

65.71 d

# **TECHNISCHE GRUNDLAGEN FÜR MOTORMECHANIKER**

Gültig ab 1. März 1970

Alle Rechte vorbehalten

Copyright 1970 by Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale, Bern

## **Bemerkungen**

Meldungen und Anfragen von Truppenhandwerkern über technische Angelegenheiten sind an den Einheitskommandant zu richten und von diesen über den zuständigen Reparaturoffizier auf dem Fachdienstweg weiterzuleiten an:

Abteilung für

Transportdienst und Reparaturtruppen  
Technisches Büro der Reparaturtruppen  
3000 Bern 25

## Inhaltsübersicht

	Einleitung	➔
A	Benzinmotor	➔
B	Dieselmotor	➔
C	Motorschmierung	➔
D	Kühlung	➔
E	Kraftübertragung	➔
F	Fahrgestell	➔
G	Bremsen	➔
H	Elektrische Anlage	➔
J	Motorrad	➔
K	Störungen	➔
L	Notreparaturen	➔
M	Seilwinde	➔
N	Schweißen	➔
O	Materiallehre	➔
P	Einschätzung von Motorfahrzeugen	➔
Q	Schlussbestimmungen	➔
Z	Anhang	➔



*Reglement des Ausbildungschefs  
betreffend*

**Technische Grundlagen für Motormechaniker**

(vom 23. Oktober 1968)

Gestützt auf Artikel 5, Absatz 1, Buchstabe c der Verfügung des Eidgenössischen Militärdepartements vom 11. Dezember 1961 über den Erlass von militärischen Dienstvorschriften.

---

**Einleitung**

Der Motor, als Träger von Feuer und Bewegung, ist ein integrierender Bestandteil der Armee. Der technische Zustand der Waffen, Geräte und Fahrzeuge wirkt sich direkt auf die Kampfbereitschaft und den Kampfwert der Truppe aus. Das technische Gerät neuzeitlicher Kriegführung kann aber nur dann seinen Zweck erfüllen, wenn es gewissenhaft gepflegt und von kundigen Fachleuten dauernd betreut wird. Von der Gewissenhaftigkeit des Truppenhandwerkers und von seinem Können hängt es ab, ob die Truppe auf ihre unentbehrliche technische Ausrüstung zählen kann.

Es ist Pflicht der Mechaniker-Unterroffiziere und Motor- und Panzermechaniker aller Gattungen, die technische Betriebsbereitschaft der Motorfahrzeuge, Panzer und Motoraggregate aller Art sicherzustellen. Sie sind die technischen Fachleute, die auf Grund ihres beruflichen, durch militärische Ausbildung ergänzten Könnens dafür zu sorgen haben, dass das motorisierte Gerät betriebsbereit ist.

Das vorliegende Reglement soll als Unterrichtsgrundlage im militärischen Fachunterricht und als Nachschlagewerk im praktischen Dienst mit der Truppe dienen. Dem strebsamen Handwerker wird es darüber hinaus die Möglichkeit zur beruflichen Weiterbildung geben.



# Benzinmotor

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
<b>I. Motor</b> . . . . .	1
1. Allgemeines . . . . .	1
2. Die Verbrennung im Motor . . . . .	1
3. Viertakt-Ottomotor . . . . .	2
4. Zweitakt-Ottomotor . . . . .	4
5. Rotationskolbenmotor . . . . .	8
<b>II. Treibstoff-Förderung</b> . . . . .	12
1. Fördersysteme . . . . .	12
2. Mechanisch betätigte Benzinpumpe . . . . .	12
3. Elektrisch betätigte Benzinpumpe (SU) . . . . .	15
4. Kombinierte Benzin-Vakuumpumpe . . . . .	17
<b>III. Vergaser</b> . . . . .	19
1. Aufgabe . . . . .	19
2. Einfach- und Doppelvergaser . . . . .	22
3. Stufenvergaser . . . . .	29
4. Vergaserstörungen . . . . .	31
<b>IV. Gemisch-Vorwärmeeinrichtung</b> . . . . .	34
<b>V. Kurbelgehäuseentlüftung</b> . . . . .	36
<b>VI. Motor-Reglage</b> . . . . .	38
1. Reihenfolge der Reglage-Arbeiten . . . . .	38
2. Anziehen von Zylinderkopfschrauben . . . . .	40
3. Schwungradzeichen . . . . .	41



# Benzinmotor

## I. Motor

### 1. Allgemeines

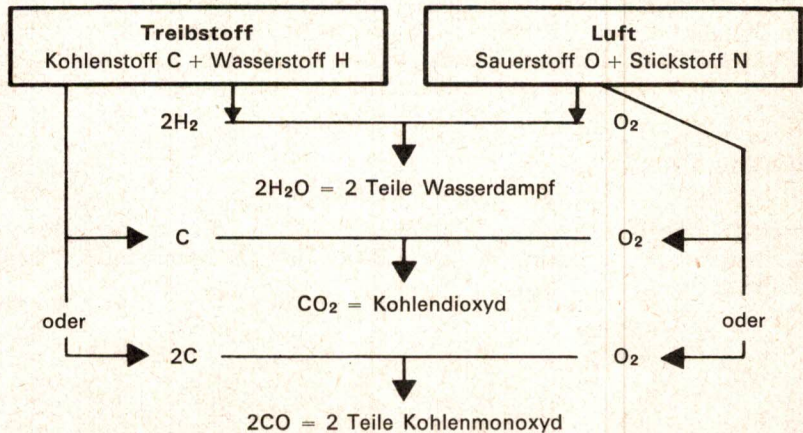
Die Vielzahl der vorhandenen Verbrennungsmotoren lässt sich nach verschiedenen Gesichtspunkten einteilen:

- nach dem Arbeitsverfahren in 2-Takt- und 4-Takt-Motoren
- nach dem Treibstoff in Benzin-, Diesel- und Vielstoff-Motoren
- nach der Kühlung in luft- oder wassergekühlte Motoren
- nach der Zylinder-Anordnung in Reihen-, V- und Boxer-Motoren
- nach der Zylinder-Zahl in Ein- und Mehrzylinder-Motoren
- nach der Ventilanordnung in oben- und untengesteuerte Motoren
- nach der Zündung in Motoren mit Batterie- oder Magnetzündung
- nach der Gemischbildung in Vergaser- und Einspritz-Motoren
- nach der Kolbenbewegung in Hubkolben- und Rotationskolben-Motoren

### 2. Die Verbrennung im Motor

Ein elektrischer Funke leitet die Verbrennung des verdichteten Treibstoff-Luftgemisches ein.

Die Verbrennung des aus Kohlenwasserstoffen bestehenden Treibstoffes verläuft, vereinfacht betrachtet, nach folgendem Schema:



Im Idealfall findet jedes Treibstoffteilchen zum Verbrennen ein Sauerstoffteilchen. Bei dieser vollkommenen Verbrennung verlassen weder überschüssige Luft noch unverbrannter Treibstoff den Motor.

Bei unvollkommener Verbrennung entsteht das *giftige* Kohlenmonoxyd CO. Dessen Anteil in den Auspuffgasen ist ein Mass für die Güte der Verbrennung und kann mit Abgastestern festgestellt werden.

Die schnelle, aber nicht schlagartige Flammenausbreitung (Motorklopfen) wird durch verschiedene Faktoren beeinflusst, z. B.

- Art und Zusammensetzung des Treibstoffes (wichtig ist die Oktanzahl)
- Mischungsverhältnis
- Zylinderfüllung
- Drehzahl
- Verdichtungsverhältnis
- Wirbelung des Gemisches
- Gestaltung des Verbrennungsraumes

Bei der Gestaltung von Zylinderkopf und Verbrennungsraum werden u. a folgende Qualitäten angestrebt :

- kurze Flammwege
- nach allen Richtungen gleichlange Flammwege
- Entzündung des Gemisches an der heissesten Stelle des Verbrennungsraumes

### 3. Viertakt-Benzinmotor

#### a. Allgemeines

Beim Viertakt-Motor erfolgt auf jede zweite Kurbelwellenumdrehung ein Arbeitstakt. Ein Mehrzylindermotor benötigt also zwei Kurbelwellenumdrehungen, bis alle Zylinder einmal gearbeitet haben.

Der Gaswechsel wird zwangsläufig durch Ventile gesteuert.

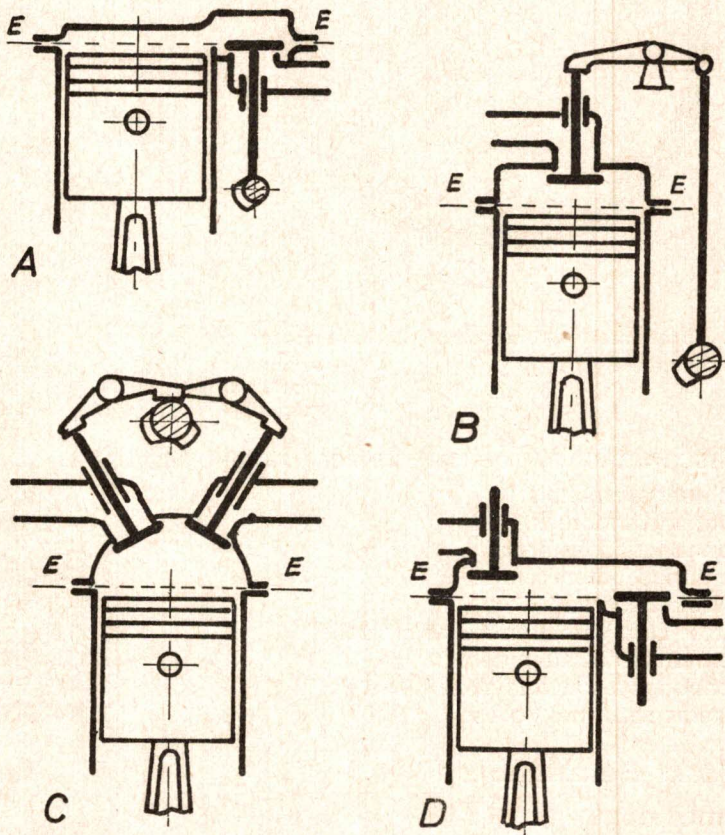
Im Vergleich mit dem Zweitakt-Motor arbeitet der kompliziertere Viertakt-Motor wirtschaftlicher (präzise Gassteuerung), gibt aber bei gleichem Hubvolumen eine geringere Leistung ab (nur jeder vierte Takt ein Arbeitstakt).

#### b. Ventilsteuerung (Figur 1)

Ventile können grundsätzlich unten- oder obengesteuert sein. Massgebend ist die Lage der Ventilteller und Gaswege zu der gedachten Linie E–E, die auf dem sich im oberen Totpunkt befindenden Kolben aufliegt.

Wir unterscheiden:

- *untengesteuerte Motoren*, auch SV-Motoren genannt. Ventile und Gaswege befinden sich unterhalb der Linie E–E.
- *obengesteuerte Motoren*. Ventile und Gaswege befinden sich oberhalb der Linie E–E. Obengesteuerte Motoren werden noch wie folgt unterteilt:
  - OHV-Motoren, mit untenliegender Nockenwelle
  - OHC-Motoren, mit obenliegender Nockenwelle
- *gegengesteuerte Motoren*. Das Einlassventil ist oben-, das Auslassventil untengesteuert.



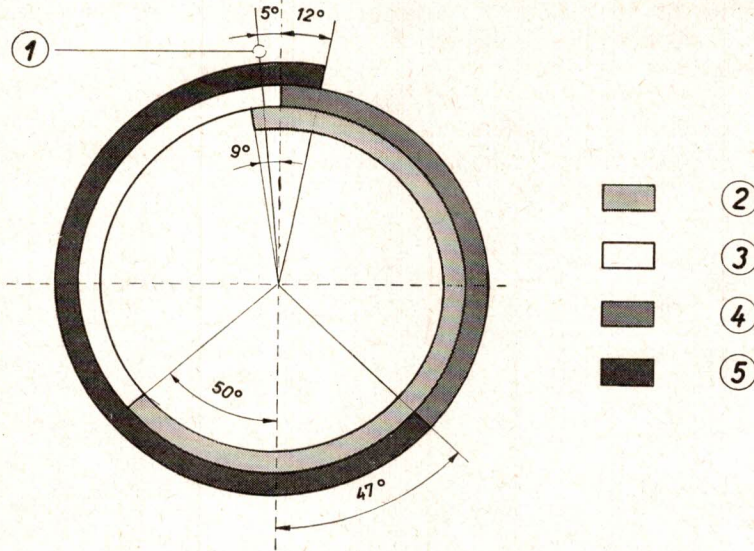
Figur 1 Ventilanordnungen

A untengesteuerter Motor (SV)  
B obengesteuerter Motor (OHV)

C obengesteuerter Motor (OHC)  
D gegengesteuerter Motor

A

Die durch die Nockenwelle und das Ventilspiel gegebenen Ventilzeiten werden oft graphisch angegeben. Ein Beispiel zeigt Figur 2.



Figur 2 Steuerzeiten-Diagramm Viertakt-Motor

- |                 |              |
|-----------------|--------------|
| 1 Zündzeitpunkt | 3 verdichten |
| 2 ansaugen      | 4 arbeiten   |
|                 | 5 auspuffen  |

### c. Durchschnittliche Arbeitswerte des Viertakt-Motors

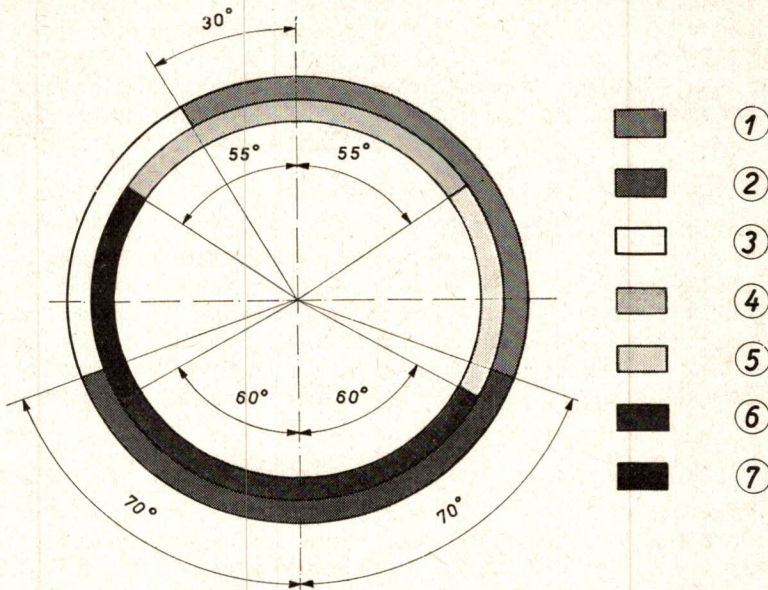
Verdichtungsverhältnis	7 : 1 bis 11 : 1
Verdichtungsenddruck	14–22 kg/cm <sup>2</sup>
Verbrennungshöchstdruck	40–60 kg/cm <sup>2</sup>
Verdichtungsendtemperatur	420–500 °C
Nutz-Wirkungsgrad	22–28 %
Treibstoff-Luft-Verhältnis (Gewichtsteile)	1 : 15
Verbrennungshöchsttemperatur	2000–2500 °C
Verbrennungsgeschwindigkeit	10–25 m/sek
Abgastemperatur bei Vollast	700–1000 °C

## 4. Zweitakt-Benzinmotor

### a. Allgemeines

Beim Zweitakt-Motor erfolgt auf jede Kurbelwellenumdrehung eine Zündung, d.h. ein Arbeitstakt. Dies ergibt die bessere Ausnutzung des Triebwerkes und damit eine grössere Leistung.

Die Steuerung des Gaswechsels erfolgt meistens durch die Kolbenkanten, so dass keine besonderen Steuerungsteile (Ventile) notwendig sind. Diese einfachste Art der Gassteuerung weist sogenannte symmetrische Steuerzeiten auf, wie sie Figur 3 zeigt.



Figur 3 Steuerzeiten-Diagramm Zweitakt-Motor

- |                                |                       |
|--------------------------------|-----------------------|
| 1 arbeiten                     | 5 vorverdichten       |
| 2 auspuffen                    | 6 überströmen         |
| 3 verdichten                   | 7 Unterdruck erzeugen |
| 4 ansaugen (ins Kurbelgehäuse) |                       |

Das Kurbelgehäuse des Zweitakt-Motors muss dem Gaswechsel dienen und kann deshalb keinen Ölvorrat aufnehmen. Die Motorschmierung ist aus diesem Grund als Gemisch- oder Frischölschmierung ausgelegt.

Die Hauptvorteile des Zweitakt-Motors gegenüber dem Viertakt-Motor bestehen im bestehend einfachen Aufbau und in der etwas höheren Leistung. Diesen Vorteilen stehen aber auch Nachteile gegenüber. Es sind dies in erster Linie: grösserer Treibstoffverbrauch, unregelmässiger Leerlauf, unreine Abgase, schlechte Bremswirkung des Motors im Gefälle.

## b. Spülverfahren

Bei allen Spülverfahren wird eine möglichst gute Füllung bei geringen Frischgasverlusten angestrebt.

### Querspülung (Figur 4a)

Beim Nasenkolbenmotor liegen Überström- und Auslasskanal einander gegenüber. Durch die Kolbenform wird die im Kurbelgehäuse auf 0,3 bis 0,8 kg/cm<sup>2</sup> verdichtete Gemischmenge nach oben geleitet. Die Strömung nach oben hält aber nur einen kurzen Augenblick an. Sie wählt in der untersten Kolbenstellung (UTP) den kürzesten Weg, so dass ziemlich viel Frischgas an Stelle der verbrannten Abgase zum Auspuff hinausgeht.

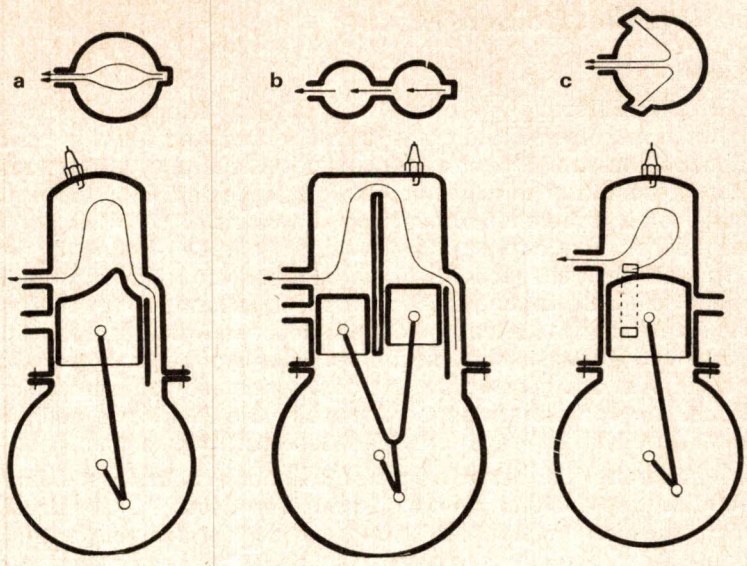
### Gleichstromspülung (Figur 4b)

Der Doppelkolbenmotor hat sich für Zweitakt-Motoren gut bewährt. Der die Auslassschlitze steuernde Kolben eilt dem Einlasskolben etwas voraus. Auf diese Weise wird die Auspuffdauer etwas verkürzt und gegenüber der Überströmzeit um so viel verschoben, dass beim Öffnen des Überströmkanals der Überdruck im Zylinder bereits weg ist und der Auslasswesentlich vor dem Überströmschluss kommt. Der Auslassverlust wird dadurch verringert und die Füllung durch Nachladung verbessert.

### Umkehrspülung (Figur 4c)

Bei diesem Spülverfahren treffen sich die beiden Gemischströme, die aus den beiden rechts und links des Auspuffkanals befindlichen Überströmkanälen kommen. Auf der gegenüberliegenden Zylinderseite richten sie sich aneinander auf und schieben die Abgase aus dem Zylinder. Bei diesem Verfahren bleibt häufig ein Abgaskern in der Zylindermitte zurück. Trotz starker Umlenkung wählt auch hier ein kleiner Teil Frischgas den kürzeren Weg und strömt aus. Beim Schliessen des Auspuffschlitzes bleiben die sich darüber befindlichen Abgase zurück.

Der Kern der Probleme um den Zweitakt-Motor steckt im offenen Gaswechsel, bei dem die einströmenden Frischgase die Abgase aus dem Zylinder verdrängen müssen. Immer werden dabei einerseits Abgase im Zylinder verbleiben, andererseits Frischgase in den Auspuff gelangen. Dies, und die sehr kurze Zeit für den Gaswechsel, führt zu hohem Treibstoffverbrauch und schlechter Zylinderfüllung. Hier ist auch der Grund dafür zu suchen, dass ein Zweitakt-Motor nicht die doppelte Leistung eines gleich grossen Viertakt-Motors erreicht.



Figur 4 Spülverfahren

## 5. Der Rotationskolben-Motor

### a. Allgemeines

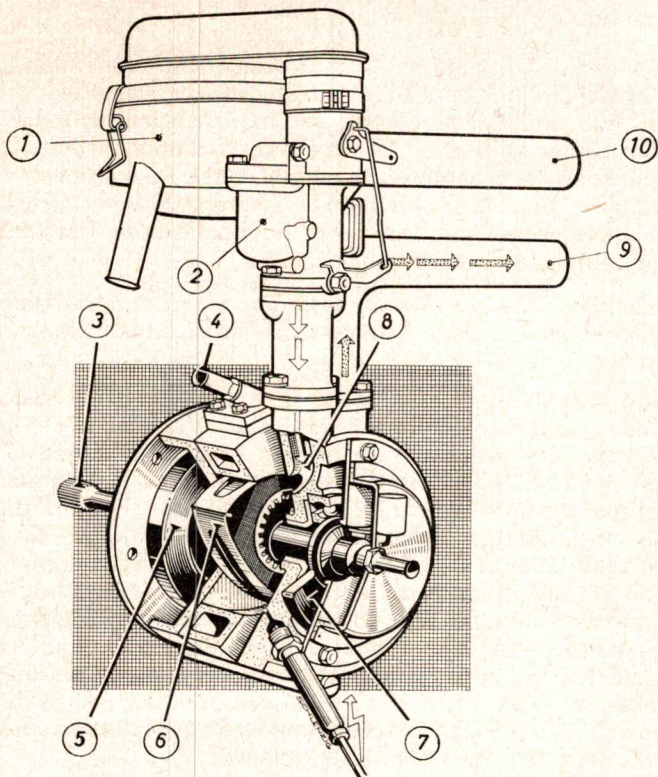
Die üblichen Fahrzeug-Motoren werden als Hubkolben-Motoren gebaut. Der Rotationskolben-Motor kann unter Vermeidung von hin- und hergleitenden Massen und ohne bewegliche Steuerungsteile trotzdem als echter Kolbenmotor mit innerer Verdichtung einen Expansionsvorgang unmittelbar in rotierende Bewegung umwandeln. Der Zylinder besitzt einen flachen achtförmigen Hohlraum (Trochoiden-Form), in dem der als Bogendreieck ausgebildete Läufer (Kolben) so rotieren kann, dass er während seiner Bewegung drei voneinander getrennte, in der Grösse veränderliche Kammern bildet, in denen sich der Arbeitsprozess abspielt. Die Ein- und Auslasskanäle, die während der Drehbewegung des Läufers stetig geöffnet und geschlossen werden, können sowohl stirnseitig sowie auch seitlich von diesem angeordnet sein. Die Zündkerze befindet sich ebenfalls im Zylinder, gegenüber den Gassteuerungskanälen.

Die Ausführung, bei der sowohl der Zylinder als auch der Läufer eine Drehbewegung ausführt, wird als *Drehkolben-Motor* (DKM) bezeichnet. Die mehrheitlich angewandte Bauart, bei der der Zylinder feststeht und nur der Läufer eine planetenartig kreisende Bewegung ausführt, wird als *Kreiskolben-Motor* (KKM) bezeichnet (z. B. NSU-Wankel-Motor).

Der allgemeine Begriff für beide Bauarten ist *Rotationskolben-Motor*. Die Vorteile dieser Motoren, im Gegensatz zum Hubkolbenmotor, liegen hauptsächlich in folgenden Punkten:

- Bedeutend geringeres Gewicht
- Erheblich geringeren Raumbedarf
- Vibrationsfreier Lauf, da unausgeglichene Massen fehlen
- Kleinerer Oktanzahlbedarf
- Einfachere Bauart, nur zwei bewegte Teile
- Niedere Herstellungskosten





Figur 5 Der Aufbau des Rotationskolbenmotors

- |                       |                    |
|-----------------------|--------------------|
| 1 Luftfilter          | 6 Läufer (Kolben)  |
| 2 Vergaser            | 7 Ausgleichgewicht |
| 3 Triebwelle          | 8 Frischgaskanal   |
| 4 Kühlwasseranschluss | 9 Auspuffrohr      |
| 5 Schwungrad          | 10 Luftansaugrohr  |

## b. Arbeitsweise

Der Läufer (Kolben) ist auf einer im Uhrzeigersinn drehenden Exzenterwelle (Kurbelwelle) gelagert. Durch ein im Zylinder feststehendes, aussenverzahntes Rad und ein mit diesem im Eingriff stehendes innenverzahntes Rad im Läufer wird erreicht, dass die Umdrehungszahl des Läufers nur  $\frac{1}{4}$  derjenigen der Exzenterwelle beträgt. Diese Räder dienen also nicht zur Kraftübertragung. Die geringere Läuferdrehzahl wirkt sich durch die kleineren Gleitgeschwindigkeiten der hochbelasteten Abdichtungselemente der Läuferkanten vorteilhaft aus.

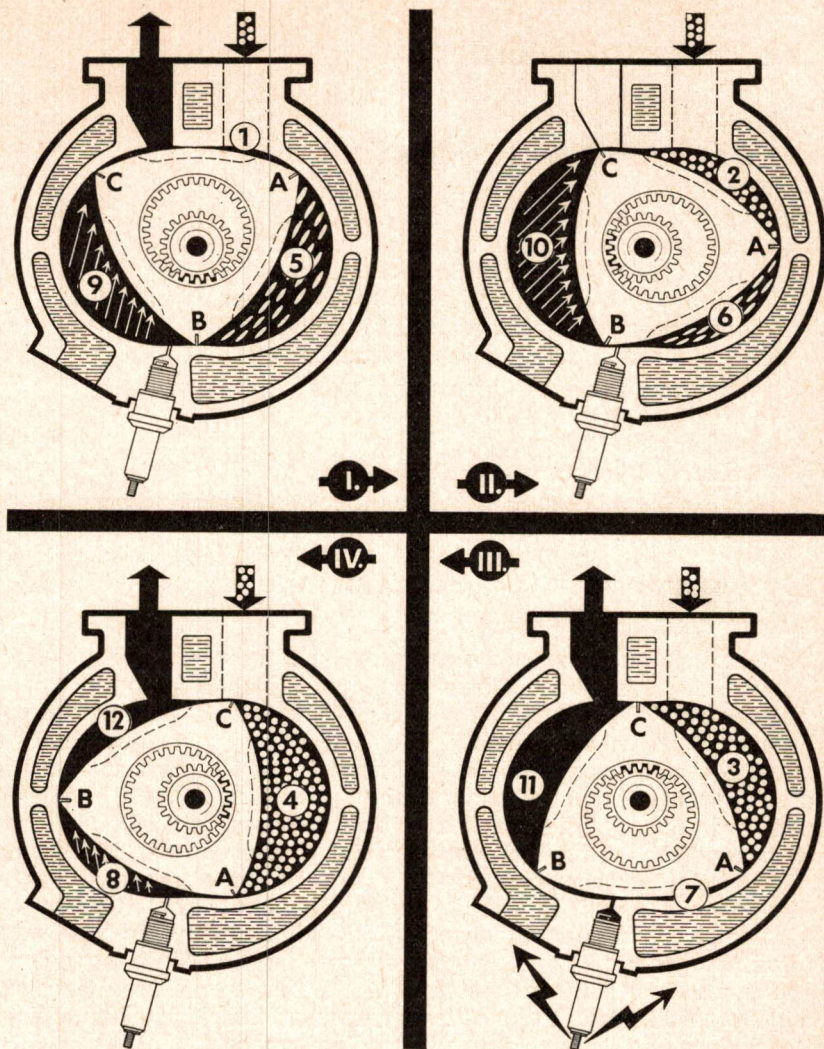
Der vollständige *Viertakt-Prozess* erfordert drei Umdrehungen der Exzenterwelle. In jeder der drei Kammern spielen sich nacheinander die vier Takte ab.

Bei Stellung «1» steht die Läuferseite C–A auf «OT», Ein- und Auslasskanal sind geöffnet (Ventilwechsel). Das Volumen (1) hat seine kleinste Grösse und wächst während den Ansaugstellungen (2 und 3). Kurz nach Stellung (4) ist der Ansaugtakt beendet. Die Kammern (5, 6 und 7) zeigen die anschliessende Verdichtung. Bei (7) steht die Läuferseite A–B am Ende des Kompressionstaktes auf «OT», wo die Zündung ausgelöst wird. Die an den Flanken des Läufers angebrachten Mulden bilden den Verbrennungsraum und dienen zugleich zum Reduzieren des Verdichtungsverhältnisses. Bei (8, 9 und 10) ist der Arbeitstakt dargestellt. Der Verbrennungsdruck wirkt über die Flanke des Läufers auf den Exzenter, der bei (8) genau waagrecht nach links steht und dreht die Exzenterwelle. Bei (10) öffnet der Auslasskanal, durch den während den Stellungen (11) und (12) das verbrannte Gas ausgestossen wird. Bei (1) beginnt die Wiederholung des Arbeitsspieler.

Da in allen drei Kammern gearbeitet wird, erfolgt bei jeder Exzenterwellen-Umdrehung eine Zündung. Somit erhält jede Flankenseite des Läufers jedesmal einen Arbeitstakt, was zum weichen und erschütterungsfreien Motorlauf führt.

Das Zylindergehäuse wird normalerweise mit Wasser, der Läufer jedoch mit Öl gekühlt. Das zur Lagerschmierung und Kühlung verwendete Öl wird diesem durch die Hohlwelle zugeführt. Zudem wird der Läufer auch durch das einströmende Frischgas gekühlt, mit dem jede Bogenflanke bestrichen wird.

Der Zylinderinhalt (analog des Hubvolumens des Hubkolbenmotors) wird mit dem *Kammervolumen* von einer Kammer bei grösstem Volumen angewendet, z. B. bei (4 oder 10). Der Läufer steht hier auf «UT». Für die fiskalische Besteuerung wird jedoch das doppelte Volumen berechnet, da die Leistung eines 500-cm<sup>3</sup>-Wankel-Motors ungefähr einem 1000-cm<sup>3</sup>-Hubkolbenmotor entspricht. Bei mehrzylindrigen Motoren spricht man von *Mehrscheibenmotoren*.



**Figur 6 Arbeitsweise des Rotationskolbenmotors**

1-4		5-7		8-10		11-1	
1-4	Ansaugen	5-7	Verdichten und Zünden	8-10	Arbeiten	11-12	Ausstossen
1	OT der Läuferfläche C-A (Ventilüberschneidung)	7	OT der Läuferfläche A-B (Zündmoment)	ABC	Kolbenkanten, Dichtleisten schematisch eingezeichnet	I-IV	Arbeitsreihenfolge

## II. Die Treibstoff-Förderung

### 1. Fördersysteme

Wir unterscheiden folgende Systeme:

- Falltreibstoff
- Pumpenförderung

Treibstoffpumpen können verschieden aufgebaut sein:

- Membranpumpen (übliche Bauart)
- Pumpen mit Faltenbalg (bei elektrisch betätigten Pumpen)
- Kolbenpumpen (hauptsächlich für Dieseltreibstoff)
- Zahnradpumpen (z. B. bei Benzineinspritzung)

Als Pumpenbetätigungen kommen in Frage:

- mechanische Betätigung
- pneumatische Betätigung
- elektrische Betätigung

Die am häufigsten verwendete Bauart ist die Membranpumpe mit mechanischer Betätigung.

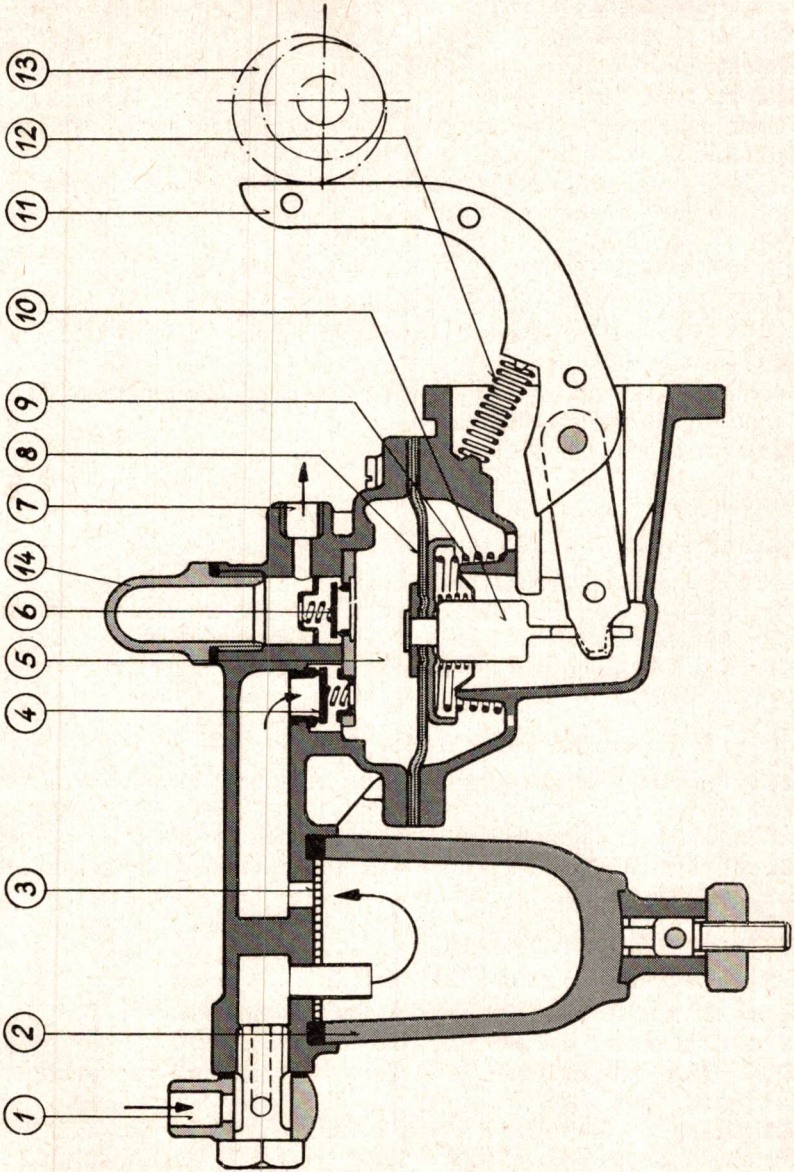
### 2. Mechanisch betätigte Benzinpumpe

#### a. Arbeitsweise (Figur 7)

Die Benzinpumpe ist am Motorgehäuse angeflanscht und wird über einen Stößel oder zweiteiligen Winkelhebel durch einen Exzenter der Nockenwelle betätigt. Beim Saughub wird die Membrane (8) zwangsläufig vom Exzenter der Nockenwelle (13) über den zweiteiligen Hebel (11) nach unten bewegt. Dabei wird die kalibrierte Feder (9) vorgespannt. Diese drückt die Membrane (8) nach Drehung des Exzenter (13) nach oben und fördert so den Treibstoff durch das Auslassventil (6) in Richtung Vergaser. Wird wenig Treibstoff benötigt, entsteht in der Druckkammer (5) von der Schwimmerkammer her eine Drucksteigerung, die auf die Membrane (8) und gegen die Feder (9) wirkt. Dadurch verharrt die Membrane (8) in ihrer untersten Stellung, bis die Schwimnnadel wieder öffnet und Benzin in den Vergaser strömen lässt. In dieser sogenannten Leerlaufstellung läuft der rechte Teil (11) des zweiteiligen Hebels leer mit. Der Windkessel (14) auf dem Auslassventil bewirkt einen ruhigeren Benzinfluss und dadurch eine erhöhte Fördermenge.

