

59 | Elektronische Steuerungs- und Regelungssysteme

Elektronische Steuerungs- und Regelungssysteme verarbeiten **Informationen** über **physikalische Größen**. Die Informationen werden den Systemen meist in Form elektrischer Signale zugeführt. Die Aufgabe der Systeme (Systemaufgabe) besteht darin, durch Verarbeitung der Informationen elektrische **Ausgangssignale** zu erzeugen. Durch die Wirkung dieser Ausgangssignale werden andere Bauteile oder Baugruppen des Systems gezielt beeinflusst.

- die Fahrsicherheit zu erhöhen (Sicherheitssysteme),
- den Fahrer von Tätigkeiten zu entlasten, die ihn vom Straßenverkehr ablenken (Komfortsysteme),
- die Funktionsfähigkeit des Kraftfahrzeugs bzw. von Baugruppen des Kraftfahrzeugs zu kontrollieren (Kontrollsysteme) und
- den Fahrer mit Informationen z.B über den Betriebszustand des Fahrzeugs oder die aktuelle Verkehrslage zu versorgen (Kommunikationssysteme).

In der Abb. 1 sind die **Arten** elektronischer Systeme im Kraftfahrzeug und einige Beispiele dazu aufgeführt.

Die **Grundlagen** zu den elektronischen Steuerungs- und Regelungssystemen sind in den Kapiteln Maschinen- und Gerätelehre sowie Steuerungs-, Regelungs- und Informationstechnik beschrieben.

59.1 Aufgaben und Arten elektronischer Systeme

Die elektronischen Systeme im Kraftfahrzeug haben folgende **Aufgaben**:

- die Leistung, den Kraftstoffverbrauch und die Abgaszusammensetzung des Verbrennungsmotors zu optimieren (Motorsysteme),
- die Drehmomentübertragung bzw. -verteilung zu steuern oder zu regeln (Antriebsstrangsysteme),

Elektronische Systeme umfassen Baugruppen und/oder Bauteile eines Kraftfahrzeugs, deren Zusammenwirken durch **elektronische Steuerungs- oder Regelungsvorgänge** beeinflusst werden.

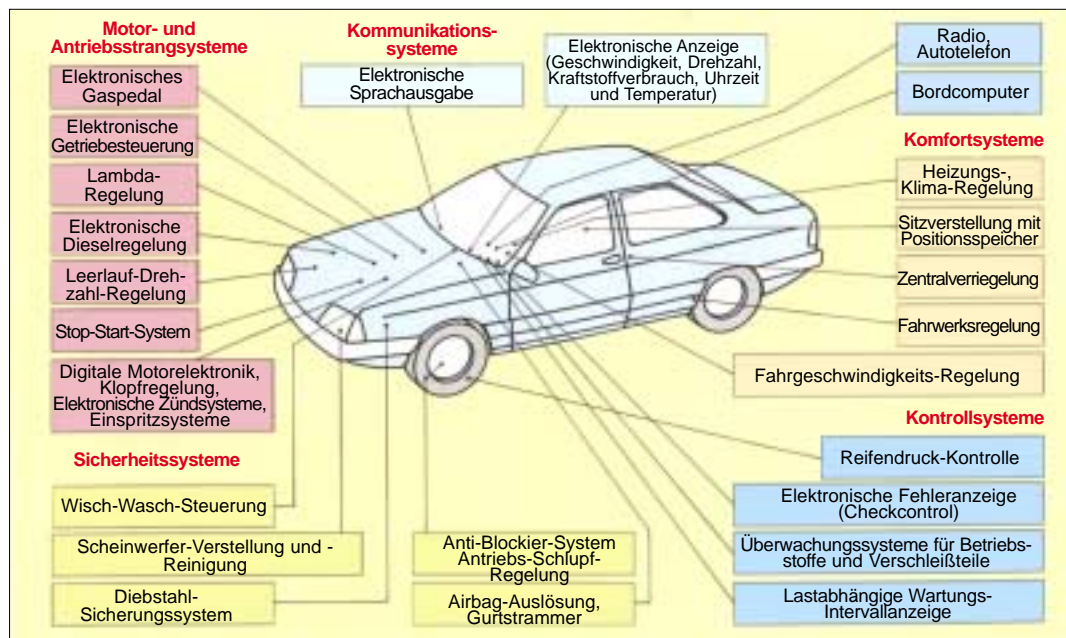


Abb. 1: Elektronische Steuerungs- und Regelungssysteme im Kraftfahrzeug

59.2 Aufbau und Wirkungsweise von elektronischen Steuerungssystemen

Elektronische Steuerungssysteme bilden **Steuerketten** (s. Kap. 12. 1.). Das Steuergerät ist das Hauptbauteil der Steuerkette (Abb. 2). Es erhält die zu verarbeitenden Informationen von den **Sensoren**. Die von den Sensoren erzeugten Eingangssignale können häufig vom Steuergerät nicht direkt verarbeitet werden. Sie müssen deshalb umgewandelt werden (Signalumwandlung). Sind im Steuergerät **Sollwerte** gespeichert, so erfolgt ein Vergleich der Eingangssignale mit den Sollwerten (Signalvergleich). Aus dem Vergleich ergeben sich durch die **Steuergröße** Ausgangssignale, die oftmals verstärkt werden müssen (Signalverstärkung). Die verstärkten Signale veranlassen die **Aktoren** zum Arbeiten (Abb. 2).

Elektronische Steuerungssysteme sind z.B.:

- KE- und L-Jetronic-Einspritzanlagen ohne Lambda-Sonde (s. Kap. 21.2.2 und 21.3.1.),
- Schubabschaltung (s. Kap. 31.5.1,
- Getriebesteuerung (s. Kap. 38.3.6),
- Airbag und Gurtstrammer (s. Kap. 48.3.2),
- Schließwinkelsteuerung (s. Kap. 55.4),
- Blinkgeber (s. Kap. 58.3) .

Stellvertretend für die Gesamtheit der elektronischen Steuerungssysteme, besonders im Hinblick auf die Wirkungsweise der elektronischen Vorgänge im Steuergerät, wird die **L-Jetronic** beschrieben.

59.2.1 Steuerungssystem L- Jetronic

Die **Hauptaufgabe** der Steuerung der L-Jetronic besteht darin, der angesaugten Luftmenge soviel Kraftstoff zuzuführen, daß möglichst der **Lambda-Wert 1** erreicht wird. Da der Kraftstoff nicht, wie

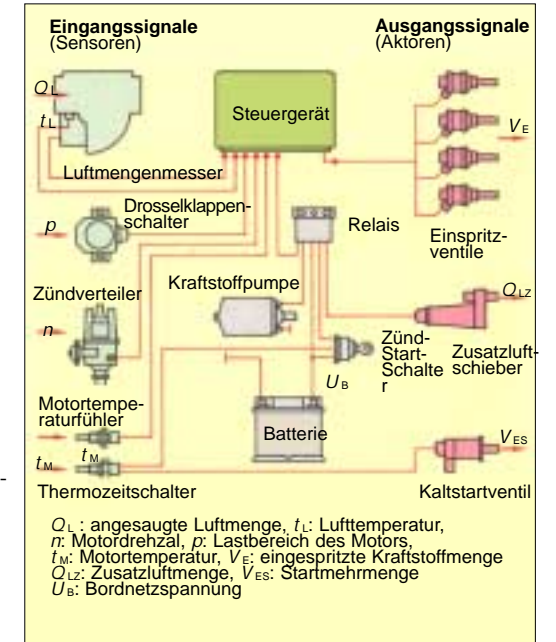


Abb.3: Eingangs- und Ausgangssignale der L-Jetronic

bei der K-Jetronic (s. Kap. 21.2.2), dauernd der Luftmenge zugeführt wird, sondern je Kurbelwellenumdrehung **einmal** eingespritzt wird, muß die Motordrehzahl für die Kraftstoffmessung berücksichtigt werden (s. Kap. 21.3.1).

Die **Einspritzmenge je Kurbelwellenumdrehung** ist im Normalbetrieb des Motors (Teillast, Betriebstemperatur) abhängig von

- der angesaugten Luftmenge und
- der Motordrehzahl.

Die Signale für die **Kraftstoffmessung** im **Normalbetrieb** erhält das Steuergerät vom Luftmengenmesser (Mengensignal) und von der Zündanlage (Drehzahlsignal, Abb. 3).

