001112

Thermohülse

8 Bohrungen 20° auf dem Umfang.

Anordnung der Blechen

Ofen ist nach dem Schweißen normalisierend zu glühen.

Betriebstemperatur ca. 200 °C

Schnitt: a-b

Umgezeichnet

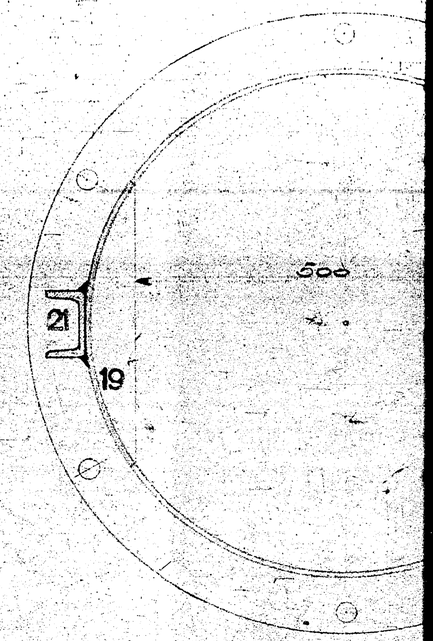
31				
30				
29				
28	1	Dichtung	8/19 ϕ × 8,5	S2
27	1	Rohr f. Steuerung	20 × 8	St 35.8
26	8	Abstandsstücke	15 × 60 × 1	"
25	8	Schutzblech	45 × 626 × 1	"
24	8	Scheibe	24 × 8	"
23	8	Bolzen	19 ϕ × 8	St 60
22	6	Ankerschraube	M8 × 20	St 35.8
21	2	Verbindung	LNP 8 65 mm	
20	1	Flansch	608 705 ϕ × 24	St 35
19	1	Rohr (Laterne)	500 × 6	
18	1	Tragring	435 520 ϕ × 30	St 52
17	3	Verschraubung Form	NW 20 ND 25	St 42.11
16	3	Stutzen	NW 20	St 35.28

