Verschiedene Arten von Einspritzpumpen
Archiv AWD

BOSCH Kraftstoffeinspritzpumpen

Aus Bild 1 ist eine Einspritzpumpe in einem Motor eingebaut. Sie besteht zur Hauptsache aus dem Pumpengehäuse mit den eingebauten Pumpenelementen und der Nockenwelle und aus dem seitlich angebautem Regler mit Spritzversteller.

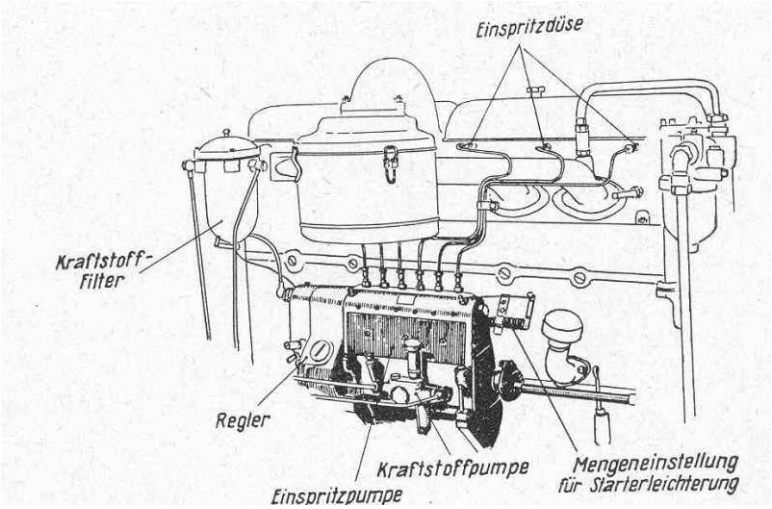

Bild 1 Einspritzpumpe am Motor

Eine 6 Zylinder - Reiheneinspritzpumpe hat 6 Pumpenelemente, eine 4 Zylinder – Reiheneinspritzpumpe hat 4 Pumpenelemente usw., so dass für jeden Motorzylinder ein Pumpenelement vorhanden ist, dass dem angeschlossenen Motorzylinder zuteilen soll. Alle diese Pumpenelemente sind in dem Pumpengehäuse untergebracht und die Pumpenkolben dieser Elemente werden von einer gemeinsamen Nockenwelle im Sinne der Zündfolge angetrieben. Da die Einspritzpumpe von 4 Takt Motoren mit halber Motordrehzahl laufen muss, wird sie mit der entsprechenden Übersetzung von der Kurbelwelle des Motors angetrieben. Wir wollen uns zunächst ein solches Pumpenelement herausgreifen und näher betrachten.

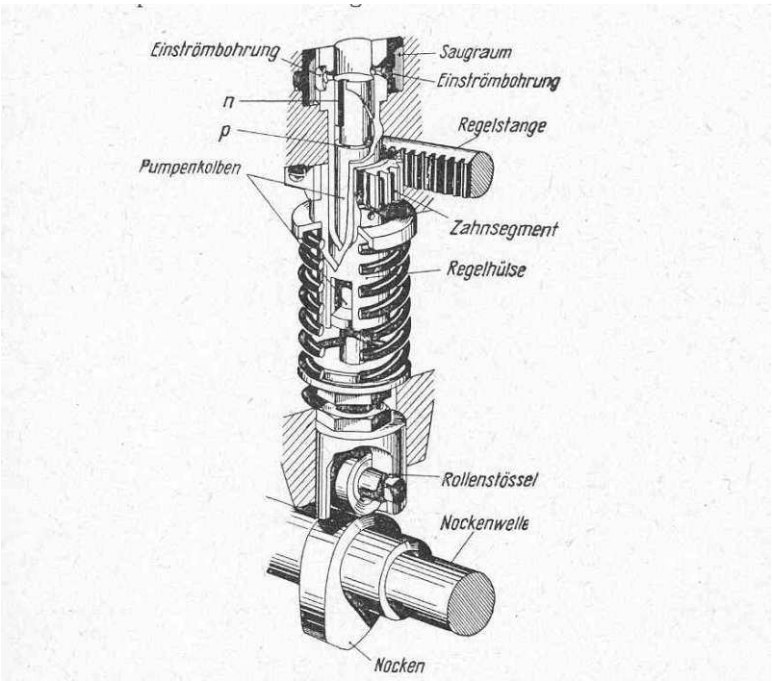

Bild 2 Pumpenelement im Schnitt. Der Nocken drückt den Pumpenkolben aufwärts und die Feder abwärts. Dabei fließt Kraftstoff durch die Einströmbohrungen und durch die senkrechte Nute n bis zur Kolbenkante p, Diese Kante rundherum ist die eigentliche Fläche des Kolbens, die den Kraftstoff anhebt.

Aus Bild 2 ist ein solches Pumpenelement schematisch zu ersehen. Die Nockenwelle treibt den Rollenstößel auf und ab. Der Pumpenkolben ruht auf dem Rollenstößel. Bei der Drehung der Nockenwelle hinterlegt also der Pumpenkolben einen Weg auf- und abwärts, der dem Hub des Nockens entspricht. Wenn der Kolben in seiner untersten Stellung steht, gibt er die Einströmbohrungen zum Saugkanal frei und der Kraftstoff kann, da er unter einem geringen Überdruck steht und weil der Kolben auch bei seinem Abwärtsgang eine Saugwirkung ausgeübt hat, in die Kolbenführung einfließen. Der Kraftstoff fließt unter diesen Verhältnissen schnell in den Raum zwischen dem Pumpenkolben und den Druckventil und ferner durch die senkrechte Nute n hindurch bis zur Unterkante des Pumpenkolbens. Hier kann der Kraftstoff nicht weiterfließen, weil das untere Ende des Pumpenkolbens von der Kante p nach unten rundherum glattschaftig und eine enge Passung hat. Wenn also der Pumpenkolben im unteren Totpunkt steht, ist der gesamte Hohlraum bis zum Druckventil mit Kraftstoff aufgefüllt (siehe Bild 2). Wenn jetzt der Pumpenkolben aufwärts geht, so wird er von der Kante p ringsherum gehoben und der Kraftstoff kann zunächst wieder aus den Einströmbohrungen zurück fließen.

Zum besseren Verständnis nehmen wir jetzt den Pumpenkolben und seine Führung vergrößert heraus und sehen diese Vorgänge im Einzelnen – Bild 3 -. In diesem Bild steht der Pumpenkolben gerade so, dass er mit seiner Oberkante die Unterkante der Einström-

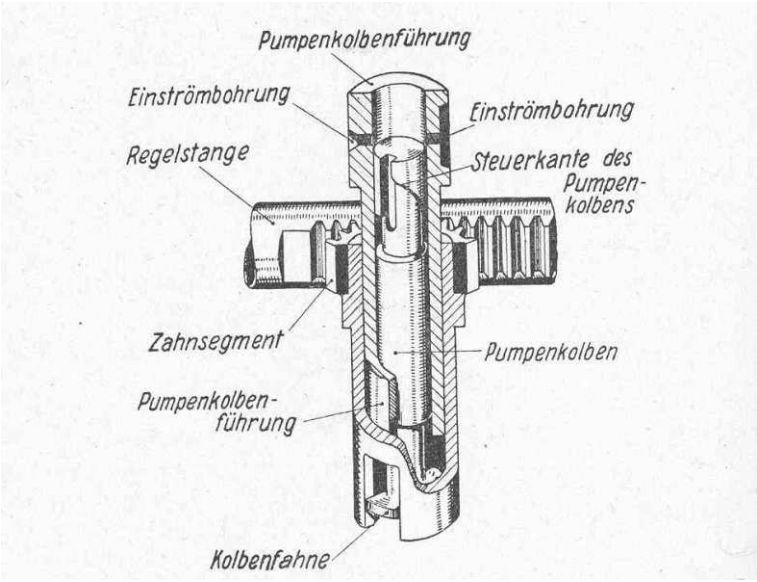

Bild 3 Pumpenelement im Schnitt

Bohrungen deckt, etwa im unteren Totpunkt. In diesem Bild ist die Kolbenführung ohne Druckventil gezeichnet, das Druckventil sitzt als Abdeckung auf der Pumpenkolbenführung und schließt diese ab. Der Druckventilkegel ist durch eine Druckfeder und durch die in der Rohleitung vom Druckventil zur Einspritzdüse führende Druckleitung belastet.

Im Bild 4 sehen wir den Pumpenkolben soviel aufwärts gegangen, dass er die Einströmbohrungen halb verdeckt. Auf dem Wege vom unteren Totpunkt bis zu dieser Stellung wurde der Kraftstoff in die Kolbenführung geschoben und musste durch die Einströmbohrungen wieder zurück fließen, denn hier findet der Kraftstoff den geringsten Widerstand. Jedenfalls ist der Widerstand im Saugkanal geringer als der Widerstand, den das Druckventil dem Durchfluss des Kraftstoffes bietet. Das Druckventil bleibt also noch geschlossen.