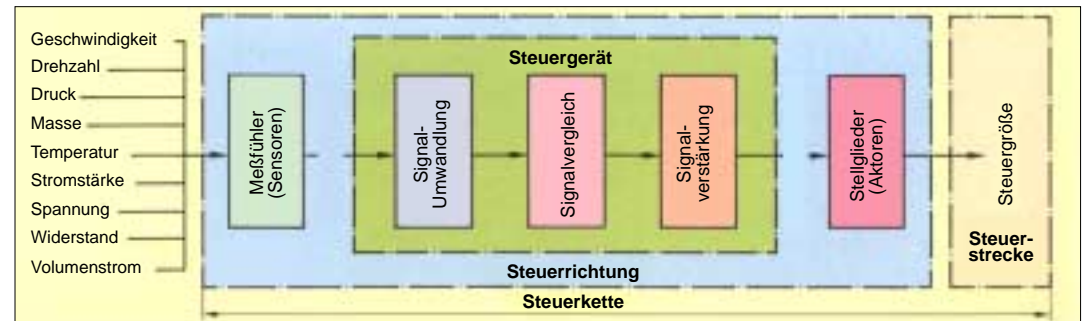


Abb.2: Signalübertragung in Steuerungssystemen

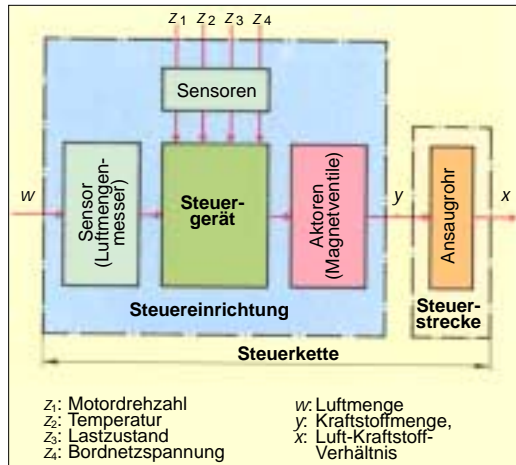


Abb.1: Blockschaltplan der L-Jetronic

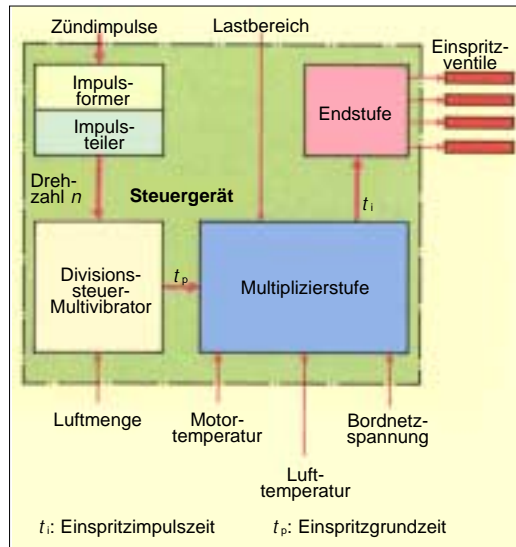


Abb.2: Blockschaltplan des Steuergerätes der L-Jetronic

Tab.1: Größen und Begriffe im Steuerungssystem der L-Jetronic

Steuer-system	Größen			Steuereinrichtung				Steuer-strecke
	Aufgabengröße (x)	Störgröße (z)	Führungsgröße (w)	Stellgröße (y)	Meßfühler (Sensoren)	Steuer-gerät	Stellglieder (Aktoren)	
L- Jetronic-Kraftstoff-einspritzung	Luft-Kraftstoff-Verhältnis (λ)	Motordrehzahl (Last) Motortemperatur Lufttemperatur Luftdruck Bordnetzspannung (je nach Komplexität des L-Jetronic-Steuer-systems werden mehr oder weniger Stör-größen berücksichtigt.)	Drosselklappen-stellung (Ansaugluft-masse)	Einspritz-menge (Einspritz-zeit)	Luftmengen-messer, Drosselklap-penschalter, Zündver-teiler, Motor-temperatur-fühler, Thermo-zeitschalter	L-Jetronic-Steuer-gerät	Einspritz-ventile, Zusatzluft-schieber, Kaltstart-ventil	Gemisch-bildungs-bereich (Saugrohr)

Da der Motor nicht nur im Normalbetrieb läuft, muß die Kraftstoffzumessung den anderen Betriebsarten, z.B. Vollast und Leerlauf, angepaßt werden. Zusätzlich wird die Einspritzmenge in Abhängigkeit von der Luft- und Motortemperatur (Kaltstart, Warmlauf) verändert (Abb. 3, S. 579).

Abb. 1 zeigt den **Blockschaltplan** der Steuerkette der L-Jetronic.

Die **Luftmenge** Q_L ist die **Führungsgröße** w für die Steuerung, da ihre Veränderung die Steuerung

Eine Veränderung der **Luftmenge** führt zu einer Veränderung der **Einspritzmenge**.

auslöst bzw. die Steuerung führt (Tab. 1). Die **Motordrehzahl** n ist die **Hauptstörgroße** z_1 , die auf die Steuerung einwirkt, da bei gleichbleibender Motordrehzahl im Normalbetrieb die Einspritzmenge

Eine Veränderung der **Motordrehzahl** hat eine Veränderung der **Einspritzmenge je Kurbelwellenumdrehung** zur Folge.

nur von der Luftmenge abhängig ist (Tab. 1). Da die Einspritzmenge je Kurbelwellenumdrehung im Normalbetrieb des Motors von der angesaugten **Luftmenge** und der **Motordrehzahl** abhängt, werden beide Größen auch als **Hauptmeßgrößen** bezeichnet.

Signalverarbeitung im Steuergerät

Das Steuergerät hat die **Aufgabe**, die von den Sensoren gelieferten Signale über den Betriebszustand des Motors auszuwerten. Die Auswertung ergibt **Steuerimpulse** für die Einspritzventile. Die Impulsdauer bestimmt die **Öffnungszeit** der Einspritzventile. Die einzuspritzende **Kraftstoffmenge** wird über die Öffnungszeit der Einspritzventile bestimmt.

Den Blockschaltplan des Steuergerätes zeigt Abb.2.

Die **elektronischen Schaltungen** im Steuergerät sind so programmiert, daß im **Normalbetrieb** des Motors bei jeder Luftmenge und Motordrehzahl möglichst der **Lambda-Wert 1** erreicht wird.

Das Steuergerät bildet aus den Signalen für die Luftmenge und Motordrehzahl die sogenannte **Einspritzgrundzeit**. Die Zündimpulse von der Zündanlage werden dabei als Auslöseimpulse für den Impulsformer genutzt. Das **Ausgangssignal** des Impulsformers besteht aus Spannungsimpulsen in Rechteckform (Rechteckimpulse, Abb.3).

Der **Impulsformer** wandelt die Impulse von der Zündanlage in Rechteckimpulse um.

Die Einspritzventile öffnen nur **einmal** je Kurbelwellenumdrehung. Daher werden die vom Impulsformer erzeugten Rechteckimpulse vom **Impuls-** bzw. **Frequenzteiler** so geteilt, daß nur ein Signal je Kurbelwellenumdrehung an den nächsten Block des

Der **Impulsteiler** teilt die Impulse des Impulsformers so, daß je Kurbelwellenumdrehung nur ein Impuls erzeugt wird.

Steuergerätes weiter gegeben wird (Abb. 3). Das **Ausgangssignal** des Impulsteilers ist ebenfalls ein Rechteckimpuls (Abb.3). Die Dauer der Rechteckimpulse wird von der Impulsfolge des Impulsformers bestimmt.

Die **Impulsfrequenz** des Impulsteilers ist genauso groß wie die **Drehfrequenz des Motors** (Motordrehzahl).

Die Impulse des Impulsteilers, die das Signal für die Motordrehzahl darstellen, werden dem **Divisionssteuermultivibrator** (DSM) zugeführt (Abb.2). In den DSM geht auch das Signal vom Luftmengenmesser für die **Luftmenge** ein. Das **Ausgangssignal** des DSM besteht ebenfalls aus Rechteckimpulsen (Abb.3), da die Einspritzventile zum Öffnen Steuerimpulse bzw. die Transistorendstufe zum Durchschalten rechteckige Steuerimpulse benötigen.

Die **Impulsdauer** des Ausgangssignals vom DSM ist die **Einspritzgrundzeit** t_p . Die Einspritzgrundzeit bestimmt die **Einspritzgrundmenge** je Kurbelwellenumdrehung.

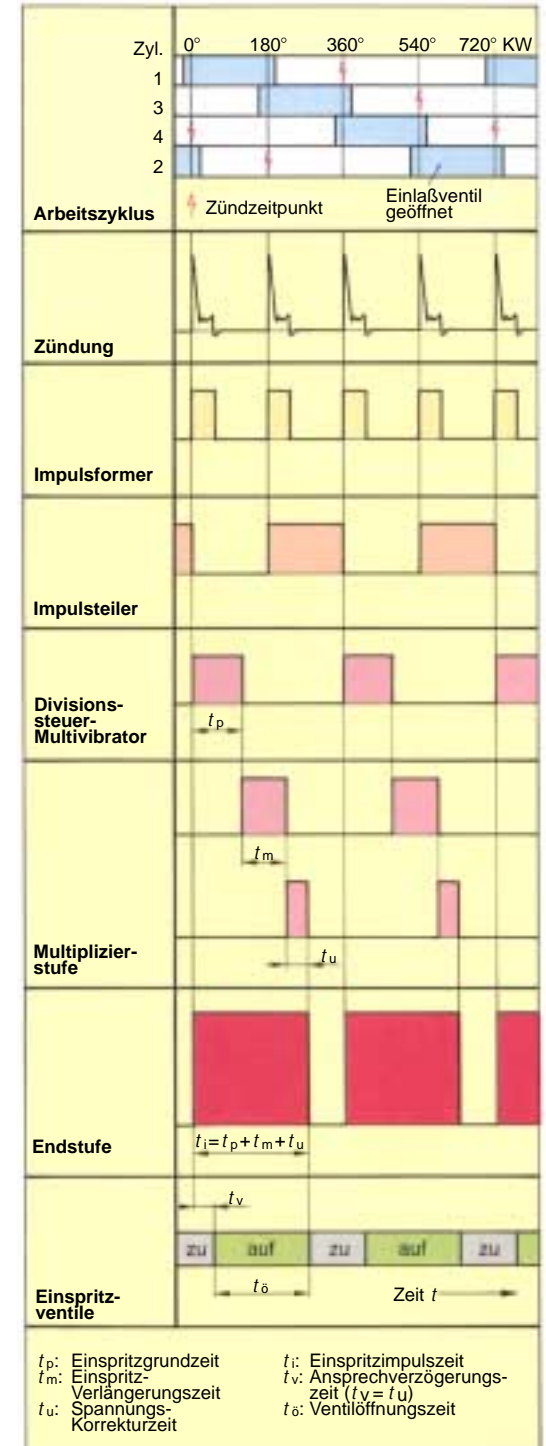


Abb.3: Impulsschema der L-Jetronic für 4-Zylinder-Motoren

Die Ermittlung der Einspritzgrundzeit erfolgt ohne Berücksichtigung von **Störgrößen**, wie z.B. Motor-temperatur, Lastzustand usw.

