

So sollte es sein....

Bei der Diagnose von Einspritzsystemen ist immer wieder festzustellen, dass die Fahrzeughersteller für viele Sensoren und Aktoren keine verwertbaren technischen Daten in den Werkstatthandbüchern angeben.

Häufig wird bei Sensoren auf eine Widerstandsmessung verwiesen, oder wenn Spannungsangaben gemacht werden meist nur eine statische Spannungsangabe gemacht. Eine richtige Funktionsprüfung ist mit diesen eingeschränkten Daten nicht oder nur sehr schwer möglich.

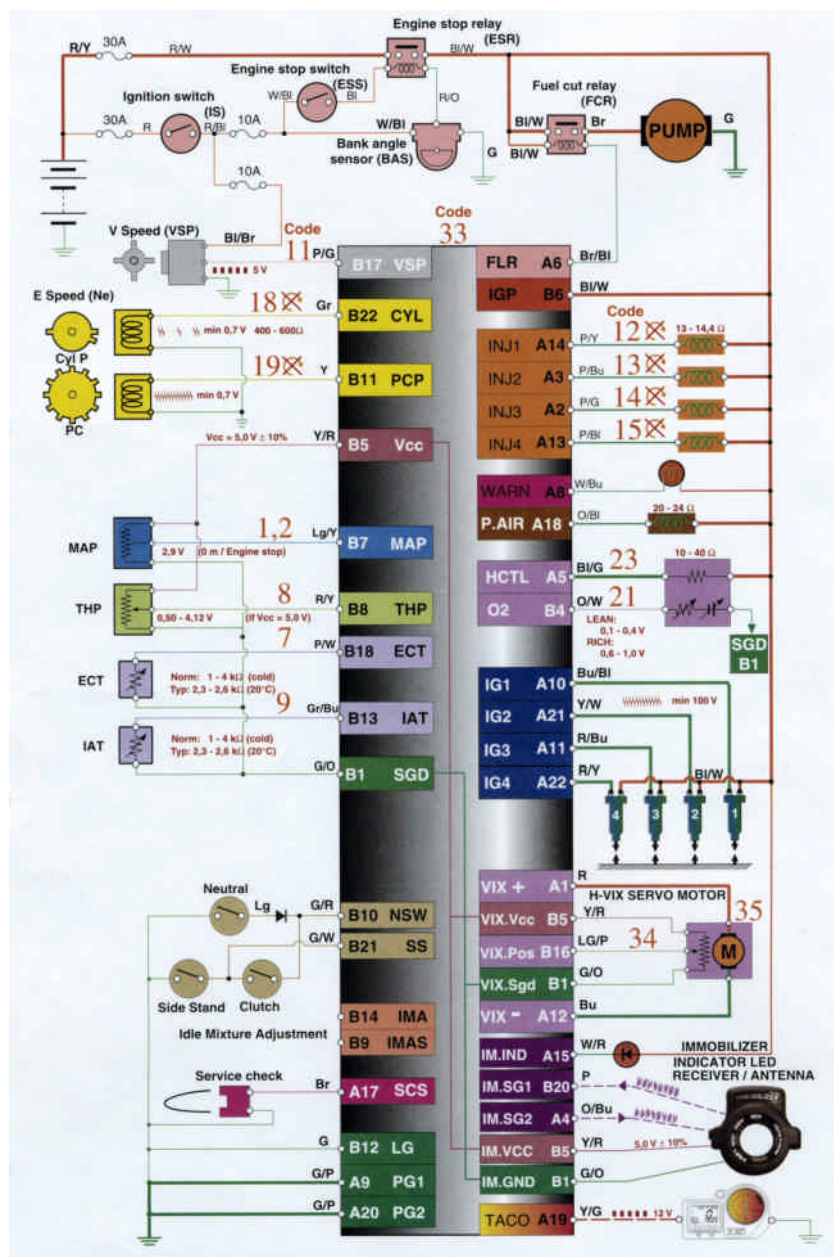
Die nachfolgenden Spannungsbilder der verschiedenen Signale sollten sie zukünftig in die Lage versetzen, eigene gemessene Spannungssignale besser einordnen und auswerten zu können.

Worauf es bei den einzelnen Signalen besonders ankommt, wird zu jeder Messung erläutert und eine Angabe zu den Messpunkten soll Ihnen helfen, während einer Diagnose das Signalbild sicher reproduzieren zu können.

Die Spannungsbilder wurden mit einem BOSCH Diagnosetester Typ FSA 560 ermittelt, lassen sich aber selbstverständlich mit jedem anderen Oszilloskop reproduzieren.

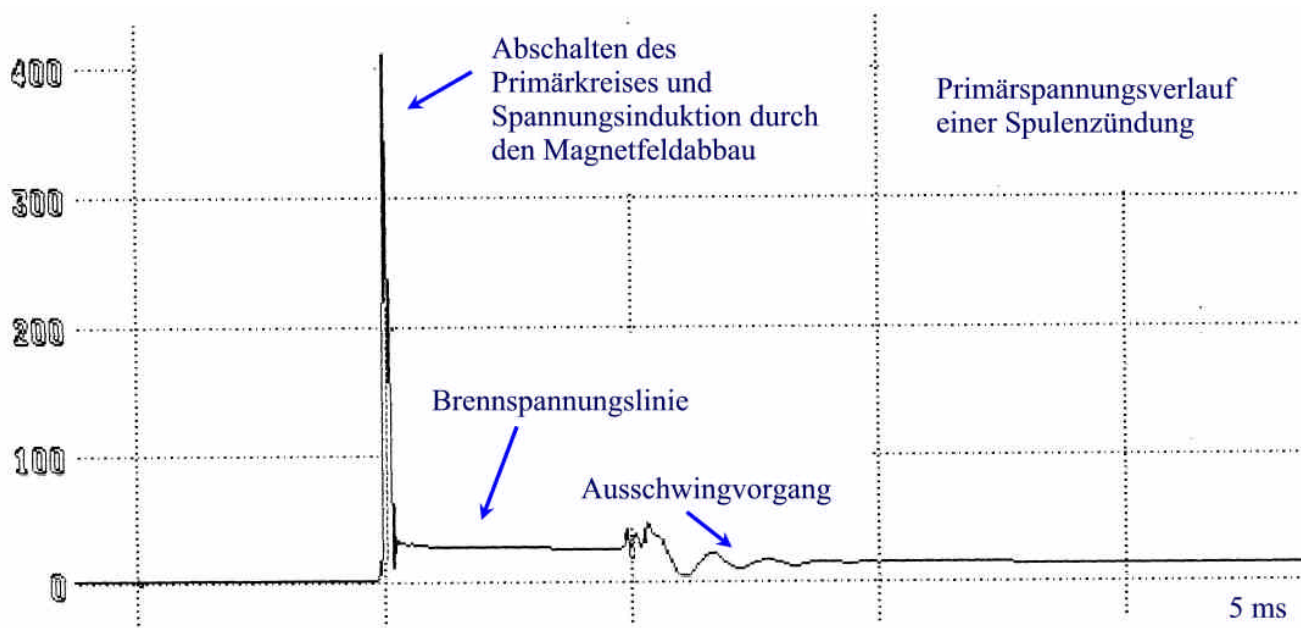
Gesamtsystem (Bild 001)

Einen Überblick über das vollständige Einspritzsystem eines modernen Fahrzeuges verschafft Bild 001.



Je nach Fahrzeugtyp und Fahrzeughersteller kommen selbstverständlich unterschiedliche Systeme, unterschiedliche Sensoren und Aktoren zum Einsatz. Die meisten Einspritzsysteme der derzeitigen Motorräder sind aber diesbezüglich sehr ähnlich aufgebaut. Die Funktionsweise der einzelnen Sensoren und Aktoren wurden zuletzt in der Ausgabe 12/05 von Bike und Business behandelt. Die dort gegebenen Informationen sind auch bei diesem Diagnose teil sehr hilfreich.

