

Die Kraftstoff-Förder-Pumpen

Von Prof. Dipl.-Ing. Heinrich BUSCHMANN und Ing. BASILICO, Eßlingen

Der Aufbau, die Arbeitsweise, Versuchsergebnisse und die Anwendungs- und Arbeitsgebiete der Förderpumpen werden beschrieben.

Einleitung

I. Membranpumpen

1. Allgemeines
2. Für Handbetätigung
3. Stößelpumpen mit einer Membrane
4. Doppelpumpen mit zwei Membranen
 - a) Für Motoren ohne Lader
 - b) Für Motoren mit Lader
5. Doppelpumpen mit angeflanschem Elektromotor

II. Kolbenpumpen

1. Zweikolbenpumpen
2. Dreikolbenpumpen
3. Doppeltwirkende Zwillingspumpen

III. Zahnradpumpen

IV. Evans-Sternkolbenpumpen

Die Kraftstoff-Förder-Pumpen

Einleitung

Um dem Motor in jeder Lage des Flugzeugs und für jede Motor-Drehzahl und Beschleunigung den erforderlichen Kraftstoff zuzuführen, sind Pumpen erforderlich, welche den Kraftstoff aus den in verschiedenen Höhen befindlichen Behältern herausaugen und mit möglichst gleichbleibendem Druck dem Motor zuführen.

Die einzelnen Vorschriften für Kraftstoffförderung bezüglich Anbau und erforderlicher Leistung der Pumpen, Anforderung an Brennstoffe, Schutz vor Fremdstoffen, Abführung von Leckstoffen, Kraftstoffverteilung, Antrieb der Pumpen sowie erforderliche Ersatzpumpen sind in den „Bauvorschriften für Flugzeuge“ (BVF), II. Teil B Nr. 4070–4073 und E Nr. 4202–4206 festgelegt.

Je nach Verwendungszweck werden verschiedene Baumuster verwendet: Für kleine Förderleistungen vorwiegend Membranpumpen, für größere und große Leistungen meist Kolben- oder Zahnpumpen.

Weil die Pumpen von Flugzeugen eine erhöhte Sicherheit aufweisen müssen, werden sie größtenteils als Doppelpumpen ausgeführt. Die beiden Einzelpumpen arbeiten dann vollkommen unabhängig voneinander, meist mit getrennten Saugräumen und gemeinsamer Druckleitung. Die Förderleistung wird so gewählt, daß beim Ausfall einer Pumpenseite, die andere noch imstande ist, den gesamten Kraftstoffbedarf zu fördern. Es ergibt sich somit, daß immer mindestens die Hälfte des geförderten Kraftstoffes auf die Saugseite zurückfließen muß. Um dies zu ermöglichen, ist auf der Druckseite ein Druckregler eingebaut. Dieser ist bei Vergasermotoren durch eine Feder entweder für einen bestimmten Kraftstoffdruck eingestellt, oder es kann der Kraftstoffdruck durch eine Verstellvorrichtung nach Wunsch eingeregelt werden. Der zuviel geförderte Kraftstoff wird auch hier durch einen vom Druckregler freigegebenen Weg wieder in die Saugleitung zurückgeführt. Alle diese Regler haben auch einen Druckausgleichsanschluß. Bei Motoren mit Ladera wird dann die Schwimmkammer des Vergasers mit dem Druckregler verbunden. Der Druckanstieg im Vergaser wirkt sich somit im Druckregler auf einen Kolben oder eine Membrane aus und bewirkt dort, daß der Kraftstoffdruck etwa im gleichen Maße wie die Druckerhöhung im Vergaser ansteigt. Es wird also ein gleichbleibendes Druckgefälle erreicht. Bei Motoren mit Einspritzung sind die Pumpen ebenfalls wie oben beschrieben, aber an Stelle des sonst sehr niedrigen Druckes zum Vergaser muß der Kraftstoff der Einspritzpumpe mit einem Druck von 1,2 bis 1,5 atm zugeführt werden. Dies bedingt bei entsprechend gebauten Pumpen nur eine Verstärkung der Druckfeder. Die bei Laderbetrieb auftretenden Druckschwankungen sind im Verhältnis zum Gesamtdruck gering. Ein Druckausgleich ist somit nicht erforderlich. (Beschreibung der Regler bei den einzelnen Pumpen.)

I. Membranpumpen

1. Allgemeines

Membranpumpen haben den Vorteil, daß die gleitenden Teile mit dem Kraftstoff nicht in Berührung kommen. Sie können deshalb, beim Zusammenbau so gut eingefettet werden, daß dies für längere Betriebszeit ausreicht. Hierdurch haben diese Pumpen einerseits keinen Ölverbrauch, andererseits einen sehr niedrigen Antriebsbedarf. Ferner haben sie den Vorteil, daß zum Auffüllen der Leitung vor dem Start mittels Handpumpe kein besonderes Umströmventil eingebaut zu werden braucht, weil der Kraftstoff durch die normalen Saug- und Druckventile gepumpt werden kann. Die

beschriebenen Membranpumpen haben alle mit schwachen Federn belastete Druck- und Saugventile. Es ist deshalb möglich, daß eine andere Pumpe den Kraftstoff durch die beschriebenen Pumpen durchdrückt oder saugt. Dabei ist gleichgültig, ob die Membranpumpe in Tätigkeit oder in Ruhe ist. Ein Nachteil der Membranpumpen ist ihre stark schwankende und zeitweise sehr niedrige Förderleistung, ferner ist es nachteilig, daß die höchste Förderleistung etwa bei halber oder noch niedrigerer Drehzahl auftritt und bei voller Drehzahl wieder abfällt. Auch wirkt sich die immer, und zeitweise sehr stark, geförderte Luft ungünstig aus. — Neuerdings werden Membranpumpen entwickelt, die in den Kraftstoffbehälter hineingebaut werden sollen, um die Luftmitförderung zu vermeiden.

2. Die Membranpumpen für Handbetätigung

Sie dienen vor allem zum Auffüllen der Kraftstoffleitungen vor dem Start. Sie werden gebaut bis zu einer Nenn-Förderleistung von

500 l/h bei 2 m Saughöhe u. 1 m Druckhöhe oder
400 l/h bei 2 m Saughöhe u. 6 m Druckhöhe.

Vielfach werden diese Handpumpen mit der Filter-Brandhahn-Armatur verbunden (Abb. 1).

Der Handpumpe ist zur Reinigung des Kraftstoffes ein Filter unmittelbar vorgeschaltet, ferner ist ein Brandhahn angebaut, welcher bei einem etwaigen Brand den Kraftstoffstrom zwischen Kraftstoffbehälter und Motor unterbricht.

Arbeitsweise:

Die Filter-Brandhahn-Armatur wird in die Kraftstoffleitung zwischen Behälter und Förderpumpe eingebaut. Normal ist die Handpumpe außer Tätigkeit und der Kraftstoff wird mittels Förderpumpe vom Behälter aus durch die Filter-Brandhahn-Armatur dem Motor zugeführt. Das im rechten Schnitt rechts sichtbare Brandventil ist in der normalen Lage offen; der Kraftstoff fließt also durch das Ventil und kommt durch das im gleichen Schnitt links über der Spindel angeordnete Filterpaket — zum — nur — durch — Eigengewicht — oder mit schwacher Feder belasteten Saugventil; dieses wird durch den Kraftstoff geöffnet. Anschließend fließt der Kraftstoff durch das gleicherweise belastete Druckventil zur Förderpumpe.