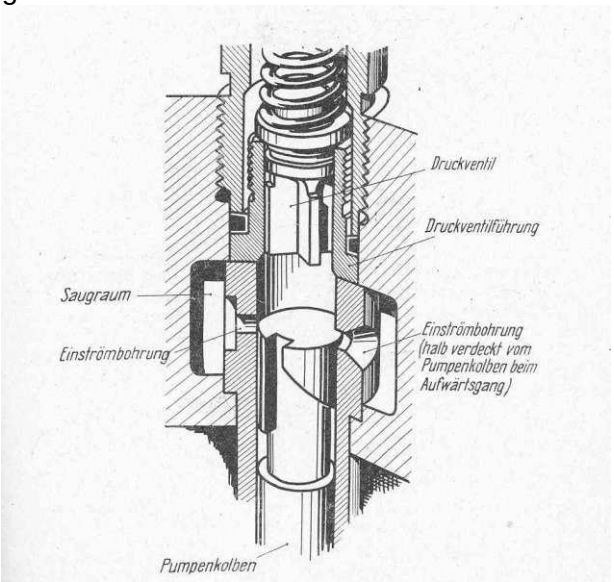

Bild 4 Der Pumpenkolben hat bei seinem Aufwärtsgang bereits die Einström-bohrungen halb verdeckt. Der Kraftstoff strömt, solange zum Teil aus den Einströmbohrungen in den Saugraum zurück, bis die Einströmbohrungen verdeckt sind.

Im nächsten Bild (Bild 5) sehen wir den Pumpenkolben soweit gehoben, dass er die Einströmbohrungen gerade verschließt. Diese Stellung kann man als Förderbeginn bezeichnen, denn von da ab kann der Kraftstoff beim weiteren Aufwärtsgang des Kolbens nicht mehr durch die Einströmbohrungen zurück fließen, da sie ja verschlossen sind. Der Kraftstoff wird jetzt beim weiteren Aufwärtsgang des Pumpenkolbens unter Druck gesetzt und wird durch das federbelastete Druckventil in die Druckleitungen und weiter durch die

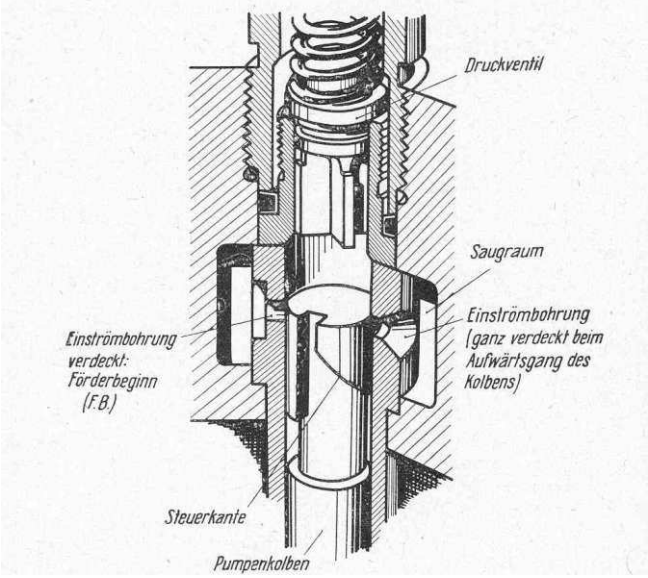

Bild 5 Die Einströmbohrungen sind bei weiterem Aufwärtsgang des Pumpenkolbens verschlossen: Förderbeginn (FB)

federbelastete Düsennadel in den Verbrennungsraum eingespritzt. Vergleiche auch Bild 1.

Von dieser Stellung aus – Förderbeginn – beginnt also die Förderung. Die Förderung dauert beim weiteren Abwärtsgang des Pumpenkolbens so lange, bis die Schrägsteuerkante die Unterkante der Überströmbohrung gerade freigibt. Diese Stellung sieht man in Bild 6. Jetzt findet der Kraftstoff wieder einen wesentlich geringeren Widerstand, indem er durch die Überströmbohrungen in den Saugkanal abströmt. Damit ist das Ende der Förderung erreicht. Wenn jetzt der Pumpenkolben bis zum Hubende sich weiter aufwärts bewegt, so kann kein Kraftstoff mehr durch das Druckventil in den Verbrennungsraum eingespritzt werden, sondern der Kraftstoff fließt von dieser Stellung an zurück in den Saugraum.

Aus diesem Bild ist deutlich zu ersehen, dass, wenn man den Kolben, wie das Bild zeigt, nach rechts herumdreht, die Steuerkante dann in der gleichen Hubstellung die Unterkante der Einströmbohrungen früher freigibt und damit ist auch die Förderung früher zu Ende, mit anderen Worten, es wird weniger Kraftstoff gefördert.

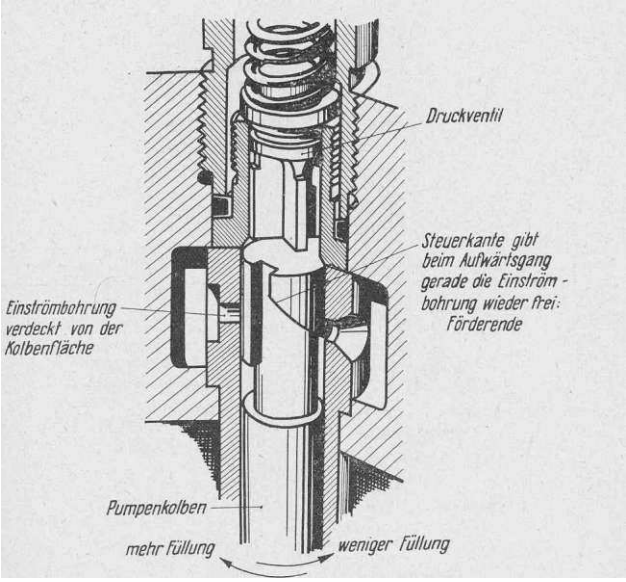

Bild 6 Die Steuerkante des Pumpenkolbens gibt bei weiterem Aufwärtsgang die Einströmbohrung gerade frei: Bei weiterem Aufwärtsgang wird der Kraftstoff wieder aus den Einströmbohrungen gedrückt. Vom Förderbeginn (FB) bis zu dieser Stellung nennt man den Nutzhub.

Je mehr der Pumpenkolben also rechts herum verdreht wird, um so weniger Kraftstoff wird gefördert und eingespritzt und umso langsamer läuft der Motor. Das umgekehrte ist der Fall, wenn man den Pumpenkolben, wie in den drei letzten Bildern gezeichnet, links herum dreht.

Dreht man aber den Pumpenkolben soweit nach rechts (Bild 7), dass die senkrechte Nute d der Einströmbohrung gegenüber liegt, so wird über den ganzen Hub der Kraftstoff nur durch die Einströmbohrung abfließen, denn während des ganzen Hubes steht ja die senkrechte Nute ständig über der Einströmbohrung. Man muss sich immer vorstellen, dass die Unterkante p des Pumpenkolbens ja die eigentliche Druckoberfläche des Kolbens ist, die den Kraftstoff hebt und die eigentliche Pumpwirkung ausübt.

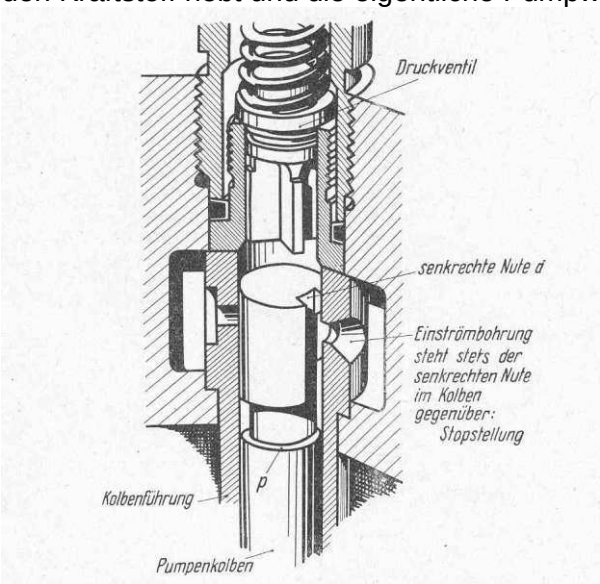

Bild 7 Die senkrechte Nute d im Pumpenkolben steht durch Drehung des Kobens dauernd der Einströmbohrung gegenüber, es wird kein Kraftstoff nach oben durch das Druckventil in den Motor gefördert, sondern nur durch die Einströmbohrung: Stoppstellung

In Bild 8 sieht man, dass der Pumpenkolben durch die Regelstange verdreht wird. Auf der Regelhülse ist ein Klemmzahnsegment angebracht, das die Regelhülse verdreht und die Regelhülse ihrerseits kann den Pumpenkolben an dem Gleitstück anfassen und verdrehen. Dieses Gleitstück kann aber in dem Schlitz der Regelhülse (siehe Bild 9) seine Hubbewegungen auf- und abwärts ausführen. Der Pumpenkolben kann also in der Regelhülse auf- und abgleiten