#### Legende zu Figur 7 Mechanische Benzinpumpe

- |                       |                           |
|-----------------------|---------------------------|
| 1 Zufuhrleitung       | 8 Membrane                |
| 2 Filterglas          | 9 Druckfeder (kalibriert) |
| 3 Filter              | 10 Membranenstößel        |
| 4 Einlassventil       | 11 Winkelhebel            |
| 5 Druckkammer         | 12 Feder                  |
| 6 Auslassventil       | 13 Antriebsexzenter       |
| 7 Treibstoff-Austritt | 14 Windkessel             |



Figur 7 Mechanisch betätigte Benzinpumpe

## A

### b. Störungen

- Undichtigkeit am Filter
- Undichtigkeit bei den Ventilen
- Defekte Ventildfedern
- Defekte Stösselfedern
- Defekte Membrane
- Verstopfte Entlüftungsbohrung im Gehäuseunterteil; ermöglicht Treibstoffabfluss ins Kurbelgehäuse (Schmierölverdünnung)
- Starke Abnützung des Winkelhebels; vermindert den Förderdruck und die Fördermenge

### c. Reparaturvorschriften

- Die Benzinpumpe muss absolut dicht sein
- Nach jeder Reinigung des Filters Dichtung kontrollieren und wenn möglich ersetzen
- Membran-Auflageflächen egalisieren und beim Zusammenbau Membrane auf maximalen Hub stellen
- Abgenützte Winkelhebel ersetzen

### d. Kontrolle

Behelfsmässig ohne Messgerät

- Benzinpumpe in Treibstoff tauchen (Büchse)  
Nach 4–6 Hüben soll der Treibstoff auf der Druckseite austreten (Funktionskontrolle)
- Bei einer Saughöhe von einem Meter soll der Treibstoff nach 12–18 Hüben austreten

Kontrolle bei eingebauter Benzinpumpe

- Zuleitung am Vergaser lösen, Leitung mit dem Finger verschliessen und Motor 20 Sekunden laufen lassen. Nach 30 Sekunden Finger vorsichtig lösen und kontrollieren, ob Druck noch vorhanden
- Dieser Versuch ist zwei- bis dreimal zu wiederholen, sinkt der Druck ab, ist die Benzinpumpe zu überholen

Kontrolle mit Messgerät

*Druckprüfung bei eingebauter Benzinpumpe:*

- Zuleitung am Vergaser lösen und Messgerät anschliessen
- Motor im Leerlauf drehen lassen bis der Druck konstant bleibt
- Bei kurzfristigem Beschleunigen des Motors soll der Druck nicht wesentlich ändern
- Der Druck soll nach Abstellen des Motors in 10 Sekunden nicht mehr als auf 50 % des Sollwertes abfallen.

*Arbeitsdrücke:*

Bei kleinen Motoren

0,15–0,25 kg/cm<sup>2</sup>  
2–3,5 lb/sq.in.

Bei grösseren Motoren

0,25–0,4 kg/cm<sup>2</sup>  
3,5–5 lb/sq.in.

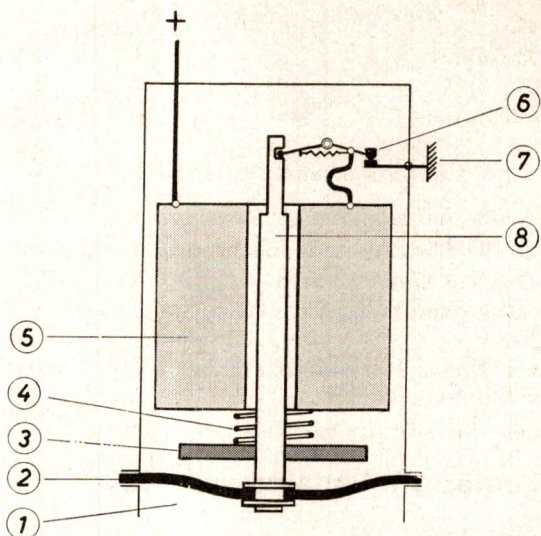
Angaben für Armeefahrzeuge siehe Anhang II/1.

*Unterdruckprüfung bei eingebauter Benzinpumpe:*

- Zuleitung zu der Benzinpumpe lösen und Messgerät anschliessen
- Motor im Leerlauf drehen lassen
- Zeiger am Messgerät soll bis ca. 10" Hg = 254 mm Hg = 0,3 kg/cm<sup>2</sup> (atü) steigen
- Nach dem Abstellen des Motors soll der Zeiger frühestens nach einer Minute auf Null zurückfallen.

Vergleichstabelle kg/cm<sup>2</sup>: lb/sq.in. siehe Anhang VI/3.**3. Elektrisch betätigte Benzinpumpe (SU)****a. Arbeitsweise**

Die elektrische Benzinpumpe ist in ihrem Antrieb unabhängig vom Motor. Ihr bester Wirkungsgrad wird erreicht, wenn sie in Vergaserhöhe oder etwas darüber montiert ist und eine möglichst kurze Druckleitung zum Vergaser hat. Ihr Antrieb erfolgt elektrisch. Im Ruhezustand sind die Kontakte geschlossen. Beim Einschalten der Zündung entsteht in der Spule ein Magnetfeld. Durch dessen Kraft wird der mit der Membrane verbundene Anker angezogen. In der Pumpenkammer entsteht ein Unterdruck, der den Treibstoff über das Einlassventil ansaugt. Bei dem fest abgestimmten Maximalausschlag der Membrane wird ein Schnappmechanismus in Funktion gesetzt, welcher die beiden Kontakte trennt, so dass der Stromkreis unterbrochen ist. Dadurch fällt das Magnetfeld zusammen. Durch die kalibrierte Membranfeder wird der Treibstoff über das Auslassventil aus der Pumpenkammer ausgestossen und dem Vergaser zugeführt. Durch die Rückwärtsbewegung werden die Kontakte wieder geschlossen, und der gleiche Vorgang wiederholt sich von neuem. Die Fördermenge beträgt ca. 40 l/h bei 1,2 m Höhendifferenz.



Figur 8 Elektrisch betätigte Benzinpumpe

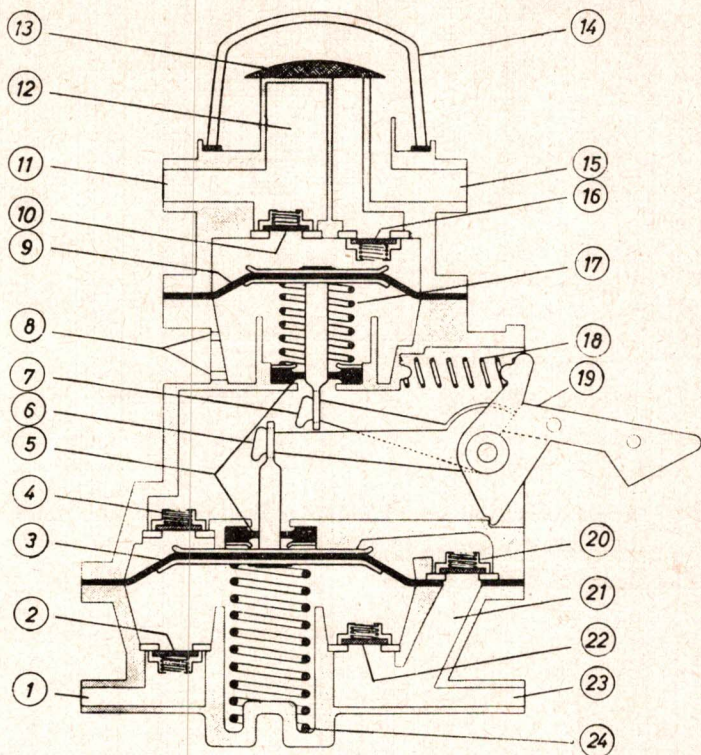
1 Pumpenkammer	5 Magnet
2 Membrane	6 Unterbrecherkontakt
3 Ankerplatte	7 Masse
4 Membranfeder	8 Schaltstange

## b. Einstellvorschriften

- Kontaktabstand nach Fabrikvorschrift
- Beim Zusammenbau darauf achten, dass die für die Zentrierung der Ankerplatte dienenden Rollen montiert werden
- Beim Einstellen des Schnappmechanismus löst man die Kontaktfeder und dreht sie seitwärts. Die Schaltstange wird ganz eingedreht. Durch langsames Drehen allmählich wieder lösen, bis der Punkt, da der Schnappmechanismus beim Hin- und Herschieben der Ankerplatte einwandfrei funktioniert, festgelegt ist  
Sicherheitshalber löse man noch  $\frac{2}{3}$  Umdrehungen mehr
- Magnetgehäuse und Pumpenkörper provisorisch leicht verschrauben.
- Durch Unterlegen eines Zündholzes werden die Unterbrecherkontakte zwangsweise miteinander verbunden. Unter Strom wird nun die Membrane in ihren Maximalausschlag gebracht, und die Schrauben werden fest angezogen.

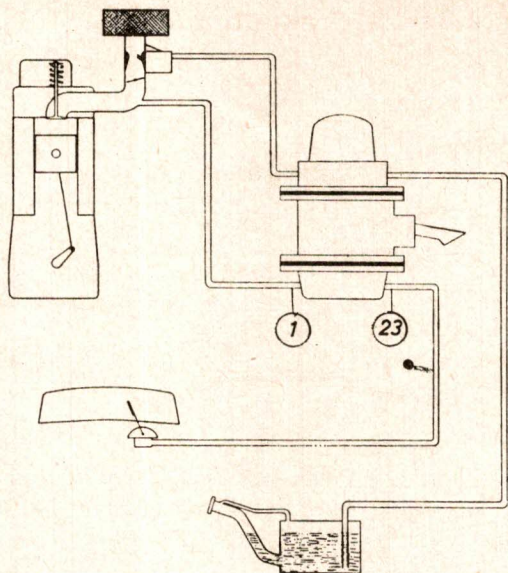


## 4. Kombinierte Benzin-Vakuumpumpe



Figur 9 Kombinierte Benzin-Vakuumpumpe

- |                                     |                                    |
|-------------------------------------|------------------------------------|
| 1 Pumpenausgang zum Motoransaugrohr | 14 Schauglas                       |
| 2 Vakuumauslassventil               | 15 Benzin-Ansaugleitung            |
| 3 Vakuummembrane                    | 16 Benzineinlassventil             |
| 4 Vakuumauslassventil, oberes       | 17 Feder zu Benzinmembrane         |
| 5 Gummidichtungen                   | 18 Hebelfeder                      |
| 6 Hebel zur Vakuummembrane          | 19 Betätigungshebel                |
| 7 Hebel zur Benzinmembrane          | 20 Vakuumeinlassventil, oberes     |
| 8 Entlüftungsbohrungen              | 21 Verbindungskanal                |
| 9 Benzinmembrane                    | 22 Vakuumeinlassventil, unteres    |
| 10 Benzinauslassventil              | 23 Saugleitung von Scheibenwischer |
| 11 Benzinaustritt zum Vergaser      | 24 Feder zu Vakuummembrane         |
| 12 Windkessel                       |                                    |
| 13 Benzinfiltersieb                 |                                    |



Figur 10 **Anschlussschema der kombinierten Benzin-Vakuumpumpe**

- 1 Pumpenausgang zum Motoransaugrohr
- 23 Saugleitung von Scheibenwischer

### III. Vergaser

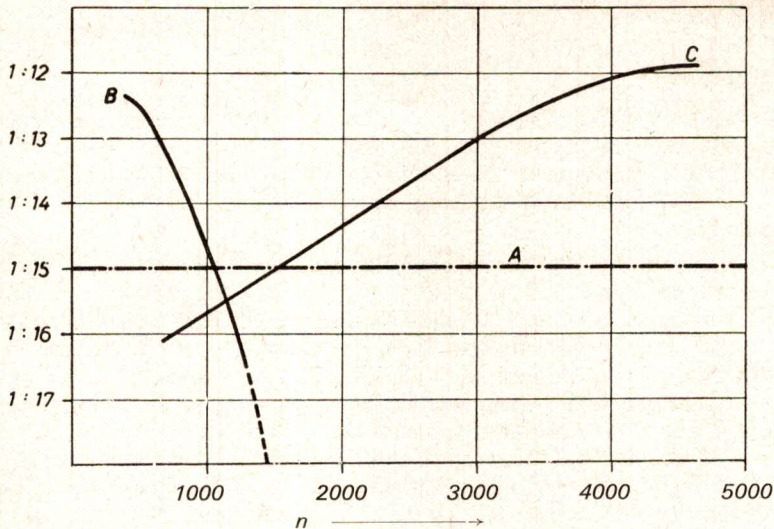
#### 1. Aufgabe

Die Aufgabe des Vergasers besteht in der Herstellung eines brennbaren Treibstoff-Luftgemisches für den ganzen Motor-Drehzahlbereich, für jede Motorbelastung und bei allen Motortemperaturen. Im weiteren muss er auch eine gute Beschleunigung sowie einen sicheren Kaltstart gewährleisten!

Das ideale oder theoretisch berechenbare (stöchiometrische) Gemisch beträgt ungefähr 1 : 15, d.h. für 1 Gewichtsteil Benzin werden 15 Gewichtsteile Luft benötigt. Bei dieser oder ärmerer Gemischzusammensetzung genügt die vorhandene Luft zur vollständigen Verbrennung des Kohlenstoffes zu Kohlendioxyd (Kohlensäure  $C_2$ ), und im Auspuffgas befinden sich praktisch keine Anteile des sehr giftigen Kohlenmonoxydes (CO). Da in der Praxis aber grösstenteils mit fetteren und leistungsfähigeren Gemischen gefahren wird, bei denen die Verbrennung nicht mehr vollständig ist, befindet sich praktisch in allen Auspuffgasen von Benzinmotoren das Kohlenoxyd (CO). Aus diesem Grunde ist es möglich, dass beim *Laufenlassen eines Motors in einer kleineren, geschlossenen Garage das Auspuffgas bereits nach ca. 12–15 Minuten zum Tode führen kann.* Experimentell wurde festgestellt, dass Gemische von Treibstoffdampf mit Luft nur innerhalb eines bestimmten, als Zündgrenzen bezeichneten Bereiches zündfähig sind. Beim Benzin z. B. pro 1 kg Benzin zwischen ca. 28 und 5 kg Luft. Für den normalen Lauf eines warmen Motors muss dieser Bereich eingeschränkt werden, pro kg Benzin ca. zwischen 16,5 bis 9 kg Luft. Bei fetteren oder ärmeren Gemischen dreht der Motor infolge Zündaussetzers bereits unregelmässig.

Um dem Verbrauch, der Leistung, den Klopferscheinungen usw. Rechnung zu tragen, werden verschiedene Gemische verwendet:

ca. 1 : 16	armes, leistungsschwaches Gemisch
ca. 1 : 15	ideales oder theoretisches Gemisch
ca. 1 : 13,5–14,5	wirtschaftliche Gemische mit mässiger Leistung
ca. 1 : 12–13	fette, leistungsfähige Gemische
ca. 1 : 10–11	Leerlaufgemische
ca. 1 : 5–7	Kaltstartgemische



Figur 11 Gemisch-Kurven

Die aufgezeichneten Kurven haben folgende Bedeutung:

- |                                 |  |
|---------------------------------|--|
| <b>A Ideal-Gemisch</b>          | annähernd erreicht durch Korrektur-Einrichtung wie Bremsluft usw.    |
| <b>B Leerlauf-Gemisch</b>       | Veränderung der Gemischzusammensetzung beim Öffnen der Drosselklappe |
| <b>C Unkorrigiertes Gemisch</b> | bei einem Vergaser ohne Gemisch-Korrektur                            |

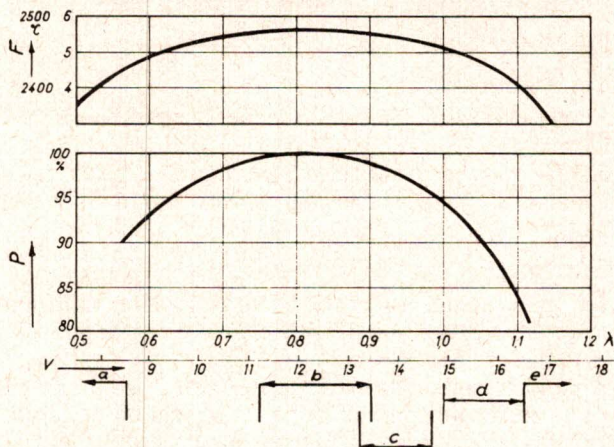
Die Gemischzusammensetzung ist von verschiedenen Faktoren abhängig, z. B. von:

- der Höhe über Meer; je höher, um so leichter die Luft
- Temperaturunterschieden; je wärmer, um so leichter die Luft
- Treibstoffzusammensetzung; Verhältnis Kohlenstoff/Wasserstoff
- dem herrschenden Unterdruck im Ansaugrohr; je nach Motorbelastung, Höhe über Meer, Reinigungszustand und Art der Luftfilter, Motorzustand usw.
- der Luftgeschwindigkeit im Lufttrichter
- der Niveauhöhe in der Schwimmerkammer
- dem Druck in der Schwimmerkammer.

Die Gemischzusammensetzung kann nur mit einem Auspuffgas-Analyser oder Abgastester gemessen werden.

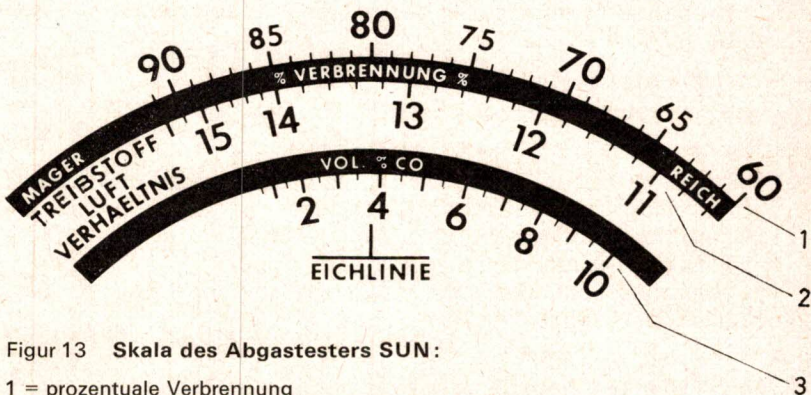
Die Farbe des Zündkerzen-Isolatorfusses gibt auch diesbezügliche Anhaltspunkte.

Ein Einstellversuch (EMPA, Zürich) zeigt den Einfluss der Gemischzusammensetzung auf die Motorleistung bei einer konstanten Motordrehzahl von 3000 U/min.



Figur 12 Grundsätzlicher Zusammenhang zwischen Benzin-Luftgemisch, Flammentemperatur und Motorleistung (nach EMPA).

F	Flammentemperatur	b	Höchstleistung
P	Bremsleistung	c	sparsame Einstellung
V	kg Luft pro 1 kg Benzin	d	zu arm eingestellt
$\lambda$	Luftzahl	e	Einstellung zu arm, Motor läuft unregelmässig
a	Einstellung zu reich, Motor läuft unregelmässig		



Figur 13 Skala des Abgastesters SUN:

- 1 = prozentuale Verbrennung
- 2 = Luftanteil des Treibstoff-Luft-Verhältnisses in Gewichtsteilen
- 3 = Anteil an Kohlenmonoxyd CO in Volumen-Prozenten

## 2. Einfach- und Doppelvergaser

### a. Aufbau

Um den gestellten Anforderungen genügen zu können, weist ein normaler Automobil-Vergaser folgende 6 Systeme auf:

*Hauptsächliche Unterscheidungsmerkmale:*

– **Schwimmersystem:**

- mit normalem Hebel-, Trommel- oder Doppelschwimmer aus Metall oder Kunststoff
- exzentrische oder konzentrische Schwimmerkammer
- innere, äussere, kombinierte oder umschaltbare Schwimmerkammer-entlüftung

– **Hauptsystem:**

Ein- oder mehrfacher, fester oder demontierbarer Lufttrichter.

Zur Korrektur sind verschiedene Möglichkeiten gegeben:

- durch Bremsluft (z. B. Solex, Weber)
- mit mechanisch oder pneumatisch betätigter Düsenadel (Teillastadel)
- durch Bremsluft mit Kompensationsdüse wie engl. Zenith-Vergaser
- mit konstantem Unterdruck; Benzindüse und Lufttrichter veränderlich wie SU und neuere Zenith-Vergaser

– **Leerlaufsystem:**

- mit einer oder zwei Benzindüsen
- eine oder mehrere Lufteintrittsbohrungen, mit oder ohne Mischdüse
- Gemisch- oder Luftregulierschraube
- vom Hauptsystem abhängig oder nicht
- mit oder ohne elektrisch gesteuerter Leerlaufbenzindüse
- mit oder ohne thermostatisch geregelter Entlüftungsventil für heissen Motor

– **Startersystem:**

von Hand oder automatisch betätigt

*Luftklappe*

- wenn automatisch: Thermisch-, pneumatisch oder elektrisch-thermisch betätigt mit Kolben oder Membrane
- Luftheizrohr mit oder ohne separaten Luftfilter
- mit oder ohne Flatterventil
- mit oder ohne Schnelleerlaufeinrichtung
- Einstellmöglichkeiten

*Starter*

- von Hand oder automatisch betätigt
- wenn automatisch: Thermisch-pneumatisch oder elektrisch-thermisch betätigt

- ein- oder mehrstufig
- mit oder ohne Zusatzluftventil
- Umschaltvorrichtung vom Starter- auf Vorwärmegemisch
- **Beschleunigungspumpensystem :**
- mechanisch oder pneumatisch betätigt, mit Kolben oder Membrane
- Einspritzung durch Einspritzrohr oder durch Niveauerhöhung im Gemischaustrittsrohr des Hauptsystems
- mit oder ohne Entlüftung, durch Bohrung oder Ventil
- Pumpenhub verstell- oder umschaltbar
- anreichernde oder abmagernde Pumpe
- mit mechanischer oder pneumatischer Pumpenfeder
- eventuell kombiniert mit Haupt- oder Anreicherungssystem
- hohes oder tiefes Einspritzrohr, speziell bei Solex-Vergasern
- mit oder ohne Teillast-Anreicherungsdüse
- Einstellmöglichkeiten
- **Anreicherungssystem :**
- Belastungs- oder drehzahlabhängig
- mit Kolben oder Membrane, mechanisch oder pneumatisch betätigt
- selbständiges System oder mit Haupt- oder Pumpensystem kombiniert
- mit oder ohne Anreicherungsdüse
- Einstellmöglichkeiten

Diese Systeme arbeiten zum Teil ganz unabhängig voneinander, bei bestimmten Betriebsbedingungen auch miteinander.

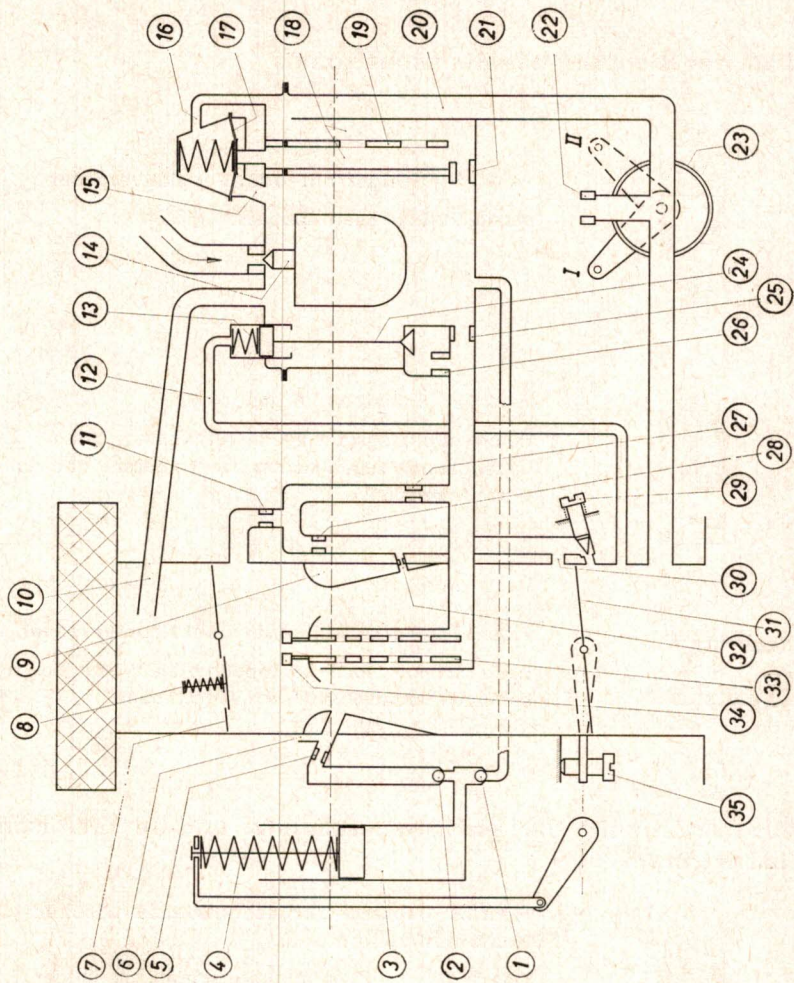
### Legende zum Vergaser — Prinzipschema (Figur 14)

1. **Schwimmersystem:**
  - 14 Schwimmernadel mit Sitz
  - 10 Schwimmerkammerentlüftung (innere)
2. **Hauptsystem:** (mit Bremsluft korrigiert)
  - 25 Hauptdüse
  - 33 Emulsionsrohr (Bremsluftrohr)
  - 34 Bremsluftdüse (Luftkorrekturdüse)
  - 9 Lufttrichter (Venturidüse)
3. **Leerlaufsystem:**
  - 27 Leerlaufbenzindüse
  - 11 Erste Leerlaufdüse
  - 28 Mischdüse
  - 32 Zweite Leerlaufdüse
  - 29 Leerlaufgemischregulierschraube
  - 35 Drosselklappenanschlagschraube
  - 30 Übergangsbohrung
  - 31 Drosselklappe
4. **Startersystem:** (beide eingezeichnet)
  - a. *Luftklappe* (Choke)
    - 7 Luftklappe
    - 8 Flatternventil (zur automatischen Abmagerung des Vorwärmegemisches)
  - b. *Starter*
    - 21 Starterbenzindüse
    - 18 Standrohre mit Benzinreserve für den Anlassmoment
    - 19 Zwischenwand mit Luftbohrungen zur sofortigen Gemischabmagerung nach dem Anspringen
    - 15 Luftzufuhr zum Starterluftventil (gereinigte aus der Schwimmerkammer)
- 16 Vakuumkanal zur pneumatischen Betätigung des Starterluftventils. Dessen Aufgabe es ist:
  - a. Beim Anspringen des Motors sofort zu öffnen zur Abmagerung des Vorwärmegemisches, und
  - b. Beim Abfahren mit noch eingeschaltetem Starter (öffnen der Drosselklappe) sofort zu schliessen zur Anreicherung des Gemisches.
- 17 Membrane
- 20 Startergemischkanal
- 22 Starterluftdüse (Hauptluft des Starters!)
 

I = eingeschaltet, II = ausgeschaltet
- 23 Gehäuse mit Starter-Drehschieber
5. **Beschleunigungspumpensystem:** (mechanisch betätigt)
  - 1 Einlassventil
  - 2 Auslassventil
  - 3 Pumpenzylinder mit Kolben
  - 4 Kolbenfeder (Akkumulierfeder)
  - 5 Pumpendüse
  - 6 Entlüftungsbohrung (verhindert das Nachsaugen von Benzin bei hoher Motordrehzahl)
6. **Anreicherungsssystem:** (Belastungsabhängig)
  - 26 Anreicherungsdüse
  - 24 Kolbengesteuertes Anreicherungsventil (pneumatisch betätigt)
 

Belasteter Motor, schwaches Vakuum = Ventil geöffnet  
Unbelasteter Motor, starkes Vakuum = Ventil geschlossen
  - 13 Kolbenfeder
  - 12 Vakuumkanal, führt unter die Drosselklappe





Figur 14 Prinzipschema eines Einfach-Vergasers

# A

## b. Bauarten

Von den verschiedenen Gesichtspunkten, nach denen die Vergaser bezeichnet und unterschieden werden, sind hier die wesentlichsten aufgeführt:

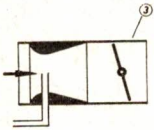
### – Nach der Richtung des Gemischstromes



Figur 15 **Steigstrom- oder Vertikalvergaser**  
veraltet, oft auf alten stationären Motoren

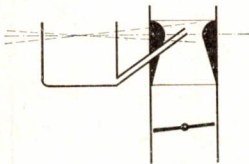


Figur 16 **Fallstromvergaser**  
durch strömungsgünstigere Anordnung bessere Zylinderfüllung, zugänglicher bei Vergaser- und Luftfilter-Unterhalt.



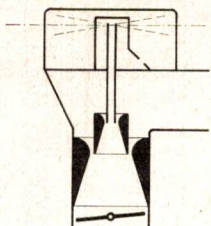
Figur 17 **Horizontal- oder Querstromvergaser**  
hauptsächlich noch bei Sportmotoren oder bei bestimmten Raumverhältnissen angewendet.

### – Nach Anordnung der Schwimmerkammer und der Gemischaustrittsrohre



Figur 18 **Normal-Vergaser mit exzentrischer Schwimmerkammer**

Das Niveau wird durch die Schräglage in der Fz.-Längsachse beeinflusst, wenn die Schwimmerkammer vor der Mischkammer angebracht, so verändert sich das Niveau durch die Schräglage in der Querachse des Fahrzeuges.

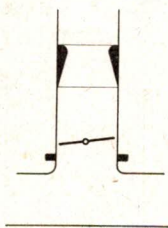


Figur 19 **Gelände-Vergaser mit konzentrischer Schwimmerkammer**

Gemischaustrittrohr liegt genau in der Mitte der Schwimmer- und der Gemischkammer.

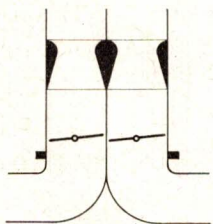
Schräglage des Fahrzeuges spielt keine Rolle mehr auf die Beeinflussung des Niveaus bzw. Gemischzusammensetzung, weder in der Längs- noch in der Querachse.

- Nach der Anzahl der Saugrohre in einem Vergasergehäuse bei gleichzeitiger Öffnung der Drosselklappen



Figur 20 **Einfach-Vergaser**

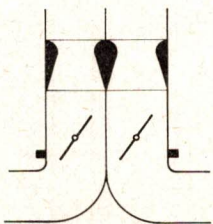
Ein Vergaser für sämtliche Motorzylinder



Figur 21 **Doppel-Vergaser**

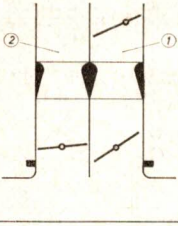
Je ein Saugrohr für die halbe Zylinderzahl, z. B. bei einem 6-Zylinder-Motor sind pro Saugrohr je 3 Zylinder zusammengefasst, die in der Ansaugfolge ohne Unterbrechung ineinander überfließen, dadurch bessere Füllung und höhere Luftgeschwindigkeit.

- Nach der Verbindung beider Drosselklappen



Figur 22 **Doppel-Vergaser,**

wenn beide Klappen miteinander öffnen und jedes Saugrohr zu einem separaten Ansaugrohr führt.



Figur 23 **Stufenvergaser,**

wenn die Klappen nacheinander öffnen und beide Saugrohre gemeinsam in den gleichen Ansaugraum führen.

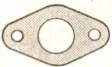
- 1 Primärvergaser
- 2 Sekundärvergaser

– **Bei Stufenvergasern, nach Einbau des Startsystems**  
(siehe Figur 23)

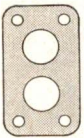
*Primärvergaser* oder 1. Stufe. Mit Luftklappe oder Starter ausgerüstet. Im Teillastbereich erfolgt die Gemischzufuhr nur durch dieses Saugrohr.

*Sekundärvergaser* weist keine Startvorrichtung auf.

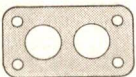
– **Bei Stufenvergasern, nach Anzahl der Saugrohre**



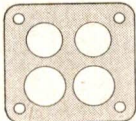
Figur 24 **Normaler Einfach-Vergaser**



Als *Stufenvergaser* ausgebildet, entsteht ein Einfach-Stufenvergaser.



Figur 25 **Normaler Doppelvergaser**



Als *Stufenvergaser* ausgebildet, entsteht ein Doppel-Stufenvergaser.

### 3. Stufenvergaser

#### a. Aufgabe

Dem Motor möglichst für den ganzen Drehzahlbereich eine günstige Luftgeschwindigkeit bzw. Gemischaufbereitung sicherzustellen, mit dem Ziel, bei eher grösserer Leistung den Verbrauch zu reduzieren.

Eine gute Motorleistung ist wesentlich abhängig von einer guten Zylinderfüllung und einer vollständigen Verbrennung des Gemisches. Die Zylinderfüllung wird gut, wenn dem Lufteintritt wenig Hindernisse entgegenstehen, also grosse Lufttrichter vorhanden sind. Die Verbrennung wird bei maximaler Benzinerstäubung, also guter Gemischaufbereitung, gut. Um diese zu erhalten wird eine hohe Luftgeschwindigkeit benötigt; allerdings darf sie auch nicht zu gross sein, sonst steigen die Ansaugwiderstände zu stark an und drosseln wieder die Füllung.

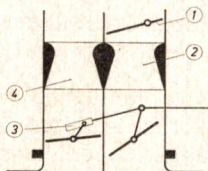
Bei zu grossem Lufttrichter, und speziell bei nur teilweise geöffneter Drosselklappe, würde die Luftgeschwindigkeit wieder zu klein.

Als Ideallösung müsste eine ständige Anpassung der Lufttrichteröffnung an den jeweiligen Luftbedarf erstrebt werden (z. B. SU). Diesem Idealfall wollen die Stufenvergaser näher kommen. Bei einem Stufenvergaser münden nun die beiden Vergasersaugrohre gemeinsam in den Einlass des Ansaugrohres. Die Saugkanäle werden als 1. und 2. Stufe bezeichnet, da sie *nacheinander* geöffnet werden.

Beim Gasgeben wird vorerst nur die 1. Stufe geöffnet und erst wenn diese ca.  $\frac{1}{2}$  bis  $\frac{3}{4}$  offen steht, beginnt sich über einen Schleppebel die Klappe der 2. Stufe zu öffnen. Durch diese Anordnung hat der Motor sowohl im Teillast- wie auch im hohen Drehzahlbereich eine günstige Luftgeschwindigkeit, eine gute Zerstäubung, saubere Verbrennung, gute Benzinausnutzung und dadurch bei geringem Verbrauch eine gute Leistung.

#### b. Bauarten von Stufenvergasern

- **Einfache Stufenvergaser**
- Mit zwei Drosselklappen, beide mechanisch betätigt (ältere Ausführungen oder auch auf Sportwagen)

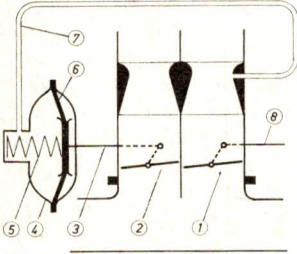


Figur 26

- 1 Luftklappe
- 2 Primärvergaser
- 3 Schleppebel
- 4 Sekundärvergaser

Das Fahrzeug muss sportlich (viel geschaltet) gefahren und auf dem oberen Drehzahlbereich gehalten werden. Bei starker Belastung des Motors bleiben beide Vergaser offen, wodurch die Vorteile aufgehoben werden.

– **Primärklappe mechanisch und Sekundärklappe pneumatisch betätigt:**



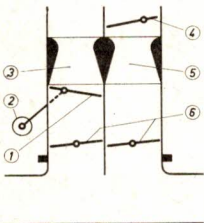
Figur 27

- 1 Primärstufe
- 2 Sekundärstufe
- 3 verstellbares Gestänge
- 4 Unterdruckdose
- 5 kalibrierte, verstellbare Feder
- 6 Membrane
- 7 Vakuumkanal vom Lufttrichter der Primärstufe
- 8 Gasbetätigungsstäbe

Bei dieser Anordnung ist nur die Primärklappe mit dem Gasgestänge verbunden. Auf die Sekundärklappe kann der Fahrer keinen direkten Einfluss ausüben. Die durch Unterdruck gesteuerte Klappe öffnet erst, nachdem der Motor die Hälfte bis drei Viertel der Maximaldrehzahl erreicht hat und somit der Unterdruck im Primärlufttrichter die Federkraft (5) übersteigt. Erst bei dieser Drehzahl ist die notwendige Luftgeschwindigkeit auch für den Sekundärvergaser gewährleistet.

