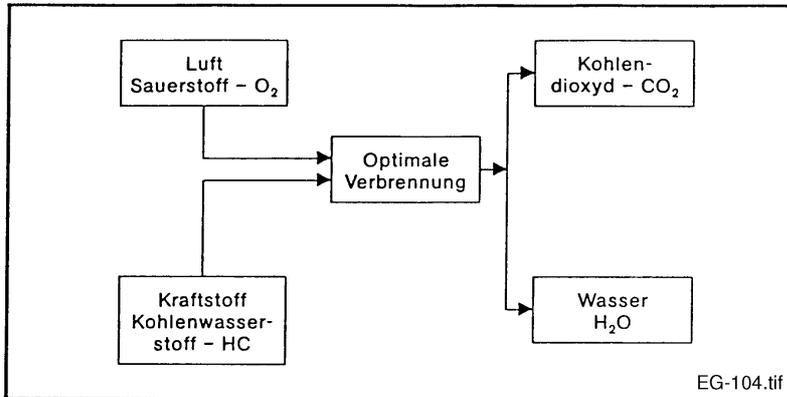


- Emissionskontrolle
- Abgasreinigungssysteme
- Innere Abgasreinigung
- Äußere Abgasreinigung
- Wiederholungsfragen

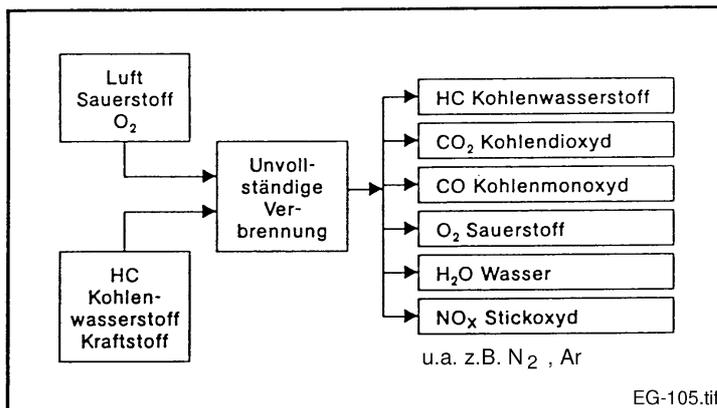
Emissionen

1. Allgemeines

Der ideale Motor (den es nicht gibt) verbrennt den Kraftstoff (chemisch: Kohlenstoff-Wasserstoffverbindungen) unter Zugabe des Luftsauerstoffs vollständig zu Kohlendioxid CO_2 und Wasser H_2O . Theoretisch entstehen hierdurch keine Schadstoffe.



Die reale Verbrennung ist eine unvollständige Verbrennung, die eine Reihe von Schadstoffen im Abgas hinterlässt. Schadstoffe sind Stoffe, die per Definition Schädigungen bei Menschen, Tieren, Pflanzen oder Material verursachen.



Schadstoffe

CO (Kohlenmonoxid)

◆ farbloses und geruchloses Gas, Blutgift, führt schon bei geringer Konzentration zu Erstickungen

NO_x (Stickoxide)

◆ farbloses Gas, oxidiert an der Luft mit O₂, dann ein rotbraunes Gas mit stechendem Geruch, Blutgift, reizen Schleimhäute und Lunge

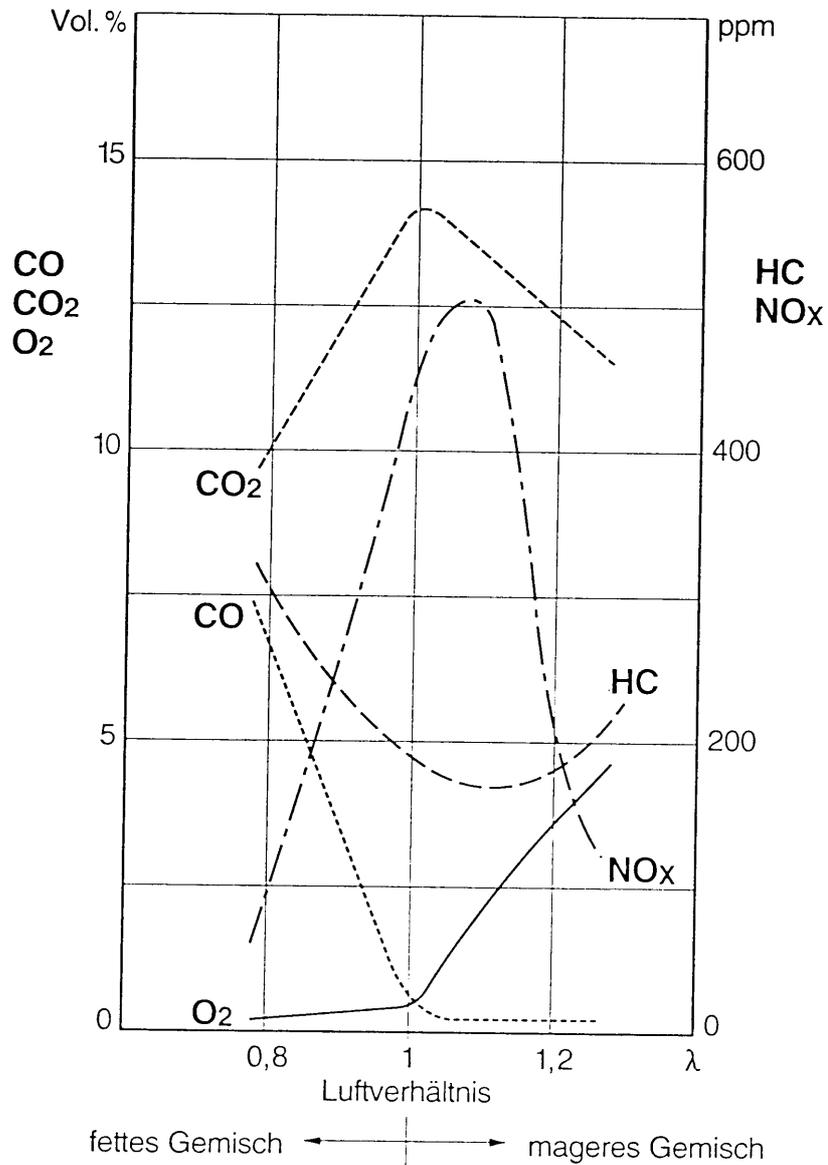
HC (Kohlenwasserstoffe)

◆ reizen die Schleimhäute, können krebserregend wirken, vor allem Benzol

CO₂ (Kohlendioxid)

◆ kein gesundheitsschädliches Verbrennungsprodukt. Der Anstieg in der Atmosphäre gilt als Ursache für den Treibhauseffekt

Das Abgas eines Ottomotors enthält bei einem Luftverhältnis $\lambda = 1$ etwa 1% Schadstoffe.