Die **Impulsdauer** des Ausgangssignals vom DSM wird vom **Drehzahl**signal und vom **Luftmengen**signal bestimmt. Die Impulsdauer ist der angesaugten Luftmenge je Kurbelwellenumdrehung proportional. Daraus folgt, daß bei zunehmender Luftmenge und gleichbleibender Drehzahl die Impulsdauer größer werden muß. Bei gleichbleibender Luftmenge und steigender Drehzahl muß dagegen die Impulsdauer kleiner werden. Vom Verhältnis **Luftmenge** zur **Motordrehzahl** leitet sich der Name für den DSM ab.

Der **Divisionssteuermultivibrator** ermittelt die Einspritzgrundzeit, in dem er elektronisch die angesaugte Luftmenge durch die Motordrehzahl dividiert.

Die Einspritzgrundzeit t_p wird der **Multiplizierstufe** als Eingangsgröße zugeführt. Gleichzeitig gehen in die Multiplizierstufe noch die Signale der anderen Störgrößen ein (Abb. 2, S. 580).

Die Multiplizierstufe verarbeitet die Signale und errechnet einen **Korrekturfaktor** k , mit dem die Einspritzgrundzeit t_p multipliziert wird. Der Korrekturfaktor k ist aus schaltungstechnischen Gründen mindestens **2 oder größer** ($k \geq 2$). Bei einem Korrekturfaktor $k=2$ läuft der Motor im **Normalbetrieb** (Teillast, Betriebstemperatur) und es treten keine Störgrößen auf.

Läuft der Motor im **Normalbetrieb**, so ist die Einspritzimpulszeit t_i das doppelte der Einspritzgrundzeit t_p , d.h. $t_i = 2 \cdot t_p$.

Die Verarbeitung der **Störgrößensignale**, z.B. aufgrund von Kaltstart, Warmlauf, Vollastanreicherung usw., erfolgt durch eine **Vergrößerung** des Korrekturfaktors ($k > 2$). Die Multiplikation wird dabei elektronisch durch eine Addition vorgenommen. Zur Einspritzgrundzeit t_p wird eine Einspritzverlängerungszeit t_m addiert, die mindestens so groß wie die Einspritzgrundzeit t_p bzw. größer als diese ist ($t_m \geq t_p$, Abb. 3, S. 581).

Die **Einspritzimpulszeit** t_i ergibt sich aus der Einspritzgrundzeit t_p und der Einspritzverlängerungszeit t_m , d.h. $t_i = t_p + t_m$.

Befindet sich der Motor z.B. in der **Warmlaufphase**, so muß eine **Kraftstoffanreicherung** erfolgen, die mit

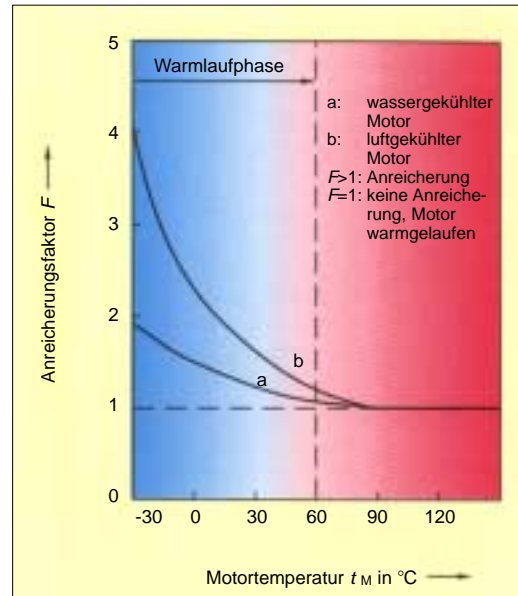


Abb.1: Kraftstoffanreicherung während der Warmlaufphase

wärmer werdendem Motor immer kleiner wird (Abb.1). Das Signal vom **Temperaturfühler** hat eine Vergrößerung des Korrekturfaktors und damit der Einspritzverlängerungszeit t_m zur Folge. Mit wärmer werdendem Motor wird die Einspritzverlängerungszeit immer kleiner. Hat der Motor seine Betriebstemperatur erreicht, so ist die Einspritzverlängerungszeit genauso groß wie die Einspritzgrundzeit.

Bei **Vollast** z.B. erhält die Multiplizierstufe vom Drosselklappenschalter ein bestimmtes Spannungssignal. Dieses bewirkt eine Vergrößerung der Einspritzverlängerungszeit. Die Vergrößerung wird solange beibehalten, wie der Motor in Vollast betrieben wird.

Die **Signale der Sensoren** (Störgrößensignale) verlängern die verdoppelte Einspritzgrundzeit entsprechend dem **Betriebszustand** des Motors.

In der Multiplizierstufe ist noch eine elektronische Schaltung zur **Spannungskorrektur** (Spannungskomensationsschaltung) untergebracht. **Aufgabe** dieser Schaltung ist es, die Auswirkung von unterschiedlichen **Bordnetzspannungen** auf die Einspritzdauer zu korrigieren.

Magneteinspritzventile öffnen durch die in ihnen erzeugten Selbstinduktionsspannungen verzögert (s. Kap. 51.2.3). Diese sogenannte **Ansprechverzögerung** ist stark abhängig von der Bordnetzspannung.

Sie führt zu einer Verringerung der **Einspritzdauer** und damit der **Einspritzmenge**. Durch die Spannungskorrektur wird dieser Einfluß so ausgeglichen, daß die Impulssteuerzeit t_i der Multiplizierstufe mit abnehmender Bordnetzspannung verlängert wird. Das hat zur Folge, daß der Ventilsteuerstrom der Endstufe länger eingeschaltet bleibt (Abb. 2).

Die von der Multiplizierstufe gelieferten **Einspritzimpulse** haben eine Stromstärke von ca. 10 mA. Um ein Einspritzventil (Magnetventil) zu öffnen, ist eine Stromstärke von 1,5 A, also für einen 4-Zylinder-Motor von 6 A erforderlich. Deshalb werden die Einspritzimpulse von der Endstufe **verstärkt** und als **Steuerstromimpulse** den Magnetventilen zugeführt (Abb. 3, S. 581).

Die **Endstufe im Steuergerät** ist ein elektronischer **Verstärker und Schalter**.

In der Endstufe befindet sich eine Verstärkerschaltung in Form einer **Darlingtonschaltung**, wie sie auch in den Zündstufen von Zündschaltgeräten Verwendung findet (Abb. 3).

Die von der Multiplizierstufe gebildeten **Einspritzimpulse** steuern die Endstufe. Die Impulse veranlassen den Transistor V1 zum Durchschalten. Dadurch wird auch der Transistor V2 zum Durchschalten veranlaßt. Es fließt ein Strom für die Dauer des Einspritzimpulses durch die Magnetventile (Abb.3). Durch den Stromimpuls gesteuert öffnen und schließen alle Magnetventile gleichzeitig.

Durch das **Öffnen der Magnetventile** (Stellglieder) wird **Kraftstoff** in der erforderlichen Menge der angesaugten Luft zugeführt.

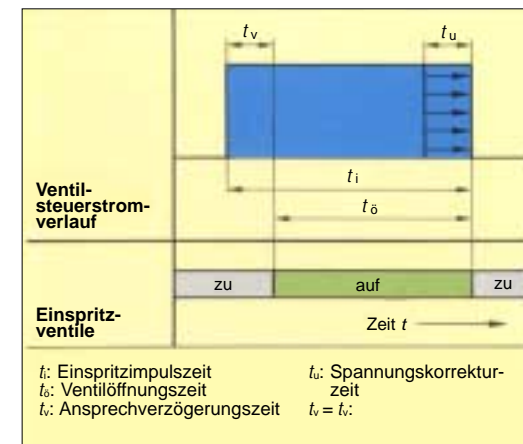


Abb.2: Spannungskorrektur

59.3 Aufbau und Wirkungsweise von elektronischen Regelungssystemen

Elektronische Regelungssysteme bilden Regelkreise (s. Kap. 12.1). In elektronischen Regelkreisen ist das **Regelgerät** bzw. der **Regler** das Hauptbauteil (Abb. 1, S.584). Im Gegensatz zur Steuerung muß für eine Regelung die **Regelgröße** laufend gemessen werden. Die Messung erfolgt durch einen **Sensor**. Das Sensorsignal ist ein Maß für den Istwert der Regelgröße und wird dem Regelgerät zugeführt. Im Regelgerät erfolgt ein Vergleich des Istwertes mit dem **Sollwert**. Aus dem Vergleich ergeben sich im Zusammenhang mit den Signalen der anderen Sensoren die Ausgangssignale für die **Aktoren** (z.B. Einspritzventile, Zündkerzen). Durch die Aktoren wird die Regelgröße beibehalten oder verändert (Abb. 1, S.584). In elektronischen Regelungssystemen ist der Regler bzw. das Regelgerät im **Steuergerät** des Systems enthalten. **Steuergeräte** von elektronischen Regelungssystemen haben neben der Regelungsaufgabe noch Steuerungsaufgaben zu erfüllen.

