

### 2.1.19.5 Benzineinspritzung mit Luftmassenmessung (LMM)

Bei diesem System wird die Luftmasse dadurch erfasst, dass ein „thermischer Lastsensor“ (Hitzdraht oder Heißfilm) von der vorbeiströmenden Luft abgekühlt wird. Dadurch ändert sich der Sensorwiderstand.

Eine Elektronik regelt den Heizstrom so, dass die Temperatur des Sensors bzw. der Sensoroberfläche konstant bleibt. Das daraus abgeleitete variable Spannungssignal ergibt das Messsignal für das elektronische Steuergerät.

Luftmassenmesser messen direkt die dem Motor zugeführte Luftmasse, d.h. die Messung ist unabhängig von der Luftdichte, die von Luftdruck (Höhenlage) und Lufttemperatur abhängt.

Da das Kraftstoff-Luft-Gemisch als Masseverhältnis angegeben wird, z.B. 1 kg Kraftstoff zu 14,8 kg Luft, ist die Luftmassenmessung das genaueste Messverfahren für die Gemischbildung.

#### Luftmassenmessung mit Hitzdraht, LH-Motronic

Die LH-Motronic ist eine Weiterentwicklung der L-Jetronic. Einspritzsystem und Zündsystem werden von einem gemeinsamen Steuergerät versorgt.

Bei diesem Benzineinspritzsystem ist im Ansaugkanal ein Hitzdraht (Bild 1) aufgespannt. Der Hitzdraht wird durch elektrischen Strom auf einer konstanten Temperatur von 100°C über der Ansaugtemperatur gehalten. Wird durch wechselnde Fahrzustände vom Motor mehr oder weniger Luft angesaugt, verändert sich die Temperatur im Hitzdraht. Der Wärmeentzug muss durch den Heizstrom ausgeglichen werden. Die Größe des benötigten Heizstromes ist damit ein Maß für die angesaugte Luftmasse. Die Luftmassenmessung erfolgt etwa 1 000-mal je Sekunde. Bei Bruch des Hitzdrahtes schaltet das Steuergerät auf Notlauf. Das Fahrzeug bleibt eingeschränkt fahrbereit.

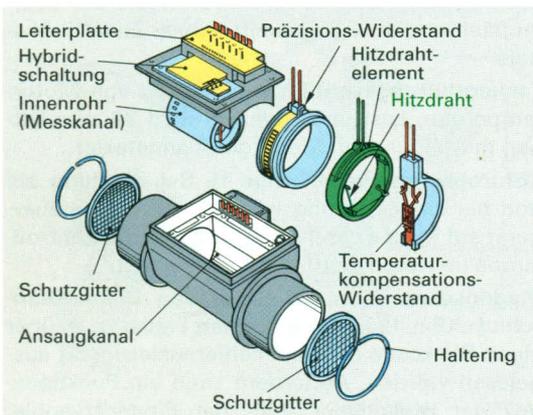


Bild 1: Hitzdraht-Luftmassenmesser

Da der Hitzdraht im Ansaugkanal sitzt, können sich Ablagerungen bilden, die das Messergebnis beeinflussen. Nach jedem Abstellen des Motors wird durch ein Signal vom Steuergerät deshalb der Hitzdraht kurzzeitig auf etwa 1 000°C erwärmt und so von Ablagerungen freigebrennt.

Drahtgitter schützen den Platin-Hitzdraht (Durchmesser 0,07 mm) vor mechanischen Einflüssen. Das Hitzdrahtelement kann auch in einem Bypasskanal (Bild 2) zum Innenrohr angebracht sein. Durch das Luftleitgitter werden Luftturbulenzen an der Messstelle verhindert. Im Innenrohr befinden sich keine beweglichen Bauteile, die als Strömungswiderstand wirken. Eine Verschmutzung des Hitzdrahtelementes wird durch seine Glasbeschichtung und die hohe Luftgeschwindigkeit im Bypasskanal vermieden. Das Freibrennen ist bei dieser Anlage nicht mehr nötig.

