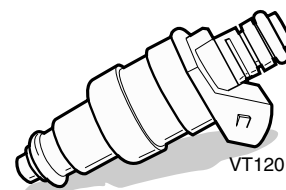


## Insprutningssystem – EFI

*Förkortningen EFI betyder, electronic fuel injection.  
På svenska kallar man det elektriskt styrd bränsleinsprutning.*



### Historik

De första sprutsystemen för fyrtakts bensinmotorer var helt mekaniska system. De togs fram för flygplansmotorer. Man använde sig av samma konstruktion som i dieselmotorer men med lägre bränsletryck och annan placering av spridarna. Förutom att eliminera en del brister som förgasaren har vid ryggflygning och stora g-krafter, var man intresserad av hög motoreffekt och bra bränsleekonomi. Det senare påverkade i hög grad räckvidden för flygplanen.

Robert Bosch AG hade ett system för bilar färdigt omkring 1940. Men projektet avbröts och resurserna koncentrerades i stället på flygplansmotorer. Under början av 40-talet satsade man alla resurserna – både i USA och i Europa – på att förbättra systemen på flygplanen. Efter kriget kunde man med ny erfarenhet gå vidare och fortsätta på bilar och motorcyklar.

Det var Bosch som tillsammans med Daimler-Benz var först med att utveckla ett system för bilar. Det användes 1953 i Mercedes-Benz Formula 1 tävlingsmotorn W196. En rak 8:a på 2,5 liter som utvecklade imponerande 290 hk vid 9000 r/min.

Samma år användes även insprutning på en BMW motorcykel. Den tyska fabriksföraren Walter Zeller körde då en tvåcylindrig BMW boxer till en del tätplaceringar i internationella TT tävlingar. Injektorerna var placerade en bit in och i mitten på insugningstrattarna. Spjällhusen hade slidventiler.

1954 kom det första sprutsystemet i en seriebyggd bil och det var i MB 300SL. Systemen kom senare i dyrare personbilar från Mercedes-Benz. Exempelvis 300 Sc som byggdes 1955 till 1958. Modellen var tydligt märkt med Einspritzmotor på bakre stötfångaren.

1949 tog Stuart Hilborn i USA fram ett sprutsystem till Offenhauser motorn. En fyraliters metanolmotor som dominerade amerikansk banracing i över 30 år. På standardbilar var Chevrolet först med Rochester Ramjet 1957. När man började trimma amerikanska V8 motorer med hjälp av sprutsystem så använde man system från Hilborn. Systemen var helt mekaniska. De används fortfarande med framgång i både bilar och motorcyklar.

Den sista bilmodellen med förgasare som såldes i USA var en Subaru och året var 1990.

Den första serietillverkade motorcykeln med sprutsystem var Kawasaki Z1000 som kom 1980. Årsmodell 2003 var sista hojarna från Harley-Davidson med förgasare. Katalysatorrening på alla modeller och på alla marknader är nästa steg.

Insprutningssystemen har ännu inte slagit ut förgasaren som bränsleblandare på små motorer i motorcyklar, motorsågar, gräsklippare och båtmotorer. Men det är bara en tidsfråga innan miljölagar sätter stopp även för dessa motorer.

## Fördelar och nackdelar

En förgasare är en väl beprövad, långt utvecklad, robust, tekniskt enkel och billig anordning för att åstadkomma en användbar luftbränsleblandning till en bensinmotor. Jämför man förgasaren med sprutsystemet så kan man hitta följande skillnader.

- Förgasare ger en för förbränning dålig luftbränsleblandning. Det beror på att bränslet inte är tillräckligt finfördelat i luften som sugas in i motorn. I ett sprutsystem är bränslet under tryck och sprutas in i inloppet till motorn. Det höga trycket gör att bränslet finfördelas. Resultatet blir bättre bränsleekonomi och mindre emissioner än en förgasare.
- Förgasaren fungerar inte bra över hela varvtalsområdet. Den har för få möjligheter att finjustera bränslet till olika varvtal. Ett sprutsystem kan ställas in på betydligt fler ställen i varvtalsområdet.
- Kallstartsegenskaperna hos sprutsystemet är vida överlägset en förgasare både då det gäller att kunna starta motorn och att minska föroreningarna som kommer ut ur avgasröret.
- En katalysatorrenad motor fungerar enbart i kombination med ett sprutsystem. Det är en anledningen till att sprutsystem används i både bilar och motorcyklar.
- En motor med sprutsystem har högre vridmoment och effekt än samma motor med förgasare.

### För bättre miljö!

På större bensinmotorer har sprutsystemen helt slagit ut förgasaren som anordning för luftbränsleblandning. Orsaken är en anpassning till skärpta miljökrav.

Bättre prestanda är en extra bonus.

Sprutsystemen är tekniskt mer komplexa och ekonomiskt dyrare än förgasaren. Priset har sjunkit i takt med att elektroniken utvecklats och att man nu tillverkar stora volymer komponenter till insprutningssystem.

En nackdel med sprutsystem är att de innehåller många delar och behöver en hel del slangar och sladdar för att fungera. Då antalet komponenter är stort ökar även möjligheten att något ska gå sönder. De första seriemonterade EFI-systemen på bilar var genom temperatürkänslig elektronik en evig källa till konstiga driftstörningar och motorstopp och rena skräcken för verkstäderna.

I förhållande till en förgasare så ger ett sprutsystem en rörig och i många fall en estetisk ful motorinstallation.

Ett originalmonterat sprutsystem brukar vara krångligt att komma åt och ställa om. Fabrikanten har byggt in hinder i form av koder och spärrar för att hindra obehöriga att kunna ändra i mapparna. Ofta behövs någon form av dyr specialdator för att justera inställningarna. I ett eftermarknadssystem är det lätt att komma åt och justera. Då just detta är grundfinessen med eftermarknadssystemen.

Alla sprutsystem har en inbyggd övervakning som genom blinkande lampor, koder eller i klartext talar om när ett fel eller en funktionsstörning inträffat.

För att ställa in sprutsystemet så behöver man en dator. Om den inte redan ingår i den ordinarie verkstadsutrustningen så kan det vara bra att komma ihåg den kostnaden när man byter till sprutsystem.

## **Racing**

### **Mapping**

Vid tävlingar vill man ofta byta munstycken i förgasaren för att anpassa motorn till ändringar i temperatur- och banförhållanden. Då behöver man ha med sig ett hundratal munstycken för att vara beredd på alla tänkbara driftfall. Att byta munstycken tar tid och är förenat med en hel del skruvande och kladd med bränslet. I ett sprutsystem kan man justera bränslemängden bara genom några knapptryckningar på en dator. Justeringen över hela varvtalområdet kan ske i steg om exempelvis 200 till 500 r/min. Även tändning justeras på samma sätt. Skyddet för övervarvning är också enkelt justerbart. Bränsle- och tändningsinställningen visas på en bildskärm och justeras i en matris. Bilden brukar kallas för map, engelska karta. På svenska, mapp. Justeringen brukar man kalla för ”att mappa” engelska mapping.

### **Loggning**

Sprutsystem för tävlingsmotorer har en inbyggd datasamlare. Den kan även kallas färddator eller logg. Den kommer ihåg ett 20-tal valbara parametrar från körningen. Mätningen kan ske valbart med 10 till 100 mätningar per sekund. Man kan då i tabellform eller som kurvor se vad som hänt var 100 ms. En grundinställning för loggning av en V2 motor för dragracing kan vara.

