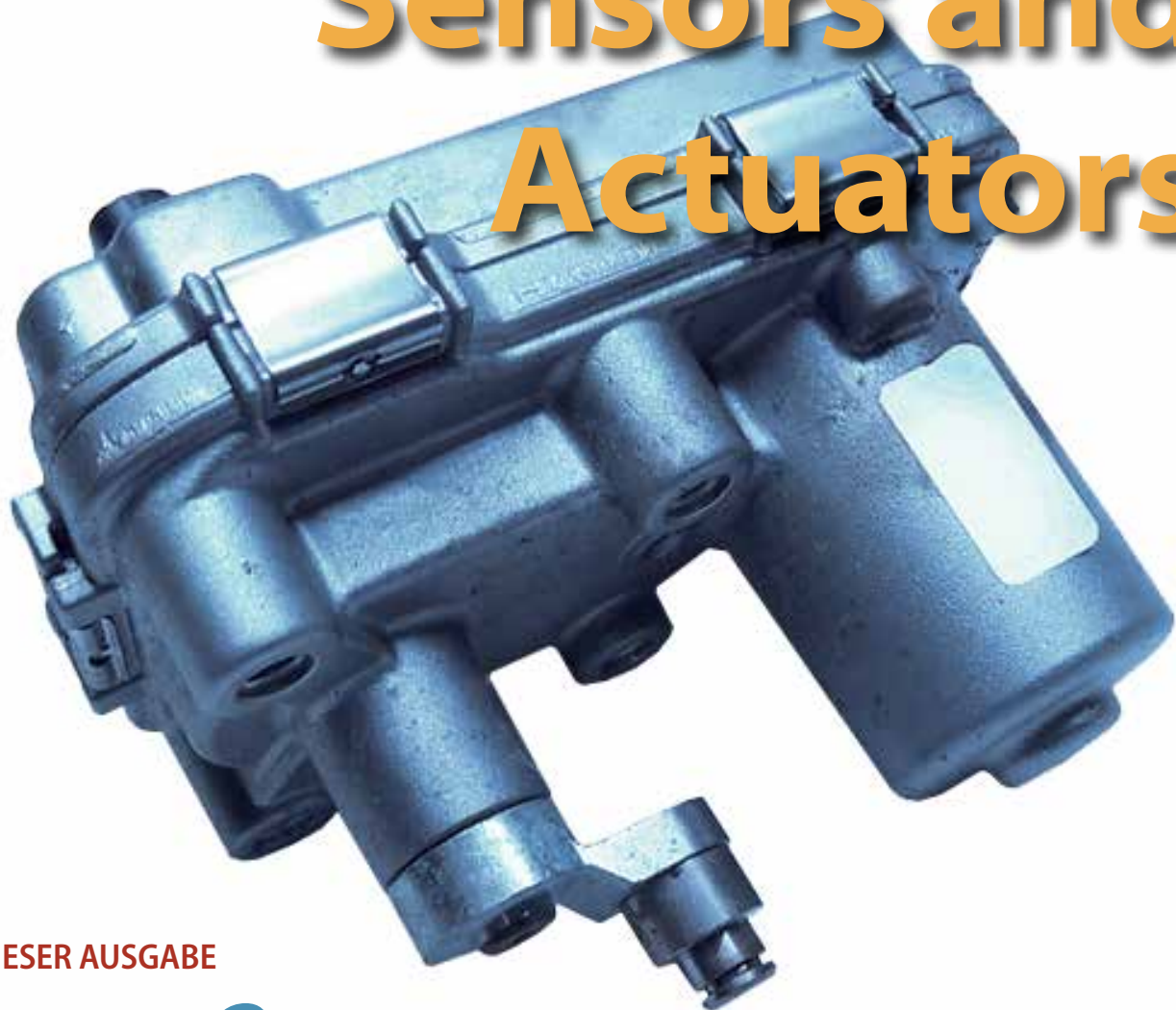


# 24

# State of the art Sensors and Actuators



▼ IN DIESER AUSGABE

EINFÜHRUNG

2

SENSOREN

2

STELLANTRIEBE

11

TECHNISCHE  
HINWEISE

21

## EINFÜHRUNG

Die Automobilindustrie befindet sich in ständiger technologischer Entwicklung, um komfortablere und leistungsstärkere Fahrzeuge zu produzieren, die gleichzeitig sicherer und umweltfreundlicher sind. Ein Großteil dieser Entwicklung ist der Elektronik zu verdanken, die eingesetzt wird, um den Betrieb von traditionell mechanischen Systemen und Bauteilen zu verbessern.

Das Zusammenspiel zwischen mechanischen und elektronischen Systemen wird einerseits durch Sensoren ermöglicht, die physikalische Größen unterschiedlichster Art in elektrische Größen umwandeln, und andererseits durch Aktuatoren oder Stellantriebe, welche die elektrischen Größen wiederum in physikalische Arbeit umwandeln.

Elektronische Zünd- und Kraftstoffeinspritzsysteme waren die ersten elektronisch gesteuerten Systeme, die in großer Stückzahl in Fahrzeuge eingebaut wurden. Die Arbeit beider Systeme hängt von einer Vielzahl physikalischer Parameter ab, die sich ständig ändern (Temperatur, Druck, Drehzahl, usw.), und die den Betrieb und die Leistung des Motors direkt beeinflussen.

Traditionelle mechanisch geregelte Systeme sind vergleichsweise langsam und ungenau, sodass die Motorleistung variiert und zuweilen nicht ausreichend effektiv genug ist. Die elektronische Regelung der gleichen Funktionen erhöht sowohl die Ansprechgeschwindigkeit als auch die Genauigkeit und ermöglicht auch, die Konstruktion der

mechanischen Elemente zu vereinfachen, was zu einer höheren Zuverlässigkeit des Ganzen führt.

Des Weiteren reduziert sich dadurch die mögliche Kooperation und das Zusammenspiel von rein mechanischen Komponenten, was sogar schädigend sein kann, da der Ausfall eines Bauteils oder eines Systems zu einer Fehlfunktion der übrigen Systeme führen kann. Zu all dem kommt noch der Verschleiß bestimmter mechanischer Komponenten hinzu, wodurch regelmäßige Nachjustierungen erforderlich werden, um deren Funktionalität innerhalb akzeptabler Grenzen zu halten.

Elektronische Systeme machen in vielen Fällen regelmäßige Einstellungen überflüssig, indem sie über die gesamte Lebensdauer des Fahrzeugs den Verschleiß und Fehleinstellungen durch kontinuierliche Messungen und Korrekturen kompensieren.

Sie bieten zudem die softwarespezifische Flexibilität, deren Programmierung die Anwendung ein und desselben Steuerungssystems auf verschiedenen Fahrzeugen, Motoren, usw. ermöglicht. Auf höher entwickelten Ebenen informieren logische Funktionen und Selbstdiagnosesoftware über mögliche Bauteildefekte oder eine unzureichende Leistung bestimmter Funktionen, was sogar so geregelt werden kann, dass der Fahrzeugbetrieb bis zur Behebung des Fehlers weiterhin möglich ist.

## SENSOREN

Mit **Sensor** bezeichnet man ein Bauteil, das eine physikalische oder chemische Größe (Drehzahl, Position, Temperatur, usw.) erfassen und sie in eine elektrische Größe, ein sogenanntes Signal, umwandeln kann, das eine logische Einheit wiederum interpretieren und in einen mathematischen Wert umwandeln kann.

Das von den Sensoren erzeugte elektrische Signal kann je nach Sensor und dessen Funktion im Fahrzeugmanagement **analog** oder **digital** sein. Während ein analoges Signal seinen Wert kontinuierlich ändert, ebenso wie die zu messende Größe, verfügt ein digitaler Sensor über eine Elektronik, die den Wert der Messgröße in einer Folge von elektrischen Impulsen codiert. Das elektronische Motormanagement

empfängt diese Impulsfolge und decodiert das Signal, um den Wert der jeweiligen Größe zu erhalten.

Sensoren lassen sich nach ihrer **elektrischen Funktion** in zwei große Gruppen einteilen:

- **Passive** Sensoren: Dies sind Sensoren, die zur Erzeugung des Signals eine externe Spannungsversorgung benötigen.
- **Aktive** Sensoren: Im Gegensatz zu passiven Sensoren benötigen sie keinen Strom zur Signalerzeugung, da sie aufgrund ihres Aufbaus in der Lage sind, dieses zu erzeugen, weshalb sie auch als signalerzeugende Sensoren bezeichnet werden.

**Die Funktion eines Sensors darf nicht mit dem Messprinzip verwechselt werden, das ebenfalls aktiv oder passiv sein kann. Das Prinzip der aktiven Messung bezieht sich auf die Tatsache, dass der Sensor Vorarbeit leistet, um ein variables Ergebnis zu erhalten, das direkt mit der zu messenden Größe in Zusammenhang steht. Deshalb ist eine vorherige Spannungsversorgung erforderlich.**

**Das Prinzip der passiven Messung erfordert hingegen keine Vorarbeit für die Messung, sodass auch keine Spannungsversorgung notwendig ist. Bei dieser Art der Messung wird die elektrische Energie direkt als Messelement und Signal verwendet.**

Schließlich erfolgt die Klassifizierung der Sensoren auch nach dem physikalischen Prinzip, nach dem sie die Messung durchführen:

- Magnetisch
- Hall-Effekt
- Durch elektrische Leitfähigkeit
- Magnetoresistiv
- Thermoresistiv
- Piezoelektrisch

- Piezoresistiv
- Kapazitiv
- Photoelektrisch
- Ultraschall und Hochfrequenz
- Aus- und Umschalter

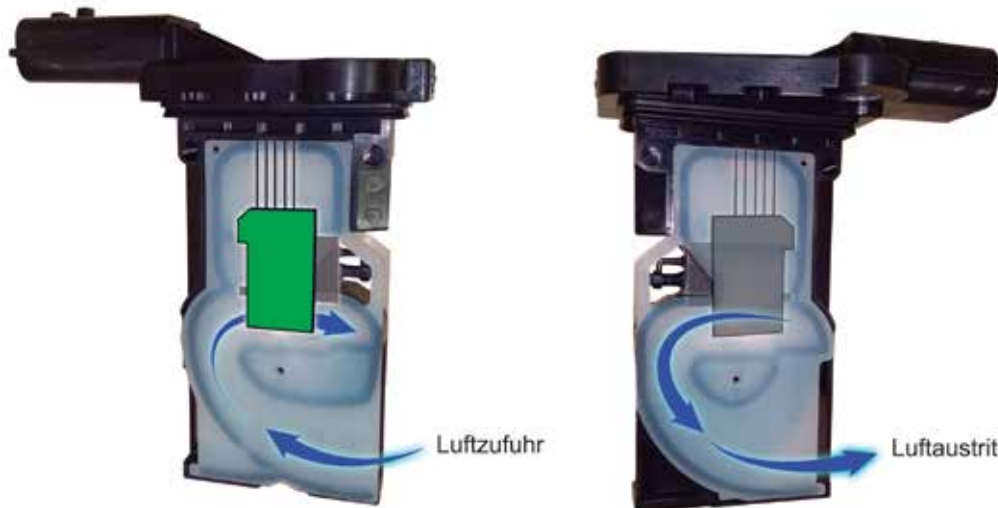
Nachfolgend werden einige der Sensoren aufgeführt, die in den neuesten Fahrzeugmodellen verwendet werden bzw. die sich in letzter Zeit stark weiterentwickelt haben.

## Digitaler Luftmassenmesser

Er befindet sich in der Regel am Einlass des Luftansaugsystems, hinter dem Luftfilter, und informiert über die Menge der in den Motor eintretende Luftmenge. Das Motorsteuergerät benötigt diese Information, um die für jeden Arbeitszyklus erforderliche Kraftstoffmenge zu berechnen, den Zündzeitpunkt, die Nockenwellenverstellung, die Menge der rückgeführten Abgase zu regulieren, usw...

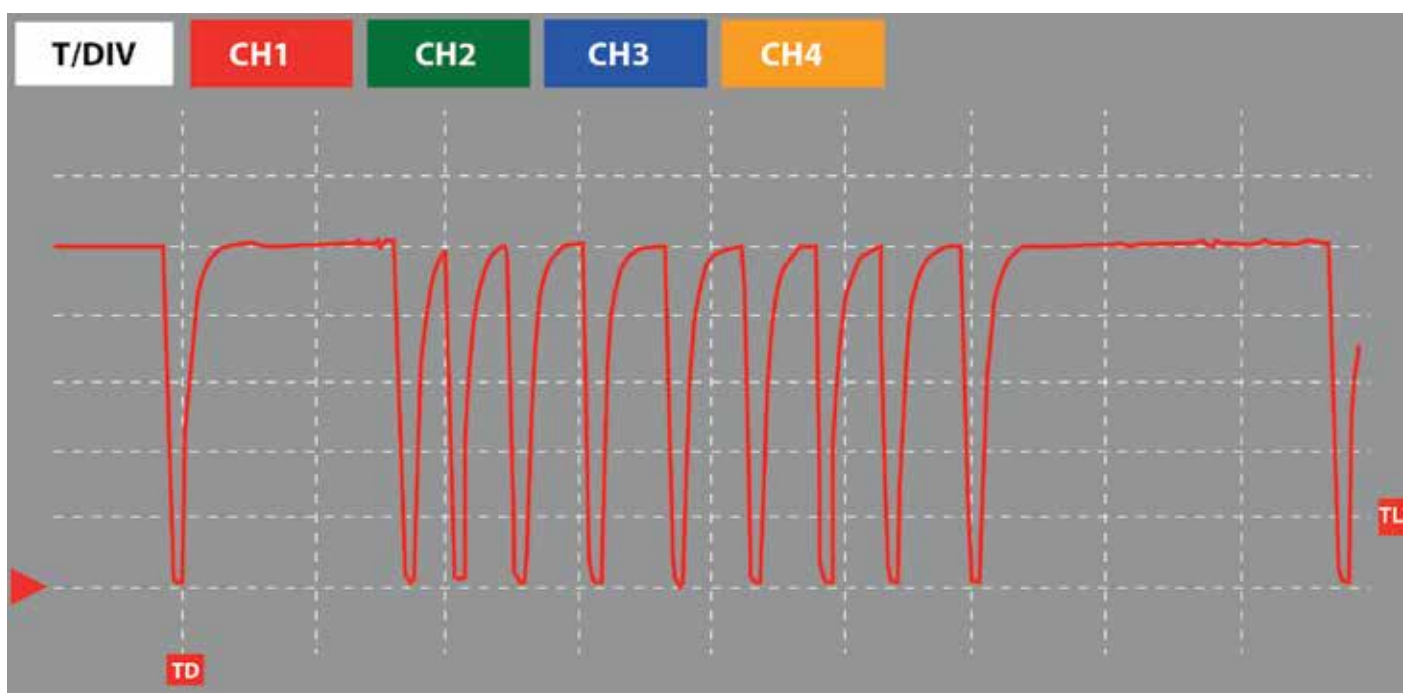
Die aktuellen Luftmassenmesser sind in der Regel Heißfilm-Luftmassenmesser, die für die aktive Messung ein Thermoelement verwenden.

