

20 | Gemischbildung im Vergaser-Ottomotor

An den Vergaser werden hauptsächlich folgende Anforderungen gestellt:

- er muß ein brennbares Gemisch aufbereiten,
- die Gemischzusammensetzung soll möglichst gleichmäßig (homogen) sein und
- zu schadstoffarmen Abgasen führen.

Je besser die **Gemischbildung** ist, desto vollständiger ist die Verbrennung des gesamten Kraftstoff-Luft-Gemisches. Dadurch wird die chemische Energie des Kraftstoffs besser ausgenutzt und die Schadstoffanteile (Kohlenmonoxid Stickoxide und Kohlenwasserstoffe) im Abgas werden verringert.

Für die Verbrennung muß der Kraftstoff vom flüssigen in den gasförmigen Zustand übergehen. Dafür wird der Kraftstoff im Vergaser oder durch eine Einspritzanlage **fein zerstäubt**, da tröpfchenförmiger Kraftstoff schneller verdampft. Der zerstäubte Kraftstoff geht erst im Ansaugkrümmer und im Verbrennungsraum durch Wärmeaufnahme in den **gasförmigen Zustand** über. Die Bezeichnung »Vergaser« ist deshalb irreführend. Sie stammt aus den Anfängen der Motorisierung.

20.1 Grundlagen des Vergasers

Im Vergaser befindet sich die Austrittsöffnung für den Kraftstoff an einer **Stelle hoher Luftgeschwindigkeit**. Dadurch wird der Kraftstoff angesaugt und vom Luftstrom **grob zerstäubt** mitgerissen (Abb.1). Der Kraftstoff wird feiner zerstäubt, wenn ihm zuvor über eine Düse Luft zugeführt wird. Je höher die Strömungsgeschwindigkeit der Luft, desto mehr Kraftstoff wird auf diese Weise gefordert.

20.1.1 Physikalische Vorgänge in strömenden Gasen

Strömt ein Gas (oder eine Flüssigkeit) fortlaufend durch ein Rohr mit gleichbleibendem Querschnitt, so strömt je Zeiteinheit an jeder Stelle ein gleich großes Gasvolumen vorbei.

Das Volumen V je Zeiteinheit t ergibt sich aus dem Rohrquerschnitt A und der Strömungsgeschwindigkeit v :

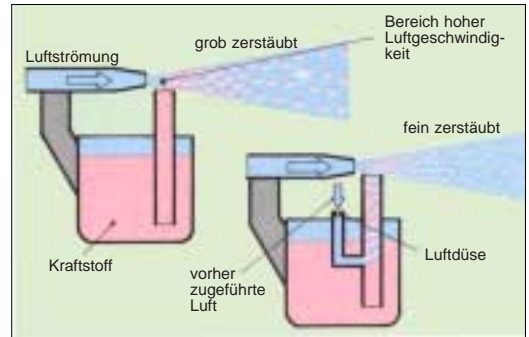


Abb.1: Zerstäubung

$$\frac{V}{t} = \frac{A \cdot s}{t} = A \cdot v$$

V Volumen in m^3
 t Zeit in s
 v Geschwindigkeit in $\frac{\text{m}}{\text{s}}$
 A Querschnitt in m^2
 s Weg in m

Verändert sich der Rohrquerschnitt an einer Stelle (Abb.2), so muß in jeder Zeiteinheit durch diesen Querschnitt das gleiche Gasvolumen strömen. Das ist nur möglich, wenn sich bei abnehmendem Querschnitt die Strömungsgeschwindigkeit v erhöht und mit zunehmendem Querschnitt die Strömungsgeschwindigkeit abnimmt.

Wie ein Versuch mit einem Venturirohr (G. B. Venturi, ital. Physiker, 1746 bis 1822) zeigt, ist der senkrecht auf die Rohrwandung wirkende Druck (statischer Druck) an der Rohrverengung geringer als an den andern Rohrstellen (Abb.3). In strömenden Gasen (und Flüssigkeiten) gilt deshalb:

Ein **kleiner Rohrquerschnitt** erzeugt eine hohe Strömungsgeschwindigkeit und damit eine **Ver-ringerung des statischen Drucks**.

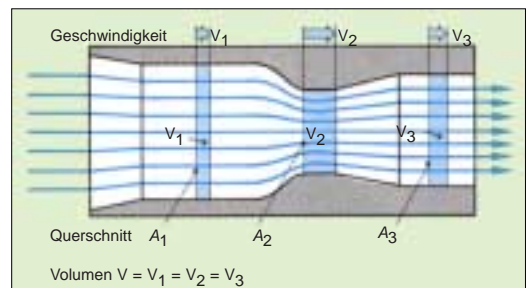


Abb.2: Strömungsgeschwindigkeiten in verschiedenen Rohrquerschnitten

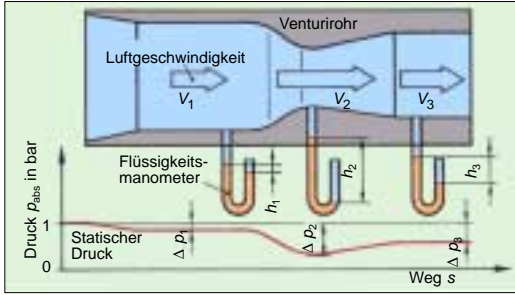


Abb.3: Statische Drücke in Abhängigkeit von der Strömungsgeschwindigkeit

20.1.2 Zerstäubung des Kraftstoffs

Abb. 4 zeigt die praktische Anwendung der physikalischen Grundlagen.

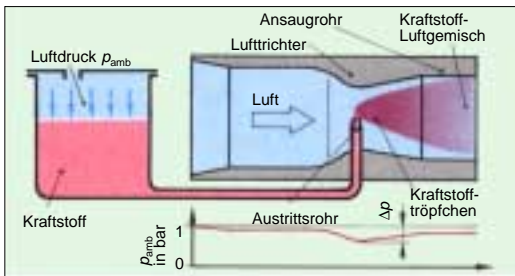


Abb.4: Prinzip der Kraftstoffzerstäubung im Vergaser

An der Rohrverengung des Lufttrichters entsteht durch die große Luftgeschwindigkeit während des Ansaugtakts ein besonders hoher Unterdruck. Dadurch wird der Kraftstoff angesaugt (bzw. genauer, vom Außenluftdruck aus dem Austrittsrohr gedrückt) und vom Luftstrom in Form kleiner Tröpfchen mitgerissen, d.h. zerstäubt. Je nach Umgebungstemperatur und Druck verdampft ein Teil der leicht flüchtigen Kraftstoffanteile. Dieser Vorgang wird durch den Unterdruck unterstützt, denn der **Siedepunkt** von Flüssigkeiten **sinkt** bei abnehmendem Umgebungsdruck.

Entsprechend der Strömungsrichtung der Luft werden Fallstrom-, Flachstrom- und Schrägstrom-Vergaser unterschieden (Abb. 5). Am häufigsten werden Fallstrom- und Flachstrom-Vergaser verwendet.

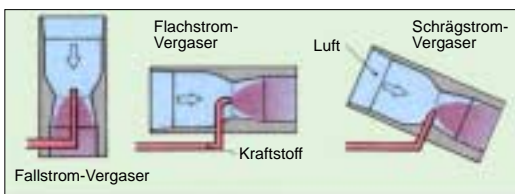


Abb.5: Einteilung der Vergaser nach der Strömungsrichtung

20.2 Aufbau und Wirkungsweise eines einfachen Vergasers

Die wesentlichen Bauteile des einfachen Vergasers (Abb. 6) sind:

- Mischkammer mit Lufttrichter,
- Austrittsrohr,
- Hauptdüse,
- Drosselklappe,
- Schwimmergehäuse mit Schwimmer, Schwimernadel und Belüftungseinrichtung.

Die **Mischkammer** mündet in das Ansaugrohr des Motors. Während des Ansaugtakts wird die Geschwindigkeit der angesaugten Luft durch die Verengung des **Lufttrichters** (Venturirohr) erhöht. Die dabei auftretende Druckdifferenz zwischen dem Luftdruck über dem Kraftstoffstand in der **Schwimmerkammer** (Schwimmerkammerbelüftung) und dem Unterdruck im Lufttrichter bewirkt, daß der Kraftstoff aus dem Austrittsrohr gedrückt wird. Dabei vermischt sich der Kraftstoff fein zerstäubt mit der angesaugten Luft.