Parameter	Siffervärden	Kurvor	Enhet
Motorns varvtal	Ja	Ja	r/min
Gasspjällsläge	Ja	Ja	%
A/F	Ja	Ja	Sortlös
Lufttemperatur	Ja		C°
Motortemperatur	Ja		C°
Injektor 1	Ja		mS
Injektor 2	Ja		mS
Tändning 1	Ja		Grader
Tändning 2	Ja		Grader
Batterispänning	Ja		Volt

Loggen startas manuellt eller vid ett angivet varvtal och ligger kvar i ECU efter körningen. Loggens längd vid dragracing brukar vara ca 1 minut. Längden beror av samplingsfrekvensen. Loggade värden tankas sedan över till en bärbar dator där de kan läsas som siffror, tabeller eller kurvor. Vid bantävlingar som pågår under längre tid kan man – om reglerna tillåter – fortloppande skicka alla data till depån, kallas telemetriöverföring.

Kurvorna ger exakt besked om startvarv och växlingar och A/F visar luftbränsleblandningen på alla varvtal och alla laster. Man kan med insamlade värden simulera körningen hur många gånger som helst och kontrollera mot de bränsle- och tändmappar man använt.

Det går även välja att logga ett 10-tal andra parametrar om man anser att de är intressanta.

## ***Olika generationer***

Sprutsystemen finns i flera olika utföranden beroende på utvecklingsnivå och till vilken typ av motor och applikation som det ska användas i.

- System som ger en kontinuerlig insprutning under 720°. Vanligt för helt mekaniska system.
- Sekventiella system med en sprutsekvens som är reglerad i längd relaterat till motorvarvtalet. Sprutsekvensens starttidpunkt är inte fixerad till vevaxelläget.
- Sekventiella system som kan styras till vevaxelläge, starttidpunkt och längd.
- Sekventiella system som kan styras till vevaxelläge, starttidpunkt och längd och som är integrerat med tändsystemet. Kallas motorstyrsystem.

Tillverkare av eftermarknadssystem brukar inte alltid tala om vilken typ av system som de säljer. En annan skillnad mellan systemen kan vara hur många yttre faktorer som de tar hänsyn till, exempelvis yttertemperatur, lufttryck och syremängden i luften. Även antalet inre faktorer brukar skilja, exempelvis om systemet kan reglera med hänsyn till bara motorns temperatur och belastning eller om det också reglerar beroende på knackningar. Den senare funktionen finns i motorstyrsystem för bilar.

Det finns även så kallade semisekventiella system. De ger en insprutning per vevaxelvarv. En sprutsekvens lagras i inloppsröret och nästa sekvens sprutas då inloppsventilen öppnar.

## ***Konstruktion – hårdvara***

Delarna som ingår i ett sprutsystem kan delas in i ett antal grupper beroende på vilken uppgift de har. En del av komponenterna är nödvändiga i alla sprutsystem och måste finnas med för att systemet ska fungera. Andra komponenter finns i förfinade system för bilar och används bara i undantagsfall på motorcyklar. Alla absolut nödvändiga komponenter för att få ett fungerande system är här markerade med en pil ⇒. Det går alltså inte att efter hand som man har råd köpa till lite nya komponenter och komplettera sprutsystemet, utan här gäller allt eller inget.

### ***Datorn***

⇒ *ECU, Electronic Control Unit*

Den enhet som samlar in och bearbetar alla data och styr injektorer och tändning. Datorn bestämmer sprutsekvensens startpunkt och längd. Tändningen styrs med avseende på varvtal, belastning och i vissa system även förekomsten av knackningar.

### ***Matning av bränsle***

⇒ *Tank*

En bränsletank som har två anslutningar. En för matning och en för retur.

**⇒ Pump**

Den kan vara placerad i tanken eller i matningsledningen till bränslekretsen. Pumpen arbetar via tryckregulatorn som sedan ger önskat bränsletryck till injektorerna.

**Tryckackumulator**

En fjäderbelastad kolv utjämnar trycket i systemet, hindrar ångbildning och håller trycket vid start.

**⇒ Filter**

Ett bränslefilter som hindrar att skräp och partiklar når injektorerna. Hålen i injektorerna är mycket små och kan lätt sättas igen.

**⇒ Tryckregulator**

En av fabrikanten inställd eller i eftermarknadssystem justerbar regulator som bestämmer trycket till injektorerna. Det finns även progressiva regulatorer som styrs av undertrycket i insugningsröret eller av turbostrycket.

**⇒ Fuelrail eller bränsleskena**

En ihålig skena eller rör som fördelar bränslet till injektorerna. Skenan kan också ha till uppgift att samtidigt hålla injektorerna på plats. Även direkta slanganslutningar till injektorerna förekommer.

**Uttag för tryckmätning**

En nippel i bränslekretsen där man kan ansluta en tryckmätare och kontrollera bränsletrycket till injektorerna. Nippeln kan även användas för att lufta systemet.

**Kallstartventil**

Ger vid kallstart ett extra bränsletillskott genom ett särskilt munstycke i insugningsröret

**Termokontakt**

Aktiverar kallstartventilen då motortemperaturen är lägre än ca 35°C.

**⇒ Injektor**

Ett bränslemunstycke som levererar bränslet genom ett eller flera små hål. Öppning och stängning styrs av en inbyggd elektromagnet. Injektorerna finns i en mängd olika utföranden för att passa till olika motorer. De kan ha olika kapacitet, sprutmönster, fysisk storlek och elektriska egenskaper.

En injektor kan även kallas för insprutningsventil eller spridare. Den senare benämningen är vanlig för dieselmotorer.

**Gaspådrag****⇒ Spjällhus**

Ett spjäll som reglerar mängden luft till motorn. Hålet genom spjällhuset är helt parallellt till skillnad mot passagen i en förgasare som har en strypning för att få en venturereffekt. För att hindra isbildning i spjällhuset är det vanligt att varmt kylvattnet cirkulerar genom kanaler i huset. På spjällhuset finns alltid någon anordning för inställning av eller styrning av tomgångsvarvtalet.

## **Avgasrening**

### ***EGR, Exhaust gas recirculation***

Genom att späda ut bränsleblandningen med avgaser sänks temperaturen i förbränningsrummet och volymen skadliga ämnen, främst kväveoxider, NO<sub>x</sub> reduceras kraftigt.

Funktion utförs av en ventil som återmatar en mindre del av avgaserna till insuget. Äldre ventiler var helt mekaniska och styrdes av undertrycket i insuget. EGR-ventiler i motorer med sprutsystem styrs av ECU. En viktig styrsignal kommer från kamaxelsensorn eller en särskild givare som känner av ventilläget. Det är viktigt att utspädningen sker kontrollerat och under inloppstakten.

### ***Katalysator***

En behållare stor som en ljuddämpare som tar bort ca 90 % av de skadliga ämnena i avgaserna. För att fungera på rätt sätt måste katalysatorn ha en inre temperatur på 700 till 900 °C. Katalysatorarrangemanget kan av utrymmesskäl delas upp i flera delar. Senaste generationen av katalysator arbetar i tre steg.

## ***Motorns givare för indata***

### ***⇒ Varvtal***

Vanligen en hallsensor som känner av motorns varvtal. Sker vid ett definierat läge relativt vevaxelns rotation.

### ***⇒ Kamaxelläge***

Vanligen en hallsensor som känner av kamaxelns läge. Genom att känna av varvtalet och läget där varvtalet mäts och dels samma sak för kamaxeln så vet ECU i vilken takt motor befinner sig.

### ***⇒ Motortemperatur***

En temperatursensor som är placerad i kylvattnet eller i cylinderhuvudet på en luftkyld motor. Sensorn kan också vara placerad så att den känner av temperaturen på motoroljan.

### ***Avgastemperatur***

Förkommer främst i system som styr turbomotorer.

## ***Motorns avläsare av laster***

### ***⇒ TPS, Throttle position sensor, spjällägesgivare***

Givaren är en potentiometer som är kopplad till spjällaxeln. Axelns vinkelläge ett mått på gaspådragets storlek. Hur fort spjället öppnar, i grader per millisekund, är indata till ECU för att styra funktionen för accelerationspumpen.

