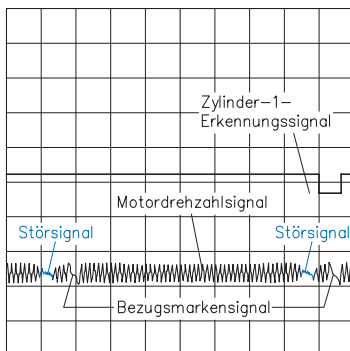


Messtechnik

Kundenbeanstandung: Motorruckeln und Leistungsverlust

Ein Kunde beanstandet bei seinem Fahrzeug mit Ottomotor ab einer Motordrehzahl von 3500 min^{-1} Motorruckeln und Leistungsverlust.



Oszilloskopbild: Motordrehzahl- und Bezugsmarkensignal mit Störstelle Zylinder-1-Erkennungssignal

Mit dem Testgerät wird aus dem Fehlerspeicher des Steuergeräts als einziger Fehler die Nockenwellenverstellung herausgelesen.

Das Oszilloskopbild zeigt beim Motordrehzahl- und Bezugsmarkensignal eine Störung des Drehzahlsignals kurz vor dem Bezugsmarkensignal.

Da diese Störstelle dem Bezugsmarkensignal ähnelt, wird sie vom Steuergerät fälschlicherweise als Bezugsmarkensignal verwendet.

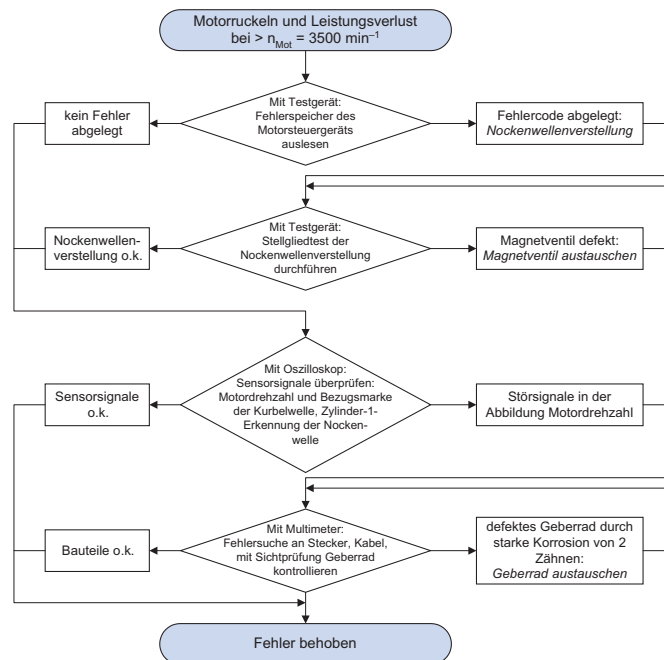
Die zwei korrodierten Zähne des Geberrades wirken wie die Lücke des Bezugsmarkengebers.

Dadurch löst das Steuergerät den Einspritz- und Zündzeitpunkt zu früh aus, der Motor ruckelt und bringt nicht seine volle Leistung.

Das Signal des Zylinder-1-Erkennungssensors ist zum „falschen Bezugsmarkensignal“ zeitlich versetzt und wird als Fehler der Nockenwellenverstellung angezeigt.

Schadensstelle/ Defekt	Schadenssignal
Nockenwellenverstellung	Fehlercode aus dem Fehlerspeicher
Magnetventil der Nockenwellenverstellung	kein Schaltgeräusch/Öffnen des Magnetventils hörbar
Oszilloskop-Diagramm vom Motordrehzahl- und Bezugsmarkengeber an der Kurbelwelle	Störsignale kurz vor dem Bezugsmarkensignal
Geberrad	Sichtprüfung ergibt starke Korrosion von zwei Zähnen

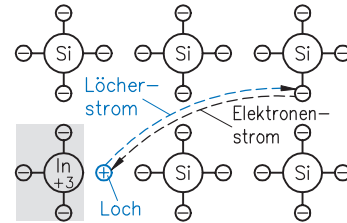
Schadensstelle für Motorruckeln und Leistungsverlust



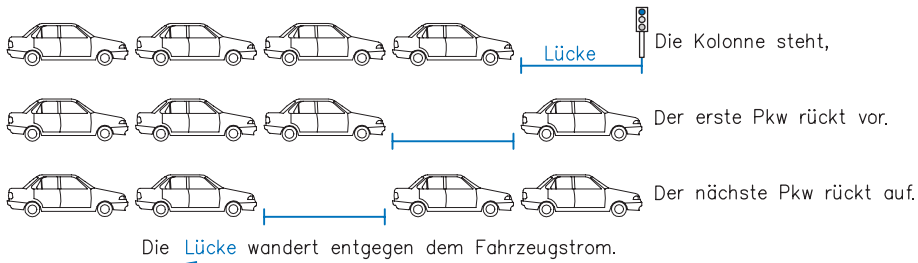
Fehlersuchplan zum Motorruckeln und Leistungsverlust

1.3.2 P-Leiter

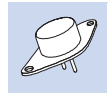
Die Dotierungsstoffe Bor (B), Aluminium (Al), Gallium (Ga) und Indium (In) haben jeweils 3 Valenzelektronen. Zur Bindung sind 4 Elektronen erforderlich. Im Gitteraufbau fehlt ein Elektron, es entsteht ein „Loch“. Dieses kann von einem anderen Elektron „besetzt“ werden, dadurch entsteht aber an einer anderen Stelle wieder ein „Loch“. Dieser **Löcherstrom** wird durch fehlende Elektronen verursacht. Dort, wo ein Loch entsteht, überwiegt die positive Ladung des Atomkerns; der Si-Kristall wird zum **P-Leiter**. Die Löcherwanderung kann man mit dem Beispiel „Aufrücken von Pkws in einer Fahrzeugkolonne“ veranschaulichen.