Zur Förderung des Kraftstoffes, bei ruhender Förderpumpe oder als Notbehelf bei schadhafter Förderpumpe dient die mit der Gesamtarmatur verbundene Handpumpe. Die in Abb. 1 gezeigte Membranpumpe hat zwangsläufigen Saughub und mit Feder belasteten Druckhub (andere Baumuster werden aber auch mit zwangsläufigem Saug- und Druckhub ausgeführt).

3. Stößelpumpen mit einer Membrane

Sie werden gebaut für eine Nenn-Förderleistung von 30 l/h. Die Angabe

für höchsten Druck lautet 0,22 kg/cm²

für höchsten Sog lautet 0,55 kg/cm².

Abb. 2 zeigt die DBU-Förderpumpe KM 2 im Schnitt.

Arbeitsweise:

Beim Druckhub gibt der Stößel die Membrane frei, so daß diese, durch die im Gehäuse befindliche Druckfeder betätigt, den Hub ausführt. Der Saughub erfolgt in starrer Verbindung mit dem Stößel durch die außen liegende kräftige Druckfeder. Die in den Schwenkan-schlüssen eingebauten Ventile sind federbelastet und werden durch den Kraftstoff betätigt.

Die Kennlinien, von Abb. 3 zeigen die Werte einer 1935 geprüften Pumpe. Die Förderleistung bei 0,1 at Druck- und Saughöhe ist zweimal aufgetragen. Hieraus ist zu

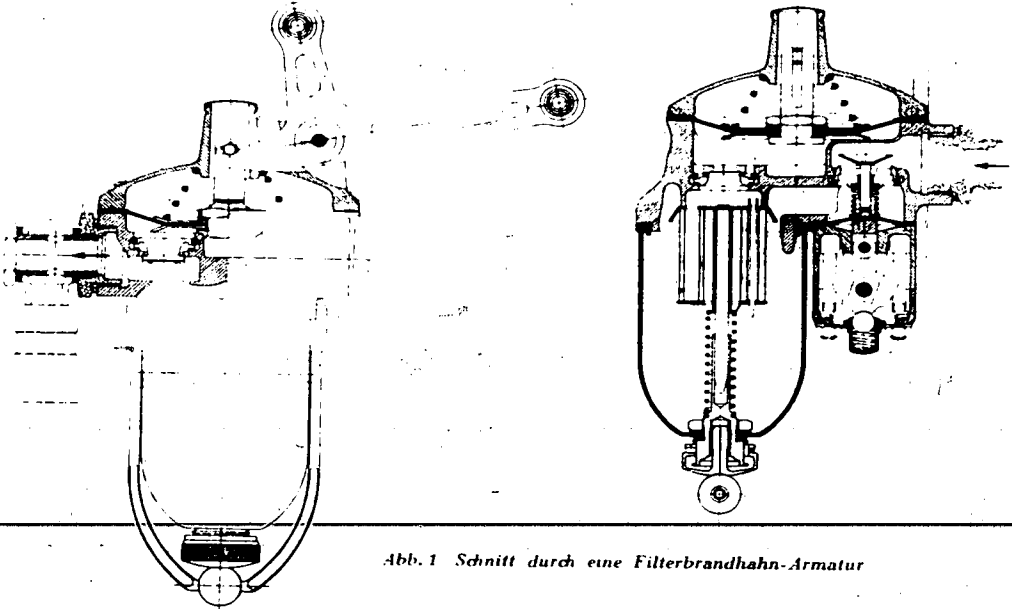


Abb. 1 Schnitt durch eine Filterbrandhahn-Armatur

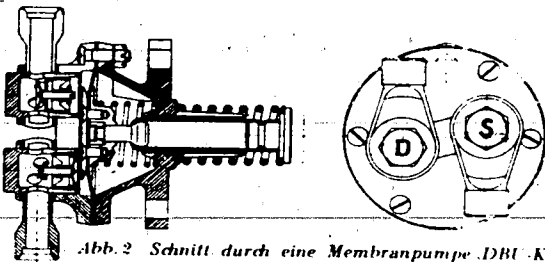


Abb. 2 Schnitt durch eine Membranpumpe DBU-KM 2

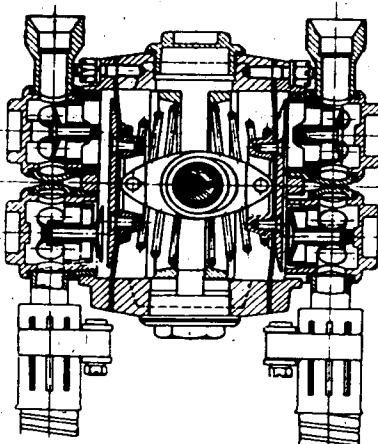
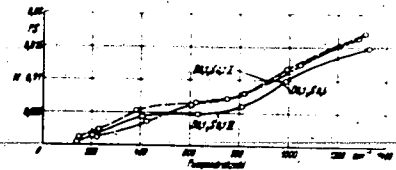


Abb. 4 Schnitt durch eine Doppel-Membranpumpe DBU-KM 3

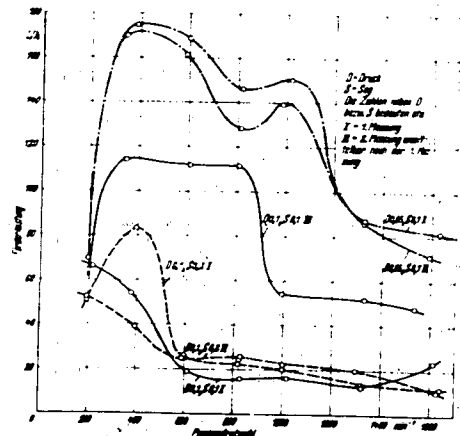


Abb. 3 Kennlinien einer Membranpumpe
Bemerkenswert ist die stark schwankende Fördermenge und der Abfall bei steigender Drehzahl

erschen, daß bei der zweiten Messung die Förderleistung z. T. ein Mehrfaches der ersten Messung aufwies. Diese Verschiedenheiten in der Förderleistung sind ein Kennzeichen dieses Baumusters. Bei einem Dauerlauf mit 1200 Hüben/Min. hat sich gezeigt, daß bei einer Druckhöhe von 0,1 at und einer Saughöhe von 0,2 at von 5 gepumpten Pumpen die zeitweise niedrigste Förderleistung 20, 17, 13, 13 und 10 l/h betrug. Bei der schlechtesten Pumpe war die Förderleistung in den Grenzen von 10 und 52 l/h bei einem Mittelwert von 28 l/h. Weil aber die niedrigste Förderleistung oft einige Minuten anhält, kann die Pumpe nur für einen Motor Verwendung finden, bei welchem der größte Kraftstoffverbrauch 10 l/h nicht übersteigt.

4. Doppelpumpen mit 2 Membranen

a) Für Motoren ohne Lader

Nennförderleistung ohne Druckangabe 200 l/h bei $n = 1200 \text{ min}^{-1}$. Abb. 4 zeigt die DBU-Kraftstoffpumpe KM 3 im Schnitt.