### ***⇒ MAP, Manifold air pressure eller manifold absolute pressure***

Känner av undertrycket i insugningsröret. Undertrycket är ett mått på motorns belastning. Undertrycket i insugningsröret varierar med gaspådraget. Tomgång och lite gaspådrag ger stort undertryck. Mycket gaspådrag ger litet undertryck.

MAP brukar inte användas på racermotorer då kamaxlar för racing har lång duration och stort överlapp vilket gör att undertrycket inte minskar proportionellt mot gaspådraget. En annan orsak är att ändringen i undertrycket uppstår efter en viss fördröjning.

### ***Knackningssensor***

En sensor som känner av om knackning uppstår i någon av cylindrarna. Sensorn fungerar som en mikrofon som är känslig för snabba ljudpulser. Är placerad i cylinderhuvudet.

## **Yttre givare**

### ***⇒ Temperatur***

Känner av temperaturen på luften som kommer in i motorn. Är placerad i eller vid insugningsröret. Ger värden som bland annat styr behovet av bränsleökning vid kallstart. Motsvarar choke för en förgasarmotor.

### ***⇒ Lufttryck***

En sensor som känner av lufttrycket. Är normalt placerad i styrdatorn. Sensorn har en viktig funktion vid körning på hög höjd, exempelvis i alperna. Kan tillsammans med temperaturgivaren ge ett bra värde på syremängden till motorn. Kombinationen används bland annat av H-D.

### ***Mätare för luftmassa***

Består av en uppvärmd tråd av platina som är placerad i en hållare i insugningsröret. Luften som sugts in i motorn kyler tråden. Strömmen genom tråden är ett mått på mängden luft till motorn. Förekommer på bilar.

## **Luftbränsleblandning**

### ***⇒ Lambda- eller syresensor***

Känner av syremängden i avgaserna och ger ett mått på lambdavärdet. Sensorn är placerad i avgasröret. Är normalt uppvärmd genom en elektrisk krets och finns i olika utföranden beroende på användning.

## **Övriga komponenter**

Olika typer av funktioner i datorn och tekniska don för dosering av bränslemängden och i vissa fall även tändningen vid extrema driftfall som full gas, tomgång, motorbroms och motorstopp.

## **Funktioner i programvaran**

### ***⇒ Kommunikation***

För att ställa om värdena i mapparna så måste systemet ha ett gränssnitt mot en yttre dator. Datorn måste också ha en för sprutsystemet specifik programvara.

## **Motorns laster**

Det vanligaste driftförhållandet för en standardmotor är med dellast, d v s med ett moderat gaspådrag.

Extremfallen av laster är motorstopp, tomgång, motorbroms, snabba ändringar av varvtalet och full gas. För att motorn ska klara detta krävs speciella anordningar i sprutsystemet.

**⇒ Accelerationspump**

Motorn behöver någon form att bränsletillskott vid snabba gaspådrag och acceleration. Det sker genom att förlänga sprutsekvenserna. Är relaterad till motorns temperatur.

**⇒ Choke**

Vid kallstart behöver motorn extra bränsle. Detta sker genom att förlänga sprutsekvenserna.

*OBS! Någon fysisk accelerationspump eller choke finns inte utan funktionerna är en del i programvaran*

**Startproceduren**

Från det att man vrider på tändningsnyckeln tills det att motorn går stabilt på tomgång är en kort procedur i tid, men kräver en hel del datorkapacitet för att fungera bra. Följande är ett exempel på struktur och funktioner.

- Före start
- Startmotorn roterar motorn
- Vid start
- Omedelbart efter start

Före start innebära att man läser in alla temperaturvärden till ECU och matar spänning till bränslepump och lambdasensor.

Då startmotorn roterar motorn förekommer det att man bryter tändningen under de första motorvarven. Tändningen aktiveras först efter ett antal motorvarv. Underlättar start av stora motorer med hög kompression.

Vid start bör det ske ett tillskott av bränsle relaterat till luft- och motortemperatur och motorn ska nu gå över till bränsle- och tändningsstyrning för en eventuell kall motor. Även tändpulsernas antal kan vara flera.

Efter start innebär att motorn ska gå över till styrning av tomgång. Tomgången kan vara något förhöjd vid kall motor.

Sedan ska ECU styra sprut och tändning från allt mellan ytterligheterna att man direkt efter start drar i väg med full gas på alla växlarna alternativt får motorstopp. Båda driftfallen ställer krav på att datorns programvara är väl utprovad och genomarbetad.

**Tomgångskontroll**

En funktion som styr tomgångsvarvtalet beroende på motorns och insugningsluftens temperatur och laster. Varvtalet vid tomgång brukar höjas något av ECU då motorn belastas av kompressorn för luftkonditioneringen.

Det kan även finnas en avkänning av batterispänningen som gör att tomgångsvarvtalet höjs då generatoren belastas hårt.

## **Tändningsreglering**

Utgångar från ECU som ger avbrott för tändpulser. Motsvarar brytarna i ett vanligt tändsystem. Utgångarna på ett eftermarknadssystem ger normalt enbart styrpulser. Det gör att det måste finnas ett drivsteg som styr strömmen till tändspolen som sedan ger en högspänningsspul till tändstiftet. Drivstegen finns i olika utföranden beroende på motorns typ och vilken energimängd som behövs till tändstiften. Energin mäts i mille joule. Ett bra tändsystem bör lämna minst 30 mJ.

### **⇒ Tändförställning**

Systemet väljer själv tändförställning (0-45°) beroende av motorns varvtal och belastning. Värdena finns i en tändningsmapp. Använder samma indata som för styrning av sprutsekvenserna.

### **Tändpulsernas antal**

Systemet kan välja att skicka en eller flera tändpulser vid kallstart och tomgång. Detta för att underlätta övertändningen vid fet bränsleblandning och undvika att stiften sotar igen.

### **⇒ Varvtalsbegränsning**

Bryter tändningen och eller sprutsekvenserna för att hindra att motorn övervarvas. Funktionen kan vara hård eller mjuk. Hård innebär direkt tändnings- och eller sprutavbrott. Mjuk betyder att funktionen är successiv.

### **⇒ Batteri**

#### **Anpassning till batterispänning**

Batterispänningens nominella värde är 12 volt. Beroende på hur hårt batteriet belastas så förekommer spänningsvariationer på upp till 20 %. Spänningen kan alltså variera mellan 9,6 och 14,4 volt. Den lägre spänningen förekommer vid kallstart och den högre vid friskt batteri och höga varvtal.

Inbyggt i ECU finns en stabilisering av spänningen till datorfunktionerna. Den är till för att säkerställa alla funktioner även vid stora variationer i matningsspänningen.

Det finns en kompensering för matningsspänningen till injektorerna. Vid låg spänning öppnar injektorerna för sakta och bränslemängden blir då för liten. Därför brukar det finnas en funktion som förlänger sprutsekvenserna några procent vid låg batterispänning.

## **Övriga funktionsstyrningar**

De stora möjligheterna att elektriska övervaka och styra motorn funktioner används ofta tillsammans med andra sensorer på fordonet för att skapa enkel och säker manövrering i svåra situationer. Funktionerna brukar vanligen saluföras som treställiga bokstavskombinationer under rubriken ”Nytt för i år”.

Ett exempel är sladdkontroll. Föraren manövrerar normalt gaspådraget – kanske helt ovetande – elektriskt. Systemet jämför insignalerna från ABS-sensorerna som ger ett bra mått på de olika hjulens rotationshastighet. Vid tendenser till sladd så minskar systemet själv gaspådraget. Används bland annat av BMW på bilar.