Elektronische Regelungssysteme sind z.B. :

- KE- und L-Jetronic-Einspritzanlagen mit Lambda-Sonde (Lambda-Regelung, s. Kap. 59.2.1),
- Leerlauffüllungsregelung (s. Kap. 59.2.2),
- Heizungsregelung (s. Kap. 59.2.3),
- Anti-Blockier-System (s. Kap. 46.3),
- Anti-Schlupf-Regelung (s. Kap. 46.4),
- Fahrgeschwindigkeitsregelung (s. Kap 12.1),
- Schließwinkelregelung (s. Kap. 55.5),
- Klopfregelung (s. Kap. 55.7)
- Generatorregelung (s. Kap. 53.4),
- Dieselregelung (s. Kap. 23.1.5)

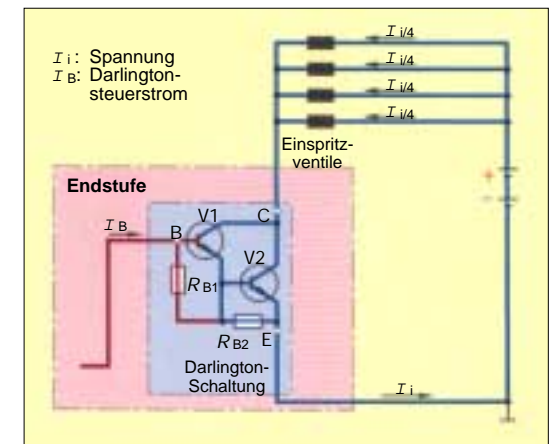


Abb.3: Darlington-Endstufe

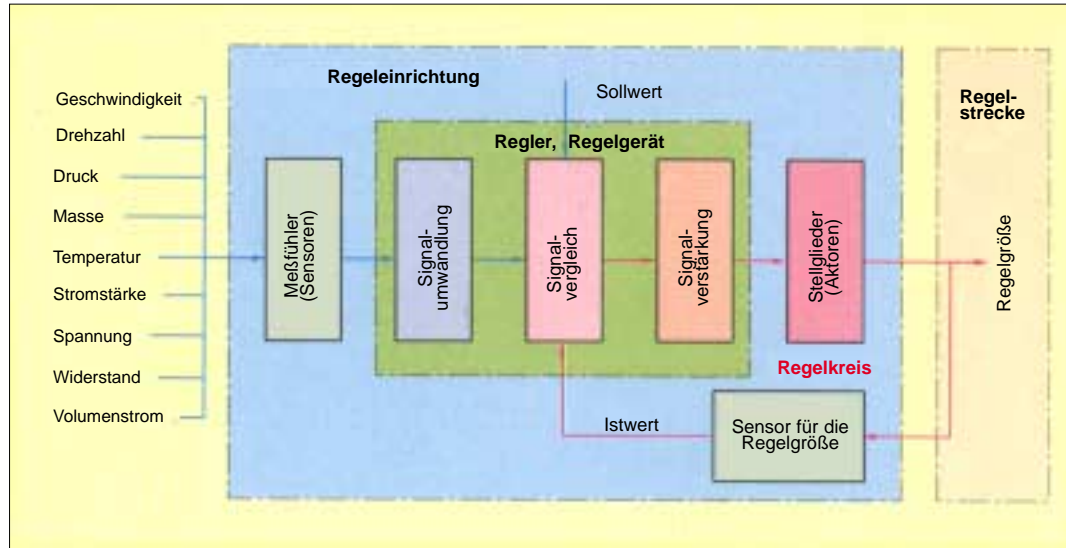


Abb.1: Signalübertragung in Regelungssystemen

59.3.1 Lambda-Regelung

Aufgabe der λ -Regelung ist es, der angesaugten Luftmasse so viel Kraftstoff zuzumessen, daß der λ -Wert zwischen 0,99 und 1,00 gehalten wird.

Die genaue Einhaltung des **Luftverhältnisses** λ (lambda, gr. kleiner Buchstabe) zwischen 0,99 und 1,00 sorgt für eine vollständige Verbrennung des Kraftstoff-Luft-Gemisches (s. Kap. 20.2.2). Die vollständige Verbrennung ist für einen hohen Wirkungsgrad der Abgasentgiftung durch einen Katalysator notwendig (s. Kap. 30.3).

Abb. 2 zeigt den **Regelkreis** der λ -Regelung. Der λ -Wert ist die zu regelnde Größe, d.h. die **Regelgröße**. Da der λ -Wert nicht direkt gemessen werden kann, erfaßt ein Meßfühler (λ -Sonde, s. Abb. 7, S.293 und Abb.1, S.294) in der Auspuffanlage als Maß für den λ -Wert den **Restsauerstoffgehalt** der Abgase (s. Kap. 30.3.2). Er beträgt z.B. bei $\lambda=0,95$ noch 0,2 bis 0,3 Volumenprozent. Treten Abweichungen des λ -Wertes bzw. des Restsauerstoffgehalts durch äußere Einwirkungen (Störgrößen), wie z.B. Änderung der Luftfeuchtigkeit auf, so sorgt die λ -Regelung für die Einhaltung des geforderten λ -Wertes.

Von der λ -Sonde wird laufend der Restsauerstoffgehalt in Form eines elektrischen **Eingangssignals** U_λ zum Steuergerät der elektronischen Einspritzanlage gegeben. Im Steuergerät ist der **Regler** für den λ -Wert enthalten. Im Regler wird das Eingangssignal

U_λ (Istwert der Regelgröße) mit dem Sollwert U_s der Regelgröße (Führungsgröße $\lambda=1$) verglichen, (Abb. 2).

Ergibt der Vergleich eine **Abweichung** des Istwertes vom Sollwert der Regelgröße, verändert der Regler das elektrische **Ausgangssignal** U_v für die elektromagnetischen Einspritzventile (Stellglieder). Das Ausgangssignal bestimmt die Öffnungsdauer der Einspritzventile und damit die Einspritzmenge des Kraftstoffs. Durch die veränderte Einspritzmenge (Stellgröße) wird die **Regelstrecke** (Motor) beeinflusst und damit die Regelgröße korrigiert. Dieser Regelvorgang wiederholt sich ständig.

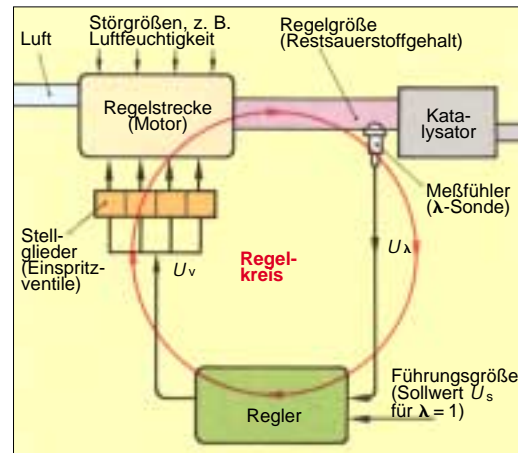


Abb.2: Regelkreis der λ -Regelung

59.3.2 Leerlauf-Füllungs-Regelung

Die **Leerlauf-Füllungs-Regelung** hat die **Aufgabe**, die Leerlaufdrehzahl des Motors den jeweiligen Betriebsbedingungen anzupassen.

Die Leerlauf-Füllungs-Regelung (Abb.3) wird auch als **Leerlauf-Drehzahl-Regelung** bezeichnet. Die Vorteile der Leerlauf Füllungs-Regelung sind:

- konstantes, emissions- und verbrauchsgünstigstes Leerlaufverhalten für alle Betriebsbedingungen,
- eine Absenkung der Leerlaufdrehzahl durch Belastungsänderungen, z.B. durch die Lenkhilfe, Einlegen der Fahrstufe in Automatikgetrieben und Klimaanlage, wird vermieden und
- eine notwendige Erhöhung oder Absenkung der Leerlaufdrehzahl, z.B. bei eingeschalteter Klimaanlage, Automatikgetrieben oder der Warmlaufphase des Motors wird ermöglicht.

Die Leerlauf-Füllungs-Regelung hat folgende **Bauteile** (Abb. 3):

- Leerlaufsteller,
- Drosselklappenschalter,
- Temperaturfühler,
- Sollwertschalter und
- Regelgerät.

Der **Leerlaufsteller** ist in die Bypass-Leitung parallel zur Drosselklappe eingebaut. Sein Öffnungsquerschnitt bestimmt die Leerlaufdrehzahl.

Der **Drosselklappenschalter** signalisiert dem Regelgerät, daß der Motor im Leerlauf bzw. nicht im Leerlauf betrieben wird. Wird der Motor nicht im Leerlauf betrieben, wird die Regelung ausgesetzt. Der Öffnungsquerschnitt des Leerlaufstellers wird dadurch auf einen Übergangswert eingestellt.

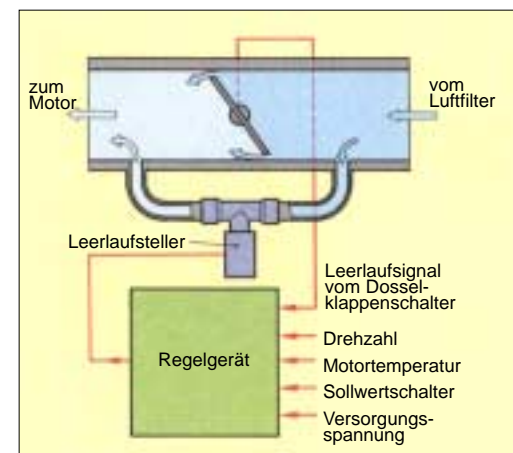


Abb.3: Leerlauf-Füllungs-Regelung

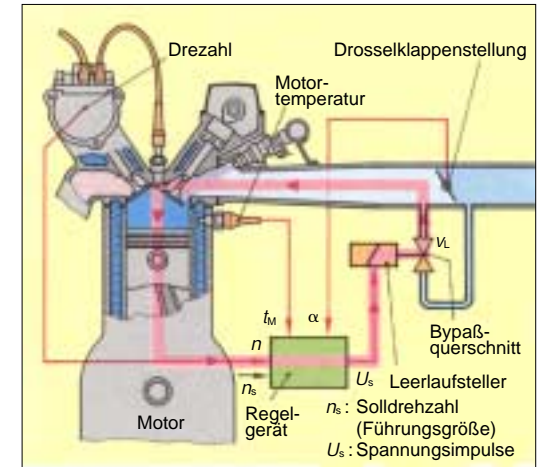


Abb.4: Regelkreis der Leerlauf-Füllungs-Regelung

Der **Temperaturfühler** sorgt in Verbindung mit dem Regelgerät für eine Leerlaufanhebung während der Warmlaufphase des Motors. Mit zunehmender Motortemperatur wird die Leerlaufdrehzahl vermindert. Durch den **Sollwertschalter** werden dem Regelgerät verschiedene Sollwerte für die Leerlaufdrehzahl eingegeben. Ist z.B. die Klimaanlage eingeschaltet wird die Leerlaufdrehzahl erhöht, um die erforderliche Kühlleistung zu gewährleisten.