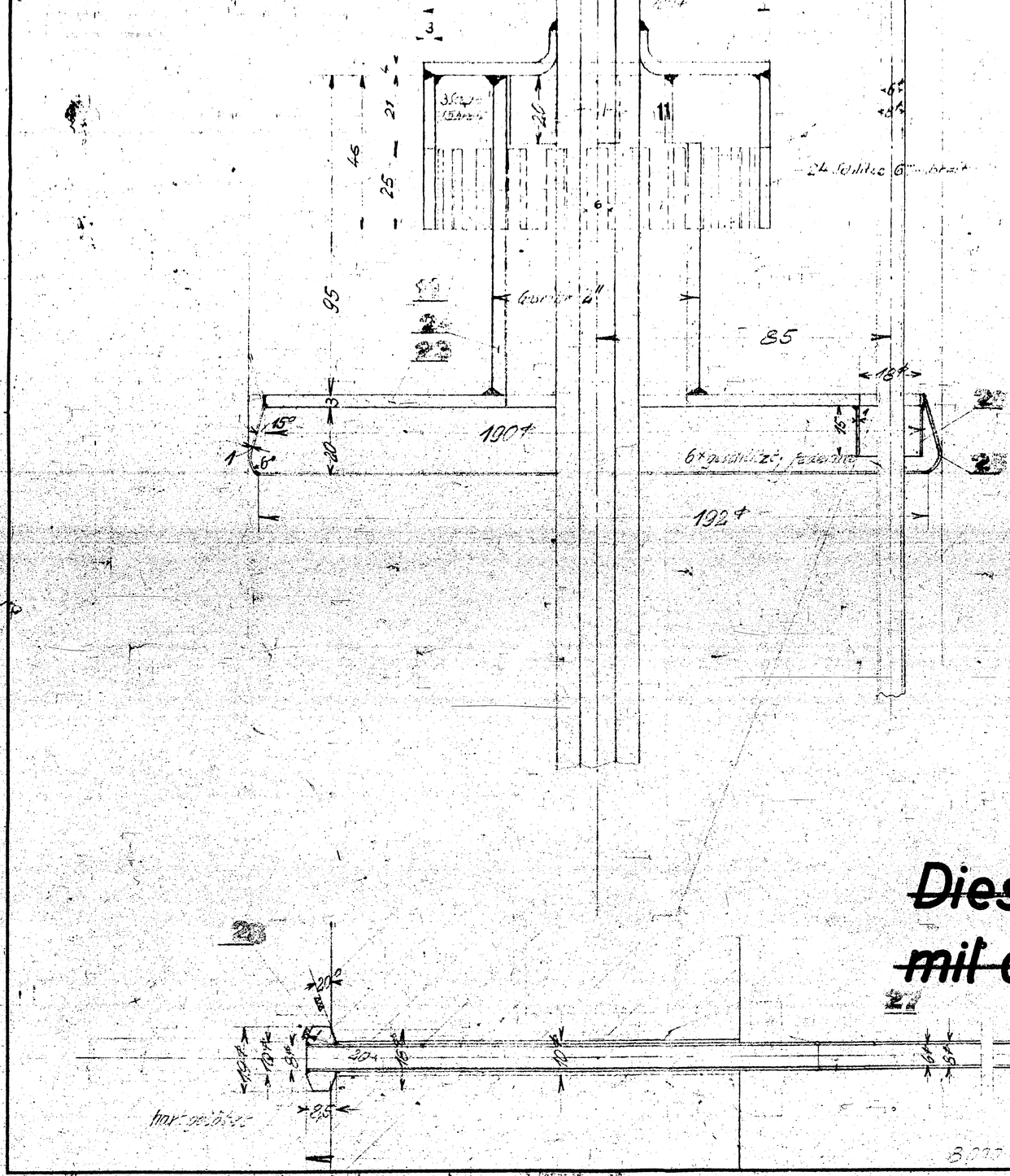
3979
30/4.02

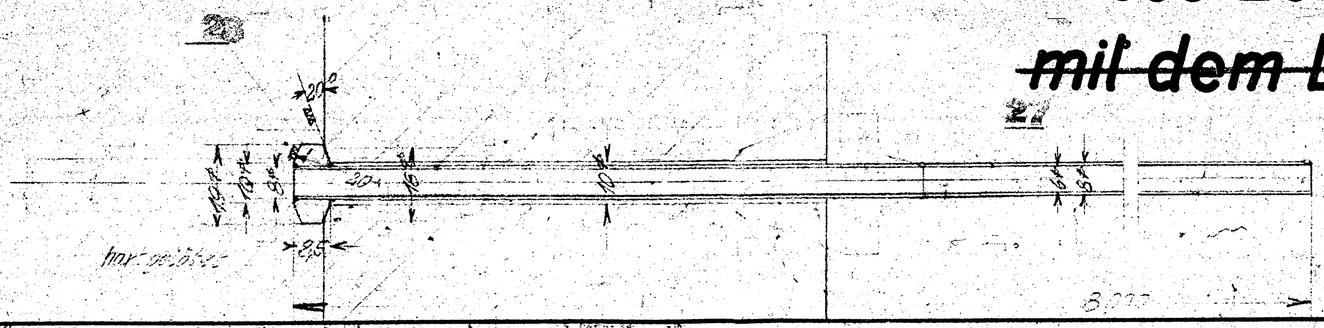
Der Ofen ist nach den Schweißern normansi… Ofen ist …

Betriebstemperatur ca. 2…

Schnitt a-…







~~Diese Zeichnung ist nur in Verb…nung~~
~~mit dem Deckblatt Nr. M 9270-…ekbl…~~

001112

Betrieb: Ofo-Ver…

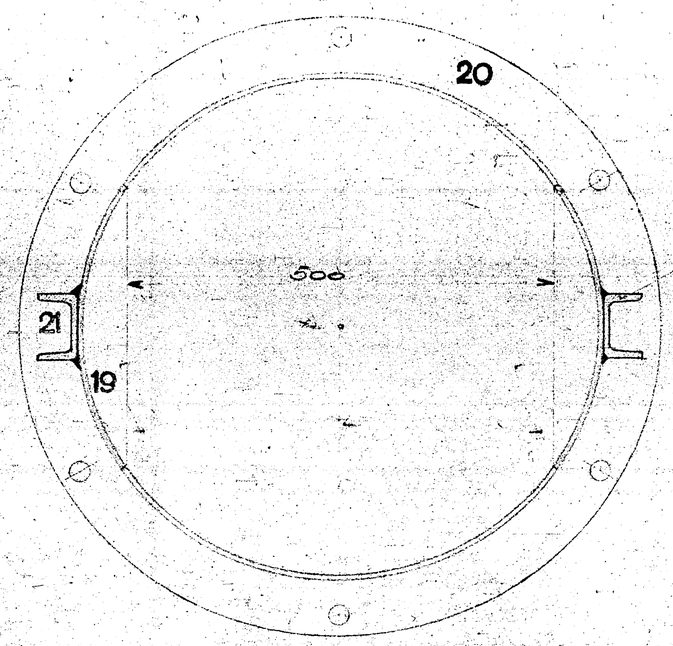
Hochdruck-Synthese-Ofen …

2.5 Juni 1941

Ofen ist nach den Schreiben normalisiert zu prüfen.

Betrieb Temperatur ca 500 °C

Schnitt a-b



Umgiltig

NPS ... 67olg 21

entstanden aus M 7430a-2

Glocken eingezeichnet 27.11.41 Bl.

Die Sicherheitsventile können bis max. 280 atü eingestellt werden.

genehmigt den ... Bl.

ca 10.3.41 Bl.
Mat. geändert in M 9519-2
27.11.41. Bl.

Geprüft!
R.D.E. III/59
Leuna Werke
Rev.-Ing.-Büro
27/6.40

~~Bezeichnung ist nur in Verbindung~~
~~mit Zeichenblatt Nr. M 9270-2 gültig.~~

E. Buschberg
3.10.41.

Oxo-Versuche Pos. 16; Me 4580
Dimerisier-Versuche Pos. 11; Me 479
geändert in a 1/11 ...

001112

Pos.	Stck.	Benennung	Abmessungen	Werkstoff	Mod.- od. Lager-Nr.	Gewicht	Bemerkung
23	1	Blechmantel	8/11/1 × 8,5	St 52			
24	1	Rohr f. Stopfbuchsbrille					
22	8	Anker					
21	2	Verstärkungsring					
20	1	Flansch					
19	1	Rohrplatte					
18	1	Tragring					
17	3	Vorgeschweißt Flansch					
16	3	Stutzen NW 20					
15	12	Schraube					
14	1	Stopfbuchsbrille	10 a/g	St 00			
13	1	Stopfbüchse	375 i.Ø 200 lg.	MI			mit Werkbescheinigung
12	1	Dampfmantel					mit Werkbescheinigung
11	9	Verteilergabel	Kanal	St 00			
10	1	Gasrohr		St 00			
9	2	Mutter					
8	1	Thermoelement					mit eingeschweißter Hülse
7	16	Bolzenschraube					
6	2	Gewindeflansch					
5	2	Stutzen					
4	2	Blindflansch					
3	2	Durchgangsrohr					
2	2	Gewindeflansch					
1	1	Ofenmantel					

Ammoniakwerk Merseburg G. m. b. H 001112
Maschinentechnische Abteilung.