Primärspannungsbild (Bild 002)

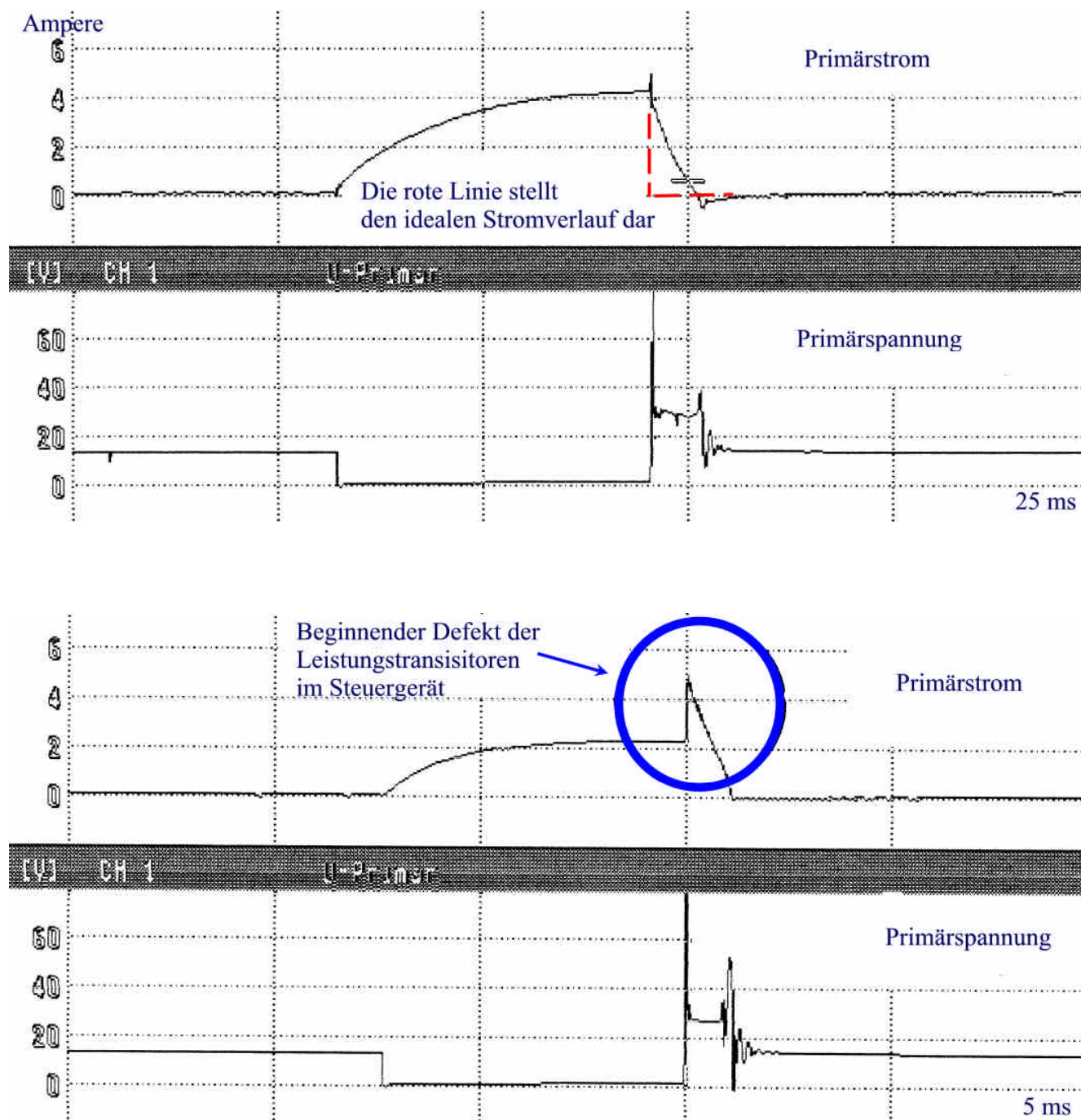


Das Primärspannungsbild (Bild 002) wird direkt an der Zündspule gemessen (rote Messleitung an Klemme 1, schwarze Messleitung an Klemme 15). Ein typisches Primärspannungsbild sollte zum Zündzeitpunkt einen fast senkrechten Anstieg der Primärspannung aufweisen. An Spannungshöhe sind dabei Werte von 100 – 400 V üblich. Beträgt die Primärspannung weniger als 100 V, liegt ein Fehler vor.

Die Primärspannung fällt danach steil ab und sollte einen waagrechten, gleichmäßigen Verlauf der Brennspannungslinie aufweisen. Die Funkenbrenndauer einer Spulenzündung liegt etwa bei 1 – 2 ms.

Gegen Ende der Brennspannung findet ein kurzer Ausschwingvorgang statt, der im Gegensatz zu einer kontaktgesteuerten Spulenzündung bei den heute üblichen digitalen Transistorzündungen nur im positiven Spannungsbereich bleibt.

Primärspannung und Primärstrom (Bild 003 und 004)



Deutlich mehr an Informationen erhält man, wenn Primärstrom und Primärspannung auf 2 Kanälen des Oszilloskops gleichzeitig dargestellt werden können.

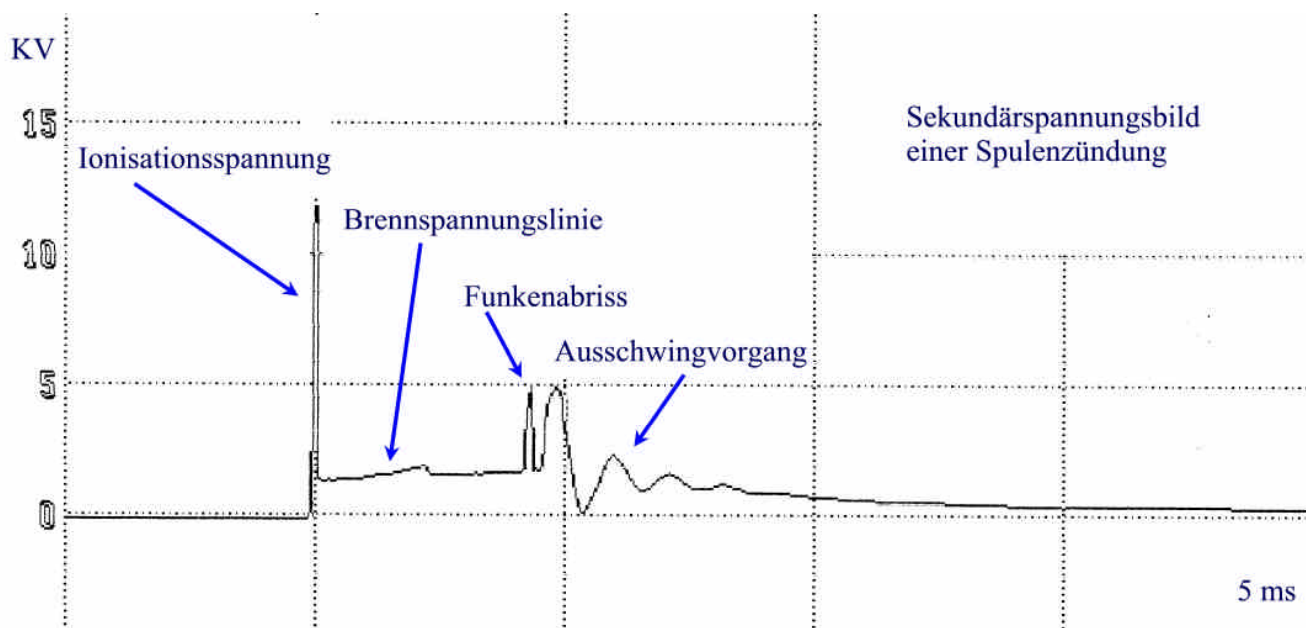
In Bild 003 ist ein fast intaktes System dargestellt.

Etwa nach 1,5 ms wird vom Steuergerät der Primärstromkreis geschlossen und bedingt durch die Induktivität der Spule beginnt der Primärstrom zu fließen. Nach einer Einschaltdauer von ca. 1,5 ms ist der Zündzeitpunkt erreicht und der Leistungstransistor unterbricht den Primärstromkreis. Bei einem absolut sauberen Schaltverhalten sollte jetzt der Primärstrom senkrecht nach unten abfallen (rote gestrichelte Linie).