Arbeitsweise:

Wie bei der vorstehend beschriebenen Stößelpumpe ist der Saughub zwangsläufig, und der Druckhub federbelastet. Der Antrieb erfolgt über einen Exzenter in der Mitte zwischen den beiden Einzelpumpen. In den Kennlinien von Abb. 5 sind Ergebnisse einer Prüfung vom Jahre 1935 wiedergegeben. Sie zeigen die Förderleistung in Abhängigkeit von der Drehzahl für Druckhöhe 0,1 at und Saughöhe 0,3 at bei Temperaturen von -25°C , $+12^\circ \text{C}$ und $+40^\circ \text{C}$. Die Förderleistung der beiden Pumpenseiten ist häufig stark verschieden, so fördert z. B. eine Pumpenseite $\frac{1}{2}$, die andere $\frac{1}{3}$ der gesamten Förderleistung. Die Pumpen fördern immer etwas Luft mit, zeitweilig ist die Luftförderung sogar sehr stark. Die Kraftstoff-Förderung wird aber hierdurch nicht schlechter, sondern ist bei starker Luftförderung meist höher. Bei einem längeren Dauerlauf hat sich gezeigt, daß bei einer Druckhöhe von 0,1 at und einer Saughöhe von 0,2 at bei den auch hier sehr starken Schwankungen mit Sicherheit nur eine Förderleistung von 60 l/h erreicht wird.

b) Für Motoren mit Lader

Diese Pumpen mit Druckregler werden von DBU in 2 Ausführungen geliefert.

Baumuster KM 13 A Nennleistung - 75 l/h -

$n_{\text{Nenn}} = 2700 \text{ min}^{-1}$

Baumuster KM 13 B Nennleistung 175 l/h

$n_{\text{Nenn}} = 4500 \text{ min}^{-1}$

Laut Werksangabe wird die oben genannte Förderleistung mit entsprechender Einstellung des Druckreglers bei allen Drücken zwischen 0,15 und 0,5 atü, sowie Saughöhen 0 bis 6 m WS erreicht. Ferner soll die Nennleistung im Notfall auch von einer Pumpenseite bewältigt werden.

Arbeitsweise: Abb. 6.

Wie bei den vorstehend beschriebenen Membranpumpen ist der durch Exzenter betätigte Saughub zwangsläufig, der Druckhub erfolgt mit zwischengeschalteter Feder. Die Feder ist aber hier so stark bemessen, daß bei einem Druck von 0,5 atü noch die volle Förderleistung erzielt wird. Die Pumpe hat 2 Saugleitungen, aber nur eine Druckleitung. Die Druckleitungen der beiden Pumpenseiten vereinigen sich in dem gemeinsamen Druckraum. Vor dem Austritt der Druckleitung befindet sich ein durch den Druckregler von außen einstellbares Ventil. Dieses Ventil wird aber außerdem durch eine Membrane gesteuert. Steigt der Kraftstoffdruck in der Druckleitung, so drückt er auch auf die Membrane und wirkt schließend auf das Ventil. Hierdurch wird ein übermäßiger Druckanstieg in der Leitung vermieden. Mit Hilfe dieses Druckreglers kann der gewünschte Förderdruck von Hand eingeregelt werden. Die durch den Lader bedingten Druckschwankungen werden mittels

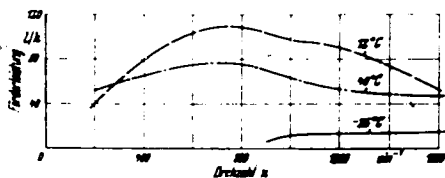


Abb. 5 Kennlinien einer Doppel-Membranpumpe

Verbindungsleitung zwischen Lader und Pumpengehäuse ausgeglichen. Der erhöhte Druck wirkt sich auf die Pumpen-Membranen aus und ergibt einen höheren Kraftstoffdruck. Angestrebt wird, daß das Druckgefälle zwischen Pumpe und Vergaser immer das gleiche bleibt.

5. Doppel-Membranpumpen mit angeflanschem Elektromotor

Von DBU werden diese Pumpen in 2 Ausführungen geliefert. Beide Baumuster haben einen 27 Volt-Gleichstrom-Antriebsmotor. Je nach Pumpenleistung beträgt die Stromaufnahme bei vorgenannter Spannung 2 bis 3 Amp. bei Baumuster EP 1 und bis 4 Amp. bei Baumuster UP 1. Die Motordrehzahl ist mit etwa 7000 min^{-1} vorgesehen. Die Kraftübertragung vom Motor zur Pumpe erfolgt über ein Zahnradgetriebe mit dem Übersetzungsverhältnis 7,5 : 1.

Der Aufbau von der Pumpe Baumuster EP 1 ist gleich wie in Abb. 6, jedoch ohne Druckregler. Der Antrieb erfolgt durch angeflanschten Elektromotor.

Nennleistung der Pumpe Baumuster EP 1:

Druck at	Sog at	Fördermenge l/h
0,3	0,1	450
0,3	0,4	200
0,6	0,1	380
0,6	0,4	140
0,8	0,1	320
0,8	0,4	50
1,0	0,1	230
1,0	0,4	50

Dieses Baumuster wird hauptsächlich bei tief liegenden Kraftstoffbehältern als Zubringerpumpe für die am Motor sitzende Förderpumpe gefertigt. Ferner kann sie die Tätigkeit der Handpumpe (das Auffüllen der Leitungen vor dem Start) übernehmen. Im Notfall ist sie auch imstande, bei schadhafter Förderpumpe, die Kraftstoff-Förderung bis zum Motor zu bewältigen. Abb. 7 zeigt das Baumuster UP 1.

Nennleistung der Pumpe:

Druck at	Sog at	Fördermenge l/h
0,2	0,4	450
0,5	0,3	600
0,5	0,2	1000
1,0	0,2	800
1,5	0,2	750

Der Antrieb der Pumpe erfolgt über das gleiche Getriebe wie bei dem Baumuster EP 1. Die Betätigung der Pumpe wird aber hier mit einer Kurbelwelle durchgeführt. Durch Distanzstücke ist der Abstand der beiden Membranen starr eingehalten. Die exzentrische Drehung des auf der Kurbelwelle sitzenden Kugellagers überträgt sich über Gleitschienen auf die beiden Membranen und gibt dort eine hin- und hergehende Bewegung. Es ist somit bei dieser Pumpe der Saug- und Druckhub zwangsläufig. Aus diesem Grunde darf die Pumpe nicht gegen eine gedrosselte Druckleitung arbeiten. Sie ist bestimmt zum Umpumpen des Kraftstoffes von einem Behälter zum anderen; als Notersatz der Förderpumpe zum Vergaser ist sie ungeeignet, weil keine Anpassung an den Kraftstoffverbrauch vorhanden ist.