M 9519 — 2

3979
30/4.02
81

Maßstab:	Betriebsdruck:	Probedruck:
1:5 1:1	150 atü	300 atü
	16 atü im Kühlmantel	21 " "

Datum:	Konstr.:	Kontr.:	Normgeprüft:	Genehmigt:
25.6.40				

Ersatz für: ... Ersetzt durch: Zug. M 10110/4-2

Das Urheberrecht an dieser Zeichnung verbleibt uns. Sie ist dem Empfänger nur zum persönlichen Gebrauch anvertraut. Ohne unsere Genehmigung darf sie nicht kopiert oder vervielfältigt, auch nicht dritten Personen, insbesondere Wettbewerbern, mitgeteilt oder zugänglich gemacht werden. Widerrechtliche Benutzung durch den Empfänger oder Dritte hat zivil- und strafrechtliche Folgen. Die Zeichnung ist uns im Falle der Nichtbestellung sofort zurückzugeben

DIN A 1

HP Synthesis Reactor
Oxo Plant

Fachgruppe:	Bau-Nr.
	M-458a

001113

3979

30/4.02

(F.) Liquefied Petroleum Gas

001113

3979 - 30/4.02 - 94

Flüssiggas zum Einlauf von Flugmotoren.

Leuna-Werke, 15. Mai 1939.

001114

Treibgas - Einlauf von Flugmotoren.

1.) Einleitung. S. 1

2.) Physikalische Eigenschaften und motorisches Verhalten von Treibgas. S. 2

3.) Treibgas im Flugmotor. S. 7
a) Vergasermotor
b) Einspritzmotor

4.) Verbrauch und Leistung. S. 23

5.) Tankanlage und Beschaffungskosten. S. 30

6.) Wirtschaftlichkeits-Rechnung. S. 34

1.) Einleitung.

Noch vor kurzer Zeit führte Deutschland einen sehr erheblichen Anteil seines Bedarfes an flüssigen Treibstoffen aus dem Auslande ein. Um bei diesem lebenswichtigen Erzeugnis möglichst weitgehende Unabhängigkeit vom Auslande zu erzielen, wurden zunächst in Leuna-Werk Hydrierungsanlagen in grosstechnischem Massstabe erbaut. Bei der Erzeugung von synthetischem Benzin (in kleinem Umfange auch bei der Verarbeitung von Erdöl) entstehen zwangsläufig bestimmte Mengen von gasförmigen Kohlenwasserstoffen, die als motorische Treibmittel unter dem Namen Treibgas oder Flüssiggas mit Erfolg verwendet werden. Sie stellen durch ihre besonders hochwertigen Eigenschaften, die in einigen Punkten das Benzin eindeutig übertreffen, eine durchaus willkommene Ergänzung unserer heimischen Erzeugung an flüssigen Treibstoffen dar.

Seit 5 Jahren hat sich Leuna auf breiter Grundlage mit der Verwendung seines Treibgases beschäftigt, das unter dem Namen Leuna-Treibgas im Handel ist. In Leuna laufen heute in ganz Deutschland über 20 000 Wagen mit Treibgas. Daneben hat Leuna, in gemeinsamer Arbeit mit Daimler-Benz, Marienfelde, in umfangreichen Versuchen die Bedingungen geklärt, wie beim Einleitvorgang von Flugmotoren erheblich an den derzeitgebundenen Fliegerbenzin gespart werden kann, wenn man statt dessen Leuna-Treibgas verwendet.

In diesem Zusammenhange dürfte interessieren, dass man auch in Amerika, in dem Lande, das bestimmt keine Knappheit an flüssigen Treibstoffen kennt, die Vorzüge des

Treibgases zur Verwendung genommen hat, dieses das neben industriellen Zwecken zum Antrieb von Landfahrzeugen, Omnibussen und auch zunehmend Pkw-Fahrzeugen bei der Motorenentwicklung zu verwenden.

Physikalische Eigenschaften und technisches Verhalten von Treibgasen.

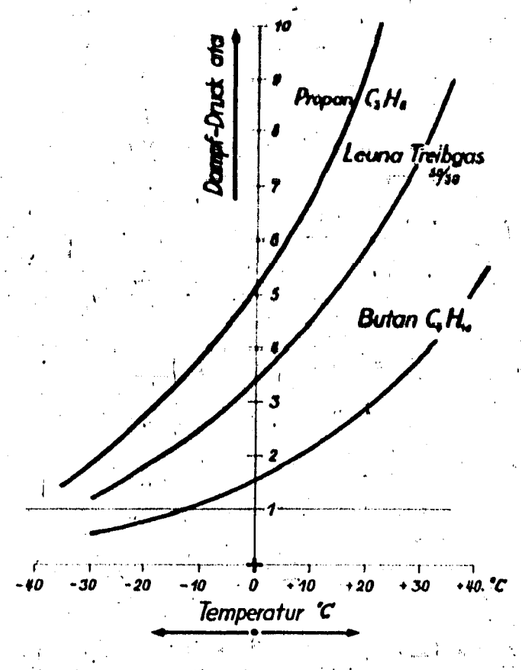
Das von den Lesern gewünschte Treibgas besteht im wesentlichen aus den beiden Kohlenwasserstoffen der Propanreihe, Propan und Butan, wobei das Butan selbst wieder aus einem Gemisch seiner beiden Isomeren, Normalbutan und Isobutan, besteht. Der Propangehalt des Treibgases beträgt je nach der Jahreszeit 30 bis 50 Gewichtsprozente. Charakteristisch für diese Stoffe sind ihre im Verhältnis zu den Kohlenwasserstoffen des Benzins hochliegenden Dampfspannungen. Aus den Kurven (Bild 1) ersieht man, dass sowohl Propan und Butan, als auch Gemische von beiden bei Atmosphärendruck und gewöhnlichen Temperaturen gasförmig sind. Aber bereits die Anwendung geringer Drücke (2 bis 3 atü bei den in unseren Klimaverhältnissen üblichen Temperaturen) ermöglicht es, diese Gase zu verflüssigen.