Si-Kristallgitter mit In-Fremdatom

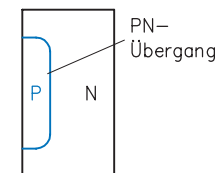


Veranschaulichung des Löcherstroms an einer Fahrzeugkolonne

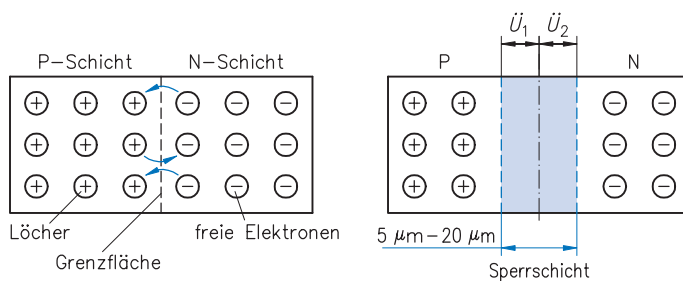


1.3.3 PN-Übergang

Halbleiterkristalle können so dotiert werden, dass sie zum Teil aus P-leitendem und N-leitendem Material bestehen. Am Übergang vom P- zum N-leitenden Material bildet sich eine besondere Schicht, der so genannte **PN-Übergang**. Zwischen Elektronen und Löchern besteht eine Anziehungskraft. Deshalb wandern freie Elektronen aus der N-Schicht durch die Grenzfläche in die P-Schicht und umgekehrt Löcher aus der P-Schicht in die N-Schicht. Die Ladungen gleichen sich aus, dabei entsteht eine schmale Zone (ca. $5\ \mu\text{m}$ – $20\ \mu\text{m}$) ohne freie Ladungsträger. Sie wird als **Sperrschicht** bezeichnet und ist hochohmig ($\text{M}\Omega$ -Bereich).



PN-Übergang



Bildung der Sperrschicht

- \ddot{U}_1 Übergangsbereich in der P-Schicht
- \ddot{U}_2 Übergangsbereich in der N-Schicht

Erkenntnisfragen: Fehler in der Fahrzeugelektronik

1. Diode im Gleichstromkreis

Es liegt eine Abblendschaltung von einem 4-Scheinwerfer-System nach ECE-Norm vor (vereinfacht).

Gerätekennzeichnung

E1, E4 = Fernlicht

E2, E3 = Abblendlicht

H1 = Fernlichtkontrollleuchte

S1 = Abblendlichtschalter

F1 ... F4 = Sicherungen

V1, V2 = Dioden, **Diode V2 fehlt!**

Klemmenbezeichnungen

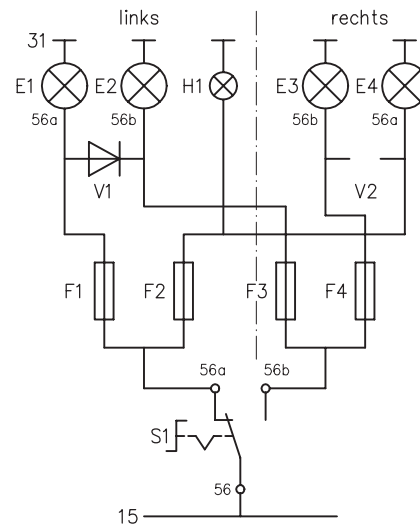
15 = geschaltetes Plus

56 = Scheinwerferlicht

56a = Fernlicht

56b = Abblendlicht

31 = Masse



Schaltplan (vereinfacht) eines 4-Scheinwerfer-systems



1.1 S1 in Stellung 56a

- Welche Lampen leuchten trotz fehlender Diode V2?
- Wie ist die Diode V1 geschaltet?

1.2 S1 in Stellung 56b

- Welche Lampen leuchten jetzt?
- Wie ist jetzt die Diode V1 geschaltet?

1.3 Für die Scheinwerfer E3 und E4 ist die Diode V2 einzuzeichnen

- Wie muss die Diode V2 geschaltet sein, damit in Schalterstellung 56a alle Lampen leuchten?
- Nach welcher Merkregel erfolgte der Anschluss von V2?

1.4 Welcher Anschluss ist an dem Bauteil Diode gekennzeichnet?

1.5 Die Diode V1 ist defekt und wird zur Überprüfung ausgebaut.

- Zur Schnellprüfung der Diode V1 benutzen Sie ein digitales Multimeter im Messbereich Diodenprüfung.
- Welchen Spannungswert messen Sie bei beiden Prüfungen?