Der Öffnungsmoment der 2. Stufe kann durch die Federkraft (5) oder durch die Längenveränderung von (3) eingestellt werden. Diese pneumatische Klappenbetätigung ist oft mit einem Schwingungsdämpfer ausgerüstet.

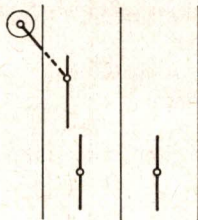
– **Mit drei Drosselklappen**



Figur 28

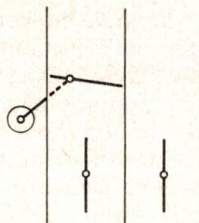
- 1 unterdruckgesteuerte Zusatzdrosselklappe
- 2 Gegengewicht
- 3 Sekundärstufe
- 4 Choke-Klappe
- 5 Primärstufe
- 6 mechanisch betätigte Drosselklappe, Sekundärklappe mit Schleppebel

Im Teillastbereich steht nur die Primärklappe, im Vollastbereich beide mechanisch betätigten Klappen offen und die dritte unterdruckbetätigte Zusatzklappe je nach Drehzahl des Motors. Der Öffnungsmoment dieser Klappe ist von der Grösse des Gegengewichtes (2) und dessen Hebel-länge abhängig.



Figur 29

Vollgasstellung bei hoher Drehzahl



Figur 30

Vollgasstellung bei stark belastetem Motor und niedriger Drehzahl

Bei Vollgasstellung und zunehmender Motorbelastung, bzw. sinkender Drehzahl und kleinerer Luftgeschwindigkeit in beiden Stufen, schliesst das Gegengewicht die Zusatzklappe. Dadurch wird in der 1. Stufe die Luftgeschwindigkeit wieder erhöht und verbessert sofort wieder die Gemischaufbereitung.

Die Kaltstartvorrichtung, das Beschleunigungspumpen- und meist auch das Leerlaufsystem sind nur im Primärvergaser eingebaut. Die Zusatzklappe bleibt in der Schliessstellung verriegelt, bis die Chokeklappe eine bestimmte Öffnung aufweist.

#### – **Doppel-Stufenvergaser** (Vierfach-Vergaser)

Auch bei diesen finden sich verschiedene Klappenkombinationen wie oben erwähnt mit denselben Funktionsweisen.

## 4. Vergaser-Störungen

### a. Lokalisieren der Vergaserstörungen

Bevor der Vergaser demontiert wird, muss festgestellt werden, welches System die Störung aufweist.

Dabei werden folgende Punkte geprüft:

1. Anspringen des Motors
2. Leerlauf
3. Verhalten bei langsamer Beschleunigung
4. Verhalten bei rascher Beschleunigung
5. Verhalten bei konstanter hoher Drehzahl
6. Verhalten bei Gaswegnehmen

Weitere Möglichkeiten überprüfen:

- Sämtliche Unterdruckanschlüsse (Zündung, Bremsen usw.) und Leitungen (Membrane bei vorhandenen Unterdruckpumpen)
- Vergaser- und Ansaugrohrflanschdichtungen
- Ventil bei positiver Kurbelgehäuseentlüftung

## A

- Eventuelle Möglichkeit von Dampfblasenbildung (schlechter Heiss-Start, stottern bei Bergfahrten)
- Festsitzende Vorwärmeklappen
- Luftfilterreinigung und eventuelle Anschlüsse (Haflinger)
- Durchgebrannte Vorwärme- und Auspuffrohre
- Inhalt des Benzinbehälters (Behälter leer, falsch gestellter Benzin-Hahn, Wasser im Benzin)
- Entlüftung des Benzinbehälters
- Eventuelle Eisbildung um die Mischkammer des Vergasers
- Gestänge gekrümmt, es kann nicht Vollgas gegeben werden
- Spiel der Drosselklappenwelle
- Falsche Fahrweise des Fahrers am Berg

## b. Zerlegen des Vergasers

- Vor dem Zerlegen zuerst an Materialverlust denken, also wo zerlegen? (Unterlage, Zeltblache, Kleidungsstück, Wagenbrücke usw.)
- Vorerst alle Verbindungsgestänge abhängen, dann Vergaserdeckel lösen und senkrecht abheben
- Inhalt der Schwimmerkammer vor dem Ausleeren untersuchen (Wasser, Schmutz, lose Gegenstände)
- Jede Dichtung auf Richtigkeit kontrollieren
- Nach Möglichkeit ein System nach dem andern zerlegen
- Jedes System systematisch mit dem Weg des Benzins kontrollieren und demontieren (eventuell fehlen Teile)
- Durchblasen der Kanäle entgegen dem normalen Treibstoff-, Luft- oder Gemischstrom
- Sind Teile und Federn eventuell am falschen Ort montiert?
- Kontrolle der Einzelteile in bezug auf ihren Zustand und ihre Funktion

## c. Zusammenbau des Vergasers

- Vor dem Zusammenbau die Einstelldaten konsultieren
- Die Reihenfolge der Einstellarbeiten festlegen
- Alle Dichtungen nach Möglichkeit ersetzen und kontrollieren, ob alle Löcher vorhanden sind
- Dichtungsfläche kontrollieren, ob eben und unverletzt
- Sämtliche Vergaserfedern sind kalibriert und dürfen in der Kraft nicht geändert werden, verstreckte oder verbogene Federn sind nach Möglichkeit zu ersetzen
- Der Zusammenbau erfolgt in der umgekehrten Reihenfolge wie das Zerlegen und soll ebenfalls systematisch erfolgen
- Während des Einbaus einzelner Teile immer deren Funktion überdenken
- Vor dem Einhängen des Gestänges kontrollieren, ob mit dem *Gaspedal* Vollgas gegeben werden kann
- Verschmutzungsgrad und Ölstand des Luftfilters kontrollieren



- Nach dem Anziehen des Luffilters Funktion der Luftklappe nochmals kontrollieren
- Funktion der Vorwärmeeinrichtung kontrollieren
- Vorhandene Unterdruckanschlüsse und Ventil der Kurbelgehäuseentlüftung kontrollieren
- Dichtigkeitskontrolle bei laufendem Motor
- Leerlaufeinstellung bei warmem Motor und montiertem Luftfilter.

#### d. Vergaser-Einstellung

Richtige Vergasereinstellung bewirkt störungsfreien Betrieb, sparsamen Verbrauch und gute Motorleistung. Korrektes Einstellen des Leerlaufs ist nur bei betriebswarmem Motor mit aufgesetztem Luftfilter möglich. Die Original-Düsengrößen, Benzin und Luft, sollten nicht geändert werden, und diesbezügliche Änderungsmanipulationen sind zu unterlassen.

Für die Einstellarbeiten vorerst die Betriebsvorschriften des Fahrzeuges und die Einstelltabelle im Anhang dieses Buches beachten.

**Einstelltabelle siehe Anhang II/1**

## IV. Gemisch-Vorwärmeeinrichtung

### Aufgabe

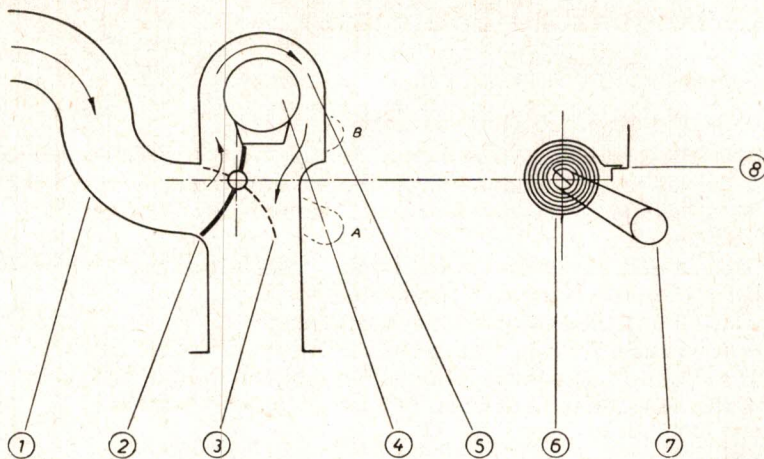
Raschmöglichstes Anwärmen der Ansaugrohre um Benzinkondensationen und damit Gemischverarmung zu verringern. Indirekt auch die Benzinkondensation in den Zylindern und den damit verbundenen grossen Verschleiss zu reduzieren.

### Arbeitsweise

Die Klappe wird in kaltem Motorzustand durch das Gewicht in geschlossener Stellung gehalten. Die Auspuffgase müssen demzufolge durch die Vorwärmekammer streichen und erwärmen dadurch die Ansaugleitung.

Bei zunehmender Erwärmung des Sammelrohres erwärmt sich auch die Bimetallfeder der Klappe. Da diese an ihrem Ende am Anschlag aufliegt und der Anfang in den Schlitz der Klappenachse greift, wird durch ihre Ausdehnung die Achse gedreht, und die Klappe öffnet sich. Die Auspuffgase können wieder direkt austreten. Es ist darauf zu achten, dass die Feder richtig montiert ist und die Klappenachse leicht läuft.

Die Gemischvorwärmung durch das Kühlwasser besitzt gegenüber der beschriebenen den Vorteil, dass nicht nur vorgewärmt, sondern bei heissem Motor das Ansaugrohr zur Erzielung einer besseren Zylinderfüllung auch abgekühlt wird.



Figur 31 **Gemisch-Vorwärmung**

- 1 Auspuffkollektor
- 2 Klappenstellung geschlossen
- 3 Klappenstellung offen
- 4 Ansaugkollektor

- 5 Vorwärmekammer
- 6 Bimetallfeder
- 7 Gewicht
- 8 Anschlag

## V. Kurbelgehäuse-Entlüftung

### a. Aufgabe

Sie dient in der Hauptsache dazu:

- Um die schädlichen Dämpfe (Schwefel) aus dem Kurbelgehäuse abzuführen bevor sie darin kondensieren können, dabei das Öl chemisch verunreinigen und die Korrosion, speziell der Lagermetalle, verursachen.
- Den durch eintretende Verbrennungsgase eventuell entstehenden Druck im Kurbelgehäuse zu eliminieren
- Das Öl und die Motorinnenteile zu kühlen
- Bei positiver Entlüftung der Luftverpestung entgegenzuwirken, indem die ins Kurbelgehäuse dringenden unverbrannten und verbrannten Kohlenwasserstoffe der Verbrennung zugeführt werden.

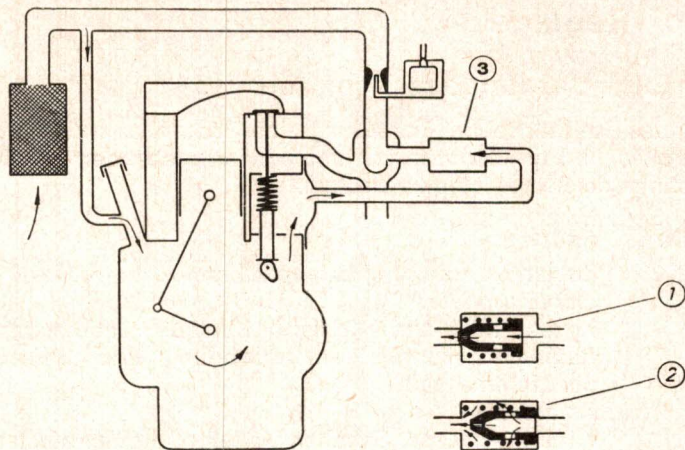
### b. Bauarten

- *Offene Entlüftung*, wie dies bei den älteren Motoren üblich ist, wo der *Lufttritt* via Luftfilter oder Öleinfüllstutzen und der *Austritt* unter dem Motor ins Freie führt. Der Luftdurchsatz ist abhängig vom entstehenden Unterdruck am Ende des Luftaustrittsrohres.
- *Hermetisch abgeschlossene oder positive Entlüftung* (positive crankcase-ventilation)

Hier werden die schädlichen Dämpfe aus dem Kurbelgehäuse dem Ansaugrohr zwangsläufig zugeführt.

Mit dieser Entlüftung wird ein Motor tauchfähig. Allerdings nur unter der Voraussetzung, dass sämtliche Aggregate (Vergaser, Zündanlage usw.) wasserdicht sind und ein hohes Luftansaugrohr vorhanden ist.

Ein Teil der Ansaugluft strömt nach dem Luftfilter direkt in das Kurbelgehäuse und nimmt beim Austritt bei der Ventilkammer eventuell vorhandene Dämpfe und Verbrennungsgase mit. Diese gelangen über ein durch den Unterdruck gesteuertes Regulierventil in die Ansaugleitung. Der Zustand und das gute Funktionieren des Ventils ist von grosser Wichtigkeit für den Lauf und die Lebensdauer des Motors. Bei Kontrollen am Motor ist dieses immer zu zerlegen und zu reinigen.



Figur 32 Positive Kurbelgehäuse-Entlüftung

- 1 Ventilstellung bei Motorleerlauf (grosser Unterdruck)
- 2 Ventilstellung bei Vollgas (kleiner Unterdruck)
- 3 Ventilgehäuse

## VI. Motor-Reglage

### 1. Reihenfolge der Reglage-Arbeiten

Um ein gutes Resultat bei der Einstellung eines Motors zu erzielen, haben die Kontrollen und die damit in Zusammenhang stehenden Arbeiten in einer bestimmten Reihenfolge zu erfolgen.

#### Kontrolle 1 *Batterie:*

Zustand, Ladung, Kabelanschlüsse

#### *Lichtmaschine:*

Lager, Kollektor, Kohlen, Bürsten, Ladestromstärke, Reglereinstellung, Riemenspannung und Befestigung der Lichtmaschine

#### *Anlasser:*

Kabelanschlüsse, Schalter, Kollektor, Kohlenbürsten und Ritzel (Einspuren)

#### Kontrolle 2 *Kompression:*

Zündkerzen entfernen, Vollgas geben und mit Druckprüfer messen. Wird der Motor mit dem Anlasser durchgedreht, muss er ca. 180 U/min machen. Die Abweichungen zwischen den einzelnen Zylindern sollen nicht mehr als 10 % betragen

#### Kontrolle 3 *Zylinderkopf:*

Anzug der Zylinderkopf-Schrauben mit Drehmoment-Schlüssel nachprüfen

#### *Ventilspiel:*

Je nach Vorschrift bei kaltem oder warmem Motor einstellen

#### *Ventilfedern:*

Auf richtige Montage kontrollieren

#### Kontrolle 4 *Zündanlage:*

Kontrolle des Zündschalters, der Zündkabel, der Unterbrecherkontakte und ihres Federdruckes, der Zündspule und des Kondensators. Zündkerzen insbesondere auf dem richtigen Typ für den betreffenden Motor kontrollieren.

#### Kontrolle 5 *Zündzeitpunkt:*

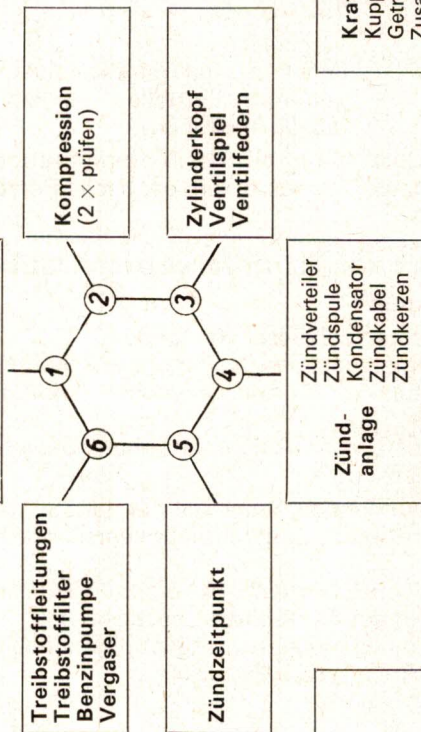
Einstellen nach vorhandenem Zeichen am Schwungrad, Schwingungsdämpfer usw. Feineinstellung mit der Stroboskoplampe und Kontrolle, ob automatische Zündverstellung funktioniert. Oktanselektor in der Nullstellung der Skala fixieren.

## Motor-Reglage

**Bremsen**  
 Bremsenstellung  
 Handbremse  
 Fußbremse  
 Hydraulikanlage  
 Pneumatikanlage  
 Luftfilter  
 Membran- od. Kolbenweg  
 der Radbremszylinder bei  
 reinen Druckluftbremsen  
 Auspuffbremse

**Kühlsystem**  
 Reinigungszustand  
 Ventilatorriemen  
 Kühlwasserschläuche  
 Kühlerjalousie  
**Schmieresystem**  
 Ölzustand und Menge  
 Ölfilter  
 Öldruck

**Batterie**  
 Lichtmaschine  
 Anlasser



**Chassis**  
 Federung  
 Stossdämpfer  
 Stabilisatoren  
 Lenkung  
 Räder  
 Radfelgen  
 Bereifung

**Zünd-anlage**  
 Zündverteiler  
 Zündspule  
 Kondensator  
 Zündkabel  
 Zündkerzen

**Zylinderkopf**  
 Ventilspiel  
 Ventilfedern

**Kompression**  
 (2 x prüfen)

**Kraftübertragung**  
 Kupplung  
 Getriebe  
 Zusatzgetriebe  
 Antriebsachsen  
 Differentialsperre  
 Seilwindenantrieb

Figur 33 Motor-Reglage

- Kontrolle 6** *Treibstoffleitung:*  
Reinigen, Anschlüsse und Verbindungsschläuche kontrollieren
- Treibstoff-Filter:*  
Reinigen, Dichtungen ersetzen, richtige Montage (Druckfeder)
- Benzinpumpe:*  
Druck und Unterdruck kontrollieren: Druck 0,15 bis 0,35 kg/cm<sup>2</sup> oder 2 bis 5 lb/sq.in., Unterdruck ca. 250 mm Hg.
- Vergaser:*  
Zerlegen und Kontrolle nach den verschiedenen Systemen getrennt. Einstellen gemäss Fabrikangaben (Einstelltabelle im Anhang)

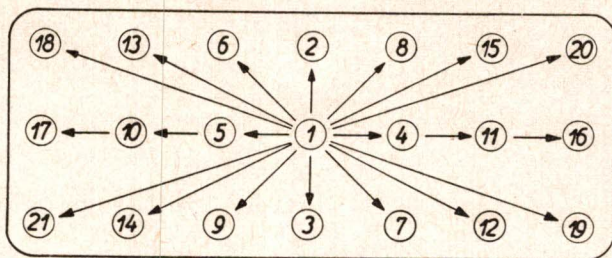
Bei einer Gesamtkontrolle des Motorfahrzeuges müssen auch die übrigen Aggregate, welche ausserhalb der sechs Punkte aufgeführt sind, kontrolliert werden.

## 2. Anziehen von Zylinderkopfschrauben

### Grundregeln:

- Drehmomentschlüssel verwenden
- Anzugsmomente nach Reparaturvorschrift (Werte gelten normalerweise für mit Motorenöl geölte Schrauben. Keine Spezialschmiermittel !)
- Schrauben zuerst leicht anziehen, dann in mehreren Durchgängen festziehen
- Nach dem Einbau neuer Dichtungen, Schrauben nach kurzer Betriebszeit nachziehen (je nach Fabrikvorschrift in kaltem oder warmem Zustand)
- Beim Nachziehen sind die Schrauben zuerst ein wenig zu lösen und erst dann auf den Sollwert anzuziehen
- Vorgeschiedene Anzugsreihenfolge einhalten. Wenn solche Angaben fehlen, Anzug nach Figur 34





Figur 34 Anzugsreihenfolge der Zylinderkopfschrauben

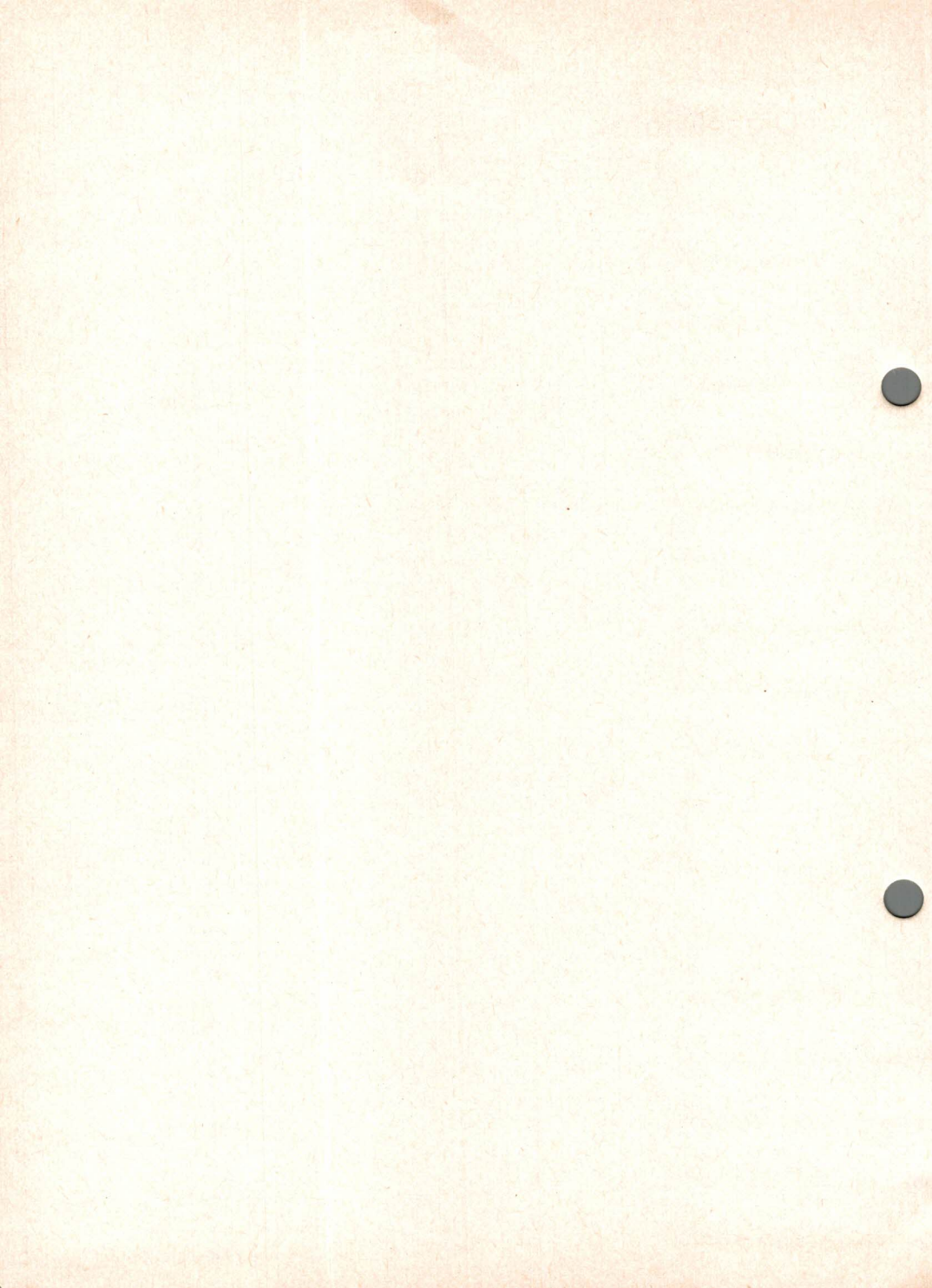
### 3. Schwungradzeichen

Sprache	Einlassventil		Auslassventil	
	öffnet	schließt	öffnet	schließt
Deutsch	Eö	Es	Aö	As
Französisch	AO	AF	EO	EF
Italienisch	A/AS	C/AS	A/S	C/S
Englisch	IO	IC	EO	EC

Sprache	Totpunkt		Zündzeitpunkt	
	oberer	unterer	Schwungrad	Schwungrad-dämpfer
Deutsch	OT, OTP	UT, UTP	Z, Kugel	Gradangabe ob vor (B) oder nach (A) OT, DC, TC
Französisch	PM, PMS, PMH	PMI, PMB	A, ALL	
Italienisch	PM, PMS	PMI, PMB	A, A/AC	
Englisch	TC, DC, UDC, UTC	BDC, LDC	IGN, Kugel	



# Dieselmotor



## Inhaltsverzeichnis

	Seite
<b>I. Motor</b> . . . . .	1
1. Allgemeines . . . . .	1
2. Charakteristik der Verbrennung . . . . .	2
3. Bauarten . . . . .	3
a. Verfahren mit direkter Einspritzung . . . . .	3
b. Wirbelkammerverfahren . . . . .	5
c. Luftspeicherverfahren . . . . .	7
d. Vorkammerverfahren . . . . .	8
<b>II. Treibstoffanlage mit Reiheneinspritzpumpe</b> . . . . .	9
1. Treibstoffweg . . . . .	9
2. Treibstoff-Förderpumpen . . . . .	12
a. Bosch-Förderpumpe . . . . .	12
b. Doppeltwirkende Bosch-Förderpumpe . . . . .	13
c. Saurer-Förderpumpe . . . . .	14
3. Filtrierung des Dieseltreibstoffes . . . . .	14
a. Allgemeines . . . . .	14
b. Zellenfilter . . . . .	17
<b>III. Reihen-Einspritzpumpe</b> . . . . .	18
1. Aufgabe . . . . .	18
2. Aufbau der Bosch-Einspritzpumpe . . . . .	18
3. Arbeitsweise der Bosch-Einspritzpumpe . . . . .	20
4. Arbeitsweise der Saurer-Einspritzpumpe . . . . .	22
5. Einstellung der Reihen-Einspritzpumpe . . . . .	24
6. Spritzmomentversteller Bosch . . . . .	27
7. Drehzahlregler . . . . .	28
a. Fliehkraftregler . . . . .	28
b. Unterdruckregler . . . . .	30
<b>IV. Treibstoffanlage mit Verteiler-Einspritzpumpe</b> . . . . .	33
<b>V. Verteiler-Einspritzpumpe</b> . . . . .	36
1. Allgemeines . . . . .	36
2. Aufbau und Arbeitsweise . . . . .	37
3. Einstellung der Verteiler-Einspritzpumpe . . . . .	41
4. Entlüftung der Treibstoffanlage . . . . .	42

<b>VI. Einspritzdüsen</b> . . . . .	45
1. Aufgabe . . . . .	45
2. Bauarten . . . . .	45
3. Wartung . . . . .	46
4. Saurer-Vierlochdüse . . . . .	48
5. Bosch-Vierlochdüse . . . . .	50
<b>VII. Kaltstarthilfen für Dieselmotore</b> . . . . .	52
1. Allgemeines . . . . .	52
2. Ausführungsarten . . . . .	52
a. Anlasstreibstoff-Einspritzung . . . . .	52
b. Überfüllvorrichtung . . . . .	52
3. Glühkerzen . . . . .	53
4. Heizflansch . . . . .	54
5. Luftherhitzer mit Einspritzdüse und Zündfunke im Ansaugrohr . . . . .	55
6. Anlassvergaser in Verbindung mit Druckluft-Anlasser . . . . .	55
7. Behelfsmässige Kaltstarthilfen . . . . .	55
<b>VIII. Druckluft-Anlasser Nova</b> . . . . .	56
1. Allgemeines . . . . .	56
2. Arbeitsweise . . . . .	56
3. Aggregate . . . . .	56
4. Einstellung und Kontrollen . . . . .	58
5. Wartung . . . . .	60

# Dieselmotor

## I. Motor

### 1. Allgemeines

Der Dieselmotor wurde ursprünglich als Gleichdruckmotor gebaut, im Gegensatz zum Ottomotor der nach dem Gleichraumverfahren arbeitet. Der Grundgedanke war, einen gleich hohen Verbrennungsdruck während des ganzen Arbeitstaktes zu erhalten.

Dies wird heute nur noch teilweise durch die langsam laufenden Dieselmotoren erreicht. Schnellaufende Dieselmotoren (Drehzahl über 1500 U/min) arbeiten, je schneller sie laufen, um so mehr nach den Charakteristiken des Ottomotors.

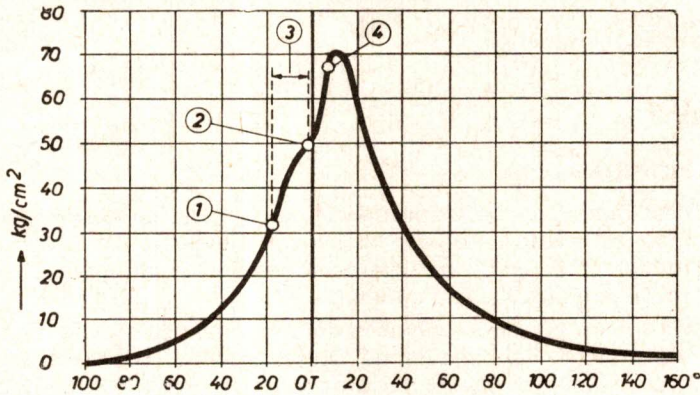
An Stelle eines Treibstoff-Luftgemisches wird beim Dieselmotor reine Luft angesaugt.

Der Treibstoff wird in die verdichtete und daher erhitzte Verbrennungsluft eingespritzt, wo er sich selbst entzündet. Infolge höherer Verdichtung ergibt sich ein geringerer spezifischer Treibstoffverbrauch und ein gleichmässigeres Drehmoment im gesamten Drehzahlbereich. Dieselmotoren arbeiten als 2- oder 4-Takt-Motoren nach verschiedenen Verbrennungsverfahren. Sie sind wasser- oder luftgekühlt.

#### Durchschnittliche Daten :

Verdichtungsverhältnis	14 : 1 bis 22 : 1
Verdichtungsdruck	25–50 kg/cm <sup>2</sup>
Verbrennungshöchstdruck	60–100 kg/cm <sup>2</sup>
Verdichtungstemperatur	700–900 °C
Nutz-Wirkungsgrad	ca. 32 %
Treibstoff-Luftverhältnis in Gewichtsteilen	1 : 20 bis 1 : 32
Verbrennungshöchsttemperatur	2000–2500 °C
Abgastemperatur bei Vollast	500–600 °C

## 2. Charakteristik der Verbrennung



Figur 1

Druckverlauf während der Verbrennungsphase in einem Dieselmotor mit direkter Einspritzung (Kompressionsverhältnis 16 : 1,  $n = 1800$  U/min)

- |                   |                 |
|-------------------|-----------------|
| 1 Einspritzbeginn | 3 Zündverzug    |
| 2 Zündpunkt       | 4 Einspritzende |

Der Motor saugt reine Luft an. Durch die hohe Verdichtung wird die Luft stark erhitzt. Vor der oberen Totpunktlage (bis maximal  $30^\circ$  vor OTP) wird der Treibstoff in die hochgespannte erhitzte Luft eingespritzt, wo er entflammt und verbrennt. Die bei der Verbrennung frei werdende Energie verwandelt sich in eine Drucksteigerung und wirkt über Kolben und Pleuelstange auf die Kurbelwelle. Da die Verbrennungszeit bei einer Motordrehzahl von  $1800$  U/min etwa  $1/250$  Sekunde beträgt, muss der Treibstoff mit der erforderlichen Luftmenge innig vermischt sein, um eine vollkommene Verbrennung zu erreichen.

Obwohl im betriebswarmen Motor bei Einspritzbeginn schon Verdichtungstemperaturen von über  $500^\circ\text{C}$  vorhanden sind, verstreicht bis zur Entflammung des Treibstoffes eine gewisse Zeit. Diese Zeitspanne zwischen Einspritzung und Entflammung des Treibstoffes wird als *Zündverzug* bezeichnet. Er wird einerseits durch die Zündwilligkeit des Treibstoffes (Cetanzahl), andererseits durch die Eigenschaften des Motors (Druck, Temperatur usw.) bestimmt.

In diesem Zusammenhang sind möglichst feine Zerstäubung und gute Vermischung des Treibstoffes mit Luft (Wirbelung) äusserst wichtig.

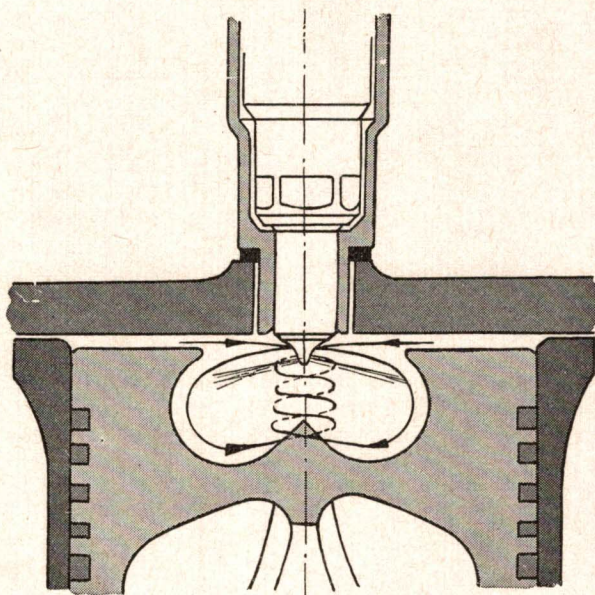
Die Erfüllung dieser Forderung nach optimaler Gemischaufbereitung wird mit verschiedenen Dieselmotor-Bauarten angestrebt.



### 3. Bauarten

Man kennt verschiedene Ausführungsformen des Dieselmotors; sie unterscheiden sich hauptsächlich in der Formgestaltung des Verbrennungsraumes. Dieselmotoren mit direkter Einspritzung haben einen besseren Wirkungsgrad, demzufolge gute Verbrennung und geringeren Treibstoffverbrauch; sie sind aber treibstoffempfindlicher. Die anderen Bauarten sind treibstoffunempfindlicher, haben aber eine geringere Leistung.

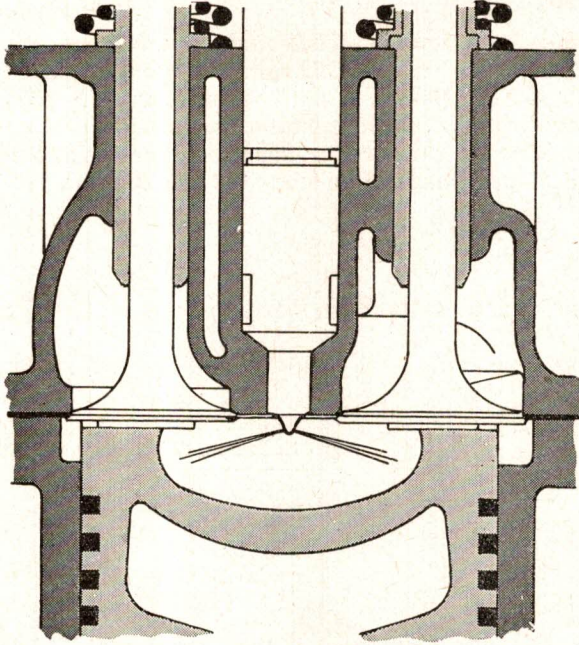
#### a. Verfahren mit direkter Einspritzung



Figur 2 **Saurer-Motor**

Kombination zweier Luftwirbel, einem waagrechten während der Abwärtsbewegung des Kolbens (1. Takt), aufgezungen durch die Abschirmung des Einlassventils und einem senkrechten bei der Aufwärtsbewegung (2. Takt), aufgezungen durch die Kolbenform. Die 4-Loch-Einspritzdüse ist im Zentrum des Zylinders angebracht, wodurch eine einwandfreie Treibstoffverteilung erzielt wird.