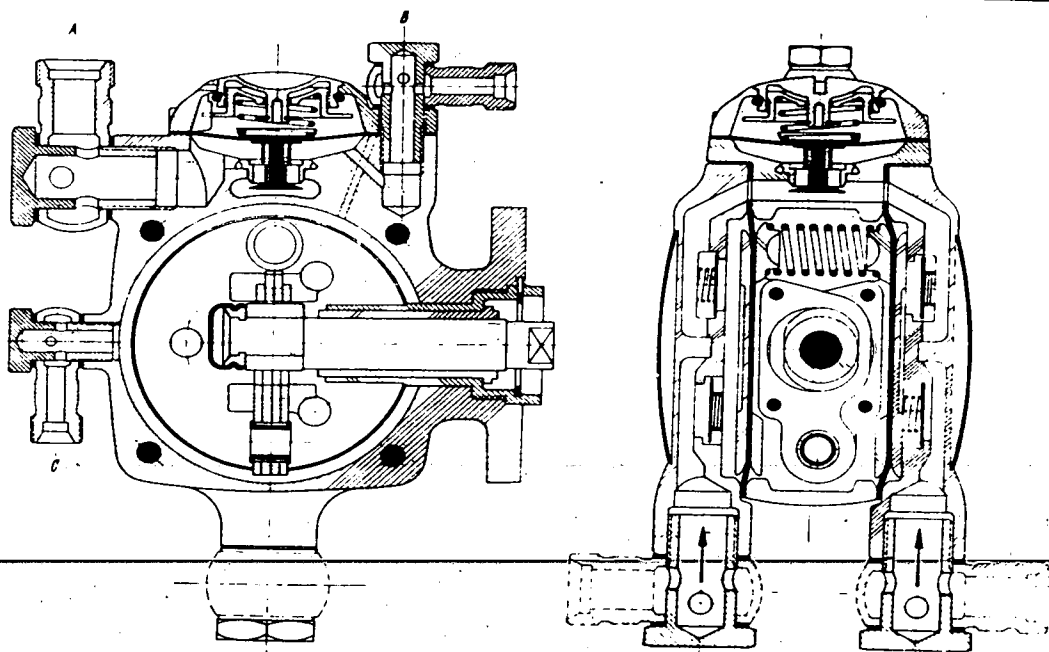


Abb. 6 Schnitt durch eine Doppel-Membranpumpe DBL-AM 13. A Druckleitung, B Kraftstoff-Druckmesser-Anschluß, C Verdichter-Anschluß

II. Kolbenpumpen

1. Zweikolbenpumpen

Junkers baut unter der Bezeichnung Jumo-Kraftstoff-Doppelpumpe vier Größen der nachstehend beschriebenen Pumpe. Höchste Fördermenge jeder Einzelpumpe bei 2700 min^{-1} . Vorübergehend zulässige Drehzahl 4000 min^{-1} .

Größe	1	2	3	4
Förderleistung je Pumpenseite	75 l/h	175 l/h	350 l/h	500 l/h

Die in Abb. 8 gezeigte Pumpe wird durch die im Schnitt A-A sichtbare Kurbelwelle angetrieben. Die beiden Kolben haben jeweils einen oszillierenden Zylinder, sie arbeiten auf eine gemeinsame Druckleitung, haben aber getrennte Saugleitungen und sind vollständig unabhängig voneinander. Wenn eine Pumpenseite Luft fördert, so arbeitet die andere Seite unbeeinflusst weiter. Am besten ist die Arbeitsweise aus der Planzeichnung in Abb. 8 ersichtlich. Es ist zu beachten, daß die sonst auf einer Kurbel befindlichen Kolben gleichlaufend drehen. Auf dieser Planzeichnung ist aber die linke Kurbel im Uhrzeigersinn, die rechte Kurbel dagegen entgegengesetzt drehend zu denken. Beim Abwärtsbewegen des Kolbens saugt er aus der Saugseite den Kraftstoff an; durch die Drehbewegung des Zylinders wird im unteren Totpunkt die Saugseite abgeschlossen und die Druckseite geöffnet. Beim Aufwärtsbewegen drückt somit der Kolben den Kraftstoff in den gemeinsamen Druckraum. Wenn der Kraftstoffverbrauch kleiner ist als die von den Pumpen geförderte Menge, so öffnet der oben eingezeichnete Druckreglerkolben einen Ringkanal, und der überschüssige Kraftstoff fließt wieder in die Saugleitung zurück. Bei Vergaser-Motoren mit Ladern muß die in der

Planzeichnung gestrichelt eingezeichnete Leitung angebracht werden. Sie verbindet den Druckregler mit dem Vergaser. Findet dort eine Druckerhöhung statt, so pflanzt sich diese auf den Reglerkolben der Pumpe fort und bewirkt dort, daß dieser erst bei entsprechend höherem Druck die Ringkanäle für den Kraftstoff-Rückfluß freigibt und somit das festgelegte Druckgefälle erhalten bleibt. Um Anfrassungen der Pumpe zu vermeiden ist eine Schmierung notwendig. Weil der Öldruck größer sein muß als der Kraftstoffdruck, ist an der Kurbelwelle eine Schnecke angebracht, welche über ein Schneckenrad eine Ölpumpe antreibt, siehe Abb. 8, Schnitt B-B. Die Ölförderleistung beträgt laut Angabe $1,1 \text{ vH}$ des Kraftstoffverbrauchs, der Öldruck je nach Drehzahl 1 bis 2 at. Es ist nur erforderlich, Ablauföl der Pumpe mit Sicherheit zuzuführen. Drucköl kann bis zu einem Höchstdruck von 1 at verwendet werden.

Bei Verwendung der Pumpe für Einspritzmotoren muß die Druckreglerfeder verstärkt werden, damit der erforderliche Kraftstoffdruck von 1,2 bis 1,5 at erhalten wird. Eine Druckausgleichleitung ist in diesem Falle nicht erforderlich.

Nachstehende Angaben beziehen sich auf im Jahre 1935 geprüfte Pumpen mit einer Nennförderleistung von 300 l/h für eine Einzelpumpe bei $n = 2700 \text{ min}^{-1}$.

Abb. 9a zeigt die Förderleistung bei der Nennzahl in Abhängigkeit von der Saughöhe. Bei Aufnahme der oberen Kennlinie war der Druckregler mit 0,5 atm Druckluft belastet und somit ausgeschaltet. Bei der unteren Kennlinie war am Druckregler kein Anschluß. — Hieraus ist zu sehen, daß bei steigender Saughöhe die Förderleistung abfällt. Bei steigender Druckhöhe bleibt die Förderleistung gleich, wenn der Druckregler entsprechend belastet ist. Ohne Druckreglerbelastung

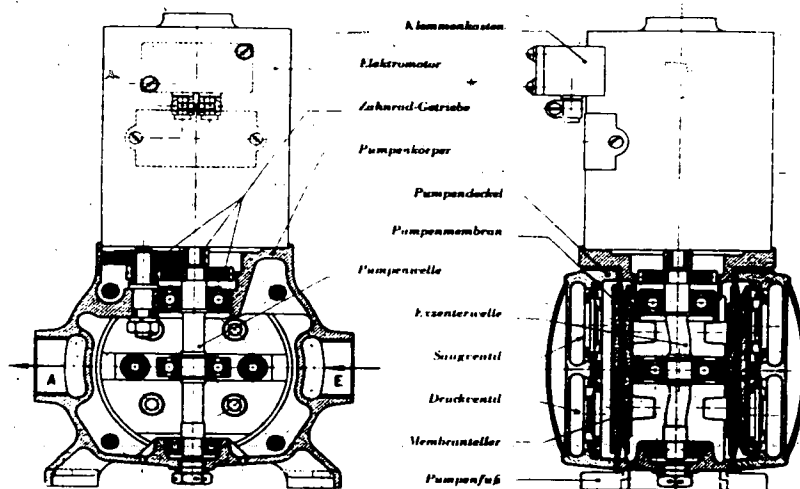


Abb. 7 Doppel-Membranpumpe mit angeflanschem El.-Motor DBU-UP 1. Schnitt

hatte die geprüfte Pumpe bei 0,25 atm Druckhöhe keine Förderleistung mehr.

