

## BOSCH-VERKAUFSHÄUSER UND VERKAUFSBÜROS

Robert Bosch GmbH Verkaufshaus <b>Berlin</b>	1 Berlin-Charlottenburg 2, Bismarckstr. 71, Fernruf 31 03 01
Robert Bosch GmbH Verkaufsbüro <b>Dortmund</b>	46 Dortmund, Mönchenwordt 5, Fernruf 3 20 45
Robert Bosch GmbH Verkaufshaus <b>Frankfurt/M.</b>	6 Frankfurt a. M.-West, Rheingau-Allee 70, Fernruf 77 07 91
Robert Bosch GmbH Verkaufsbüro <b>Hamburg</b>	2 Hamburg 28, Billstr. 87, Fernruf 78 13 71
Robert Bosch GmbH Verkaufshaus <b>Hannover</b>	3 Hannover-S, Große Düwelstr. 48, Fernruf 81 00 81
Robert Bosch GmbH Verkaufshaus <b>Köln</b>	5 Köln-Braunsfeld, Stolberger Str. 370, Fernruf 5 73 51
Robert Bosch GmbH Verkaufshaus <b>München</b>	8 München 3, Seidistr. 13-15, Fernruf 55 82 15
Robert Bosch GmbH Verkaufsbüro <b>Nürnberg</b>	85 Nürnberg 20, Dieselstr. 10, Fernruf 66 25 71-75
Robert Bosch GmbH Verkaufshaus <b>Stuttgart</b>	7 Stuttgart-Feuerbach, Borsigstraße 20, Fernruf 8 91 71

## BOSCH-DIENSTE



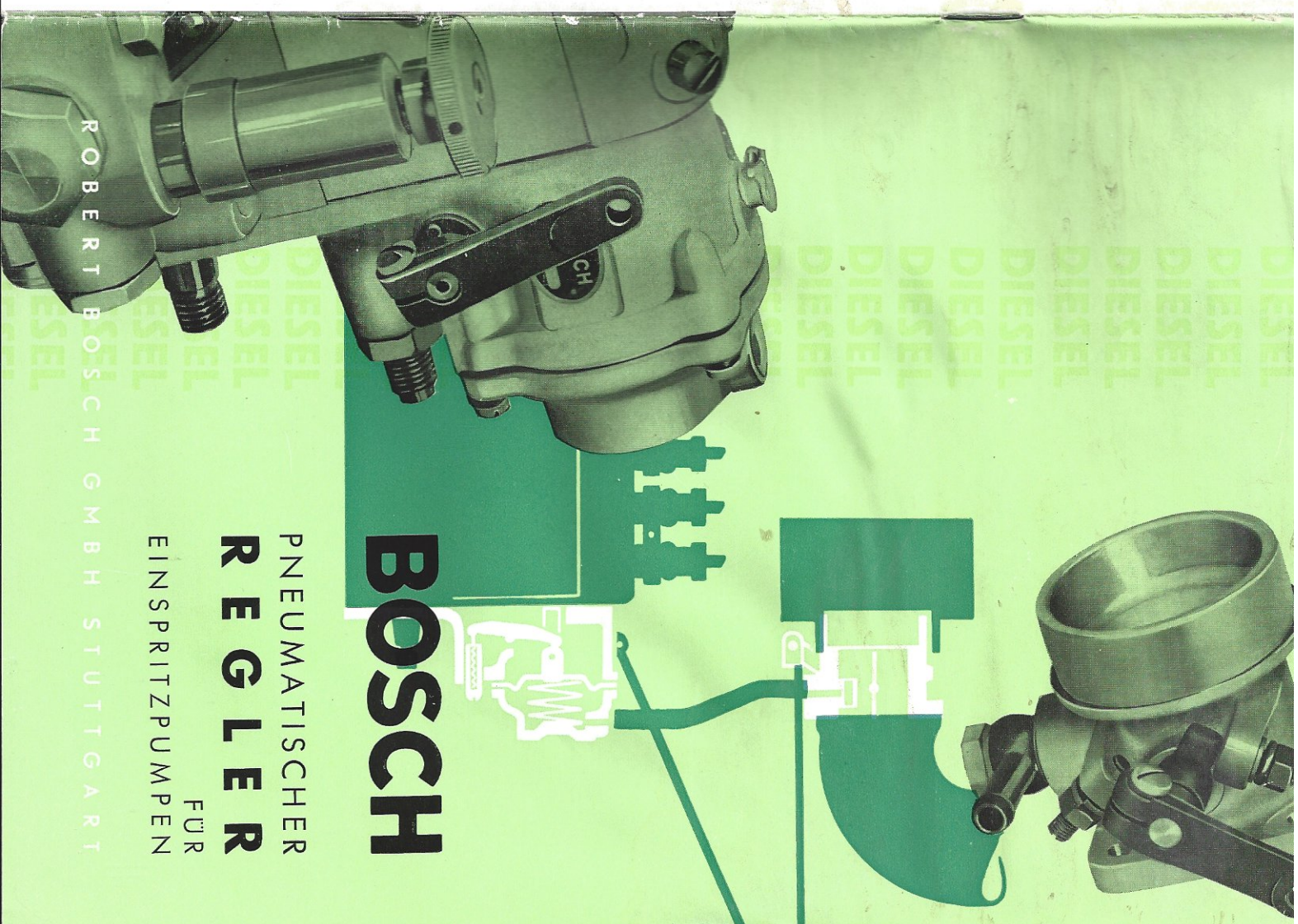
Aachen	Dissen (Teut.-W.)	Heidelberg	Lüneburg	Rheine i. W.
Adlen (Württ.)	Dortmund	Heilbronn a. N.	Mainz	Rosenheim
Altenkirchen	Dortmund-Hoerde	Herne i. W.	Mannheim	Rottweil-Altsrath
(Westervald)	Duisburg	Hildesheim	Marburg/Lahn	Saarbrücken
Amberg/Of.	Düren	Hof a. S.	Memmingen i. B.	Saigau
Aschaffenburg	Düsseldorf	Holzminen/Weser	Midelsrath/Odenw.	Schwab. Gmünd
Augsburg	Ebingen/Württ.	Homburg/Saar	Minden i. W.	Schwab. Hall
Aurich/Of.	Efferen (Kr. Köln)	Husum/Nordsee	Mörs a. Rh.	Schweinfurt
Baden-Baden	Einden	Ingoisrath/Boy.	München 8	Schwenningen/N.
Bad Fersfeld	Erlangen	Itzehoe/Holstein	München 15	Schwerte
Bad Kreuznach	Eschwege	Kaiserslautern	München 45	Siegen
Bad Neuenahr	Essen	Karlsruhe	München 58	Simmern/Hunsrück
Bad Neustadt (Saale)	Eßlingen a. N.	Kassel	Münster i. W.	Singen/Hohenw.
Bamberg	Euskirchen	Kaufbeuren	Neumünster	Soest/W.
Bayreuth	Frankenhal	Kiel	Neunkirchen/Saar	Sollingen
Bensheim/Bergstr.	Frankfurt a. M.	Kirchheim/Teck	Koblenz	Sollingen-Habscheid
Bin.-Charlottenburg	Freiburg i. Br.	Köln a. Rh.	Köln-Braunsfeld	Sollau/Hon.
Bin.-Reinickendorf	Freudenstadt	Köln-Deutz	Köln-Ehrenfeld	Strade/Elbe
Berlin-Schöneberg	Friedrichshafen	Köln-Mühlheim	Konstanz	Strubing/Boy.
Berlin-Spandau	Fulda	Köln-Mühlheim	Korbach/Hess.	Stuttgart-Wangen
Berlin-Wilmersdorf	Gaggenau/Baden	Korbach/Hess.	Krefeld	Trautheim
Berncastel-Kues	Garmisch-Park.	Krefeld	Kulmbach/Of.	Trier
Biberach/Riß	Geisenkirchen-Buer	Krefeld	Kulmbach/Of.	Tübingen
Bielefeld	Geisen	Krefeld	Kulmbach/Of.	Tübingen
Bingen a. Rh.	Göppingen	Krefeld	Kulmbach/Of.	Tübingen
Bocholt	Göppingen	Krefeld	Kulmbach/Of.	Tübingen
Bochum	Göppingen	Krefeld	Kulmbach/Of.	Tübingen
Bonn	Göppingen	Krefeld	Kulmbach/Of.	Tübingen
Bottrop	Göppingen	Krefeld	Kulmbach/Of.	Tübingen
Brackwede/Westf.	Göppingen	Krefeld	Kulmbach/Of.	Tübingen
Braunschw.	Göppingen	Krefeld	Kulmbach/Of.	Tübingen
Bremen	Göppingen	Krefeld	Kulmbach/Of.	Tübingen
Bremerhaven 1	Göppingen	Krefeld	Kulmbach/Of.	Tübingen
Bunde/Westf.	Göppingen	Krefeld	Kulmbach/Of.	Tübingen
Celle	Göppingen	Krefeld	Kulmbach/Of.	Tübingen
Coburg	Göppingen	Krefeld	Kulmbach/Of.	Tübingen
Cuxhaven	Göppingen	Krefeld	Kulmbach/Of.	Tübingen
Darmstadt	Göppingen	Krefeld	Kulmbach/Of.	Tübingen
Darmstadt/Elbe	Göppingen	Krefeld	Kulmbach/Of.	Tübingen
Darmstadt	Göppingen	Krefeld	Kulmbach/Of.	Tübingen
Delmenhorst	Göppingen	Krefeld	Kulmbach/Of.	Tübingen

Verzeichnis der genauen Anschriften auf Wunsch

ROBERT BOSCH GMBH STUTTGART

VDI-UBP 21/21 (12.64)

Printed in Germany  
Imprimé en Allemagne





# Pneumatischer Regler für Einspritzpumpen

Der Diesel-Motor saugt kein Kraftstoff-Luft-Gemisch an wie der Ottomotor, sondern nur Luft, die er hoch verdichtet. Während des Verdichtungshubes, kurz vor dem oberen Totpunkt des Kolbens, fördert die Einspritzpumpe die der jeweiligen Belastung des Motors angemessene Menge Diesel-Kraftstoff und spritzt sie durch die Düse in den Verbrennungsraum. An der hochverdichteten und dadurch stark erhitzten Luft entzündet sich der beim Einspritzen zerstäubte und verteilte Kraftstoff. Diesel-Motoren arbeiten in der Regel mit beträchtlichem Luftüberschuß.

