspeichers
- Elektrische Anschlüsse der Sensorleitungen, des Steckers und des Sensors auf richtige Verbindung, Bruch und Korrosion prüfen.

### Die Überprüfung erfolgt mit dem Multimeter.

#### 1. Prüfschritt

Es wird der Innenwiderstand des Sensors ermittelt. Der Widerstand ist temperaturabhängig, bei kaltem Motor hochohmig und in warmem Zustand niederohmig.

Je nach Hersteller:

25 °C                    2,0 – 6 KOhm

80 °C                    ca. 300 Ohm

Beachten Sie spezielle Sollwertangaben.





## 2. Prüfschritt

Die Verkabelung zum Steuergerät prüfen, indem jede einzelne Leitung zum Steuergerätestecker auf Durchgang und Masseschluss geprüft wird.

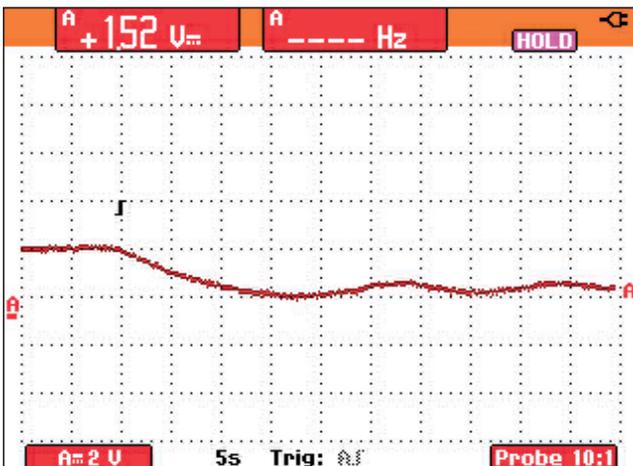
1. Ohmmeter zwischen Temperaturfühlerstecker und abgezogenem Steuergerätestecker anschließen. Sollwert: ca. 0 Ohm (Schaltplan erforderlich für Pin-Belegung Steuergerät).
2. Jeweiligen Pin am Sensorstecker mit Ohmmeter und abgezogenem Steuergerätestecker gegen Masse prüfen. Sollwert: >30 MOhm.



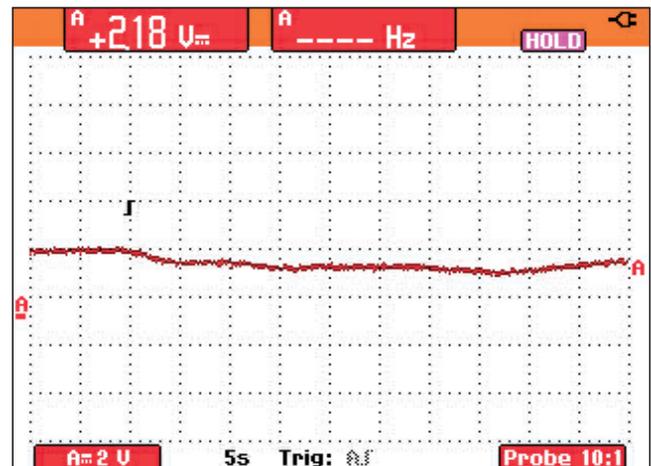
## 3. Prüfschritt

Mit dem Voltmeter am abgezogenen Sensorstecker die Versorgungsspannung prüfen. Dies erfolgt bei aufgestecktem Steuergerät und eingeschalteter Zündung. Sollwert ca. 5 V.

Wenn der Spannungswert nicht erreicht wird, dann die Spannungsversorgung des Steuergerätes einschließlich der Masseversorgung nach Schaltplan prüfen.



Livebild Temperaturfühler ok



Livebild Temperaturfühler mit Fehler: Spannung bleibt trotz Temperaturveränderung fast gleich

## ■ Getriebesensor

### Allgemeines

Getriebesensoren erfassen die Getriebedrehzahl. Diese wird vom Steuergerät zur Regulierung des Schaltdrucks bei Schaltübergängen benötigt und zur Entscheidung, zu welchem Zeitpunkt welcher Gang eingelegt werden muss.



### Funktion

Bauartbedingt gibt es zwei Arten von Getriebesensoren: Hallgeber und Induktivgeber.

Die Drehbewegung des Zahnkranzes bewirkt eine Magnetfeldänderung, die die Spannung ändert. Diese Spannungssignale leitet der Getriebesensor an das Steuergerät.

## Auswirkungen bei Ausfall



Ein defekter Getriebesensor kann sich wie folgt bemerkbar machen:

- Ausfall der Getriebesteuerung, Steuergerät schaltet in ein Notlaufprogramm
- Aufleuchten der Motorkontrollleuchte

Ausfallursachen können sein:

- Innere Kurzschlüsse
- Leitungsunterbrechungen
- Leitungskurzschlüsse
- Mechanische Beschädigungen des Geberrades
- Verschmutzungen durch Metallabrieb

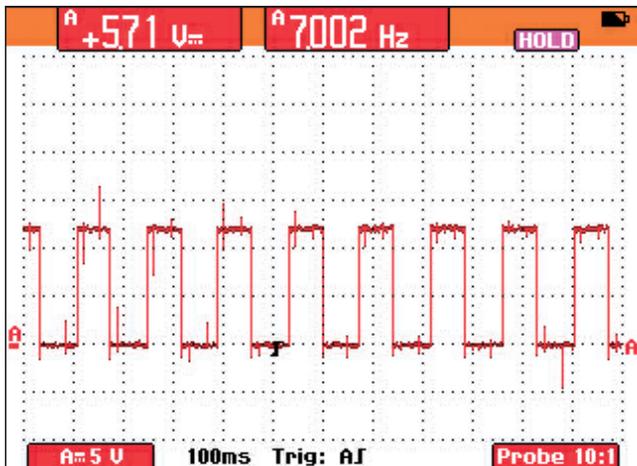
## Fehlersuche

Bei der Fehlersuche sollten folgende Prüfschritte berücksichtigt werden:

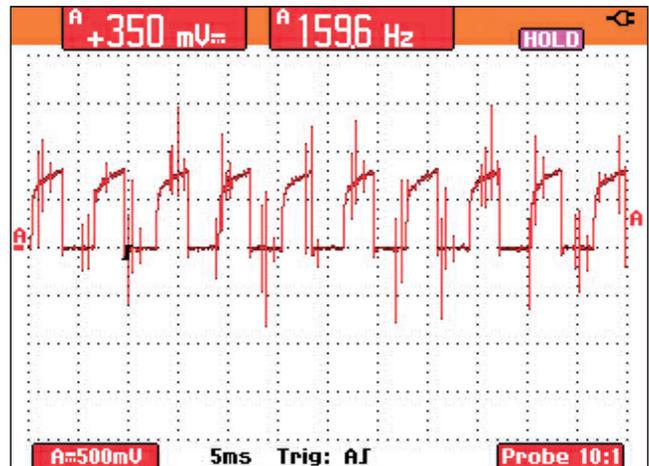
1. Sensor auf Verschmutzung prüfen
2. Geberrad auf Beschädigung prüfen
3. Auslesen des Fehlerspeichers
4. Widerstandsmessung des Induktivgebers mit dem Ohmmeter, Sollwert bei 80 °C ca. 1000 Ohm.
5. Versorgungsspannung des Hallgebers mit dem Voltmeter prüfen (Schaltplan für die Pin-Belegung erforderlich).  
**Achtung:** Keine Widerstandsmessung am Hallgeber durchführen, da diese den Sensor zerstören könnte.

6. Anschlussleitungen des Sensors zwischen Steuergerät- und Sensorstecker auf Durchgang prüfen (Schaltplan für die Pin-Belegung erforderlich). Sollwert: 0 Ohm.

7. Anschlussleitungen des Sensors auf Masseschluss prüfen, bei abgezogenem Steuergerätestecker am Sensorstecker mit dem Ohmmeter gegen Fahrzeugmasse messen. Sollwert: >30 MOhm.



**Livebild Hallgeber ok**



**Livebild Hallgeber mit Fehler:  
beschädigte Zähne am Geberrad**

## ■ Raddrehzahl- sensor

### Allgemeines

Raddrehzahlsensoren befinden sich in der Nähe von Radnaben oder Ausgleichgetrieben und dienen zur Ermittlung der Radumfangsgeschwindigkeit. Sie kommen in ABS-, ASR- und GPS-Systemen zum Einsatz. In der Kombination der Systeme stellt das Antiblockiersystem die ermittelten Radumfangsgeschwindigkeiten über Datenleitungen den anderen Systemen zur Verfügung. Es gibt Hall- und Induktivgeber. Vor der Prüfung muss sichergestellt werden um welche Ausführung es sich handelt (Technische Daten, Teilekatalog).