Sie sind die Weiterentwicklung der Hitzdrahtmessgeräte, die anstelle eines der Luft ausgesetzten Drahtes, eine kleine, empfindliche Folie verwenden, die sich im Inneren eines kleinen Labyrinths befindet. Das Labyrinth ermöglicht den Durchlass einer Luftmenge, die in einem proportionalen Verhältnis zu der vom Motor angesaugten Luftmenge steht, indem es die auf das empfindliche Element treffende Luftmenge reduziert sowie die mögliche Ansammlung von Schmutz und anderen chemischen Verunreinigungen auf dem Sensor verhindert.



Sein Funktionsprinzip besteht in der Veränderung des Widerstands zweier NTC-Elemente, die an den Seiten einer beheizten Platine oder Folie angeordnet sind, deren Temperatur auf einen konstanten Wert geregelt wird (etwa 100 °C über der Umgebungstemperatur). Je nach Richtung und Masse der durch das Labyrinth zirkulierenden Luft kühlt diese einen der Widerstände und erwärmt den anderen, sodass die Pulsationen und Rückströmungen, die durch das Schließen der Drosselklappe und den Wechselbetrieb der Ventile entstehen, die Messung der tatsächlich in den Motor eintretenden Luftmenge nicht beeinträchtigen. In Atkinson- und Miller-Motoren sind diese Rückströmungen viel stärker als in herkömmlichen Ottomotoren.

Bei den neuesten Ausführungen dieser Art von Sensoren ändert sich die Übertragung von analog bzw. digital auf digital codiert, sodass eine Nachricht und kein Signal geliefert wird.



CH1 Frec: 4.08 kHz D.Cycle: 95% Nivel Trigger: 0.98 V  
CH1 Min: +0.000 V Med: +34.149 V Max: +5.198 V

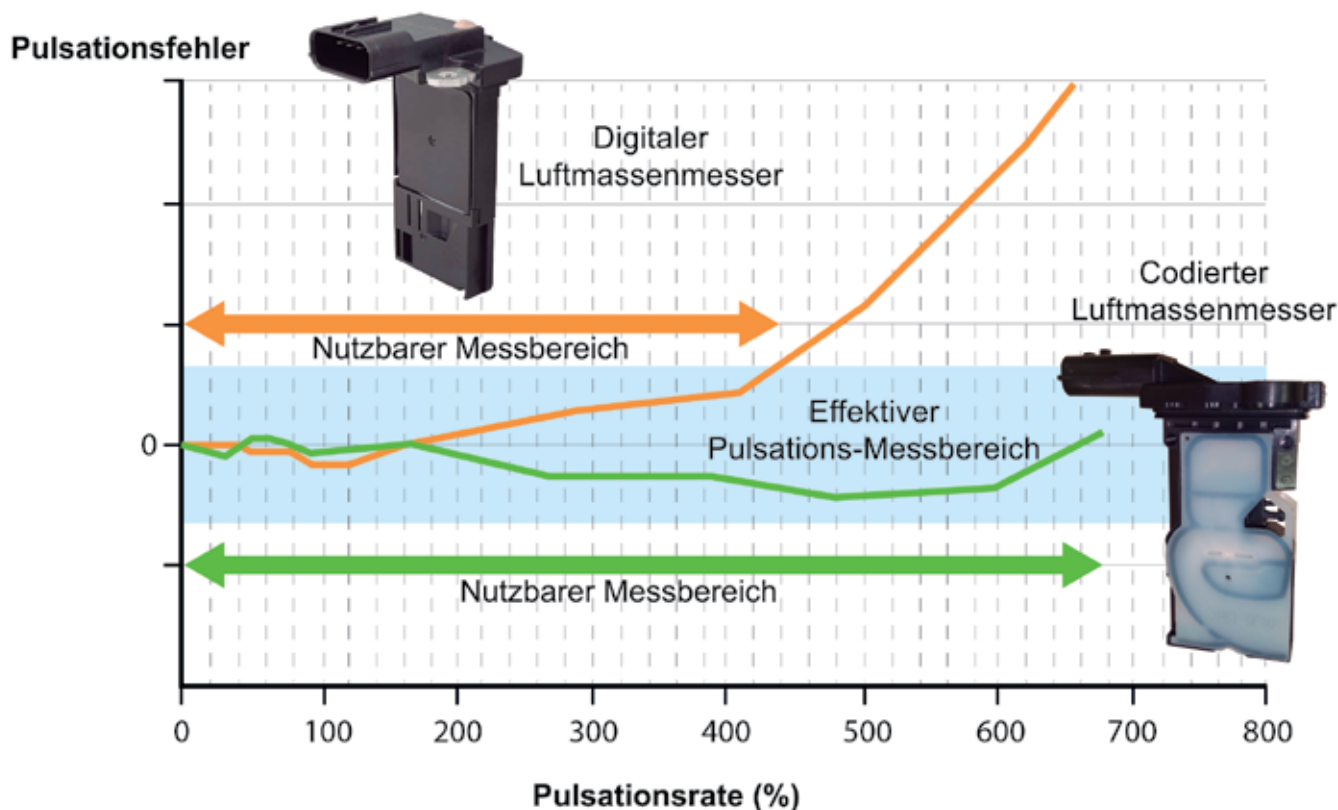
Dieses Merkmal verhindert die direkte Überprüfung des Messwerts mit einem Multimeter oder Oszilloskop, was als Nachteil betrachtet werden könnte, jedoch tatsächlich viele Vorteile mit sich bringt.

Digitale Signale sind weniger empfindlich gegenüber elektromagnetischen Störungen bzw. Schwankungen der Versorgungsspannung, weshalb sie sicherer sind.

Durch die codierte Übertragung können zudem mehrere Informationen auf der gleichen Leitung gesendet werden, sodass diese Sensoren zusätzlich zur Luftmasse auch andere, für ihre Berechnung verwendete Informationen übermitteln können, wie z. B. Temperatur, Druck

und relative Feuchte der durchströmenden Luft. Mit diesen zusätzlichen Informationen kann die Motorsteuerung die Sauerstoffdichte und -konzentration der Luft berechnen, wichtige Werte für eine präzisere Regelung des Ladedrucks und des stöchiometrischen Verbrennungsluftverhältnisses.

Die folgende Grafik zeigt den Funktionsvergleich zwischen einem herkömmlichen Luftmassenmesser mit digitalem Signal und einem mit codiertem Signal, aus der hervorgeht, dass letzterer mit einem größeren Pulsations-Messbereich arbeiten kann.

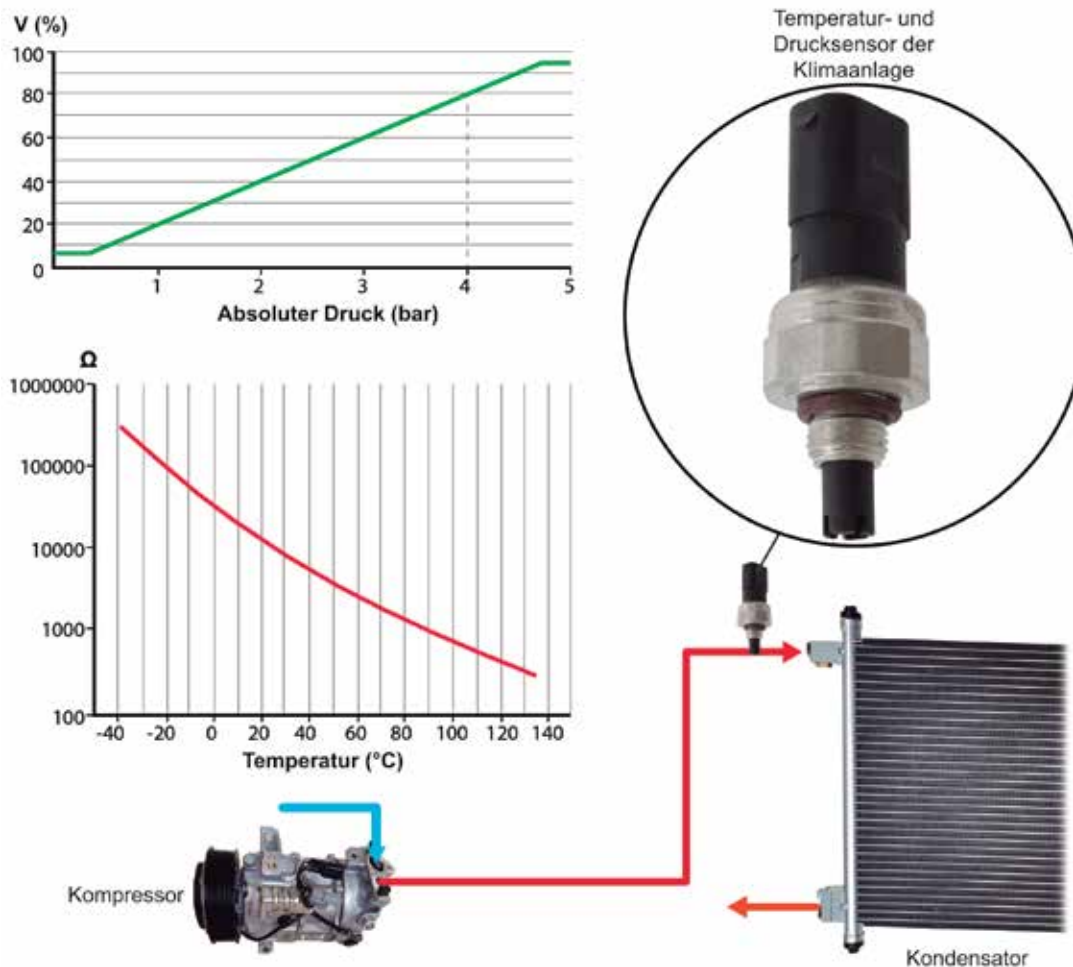


## Kühlmitteldruck- und -temperatursensor

Die Drucksensoren der Klimaanlage befinden sich in der Hochdruckleitung, zwischen dem Kompressor und dem Kondensator. Traditionell wird ihr Signal verwendet, um das Zuschalten des Kompressors im Falle eines Lecks des gasförmigen Kältemittels im Kühlkreislauf zu verhindern (unzureichender Druck), sowie um die zwangsmäßige Abkühlung des Kältemittels beim Durchgang durch den Kondensator zu steuern, um den Wechsel von der Gas- in die Flüssigphase zu erleichtern. Au-

ßerdem sind sie erforderlich, um den Kompressor bei Überdruck im Falle von Vereisung des Verdampfers, Blockierung des Expansionsventils oder Verstopfung abzuschalten.

Die neuesten Ausführungen dieser Sensoren verfügen über einen Temperatursensor. Die Kombination beider Informationen erhöht die Regulierungs- und Erkennungsmöglichkeiten, was eine sicherere Funktion und konsequentere Regelung ermöglicht.



Wenn bei einem herkömmlichen Drucksensor während des Betriebs der Klimaanlage in erheblicher Menge Kältemittel austritt, dann erkennt der Sensor dieses Leck durch den sofortigen Druckabfall auf der Hochdruckseite. In diesem Fall erkennt das Steuergerät das Problem über das Sensorsignal und schaltet den Kompressor ab, wodurch vermieden wird, dass er einerseits ausfällt und andererseits der Hochdruckkreislauf verschmutzt wird.

Wenn das Leck hingegen sehr klein ist oder im Niederdruckbereich auftritt, erweist sich die Information aus dem Hochdruckkreislauf für die Leckerkennung als nutzlos, da ein progressiver Abfall dieses Parameters auch auf eine übermäßige Abkühlung des Kältemittels zurückzuführen sein kann, die sich beim Hineinfahren mit dem Fahrzeug in einen Tunnel infolge des plötzlichen Abfalls der Temperatur der durch den Kondensator strömenden Luft bei hoher Geschwindigkeit ergeben kann. In diesem Fall erfolgt keine Sicherheitsabschaltung des Kompressors mit dem daraus resultierenden Risiko einer Verschmutzung des Kreislaufs

und einer Beschädigung desselben. Das Signal der Kältemitteltemperatur erlaubt in diesen Fällen den Zusammenhang zwischen der Temperatur und dem Druck des Kreislaufs zu bestimmen, sie mit dem im Steuergerät gespeicherten Referenzwert zu vergleichen, das Vorhandensein eines Lecks zu erkennen und die Abschaltung durchführen.

Das gleiche Vergleichsprinzip ermöglicht es sogar, die zu geringe oder zu hohe Menge an Kältemittel im Kreislauf zu bestimmen, die zu einer unzureichenden Systemleistung führt.

Die Information über die Kältemitteltemperatur ermöglicht es auch, die Arbeit des Kompressors und des Kondensatorlüfters zu reduzieren, wodurch der Energieverbrauch beider Komponenten und somit auch der Kraftstoffverbrauch und der CO<sub>2</sub>-Ausstoß verringert werden.

Bei Fahrzeugen mit Start-Stopp-System wird der Spielraum der automatischen Abschaltvorrichtung bei eingeschalteter Klimaanlage erhöht, sodass die Emissionen noch weiter reduziert werden.