Abgaszusammensetzung in Abhängigkeit von λ

EG-106.tif

Ursachen der Entstehung der Schadstoffe

Schadstoff	Ursachen
Kohlenmonoxid CO	<ul style="list-style-type: none"> ◆ zu fettes Gemisch ◆ unvollständige Verbrennung durch Zündungs-, Einspritz- bzw. mech. Probleme
Kohlenwasserstoff HC	<ul style="list-style-type: none"> ◆ zu fettes Gemisch ◆ stark zu mageres Gemisch ◆ unvollständige Verbrennung durch o.g. Probleme
Stickstoffoxide No _x	<ul style="list-style-type: none"> ◆ hohe Verbrennungsdrücke ◆ hohe Verbrennungstemperatur ◆ mageres Gemisch

Maßnahmen zur Verringerung des Schadstoffausstoßes an Kfz.

Schadstoff	Maßnahmen
Kohlenmonoxid CO	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 3-Wege KAT ◆ Sekundärluftzufuhr ◆ Kontinuierliche Änderungen an Motor und Gemischaufbereitung ◆ Kurbelgehäuseentlüftung
Kohlenwasserstoff HC	<ul style="list-style-type: none"> ◆ siehe oben bei CO ◆ Aktivkohlefiltersystem
Stickstoffoxide No _x	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Abgasrückführung ◆ 3-Wege KAT

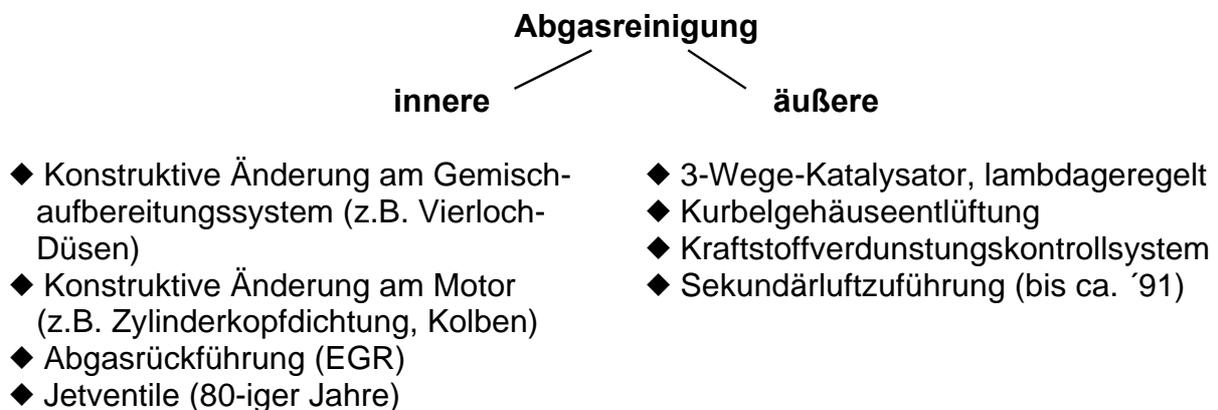
Stufenplan: Aktuelle und künftige Abgasgrenzwerte

Ottomotoren					
Schadstoff g/km	Euro II	Euro III (Stufe 2000)	Euro IV (Stufe 2005)	LEV ¹	ULEV ²
Kohlenmonoxid CO	2,70	2,30 (2,20)	1,00	3,08	1,53
Kohlenwasserstoff (HC)	0,341	0,20 (0,11)	0,10	0,06	0,03
Stickoxide NO _x	0,252	0,15 (0,14)	0,08	0,14	0,14
Dieselmotoren					
Kohlenmonoxid CO	1,060	0,64 (0,64)	0,50	3,08	1,53
Kohlenwasserstoff und Stickoxide	0,771	0,58	0,30		
Kohlenwasserstoff (allein)	---	(0,11)	(0,05)	0,06	0,03
Stickoxide (allein)	0,566	0,50 (0,37)	0,25 (0,15)	0,14	0,14
Partikel	0,080	0,05 (0,05)	0,025 (0,025)		

Werte in Klammern = Richtlinienentwurf und Alternative des Europäischen Umweltbüros (EEB) - ¹LEV **L**ow **E**mission **V**ehicle - ²ULEV **U**ltra **L**ow **E**mission **V**ehicle - Die Fahrzyklen zur Ermittlung der Abgasemissionen unterscheiden sich von denen des Europäischen Fahrzyklus, so daß die Grenzwerte von Euro- und ULEV nicht direkt vergleichbar sind.

Die strengen Abgasnormen bewirken den Einsatz eines umfangreichen Emissionskontrollsystems und erfordern weitere konstruktive Maßnahmen in Hinsicht Gemischaufbereitung und Verbrennungsablauf.

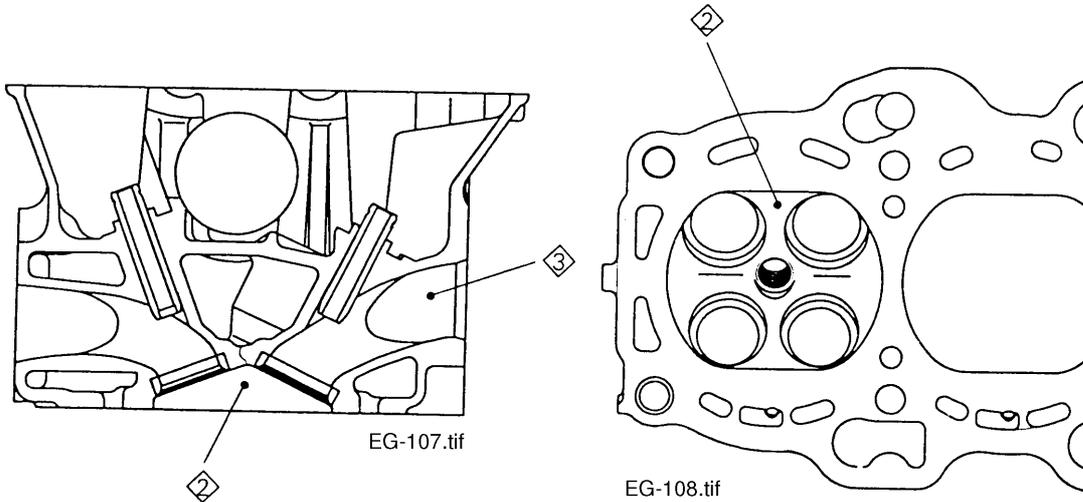
Man spricht deshalb von der sogenannten INNEREN UND ÄUßEREN ABGASREINIGUNG