### Funktion

Durch die Drehbewegung des an den Antriebswellen montierten Sensorrings werden Magnetfeldänderungen im Sensor hervorgerufen. Die daraus entstehenden Signale werden an das Steuergerät geleitet und ausgewertet. Dieses ermittelt beim ABS-System die Radumfangsgeschwindigkeit, aus der der Radschlupf ermittelt wird. Hierdurch wird eine optimale Bremswirkung ohne Blockieren der Räder erreicht.

## Auswirkungen bei Ausfall

Bei Ausfall einer der Raddrehzahlsensoren sind folgende Systemmerkmale erkennbar:

- Aufleuchten der Fehlerlampe
- Abspeichern eines Fehlercodes
- Blockieren der Räder beim Abbremsen
- Ausfall weiterer Systeme

Ausfallursachen sind auf verschiedene Gründe zurückzuführen:

- Innere Kurzschlüsse
- Leitungsunterbrechungen
- Leitungskurzschluss
- Mechanische Beschädigungen des Geberrades
- Verschmutzungen
- Erhöhtes Radlagerspiel

## Fehlersuche



- Auslesen des Fehlerspeichers
- Elektrische Anschlüsse der Sensorleitungen, des Steckers und des Sensors auf richtige Verbindung, Bruch und Korrosion prüfen.
- Auf Verschmutzungen und Beschädigungen achten

Die Fehlersuche bei Raddrehzahlsensoren gestaltet sich hinsichtlich der Unterscheidung zwischen Hall- und Induktivgeber als schwierig, da diese sich optisch nicht immer voneinander unterscheiden lassen. Bei einer Steckerpinanzahl von drei lassen sich keine genauen Aussagen über den jeweiligen Typ treffen. Hier sind die spezifischen Herstellerangaben und die Angaben im Ersatzteilkatalog hinzuzuziehen.

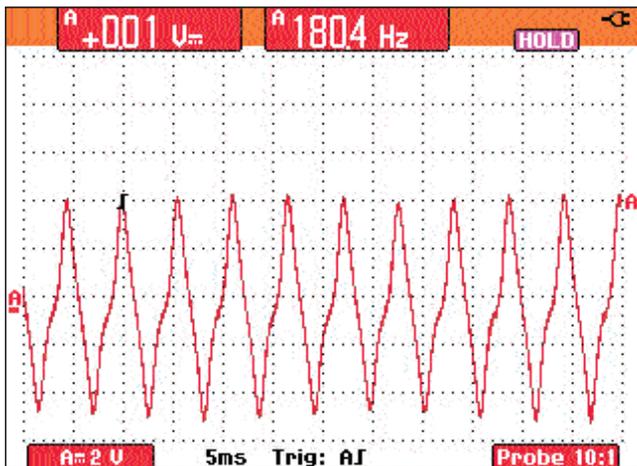
Solange die Bauart nicht eindeutig identifiziert ist, muss auf ein Ohmmeter bei der Überprüfung verzichtet werden, da dieses einen Hallgeber zerstören könnte. Sind die Sensoren mit einem 2-poligen Stecker ausgerüstet, handelt es sich vorrangig um einen Induktivgeber. Hier können der Innenwiderstand, ein eventueller Masseschluss und das Signal ermittelt werden. Dazu die Steckverbindung trennen und mit einem Ohmmeter den Innenwiderstand des Sensors prüfen. Beträgt der Innenwiderstandswert 800 bis 1200 Ohm (je nach Sollwert), ist der Sensor in Ordnung. Bei 0 Ohm liegt ein Kurzschluss und bei MOhm eine Unterbrechung vor.

Die Masseschlussprüfung erfolgt mit dem Ohmmeter von einem Anschlusspin zur Fahrzeugmasse. Der Widerstandswert muss gegen unendlich tendieren. Die Überprüfung mit einem Oszilloskop muss ein Sinussignal in ausreichender Stärke ergeben. Bei einem Hallgeber sind lediglich die Signalspannung in Form eines Rechtecksignals und die

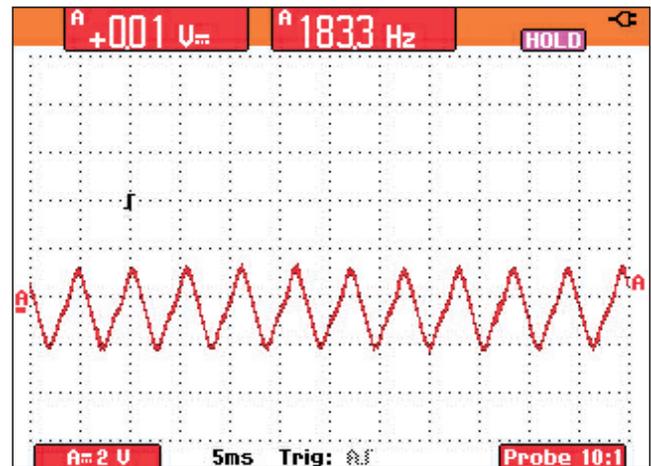
Versorgungsspannung zu überprüfen. Es muss sich in Abhängigkeit der Radumfangsgeschwindigkeit ein Rechtecksignal ergeben. Der Einsatz eines Ohmmeters kann den Hallgeber zerstören.

### Montagehinweis

Auf korrekten Abstand zum Geberrad und Sitz des Sensors achten.



Livebild Induktivgeber ok

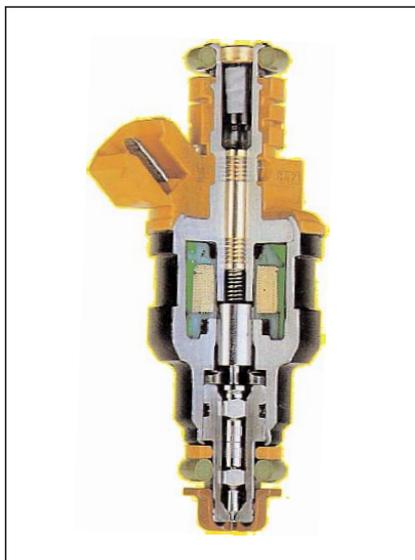


Livebild Induktivgeber mit Fehler:  
Sensorabstand zu groß/verschmutzt

## ■ Einspritzventile

### Allgemeines

Einspritzventile haben die Aufgabe, bei jedem Betriebszustand des Motors die vom Steuergerät berechnete Kraftstoffmenge exakt einzuspritzen. Um eine gute Kraftstoffzerstäubung bei geringen Kondensationsverlusten zu gewährleisten, müssen motorspezifisch ein bestimmter Abstand und Einspritzwinkel eingehalten werden.



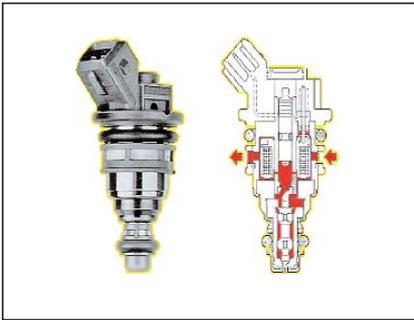
### Funktion

Einspritzventile werden elektromagnetisch betätigt. Das Steuergerät errechnet und steuert die elektrischen Impulse zum Öffnen und Schließen der Einspritzventile anhand der aktuellen Sensordaten des Motorbetriebszustands.

Aufgebaut sind Einspritzventile aus einem **Ventilkörper**, in dem sich eine Magnetwicklung und eine Führung für die **Düsennadel** befinden, und einer Düsennadel mit Magnetanker. Wenn das Steuergerät die Magnetwicklung mit einer Spannung beaufschlagt, hebt sich die Düsennadel von ihrem Ventilsitz ab und gibt eine Präzisionsbohrung frei. Sobald die Spannung wegfällt, wird die Düsennadel durch eine Feder auf den Ventilsitz zurückgedrückt und verschließt die Bohrung. Die Durchflussmenge bei einem geöffneten Einspritzventil ist durch die Präzisionsbohrung genau definiert.

Um die für den Betriebszustand berechnete Kraftstoffmenge einzuspritzen, errechnet das Steuergerät im Abgleich mit der Durchflussmenge die Öffnungszeit des Einspritzventils. Somit ist gewährleistet, dass immer die genaue Kraftstoffmenge eingespritzt wird. Durch die Bauform des Ventilsitzes und der Präzisionsbohrung wird eine optimale Zerstäubung des Kraftstoffs erreicht.

## Auswirkungen bei Ausfall



Ein defektes oder nicht einwandfrei arbeitendes Einspritzventil kann folgende Fehlersymptome aufweisen:

- Startprobleme
- Erhöhter Kraftstoffverbrauch
- Leistungsverlust
- Schwankende Leerlaufdrehzahl
- Beeinträchtigt abgasverhalten (z. B. AU-Werte)
- Als Folgeschäden: Reduzierung der Motorlebensdauer, Schäden am Katalysator



Ursache für einen Defekt oder eine eingeschränkte Funktion können sein:

- Ein verstopftes Filtersieb im Einspritzventil durch verschmutzten Kraftstoff.
- Ein schlecht schließendes Nadelventil durch kleinste Verunreinigungen von innen, Verbrennungsrückstände von außen, Ablagerungen von Additiven.
- Eine zugesetzte, verschlossene Ausflussbohrung.
- Ein Kurzschluss in der Spule.
- Eine Kabelunterbrechung zum Steuergerät.