Auf der Spannungsseite erfolgt dann das bereits erläuterte Primärsignal.

In Bild 004 ist ein schadhafes System dargestellt. Zum Zündzeitpunkt ist im Stromverlauf ein deutlicher Zacken nach oben feststellbar. Auch erfolgt der Stromabfall vergleichsweise langsam. Hier liegt ein beginnender Defekt im Steuergerät vor, der Leistungstransistor wird nicht mehr schnell genug ausgeschaltet. Da das System über ausreichende Zündspannungsreserven verfügt, macht sich dieser Fehler momentan noch nicht bemerkbar.

Sekundärspannung (Bild 005)



Das Sekundärspannungsbild sollte normalerweise optisch mit dem Primärspannungsbild übereinstimmen. Typisch ist auch hier ein steiler Spannungsanstieg auf Werte von etwa 8 – 20 KV und eine Brennspannungsdauer von etwa 1 – 2 ms.

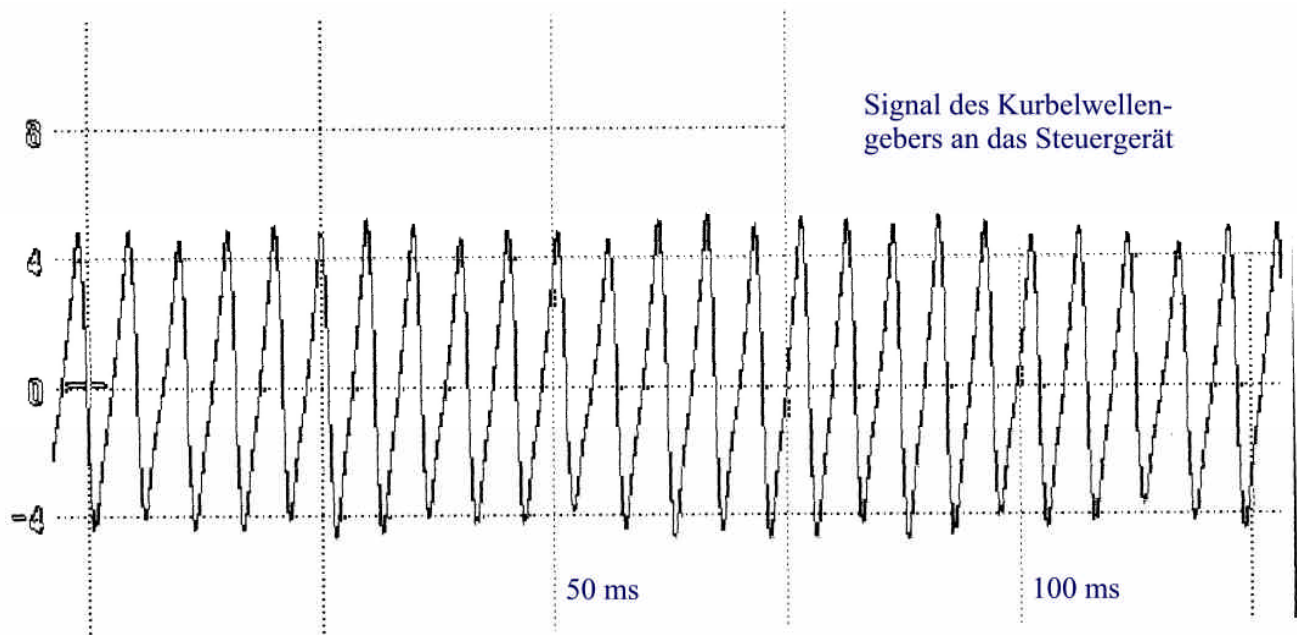
Die Brennspannungslinie sollte ohne Störungen möglichst waagrecht verlaufen und in einen Ausschwingvorgang münden.

Im Bild ist kurz vor Beginn des Ausschwingvorgangs eine Spannungsspitze nach oben zu erkennen. Dieser Spannungsanstieg steht für einen Funkenabriss. Hier wurde z.B. durch eine turbulente Gastströmung im Bereich der Zündkerze der Funke „ausgeblasen“. Da noch genügend Energie in der Sekundärwicklung gespeichert ist, kann der Funke nochmals aufgebaut werden, bevor die Ausschwingkurve folgt.

Würde die Brennspannungslinie nicht waagrecht verlaufen sondern z.B. nach oben ansteigend, dann wäre die Zündkerze zu prüfen (verrußte bzw. abgebrannte Elektroden).

Die Sekundärspannung sollte bei einem Mehrzylindermotorrad in allen Zylindern etwa die gleiche Höhe aufweisen. Unterschiedliche Zündspannungen wären z.B. in unterschiedlicher Kompression oder Gemischbildung zu suchen.

Induktivgeberspannung Kurbelwelle (Bild 006)



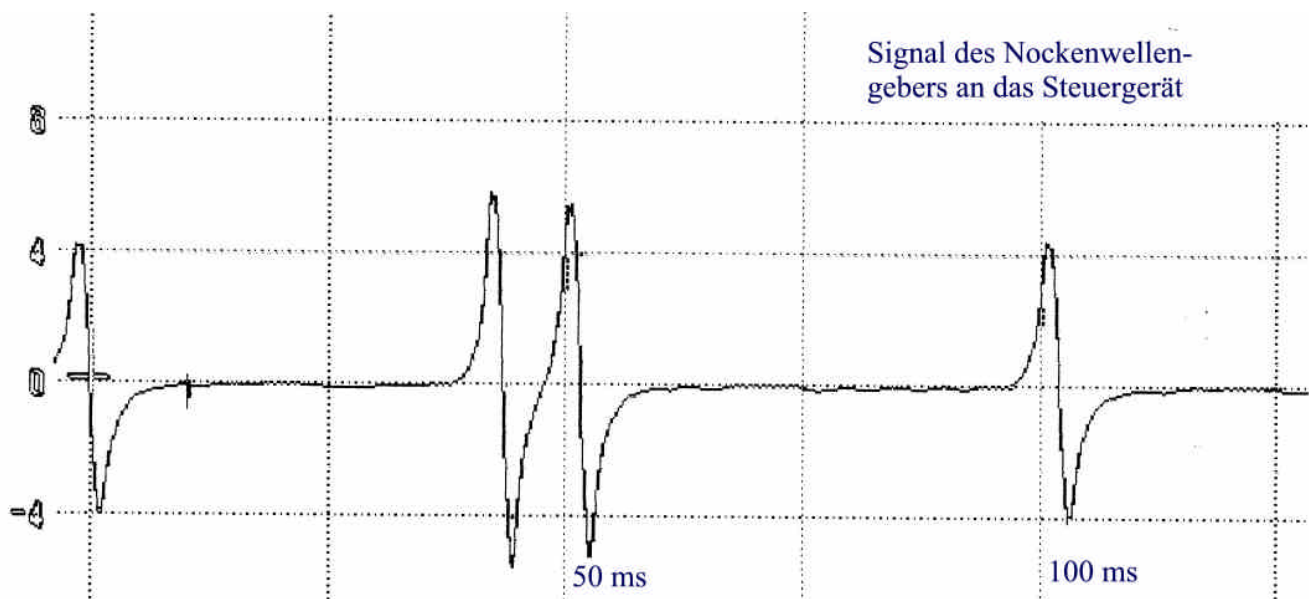
Zur Ermittlung der Motordrehzahl kommen bei den meisten Fahrzeugen Induktivgeber zum Einsatz. Diese Induktivgeber erzeugen ein Wechselspannungssignal, das zwischen Spuleneingang und Spulenausgang gemessen werden kann. Die Messung mit einem normalen Multimeter ergibt zwar einen Spannungswert, wegen der langsamen Messcharakteristik des Multimeters, allerdings mit einem deutlich niedrigeren Spannungssignal.

Mit dem Oszilloskop gemessen werden bei Starterdrehzahl etwa 2 – 4 V, bei Leerlaufdrehzahl etwa 4 – 8 V und bei höheren Drehzahlen bis zu 40 V gemessen.