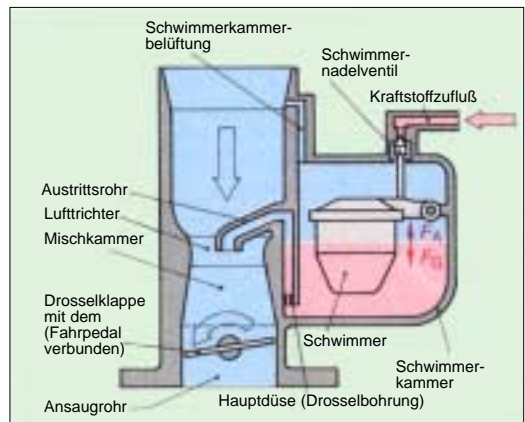


Abb.6: Einfacher Vergaser

Die **Hauptdüse** ist in den Verbindungskanal zwischen Schwimmerkammer und Austrittsrohr eingeschraubt. Sie enthält eine Bohrung mit einem bestimmten Durchmesser, die als Drosselbohrung bezeichnet wird. Diese begrenzt die Kraftstoffzufuhr. Mischkammer, Austrittsrohr und Hauptdüse werden als **Hauptdüsensystem** bezeichnet.

Die **Drosselklappe** hat die Aufgabe, die Menge des angesaugten Kraftstoff-Luft-Gemisches, und damit die Motordrehzahl, zu steuern.

Bei voll geöffneten Drosselklappe strömt das Kraftstoff-Luft-Gemisch nahezu ungehindert in das Ansaugrohr.

Die Schwimmereinrichtung mit **Schwimmer** und **Schwimmernadelventil** hat die Aufgabe, den Kraftstoffstand und – damit den Kraftstoffvorrat – im Schwimmergehäuse konstant zu halten.

Der **Schwimmer** ist ein Hohlkörper aus einer Kupfer-Zink-Legierung oder aus Kunststoff mit genau festgelegter Gewichts- und Auftriebskraft. Er betätigt das Schwimmernadelventil, über das der Kraftstoff vom Kraftstofftank direkt (Fallbenzin, z.B. Kleinkrafträder) oder durch eine Kraftstoffpumpe gefördert (s. Kap. 18), zum Schwimmergehäuse gelangt. Die Belüftung der Schwimmerkammer kann durch eine **Innenbelüftungseinrichtung** (Verbindungsleitung zum Lufttrichter) oder **Außenbelüftungseinrichtung** (Verbindungsbohrung zur Außenluft) erfolgen. Durch eine **Verschmutzung des Luftfilters** nimmt der Unterdruck im Ansaugrohr zu. Wenn das Schwimmergehäuse mit dem Außenluftdruck verbunden ist, ergibt sich dann eine größere Druckdifferenz zwischen Schwimmerkammer und Mischkammer. Es wird zuviel Kraftstoff über das Austrittsrohr gefördert. Ein stark **überfettetes Gemisch** ist die Folge. Deshalb erfolgt die Belüftung der Schwimmerkammer heute überwiegend über den Lufttrichter. Das hat den Vorteil, daß sich unterschiedliche Ansaugdrücke (sauberer oder verschmutzter Luftfilter) nicht auf die Kraftstoffördermenge auswirken. Ein weiterer Vorteil der Innenbelüftung besteht darin, daß Kraftstoffdämpfe nicht an die Umgebungsluft abgegeben werden (Luftverschmutzung).

20.2.1 Physikalische Grundlagen der Schwimmereinrichtung

Die **Auftriebskraft** des Schwimmers schließt das Schwimmernadelventil, sobald der Kraftstoffstand die Sollhöhe erreicht hat. Das Schwimmernadelventil öffnet den Kraftstoffzufluß wieder, wenn der Kraftstoffstand im Schwimmergehäuse absinkt.

Der durch die Kraftstoffförderpumpe aufgebaute Druck darf nicht so groß sein, daß das Schwimmernadelventil geöffnet wird. Die Auftriebskraft F_A des Schwimmers entspricht der Gewichtskraft F_G des vom Schwimmer verdrängten Kraftstoffs (Abb.6, S. 169). Sie ist von der Kraftstoffdichte ρ_K und dem verdrängten Volumen V_K abhängig.

- F_A Auftriebskraft in N
- g Fallbeschleunigung in m/s²
- ρ_K Kraftstoffdichte in kg/dm³
- V_K Kraftstoffvolumen in dm³

$$F_A = g \cdot \rho_K \cdot V_K$$

Der Kraftstoffstand im Schwimmergehäuse und im Austrittsrohr ist gleich hoch, denn der Kraftstoff befindet sich in einem System verbundener Röhren.

In **verbundenen Gefäßen** (kommunizierenden Röhren) ist der Flüssigkeitsstand gleich hoch.

Während des Motorstillstands befindet sich der Kraftstoffspiegel 2 bis 5 mm unterhalb der Austrittsöffnung des Austrittsrohrs. Dieser Sicherheitsabstand ist erforderlich, um bei Schräglagen des Fahrzeugs einen ungewollten Kraftstoffaustritt zu vermeiden.

20.2.2 Luftverhältnis

Der in Abb.6, S.169 gezeigte einfache Vergaser liefert nur für einen eng begrenzten Drehzahlbereich des Motors und Winkelbereich der Drosselklappe das geforderte Kraftstoff-Luft-Gemisch. Ein Vergaser muß aber das richtige Gemisch liefern, z.B. für:

- sicheres Starten,
- gleichbleibende Leerlaufdrehzahl,
- einwandfreies Übergangsverhalten,
- geringen Teillastverbrauch,
- ruckfreies Beschleunigen,
- Vollastbetrieb und
- schadstoffarme Abgase in allen Betriebszuständen.

Die Erfüllung der Forderung nach schadstoffarmen Abgasen setzt eine **vollständige Verbrennung** des Kraftstoff-Luft-Gemisches voraus.

Für die vollständige Verbrennung einer Kraftstoffmenge wird eine bestimmte Luft- bzw. Sauerstoffmenge benötigt (Tab.1).

Tab.1: Luftbedarf verschiedener Kraftstoffe

Kraftstoff (Kst.)	theoretischer Luftbedarf	
	in kg Luft für 1 kg Kst.	in 1 Luft für 11 Kst.
Ottokraftstoff Normal	14,8	8490
Ottokraftstoff Super	14,7	8586
Motorenbenzol	13,5	9209
Diesekraftstoff	14,5	9667

Das **Luftverhältnis** λ (lambda; gr. kleiner Buchstabe) ist das Verhältnis zwischen der tatsächlich dem Kraftstoff zugeführten Luftmenge L und der für die vollständige Verbrennung des Kraftstoffs erforderlichen Luftmenge L_{th} (theoretischer Luftbedarf).

$$\lambda = \frac{L}{L_{th}}$$

- λ Luftverhältnis
- L zugeführte Luftmenge in kg
- L_{th} erforderliche Luftmenge in kg

Wird 1 kg Ottokraftstoff Normal mit 14,8 kg Luft vermischt, so ist $L_{th} = L$ und damit $\lambda = 1$. Wird z.B. 1 kg Ottokraftstoff Normal mit 16,28 kg Luft vermischt, so ergibt sich ein **mageres Gemisch** (Kraftstoffmangel) mit

$$\lambda = \frac{16,28 \text{ kg Luft}}{14,8 \text{ kg Luft}} = 1,1.$$

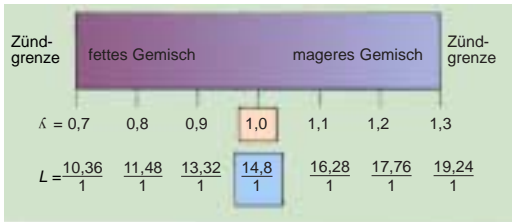


Abb.1: Beziehung zwischen Luftverhältnis λ und Luftmenge L

Für Ottokraftstoff Normal ergibt sich der in Abb. 1 dargestellte Zusammenhang.

Mit einem einfachen Vergaser lassen sich die zuvor genannten Forderungen nicht erfüllen. Es sind Zusatzeinrichtungen nötig, die diese Forderungen erfüllen helfen. Der Vergaser wird dadurch in seinem Aufbau sehr kompliziert.

20.3 Zusatzeinrichtungen des Vergasers

Die **Zusatzeinrichtungen** sollen in allen Betriebszuständen die erforderliche Gemischzusammensetzung liefern.

Der häufigste Betriebszustand des Motors liegt im Teillastbereich.

20.3.1 Zusatzeinrichtungen für den Teillastbereich

Zum **Teillastbereich** gehören alle Betriebszustände, bei denen die Drosselklappe teilweise geöffnet ist.

Bei verschiedenen Fahrbahnsteigungen und gleicher Fahrgeschwindigkeit sind unterschiedliche **Drosselklappenstellungen** nötig. Mit gleicher Drosselklappenstellung ergeben sich unterschiedliche Fahrgeschwindigkeiten.

Der einfache Vergaser liefert mit zunehmender Drehzahl und/oder mit zunehmender Drosselklappenöffnung ein zu fett werdendes Gemisch (Kraftstoffüberschuß). Deshalb muß das Kraftstoff-Luft-Gemisch abgemagert werden.

Durch eine Zusatzeinrichtung am Hauptdüsensystem – **Luftkorrekturdüse und Mischrohr** (Abb.2) – wird die über die Hauptdüse geförderte Kraftstoffmenge verringert.