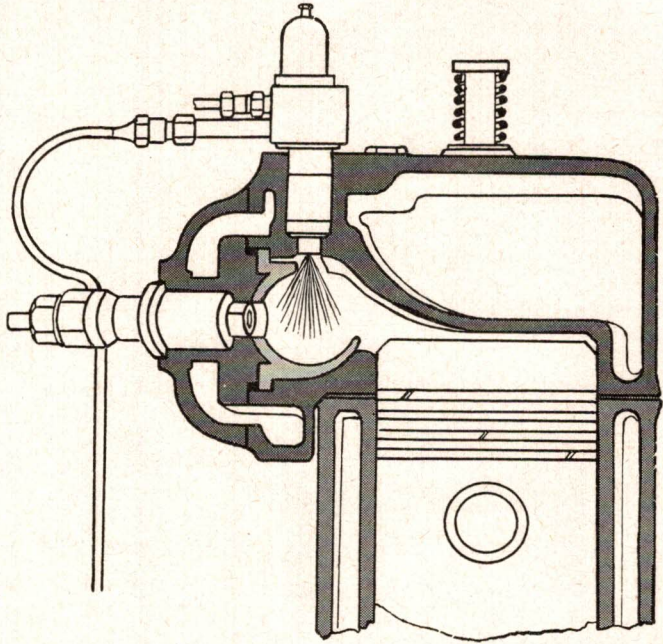
B



Figur 3 **FBW-Motor**

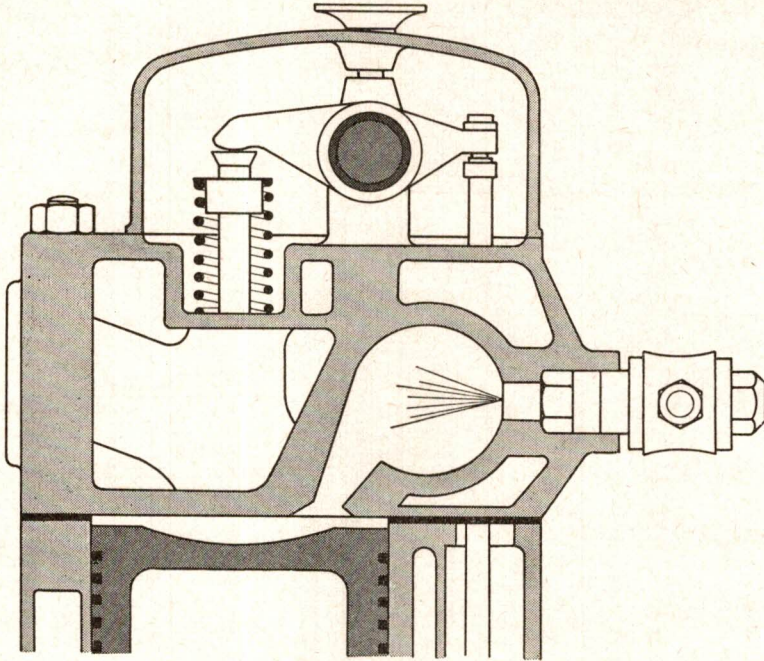
Verbrennungsraum im Kolben, Einlassventil abgeschirmt. 4-Loch-Einspritzdüse im Zentrum des Zylinders.

## b. Wirbelkammerverfahren



Figur 4 **Wirbelkammerverfahren**

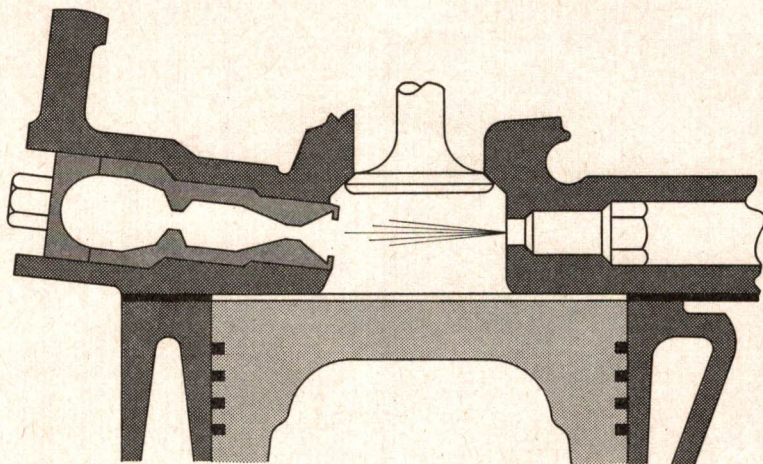
Die Treibstoffeinspritzung erfolgt senkrecht auf eine Glühchale, welche in den seitlich angebrachten, kugeligen Verbrennungsraum eingelegt ist. Durch das tangentielle Ein- und Austreten der Luft entsteht ein heftiger Wirbel, welcher eine einwandfreie Verbrennung begünstigt. Im Verbrennungsraum ist eine Glühspirale angebracht, um den Startvorgang zu erleichtern.



Figur 5 **Wälzkammerverfahren**

Die Wälzkammer ist ein dem Hauptverbrennungsraum vorgelagerter ovaler Raum. Sie ist durch einen düsenartigen Hals mit dem Hauptverbrennungsraum verbunden. Die Luft tritt tangential in die Wälzkammer ein und wird dadurch in eine kreisförmige Bewegung versetzt. Der Treibstoff wird horizontal eingespritzt und es entsteht eine innige Vermischung mit der Luft. Die in der Wälzkammer beginnende Verbrennung jagt die noch unverbrannten Treibstoffteilchen in den Hauptverbrennungsraum, wo sie unter starker Durchwirbelung restlos verbrennen.

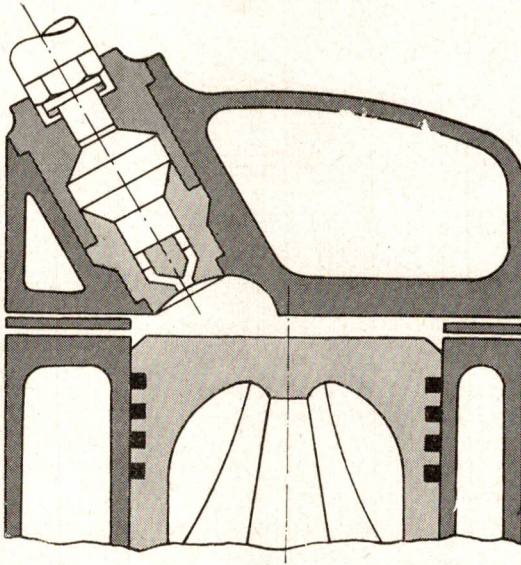
## c. Luftspeicherverfahren



Figur 6 Luftspeicherverfahren

Gegenüber der Einspritzdüse befindet sich ein Nebenraum, der Luftspeicher. Während des Einspritzvorganges geraten einzelne Treibstoffteilchen in den Speicher und verbrennen dort. Der dadurch entstehende Druck erzeugt eine kräftige Strömung aus dem Luftspeicher in den Hauptverbrennungsraum zurück, was die erwünschte Wirbelung ergibt.

## d. Vorkammerverfahren



Figur 7 Vorkammerverfahren

Der Treibstoff wird nicht direkt in den Hauptverbrennungsraum, sondern mit 90–125 kg/cm<sup>2</sup> in die sogenannte Vorkammer gespritzt. Im Moment des Einspritzens findet hier eine Teilverbrennung und damit eine Drucksteigerung statt, die ein Abblasen des Kammerinhaltes in den Zylinder bewirkt. Hierbei wird noch unverbrannter Treibstoff in den Zylinder geschleudert, und mischt sich, unter intensiver Wirbelbildung mit dem Luftinhalt des Zylinders zur praktisch vollkommenen Verbrennung.

## II. Treibstoffanlage mit der Reihen-Einspritzpumpe

### 1. Der Treibstoffweg

(Vgl. Figur 8)

Der Treibstoff wird mit der Förderpumpe (6) vom Behälter (3) angesaugt und unter einem Druck von etwa 1 bis 1,5 atü durch den Feinfilter (11) in die Einspritzpumpe gefördert. Zur teilweisen, automatischen Entlüftung der Anlage ist der Feinfilter an der höchsten Stelle montiert und an seinem oberen Ende mit einem Überströmventil ausgerüstet. Mit dem auch zur Kühlung überströmenden Dieseltreibstoff fließen auch die Luft- und Dampfblasen in den Behälter zurück und über die Entlüftungsleitung (18) ins Freie.

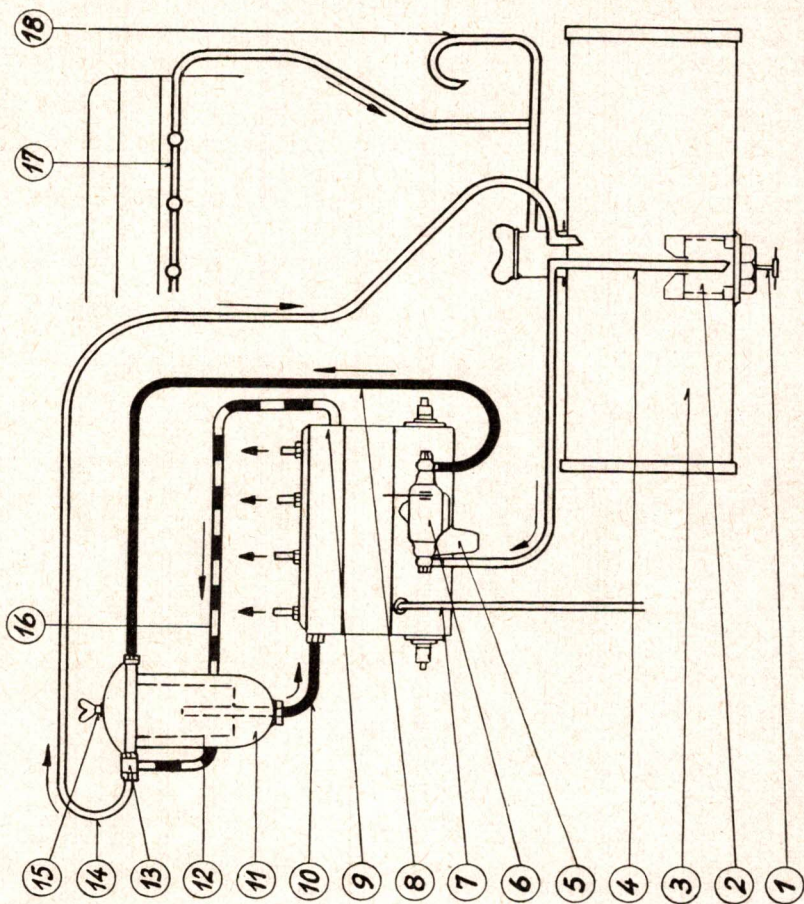
Die meisten Einspritzpumpen besitzen zum gleichen Zweck eine solche Spülleitung (16), in deren Raccord beim Pumpenanschluss sich oft das notwendige zweite Überströmventil befindet. (Achtung beim Anschliessen!)

Infolge des Unterdruckes in der Saugleitung vom Behälter bis zur Förderpumpe ist diese Partie am pannen anfälligsten. Bei den Anschlüssen ist den Kupferdichtungen, sowie der Schauglasdichtung, besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Wird im Treibstoffbehälter eines Saurer-Fahrzeuges eine übermäßige Wassermenge festgestellt, so muss die Flüssigkeit, die in der Leckölleitung zurückfließt, untersucht werden. Die Ursache könnte in einer Undichtheit im Zylinderkopf (Riss, undichter Düseninsatz) oder auch im verbotenen Abspritzen der Motoren mit hohem Wasserdruck liegen (vgl. Figur 31, Seite 48).

**Legende zu Figur 8**

- 1 Entleerungsschraube
- 2 Grobfilter
- 3 Behälter
- 4 Ansaugleitung
- 5 Vorfilter
- 6 Treibstoff-Förderpumpe
- 7 Gehäuseentlüftung mit Überlaufrohr
- 8 Druckleitung
- 9 Entlüftungsschrauben
- 10 Druckleitung
- 11 Feinfilter
- 12 Filtereinsatz
- 13 Überströmventil
- 14 Rücklaufleitung
- 15 Entlüftungsschraube
- 16 Drucklauf-Spüleleitung
- 17 Leckölleitung
- 18 Treibstoffbehälter-Entlüftung



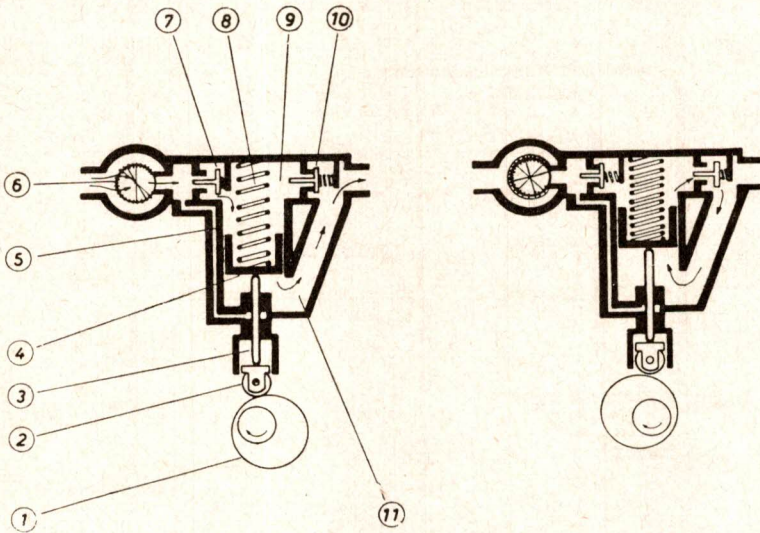


Figur 8 Treibstoffweg mit der Reihen-Einspritzpumpe

## 2. Treibstoff-Förderpumpen

### a. Bosch-Förderpumpe

Der Kolben (4) wird über den Exzenter (1) angehoben und durch die Feder (8) zurückgeschoben. Beim Zurückschieben saugt er über den Vorfilter (6) und das Saugventil (7) Treibstoff in den Saugraum (9) an. Beim Anheben des Kolbens (4) durch den Exzenter wird der Treibstoff über das Druckventil (10) in den Druckraum (11) gesaugt. Beim Zurückschieben des Kolbens (4) durch die Feder (8) wird der sich im Druckraum (11) befindliche Treibstoff über den Feinfilter nach der Einspritzpumpe gefördert. Wird mehr Treibstoff gefördert als die Einspritzpumpe aufnehmen kann und wird der Druck im Raum (11) grösser als der Federdruck (8), so bleibt der Kolben (4) stehen. Die Förderpumpe fördert erst wieder, wenn der Druck absinkt. Diese Regulierung dient gleichzeitig als Überlastungsschutz (Förderdruck etwa 4–5 atü).

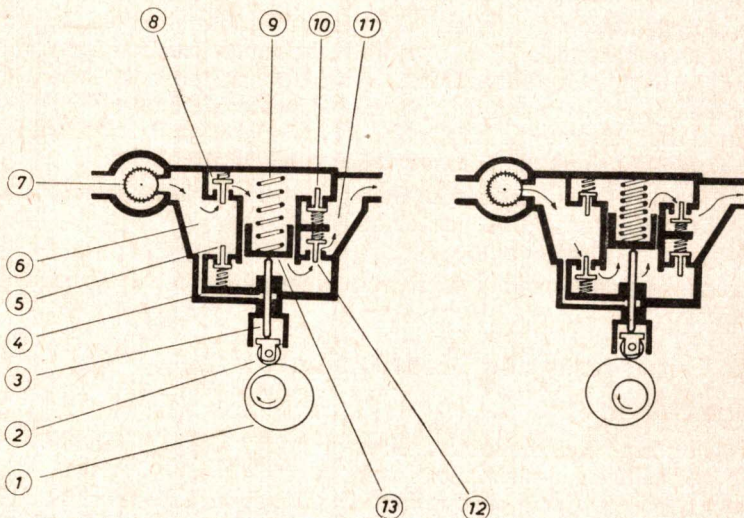


Figur 9 Bosch-Förderpumpe

- |                    |                            |
|--------------------|----------------------------|
| 1 Antriebsexzenter | 7 Saugventil               |
| 2 Rollenstößel     | 8 Kolbenfeder (kalibriert) |
| 3 Druckbolzen      | 9 Saugraum                 |
| 4 Kolben           | 10 Druckventil             |
| 5 Leckkanal        | 11 Druckraum               |
| 6 Vorfilter        |                            |

## b. Doppeltwirkende Bosch-Förderpumpe

Die Kolbenbetätigung ist gleich wie bei der einfach wirkenden Förderpumpe. Bei jedem Hub wird jedoch gleichzeitig angesaugt und gefördert. Bei einer Nockenwellenumdrehung fördert diese Treibstoffförderpumpe daher zweimal. Die Fördermenge und der Förderdruck werden ebenfalls durch die kalibrierte Feder (9) bestimmt, die den Kolbenweg, je nach dem vorhandenen Gegendruck, festlegt.



Figur 10 **Doppeltwirkende Bosch-Förderpumpe**

- |                    |                            |
|--------------------|----------------------------|
| 1 Antriebsexzenter | 8 Saugventil               |
| 2 Rollenstößel     | 9 Kolbenfeder (kalibriert) |
| 3 Druckbolzen      | 10 Druckventil             |
| 4 Leckkanal        | 11 Druckraum               |
| 5 Saugventil       | 12 Druckventil             |
| 6 Saugraum         | 13 Kolben                  |
| 7 Vorfilter        |                            |

### c. Saurer-Förderpumpe

Der Kolben (9) wird durch den Exzenternocken (8) betätigt. Beim Hineinstossen des Kolbens öffnet sich das Saugventil (6) und der Treibstoff strömt in den Druckraum. Durch die Feder (4) wird der Kolben zurückgedrückt. Dadurch wird einerseits Treibstoff durch das Druckventil (5) in den Feinfilter gedrückt, andererseits Treibstoff über den Vorfilter (11) angesaugt. Die Kolbenfeder ist so ausgeführt, dass der Kolben (9) bei einem Förderdruck von ca. 4 kg/cm<sup>2</sup> der Exzenterbewegung nicht mehr folgt und somit keine Förderung mehr stattfindet.

Die Handpumpe besteht aus dem feststehenden Kolben (3) und dem beweglichen Zylinder (1). Um die Handpumpe zu betätigen, muss der Griff (1) losgeschraubt werden. Beim Hochziehen des Griffes (1) wird der Treibstoff durch das Saugventil (6) weiter gefördert. Nach dem Gebrauch der Handpumpe ist der Griff (1) wieder festzuschrauben, wodurch die Kugel (2) den Druckraum luftdicht abschliesst.

Der Filter (11) muss nach jeder Reinigung absolut dicht sein, die Dichtung (10) ist, wenn notwendig, zu ersetzen.

Die aus Preßstoff bestehenden Saug- und Druckventile (5 und 6) und die dazugehörigen Invarstahlsitze sind einer periodischen Kontrolle zu unterziehen.

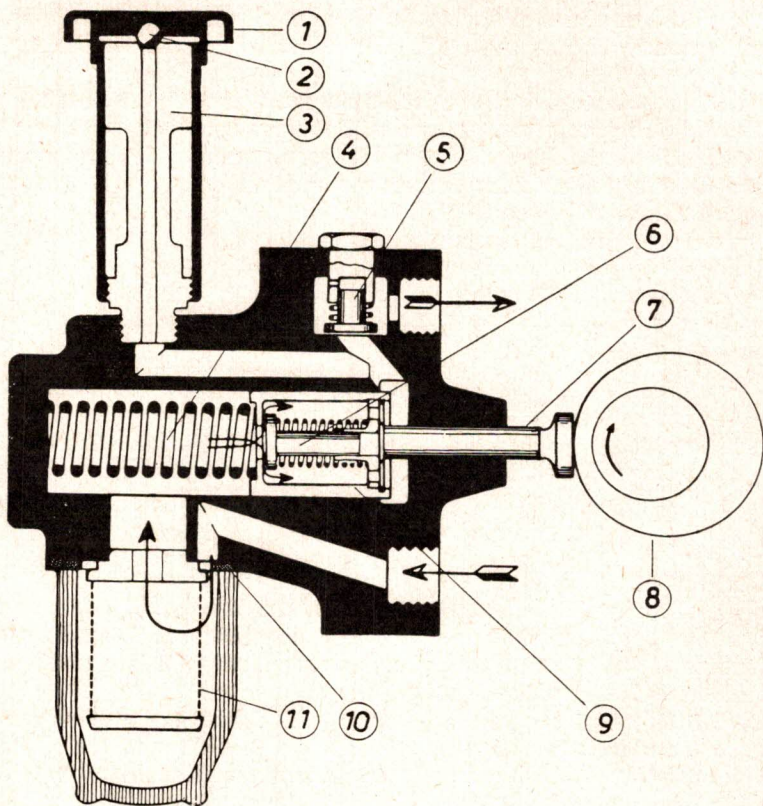
## 3. Die Filtrierung des Dieseltreibstoffes

### a. Allgemeines

Der Umgang mit einem robust gebauten und in jedem Sinne rauh arbeitenden Dieselmotor verleitet leicht zur Auffassung, dass diese Robustheit gleichbedeutend mit Unempfindlichkeit gegen Schmutz sei. (Ein psychologisch verständlicher, aber verhängnisvoller Trugschluss.) Schmutziges Benzin führt beim Benzinmotor zu verstopften Vergaserdüsen, also zu einer *direkten Störung*; der Motor erleidet dadurch *aber keinen Schaden*. Der Dieselmotor läuft dagegen mit schmutzigem Dieseltreibstoff weiter, wobei aber die fast unsichtbaren Schmutzteilchen in der Einspritzpumpe und an den Einspritzdüsen zu *indirekten Störungen* (grosser Verschleiss) und eventuell zu *grossen Motorschäden* führen.

Die Störungen, die durch unreinen Treibstoff hervorgerufen werden, erfolgen in nachstehender Reihenfolge:

- Unreiner Treibstoff
- Pumpenkolben- und Einspritzdüsen-Verschleiss
- verspätete Einspritzung und schlechte Zerstäubung
- unvollkommene Verbrennung
- Rauchentwicklung
- starker Russanfall im Motoreninnern
- Festsitzen der Kolbenringe (und Düsenadeln)
- Kolbenschäden und grosser Zylinderverschleiss



Figur 11 Saurer-Förderpumpe

- |                            |              |
|----------------------------|--------------|
| 1 Handpumpen-Zylinder      | 7 Stößel     |
| 2 Kugel                    | 8 Exzenter   |
| 3 Handpumpen-Kolben        | 9 Kolben     |
| 4 Kolbenfeder (kalibriert) | 10 Dichtung  |
| 5 Druckventil              | 11 Vorfilter |
| 6 Saugventil               |              |

Die Filtrierung des Dieseltreibstoffes ist somit in hohem Masse mitbestimmend für die Lebensdauer der Einspritzpumpe, der Düsen und des Motors!

Da Dieseltreibstoff schwerer ist als Benzin und dadurch die gefährlichen, kleinen Schmutzpartikel länger in Schwebelage gehalten werden (kleinere Sinkgeschwindigkeiten), ist die Filtrierung auch bedeutend schwieriger und führt allgemein zum Einbau mehrerer Filter in die Treibstoffanlage.

- Grobfilter im Treibstoff-Behälter
- Vorfilter in der Förderpumpe
- Feinfilter an der höchsten Stelle der Treibstoffanlage
- Stabfilter in oder vor der Einspritzdüse.

Beim Feinfilter, auch als Hauptfilter bezeichnet, werden grundsätzlich unterschieden:

- Tuchfilter
  - Filzplattenfilter
  - Zellenfilter
  - Kombinierte Filter, zwei verschiedene in Serie geschaltet.
- } Filterfläche je etwa 300 cm<sup>2</sup>  
 } Filterfläche etwa 2000 cm<sup>2</sup> (längere Standzeiten)

In der Armee wird fast ausschliesslich der Zellenfilter verwendet.

#### Unterhalt:

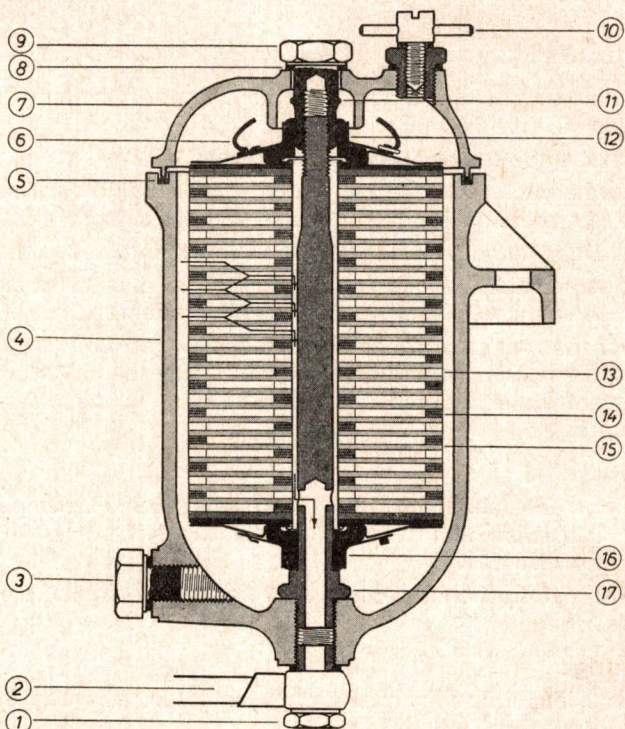
Der Filtereinsatz wird alle 10 000 km ersetzt (bei jedem zweiten Ölwechsel d. h. bei den km-Ständen 10 000, 20 000, 30 000 usw.), indem vorerst der Dieseltreibstoff im Filtergehäuse bei der Schlammablassschraube abgelassen wird. Vor dem Einbau des neuen Elementes ist das Gehäuse mit sauberem Dieseltreibstoff zu spülen.

Bei Lufttemperaturen von ca. –15 bis –20 °C können die Filter durch ausgedehntes Paraffin verstopft werden (weiss wie Staubzucker). In diesem Fall muss dem Dieseltreibstoff Petrol beigemischt werden, und zwar:

Bei Temperaturen von –16 bis –20 °C: 75 % Dieseltreibstoff /  
25 % Petrol

Bei Temperaturen von –21 bis –25 °C: 50 % Dieseltreibstoff /  
50 % Petrol

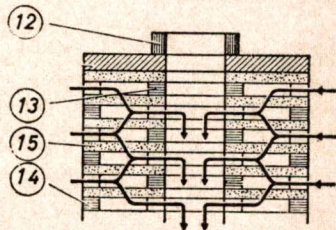
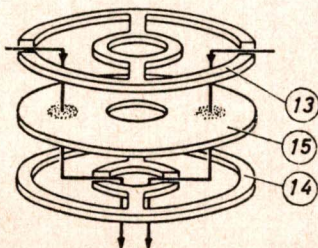
## b. Zellenfilter



Figur 12 Zellenfilter

- 1 Anschlusschraube
- 2 Zuleitung Einspritzpumpe
- 3 Schlammablass-Schraube
- 4 Filtergehäuse
- 5 Gummidichtung
- 6 Bügel
- 7 Gehäusedeckel
- 8 Metalldichtung
- 9 Filterschraube

- 10 Entlüftungsschraube
- 11 Sicherungsring
- 12 Gummidichtung
- 13 Zwischenscheibe (Treibstoffeintritt)
- 14 Zwischenscheibe (Treibstoffaustritt)
- 15 Filterpapierschleibe
- 16 Gummidichtung
- 17 Zentralrohr

Figur 13  
Aufbau  
einer  
Zelle

### III. Die Reihen-Einspritzpumpe

#### 1. Aufgabe

- Bestimmung der Einspritzmenge pro Zylinder (Leerlauf ca. 15–20 mm<sup>3</sup>, Vollast ca. 80–100 mm<sup>3</sup>)
- Allen Zylindern dieselbe Menge zuteilen
- Einspritzdruck erzeugen von ca. 80–250 atü und den Treibstoff gegen den Kompressionsdruck von ca. 30–50 atü einspritzen.
- Den Einspritzmoment der einzelnen Zylinder genau einhalten.
- Mit dem Drehzahlregler dem Motor die Leerlauf- und die maximal zulässige Drehzahl sichern (nicht aber beim Fahren im Gefälle!).
- Durch den automatischen Spritzversteller (seltener handbetätigt) den Einspritzmoment entsprechend der steigenden Motordrehzahl vorverstellen, um dadurch die Laufruhe und die Motorleistung zu verbessern.

#### Wichtig:

Sämtliche Einstellarbeiten im Innern der Einspritzpumpe können nur durch Spezialisten und nur auf einer Einspritzpumpen-Prüfbank vorgenommen werden.

Der Truppenmechaniker darf unter keinen Umständen eine Einspritzpumpe zerlegen!

#### Wartung:

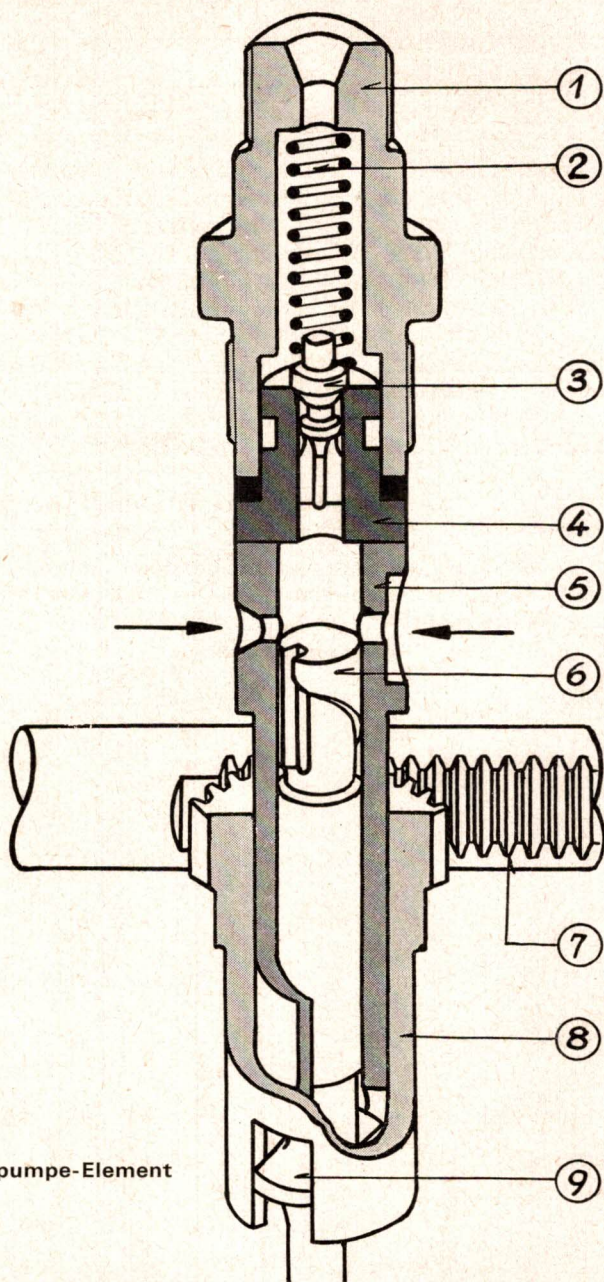
Ölniveau im Pumpen- und Reglergehäuse, Befestigung und auf Dichtigkeit kontrollieren.

#### 2. Aufbau der Bosch-Einspritzpumpe

##### Legende zu Figur 14

- |                         |   |
|-------------------------|---|
| 1 Druckventil-Halter    | 7 Regelstange durch Beschleunigungspedal (oder Regler) betätigt |
| 2 Ventilsfeder          | 8 Regelhülse  |
| 3 Druckventil           | 9 Kolben-Mitnehmer  |
| 4 Ventilträger mit Sitz |   |
| 5 Pumpenzylinder        |   |
| 6 Pumpenkolben          |   |





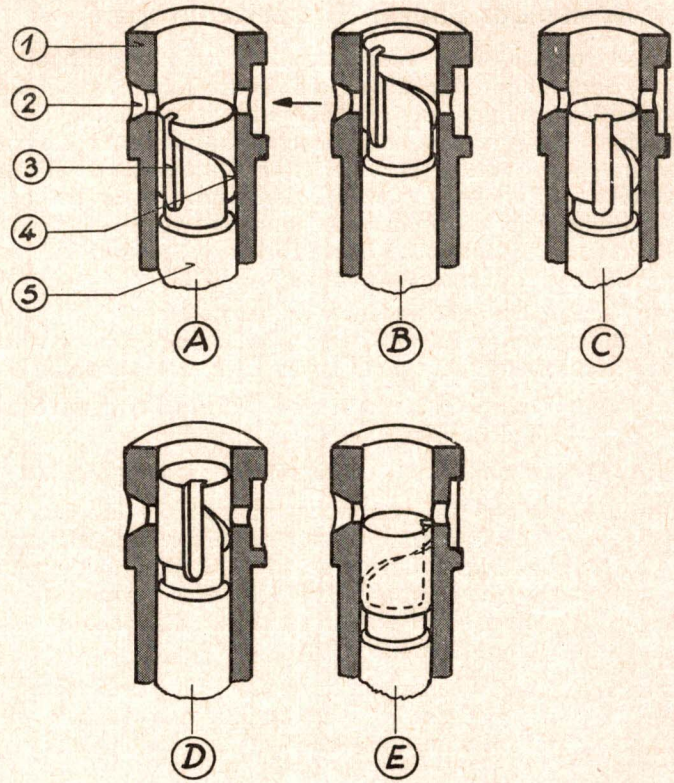
Figur 14

Einspritzpumpe-Element

### 3. Arbeitsweise der Bosch-Einspritzpumpe

In der untersten Kolbenstellung (Element A) sind die beiden seitlichen Eintrittsöffnungen (2) frei. Der Treibstoff fließt unter leichtem Druck (etwa 1 bis 1,5 kg/cm<sup>2</sup>) in den Zylinderraum über dem Kolben. Beim Aufwärtsgang des Kolbens wird zunächst eine geringe Menge Treibstoff durch die Eintrittsöffnung zurückgedrängt, bis diese abgeschlossen sind (Schaumbildung). Der nun unter Druck gesetzte Treibstoff wird durch das Druckventil und durch die Leitung zu der Einspritzdüse gefördert (Förderbeginn nach Überdeckung der Bohrungen). Die Förderung hört auf, sobald die sich am Kolben befindliche Steuerkante (4) die rechte Einflussöffnung erreicht. In diesem Augenblick steht der Druckraum oberhalb des Kolbens durch die senkrechte Nute mit der Eintrittsöffnung in Verbindung (Element B); der Druck im Zylinder fällt ab. Der in der Druckleitung bestehende höhere Druck und die Druckventilfeder drücken das Druckventil auf seinen Sitz zurück. Die Leitung ist abgeschlossen und die Einspritzung beendet. Die Fördermenge wird durch das Drehen des Pumpenkolbens verändert, der durch einen Mitnehmer über die Regelhülse verbunden ist.

Die Einspritzelemente C und D stellen die Verkleinerung der Fördermenge durch Rechtsdrehung des Kolbens dar. Die Nullförderung wird durch ein weiteres Verdrehen, bis die senkrechte Nute unmittelbar auf die Eintrittsöffnung zu liegen kommt, erreicht (Element E).



Figur 15 Stellungen des Einspritzpumpenkolbens, Bosch

- 1 Pumpenzylinder
- 2 Eintrittsbohrungen
- 3 Abstellnute
- 4 Steuerkante
- 5 Pumpenkolben

- A Kolben auf UT, in Vollast-Stellung
- B Kolben bei Einspritzende, Vollast-Stellung
- C Kolben auf UT in Teillaststellung
- D Kolbenstellung während der Einspritzung, Teillaststellung
- E Kolben auf UT bei Null-Förderung (abgestellter Motor)

#### 4. Arbeitsweise der Saurer-Einspritzpumpe

Bei dieser Pumpe wurde eine gute Durchspülung und eine dadurch bewirkte Selbstentlüftung durch die Konstruktion gewährleistet. Der Treibstoffzufluss erfolgt durch die hintere Längsbohrung (H), während der von den Pumpenelementen überschüssig geförderte Treibstoff durch die vordere Längsbohrung (V) über ein in der Pumpe eingebautes Überströmventil zum Behälter zurückbefördert wird. Der Eintritt ins Pumpenelement erfolgt über die höher gelegene Eintrittsöffnung (Stellung A), der Austritt durch die spezielle Austrittsöffnung (Stellung C). Die Schaumbildung wird dadurch stark reduziert.

In Figur 16 sind die verschiedenen Kolbenstellungen bei Vollast eingezeichnet. Die untere Kurve stellt den in die Länge gezogenen Nocken und die obere Kurve den Druckverlauf in der Einspritzleitung dar.