Das **Regelgerät** gleicht den Istwert dem Sollwert der Leerlaufdrehzahl an.

Abb.4 zeigt den **Regelkreis** der Leerlauf-Füllungs-Regelung.

Das Regelgerät erhält vom Zündverteiler das **Drehzahlsignal**. (Istwert der Regelgröße). Der Istwert wird mit dem vom Sollwertschalter in das Regelgerät eingegebenem **Sollwert** der Leerlaufdrehzahl verglichen. Ergibt der Vergleich eine Abweichung vom Sollwert, erhält der Leerlaufsteller (Stellglied) vom Regelgerät die Spannungsimpulse U_s . Die Spannungsimpulse bewirken eine Verstellung des Öffnungsquerschnittes (Bypass-Querschnitt) durch den Leerlaufsteller (Stellgröße). Dadurch gelangt mehr oder weniger Leerlaufluftvolumen V_L zum Motor (Regelstrecke), wodurch die Leerlaufdrehzahl (Regelgröße) dem Sollwert angeglichen wird.

59.2.3 Heizungsregelung

Die Heizungsregelung übernimmt die sonst von Hand vorgenommene Regulierung der Innenraumheizung. Die Regulierung ist notwendig, da die Innenraumtemperatur durch unterschiedliche **Außen-temperaturen** und **Fahrgeschwindigkeiten** Schwankungen unterworfen ist.

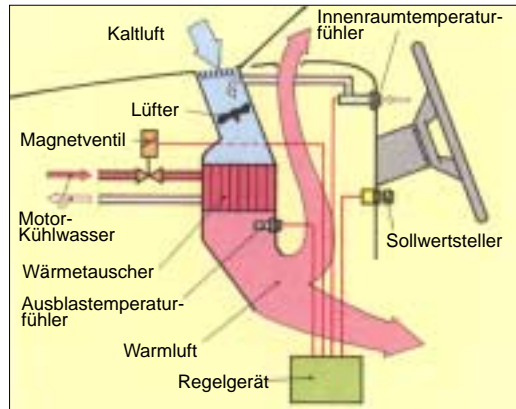


Abb.1: Aufbau der Heizungsregelung

Aufgabe der Heizungsregelung ist es, eine gewünschte und eingestellte Innenraumtemperatur eines Kraftfahrzeugs während der kalten Jahreszeit **konstant** zu halten.

Die Abb.1 zeigt den **Aufbau** der Heizungsregelung. Die **Anlage** enthält folgende Bauteile:

- Wärmetauscher,
- Lüfter,
- Temperatureinsteller,
- Innenraumtemperaturfühler,
- Ausblastlufttemperaturfühler,
- Magnetventil und
- Regelgerät.

Der **Wärmetauscher** gibt die Wärme des Kühlwassers an die vorbeiströmende Kaltluft ab.

Der **Lüfter** bestimmt die Luftmenge, die durch den Wärmetauscher und damit in den Fahrzeuginnenraum strömt.

Über den **Temperatureinsteller** (Sollwertgeber) wird die gewünschte Innenraumtemperatur eingestellt.

Der **Innenraumtemperaturfühler** mißt die Innenraumtemperatur. Damit Temperaturänderungen schnell erfaßt werden, wird durch einen Anschluß z.B. an das Saugrohr (Abb. 1), ständig Luft über den Fühler angesaugt.

Der **Ausblasttemperaturfühler** mißt die Temperatur der vom Wärmetauscher kommenden Warmluft.

Das **Magnetventil** bestimmt die Durchflußmenge des Motor-Kühlwassers durch den Wärmetauscher und damit die Temperatur der Ausblastluft.

Das **Regelgerät** gleicht den Istwert der Innenraumtemperatur dem Sollwert an. Es steuert das Magnet-

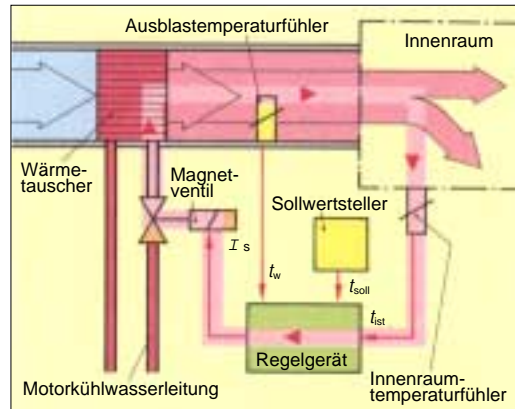


Abb.2: Regelkreis der Heizungsregelung

ventil und regelt dadurch die Temperatur der Ausblastluft. Die Steuerung des Magnetventils erfolgt durch Stromimpulse vom Regelgerät. Im stromlosen Zustand (Ruhezustand) ist das Magnetventil geöffnet. Die Änderung der Durchflußmenge des Kühlwassers wird durch wechselndes Öffnen und Schließen des Magnetventils erreicht. Ein Öffnungs- und Schließvorgang dauert ca. 4 Sekunden (Taktdauer). Soll z.B. die Durchflußmenge und damit die Innenraumtemperatur erhöht werden, so wird die Öffnungsdauer des Magnetventils verlängert. Dementsprechend kürzer sind die Stromimpulse vom Regelgerät zum Schließen des Magnetventils.

Der **Regelkreis** der Heizungsregelung ist in der Abb. 2 dargestellt.

Das Regelgerät erhält von den beiden Temperaturfühlern die Signale über die Innenraum- (Istwert der Regelgröße t_{ist}) und Ausblastlufttemperatur (Istwert der Hilfsregelgröße t_w). Nach einem im Regelgerät gespeicherten Programm werden die Signale bewertet und das Ergebnis mit dem vom Temperatureinsteller gelieferten Signal (Sollwert der Regelgröße = Führungsgröße t_{soll}) verglichen. Ergibt der Vergleich eine Abweichung vom Sollwert z.B. Innenraumtemperatur ist zu hoch, wird die Dauer der Stromimpulse I_s zum Magnetventil (Stellglied) durch das Regelgerät verlängert. Die Verlängerung der Stromimpulse bewirkt eine Verkleinerung der Durchflußmenge (Stellgröße) des Motor-Kühlwassers. Die Folge ist eine geringere Temperatur der Ausblastluft und dadurch auch eine geringere Temperatur im Innenraum (Regelstrecke) des Fahrzeugs.

In den **Endstellungen** des Temperatureinstellers werden Schalter betätigt, die zum einen die Heizung ausschalten und zum anderen auf maximales Heizen (Dauerheizen) einstellen. In beiden Fällen wird die Heizungsregelung ausgeschaltet.

59.4 Kombinierte Zünd- und Gemischbildungssysteme

Die kombinierten Zünd- und Gemischbildungssysteme haben die **Aufgabe**, den **Zündzeitpunkt** und die **Kraftstoffzumessung** so zu steuern, daß

- der Kraftstoffverbrauch gering,
 - die Motorleistung hoch und
 - der Anteil der Schadstoffe im Abgas gering ist.
- Das Hauptbauteil kombinierter Zünd- und Gemischbildungssysteme ist das für beide Teilsysteme **gemeinsame elektronische Steuergerät** mit dem digital arbeitenden **Mikrocomputer** (s. Kap. 12.3).

Wegen der **digitalen Verarbeitung** der Motordaten, werden kombinierte Zünd- und Gemischbildungssysteme auch als **digitale Motorelektronik (DME)** bzw. **digitales Motormanagement** bezeichnet.

Das Steuergerät verarbeitet für beide Teilsysteme die Motordaten (z.B. Motordrehzahl), die von den Sensoren (Meßfühler) an das Steuergerät geliefert werden.

Durch die **gemeinsame Steuerung** beider Teilsysteme werden Zündung und Kraftstoffzumessung optimiert.

Die **Arten** der kombinierten Zünd- und Gemischbildungssysteme unterscheiden sich hauptsächlich in der Ausführung des Teilsystems Gemischbildung. Unterschieden werden Systeme (s. Kap. 21.1) mit:

- Zentraleinspritzung, z.B. Mono-Motronic, Multec und
- Mehrpunkteinspritzung.

Bei der Mehrpunkteinspritzung wird unterschieden in:

- mechanisch-elektronische, z.B. KE-Motronic, und
- elektronische, z.B. L-Motronic, auch als Digifant bezeichnet, LH-Motronic.

Das **Zündsystem** besteht für alle Anlagen aus einer Kennfeldzündung mit Schließwinkelkennfeld (s. Kap. 55.6), die evtl. mit einer Klopfregelung ergänzt ist (s. Kap. 55.7). Die Verteilung der Zündspannung erfolgt dabei durch einen Hochspannungsverteiler oder verteilerlos (s. Kap. 55.8).