Wichtig in diesem Signalbild ist ein störungsfreies Signal. Auch einzelne Signale müssen vollständig und in etwa in der gleichen Höhe vorhanden sein.

Die im Bild vorhandenen Spannungsunterschiede von etwa 4 V bei der 50 ms Marke und etwa 5 V bei der 75 ms Marke sind auf die unterschiedlichen Drehzahlen zurückzuführen.

Nockenwellengeber (Bild 007)

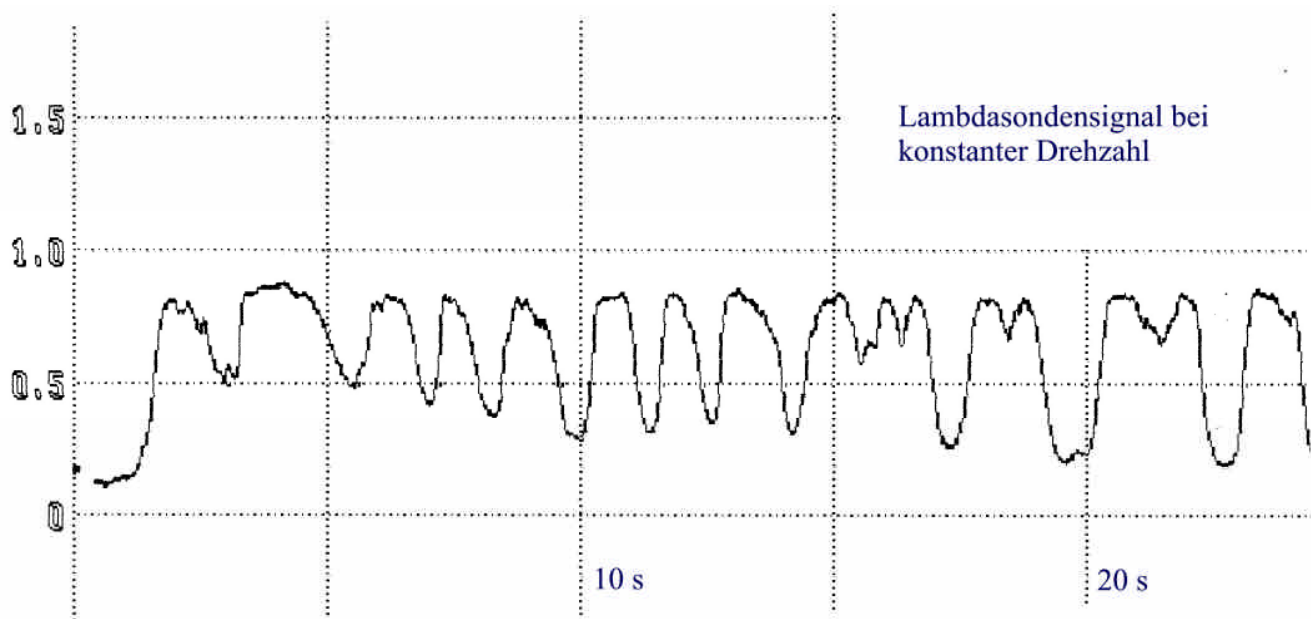


Auch der Nockenwellensensor funktioniert bei den meisten Fahrzeugen als Induktivgeber und ist in seiner Funktion direkt mit dem Kurbelwellengeber vergleichbar. Auch hier wurde das Signal zwischen Eingang und Ausgang der Spule gemessen.

Bei dem gemessenen Fahrzeug wurden vom Geberrad in einer Umdrehung der Nockenwelle 2 verschiedene Signale erzeugt. Einmal durch einen Zahn auf der Nockenwelle ein Wechselspannungssignal und zum zweiten durch 2 aufeinander folgende Zähne ein doppeltes Wechselspannungssignal. Durch die beiden unterschiedlichen Signale kann das Steuergerät eine Zuordnung zu OT und zur Zylinderselektiven Einspritzung vornehmen.

Das bereits beim Induktivgeber der Kurbelwelle gesagte (Spannungshöhe und Verlauf) ist auch beim Nockenwellensensor zutreffend.

Lambdasonde (Bild 008)



Das Lambdasondensignal wurde zwischen Signalleitung und Masse gemessen und kann prinzipiell auch mit einem Multimeter, vorzugsweise einem analogen Zeigermessgerät gemessen werden.

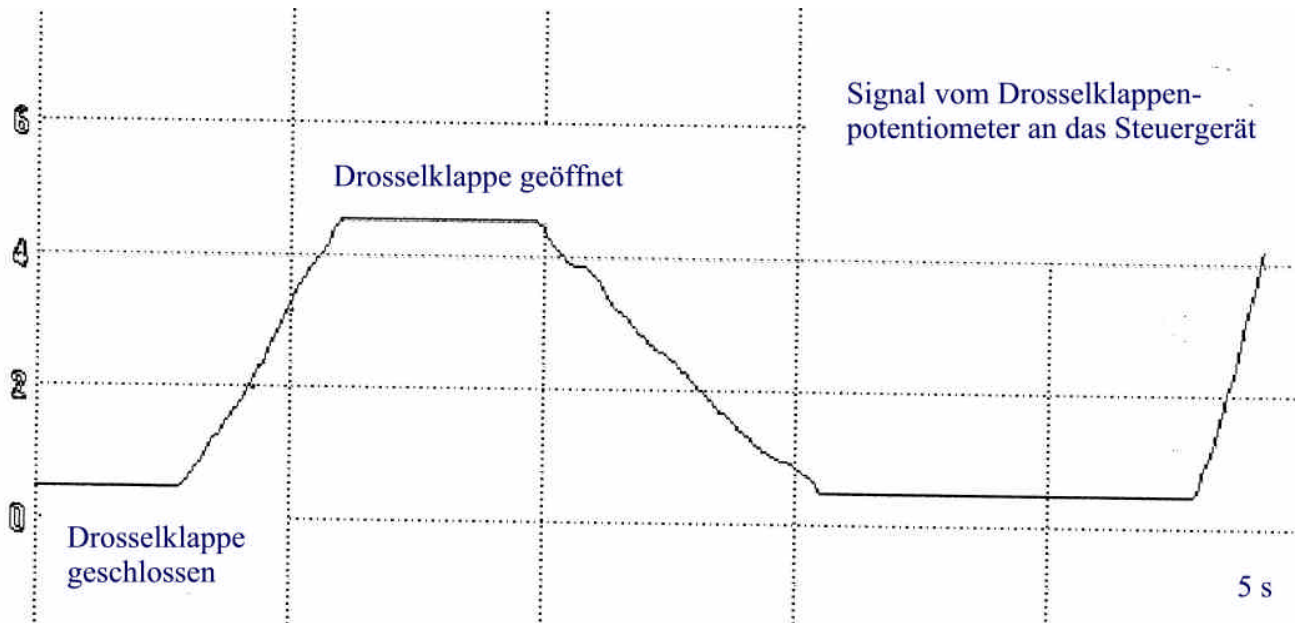
Es sind die Fahrzeugspezifischen Vorgaben hinsichtlich Betriebstemperatur und Drehzahl bei der Überprüfung zu beachten. Häufig erfolgt bei kaltem Motor, ab einer bestimmten Drehzahl oder sonstigen Betriebsbedingungen keine Regelung.

Grundsätzlich liefert die Sonde ein Spannungssignal zwischen 0,1 – 0,4 und 0,6 - 0,9 V (je nach Gemischzusammensetzung mager bzw. fett).

Neben den reinen Spannungswerten ist allerdings auch noch von Bedeutung, dass die Zeit für einen Regelzyklus (Fett zu mager und umgekehrt) nicht länger als 1 Sekunde dauern darf.

Bei einigen Fahrzeugen, lohnt auch bei einer Kundenreklamation hinsichtlich „Konstantfahrruckeln“ die Überprüfung der Regelfrequenz mit der Frequenz des Konstantfahrruckelns.