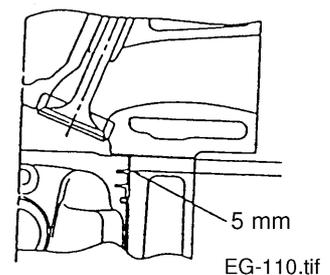
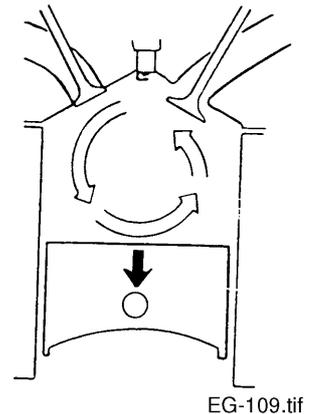
2. Innere Abgasreinigung bzw. -reduzierung

2.1 Konstruktive Änderung des Motors

Beispiel: 4G9-Motor

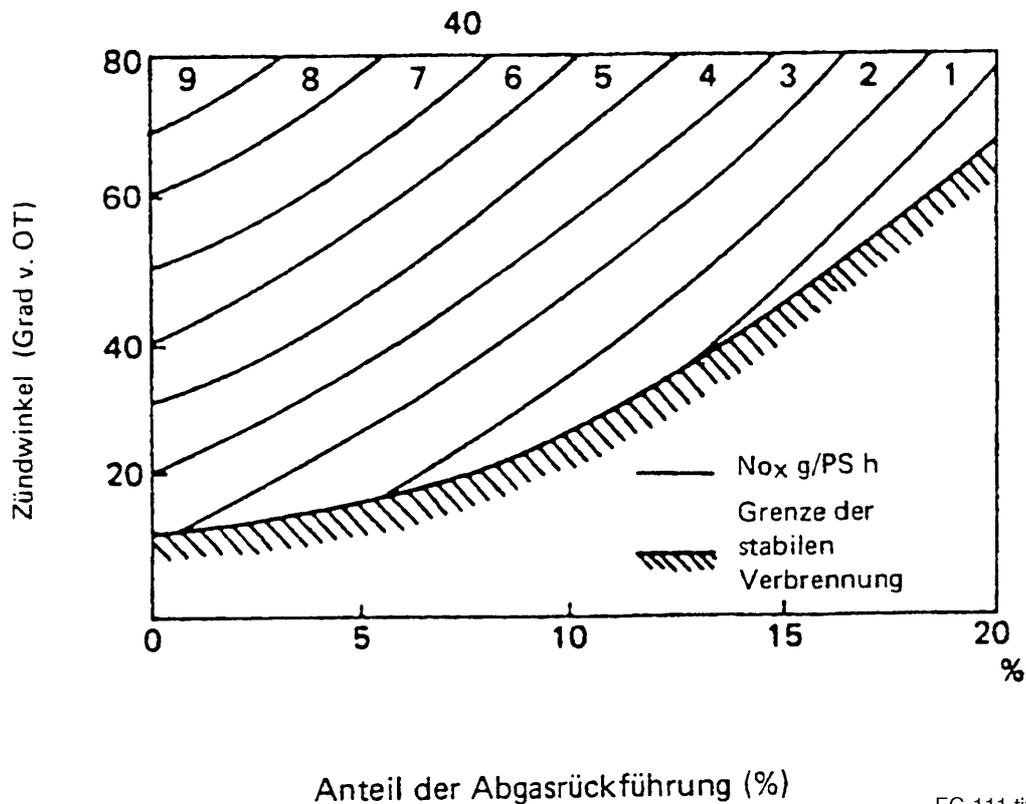


- ① Für eine bessere Wärmeabfuhr ist der Zylinderkopf aus Leichtmetall hergestellt (Temperatursenkung → No_x)
- ② Der Verbrennungsraum ist dachförmig ausgeführt und besitzt 4 Ventile mit in der Mitte liegender Zündkerze (zentrale Zündkerzenlage wirkt sich günstig auf HC-Anteile im Abgas aus)
- ③ Durch die Form des Ansaugkrümmers wird eine bessere Wirbelbildung erreicht (verbesserte Verbrennung)
- ④ Ab MJ '95 wurde eine zweilagige Zylinderkopfdichtung aus Stahl verwendet (Optimierung der Quetschflächen im Brennraum → bessere Verwirbelung → Senkung HC)
- ⑤ Verringerung der Höhe zwischen Kolbenboden und oberem Kolbenring von 7,1 mm auf 5 mm (Reduzierung des Bereiches wohin die Flammfront nicht gelangt, bzw. frühzeitig erlischt → Verringerung HC)



2.2 Abgasrückführung (EGR)

EGR: Exhaust Gas Recirculation



EG-111.tif

Abhängig vom Zündwinkel, Motorlast und -drehzahl kann ein Teil der verbrannten Abgase dem Motor nochmals zugeführt werden (max. bis zu 20%, sonst wird die Verbrennung instabil).

Nutzen: Aufgrund des geringen Sauerstoffgehalts im Abgas nimmt die Verbrennungstemperatur und damit die NO_x-Anteile im Abgas ab.