Hierauf gründet sich die Lagerung und der Versand des Treibgases in geschlossenen druckfesten Behältern, die je nach dem Versendungszweck als ortsfeste Tanks, als Kesselwagen oder als Flaschen ausgebildet sind. Um genügend hohe Mengen unterbringen zu können, werden diese Behälter unter Druck gefüllt, sodass sich das Treibgas im flüssigen Aggregatzustand befindet.

Erfahrungsgemäss darf ein allseitig geschlossener Behälter nicht sondern mit Flüssigkeit gefüllt werden, da

001117

Dampfdruckkurven



37090

Bild 2: Dampfdruckkurven

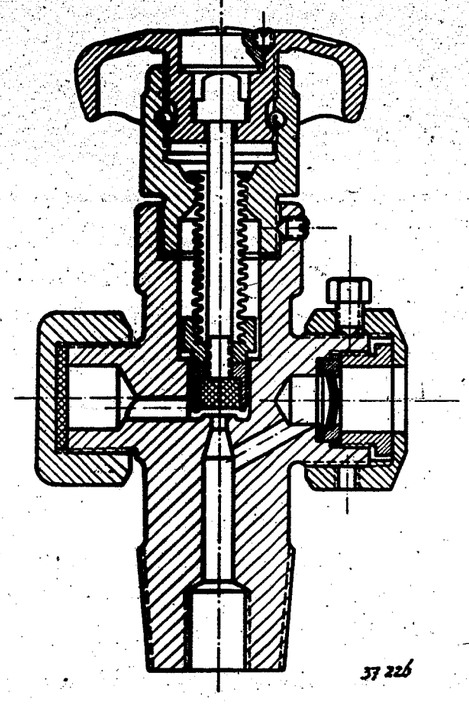
Eigenschaften von Butan, Propan und Treibgas (60/40).

		Propan	Butan	Treib-Gas
Unterer Heizwert 15^0 735 mm Hg.	kcal/m^3	19900	28900	22600
Unterer Heizwert auf Gewicht bezogen	kcal/kg	11000	10900	10950
Spez. Gewicht des Gases bei 15^0 735 mm Hg.	kg/m^3	1,81	2,58	2,06
Spez. Gewicht der Flüssigkeit bei 15^0	kg/l	0,51	0,58	0,54
Siedetemperatur bei 1 ata	^{0}C	-44	-11	-30
Kritischer Druck	ata	46	38,7	
Kritische Temperatur	^{0}C	97	151	
Luftbedarf für vollständige Verbrennung	m^3/m^3	23,8	31,0	26,9
Luftbedarf für vollständige Verbrennung	m^3/kg	13,2	13,0	13,1

37438

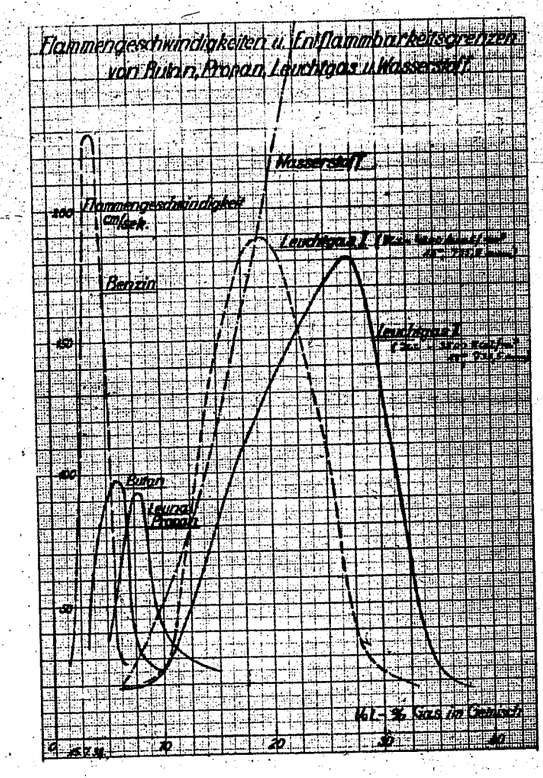
Bild 1: Dampfdruckkurven

Bild 2: Explosionsgrenzen von Butan, Propan, Leuchtgas und Wasserstoff



37226

Bild 3.
Flaschenventil mit Reduzierventil



24083

Bild 4.
Flammengeschwindigkeiten

sich diese bei einer etwaigen Temperatursteigerung ausdehnen und den Behälter sprengen würde. Die Druckgasverordnung schreibt daher einen Raum von 2,35 Ltr. je kg Propan bzw. Treibgas vor. Da das spezifische Volumen von flüssigem Treibgas (bei 15° C) nur 1,85 Ltr./kg beträgt, entsteht bei Befolgung dieser Vorschrift im oberen Teil des Behälters ein dampfgefüllter Raum, in den hinein sich die Flüssigkeit bei Temperatursteigerungen ausdehnen kann.

Ein gefüllter Treibgastank enthält also in seinem unteren Teile Flüssigkeit, darüber den mit der Flüssigkeit im Gleichgewicht stehenden Dampf. Der Druck unter dem dieses System steht, hängt ausschliesslich von der Temperatur ab, und nicht vom Füllungsgrad, wie bei permanenten Gasen. Während der Entleerung eines Treibgasbehälters bei gleichbleibender Temperatur bleibt also der Druck vom Anfang bis zum Ende konstant, solange sich auch nur noch Spuren von Flüssigkeit im Tank befinden.

Bild 2 gibt noch einige Zahlenangaben über Treibgas. Der untere Heizwert, aufs Gewicht bezogen, liegt mit fast 11 000 kcal/kg um 5 bis 10% über den der Benzine, das spezifische Gewicht der Flüssigkeit mit 0,58 kg/l beträgt 3/4 von den des Benzins. Im gasförmigen Zustande wiegt Treibgas etwas über 2 kg/m³, ist also fast doppelt so schwer wie Luft.