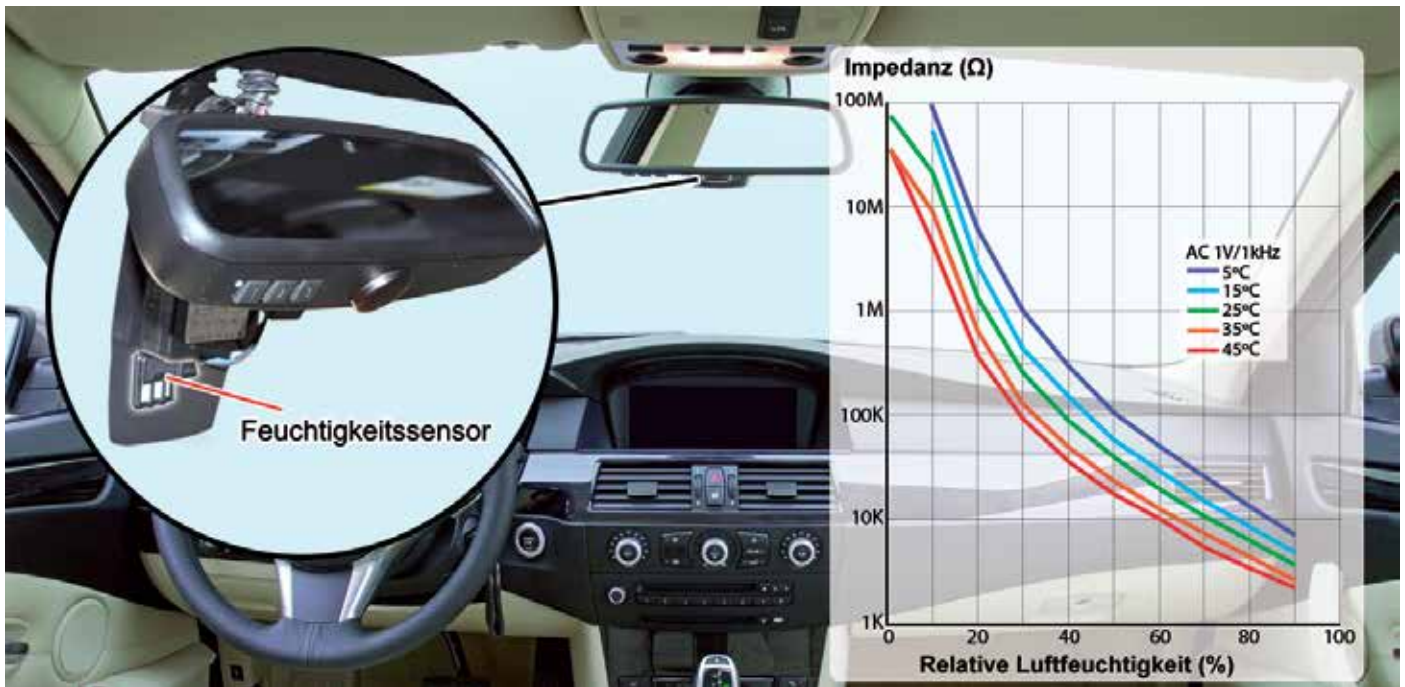
## Luftfeuchtigkeitssensor

Die Wasserdampfkonzentration in der Umgebungsluft beeinflusst die Konzentration und Ermüdung beim Fahren. Eine zu hohe relative Luftfeuchtigkeit verursacht Schwitzen und führt zu höherer Müdigkeit, eine zu geringe Luftfeuchtigkeit hingegen führt zu einer Austrocknung der Atemwege und zu einer frühzeitigen Ermüdung der Augen. Kondenswasser auf der Innenseite der Fahrzeugscheiben erschwert zudem die Sicht während der Fahrt und stellt eine zusätzliche Gefahr dar.

Der Luftfeuchtigkeitssensor ist ein Element, das in der Lage ist, den

Anteil des Wasserdampfes in der Luft im Fahrgastraum auszuwerten, ein Wert, der verwendet wird, um die gefühlte Temperatur der Insassen auf maximalem Komfortniveau zu halten. Dieser Wert ist niedrig genug, um das Beschlagen der Frontscheibe zu verhindern, denn das direkte Auftreffen des Luftstroms beim Fahren führt aufgrund des Temperaturunterschieds sehr leicht zu Kondensation.

Der Feuchtigkeitssensor im Fahrgastraum befindet sich in der Regel auf der Windschutzscheibe hinter dem Rückspiegel.



Er erkennt die durch Kondensation von Wasserdampf auf den Scheiben entstehende Feuchtigkeit mithilfe eines kapazitiven Elements. Dazu wird ein dünner Polymerfilm verwendet, der seine elektrische Kapazität erhöht, wenn er Wasserdampf aufnimmt.

Die Fähigkeit der Luft, Wasserdampf zu speichern, variiert mit ihrer Temperatur, weshalb dieser Sensor normalerweise mit einem anderen thermoresistiven Sensortyp kombiniert wird. Feuchtigkeits- und Temperaturwert werden zusammen als Signal an die Steuereinheit gesendet, um den Taupunkt zu berechnen und damit das Beschlagen der Scheiben zu verhindern.

Zur Beseitigung der Feuchtigkeit an den beschlagenen Scheiben wird die Einstellung der Lüftungsklappen sowie die Luftmischung und -verteilung verändert, um trockene Luft auf die Windschutzscheibe zu blasen. Die Luftfeuchtigkeit im Fahrgastraum wird durch Umwälzung der Luft über den Verdampfer der Klimaanlage reduziert, der aufgrund seiner niedrigen Temperatur den Dampf kondensiert und in flüssiger Form durch die Entwässerungsleitung der Heizung abführt.

## Ölstands- und Ölqualitätssensor

Die Verlängerung der Wartungsintervalle und die Standardisierung der Partikelfilter erfordern eine absolute Kontrolle der Qualitätsverschlechterung und des Füllstands des Motoröls, um eine ordnungsgemäße Schmierung, Langlebigkeit und Leistung des Motors zu gewährleisten. Der Ölstands- und Ölqualitätssensor ist in der Regel ein kapazitiver Sensor und befindet sich an den Seiten oder am Boden des Motorgehäuses. Sein Messprinzip beruht auf der Fähigkeit, seine elektrische Kapazität bei Vorhandensein von Elementen, die sich der aktiven Oberfläche des Sensors nähern, zu verändern.

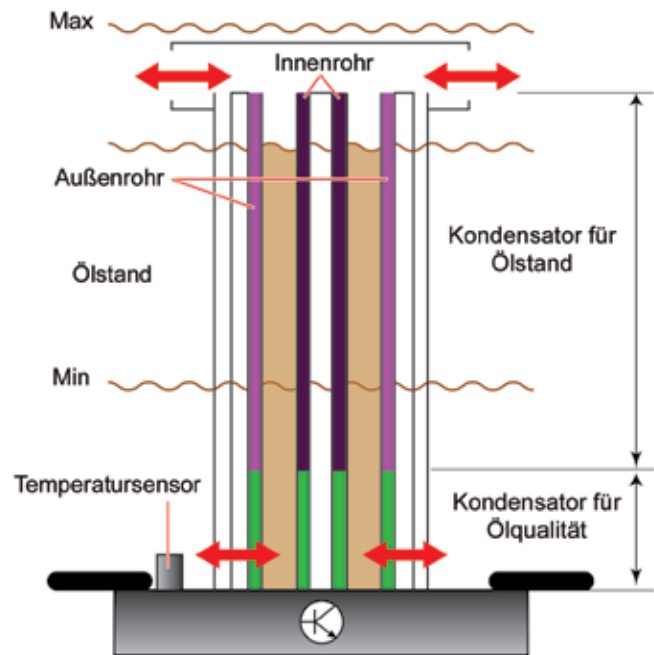


Als reiner Füllstandssensor funktioniert er wie ein Kondensator, der seine Kapazität in Abhängigkeit vom Ölstand variiert, das die Funktion eines dielektrischen Elements übernimmt. Bei einigen Sensoren wird neben der Füllstandsmessung die Qualität des Schmierstoffs mit einem zweiten, vollständig eingetauchten Kondensator gemessen.

Die elektrischen Eigenschaften des Öls variieren je nach Zersetzung seiner Additive und der Konzentration der Schadstoffe oder Verbrennungsrückstände, was das kapazitive Ansprechverhalten des Sensors beeinflusst.

Zusätzlich können diese Sensoren einen weiteren Sensor in Form eines NTC-Thermistors zur Messung der Öltemperatur aufweisen.

Es gibt auch Ultraschall-Füllstandssensoren, deren Aussehen den oben genannten sehr ähnlich ist. In ihrem Innern befindet sich ein Elektronikmodul, das ein Ultraschallsignal an die Öloberfläche der Ölwanne sendet. Ein Sensor erkennt das zurückgestrahlte Signal, wenn es an der freien Metalloberfläche der Ölwanne abprallt und sendet es zurück an das Modul, das den Ölstand durch die Variation der Schallamplitude und der Schallgeschwindigkeit berechnet.



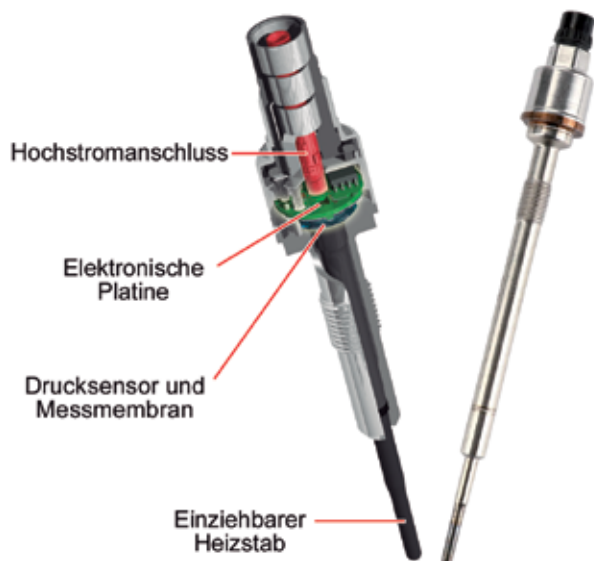
## Verbrennungsdrucksensor

Glühkerzen sind mit einem Drucksensor ausgestattet, der sowohl Sensor als auch Aktuator ist. Zusätzlich zur Beheizung des Brennraums beim Start oder während des Motorbetriebs zur Verbesserung der Verbrennung, erkennt dieser Sensor den vorhandenen Druck in der Brennkammer, um die Entstehung von Schadstoffemissionen, insbesondere Stickoxiden, so weit wie möglich zu verhindern.

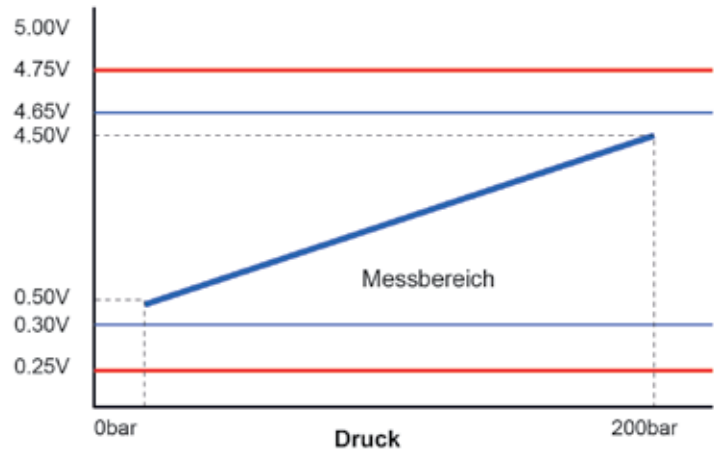
Die Glühkerze hat einen einziehbaren Heizstab, der, wenn dem Druck im Brennraum ausgesetzt, seine Bewegung auf eine Messmembran

überträgt. Diese Membran enthält mehrere Dehnungstreifen, die ihren elektrischen Widerstand entsprechend ihrer eigenen Verformung ändern, ein charakteristisches Verhalten, das als piezoresistiver Effekt bekannt ist.

Ein integrierter elektronischer Schaltkreis wertet die Verformung der Membran aus und erzeugt ein zum Druck im Brennraum proportionales Analogsignal, das an das Motorsteuergerät gesendet wird.



Ausgangsspannung

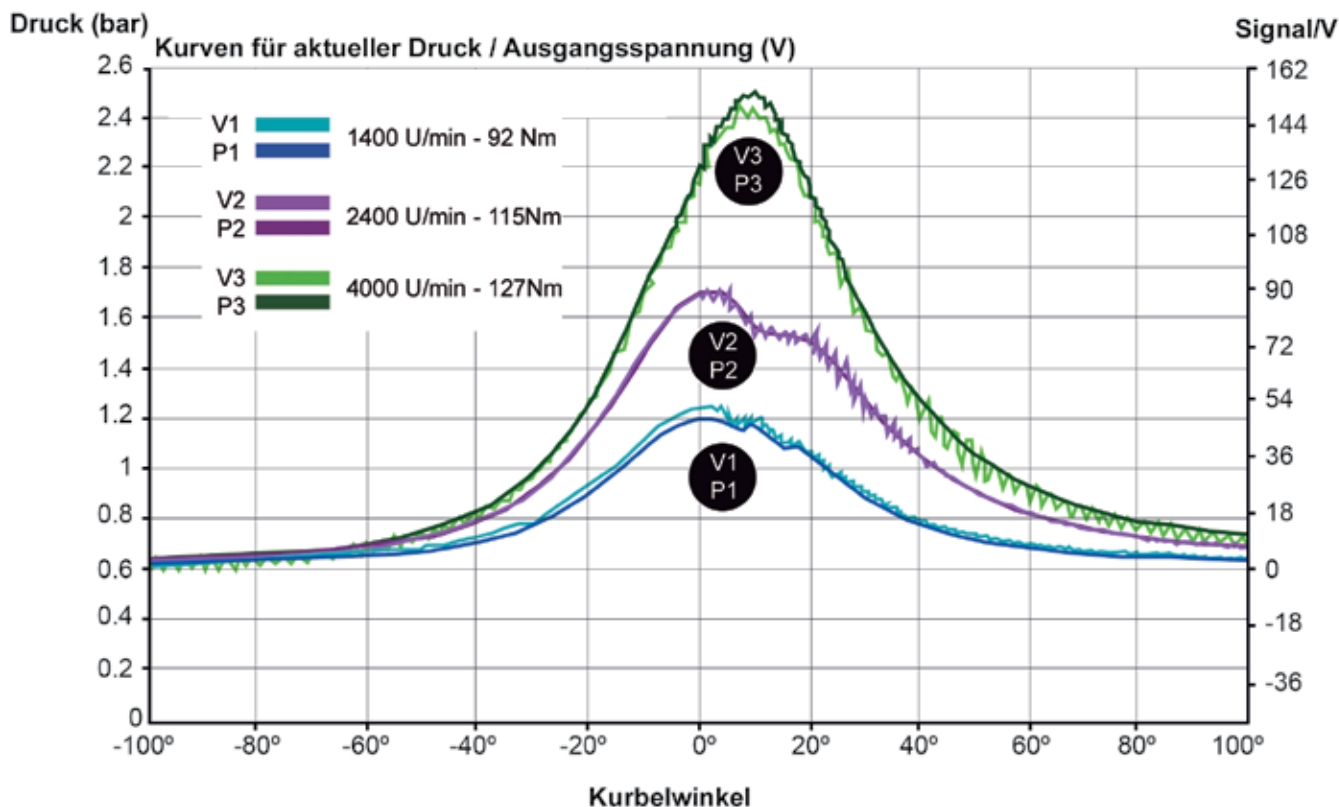


Die Software des Motorsteuergeräts analysiert den der Verbrennung entsprechenden Druckanstieg in Abhängigkeit vom Motordrehzahl-signal und von der Motorlast. Durch den Vergleich der von den ver-

schiedenen Zylindern erhaltenen Werte untereinander und mit den im Steuergerät programmierten Kennfeldern werden neue Werte für die Korrektur des Einspritzzeitpunkts und Einspritzdauer berechnet.