Über die **Luftkorrekturdüse** gelangt Luft in das Mischrohr, die sich mit dem Kraftstoff vermischt (Vorverschäumung). Mit zunehmender Drosselklappenöffnung bzw. Drehzahlerhöhung drängt die Luft den Kraftstoff im Mischrohr immer weiter zurück. Dadurch gelangt weniger Kraftstoff aus dem Austrittsrohr heraus und es wird einer Überfettung entgegen gewirkt.

20.3.2 Zusatzeinrichtungen für den Beschleunigungsvorgang

Durch **schnelles Öffnen der Drosselklappe** wird das Fahrzeug beschleunigt. Luftgeschwindigkeit und Unterdruck im Lufttrichter nehmen zu. Der Kraftstoff kann aber wegen seiner großen Massenträgheit nicht entsprechend schnell aus dem Mischrohr herausgedrückt werden, da seine Dichte etwa 600mal so groß ist wie die der Luft. Das Kraftstoff-Luft-Gemisch magert stark ab. Hierdurch entsteht ein großer Leistungsabfall. Aber gerade zum Beschleunigen ist eine Leistungssteigerung erforderlich, d.h., es wird ein fetteres Gemisch benötigt.

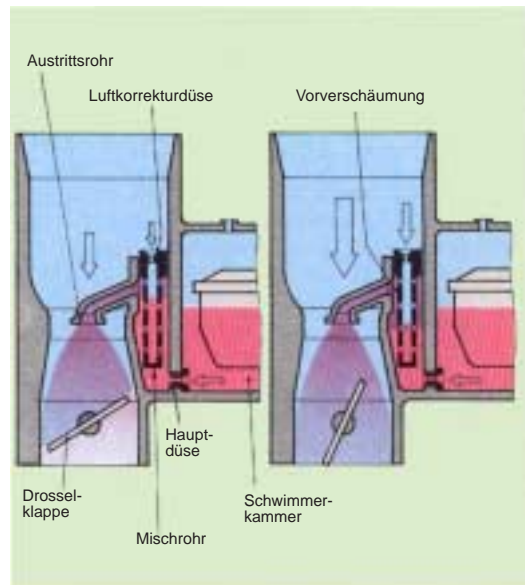


Abb.2: Wirkungsweise des Hauptdüsensystems

Die **Gemischanreicherung** erfolgt meist durch eine Membran- oder Kolbenpumpe (Abb.1). Die Membranpumpe wird über Hebel und Gestänge betätigt, die mit der Drosselklappe verbunden sind. Während des **Druckhubes** wird das Saugventil durch den Kraftstoffdruck geschlossen, und das Druckventil wird geöffnet. Der Kraftstoff gelangt durch eine Verbindungsleitung und ein Anreicherungsrohr in den Lufttrichter. Während des **Saughubes** (Schließen der Drosselklappe) wird die Membran durch die Membranfeder in die Ausgangslage zurückbewegt. Dabei wird Kraftstoff über das offene Saugventil aus der Schwimmerkammer angesaugt. Das Druckventil ist geschlossen.

Die Einspritzmenge je Hub kann mit einer einstellbaren Kurvenscheibe oder einer Einstellmutter bzw. -schraube (Abb. 1) korrigiert werden.

20.3.3 Zusatzeinrichtungen für den oberen Teillast- und Vollastbetrieb

Als **Vollast** werden - unabhängig von der Motordrehzahl alle Betriebszustände bezeichnet, bei denen die Drosselklappe vollständig geöffnet ist (Vollast bei Höchstgeschwindigkeit, Vollast bei Bergfahrt)..

Im Vollast- und teilweise auch im oberen Teillastbetrieb ist der Unterdruck im Lufttrichter durch die weit geöffnete Drosselklappe sehr groß. Ein Teil der angesaugten Luftmenge gelangt über die Luftkorrekturdüse in das Mischrohr und senkt den Kraftstoffstand sehr stark ab. Das Gemisch wird unerwünscht abgemagert. Deshalb ist ein Anreicherungssystem erforderlich. Es gibt Anreicherungssysteme mit **Anreicherungsventil** und/oder **Anreicherungsrohr**.

Anreicherungssystem mit Anreicherungsventil

Bei geöffneter Drosselklappe nimmt der Unterdruck im Drosselklappenbereich ab. Das Anreicherungsventil wird durch die Federkraft geöffnet. Zusätzlicher Kraftstoff gelangt unter Umgehung der Hauptdüse zum Mischrohr (Abb. 2). Das Anreicherungsventil schließt, sobald der auf die Membrane wirkende Unterdruck zunimmt (Schließen der Drosselklappe).

Anreicherungssystem mit Anreicherungsrohr

Dieses Anreicherungssystem (Abb. 2) besteht aus dem Anreicherungsrohr, dem Verbindungskanal zur Schwimmerkammer und dem Steigrohr mit Düse. Da die Öffnung des Anreicherungsrohrs oberhalb des Lufttrichters angeordnet ist, reicht bei niedrigen Drehzahlen der Unterdruck oberhalb des Lufttrichters nicht aus, um Kraftstoff anzusaugen. Erst

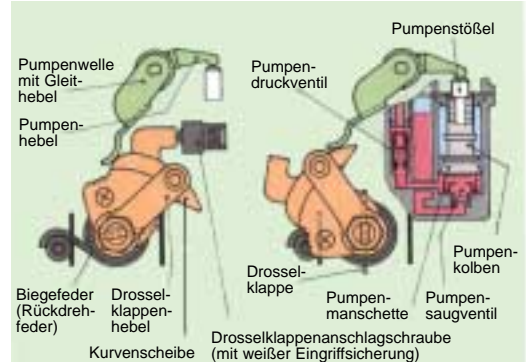


Abb.1: Beschleunigungspumpe mit Betätigungseinrichtung

bei größerer Drosselklappenöffnung und höheren Drehzahlen ist der Unterdruck ausreichend, um zusätzlichen Kraftstoff für die Gemischanreicherung des oberen Teillastbereiches und des Vollastbereiches anzusaugen.

20.3.4 Zusatzeinrichtungen für den Leerlaufbetrieb

Im **Leerlaufbetrieb** (700 bis 900/min) ist das Hauptdüsenystem außer Funktion, da die Drosselklappe fast geschlossen ist und nur sehr wenig Luft mit geringer Lufugeschwindigkeit durch den Lufttrichter

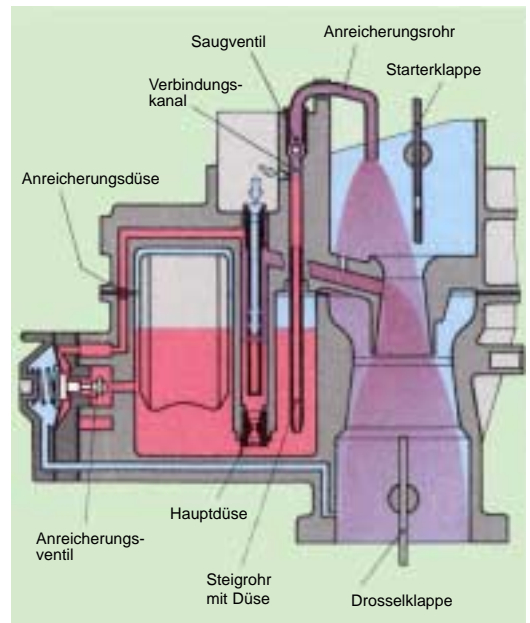


Abb.2: Anreicherungssystem mit Anreicherungsventil und -rohr

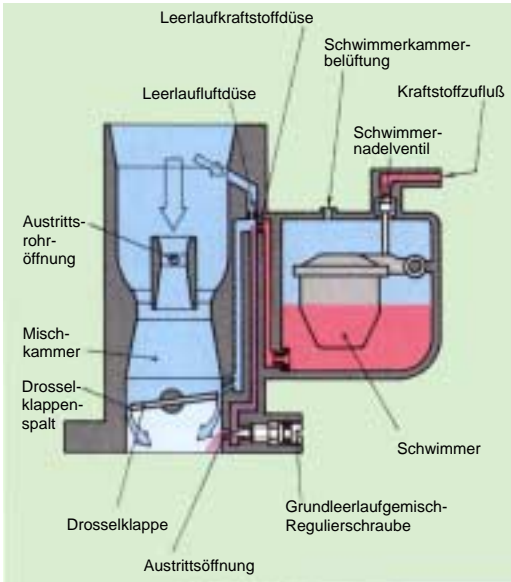


Abb.3: Wirkungsweise des Grundleerlaufsystems

strömt. Deshalb ist für den Leerlaufbetrieb eine **Leerlaufeinrichtung** notwendig. Sie hat die Aufgabe, bei betriebswarmem Motor die Leerlaufdrehzahl zu gewährleisten (Grundleerlaufsystem). Wegen der schlechten Verwirbelung des Kraftstoffs mit der Luft im Verbrennungsraum ist die Verbrennung bei niedrigen Drehzahlen unvollständig. Deshalb wird für den Leerlauf ein fettes Gemisch benötigt. Die **Austrittsöffnung** für den **Leerlaufkraftstoff**, der bereits vorher mit Luft gemischt wird, liegt im Bereich