Die Leistung eines Diesel-Motors ist bei gleichbleibender Drehzahl nur von der eingespritzten Kraftstoffmenge abhängig. Soll die Drehzahl bei wechselnden Betriebsverhältnissen (Belastungsänderungen) konstant bleiben, so muß die eingespritzte Kraftstoffmenge jeweils dem erforderlichen Drehmoment angepaßt werden.

Bei BOSCH-Einspritzpumpen wird die Fördermenge durch Verdrehen der Pumpenkolben in ihren Zylindern entsprechend dem Kraftstoff-Bedarf des Motors eingestellt. Gedreht werden die Kolben über die Regelhülsen und die Regelstange entweder durch den Regler selbsttätig oder gegebenenfalls vom Fahrer, und zwar indirekt über den Regler mit dem Fahrpedal (Fahrfußhebel) bzw. direkt mit dem Abstell-Ziehknopf.

Je nach Verwendungszweck des Motors muß der Regler eine gleichbleibende Leerlaufdrehzahl halten oder die Höchststrehzahl begrenzen; manchmal müssen auch dazwischenliegende Drehzahlbereiche eingehalten werden.

In Betracht kommen dafür meistens von der Einspritzpumpe angetriebene **Fliehkraft-Regler** oder vom Luftstrom (Unterdruck) im Saugrohr des Motors gesteuerte **pneumatische** Regler.

Bei größeren Kraftfahrzeugen werden im allgemeinen Fliehkraft-Regler verwendet, die entweder sämtliche Motordrehzahlen halten oder zwischen Leerlauf- und Enddrehzahlen unwirksam sind, d. h. die Regelstange folgt in diesem Bereich direkt dem Fahrpedal. Der Drehzahlbereich des Fliehkraft-Reglers ist jedoch bei einfachen Ausführungen etwas beschränkt, und deshalb wird insbesondere für kleinere schnelllaufende Dieselmotoren (z. B. von Personenkraftwagen), der pneumatische Regler gewählt. Dieser arbeitet schon bei geringem Regeldruck (Unterdruck).

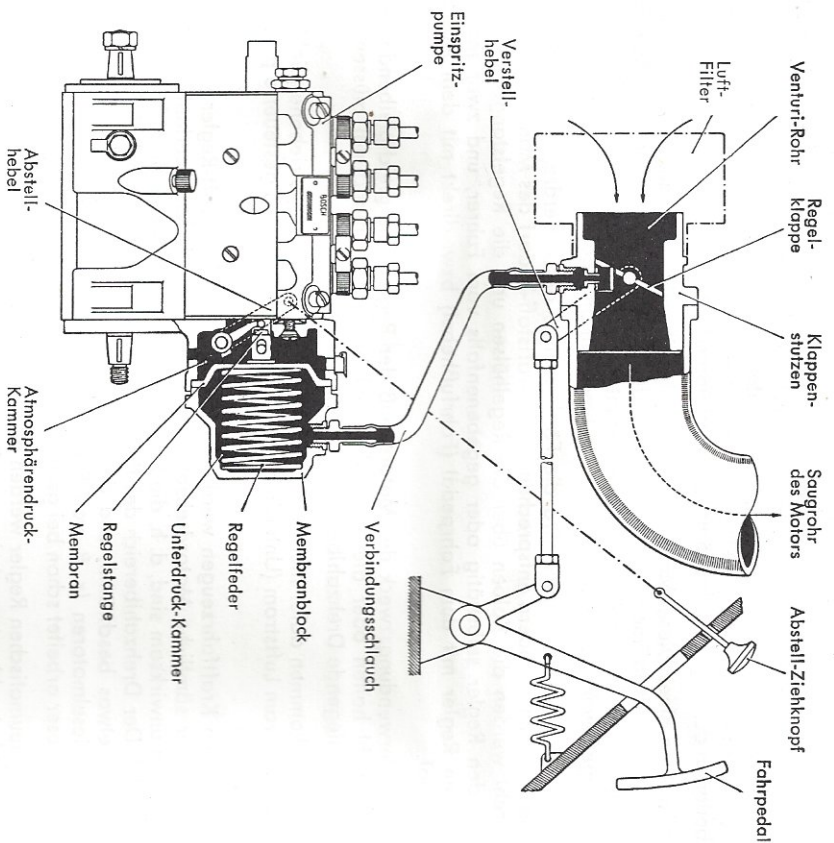
Mit dem pneumatischen Regler werden alle Drehzahlen von der Leerlaufdrehzahl bis zur Höchststrehzahl automatisch geregelt und zwar entspricht jeder Stellung der Regelklappe im Klappenstutzen eine bestimmte Drehzahl des Motors. Der Vollst-Anschlag am Verstellhebel des Klappenstutzens begrenzt die Höchst-Drehzahl, der Leerlaufanschlag die niederste Drehzahl.

## Aufbau des pneumatischen Reglers

Der pneumatische Regler besteht aus zwei Hauptteilen:

1. dem Klappenstutzen (Bestellzeichen EP/K.)
2. dem Membranblock (Bestellzeichen EP/M.)

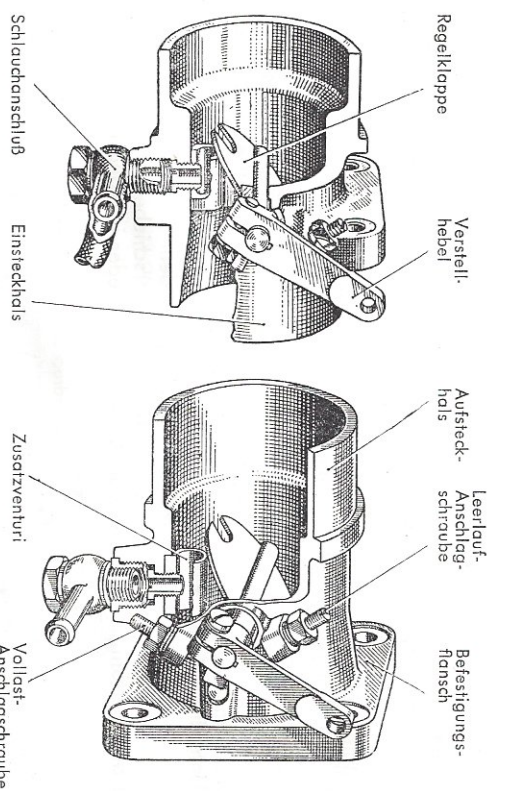
Die Anordnung des Reglers ist in Bild 1 schematisch dargestellt.



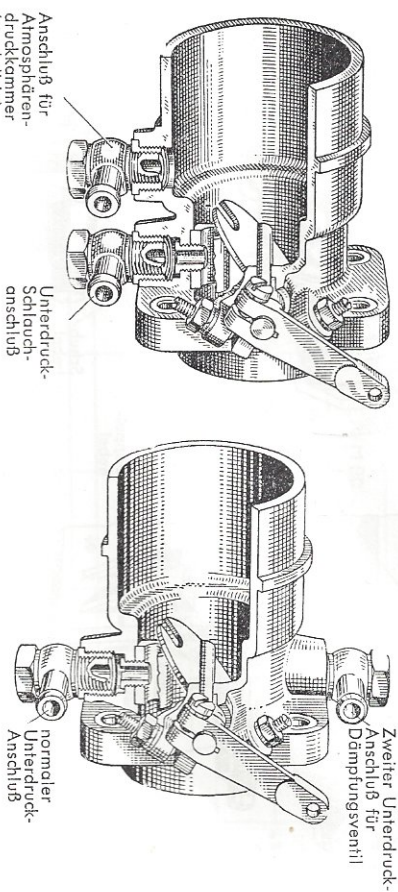
**Bild 1** Anordnung des pneumatischen Reglers, schematisch

## Klappenstutzen (Bilder 2 bis 5)

Der Klappenstutzen ist am Motor-Saugrohr auf der Einstromseite befestigt. Das Luftfilter wird auf den Klappenstutzen aufgesteckt.



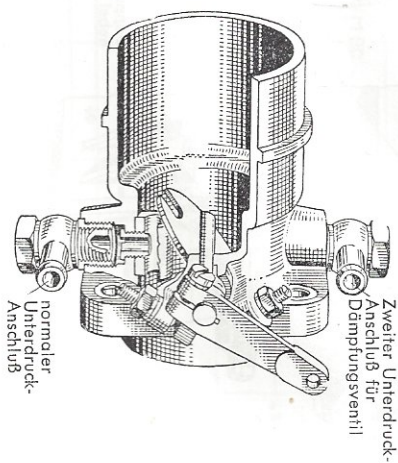
**Bild 2** Klappenstutzen EP/K... mit Einstechhals



**Bild 3** Klappenstutzen EP/K...



**Bild 4** Klappenstutzen EP/K... für staubdichten Anschluss der Atmosphärendruck-Kammer des Membranblocks



**Bild 5** Klappenstutzen EP/K... mit zweitem Unterdruck-Anschluss, nur verwendbar mit Membranblock EP/MV...

Der Stutzen ist ein Venturirohr, d. h. er wird in Saugrichtung (von der engsten Stelle an) allmählich weiter. An der engsten Stelle sitzt eine drehbare Regelklappe und der Anschluss für die Unterdruckleitung. Die Regelklappe ist über einen Verstellhebel und das Gestänge mit dem Fahrpedal verbunden.



## Membranblock (Bilder 6 und 7)

Der Membranblock ist an eine Stirnseite der Einspritzpumpe angebaut und durch eine Membran (aus Leder) in zwei Kammern unterteilt: in die Atmosphärendruck-Kammer und die Unterdruck-Kammer.

Die Atmosphärendruck-Kammer steht immer unter atmosphärischem Druck; denn entweder hat sie mit der Außenluft unmittelbar Verbindung oder (bei der staubdichten Ausführung) über einen Schlauch, der am Kurbelgehäuse oder am Klappenstutzen (zwischen Luftfilter und Regelklappe) angeschlossen ist. Anstelle des Schlauchanschlusses an der Atmosphärendruck-Kammer kann auch ein kleines, besonderes Luftfilter eingeschraubt sein. Von der engsten Stelle des Venturirohrs führt ein Schlauch zur Unterdruck-Kammer. Membran und Regelstange sind durch den Membranbolzen miteinander gekuppelt. Die Membran steht unter dem Druck der Regelfeder, die sie und damit die Regelstange in Richtung VOLL verschieben will. Die Regelstange wird also bei Stillstand des Motors von der Regelfeder in Vollaststellung gedrückt.