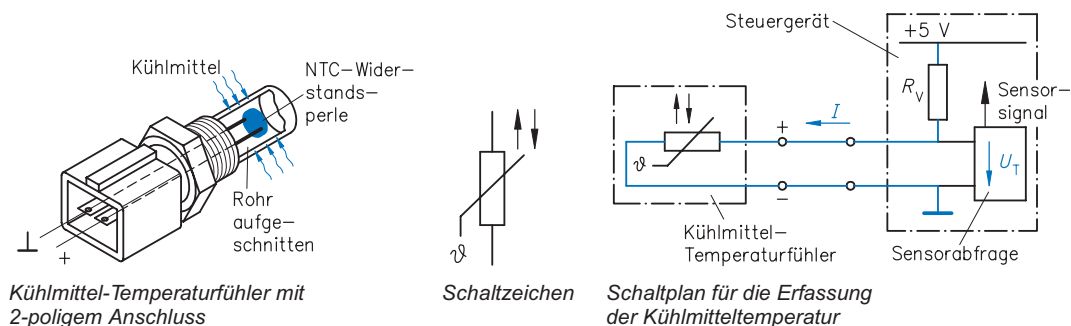
3 Temperaturerfassung

3.1 NTC-Widerstand am Beispiel „Kühlmittel-Temperaturfühler“ (= passiver Sensor)

Die Abkürzung **NTC** bedeutet **N**egativer **T**emperatur **C**oeffizient¹; die Bezeichnung **N**egativ bezieht sich auf die Widerstandsänderung.

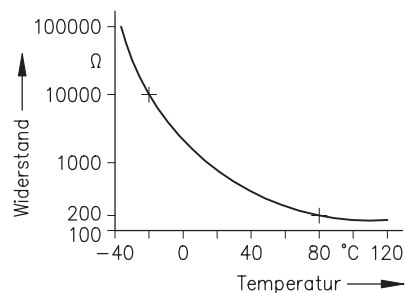
Bei Anstieg der Temperatur ↑ (z. B. von -20° C bis +80° C) nimmt der Widerstand ab ↓ (von 10 000 Ω auf 200 Ω). Pro 1 Grad Temperaturerwärmung nimmt durchschnittlich der Widerstand um 98 Ω ab, d. h., der Widerstand ändert sich **negativ**.

Der NTC wird auch als **Heißeleiter** bezeichnet, d. h., er leitet im heißen Zustand am besten, da dann sein Widerstand gering ist.



Der NTC-Widerstand wird vom Kühlmittel erwärmt, d. h. **fremderwärmt**. Er ändert seinen Widerstandswert entsprechend der Kühlmitteltemperatur. Bei kaltem Motor (-20° C) hat der NTC einen hohen Widerstand (z. B. 10 000 Ω). Durch Erwärmung des Kühlmittels auf +80° C sinkt der Widerstand auf einen niedrigen Wert (z. B. 200 Ω).

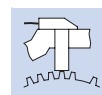
Das Steuergerät versorgt den NTC mit einer Hilfsspannung von 5 Volt. Der Strom I bewirkt am NTC den Spannungsfall U_T , der im Steuergerät von der Sensorabfrage gemessen wird. Der Spannungsfall U_T des NTC verringert sich entsprechend der Abnahme des Widerstands.



Widerstandskennlinie des NTC

$$\frac{R_{\text{kalt}}}{R_{\text{warm}}} = \frac{U_{\text{kalt}}}{U_{\text{warm}}} = \frac{4,9 \text{ Volt}}{0,9 \text{ Volt}}$$

Am Spannungsfall U_T erkennt das Steuergerät die Kühlmitteltemperatur. Bei kaltem Motor ist der Spannungsfall hoch, das Steuergerät erhöht die einzuspritzende Kraftstoffmenge, damit das Gemisch fetter wird.



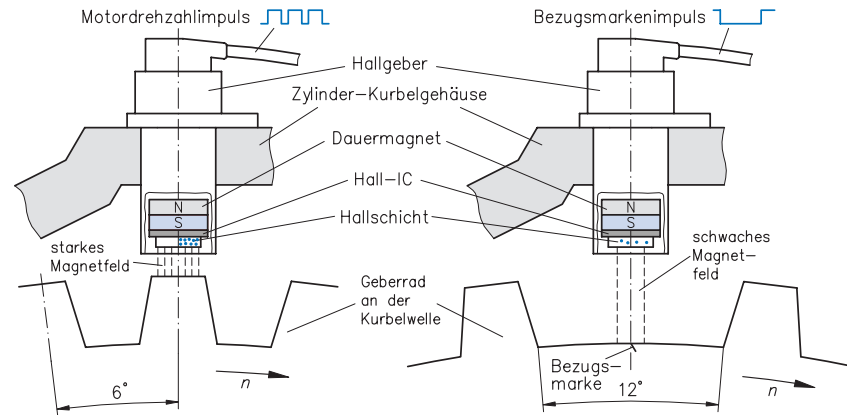
Verwendung des Sensorsignals des Kühlmitteltemperaturfühlers

- Das Sensorsignal wird hauptsächlich verwendet für:
- die Zusammensetzung des Kraftstoff-Luftgemisches,
 - die Korrektur des Zündwinkels,
 - die Auslösung der Schubabschaltung,
 - die Auslösung der Klopfregelung.

¹ Coeffizient (lat.) = Vorzahl der veränderlichen Größe

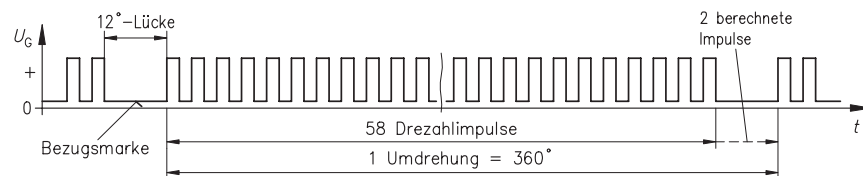
Sensorik

Ein IC-Baustein im Hallgeber verstärkt die Hallspannung U_H und formt sie in digitale Rechtecksignale um.