Drosselklappenpotentiometer (Bild 009)

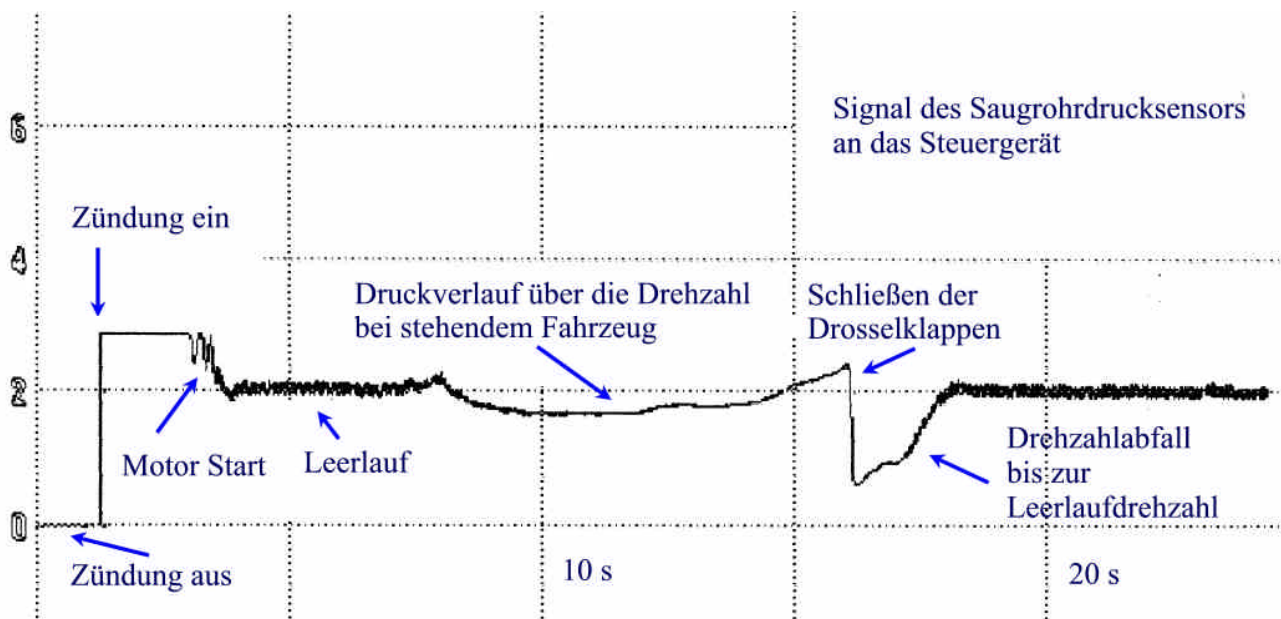


Das Drosselklappenpotentiometer besitzt 3 Anschlüsse (Spannungsversorgung Sensor, meist 5 V; Signalspannung, meist 0,5 – 4,5V und die Sensormasse).

Die Messungen wurden hier zwischen der Signalleitung und der Sensormasse vorgenommen und können ebenfalls mit einem Multimeter vorgenommen werden. Ein analoges Zeigergerät ist auch hier einem modernen Digitalmultimeter vorzuziehen.

Bei geschlossener Drosselklappe sollte der Spannungswert etwa bei 0,5 V liegen und sich dann gleichmäßig und ohne Unterbrechungen auf etwa 4,5 V steigern lassen (Drosselklappe vollständig geöffnet).

Saugrohrdrucksensor (Bild 010)



Der Saugrohrdrucksensor ist bei vielen Fahrzeugen bis etwa 30 % Drosselklappenwinkel zusammen mit der Drehzahl hauptverantwortlich für die Gemischzusammensetzung. Auch der Drucksensor verfügt über 3 Anschlüsse (Spannungsvorsorgung, Signalleitung und Masse) Das hier dargestellte Spannungsbild wurde zwischen Signalleitung und Sensormasse gemessen und kann auch wieder prinzipiell mit einem Multimeter, vorzugsweise mit einem analogen Multimeter gemessen werden.

Im Bild lässt sich gut erkennen, dass mit eingeschalteter Zündung ein Spannungswert von konstant etwa 3 V an das Steuergerät übermittelt wird. Der Spannungswert sinkt dann bei Start des Motors langsam auf einen Wert von etwa 2 V ab. Die einzelnen Ansaugtaktte lassen sich bereits im Spannungsverlauf erkennen.

Wenn die Drosselklappen geöffnet werden und der Motor die Drehzahl steigert, reduziert sich auch der Druck im Ansaugrohr und die Spannung fällt weiter ab.

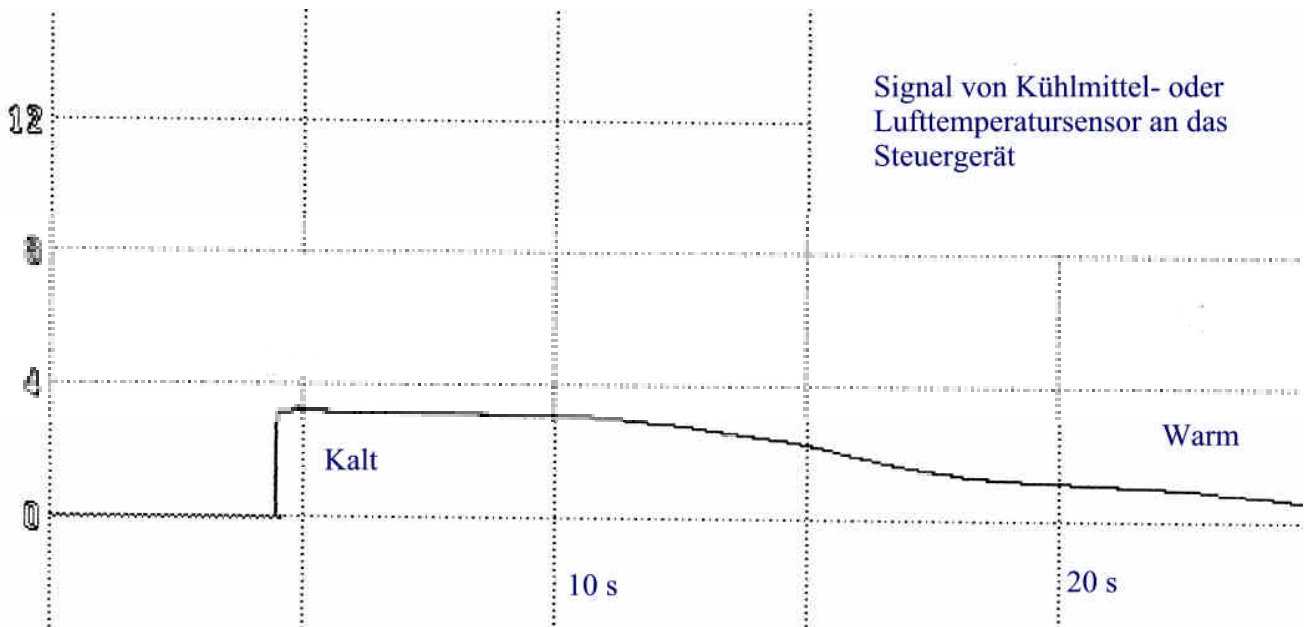
Nach etwa 15 Sekunden erreicht der Motor seine maximale Drehzahl. Am Spannungsverlauf ist gut zu erkennen, dass hier die Steuerzeiten und die Saugrohrängen in den Grenzbereich kommen und eine vollständige Füllung des Zylinders nicht mehr möglich ist.

Beim anschließenden schnellen Schließen der Drosselklappe, kommt es zu einer starken Motorbremswirkung mit einer deutlich absinkenden Spannung am Sensor aufgrund des großen Druckabfalls.

Sobald der Motor wieder seine Leerlaufdrehzahl erreicht hat, stabilisiert sich der Spannungswert wieder auf dem gewohnt Wert.

Dieser Spannungsverlauf und damit auch die Funktion des Sensors, lässt sich auch bei stehendem Motor, mittels einer Unterdruckhandpumpe simulieren.