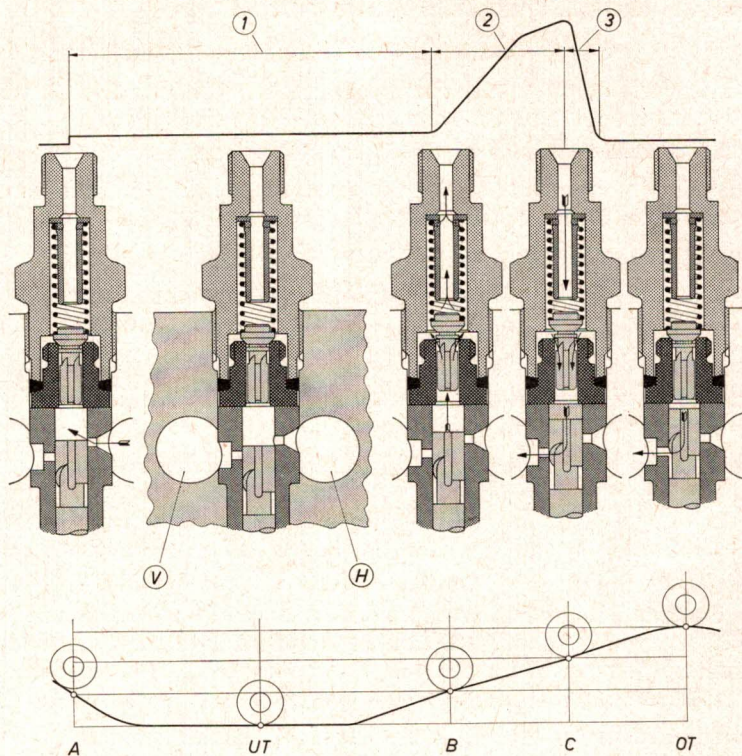
**Stellung A** Kolben sinkt, öffnet die Eintrittsöffnung und das Pumpenelement füllt sich.

**Stellung UT** Kolben im UT, Eintrittsöffnung ganz geöffnet.

**Stellung B** Kolben steigt und hat soeben die Eintrittsöffnung geschlossen. Durch weiteres Steigen beginnt das Einspritzen des Dieseltreibstoffes. Diese Stellung bedeutet *Einspritzbeginn* (Förderbeginn). Ist dies beim ersten Pumpenzylinder der Fall, dann stimmen die Marken aussen an der Pumpe überein.

**Stellung C** Die Steuerkante hat soeben die Austrittsöffnung geöffnet, und der hohe Druck über dem Kolben entweicht in die vordere Längsbohrung (V). Diese Stellung bedeutet *Einspritzende* (Förderende).

**Stellung OT** Durch das Weitersteigen bis zum OT hat der Kolben den überschüssigen Dieseltreibstoff ausgestossen.



Figur 16 Arbeitsweise der Saurer-Einspritzpumpe

- 1 Füllperiode
- 2 Förderstoss
- 3 Entlastung der Druckleitung
- V Vordere Längsbohrung
- H Hintere Längsbohrung

## 5. Einstellung der Reihen-Einspritzpumpe

- Zündfolge des Motors feststellen (bei richtiger Drehrichtung)
- Einspritzreihenfolge der Pumpe feststellen (gleiche Drehrichtung wie der Pumpenantrieb des Motors)
- Ölniveau im Pumpen- und Reglergehäuse kontrollieren
- Erstes Pumpenelement der Einspritzpumpe auf Förderbeginn stellen (das dem Antrieb am nächsten liegende)

Hierzu sind folgende *Strichmarken* angebracht:

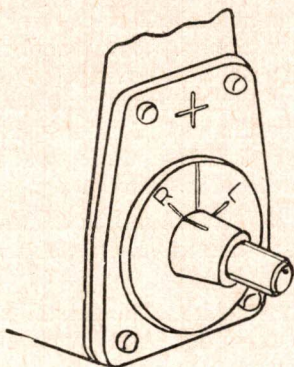
- auf dem Antriebswellenstumpf der Einspritzpumpe (Figur 17)
- auf der nicht verstellbaren Kupplungshälfte auf der Pumpenwelle (Figur 18)
- auf dem Umfang des Kupplungsflansches des automatischen Spritzverstellers (Figur 19)

Werden diese, nicht näher bezeichneten Strichmarken – je nach Drehrichtung – mit der R- oder L-Strichmarke am Lagerdeckel (Figur 17) zur Deckung gebracht, so steht der erste Pumpenkolben auf Förderbeginn. Fehlen solche Marken, so kann der Förderbeginn folgendermassen festgestellt werden:

- Pumpenzulaufleitung anschrauben und andere Öffnungen der Längsbohrungen verschliessen, Pumpe mit Dieseltreibstoff auffüllen, Vollfüllung geben und Pumpe von Hand drehen bis Treibstoff an den Anschlüssen der Einspritzleitungen austritt.
- Kolben im ersten Element auf UT stellen, Vollfüllung geben, Pumpe von Hand langsam (in der Antriebsdrehrichtung) drehen und das Niveau im ersten Einspritzleitungsanschluss kontrollieren. In dem Moment, da das Niveau zu steigen beginnt, steht der Kolben auf Förderbeginn.

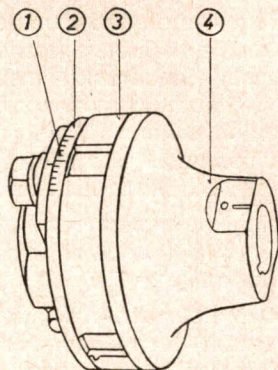
### Einspritzpumpe auf Motor montieren:

- Motor auf Einspritzmoment des ersten Zylinders stellen (dabei unbedingt Ventilstellung beachten). Siehe Einstellmarken auf Schwungrad, Keilriemenpoulie usw. Konsultiere Betriebsvorschriften oder die Einstelltabelle für Dieselmotoren (Anhang II/2). Sind keine Marken vorhanden, so ist der erste Zylinder auf OT (Arbeitstakt) zu stellen und der Motor mit Drehvorrichtung usw. auf die vorgeschriebenen Grade zurückzudrehen. Diese lassen sich mit der Stellung des Drehrohres ungefähr abschätzen. (Motor immer *vorwärts* auf den gewünschten Punkt drehen, damit das Spiel in der Motorsteuerung aufgehoben ist.) Sind überhaupt keine Daten erhältlich, so wird der Einspritzmoment auf ca. 25° vor OT eingestellt. Anschliessend Feineinstellung auf beste Leistung bei laufendem Motor vornehmen.



Figur 17

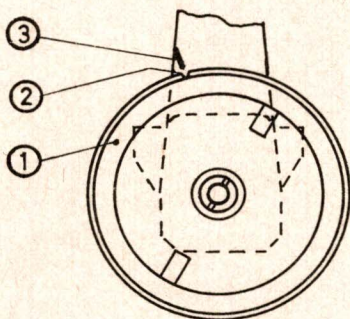
**Strichmarken für Rechts- und Linksdrehrichtung**



Figur 18

**Kupplung für Pumpen ohne Spritzversteller**

- 1 Teilungsstriche für Feineinstellung (1 Strich =  $3^\circ$  auf Pumpenwelle)
- 2 Kupplungshälfte auf Motorseite, verstellbar
- 3 Mitnehmerscheibe (Kunststoff)
- 4 Kupplungshälfte auf Pumpenwelle



Figur 19

**Pumpe mit automatischem Spritzversteller**

- 1 Spritzversteller
- 2 Strichmarken
- 3 Pumpengehäuse

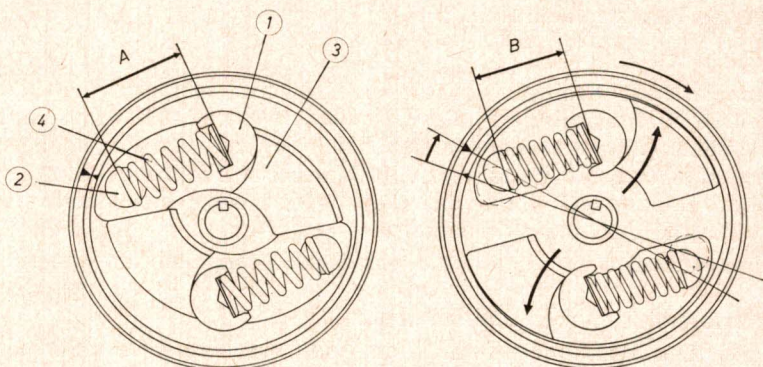
## B

- Wenn Motor und Pumpe auf Einspritzmoment gestellt sind, mit der Pumpe einfahren, zusammenkuppeln und festziehen. Abstellkabel der Auspuff-Staudruckbremse richtig einstellen: Bei voll betätigter Auspuff-Staudruckbremse muss die Pumpe auf Nullförderung gebracht werden können (Motor abstellen), bei ausgeschalteter Auspuff-Staudruckbremse und Vollfüllungsstellung des Beschleunigungspedals muss Vollfüllung bis zum Anschlag gegeben werden können.
- Anlage komplett entlüften, Einspritzleitungen wenn möglich durch Drehen des Motors von Hand und bei Vollfüllung füllen (Batterie schonen!).
- Motor anlassen, Anschlüsse auf Dichtheit kontrollieren. Feineinstellung eventuell nach Gehör oder Leistung einstellen (in der Regel nur, wenn keine Marken vorhanden sind!).
- Anlage gut trocken reiben und bei laufendem Motor nochmals auf Dichtheit kontrollieren.



## 6. Spritzmomentversteller Bosch

### Aufbau und Arbeitsweise



Figur 20 **Spritzmomentversteller, Ansicht von der Antriebsseite**

A Ausgangsstellung

B Endstellung, maximale Frühverstellung

- 1 Mitnehmerbolzen, auf Antriebsflansch fest
- 2 Fliehgewichtsbolzen, auf Pumpenflansch fest
- 3 Fliehgewichte mit genau festgelegter Verstellkurve
- 4 Schraubenfeder

Bei zunehmender Drehzahl gleitet das Fliehgewicht am Mitnehmerbolzen nach aussen und zieht dabei den Fliehgewichtsbolzen und damit auch den Pumpenflansch nach rechts, wodurch die Pumpen-Nockenwelle in Antriebsrichtung, also in Richtung früh verstellt wird.

Der Verstellbereich beträgt auf der Pumpenwelle 6-10 Winkelgrade, was auf der Kurbelwelle eine Verstellung von 12-20 Graden entspricht.

## 7. Drehzahlregler

### a. Fliehkraftregler

Der mechanische Fliehkraft-Drehzahlregler sichert die Leerlaufdrehzahl und begrenzt die Höchstdrehzahl des Dieselmotors. Zwischen Leerlauf und Höchstdrehzahl arbeitet der Regler nicht; hier wird die Einspritzmenge durch den Fahrer beeinflusst.

#### – Arbeitsweise

Bei zunehmender Drehzahl lässt die Fliehkraft die Fliehgewichte (8), entgegen der Kraft der Federn (12) und (13), nach aussen wandern. Die Winkelhebel (6) ziehen den Verstellbolzen (5) mit dem Regelhebel (4) nach rechts und die Regelstange (10) wird in Richtung «Stop» verschoben. Dadurch vermindert sich die Einspritzmenge, die Motorleistung, und die Motordrehzahl wird begrenzt.

Bei sinkender Drehzahl laufen die Vorgänge in umgekehrter Reihenfolge ab.

Die Motordrehzahl nimmt momentan zu.

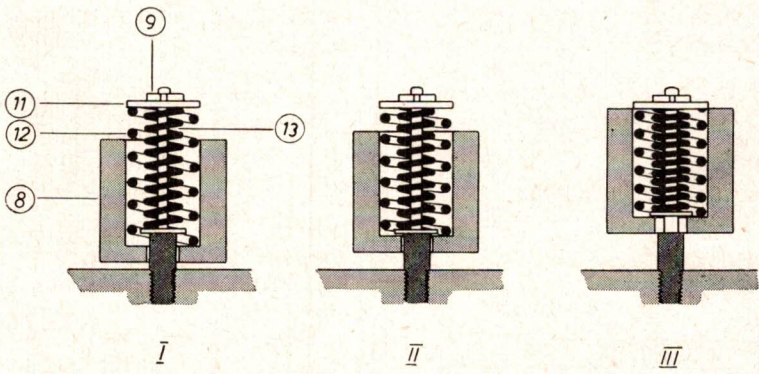
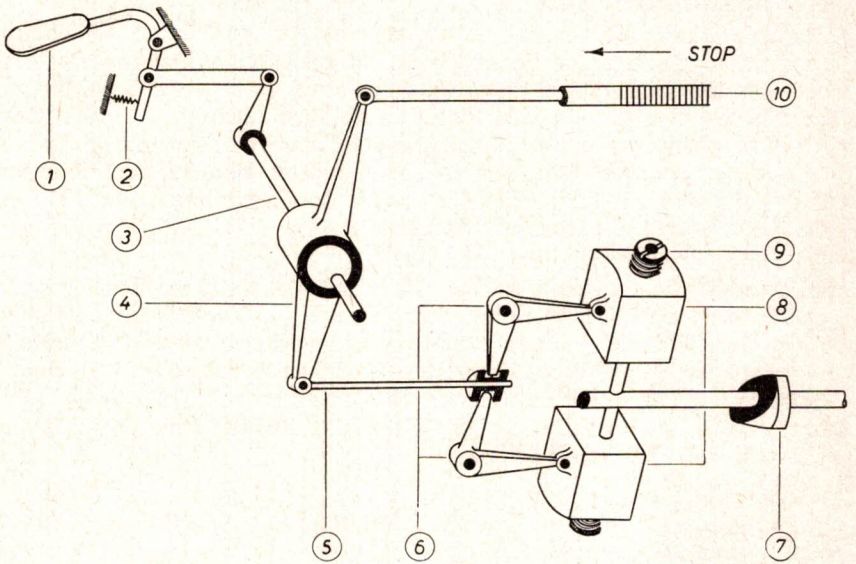
Mit dem Beschleunigungspedal kann man, unabhängig vom Fliehkraftregler, die Regelstange betätigen. Der Regelhebel (4) wird durch die Exzenterwelle (3) bewegt. Dabei bleibt der untere Drehpunkt vom Regelhebel beim Verstellbolzen (5) unbeweglich. Der Drehpunkt des Regelhebels (4) befindet sich demzufolge nur beim Arbeiten des Fliehkraftreglers, d.h. während der Leerlauf- oder Enddrehzahlregelung auf der Exzenterwelle.

Für die Regelung der Leerlaufdrehzahl ist die Leerlauffeder (12) massgebend. (Vgl. Figur 21 Abbildung I und II.) Für die Enddrehzahlregelung wirken Enddrehzahlfeder (13) und Leerlauffeder (12) gemeinsam. (Vgl. Figur 21 Abbildungen II und III.)

#### Legende zu Figur 21

- I Ruhestellung
- II Leerlaufendstellung
- III Höchstdrehzahl

- |                                  |                     |
|----------------------------------|---------------------|
| 1 Beschleunigungspedal           | 8 Fliehgewichte     |
| 2 Rückzugfeder                   | 9 Verstellmutter    |
| 3 Exzenterwelle                  | 10 Regelstange      |
| 4 Regelhebel                     | 11 Federteller      |
| 5 Verstellbolzen                 | 12 Leerlauffeder    |
| 6 Winkelhebel                    | 13 Enddrehzahlfeder |
| 7 Nockenwelle der Einspritzpumpe |                     |



Figur 21 Fliehkraftregler

## b. Unterdruckregler

Der Unterdruckregler wird meistens bei kleinen, schnellaufenden Motoren verwendet. Er arbeitet bei jeder Stellung der Drosselklappe (3) mit dem jeweils vorhandenen Unterdruck in der Ansaugleitung und regelt so die Pumpen- respektive die Motordrehzahl.

### – Arbeitsweise

Zur Verstärkung des Unterdruckes ist in der Ansaugleitung ein Venturirohr (5) eingebaut. Die Feder (8) drückt bei nichtlaufendem Motor auf die Membrane (12) und stösst die Regelstange auf Vollast. Bei drehendem Motor entsteht ein Unterdruck in der Kammer (9). Da in der Kammer (14) atmosphärischer Druck herrscht, wird dadurch die Membrane (12), respektive die Regelstange (2), entgegen der Federkraft bis zum Leerlaufanschlag nach rechts gestossen. Der Leerlaufanschlag kann mit der Schraube (10) eingestellt werden.

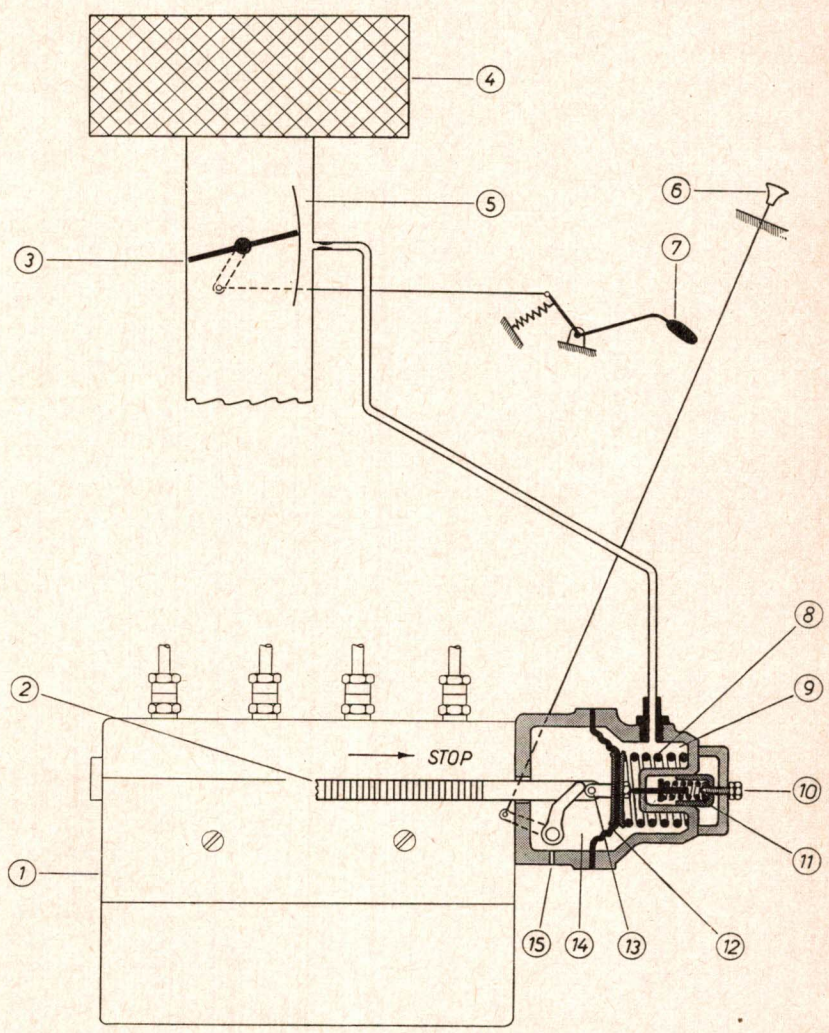
Bei zunehmender Motordrehzahl sinkt das Vakuum und die Regelstange wird durch die Federn wieder in Richtung Vollast gestossen. Bei ganz geöffneter Regelklappe nimmt das Vakuum im Venturirohr wieder zu, zieht die Membrane wieder nach rechts, wodurch die Höchstdrehzahl reguliert wird. Das Abstellen erfolgt über den Abstellknopf (6), der die Federkraft (11) überwindet und die Regelstange in die Stopstellung bringt. Die Maximalöffnung der Regelklappe kann mit der Regulierschraube eingestellt werden.

### – Wartung

- Der Luftfilter (4) ist immer rein zu halten. Von seinem Zustand hängt die Höchstdrehzahl des Motors ab.
- Das Unterdrucksystem muss absolut dicht sein, da sonst ein Überdrehen des Motors möglich ist.
- Die Regelstange muss gut geschmiert sein, um eine ungehinderte Funktion des Reglers zu gewährleisten.

### Legende zu Figur 22

1 Einspritzpumpe	9 Kammer I
2 Regelstange	10 Einstellschraube für Leerlauf
3 Regelklappe	11 Zusatzfeder zu Leerlaufeinstellung
4 Luftfilter	12 Membrane
5 Venturirohr	13 Verbindungsbolzen (Regelstange-Membrane)
6 Ziehkopf zum Abstellen des Motors	14 Kammer II
7 Beschleunigungspedal	15 Entlüftungsbohrung
8 Druckfeder	



Figur 22 **Unterdruckregler**



## IV. Treibstoffanlage mit Verteiler-Einspritzpumpe

Der Treibstoff strömt vom Behälter über eine vom Motor angetriebene Förderpumpe (4), einen Feinfilter (8), zu der in der Verteilerpumpe eingebauten Transferpumpe (23). Dieser Pumpe ist nochmals ein Filter vorgeschaltet. Die Transferpumpe steigert den Druck mit zunehmender Motordrehzahl. Mit einem an der Transferpumpe angebauten Überströmventil kann dieser Druck eingestellt werden (nur auf Prüfbank). Die Treibstoffzufuhr zur Einspritzpumpe erfolgt über ein im Pumpengehäuse eingebautes Dosierungsventil, welches, je nach der Stellung des Füllungspedals und des Drehzahlreglers, die Einspritzmenge bestimmt. Die Einspritzmenge wird hier also nicht, wie bei der verbreiteten Reiheneinspritzpumpe, durch das Pumpenelement selbst bestimmt. Das ganze Pumpengehäuse ist mit Dieseltreibstoff angefüllt, der zur Schmierung sämtlicher Teile wie Pumpenzylinder, Regler, Nockenring usw. dient. Die auch zur Kühlung und Entlüftung dienende Pumpenrücklaufleitung (11) führt den Dieseltreibstoff über ein Rückschlagventil (10) dem Feinfilter (8) zu, und kann über eine Drosselbohrung (9) wieder in den Behälter zurückfließen. Zur Entlüftung des Pumpen- und Reglergehäuses dienen die beiden Entlüfterschrauben (18). Durch die am Druckkopf (22) angeschlossenen Einspritzleitungen (25) wird der Treibstoff den Einspritzdüsen (26) zugeführt. Das Lecköl der Einspritzdüsen fließt über die Leckölleitung (27) und die Tankentlüftung (5) in den Behälter zurück.

An Treibstofffiltern sind somit vorhanden: Vorfilter (28) im Treibstoffbehälter, Grobfilter (3) in der Förderpumpe (4), Feinfilter (8) und ein weiteres Filter beim Eingang (23) in die Verteilerpumpe.

Die Marken des genauen Einspritzmomentes der Pumpe werden durch die Kontrollöffnung (24) sichtbar, die auch für diverse Einstellarbeiten und zur Entleerung der Pumpe dient.

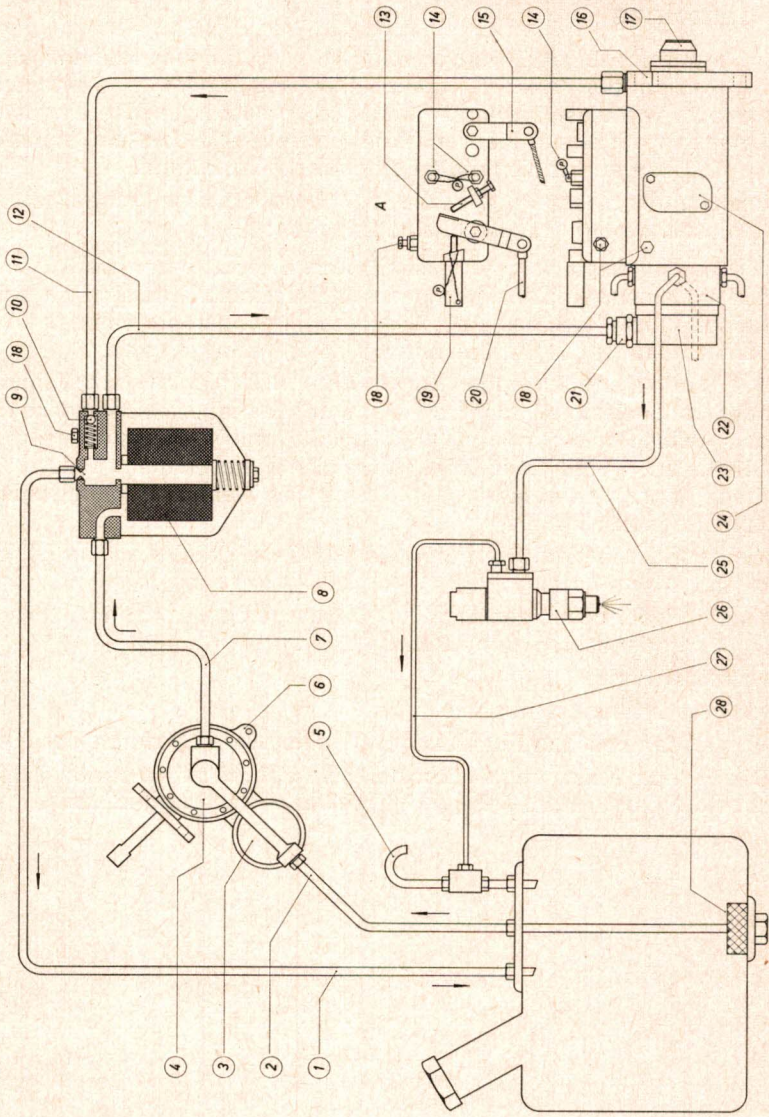
Für die Feineinstellung des Einspritzmomentes dienen die Langlöcher im Befestigungsflansch (16).

Die Fördermengen-Einstellschraube (19) und die Befestigungsschrauben (14) des Reglergehäuses sind plombiert und dürfen durch die Motormechaniker der Truppe nicht entfernt werden!

**Legende zu Figur 23**

- 1 Rücklaufleitung
- 2 Ansaugleitung
- 3 Grobfilter
- 4 Förderpumpe
- 5 Tankentlüftung
- 6 Handpumpenhebel zum Entlüften
- 7 Druckleitung
- 8 Feinfilter, Papier
- 9 Drosselbohrung
- 10 Rückschlagventil
- 11 Pumpenrücklauf- und Spülleitung
- 12 Druckleitung
- 13 Leerlauf-Regulier-Schraube
- 14 Befestigungsschrauben des Reglergehäuses
- 15 Abstellhebel mit Kabelzug
- 16 Befestigungsflansch
- 17 Antriebswelle
- 18 Entlüfterschrauben (drei)
- 19 Fördermenge-Einstellschraube, plombiert
- 20 Gestänge von Füllungspedal
- 21 Filter
- 22 Druckkopf
- 23 Transferpumpe
- 24 Kontroll-Öffnung
- 25 Einspritzleistung
- 26 Einspritzdüse
- 27 Leckölleitung
- 28 Vorfilter





Figur 23 Treibstoffanlage mit Verteiler-Einspritzpumpe

## V. Die Verteiler-Einspritzpumpe

### 1. Allgemeines

Im Gegensatz zu der weitverbreiteten Mehrzylinder-Reiheneinspritzpumpe gleicht die Verteilereinspritzpumpe eher einem Zündverteiler. Sie wird auch, wie dieser, in ein Antriebsrad im Motorgehäuse eingesteckt. Befestigung mit einem Flansch. Eine Führungsrille oder ein asymmetrischer Keil sorgen für die richtige Einbaulage der Pumpe.

Eigenschaften dieser Pumpe, die sich besonders bei schnelllaufenden Kleindieselmotoren auswirken, sind folgende:

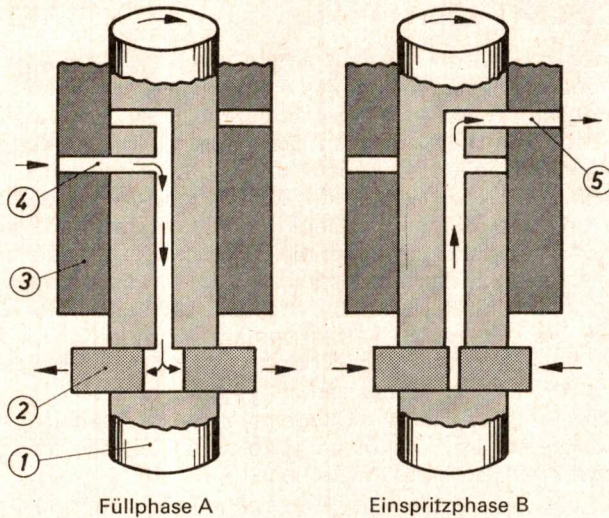
- Die Einspritzung erfolgt für beliebig viele Motorzylinder (bis 6 Zylinder) nur mit einem einzigen Pumpenelement. Einstellarbeiten wie bei der Reihenpumpe, z. B. das Einstellen der Füllmengen der einzelnen Pumpenelemente sowie der Einspritzintervalle, erübrigen sich.
- Die Pumpe enthält weder Kugel- oder Rollenlager noch Zahnräder, oder stark belastete Federn. Während des Betriebes ist das ganze Pumpengehäuse mit Dieseltreibstoff gefüllt und steht unter mässigem Druck. So werden alle Teile hinreichend geschmiert. Wasser oder Staub können nicht eindringen. Durch den Treibstoffdurchfluss ist die Kühlung sichergestellt.
- Kleiner Raumbedarf. Die Pumpe ist nicht viel grösser als ein Zündverteiler.
- Kann in jeder beliebigen Lage eingebaut werden, horizontal, senkrecht stehend oder schräg zum Motor.
- Niedriger Preis
- Kleinere Leistungsaufnahme
- Ausser der üblichen Filterreinigung keine Wartung durch den Fahrer.
- Die Pumpe weist, ungeachtet der Zahl der zu bedienenden Zylinder, stets dieselbe Anzahl Teile und dieselben Abmessungen auf.

## 2. Aufbau und Arbeitsweise

Die Einspritzpumpe besteht aus einem zylindrischen Körper, der in einem feststehenden Mantel rotiert. Als Pumpenelement dienen zwei quer zur Zylinderachse angeordnete, gegenläufige Kōlbchen. An ihren äusseren Enden kommen sie mit einem stationären Nockenring in Berührung. Die Zahl der Nocken entspricht der Motorzylinderzahl. Der Kompressionsraum der Kolben liegt in der Mittelachse des rotierenden Zylinders. Die Stellung der Kōlbchen zu Beginn des Ansaughubes wird einzig durch die von der Transferpumpe über die Regulierorgane bestimmte, und unter mässigem Druck in den Kompressionsraum der Pumpe geförderte, Treibstoffmenge bestimmt. Je nach dem Treibstoffbedarf des Motors werden sie mehr oder weniger weit auseinander gedrängt. Sobald sie beim Rotieren auf die stationären Nocken auftreffen, beginnt der Kompressionshub. Die Einspritzpumpe arbeitet somit mit veränderlichem Hub. Die Maximalfüllung ist durch einen einstellbaren Anschlag im Innern der Pumpe begrenzt. Die Einspritzung erfolgt über ein System von Kanälen im Rotor und im feststehenden Mantel.

Für die Bestimmung der Einspritzmenge ist ein zentrales Regulierorgan vorhanden, welches das in den Kompressionsraum der Einspritzpumpe einfliessende Treibstoffquantum begrenzt. Dieses wird durch die Stellung des Beschleunigungspedals und die des Fliehkraftreglers beeinflusst. Die Verteilerpumpe hat an sich schon die Tendenz, bei abnehmender Motorbelastung später und bei steigender Belastung, früher einzuspritzen. Diese Regelung, kombiniert mit einer drehzahlabhängig regulierten Früheinspritzung, wie sie für schnellaufende Dieselmotoren unerlässlich ist, ergibt die belastungs- und drehzahlabhängige Einspritzmomentverstellung.

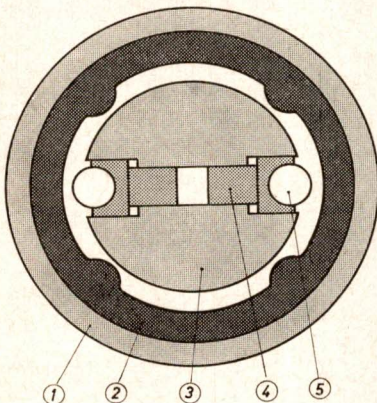
Der Truppenmechaniker darf eine Verteilerpumpe unter keinen Umständen zerlegen. Reparaturen können nur durch den Spezialisten, mit den entsprechenden Spezialwerkzeugen und Prüfvorrichtungen, ausgeführt werden.



Figur 24 **Einspritz-Vorgang**

- |                                   |                                   |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 1 Rotor                           | 4 Eingangskanal von Transferpumpe |
| 2 Einspritzkölbcchen gegenläufig  | 5 Ausgangskanal zur Einspritzdüse |
| 3 Mantel, feststehend (Druckkopf) |                                   |

Die Stellung der Ein- und Ausgangskanäle sowie die der fliegenden Einspritzkölbcchen (2), ist auf den beiden Schemata verschieden. Der Rotor (1) steht in Skizze «A» in der Füllstellung. Treibstoff wird von der Transferpumpe durch den Mantel (3) in den Verteilerrotor zu den Einspritzkölbcchen (2) gepumpt, die dadurch nach aussen verdrängt werden. In Skizze «B» hat der Rotor eine halbe Drehung ausgeführt. Die Kölbcchen wurden



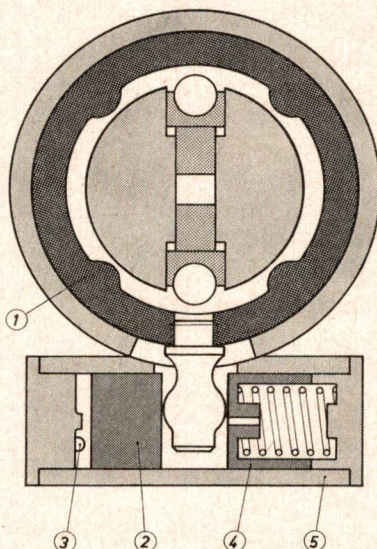
Figur 25

**Nockenring mit Kölbcchen und Rollen**

- |                      |
|----------------------|
| 1 Pumpengehäuse      |
| 2 Nockenring fest    |
| 3 Rotor              |
| 4 Einspritzkölbcchen |
| 5 Nockenrollen       |

vom Nockenring (siehe Figur 25) gegeneinandergestossen. Der Treibstoff wird auf den Abspritzdruck gebracht und strömt durch den Auslasskanal (5) der Einspritzdüse zu.

Im Pumpengehäuse (1) liegt der feststehende Nockenring (2). In der Waagrechten liegen die gegenläufigen Einspritzkölbchen mit den Führungsschuhen und Nockenrollen (5), die beim Rotieren mit den Nocken in Berührung kommen und den Dieseltreibstoff einspritzen.



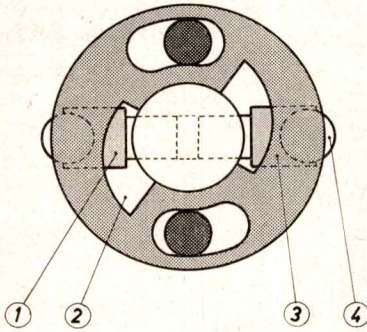
Figur 26 **Hydraulische drehzahlabhängige Einspritzmomentverstellung**

- 1 Nockenring (drehbar) mit eingeschraubtem Kugelende
- 2 Arbeitskolben
- 3 Öldruck von Transferpumpe
- 4 Gegenkolben mit einstellbarer Federkraft
- 5 Zylinder

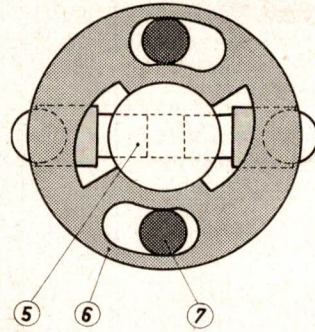
Der drehbare Nockenring trägt einen Hebel mit Kugelende, der von zwei Kolben gesteuert wird. Der federbelastete Gegenkolben (4) dreht den Nockenring (1), bei abgestelltem Motor, in Drehrichtung des Rotors auf Späteinspritzung. Der von der Transferpumpe erzeugte Druck wirkt auf den Arbeitskolben (2) und hat die Tendenz, den Nockenring entgegen der Rotordrehrichtung zu verdrehen. Da der Druck der Transferpumpe mit zunehmender Motordrehzahl steigt, wird, entsprechend den Federkräften, die Einspritzung auf früh verstellt.