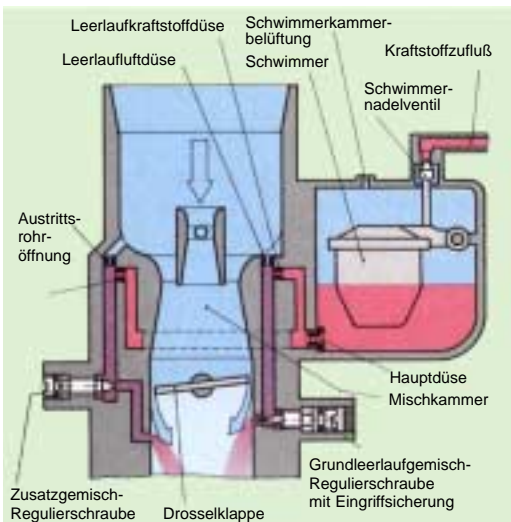


Abb.4: Leerlaufsystem mit Umgemischregulierung

des **Drosselklappenspalts**. Nur dort ist eine ausreichende Luftgeschwindigkeit für die Kraftstoffförderung vorhanden.

Obwohl eine Gemichanreicherung erforderlich ist, dürfen die Abgase von Ottomotoren nicht mehr als 4,5 Volumenprozent Kohlenmonoxid (CO) enthalten (§47 StVZO). Diese Forderung lässt sich durch folgende Leerlaufsysteme erfüllen:

- Grundleerlaufsystem mit Umgemischregulierung,
 - Grundleerlaufsystem mit Umluftregulierung.
- Diese Vergaser werden auch als **Abgasvergaser** bezeichnet.

Grundleerlaufsystem

Das Grundleerlaufsystem (Abb.3) besteht aus:

- Leerlaufkraftstoffdüse,
- Leerlaufluftdüse,
- Grundleerlaufgemisch-Regulierschraube (CO-Einstellschraube) und
- Drosselklappen-Anschlagschraube (Abb.1).

Der Leerlaufkraftstoff wird durch den **Unterdruck unterhalb der Drosselklappe** aus der Schwimmkammer angesaugt. Dabei fließt er durch die Hauptdüse zur Leerlaufkraftstoffdüse, die die Kraftstoffmenge dosiert. Durch die Leerlaufluftdüse gelangt Luft in den Kraftstoff. Es entsteht ein **Vorgemisch**. Dieses Vorgemisch wird durch eine ringförmige Öffnung, deren Größe durch die **Grundleerlaufgemisch-Regulierschraube** verändert werden kann, in das Saugrohr gesaugt. Dort wird das Vorgemisch mit der durch den Drosselklappenspalt einströmenden Luft zum **Grundleerlaufgemisch** aufbereitet.

Die Größe des Drosselklappenspalts, und damit die Leerlaufdrehzahl, wird durch die **Drosselklappen - Anschlagschraube** verändert .

Die **Einstellung** des optimalen **Leerlaufgemisches** erfolgt vom Hersteller an beiden Schrauben in Abhängigkeit vom zulässigen CO-Gehalt (Grundeinstellung). Anschließend erhalten sie eine Eingriffssicherung in Form einer **Sicherungskappe** (weiß).

Leerlaufsystem mit Umgemischregulierung

Das Grundleerlaufsystem dieser Vergaser liefert einen Teil des Leerlaufgemisches für die Leerlaufdrehzahl. Die zusätzliche Leerlaufgemischmenge wird über eine **Zusatzkraftstoffdüse** und eine **Zusatzluftdüse** geliefert (Abb. 4). Diese Zusatzgemischmenge kann über die **Zusatzgemisch(Umgemisch)-Regulierschraube** eingestellt werden. So lässt sich die Leerlaufdrehzahl ohne Änderung der CO-Anteile im Abgas nachstellen, da nur die Gemischmenge, nicht aber deren Zusammensetzung, geändert wird.

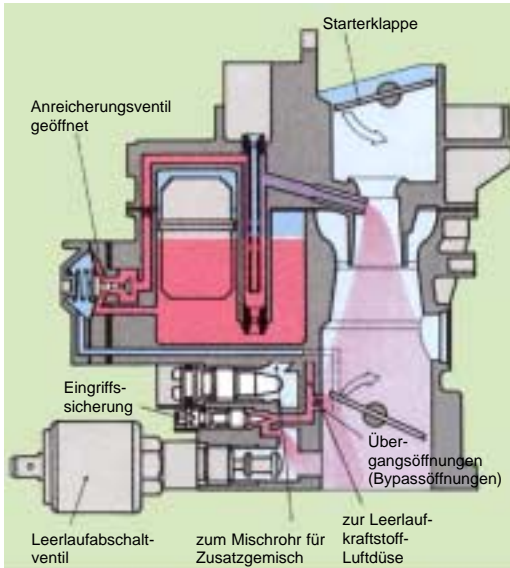


Abb.1: Starteinrichtung (Starterklappe) und Übergangseinrichtung

Leerlauf-Abschaltventil

Einige Motoren neigen zum sogenannten **Nachdieseln**, d.h. sie laufen nach dem Abschalten der Zündung noch eine gewisse Zeit weiter. Die Verbrennung ist dann unkontrolliert und kann zu Schäden am Motor führen.

Ein Leerlauf-Abschaltventil (Abb.1), das nach dem Abschalten der Zündung stromlos wird, schließt über eine Feder die Leerlaufgemischbohrung. Durch Einschalten der Zündung wird das Ventil elektromagnetisch geöffnet.

20.3.5 Übergangseinrichtung

Wird die Drosselklappe über die Leerlaufstellung hinaus geöffnet, so verringert sich der Unterdruck im Bereich der Leerlaufgemisch-Austrittsöffnungen. Das Hauptdüsen-system liefert aber noch keinen oder zu wenig Kraftstoff. Es entsteht ein »Loch« in der Kraftstoffförderung.

In diesem Betriebszustand werden die **Übergangs-** oder **Bypassöffnungen** oberhalb der Leerlaufbohrungen wirksam (Abb. 1). Sie stehen mit dem Grundleerlaufsystem in Verbindung. Mit weiterer Öffnung der Drosselklappe wird das Hauptdüsen-system wirksam. Die Übergangseinrichtung hört auf zu fördern, da der Unterdruck an den Übergangsöffnungen für die weitere Forderung nicht mehr ausreicht.

20.3.6 Zusatzeinrichtungen für den Startvorgang

Wird ein kalter Motor gestartet, schlägt sich ein großer Teil des Kraftstoffs an den kalten Saugrohr- und Zylinderwandungen nieder. Begünstigt wird diese Kondensation durch den hohen Siedepunkt der meisten Kraftstoffbestandteile (s. Kap. Kraftstoffe) und die mangelhafte Zerstäubung als Folge der niedrigen Motordrehzahl während des Startvorgangs. Die Kondensation des Kraftstoffs magert das Gemisch so stark ab, daß es nicht mehr zündfähig ist. Die **Starteinrichtung** sorgt für ein sehr fettes Gemisch (Mischungsverhältnis etwa 1:3). Nach dem »Anspringen« des Motors muß die Starteinrichtung das Kraftstoff-Luft-Gemisch abmagern. Ist die Betriebstemperatur erreicht, muß die Starteinrichtung abgeschaltet werden.

Es gibt **handbetätigte** und **automatische** Starteinrichtungen.

Tupfer

Durch Niederdrücken des Tupfers wird der Schwimmer nach unten gedrückt. Dadurch steigt der Kraftstoffstand und Kraftstoff fließt in die Mischkammer. Das Gemisch wird angereichert. Diese Starthilfe wird bei einfachen Krafradvergasern verwendet (s. Kap. 20.6).

Starterklappe

Die Kraftstoffförderung während des Startens kann durch kurzzeitige Steigerung des Unterdruckes im Lufttrichter erhöht werden. Hierfür ist oberhalb des Lufttrichters die Starter- bzw. Chokeklappe (to choke, engl.: verengen) angeordnet (Abb.1).

Durch **Handbetätigung** oder **Automatik** wird die Starterklappe für den Startvorgang geschlossen. Dabei wird die Drosselklappe durch ein Verbindungs-gestänge etwas geöffnet, damit das Übergangssystem wirksam werden kann.

Unterhalb der Starterklappe bildet sich während des Startens ein so großer Unterdruck, daß auch die anderen Systeme arbeiten (Abb. 1).

Die Regulierung der Gemischabmagerung während des Warmlaufs, d.h. die allmähliche Öffnung der Starterklappe, ist bei handbetätigter Starterklappe von der Einschätzung des Fahrers abhängig.