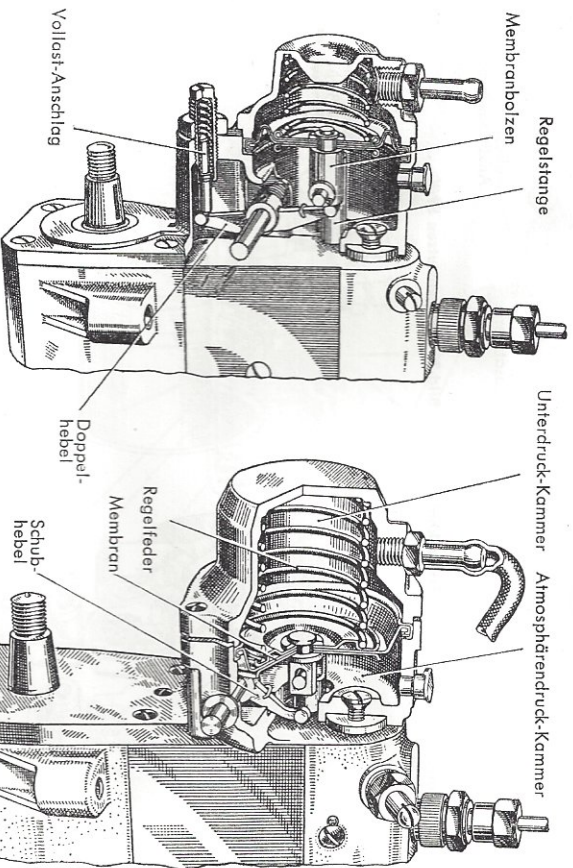


Bild 6 Membranblock EP/M 60 . .

Bild 7 Membranblock EP/M 80 . .

## Wirkungsweise

Bei laufendem Motor hängt die Stellung der Membran und damit auch die der Regelstange ab von der Größe des durch die jeweilige Motorbelastung entstehenden Druckunterschieds zu beiden Seiten der Membran; denn wird, bei irgend einer Stellung der Regelklappe, der Motor belastet und entlastet, so fällt oder steigt seine Drehzahl. Daraus ergeben sich die verschieden großen Unterdrücke

in der Unterdruck-Kammer. Ist der Unterdruck kleiner als die Vorspannung der Regelfeder, so liegt die Regelstange an ihrem Vollast-Anschlag an. Wird der Unterdruck größer, dann wird durch den äußeren (atmosphärischen) Luftdruck die Membran gegen den Federdruck so bewegt, daß die Regelstange in Richtung STOP verschoben wird.

Der zum Regeln notwendige Unterdruck wird erzeugt durch die Strömungsgeschwindigkeit der vom Motor angesaugten Luft im Venturirohr des Klappenstutzens. Je nach Stellung der Regelklappe stellt sich dieser Unterdruck bei niedriger, mittlerer oder höherer Drehzahl ein (Bild 25). Die Regelung beginnt, sobald der Motor diejenige Drehzahl erreicht hat, bei welcher der Unterdruck den Regelfederdruck zu überwinden vermag oder umgekehrt. Der Venturi-Durchmesser ist so gewählt, daß die hochstzulässige Drehzahl bei ganz geöffneter Regelklappe erreicht wird. Der pneumatische Regler ist also von Leerlauf- bis Enddrehzahl wirksam.

Bestimmung der Venturi-Größen siehe Bilder 8 und 9. Die Werte gelten nur bei Verwendung von Luftfiltern mit geringem Durchflußwiderstand (nicht für Ölbadfilter).

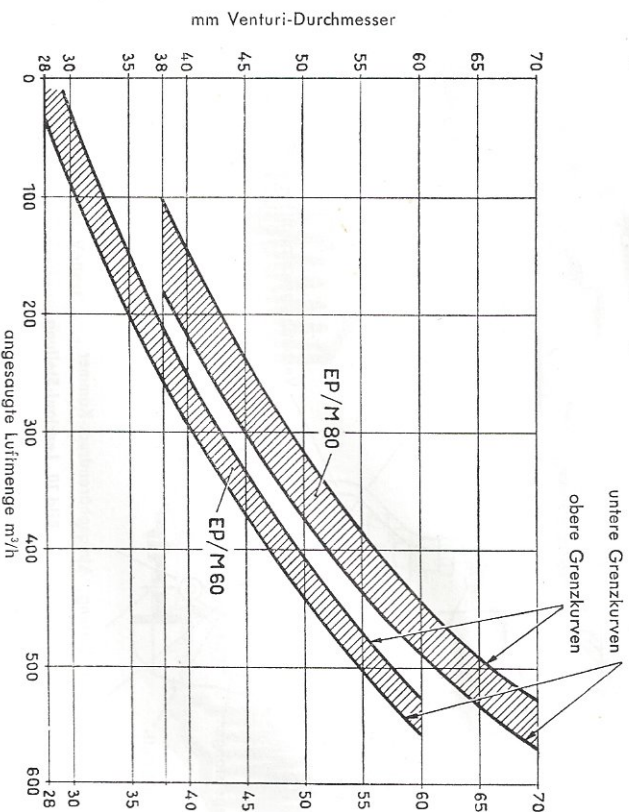


Bild 8 Kurven zur Bestimmung der Venturi-Größen

Angesaugte Luftmenge in einer Stunde:

$$Q = V_h \cdot \frac{n}{2} \cdot 60 \text{ m}^3/\text{h} \text{ (für 4-Takt)}, \text{ worin } V_h = \text{Hubvolumen des Motors in m}^3;$$

$n$  = Drehzahl des Motors/min.

Der Saugrohrquerschnitt  $F_1$  soll 20 bis 30% größer sein als der Venturiquerschnitt  $F_2$ .

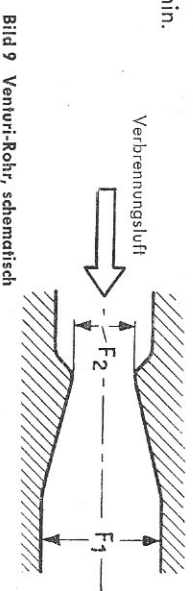


Bild 9 Venturi-Rohr, schematisch



Zum besseren Verständnis der Wirkungsweise des pneumatischen Reglers betrachten wir einige Betriebszustände, unter denen der Regler regelt.

## Verhalten des pneumatischen Reglers

### 1. Im Leerlaufbereich des Motors (Bild 10)

Unter der Leerlaufdrehzahl eines Motors versteht man die niedrigste Drehzahl, bei der er unbelastet mit Sicherheit noch weiterläuft; er ist dabei nur belastet durch seine innere Reibung und die dauernd mit ihm gekoppelten Aggregate wie Lichtmaschine, Einspritzpumpe, Lüfter usw. Der Motor braucht daher eine kleine Einspritzmenge. Diese wird vom Regler selbsttätig eingestellt, wenn die Regelklappe in Leerlaufstellung steht (Bild 10).

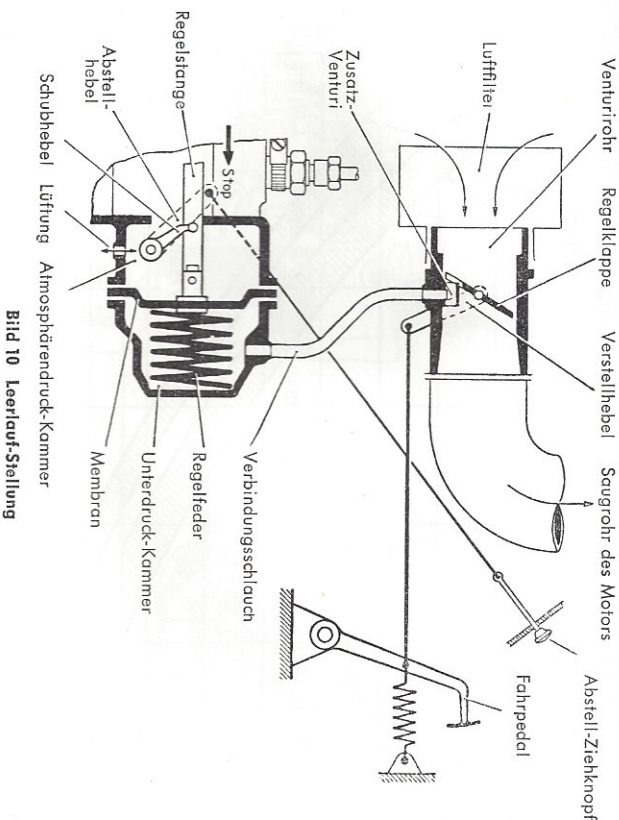


Bild 10 Leerlauf-Stellung

Läuft der Motor im Leerlauf, so ist das Fahrpedal in Ruhelage. Die Rückzugfeder am Fahrpedal zieht den Verstellhebel der Regelklappe gegen den einstellbaren Leerlauf-Anschlag, so daß das Venturi-Rohr fast ganz geschlossen ist. Hierdurch, nämlich durch den verhältnismäßig kleinen Ansaug-Querschnitt, entsteht in der Unterdruckkammer schon bei der niedrigen Leerlaufdrehzahl ein Unterdruck, der ausreicht, die Regelstange — gegen den Druck der Regelfeder — in ihre Leerlaufstellung zu ziehen. Wird die Belastung des Motors kleiner, so beschleunigt er sich, also wächst der Unterdruck. Folglich verschiebt die Membran — gegen den Druck der Regelfeder — die Regelstange noch weiter in Richtung STOP; der Motor läuft also wieder langsamer. Wird dagegen die Belastung größer, so verzögert sich der Motor, also läßt der Unterdruck nach; die Membran verschiebt daher — unter dem Druck der Regelfeder — die Regelstange in Richtung VOLL, und der Motor läuft wieder schneller. Der Regler begrenzt somit die Leerlaufdrehzahl nach oben und unten, d. h. er regelt die Leerlaufdrehzahl.

### 2. Im obersten Drehzahlbereich des Motors (Endregelung Bilder 11 und 12)

Im obersten Drehzahlbereich eines Motors gibt es zwei Drehzahlen, die hier besonders interessieren: die Nennzahl und die Höchstzahl. Die Nennzahl ist diejenige Drehzahl, die der Motor machen muß, um seine volle Leistung abgeben zu können. Die Höchstzahl ist diejenige Drehzahl, die der Motor im äußersten Falle (bei Nulllast) erreichen, auf keinen Fall aber für längere Zeit überschreiten darf, ohne gefährdet zu sein.