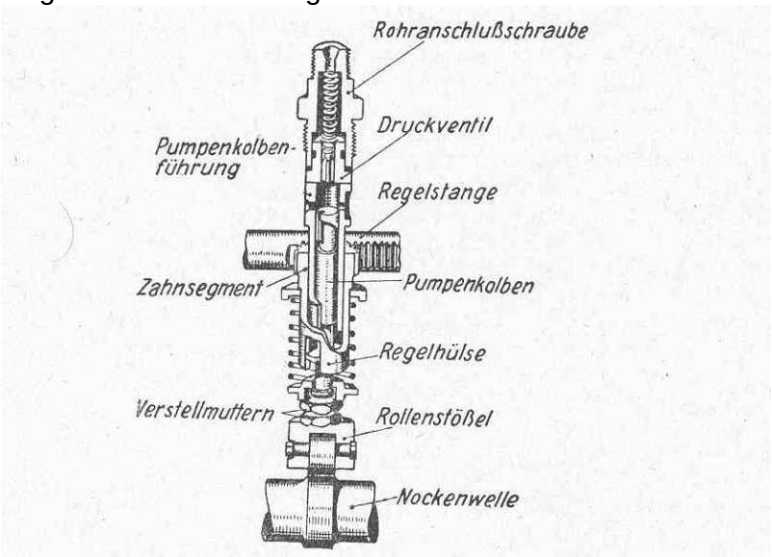

Bild 8 Pumpenelement

Und kann von ihr links und rechts herum gedreht werden, dadurch dass die Zahnstange das auf der Regelhülse verklemmte Zahnsegment verdreht.

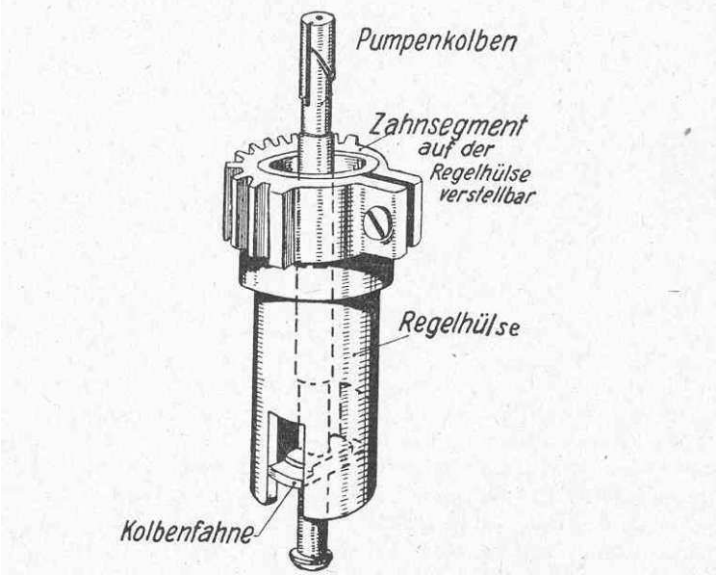

Bild 9 In dem Schlitz der Regelhülse kann der Pumpenkolben mit der Kolbenfahne auf- und abgleiten

Die Regelstange steht mit dem Regler und mit dem Fußhebel in Verbindung, so dass der Fahrer mit dem Fuß die Regelstange und damit den Pumpenkolben für mehr oder weniger Förderung verdrehen kann.
Solche Pumpenelemente sind in dem Pumpengehäuse nebeneinander angeordnet, und zwar soviel wie der Motor Zylinder hat. Die Regelstange geht durch das ganze Pumpengehäuse hindurch und kann jeden einzelnen Pumpenkolben im gleichen Sinne verdrehen, so dass jedes Pumpenelement die gleiche Mehr oder Wenigerförderung aufweist.

Da das Zahnsegment auf der Regelhülse aufgeklemmt ist, kann man jeden Pumpenkolben innerhalb der Regelhülse für sich verdrehen, ohne die anderen Pumpenelemente zu berühren, so dass hierdurch eine Einstellmöglichkeit der Fördermenge unterschiedlich von den einzelnen Pumpenelementen gegeben ist.

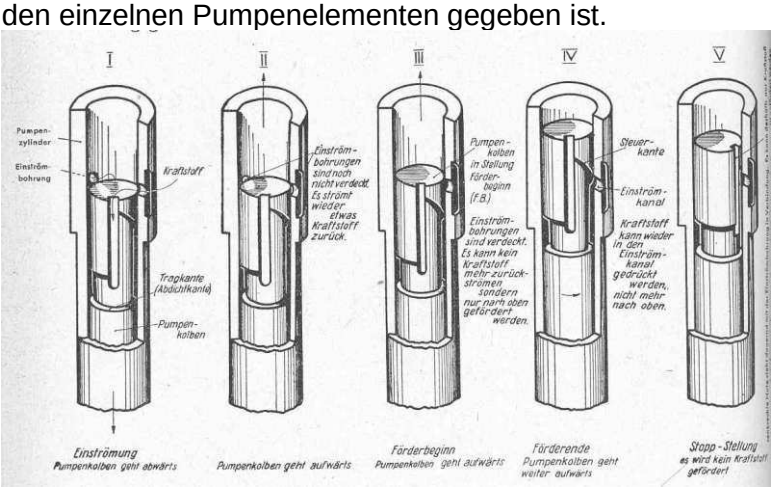

Bild 10 Stellungen des Pumpenkolbens während des Hubes

Aus Bild 10 sind verschiedene charakteristische Stellungen des Pumpenkolbens während seiner Hubbewegung zu ersehen. Die Beschreibungen dieser Stellungen sieht man aus der Bildunterschrift. Soweit die Wirkungsweise im Allgemeinen.

Im Bild 11 ist eine Bosch Pumpe im Schnitt gezeichnet und man kann die Einzelteile daraus ersehen. Die Nockenwelle ist im Unterteil des Pumpengehäuses gelagert. Die einzelnen Nocken werden gezwungen, über ein Filzstück zu gleiten, welches in die Verschlussschraube eingelassen ist. Da dieses Filzstück mit Öl getränkt ist, kann die Nockenwelle beim vorbeigleiten sich benetzen.

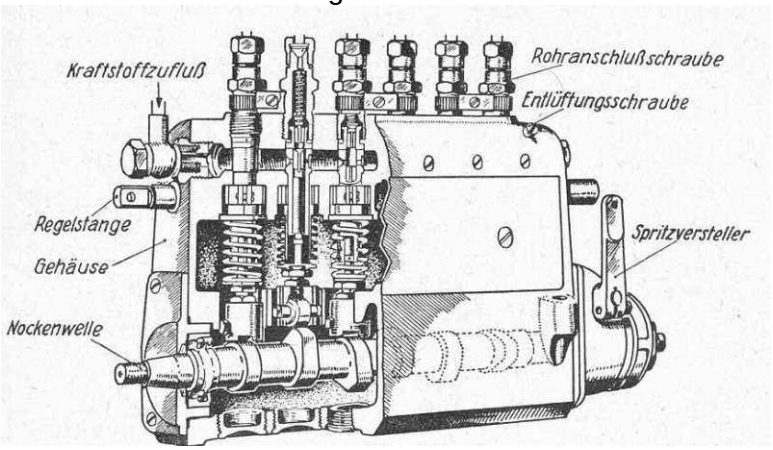

Bild 11 BOSCH Einspritzpumpe im Schnitt

Die Nocken können deshalb auch dann noch geschmiert werden, wenn kein Schmieröl mehr im Gehäuse ist. Das Schmieröl steht bis zur Strichmarke des Peilstabes im Pumpengehäuse, so dass Nocken und Stößel genügend durch Schleuderöl geschmiert werden.
Auf jedem Nocken der Nockenwelle (4 Nocken bei 4 Zylindern – 6 Nocken bei 6 Zylindern usw.) - gleitet ein Rollenstößel. Jeder Stößel trägt eine Einstellschraube mit Gegenmutter, die zur Einstellung des Förderbeginns dient. Auf der Einstellschraube des Stößels ruht der Pumpenkolben, der von der Druckfeder stets auf die Einstellschraube gepresst wird. Es kann also nie ein Spiel zwischen Pumpenkolben und Einstellschraube eingestellt werden. Die Einstellschraube dient zur Einstellung des Förderbeginns. Die Druckfeder ruht auf einem

Federteller, der am unteren Ende des Pumpenkolbens seinen Sitz hat. Der obere Federteller ist über die Regelhülse geschoben.
Der Pumpenkolben ist in seiner Führung mit einer sehr feinen Edelpassung eingepasst. Es können deshalb der Pumpenkolben und seine Führung nur gemeinsam ausgewechselt werden. Es ist nicht möglich in irgend eine Kolbenführung einen anderen Pumpenkolben einzusetzen.
Die Kolbenführung ist durch eine Schraube arretiert, so dass sie die richtige Lage im Pumpengehäuse hat. Durch die Zuflussbohrung kann der Kraftstoff wie vorher angedeutet, in die Kolbenführung fließen. Die Zahnstange kann den Pumpenkolben, wie vorher besprochen, verdrehen. Sie greift in das Zahnsegment ein, das mit der Regelhülse verklemmt ist und die Regelhülse verdreht ihrerseits den Kolben sinngemäß.