Hallgeber erzeugt durch die Zähne des Geberrads die Impulse für die **Motordrehzahl**

Hallgeber erzeugt durch die Lücke im Geberrad den Impuls **Bezugs-marke**



Impulsfolge des Hallgebers für eine Geberscheibe mit 60er-Teilung und 12°-Lücke

Erfassung der Motordrehzahl

Jeder Zahn des Geberrads erzeugt alle 6° ein rechteckiges Spannungssignal U_G als Drehzahlimpuls. Die durch die 2 fehlenden Zähne ausbleibenden Drehzahlimpulse werden im Steuergerät durch ein Rechenprogramm berücksichtigt.

Bei einer Umdrehung des Geberrads entstehen durch die 58 Zähne 58 Drehzahlimpulse. Zum 1. Drehzahlimpuls nach der Lücke muss das Rechenprogramm die fehlenden 2 Impulse dazuzählen. Somit bestimmt das Steuergerät die **Motordrehzahl** mit dem Teiler 60.

Bei 10 Umdrehungen des Geberrads erhält das Steuergerät $10 \cdot 58 = 580$ Drehzahlimpulse + $10 \cdot 2$ gerechnete Impulse = 600 Impulse.



Erfassung der Bezugs-marke

Durch das Ausbleiben der 2 fehlenden Drehzahlimpulse erkennt das Steuergerät die 12° -Lücke. Die Mitte der Lücke entspricht der Bezugs-marke. Mit dem nächsten Impuls in Stellung 2 des Geberrads errechnet das Steuergerät mittels der Bezugs-marke die OT-Stellung. Liegt die Bezugs-marke z. B. 70° vor OT, erreicht die Kurbelwelle nach $70^\circ - 6^\circ = 64^\circ$ die OT-Stellung.

Erfassung der Winkelstellung der Kurbelwelle

Durch die Zuordnung der Bezugs-marke zu den Drehzahlimpulsen errechnet das Steuergerät die Stellung der Kurbelwelle zu OT. Bei einem Geberrad mit einer 60er-Teilung erfolgt alle 6° ein Drehzahlimpuls ($360 : 60 = 6^\circ$).

4.2 Aufbau der Zündanlage für einen 4-Zylinder-Motor

Zur TSZ-i gehören folgende Bauteile:

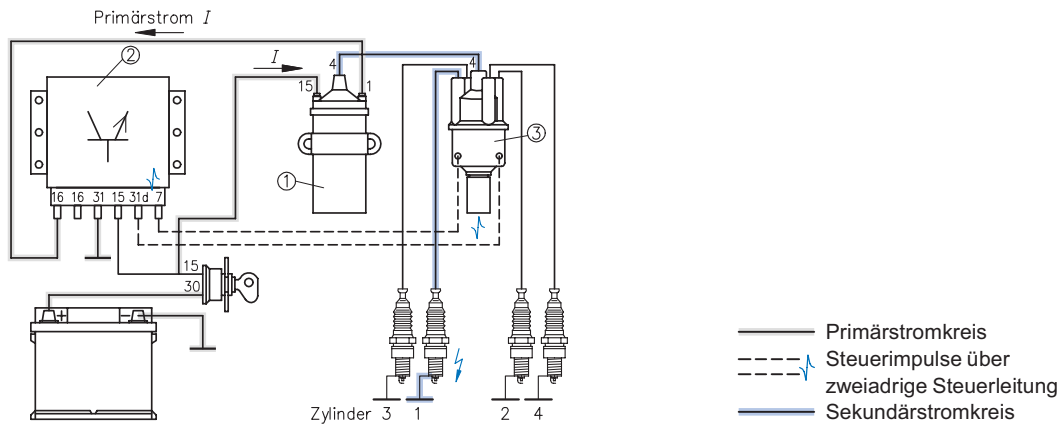
Batterie, Zündstartschalter

- ① Hochleistungs-Zündspule
- ② **elektronisches Steuergerät:**
getrennt montiert mit Steuerleitung (zweidrig) oder am Zündverteiler montiert
- ③ Zündverteiler mit:
 - **Induktionsgeber**
 - mechanischer Fliehkraft- und Unterdruckverstellung
 - Verteilerfinger



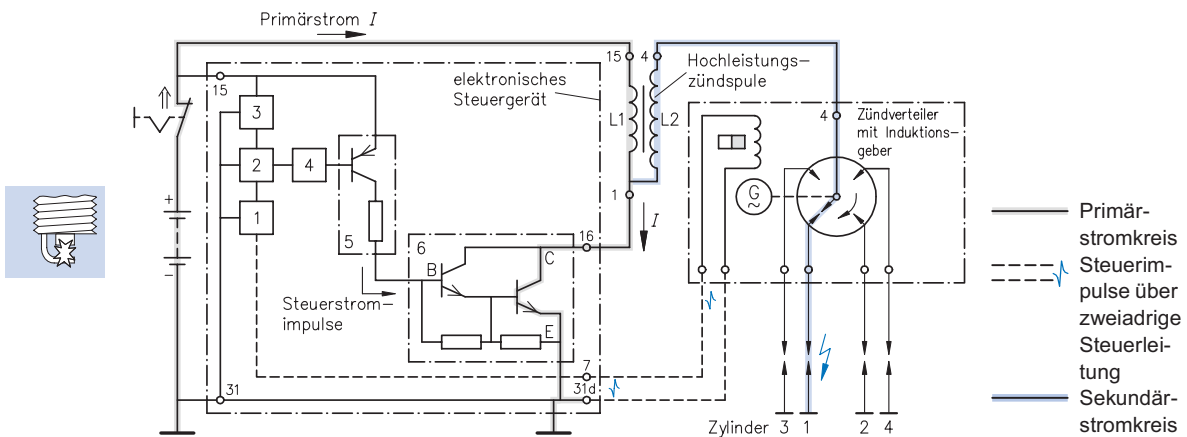
Wesentliche Bauteile der TSZ-i mit Steuergerät am Zündverteiler