## Fehlersuche

Eine Fehlersuche kann bei laufendem und stehendem Motor durchgeführt werden.

### Fehlersuche bei laufendem Motor

1. Mit einer Zylindervergleichsmessung und gleichzeitiger Abgasmessung kann an dem Drehzahlabfall, den HC- und CO-Werten der einzelnen Zylinder die eingespritzte Kraftstoffmenge verglichen werden. Im günstigsten Fall sind die Werte bei allen Zylindern gleich, bei stark abweichenden Werten wird eventuell zu wenig Kraftstoff eingespritzt (viel unverbrannter Kraftstoff = hohe HC- und CO-Werte, wenig unverbrannter Kraftstoff = niedrige HC- und CO-Werte). Ursache kann ein defektes Einspritzventil sein.

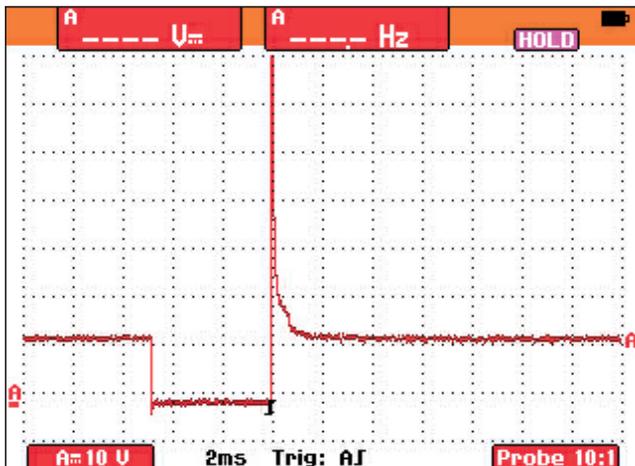
2. Mit dem Oszilloskop lässt sich das Einspritzsignal darstellen. Dazu wird die Messleitung an die Steuerleitung des Einspritzventil-Steuergeräts angeschlossen, die andere Leitung an einen geeigneten Massepunkt. Bei laufendem Motor lassen sich am Signalbild die Spannung und die Impulsdauer (Öffnungszeit) ablesen. Beim Öffnen der Drosselklappe muss während der Beschleunigungsphase die Impulsdauer ansteigen und bei konstanter Drehzahl (ca. 3000 U/min) wieder auf oder knapp unter den Leerlaufwert abfallen. Die Ergebnisse der einzelnen Zylinder können miteinander verglichen werden und eventuell Aufschluss auf mögliche Fehler geben, z. B. schlechte Spannungsversorgung.
3. Weitere wichtige Prüfungen sind die Kraftstoffdruckmessung, um mögliche andere fehlerhafte Bauteile (Kraftstoffpumpe, Kraftstofffilter, Druckregler) zu erkennen sowie die Prüfung des Ansaug- und Abgassystems auf Dichtheit, um eine Verfälschung der Messergebnisse zu vermeiden.

### **Fehlersuche bei ausgeschaltetem Motor/Zündung**

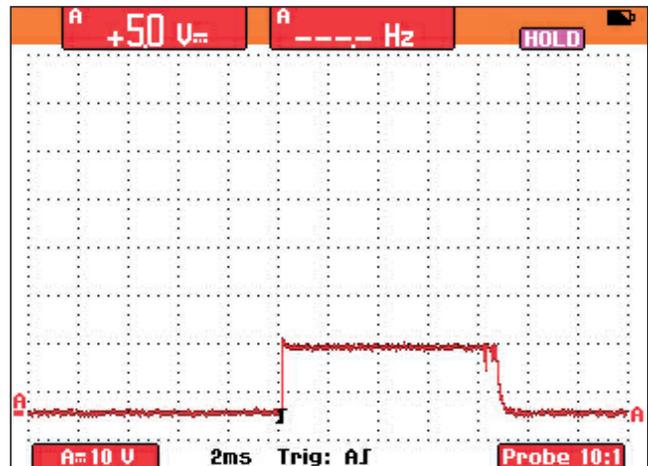
1. Prüfung der Kabelverbindung zwischen den Einspritzventilen und dem Steuergerät auf Durchgang (Schaltplan für die Pin-Belegung erforderlich). Für diese Messung den Steuergerätestecker abziehen und die einzelnen Kabel der Einspritzventilstecker zum Steuergerät prüfen. Sollwert: ca. 0 Ohm.
2. Prüfung der Kabelverbindung zwischen den Einspritzventilen und dem Steuergerät auf einen Masseschluss. Bei abgezogenem Steuergerätestecker die Kabel von den Einspritzventilsteckern zum Steuergerät gegen Fahrzeugmasse messen. Sollwert: >30 MOhm.
3. Spulen der Einspritzventile auf Durchgang prüfen. Dazu das Ohmmeter zwischen den beiden Anschlusspins anschließen. Sollwert: ca. 15 Ohm (Herstellerangaben beachten).
4. Spulen der Einspritzventile auf einen Masseschluss prüfen. Dazu jeden einzelnen Anschlusspin gegen das Ventilgehäuse auf Durchgang prüfen. Sollwert: >30 MOhm.



Mit einem speziellen Testgerät ist es möglich, das Spritzbild der Einspritzventile im ausgebauten Zustand zu testen. Außerdem besteht mit diesem Gerät die Möglichkeit, die Einspritzventile zu reinigen.



**Livebild Einspritzventil ok**



**Livebild Einspritzventil mit Fehler**

## ■ Klopfsensor

### Allgemeines

Der Klopfsensor befindet sich an der Außenseite des Motorblocks. Er soll bei allen Betriebszuständen des Motors Klopfgeräusche erfassen, um Motorschäden zu vermeiden.



### Funktion

Der Klopfsensor „hört“ die Körperschallschwingungen vom Motorblock ab und wandelt diese in elektrische Spannungssignale um. Diese werden im Steuergerät gefiltert und ausgewertet. Das Klopfsignal wird dem jeweiligen Zylinder zugeordnet. Beim Auftreten von Klopfen wird das Zündsignal für den jeweiligen Zylinder so weit in Richtung „spät“ verstellt, bis keine klopfende Verbrennung mehr auftritt.

### Auswirkungen bei Ausfall

Ein defekter Sensor kann sich durch die Fehlererkennung des Steuergerätes und der hieraus resultierenden Notlaufstrategie unterschiedlich bemerkbar machen.

Häufige Fehlersymptome sind:

- Aufleuchten der Motorkontrollleuchte
- Abspeichern eines Fehlercodes
- Geringere Motorleistung
- Erhöhter Kraftstoffverbrauch

Ausfallursachen sind auf verschiedene Gründe zurückzuführen:

- Innere Kurzschlüsse
- Leitungsunterbrechungen
- Leitungskurzschluss
- Mechanische Beschädigungen
- Fehlerhafte Befestigung
- Korrosion

## Fehlersuche

- Auslesen des Fehlerspeichers
- Korrekten Sitz und Anzugsdrehmoment des Sensors prüfen
- Elektrische Anschlüsse der Sensorleitungen, des Steckers und Sensors auf richtige Verbindung, Bruch und Korrosion überprüfen.
- Überprüfen des Zündzeitpunkts (ältere Fahrzeuge)



### Prüfung mit dem Multimeter

Die Verkabelung zum Steuergerät prüfen, indem jede einzelne Leitung zum Steuergerätestecker auf Durchgang und Masseschluss geprüft wird.

1. Ohmmeter zwischen Klopfsensorstecker und abgezogenem Steuergerätestecker anschließen. Sollwert:  $<1$  Ohm (s. Bild links) (Schaltplan für die Pin-Belegung des Steuergerätes erforderlich).
2. Jeweiligen Pin am Kabelbaumstecker mit Ohmmeter und abgezogenem Steuergerätestecker gegen Masse prüfen. Sollwert: mindestens 30 MOhm.

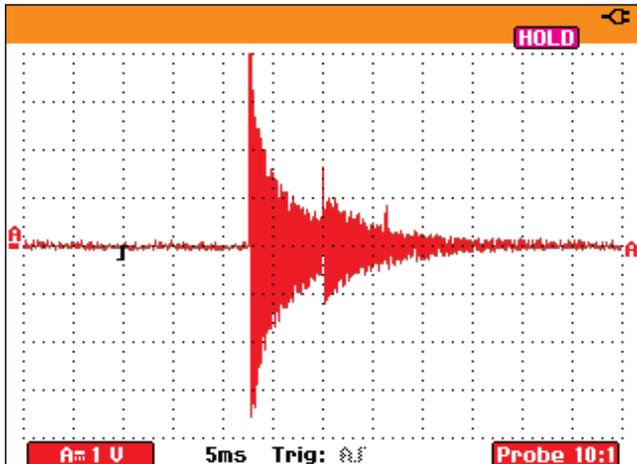
**Achtung:** Ein Anschlusspin kann als Abschirmung dienen und somit einen Durchgang zur Masse aufweisen.