Auf der Kolbenführung sitzt das Druckventil. Es ist ohne Dichtung rein metallisch abgedichtet und wird durch die Rohranschlussverschraubung aufgepresst. Zwischen dieser und dem Druckventil ist eine Dichtung eingesetzt. Das Druckventil hat die Aufgabe, beim Saugvorgang des Pumpenkolbens den Saugraum abzuschließen und auch die Druckleitung zwischen Druckventil und Einspritzdüse zu entlasten. Diese Aufgabe erfüllt das Druckventil auf folgende Weise:

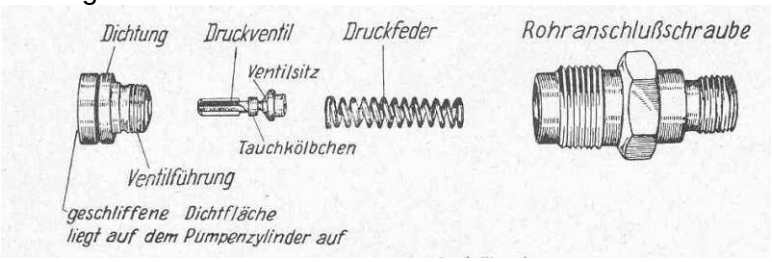

Bild 12 Druckventil einer BOSCH – Einspritzpumpe

Aus Bild 12 ist zu ersehen, dass der Druckventilkegel, der federbelastet ist, nicht nur kegelig ausgebildet ist, sondern auch noch einen kleinen Tauchkolben besitzt. Wenn der nach Förderbeginn weiter aufwärtsgehende Pumpenkolben den Kraftstoff durch das Druckventil drückt, so kann der Kraftstoff erst dann ausfließen, wenn die Unterkante des Tauchkolbens

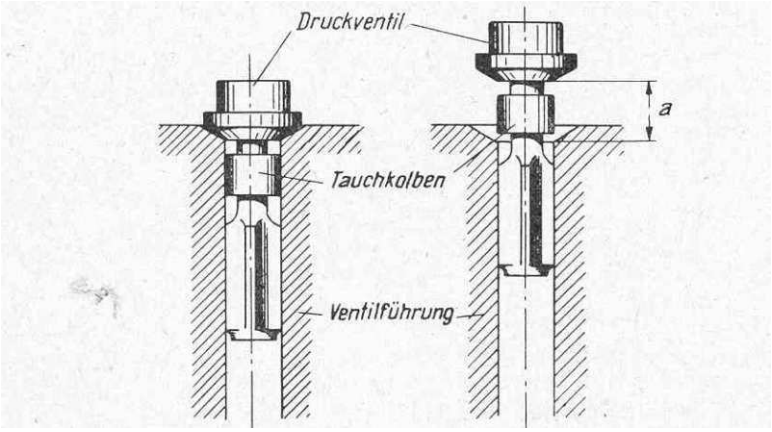

Bild 13 Wirkungsweise des Druckventils. Um das Maß a muss das Ventil gehoben werden, ehe Kraftstoff ausfließen kann, dann wenn der Tauchkolben die Führung freigibt. Nach Beendigung der Förderung ist das Ventil geschlossen, sobald der Tauchkolben die Führung berührt hat. Also, langer Aufwärtshub, kurzer Schließhub.

des Druckventils die Führung des Ventilkegels freigegeben hat und nicht, wenn der Ventilkegel sich abgehoben hat. Das Ventil muss sich also um die Höhe a (Ventilhub Bild 13) gehoben haben, ehe der Kraftstoff durchfließen kann. Umgekehrt aber, wenn der Pumpenkolben wieder abwärts geht, ist das Ventil auch sehr schnell geschlossen, und zwar, wenn die Unterkante des Tauchkolbens seine Bohrung gerade deckt. Danach bewegt sich

das Druckventil noch um den Hub a abwärts und um den Inhalt dieser Raumvergrößerung wird die Druckleitung entlastet. Durch die Schwingung der Kraftstoffsäule in der Druckleitung entstehen Druckschwingungen, so dass nach Schließung des Druckventils mit normalem Kegelsitz, also ohne Tauchkolben, ein größerer Druck in der Druckleitung vorhanden wäre als der Öffnungsdruck der Düse. Dadurch würde ein Nachtropfen der Düse entstehen mit den unangenehmen Folgen, die später noch besprochen werden. Dies verhindert also der Tauchkolben des Druckventils. Da der Tauchkolben noch tiefer in die Führung des Druckventils eindringt, ehe der Ventilkegel auf seinem Sitz angelangt ist, vergrößert sich das Volumen der Druckleitung um den Inhalt des Tauchkolbens und der Druck in der Druckleitung kann sich so entspannen, dass es nicht zu einem Nachtropfen der Düse kommt, vorausgesetzt natürlich, dass die Düsennadel selber dicht ist.

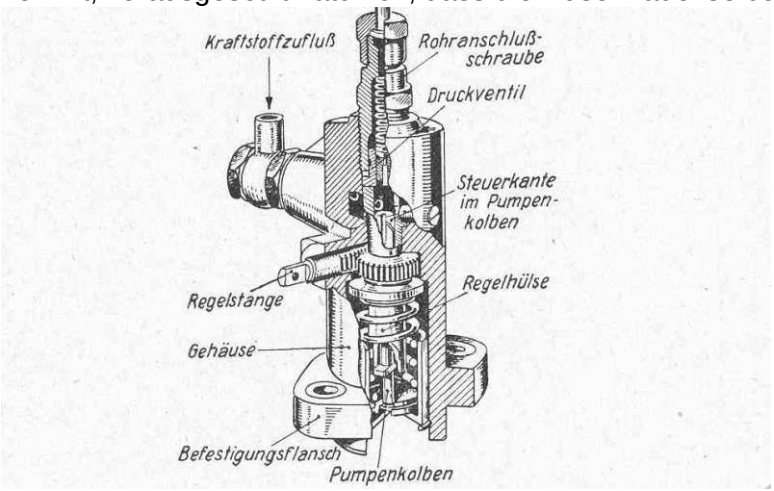

Bild 14 BOSCH – PF – Einspritzpumpe mit Fremdantrieb

Die BOSCH Pumpe ist vorne durch einen Staubdeckel abgeschlossen und diese Draufsicht bezeichnet man als Vorderseite der Einspritzpumpe.
Man unterscheidet bei BOSCH – Einspritzpumpen solche mit Eigenantrieb (PE) und Fremdantrieb (PF). Die Einspritzpumpe mit Eigenantrieb, also die PE Pumpe hat eine eigene Nockenwelle im Pumpengehäuse, während die PF – Pumpe (Bild 14) keine eigene Nockenwelle hat, sondern eine fremde, d.h. in dem betreffenden Motor eingebaute Nockenwelle. Man unterscheidet ferner A-, B- und Z Einspritzpumpen. Die A- Pumpen haben Pumpenkolbendurchmesser von 4 – 10mm, die B – Pumpen von 5 – 10mm und die Z Pumpen von 10 –13mm. Hauptsächlich kommen im Fahrzeug - Dieselmotorenbau A – und B Pumpen vor, deren Pumpenkolben also einen Durchmesser von 5 –10mm haben können. Aus nachfolgender Tabelle ersieht man die Hauptkennzeichen der verschiedenen Boschpumpen:

Einspritz-Pumpen Bezeichnung	**Kolben-Durchmesser in mm**	**Kolbenhub in mm**	**maximale Förder-menge pro Hub in mm^3**	**Pumpen-Drehzahl U/Min.**	**Zylinder-Leistung in PS**	**Zylinder-hubvolumen in Liter**
PEA	4 – 10	7	60	1400	11,5	0,75
PEB	5 – 10	10	280	1000	45	4,0
PEZ	10 - 13	12	850	700	110	14,0

Auf dem Typenschilf der BOSCH – Pumpen ist die Größenbezeichnung der betreffenden Pumpe angegeben. Wenn dort z.B. folgendes steht:

PE 6 B 75 A 1122

So bedeutet dies folgendes:
PE Pumpe mit Eigenantrieb
6 Anzahl der Zylinder bzw. Pumpenelemente
7 B Größenbezeichnung nach vorstehender Zahlentafel
(B Pumpe für Pumpenkolben von 5 – 10mm Durchmesser)
75 Kolbendurchmesser in Zehntel mm (7,5mm)
A Änderungsbuchstabe (A = erste Ausführung, B = zweite Ausführung)
112 Zusammenbauzahl und zwar:
Hundertziffer = Lage der Strichmarke die sich auf der Stirnseite der Nockenwelle befindet
1 = Strichmarke links für Pumpen ohne Kraftstoffpumpe
2 = Strichmarke rechts für Pumpen ohne Kraftstoffpumpe
3 = Strichmarke links für Pumpen mit eingebauter Kraftstoffpumpe
4 = Strichmarke rechts für Pumpen mit eingebauter Kraftstoffpumpe
Zehnerziffer = Lage des Reglers
0 = ohne Regler
1 = Regler links
2 = Regler rechts
Einerziffer = Lage des Spritzverstellers
0 = ohne Spritzversteller
1 Spritzversteller links
2 Spritzversteller rechts

Das Typenschild kann also wie folgt gedeutet werden:
In der Typenbezeichnung steht die Zahl 112. Die Hundertziffer ist also 1, die Zehnerziffer auch 1 und die Einerziffer 2. Also ist bei dieser Pumpe die Strichmarke links, der Regler links und der Spritzversteller rechts angeordnet, wenn man gegen den Verschlussdeckel der Pumpe sieht.