Häufig wird in Kreisen der Interessenten die Frage nach einer angeblichen Explosionsgefahr der Treibgasbehälter aufgeworfen.

Hierzu ist grundsätzlich folgendes zu sagen: Explodieren kann eine Treibgasflasche überhaupt nicht, weil

in ihr kein Verbrennungssauerstoff enthalten ist. Die einzige Möglichkeit für den Verbrauch eines Treibgasgemisches darin, daß es wie ein Sprengstoff durch zu großen Innendruck, hervorgerufen durch Detonation, explosionsartig zerfällt, da diese dafür in Betracht kommen, sind die Zerfallgase [illegible], welche bei Detonation einen Druck von 20 kpf/qcm ab, dann dreht die große einen Druck von 20 kpf/qcm erreicht wird. In diesem Zusammenhang ist der Treibgasbetrieb wegen ungefährlicher als der Benzinbetrieb. Beispielsweise können beim Zurückschlagen der Flamme in die Ansaugleitung bei Treibgasbetrieb nicht die gefürchteten Vergaserbrände auftreten, weil kein mit Kraftstoff gefülltes Schwimmergehäuse wo habe es Motor verbrennen ist. Auch bei Explosionsstößen in Strahlenrohrleitung ist die geringere Treibgasflamme mit ihren 3,5 mm starken Mantel gegenüber Benzin wesentlich besser stand als ein dünnwandiger Benzinmantel, ein Gesichtspunkt, der hinsichtlich auch auf die Widerstandsfähigkeit von Großmotorenteilen gegen gewaltsame Zerstörung angewendet werden kann.

Bei der Behandlung der sicherheitstechnischen Frage darf die Tatsache nicht außer Acht gelassen werden, die Neigung des stets vorhandenen Benzinnebels, die Luft explosionsfähig zu machen. Aufgrund Untersuchungen die Engländer [illegible] die Flammen bei Treibgas wie bei Benzin hoch sind bei gewöhnlich gegebener Zündwilligkeit. Demgegenüber besitzt das Leuchtgas einen sehr breiten Zündbereich. Es ist

dies die physikalische Grundlage für die bekannte Tatsache, dass Leuchtgas gelegentlich zu Raumexplosionen Anlass gibt.

Jeder Benzinmotor läuft sich in einfacher Weise mit Flüssiggas betreiben. Dass hierbei im Gegensatz zu anderen gasförmigen Kraftstoffen kein Leistungsabfall eintritt, ergibt sich wie folgt:

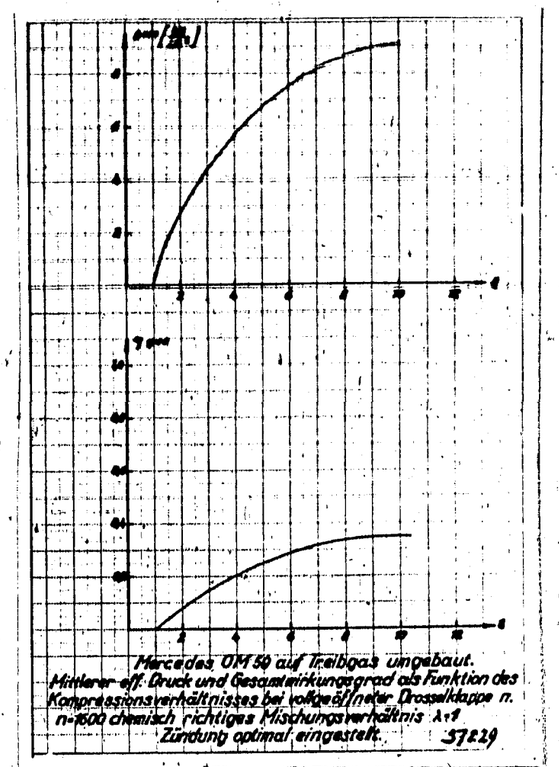
Die von einem Motor mit verschiedenen Kraftstoffen (sonst über unter gleichen Bedingungen) abgegebene Leistung ist bekanntlich keineswegs unmittelbar von dem Heizwert des Kraftstoffes abhängig, sondern in erster Linie von dem Heizwert des Kraftstoff-Luft-Gemisches.

Der Grund hierfür ist die Tatsache, dass der Motor ja nicht reinen Kraftstoff, sondern ein gegebenes Volumen Kraftstoff-Luft-Gemisch ansaugt. Die erzielbare Leistung ist mithin vom Energiegehalt des Liters Kraftstoff-Luft-Gemisch abhängig.

Aus Bild 5 geht hervor, dass die Gemischheizwerte für die meisten Kohlenwasserstoffe, darunter auch Leuchtgas-Treibgas, bis auf wenige Prozente genau übereinstimmen. Dementsprechend zeigt sich bei der Verwendung von Treibgas auch keine nennenswerte Veränderung der Spitzenleistung des Motors gegenüber Benzinbetrieb.

Bei dauernder Umstellung eines Motors auf Flüssiggas ist sogar eine Leistungssteigerung möglich, wenn man das Verdichtungsverhältnis entsprechend der hohen Klopffestigkeit des Treibgases erhöht. (Propan OZ. rd. 125, Butan OZ. rd. 95, Fliegerbenzin OZ. 87, Auto-Benzin OZ. rd. 74). Teils die Festigkeit des Triebwerkes es gestattet, bringt die Höherverdichtung wesentlichen Gewinn. Man erzielt

		Unterer Heizwert		Luftbedarf		Gemisch-Heizwert
		kcal/kg	kcal/m³	m³/kg	m³/m³	kcal/m³
Tankstellenbenzin (86:9,3:4,7)		9850		11,64		836
Gemisch (65:35)		10300		11,98		843
Propan		11000	19900	13,2	23,8	803
Butan		10900	25900	13,0	31,0	810
Leuna - Treibgas		10950	22600	13,1	26,9	810
Reinmethan			7860		9,5	747
Motorenmethan			9180		10,8	777
Leuchtgas			3480		3,7	742
Generator Gas 37237	Holz		1256		1,2	571
	Holzkohle		1019		0,89	539
	Steinkohlen-schwelkoks		1146		1,06	556