Diese Regelautomatik bietet die folgenden Vorteile:

- Präzision bei der Regulierung von Einspritzzeitpunkt und -menge.
- Anpassung der Einspritzung an den mechanischen Verschleiß des Motors während seiner Lebensdauer.
- Ruhiger und stabiler Lauf aller Zylinder.
- Kompensation der Kraftstoffqualität
- Anpassung der Einspritzung entsprechend der rückgeführten Gase und unterschiedlichen Kraftstoffqualitäten.
- Optimaler Motorbetrieb bei Einspritzregelungen zur Regeneration des DPF und des NOx-Speicherkatalysators.



Glühkerzen mit Drucksensor sind in allen Motorzylindern eingebaut und werden somit in allen Betriebszyklen gesteuert/geregelt, was die Erkennung von mechanischen Kompressionsproblemen und sogar Störungen der Einspritzdüsen ermöglicht. Mithilfe eines Diagnosegeräts ist es möglich, die an jeder Zündkerze erzeugten Parameter auszulesen.

<b>Brennkammerdruck Zylinder 1</b>	0,8 MPa
<b>Brennkammerdruck Zylinder 2</b>	19,2 MPa
<b>Brennkammerdruck Zylinder 3</b>	14,8 MPa
<b>Brennkammerdruck Zylinder 4</b>	20,9 MPa

Das Motorsteuergerät verwendet das Signal des Verbrennungsdrucksensors zur Berechnung des Einspritzkorrekturwertes. Bei Fehlen dieses Signals kann es zu einem unregelmäßigen oder unstabilen Motorbetrieb kommen.



## Drehraten- und Beschleunigungssensor

Sie haben die Aufgabe, die Kräfte und Bewegungen des Fahrzeugs im Zusammenhang mit dem Verlust der Fahrspur oder der Stabilität zu erkennen und zu bewerten.

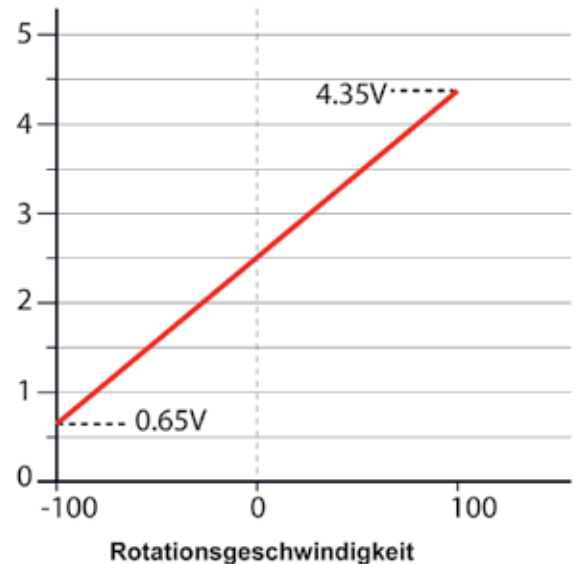
Es können mikromechanische, piezoresistive oder Hall-Sensoren sein, die als unabhängige Elemente agieren, wie z. B. Drehratensensor, Querschleunigungs- und Längsbeschleunigungssensor, oder die ein einzelnes Bauteil bilden, das als Kombisensor bezeichnet wird. Bei neueren Fahrzeugmodellen sind sie in der Regel in das elektronische Stabilitätskontrollsystem integriert.



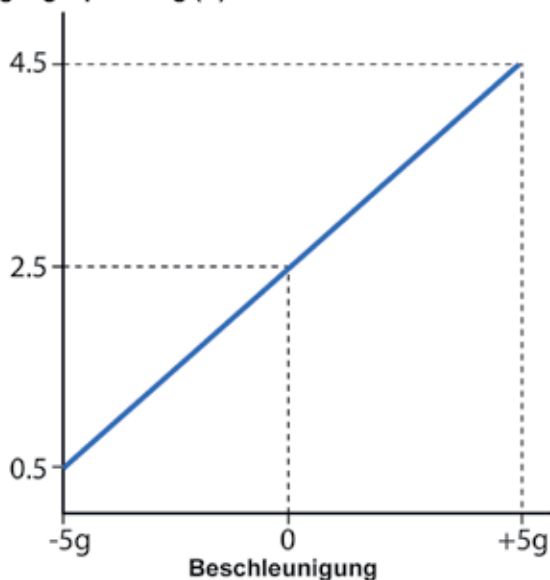
Der **Drehratensensor** oder auch Gyrosensor, hat die Aufgabe, die Rotationsgeschwindigkeit des Fahrzeugs um seine Vertikalachse zu messen. Dieses Signal wird von der Motorsteuereinheit zur Berechnung des Giermoments verwendet, der Kraft, der entgegengewirkt werden muss, um die Stabilität des Fahrzeugs wiederherzustellen.

Sein Messprinzip erfordert, dass er sich so nah wie möglich am Schwerpunkt des Fahrzeugs befindet, also normalerweise neben der Handbremse, unter den Vordersitzen oder auf dem Armaturenbrett, obwohl er auch in der Motorsteuereinheit selbst integriert sein kann.

Ausgangsspannung (V)



Ausgangsspannung (V)



Der **Querschleunigungssensor** hat die Aufgabe, die Seitenkräfte zu erkennen und zu messen, die eine Seitwärtsbewegung des Fahrzeugs verursachen, also einen quer zur Fahrtrichtung wirkenden Versatz. Zusammen mit den Signalen des Drehraten- und Geschwindigkeitssensors des Fahrzeugs ermöglicht er dem Motorsteuergerät zu erkennen, ob das Fahrzeug der vom Fahrer vorgegebenen Spur folgt oder davon abgewichen ist und sich somit in einer instabilen Lage befindet.

Der Sensor kann sich neben dem Drehratensensor, im Motorsteuergerät oder unter dem Armaturenbrett befinden.

Aufbau und Funktion des **Längsbeschleunigungssensors** sind ähnlich denen des Querschleunigungssensors, wobei der Hauptunterschied in der Richtung der Kräfteerkennung (längs anstelle von quer) liegt. Sein Zweck unterscheidet sich je nach dem Fahrzeugtyp, in dem er eingebaut wird. Hauptsächlich findet dieses Signal Anwendung in Allradfahrzeugen, wo der Sensor zur Berechnung der tatsächlichen Geschwindigkeit des Fahrzeugs in Situationen mit geringer Bodenhaft-

ung verwendet wird. Er ist jedoch auch in Fahrzeugen zu finden, die nur von zwei Rädern angetrieben werden, z. B. zur Differenzialsteuerung von Automatikgetrieben beim Bremsen und Beschleunigen.

Bei einem Austausch dieser Elemente ist es zwingend erforderlich, diese in der gleichen ursprünglichen Position zu montieren (Erkennungsrichtung), und in vielen Fällen muss auch die Erstkalibrierung mit einem Diagnosegerät durchgeführt werden.



## NOx-Sensor

Er ist für die Ermittlung des prozentualen Anteils der Stickoxide in den Abgasen zuständig. In der Regel werden zwei Sensoren eingebaut: einer vor dem SCR-Katalysator und einer dahinter. Jeder Sensor hat

seine eigene Steuereinheit und bildet mit ihr eine untrennbare Baugruppe, die sich unter dem Fahrzeug befindet.

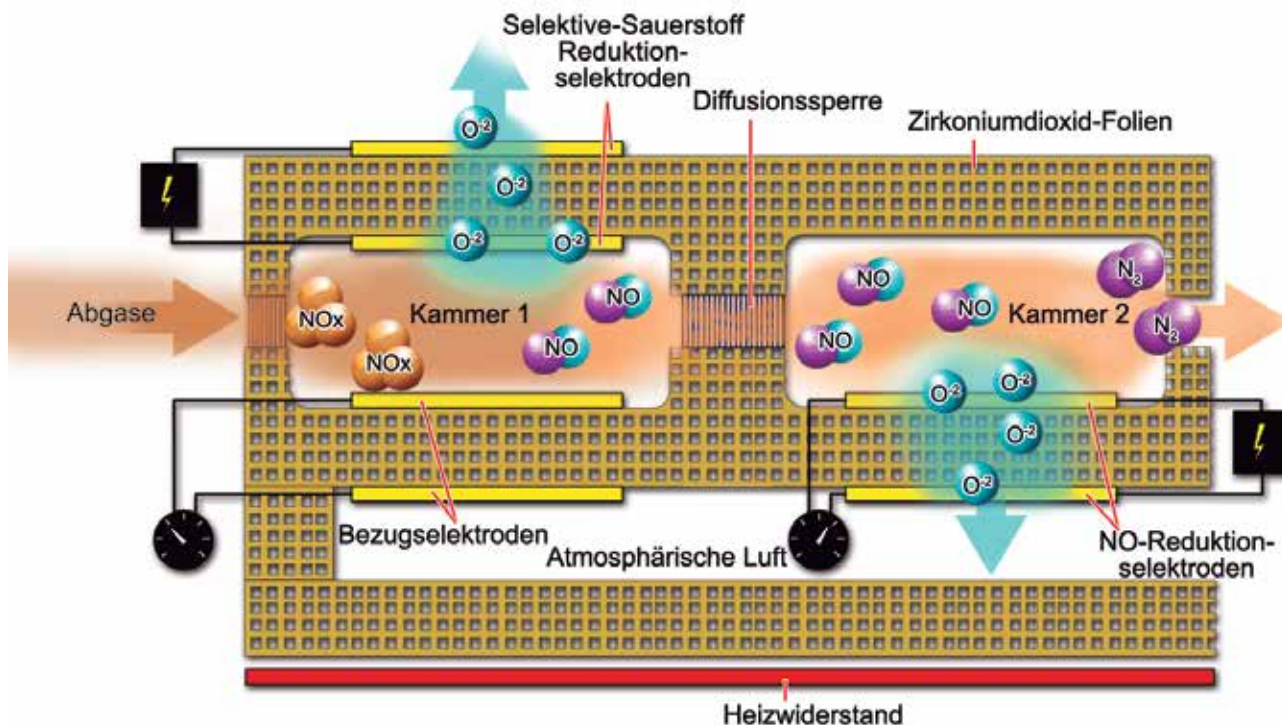
Der Grund, warum der NOx-Sensor eine eigene Steuereinheit benötigt, liegt an der geringen elektrischen Leistung der Erkennungssignale. Der konventionelle Anschluss des Sensorelements an das Motorsteuergerät ist über die elektrische Anlage nicht möglich, da der Leitungswiderstand und mögliche elektromagnetische Störungen die Messung beeinflussen würden.



Die NO<sub>x</sub>-Sensoreinheiten teilen die aus der aktiven Messung resultierenden Informationen über CAN-Bus mit dem Motorsteuergerät, um die Leistung des SCR-Katalysators zu berechnen und den Betrieb des SCR-Systems zu überwachen.

Baulich besteht der Sensor aus folgenden Komponenten:

- Ein Satz Zirkoniumdioxid-Folien.
- Zwei Arbeitskammern.
- Drei Elektrodenpaare mit unterschiedlichen Funktionen.
- Zwei Diffusionssperren (eine am Eingang und eine zwischen den beiden Kammern).
- Ein beheizbarer Widerstand.



Die Funktionsweise des NO<sub>x</sub>-Sensors ist ähnlich wie die von Breitband-Lambdasonden. Wenn die Abgase in die **Kammer 1** gelangen, legt die NO<sub>x</sub>-Steuereinheit eine variable Spannungsdifferenz an die selektiven O<sub>2</sub>-Reduktionselektroden an, um sie nach außen zu ziehen. Die **freien Sauerstoff-Ionen (O<sup>-</sup>)** werden von der externen Elektrode (+) angezogen und bewegen sich durch das Zirkoniumdioxid. Dadurch wird der Sauerstoff im NO<sub>x</sub>-Sensor auf einen stabilen Mindestkonzentrationswert reduziert, ein Wert, der sich aus dem an den Bezugselektroden auftretenden Spannungsunterschied ergibt.

Die restlichen Gase gelangen über die Diffusionssperre in die **zweite Reaktionskammer**, wo die Stickoxide bei Kontakt mit der inneren Reduktionselektrode in N- und O-Ionen aufgespalten werden. Die Steuereinheit des NO<sub>x</sub>-Sensors legt eine stabile elektrische Span-

nungsdifferenz zwischen den NO<sub>x</sub>-Reduktionselektroden an. Die von den Stickoxiden abgespalteten Sauerstoff-Ionen, die durch das positive Potential der externen Elektrode angezogen werden, durchqueren das Zirkoniumdioxid und verbinden sich im Belüftungskanal des Sensors wieder zu O<sub>2</sub>. Der Ionenfluss erfolgt proportional zur Menge der abgespalteten Stickoxide, was durch die gleichbleibend stabile Spannung einen elektrischen Strom erzeugt, dessen Stärke dem Anteil der Stickoxide in den Abgasen entspricht.

Die Stärke dieses resultierenden Stroms ermöglicht die Berechnung des NO<sub>x</sub>-Anteils, welchen die Sensoreinheit zusammen mit der Temperatur, der Sauerstoffkonzentration und anderen Arbeitsdaten des Sensors an die Motorsteuereinheit übermittelt.

## STELLANTRIEBE

Als **Aktuator** oder Stellantrieb wird ein Gerät bezeichnet, das in der Lage ist, hydraulische, pneumatische oder elektrische Energie in einen physikalischen Prozess umzuwandeln, um so eine bestimmte Wirkung zu erzielen oder Arbeit auszuführen.

Aktuatoren können auf verschiedene Arten klassifiziert werden. Am häufigsten werden sie nach der für ihre Aktivierung notwendigen Energie klassifiziert, wobei man folgende Formen unterscheidet:

- **Hydraulisch:** Diese Aktuatoren verwenden hydraulischen Druck, um ihre bauartspezifische Funktion auszuführen. Ein Beispiel für diese Aktuatoren in einem Fahrzeug sind die Bremsstäbe, die den Druck der Bremsflüssigkeit in Weg und Kraft umwandeln, um die Bremsbeläge gegen die Brems Scheibe zu drücken.