4.3 Anschlussplan

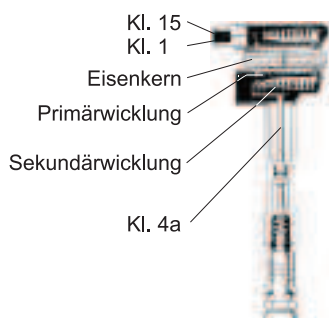


Anschlussplan der TSZ-i mit getrennt montiertem Steuergerät

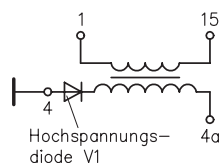
4.4 Übersichtsschaltplan



Übersichtsschaltplan mit den Funktionsblöcken des Steuergeräts



Aufbau einer Einzelfunkenspule



Schaltsymbol einer Einzelfunkenspule

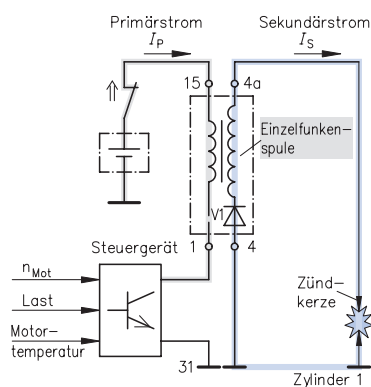
● **Funktion einer Einzelfunkenspule**

Die Zündungsendstufe im Steuergerät schließt den Primärstromkreis. Der Primärstrom I_P nimmt folgenden Verlauf: Batterie → Zünd-Startschalter → Kl. 15 Primärwicklung der Einzelfunkenspule Kl. 1 → Zündungsendstufe im Steuergerät → Masse.

Der Primärstrom I_P baut in der Primärwicklung ein Magnetfeld auf; in diesem Magnetfeld wird die Zündenergie von 80–90 mJ gespeichert.

Öffnet die Zündungsendstufe den Primärstromkreis, entsteht in der Sekundärwicklung die Hochspannung. Der Sekundärstrom I_S verläuft im Sekundärkreis wie folgt:

Sekundärwicklung Kl. 4a → Zündkerze Zylinder 1 → Masse
 Zündkerze → Masse Einzelfunkenspule → Sekundärwicklung Kl. 4 → Hochspannungsdiode V1 → Sekundärwicklung.



Schaltplan einer Einzelfunkenspule

Beim Einschalten des Primärstroms I_P sperrt die **Hochspannungsdiode V1** im Sekundärkreis den durch Selbstinduktion entstehenden Sekundärstrom I_S . Es entsteht **kein Einschaltfunke** an den Zündkerzenelektroden.

Die Klemmen 1 und 15 auf der Primärseite dürfen nicht vertauscht (oder verpolt) werden, da sonst die Hochspannungsdiode V1 zerstört wird und die gesamte Zündspule ausgetauscht werden muss.

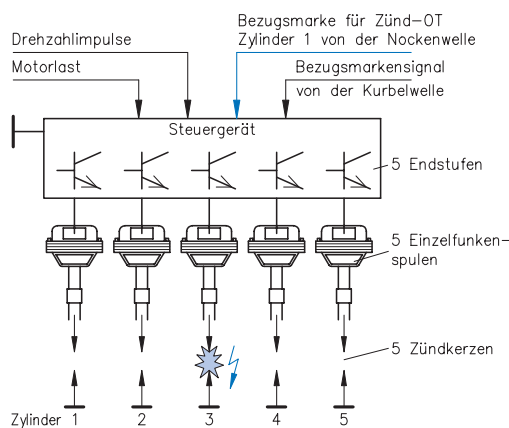
8.4.7 Zündanlage für einen 5-Zylinder-Reihenmotor mit Einzelfunkenspulen

● **Verteilung der Hochspannung**

Dieser Motor wird z. B. als 20-V-Motor bei Audi verwendet. (5 Zyl. · 4 Ventile = 20 V)

Der **Grundzündwinkel** wird aus dem Zünd-Kennfeld entsprechend der Motordrehzahl und der Motorlast entnommen und je nach Motortemperatur usw. korrigiert; er beträgt z. B. 36° (gültig für alle Zylinder während 2 Kurbelwellenumdrehungen).

Im Beginn des Motorstarts dreht der Starter die Kurbelwelle durch, ohne dass sofort Zünd- und Einspritzimpulse durch das Steuergerät erfolgen. Vom Geberrad an der Kurbelwelle erhält das Steuergerät Drehzahlimpulse.