Mercedes OM 59 auf Treibgas umgebaut.
Mittlerer eff. Druck und Gesamtwirkungsgrad als Funktion des Kompressionsverhältnisses bei vollgeöffneter Drosselklappe n. n=600 chemisch richtiges Mischungsverhältnis λ=1 Zündung optimal eingestellt. 37229

001121

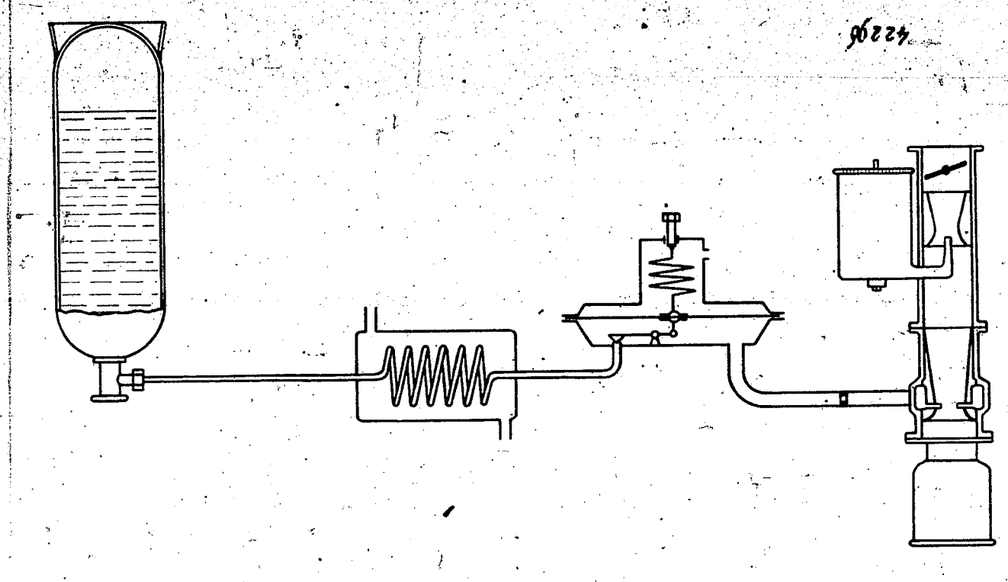


Bild 9. Gesamtanlage Boschaggregat Treibgas-Anlage

dabei neben der Leistungssteigerung bekanntlich einen verringerten Kraftstoffverbrauch. Bild zeigt die Ergebnisse von Versuchen, welche mit Treibgas an einem 4-Zylinder Mercedes-Motor Typ OM 59 , der zum Otto-Motor umgebaut wurde, ausgeführt worden sind. Das Diagramm zeigt, dass die Verdichtung bis auf den Wert 10:1 gesteigert werden konnte, wobei sich ein wirtschaftlicher Wirkungsgrad von 35% ergab.

Für die Einläufe von Flugmotoren auf dem Prüfstand, bei denen eine Änderung des Kompressionsverhältnisses natürlich nicht in Frage kommt, ist die hohe Klopffestigkeit des Treibgases trotzdem von grosser Bedeutung. Der hochbeanspruchte Flugmotor muss bekanntlich - besonders bei höheren Belastungen - mit einem ziemlich grossen Brennstoff-Überschuss gefahren werden, um die Zylinderkopftemperaturen niedrig zu halten und damit den Motor bei gegebener Überladung unterhalb der Klopfgrenze zu betreiben. Dank der oben erwähnten hohen Oktanzahl des Treibgases gestattet dieser Kraftstoff die Anwendung ärmerer Gemische ohne Gefahr für den Motor. Diese Möglichkeit wirkt sich deutlich im günstigen Sinne auf den Verbrauch aus.

Endlich ergibt sich noch dank der Klopffestigkeit des Treibgases die Möglichkeit, den Motor stärker zu überladen und damit eine höhere Leistung zu gewinnen. Hierdurch eröffnet sich der Ausblick, das Flüssiggas unter Umständen sogar im Flugzeug selbst als Treibstoff für kurzstreckige Geschwindigkeitsrekorde zu verwenden.

Ein anderer stets auftretender Vorteil des Treibgasbetriebes ist das Ausbleiben der Schmierölverdünnung.

Hierdurch wird das Öl geschont, und als weitere Folge bleib die Abnutzung des Motors geringer.

Ein mit Flüssiggas betriebener Motor springt - auch bei Kälte - erheblich leichter an, als ein Benzinmotor weil bei Treibgas die Gefahr des Ausfallens von flüssigem Brennstoff im kalten Ansaugrohr und die damit verbundene Übermagerung des Gemisches nicht gegeben sind. Mit Rücksicht auf die engen Zündgrenzen des Treibgases ist es zweckmässig, das Startgemisch mit Hilfe einer Startvorrichtung - ähnlich den üblichen Benzin-Startvergasern - hinreichend genau zu dosieren. Eine zu starke Überfettung ist - wie ja auch bei Benzin - zu vermeiden.

Auspuffgase von mit Flüssiggas betriebenen Motoren sind vollständig geruch- und rauchfrei, was besonders bei Kraftwagen im Grossstadtverkehr und auf Prüfständen von Bedeutung ist. Ausserdem findet man in den Abgasen von mit Flüssiggas-Motoren auch nur selten Kohlenoxyd, weil die bei Benzinbetrieb unvermeidliche vorübergehende Überfettung des Gemisches entfällt. Reines Treibgas selbst ist, wie schon erwähnt, vollständig ungiftig.

3.) Flüssiggas im Flugmotor.

a) Vergasermotoren.