<u>Wirkungsweise des Reglers:</u>

Der Otto - Motor saugt Kraftstoffluftgemisch an. Wenn man auf den Gasfußhebel tritt, öffnet sich mehr und mehr die Drosselklappe und es wird in demselben Verhältnis mehr und mehr Kraftstoff angesaugt, der Motor läuft schneller und schneller, bis die Drosselklappe ganz geöffnet ist. Der Motor läuft dann mit höchster Drehzahl, die so hoch ist, wie es seine konstruktive Eigenart erlaubt. Schneller kann der Motor nicht laufen, weil nicht mehr Kraftstoff aus der Düse des Vergasers mitgerissen werden kann. Ist die Drosselklappe zu, also der Fuß vom Gaspedal weg, so läuft der Motor im Leerlauf. Es kann dann nur soviel Kraftstoff mitgesaugt werden, als die Leerlaufdüse zulässt. Diese arbeitet meist in überkritischen Druckverhältnissen (Unterdruck bis 0,7 bar). Durch dieses starke Unterdruckverhältnis bei geschlossener Drosselklappe ist die Förderung aus der Leerlaufdüse fast gleichbleibend. In diesem Verhältnis läuft der Otto – Motor im Leerlauf entsprechend seiner Einstellung einer bestimmten Drehzahl, die man eingestellt hat und bleibt stundenlang in dieser Leerlaufdrehzahl beharren, wenn man ihn so weiterlaufen lässt. Der Otto – Motor hat im Leerlauf nicht die Neigung schneller oder langsamer zu laufen, als man ihn eingestellt hat, weil des Kraftstoffgemisch durch die vorher geschilderten Verhältnisse gleich bleibt. Der Otto – Motor braucht also keine besondere Regeleinstellung zur Einstellung und Begrenzung der Drehzahl, er ist selbstregelnd.

Anders ist dies beim Diesel – Motor. Der Diesel – Motor ist gegenüber dem Otto – Motor eine labile Maschine, während sich der Otto – Motor in diesem Sinne stabil verhält. Der Diesel – Motor arbeitet stets mit Sauerstoffüberschuss. Der Kraftstoff wird durch die Einspritzpumpe und Einspritzdüse in den Verbrennungsraum mit diesem Sauerstoffüberschuss eingespritzt.

Da die Einspritzpumpe mit dem Motor organisch verbunden ist, schafft die Pumpe mit wachsender Drehzahl mehr Kraftstoff, abgesehen mit geringen Förderverlusten, die mit wachsender Drehzahl auftreten (siehe Bild 14). Wenn also der Diesel – Motor keinen Regler hätte, so würde der unbelastete Motor, seine Drehzahl immer weiter erhöhen, weil mit wachsender Drehzahl auch immer mehr Kraftstoff eingespritzt wird und der eingespritzte

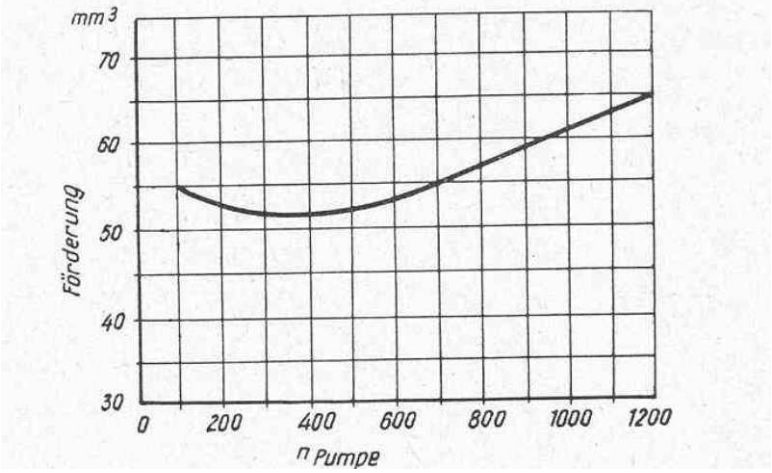

Bild 14 Eine Drehkolben – Einspritzpumpe fördert bei der gleichen Regelstangeneinstellung mit steigender Drehzahl mehr Kraftstoff

Kraftstoff ja auch genügend Sauerstoff zur Verbrennung vorfindet. Der Motor würde also „durchgehen“. Ein Diesel – Motor darf aber auf keinen Fall seine Drehzahl über die vom Hersteller vorgesehene Höchstdrehzahl erhöhen.

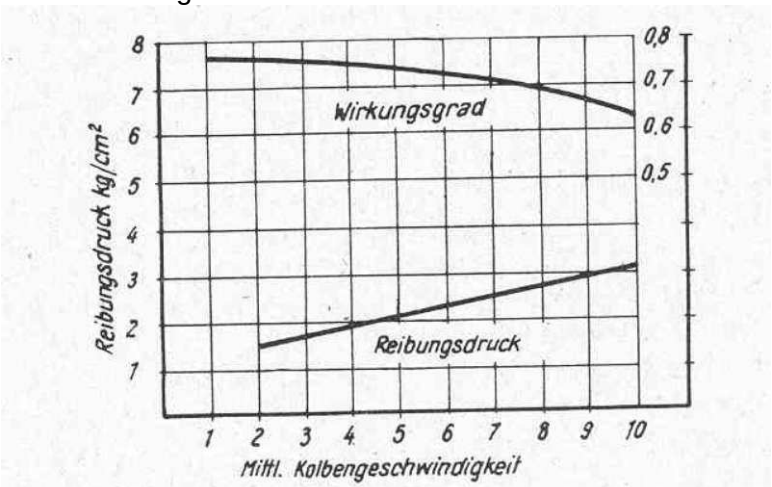

Bild 15 Mit steigender Kolbengeschwindigkeit steigt der Reibungsdruck und sinkt der mechanische Wirkungsgrad

Betrachtet man Bild 15, so sieht man, dass über eine gewisse Kolbengeschwindigkeit hinaus die Eigenreibung innerhalb des Motors so groß wird, dass sie nicht mehr tragbar ist.
Deshalb ging man früher bei Dieselmotoren nicht gerne über eine Kolbengeschwindigkeit von 10m/sec. hinaus. Deshalb sollte man von einer Erhöhung der Motordrehzahl eines Diesel – Motors über die normale, vom Hersteller als richtig erkannte und festgesetzte Motordrehzahl, absehen. Es ist deshalb notwendig eine Regeleinrichtung einzubauen, die e Höchstdrehzahl begrenzt und von sich aus dafür sorgt, dass sie nicht überschritten werden kann.
Ähnlich liegen die Verhältnisse im Leerlaufbereich des Diesel – Motors. Wenn der Diesel – Motor im Leerlauf läuft, so ist der Luftüberschuss in jedem Verbrennungsraum groß. Die Regelstange der Einspritzpumpe ist im Leerlauf zurückgenommen und hat die Pumpenkolben so zurückgedreht, dass eine geringe, dieser Leerlaufdrehzahl entsprechende Kraftstoffmenge eingespritzt wird. Wäre kein Regler vorhanden, so wäre es äußerst

schwierig, den Motor in einer bestimmten Leerlaufdrehzahl, z.B. von n = 400 Up/n. einzuhalten. Sobald der Motor nur eine ganz geringe Menge mehr Kraftstoff eingespritzt bekommt, läuft er sofort schneller, bekommt er dagegen weniger Kraftstoff, so läuft er sofort langsamer oder bleibt stehen. Der Diesel – Motor verhält sich im Leerlaufbereich besonders labil. Er reagiert auf jede geringe Änderung in der Kraftstoffzufuhr sofort, weil stets Sauerstoffüberschuss vorhanden ist. Es ist eine Regeleinrichtung nötig, die dafür sorgt, dass die eingespritzte Kraftstoffmenge eine bestimmte, gewünschte Leerlaufdrehzahl garantiert.