### Prüfung mit dem Oszilloskop bei warmen Motor

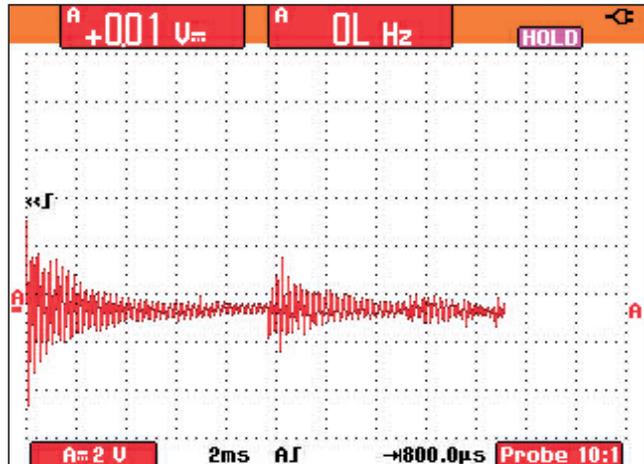
1. Die Prüfsonden des Oszilloskops zwischen Steuergerätepin für den Klopfsensor und Masse anschließen.
2. Drosselklappe kurz aufstoßen. Das Oszillogramm muss ein Signal mit beträchtlicher Amplitudenvergrößerung ergeben (**Bild 2**).
3. Sollte das Signal nicht eindeutig sein, so klopfen Sie in der Nähe des Sensors leicht gegen den Motorblock.
4. Wird das Signal immer noch nicht erkannt, deutet dies auf einen fehlerhaften Sensor oder Schaltkreis hin.

## Montagehinweis

Anzugsdrehmoment bei der Montage beachten. Keine Federringe oder Unterlegscheiben verwenden.



Livebild Klopfsensor ok



Livebild Klopfsensor mit Fehler

## ■ Luftmassensensor

### Allgemeines

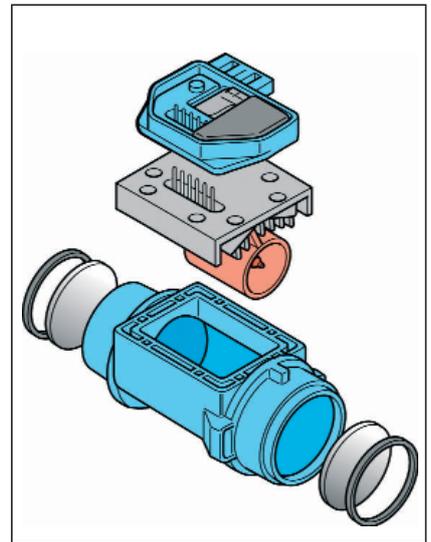
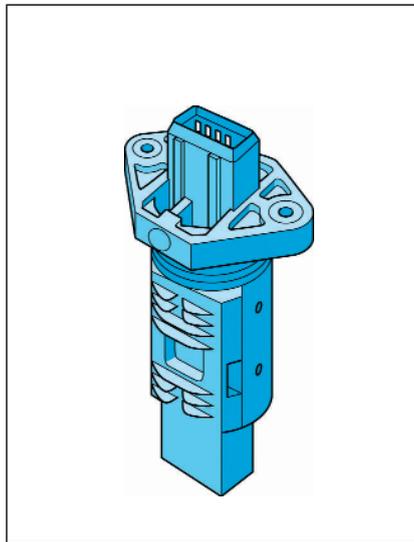
Der Luftmassensensor dient zur Ermittlung der angesaugten Luftmasse. Er besteht aus einem rohrförmigen Gehäuse mit Strömungsgleichrichter, Sensorenschutz und außen angeschraubtem Sensormodul. Er wird in das Ansaugrohr zwischen Luftfiltergehäuse und Ansaugkrümmer montiert.



### Funktion

In den Luftstrom werden zwei temperaturabhängige Metallfilmwiderstände, die auf einer Glasmembran angebracht sind, angeordnet. Der erste Widerstand (RT) ist ein Temperaturfühler und misst die Lufttemperatur. Der zweite Widerstand (RS) dient zur Erfassung des Luftdurchsatzes. Je nach angesaugter Luftmenge kühlt sich der Widerstand RS mehr oder weniger stark ab. Um den konstanten Temperaturunterschied zwischen den Widerständen RT und RS wieder auszugleichen, muss der Stromfluss durch den Widerstand RS von der Elektronik dynamisch geregelt werden.

Dieser Heizstrom dient als Messgröße für die jeweilige Luftmasse, die vom Motor angesaugt wird. Dieser Messwert wird vom Motormanagement-Steuergerät zur Berechnung der erforderlichen Kraftstoffmenge benötigt.



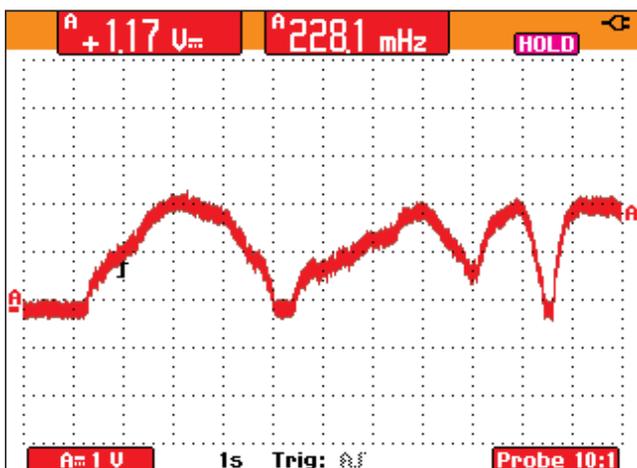
### Auswirkungen bei Ausfall

Ein ausgefallener Luftmassensensor kann sich wie folgt bemerkbar machen:

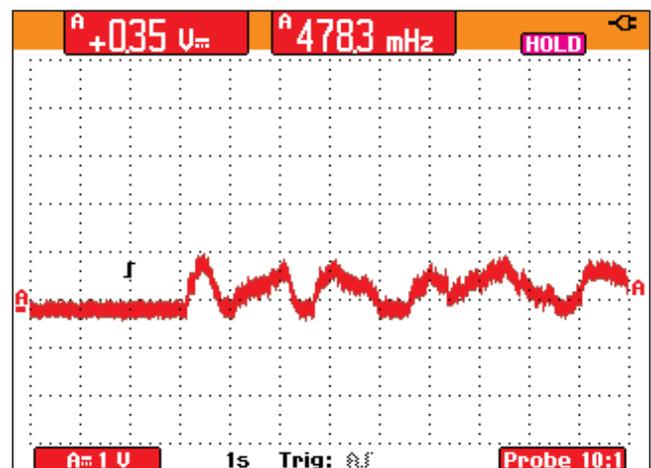
- Es kommt zum Motorstillstand oder das Motormanagement-Steuergerät arbeitet in einem Notlaufprogramm weiter
- Aufleuchten der Motorkontrollleuchte

Ursachen für den Ausfall des Luftmassensensors können sein:

- Kontaktfehler an den elektrischen Anschlüssen
- Beschädigte Messelemente
- Mechanische Beschädigungen (Schwingungen, Unfall)
- Drift der Messelemente (Verlassen des Messrahmens)



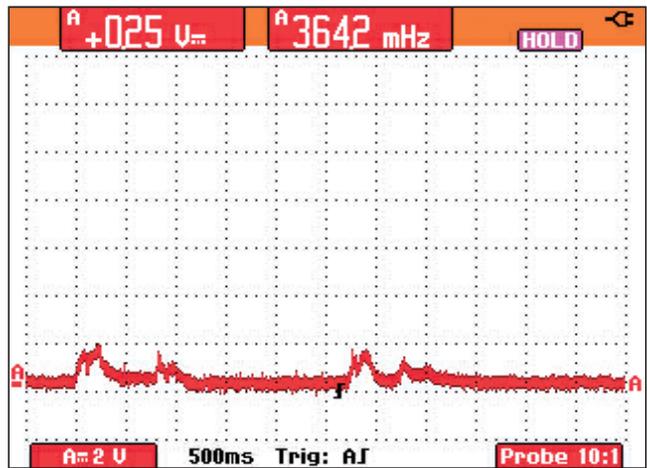
Livebild Heißfilm ok



Livebild Heißfilm mit Fehler



Livebild Hitzedraht ok



Livebild Hitzedraht mit Fehler

## Fehlersuche

Bei der Fehlersuche sollten folgende Prüfschritte berücksichtigt werden:

- Steckanschluss auf korrekten Sitz und richtigen Kontakt prüfen
- Luftmassensensor auf Beschädigung prüfen
- Messelemente auf Beschädigung prüfen
- Spannungsversorgung prüfen, bei eingeschalteter Zündung (Schaltplan für die Pin-Belegung erforderlich). Sollwert: 7,5 – 14 V.
- Ausgangsspannung prüfen bei laufendem Motor (Schaltplan für die Pin-Belegung erforderlich). Sollwert: 0 – 5 V.
- Verbindungsleitungen zwischen abgezogenem Steuergerätestecker und Sensorstecker auf Durchgang prüfen (Schaltplan für die Pin-Belegung erforderlich). Sollwert: ca. 0 Ohm.
- Elektronische Prüfung des Luftmassensensors durch das Motormanagement-Steuergerät. Beim Auftreten eines Fehlers wird ein Fehlercode im Steuergerät abgelegt, der mit einem Diagnosegerät ausgelesen werden kann.