Temperatursensor Luft und Kühlmittel (Bild 011)



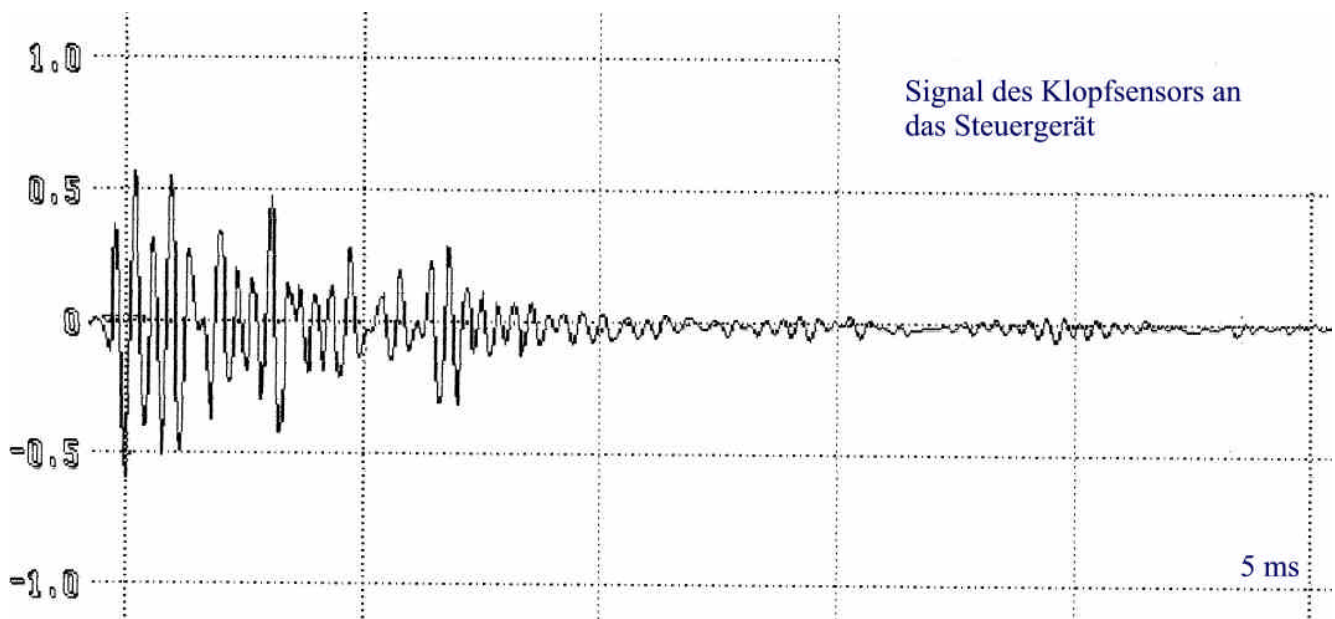
Temperatursensoren bestehen aus einem NTC der mit zunehmender Temperatur seinen Widerstand verringert und ausgehend von einer Versorgungsspannung mit zunehmender Temperatur eine immer niedriger werdende Spannungsinformation an das Steuergerät übermittelt.

Der abgebildete Spannungsverlauf wurde zwischen Eingang und Ausgang Sensor ermittelt und kann ebenfalls mit einem analogen Multimeter ermittelt werden.

Der Spannungswert von etwa 4 V entspricht hier ungefähr einer Außentemperatur von 0 Grad C und sinkt bis etwa 1 V bei 120 Grad C ab.

Fehlerhafte Sensorsignale sind häufig für Kaltstartprobleme verantwortlich.

Klopfsensor (Bild 012)

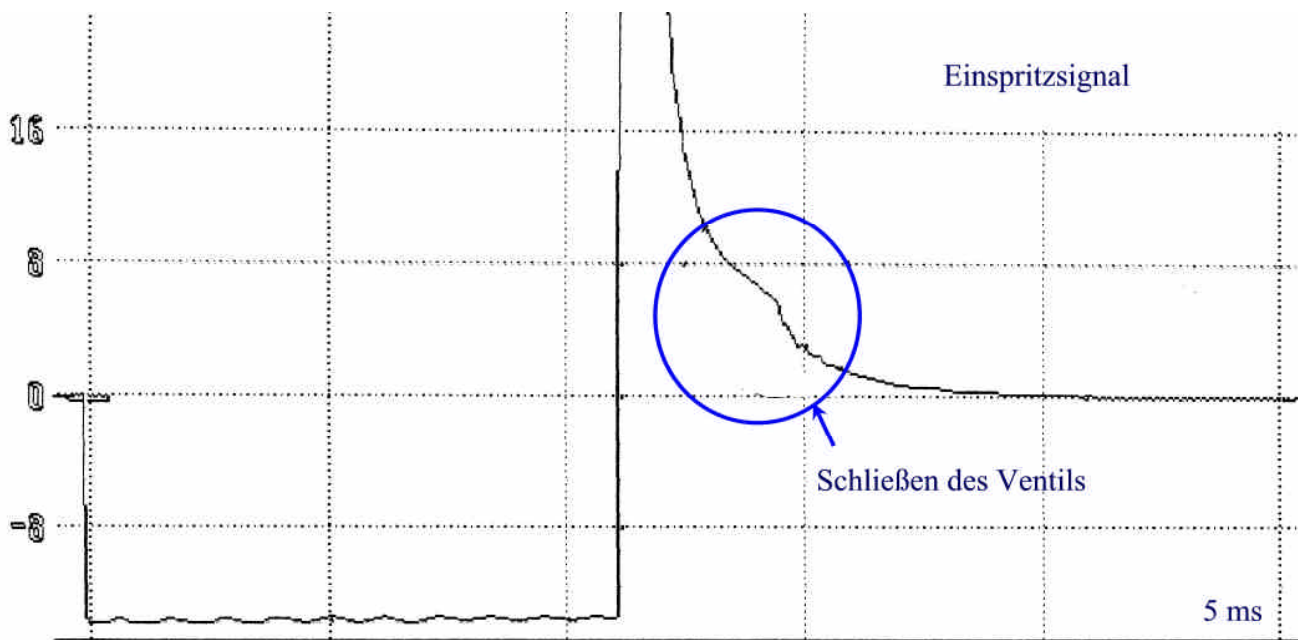


Zur Erkennung einer klopfenden Verbrennung werden zunehmend Klopfensoren in den Fahrzeugen verbaut. Die Klopfensoren können wegen der kurzfristigen Signale nur mit einem Oszilloskop zuverlässig gemessen werden.

Das Signal kann auch bei stehendem Motor durch eine äußere Anregung (z.B. Schlag mit einem Kunststoffhammer auf das Kurbelgehäuse) erzeugt werden.

Die Spannungshöhe ist von der Stärke der Schwingung abhängig, eine schwache Anregung ergibt eine niedrige Signalspannung, eine starke Anregung eine hohe Signalspannung.

Einspritzsignal (Bild 013)