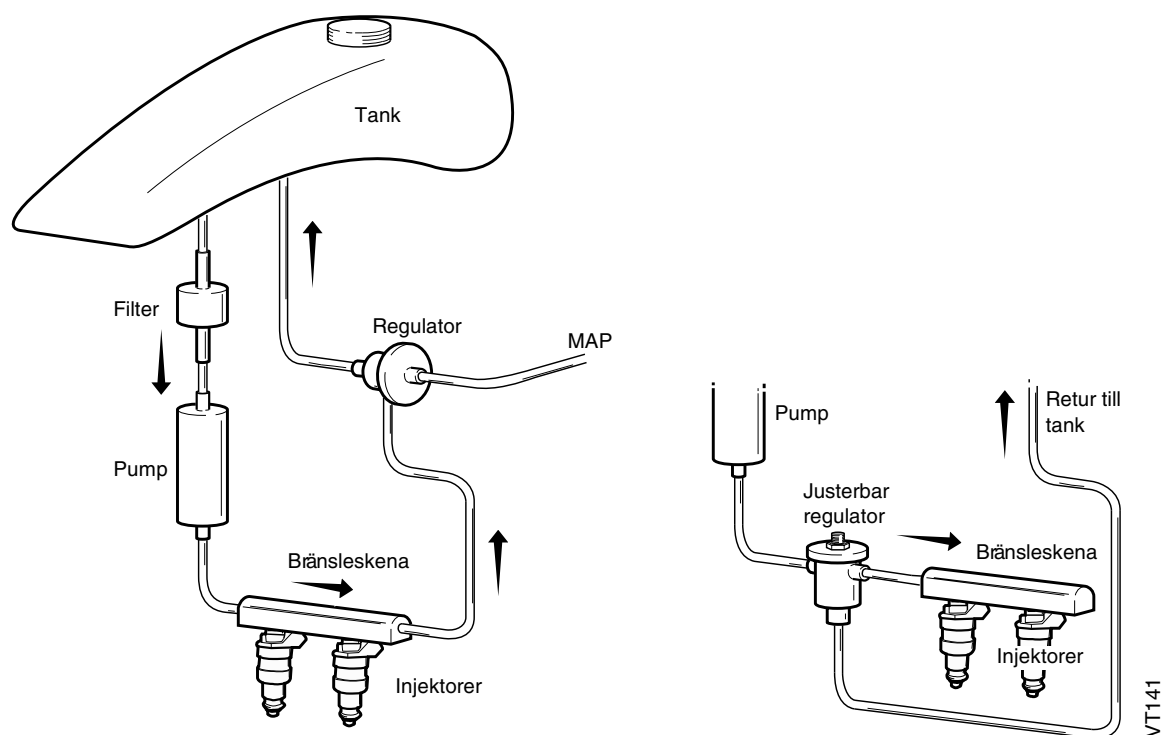
Samma funktion används även av racerbilar som startkontroll. Används av F1 bilar för kontrollerad start med lämpligt hjulspinn. Brukar kallas för Launch control.

Andra mer utvecklade system för att hindra sladd använder även avkännare av styrvinkeln som indata. Kan hjälpa till att häva både sladd och retursladd.

Det finns även system som har gyro och g-sensorer som indata vilket gör att man kan köra i hög hastighet genom kurvor med helt kontrollerad sladd.

## Bränslekretsen

I bränslekretsen finns ett filter som hindrar skräp från att sätta igen injektorerna och en pump som ger bränsletrycket. Bränslet cirkulerar runt i systemet och regulatorn styr det bränsletryck som behövs till injektorerna.



I den vänstra applikationen styrs till viss del bränsletrycket av undertrycket i insugningsröret. I den högra används en justerbar regulator för bränsletrycket.

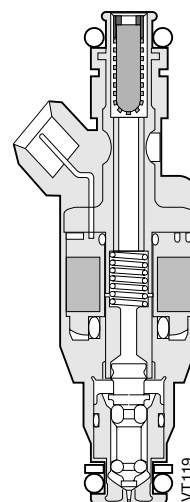
## Injektorer

### Allmänt

Injektorer finns i olika utföranden, fysiska storlekar, sprutmönster, sprutkapaciteter, elektriska egenskaper och färger.

### Konstruktion

Injektorn har en ingång och en utgång för bränslet och en elektrisk anslutning för manöverkretsen. Om injektorn ska vara öppen eller stängd styrs av en elektromagnet som är förbunden med en ventilnål. Spänning till elektromagneten lyfter nålen och bränslet kan passera ventilen och sprutas in. Bränslemängden till motorn bestäms av hur lång tid injektorn är öppen. Nålens lyft är i storleken 0,1 mm och tiden i millisekunder, d v s tusendels sekunder. För att hindra att bränslet, som är under tryck, läcker ut så är injektorns övre och nedre del tätade med O-ringar. Tätningen är anpassade till hål med 14 mm diameter.



Injektorns munstycke kan ha olika utförande beroende på fabrikat. Tidigare förekom munstycken med ett enkelt hål. De klarade en hel del smuts utan att fastna igen. Bosch moderna munstycken har flera små hål och ger en bred sprutbild. Lucas har ett annat utförande och ger en något smalare sprutbild.

*Bilden visar en äldre modell av injektor som av vissa fordonstillverkare har ersatts med en modell som har mindre diameter och som även är något kortare.*

### Elektriskt utförande

Manöverspänningen till en standardinjektor är 12 V. Strömmen genom lindningen bestäms av spolens resistans. Man skiljer på låg- och höghögmig spridare. En injektors resistans kan mätas med en ohmmeter.

Typ	Resistans i ohm	Ström i ampere	Användning	Injector type
Höghögmig	12 – 16	0,7 – 1	Standardmotorer	Saturated
Låghögmig	2 – 5	2,4 – 6	Högvarviga motorer	Peak and hold

Benämningarna Saturated och Peak and Hold förekommer i engelsk litteratur.

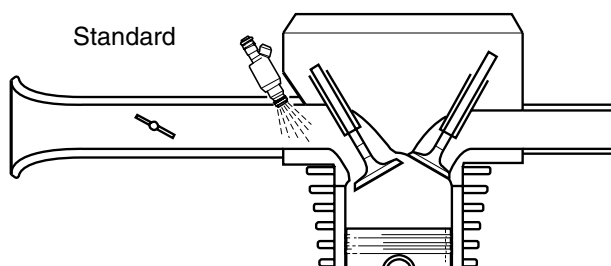
Den låghögmiga injektorn öppnar snabbt vilket är en fördel vid mycket korta sprutsekvenser och stora flöden. Den drar dock mer ström än en höghögmig injektor. Spänningen till injektorerna kommer från drivsteg som är inbyggd i ECU. Det är alltså viktigt att veta vilken typ av injektorer som drivstegen klarar av att styra.

### Kapacitet – flöde

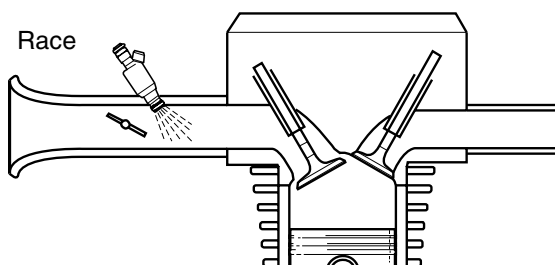
En injektorns kapacitet anges i kubikcentimeter per minut,  $\text{cm}^3/\text{min}$ , vid trycket 3,0 bar. Normalt anges flödet vid helt öppen spridare. Flödet anges för 100 % av kapaciteten. Toleransen på angivna flöden är 3 %.

## Injektorernas placering

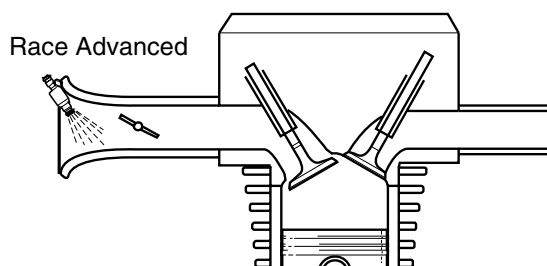
Injektorerna kan vara placerad på olika ställen i insuget. Det är skillnad på en avgasrenad och moderat trimmad standardmotor och en racermotor utan avgasrening. Det är också skillnad på raka insugningsrör, gemensamma, individuella eller vinklade som på en H-D.