Die **automatische Betätigung** der Starterklappe erfolgt durch eine beheizte, spiralförmige **Bimetallfeder**. Durch Wärmezufuhr dehnt sich die Bimetallfeder aus, die Starterklappe öffnet sich allmählich.

Die **Erwärmung der Bimetallfeder** erfolgt durch elektrische Beheizung, Kühlwasserbeheizung oder elektrische und Kühlwasserbeheizung.

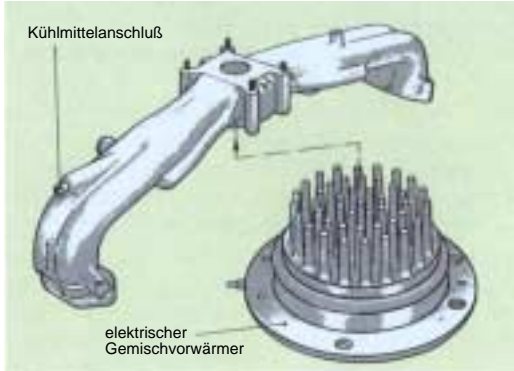


Abb.2: Gemischvorwärmung

Gemischvorwärmung

Die Gemischvorwärmung hat die Aufgabe, den Anteil des Kraftstoffs, der während der Warmlaufphase an den kalten Saugrohrwänden kondensiert, zu verringern. Das Gemisch muß dann nicht so stark angereichert werden. Der Kraftstoffverbrauch und die Schadstoffanteile werden wesentlich verringert.

Die Gemischvorwärmung verhindert auch, daß die in der Ansaugluft enthaltene Feuchtigkeit zur **Vergaservereisung** führt.

Die Vorwärmung (Abb.2) kann erfolgen durch:

- elektrische Heizelemente im Vergaser oder Saugrohr und/oder
- kühlwasser- bzw. abgasbeheizte Saugrohre.

20.4 Vergaser mit mehreren Lufttrichtern

Motoren mit einer Leistung über etwa 60 kW erfordern Vergaser mit mehreren Lufttrichtern. In diesen Motoren treten bei Verwendung eines Vergasers mit nur einem Lufttrichter erhebliche Schwankungen in der Strömungsgeschwindigkeit und damit auch des Förderdrucks in den verschiedenen Fahrbereichen auf.

Vergaser mit mehreren Lufttrichtern sind:

- Doppel- und Mehrfachvergaser,
- Registervergaser (Stufenvergaser) und
- Doppelregistervergaser.

Diese Vergaser können in Ein-, Zwei- oder Mehrvergaseranlagen Anwendung finden (Abb.3).

20.4.1 Doppelvergaser

Dieser Vergaser (Abb. 3a) hat zwei Mischkammern, die in einem gemeinsamen Gehäuse untergebracht sind. Sie haben nur eine Schwimmereinrichtung, ein Start-Drehschiebersystem und eine Beschleunigungspumpe. Alle anderen Zusatzeinrichtungen sind doppelt vorhanden. Werden mehr als zwei Vergaser zusammengefaßt, so heißt der Vergaser **Mehrfachvergaser**. Er wird für Motoren mit **großem Hubvolumen** (großer Luftbedarf) verwendet.

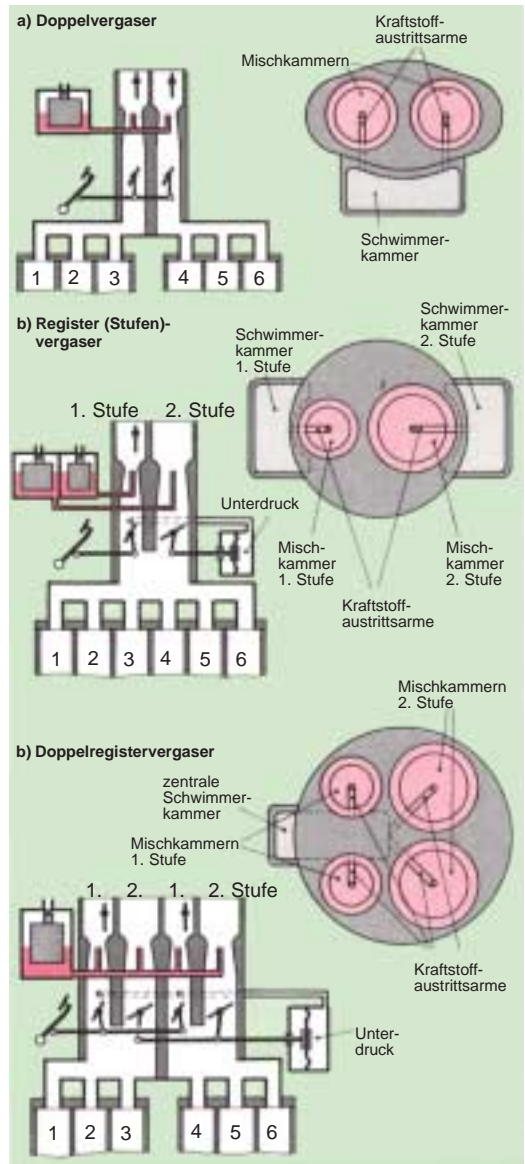


Abb.3: Vergaser mit mehreren Lufttrichtern

Durch die Aufteilung des erforderlichen Stromungsquerschnitts ergeben sich bessere Strömungsverhältnisse in fast allen Betriebsbereichen. Die Gemischbildung wird verbessert.

20.4.2 Registervergaser (Stufenvergaser)

Der Registervergaser (Abb.1 und Abb. 3b, S. 175) eignet sich für Motoren mit einem Hubraum bis etwa 2,5 Liter und höheren Drehzahlen.

Bei niedrigen Drehzahlen strömt die Luft nur durch **einen Lufttrichter** (1.Stufe). Für die höheren Drehzahlen wird ein **zweiter Lufttrichter** (2.Stufe) hinzugeschaltet.

Die Drosselklappe der ersten Stufe wird über das Fahrpedal betätigt. Die Drosselklappe der zweiten

Stufe (Abb. 1) wird durch Unterdruck oder mechanisch gesteuert. Sie beginnt zu öffnen, wenn bei hoher Motordrehzahl die Drosselklappe der ersten Stufe 1/2 bis 3/4 geöffnet ist.

Die Drosselklappe der zweiten Stufe öffnet nicht:

- bei niedriger Drehzahl und voll geöffneter Drosselklappe der ersten Stufe (bergauf) und
- bei hoher Drehzahl und wenig geöffneter Drosselklappe der ersten Stufe (bergab).

In beiden Fällen ist der Luftmengenstrom gering. Die erste Stufe eines Registervergasers hat alle Einrichtungen eines Einfachvergasers. Die zweite Stufe hat im allgemeinen nur das Hauptdüsen-, Anreicherungs- und eventuell das Beschleunigungssystem. Zusätzlich ist ein Bypass-System erforderlich, damit der Übergang von der ersten zur zweiten Stufe kontinuierlich (gleichmäßig) erfolgen kann. Es gibt Registervergaser mit einem und mit zwei Schwimmersystemen.