Maximale Verstellung: 9° auf Pumpenwelle.

B



A  
Minimale Einspritzmenge



B  
Maximale Einspritzmenge

Figur 27 **Begrenzung der Füllung**

- 1 Anschläge
- 2 exzentrischer Schlitz in verdrehbarer Platte
- 3 Gleitschuhe
- 4 Nockenrollen
- 5 Einspritzkölbchen
- 6 Einstellplatte mit Verstellschlitzen
- 7 Schrauben auf Antriebsplatte

Durch Verdrehen der Einstellplatte (6) gegenüber der Antriebsplatte können die Einspritzkölbchen mit ihren Anschlägen (1) nach aussen verstellt und somit die Einspritzmenge geändert werden. Verstellung nur mit Spezialwerkzeug durch die Kontrollöffnung am Pumpengehäuse und in Verbindung mit einem Pumpenprüfbank möglich!

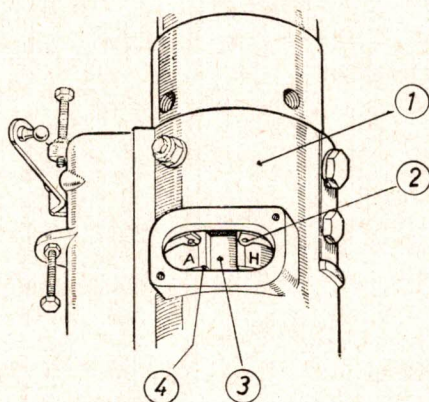
### 3. Einstellung der Verteiler-Einspritzpumpe

#### Beachte:

- Einstellvorschriften der betreffenden Fahrzeug-Marke konsultieren.
- Bei schnelllaufenden Dieselmotoren ist die *genaue* Einstellung des Einspritzmomentes äusserst wichtig!

#### Einstellarbeiten:

- Kurbelwelle in Laufrichtung des Motors drehen bis die entsprechende Marke auf Schwungrad oder Keilriemenpoulie mit der festen Marke am Motorgehäuse genau übereinstimmt.
- Den Kontrolldeckel (24) auf Einspritzpumpe entfernen und Antriebswelle in Laufrichtung drehen (Laufrichtung angegeben) bis die beiden Einstellmarken (4) übereinstimmen (siehe Figur 30).
- Einspritzpumpe auf die Antriebswelle setzen (Führungsrille beachten). Die Einstellmarken (4) in der Pumpe sind dabei mit einem Spiegel zu kontrollieren, eventuelle kleine Korrekturen sind durch Drehen des Pumpengehäuses vorzunehmen. Befestigungsflansch anziehen. Die meisten Pumpen sind mit Strichen auf dem Befestigungsflansch und am Motorgehäuse gezeichnet.



Figur 28 Einstellmarken im Innern der Verteiler-Einspritzpumpe

- 1 Pumpengehäuse
- 2 Einstellring
- 3 Rotor
- 4 Einstellmarken

- Einstellung überprüfen indem der Motor durchgedreht wird bis die Markierungen *in der Einspritzpumpe genauestens* übereinstimmen. Jetzt sind die Markierungen am Motor zu kontrollieren. Durch das Antriebsverhältnis Kurbel-Nockenwelle sowie durch den grossen Durchmesser des Schwungrades werden Einstellfehler vergrössert.
- Nach einer vorgenommenen Korrektur und festgezogener Pumpe ist die Einstellung nochmals zu überprüfen.
- Deckel auf Kontrollöffnung der Einspritzpumpe und Kupplungsgehäuse montieren.
- Treibstoffanlage entlüften.

#### 4. Entlüftung der Treibstoffanlage

##### a. Wenn nur das Feinfilterelement (8) gewechselt wird

- Entlüfterschraube (18) auf dem Feinfiltergehäuse (8) und Mutter der Rücklaufleitung (1) vom Feinfilter zum Behälter lösen. Handförderpumpenhebel (6) betätigen bis Dieseltreibstoff luftfrei an Entlüfterschraube ausfliesst und diese wieder festziehen.
- Weiterpumpen bis Dieseltreibstoff auch an der Rücklaufleitung luftfrei austritt.

##### b. Bei ganz entleerter Anlage

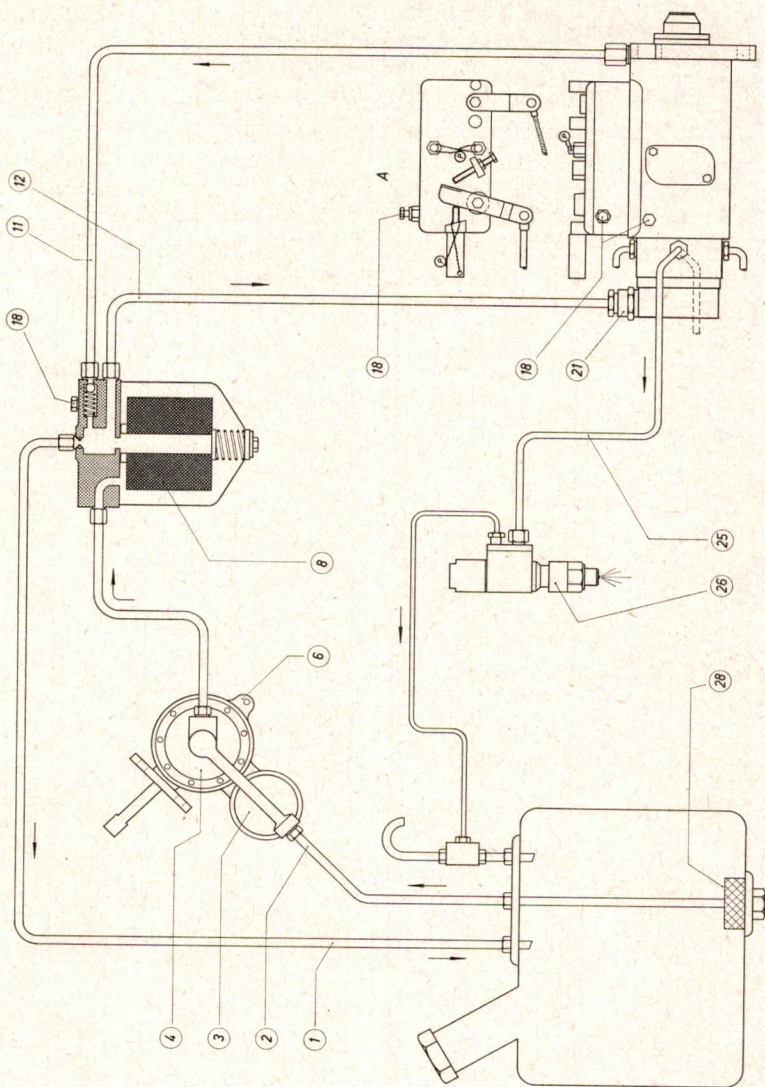
**Beachte:** Der Motor darf nicht angelassen werden bevor die Pumpe gefüllt und entlüftet ist!

- Entlüfterschrauben (18) an Reglerdeckel, Pumpengehäuse und auf Feinfiltergehäuse lösen.

#### Legende zu Figur 29

1 Rücklaufleitung	11 Pumpenrücklauf- und Spülleitung
2 Ansaugleitung	12 Druckleitung
3 Grobfilter	18 Entlüfterschrauben
4 Förderpumpe	21 Filter
6 Handpumpenhebel zum Entlüften	25 Einspritzleitung
8 Feinfilter (Papierelement)	26 Einspritzdüsen
	28 Vorfilter





Figur 29 Entlüftung der Verteiler-Einspritzpumpe

## B

- Handpumpenhebel (6) betätigen bis der Dieseltreibstoff bei allen Entlüfterschrauben luftfrei herausfließt und während des Weiterpumpens die Entlüfterschrauben in folgender Reihenfolge wieder anziehen:
  - auf dem Feinfilter
  - auf dem Pumpengehäuse
  - am Reglergehäuse
- Druckleitung (12) zur Einspritzpumpe durch Lösen der Mutter auf Einspritzpumpe entlüften und wieder festziehen.
- Einspritzleitungsanschlüsse (25) an Einspritzdüsen (26) lösen und *bei Vollgasstellung* Motor durchdrehen, bis an allen Stellen luftfreier Dieseltreibstoff austritt und anschließend wieder festziehen.
- Motor, Einspritzpumpe, Filter und Leitungen gut abtrocknen, Motor laufen lassen und kontrollieren, ob alle Anschlüsse und Dichtstellen absolut dicht sind.

## VI. Einspritzdüsen

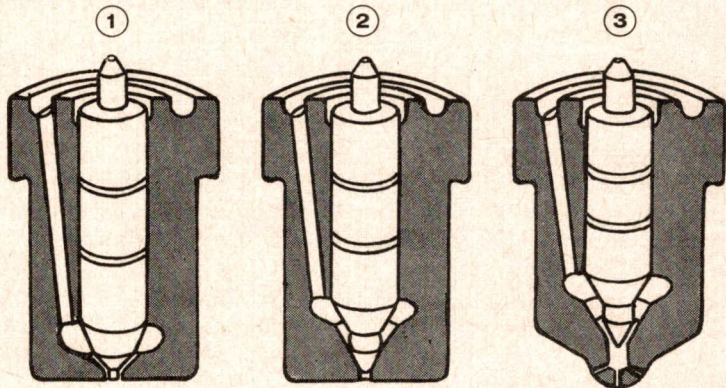
### 1. Aufgabe

- Bestimmen des Einspritzdruckes
- Dieseltreibstoff in geeigneter Form in den Verbrennungsraum einspritzen (zerstäuben)
- Dieseltreibstoff dem Verbrennungsverfahren entsprechend im Verbrennungsraum verteilen (Strahlwinkel).
- Dieseltreibstoff ein letztes Mal filtrieren (Stabfilter)

### 2. Bauarten

Man unterscheidet grundsätzlich:

- Zapfendüsen (1)
- Lochdüsen
  - Einlochdüse (2)
  - Mehrlochdüse (3)



Figur 30 Verschiedene Einspritzdüsen

Bei den **Zapfendüsen** werden je nach der Form des Zapfens noch weitere Arten unterschieden, was aber für den Motormechaniker weniger von Bedeutung ist. Infolge der geläpften Edelpassungen von Düsennadeln und -Körpern sowie der Dichtflächen sind in den Düsen selten Dichtungen vorhanden. Düsen können nur als ganzer Teil ersetzt werden. Bei Bosch-Düsen trifft dies nur für die Düse zu, nicht aber für den Düsenshalter.

Das Lecköl, durch die geringen aber notwendigen Einbauspiele bedingt, dient der Schmierung der gleitenden Teile.

### 3. Wartung

Defekte Düsen durch Lösen der Überwurfmutter an den Einspritzleitungen bei gleichzeitiger Beobachtung des Motorlaufs feststellen.

#### a. Zerlegung der Düse

- Nur vornehmen, wenn nach deren Zusammenbau der Abspritzdruck gemessen werden kann, also nur im Werkstattwagen oder in einer entsprechenden Garage.
- Achte auf grösste Sauberkeit am Arbeitsplatz
- Nur eine Düse nach der anderen zerlegen (Teile sind nicht austauschbar!)
- Bei Düsen mit Druckeinstellscheiben besonders auf diese achten!
- Reinigen der Teile nur mit Dieseltreibstoff, Lappen, Holzstücken usw. Keine Metallteile verwenden!
- Spritzlöcher mit den hierfür vorgesehenen Spritzlochreinigern reinigen.

#### b. Zusammenbau

- Unmittelbar vor dem Zusammensetzen die einzelnen Teile in sauberem Dieseltreibstoff spülen (kein Staub auf den geläpften Flächen)!
- Gleitfähigkeit der entsprechenden Teile beachten.
- Überwurfmutter der Düsen korrekt anziehen.

#### c. Kontrolle

- Abspritzdruck nach Betriebsvorschrift oder Einstelltabellen für Dieselmotoren im Anhang kontrollieren. Bosch-Düsen mit Einstell-Schrauben gemäss Figur 32 (3) regulieren; Saurer-Düsen mit Distanzscheibchen gemäss Figur 31 (7) einstellen, wobei ein Scheibchen etwa 10 atü ausmacht!
- Kontrolle auf Dichtheit, Nachtropfen, Zerstäuben, Gleichheit der eventuellen Strahlwinkel und das knarrende Geräusch während des Einspritzens.
- Abspritzkontrolle eventuell am Fahrzeug-Motor nochmals wiederholen. Da der Einpritzvorgang rascher erfolgt, ist meistens auch das Spritzbild besser.
- Vorsicht beim Abspritzen ausserhalb des Motors (Haut- und Augenschäden)!
- Wenn die Düse nach der gründlichen Reinigung nicht einwandfrei arbeitet, so ist sie zu ersetzen.

#### d. Einbau der Düse

- Auflagesitz sauber reinigen und trocknen (oft Spezialwerkzeug im Fahrzeug vorhanden).
- vorhandene Kupferringe nach Möglichkeit ersetzen oder ausglühen.
- Weicheisenscheiben ersetzen.
- Kontrollieren, ob unter jeder Düse *eine Scheibe* vorhanden ist.
- Befestigungsflansch richtig auflegen; gleichmässig korrekt anziehen.

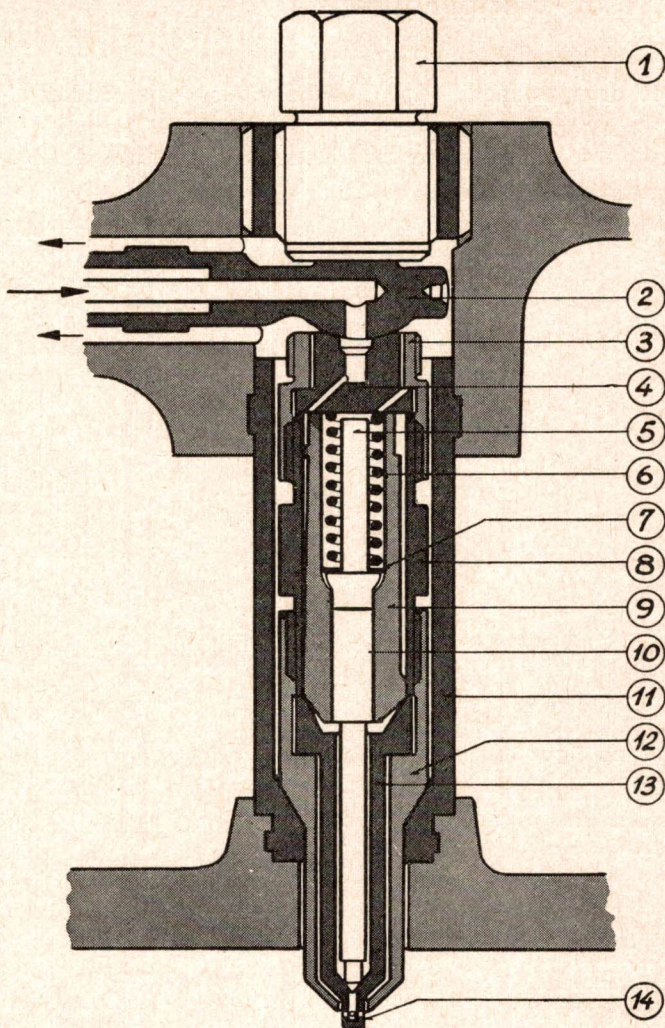
## 4. Saurer-Vierlochdüse

### Arbeitsweise

Die Treibstoffleitung ist seitlich in den Zylinderkopf eingeführt. Ihr Kugelkopf (2) wird durch die Druckschraube (1) auf die Einspritzdüse gepresst. Dadurch wird gleichzeitig die Abdichtung des Anschlusses und die Fixierung der Düse erreicht. Der Treibstoff gelangt durch den Stabfilter (9), welcher die vom Feinfilter nicht absorbierten Unreinigkeiten zurückhält, unter dem federbelasteten Schaft der Düsennadel. Im Einspritzmoment wird die Düsennadel (10) durch den Druck abgehoben und lässt den Treibstoff durch die vier Spritzlöcher (14), fein zerstäubt, in den Verbrennungsraum eintreten. Das Lecköl gelangt durch den Zylinderkopf und und eine Sammelleitung in den Treibstoffbehälter zurück.

### Legende zu Figur 31

- 1 Druckschraube
- 2 Kugelkopf der Einspritzleitung
- 3 Obere Überwurfmutter
- 4 Zwischenstück
- 5 Anschlagbolzen
- 6 Feder
- 7 Beilagen
- 8 Düsenkörper
- 9 Stabfilter und Nadelführung
- 10 Düsen-Nadel
- 11 Düseneinsatz (fest im Zylinderkopf)
- 12 Untere Überwurfmutter
- 13 Nadelsitz
- 14 Spritzlöcher,  $\varnothing = 0,2\text{--}0,25\text{ mm}$



Figur 31 Saurer-Vierlochdüse

## 5. Die Bosch-Vierlochdüse

### Arbeitsweise

Ausser dem zwangsläufigen Leckölabfluss wie Saurer-Vierlochdüse. Zum Reinigen des Stabfilters (10) muss das Filtergehäuse (9) abgeschraubt und das Stabfilter mit einem Stift herausgetrieben werden. Eingebaut im FBW-Dieselmotor.

### Legende zu Figur 32

- 1 Verschlusshaube
- 2 Gegenmutter
- 3 Einstellschraube
- 4 Verschlusskappe
- 5 Federteller
- 6 Feder
- 7 Leckölanschluss
- 8 Überwurfmutter
- 9 Filtergehäuse
- 10 Stabfilter
- 11 Düsenhalter
- 12 Druckstab
- 13 Überwurfmutter
- 14 Nadelsitz
- 15 Nadel
- 16 Kupfer-Dichtung
- 17 Spritzlöcher,  $\varnothing = 0,25 \text{ mm}$





## VII. Kaltstarthilfen für Dieselmotoren

### 1. Allgemeines

Bei laufendem, warmem Dieselmotor entzündet sich der eingespritzte Treibstoff an der im Zylinder verdichteten, auf etwa 700–900 °C erwärmten Ansaugluft. Beim Anlassen des kalten Dieselmotors wird aber diese Verdichtungstemperatur wegen der niedrigen Anlassdrehzahl und der kalten Motorteile meistens nicht erreicht. Aus diesen Gründen ist jeder Dieselmotor mit einer Kaltstarthilfe ausgerüstet.

Ruhiges Überlegen und die Beachtung vorhandener Betriebsvorschriften führen schneller zum Erfolg als planloses Ausprobieren beliebiger Anlasshilfsmittel, die unter Umständen zur Zerstörung des Motors führen können.

### 2. Ausführungsarten

#### a. Anlasstreibstoff-Einspritzung

Die Einspritzung erfolgt in die Ansaugleitungen. Sie darf aber *nur bei drehendem Motor*, und erst nach 2 bis 3 ganzen Motor-Umdrehungen, bei gleichzeitiger Vollfüllung erfolgen.

**Anlasstreibstoff:** Bei Normaltemperaturen reines Petrol. Bei sehr tiefen Temperaturen ein Anlassgemisch von 1 Volumenteil Schwefeläther und 6 Volumenteilen Dieseltreibstoff, gut gemischt.

#### b. Überfüllvorrichtungen

Eine Überfüllvorrichtung an der Einspritzpumpe erlaubt während des Anlassens das Einspritzen einer vergrößerten Vollast-Treibstoffmenge und erleichtert dadurch das Anspringen des kalten Dieselmotors.

**Betätigung bei Einspritzpumpen mit mechanischen Drehzahlreglern:**

- Überfüllknopf, seitlich des mechanischen Reglergehäuses, vor dem Anlassen herausziehen. Nach dem Anspringen des Motors und zurückgenommenem Beschleunigungspedal springt er automatisch wieder zurück.
- Überfüllung kombiniert mit Anlasserbetätigung. Diese funktioniert automatisch.
- Automatische Überfüllung in Pumpe eingebaut. Diese ist bereits eingeschaltet, wenn bei stillstehendem Motor das Beschleunigungspedal ganz durchgetreten wird. Bei laufendem Motor ist das Überfüllen unmöglich.

**Betätigung bei Einspritzpumpe mit Vakuum-Drehzahlreglern:**

- Überfüllung kombiniert mit Motor-Abstellknopf. Bei dieser Anordnung hat der Abstellknopf 3 Stellungen:

Mittelstellung = Neutral  
 Herausziehen = Motor wird abgestellt  
 Hineindrücken = Motor erhält Überfüllung

- Überfüllung mit Drucktaste. Durch Hineindrücken der sich am Regelstangen-Anschlag befindlichen Drucktaste wird dieser um einige Millimeter versetzt und die Füllmenge für den Anlassmoment erhöht. Nach dem Anlassen springt die Taste automatisch wieder heraus.

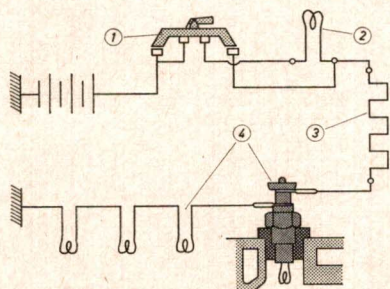
### 3. Glühkerzen

Der durch elektrischen Strom (30–55 A) auf etwa 900–1100°C erhitze Glühdraht erwärmt die Ansaugluft und entzündet die ersten Treibstoffteilchen.

Vorglühen etwa 30 bis 60 Sekunden. Längere Vorglüh-Zeiten belasten nur die Batterie unnötig.

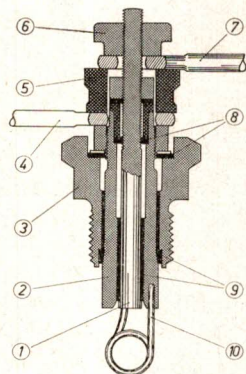
Langes Betätigen des Anlassers (max. 10–15 Sekunden) ist unzweckmässig, weil dabei die Glühkerzen wieder abkühlen und eine Entzündung des Dieseltreibstoffes verunmöglichlichen. Vor jedem Anlassversuch wieder vorwärmen! Um die abfallende Batteriespannung während des Anlasses zu kompensieren, wird durch den Anlasserschalter (1) der Glühüberwacher (2) und oft ein Teil des Vorschaltwiderstandes (3) kurzgeschlossen.

Achtung beim Anschliessen der Glühkerzen, dass einzelne nicht kurzgeschlossen werden! (Glühkerzen sind in Serie geschaltet).



Figur 33 Glühkerzen-Schaltung

- 1 Anlasserschalter
- 2 Glühüberwacher
- 3 Vorschaltwiderstand
- 4 Glühkerzen

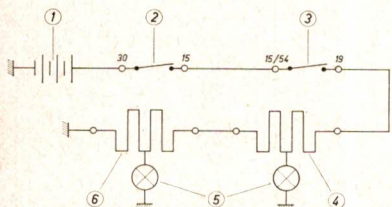


Figur 34 **Glühkerze im Schnitt**

- 1 Innenpol
- 2 Aussenpol
- 3 Glühkerzenkörper
- 4 Elektrischer Anschluss (äusserer Pol)
- 5 Isolations-Druckstück
- 6 Anschlussmutter
- 7 Elektrischer Anschluss (innerer Pol)
- 8 Gasdichte Abdichtung
- 9 Isolierungen
- 10 Glühspirale

#### 4. Heizflansch

Eine oder mehrere im Ansaugrohr montierte Heizspiralen werden durch einen Strom von ca. 50 A auf etwa 1100°C erhitzt. Dadurch wird die durchströmende Ansaugluft erhitzt. Die Kontrolllampe wird meistens in der Mitte der Heizspirale (an der isolierten Halteschraube) angeschlossen und leuchtet mit halber Spannung nur schwach. Je nach dem Bruch der Heizspirale löst die Lampe ganz aus oder sie leuchtet mit voller Spannung bedeutend heller. Glühzeiten von etwa 30 bis 60 Sekunden (Betriebsvorschriften beachten!).



Figur 35 **Schaltung der Heizflansche (Henschel)**

- 1 Batterie
- 2 Fahrtschalter
- 3 Glüh-Anlass-Schalter
- 4 Hinterer Heizflansch
- 5 Kontrolllampen
- 6 Vorderer Heizflansch

## 5. Luftherhitzer mit Einspritzdüse und Zündfunke im Ansaugrohr

(Vor allem bei amerikanischen Motoren, so beispielsweise GM-Diesel im Schützenpanzer und Hercules-Motoren.)

Mit einer Handpumpe wird Treibstoff auf eine im Ansaugrohr montierte Funkenstrecke gespritzt. Gleichzeitig wird mit einem hydraulisch betätigten Schalter eine Summer-Zündspule unter Strom gesetzt, welche an der Funkenstrecke dauernd Zündfunken erzeugt (Wagnerscher Hammer!). Der Treibstoff entzündet sich daran, bildet eine Flamme und wird mit der Ansaugluft in den Motor gesaugt.

## 6. Anlass-Vergaser in Verbindung mit dem Druckluft-Anlasser

Beschreibung und Schema siehe Abschnitt «Druckluft-Anlasser».

Wichtig für den Anlassvorgang:

- *Ein* Absperrventil ganz öffnen
- Für die ersten zwei bis drei Motorumdrehungen ohne «Gas» zu geben nur wenig Luft durchströmen lassen, also Anlasshebel nur wenig abheben. (Um eventuelle Wasserschläge zu vermeiden!)
- Vollfüllung geben, Anlasshebel bis zum Anschlag drücken, und sobald Motor angesprungen ist, sofort wieder loslassen (spätestens aber nach drei Sekunden).
- Ist der erste Luftkessel entleert (Motor dreht zu langsam durch), so ist dessen Absperrventil ganz zu schliessen, das andere zu öffnen und der Anlassvorgang zu wiederholen.
- Bei kalter Witterung ist gleichzeitig der Kabelzug des Anlassvergaser zu ziehen und nach dem Anspringen des Motors wieder loszulassen.
- Abends *vor* dem Abstellen des Motors beide Absperrventile ganz öffnen, Luftbehälter bis zum Abblasen des Hochdruckreglers (etwa 40 atü; siehe Manometer) füllen und beide Ventile gut schliessen.

## 7. Behelfsmässige Kaltstarthilfen

- *Mit Anlass-Treibstoff in Spraydosen*  
Flüssigkeit bei gleichzeitiger Betätigung des Anlassers gegen den Luftfilter sprühen.
- *Mit offener Flamme* (und notwendiger Vorsicht!)  
Zeitungspapier eng zusammenrollen, ein Ende der Rolle anzünden (Fackel) und Flamme bei gleichzeitiger Betätigung des Anlassers vor Luftfilter halten.
- *Anschleppen*  
*Vorsicht:* Nach längerer Standzeit (Nacht) den Motor *vor* dem Anschleppen mindestens 2–3 Umdrehungen von Hand durchdrehen (Wasserschlag!).

## VIII. Druckluftanlasser Nova

### 1. Allgemeines

Durch die hohen Verdichtungsdrücke des Dieselmotors werden beim Anlassvorgang gewaltige Anforderungen an den Anlasser gestellt. Dies bedingt nicht nur einen gross dimensionierten, elektrischen Anlassmotor, sondern auch eine Batterie mit einer genügend grossen Kapazität. Diese Tatsachen und der meist ohnehin vorhandene Kompressor (Bremsanlage), führten zum Bau der Druckluftanlasser.

### 2. Arbeitsweise

(siehe Figur 37, Seite 61)

Als Energiespeicher steht reine Druckluft von 38–40 kg/cm<sup>2</sup> in den Behältern (H) zur Verfügung. Um den Motor anzulassen ist der kleine Hebel (8) zu ziehen, worauf die Luft aus den Behältern (H), welche einen Inhalt von 15 bis 80 Liter haben, in den Verteiler (C) strömt. Der Verteiler (C) leitet die Startluft zum Startventil (B) desjenigen Zylinders, in dem sich der Kolben im Arbeitstakt OT befindet. Der dadurch auf den Kolben ausgeübte Druck bewirkt, dass der Motor sofort mit etwa 300 U/min zu drehen beginnt und anspringt.

Bei kaltem Wetter wird zum Starten der Anlassvergaser eingeschaltet. Dabei wird ein leicht entzündbares Gemisch, fein zerstäubt, in die Ansaugleitung des Motors eingespritzt.

Die durch den Anlassvorgang verbrauchte Luft wird durch den Kompressor (D) wieder ergäntzt.

### 3. Aggregate

#### a. Hochdruck-Kompressor (D)

Der Antrieb erfolgt direkt vom Motor aus. Er arbeitet zweistufig. Beim Abwärtshub des Kolbens wird die Luft durch das Luftfilter und über das Einlassventil (3) der 1. Stufe in den oberen Zylinderraum angesaugt. Beim Aufwärtshub wird die Luft vorverdichtet und über das Auslassventil (2) der ersten Stufe und durch das Einlassventil (1) der zweiten Stufe in den unteren Hochdruckraum gepresst. Durch den Abwärtshub des Kolbens wird diese Luft bis auf max. 40 kg/cm<sup>2</sup> verdichtet und durch das Auslassventil (4) der zweiten Stufe in den Hochdruckregler (K) geleitet.

#### b. Hochdruckregler (K)

Die Druckluft gelangt durch die Eintrittsdüse (2) in den Ölabscheideraum (1) und verlässt diesen, wenn das Schaltventil (7) geschlossen ist, durch das Filter (10) zum Pneufüllventil (L) oder zum Verteilerkopf (I). Die durch die kleine Manometerleitung kommende Steuerluft wird dem Regler

(K), zu dessen Schonung durch das Ventil (6) reduziert, zugeführt. Die Einstellung des Reduzierventils (6) bestimmt den Schaltdruck. Steigt der Behälterdruck auf 38–40 kg/cm<sup>2</sup>, so überwindet der reduzierte Steuerdruck auch die Schalfeder und öffnet das Schaltventil (7). Die Druckluft befördert dabei gleichzeitig das Kondensat aus dem Ölabscheideraum (1) durch den Schalldämpfer ins Freie. Der Kompressor arbeitet im Leerlauf. Sinkt der Behälterdruck auf 30 bis 32 kg/cm<sup>2</sup>, so schliesst das Schaltventil (7), und der Kompressor ladet wieder.

Dies geschieht folgendermassen:

Durch das Absinken des Druckes in den Behältern (H) sinkt auch der Druck in der Steuerkammer (4). Dadurch verringert sich auch der Anpressungsdruck des Entlüftungsventils (5). Das Ventil (5) wird abgehoben, und die reduzierte Steuerluft stösst durch die Bohrung (3) ins Freie, und das eigentliche Schaltventil (7) wird wieder geschlossen.

#### c. Verteilerkopf (I)

Vom Hochdruckregler (K) gelangt die Druckluft über den Filter (3) und das Rückschlagventil (5) in die Luftkammer (6). Die beiden Absperrventile (1) und (7) gestatten dem Fahrer, die Behälter (H) hermetisch abzuschliessen. Das Sicherheitsventil (4) ist in der Leitung eingeschaltet und lässt bei einem Druck von mehr als 5 kg/cm<sup>2</sup> über den normalen Betriebsdruck die überschüssige Luft ins Freie austreten. Beim Betätigen des Anlasshebels (8) wird das Anlassventil (2) geöffnet, und die Luft gelangt direkt zum Verteiler (C).

#### d. Verteiler (C)

Dieser besteht aus einer Scheibe, welche mit halber Motordrehzahl umläuft und die Druckluft gemäss der Zündreihenfolge der einzelnen Zylinder verteilt. Die Scheibe wird nur beim Anlassvorgang durch die Druckluft an den Spiegel gedrückt, sonst dreht sie frei ohne denselben zu berühren.

#### e. Startventile (B)

Diese sind in den Zylinderkopf eingeschraubt. Sie öffnen sich nur durch die Einwirkung von Druckluft. Die Ventile werden durch eine Feder geschlossen.

#### f. Anlassvergaser (A)

Der sich im Behälter befindliche Anlasstreibstoff wird beim Betätigen des Kabelzuges, respektive des Ventils (4) durch die eintretende Luft (Eintrittsdüsen 3) unter Druck gesetzt. Die im Steigrohr (1) steigende Flüssigkeit vermischt sich im oberen Kanal (2) mit Druckluft und gelangt über eine Zerstäuberdüse nebelartig in das Ansaugrohr. Beim Loslassen des Kabelzuges schliesst sich das Ventil (4) wieder. Die Behälterentlüftung geschieht über den Stössel (5).

## g. Zusatzapparate

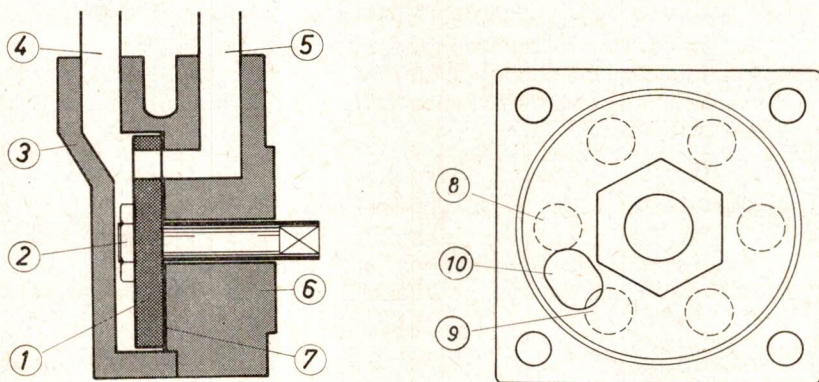
An die Starteranlage kann ohne weiteres eine Druckluftbremsanlage angeschlossen werden. Die Druckluft gelangt dann über den Filter (G) zum regulierbaren Bremsdruckregler (F). Der Anlage kann ebenfalls ein Pneuventil (L) zum Pumpen der Reifen angeschlossen werden.

## 4. Einstellung und Kontrollen

### a. Verteilerscheibe

- Zylinder Nr. 1, Kolben auf OT Arbeitstakt stellen.
  - Scheibe (1) so einstellen, dass der Schlitz (10) die Bohrung (8) gerade noch anschneidet.
- (Der freiwerdende Luftschlitz der Bohrung (8) ist etwa halb so gross als der verbleibende Luftschlitz der Bohrung (9).)

Verteiler nicht unnötig ausbauen. Beim Zusammenbau darauf achten, dass Scheibe, Spiegel und Welle sauber und gut geölt sind.



Figur 36 Einstellung und Anordnung der Verteilerscheibe

- 1 Verteilerscheibe
- 2 Befestigungsmutter für Verteilerscheibe, Linksgewinde
- 3 Gehäusedeckel
- 4 Druckluft von Verteilerkopf
- 5 Druckluft zum Starterventil
- 6 Verteilerkörper
- 7 Spiegel
- 8 Zylinder No. 1
- 9 Zylinder No. 5
- 10 Schlitz in der Verteilerscheibe



**b. Sicherheitsventil (I 4)**

Gegenmutter lösen, Schraube nach links drehen. Bei ladendem Kompressor Druck ansteigen lassen und während des Abblasens des Sicherheitsventils die Stellschraube nachstellen, bis  $40 \text{ kg/cm}^2$  erreicht sind und der Regler abschaltet. Dann ist die Schraube noch eine ganze Umdrehung anzuziehen, was einer Erhöhung des Druckes um  $5 \text{ kg/cm}^2$  auf total  $45 \text{ kg/cm}^2$  entspricht.

**c. Reduzierventil (K 6)**

Erreicht der Behälterdruck den vorgeschriebenen Wert nicht, so ist das Reduzierventil auszubauen, indem man die Mutter entfernt, das Vorstehen der Regulierschraube misst und dieselbe entfernt. Ventil mit dem Gewindestab (M 3) herausziehen und reinigen. Ventil wieder einbauen und Regulierschraube gleich einstellen wie vorher.

Überschreitet der Behälterdruck den vorgeschriebenen Wert, dann ist das Reduzierventil mit der Regulierschraube neu einzustellen.

**d. Entlüftungsventilgruppe (K 5)**

Ventilgruppe mit Gewindestab sorgfältig herausziehen und auf Materialrisse kontrollieren. Ventil und Ventilsitz reinigen. Federrohr nicht auseinanderziehen oder zusammendrücken.