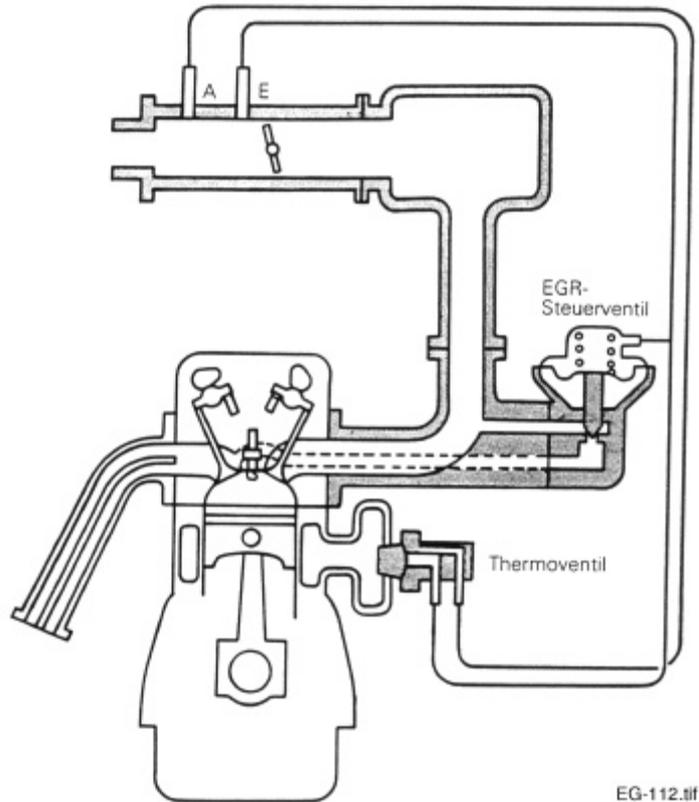
Abgasrückführung ist außer Funktion:

- ◆ im Leerlauf (unstabiler Motorlauf)
- ◆ bei kaltem Motor (überflüssig)
- ◆ bei starker Beschleunigung und Vollgas (nicht volle Leistung)
- ◆ bei Verzögerung (keine hohen Verbrennungstemperaturen)

Aufbau

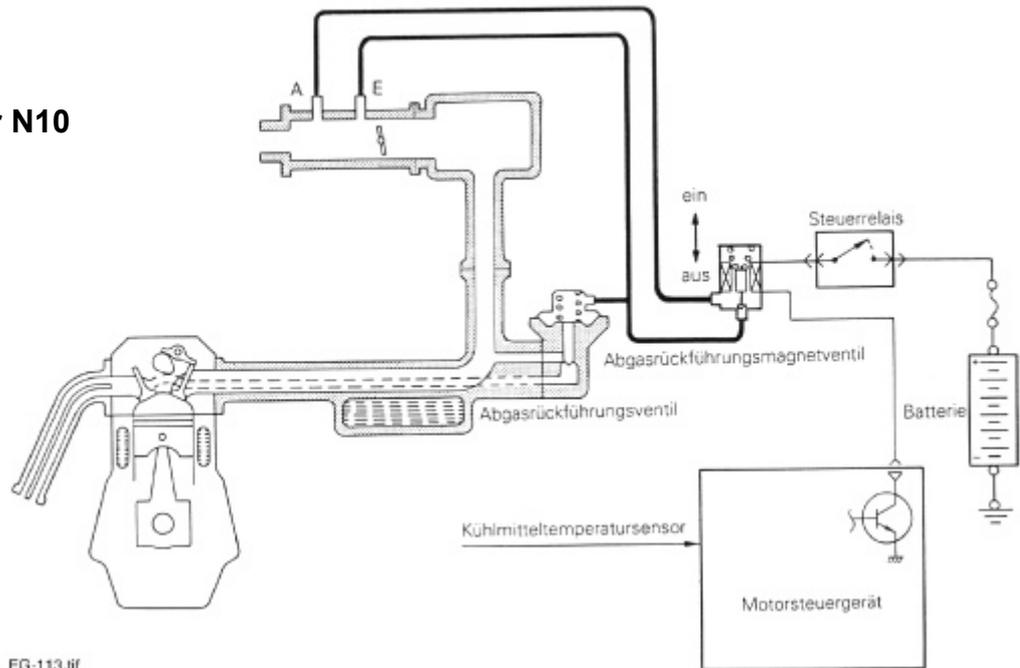
Ältere Modelle unterdruckgesteuert

Galant E30
Motor 4G63 DOHC



Neuere Modelle über Motor-ECU und EGR-Magnetventil

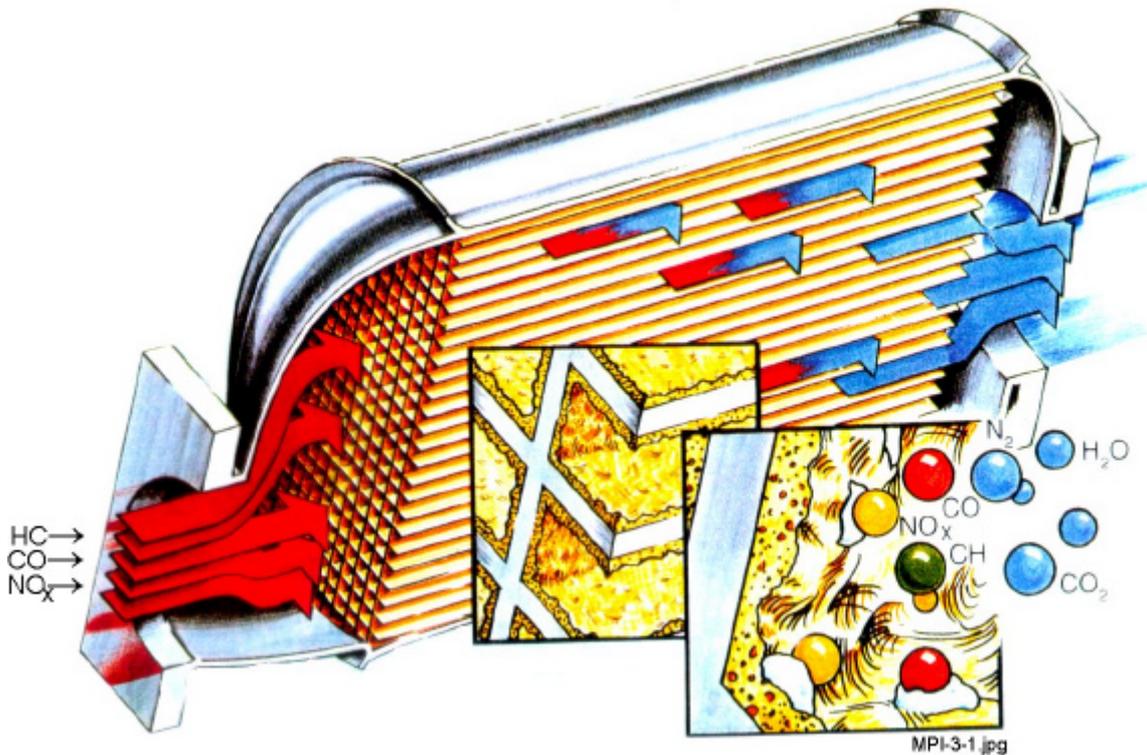
Space Runner N10
Motor 4G93



3. Äußere Abgasreinigung

3.1 Lambdageregelter 3-Wege-Katalysator

Der 3-Wege Katalysator setzt eine chemische Reaktion auf seiner Beschichtung in Gang, ohne sich dabei selbst zu verändern. Die Schadstoffe HC und CO erfahren eine Oxidation zu H₂O und CO₂, die Stickoxide NO_x eine Reduktion zu N₂ und O₂.