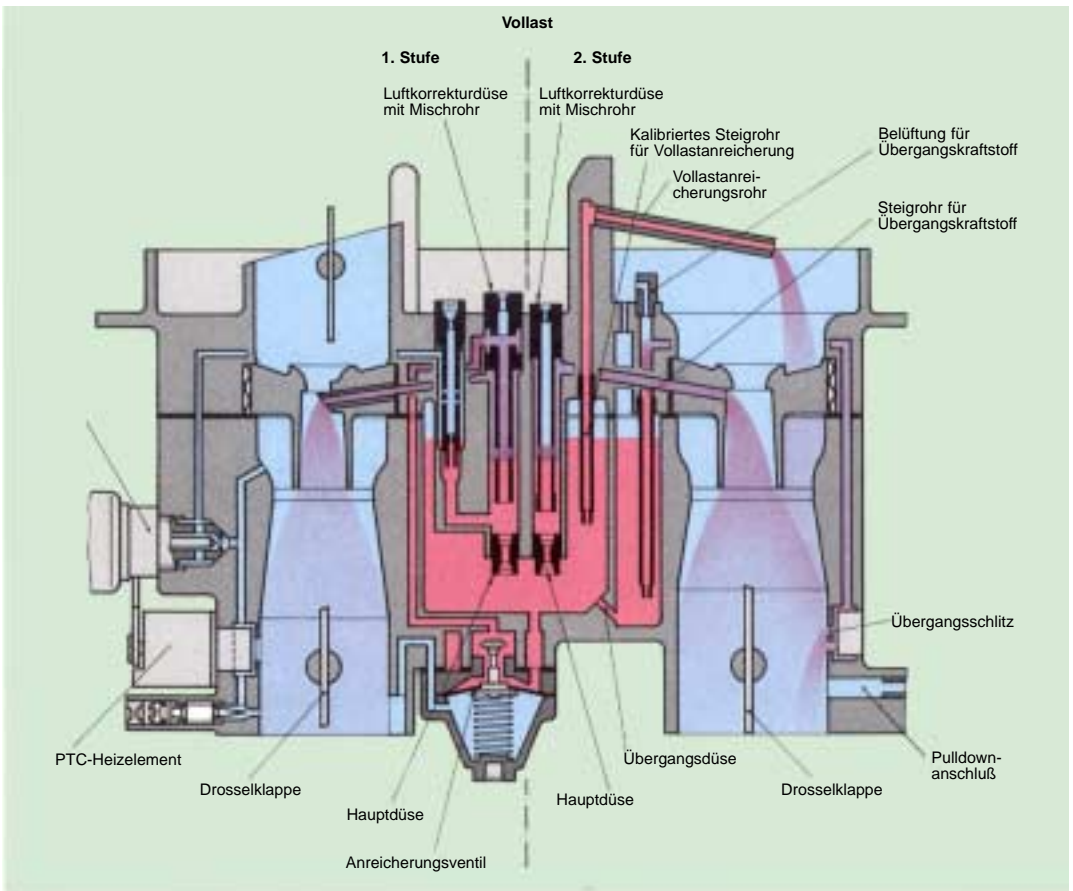


Abb.1: Registervergaser

20.4.3 Doppelregistervergaser

Doppelregistervergaser (Abb. 3c, S.175) werden für Motoren bis zu etwa acht Liter Hubraum mit sechs und mehr Zylindern verwendet. Ein solcher Vergaser hat vier Lufttrichter. Es entstehen deshalb nur kleine Schwankungen der Strömungsgeschwindigkeit. Er hat meist nur ein Schwimmersystem. Die Drosselklappen der ersten und der zweiten Stufe sind auf je einer durchgehenden Welle befestigt. Dadurch wird

die **Einstellung** der Vergaseranlage gegenüber der wesentlich schwierigeren Abstimmung von zwei Registervergasern erheblich vereinfacht. Die Klappen der zweiten Stufe können mechanisch oder durch Unterdruck betätigt werden.

Der **Doppelregistervergaser** vereinigt zwei Registervergaser zu einem Gemischaufbereitungssystem.

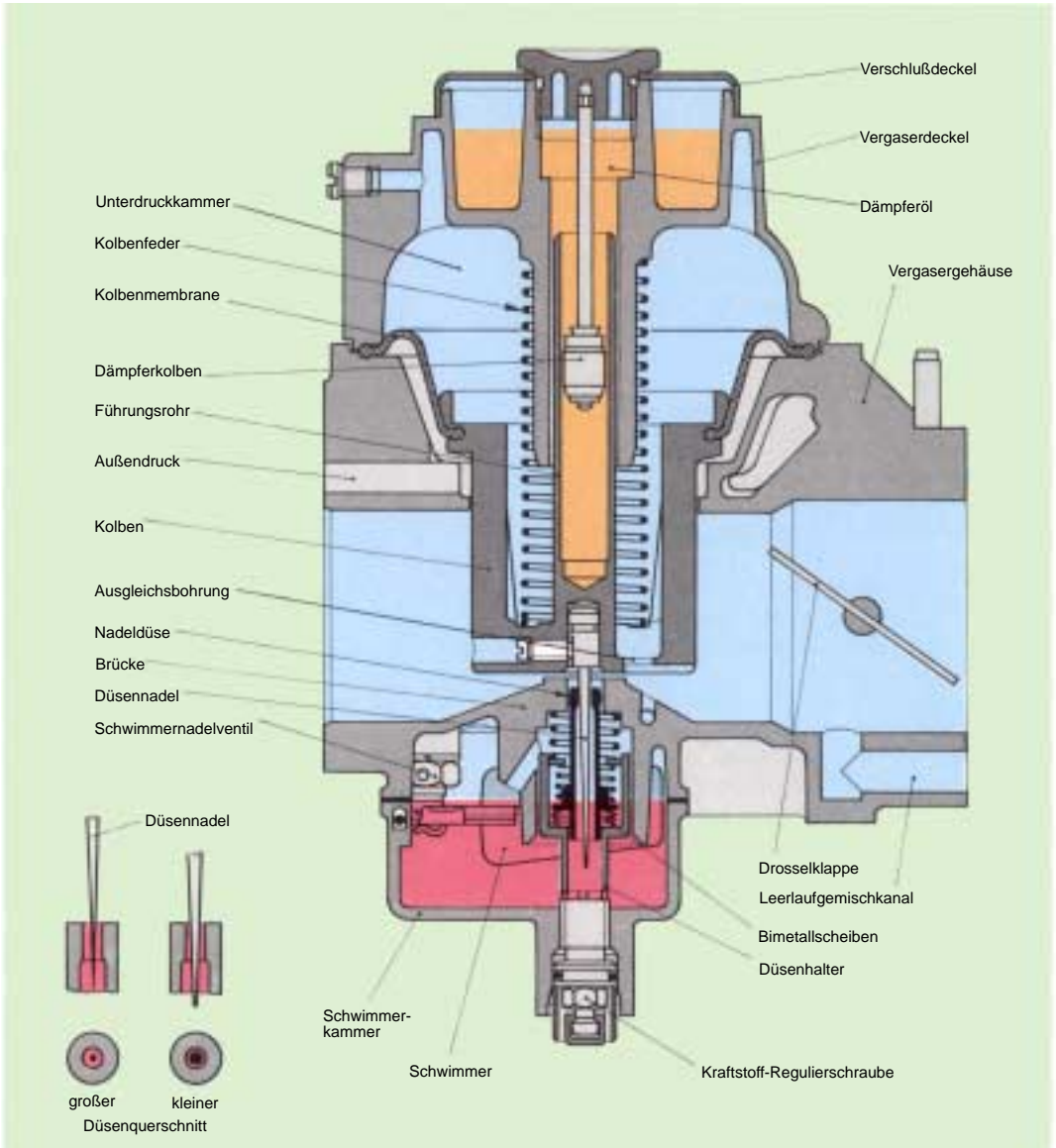


Abb.2: Gleichdruckmesser

20.5 Gleichdruckvergaser

Im Gleichdruckvergaser wird der **Unterdruck** an der **Nadeldüse** in allen Drehzahl- und Lastbereichen nahezu konstant gehalten.

Das wird durch den **veränderlichen Lufttrichterquerschnitt** (Abb.2, S.177) erreicht. Diese Konstruktion hat den Vorteil, daß auch bei niedriger Motordrehzahl und im Vollastbetrieb ein gleichbleibender Unterdruck an der Nadeldüse vorhanden ist, um den Kraftstoffaustritt entsprechend der angesaugten Luftmenge zu ermöglichen. Mit Zunahme des Lufttrichterquerschnitts nimmt auch der wirksame Nadeldüsenquerschnitt zu. Deshalb sind nur für den Startvorgang, die Beschleunigungsanreicherung und die Einhaltung der Abgasvorschriften im Leerlauf Zusatzeinrichtungen notwendig. Eine Übergangseinrichtung kann entfallen.

Der Unterdruck im Lufttrichter gelangt gleichzeitig über die **Ausgleichsbohrung** im Kolben zur **Unterdruckkammer** und wirkt auf die mit dem Kolben fest verbundene Membrane. Der auf die Membranunterseite wirkende Außendruck hebt die Membrane und damit den Kolben gegen die Federkraft der Kolbenfeder an. Der Lufttrichterquerschnitt wird größer.

Die **Lufttrichterquerschnittsänderung** erfolgt durch die Bewegung des Kolbens. Sie ist von der Drosselklappenstellung und von der Drehzahl abhängig.

Wird die Drosselklappe geöffnet oder wird die Drehzahl erhöht, so bewirkt die Luftmengen Zunahme eine Vergrößerung der Strömungsgeschwindigkeit. Der Unterdruck unterhalb des Kolbens und in der Unterdruckkammer nimmt zu. Der Kolben wird angehoben, und der Strömungsquerschnitt wird größer. Die Luftgeschwindigkeit im Lufttrichter sinkt nahezu auf den ursprünglichen Wert.

Die geringe Unterdruckzunahme, die den Kolben in der höheren Stellung hält, wird bei nur geringfügiger Zunahme der Luftgeschwindigkeit erreicht.

Die Düsennadel ist im Kolben befestigt. Durch die Bewegung des Kolbens wird der Nadeldüsenquerschnitt verändert (Abb. 2, S. 177).

Das Anheben der Düsennadel vergrößert den Ringspalt der Nadeldüse, das Absenken verkleinert den Ringspalt.

Der Gleichdruckvergaser ist meist ein Flachstromvergaser. Er läßt aber Neigungswinkel bis 25° zu.

20.5.1 Kraftstoffzuführung

Der Kraftstoffzufluß zur Schwimmerkammer ist mit einem unterdruckgesteuerten **Rücklaufventil** versehen (Abb. 1).