**e. Startventile (B)**

Kontrolle alle 4000 bis 5000 Fahrkilometer. Die Temperatur der Leitung soll nicht höher liegen als diejenige der Motorausseite. Bei starker Erwärmung (verbrannter Lack) Leitung lösen und feststellen, ob bei laufendem Motor die Ventile durchlassen.

Mit defekten Startventilen darf nicht gefahren werden.

## 5. Wartung

An periodischer Wartung verlangt die Anlage:

- Reinigen des Kompressor-Luftfilters
- Reinigen der Filter im Hochdruckregler (K), im Verteilerkopf (I) und in der Leitung (G).

Bei allen Kontrollen und Reinigungsarbeiten bleiben die Apparate montiert. Es sind nur die Filterrohranschlüsse zu lösen.

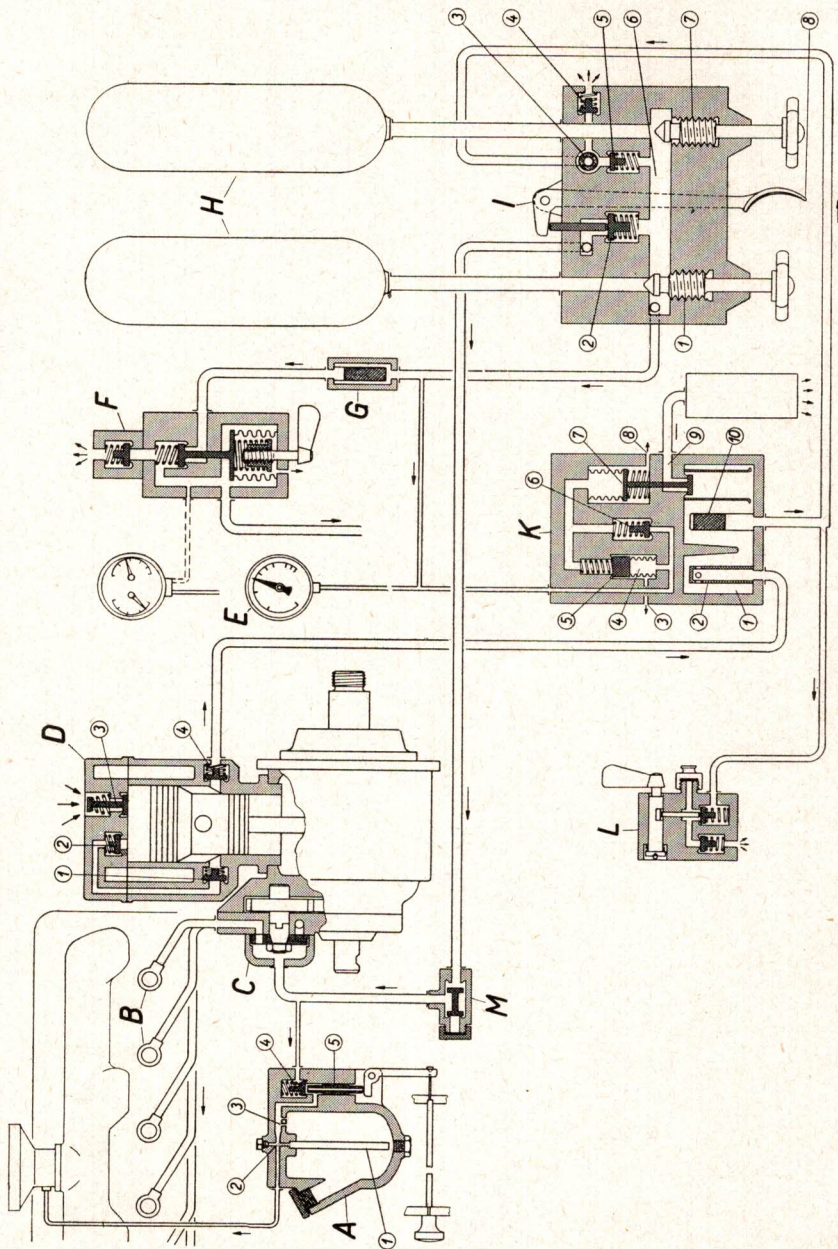
### Besonderes:

Grundsätzlich soll der Motor immer mit gefüllten Behältern abgestellt werden. Das Absperrventil (I 1) soll immer geschlossen bleiben. Der angeschlossene Behälter dient als Luftvorrat. Druck täglich prüfen, indem man das Absperrventil (I 7) schliesst und (I 1) öffnet und den Druck am Manometer abliest. Falls notwendig auffüllen.

Für den äussersten Notfall ist ein Fremdluftanschluss (M) vorgesehen. Es dürfen jedoch nur Druckluftflaschen, keinesfalls Sauerstoffflaschen angeschlossen werden. Als Anlassstreibstoff wird Petrol verwendet.

### Legende zu Figur 37

- |   |  |
|---|--|
| <p><b>A Anlassvergaser</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Steigrohr</li> <li>Mischkanal</li> <li>Druckluft-Eintrittsdüsen</li> <li>Lufteinlassventil</li> <li>Stössel mit Behälterentlüftung</li> </ol> <p><b>B Startventile</b></p> <p><b>C Verteiler</b></p> <p><b>D Hochdruck-Kompressor</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Einlassventil 2. Stufe</li> <li>Auslassventil 1. Stufe</li> <li>Einlassventil 1. Stufe</li> <li>Auslassventil 2. Stufe</li> </ol> <p><b>E Hochdruck-Manometer</b></p> <p><b>F Bremsdruckregler, regulierbar</b></p> <p><b>G Luftfilter</b></p> <p><b>H Druckluftbehälter</b></p> | <p><b>I Verteilerkopf</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Absperrventil, Reserve</li> <li>Anlassventil</li> <li>Luftfilter</li> <li>Sicherheitsventil</li> <li>Rückschlagventil</li> <li>Luftkammer</li> <li>Absperrventil, Betrieb</li> <li>Anlasshebel</li> </ol> <p><b>K Hochdruckregler, automatisch</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Öl- und Kondenswasser-Abscheideraum</li> <li>Eintrittsdüse</li> <li>Luftaustrittsbohrung</li> <li>Steuerkammer</li> <li>Entlüftungsventil</li> <li>Reduzierventil</li> <li>Schaltventil</li> <li>Entlüftungsbohrung</li> <li>Luftaustritt bei Überdruck</li> <li>Luftfilter</li> </ol> <p><b>L Pneufüllventil</b></p> <p><b>M Fremdluft-Anschluss</b></p> |
|---|--|



Figur 37 Druckluftanlasser NOVA



# Motorschmierung

**Inhaltsverzeichnis**

	Seite
<b>I. Allgemeines</b> . . . . .	1
1. Aufgaben der Motorschmierung . . . . .	1
2. Aufgaben des Motorenöles . . . . .	2
3. Feststoff-Schmierung . . . . .	2
<b>II. Schmiersystem</b> . . . . .	4
1. Allgemeines . . . . .	4
2. Druckumlauf-Schmierung . . . . .	4
3. Trockensumpfschmierung . . . . .	6
4. Gemischschmierung . . . . .	6
<b>III. Ölfilter</b> . . . . .	8
1. Schaltung der Ölfilter . . . . .	8
2. Bauarten . . . . .	9
<b>V. Ölwechsel</b> . . . . .	10
<b>V. Altöl-Re-Raffination</b> . . . . .	12

# Motorschmierung

## I. Allgemeines

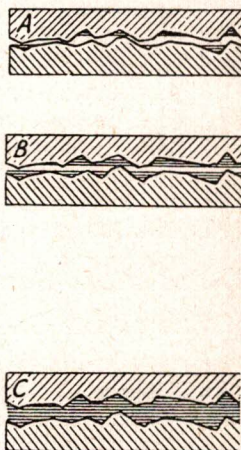
### 1. Aufgaben der Motorschmierung

- Bildung eines trennenden Ölfilms zwischen den aufeinandergleitenden Metallteilen (Reibung vermindern)
- Zusätzliche Kühlung durch die Ableitung der Wärme von den Gleitstellen
- Feinstabdichtungen z. B. zwischen Kolben und Zylinder
- Vor Korrosion schützen.

Je nach Art und Natur der aufeinandergleitenden Werkstoffe muss für die Gewährung einer schadlosen Reibung ein drittes Element, das Schmieröl herangezogen werden, das den Schmiervorgang bewirkt und dadurch die Reibung, die Erwärmung und den Verschleiss vermindert. Dieser Vorgang ist eine eigenartige Naturerscheinung, denn das Schmiermittel nützt sich, ausser seinen Zusätzen, nicht ab.

Je nach Menge der vorhandenen Schmiermittel an den Schmierstellen unterscheidet man verschiedene Zustände, die folgendermassen bezeichnet werden:

- **Trockene Reibung (A)**, wenn kein Schmiermittel vorhanden ist.
- **Halbflüssige Reibung (B)** (Grenzschmierung) entspricht z. B. dem Bewegungsanfang von Gleitlagern, wo trotz Ölvorrat, der Wellenzapfen im ruhenden Zustand die Lagerschale halbtrocken berührt, sowie bei hin- und hergleitenden Bewegungen (Kolben-Zylinder).
- **Flüssige Reibung (C)**, wenn zwischen den reibenden Werkstoffen eine zusammenhängende Schmiermittelschicht aufrechterhalten wird. Die zusammenhängende Ölschicht bezeichnet man als Ölfilm (ca. 1/1000 mm).



Figur 1

Die Reibungsarten

Dünnflüssige Qualitätsöle erleichtern den Kaltstart, gelangen schneller zu den Schmierstellen, kühlen besser, haben geringere innere Reibung und bilden weniger Rückstände

Bei dieser Reibungsart kann sich, der dauernd getrennten Gleitflächen wegen, kein Verschleiss ergeben. Deshalb spricht man von einer Vollschmierung. (Bei Gleitlagern bildet sich z. B. bei genügender Ölmenge, Öldruck und Gleitgeschwindigkeit der bekannte trennende Ölkeil.)

## 2. Aufgabe des Motorenöles

- schmieren
- reinigen
- schützen vor Korrosion
- kühlen
- dichten
- transportieren des Schmutzes

Seit es Verbrennungsmotoren gibt, bestanden die drei Aufgaben: schmieren, kühlen und dichten. Mit zunehmender Literleistung, erhöhten Drehzahlen und Kompressionsverhältnissen usw. wurden die Öle immer mehr beansprucht. Durch die ölseitige Weiterentwicklung entstanden die legierten Öle mit den erweiterten Aufgaben:

- **reinigen**, d. h. das Öl löst Russ-, Lack- und andere Verbrennungsrückstände auf, zerkleinert dieselben und isoliert sie gegeneinander (dispargieren), so dass diese Teilchen im Öl schweben und beim Ölwechsel den Motor verlassen. Solche Öle sind daher nach kurzer Kilometer-Leistung schwarz, die Motoren bleiben aber sauber.
- **schützen vor Korrosion**, d. h. durch neutralisierende Zusätze (Chemikalien, sogenannte Additives) sollen sowohl öleigene Versäuerungen, wie auch saure Verbrennungsrückstände neutralisiert und dadurch die korrosive Wirkung vermindert werden. Eine weitere Korrosionsgefahr stellt der im Treibstoff, speziell im Dieseltreibstoff, enthaltene Schwefel dar. Dieser gelangt bei unterkühlten Motoren in das Öl und bildet in Verbindung mit Kondenswasser «schweflige Säure».

Die dispergierende, korrosions- und oxydationsschützende Wirkung der Zusätze kommt eigentlich einem chemischen Filter gleich !

## 3. Feststoff-Schmierung

### a. Chemische Oberflächenschichten

Eine Möglichkeit, die so gefährliche und schädliche Misch- und Grenzschmierung zu beherrschen, ist die, die Reibflächen durch künstlich hergestellte «feste» Oberflächenschichten zu schützen. Eine bekannte chemische Oberflächenbehandlung ist das Phosphatieren, mit korrosionsschützenden, verschleissvermindernden Eigenschaften. Diese Schicht unterstützt die Haftfähigkeit von Schmierfilmen und verhindert auch weitgehend deren Abreißen. Im Motorenbau werden daher die Kolben



auf verschiedene Arten geschützt wie: phosphatiert, eloxiert, staniert, verbleit usw.

Diese künstlich aufgebrachtten Schichten nützen sich aber nach einer gewissen Zeit ab.

Früher wurden die Getriebeöle mit reiner «Schwefelblüte» verbessert. Mit der Weiterentwicklung wurden diese durch hochwirksame Chlor-, Phosphor-, Stickstoff- und Schwefelverbindungen ersetzt. Diese öllöslichen Ölzusätze reagieren bei metallischer Berührung der reibenden Flächen unter dem Einfluss der örtlich begrenzt auftretenden hohen Temperaturen, mit dem Metall. Die dabei entstehenden Metallverbindungen zeigen guten Schutz gegen den Verschleiss. Diese Feststofffilme ergänzen sich selbständig immer dann, wenn das blanke Metall, durch Abrieb freigelegt, neue Angriffsflächen bietet.

Das Vorhandensein solcher Schmierstoffe ist in vielen Fällen (z.B. bei Hypoidantrieben) die Voraussetzung für die Betriebsfähigkeit von Maschinen. Solche Schmierstoffe werden als EP-(Extrem-Pressure) Schmierstoffe bezeichnet.

## b. Festschmierstoffe

Die zweite und ebenso bedeutsame Möglichkeit, der Misch- und Grenzreibung zu begegnen, ist die Verwendung neutraler, öllunlöslicher Feststoffe wie Graphit und Molybdändisulfid. Graphit, seit über 100 Jahren als Schmierstoff bekannt und besonders bei Gleitstellen unter hohen Temperaturen verwendet, hat seine Bedeutung durch das Aufkommen von Molybdändisulfid teilweise etwas verloren. Beide Festschmierstoffe mit Schichtgitterstruktur werden in Öl oder Fett als «Transportmittel» zu den Lagerstellen geführt oder auch vor Inbetriebnahme des betreffenden Lagers aufgetragen (einmassiert). Infolge fortlaufender Einbettung des feinsten Molybdändisulfidpulvers in die Oberflächenrauigkeiten entsteht aus dem flüssigen oder fettartigen Trägerschmierstoff heraus ein durchgehender Feststoffgleitfilm.

Obwohl die Vorteile der Anwendung von Molybdändisulfid in Fetten und Ölen für unzählige Schmierstellen unbestritten sind, lassen sich in den verschiedensten Betriebsvorschriften der Motorenhersteller keine Empfehlungen finden über die Anwendung desselben in den heutigen, schon hochadditivierten HD-Ölen.

## II. Schmiersysteme

### 1. Allgemeines

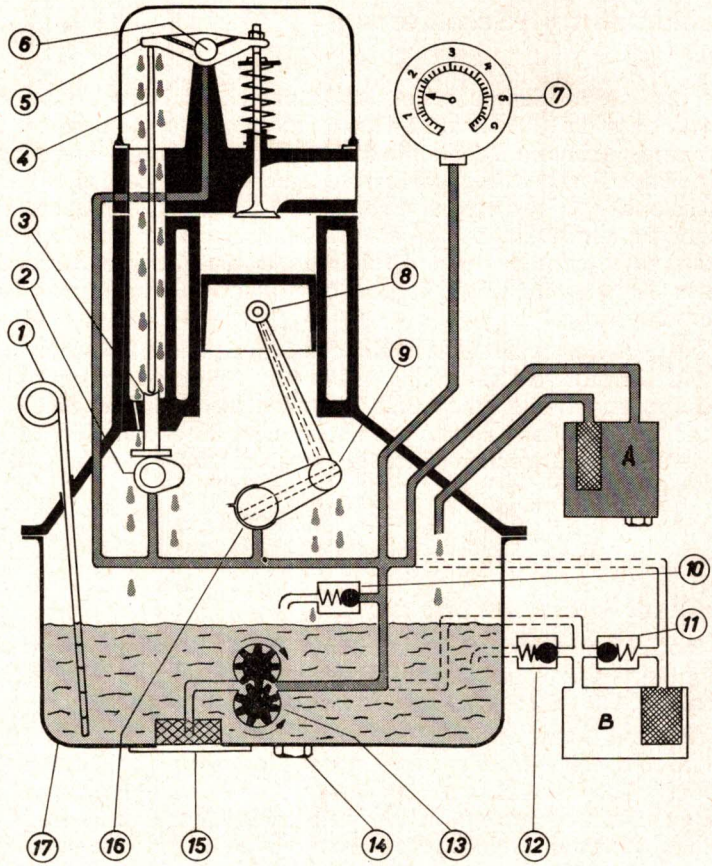
An Fahrzeugmotoren werden hauptsächlich folgende Systeme angewandt:

- Druckumlaufschmierung
- Trockensumpfschmierung
- Gemischschmierung (mit oder ohne getrenntem Ölbehälter)

### 2. Druckumlauf-Schmierung

(Vgl. Figur 2)

Bei diesem, am meisten verbreiteten System, saugt eine Zahnrad-, Exzenter- oder Innenzahnringpumpe (Eaton-Pumpe) das Öl aus der Ölwanne über ein oft schwimmendes Ölfilter an. Das Öl wird mit einem Druck von ca. 2–4 atü zu den Pleuelwellen-, Pleuel-, Nockenwellen- und eventuell Kipphebelwellenlagern bei einzelnen Motoren noch durch die Pleuelstange bis zu den Pleuelbolzen gefördert. Das seitlich aus den Lagerstellen austretende Öl wird von der drehenden Pleuelstange ausgeschleudert und so auf Pleuelaufläufen und Pleuelwellen gebracht. Als warmes Öl tropft es wieder in die Ölwanne zurück und wird hier vor dem Wiedereintritt in die Ölwanne durch einen Pleuelkühler abgekühlt. Eine zu kleine Ölmenge lässt daher die Öltemperatur ansteigen, was zu einem schwachen Ölfilm, zum Verdampfen des Öles und zu Hitzeschäden (anfrassen) führen kann. Ölmanometer oder -kontrolllampe zeigen nur die Funktion der Ölwanne an. Bei Anwendung eines Wärmeaustauschers (Wasser-Öl) wird beim Kaltstart das Öl durch das schneller warm werdende Wasser rasch erwärmt.



Figur 2 Funktion einer Druckumlaufschmierung

- |                                     |  |
|-------------------------------------|--|
| 1 Ölmessstab                        | 9 Pleuellager                              |
| 2 Nockenwelle                       | 10 Überdruckventil                         |
| 3 Ventilstößel                      | 11 Kurzschlussventil des Hauptstromfilters |
| 4 Ventilstosstange                  | 12 Überdruckventil                         |
| 5 Kipphebel                         | 13 Zahnradölpumpe                          |
| 6 Kipphebelwelle                    | 14 Ölablasszapfen                          |
| 7 Ölmanometer                       | 15 Ölgrobfiler, demontierbar               |
| 8 Kolbenbolzen mit Druck geschmiert | 16 Kurbelwellenlager                       |
|                                     | 17 Ölwanne                                 |
- A Ölfinefilter im Nebenstrom  
 B Ölfinefilter im Hauptstrom

### 3. Trockensumpf-Schmierung

(Vgl. Figur 3)

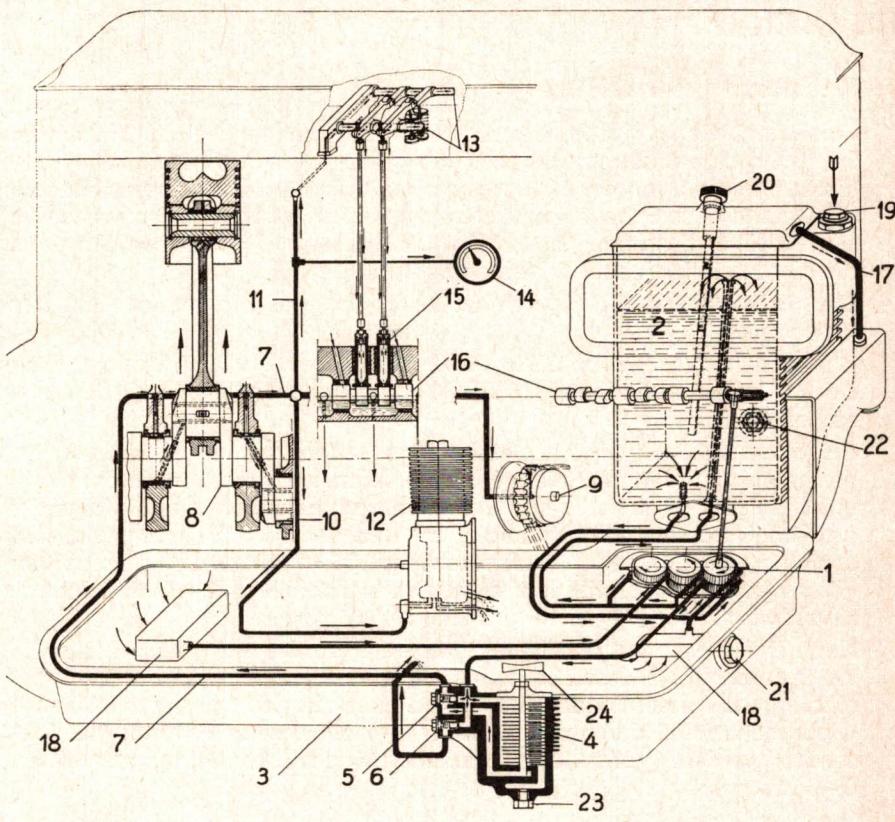
Dies ist eine Sonderbauart der Druckumlaufschmierung, mit dem Unterschied, dass die Ölreserve in einem separaten, verschlossenen und vom Fahrwind gekühlten Behälter liegt. Der Motor ist unten nur mit einer flachen Hilfs-Ölwanne abgeschlossen. Da die Ölpumpe das Öl aus diesem Gefäß ansaugt, ist die Motorschmierung bei jeder Schräglage des Fahrzeuges sichergestellt. Das in die Hilfs-Ölwanne zurücklaufende Öl wird mittels einer oder mehrerer Ölpumpen in die Reserve zurückbefördert. Dieses System wird hauptsächlich bei Gelände-Fahrzeugen oder Motorrädern bevorzugt.

Für die *Ölstandskontrolle* nach längerer Standzeit des Fahrzeuges (Nacht), muss der Motor vorerst für einige Minuten in Betrieb genommen werden. Messung unmittelbar nach dem Abstellen des Motors. (Sich in der Ölwanne befindliches Öl muss zuerst in den Ölbehälter hinauf befördert werden.) Beim Ölwechsel sind die Verschlusszapfen beider Ölwannen zu entfernen.

### 4. Gemisch-Schmierung

Bei Zweitaktmotoren mit Vorverdichtung im Kurbelgehäuse wird das Öl in der Regel dem Treibstoff beigemischt. Mischungsverhältnis Treibstoff-Öl ca. 25 : 1 bis 50 : 1, je nach Betriebsvorschrift.

Bei diesem System wird das Öl einerseits durch die Kurbelwelle auszentriert und mit Kanälen den Lagerstellen zugeführt, andererseits durch Kondensation der Öldämpfe an Lager und Wandungen gebracht. Beim Tanken soll das Schmieröl in den Treibstoff gegossen und, wenn möglich, in einem separaten Gefäß vorgemischt werden. Vor längeren Ruhepausen des Motors soll der Vergaser leer gelaufen lassen und vor dem Wiederanlassen mit frischem Gemisch gefüllt werden. Bei Startschwierigkeiten kann der Vergaser vorerst auch mit reinem Benzin gefüllt werden.



Figur 3 Trockensumpfschmierung

- |   |   |
|---|---|
| 1 Ölpumpe                                     | 13 Kipphebelwellen                      |
| 2 Ölbehälter                                  | 14 Öldruckmanometer                     |
| 3 Kurbelgehäuse Unterteil                     | 15 Pilzstößel                           |
| 4 Spaltfilter für Schmieröl                   | 16 Nockenwelle                          |
| 5 Kurzschlussventil (By-Pass)                 | 17 Entlüftungsleitung                   |
| 6 Überdruckventil                             | 18 Saugfilter                           |
| 7 Öldruckleitung                              | 19 Einfüllschraube für Motorenöl        |
| 8 Kurbelwelle                                 | 20 Ölmesstab                            |
| 9 Kettenspanner                               | 21 Ölablassschraube von Kurbelgehäuse   |
| 10 Ölleitung zum Kompressor                   | 22 Ölablassschraube von Ölbehälter      |
| 11 Ölleitung zum Manometer und den Kipphebeln | 23 Ölablassschraube von Schmierölfilter |
| 12 Kompressor                                 | 24 Handgriff des Schmierölfilters       |

### III. Ölfilter

#### 1. Schaltung der Ölfilter

Bei Figur 2, Seite 5 ist das Filter A im *Nebenstrom* geschaltet, d. h. nur ca. 5–20% des geförderten Öles passieren das Feinfilter. Die übrige Ölmenge fließt unfiltriert von der Ölpumpe zu den Schmierstellen. Es besteht also die Gefahr, dass Schmutzpartikel zu den Schmierstellen gelangen, bevor sie das Filter passieren (besonders bei neuen und revidierten Motoren, die nicht peinlichst sauber gewaschen und gespült wurden).

Das *Sicherheitsventil* (10) schützt Leitungen und Ölpumpenantrieb vor Überdruck.

Das feinere *Nebenstromfilter*, in Verbindung mit seinen langsameren Durchflussgeschwindigkeiten, hält Schmutzteilchen bis zu 1/1000 mm zurück (Mikro-Filter).

Das direkt nach der Ölpumpe eingebaute *Hauptstromfilter B* wird von der gesamten geförderten Ölmenge durchflossen, mit dem Vorteil, dass kein ungereinigtes Öl direkt zu den Schmierstellen gelangen kann. Infolge der grossen Durchflussgeschwindigkeiten und der Verstopfungsgefahr darf er nicht zu fein filtrieren (Grössenordnung 0,06–0,15 mm). Bei verstopftem Filter wird die Motorschmierung durch das sich bei ca. 2–3 atü öffnende *Kurzschlussventil* (11) sichergestellt.

Nach einem Kaltstart bei tiefen Temperaturen fließt das dickflüssige Öl wohl durch das Kurzschlussventil, kann aber nur mühsam in die Lager eindringen. Vor dem dadurch erhöhten Druck in den Leitungen muss der Ölpumpenantrieb durch das *Sicherheits- oder Überdruckventil* (12) geschützt werden. (Vom Motorenhersteller eingestellter Öffnungsdruck ca. 5–6 atü.)

## 2. Bauarten

### a. Grob- oder Vorfilter (Hauptstromfilter)

- *Siebmantel- oder Siebscheibenfilter* mit Maschenweiten von ca. 0,06–0,15 mm müssen zur Reinigung demontiert und zerlegt werden.
- *Spaltfilter* mit Spaltweiten von ca. 0,1–0,15 mm sind mit einem Handgriff (seltener mit einer Ratsche für automatische Betätigung) ausgerüstet, der alle 1000 km um eine Umdrehung zu drehen ist. Zur Reinigung muss das ausgebaute Filterpaket sowie das Gehäuse gewaschen, gespült und wenn möglich ausgeblasen werden. Das Filtergehäuse ist vor dem Verschliessen mit frischem Öl separat aufzufüllen.
- *Magnetfilter* halten Eisenteilchen und Metallabrieb fest, welche zur Reinigung gut abzustreifen sind.
- *Zentrifugalfilter*, meist am vorderen Kurbelwellenende, kombiniert mit dem Keilriemen, montiert. Ölreinigung durch Zentrifugalwirkung bereits ab ca. 600 Motordrehzahlen pro Minute. Zur Reinigung wird der Gehäusedeckel demontiert, alles ausgekratzt, gewaschen und wieder dicht montiert. Das Öl wird auch etwas gekühlt.

### b. Feinfilter, Mikrofilter (Nebenstromfilter)

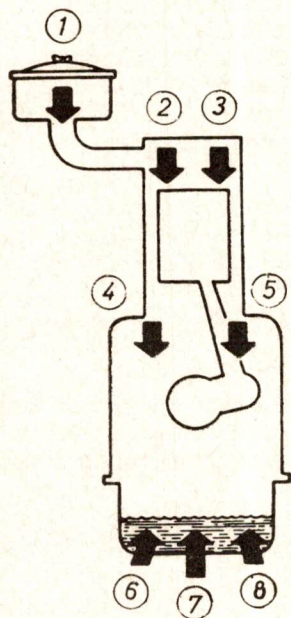
- *Textilfilter, Baumwoll- oder Tuchfilter-Einsätze* müssen bei der Reinigung ersetzt werden. Filzfilter-Einsätze sind in der Regel ebenfalls zu ersetzen. Diese sind ihrer heiklen Abdichtung wegen, besonders sorgfältig zu montieren.
- *Papier- oder Mikrofilter* scheiden Schmutzteilchen bis zu 1/1000 mm Grösse aus. Das imprägnierte Filterpapier ist auf die Ölzusätze abgestimmt, damit die Additives ihre Wirkung nicht verlieren. Papiereinsätze müssen ersetzt werden.

### c. Kombinierte Filter oder Stufenfilter

Grob- und Feinfilter sind in einem Gehäuse eingebaut. Ein Sieb- oder Spaltfilter als Grobfilter, ein Papierfilter als Feinfilter. Dabei sind verschiedene Schaltungsarten möglich, einerseits das Grobfilter im Hauptstrom und das Feinfilter im Nebenstrom, andererseits aber auch beide Filter in Serie im Hauptstrom. Bei dieser Anordnung liegt das Kurzschlussventil zwischen den Filtern, wobei nur das eventuell verstopfte Feinfilter umgangen wird, das Hauptfilter dagegen eingeschaltet bleibt. Somit kann kein ungereinigtes Öl zu den Schmierstellen gelangen. Die Filterreinigung (oder der Ersatz der Filterpatronen) an Armee-Fahrzeugen erfolgt bei jedem zweiten Ölwechsel, also bei km-Stand 10 000, 20 000, 30 000 usw.

## IV. Ölwechsel

Motorenöl wird im Betrieb mechanisch und chemisch verunreinigt, sowohl durch äussere Einflüsse als auch durch die Alterung des Öles selbst.



Figur 4 Die Ölverschmutzung

- 1 Strassenstaub
- 2 Russ
- 3 Treibstoff
- 4 Metall
- 5 Wasser
- 6 Kohle
- 7 Lack
- 8 Säuren

Bei den legierten Ölen (HD-Öle, Mehrbereichsöle) findet zudem ein Abbau der Zusätze (Additives) statt, d. h. die Anteile der chemischen Zusätze gegen Oxydation, Korrosion, Neutralisation usw. werden zunehmend unwirksam. Der Motorenverschleiss würde beim Betrieb mit einem unlegierten Öl zunehmen.

Für sehr wirtschaftlichen Betrieb können die Ölwechselintervalle nach dem wirksamen Additive-Gehalt, der nicht unter bestimmte Grenzen fallen darf, festgelegt werden.

Die Ölverschmutzung wird durch folgende Faktoren wesentlich gesteigert:

- geringere Oxydationsbeständigkeit des Öles
- höhere Öl- und Wandtemperaturen
- zu geringe Ölmenge in der Ölwanne
- zu lange Ölwechselintervalle



### Beim Ölwechsel sind folgende Punkte zu beachten:

- Ölwechselintervall für Armeefahrzeuge alle 5000 km
- Ölwechsel nur bei warmem Motor ausführen
- Gewässerverschmutzung peinlich vermeiden
- Nach Entleeren der Ölwanne darf der Motor unter keinen Umständen angelassen werden, in der Absicht das Öl vollständig herauszupumpen.
- Ölblaszapfen sofort wieder montieren und *festziehen*
- Nach der Filterreinigung sind deren Gehäuse mit Frischöl aufzufüllen!
- Kein Spülöl verwenden!
- Altöl sammeln und zurückschieben! (3. Stufe, AMP, Zeughaus, Zivilgarage)
- Liter-Ölbüchsen *oben am Deckel* aufstechen, damit nochmalige Verwendung möglich ist. (Leere Büchsen zurückschieben.)

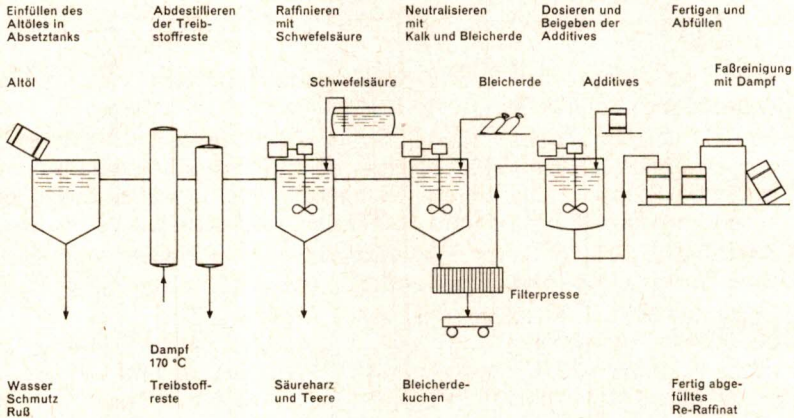
Ist bei Fahrzeugabgaben bzw. Fahrzeug-Übergaben der Ölwechsel innert der folgenden 200 km fällig, so ist er beim Grossparkdienst durch die abgehende Truppe auszuführen. Gelegentliche Überschreitungen der Ölwechselintervalle um mehrere 100 km sind belanglos.

Armee-Öle sind untereinander mischbar. Die verschiedenen Ölviskositäten werden wie folgt angewandt:

Sommer und milde Winter	HD SAE 30
ab ca. -11 bis -20°C	HD SAE 10
ab ca. -21 bis -25°C	HD SAE 10 und 10% Petrol
Sommer für Motorräder	SAE 50
Für Motoren und Gemischschmierung	SAE 50

## V. Altöl-Re-Raffination

Da ein Öl weder seine Schmierfähigkeit verliert, noch sich abnützt, besteht die Möglichkeit der Re-Raffination. Diese chemische und mechanische Reinigung ist ein komplizierter Vorgang und benötigt Fabrikanlagen, wissenschaftliche Kenntnisse und eine langjährige Erfahrung.



Figur 5 Schema der Re-Raffination gebrauchter Öle

Das Altöl muss unbedingt nach dem Typ gesondert gesammelt werden. Eine Re-Raffination lohnt sich erst ab einigen 100 Litern. Über die Wirtschaftlichkeit gibt eine vorausgehende Analyse Auskunft.

Dem gereinigten Öl werden die erforderlichen Additives wieder beigegeben, so dass es in qualitativer Hinsicht einem neuen Öl entspricht.

# Kühlung

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
<b>I. Allgemeines</b> . . . . .	1
1. Aufgaben der Kühlsysteme . . . . .	1
2. Kühlsysteme . . . . .	2
a. Offenes Kühlsystem . . . . .	2
b. Überdruck-System . . . . .	3
c. Geschlossenes System . . . . .	3
3. Wartung der Kühlsysteme . . . . .	4
<b>II. Aufbau der Wasserkühlung</b> . . . . .	5
1. Thermostat . . . . .	5
a. Allgemeines . . . . .	5
b. Flüssigkeitsthermostat . . . . .	5
c. Wachsthermostat . . . . .	5
d. Störungen und Kontrolle . . . . .	7
2. Wasserpumpe und Ventilator . . . . .	8
3. Wärme-Austauscher . . . . .	8
<b>III. Luftkühlung</b> . . . . .	9
1. Allgemeines . . . . .	9
2. Arbeitsweise . . . . .	10
<b>IV. Winterdienst</b> . . . . .	11
1. Wasserkühlung . . . . .	11
2. Frostschutz in den Armee-Fahrzeugen . . . . .	11
3. Prüfung der Frostsicherheit . . . . .	11
4. Frostschutzauffüllung bei der Truppe . . . . .	13
5. Ablassen des Frostschutzes . . . . .	13
6. Winterbetrieb ohne Frostschutz . . . . .	13

# Kühlung

## I. Allgemeines

### 1. Aufgaben der Kühlsysteme

Das Kühlsystem muss dem Motor möglichst rasch eine günstige und gleichmässige Betriebstemperatur geben und diese im Betrieb konstant halten. Sie dient zugleich auch als Wärmequelle für die Fahrzeug-Heizung und, mit einem Wärmeaustauscher, zur rascheren Erwärmung des Motorenöles nach dem Kaltstart.