- **Pneumatisch:** Diese Aktuatoren verwenden den Druck eines Gases (in der Regel Luft), um ihre Funktion auszuüben. Ein Beispiel für diese Aktuatoren in einem Fahrzeug sind die Druckdosen, die häufig in VTG-Ladern verwendet werden und die den pneumatischen Druck zur Verstellung der Turbinenleitschaufeln verwenden.
- **Elektrisch:** Diese Aktuatoren oder Stellantriebe verwenden elektrische Energie, um ihre bauartspezifische Funktion auszuführen. Sie sind die am häufigsten verwendeten Aktuatoren in Fahrzeugen und können je nach Systemanforderungen sehr vielfältig sein. Einige Beispiele sind Magnetventile und Elektromotoren.

Obwohl alle diese Arten von Aktuatoren in Fahrzeugen Anwendung finden, werden in diesem Magazin die elektrischen Stellantriebe untersucht, da sie die einzigen sind, die direkt von einer elektronischen Steuereinheit gesteuert werden können. Die in Fahrzeugen eingesetzten elektrischen Stellantriebe lassen sich nach ihrem Funktionsprinzip wie folgt einteilen:

- Elektromagnetisch
- Elektromotoren
- Piezoelektrisch
- Heizungen
- Pyrotechnisch
- Optisch/Visuell

Während des Betriebs der elektrischen Fahrzeugsysteme empfängt die Steuereinheit kontinuierlich Informationen von den Sensoren und sendet die Ausgangssignale zur Steuerung der Stellantriebe. Auf diese Weise regelt sie ständig die Arbeit jedes Systems, bis die empfangene Information mit dem in ihrem internen Speicher programmierten Sollwert übereinstimmt. Die im internen Speicher programmierten Werte sind die der optimalen Leistung des Systems entsprechenden Werte, die man durch Programmierung oder Berechnung erhält. Da die Parameter ständig variieren, ändert sich auch die Ansteuerung der Stellantriebe durch das Steuergerät, wodurch ein korrigierender und selbstlernender Betrieb des Systems erreicht wird.

Nachfolgend werden einige der bekanntesten Stellantriebe aufgeführt.

## Elektrischer Stellantrieb für Turbolader

Es handelt sich um ein Gerät, das die Turbinendrehzahl des Turboladers steuert, um den Ladedruck des Motors zu regulieren.

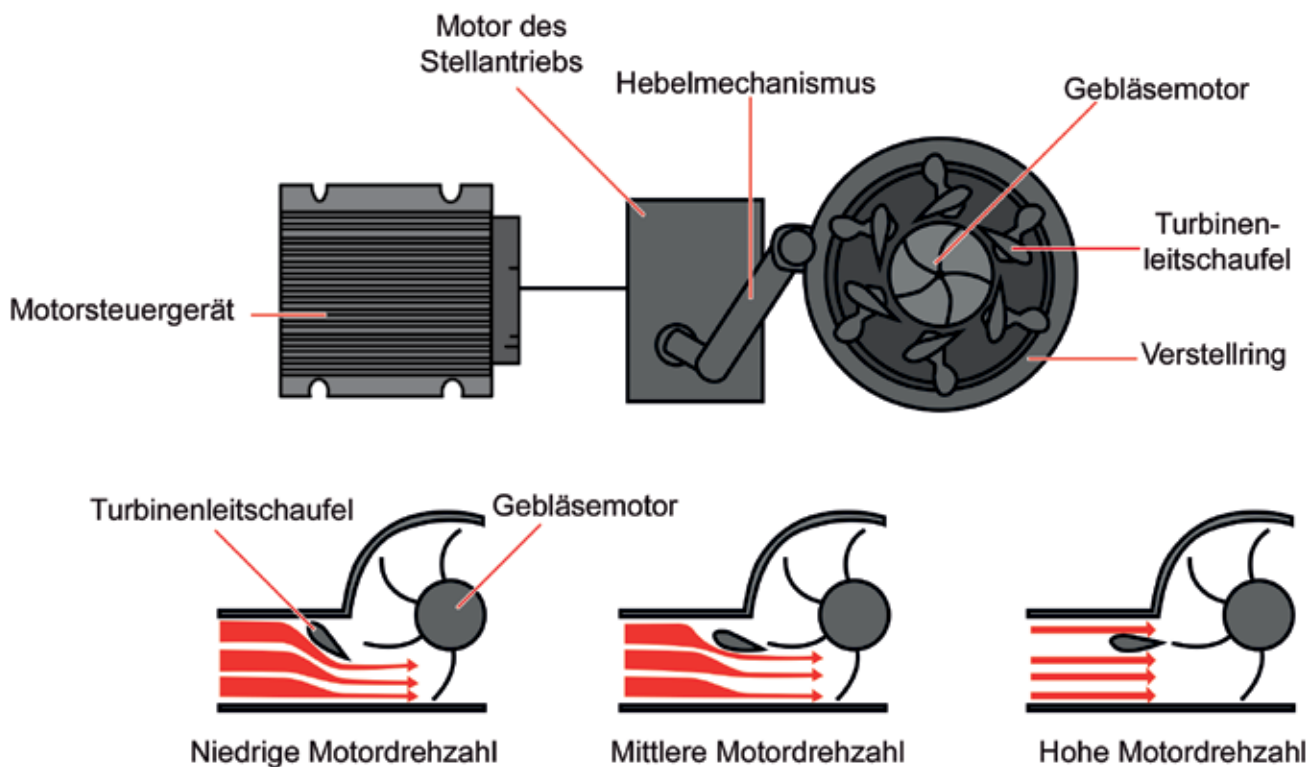
Der elektrische Stellantrieb zur Steuerung der Turbinengeometrie ersetzt die pneumatischen Systeme aus Magnetventil und Druckdose mit den folgenden Vorteilen:

- Kürzere Regelzeit und schnelleres Ansprechen des Ladedrucks.
- Effizienterer und sichererer Antrieb der Turbinengeometrie, was eine höhere Betätigungskraft und Positionsgenauigkeit erlaubt.
- Direktsteuerung mit Möglichkeit der Rückmeldung von Position und Verlauf sowie Fehlererkennung.



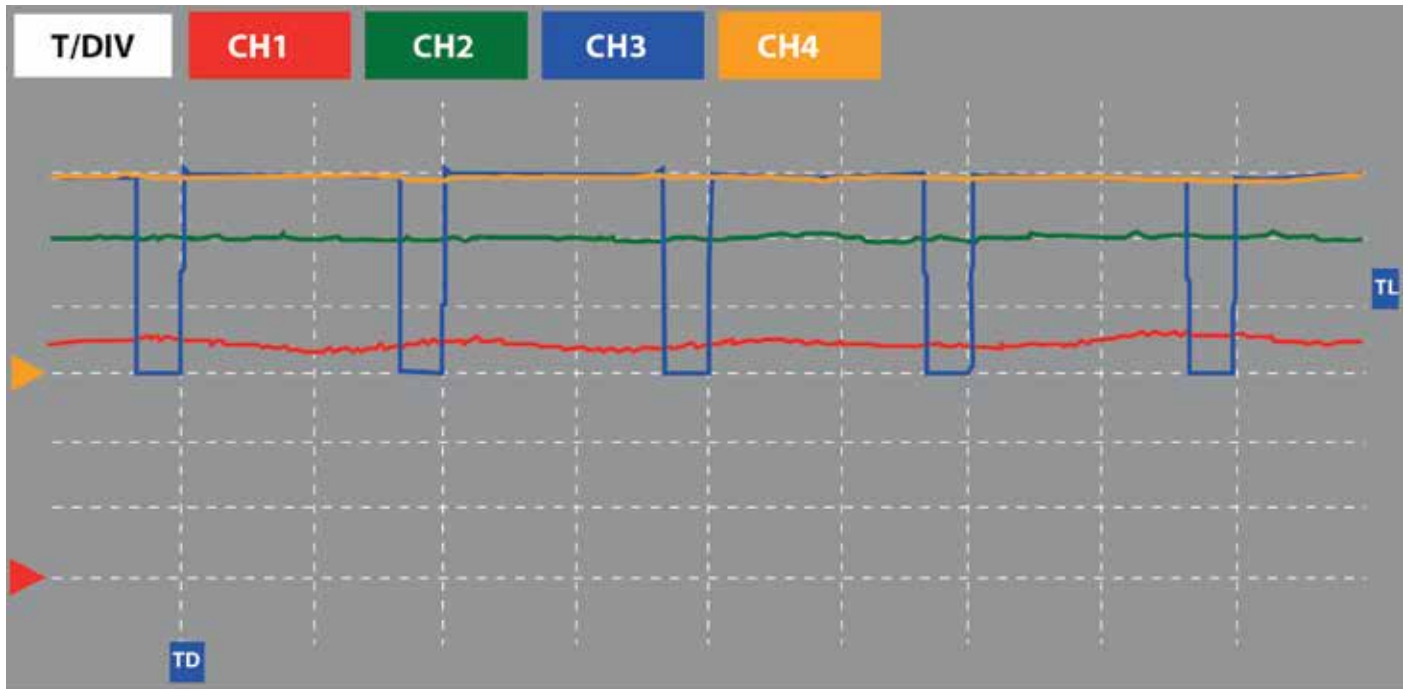
Der elektrische Stellantrieb besteht aus einem Elektromotor und einem Untersetzungsgetriebe, mit denen die Turbinenleitschaufeln eingestellt werden, die den Strömungsquerschnitt und den Anströmwinkel der Abgase auf das Schaufelrad der Turbine regulieren. Er enthält außerdem

eine elektronische Einheit, die im Falle eines Kommunikationsausfalls mit der Steuereinheit die Sicherheitsfunktionen ausführt, indem sie die komplette Baugruppe auf die der Mindestleistung entsprechenden Position stellt.



Die Ansteuerung des Elektromotors erfolgt im variablen Arbeitsverhältnis über ein Rechtecksignal mit Festfrequenz und Polaritätsumkehr zur Umkehr der Drehrichtung. Das Rückmeldesignal der Position der

Turbinenleitschaufeln erfolgt über einen Hall-Sensor, der eine analoge, zum Vorstellwinkel des Endelements proportionale Spannung liefert, das den Verstellring der Turbinengeometrie bewegt.

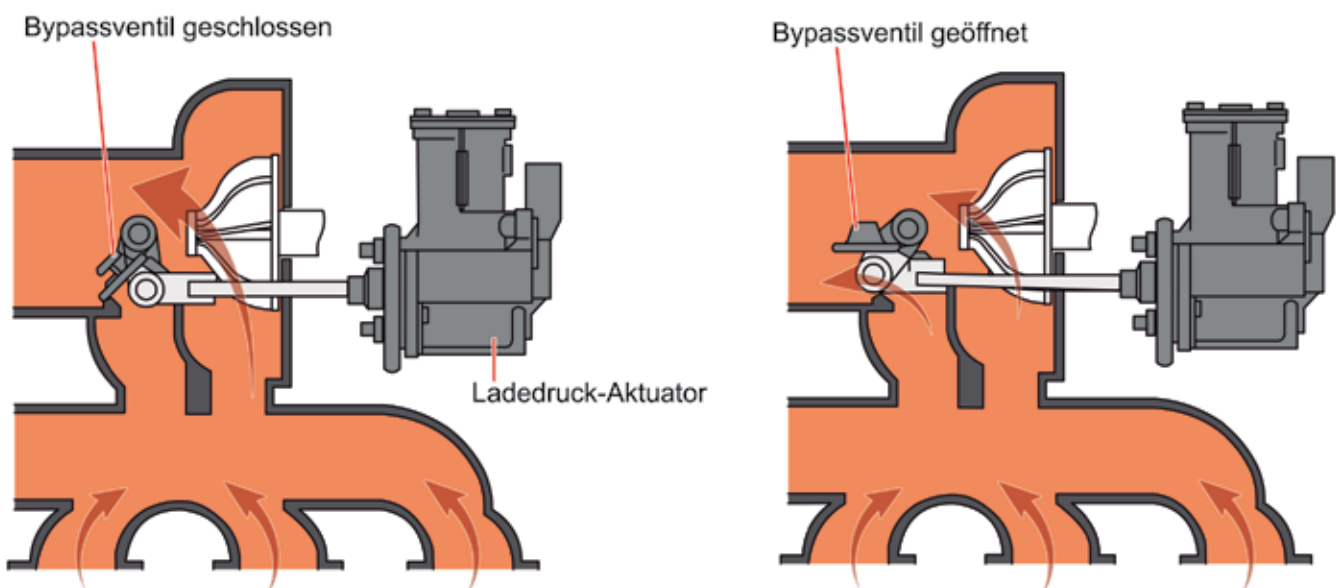


CH3 Frec: 1.00 kHz D.Cycle: 85% Nivel Trigger: 6.29 V  
 CH1 Min: +3.382 V Med: +3.523 V Max: +3.726 V  
 CH2 Min: +1.957 V Med: +2.020 V Max: +2.114 V  
 CH3 Min: +0.000 V Med: +12.329 V Max: +15.362 V  
 CH4 Min: +13.992 V Med: +14.384 V Max: +14.579 V

Steuereinheit Turbolader A  
 Steuereinheit Turbolader B  
 Ladedruck  
 Turbolader-Position

Bei **Systemen mit Bypassventil** berechnet das Motorsteuergerät den theoretischen Ladedruck entsprechend dem angeforderten Drehmoment. Wenn der theoretische Ladedruck nicht erreicht wird, schließt das Bypassventil vollständig und der gesamte Abgasstrom wird zur Turbine auf der Auslassseite des Turboladers geleitet. Um die Turbinendrehzahl und den Ladedruck zu verringern, sendet das Motorsteuergerät

dem Stellantrieb ein Signal, um das Bypassventil um einen bestimmten Prozentsatz zu öffnen. Auf diese Weise wird ein Teil der Abgase, die auf die Turbine treffen, durch die neue Öffnung geleitet, wodurch die Arbeitsgeschwindigkeit des Turboladers und die Verdichtungskraft verringert werden.



Im Falle einer elektrischen Störung wird das Bypassventil durch den Abgasstrom geöffnet. Wenn der Fehler mechanischer Art ist, öffnet der Stellantrieb das Ventil oder die Drosselklappe wird geschlossen. Unter keinen Umständen darf ein Ladedruck entstehen.