Der **Zündwinkel** ist z.B. für einen 6-Zylinder-Motor

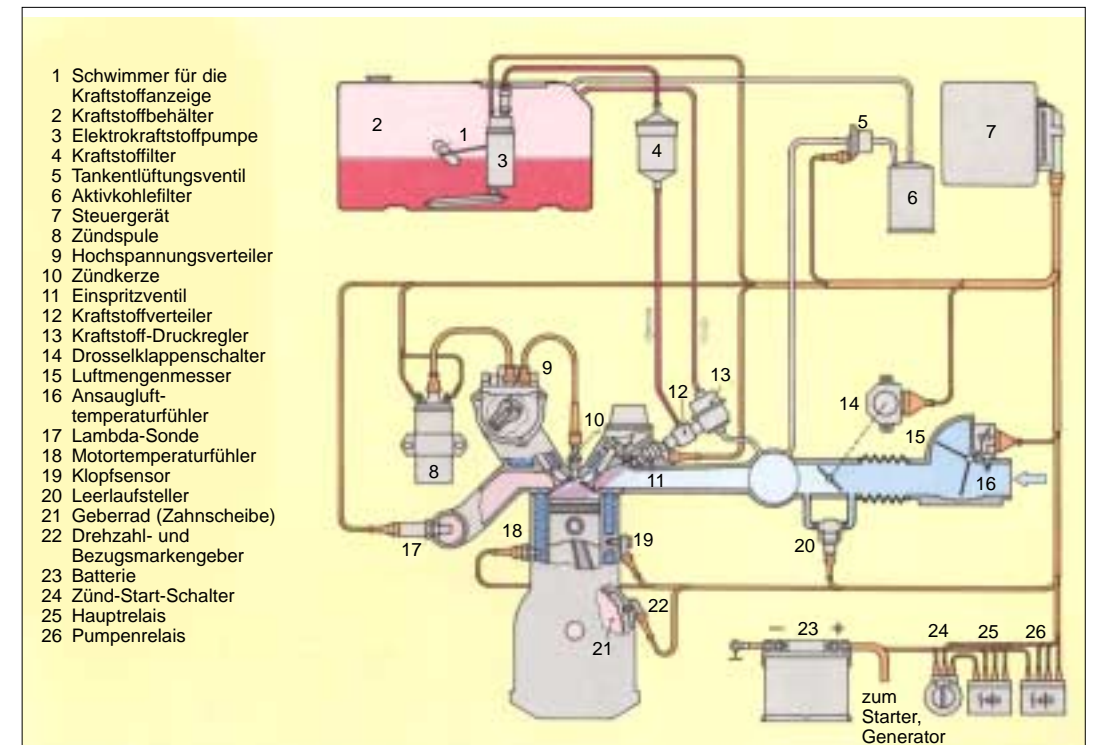


Abb.3: L-Motronic

59.4.1 L-Motronic

Am Beispiel der **L-Motronic** wird der Aufbau und die Wirkungsweise der Teilsysteme Zündung und Gemischbildung sowie des Steuergerätes beschrieben. Den **Aufbau** der L-Motronic zeigt die Abb.3, S. 587. Die wichtigsten **Bauteile** sind in der Abb. 1 dargestellt.

Gegenüber der **analogen** Verarbeitung der Signale älterer L-Jetronic-Systeme (s. Kap. 21.3.1 und 59.1.1) erfolgt die Signalverarbeitung für die L-Motronic grundsätzlich **digital**.

Zusätzlich ist durch die L-Motronic ein größerer Aufgabenumfang möglich, wie z. B. :

- Leerlauf-Füllungs-Regelung,
- Stop-Start-Betrieb,
- Drehzahlbegrenzung,
- Ladedrucksteuerung und
- Getriebesteuerung.

Teilsystem Zündung

Das Teilsystem Zündung besteht aus einer **Kennfeldzündung** mit oder ohne **Klopregelung**.

Frühere Ausführungen haben keine Klopregelung. Gegenüber älteren Ausführungen gibt es nur noch **einen** Induktionsgeber an der Zahnscheibe, der die

Funktionen des **Drehzahl- und Bezugsmarkengebers** in sich **vereint**. Statt des Stiftes auf der Zahnscheibe fehlt im Zahnkranz ein Zahn. Die Zahnkranzlücke hat die gleiche Signalwirkung wie der Stift (s. Abb.4, S.550).

Durch das gemeinsame Steuergerät werden die Signale vom Motor- und Ansauglufttemperaturfühler sowie vom Drosselklappenschalter zur **Zündwinkelverstellung** mit herangezogen.

Bei neueren Ausführungen ist die Zündung vollelektronisch (s. Kap. 55.8). Die Zündspannungsverteilung erfolgt durch **Einzelfunken-** bzw. **Zweifunkenzündspulen**. Der Hochspannungsverteiler ist dann nicht mehr notwendig.

Teilsystem Gemischbildung

Das Teilsystem Gemischbildung besteht aus der **L-Jetronic mit Lambda-Regelung**.

In neueren Ausführungen ist die Kraftstoffpumpe im Kraftstoffbehälter untergebracht. Das Kaltstartventil und der Thermozeitschalter fehlen (s. Abb.3, S.587 und Abb.1, S.191). Die Kaltstartanreicherung erfolgt über die Einspritzventile.

Die Kraftstoffversorgung, Luftmengenmessung, Kraftstoffzumessung und die Anpassung an verschiedene Betriebszustände, wie z.B. Kaltstart, Warmlauf, Leerlauf, Beschleunigen und Vollast, werden wie bei der L-Jetronic durchgeführt (s. Kap. 21.3.1).

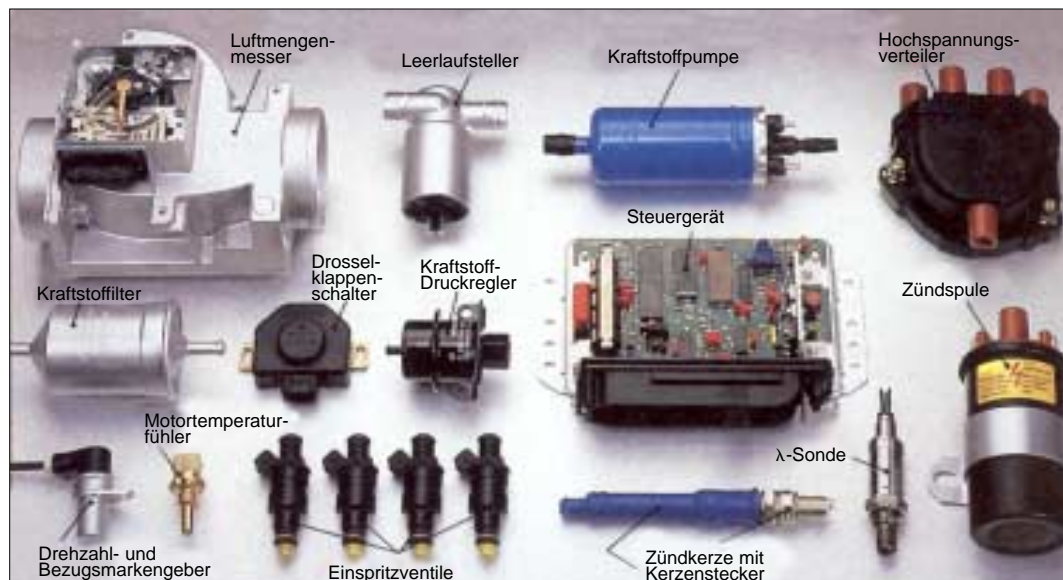


Abb.1: Bauteile der L-Motronic

Steuergerät

Das Steuergerät hat die **Aufgabe**, die von den Sensoren gelieferten Signale (Daten) mit Hilfe von gespeicherten **Kennfeldern** so zu verarbeiten, daß die Steuerimpulse für die Einspritzventile und die Zündungsstufe im Hinblick auf den Betriebszustand des Motors optimal sind. Der **Aufbau** des Steuergerätes ist in der Abb. 1 dargestellt.

Das Steuergerät ist in **Leiterplattentechnik** ausgeführt und enthält ca. 200 elektronische Bauteile. Der digitale Teil, bestehend aus den integrierten Schaltkreisen (ICs), ist im wesentlichen im mittleren Teil der Platine untergebracht.

Die **Leistungsendstufen** für die Einspritzung, Zündung und Kraftstoffpumpensteuerung befinden sich am Rande der Platine. Kühlwinkel sorgen für die notwendige Wärmeableitung an den Endstufen.

Die Verbindung des Steuergerätes mit der Batterie, den Sensoren und Aktoren erfolgt über einen 35poligen Stecker.

Elektronische **Sicherheitschaltungen** sorgen dafür, daß das Steuergerät **verpol- und kurzschlußsicher** ist.

Im Steuergerät ist das **Mikrocomputersystem** enthalten. Das Mikrocomputersystem ist das Rechenzentrum der Motronic. Hier werden die Eingabesignale

von den Sensoren verarbeitet. Mit Hilfe der Eingabesignale werden die Einspritzzeit sowie der Schließ- und Zündwinkel berechnet. Abb. 2 zeigt den **Blockschaltplan** des Steuergerätes mit der Eingabe- und Ausgabe-Peripherie (s. Kap. 12.3).

Die **Sensoren** bilden die **Eingabe Peripherie**. Je nach Umfang der Motronic besteht diese aus:

- Drehzahl - und Bezugsmarkengeber,
- Luftmengenmesser,
- Motor- und Lufttemperaturfühler.
- Lastbereichssensor (Drosselklappenschalter),
- Klopfsensor,
- Lambda-Sonde usw.