Aus diesen Gründen ist eine Regeleinrichtung bei Diesel – Motoren notwendig. Dieser Regler muss als ein Endregler ausgebildet sein, d. h. seine Aufgabe muss darin bestehen, am unteren Ende der Motordrehzahl eine bestimmte Leerlaufdrehzahl einzuhalten und am oberen Ende der Drehzahl die höchste Motordrehzahl nicht überschreiten zu lassen. Der Regelbereich zwischen der Leerlaufdrehzahl und der Höchstdrehzahl muss dem Fahrer nach den jeweiligen Erfordernissen mit dem Gaspedal einzustellen, überlassen werden.

In diesem Sinne kennt man Fliehkraftregler und Saugkraftregler (pneumatische Regler).
Bild 16 zeigt einen BOSCH Fliehkraftregler schematisch. Es ist ein Fliehkraftregler, dessen Wirkung auf der Zentrifugalkraft umlaufender Teile beruht, der bestrebt ist, umlaufende Teile von der Achsmittellinie nach außen fliehen zu lassen. An einem Stein den man an eine Schur bindet und mit der Hand im Kreis herumdreht, hat jeder schon die Wirkung der Fliehkraft gespürt. Lässt man die Schnur los, so flieht der Stein in tangentialer Richtung nach außen. Auf diesem Prinzip beruht auch der Fliehkraftregler nach Bild 16

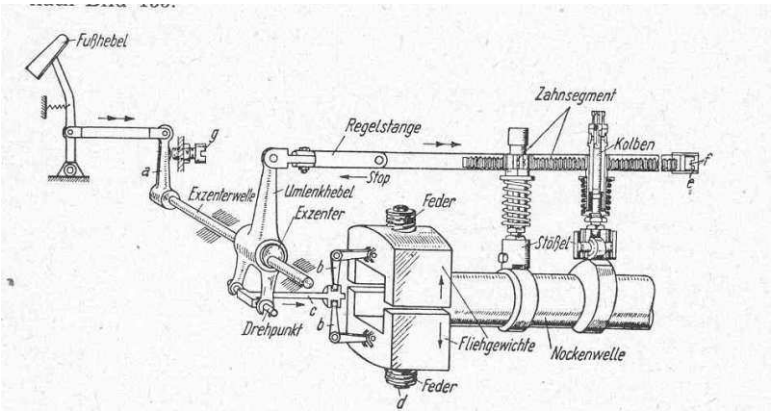

Bild 16 Regler Schema. Bei der Höchstdrehzahl gehen die Fliehgewichte auseinander und ziehen durch die Stange c den Umlenkhebel und damit die Regelstange in Richtung STOP. Die Pumpenkolben werden verdreht und der Motor läuft langsamer .

Die beiden Fliehkraftgewichte des Reglers sind beweglich angeordnet und sind an der Nockenwelle mit einem Gestänge und einer Nabe befestigt. Wenn sich die Nockenwelle umdreht, machen die Fliehgewichte diese Drehzahl mit und haben das Bestreben, sich nach außen zu bewegen. Bewegen sich die Fliehgewichte nach außen, so muss sich die kleine Stange c nach innen bewegen und dabei an dem Umlenkhebel ziehen. An diesem Umlenkhebel sitzt die Regelstange, die durch diese Bewegung von der vollen Füllung in die STOP – Richtung zurück gezogen wird. Die beiden Fliehgewichte des Reglers werden von den Federn d, je 3 Druckfedern, von ihrer Bewegung nach außen zurück gehalten bzw. in ihrer Bewegung gehemmt. Diese Federn sind durch Verstellmuttern gehalten und ihre Vorspannung ist einstellbar. Diese Federn versuchen das Auseinandergehen der Fliehgewichte entsprechend ihrem Gegendruck zu verhindern, bis die Fliehkraft der Gewichte durch ihre höhere Drehzahl so groß wird, dass sie den Gegendruck der Feder überwindet. Die federn sind nur so stark vorgespannt bzw. ihre Größe ist so gewählt, dass die Überwindung der Federn durch die Fliehkraft der Fliehgewichte erst bei der höchsten Motordrehzahl erfolgen kann. Wenn z.B. die höchste Drehzahl des Motors 2000 Umdrehungen ist, so überwindet die Fliehkraft erst bei 2000 Umdrehungen des Motors, das

sind 1000 Pumpenumdrehungen bzw. Fliehgewichtsumdrehungen, den Gegendruck der Federn. Erst dann gehen die Fliehgewichte auseinander und ziehen, wie vorher angedeutet, die Regelstange in Richtung „STOP“ zurück. Der Motor erhält nun , da die Regelstange die Pumpenkolben so verdreht hat, dass sie weniger Kraftstoff fördern, auch weniger Kraftstoff. Der Motor läuft langsamer. Damit umdrehen sich die Fliehgewichte langsamer und der Federdruck überwiegt wieder den Gegendruck der Fliehkraft der Fliehgewichte. Die Fliehgewichte ihrerseits werden wieder von den Federn zurückgedrängt und die Regelstange in Richtung „Vollast“ gezogen, bis sich eine Drehzahl eingependelt hat, die der Drehzahl entspricht, bei der die Fliehgewichte und der Federdruck sich das Gleichgewicht halten. Diese Drehzahl muss die Höchstdrehzahl des Motors sein.

Das alles ist der Fall, wenn das Gaspedal vom Fahrer auf „Vollast“, also ganz durchgetreten war. Das durchgetretene Gaspedal hat durch den Exzenter, der auf der Reglerwelle a (Bild 16) sitzt, die Regelstange in Richtung „Vollast“ gedrückt und hat dabei die Fliehgewichte ebenfalls nach außen gedrückt und damit die Federn vorgespannt. Man sieht diese Bewegung auch in der Doppelpfeilrichtung in Bild 16.

Wird das Gaspedal zurück genommen, so zieht der Exzenter den Reglerhebel a und die Regelstange in Richtung „STOP“ zurück und entspannt dabei auch gleichzeitig die Reglerfedern d (siehe einfache Pfeilrichtung in Bild 16). Die Regelstange hat jetzt die Pumpenkolben so zurück verdreht, dass diese eine wesentlich geringere Menge Kraftstoff fördern und zwar die Leerlaufkraftstoffmenge. Der Motor läuft im Leerlaufdrehzahlbereich. In diesem Drehzahlbereich können die Fliehgewichte von den dünnen und längeren Federn der Reglerfedernsätze überwunden werden. Wenn also der Motor über seine Leerlaufdrehzahl, z.B. 400 Upm., hinaus will, drücken die dünnen Federn die Fliehgewichte dann wieder zurück. Dadurch wird auch die Regelstange ein wenig in Richtung „STOP“ zurück genommen. Der Motor läuft langsamer, die Fliehkraft lässt nach, die Reglergewichte gehen nach innen und verschieben dadurch die Regelstange ein wenig in Richtung „Vollast“. Der Motor läuft sofort ein wenig schneller, die Fliehgewichte streben wieder nach außen und die Regelstange wird wieder ein wenig in Richtung „STOP“ geschoben, bis der Gegendruck der dünnen Federn dem Druck der Fliehgewichte das Gleichgewicht hält. Im ähnlichen Sinne wie bei der Regulierung der Höchstdrehzahl wird auch bei dieser Leerlaufregulierung eine bestimmte Stellung der Regelstange einpendeln, die der Leerlaufdrehzahl entspricht. Durch entsprechende Einstellung und richtig gewählte Größe der dünnen Federn Kann der Motor in einem bestimmten, gewünschten Leerlaufbereich festgehalten werden.

Zwischen der Leerlauf- und der Höchstdrehzahl arbeitet der Regler nicht, man kann durch das Gaspedal jede gewünschte Zwischendrehzahl einstellen. Durch den Exzenterhebel, der mit dem Gaspedal in fester Verbindung steht, kann also in diesen Drehzahlbereichen die Regelstange in jeder Stellung eingestellt werden. Wenn der Fahrer also langsamer fahren will, z.B. mit halber Drehzahl, so braucht er nur das Gaspedal entsprechend zurück nehmen und mit dem Fuß diese gewünschte Drehzahl festhalten. Beide Bewegungen, die Bewegungen der Regelstange durch das Gaspedal zwischen der niedrigsten und höchsten Drehzahl und die Bewegung der Regelstange durch die Einwirkung der Fliehkraft der Regler – Fliehgewichte, sind vollständige voneinander unabhängige Bewegungen. Der Fahrer kann das Gaspedal noch so stark durchdrücken, sobald der Motor seine Höchstdrehzahl erreicht hat, nimmt der Regler, unabhängig vom Willen des Fahrers, die Regelstange, wie vorher angedeutet, zurück. Diese Reglerbewegung der Höchstdrehzahlregulierung erfolgt ja als Drehpunkt um den Mittelpunkt des Exzenters herum (siehe Bild 15). Dasselbe ist im Leerlaufbereich der Fall, bei dem ja der Fahrer den Fuß gänzlich vom Gaspedal losgelöst hat. Die Reglerbewegung in der Leerlauf- und Höchstdrehzahl ist also völlig unabhängig von der Gaspedalbewegung durch den Fahrer. Das Gaspedals des Fahrers regelt nur die Zwischendrehzahlen.