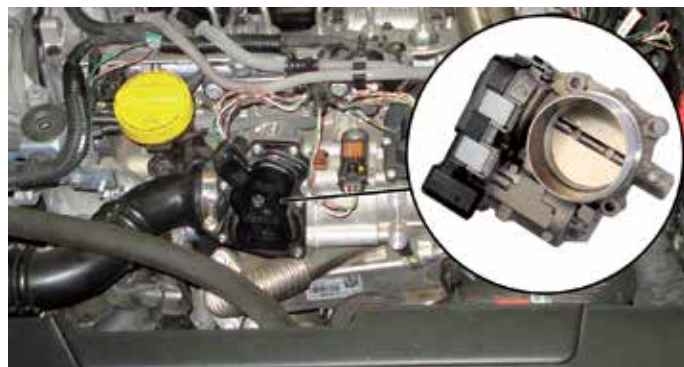
## Drosselklappen-Stellantrieb

Der Luftstrom zum Ansaugkrümmer wird durch eine Drosselklappe reguliert, die sich am Eingang des Ansaugkrümmers befindet.

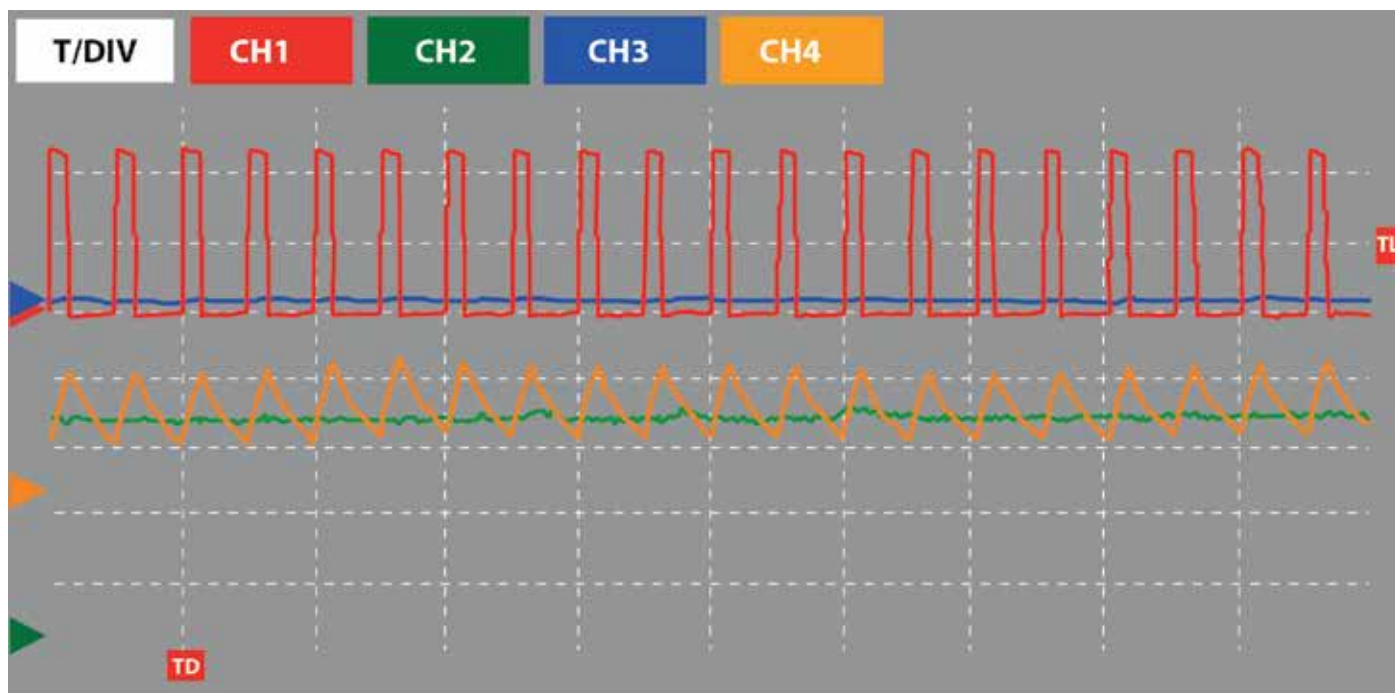
Heutzutage werden im Normalbetrieb geöffnete Drosselklappen anstelle der klassischen Drosselklappen mit Gegenfeder verwendet. Ebenso werden die Potentiometer für die Drosselklappenstellung durch berührunglose Hall-Sensoren ersetzt. Basierend auf einem Elektromotor und einem Untersetzungsgetriebe wird deren Leistungsaufnahme deutlich reduziert, während die Regelgeschwindigkeit erhöht wird.

Neben der resultierenden Energieeinsparung lässt sich damit auch der für die elektronische Traktions- und Stabilitätskontrolle erforderliche Motordrehmoment viel effizienter regeln.

Die aktive Steuerung des Elektromotors sowohl beim Öffnen als auch beim Schließen erfolgt durch Polaritätsumkehr seines Anschlusses, womit eine präzisere Steuerung der Motorbremse und der Arbeit in



Kombination mit den elektronischen Steuersystemen für Automatikgetriebe oder sequenzielle Getriebe erreicht wird.



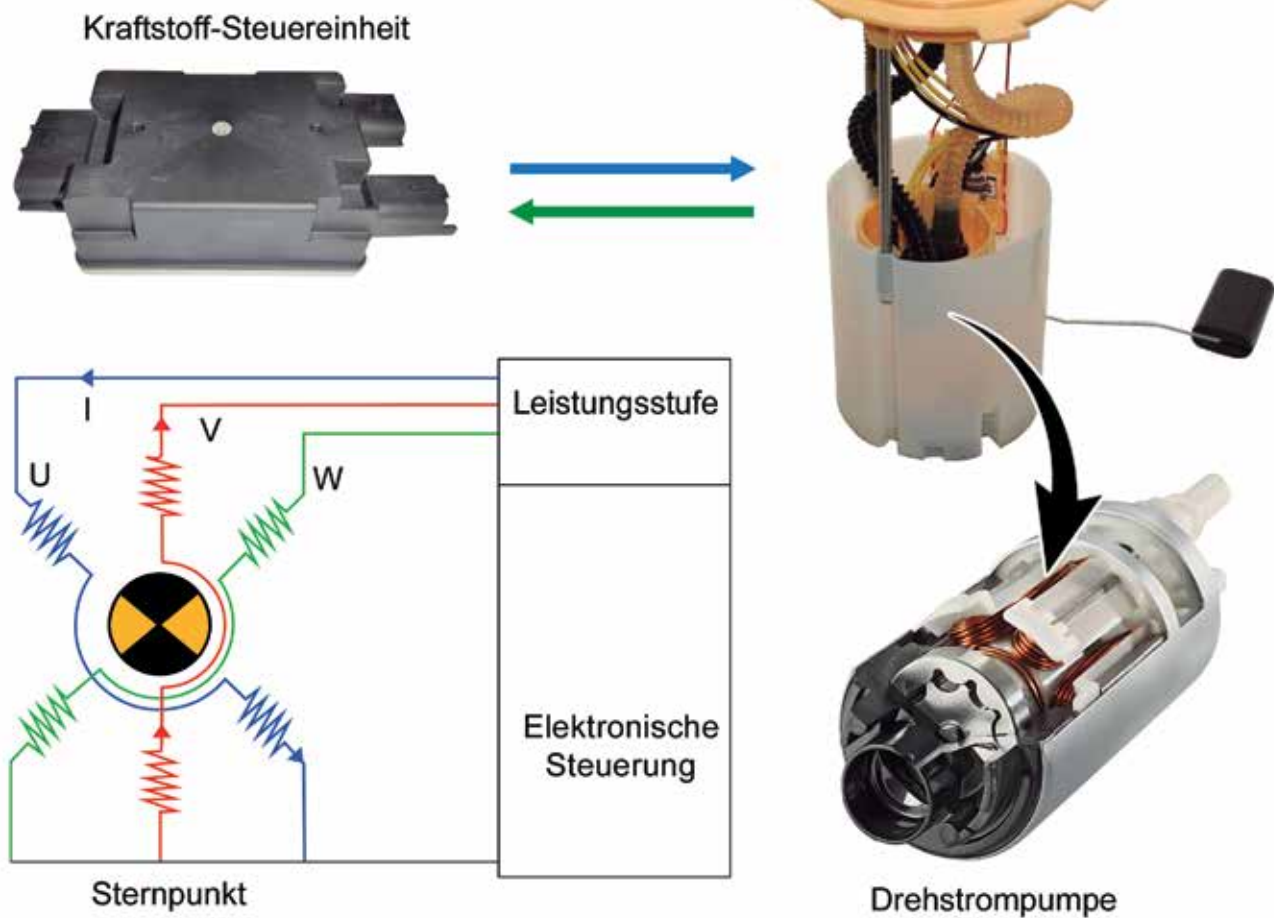
CH1 Freq: 2.00 kHz D.Cycle: 32% Nivel Trigger: 4.43 V  
 CH1 Min: -0.587 V Med: +3.131 V Max: +11.644 V  
 CH2 Min: +1.957 V Med: +2.098 V Max: +2.286 V  
 CH3 Min: +0.196 V Med: +0.294 V Max: +0.489 V  
 CH4 Min: +1.205 A Med: +1.785 A Max: +2.568 A

Steuersignal Schließen  
 Steuersignal Öffnen  
 Arbeitsintensität  
 Signal der Drosselklappenstellung

## Drehstrom-Kraftstoffpumpe

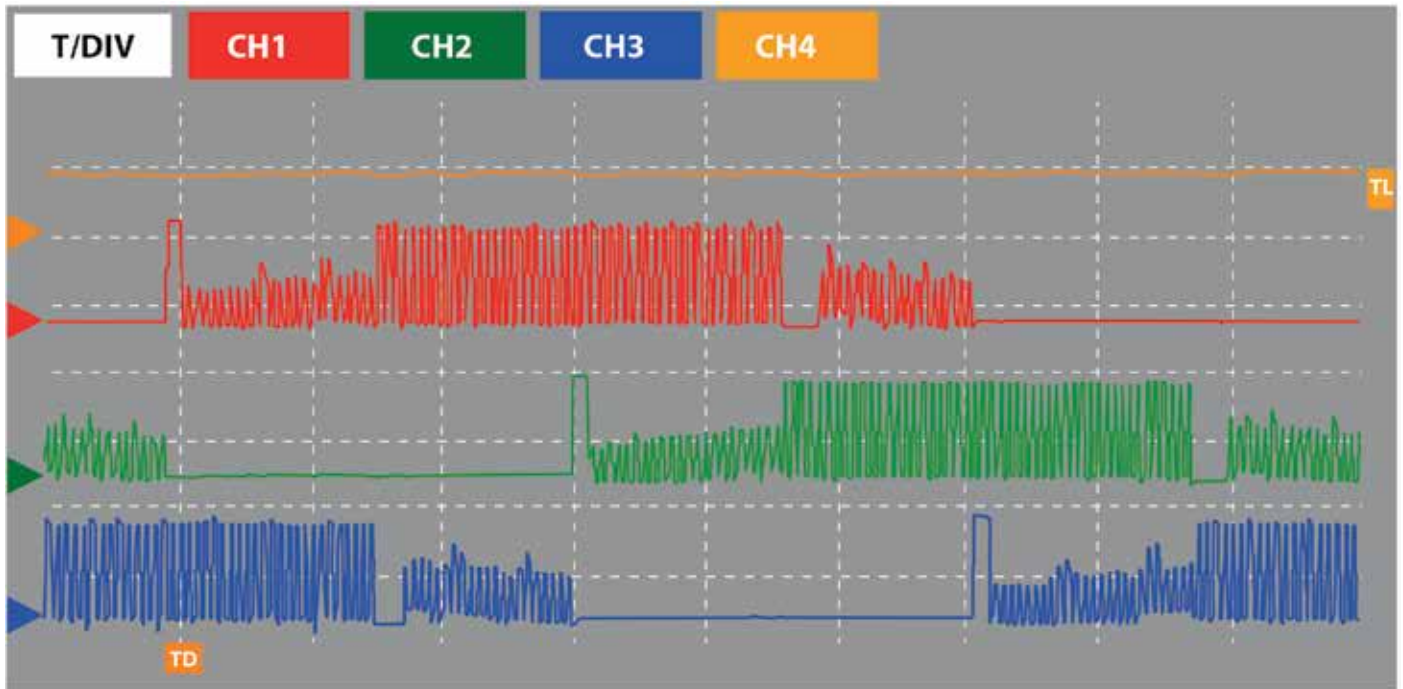
Sie fördert den aus dem Tank angesaugten Kraftstoff an die Hochdruckpumpe mit einem variablen Druck je nach Bedarf des Motors zwischen 4 und 7 bar. Es handelt sich um eine Elektro-Zahnradpumpe, die von einem bürstenlosen Drehstrommotor mit Permanentmagnet angetrieben wird.

Die Elektropumpe wird über eine spezielle Steuereinheit vom Motorsteuergerät gesteuert. Diese Steuereinheit empfängt vom Motorsteuergerät das Signal „Soll-Kraftstoffdruck“ und vergleicht es mit der vom Kraftstoff-Niederdrucksensor gemessenen Spannung, um die drei Motorphasen entsprechend zu aktivieren und den vorgegebenen Versorgungsdruck jederzeit mit dem geringstmöglichen Stromverbrauch zu erreichen.



Die Steuereinheit der Kraftstoffpumpe erkennt die Position des Magnetfeldes des Pumpenlaufrads und speist die Statorwicklungen sequentiell, um die richtige Drehrichtung und die gewünschte Drehzahl zu er-

reichen, indem sie die Frequenz und die an die Wicklungen angelegte Spannung variiert.



CH4 Frec: 4.00 MHz D.Cycle: 50% Nivel Trigger: 1.37 V  
 CH1 Min: -1.174 V Med: +3.523 V Max: +15.656 V  
 CH2 Min: -1.370 V Med: +2.838 V Max: +14.873 V  
 CH3 Min: -1.859 V Med: +2.446 V Max: +14.677 V  
 CH4 Min: +0.705 V Med: +1.753 V Max: +2.192 V

Sensorsignal Versorgungsdruck  
 Steuerung Wicklung A Kraftstoffpumpe  
 Steuerung Wicklung B Kraftstoffpumpe  
 Steuerung Wicklung C Kraftstoffpumpe

Das individuelle Signal jeder Wicklung wird durch einen magnetischen Aktivierungsimpuls und anschließenden progressiv ansteigenden und später abfallenden Spannungsregelungen moduliert.

Die Frequenz der Erregungszyklen ist variabel, um die Pumpendrehzahl zu ändern und so den Kraftstofffluss anzupassen, um den erforderlichen Kraftstoffdruck unabhängig von der eingespritzten Kraftstoffmenge aufrechtzuerhalten. Die Steuereinheit kontrolliert jede Wicklung unabhängig durch Modulation des Pluspols und die sequentielle Ansteuerung der Wicklungen durch den gemeinsamen Minuspol.