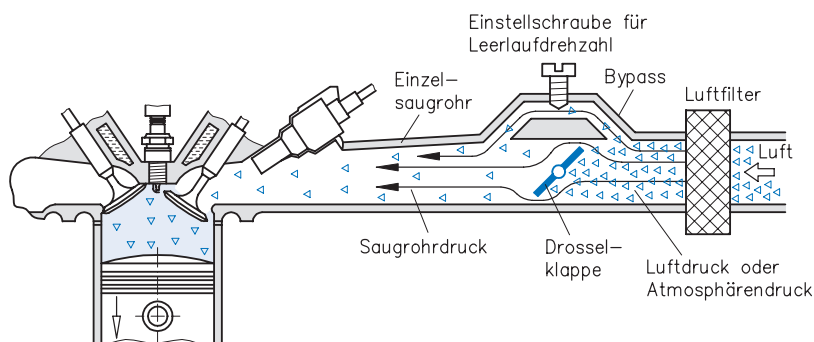


Einzelfunkenspulen eines 5-Zylinder-Motors



1.4 Definition der Lastzustände

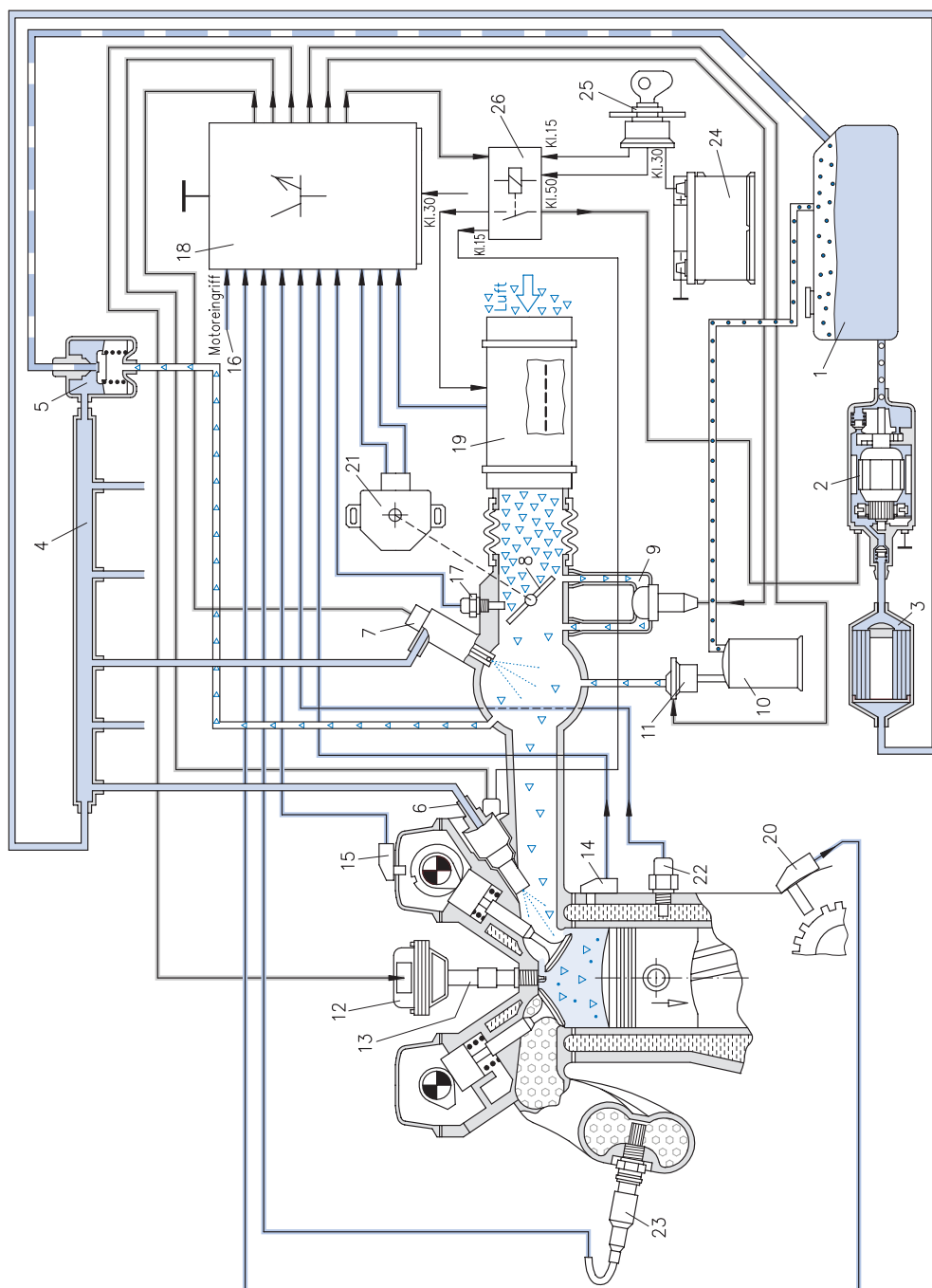
Der Lastzustand des Motors wird wesentlich durch die *Stellung der Drosselklappe* bestimmt.