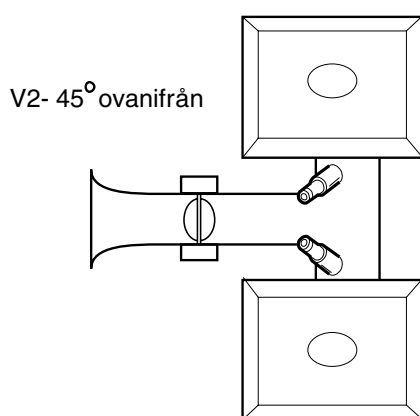
Den vanligaste placeringen av injektorer är före insugningsventilen och med sprutet riktat mot ventiltallriken.



På racermotorer med höga flödeshastigheter flyttar man ut injektorerna. Man vill vara helt säker på att bränslet blandas med insugningsluften. I ett flöde med hög hastighet kan det hända att bränslet inte kan blandas med alla luft utan bara finns i kanten på luftströmmen.



På mycket högvarviga motorer, som har korta insug för rätt avstämning, brukar man placera injektorn i tratten eller utanför insuget.



En bra placering av injektorerna för en trimmad motor är en bit ut i inloppsröret. På en H-D där inloppsröret är gemensamt för två cylindrar och vinklat väljer man att placera injektorerna efter vinkeln och nära inloppsventilen. Det ger mindre påverkan av bakpulserna mellan cylindrarna då inloppsventilerna stänger. En placering en bit ut i inloppsröret skulle göra att bränslet som är tyngre än luft separerar från luftflödet och går rakt fram i vinkeln och samlas som en pöl på botten av inloppsröret. Då har ju alla fördelar med sprutet gått förlorad. Funktionen blir då densamma som i en motor med förgasare.

VT145

## Bränsletryck

Det vanligaste bränsletrycket är 300 kPa, som räknas som ett standardtryck för injektorer. Det förekommer också att man i racermotorer använder det högre trycket 380 kPa. Även högre tryck kan förekomma. Vid standardtrycket ger en injektor en väl sammansatt och konformad sprejbild. Det man får se upp med när man går upp i tryck är att inte injektorns sprutbild förstörs. Trycken mäts i följande enheter.

Enhet	Standard	Racing	Anmärkning
kPa	300	380	SI standard enhet
bar	3	3,8	Äldre metrisk enhet
kp/cm <sup>2</sup>	3	3,86	Äldre metrisk enhet
psi	43,5	55	US enhet

Om en injektors kapacitet inte räcker till så kan man möjligen försöka att höja bränsletrycket. Injektorernas kapacitet öka dock bara marginellt även om trycket fördubblas. Det beror på följande sammanhang.

$$\sqrt{\frac{\text{Nytt tryck}}{\text{Gammalt tryck}}} \cdot \text{Gamla sprutkapaciteten} = \text{Nya sprutkapaciteten}$$

Om man använder ett visst tryck och dubblar trycket så fördubblas inte sprutkapaciteten med det dubbla, utan bara med 41 %. Vill man ha dubbelt så mycket bränsle ur en injektor så måste man höja trycket med faktorn fyra. Det klarar inte pumpen och sprutbilderna blir helt felaktiga. Så vill man ha dubbelt så mycket bränsle så får man välja större injektorer.

## Inkopplingsgrad 80 % s.k. Duty cycle

För att en injektor ska lämna en bränslemängd som på ett effektivt sätt kan blandas med luftflödet så bör den vara öppen under en viss tid. Om man väljer en injektor med hög kapacitet så är den öppen under en mycket kort tid. Volymen bränsle som kommer in kan vara helt rätt men tiden är för kort för att få en bra bränsleluftblandning. Dosen bränsle är för kraftig och bildar gärna droppar. Det vill man inte ha. Därför väljer man en injektor som vid max effektuttag är öppen ca 80 % av tiden för inloppssekvensen. Man har då också en marginal på ca 20 % för det extra bränsletillskott som behövs vid acceleration och kallstart. I racermotorer kan man använda upp till 95-98 % inkopplingsgrad.

För att få en bra bränsleblandning över hela varvtalsområdet så kan man i stället för en injektor med stor kapacitet ha två mindre injektorer. Motorn går normalt på en injektor per inlopp men från ett visst varvtal så levererar även den andra injektorn bränsle. På engelska kallas funktionen staged injectors.

## Pumpen

Nästan alla originalmonterade pumpar är monterade i bränsletanken. Eftermarknadspumpar brukar vara av typen ”in line” och monteras i bränsleledningen från tanken. Pumpens kapacitet bör vara anpassad till sprutsystemets kapacitet. En pump väljs efter grunddata som:

- Hur stor bränslevolym klarar den på en viss tid?

- Vilket tryck kan den leverera?
- Hur mycket ström drar den, i ampere?

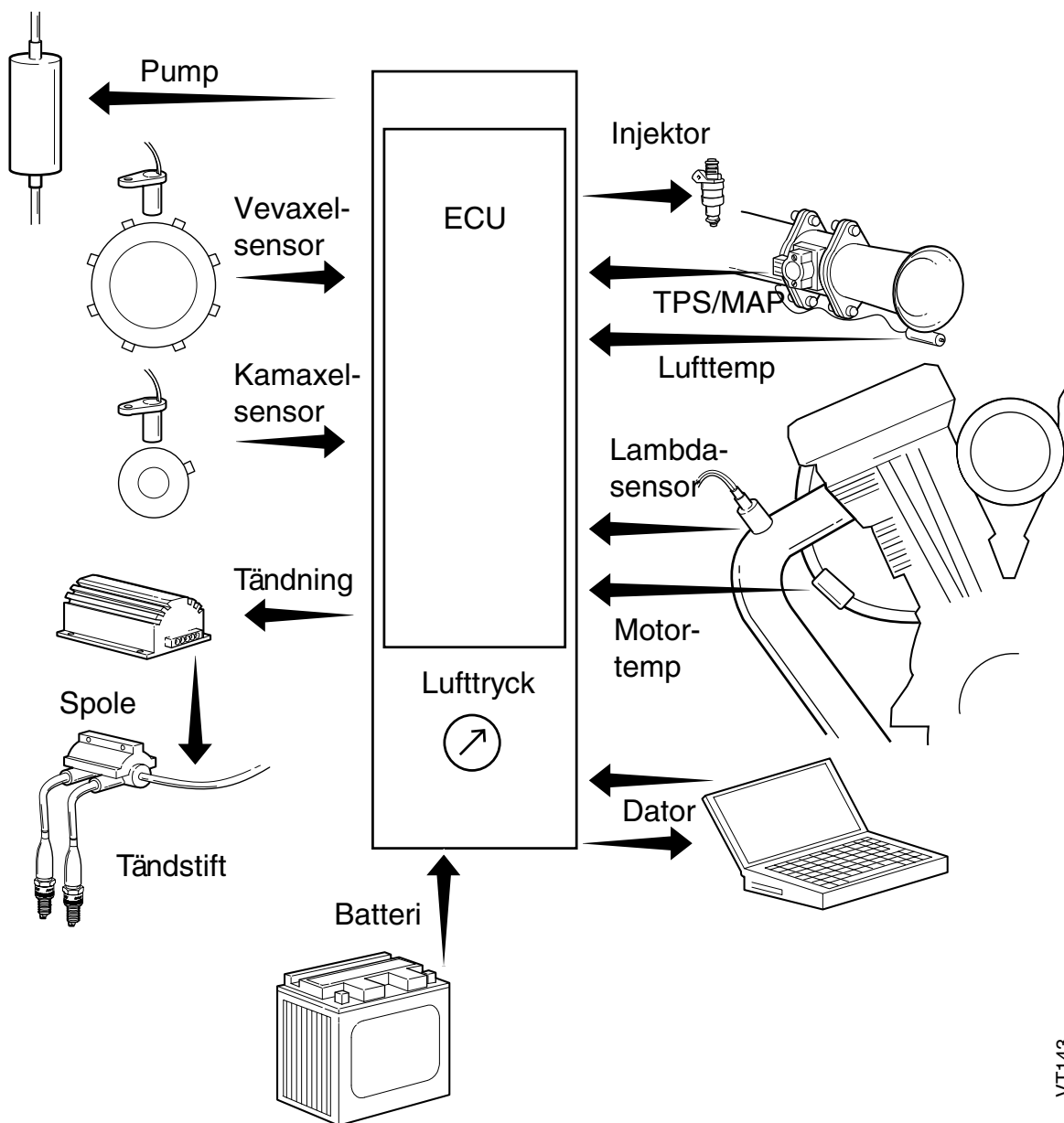
För de flesta pumpar finns det datablad som väl klargör dessa egenskaper.