## ■ Nockenwellensensor



### Allgemeines

Nockenwellensensoren haben die Aufgabe, in Koordination mit dem Kurbelwellensensor den ersten Zylinder genau zu definieren.

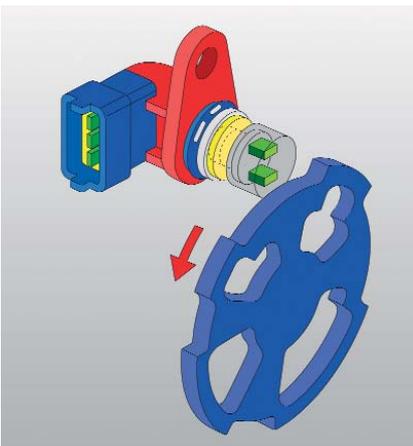
Diese Information wird dreifach benötigt:

1. für den Einspritzbeginn bei der sequentiellen Einspritzung,
2. für das Ansteuerungssignal des Magnetventils beim Pumpe-Düse-Einspritzsystem und
3. für die zylinderselektive Klopfregelung.

### Funktion

Der Nockenwellensensor arbeitet nach dem Hall-Prinzip. Er tastet einen Zahnkranz ab, der sich auf der Nockenwelle befindet. Durch die Rotation des Zahnkranzes ändert sich die Hall-Spannung des im Sensorkopf befindlichen Hall-IC. Diese sich ändernde Spannung wird an das Steuergerät geleitet und dort ausgewertet, um die erforderlichen Daten festzustellen.

### Auswirkungen bei Ausfall



Ein defekter Nockenwellensensor kann sich wie folgt bemerkbar machen:

- Aufleuchten der Motorkontrollleuchte
- Abspeichern eines Fehlercodes
- Steuergerät arbeitet im Notlaufprogramm

Ursache für den Ausfall des Nockenwellensensors können sein:

- Mechanische Beschädigungen
- Bruch des Geberrades
- Interne Kurzschlüsse
- Verbindungsunterbrechung zum Steuergerät

### Fehlersuche

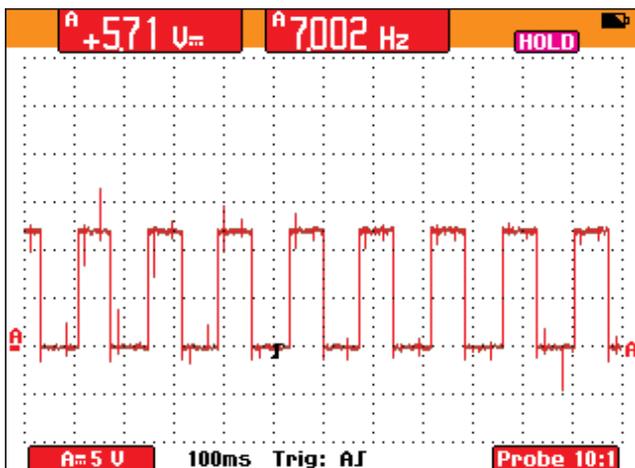
- Sensor auf Beschädigung prüfen
- Auslesen des Fehlerspeichers
- Elektrische Anschlüsse der Sensorleitungen, des Steckers und des Sensors auf richtige Verbindung, Bruch und Korrosion prüfen

1. Überprüfung der Anschlussleitung vom Steuergerät zum Sensor mit dem Ohmmeter. Stecker von Steuergerät und Sensor abziehen, die einzelnen Leitungen auf Durchgang prüfen. Schaltplan für die Pin-Belegung erforderlich. Sollwert: ca. 0 Ohm.
2. Anschlussleitungen auf Masseschluss prüfen. Messung zwischen Sensorstecker und Fahrzeugmasse, Steuergerätestecker abgezogen. Sollwert: >30 MOhm.

3. Versorgungsspannung vom Steuergerät zum Sensor prüfen.  
Steuergerätestecker aufstecken, Zündung einschalten.  
Sollwert: ca. 5 V (Herstellerangaben beachten).
4. Prüfung der Signalspannung. Messkabel vom Oszilloskop anschließen und Motor starten. Auf dem Oszilloskop muss ein Rechtecksignal zu sehen sein (**Bild 1**).

### Montagehinweis

Es ist auf den korrekten Abstand zum Geberrad und auf den richtigen Dichtungssitz zu achten.



Livebild Hallgeber ok



Livebild Hallgeber mit Fehler:  
beschädigte Zähne am Geberrad

## ■ Fahrpedalsensor (Pedalwertgeber)

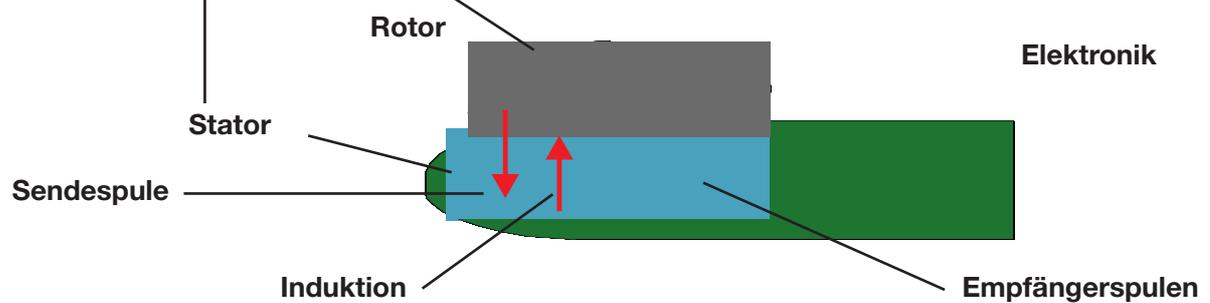
### Allgemeines

Bei modernen Fahrzeugen wird der Anteil an elektronischen Bauteilen immer größer. Gründe dafür sind unter anderem die gesetzlichen Bestimmungen, z. B. im Bereich der Emissions- und Verbrauchsreduzierung. Auch zur Steigerung der aktiven und passiven Sicherheit sowie des Fahrkomforts sind elektronische Komponenten immer mehr auf dem Vormarsch. Zu den wichtigsten Komponenten gehört der Fahrpedalsensor.



### Aufbau

Für die Anwendung im Automobil kommt immer mehr ein berührungsloser Sensor zum Einsatz, der auf einem induktiven Prinzip basiert. Dieser Sensor besteht aus einem Stator, der eine Erregerspule, Empfangsspulen sowie eine Elektronik zur Auswertung umfasst (siehe Abbildung), und einem Rotor, der aus einer oder mehreren geschlossenen Leiterschleifen mit einer bestimmten Geometrie gebildet wird.



### Funktion

Durch Anlegen einer Wechselspannung an die Sendespule wird ein Magnetfeld erzeugt, das in den Empfangsspulen Spannungen induziert. In den Leiterschleifen des Rotors wird ebenfalls ein Strom induziert, der das Magnetfeld der Empfangsspulen beeinflusst. In Abhängigkeit von der Stellung des Rotors zu den Empfangsspulen im Stator werden Spannungsamplituden erzeugt. Diese werden in einer Auswertelektronik bearbeitet und anschließend in Form einer Gleichspannung zum Steuergerät gesendet. Dieses wertet das Signal aus und gibt den entsprechenden Impuls z. B. an den Drosselklappensteller weiter. Die Charakteristik des Spannungssignals ist abhängig von der Betätigungsweise des Fahrpedals.