Abb. 9 b zeigt die Förderleistung in Abhängigkeit von der Drehzahl bei -25 , $+20$ und $+40^\circ\text{C}$. Die Druckhöhe betrug jeweils 0,4, die Saughöhe 0,6 atm.

Abb. 9 c zeigt die erforderliche Antriebsleistung bei -25°C und $+22^\circ\text{C}$. Es ist hieraus ersichtlich, daß die erforderliche Antriebsleistung bei Kälte nur wenig ansteigt.

Zum Auffüllen der Kraftstoffleitung vor dem Start ist die Pumpe mit einem Durchströmventil versehen; dieses federbelastete Ventil ist in Abb. 8, Schnitt C—C, zu sehen. Bei der geprüften Pumpe ergaben sich folgende Durchflußwerte:

bei 0,1 at Druck	15 l/h
bei 0,2 at Druck	20 l/h
bei 0,3 at Druck	300 l/h
bei 0,35 at Druck	380 l/h

2. Dreikolbenpumpen

Die Nennleistung bei $n = 2100 \text{ min}^{-1}$ beträgt 340 l/h. Druckhöhe 0,2 at, Saughöhe 0,4 at, $n_{\text{max}} = 2800 \text{ min}^{-1}$.

Die Jumo-Dreikolbenpumpe, die heute nur noch wenig verwendet wird, arbeitet wie die vorgeschriebene Zweikolbenpumpe mit oszillierenden Zylindern, welche den Kraftstoffeintritt beim Saughub und den Kraftstoffaustritt beim Druckhub steuern. Die Kolben werden hier ebenfalls durch eine Kurbelwelle angetrieben, aber die Zylinder sind sternförmig angeordnet, siehe Abb. 10. Die Pumpe hat nur eine Saug- und eine Druckleitung. Die Saug- sowie die Druckseiten der 3 Zylinder sind jeweils durch Kanäle miteinander verbunden. Der Druckregler besteht aus einem federbelasteten Ventil, bei welchem von außen durch ein Vierkant die gewünschte normale Druckhöhe eingestellt werden kann. Für Motoren mit Laderbetrieb wird an Stelle der Kappe über dem Einstellvierkant ein Anschlußstutzen aufgeschraubt. Dieser wird zur Erreichung eines gleichbleibenden Druckgefälles zwischen Vergaser und Pumpe durch eine Leitung mit dem Vergaser verbunden. Zur Schmierung der Pumpe ist Drucköl erforderlich, das mindestens einen um 0,2 at höheren Druck aufweist als der Benzindruck. Der Ölverbrauch wird durch den Oldruck nur wenig beeinflusst. So ergibt eine Steigerung des Öl-

druckes von 0,5 auf 6 at bei der Nennleistung nur einen Mehrverbrauch von etwa 15 vH. Durch Erhöhung der Betriebstemperatur von 20 auf 40°C ergibt sich bei 0,5 at Oldruck

eine Ölverbrauchssteigerung von 7 vH bei 6,0 at Oldruck
eine Ölverbrauchssteigerung von 15 vH.

Eine Erhöhung der Oltemperatur bei gleichbleibender Benzintemperatur hat keinerlei Änderungen zur Folge. Zum Auffüllen der Kraftstoffleitung vor dem Start ist die Pumpe mit einem Durchströmventil versehen. Dieses ist unterhalb vom Druckregler eingebaut und bietet nur einen geringen Durchflußwiderstand. Ein Druck von 0,3 at ergibt eine Durchflußleistung von 200 l/h.

Bei Abb. 11 ist zu berücksichtigen, daß der auf 0,3 at eingestellte Druckregler bei höheren Drücken durch Preßluftanschluß von 0,5 at ausgeschaltet war. Die Förderleistung ist somit von der Druckhöhe unabhängig, fällt aber bei Erhöhung der Saughöhe stark ab.

3. Doppelwirkende Zwillingspumpen von H. Malbak A.-G., Hamburg

Wirkungsweise: Abb. 12.

Die beiden Kolben erhalten ihre hin- und hergehende Bewegung durch das Zahnrad des Antriebes, das mit den Zahnradern der Kolbenstangen in Eingriff steht. Diese Zahnräder übertragen die Drehbewegung auf Kurvenscheiben, die durch eine feste Rolle eine ununterbrochene Hubbewegung ableiten. Die durch dieses Getriebe erzeugte Drehbewegung des Kolbens ist für die Pumpenwirkung ohne Einfluß. Da aber die Kolbenlaufbuchse durch den angedeuteten Vierkant ebenfalls in dauernde Drehung versetzt wird, steuert sie durch ihre Schlitze die Ein- und Auslaufkanäle. Der linke Kolben der Schnittzeichnung saugt bei seiner Abwärtsbewegung gerade mit der Oberseite und drückt mit der Unterseite, weil der linke Steuer-Drehhohlkolben links oben durch Schlitze Saug- und Zylinderraum, unten rechts Druck- und Zylinderraum verbindet.

Bei zu hohem Druck wird die Federkraft des Druckreglers überwunden und durch Anheben des Ventils, auf das die Feder drückt, die Verbindung zwischen Druck- und Saugraum hergestellt, die in einem gestrichelt dargestellten Schlitz besteht.