Pumpens konstruktion kan vara en rull-, gerotor- eller radialpump. De är inkapslade och är helt omslutna av bränsle. Att det inte börjar brinna eller explodera beror på att det inte finns något syre i bensinen. Pumpen har en överströmningsventil som skydd mot stopp i ledningen. Pumpen är igång så länge som motorn är igång. Att köra pumpen torr brukar leda till att den skär eller brinner upp.

För att klara kallstart med ett hårt belastat batteri så har en pump ofta en överkapacitet på ca 20 %.

## Elektroniksystemet

Hur ett sprutsystem till en motorcykel kan vara uppbyggt framgår av följande principbild.



För att få tillförlitliga elektriska funktioner så bör en del kretsar vara spännings matade över reläer och separat säkrade, exempelvis:

- ECU Från tändningsnyckeln
- Tändning Kan användas för "kill switch"
- Bränslepump Styrs av ECU

En logisk sektionering av funktionerna är till stor hjälp vid både uppbyggnad och felsökning.

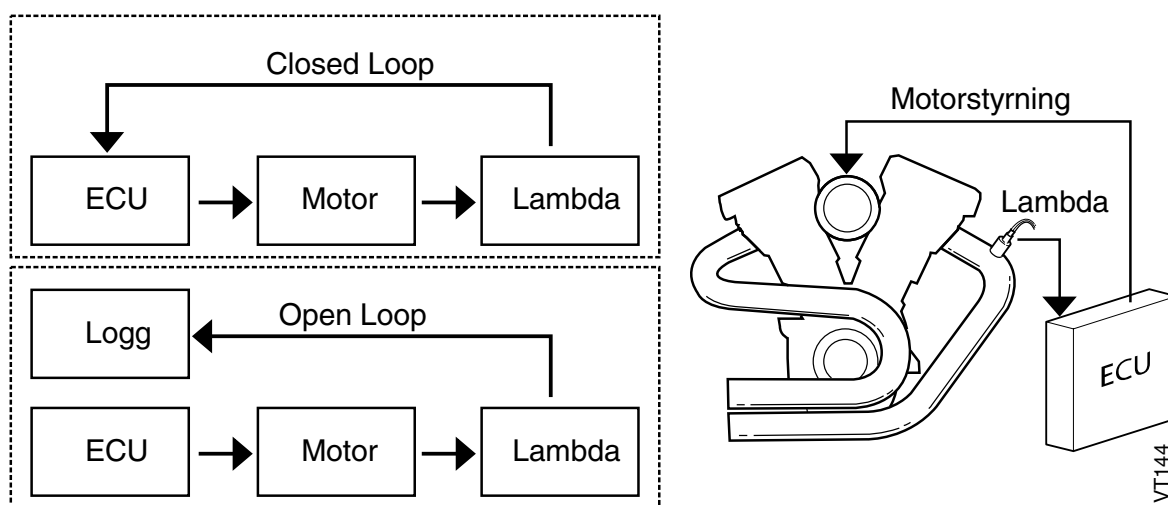
## Closed och open loop

De två huvudprinciper för ett sprutsystems funktion kallas på engelska för closed loop and open loop. Kan översättas till ”sluten krets” och ”öppen krets”.

Ett sprutsystem på en avgasrenad bil eller motorcykel arbetar normalt i closed loop. När lambdasensorn får avgasvärden som indikerar att motorn går fett så tar datorn emot värdena och minskar bränsletillförseln till motorn. Omvänt när motorn går mager. Datorn justerar hela tiden mot den bränslemängd som gör att motorn ska ge ifrån sig rätt avgasvärden.

### Closed eller open?

Ett system som är originalmonterat i en bil eller motorcykel arbetar under starmomentet och vid låga varv i open loop. Vid högre varvtal och normal körning arbetar det i closed loop. Det ger sammantaget minst emissioner.



I open loop är återkopplingen bruten. Motorn går enbart på bränslemappen utan påverkan av lambdavärden. Mappen fungerar då som munstyckena i en förgasare och ger den bränslemängd som finns i mappen.

En körning i dragracing innebär mycket snabba och extrema lastväxlingar på motorn med upp till fem växlingar på kortare tid än tio sekunder. Då hinner inte systemet att i closed loop att reglera in rätt bränslemängd. Man väljer då att köra i open loop och att använda lambdasensorn för att mäta och logga hur mycket bränsle som motorn får under körningen.

## Reservfunktioner

I alla sprutsystem finns det någon form av hjälpfunktioner som träder in om någon sensor går sönder eller att signalen från någon sensor saknas eller ger ett orimligt värde.

Vid fel i ett standardsystem tänds en lampa som indikerar en hindrad eller störd funktion i motorstyrssystemet. Systemet går då över till en reservfunktion och de motordata som gällde vid feltillfället och genererade felkoder samlas in av ECU.

Reservfunktionen brukar ibland kallas limp home och betyder halta hem. I eftermarknads-system brukar man själv kunna välja de värden eller områden där reservfunktionen ska aktiveras.

## Lambdasensorn

### $\lambda$ - värden

En optimal luft- bränsleblandning består av 14,60 viktdeklar luft och 1 viktdeklar bränsle. Den ger minst antal restprodukter i form av emissioner. Blandningen kallas en stökiometrisk bränsleblandning och har värdet (lambda)  $\lambda = 1$ . En motor utvecklar mest effekt vid en något fetare bränsleblandning 13,2 men ger då mer föroreningar.

$$\frac{\text{Luftflöde}}{\text{Bränsleflöde}} = \frac{m_a}{m_f} = \frac{A}{F} = \frac{14,6}{1} = 14,6$$

Lambda definieras som  $\frac{\left(\frac{A}{F}\right)}{\left(\frac{A}{F}\right)_s} = \lambda$

$$\text{Vid } A/F = 14,6 \quad \lambda = \frac{14,6}{14,6} = 1$$

$$\text{Vid } A/F = 13,2 \quad \lambda = \frac{13,2}{14,6} = 0,904$$

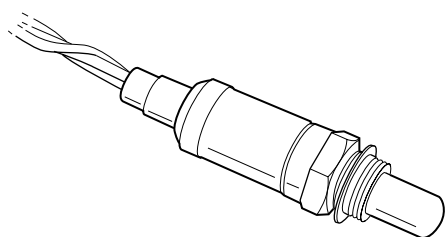
Lambdavärdet för några olika luftbränsleförhållanden från 9/1 till 30/1 framgår av följande tabell.