Diese elektronische Druckregelung ermöglicht den Verzicht auf mechanische Druckregler, wodurch eine erhebliche Energieeinsparung erzielt wird, da nur die für die Versorgung des Motors erforderliche Kraftstoffmenge mit Druck beaufschlagt wird.

## Kraftstoffmengen-Regelventil

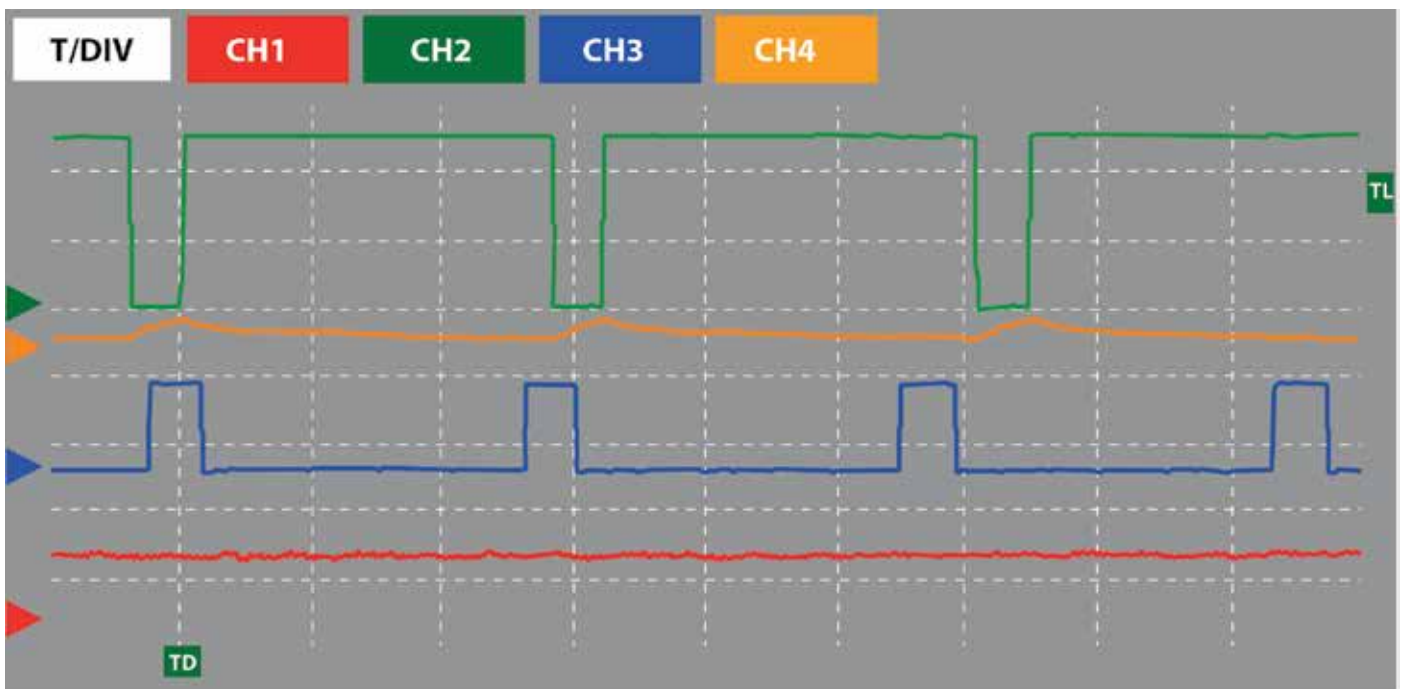
Er ist für die Regelung des Kraftstoffflusses zu den Pumpen entsprechend dem Signal des Motorsteuergeräts verantwortlich. Seine Aufgabe ist es, den Motor durch die vollständige Unterbrechung der Kraftstoffzufuhr zu stoppen, sowie den Raildruck zu regeln.





Es handelt sich um ein Magnetventil mit einem variablen Strömungsquerschnitt, der von der durch eine Kupferdrahtwicklung erzeugten Magnetfeldstärke abhängt. Im Ruhezustand ist es geöffnet und ermög-

licht vollen Kraftstofffluss zur Pumpe. Die Motorsteuerung reguliert die durch das Kraftstoffmengen-Regelventil fließende Stromstärke mittels eines PWM-Signals mit variabler Frequenz von 300 bis 600 Hz.



CH2 Freq: 311 Hz D.Cycle: 88% Nivel Trigger: 1.37 V  
 CH1 Min: +0.892 V Med: +1.018 V Max: +1.127 V  
 CH2 Min: -0.196 V Med: +11.448 V Max: +12.818 V  
 CH3 Min: -0.881 V Med: +1.076 V Max: +12.133 V  
 CH4 Min: +0.078 A Med: +0.172 A Max: +0.391 A

Steuerung Kraftstoffmengen-Regelventil  
 Steuerung Raildruckventil  
 Raildruck-Signal

Dieses Magnetventil wird positiv vom Einspritzsystem versorgt und negativ durch die von der Motorsteuerung regulierte Einheit in variablem Verhältnis und Frequenz. Die positive Signalspannung variiert entsprechend dem Wert der Generatorspannung. Mit zunehmendem Kraftstoffanteil erhöht sich der durch das Magnetventil fließende Strom und damit dessen Magnetfeld.

mengen-Regelventil wird nach dem Start bei Kraftstofftemperaturen unter 10 °C deaktiviert, um eine schnelle Erwärmung des Kraftstoffs zu erzwingen und seine Fließfähigkeit zu verbessern. Der Raildruck wird unter diesen Umständen durch den Hochdruckregler reguliert, indem ein großer Teil des unter Druck stehenden Kraftstoffs in den Rücklaufkreis umgeleitet wird.

Die Menge des unter Druck stehenden Kraftstoffs verringert sich durch den Anstieg der durchschnittlichen Stromstärke. Das Kraftstoff-

**Bei einem elektrischen Ausfall des Stromkreises oder Magnetventils wird der Kraftstoffdruck vollständig durch den Kraftstoffdruckregler mit bestimmten Betriebs- und Leistungseinschränkungen geregelt.**

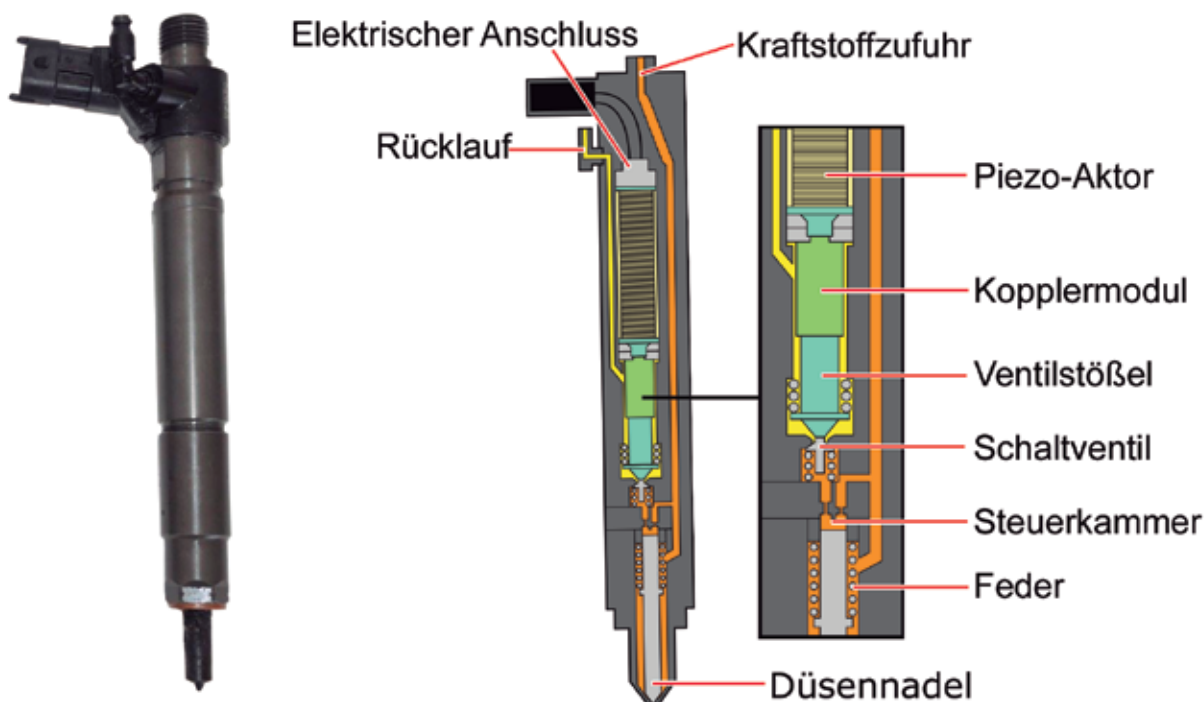
## Piezo-Injektor

Ein Injektor oder eine Einspritzdüse hat die Aufgabe, in jeder Phase des Einspritzzyklus die erforderliche Kraftstoffmenge in den Verbrennungsraum zu sprühen. Abhängig vom Betriebszustand und der Motorlast bestimmt das Motorsteuergerät die für jede Situation optimale Einspritzfolge, indem es die Anzahl der Einspritzungen und die Kraftstoffmenge für jeden Motorzylinder in jedem Arbeitszyklus bestimmt.

derung. Ihre hohe Arbeitsleistung macht sie ideal für moderne Diesel-Injektoren, die sich in einem Verbrennungszyklus mehrmals öffnen und schließen müssen.

Die Verwendung von piezoelektrischen Komponenten in den Einspritzdüsen erhöht gegenüber elektromagnetischen Systemen in erheblichem Maße die Ansprechgeschwindigkeit der Düsenadel. Die physikalische Reaktion bzw. Verformung der piezoelektrischen Materialien erfolgt sofort, aber auch minimal in Bezug auf die Maßän-

Der interne hydraulische Ablauf der Einspritzdüse ist dem des Magnetspulen-Injektors sehr ähnlich; der eigene Hydraulikdruck des Kraftstoffs wird zur Steuerung der Injektoröffnung eingesetzt. Während die Einspritzdüse im Ruhezustand ist verursacht der hohe Kraftstoffdruck in der Steuerkammer, zusammen mit der Düsenfeder eine Kraft, die größer ist als die durch den Kraftstoffdruck um die Düsenadel herum ausgeübte Gegenkraft, sodass die Einspritzdüse geschlossen bleibt.



Wenn das Steuergerät die Einspritzdüse mit Spannung versorgt dehnt sich der Piezo-Aktor aus und bewegt das Kopplermodul, den Ventilstößel und das Schaltventil. Diese Verschiebung bewirkt die Öffnung und somit den Kraftstofffluss zwischen der Steuerkammer und dem Rücklauf, woraufhin der darin vorhandene Druck abfällt, weil die austretende Kraftstoffmenge größer ist als die eintretende Kraftstoffmenge. Wenn der Druck in der Steuerkammer nachlässt, übersteigt die vom Kraftstoff auf die Düsenadel ausgeübte Kraft die der Schließfeder, sodass die Düsenadel angehoben wird und der Kraftstoff durch die Einspritzöffnung austreten kann.

Am Ende des Einspritzvorgangs fungiert das Steuergerät als Verbraucher, anstelle die Einspritzdüse mit Spannung zu versorgen, indem sie die Stromrichtung ändert. Diese Änderung bewirkt, dass der Piezo-Aktor sich entlädt (Wiederherstellung des internen elektrischen Gleichgewichts) und auf seine ursprüngliche Größe zusammenzieht. Sowohl das Kopplermodul als auch der Ventilstößel und das Schaltventil kehren durch Federwirkung in ihre ursprüngliche Position zurück und schließen den Kraftstoffrücklauf, was den Druck in der Steuerkammer erhöht. Der Druckanstieg in der Steuerkammer bewirkt zusammen mit der Federkraft, dass die Düsenadel sich nach unten bewegt, den Kraftstoffdurchfluss schließt und damit die Kraftstoffeinspritzung in den Zylinder unterbricht.



CH4 Freq:73.5 kHz D.Cycle: 49% Nivel Trigger: 1.92 A  
 CH1 Min: -5.284 V Med: -41.194 V Max: +50.000 V  
 CH2 Min: -5.088 V Med: -28.376 V Max: +50.000 V

CH4 Min: -8.016 A Med: -5.479 A Max: +7.984 A

Minuspol Injektor  
 Stromstärke Injektor  
 Pluspol Injektor

Die Aktivierung dieser Injektoren erfolgt durch Polarisierung des Piezo-Aktors in eine Richtung, um seine Ausdehnung zu erreichen und seine Entladung zu ermöglichen, um sich zusammenzuziehen, weshalb keine Polaritätsumkehr, sondern eine Änderung der Stromrichtung stattfindet. Die Erregung erfolgt in diesem Fall durch den Pluspol, weil

sie bis zur Entladung des Piezo-Aktors erhalten bleibt. Die korrekte Prüfung sollte auf die Änderung der Stromrichtung und nicht auf Spannungswerten basieren, da sie die Arbeit und Zustandsänderung des Piezo-Aktors angibt.

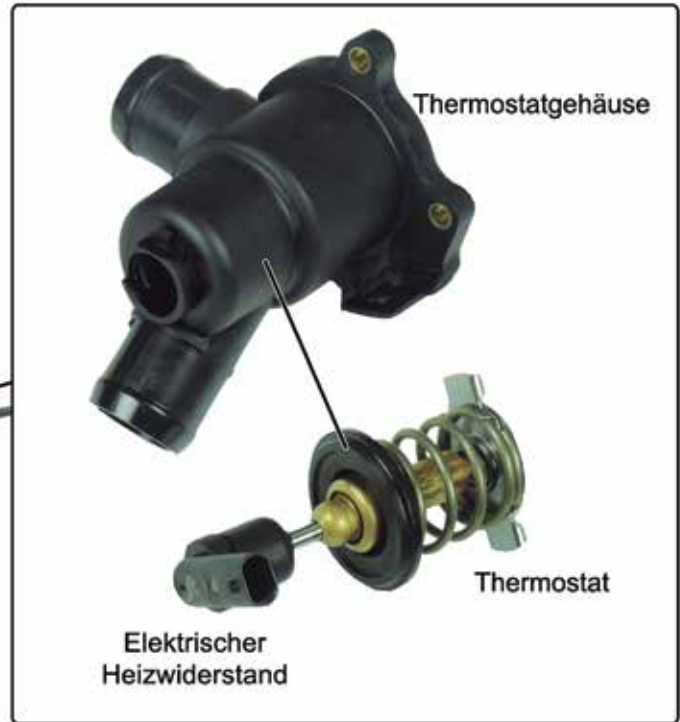
## Elektronisches Thermostat

Auch bekannt als **gesteuertes Thermostat**. Es befindet sich normalerweise im Thermostatgehäuse, entweder am Ausgang des Zylinderkopfes oder im untersten Motorbereich neben der Wasserpumpe.