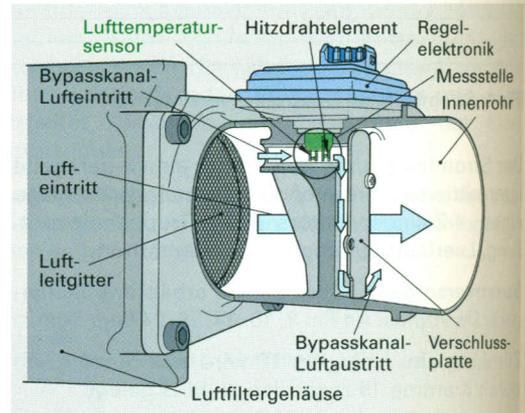


Bild 2: Hitzdrahtelement im Bypasskanal

#### Luftmassenmessung mit Heißfilm (HFM)

In einem zusätzlichen Messkanal zum Innenrohr ist ein Heißfilm-Luftmassensensor (Bild 3) eingebaut. Der Heißfilm ist weitgehend unempfindlich gegen Verschmutzungen. Ein Freibrennen – wie bei der Hitzdraht-Luftmassenmessung im zylindrischen Messkanal – ist nicht notwendig.

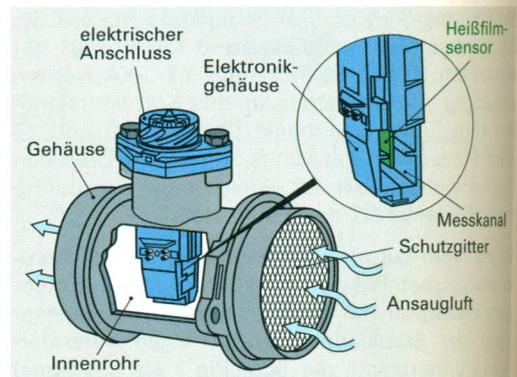


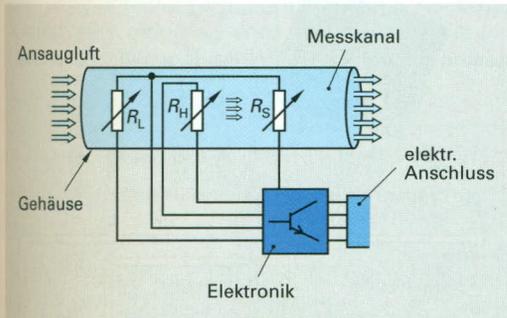
Bild 3: Heißfilm-Luftmassenmesser

**Wirkungsweise.** Die vom Motor angesaugte Luftmasse durchströmt den Luftmassenmesser und beeinflusst so die Temperatur am Heißfilmsensor. Der Heißfilmsensor besteht aus drei elektrischen Widerständen:

- Heizwiderstand  $R_H$  (Platinfilmwiderstand)
- Sensorwiderstand  $R_S$
- Temperaturwiderstand  $R_L$  (Ansauglufttemperatur)

Die elektrische Brückenschaltung (**Bild 1**) besteht aus dünnen Filmwiderständen, die auf einer Keramikschrift aufgebracht sind.

Die Elektronik im Heißfilm-Luftmassenmesser regelt über eine veränderliche Spannung die Temperatur des Heizwiderstandes  $R_H$  so, dass sie  $160^\circ\text{C}$  über der Ansauglufttemperatur liegt. Die Ansauglufttemperatur wird vom temperaturabhängigen Ansauglufttemperaturwiderstand  $R_L$  erfasst. Die Temperatur des Heizwiderstandes wird durch den Sensorwiderstand  $R_S$  ermittelt. Bei erhöhtem oder verringertem Luftmassendurchsatz wird der Heizwiderstand mehr oder weniger abgekühlt. Die Elektronik regelt über den Sensorwiderstand die Spannung am Heizwiderstand nach, um die Temperaturdifferenz von  $160^\circ\text{C}$  wieder zu erreichen. Aus dieser Regelspannung erzeugt die Elektronik für das Steuergerät ein Signal für die angesaugte Luftmasse (Durchsatz).