Luft / bränsle förhållandet	Lambda värdet	Anmärkning
9/1	0,616	FETT
10/1	0,685	
11/1	0,753	
12/1	0,822	
13/1	0,890	
13,2/1	0,904	Bäst effekt
14/1	0,959	
14,6/1	1,000	Bäst förbränning
15/1	1,027	
16/1	1,096	
17/1	1,164	
18/1	1,233	
20/1	1,370	
25/1	1,712	
30/1	2,055	MAGERT

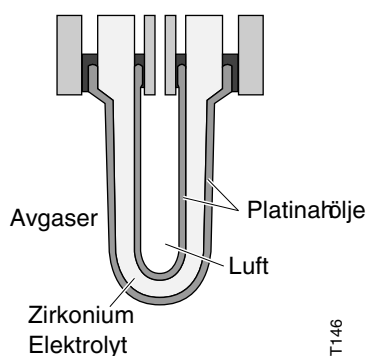
## Sensorerna

Lambda- eller syresensorn, som den även kallas, kan vara av olika utföranden och även ha olika karakteristik. Sensorerna kan även betecknas som  $\lambda$ -sensor eller O<sub>2</sub>-sensor. Sensorn lämnar en utspänning som beror av syremängden i avgaserna. De moderna sensorerna använder en Zirkonium elektrolyt som är innesluten i en U-formad kropp av platina. Elektrolyten finns i den U-formade kroppen som är placerad i avgasröret.

Potentialskillnaden mellan den inre delen som känner av luften och den yttre delen som är i kontakt med avgaserna ger ett mått på skillnaden i syremängd.



Lambdasensorn är normalt placerad nära motorns utlopp för att snabbt bli uppvärmd. Sensorerna har olika utförande för att kunna placeras på olika avstånd beroende av motorns konstruktion och användning. Skillnaderna i utförande syns på antalet spalter eller hål i den del som placeras inne i avgasröret.



En uppfattning om sensorns elektriska funktion kan man få genom antalet ledningar. Det finns sensorer med en ledare och upp till fem ledare. Sensorer med en ledare värms upp av motorns avgaser. Sensorer med fler ledare innehåller en värmekropp. Sensorer med fem ledare är troligen av bredbandsutförande.

Zirkonium (Zr) är en metall med atomnummer 40. Den upptäcktes 1789 och har varit kommersiellt tillgänglig sedan 1956.

VT146

Följande sensorer förekommer.

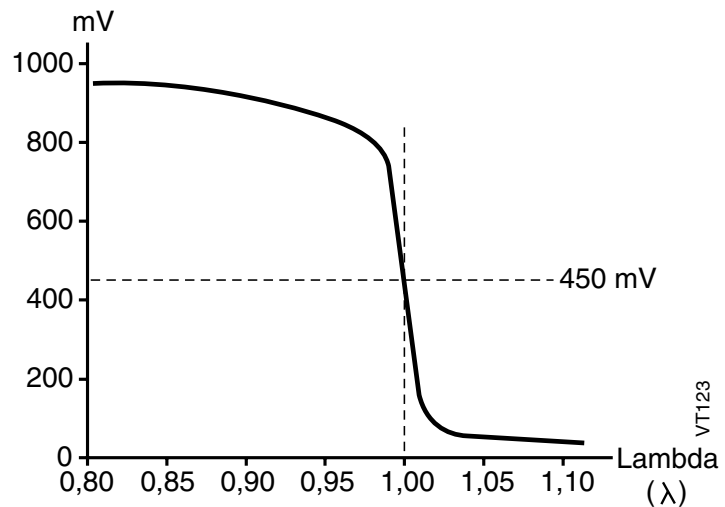
- Standardsensorer
- Bredbandssensorer

Sensorerna finns i olika generationer beroende på utvecklingen och för att passa till olika typer av motorer. För att fungera måste sensorn ha en temperatur över 300°C. De första sensorerna var direktuppvärmda av avgaserna. Senare generationer värms av en elektrisk värmestav som är inbyggd i sensorn. De allra senaste är uppe i rätt arbetstemperatur på mindre än 5 sekunder.

### Standardsensorn

Standardsensorn har en brant karaktäristik då den enbart är avsedd för att ge en utspänning till ECU som indikerar om avgaserna ligger över eller under  $\lambda = 1,0$ . Finns det syre i avgaserna så går motorn för magert,  $\lambda$  över 1.

Regleringen med standardsensorn blir inte så effektiv då utspänningen från sensorn hela tiden svänger runt c 0,450 V, dvs  $\lambda = 1,0$ .

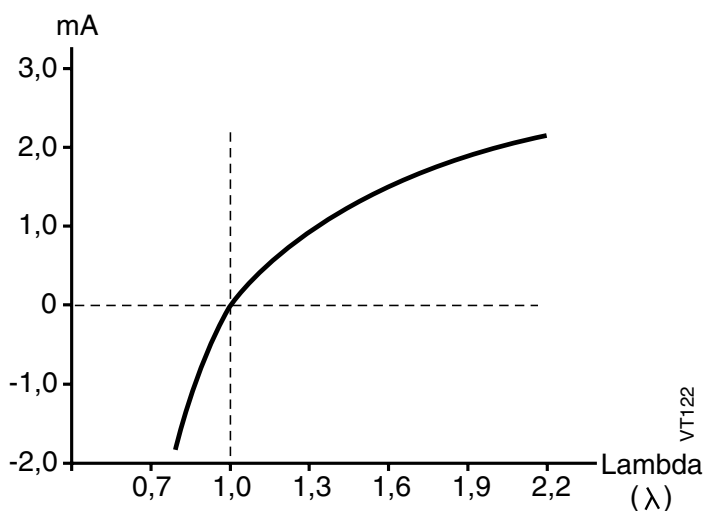


Utspänningen varierar mellan 0 till 1 V. Vid spänningen 0,45 V är  $\lambda = 1,0$ . Vid fet blandning,  $\lambda$  under 1, är spänningen över 0,45 V. Vid mager blandning,  $\lambda$  över 1, är spänningen under 0,45 V.

För att lämna max effekt så bör en motor gå lite fetare än en korrekt avgasrenad motor. Det innebär att den bör ha ett lambdavärde som är något under  $\lambda = 1$ . En vanlig sensor har i allmänhet en för brant kurva för att ECU:n ska klara att reglera in  $\lambda = 0,9$ . Sensorn ger dock acceptabla värden för A/F mellan 10 och 15.

### Bredbandssensorn

Sensorn ger ett större reglerområde än standardsensorn. Resultatet blir att ECU snabbare kan koppla om till closed loop vilket ger bättre reglering och mindre emissioner. Sensorn tillåter också att man kan köra med mycket magra bränsleblandningar som i s k Lean Burn motorer.



#### Varning!

Att bara ersätta en standardsensor med en bredbandssensor fungerar inte. Bredbandssensorn måste ha en elektrisk anpassning mellan sensorn och ECU för att fungera.

Sensorn, även kallad pumpcellsensorn, var från början avsedda för mätningar i laborier och används för avgasanalyser vid utveckling av motorer. Sensorer av den här typen tillverkas av NGK/NTK och kallas UEGO-sensor. Motsvarande typ av sensor tillverkas även av Bosch med beteckningen LSU 4.2.

Sensorn ger en ström som i stort sett är proportionell mot lambdavärdet. Mätområdet är från lambda 0,68 till 2,05. Det är vanligt att sensorn är kopplad till en enhet med display som direkt visar lambdavärdet som siffror.

UEGO-sensor, Universal (air to fuel) Exhaust Gas Oxygen Sensor L1H1 (NGK TL-71 11-W1)

Priset på bredbandssensorer kommer att sjunka ordentligt då bland annat Volvo och en hel del andra biltillverkare använder sensorn i bilmodeller från 2001 års modeller.

## Autotune

En funktion som finns i sprutsystem från Autronic. Man återkopplar signalen från en bredbandssensor till ECU som själv lägger in rätt värden i bränslemappen. Vi har själva ingen erfarenhet av denna funktion.