## Auswirkungen bei Ausfall

Beim Ausfall vom Fahrpedalsensor kann es zu folgenden Fehlersymptomen kommen:

- Motor zeigt nur noch einen erhöhten Leerlauf
- Fahrzeug reagiert nicht auf Fahrpedalbewegungen
- Fahrzeug geht in den „Notlauf“ über
- Motorkontrolllampe im Cockpit leuchtet auf

Ein Ausfall kann verschiedene Ursachen haben:

- Beschädigte Leitungen oder Anschlüsse am Fahrpedalsensor
- Fehlende Spannungs- und Masseversorgung
- Defekte Auswertelektronik im Sensor

## Fehlersuche

Bei der Fehlersuche sollten folgende Prüfschritte berücksichtigt werden:

- Fehlercode auslesen
- Sichtprüfung des Fahrpedalsensors auf mechanische Beschädigungen
- Sichtprüfung der relevanten elektrischen Anschlüsse und Leitungen auf richtigen Sitz und eventuelle Beschädigungen
- Prüfen des Sensors mit Hilfe von Oszilloskop und Multimeter

Am Beispiel einer MB A-Klasse (168) 1,7 sind folgende Prüfschritte, technische Daten und Abbildungen aufgeführt, die die Fehlersuche erläutern sollen.

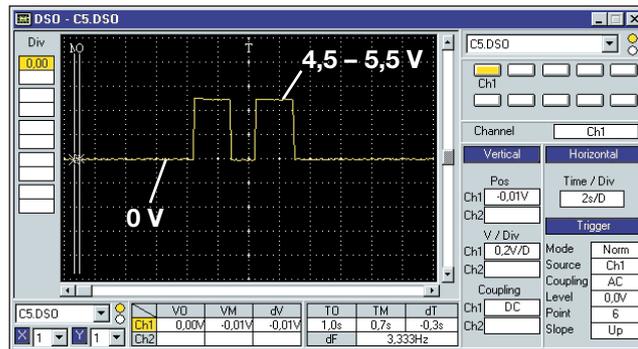
### Technische Daten: Steckerbelegung/Kabelfarben

Steuergerät-Pin	Signal	Prüfbedingungen	Richtwert
C5 blau-gelb	—	Fahrtstrom aus	0 V
C5	—	Fahrtstrom ein	4,5 – 5,5 V
C8 violett-gelb	⊥	Fahrtstrom ein	0 V
C blau-grau	←	Fahrtstrom ein Fahrpedal freigegeben	0,15 V
C9	←	Fahrtstrom ein Fahrpedal getreten	2,3 V
C10 violett-grün	←	Fahrtstrom ein Fahrpedal freigegeben	0,23 V
C10	←	Fahrtstrom ein Fahrpedal getreten	4,66 V
C23 braun-weiß	⊥	Fahrtstrom ein	0 V

— Ausgangssignal   ← Eingangssignal   ⊥ Steuergerät Masse

### Signalaufnahme vom Pin C5:

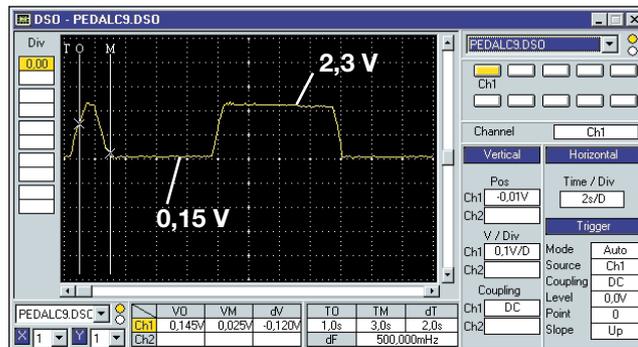
Bei dieser Messung wird die Spannungsversorgung des Sensors überprüft. Zündung ein/aus.



### Signalaufnahme vom Pin C9:

Zündung ein, Pedal treten und wieder loslassen.

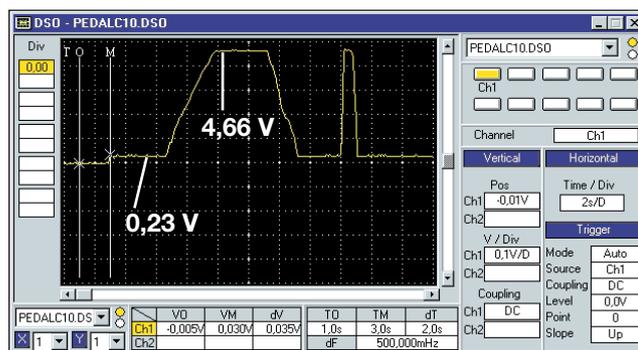
Der Anstieg und Abfall des Signals ist abhängig von der Geschwindigkeit, mit der das Pedal getreten und wieder losgelassen wird.



### Signalaufnahme vom Pin C10:

Zündung ein, Pedal treten und wieder loslassen.

Der Anstieg und Abfall des Signals ist abhängig von der Geschwindigkeit, mit der das Pedal getreten und wieder losgelassen wird.



### Empfehlung:

Die Messungen sollten von zwei Personen durchgeführt werden. Das Abgreifen der Signale am Sensor, die Durchführung verschiedener Prüfzyklen und das Diagnostizieren am Oszilloskop ist für eine Person nur erschwert und wesentlich zeitintensiver möglich.

## ■ Drosselklappenpotentiometer

### Allgemeines

Das Drosselklappenpotentiometer dient zur Feststellung des Öffnungswinkels der Drosselklappe. Die hieraus gewonnene Information wird an das Steuergerät geleitet und trägt als Kenngröße zur Errechnung der benötigten Kraftstoffmenge bei. Es wird direkt an der Drosselklappenachse befestigt.



### Funktion

Das Drosselklappenpotentiometer ist ein Winkelgeber mit einer linearen Kennlinie. Es wandelt den jeweiligen Öffnungswinkel der Drosselklappe in ein proportionales Spannungsverhältnis um. Beim Betätigen der Drosselklappe rutscht ein mit der Drosselklappenachse verbundener Rotor mit seinen Schleifkontakten über Widerstandsbahnen, wodurch die Stellung der Drosselklappe in ein Spannungsverhältnis umgewandelt wird.

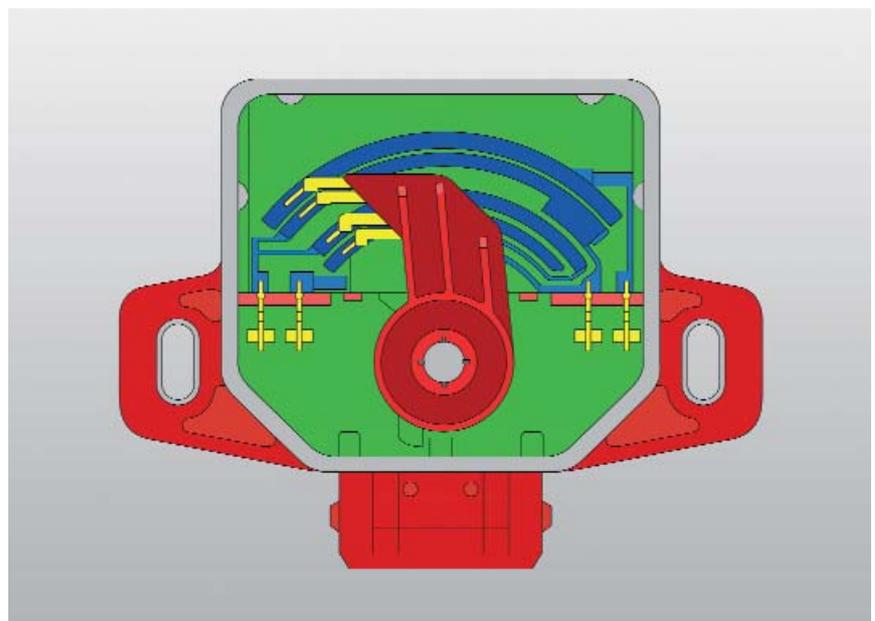
## Auswirkungen bei Ausfall

Ein defektes Drosselklappenpotentiometer kann sich wie folgt bemerkbar machen:

- Motor ruckt und/oder stottert
- Motor nimmt schlecht Gas an
- Schlechtes Startverhalten
- Erhöhter Kraftstoffverbrauch

Ursachen für den Ausfall des Drosselklappenpotentiometers können sein:

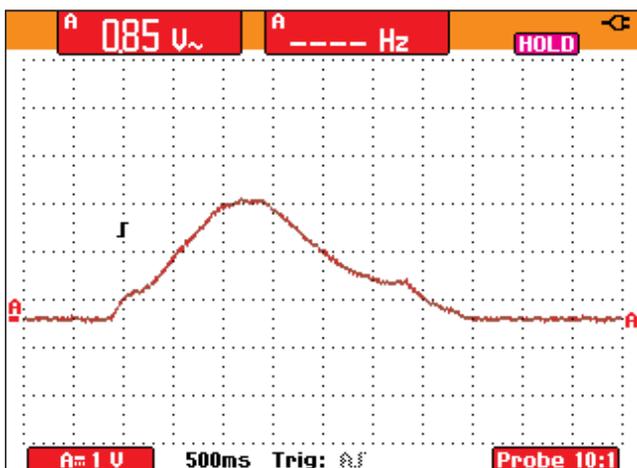
- Kontaktfehler am Steckeranschluss
- Innere Kurzschlüsse durch Verunreinigungen (Feuchtigkeit, Öl)
- Mechanische Beschädigungen