Bei zu **heissem** Motor wird das Öl und der Schmierfilm zu dünn, die Materialausdehnung zu gross, das Betriebsspiel zu klein, was zu Fressstellen führen kann. Die zu heisse Ansaugluft ergibt schlechtere Zylinderfüllung und somit kleinere Leistung.

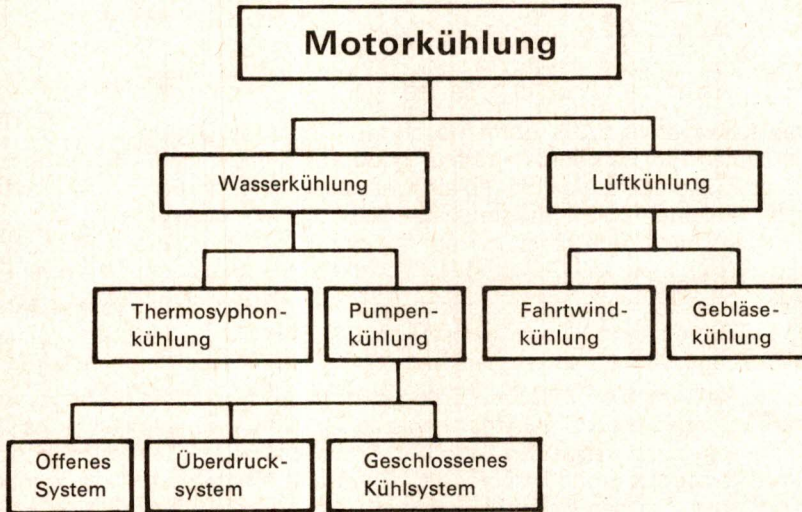
Bei zu **kaltem** Motor ist das Öl zu dickflüssig. Es kann nicht oder zu spät an die Schmierstellen gelangen, was zu Trockenreibung, Verschleiss und Leistungsverlust führt. Die zu kalten Ansaugrohre und Zylinder ergeben durch Kondensationen schlechte Gemischaufbereitung, Leistungsverminderung, grosser Treibstoffverbrauch, Schmierölverdünnung und chemische Ölverschmutzung.

Bei mittleren Zylinderwandtemperaturen von etwa 80–150°C (95–220° bei luftgekühlten Motoren), einer Kühlwassertemperatur von etwa 80° entsprechend, arbeitet der Motor unter idealsten Verhältnissen. Nämlich: Gute Schmierung, wenig Verschleiss, günstige Gemischaufbereitung, gute Verbrennung mit hoher Leistung.

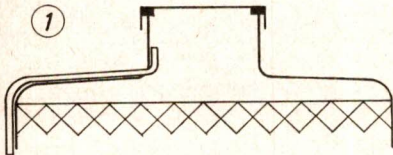
*Das Anwärmen* der Motoren soll bei fahrendem Fahrzeug, aber mit kleiner Belastung und niedrigen Drehzahlen erfolgen (Getriebe, Achsantrieb, Radlager usw. werden auch erwärmt).

Unter *Motor-Innenkühlung* versteht man die Kühlung durch das Verdampfen von Treibstoff im Zylinder, wodurch Wärme verbraucht und die Innentemperatur herabgesetzt wird (Renn- und Flugmotoren). Möglichkeiten sind: Überfettete Gemische, Beigabe von speziellen Treibstoffen mit hoher Verdampfungswärme (z. B. Alkohol).

## 2. Kühlsysteme



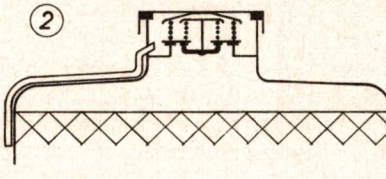
### a. Offenes Kühlsystem



Figur 1 Offenes Kühlsystem

Über dem Wasserniveau atmosphärischer Druck. Siedepunkt verändert sich mit der Höhe über Meer. Wasserverlust gross. Luft vermischt sich mit Wasser, dadurch grössere Rostbildung und schlechtere Kühlung. Bei 2000 m ü.M. liegt der Siedepunkt bei ca. 94°C.

## b. Überdrucksystem



Figur 2 Überdrucksystem

Nicht mehr atmosphärischer Druck über Wasserniveau. Siedepunkt ist abhängig von der Federkraft des Überdruckventils, z.B.:

0,5 atü = 110°

1 atü = 119°

1,5 atü = 124°

2 atü = 132°

Bei Passfahrten bleibt der Siedepunkt immer gleich. Späteres Kochen des Wassers und weniger Wasserverlust. Weniger Luft im Wasser, daher weniger Rost und bessere Kühlung. Das Kühlsystem kann kleiner bemessen werden.

**Achtung:** Unfallgefahr beim Öffnen des Kühlerdeckels bei heissem Motor! (Überdruck entweicht. Schlagartige Dampfentwicklung durch Absinken des Siedepunktes.)

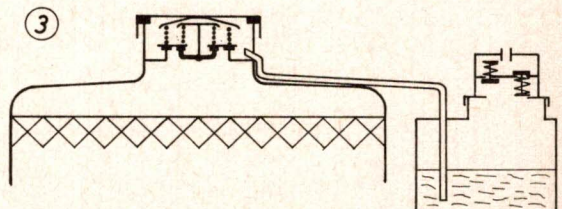
## c. Geschlossenes System

Das geschlossene System besitzt alle Vorteile des Überdrucksystems. Weitere erwünschte Eigenschaften sind:

- Bei überhitztem Motor werden Wasser und Dampf dem Expansionsgefäß zugeführt. Dort kondensiert der Dampf, wodurch ein Wasserverlust vermieden wird.
- Beim Abkühlen des Motors (sinkendes Niveau, Vakuum) wird das Wasser wieder in den Kühler gesaugt.
- Kühlwasser steht mit der Aussenluft nicht in Verbindung (Praktisch kein Wasserverlust. Noch bessere Kühlung und noch weniger Rostbildung)

Frost-, Rost- und Korrosionsschutzmittel bleiben dauernd im System (Kein Unterhalt während etwa zwei Jahren)

Bei eventuellem Wasserverlust nur Original-Kühlflüssigkeit nachfüllen!



Figur 3

Geschlossenes System

### 3. Wartung der Kühlsysteme

- Die Verwendung von Regenwasser oder destilliertem Wasser ist wegen ihrer Neigung, Sauerstoff und Kohlensäure aufzunehmen, nicht vorteilhaft (Korrosion).
- Verfettete Kühlsysteme können mit einer 10%igen Sodalösung (bei 20 kg Wasser = 2 kg Soda) gereinigt werden. Diese 2–3 Tage im Kühlsystem belassen und dann bei warmem Motor ablassen. Anschließend die Anlage in entgegengesetzter Kreislaufrichtung gründlich mit Wasser spülen.
- Beim Auffüllen vorhandene Entlüfterhahnen öffnen, bis Wasser austritt.
- In überhitzte Kühlsysteme kaltes Wasser nur langsam und bei laufendem Motor nachfüllen (Hitzespannungen). Besonders gefährlich ist das Nachfüllen eiskalten Wassers bei Bergfahrten.
- Kühlelement von Zeit zu Zeit mit Druckluft in der dem normalen Luftstrom entgegengesetzten Richtung durchblasen (Insekten).
- Kühlerschläuche periodisch kontrollieren (Brüchigkeit, nachlassende Festigkeit).



## II. Aufbau der Wasserkühlung

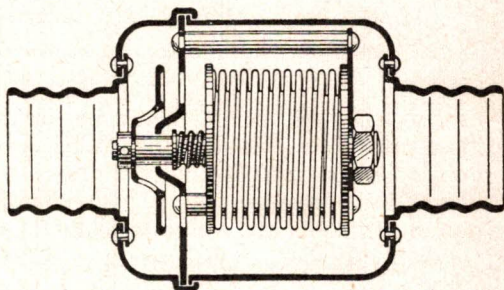
### 1. Der Thermostat (automatischer Wassertemperatur-Regler)

#### a. Allgemeines

Er sorgt dafür, dass das Wasser im Motor raschmöglichst warm wird, indem er den Wasserkreislauf zwischen Motorausgang und Kühlereingang bei kaltem Motor schliesst und erst wieder zu öffnen beginnt, wenn die Wassertemperatur etwa  $75^{\circ}\text{C}$  aufweist. Ausser den Vorteilen des warmen Motors, begünstigt er die rasche Fahrzeugheizung und, in Verbindung mit Wärmeaustauschern, die rasche Ölerwärmung.

#### b. Flüssigkeitsthermostat

Beim Flüssigkeitsthermostaten besteht der Dehnkörper aus einem metallischen Faltenbalg (Federrohr z. B. aus Tombak) und enthält eine leicht siedende Flüssigkeit, z. B. Äthyläther mit einem Siedepunkt von ca.  $35^{\circ}\text{C}$ . Der mit zunehmender Temperatur steigende Dampfdruck dehnt den Faltenbalg aus und öffnet das Wasserdurchlassventil.



Figur 4

Flüssigkeits-Thermostat

#### c. Wachsthermostat

Der Wachsthermostat drängte sich auf, da bei höheren Drücken in den Kühlsystemen die Flüssigkeits-Thermostaten nicht mehr einwandfrei funktionieren.

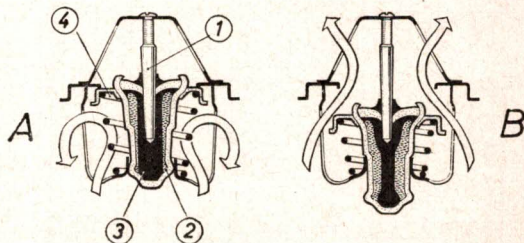
Figur 5

Wachsthermostat

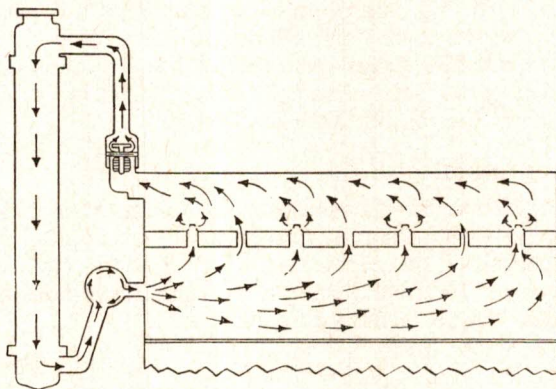
- 1 Metallstift
- 2 Spezialwachs
- 3 Gummi
- 4 Schliessfeder

A geschlossen

B geöffnet

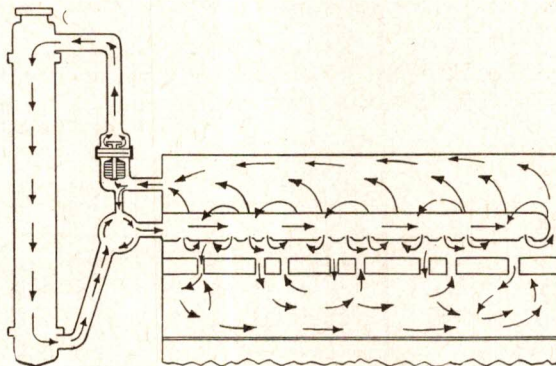


Als Dehnkörper dient hier ein starkwandiger Zylinder mit einer kombinierten Füllung aus Wachs und Gummi. Durch die Erwärmung dehnt sich der Wachs stark aus und drückt das Gummistück in plastischer Verformung nach oben. Über den Stahlstift, und das einstellbare Gegenlager desselben, wird durch diese Bewegung das Durchflussventil zum Kühler geöffnet.



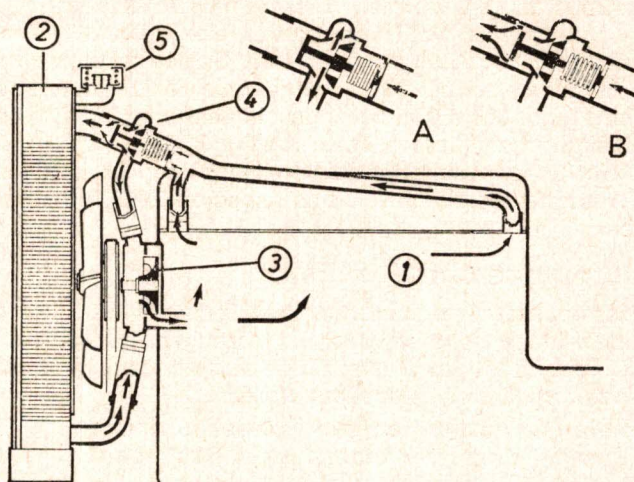
Figur 6 Thermostat ohne Kurzschlussleitung (By-Pass)

Bei Motoren bis ca. 70 PS werden normalerweise nur Thermostaten ohne gesteuerte Kurzschlussleitung, bei solchen über ca. 70 PS meistens solche mit gesteuerter Kurzschlussleitung eingebaut. Die Kurzschlussleitung dient zur schnelleren und gleichmässigeren Erwärmung des Motors durch den kleineren Wasserkreislauf.



Figur 7 Thermostat mit Kurzschlussleitung (By-Pass), ohne Steuerung

Die gesteuerten Kurzschlussleitungen haben grössere Querschnitte, wodurch die Wasserzirkulation im Motor bei geschlossenem Thermostatventil gesteigert wird, was zu rascherer und gleichmässiger Erwärmung führt.



Figur 8

#### Kühlwasserzirkulation mit Thermostat und gesteuerter Kurzschlussleitung

- 1 Motorblock
- 2 Kühler
- 3 Wasserpumpe
- 4 Thermostat

- 5 Überdruckventil
- A = geschlossen
- B = offen

Bei geschlossenem Kurzschlussventil muss alles Wasser durch den Kühler, was zur besseren Kühlung führt als bei Figur 7.

*Sommer- und Winter-Thermostaten* unterscheiden sich in der Öffnungstemperatur, welche durch Flüssigkeiten mit bestimmten Siedepunkten verstellbar ist. Sommer-Thermostaten öffnen bei etwa 75°C, Winter-Thermostaten bei etwa 80–85°C.

#### d. Störungen und Kontrolle

- Bei defektem Dehnkörper oder ausgelaufenem Wachs funktionieren die Thermostaten nicht mehr. Sie reagieren aber unterschiedlich.

Der **Flüssigkeitsthermostat** bleibt je nach Bauart im offenen (meistens) oder geschlossenen Zustand.

Der **Wachsthermostat** bleibt in der Regel geschlossen und führt sofort zu überhitztem Motor. Je nach Einbauart kann er zur Weiterfahrt einfach ausgebaut oder, in geöffneter Stellung fixiert, wieder montiert werden.

(Öffnung mit Schraubenzieher, Fixierung mit eingeklemmter Schraube oder mit Holzstück.)

- Thermostaten können nicht repariert werden.
- Defekte Thermostaten mit Verstellerschrauben können durch diese geöffnet werden, was eine sofortige Weiterfahrt gestattet.
- Je nach Einbauart ist falsche Montage möglich. (Dehnkörper oder Zylinder müssen vom warmen Wasser umspült werden.)
- Zur Kontrolle wird der Thermostat an einem Draht in eine mit Wasser gefüllte Büchse gehalten, die mit der Schweissflamme gewärmt wird. Am Thermometer (bis 90°C) werden die Temperaturen des Öffnungsbeginns und des Öffnungsendes abgelesen. Die Öffnungstemperaturen sind oft eingeprägt, Toleranzen  $\pm 2^\circ\text{C}$ .
- Die Wachsthermostaten reagieren langsamer. Es ist daher angezeigt, die Wassertemperatur bei Öffnungsbeginn 2–3 Minuten konstant zu halten.

## 2. Wasserpumpe und Ventilator

Die Wasserpumpen-Abdichtungen sind meistens wartungsfrei und erfolgen mittels Graphitscheiben oder Simmerringen. (Wellendichtungen). Bei deren Defekt fließt das Wasser durch eine Entlastungsbohrung ins Freie. Zur Reparatur muss sie ausgebaut werden.

### Maximale Fördermengen von Wasserpumpen:

Bei mittleren 6-Zylinder-Personenwagen-Motoren etwa 200 l/min

Bei mittleren 6-Zylinder-Lastwagen-Motoren etwa 300 l/min

Bei vielen Motoren erfolgt die Schmierung der Wasserpumpen-Lager durch ein Ölbad (Niveauschraube). Öltyp nach Betriebsvorschrift.

Die Antriebsleistung des Ventilators eines mittleren Personenwagens beträgt ca. 4 PS, diejenige eines Lastwagens sogar ca. 8 PS. Dies und der Ventilatorlärm, haben zu abschaltbaren Ventilatorantrieben geführt, die unnötiges Mitlaufen des Ventilators verhindern.

Bei temperaturabhängiger Regelung wird z.B der Ventilator mit einer elektromagnetischen Kupplung von einem ins Kühlwasser eingebauten Temperaturschalter bei etwa 82°C ein- und bei etwa 68°C wieder abgeschaltet.

Bei Anwendung von Rutsch- oder hydraulischen Kupplungen beginnen diese zu «rutschen», so dass der Ventilator nur bis zu einer bestimmten Drehzahl (bestimmtes Drehmoment) angetrieben wird.

Unsymmetrisch angeordnete Flügel an den Ventilatoren vermindern die Geräusche.

Beim Wechsel des Ventilatorriemens ist darauf zu achten, dass seine Breite stimmt, er nicht auf dem Grund des Keilriemenrades läuft und dass die Keilriemenräder fluchten.

## 3. Wärme-Austauscher

Durch eine in den Wassermantel des Motorblocks eingebaute Ölleitungsschleife werden zwei Vorteile erreicht: Bei kalten Motoren rascheres Erwärmen des Öles, bei heissem Motor wird das Öl gekühlt.

### III. Luftkühlung

#### 1. Allgemeines

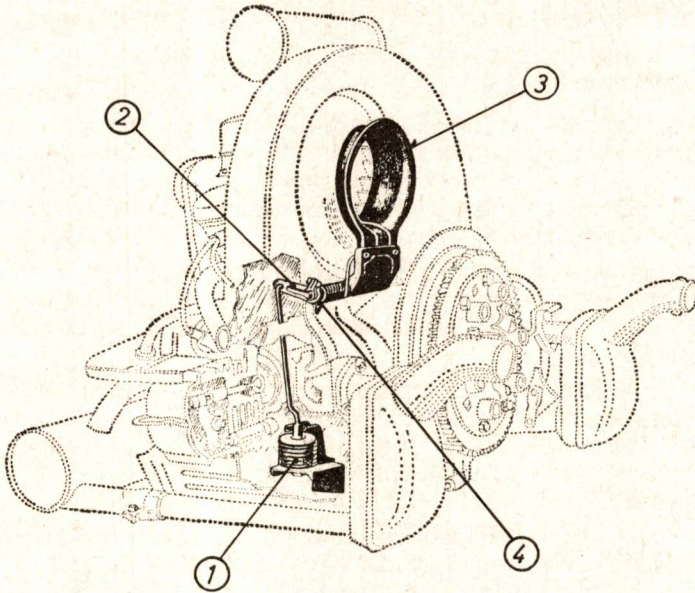
Bei der Luftkühlung wird die Motor-Wärme *direkt* von den Zylindern weggeführt. Dies bedingt, dass die zum Vergrössern der Zylinderoberfläche angebrachten Kühlrippen immer sauber sind, damit ein guter Wärmeübergang an die Luft gesichert ist und die Luft mit genügender Geschwindigkeit vorbeiströmen kann.

Äusserst wichtig ist daher bei luftgekühlten Motoren, dass vorhandene Luftleit- und Verschalungsbleche wieder richtig montiert werden und an den Nahtstellen keine Verluste entstehen (Verschalungsblech Haflinger-Motor!).

Für die nötige Luftmenge und Luftgeschwindigkeit sorgt ein oft schneller als der Motor drehendes Turbinenrad (VW-Motor 1200, etwa 500 Liter pro Sekunde). Die Kühlluftmenge ist auch von der Ventilatorriemenspannung abhängig. Da bei defektem Keilriemen jegliche Kühlung fehlt, sollte in diesen Fahrzeugen ein Ersatzriemen vorhanden sein.

Ob Radial- oder Axialgebläse ist eine Frage des vorhandenen Raumes, der Motor-Grösse und Motor-Anordnung. VW-Motoren besitzen ein Radial-, Magirus-Deutz-Motoren ein Axial-Gebläse.

Der bei der Luftkühlung kurz nach den Zylindern eingebaute Thermostat wird von der heissen Luft bestrichen und reguliert über Gestänge und Drosselring die von der Turbine angesaugte Kühlluftmenge. Diese ist bei kaltem Motor nur klein und wird bei heissem Motor vergrössert.



Figur 9 Kühlluftregulierung des VW-Motors

- |              |               |
|--------------|---------------|
| 1 Thermostat | 3 Drosselring |
| 2 Hebel      | 4 Welle       |

## 2. Arbeitsweise

Bei **kalt**em Motor und zusammengezogenem Thermostaten (1) wird der Hebel (2) nach unten und der Drosselring (3) in das Gebläsegehäuse hineingezogen. Die Kühlluftmenge ist klein.

Bei **warm**em Motor und ausgedehntem Thermostaten wird der Hebel (2) hochgestossen, der Drosselring (3) aus dem Gehäuse gezogen und die Luftmenge vergrößert.

Die *Einstellung* der Kühlluftregelung erfolgt durch Änderung der Hebelstellung auf der Welle (4). Distanzen nach Betriebsvorschriften.

## IV. Der Winterdienst

### 1. Wasserkühlung

Da die Volumenzunahme beim Gefrieren des Wassers etwa 9% beträgt, können bei einem wassergekühlten Motor Frost-Schäden entstehen. Um den Betrieb auch bei tiefen Temperaturen zu gewährleisten, werden dem Kühlerwasser sogenannte Frostschutzmittel beigemischt. Diese bestehen auf der Basis von Äthylen-Glykol, mit einem Siedepunkt von etwa 170°C und einem spezifischen Gewicht von 1,130.

### 2. Frostschutz in den Armee-Fahrzeugen

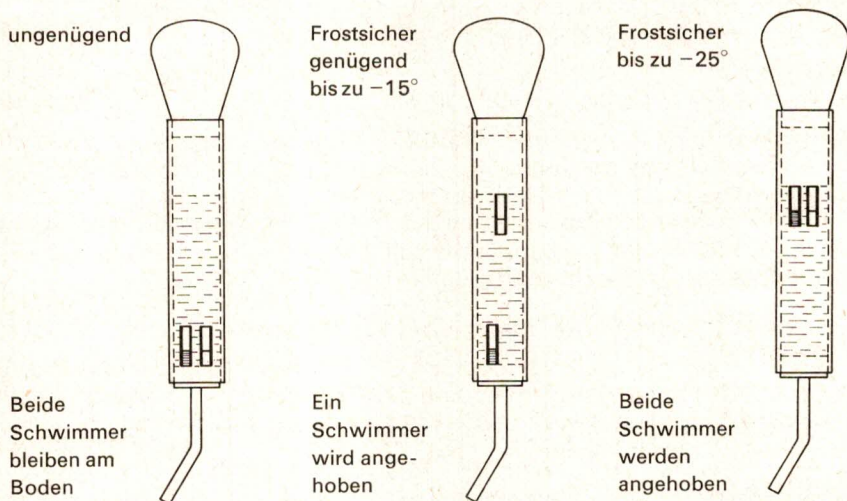
Fahrzeuge, die ab 1. Oktober in den Armee-Motorfahrzeugparks und Zeughäusern gefasst werden, sind mit Frostschutz ausgerüstet. Die schon bei der Truppe vorhandenen Fahrzeuge müssen von der Truppe auf Frostschutz umgestellt werden.

### 3. Prüfung der Frostsicherheit

Die Kennzeichnung der Frostsicherheit erfolgt mit grünen Klebestreifen auf der Windschutzscheibe (innen, rechts oben)

Frostsicherheit (mit zusätzlicher Sicherheitsmarge von ca. 5°):	-15°	-25°	-35°
Mischungsverhältnis: Frostschutzkonzentrat	30%	40%	50%
Wasser	70%	60%	50%
Kennzeichnung	1 Streifen	2 Streifen	3 Streifen

Die vorhandene Frostsicherheit wird mit einfachen Frostschutzprüfern gemessen, die sich in den Werkzeugsortimenten «S» der Motormechaniker befinden.



Figur 10 Prüfung der Frostsicherheit mit Frostschutzprüfer

Für genauere Kontrollen muss auch die Frostschutz-Temperatur berücksichtigt werden, da diese das spezifische Gewicht ändert. Solche Aerometer befinden sich in den Armeefahrzeugparks und Zeughäusern.

*Veränderung des spezifischen Gewichtes durch die Temperatur*

Frostsicher bis	-15°C	-25°C
Gewichtsprozente: Frostschutzkonzentrat Leitungswasser	30 70	40 60
Messtemperatur der Frostschutzlösung <i>in °C</i>	<i>Spezifisches Gewicht</i>	
+ 30	1,038	1,0495
+ 25	1,0405	1,0525
+ 20	1,043	1,055
+ 15	1,045	1,0575
+ 10	1,047	1,060
+ 5	1,049	1,0625
0	1,0505	1,0645
- 10	1,0535	1,0685
- 15	1,0545	1,0705



- Die Messung soll bei kaltem Motor (maximale Kühlflüssigkeitstemperatur + 50°C) erfolgen.
- An den Schwimmern haftende Luftblasen abschütteln.
- Zum Nachmischen im Kühlsystem Motor laufen lassen und erst nach einigen Minuten messen.
- Kühler nicht überfüllen. Oberer Wasserkasten nur zu drei Vierteln füllen (bessere Wasserzirkulation, kein Flüssigkeitsverlust durch Wärmeausdehnung).

#### 4. Frostschutzauffüllung bei der Truppe

- Zur Bestellung des (reinen) Frostschutzkonzentrates ist die totale Kühlwassermenge sämtlicher Fahrzeuge zu bestimmen (Betriebsvorschriften). Bei einer Frostsicherheit von z. B. – 15°C sind 30% davon plus 10% als Reserve zu bestellen.
- Motoren mit stark verschmutztem Wasser (Rostschlamm) sind vorerst gründlich zu spülen.
- Wasserschläuche, auch die Fahrzeugheizungen, sind auf Zustand und Befestigung zu kontrollieren. Alle Undichtheiten sind zu beheben.
- Kühlwasser ablassen, alle Wasser- und Entlüftungshahnen bei noch warmem Motor öffnen, anschliessend Wasserhahnen mit Draht auf Durchgang kontrollieren.
- Vorgemischter Frostschutz einfüllen. Kühler nicht überfüllen. Wenn Wassermenge des Kühlsystems bekannt ist, kann die des errechneten Frostschutzkonzentrates entsprechende Wassermenge abgelassen werden. Konzentrat bei *laufendem Motor* einfüllen. Kontrolle mit dem Frostschutzprüfer nach einigen Minuten.
- Nach durchgeführter Frostsicherheits- und Dichtigkeitskontrolle wird das Fahrzeug an der Windschutzscheibe gekennzeichnet und auf der Fahrzeugliste vermerkt. (Achtung bei Reparatur- und detachierten Fahrzeugen.)

#### 5. Ablassen des Frostschutzes

Ab 1. Mai wird derselbe in den AMP und Zeughäusern an den zurückgegebenen Fahrzeugen abgelassen, gesammelt, zur Regeneration gebracht und wieder weiter verwendet. Die Truppe schiebt den selbst abgelassenen Frostschutz zurück.

#### 6. Winterbetrieb ohne Frostschutz

- Wenn keine spezielle Organisation für das Warmhalten der Motoren getroffen wird, ist das Wasser allabendlich so abzulassen, dass die Räder nicht festfrieren.
- Dazu *alle* Wasser- und Entlüftungshahnen bei noch warmem Motor öffnen.

## D

- Wenn kein Wasser mehr fließt, alle Wasserhähnen mit einem Draht auf Verstopfung kontrollieren. Motor nach ca. 5 Sekunden zur Entleerung der Wasserpumpe laufen lassen und nach nochmaliger Hahnenkontrolle die Hähnen schliessen. (Letzter Tropfen könnte einfrieren und der Hähnen am Morgen nicht geschlossen werden. Das Wasser würde während der Fahrt, nach dem Auftauen des Hahmens, ausfließen.)
- Kühlerverschlussdeckel auf *dem Fahrersitz* bedeutet: «Kein Wasser»! Bei Scharnierdeckel unter Motorhaube entsprechendes Plakat an Lenkrad anbringen.
- Steht am Morgen bei sehr tiefen Temperaturen nur kaltes Wasser zur Verfügung, so muss der Motor vorerst angelassen und das Wasser sofort bei Leerlaufdrehzahl des Motors eingefüllt werden. Sonst gefriert das Wasser während des Einfüllens. Der Kühler bei Systemen mit eingebauten Thermostaten ist diesbezüglich besonders gefährdet.
- Bei Fahrzeugen ohne Kühlerjalousie behilft man sich mit Karton, Decken usw., wobei besonders der untere Kühlerteil zu decken ist. Je nach Temperatur und Motorbelastung kann dieses Hilfsmittel auch während der Fahrt belassen werden (Thermometer kontrollieren).

# Kraftübertragung

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
<b>I. Kupplung</b> . . . . .	1
1. Aufgabe . . . . .	1
2. Bauarten . . . . .	1
3. Einscheiben-Trockenkupplung . . . . .	2
4. Hydraulische Kupplungsbetätigung . . . . .	8
5. Flüssigkeits- oder Strömungskupplung . . . . .	10
<b>II. Schaltgetriebe</b> . . . . .	13
1. Allgemeines . . . . .	13
2. Stufengetriebe . . . . .	14
3. Stufenlose Getriebe . . . . .	29
<b>III. Verteilergetriebe</b> . . . . .	33
1. Allgemeines . . . . .	33
2. Ausführungsarten . . . . .	33
<b>IV. Kardanwelle</b> . . . . .	39
1. Allgemeines . . . . .	39
2. Einbau der Kardanwelle . . . . .	39
3. Kardangelenke . . . . .	40
<b>V. Achsantrieb</b> . . . . .	42
1. Aufgabe . . . . .	42
2. Ausführungsarten . . . . .	42
3. Einstellvorschriften für Kegelradgetriebe . . . . .	44
4. Differentialgetriebe . . . . .	46
5. Differentialsperre . . . . .	48
6. Ausgleichsgetriebe zwischen erster und zweiter Hinterachse bei Dreiaxsern . . . . .	54
<b>VI. Radantrieb mit Reduktionsgetriebe</b> . . . . .	56
1. Aufgabe . . . . .	56
2. Ausführungsarten . . . . .	56
3. Antriebsradlagerung . . . . .	58

# Kraftübertragung

## I. Kupplung

### 1. Aufgabe

Verbrennungsmotoren verfügen erst bei einer bestimmten Drehzahl über das notwendige Drehmoment zur Fortbewegung des Fahrzeuges. Die Kraftübertragungsteile müssen also bei laufendem Motor zugeschaltet werden können. Dazu ist die Kupplung als Trennungsorgan notwendig. Beim Einkuppeln und Anfahren überbrückt die Kupplung durch ihren Schlupf den Drehzahlunterschied zwischen dem laufenden Motor und dem anfänglich stillstehenden Getriebe bis zum Ausgleich. Sie ermöglicht dadurch stossfreies Anfahren, ganz langsames Fahren (mit schleifender Kupplung), das Schalten der Räderpaare während der Fahrt und das Anhalten, ohne dass der Motor abgestellt werden muss.

### 2. Bauarten

#### a. Reibungskupplungen

- Ein- oder Mehrscheiben-Kupplungen, je nach der Grösse des zu übertragenden Drehmomentes und der Platzverhältnisse
- trockene oder nasse Kupplungen
- mit Schrauben- oder Tellerfedern ausgerüstete Kupplungen
- Lamellen-Kupplungen (trockene oder nasse)

Die Reibungskupplungen können mechanisch, hydraulisch, pneumatisch, elektromagnetisch oder durch Fliehkraft betätigt werden.

#### b. Flüssigkeits- oder Strömungskupplungen

#### c. Elektrische Kupplungen

- Elektromagnetische Kupplungen, z. B. Ferlec
- Magnetpulverkupplungen, z. B. Jäger

#### d. Automatische Kupplungen ohne Kupplungspedal

Eine automatische Kupplung besteht in der Regel aus je einer

- Anfahrkupplung, ohne Pedal
- Schaltkupplung, zum Schalten während der Fahrt

#### **Als Anfahrkupplungen dienen:**

- Flüssigkeitskupplungen
- Fliehkraftkupplungen
- Elektromagnetisch betätigte Reibungskupplungen

**Als Schaltkupplungen dienen :**

- mechanisch betätigte Reibungskupplungen
  - elektro-pneumatisch betätigte Reibungskupplungen.
- Bei diesen wird mit dem Ergreifen des Getriebeschalthebels, mittels eines elektromagnetischen Schalters, ein Vakuumventil geöffnet. Dadurch wird die Verbindung von Ansaugrohr zum Servomotor hergestellt, der gleichzeitig pneumatisch auskuppelt.

**Als Anfahr- und zugleich als Schaltkupplung werden verwendet :**

- elektromagnetisch betätigte Reibungskupplungen
  - Magnetpulverkupplungen
- Bei diesen wird mit dem Ergreifen des Getriebeschalthebels mittels eines elektromagnetischen Schalters die Stromzufuhr zu den Kupplungen unterbrochen und somit gleichzeitig die Kupplung gelöst.

**3. Die Einscheiben-Trocken-Kupplungen****a. Mit Schraubenfedern****Arbeitsweise :**

Durch Drücken auf das Kupplungspedal wird über Ausrückgabel, Kupplungsdrucklager und Kupplungshebel die Kupplungsfederkraft überwunden. Die Kupplungsdruckplatte wird von der Mitnehmerscheibe abgehoben und der Kraftfluss dadurch unterbrochen. Zum Erreichen eines weichen Überganges beim Einkuppeln wird der Kupplungsbelag oft auf federnde, an die Nabe der Mitnehmerscheibe befestigte Stahlblechsegmente aufgenietet. Zudem sind die meisten Mitnehmerscheiben zweiteilig und mit Torsionsfedern ausgerüstet, um die Drehschwingungen aufzunehmen. Als Kupplungsdrucklager dienen meistens wartungsfreie Graphitringe oder Wälzlager. Hauptbestandteil des stark hitzebeständigen Kupplungsbelages ist Asbest.

**Montage-Hinweise**

- Beim Auswechseln der Kupplungsbeläge sind Durchmesser, Dicke und Belagsart, nach Fabrikvorschrift zu verwenden.
- Kupplungsbeläge, speziell abgefedernte, sind sorgfältig aufzunieten. Die Kupplungsmitnehmerscheibe ist auf Planlauf zu kontrollieren.
- Das Führungslager der Kupplungswelle im Schwungrad ist zu kontrollieren und mit Spezialfett zu schmieren.
- Die Reibungsflächen von Schwungrad und Kupplungsdruckplatte müssen plan und sauber geschliffen sein.
- Die Kupplungsdruckfedern sind auf ihre Länge und Spannkraft zu prüfen und dürfen keine Abweichung aufweisen.
- Ein zusammengebautes Kupplungsaggregat kann, wenn spezielle Einstellvorrichtungen fehlen, erst nach dem Einbau in das Schwungrad

neu eingestellt werden. Wenn möglich neue Mitnehmerscheibe verwenden.

An den Ausrückhebeln sind folgende Einstellungen vorzunehmen:

**Einstellmass** (vom Hersteller vorgeschriebenes Mass, von der Ausrückplatte, bzw. von den einzelnen Ausrückhebeln auf eine ebenfalls vorgeschriebene Basis)

**Parallelität** der Ausrückplatte, bzw. gleiche Abstände der einzelnen Hebel, zur vorgeschriebenen Basis.

- Kupplungsdrucklager und Lagerspiel der Ausrückvorrichtung kontrollieren.
- Kupplungsmitnehmerscheibe beim Einbau richtig einsetzen, da Nabe vielfach unsymmetrisch ist. Zentrierdorne verwenden.
- Kupplungsspiel auf 20–40 mm freien Weg, gemessen an der Pedalplatte, einstellen. Die Einstellung hat am Gestänge oder am Anschlag zu erfolgen.