Luftweg um die Drosselklappe

Lastzustand	Stellung der Drosselklappe
Start: 	Drosselklappe vom Fahrer nicht betätigt (≈ geschlossen) Starter dreht Kurbelwelle mit Mindestdrehzahl von $80-100 \text{ min}^{-1}$, damit ein zündfähiges Kraftstoff-Luftgemisch entsteht
Nachstart: 	Drosselklappe vom Fahrer nicht betätigt (≈ geschlossen) Motor läuft selbsttätig hoch von Mindestdrehzahl ($n = 100 \text{ min}^{-1}$) auf Leerlaufdrehzahl, z. B. $n = 800 \text{ min}^{-1}$
Leerlauf: 	Drosselklappe vom Fahrer nicht betätigt (≈ geschlossen) Motor läuft ohne Gasgeben durch den Fahrer rund mit einer Drehzahl von z. B. 800 min^{-1}
Teillast: 	Drosselklappe in Stellung zwischen Leerlauf und Volllast Motordrehzahl $n = 1000 - 6000 \text{ min}^{-1}$
Volllast 	Drosselklappe voll geöffnet In der Ebene hat der Motor die Höchstdrehzahl von z. B. $n = 6000 \text{ min}^{-1}$ erreicht. An einer Steigung bleibt der Motor unter der Höchstdrehzahl, er hat z. B. $n = 4000 \text{ min}^{-1}$.
 Überdrehzahl: 	Drosselklappe voll geöffnet Im Gefälle oder bei zu geringer Motorbelastung kann der Motor die Höchstdrehzahl überschreiten, wenn die Kraftstoffzufuhr nicht unterbrochen wird.