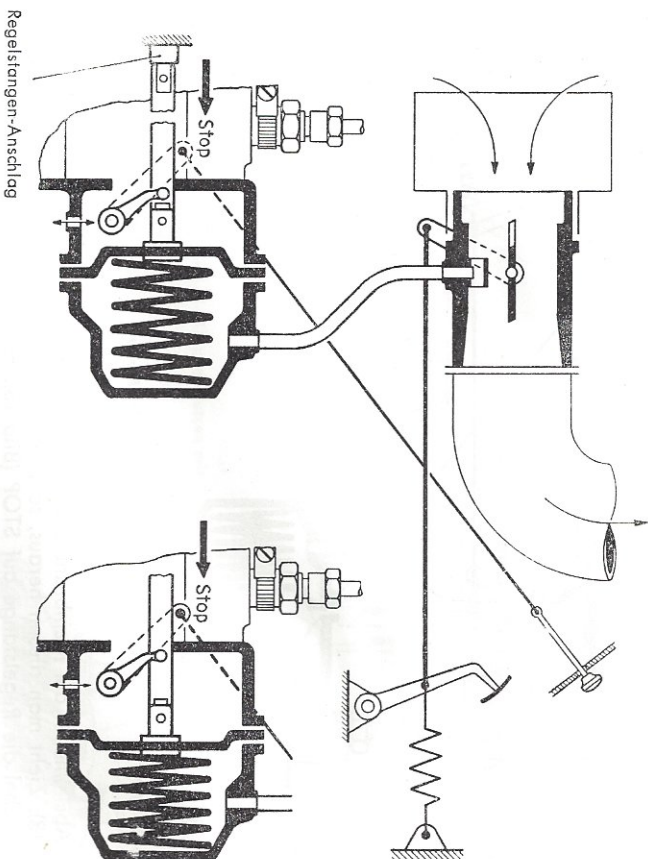


Bild 11 Nennzahl, Vollast

Bild 12 Höchstzahl, Nullast

Will der Fahrer auf die Nennzahl oder die Höchstzahl kommen, so muß er das Fahrpedal ganz nieder treten; der Verstellhebel der Regelklappe liegt dann an seinem (einstellbaren) Vollast-Anschlag an. Die Regelklappe ist dabei ganz offen. In der Unterdruckkammer herrscht zunächst nur ein geringer Unterdruck.

Der zum Regeln notwendige Unterdruck wird, bei ganz geöffneter Regelklappe, erst bei der Nennzahl erreicht. Die Begrenzung (Regelung) der Höchstzahl beginnt daher, sobald der Motor seine Nennzahl erreicht hat. Die Regelstange geht also beim Überschreiten der Nennzahl von ihrem Vollast-Anschlag weg und verschiebt sich in Richtung STOP so lange, bis die Kraftstoff-Fördermenge so klein geworden ist, daß die Höchstzahl nicht mehr überschritten werden kann. Die Höchstzahl ist um den Betrag des Ungleichförmigkeitsgrads (s. S. 13) höher als die Nennzahl.



### 3. Zwischen Leerlauf- und Enddrehzahl

Der pneumatische Regler hält — ebenso wie ein »Verstellregler« — auch jede Drehzahl zwischen der Leerlauf- und Enddrehzahl konstant, und zwar in den Grenzen des Ungleichförmigkeitsgrads. Je mehr man das Fahrpedal (bzw. die Regelklappe) in Richtung VOLL verstellt, desto höher wird die Motordrehzahl.

### 4. Beim Abstellen des Motors (Bild 13)

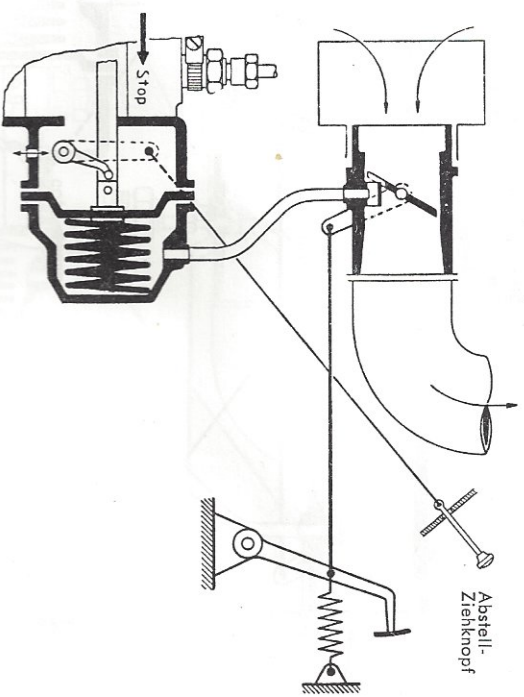


Bild 13 Abstellen des Motors

Der Abstellhebel am Membranblock ist mit einem Ziehknopf verbunden (Bilder 10 und 13). Zieht man diesen heraus, so drückt der mit dem Abstellhebel gekuppelte Schubhebel die Regelstange auf STOP (Bild 13). Es wird also kein Kraftstoff mehr eingespritzt, und der Motor bleibt stehen (Ausnahme siehe »Rücklauf des Motors«).

### Rücklauf des Motors (Bild 14)

Bei einigen Fahrzeugen wird neuerdings vom Motorenhersteller eine Sicherung gegen das Anlaufen in umgekehrter Drehrichtung serienmäßig eingebaut. Es kommt aber vor, daß warmgelaufene Motoren (insbesondere Vorkammernmotoren) ohne diese Sicherung z. B. durch Rückschlag beim Anlassen oder wenn das Fahrzeug rückwärts bergab rollt, in der falschen Drehrichtung anspringen, also rückwärts laufen. In diesem Fall arbeitet der pneumatische Regler nicht mehr richtig, denn beim Rückwärtslaufen eines Motors wird die Ansaugleitung zum Auspuß. Weil die Regelklappe im Leerlauf nur wenig geöffnet ist, würden sich nun die Abgase in der Ansaugleitung stauen. Überdruck in der Ansaugleitung bedeutet aber, daß auch in der Unterdruckkammer des Reglers Überdruck entsteht. Auf die Membran wirken dann keine Sauge sondern Druckkräfte. Von der Regelfeder unterstützt, wird dadurch die Regelstange sehr kräftig in Richtung VOLL gedrückt. Die Folge ist nun, daß sich der Motor rasch beschleunigt und durchgehen will. Mit dem Abstellziehknopf läßt sich der Motor dann nicht abstellen, wegen der großen Gegenkräfte.

Als Sicherung gegen das Durchgehen beim Rückwärtslauf des Motors dient das Zusatz-Venturirohr. Es ist in den Klappenstutzen an der Anschlußstelle für den Unterdruck im Venturirohr eingebaut und durchdringt die Regelklappe, so daß selbst wenn diese geschlossen ist, die Auspußgase beim Rückwärtslauf entweichen können. Wird aber während des Rückwärtslaufs die Regelklappe kurz geöffnet, so will der Motor durchgehen, auch wenn die Regelklappe sofort wieder geschlossen wird.

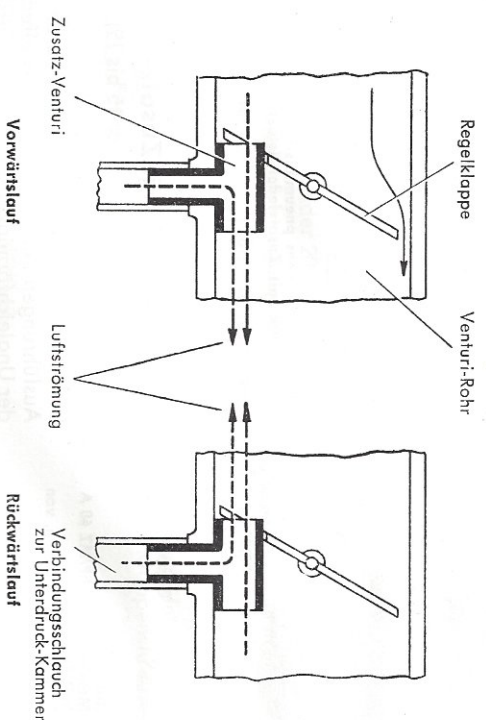


Bild 14 Klappenstutzen mit Zusatz-Venturirohr

### Ein rückwärtslaufender Motor, bemerkbar durch starke Qualitätsentwicklung aus der Motorhaube, muß sofort abgestellt werden, da sonst infolge fehlender Schmierung Lagerschäden auftreten können und der Luftfilter verbrennen kann.

Die wirkungsvollste und sicherste Methode den Motor rasch abzustellen ist in diesem Fall, einen Gang einlegen (am besten den 3. oder 4.), Bremspedal durchtreten und Motor durch Loslassen der Kupplung abwürgen. Weitere Abstellmöglichkeiten sind: Auspußrohr zuhalten oder Abstellvorrichtung betätigen und gleichzeitig Vollgas geben.

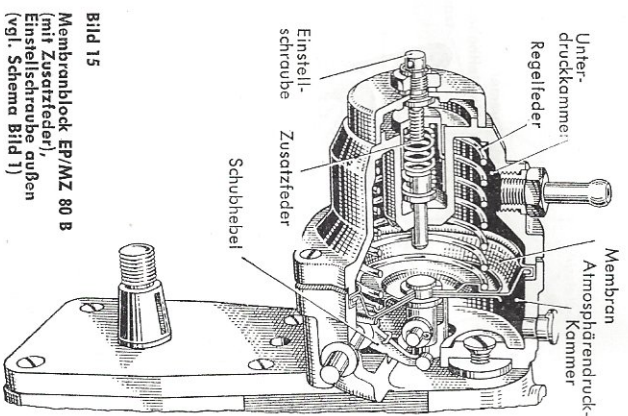


Bild 15 Membranblock EP/MZ 80 B (mit Zusatzfeder, Einstellschraube außen (vgl. Schema Bild 1))



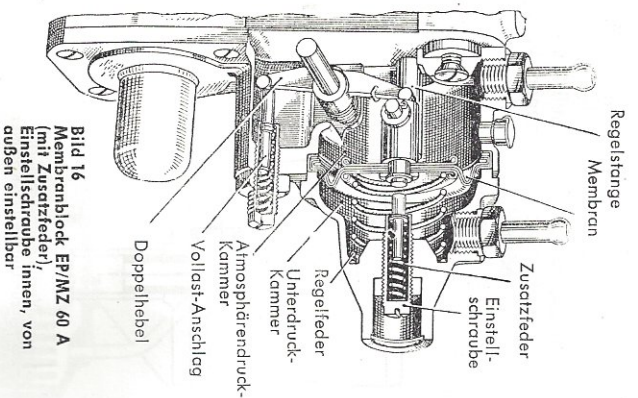


Bild 16  
Membranblock EP/MZ 60 A  
(mit Zusatzfeder)  
Einstellschraube innen, von  
außen einstellbar