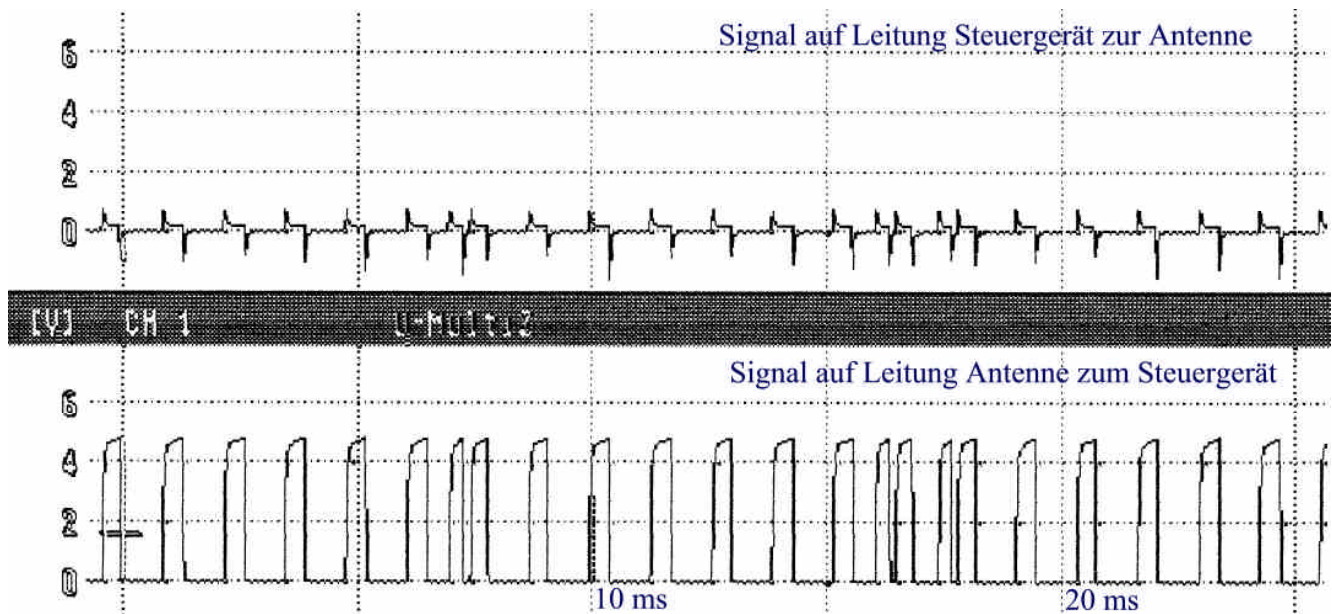
Das Einspritzsignal weist ebenfalls einen typischen Verlauf auf und wird zwischen Ausgang und Eingang des Ventils gemessen. Wegen des kurzfristigen Signals, muss auch hier ein Oszilloskop verwendet werden.

Zu Beginn des Einspritzzeitpunktes fällt die Spannung auf den Wert von etwa -12 V ab und sollte dann ohne Änderungen für die Dauer des Einspritzzeitraumes auf diesem Wert verbleiben. Am Ende der Einspritzdauer wird durch die Stromkreisunterbrechung eine Spannungsspitze induziert die Werte bis zu $+100\text{ V}$ erreichen kann (im Bild außerhalb des Messbereiches) und soll dann wieder auf den Ausgangswert von 0 V abfallen.

Im Kreis ist eine kleine Veränderung im Spannungsverlauf erkennbar. Diese kleine Erhebung wird durch das mechanische Aufsetzen der Düsennadel im Einspritzventil erreicht. Allerdings lassen sich diese Erhebungen nur dann messtechnisch feststellen, wenn die Düsennadel eine ausreichende Masse aufweist. Bei Einspritzventilen die eine extrem leichte Düsennadel besitzen (für höchste Drehzahlen geeignet) fehlt die Erhebung meist.

Bei mehreren Zylindern muss natürlich ebenfalls verglichen werden, ob die Einspritzdauer unter ansonsten identischen Bedingungen gleich lange dauert.

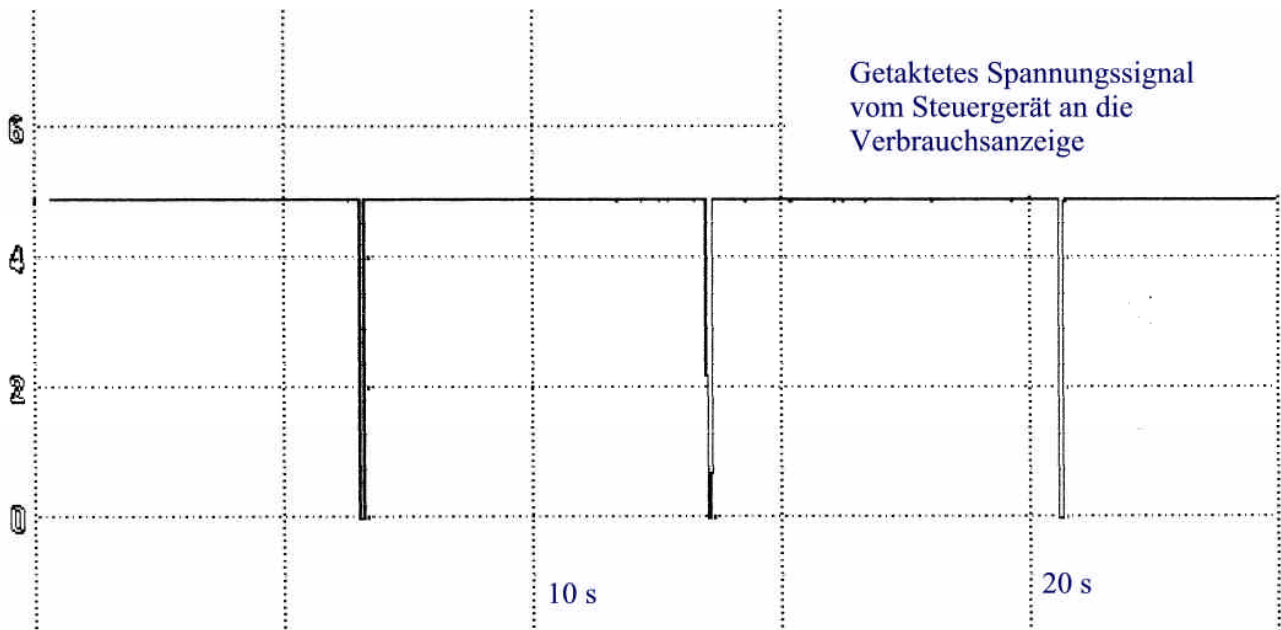
Wegfahrsperre (Bild 014)



In immer mehr Fahrzeugen werden elektronische Wegfahrsperren verbaut. Nur wenn der Transponder im Zündschlüssel mit einem im Steuergerät gespeicherten Wert übereinstimmt, wird das System von der Elektronik freigeschaltet.

Hier kann mittels Oszilloskop das digitale Signal (hier Transponder an das Steuergerät) zwar sichtbar gemacht werden (2 Signalgruppen bei etwa 7,5 und 17,5 ms) jedoch in der Bedeutung nicht interpretiert werden.

Verbrauchsinformation (Bild 015)

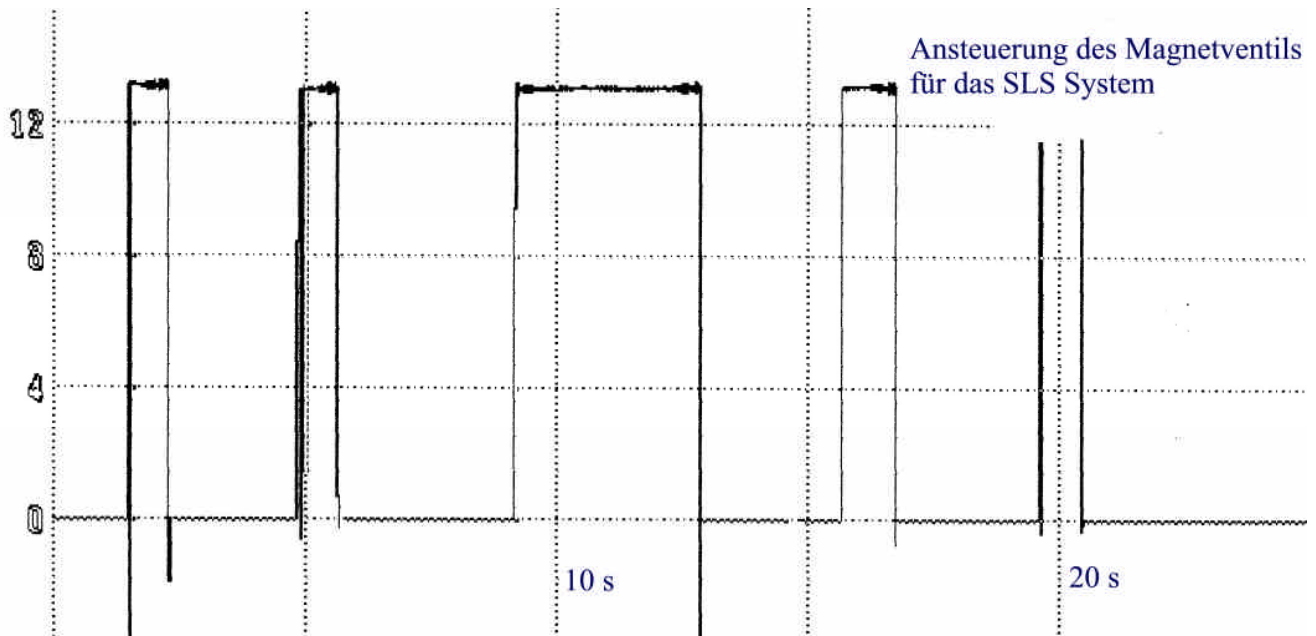


In einigen Fahrzeugen wird der Fahrer über einen Bordcomputer über den aktuellen Verbrauch durch ein LCD Display in der Instrumenteneinheit informiert.