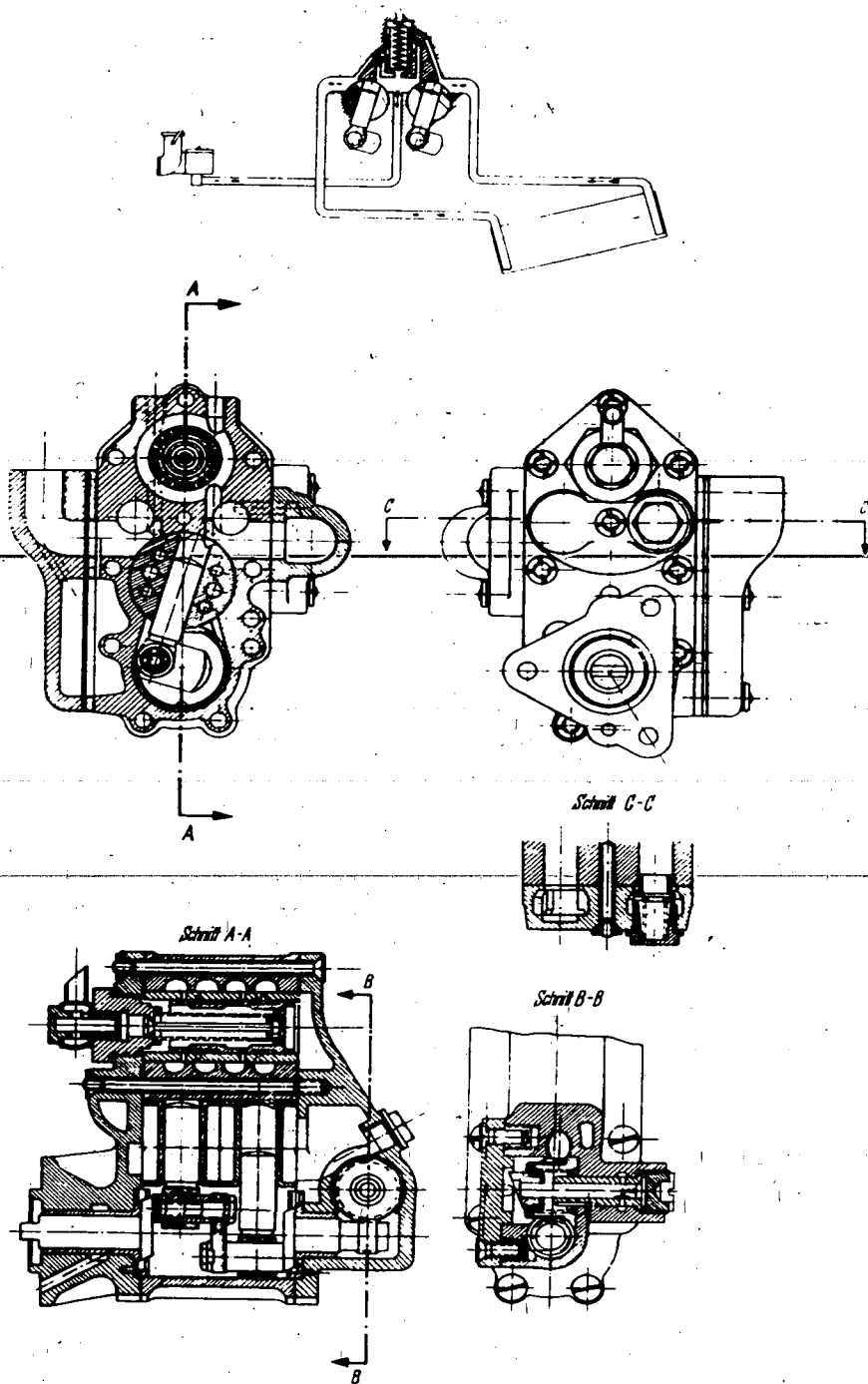


Abb. 8 Doppel-Kolbenpumpe Junkers. Schema und Schnitt

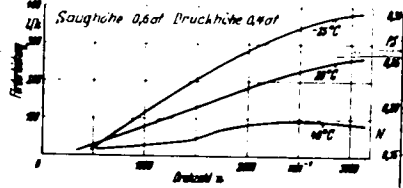
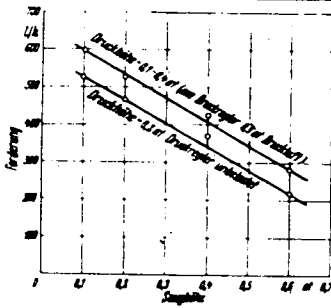


Abb. 9 Kennlinien der Junkers-Doppelkolbenpumpe

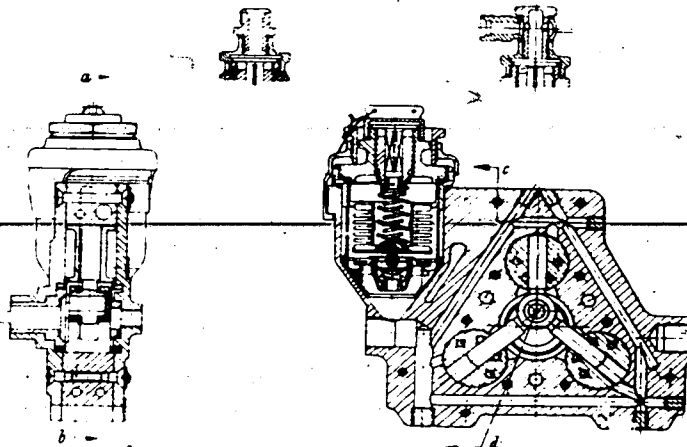
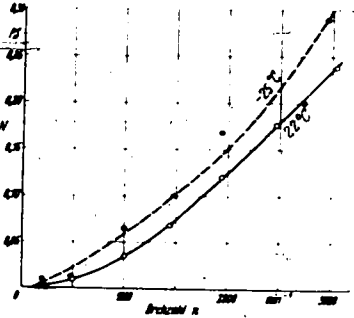