(Quelle: AU-Schulungshandbuch)

Als Trägermaterial wählt man üblicherweise Keramik. Aufgrund der sehr porösen Struktur erhält man für die aufgedampfte Beschichtung mit den entsprechenden Edelmetallen eine sehr große wirksame Fläche. Übliche Oberflächen entsprechen der Größe von 2 bis 3 Fußballfeldern.

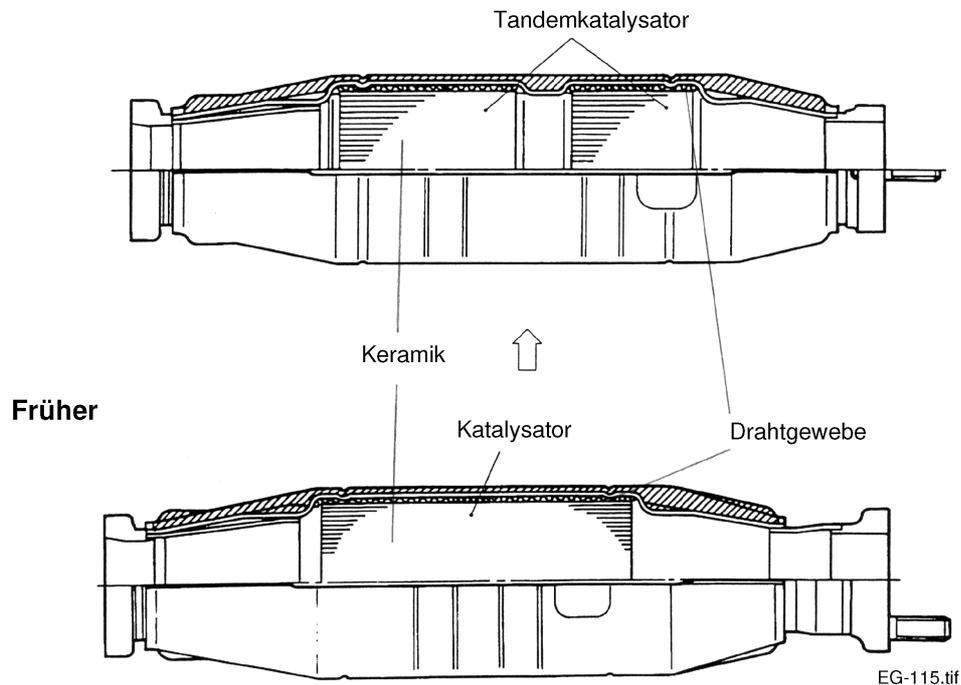
Der Katalysator erreicht seinen maximalen Konvertierungsgrad (Umsetzungsgrad) ab einer Abgastemperatur von etwa 250°C. Diese „Anspringtemperatur“ wird abhängig von der Außentemperatur und der Motornähe erst etliche Sekunden nach dem Motorstart erreicht. Die normale innere Arbeitstemperatur pendelt sich zwischen 400 bis 800°C ein, während die Außenerwärmung 150 - 300°C beträgt.

Verschiedene Fehler in den einzelnen Kontrollsystemen und falsche Bedienung können zu extrem hohen Temperaturen (1000°C und darüber) führen, was den Keramikträger zum Schmelzen bringt und die Lebensdauer des Katalysators drastisch verkürzt.

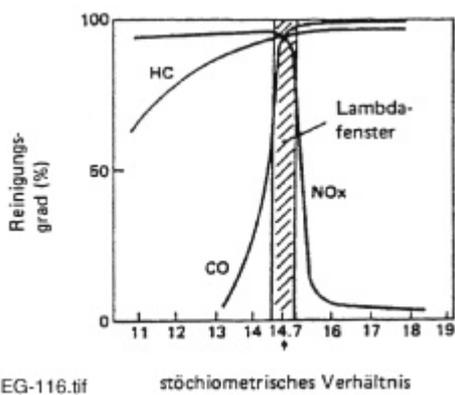
- ◆ **falsche Motoreinstellung (Ventile, Steuerzeiten)**
- ◆ **falscher Zündzeitpunkt**
- ◆ **Abziehen von Kerzensteckern bei laufendem Motor, Zündaussetzer**
- ◆ **Fehlzündungen**
- ◆ **nicht korrekte Gemischbildung (zu fettes Gemisch)**

Aufbau

Aufgrund der zusätzlichen Verwirbelung zwischen den beiden Monolithen wird der Katalysator heute in Tandembauweise hergestellt.

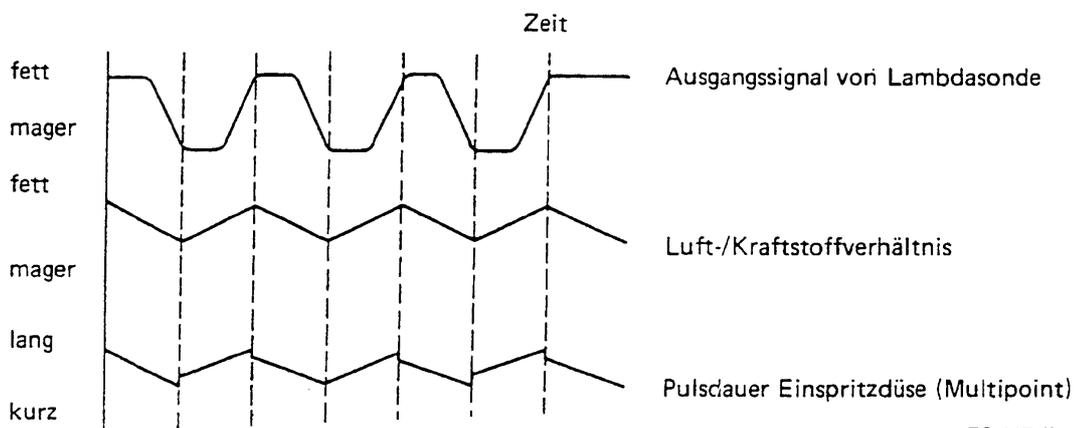


Lambdaregelung



Der Oxidations- und Reduktionsprozeß im 3-Wege-Katalysator kann nur mit der Lambdaregelung effektiv ablaufen. Eine Lambdasonde mit Regelkreis sorgt dafür, dass der Motor im Normalbetrieb ständig mit dem idealen Kraftstoff-/Luftverhältnis betrieben wird. Nur mit diesem stöchiometrischen Verhältnis von etwa 1kg Kraftstoff : 14,7 kg Luft ist ein optimaler Abbau der drei Schadstoffkomponenten möglich. Den Regelbereich der Sonde um diesen Wert bezeichnet man als „Lambdafenster“.