**Bild 1: Brückenschaltung des Heißfilmsensors**

Bei Ausfall des Luftmassenmessers kann das elektronische Steuergerät einen Ersatzwert für die Öffnungszeit der Einspritzventile bilden (Notlaufbetrieb). Der Ersatzwert wird gebildet aus Drosselklappenwinkel und Drehzahlsignal.

#### Vorteile der Luftmassenmessung:

- Exaktes Erfassen der Luftmasse
- schnelles Ansprechen des Luftmassenmessers
- keine Messfehler durch Luftdruckunterschiede
- keine Messfehler durch Temperaturunterschiede der Ansaugluft
- einfacher Aufbau und keine bewegten Teile im Luftmassenmesser
- sehr geringer Strömungswiderstand im Ansaugkanal.

### WIEDERHOLUNGSFRAGEN

1. Welche Verfahren gibt es zur Luftmassenmessung bei Benzineinspritzanlagen?
2. Wie erfolgt die Luftmassenmessung mittels Hitzdraht?
3. Was versteht man unter „Freibrennen“?
4. Wie erfolgt die Luftmassenmessung mittels Heißfilmsensor?
5. Welcher Unterschied besteht in der Luftmassenmessung mittels Hitzdraht oder Heißfilm?
6. Nennen Sie die Vorteile der Luftmassenmessung.

### 2.1.19.6 Druckgesteuerte Benzineinspritzung

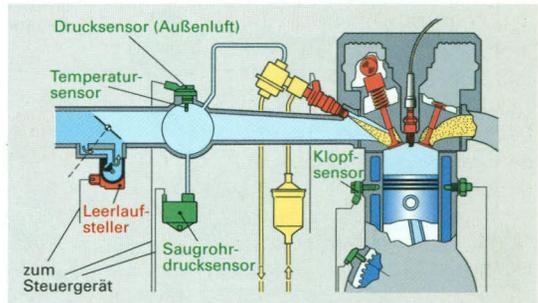
Sie ist eine indirekte, dezentrale, intermittierende Mehrpunkteinspritzung mit elektronischer Steuerung.

#### Hauptsteuergrößen

Saugrohrdruck, Motordrehzahl ( $p/n$ -System)

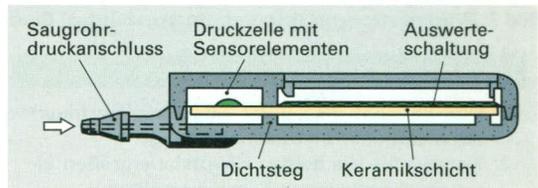
Bei der druckgesteuerten (saugrohrdruckgeführten) Benzineinspritzung (**Bild 3, Seite 298**) sind Einspritz- und Zündsystem in einem elektronischen Steuergerät integriert ( $p^*$ -Motronic).

Der Saugrohrdrucksensor kann am Saugrohr (**Bild 2**) oder über eine pneumatische Verbindung direkt im Steuergerät eingebaut sein. Er erfasst den Druck im Saugrohr als Steuergröße zur Bestimmung der Einspritzgrundzeit.



**Bild 2: Saugrohrdrucksensor am Saugrohr**

**Saugrohrdrucksensor (Bild 3).** Er ist unterteilt in die Druckzelle mit zwei Sensorelementen und den Raum für die Auswerteschaltung. Die Sensorelemente und die Auswerteschaltung sind auf einer gemeinsamen Keramikschrift aufgebracht.



**Bild 3: Saugrohrdrucksensor (im Steuergerät)**

\*  $p$  (engl.) pressure Druck