## Bränslemapp

I eftermarknadssystem har man inställningen av bränslemängden för olika varvtal lätt tillgänglig i form av en skärmbild. Bränslemängden ändras genom att skriva in ny värden i mappen. I det här exemplet styrs bränslemängden direkt av en spjällägesgivare, TPS. Det är även möjligt att styra mängden genom att använda undertrycket i insugningsröret och en MAP-sensor.

LOAD(%) TPS mode	Engine speed (Rpm)								
	500	1000	1500	2000	3000	4000	5000	6000	7000
0.0	40.0	47.0	51.0	51.0	51.0	51.0	51.0	51.0	51.0
10.0	40.0	47.0	51.0	51.0	51.0	51.0	51.0	51.0	51.0
20.0	40.0	47.0	52.0	52.0	51.0	51.0	51.0	51.0	51.0
30.0	40.0	47.0	52.0	53.0	51.0	51.0	51.0	51.0	51.0
40.0	40.0	47.0	53.0	54.0	52.0	54.0	54.0	54.0	54.0
50.0	40.0	47.0	55.0	55.0	53.0	55.0	68.0	71.0	71.0
60.0	40.0	47.0	55.0	58.0	60.0	61.0	71.0	74.0	74.0
70.0	40.0	47.0	56.0	64.0	64.0	66.0	77.0	82.5	82.5
80.0	40.0	47.0	60.0	65.0	68.0	69.0	82.5	85.0	85.0
90.0	40.0	47.0	62.0	66.0	69.0	73.0	88.0	96.0	98.0
100.0	40.0	47.0	62.0	68.0	70.0	75.5	95.0	97.0	99.0

Mappen visas här i tabellform, men det är även möjligt se den som en 3-D graf.

Alla värden som finns i mappen används inte. Det är inte möjligt att med 10 % spjällöppning varva 7000 r/min. Det gör att en del rutor som finns upptill till höger i mappen aldrig används. Möjligen kan man hamna där om man varvar fullt och tvär-släpper gasen. Motsvarande gäller även nertill i vänstra hörnet. Fullt gaspådrag och 500 r/min fungerar heller inte. Kolumnerna för varvtalen man vill justera mot kan väljas efter eget behov. Motsvarande gäller upplösningen på TPS värdena.

Vid körning i bänk eller bara för kontroll kan man ha datorn ansluten och får då en markör i mappen som flyttar sig efter gaspådrag och varvtal.

## Tändningsmapp

Tändningsmatrisen har samma uppbyggnad och fungerar på samma sätt som bränslemappen. Här är de tändförställningen i grader före kolvens översta läge i expansionstakten som ställs in.

LOAD(%) TPS mode	Engine speed (Rpm)								
	500	1000	2000	2500	3000	4000	5000	6000	7000
0.0	5.0	10.0	26.0	32.0	32.0	32.0	32.5	33.0	33.0
10.0	5.0	10.0	26.0	32.0	32.0	32.0	32.5	33.0	33.0
20.0	5.0	10.0	26.0	32.0	32.0	32.0	32.5	33.0	33.0
30.0	5.0	10.0	26.0	32.0	32.0	32.0	32.5	33.0	33.0
40.0	5.0	10.0	26.0	32.0	32.0	32.0	32.5	33.0	33.0
50.0	5.0	10.0	26.0	32.0	32.0	32.0	32.5	33.0	33.0
60.0	5.0	10.0	26.0	32.0	32.0	32.0	32.5	33.0	33.0
70.0	5.0	10.0	26.0	32.0	32.0	32.0	32.5	33.0	33.0
80.0	5.0	10.0	26.0	32.0	32.0	32.0	32.5	33.0	33.0
90.0	5.0	10.0	26.0	32.0	32.0	32.0	32.5	33.0	33.0
100.0	5.0	10.0	26.0	32.0	32.0	32.0	32.5	33.0	33.0

VT124

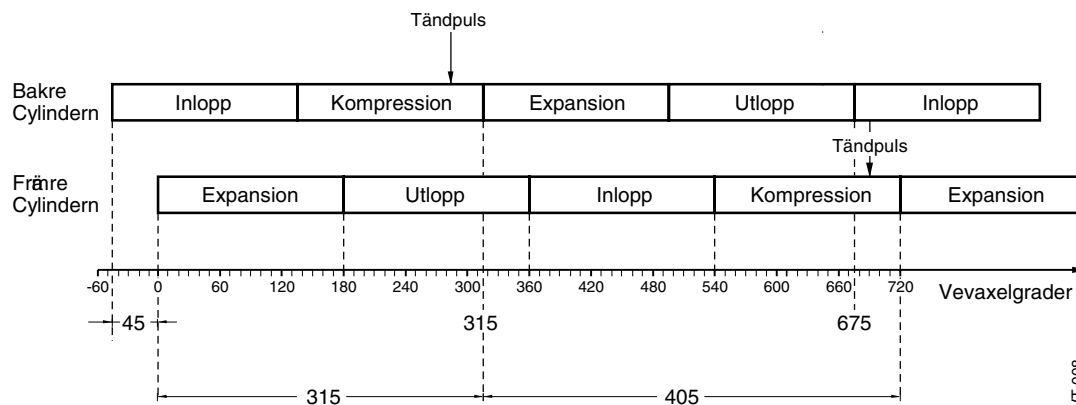
Även här finns det rutor i mappen som i praktiken inte används.

Vid körning i bänk eller bara för kontroll kan man ha datorn ansluten och får då en markör i mappen som flyttar sig efter gaspådrag och varvtal.

## 45 graders V2 motor

### Styrpulser

De flesta EFI-systemen som finns på marknaden är anpassade för att passa bilar som är populära att modifiera. Det innebär V8:or och fyrcylindriga motorer. Lite svårare blir det om man vill ha ett system till en 5-cylindrig bilmotor eller ännu värre en tvåcylindrig motorcykelmotor med 45 graders mellan cylindrarna. För V2 motorn är utbudet begränsat. Det beror på motorns osymmetriska sprut och tändföljd med 315 och 405 grader mellan arbetstakterna.



VT 008

Sprutsekvenserna och tändpulserna ska omväxlande ske vid  $360 + 45 = 405$  och vid  $360 - 45 = 315$ .

För att få en delning på 45 grader under ett motorvarv måste man generera minst åtta styrpulser per vevaxelvarv, d v s som en V16 motor. Då det är 45 grader mellan pulserna så kan man använda en sekvens med 8 minus 1 = 7 och en med 8 plus 1 = 9. Då blir avstånden i vevaxelgrader mellan pulserna  $7 \times 45 = 315$  och en med  $9 \times 45 = 405$ .

Anm: System från Autronic har 16 utgångar för tändläget och 8 utgångar för injektorerna. För en 45 gradig V2 motor kan man för tändningen använda Ing OP 2 till cylinder 1 och Ing OP 1 till cylinder 2. För injektorerna används Inj OP 1 till cylinder 1 och Inj OP 8 till cylinder 2.

### **MAP-sensorn**

För att få en anpassning till varierande laster kan det på en standardmotor vara bra att använda en MAP-sensor. En mappsensor lämnar en utspänning som beror på undertrycket. Alla sensorer på marknaden är gjorda för att passa till bilar. En stor tvåcylindrig motor som går på låga varv lämnar ett antal kraftiga undertryckspulser till sensorn. Det kan då bli svårt för sensorn att lämna en jämn signalnivå till ECU. Man brukar därför placera en tom burk (vakuumburk) med en volym på 2-3 dl mellan sensorn och ingången till datorn. Burken jämnar ut det kraftiga pulserna och sensorn ger en stabilare utspänning till datorn.

Det finns ett antal olika MAP-sensorer. Man skiljer på vilket undertryck som de ska arbeta med. Sensorer anpassade för 3 bar, brukar fungera bra till vanliga V2-motorer med moderat kamaxel. Kamaxlar med stort överlapp ger ett lägre vakuumbelägg och behöver en känsligare sensor exempelvis från 0,25 till 2 bar.