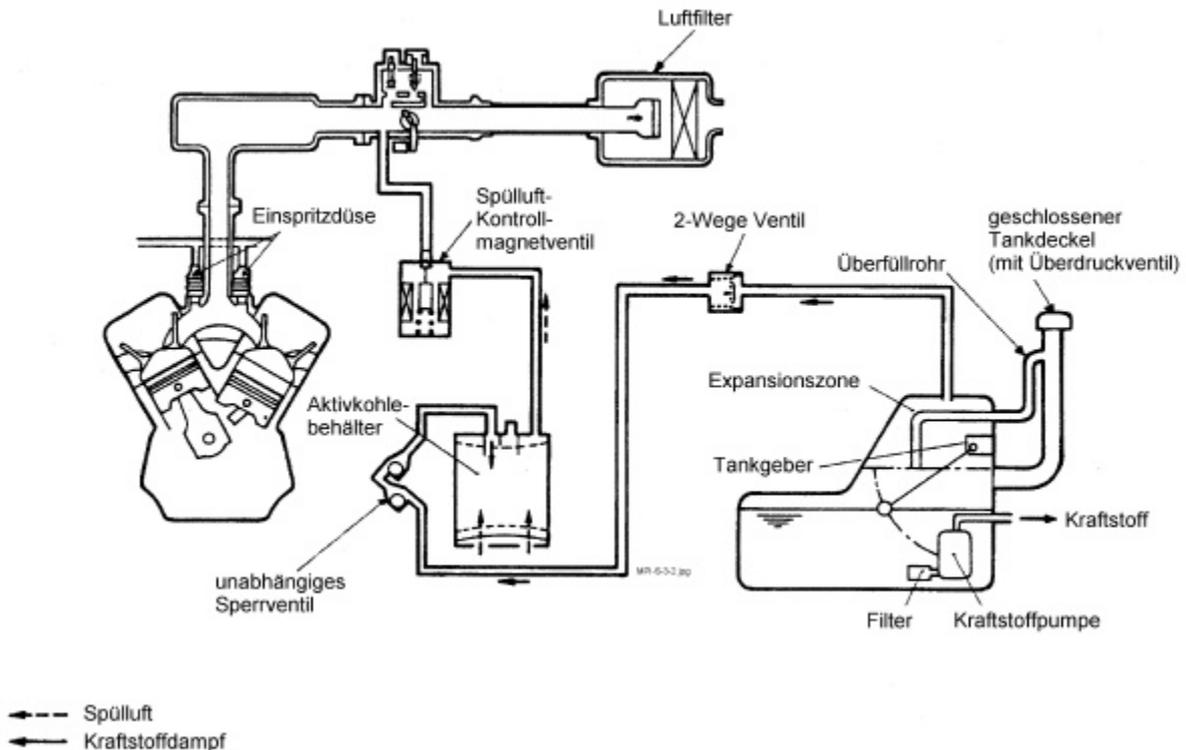
Das Verhältnis 1:14,7 wird auch $\lambda = 1$ genannt.



3.2 Kraftstoffverdunstungskontrollsystem (Aktivkohlefilter)

Das geschlossene Kraftstoffsystem verhindert, dass unverbrannte Kohlenwasserstoffe durch Verdunstung in die Atmosphäre gelangen. Bei stehendem Motor werden Kraftstoffdämpfe aus dem Tank in den Aktivkohlebehälter geleitet und gesammelt.

Aufbau:

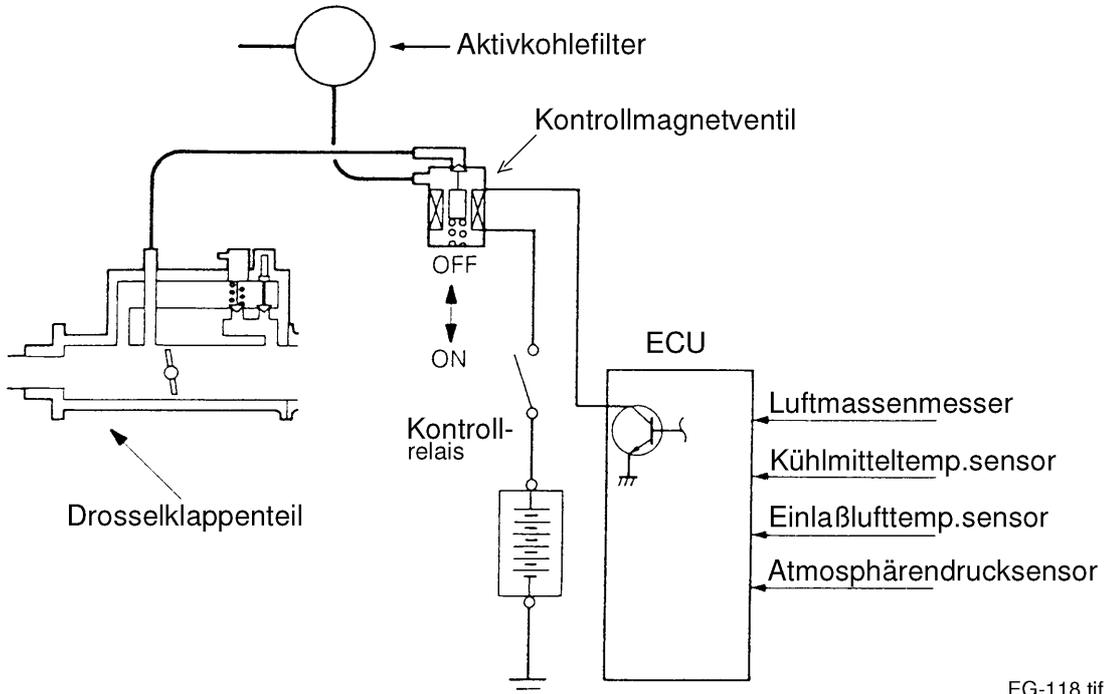


Erläuterung:

- ◆ Geschlossener Tankdeckel damit bei Druckanstieg kein Kraftstoffdampf ins Freie gelangt (Überdruckventil ist Sicherheitsventil).
- ◆ 2-Wege Ventil öffnet zum Aktivkohlebehälter, wenn der Druck im Tank über einen vorgegebenen Wert steigt. Sinkt der Druck im Tank unter einen bestimmten Wert, öffnet das 2-Wege Ventil in die Gegenrichtung.
- ◆ Lageabhängiges Sperrventil verhindert beim Überschlagen des Fahrzeugs ein Auslaufen des Kraftstoffs über den Aktivkohlebehälter.
- ◆ Aktivkohlefilter sammelt die Kraftstoffdämpfe aus dem Tank. Er ist wartungsfrei, da die Kraftstoffdämpfe wieder abgesaugt werden.

3.2 Kraftstoffverdunstungskontrollsystem (Aktivkohlefilter)

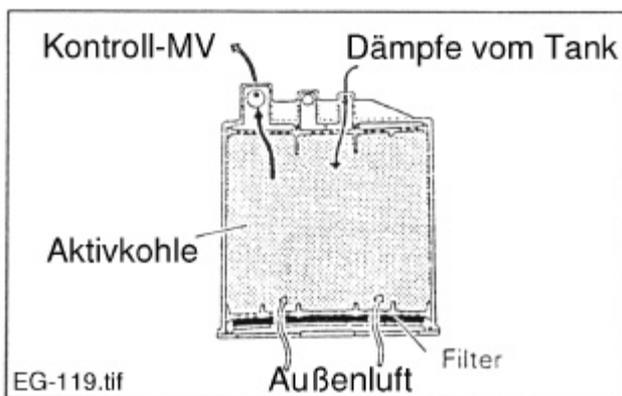
Abhängig von den jeweiligen Motorbetriebsbedingungen wird das Spülluftkontrollmagnetventil aktiviert, so dass die gesammelten Kraftstoffdämpfe angesaugt und verbrannt werden können.



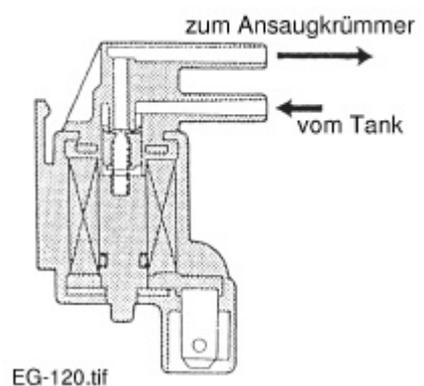
EG-118.tif

- Kein Absaugen bei:**
- kaltem Motor
 - geringer angesaugter Luftmenge
 - Leerlauf

Aktivkohlebehälter



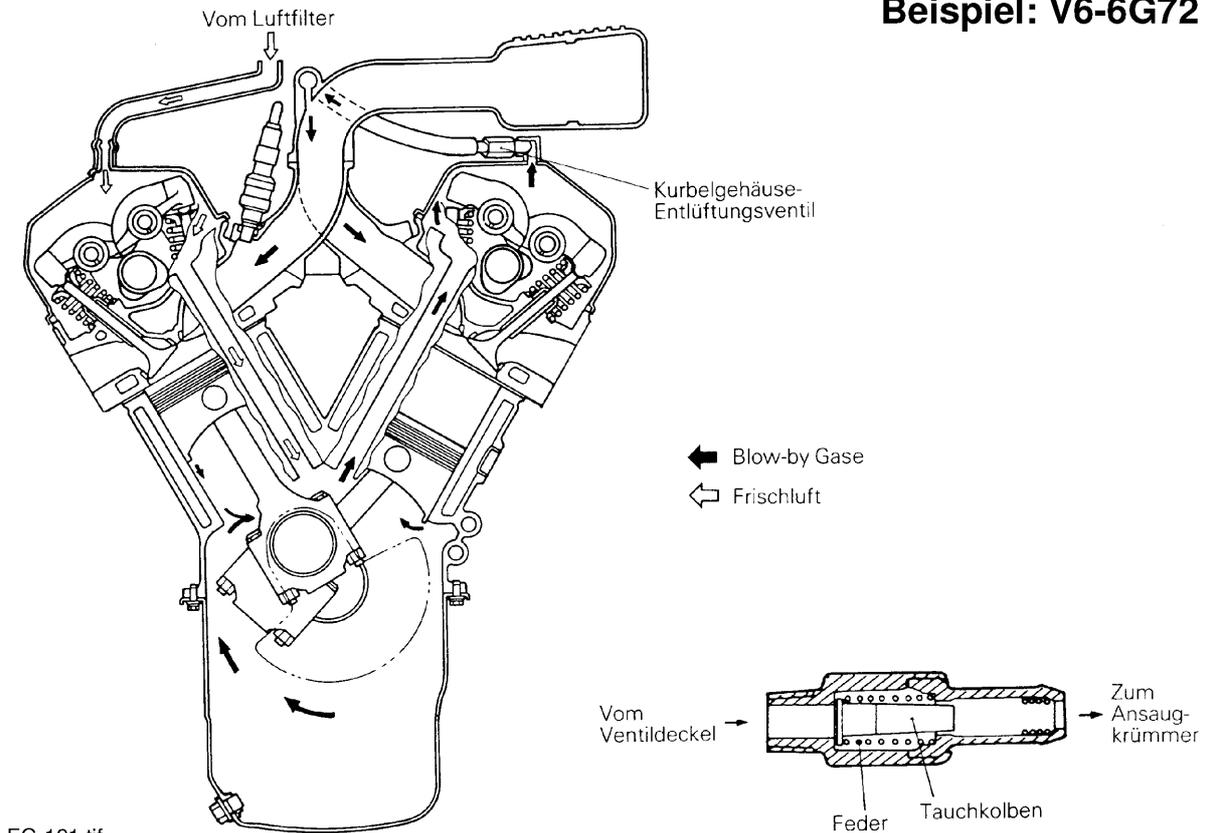
Spülluftkontrollmagnetventil



3.3 Kurbelgehäuse-Entlüftung

Ein geschlossenes Kurbelgehäuse-Entlüftungssystem wird verwendet, damit die Blow-by Gase nicht in die Atmosphäre gelangen können. Dieses System ist mit einem Kurbelgehäuse-Entlüftungsventil (PCV-Ventil) am Ventildeckel versehen. Es liefert Frischluft durch den Luftfilter in das Kurbelgehäuse.