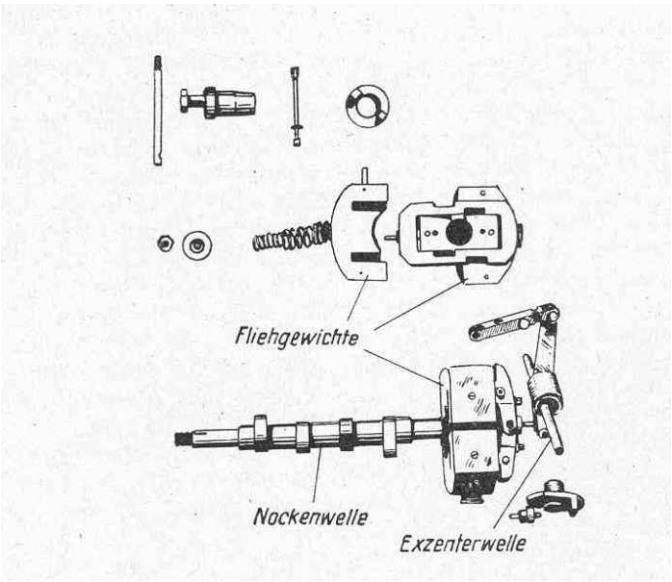

Bild 16 Einzelteile eines BOSCH – Fliehkraftreglers

Bild 17 zeigt den Schnitt durch das Reglergehäuse und Bild 18 einen Schnitt durch die Fliehgewichte

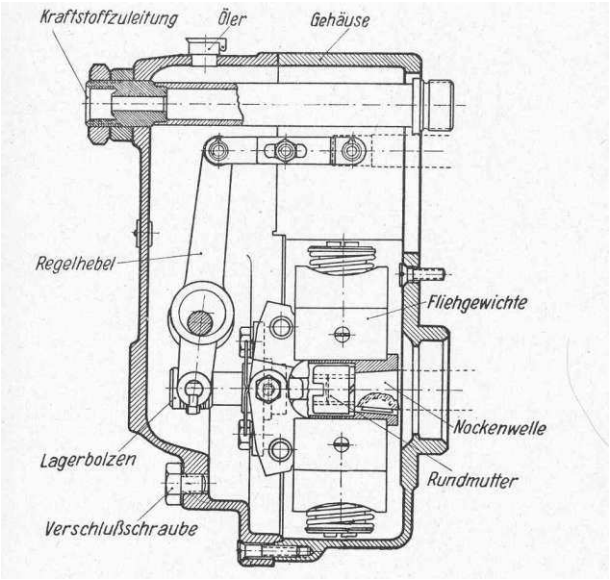

Bild 17 Schnitt durch das Reglergehäuse

Aus folgender Bezeichnung, die auf dem Regler aufgezeichnet ist, ersehen wir die Reglerdaten z.B.

R F 200/800 B D 1

So bedeutet dies:

R = Regler
F = die Bauart und zwar
F mit Freilauf
P mit Gummipuffer
V = Verstellregler
Q= Kulissenregler
Die Zahl 200 bedeutet Leerlaufdrehzahl
und 800 die Drehzahl zu Beginn der Endreglung

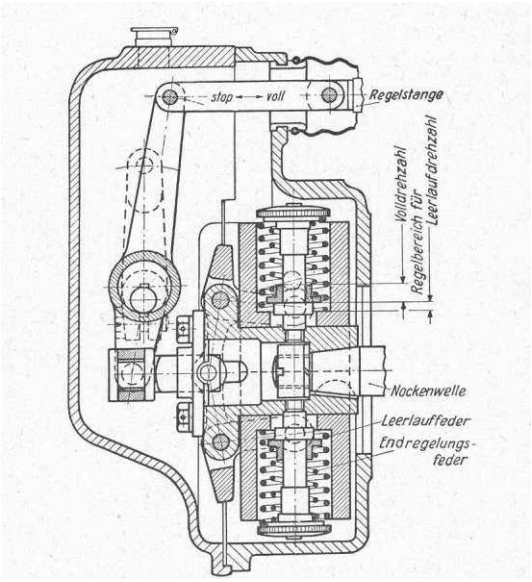

Bild 18 Schnitt durch die Fliehgewichte des Reglers

Diese Drehzahlen beziehen sich auf die Pumpenwelle, bedeuten also jeweils halbe Motordrehzahl

B bedeutet Pumpenbauart
B = B – Pumpe
A = A – Pumpe
D bedeutet Änderungsbuchstabe
Da D der 4. Buchstabe im Alphabet ist, liegt die 4. Änderung vor
Die Zahl 1 bedeutet die Ausführungskennzahl

Diese Fliehkraftregler sind zwischen Leerlauf- und Enddrehzahl wie 5:1
Beim Kulissenregler (wird später noch besprochen) = Leerlauf 1:1,35, Enddrehzahl 1:3,23
Für Motoren mit höherer Drehzahl wird diese Ausführung zu groß, deshalb gelangen hier pneumatische Regler (Saugkraftregler) zur Anwendung. Diese sind auch billiger.

Der Saugkraftregler

Während bei den Fliehkraftreglern die Fliehkraft zu Reglerbewegungen ausgenutzt werden, geschieht die Regelung beim Saugkraftregler (Unterdruckregler), durch die Saugkraft des Motors. Dieses Prinzip ist aus Bild 19 schematisch zu ersehen.

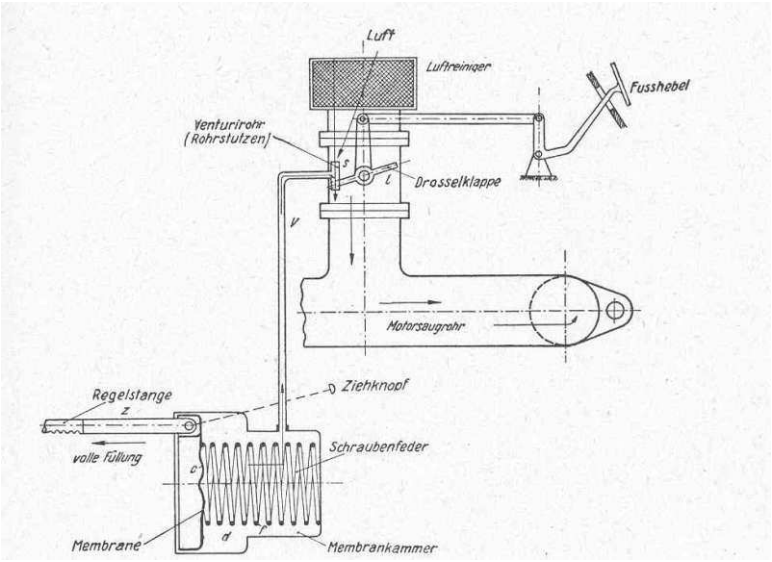

Bild 19 Saugkraftregler, schematisch

Wenn sich der Motorkolben im Saughub abwärts bewegt, so herrscht im Saugrohr ein Unterdruck, weil die einströmende Außenluft dem Unterdruck im Zylinder durch das Saugrohr folgt. Diese Saugkraft, die ganz erheblich ist, wird zur Drehzahlregulierung ausgenützt.

Man sieht in Bild 19 eine Drosselklappe im Saugrohr angebracht. Diese Drosselklappe steht mit dem Gaspedal (im Bild als Fußhebel bezeichnet) in Verbindung. In der gezeichneten Stellung ist die Drosselklappe geschlossen und das Gaspedal steht zurück, der Fahrer hat also den Fuß nicht auf dem Gaspedal. Wenn nun der Motor läuft, wird die Ansaugluft gezwungen, da ja die Drosselklappe geschlossen ist, durch ein kleines Rohr zu dringen, das im Saugrohr in Höhe der Drosselklappe befestigt ist. Dieses kleine Rohr (S) nennt man das „Venturirohr“ (Ventus = Wind). Die gesamte Ansaugluft wird also gezwungen, durch dieses kleine Rohr zu strömen. Dadurch ist der Saugdruck im Venturirohr besonders stark. Wenn z.B. der Querschnitt des Venturirohrs den 10. Teil des Querschnitts des Saugrohres beträgt, so ist auch die Luftgeschwindigkeit im Venturirohr etwa 10 mal so groß. Durch diesen starken Luftdurchzug wird die Luft nach dem Prinzip eines Injektors aus dem an das Venturirohr angeschlossene Rohr v herausgesaugt. Dieses Zuleitungsrohr v steht mit einer Luftkammer d, die an der Einspritzpumpe angebracht ist, in Verbindung. Deshalb wird auch die Luft aus dieser Kammer, der sogenannten Membrankammer, ebenfalls herausgesaugt. In dieser Membrankammer ist eine Membrane c angebracht, die mit der Regelstange in Verbindung steht. Folglich wird auch diese Membrane mit angesaugt und nach innen gezogen und damit auch die Regelstange. Dabei wird die Regelstange in Richtung „STOP“ gezogen. Vor der Membrane in der Membrandruckkammer sitzt eine große weiche Druckfeder, die durch diese Bewegung der Membrane zusammengedrückt wird. Der Federdruck kann so gewählt werden, dass die Regelstange soweit in Richtung „STOP“ zurückgezogen werden kann, bis sich eine bleibende Leerlaufdrehzahl eingestellt hat.