Der Unterdruck wird hinter der Drosselklappe entnommen. Bei geringer Drosselklappenöffnung (geringer Kraftstoffbedarf) öffnet die Membrane und läßt den überschüssigen Kraftstoff in den Kraftstoffbehälter zurückfließen. Auf diese Weise wird dem Vergaser kühler Kraftstoff zugeführt. Die Dampfblasenbildung in der Kraftstoffleitung und -fördereinrichtung wird dadurch wertgehend unterbunden.

Im **Leerlauf** befindet sich der Kolben in der untersten Stellung. Düsen- und Lufttrichterquerschnitt sind am kleinsten. Bei **Vollast** ergibt sich die höchste Kolbenstellung, Düsen- und Lufttrichterquerschnitt sind am größten. Im **Teillastbereich** sind alle Zwischenstellungen möglich.

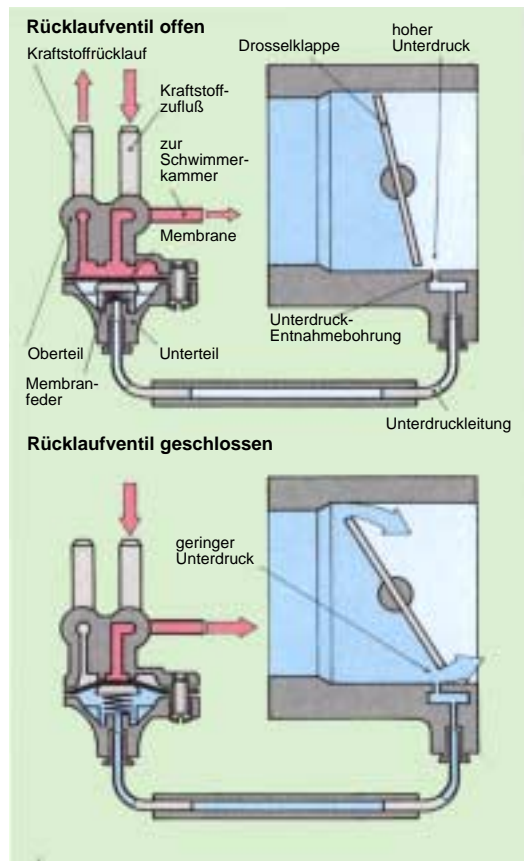


Abb.1: Wirkungsweise der Kraftstoff-Rücklaufentwicklung

20.5.2 Leerlaufeinrichtung

Das Leerlaufgemisch wird in Menge und Zusammensetzung durch den Drosselklappenwinkel, die Kolbenstellung und damit den Nadeldüsenquerschnitt beeinflusst.

Die **Bimetallscheiben** (Abb.1, S.177) unterhalb der Nadeldüse dehnen sich bei ansteigender Temperatur aus. Die Nadeldüse wird angehoben und das Gemisch magert ab (Warmleerlauf).

Die CO-Wert-Einstellung erfolgt durch das Hinein- oder Herausdrehen des **Leerlaufabschaltventils**. Das Hineindreihen verringert den CO-Gehalt und die Leerlaufdrehzahl. Mit Hilfe der Drosselklappenanschlagschraube wird die Leerlaufdrehzahl entsprechend eingestellt.

Zusätzlich hat das Leerlaufabschaltventil noch folgende Aufgabe:

Schließen des Kraftstoffzuflusses zur Nadeldüse

- nach Abschalten der Zündung und
- bei Überschreiten der zulässigen Drehzahl (elektronisch gesteuerte Drehzahlbegrenzung).

20.5.3 Beschleunigungseinrichtung

Die Gemischanreicherung für die Beschleunigung erfolgt durch kurzzeitige Vergrößerung des Unterdruckes an der Nadeldüsenöffnung. Eine **Dämpfer-einrichtung** (Abb.1, S.177) wirkt der raschen Auf-

wärtsbewegung des Kolbens während des schnellen Öffnens der Drosselklappe entgegen. Der Lufttrichterquerschnitt nimmt langsamer zu als die Luftmenge. Dadurch steigt der Unterdruck, es wird mehr Kraftstoff gefördert und das Gemisch angereichert. Die Beschleunigungseinrichtung ist nicht wartungsfrei. Der Ölstand des Dämpferöls ist sorgfältig zu kontrollieren. Die Viskosität des Öls beeinflusst die Dämpfungswirkung. Es darf deshalb nur ein Dämpferöl entsprechend der Herstellervorschrift verwendet werden.

20.5.4 Starteinrichtung

Die Gemischanreicherung für den Startvorgang erfolgt durch einen **Startschieber**. Er wird durch eine kombinierte Elektro-Kühlwasserheizung über den Anschlaghebel gesteuert (Abb. 2).

In der Kaltstartstellung sind alle Bohrungen im Startschieber für den Durchfluß des Kraftstoffs zur Austrittsbohrung in der Mischkammer geöffnet. Ferner ist durch die Membranstange das **Starter-Anreicherungsventil** voll geöffnet. Die Pulldowndose ist belüftet und die Feder drückt die Membranstange nach unten.

Nach dem Start entlastet die Pulldown-Einrichtung das Kugelventil. Es schließt, und weniger Kraftstoff gelangt zur Austrittsbohrung.

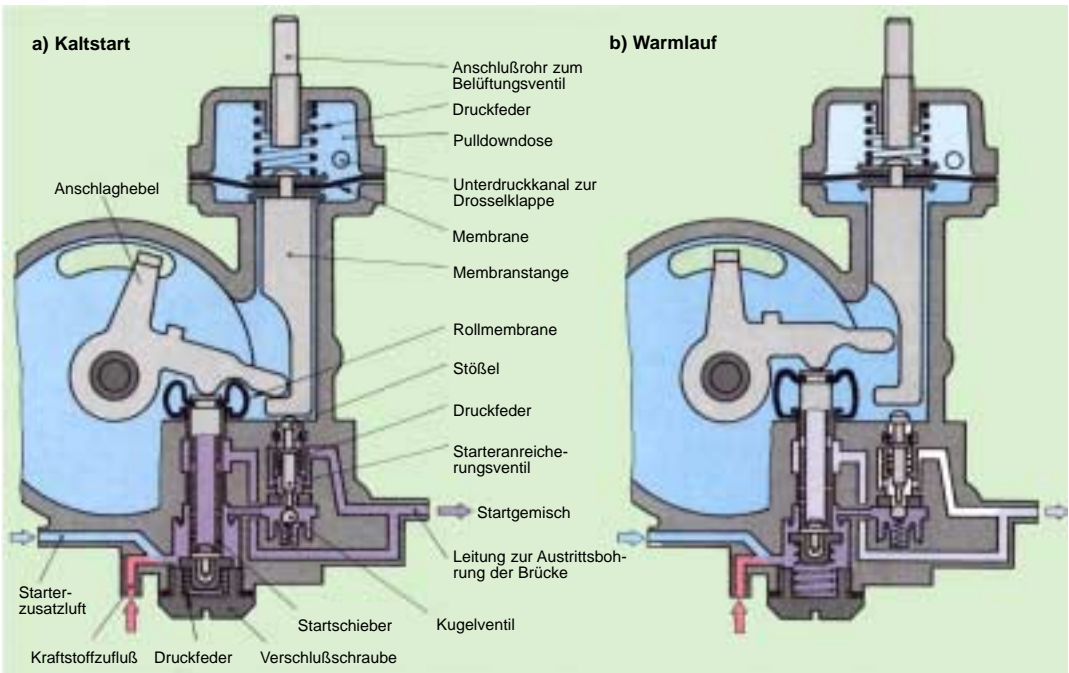


Abb.2: Starteinrichtung

20.6 Kraftradvergaser

Kleinkraftradvergaser sind meist Flach- oder Schrägstromvergaser.

Verbreitet sind **Schiebervergaser** mit Schwimmer und **Gleichdruckvergaser**. Kleine Krafträder, z.B. Mopeds, haben auch schwimmerlose Vergaser. Einfache Schiebervergaser haben weder eine Leerlauf- noch eine Beschleunigungseinrichtung. Als Starteinrichtung dient der **Tupfer** (s. Kap. 20.3.6), ein Startluftschieber oder ein Startvergaser. Tupfer und Startluftschieber können auch gemeinsam vorhanden sein.

20.6.1 Schiebervergaser mit Startluftschieber

Der Schiebervergaser (Abb. 1) hat statt der Drosselklappe einen seilzugbetätigten Gasschieber, der ähnlich dem Kolben des Gleichdruckvergasers (s. Kap. 20.5) durch Auf- und Abwärtsbewegung den Luffrichterquerschnitt des Vergasers verändert.

Eine im Kolben mittels eines Halteplättchens verstellbar befestigte **Düsennadel** mit kegelförmiger Spitze dosiert die Kraftstoffmenge entsprechend der Schieberstellung bzw. der angesaugten Luftmenge. Sie ragt in die **Nadeldüse** hinein und gibt durch den Kegel unterschiedlich große Kreisringquerschnitte für den Kraftstoffdurchfluß frei.