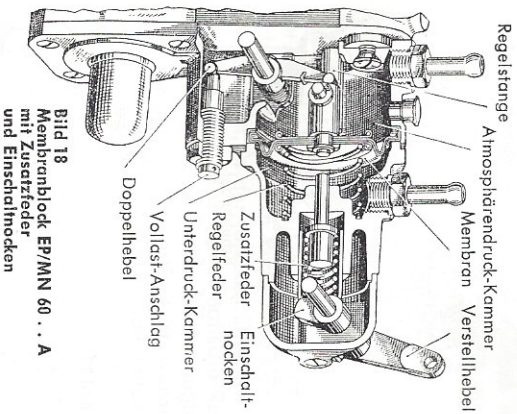


Bild 18  
Membranblock EP/MN 60 . . A  
mit Zusatzfeder  
und Einschalt-nocken

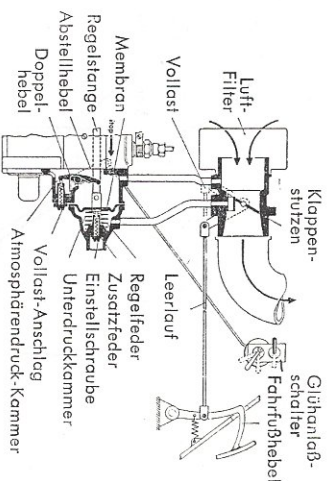


Bild 17 Schema eines pneumatischen Reglers; Membranblock mit Zusatzfeder (straubdichte Ausführung)

## Membranblock mit Zusatz-(Leerlauf-) Feder (Bilder 15 bis 19)

Bei den bisher beschriebenen Membranblock-Ausführungen mit nur einer Regelfeder ist der Ungleichförmigkeitsgrad des Reglers etwa 12—15%, also für manche Motoren zu hoch. Aus diesem Grunde baut man Regler, deren Membranblock anstelle der normalen eine weichere Regelfeder und dazu noch eine Zusatz-Regelfeder (Leerlauffeder) haben. Diese

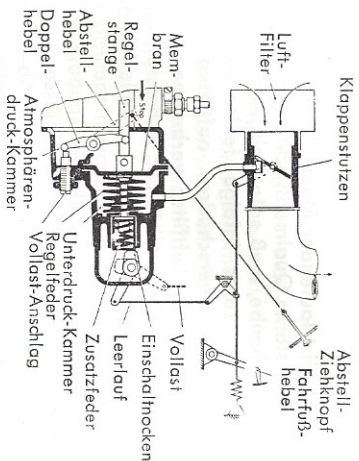


Bild 19 Schema eines pneumatischen Reglers; Membranblock mit Zusatzfeder und Einschalt-nocken

darf nur bei der Leerlaufdrehzahl in Tätigkeit treten (Bilder 15 bis 19). Die Zusatzfeder verhindert das Schwanken der Leerlaufdrehzahl und ist wesentlich steifer als die Endregelfeder. Damit läßt sich bei brauchbarem Leerlauf ein Ungleichförmigkeitsgrad von 6—10% erreichen. Die Einstellung der Zusatzfeder muß ziemlich genau sein, und zwar so, daß die Feder bei Leerlauf gerade noch etwas gespannt ist (s. Einstellen der Leerlaufdrehzahl Seite 20).

Die Bilder 18 und 19 zeigen einen Membranblock, dessen Zusatzfeder bei Leerlauf durch einen Nocken automatisch eingeschaltet und bei Vollaft wieder ausgeschaltet wird.

## Membranblock mit Dämpfungs-Ventil zur Stabilisierung des Leerlaufs (Bilder 20 und 21)

Der Klappenstutzen, der zu dieser Bauart gehört, hat außer dem normalen Unterdruck-Anschluß einen zweiten unmittelbar vor der Regelklappe (vgl. Bilder 5 und 21).

In der normalen Unterdruckleitung, die hinter der Klappe angeschlossen ist, stellt sich ein Unterdruck ein, wie beim einfachen Klappenstutzen.

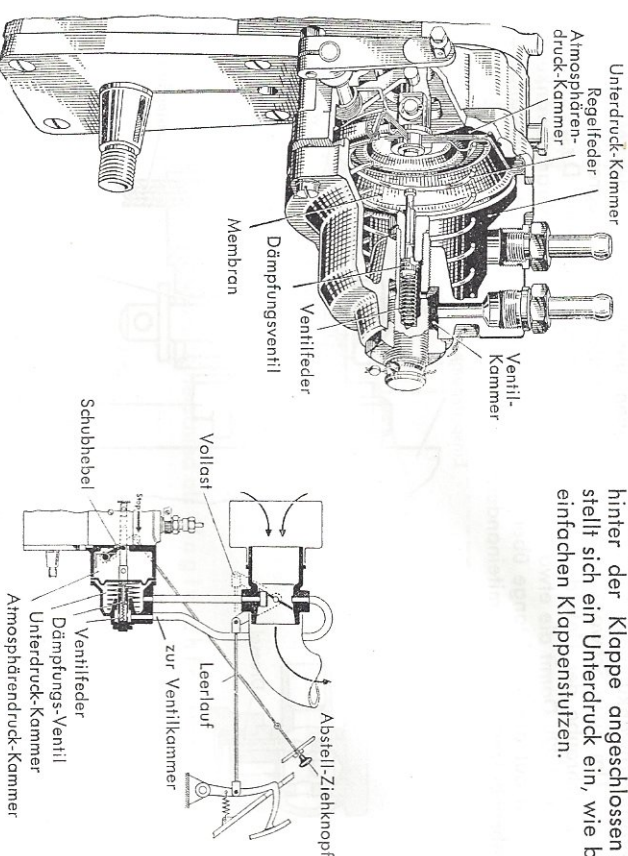


Bild 20 Membranblock EP/MV . . mit Dämpfungs-Ventil zur Stabilisierung des Leerlaufs

Bild 21 Schema eines pneumatischen Reglers; Membranblock EP/MV . . mit Dämpfungs-Ventil

Am zweiten Anschluß, also auch in der Ventilkammer des Membranblocks entsteht bei offener Regelklappe ein Unterdruck, der dem am normalen Anschluß herrschenden etwa gleich ist. Der zweite Anschluß hat also auf die Regelung der Drehzahl im Vollaft-Bereich keinen Einfluß; auch dann nicht, wenn die Membran so weit gegen das Dämpfungs-Ventil verschoben wird, daß der Membranbolzen das Ventil aufstößt und offen hält.



Je weiter die Regelklappe aber geschlossen wird — also bei kleiner werdenden Drehzahlen (bis Leerlauf) — um so mehr nimmt auch der Unterdruck am Anschluß vor der Regelklappe ab, während der am normalen Anschluß gleich bleibt, d. h. der Druckunterschied wird größer.

Ist nun die Belastung gering, dann werden Regelstange und Membran so weit in Richtung STOP verschoben, bis das Dämpfungs-Ventil aufgestoßen wird und Luft aus der Ventilkammer in die Unterdruckkammer strömen kann. Infolge dieser Luftinstromung ändert sich der Druck in der Unterdruckkammer weniger rasch, wenn die Drehzahl steigt oder fällt; die Regelung wird weniger empfindlich, d. h. gedämpft. Diese Dämpfung ist wegen des größeren Druckunterschieds, oben erwähnten Druckunterschieds um so größer, je kleiner die Drehzahl wird.

Der Lauf des Motors im unteren Drehzahlbereich, vor allem im Leerlauf, wird stetiger; der Motor läuft „rund“.

## Sonder-Maßnahmen

Bei Motoren mit vier oder weniger Zylindern können im Membranblock zu große Unterdruckschwankungen auftreten und einen unruhigen Lauf des Motors verursachen. Um diese Schwankungen auf ein zulässiges Maß zu begrenzen, ist in die Anschlußschraube der Unterdruckleitung am Membranblock eine Drossel eingebaut (Bild 22). Damit die etwa noch auftretenden, kleinen Membranschwankungen sich nicht auf die Regelstange übertragen können, verbindet man Regelstange und Membranbolzen nicht starr miteinander.

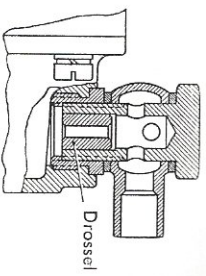


Bild 22 Anschlußschraube mit Drossel

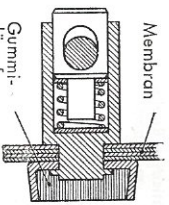


Bild 24 Membranbolzen mit Gummidämpfer

Der Verbindungsbolzen von Regelstange und Membranbolzen steckt deshalb nicht in einer Bohrung, sondern in einem Schlitz des Membranbolzens (Bild 23). Der Membranbolzen kann sich daher um einen kleinen, bestimmten Betrag axial hin- und herbewegen, ohne die Regelstange mitzunehmen. Durch diese Maßnahmen wird ein ruhiger Lauf des Motors erzielt.

Zur Dämpfung der Geräusche im Leerlauf kann (bei Reglern mit Zusatzfeder) der Membranbolzen auf der Unterdruckseite mit einem Gummidämpfer versehen sein (Bild 24).

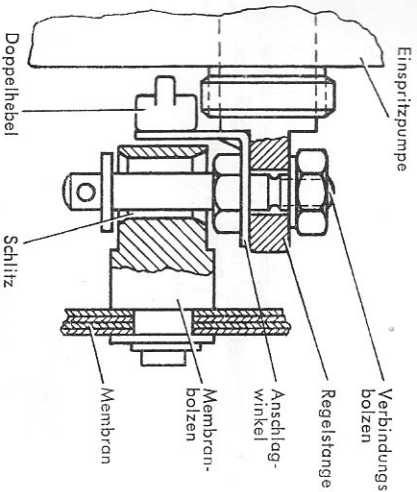


Bild 23 Membranbolzen mit Schlitz, Draufsicht

## Ungleichförmigkeitsgrad

Zum Verschieben der Regelstange muß — wenn auch verhältnismäßig wenig — Arbeit geleistet werden. Da der Regler drehzahlabhängig arbeitet, muß zum Verschieben der Regelstange eine Drehzahländerung eintreten, die jedoch nicht beliebig groß sein darf, sondern die sich in den vom Motorenbauer verlangten Grenzen bewegen muß. Wird also z. B. von Vollast auf Nullast — bei gleicher Stellung der Regelklappe — entlastet, so steigt die Motordrehzahl bis zur Begrenzung durch den Regler (Bild 25).