Wenn der Motor im Leerlauf schneller läuft, dadurch, dass er mehr Kraftstoff erhalten hat, so wird auch sofort der Saugzug im Venturirohr größer und die Membrane wird wieder mehr in Richtung „STOP“ gezogen. Der Motor läuft langsamer. Wenn der Motor zu langsam läuft, sinkt auch sofort der Saugzug im Venturirohr und demzufolge auch in der Membrankammer und der Federdruck überwiegt und drückt die Membrane wieder ein wenig in Richtung volle Füllung. Auf diese Weise kann sich eine bestimmte, gewünschte Drehzahl einspielen, die auch dem Druck der Feder und der Einstellung der Drosselklappe entspricht.

Bei fast geschlossener Drosselklappe (1-2mm) läuft der Motor im Leerlauf.

Der Fahrer will jetzt losfahren, schaltet einen Gang ein und tritt auf das Gaspedal. Er öffnet damit die Drosselklappe ganz. Dadurch verringert sich der Saugzug im Venturirohr wesentlich, denn die einströmende Luft sucht jetzt den bequemen und widerstandsloseren Weg um das Venturirohr herum in den Verbrennungsraum. Der Saugzug im Venturirohr sinkt also und damit auch der Unterdruck in der angeschlossenen Membrankammer. Jetzt überwiegt der Federdruck und drückt die Regelstange in Richtung volle Füllung. Der Motor läuft nun schneller, bis er die Höchstdrehzahl erreicht hat.

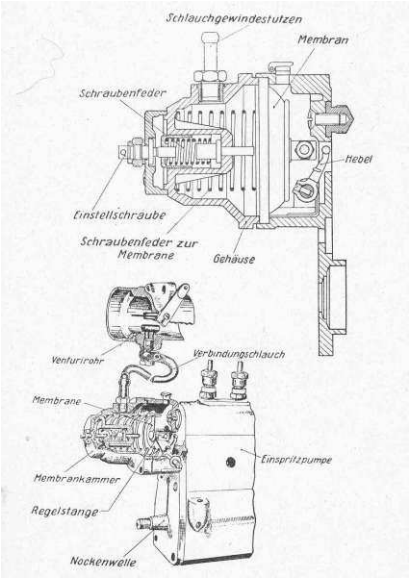

Bild 20 Pneumatischer Regler (Saugregler), oben im Schnitt, unten in der Ansicht,. Bei Motorstillstand Steht die Regelstange auf „volle Füllung“. Der Hebel oben rechts dient als Abstellhebel.

Bei der Höchstdrehzahl hat die Luftgeschwindigkeit im Saugrohr auch ihre maximale Größe erreicht und ein gewisser Saugzug macht sich auch Venturirohr bemerkbar. Dieser ist dann so groß, dass er den Federdruck nicht ganz überwindet, jedoch aber so groß, dass er die Regelstange, wenn die Höchstdrehzahl überschritten wird, ein wenig in Richtung „STOP“ zurückzieht. Der Motor läuft wieder langsamer und die Luftgeschwindigkeit im Saugrohr sinkt entsprechend etwas. Dadurch sinkt auch der Saugzug in gleichem Maße in der Membrankammer und die Druckfeder in der Membrankammer drückt die Regelstange ein wenig in Richtung volle Füllung, bis sich die gewünschte Höchstdrehzahl eingestellt hat. Die Höchstdrehzahl hängt von der Stärke der Membranfeder und von der Größe bzw. dem Querschnitt des Venturirohres ab.

<u>Die Dichtheit der Membrankammer und der Luftleitung von der Membrankammer zum Venturirohr ist Voraussetzung für das einwandfreie Arbeiten eines solchen Reglers.</u>

Sobald Außenluft durch undichte Stellen in das Saugsystem eindringen kann, wird der Unterdruck in der Membrankammer aufgehoben und die Membranfeder drückt die Regelstange sofort in Richtung volle Füllung. Der Motor kann dadurch seine Drehzahl über seine Höchstdrehzahl erhöhen, und unbelastet „durchgehen“.
Bild 20 zeigt einen Saugregler von BOSCH in Schnitt und in Schnitt Ansicht.

Über Fehler, Einstellungen und Prüfung dieses Reglers wird in einem später folgenden Bericht mehr gesagt.

Spritzversteller

Wir haben gesehen, dass die Einspritzpumpe die Aufgabe hat, den Kraftstoff in einem bestimmten in die Verbrennungsräume durch die Einspritzdüsen einzuspritzen. Dies Einstellung, um ein Beispiel zu nennen, 25° vor OT, bedeutet, dass alle Pumpenelemente im Sinne der Zündfolge den Kraftstoff 25° vor OT am En de des Saughubes einspritzen.

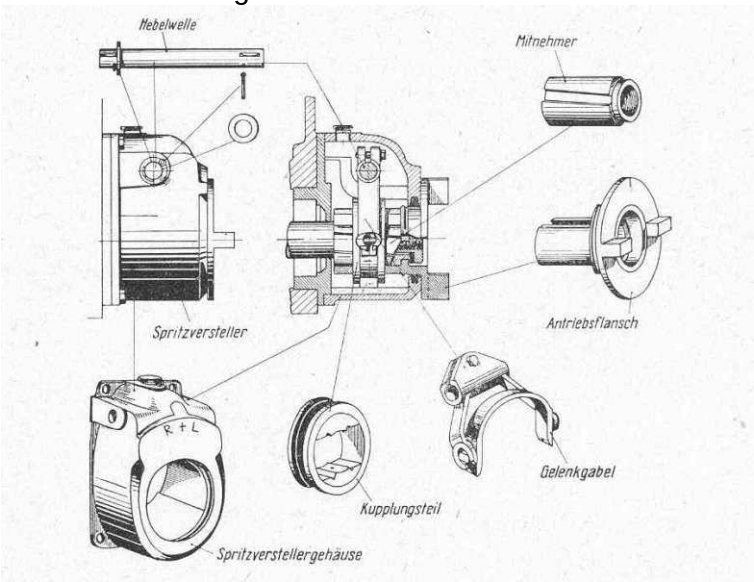

Bild 21 Spritzversteller

Diese Einstellung bzw. dieser Förderbeginn ist bei jedem Motortyp anders und richtet sich nach der konstruktiven Eigenart des Verbrennungsraumes und der Einspritzorgane. Diese Einstellung ist aber hauptsächlich für eine bestimmte Drehzahl, in den meisten Fällen die Höchstdrehzahl eingerichtet. Die Einspritzpumpe ist zwangsläufig mit dem Motor verbunden, damit ist auch die Einspritzeinstellung im ganzen Drehzahlbereich gleichmäßig. Im oberen Drehzahlbereich ist die Zeit für die Verbrennung wesentlich kürzer als bei niedrigen Drehzahlen. Im unteren Drehzahlbereich können also die Einspritzungen dementsprechend später erfolgen um zu einer guten Verbrennung zu gelangen. Deshalb wird teilweise eine Spritzverstelleinrichtung, die den Einspritzzeitpunkt in diesem Sinne von Hand verstellt , nötig. Er erfüllt den gleichen Zweck wie die Zündzeitpunktverstellung beim Otto – Motor.
Der Spritzversteller ist auf der Gegenseite des Reglers an der Einspritzpumpe befestigt. Aus Bild 21 ersieht man die Einzelteile eines solchen Spritzverstellers. Ein Steilgewindestück (Mitnehmer) ist fest auf der Pumpenwelle befestigt. In dieses Steilgewindestück greift ein Gegenstück (Kupplungsteil), das innen das gleiche Steilgewinde hat. Der Antriebsflansch ist durch ein Kupplungsstück mit dem Motor verbunden. In dem Kupplungsteil ist eine Gleitrille angebracht, in die eine Gelenkgabel eingreift. Wird nun dieser Gabelhebel hin und her bewegt, so muss sich das Steilgewinde des Mitnehmers um die Steigung dieses Gewindes verdrehen. Damit wird auch die Nockenwelle der Einspritzpumpe um diesen Verdrehungsweg des Gewindes verdreht und die Einspritzung kann demnach früher oder später erfolgen. Gewissermaßen ist aber die Nockenwelle um den Bewegungswinkel , den das Steilgewinde zulässt, - etwa 8 –12° -, verdreh bar. Damit kann also die Nockenwelle der Einspritzpumpe um diese 8 – 12° durch den Spritzver steller verdreht werden. Dadurch lässt sich ein früherer oder späterer Einspritzbeginn um diese 8 – 12° vom Fahrer einstellen. Dabei bedeutet 8° an der Pumpe = 16° gemessen an de r Kurbelwelle. Es gibt auch automatisch arbeitende Spritzversteller die über Fliehkraft wirken, z.B. am Mercedes Motor OM 636.