Abb. 10 Dreikolbenpumpe Junkers. Schnitt

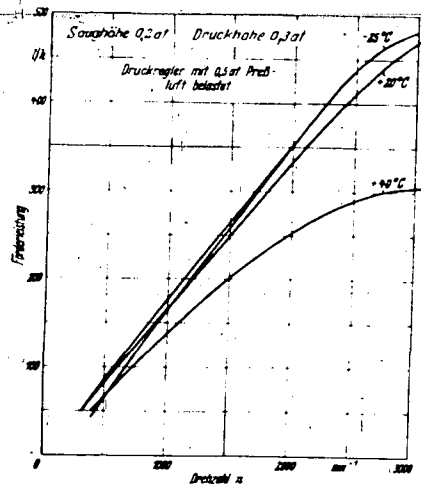


Abb. 11 Kennlinien der Junkers-Dreikolbenpumpe

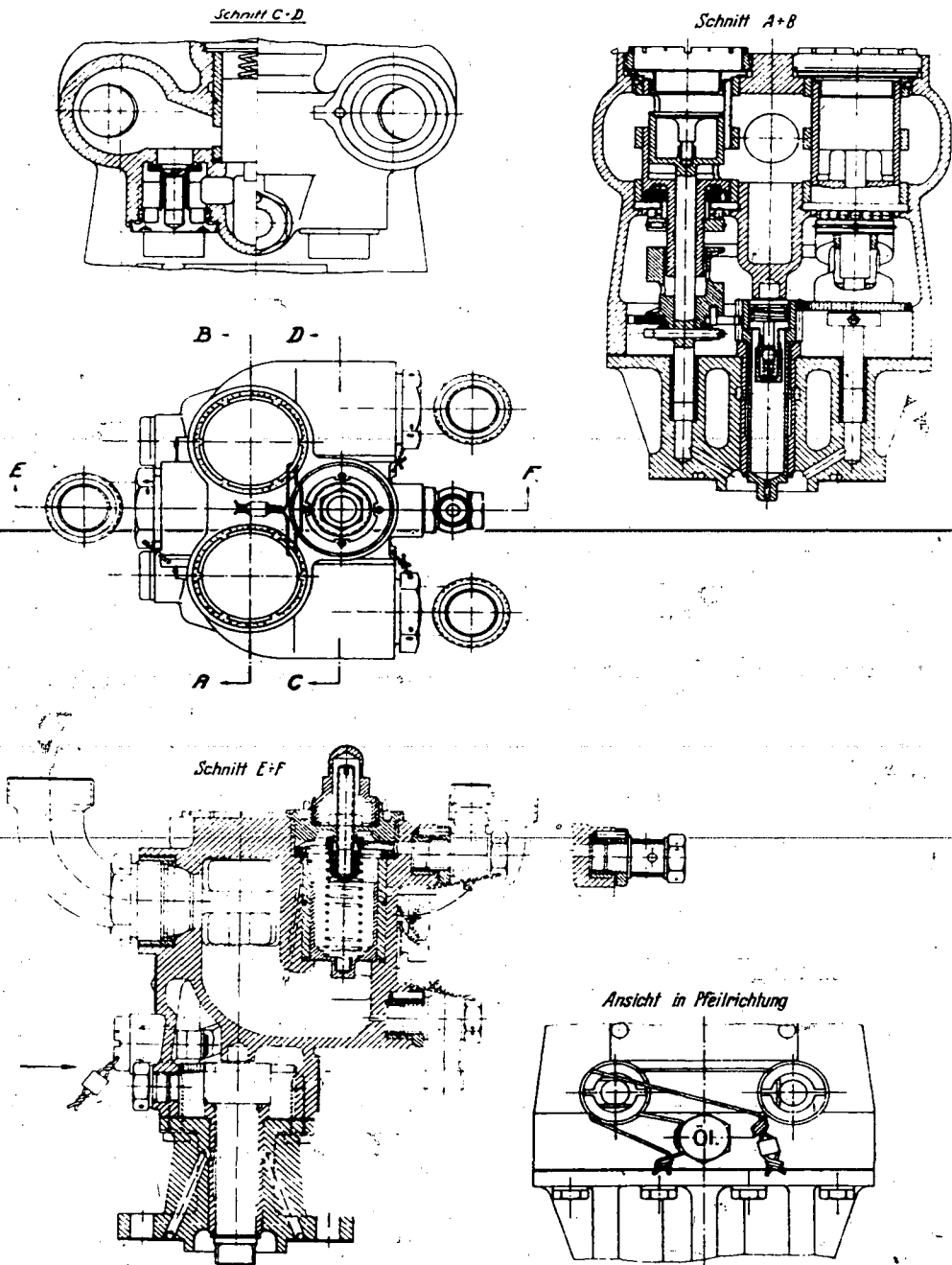


Abb. 12 Doppelwirkende Doppel-Kolbenpumpe Maihak

Bei Stillstand der Pumpe kann Kraftstoff durch die Pumpe von einer Handpumpe aus gefördert werden, wofür ein Umpumpeventil vorgesehen ist, das Saug- und Druckseite unmittelbar verbindet.

Für die Schmierung ist der Raum, in dem die Kurvenscheiben und die Zahnräder sich befinden, dauernd mit Öl gefüllt. Ein Übertritt von Öl in den Pumpenraum ist durch die gezeichnete Abdichtung verhindert. Nur das hohlzylindrische Reglerventil ist noch geschmiert, siehe in Schnitt EF die schräge Bohrung. Die beigegebene Leistungskurve der Pumpe rührt von Versuchen des Lieferwerkes her (Abb. 13).

III. Zahnradpumpen

Die Firma Erich & Graetz baut die nachstehend beschriebene Kraftstoffpumpe in drei Größen (auch unter der Bezeichnung „Graetzin“-Pumpe):

- ZD 175 bei 0,3 at Saughöhe und 0,25 at Druckhöhe
u. $n = 2700 \text{ min}^{-1}$ Förderleistung 1 Pumpe 175 l/h
- ZD 500 bei 0,3 at Saughöhe und 0,25 at Druckhöhe
u. $n = 2700 \text{ min}^{-1}$ Förderleistung 1 Pumpe 350 l/h
- ZD 350 bei 0,3 at Saughöhe und 0,25 at Druckhöhe
u. $n = 2700 \text{ min}^{-1}$ Förderleistung 1 Pumpe 500 l/h

Abb. 14 zeigt das Schema, Abb. 15 verschiedene Ansichten der Doppel-Zahnradpumpe mit gemeinsamer Druck- und getrennter Saugleitung. Die beiden durch eine Zwischenwand getrennten Zahnradpaare arbeiten auf eine gemeinsame, mit einem Druckregler verbundene Druckleitung. Der Druckregler besteht aus einem federbelasteten Kolben, der neuerdings auch durch eine Membrane von der atmosphärischen Luft bzw. von der Ausgleichsleitung getrennt ist. Vorspannung der Feder und damit normale Druckhöhe von außen einstellbar. Zur Erzielung eines gleichbleibenden Druckgefälles zwischen Vergaser und Pumpe ist für Vergaser-Motoren mit Laderbetrieb ein Anschluß für die Ausgleichsleitung vorgesehen.

Für Motoren mit Einspritzbetrieb wird der Druckregler mit einer entsprechend verstärkten Feder ausgerüstet, damit der erforderliche Druck von 1,2 bis 1,5 atm erreicht wird. Eine Druckausgleichsleitung ist hierbei nicht erforderlich.

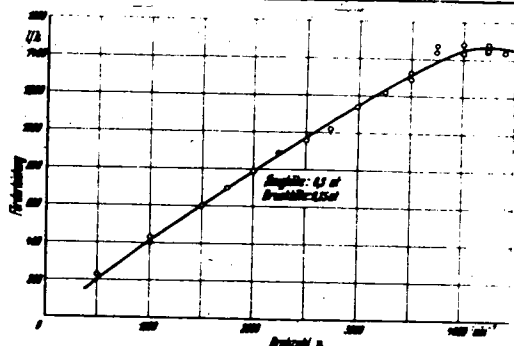


Abb. 13 Förderleistung der doppelwirkenden Doppel-Kolbenpumpe von Maihak

Auf der Antriebswelle ist ein Pumpenrad fest. Das Gegenrad ist auf einer kurzen Welle aufgekeilt, welche mittels Klaue ein Rad der anderen Pumpenseite antreibt. Das zweite Rad dieser Seite ist lose auf der Hauptwelle aufgeschoben. Die Wellen laufen in geschliffenen Gleitlagern ohne zusätzliche Schmierung. An der mit Stopfbuchse versehenen Antriebswelle ist aber Drucköl erforderlich, welches (lt. Angabe des Herstellers) nur einen Ölspererring bildet zur Abdichtung der Kraftstoffpumpe gegen den Motor. Der Ölverbrauch soll nur wenige Gramm pro Stunde betragen. Zum Auffüllen der Leitungen vor dem Start sind 2 mit schwachen Federn belastete Durchströmventile eingebaut.

Abb. 16 zeigt Ergebnisse einer 1935 geprüften Pumpe der Größe 350. Der Druckregler war bei den höheren Drücken vorbelastet und somit ausgeschaltet. Die aufgetragene erforderliche Antriebsleistung wies bei den seinerzeit geprüften Pumpen große Schwankungen auf, welche größtenteils auf die ungeschmierte Lagerung und die Stopfbüchse zurückzuführen waren. Diese Pumpen haben sehr stark zum Anfressen geneigt und waren deshalb noch nicht einwandfrei gebrauchsfähig. Durch die nunmehr eingeführte Druckölschmierung der Antriebswelle ist dieser Übelstand beseitigt worden.