Die Drehzahl des Motors ist daher — bei gleicher Stellung der Regelklappe — bei Vollast etwas kleiner als bei Nullast.

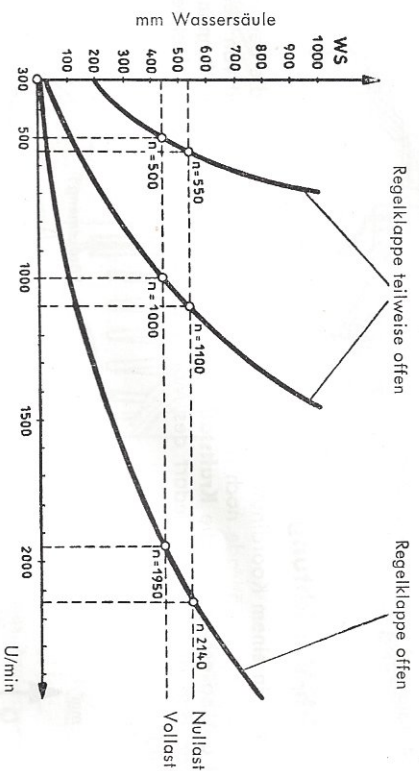


Bild 25 Ungleichförmigkeitsgrad

Man bezeichnet diesen Drehzahlunterschied als Ungleichförmigkeitsgrad und definiert ihn als

$$\delta = \frac{(n_h - n_v) \cdot 100}{n_m} \% \text{, worin}$$

$n_h$  = Höchstdrehzahl, durch Verstellhebelstellung gegeben (unbelastet)

$n_v$  = Vollastdrehzahl, durch dieselbe Verstellhebelstellung gegeben (vollbelastet)

$n_m$  = mittlere, „eingestellte“ Drehzahl (arithmetisches Mittel zwischen  $n_h$  und  $n_v$ )

$$\text{also } n_m = \frac{n_h + n_v}{2} \text{ U/min}$$

Die Drehzahlen sind  $P$  u  $m$  p  $e$  n drehzahlen.

Bild 25 zeigt Unterdruckkurven für 3 verschiedene Regelklappen-Stellungen.



Rechnet man die Ungleichförmigkeitsgrade aus, so ergibt sich, daß sie beim pneumatischen Regler über den ganzen Drehzahlbereich ziemlich gleich sind (vgl. Bild 25).

1.  $\eta_h = 550$ ;  $\eta_v = 500$ ;  $\delta = 9,55\%$
2.  $\eta_h = 1100$ ;  $\eta_v = 1000$ ;  $\delta = 9,52\%$
3.  $\eta_h = 2140$ ;  $\eta_v = 1950$ ;  $\delta = 9,3\%$

Der Ungleichförmigkeitsgrad ist ein Maß für die Güte der Regelung: ein Regler ist um so besser, je kleiner die Ungleichförmigkeit ist. Bei kleinen, schnelllaufenden Fahrzeugmotoren sind Werte von 6–10% tragbar. Der Ungleichförmigkeitsgrad kann jedoch nicht beliebig klein gemacht werden, weil er auch von den Eigenschaften des Motors und von noch anderem beeinflußt wird.

## Angleich-Vorrichtung

Trägt man in einem Koordinatensystem die Vollastkraftstoffmenge, die beim Betrieb eines Dieselmotors gerade noch rauchfrei verbrennt in Abhängigkeit von der Drehzahl auf, so erhält man die **Kraftstoff-Bedarfs-Kennlinie**. Aus dieser Kennlinie geht hervor, daß der Kraftstoffbedarf des Motors bei steigender Drehzahl etwas sinkt (geringere Luftfüllung).

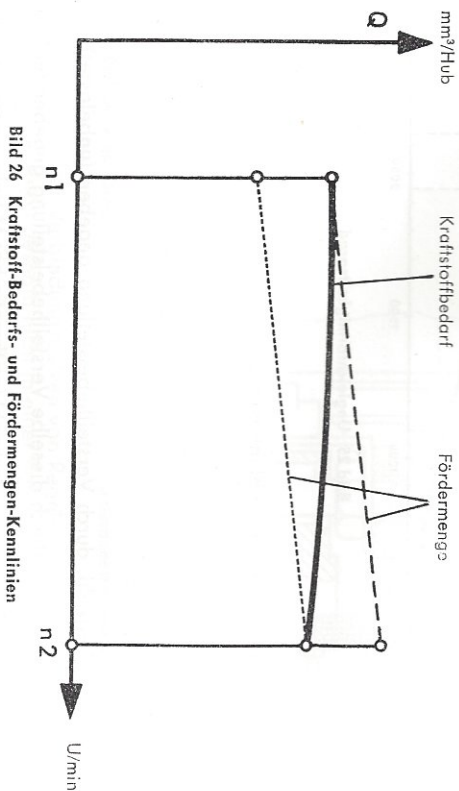


Bild 26 Kraftstoff-Bedarfs- und Fördermengen-Kennlinien

Trägt man dagegen die Fördermenge der Einspritzpumpe — Regelstange in Vollaststellung festgehalten — bei verschiedenen Drehzahlen auf, so ergibt sich die **Förder-Kennlinie**. Die Förder-Kennlinie zeigt, daß die Einspritzpumpe bei höherer Drehzahl mehr fördert, als bei niedriger Drehzahl.

Grundsätzlich soll sich die Bedarfs-Kennlinie des Motors mit der Förder-Kennlinie der Einspritzpumpe möglichst genau decken. Es hat sich als zweckmäßig erwiesen, die Höchst-Fördermenge der Einspritzpumpe am Regelstangenanschlag so einzustellen, daß das größtmögliche Drehmoment im unteren Drehzahlbereich erreicht wird (gestrichelte Förder-Kennlinie). Damit der Motor bei höherer Drehzahl und Vollast wegen der zu großen Kraftstoffmenge nicht raucht und rußt, muß die Förder-Kennlinie der Einspritzpumpe der Bedarfs-Kennlinie des Motors „angeglichen“ werden. Dies wird mit Hilfe der Angleichfeder erreicht, die zwischen Vollastanschlag und Membran eingebaut ist (Bild 27).

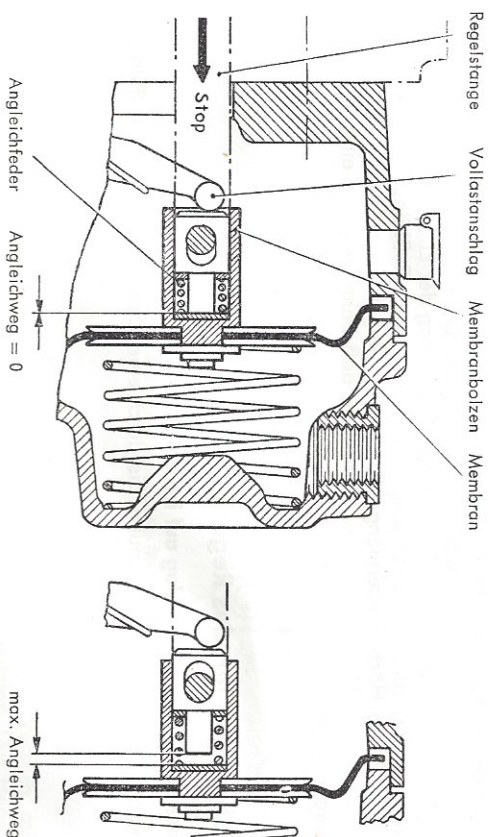


Bild 27 Regler mit Angleichvorrichtung

An einem Beispiel sei die Wirkungsweise der Angleichvorrichtung erläutert:

Ein Fahrzeug fahre auf ebener Strecke (und nicht unter Vollast) bei einer bestimmten Stellung des Fahrpedals mit entsprechender Geschwindigkeit. Wird nun aus irgend einem Grund (z. B. Steigung der Strecke) die volle Leistung vom Motor verlangt, so muß der Fahrer „Gas geben“, und zwar bis zur äußersten Fahrstellung. Dadurch wird die Regelstange an ihren Vollast-Anschlag gedrückt. Da aber der Unterdruck wegen der verhältnismäßig kleinen Drehzahl bei voll geöffneten Regelklappe noch zu gering ist (Bild 25), drückt die Regelfeder dabei die Angleichfeder um den Angleichweg zusammen (Bild 27 links) und verschiebt so die Regelstange noch um ein kleines Stück in Richtung VOLL. Durch das „Gasgeben“ steigert sich die Drehzahl. Je mehr diese nun zunimmt, desto größer wird der Unterdruck, wodurch der Druck der Regelfeder auf die Angleichfeder kleiner wird. Die Angleichfeder beginnt sich zu entspannen und schiebt die Membran mit Regelstange um den Angleichweg in Richtung STOP (Bild 27, rechts). Die Stellung einer Membran o. h. n. Angleichfeder dagegen ändert sich unterhalb des für die Endregelung notwendigen Unterdrucks nicht.



Die Antriebsfeder und der Antriebsweg sind so bemessen und auf die Regelfeder und den Motor abgestimmt, daß die Fördermenge bei Vollast genau der Verdauungscharakteristik des Motors angeglichen ist, d. h. daß sich die Bedarfskennlinie und die Fördermengenkennlinie genau decken.

## Regelstangen-Anschläge für den pneumatischen Regler

Jeder Motor hat wie gesagt eine Rauchgrenze, über die hinaus die Einspritzmenge nicht vergrößert werden kann, ohne daß der Motor unzulässig zu rauchen beginnt. Dies rührt daher, daß dann der im Zylinder vorhandene Sauerstoff zur vollständigen Verbrennung des Kraftstoffs nicht mehr ausreicht. Der Motor ist also an seiner Leistungsgrenze angelangt, und jede weitere Steigerung der Einspritzmenge ist somit nicht nur nutzlos, sondern sogar schädlich (z. B. wegen Rußbildung). Aus diesem Grund muß die Höchstfördermenge durch einen Regelstangen-Anschlag begrenzt sein. Er kann außerdem dazu eingerichtet sein, daß beim Anlassen eine bestimmte Mehrmenge gegeben werden kann.