Bei gemischansaugenden Flugmotoren empfiehlt es sich, das Treibgas in dampfförmigem Zustand vor dem Benzin-vergaser in den Motor einzuführen. Der hierzu notwendigen Aufbereitung des aus dem Lagertank in flüssigem Zustand austretenden Treibgases dient eine Apparatur (Bild), die folgende drei Hauptbestandteile aufweist :

Hierdurch wird das Öl geschont, und als weitere Folge bleib die Abnutzung des Motors gering.

Ein mit Flüssiggas betriebener Motor springt - auch bei Kälte - erheblich leichter an, als ein Benzinmotor weil bei Treibgas die Gefahr des Ausfallens von flüssigem Brennstoff im kalten Ansaugrohr und die damit verbundene Verringerung des Gemisches nicht gegeben ist. Hinzukommt auf die sogen. Zündgrenzen des Treibgases bei zweckmässig, das Startgemisch mit Hilfe einer Choreinrichtung - ähnlich den üblichen Benzin-Startvergasern - hinreichend genau zu dosieren. Eine zu starke Überfettung ist - wie je auch bei Benzin - zu vermeiden.

Auspuffgase von mit flüssiggas betriebenen Motoren sind vollständig geruch- und rauchfrei, was besonders bei Kraftwagen im Grossstadtverkehr und auf Prüfständen von Bedeutung ist. Ausserdem findet man in den Abgasen von mit Flüssiggas-Motoren auch nur selten Kohlenoxyd, weil die bei Benzinbetrieb unvermeidliche vorübergehende Überfettung des Gemisches entfällt. Leuna-Treibgas selbst ist, wie schon erwähnt, vollständig ungiftig.

3.) <u>Einbauen in Flugmotor.</u>

a), Vergasermotoren.

Bei gemischverdichtenden Flugmotoren empfiehlt es sich, das Treibgas in dampfförmigem Zustand vor dem Benzinvergaser in den Motor einzuführen. Der hierzu notwendigen Aufbereitung des aus den Lagerbehälter in flüssigem Zustand ausdrückenden Treibgases dient eine Apparatur (Bild), die folgende drei Hauptbestandteile aufweist :

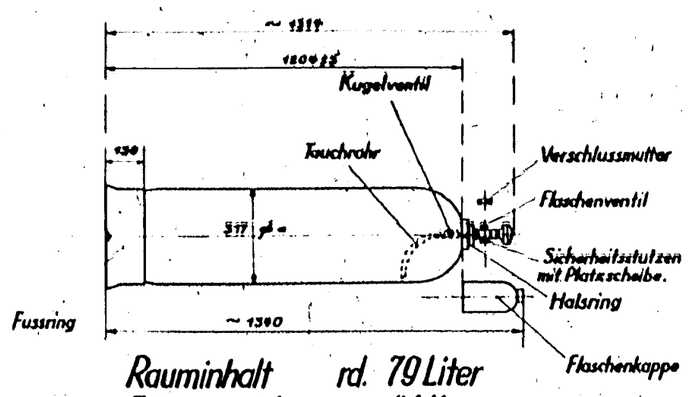
eine Vorrichtung zur Verdampfung des flüssigen Treibgases, ein Reduzierventil, den sogen. Druckregler, in dem das Gas vom Flaschendruck auf annähernd Atmosphärendruck entspannt wird, endlich eine Dosierungsvorrichtung, in der das Gas in richtiger Menge der Verbrennungsluft zugesetzt wird.

Die Entnahme des Treibgases aus dem Lagerbehälter muss demnach in flüssigem Zustande erfolgen, um zu verhindern, dass die Verdampfung der gesamten Füllung in dem Behälter selbst stattfindet. Zu jeder Verdampfung gehört nämlich eine Wärmezufuhr in Höhe der Verdampfungswärme des betreffenden Stoffes. Fehlt diese Wärmezufuhr, wie bei dem Treibgastank, so kühlt sich die verdampfende Flüssigkeit ausserordentlich stark ab. Beim Treibgas führt dieses, wie man aus den Dampfspannungskurven (Bild) ersieht, zu einer starken Senkung des Behälterdruckes. Das Endergebnis ist dann, dass nichts mehr aus der Flasche austritt.

Die Entnahme in gasförmigem Zustande ist auch noch aus einem anderen Grunde ungünstig. Es würde nämlich in diesem Falle eine fraktionierte Verdampfung des Propan-Butan-Gemisches eintreten, die dazu führen würde, dass dem Motor zunächst stark propanhaltiges Gas, gegen Ende der Füllung dagegen fast reines Butan zugeführt würde. Da der Luftbedarf der beiden Kohlenwasserstoffe verschieden ist, würde sich das Brennstoff-Luft-Gemisch während des Betriebes in seiner Zusammensetzung ändern, was ungünstig wäre.

Die gleichen Überlegungen gelten sinngemäss auch für die Treibgasflaschen (Bild), die mit ihrem Inhalt von 32 kg für die Durchführung von Brennstoffverbrauch-Messungen gut geeignet sind.