Pumpen-Schema

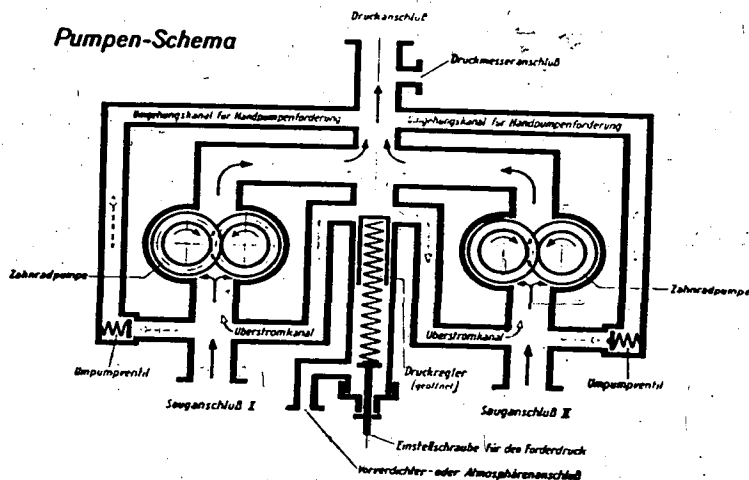


Abb. 14 Schema der Zahnrad-Förderpumpe von Ehrich und Graetz (Graetzin)

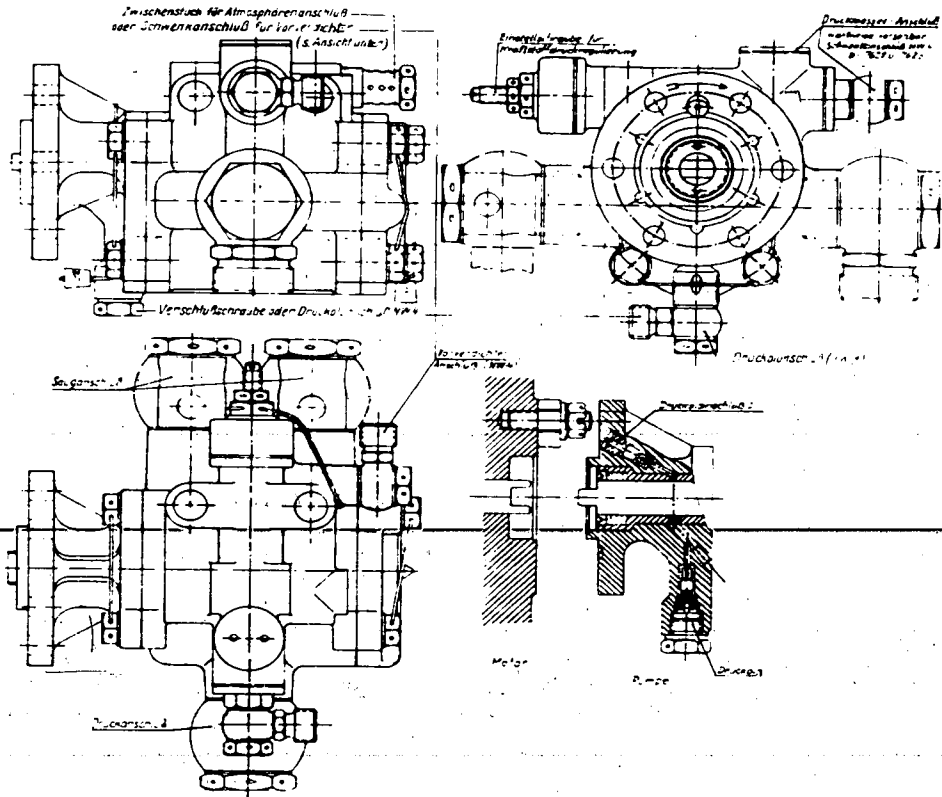


Abb. 15 Zahnrad-Förderpumpe von Ehrich und Graetz (Graetzin).

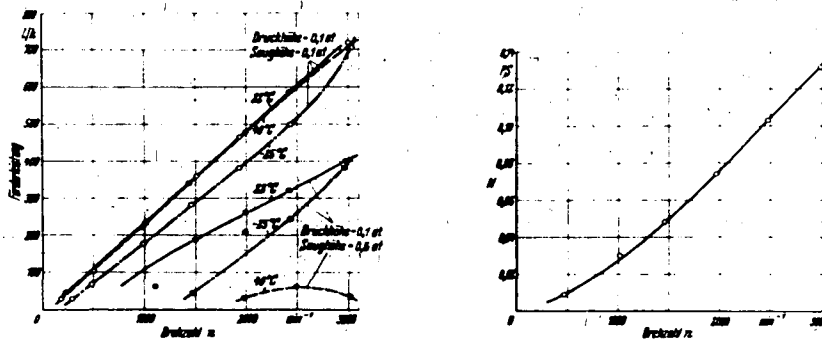


Abb. 16 Kennlinien der Zahnrad-Förderpumpe von Ehrich und Graetz (Graetzin).

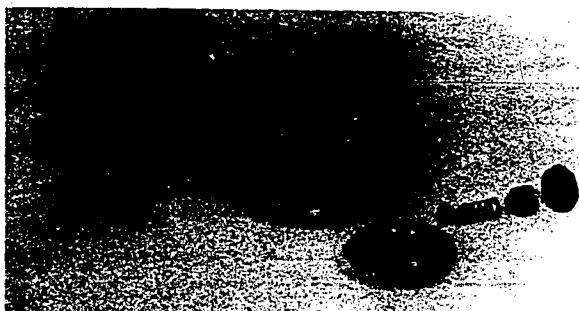
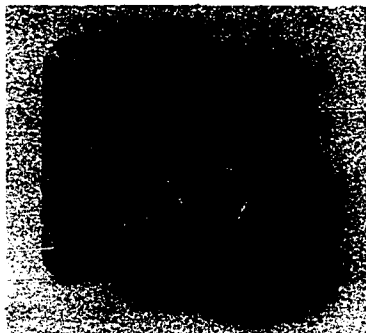


Abb. 17 Evans-Sternkolbenpumpe

IV. Sternkolbenpumpen

Die von Evans in Detroit USA. gebaute Pumpe arbeitet nach dem bekannten und früher auch für Schmieröl verwendeten Prinzip.

Eine exzentrisch in das Gehäuse eingebaute Welle treibt mittels Abflachung einen im Pumpengehäuse befindlichen Zylinder. Dieser hat in Aussparungen gelagerte und durch eine Druckfeder gegenseitig auseinander und somit radial an die Zylinderwand gedrückte Flügel.

Abb. 17 zeigt die auseinandergenommene Pumpe. Durch die Flügel wird der Kraftstoff von der einen Seite auf die andere gefördert. Im Bilde oben sind die rechts und links auseinandergenommen liegenden Über-

druckventile eingebaut. Je nach Drehrichtung wirkt das eine oder andere Ventil. Die Ventileinstellung wird durch eine mit dem Schraubenzieher verstellbare und in einer Kugel einrastende Hohlschraube, welche nach außen durch eine Hutmutter abgedichtet ist, vorgenommen.

Eine 1935 (nicht von den Verfassern) geprüfte Pumpe ergab die günstigste Förderleistung bei $n = 3000 \text{ min}^{-1}$. Mit abnehmender Drehzahl geht die Förderleistung zurück.

Sie betrug bei $n = 3000 \text{ min}^{-1} = 600 \text{ l/h}$
bei $n = 950 \text{ min}^{-1} = 400 \text{ l/h}$
größte Saugleistung bei $n = 3000 \text{ min}^{-1} = 0,27 \text{ atm}$
Im Anlieferungszustand wurde der Höchstdruck von $0,39 \text{ atm}$ nicht überschritten.

Abgeschlossen am 15. Mai 1940