Damit das Display über einen eigenen μ -Prozessor den richtigen Verbrauch in l/km anzeigen kann, übermittelt das Steuergerät ein getaktetes Spannungssignal an das Display. Je nach Häufigkeit und Dauer des Einspritzvorganges erfolgt dabei eine häufigere bzw. schnellere Taktung (5 V \rightarrow 0 V \rightarrow 5 V).

Das Signal wurde zwischen Signalleitung und Masse gemessen und lässt sich wegen der kurzen Zeitdauer der Taktung nur über das Oszilloskop aussagefähig messen.

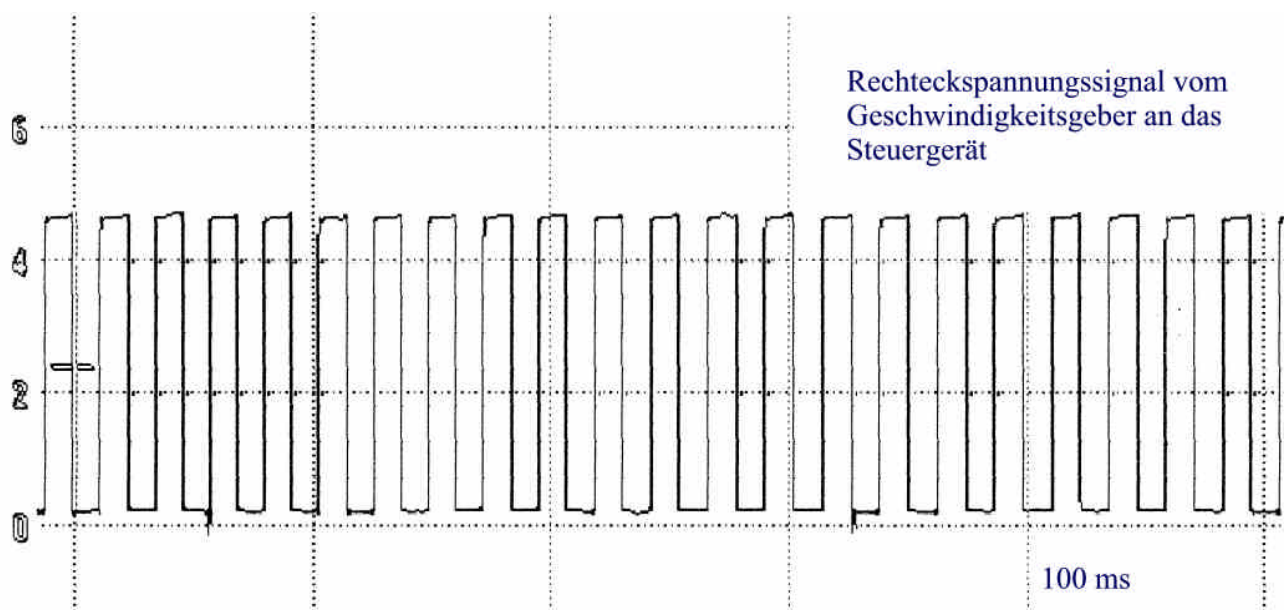
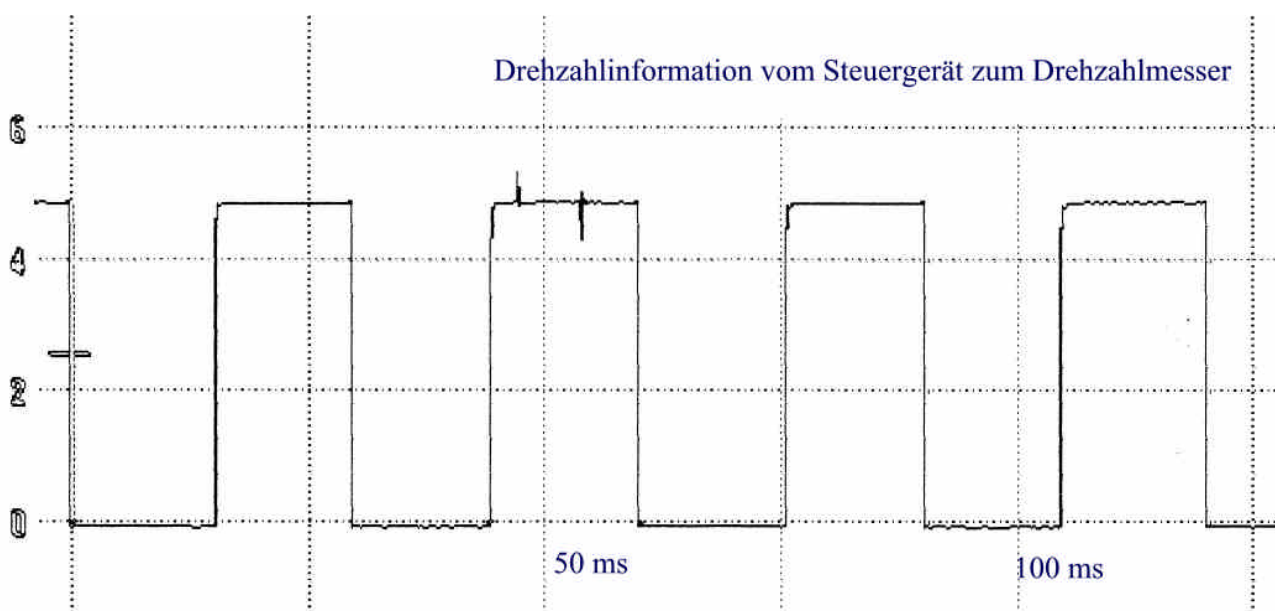
Ansteuerung von Magnetventilen (SLS-System, Unterdruckdosen Bild 016)



Vom Steuergerät werden häufig weitere Aktoren angesteuert. Neben einem Lüftermotor sind dies häufig Magnetventile die eine Unterdruckdose mit dem Saugrohrdruck verbinden. Mittels der Unterdruckdose werden dann häufig Klappensystem in der Airbox oder das Sekundärluftsystem (Abgasreinigung) gesteuert.

Da hier meist nur eine Spannungsversorgung geschaltet wird, lässt sich dieses Signal (Spannungsversorgung gegen Masse) auch zuverlässig mit einem Multimeter prüfen.

Hallgebersignale (Bild 017 und 018)



Hallgebersignale lassen sich problemlos auch mit dem Multimeter zwischen Signalleitung und Sensormasse messen, da die Signale als Rechteckspannung (meist zwischen 0 und 5 V wechselnd) an das Steuergerät übermittelt werden.

Bei der Messung mit dem Oszilloskop muss darüber hinaus auf den Signalverlauf geachtet werden. Die Spannungsänderung sollte möglichst in der Zeitdauer 0s von einem zum anderen Spannungswert wechseln.

Merke:

- **Bei Messungen an der elektrischen Anlage sind die jeweiligen Sicherheitsbestimmungen zu beachten um Kurzschlüsse und Beschädigungen an den Komponenten zu vermeiden.**
- **Messungen an der Zündanlage dürfen nur mit entsprechend geeigneten Messgeräten vorgenommen werden.**
- **Für die Messung der Hochspannung sind ausschließlich induktiv bzw. kapazitiv messende Messgeräte und Messzangen zulässig, da hier Lebensgefahr besteht.**
- **Vor den Messungen sind die jeweiligen fahrzeugspezifischen Messpunkte festzulegen.**
- **Die Messwerte sollen in einem Messprotokoll dokumentiert werden.**