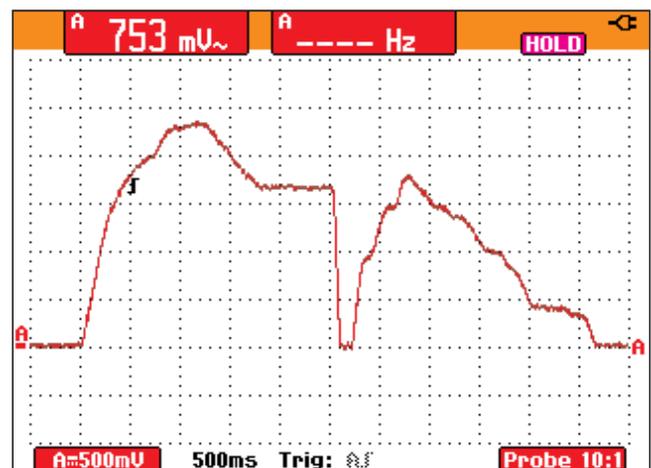
## Fehlersuche

Bei der Fehlersuche sollten folgende Prüfschritte berücksichtigt werden:

- Drosselklappenpotentiometer auf Beschädigung prüfen
- Steckeranschluss auf richtigen Sitz und Verschmutzung prüfen
- Spannungsversorgung vom Steuergerät prüfen (Schaltplan für die Pin-Belegung erforderlich). Sollwert: ca. 5 V (Herstellerangaben beachten).
- Widerstandsmessung am Drosselklappenpotentiometer (Schaltplan für die Pin-Belegung erforderlich). Ohmmeter anschließen und den Widerstand bei geschlossener Drosselklappe prüfen, Drosselklappe langsam öffnen, Änderung des Widerstands beobachten (bei der Messung lässt sich eine Unterbrechung des Schleifkontaktes feststellen). Widerstand bei völliger Öffnung der Drosselklappe prüfen (Herstellerangaben beachten).
- Kabelverbindungen zum Steuergerät auf Durchgang und Massechluss prüfen (Schaltplan für die Pin-Belegung erforderlich). Die einzelnen Kabel bei abgezogenem Steuergerätstecker und Bauteilstecker auf Durchgang prüfen, Sollwert: ca. 0 Ohm. Jedes Kabel ebenfalls gegen Fahrzeugmasse auf einen Massechluss prüfen, Sollwert: ca. >30 MOhm.



Livebild Drosselklappenpotentiometer ok



Livebild Drosselklappenpotentiometer mit Fehler

## ■ Drosselklappen- schalter

### Allgemeines

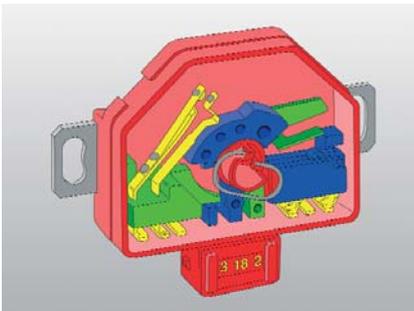
Drosselklappenschalter dienen zur Ermittlung der Drosselklappenstellung. Sie werden direkt an der Drosselklappenachse befestigt. Die jeweiligen Schalterstellungen werden an das Motormanagement-Steuergerät übermittelt und tragen zur Errechnung der benötigten Kraftstoffmenge bei.



### Funktion

Im Drosselklappenschalter befinden sich zwei Schalter, die über einen Schaltmechanismus betätigt werden. Die beiden Schalter geben dem Motormanagement-Steuergerät die Information über die Motorbetriebszustände Leerlauf und Volllast, um eine genaue Berechnung der benötigten Kraftstoffmenge zu gewährleisten.

### Auswirkungen bei Ausfall

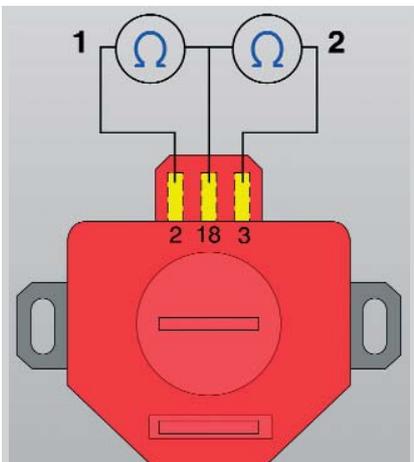


Ein defekter Drosselklappenschalter kann folgende Auswirkungen haben:

- Motor geht im Leerlauf aus
- Motor bockt bei Volllast

Ursachen für einen defekten Drosselklappenschalter können sein:

- Mechanische Beschädigungen (z. B. durch Vibrationen)
- Kontaktfehler am elektrischen Anschluss (Korrosion, Feuchtigkeit)
- Kontaktfehler an den inneren Schaltkontakten (Feuchtigkeit, Verschmutzung)



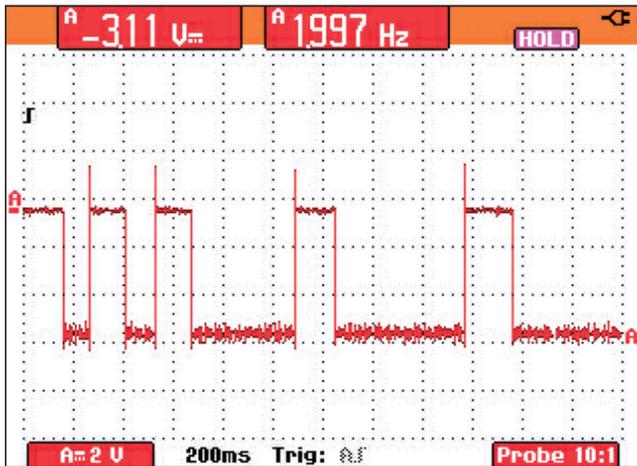
### Fehlersuche

Bei der Fehlersuche sollten folgende Prüfschritte berücksichtigt werden:

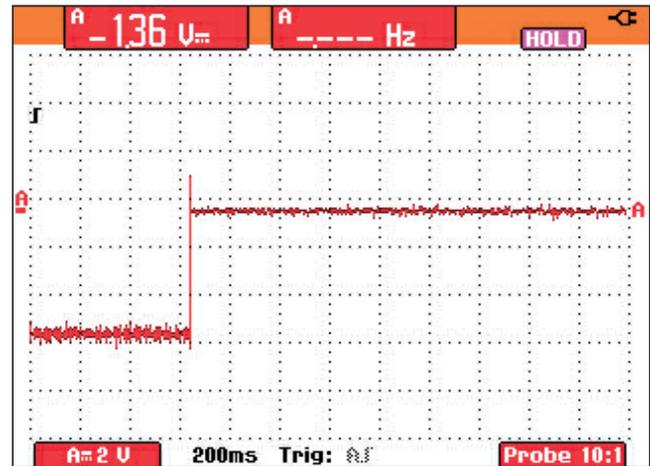
1. Drosselklappenschalter auf korrekte Montage prüfen
2. Prüfen, ob der Schaltmechanismus von der Drosselklappenwelle betätigt wird (bei stehendem Motor die Drosselklappe vom Leerlaufanschlag bis zum Volllastanschlag bewegen, um zu hören, ob die Schalter betätigt werden)
3. Steckeranschluss auf richtigen Sitz und evt. Verschmutzung prüfen

#### 4. Schaltkontakte mit einem Multimeter prüfen:

- Leerlaufschalter geschlossen: Messung zwischen Pin 1 und 3.  
Messwert =  $>30$  MOhm.
- Leerlaufschalter geöffnet: Messung zwischen Pin 1 und 3  
(**Achtung:** Drosselklappe während der Messung langsam öffnen, bis der Leerlaufschalter öffnet). Messwert = 0 Ohm.
- Volllastschalter geöffnet: Messung zwischen Pin 1 und 2.  
Messwert =  $>30$  MOhm.
- Volllastschalter geschlossen: Messung zwischen Pin 1 und 2.  
Messwert = 0 Ohm.



Livebild Drosselklappenschalter ok



Livebild Drosselklappenschalter mit Fehler

## ■ Leerlaufsteller

### Allgemeines

Der Leerlaufsteller ist ein Bypass-Luftventil. Der beispielhaft abgebildete Leerlaufsteller besteht aus einem geschlossenen Gussgehäuse mit angeflanschter Magnetventil-Servoeinheit. Daran ist ein Düsenstock befestigt, der durch Bewegung der Servoeinheit unterschiedliche Luft-Querschnitte freigibt und damit den Luftmassenstrom bei geschlossener Drosselklappe steuern kann.