Kaltstart

Der Gasschieber wird bis auf einen kleinen Spalt geschlossen. Durch Betätigung des Tupfers steigt der

Kraftstoffstand in der Schwimmerkammer. Durch den zusätzlichen Startluftschieber entsteht ein großer Unterdruck. Dadurch wird in ausreichender Menge Kraftstoff aus der Nadeldüse gesaugt. Es entsteht ein **fettes Startgemisch**.

Nach dem Anspringen des Motors wird der Gasschieber auf etwa 1/3 bis halbe Höhe hochgezogen. Hat der Motor Betriebstemperatur erreicht, wird der Gasschieber voll hochgezogen. Dabei nimmt er den Startluftschieber in die Endstellung mit.

Leerlauf

Der Gasschieber liegt am Anschlag, d.h. an der **Einstellschraube** an. Nur ein kleiner Spalt für die Leerlauf Luft ist frei. Das Leerlaufsystem gibt die entsprechende Leerlauf-Kraftstoffmenge ab. Mit Hilfe der Einstellschraube kann die Leerlaufdrehzahl eingestellt werden. Größere Schiebervergaser haben ein Zusatzsystem für den Leerlauf.

Übergang

Zur Verbesserung des Übergangs vom Leerlauf zur Teillast hat der Gasschieber häufig einen Ausschnitt (Abb. 1).

Teillast und Vollast

Der Gasschieber gibt einen größeren Querschnitt frei. Dadurch strömt mehr Luft durch den Luffrichter. Die angehobene Düsennadel gibt einen größeren Durchflußquerschnitt an der Nadeldüse frei. Durch die kegelförmige Form der Düsennadel entsteht ein annähernd gleichbleibendes Mischungsverhältnis.

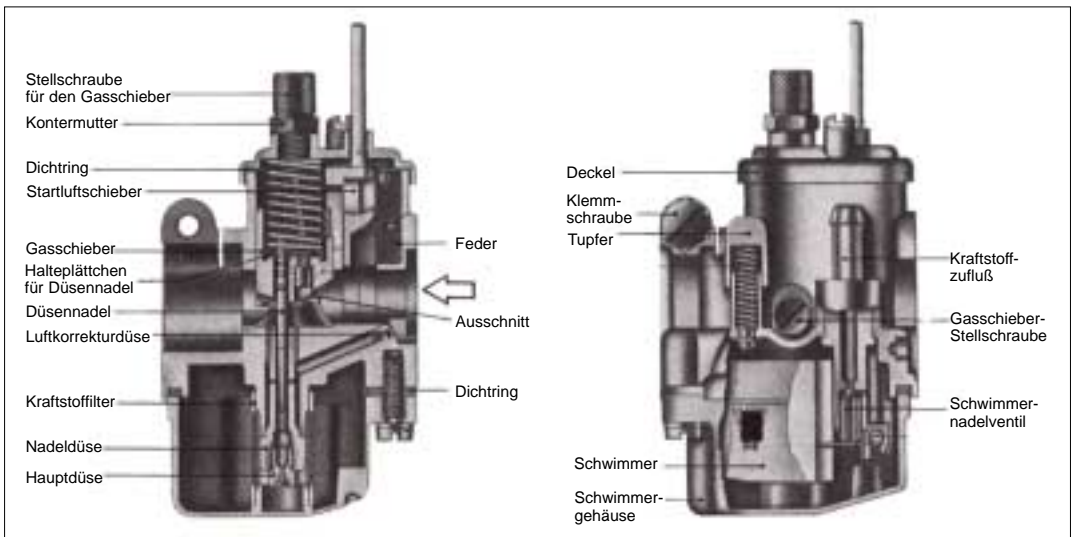


Abb.1: Kraftradvergaser (Schiebervergaser)

20.7 Elektronischer Vergaser

Die gestiegenen Anforderungen an die Gemischbildung und die Abgasbestimmungen führen zu immer komplizierteren mechanischen Vergasern. Durch den Einsatz von elektronischen Steuerungen kann ein vereinfachter Vergaser den jeweiligen Anforderungen angepaßt werden.

Der elektronische Vergaser (ECOTRONIC-Vergaser) besteht aus einem einfachen Grundvergaser mit **Stellgliedern** für die **Vordrosselklappe** (Chokeklappe) und die **Hauptdrosselklappe** (Abb. 2).

Die Steuerung der Stellglieder erfolgt durch ein **elektronisches Steuergerät**. Die erforderlichen Informationen erhält das Steuergerät durch **Signalgeber** (Sensoren). Der Einbau einer λ -Sonde ist möglich (s. Kap. Einspritzanlagen für Ottomotoren).

Die Elektronik übernimmt folgende Funktionen:

- Steuerung der Gemischanreicherung bei Start, Warmlauf und Beschleunigung,
- Regelung der Leerlaufdrehzahl und
- Abschaltung im Schiebebetrieb (Schubabschaltung) und Motorstopp.

20.7.1 Steuerung der Gemischanreicherung

Für die Gemischanreicherung wird die Vordrosselklappe durch einen **Vordrossel-Stellmotor** geschlossen. Dabei wird gleichzeitig die **Zusatzluftdüse** gegen die Kraft der Feder geschlossen. Das Gemisch wird angereichert.

Da der Vordrossel-Stellmotor eine hohe Stellgeschwindigkeit ermöglicht, kann die Vordrosselklappe auch für die Beschleunigungsanreicherung eingesetzt werden.

20.7.2 Leerlaufdrehzahlregelung

Die Leerlaufdrehzahl wird in Form von elektrischen Impulsen vom Zündschaltgerät an das Steuergerät gegeben und mit dem Sollwert verglichen (s. Kap. Einspritzanlagen für Ottomotoren). Das Steuergerät errechnet die notwendige Anstellung der Drosselklappe. Die Regeleinrichtung sorgt über den elektropneumatischen **Drosselklappenansteller** für die erforderliche Korrektur. Die Leerlaufdrehzahl kann damit unabhängig von dem Reibmoment des Motors und der Belastung durch Zusatzaggregate konstant und niedrig gehalten werden (Kraftstoffersparnis).

20.7.3 Schubabschaltung und Motorstopp

Im Schiebebetrieb wird die Drosselklappe, gesteuert vom Drosselklappenansteller, über Drehzahlen von 1100 bis 1400/min (Schubdrehzahlschwelle) vollständig geschlossen. Aus dem Leerlaufsystem wird kein Kraftstoff mehr gefördert.

Wird die **Schubdrehzahlschwelle** unterschritten, so erfolgt das Wiedereinsetzen der Kraftstoffförderung durch Steuerung der zwei Klappensteller. Damit wird ein **ruckfreier Übergang** zum normalen Leerlaufbetrieb erreicht.

Der **Leerlaufschalter** gibt an das Steuergerät die Information über die Betätigung des Fahrpedals. Wird der Motor abgestellt, schließt die Drosselklappe ebenfalls, damit das »Nachdieseln« verhindert wird.

20.7.4 Ausfall des Steuersystems

Der einfache Grundvergaser ist so ausgelegt, daß das Mischungsverhältnis bei betriebswarmem Motor ausreichend bleibt, wenn das elektronische Steuersystem ausfällt (Notlauf).

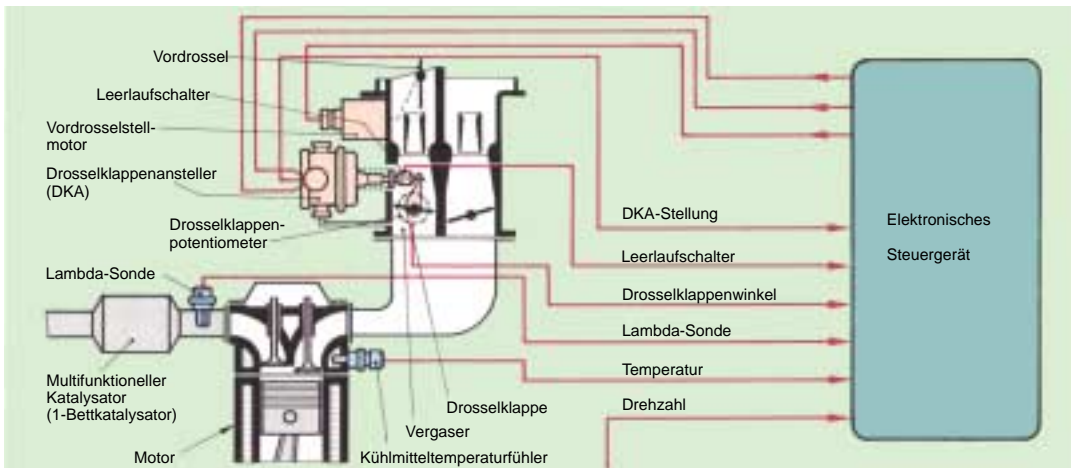


Abb.2: Prinzip des elektronischen Vergasers mit Steuergerät