In der Regel ist es doppelwirkend und mit einem elektrischen Heizelement ausgestattet, das sich in der Wachskapsel befindet. Durch die Aktivierung des Thermoelements wird die Temperatur der Kapsel über die der Kühlflüssigkeit angehoben, sodass sich das Thermostat bei niedrigeren Temperaturen öffnet, was seine vorbestimmte Funktion ist.



Wasserpumpe



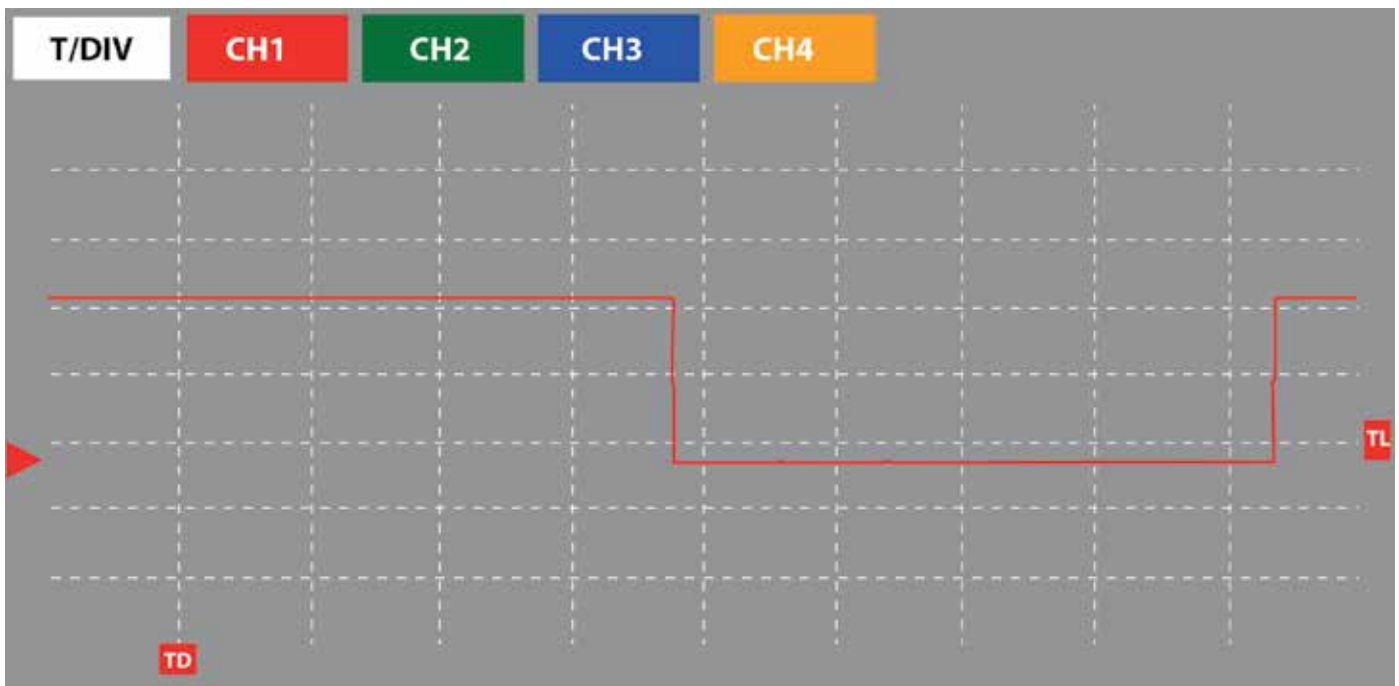
Thermostatgehäuse

Thermostat

Elektrischer Heizwiderstand

Dieser Thermostattyp wird verwendet, um den Kühlstrom in Abhängigkeit von der Motorlast und der Fahrzeuggeschwindigkeit im Voraus zu steuern, indem der Widerstand mit Spannung versorgt wird, um den Öffnungsquerschnitt in Erwartung eines erheblichen Anstiegs des Wärmestaus im Zylinderkopf und Motorblock zu ändern.

Die natürliche, etwas erhöhte Arbeitstemperatur, reduziert die Möglichkeit einer übermäßigen Kühlung bei geringer Motorlast.



CH1 Freq: --- Hz D.Cycle: --- % Nivel Trigger: 1.37 V  
CH1 Min: -0.098 Med: +6.751 V Max: +12.133 V

Negative Aktivierung des Thermostatwiderstandes

Das Motorsteuergerät aktiviert und regelt die Zwangsöffnung des Thermostats, um den Fluss des Kühlmittels zum Kühler zu regulieren. Das Heizelement des Thermostats wird plusseitig von der Einspritzanlage

versorgt und minusseitig von der Motorsteuerung. Das minusseitige Signal der Motorsteuerung kann je nach der Stromstärke für das Heizelement entweder kontinuierlich oder moduliert sein.

## TECHNISCHE HINWEISE

In diesem Abschnitt finden Sie Beispiele für die häufigsten Störungen, die bei einigen der genannten Sensoren und Aktuatoren auftreten können. Abhängig von den Herstellern und ihren verschiedenen Modellen kann die Anzahl der Ausfälle im Laufe der Jahre unterschiedlich ausfallen.

Diese Störungen sind eine Auswahl aus der Online-Plattform: [www.ein-avts.com](http://www.ein-avts.com). Diese Plattform verfügt über mehrere Abschnitte, in denen die Marke, das Modell, die Klasse, das betroffene System und Subsystem aufgeführt sind, und diese Angaben können unabhängig voneinander nach dem gewünschten Suchkriterium ausgewählt werden.

### VW

TOURAN (1T1, 1T2) 2.0 TDI (BMM), (1T1, 1T2) 2.0 TDI 16V (BKD), (1T1, 1T2) 2.0 TDI (BMN), VW PASSAT (3C2) 2.0 TDI (BMP), (3C2) 2.0 TDI 16V 4motion (BKP), (3C2) 2.0 TDI 4motion (BMP), (3C2) 2.0 TDI (BMR)	
Symptome	<p><b>Fehlercodes:</b></p> <p>17448 - P1040 - Versorgung Einspritzventil A. Elektrischer Fehler im Stromkreis.            17672 - P1264 - Ventil für Pumpe/Düse Zylinder 2 (N241), Regelgrenze überschritten.            17675 - P1267 - Ventil für Pumpe/Düse Zylinder 3 (N242), Regelgrenze überschritten.            17925 - P1517 - Hauptrelais (J271). Störung im elektrischen Schaltkreis.            18009 - P1601 - Relais für Spannungsversorgung Klemme 30 (J317). Unplausibles Signal.            18578 - P2146 - Versorgung Einspritzventil(e) A, Unterbrechung.</p> <p>Motor springt nach dem Anhalten auf der Straße nicht mehr an.            Fehlfunktion der Instrumententafel; es leuchtet keine Warnleuchte auf; sporadisch.</p>
Ursache	Piezo-Injektoren defekt. Diese Art von Steuerung ist mit Piezo-Injektoren ausgestattet. Bei Kurzschluss in einem von ihnen unterbricht das Motorsteuergerät aus Sicherheitsgründen die Ansteuerung der übrigen Injektoren. Dieser Kurzschluss entsteht, wenn der elektrische Teil des Injektors mit Masse verbunden wird.
Lösung	<p><b>Reparaturanleitung:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Führen Sie einen Injektortest durch, um herauszufinden, welcher Injektor defekt ist.</li> <li>• Entfernen Sie den Nockenwellendeckel.</li> <li>• Schalten Sie einen der Injektoren ab.</li> <li>• Versuchen Sie, den Motor mit drei Zylindern zu starten.</li> <li>• Ersetzen Sie den gerade abgeschalteten Injektor, wenn der Motor startet; ansonsten die übrigen Injektoren einzeln abschalten, bis der defekte gefunden ist.</li> </ul>

### TOYOTA

TOYOTA AVENSIS Sedan / Family estate car (_T27_)	
Symptome	<p>Fehlercode: C1336 - Nullpunktkalibrierung des G-Sensors nicht durchgeführt.            Kontrollleuchte für Handbremse leuchtet auf.            Warnmeldung in der Instrumententafel: ‚Feststellbremsanlage prüfen‘.</p>
Ursache	G-Sensor-Kalibrierung nicht durchgeführt.
Lösung	<p>Kalibrierung des G-Sensors (Drehratensensor, Seitenkraft, usw.) mit dem Diagnosegerät durchführen.</p> <p>ANMERKUNG: Nach der Nullpunktkalibrierung des Sensors kann es sein, dass das Problem damit nicht gelöst wird und die Aktuator-Baugruppe der Handbremse EPB ersetzt werden muss.</p>

## CITROËN

CITROËN C3 I (FC_, FN_) 1.4 16V HDi (8HY (DV4TED4))	
Symptome	<p>Im Motorsteuergerät registrierter Fehlercode (P1163 - Motorsteuerungsmodul. Injektorsteuerung). Der Motor setzt aus. Klappergeräusch bei kaltem Motor. Fehlende Motorleistung.</p> <p>ANMERKUNG: Der Fehlercode P1136 darf nicht zusammen mit anderen Fehlercodes auftreten. Der Fehlercode und die Symptome können nach einer Neuprogrammierung oder dem Austausch des Motorsteuergeräts auftreten.</p>
Ursache	Defekt bei der Kalibrierung der Injektoren.
Lösung	<p>Reparaturanleitung:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die im Motorsteuergerät registrierten Fehlercodes mit dem Diagnosegerät auslesen.</li> <li>• Überprüfen, ob der in den Symptomen dieses Newsletters erwähnte Fehlercode registriert wird.</li> <li>• Überprüfen, ob die im Feld Symptome dieses Newsletters erwähnten Fehlercodes auftreten.</li> <li>• Notieren Sie die Klassifizierungsnummer der 4 Injektoren (16-Zeichen-Code) und vergleichen Sie diese mit den im Diagnosegerät im Menü Injektorklassifizierung angezeigten Codes.</li> <li>• Verlassen Sie das Menü Injektorklassifizierung und schalten Sie das Diagnosegerät aus.</li> <li>• Entfernen Sie den Kontakt und warten Sie 1 Minute.</li> <li>• Kontakt herstellen und das Diagnosegerät anschließen.</li> <li>• Codieren Sie die 4 Injektoren im Menü Injektorklassifizierung des Diagnosegeräts neu und bestätigen Sie.</li> <li>• Verlassen Sie das Menü Injektorklassifizierung und schalten Sie das Diagnosegerät aus.</li> <li>• Entfernen Sie den Kontakt und warten Sie 1 Minute.</li> </ul> <p>Die Injektoren mit einer Probefahrt auf der Straße anlernen, indem Sie folgendes Verfahren durchführen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Führen Sie bei betriebswarmem oder über 70 °C heißem Motor mindestens 8 Beschleunigungsvorgänge alle 30 Sekunden im 5. Gang und bei einer Geschwindigkeit von 60 bis 90 km/h durch.</li> </ul>



# LIVE TALKS

## Technical, Practical and Short





**Live Talks**  
Technical, practical and short

[Discover](#)



**Technical e-courses**  
Enhance your competences

[Discover](#)



**Industry webinars**  
Directly from the car parts manufacturers

[Discover](#)

**LOGIN**

Username

Password

Remember username

[LOG IN](#)

[Lost password?](#)

**VISIT OUR EURE!CAR  
CAMPUS AND GET  
TRAINED ON THE LATEST  
TECHNOLOGIES**

**WWW.EURECAR.ORG**



**Technical Corner**  
Visit our knowledge database with a.o. wiring instructions, technical notes and service videos.

[Discover](#)



**EureTechFlash**  
Discover our technical bulletins - Technical data might be submitted regularly and occasionally.

[Discover](#)

**Available courses**

Technical, Practical and short - Live Talks

 <p><b>Diagnostic catalyseur/sonde lambda</b></p> <p><a href="#">Course</a></p>	 <p><b>Diagnostic du FAP</b></p> <p><a href="#">Course</a></p>	 <p><b>Systèmes de recirculation de gaz de dernière génération</b></p> <p><a href="#">Course</a></p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



**Eure!Car trainings**  
Are you a professional looking for fun and hands-on training? Take a look at our Eure!Car training offer!

[Discover](#)

Directly from the car parts manufacturers - Industry Webinars



**INFORMATION REQUEST**



## Automobiltechnik im Blickpunkt

Der Eure!TechFlash-Newsletter ergänzt das Lehrgangsprogramm Eure!Car von ADI und verfolgt ein klares Ziel:

Aktuelle Einblicke in technische Innovationen in der Automobilindustrie vermitteln.

Ziel von Eure!TechFlash ist es, neue Technologien mit technischer Hilfe seitens des AD Technical Centre in Spanien und der Unterstützung der führenden Teilehersteller zu entmystifizieren und sie transparent zu machen, um Kfz-Werkstätten zu motivieren, mit der Technik Schritt zu halten und kontinuierlich in technische Aus- und Weiterbildung zu investieren.

Eure!TechFlash wird 3 bis 4 Mal im Jahr erscheinen.

**Eure!Car**  
CERTIFIED MASTERCLASSES

Die technische Kompetenz eines Mechanikers ist unabdingbar und in Zukunft wahrscheinlich von entscheidender Bedeutung

(www.ad-europe.com). Das Eure!Car-Programm umfasst ein umfangreiches Angebot erstklassiger technischer Lehrgänge für Kfz-Werkstätten, die von den nationalen AD-Unternehmen und ihren jeweiligen Teilehändlern in 39 Ländern gehalten werden.

für den Fortbestand von Kfz-Werkstätten.

Eure!Car ist eine Initiative des Unternehmens Autodistribution International mit Hauptsitz in Kortenberg, Belgien

Auf [www.eurecar.org](http://www.eurecar.org) finden Sie weiterführende Informationen und können Sie sich unsere Lehrgänge anschauen.

### Industrieunternehmen die Eure!Car unterstützen

bilsteingroup®



**BOSCH**



## Gas Analysis in internal combustion engines



**Einschränkende Bemerkung:** Die Angaben in diesem Führer erheben keinerlei Anspruch auf Vollständigkeit und sind rein informativ. Der Autor übernimmt keine Haftung für diese Informationen.