Das **Mikrocomputersystem** (Abb. 2 und Kap. 12.3) besteht aus:

- Ein- und Ausgabeeinheit,
- Taktgeber,
- Bus,
- Mikroprozessor (CPU),
- Festwertspeicher (ROM) und
- Betriebsdatenspeicher (RAM).

Die **Aktoren** (Ausgabe-Peripherie) sind :

- Kraftstoffpumpe,
- Zündspule,
- Einspritzventile und je nach Aufgabenumfang der Motronic noch weitere Aktoren (Stellglieder). Z.B. Ladedruckventil bei Turbomotoren, Leerlaufsteller für Leerlauf-Füllungs-Regelung usw.

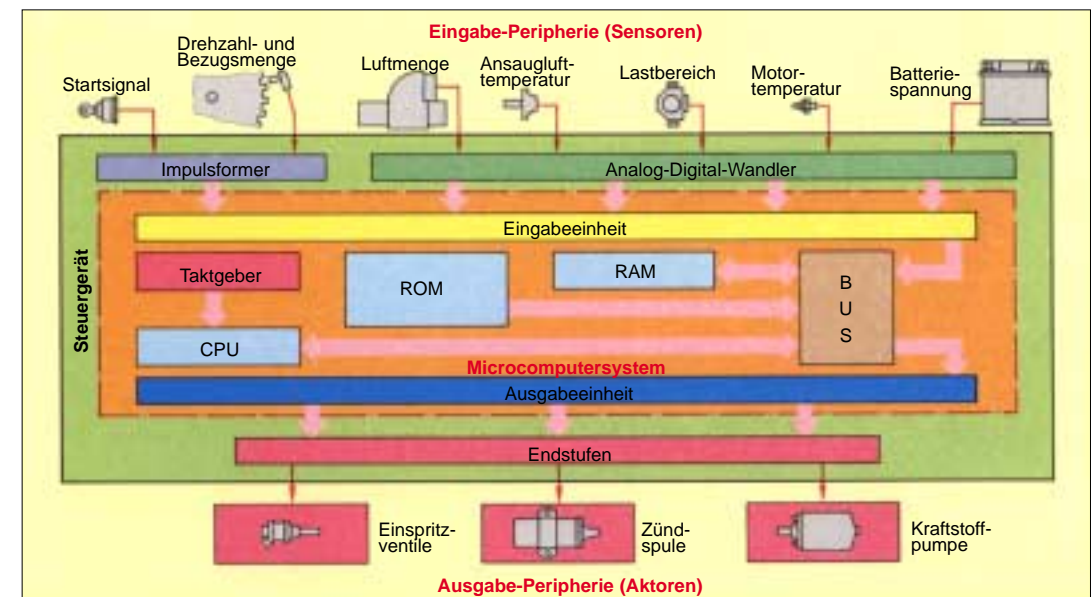


Abb.2: Blockschaltplan des Steuergerätes

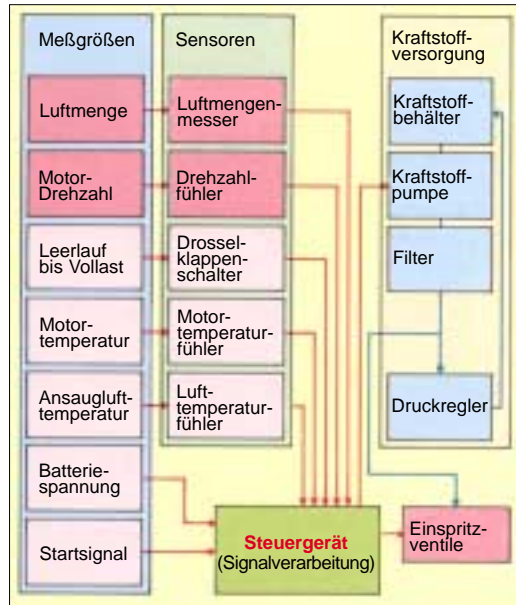


Abb.1: Systembild der Kraftstoffzumessung

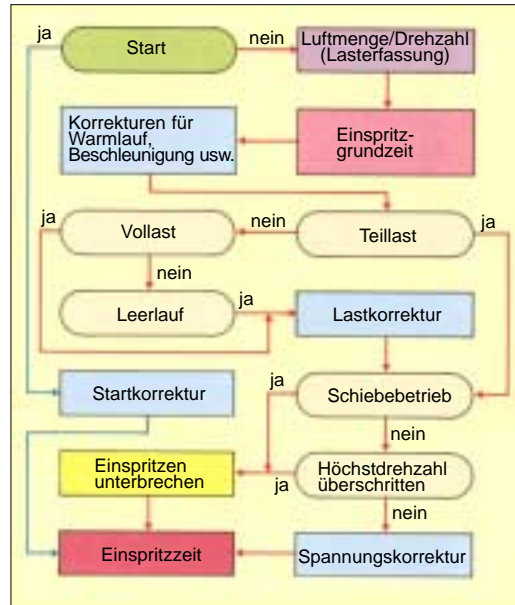


Abb.3: Flußdiagramm zur Berechnung der Einspritzzeit

Berechnung der Einspritzzeit

Die Berechnung der **Einspritzzeit** erfolgt in erster Linie in Abhängigkeit von der angesaugten Luftmenge und der Motordrehzahl (Abb.1). Aus dem Luftmengensignal und dem Drehzahlsignal wird die Luftmenge pro Hub bestimmt. Diese ist ein Maß für die Motorlast und bestimmt die **Einspritzgrundzeit**.

Zur Berechnung der Einspritzgrundzeit ist im Steuergerät ein **Lambda (λ)-Kennfeld** gespeichert (Abb.2 und Kap. 20.2.2). Das λ -Kennfeld wird für den betreffenden Motor auf dem Motorprüfstand ermittelt und anschließend durch Fahrversuche verbessert. Die Festlegung des λ -Kennfeldes erfolgt dabei nach folgenden Kriterien:

- geringe Schadstoffwerte,
- niedriger Kraftstoffverbrauch,

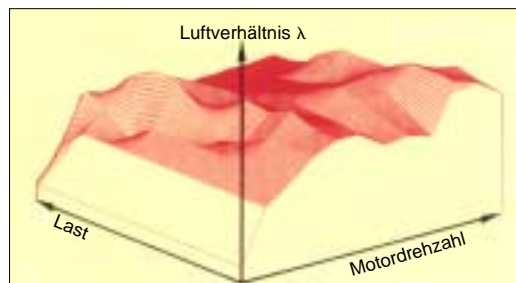


Abb.2: Lambda-Kennfeld

- möglichst große Motorleistung und
- ruhiger Motorlauf.

Mit Hilfe des λ -Kennfeldes wird die **Einspritzzeit** und damit die einzuspritzende **Kraftstoffmenge** dem Betriebszustand des Motors optimal angepaßt.

Im **Vollastbetrieb** ist das Kennfeld so ausgelegt, daß der Motor über den gesamten Drehzahlbereich möglichst die größte Leistung abgibt. Der λ -Wert beträgt dann ca. 0,85 bis 0,95.

Im **Teillastbetrieb** sind λ -Werte gespeichert, die für geringe Schadstoffwerte und niedrigen Kraftstoffverbrauch sorgen.

Im **Leerlaufbetrieb** ist der λ -Wert an einen möglichst ruhigen Motorlauf angepaßt.

Bei der **Abgasentgiftung** mit Dreiwegekatalysator (s. Kap. 30.3) und λ -Regelung (s. Kap. 59.2.1) wird im **Teillastbetrieb** auf einen λ -Wert 1 geregelt.

Die λ -Regelung überlagert im Teillastbetrieb des Motors die λ -Steuerung des Kennfeldes.

Dadurch wird sichergestellt, daß das Luftverhältnis in dem engen Bereich gehalten wird, in dem der Dreiwegekatalysator am besten arbeitet (s. Kap. 30.3).

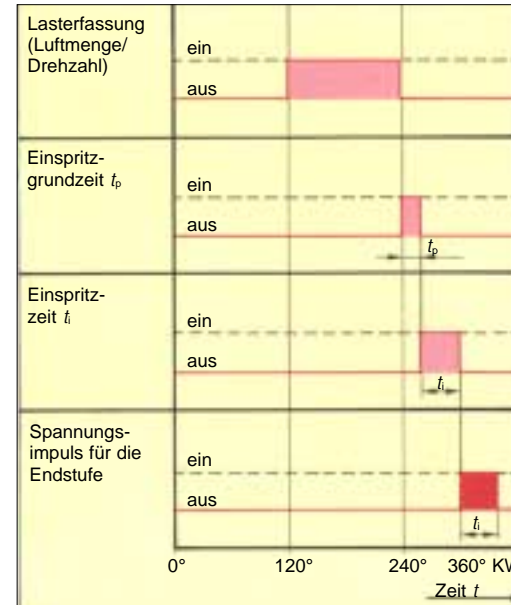


Abb.4: Bildung des Einspritzzeitimpulses

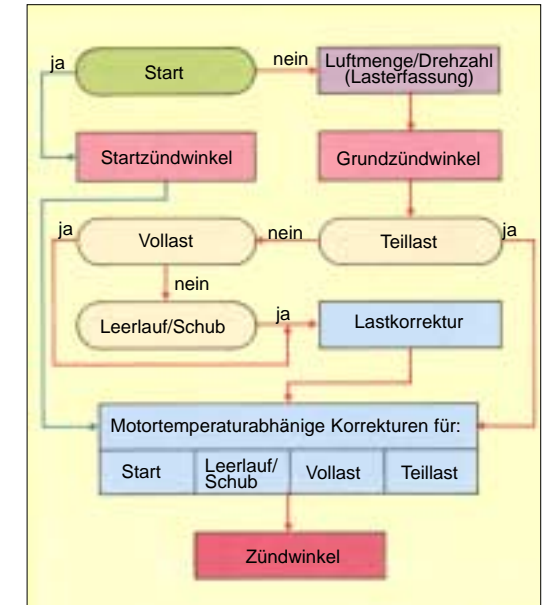


Abb.5: Flußdiagramm zur Berechnung des Zündwinkels

λ

Das λ -Kennfeld sorgt für die bestmögliche Zusammensetzung des Kraftstoff-Luft-Gemisches in den Betriebsbereichen des Motors, in denen die λ -Regelung noch nicht oder nicht optimal arbeitet, z.B. Leerlauf, Warmlauf, Vollastbetrieb.