### Ausführungsarten des Regelstangen-Anschlags

#### 1. Fester Regelstangen-Anschlag auf freier Pumpenseite

Er ist einstellbar durch eine Schraube, die durch einen Splint gesichert wird (Bild 28).

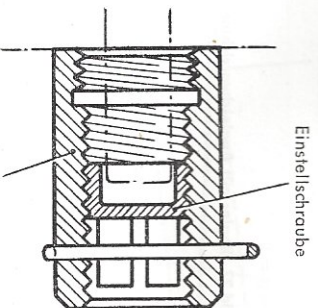


Bild 28 Fester Regelstangen-Anschlag

#### 2. Regelstangen-Anschlag auf freier Pumpenseite mit Zughebel für Mehrmenge beim Anlassen

Er ist einstellbar durch Einschrauben der Führungsbuchse des Anschlagbolzens und gesichert durch Gegenmutter (Bild 29).

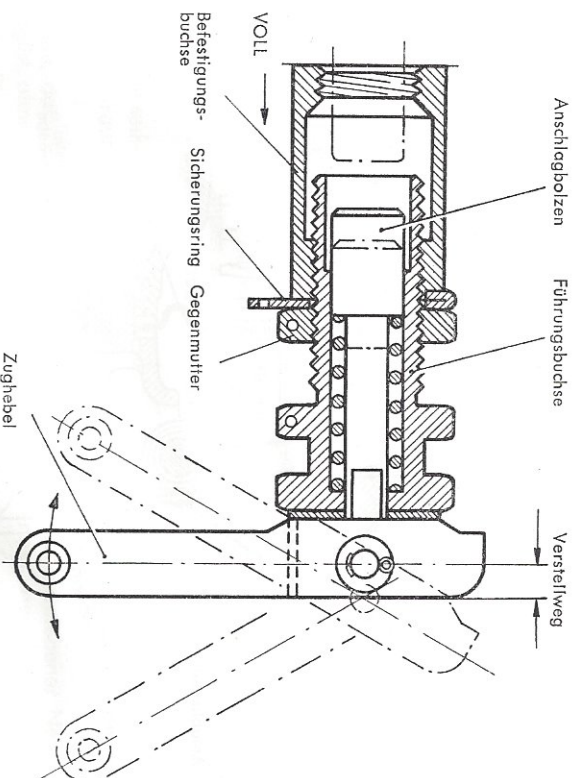


Bild 29 Regelstangen-Anschlag mit Zughebel für Mehrmenge beim Anlassen

Der Zughebel darf nur zum Anlassen benutzt werden; denn der Versuch, mit ihm die Leistung des Motors zu steigern, ist wie gesagt völlig nutzlos. Der Hebel muß also während des Anlassens gezogen und gleich nach dem Anspringen des Motors wieder losgelassen werden. Um Mißbrauch zu verhindern, kann das Bedienungsglied auch so eingerichtet sein, daß es bei laufendem Motor nicht betätigt werden kann.

#### 3. Regelstangen-Anschlag für Mehrmenge beim Anlassen, eingebaut im Membran-block

Er ist mit der Einstellschraube einstellbar, die durch eine Gegenmutter gesichert ist (Bild 30).

Beim Anlassen wird der Verstellhebel (der außerdem Abstell- und Anlaßhebel ist) in Richtung START betätigt. Dadurch wird der federbelastete Anschlagbolzen über den Doppelhebel ein Stück weit in die Einstellschraube hineingedrückt, und die Regelfeder kann die Membran und damit die Regelstange etwas mehr in Richtung VOLL verschieben. Dem Motor wird also während des Anlassens mehr Kraftstoff als die Vollastmenge zugeführt.

Zieht man den Verstellhebel in Richtung STOP, so wird auch die Regelstange auf STOP gedrückt: der Motor bleibt stehen.



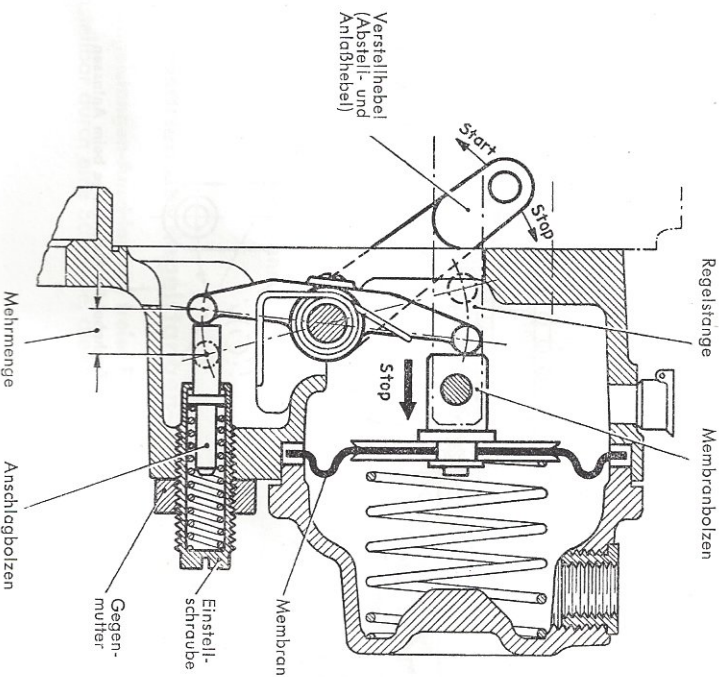


Bild 30 Membranblock mit eingebautem Regelstangen-Anschlag für Vollast und für Mehrmenge

#### 4. Regelstangen-Anschlag auf freier Pumpenseite mit Druckknopf für Mehrmenge beim Anlassen (nur mit Membranblock EP/MV.. verwendbar)

Er ist durch Einschrauben der Führungsbuchse einstellbar und durch die Gegenmutter gegen Verdrehen gesichert (Bild 31).

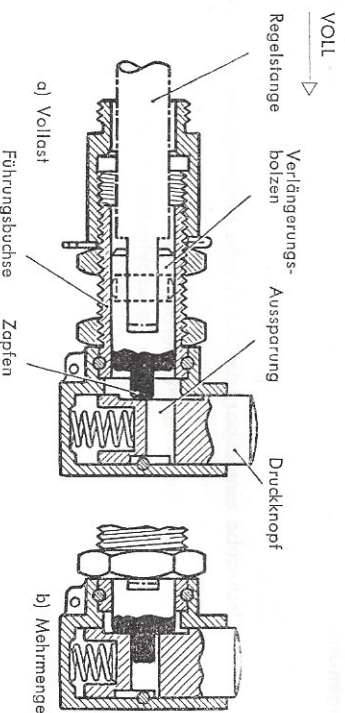


Bild 31 Regelstangen-Anschlag mit Druckknopf für Mehrmenge beim Anlassen

Wenn der Druckknopf vor dem Anlassen des Motors (mit „Vollgas“) eingedrückt wird, rastet der Zapfen des Verlängerungsbolzens unter dem Druck der Regelfeder in die Aussparung des Druckknopfes ein. Der Regelstangenweg in Richtung VOLL wird also um den Einspurweg (7 mm) verlängert. Der Druckknopf, den seine Feder zurückzuschieben versucht, wird vom Zapfen des Verlängerungsbolzens gehalten. Nach Auspringen des Motors zieht der Regler die Regelstange und den Verlängerungsbolzen zurück. Der Druckknopf schnappt in die Ausgangsstellung zurück und wirkt in dieser Lage bei Vollast als Anschlag für die Regelstange.

### Einstellen der zulässigen Fördermenge

Die zulässigen Vollast-Fördermengen der in Serien an unsere Kunden gelieferten vollständigen Einspritzpumpen sind meistens eingestellt. Die Einstellung ist dann durch Plomben an den Einstellschrauben gesichert.

#### A) Einstellen auf dem Motor-Prüfstand

1. Einstellschraube des Regelstangenanschlages etwas zurückschrauben oder entfernen.
2. Motor auf Prüfstand laufen lassen und Regelklappe am Klappensutzen so weit öffnen, daß der Motor seine volle Leistung bei vorgeschriebener Nenn Drehzahl abgibt, ohne zu rußen (Rauchgrenze). Das Luftfilter muß angebaut sein.
3. Diese Klappenstellung mit der Anschlagsschraube festhalten. Anschlagsschraube sichern.
4. Einstellschraube des Regelstangenanschlages so weit hineinschrauben, daß sie bei den unter 2. angegebenen Verhältnissen die Regelstange gerade berührt. Durch Splint sichern. Abdeckscheibe wieder einsetzen.

#### B) Einstellen im Fahrzeug

1. Wie unter A) 1.
2. Da bei stehendem Fahrzeug der Motor nicht belastet werden kann, muß an der Regelklappe die Höchstzahl eingestellt werden. Diese ist um den Ungleichförmigkeitsgrad (je nach Regelfeder 6—15%) höher als die vorgeschriebene Nennzahl.
3. Wie unter A) 3.
4. Einstellen der Rauchgrenze durch Fahrversuch: Sind vom Motorenhersteller keine Unterlagen über die zulässige Fördermenge vorhanden, so wird die maximale Fördermenge durch Fahrversuche ermittelt. Man geht wie folgt vor:  
Der Regelstangen-Anschlag wird vorerst so eingestellt, daß beim Beschleunigen des Motors (bei stehendem Wagen) die Abgase nicht übermäßig „rauchen“. Dann wird das Fahrzeug im direkten Gang auf der Ebene oder auf leicht ansteigender Strecke von einer niedrigen Geschwindigkeit (etwa 15 km/h) bis kurz vor Höchstgeschwindigkeit beschleunigt. Hierbei sind von einem Mitfahrer die Auspuffgase zu beobachten und die Rauchgrenze festzustellen. Sind die Auspuffgase ruhig so ist die maximale Fördermenge zu groß. Man schraube daher die Einstellschraube so lange weiter hinein, bis das Rußen aufhört. Sind die Auspuffgase schon beim ersten Versuch sauber, so ist die maximale Fördermenge zu klein oder zufällig gerade richtig. Um einen Leistungsverlust infolge zu kleiner Fördermenge zu vermeiden, muß der Versuch so oft wiederholt werden, bis eindeutig die Rauchgrenze erreicht ist.