Lastzustände

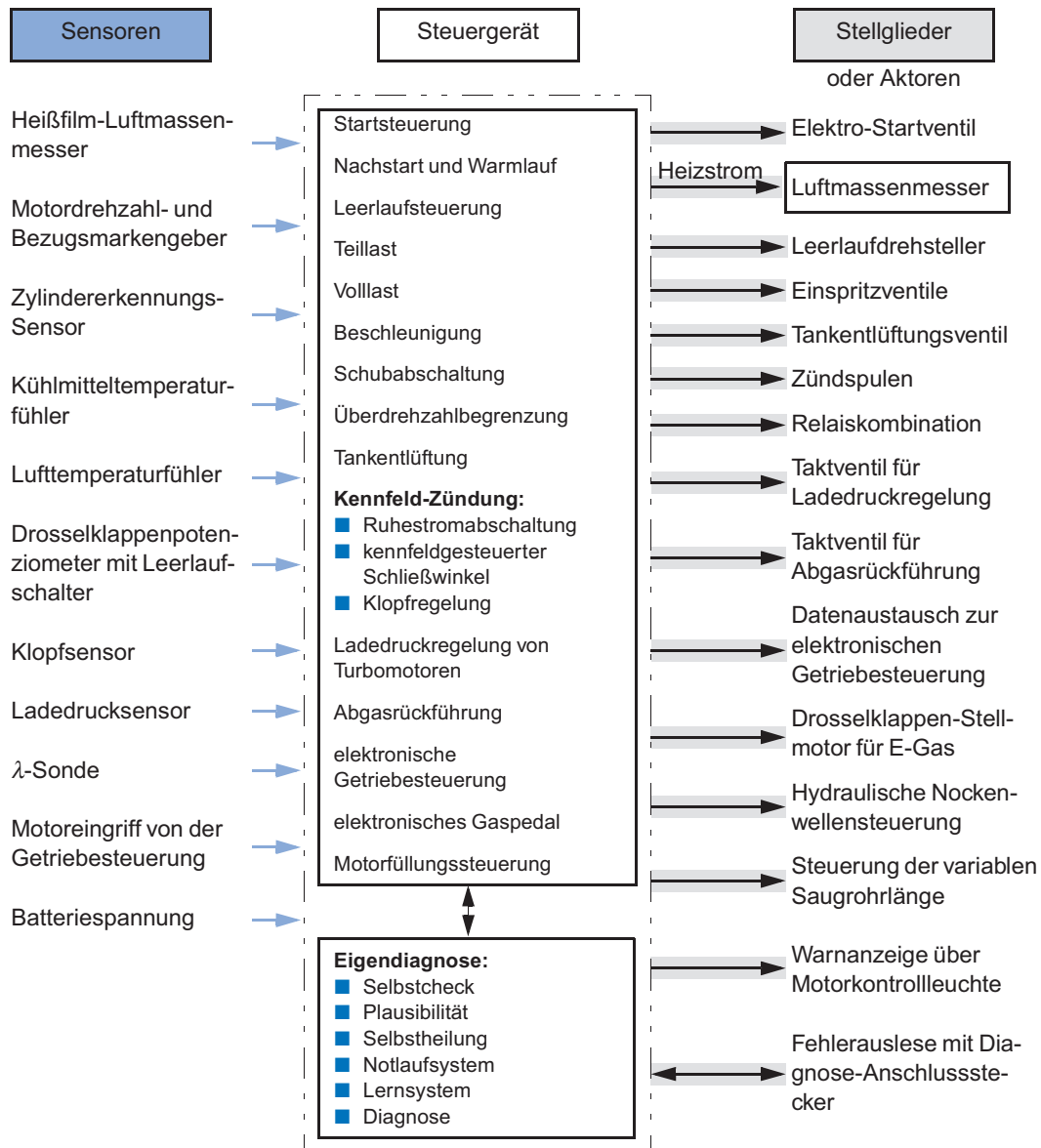


Schema einer Motronic



9.6 Elektronik

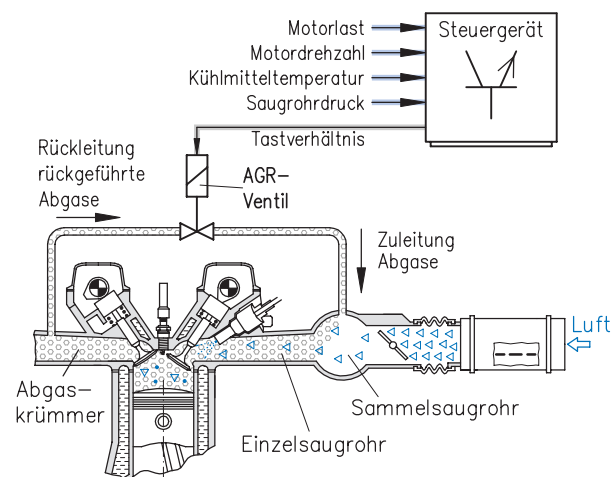
9.6.1 Signalfluss



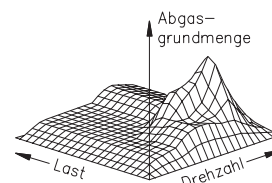
Blockschema des Steuergeräts



Durch die Rückführung von Abgasen ins Ansaugsystem wird die Brennraumtemperatur abgesenkt, und dadurch werden die NO_x -Anteile schon während der Verbrennung im Motor *innermotorisch verringert*. Die weitere Verringerung geschieht außermotorisch im 3-Wege-Katalysator. Damit die Schadstoffe CO und CH nicht zu stark ansteigen und ein gutes Fahrverhalten erhalten bleibt, ist die AGR last-, drehzahl- und temperaturabhängig gesteuert. Bei mittlerer Teillast und hohen Drehzahlen wird das meiste Abgas entsprechend einem Kennfeld zurückgeführt.



Steuerung der Abgasrückführung



Kennfeld für Abgasrückführung

Die Abgasgrundmenge aus dem Kennfeld wird temperatur- und saugrohrdruckabhängig mit Kennlinien korrigiert. Bei kaltem Motor ist die Abgasrückführung geringer, damit der Motor gleichmäßig rundläuft. Mit einem bestimmten Tastverhältnis steuert das Steuergerät das AGR-Ventil an, die berechnete Abgasmenge gelangt ins Sammel- und Einzelsaugrohr.

● Weg der rückgeführten Abgase

Abgaskrümmen → Rückleitung → getaktetes AGR-Ventil → Zuleitung → Sammel- und Einzelsaugrohr → offenes Einlassventil → Zylinderraum.

9.8 Eigendiagnose

Damit bei Ausfall von Sensorsignalen ein *Motornotlauf* möglich ist und die Fehlersuche erleichtert wird, wurde das Steuergerät um das System Eigendiagnose erweitert.

Die Eigendiagnose hat folgende Teilsysteme:

- Selbstcheck,
- Plausibilität,
- Selbstheilung
- Notlaufsystem mit Ersatzwerten,
- Redundanz¹,
- Lernsystem = Adaption,
- Diagnose durch Auslesen des Fehlerspeichers.



¹ Redundanz (lat.) = Vorhandensein überflüssiger Bauteile
sinngemäß = gleiches Signal von einem zweiten Sensor

10 Tabellarische Zusammenfassung der Gemischbildungs- und Zündsysteme

10.1 Unterscheidung nach Lasterfassung, Feinanpassung und Zündsysteme

	Lasterfassung		Einspritzventil	Feinanpassung			Erfassung der Beschleunigung	Zündsystem
	Motorlast	Motordrehzahl		Erfassung des Motorleerlaufs	Leerlaufdrehzahlanpassung	Kaltstartanreicherung		
Einspritzsysteme								
L-Jetronic	Luftmengenmesser		je Zylinder ein elektromagnetisches Einspritzventil	Leerlaufkontakt im Drosselklappenschalter	Zusatzluftschieber	Kaltstartventil mit Thermostatschalter	Überschwingen der Stauklappe im Luftmengenmesser	TSZ-h oder TSZ-i
LH-Jetronic	Hitzdraht-Luftmassenmesser	Hallgeber oder Induktionsgeber im Zündverteiler		Leerlaufschalter im Drosselklappenpotenziometer	Leerlaufdrehsteller	Kaltstartsteuerung im Steuergerät für die Einspritzventile	Hitzdraht im Luftmassenmesser	
Mono-Jetronic	Drosselklappenpotenziometer		nur ein elektromagnetisches Einspritzventil	Leerlaufkontakt im Drosselklappenstellmotor	Drosselklappenstellmotor	Kaltstartsteuerung im Steuergerät für das Einspritzventil	Drosselklappenpotenziometer	
Motorsteuerungssysteme								
Motronic	Heißfilm-Luftmassenmesser	Induktionsgeber am Geberrad	je Zylinder ein elektromagnetisches Einspritzventil	Leerlaufschalter im Drosselklappenpotenziometer	Leerlaufdrehsteller	Kaltstartsteuerung im Steuergerät für die Einspritzventile und ab -20° C zusätzlich ein Elektrostartventil	Heißfilm-Luftmassenmesser	TSZ-h mit Zündkennfeld, Klopfregelung, statischer Hochspannungsverteilung (RUV)
Multec (Mono-Motronic)	Saugrohrdruckfühler	Induktionsgeber im Zündverteiler	nur ein elektromagnetisches Einspritzventil	Wegstreckenfrequenzgeber am Getriebeausgang	Leerlaufauffüllungsschrittmotor	Kaltstartsteuerung im Steuergerät für das Einspritzventil	Drosselklappenpotenziometer	TSZ-i mit Zündkennfeld