### Funktion

Der Leerlaufsteller ist zuständig für die Regulierung der Motordrehzahl im Rahmen der gesamten Leerlaufregelung des Motormanagementsystems. Wenn im Leerlauf eine plötzliche Veränderung des Motorlastzustands eintritt (Einschalten der Klimaanlage, Kriechgeschwindigkeit im 1. Gang oder weiteres Zuschalten eines elektrischen Verbrauchers), wird zusätzlich Luft und Kraftstoff benötigt, um einen Motorstillstand zu verhindern.

Senkt sich die Motordrehzahl unter einen solchen kritischen Wert, der als Konstante im Speicher des Steuergerätes abgelegt ist, wird das Magnetventil aktiviert und ein erhöhter Luftdurchsatz erreicht. Gleichzeitig wird die Öffnungszeit der Einspritzventile verlängert und dem Bedarf des Motors angepasst.

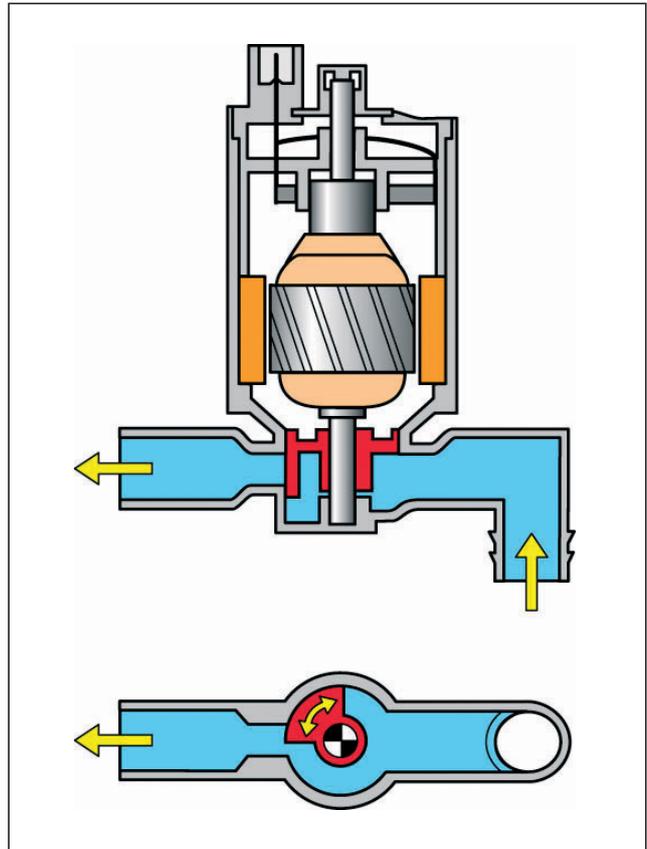
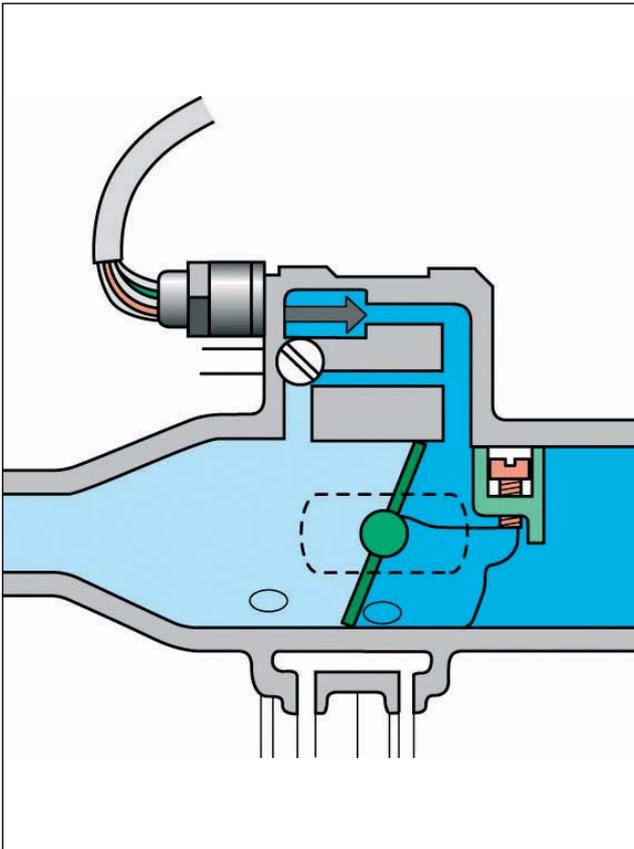
## Auswirkungen bei Ausfall

Ein defekter Leerlaufsteller kann sich wie folgt bemerkbar machen:

- Zu hohe Leerlaufdrehzahl
- Absterben des Motors bei Leerlaufdrehzahl
- Absterben des Motors bei Leerlaufdrehzahl und Zuschalten eines zusätzlichen Verbrauchers
- Aufleuchten der Motorkontrollleuchte

Ursachen für den Ausfall des Leerlaufstellers können sein:

- Starke Verschmutzung/Verharzung
- Kurzschlüsse in der Spule
- Festsitzen des elektrischen Magnetantriebs
- Keine Spannungsversorgung vom Motormanagement-Steuergerät



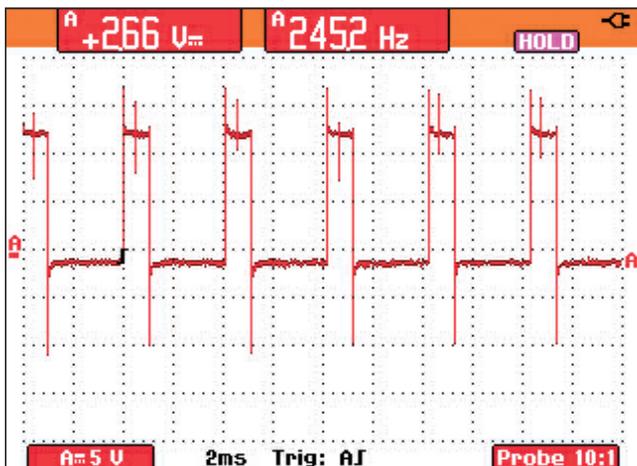
## Fehlersuche

Bei der Fehlersuche sollten folgende Prüfschritte berücksichtigt werden:

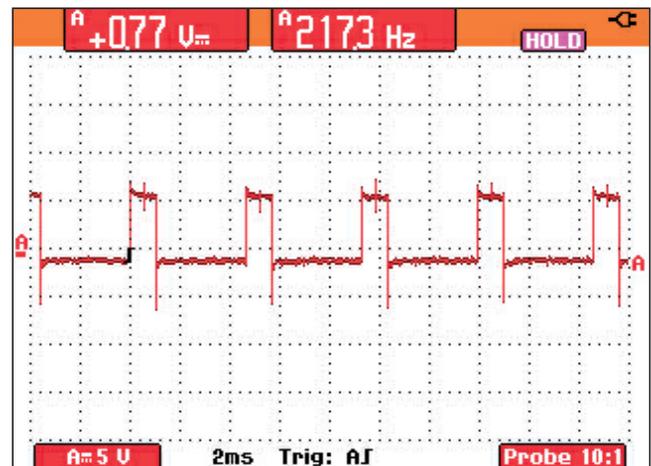
1. Spannungsversorgung bei eingeschalteter Zündung prüfen.  
Messwert: 11 – 14V.
2. Spulenwiderstand mit dem Multimeter zwischen den beiden Anschlusspins des Leerlaufstellers messen. Sollwert = ca.10 Ohm (Herstellerangaben beachten).
3. Spule auf Wicklungskurzschluss zwischen den beiden Anschlusspins prüfen. Sollwert = 0 Ohm.
4. Spule auf Wicklungsunterbrechung zwischen den beiden Anschlusspins prüfen. Messwert = >30 MOhm.
5. Spule auf Masseschluss prüfen – zwischen Pin 1 und Bauteilgehäuse sowie Pin 2 und Bauteilgehäuse. Messwert = >30 MOhm.
6. Mechanische Prüfung: Servoeinheit vom Gehäuse abschrauben. Sichtprüfung, ob sich beim Betätigen der Ventilstange der Bypass öffnet und schließt.
7. Fehlercode auslesen.

## Montagehinweis

Es wird eine Flanschdichtung benötigt. Das Anzugsdrehmoment der Befestigungsschrauben beträgt 12 – 15 Nm.



Livebild Leerlaufsteller ok



Livebild Leerlaufsteller mit Fehler

**Hella KGaA** Hueck & Co.  
Technischer Kundendienst  
Rixbecker Straße 75  
59552 Lippstadt / Germany  
Tel.: 0180 5 250002 (0,12 €/Min.)  
Fax: 0180 2 250002 (0,06 € je Verbindung)  
Internet: [www.hella.de](http://www.hella.de)



**Ideen für das  
Auto der Zukunft**