Nun muß noch der Höchstdrehzahl-Anschlag am Klappenstutzen geprüft werden. Hierzu stellt man bei stehendem Wagen die Höchstdrehzahl des Motors mit einem Drehzahlmesser fest. Die Höchstdrehzahl ist gleich der Nenndrehzahl plus dem Zuschlag für den betreffenden Ungleichförmigkeitsgrad. Die tatsächliche Nenndrehzahl (= Beginn des Abregels) kann nur durch den Fahrversuch festgestellt werden. Man kann den Regelbeginn sehr gut beobachten, wenn man am Zahnkranz einer Regelhülse in der Einspritzpumpe einen Zeiger anbringt (z. B. ein Streichholz in den Klemmbackenschlitz des Zahnkranzes einklemmt).

## Einstellen der Leerlauf-Drehzahl

Die Leerlauf-Drehzahl wird mit dem Leerlauf-Anschlag am Klappenstutzen eingestellt. Dabei soll die Zusatzfeder (wenn vorhanden) gerade noch etwas gespannt sein. Schwankt die Leerlauf-Drehzahl, so wird die Zusatzfeder so weit nachgestellt, daß der Motor mit Leerlauf-Drehzahl ruhig läuft. Die Zusatzfeder darf jedoch nicht stärker nachgestellt werden, als für die Beruhigung des Leerlaufs gerade notwendig ist, da sich die Leerlaufdrehzahl sonst erhöhen würde. Außerdem würde dadurch der Ungleichförmigkeitsgrad bei der Endregelung zu groß. Hat der Membranblock eine nockeneinschalbare Zusatzfeder, so ist ein schwankender Leerlauf dadurch zu beruhigen, daß man die Länge des Nocken-Schaltgestänges so lange verändert bis der Motor mit der vorgeschriebenen Leerlaufdrehzahl ruhig läuft. Zur Kontrolle läßt man nach dem Einstellen der Zusatzfeder oder des Nocken-Schaltgestänges den Motor bei ganz geöffneter Regelklappe (Vollgas) laufen. Die dabei erreichte Höchstdrehzahl darf nicht unzulässig höher sein als die vorher am Klappenstutzen eingestellte.

Der Dämpfungs-Ventil-Halter wird bei niederster Leerlaufdrehzahl so weit eingeschraubt, daß im Leerlauf keine Drehzahlschwankungen festzustellen sind.

## Einbau des Reglers

Beim Einbau des pneumatischen Reglers ist grundsätzlich darauf zu achten, daß die Leitungen und Anschlüsse bis zum Zylinderkopf vollständig luftdicht sind und daß nirgends Luft auf falschem Wege einströmen kann.

### Klappenstutzen

Der Klappenstutzen wird mit seinem Flansch an dem Saugstutzen des Motors festgeschraubt; auf dem Aufsteckhals des Klappenstutzens wird das Luftfilter angebracht. Der Verstellhebel am Klappenstutzen ist mit dem Fahrpedal zu verbinden (Bild 1). Die Einstellung der Motordrehzahl wird um so feiner, je größer der Weg des Fahrpedals gewählt wird.

### Membranblock

Der Membranblock kann auf beiden Seiten der Einspritzpumpe angebracht werden. Bei Bestellung ist daher anzugeben, ob er (auf die Deckelseite der Pumpe gesehen) links oder rechts — je nach der Steuerkante des Pumpenkolbens — angebaut werden soll. Der Abstellhebel am Membranblock ist mit einem Ziehknopf am Schalbreit zu verbinden (Bild 1). Je nachdem es für den Einbau vorteilhafter ist, kann der Abstellhebel auf der linken oder rechten Seite seiner Welle befestigt werden.

## Unterdruckleitung

Für die Unterdruckleitung zwischen Klappenstutzen und Membranblock wird ein ölbeständiger Spezialschlauch verwendet. Die Länge des Schlauches ist je nach den Einbauverhältnissen verschieden und muß deshalb bei der Bestellung angegeben werden. Wichtig ist eine gute und dauerhafte Befestigung des Schlauches an den Anschlußstutzen; denn löst sich der Schlauch oder reißt er ab, so geht der Motor durch. Am besten wird deshalb der Schlauch mit Schlauchbändern befestigt und gesichert. Der Schlauch darf nicht an irgendwelchen Motorteilen scheuern.

Beachten Sie bitte, daß bei Motoren mit mehreren Luftansaugrohren an jedem Saugrohr ein Klappenstutzen anzubringen ist; die Schlauchleitungen sind dann über eine gemeinsame Leitung zum Membranblock zu führen.

## Pflege

Nach je 1500 km Fahrt sollen bei EP/M 60 etwa 2—4 Tropfen, bei EP/M 80 etwa 4—6 Tropfen gutes Motoröl durch den Klappöler eingefüllt werden. Hierdurch bleibt die Membran geschmeidig. Wenn kein Klappöler vorhanden ist, muß auch nicht nachgeschmiert werden.

Ist das Luftfilter verstopft, so muß es gereinigt werden. Ein verstopftes Luftfilter macht sich dadurch bemerkbar, daß der Motor seine Nenndrehzahl nicht mehr erreicht. Das Gestänge zum Fahrpedal und Ziehkнопf soll immer leicht gehen, Gelenke und Reibstellen sind daher gegebenenfalls nachzuölen.

## Störungen

Wenn der Motor unregelmäßig läuft, ist dies in den meisten Fällen nicht auf den Regler, sondern auf andere Ursachen zurückzuführen.

Wird die Membran verspannt eingebaut, so klemmt die Regelstange; der Motor sägt. Bei beschädigter Membran werden Leerlauf- und Enddrehzahl unzulässig hoch.

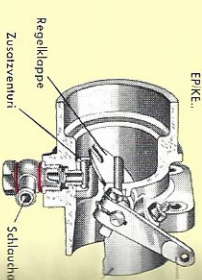
Die Dichtheit des Membranblocks wird auf folgende Weise geprüft: Regelstange mit Abstellhebel bis zum Stop-Anschlag bewegen und Schlauchmundstück mit dem Finger zuhalten, Abstellhebel loslassen; die Membran darf mit der Regelstange erst zurückgehen, wenn der Finger vom Schlauchmundstück entfernt wird.

Ist das Luftfilter verstopft, so wird die Vollastdrehzahl nicht mehr erreicht (vgl. Pflege).

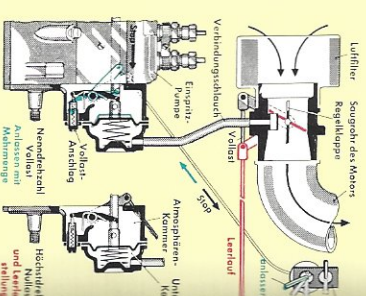
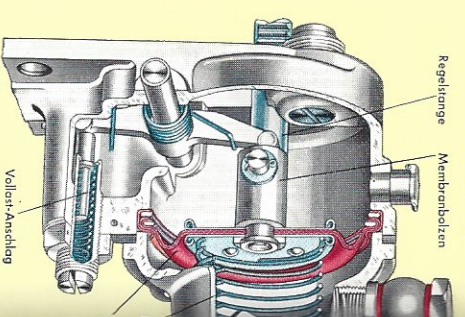
**BOSCH**

Klappenstutzen

EPKE.



Membranblock:

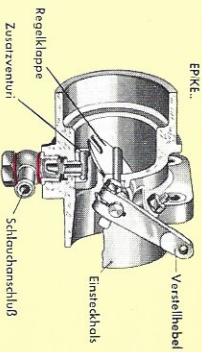




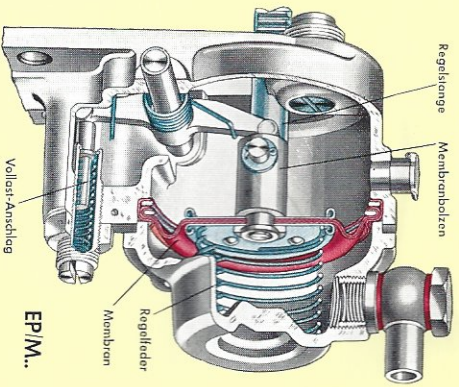
# BOSCH

## Klappenstutzen

EPKE.

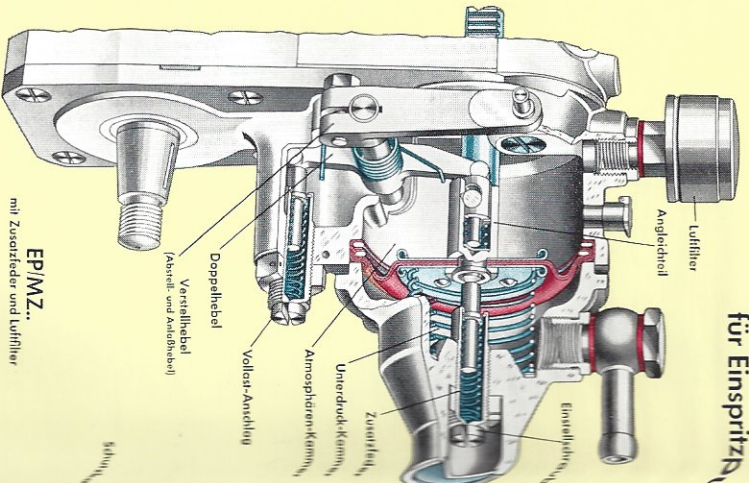


## Membranblock:



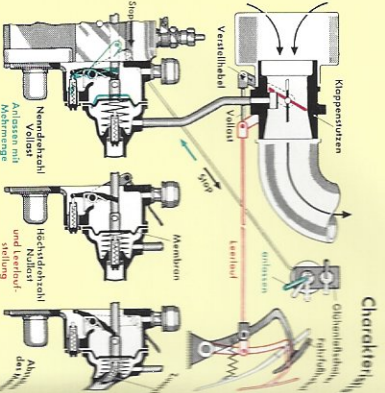
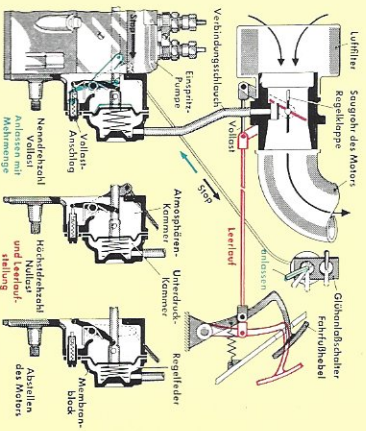
# Pneumatik

## für Einspritzpumpen



EPMZ..

mit Zusatzdrucker und Lufthilf

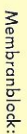


Charakter



## für Einspritzpumpen von Diesel-Motoren

EP/KE.

[illegible]