Beispiel: V6-6G72



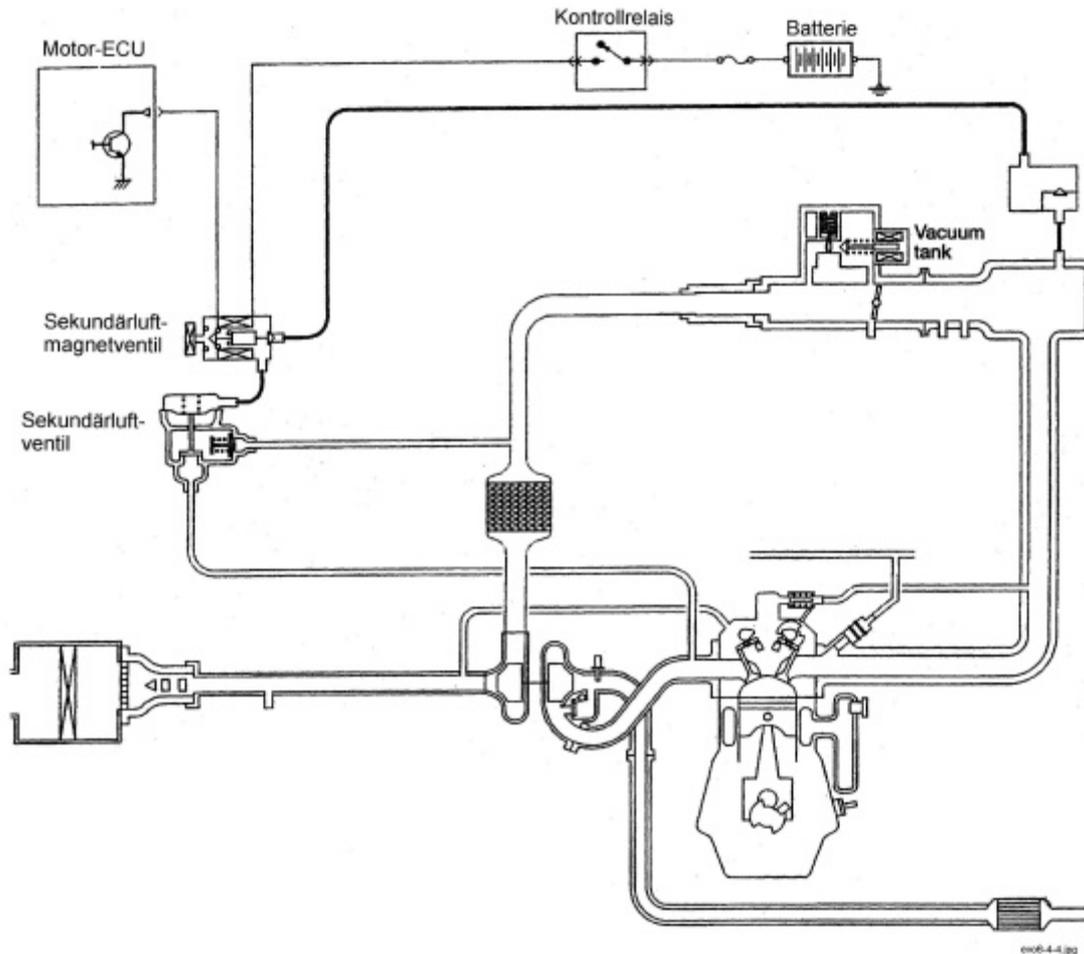
EG-121.tif

Im Kurbelgehäuse wird die Frischluft mit dem Blow-by Gas gemischt, und das Gemisch gelangt durch das PCV-Ventil in den Ansaugkrümmer. Das PCV-Ventil weist eine Kalibrierung auf, durch die das Gemisch aus Frischluft und Blow-by Gas aufgrund des Unterdrucks in den Ansaugkrümmer gezogen wird. Dadurch werden Öldämpfe der Verbrennung zugeführt und zusätzliche unverbrannte Kohlenwasserstoffe im Abgas vermieden.

3.4 Sekundärluftsystem: Beispiel EVO VI

Generell wird ein Sekundärluftsystem (dt. Hersteller bezeichnen es meist als „Zusatzlufteinblasung“) zur Reduzierung der unverbrannten Kohlenwasserstoffe (HC) nach der Verbrennung eingesetzt. Die hohe Temperatur der austretenden Abgase ermöglicht bereits vor dem Katalysator eine Oxidation von HC durch die zusätzliche Frischluft.

MITSUBISHI benutzte das Sekundärluftsystem aus diesem Grund bei Fahrzeugen mit elektronisch geregelterm Vergaser und bei der Zentraleinspritzung des Starion 2,6 l. Bei MPI-Fahrzeugen war der Einsatz bisher nicht erforderlich.



Das Sekundärluftsystem setzt beim EVO VI im Schiebepbetrieb oberhalb von 4000 U/min. ein. Es verhindert, dass die Ladeturbine durch die wechselnden Druckverhältnisse abgebremst wird. Folglich wird das Ansprechverhalten des Motors hierdurch verbessert.

Wiederholungsfragen zum Kapitel 3:

Die Arbeitstemperatur eines Katalysators liegt bei:

- 200° - 300°C
- 400° - 800°C
- 600° - 1200°C

Die Lambdasonde misst:

- den Gehalt des Kohlenmonoxides im Abgas
- den Gehalt des Stickoxides im Abgas
- die Abgastemperatur
- den Gehalt des Restsauerstoffes im Abgas

Welche weiteren Maßnahmen außer der Sekundärluft reduzieren den HC-Ausstoß des Fahrzeugs?

- Aktivkohlebehältersystem
- Abgasrückführung
- Variable Ansaugluftregelung
- Katalysator

Was bewirkt die Abgasrückführung?

- Reduzierung der Stickoxide
- Oxidation der Stickoxide
- Oxidation von CO und HC
- Erhöhung der Verbrennungstemperatur