Das **Flußdiagramm** (Abb. 3) zeigt die zur Berechnung der Einspritzzeit vom Steuergerät vorzunehmenden Schritte.

In der Abb.4 ist die Bildung des Einspritzzeitimpulses dargestellt. Die Lasterfassung erfolgt zwischen 120 und 240° Kurbelwellenwinkel (KW) durch das Steuergerät. Aus dem Ergebnis der Lasterfassung berechnet das Steuergerät mit Hilfe des λ -Kennfeldes die **Einspritzgrundzeit**. Dann werden die **Korrekturfaktoren** für den Betriebszustand des Motors berechnet (Abb.3). Unter Berücksichtigung der Korrekturfaktoren wird anschließend die **Einspritzzeit** errechnet und in Form eines Spannungsimpulses an die Endstufe für die Kraftstoffeinspritzung gegeben.

Berechnung des Zünd- und Schließwinkels

Die Berechnung des **Zündwinkels** bzw. **Zündzeitpunktes** und des **Schließwinkels** erfolgt in Abhängigkeit von den Signalen der Sensoren für Last, Drehzahl, Temperatur und Drosselklappenstellung. Durch die im Steuergerät gespeicherten Kennfelder für den Zünd- und Schließwinkel (s. Kap. 55.6) wer-

den für jeden Betriebszustand des Motors die günstigsten Werte bestimmt. Die Abb. 5 zeigt das **Flußdiagramm** zur Berechnung des **Zündwinkels**.

Im **Zündkennfeld** sind die **Grundzündwinkel** des betriebswarmen Motors bei Teillast gespeichert.

Der **Grundzündwinkel** muß deshalb für andere Betriebszustände des Motors verändert werden. Die Abb. 1, S. 592 zeigt die Bildung des Schließ- und Zündwinkels in Form von Spannungssignalen für einen 6-Zylinder-Motor. Das Steuergerät enthält einen **Winkelzähler**. Dieser zählt die vom Drehzahlgeber kommenden Impulse und bildet daraus eine »Sägezahnspannung«. Parallel dazu werden die vom Mikroprozessor errechneten Werte für den **Zünd- und Schließwinkel** aus dem Zwischenspeicher in Form eines Spannungssignals abgerufen. Die beiden Signale werden elektronisch zur Deckung gebracht, wobei bei Gleichheit der Spannungswerte beider Signale das **Zündsignal** ein bzw. ausgeschaltet wird (Abb. 1, S.592).

Der Beginn des Zündsignals ist der Einschaltzeitpunkt und das Ende ist der Ausschaltzeitpunkt für den Primärstrom und damit der **Zündzeitpunkt**.

Die **Länge des Zündsignals** bestimmt die **Schließzeit** und damit den **Schließwinkel**.

Der **Zündwinkel** ist z.B. für einen 6-Zylinder-Motor der Abstand des Zündzeitpunktes von der 120°, 240° und 360°-KW-Marke (Abb. 1). Die **Zündungsendstufe** wird vom **Zündsignal** gesteuert. Sie schaltet den Primärstrom ein und aus. Vorwiderstände für die Zündspule sind nicht vorhanden. Deshalb wird die Endstufe stromgeregelt und hat eine **Ruhestromabschaltung** (s. Kap. 55.5).

Je nach **Aufgabenumfang** der Motronic berechnet das Steuergerät noch die Auslösesignale für die Endstufen z.B. der:

- Leerlauf-Füllungsregelung,
- Abgasrückführung,
- Ladedruckregelung,
- Zylinderabschaltung.

Plausibilitäts-Prüfung und Varianten-Codierung

Es gibt Steuergeräte der Motronic mit einer **Plausibilitäts-Prüfung** (plausibel, lat.-fr.: verständlich, begreiflich).

Durch die **Plausibilitäts-Prüfung** werden die von den Sensoren gelieferten Signale auf ihre »**Glaubhaftigkeit**« kontrolliert.

Wird ein Signal durch die Plausibilitäts-Prüfung als **nicht glaubhaft** angesehen, schaltet das Steuergerät ein **Notlaufprogramm** ein. Das Notlaufprogramm enthält Ersatzwerte, die den **normalen** Betriebsbedingungen entsprechen.

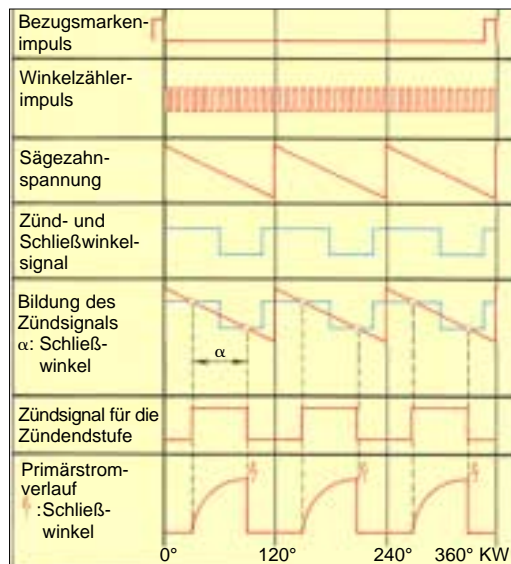


Abb.1: Bildung des Schließ- und Zündwinkels

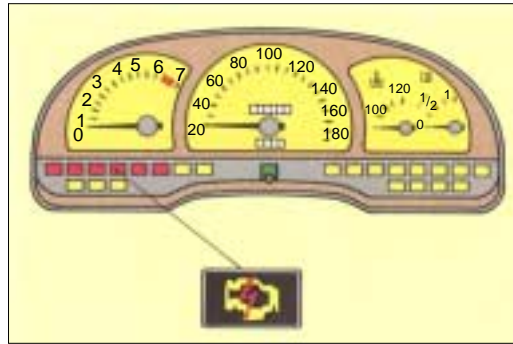


Abb.2: Motorkontrolllampe

Ist z.B. die Leitung zum Motortemperaturfühler unterbrochen, so ist der Widerstand der Leitung unendlich. Dies entspricht einer Motortemperatur von -31°C. Durch die Plausibilitäts-Prüfung wird diese Störung erkannt und durch den Ersatzwert +80°C ersetzt. Gleichzeitig blinkt die am Armaturenbrett befindliche Motorkontrolllampe (Abb. 2).

Aufgabe der **Plausibilitäts-Prüfung** ist es, den Motor vor Schäden zu bewahren und durch die Bereitstellung eines **Notlaufprogramms** die Fahrt bis zur nächsten Werkstatt zu gewährleisten.

Aufgrund der unterschiedlichen Fahrzeug- und Motortypen sowie der gesetzlichen Bestimmungen in den Ländern, wurden sehr viele Ausführungen der Steuergeräte gefertigt. Um diese Vielfalt zu verringern, werden nur einige Steuergerätearten hergestellt, die elektronisch umfangreicher ausgerüstet sind. So decken z.B. bei einem Fahrzeughersteller 6 Grundtypen von Steuergeräten 150 ehemalige Ausführungsformen (Varianten) ab.

In den Grundtypen sind alle Kennfelder gespeichert, die für mehrere Fahrzeugtypen notwendig sind. Durch die sogenannte **Varianten-Codierung** am Ende der Fahrzeugfertigung bzw. durch Austausch eines Steuergerätes während einer Reparatur, werden nur die Kennfelder aktiviert, die für den betreffenden Fahrzeugtyp benötigt werden.

Durch **Varianten-Codierung** kann ein Steuergerät für mehrere Fahrzeugtypen verwendet werden.

Die Varianten-Codierung erfolgt durch **Einschreiben** codierter **Steuerwörter** über einen Computer. Die Codierung des Steuergerätes für einen Fahrzeugtyp kann jederzeit durch eine erneute Varianten-Codierung, z.B. für einen anderen Fahrzeugtyp, geändert werden.

59.4.2 Wartung und Diagnose

Die Motronic ist wartungsfrei. Sind Reparaturarbeiten durchzuführen, so sind die in den Kap. 21.5 und 55.8 genannten **Sauberkeitsregeln** und **Unfallverhütungsvorschriften** zu beachten.

Die Motronic verfügt über eine **Eigendiagnose** (s. Kap. 21.5). Die Eigendiagnose ist möglich, weil die Signale der Sensoren während des Motorbetriebs laufend überwacht werden.

Mit Hilfe der **Eigendiagnose** werden im Betrieb auftretende Fehler erkannt und in einem **Fehlerspeicher** abgelegt.

Tritt ein Fehler auf, so wird dies durch Blinken der **Motorkontrolllampe** angezeigt (Abb. 2). Das Blinken zeigt an, daß ein Fehler vorhanden ist. Welcher Fehler vorliegt, kann durch Auslesen des Fehlerspeichers bestimmt werden. Das Auslesen des Fehlerspeichers wird mit Hilfe der Motorkontrolllampe (Blinkcode) oder durch spezielle Testgeräte vorgenommen (s. Kap. 21.5).

Durch die **Eigendiagnose** wird die **Fehlersuche** mit gezielten Hinweisen auf Fehlerart und Fehlerort erleichtert.