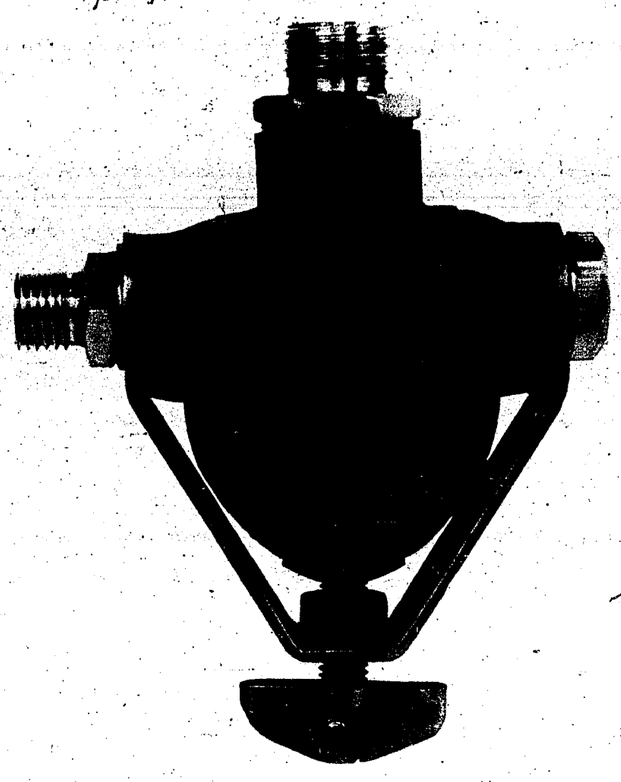
Leuna-Treibgas-Flasche



Rauminhalt	rd.	79 Liter
Eigengewicht	~	41 Kg
Füllung	~	33 Kg Treibgas
Prüfdruck		25 atü

Bild 8. Leuna-Treibgas-Flasche

001125

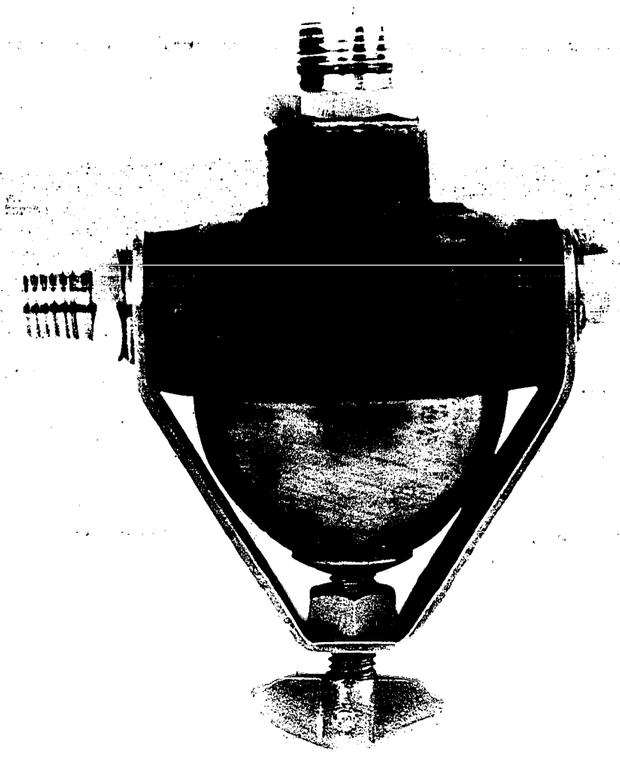


42 284.

Bild 9. Treibgas-Ventil

Rauminhalt 79 Liter
Eigengewi 41 Kg
Füllung

001125



Um die gewünschte Entnahme in flüssigem Zustande zu ermöglichen, sind die Lagerbehälter mit einem Tauchrohr ausgerüstet, das bis zur tiefsten Stelle des Behälters hinunterreicht. Seine Mündung liegt also bis zur völligen Entleerung des Behälters unter dem Flüssigkeitsspiegel. In ähnlicher Weise geschieht die Entnahme des Treibgases aus der Messflasche, nur mit dem Unterschied, dass das Tauchrohr hier mit einem Kugelventil ausgerüstet ist, das die Verwendung der Flasche sowohl in senkrechter als auch in waagrechter Lage gestattet.

Von den Lagertanks geht die Flüssigkeit durch ein Filter (Bild 9) zur Verdampfungsvorrichtung. Sie besteht aus einer vom Flüssiggas durchströmten Rohrschlange, die von heissem Wasser umspült wird. Am zweckmässigsten verwendet man hierzu bei wassergekühlten Motoren einen Zweigstrom des aus dem Motor austretenden Kühlwassers.

Es wirkt im ersten Augenblick vielleicht befremdend, dass bei Flüssiggas überhaupt eine solche Verdampfungsvorrichtung notwendig ist, nachdem das Treibgas ja doch nur durch Anwendung von Druck flüssig gehalten werden kann . Hierbei ist jedoch zu bedenken, dass zur Aufrechterhaltung jeglicher Verdampfung eine dauernde Wärmezufuhr notwendig ist. Fehlt diese, so fängt das betreffende Medium an, sich abzukühlen und die Verdampfung hört auf, sobald die Siedetemperatur unterschritten wird. Im vorliegenden Falle würde sich das so auswirken, dass dem Motor flüssiges Treibgas zuströmen würde und er bald wegen Überfettung stehen bleiben würde.

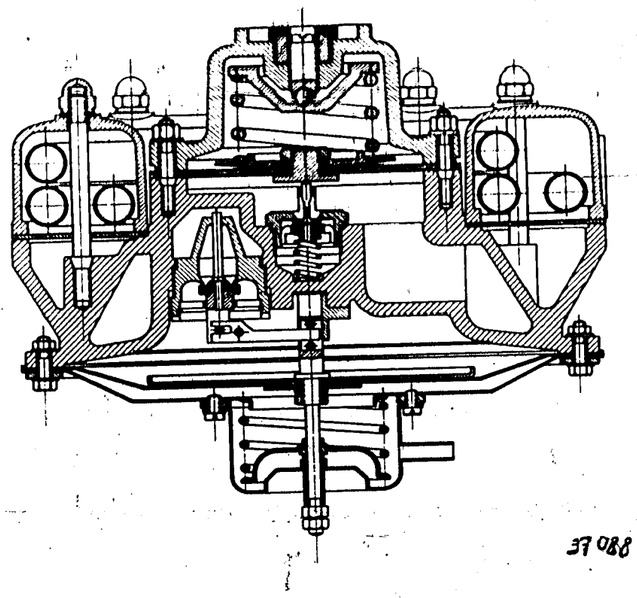
Der Verdampfer ist mit dem Druckregler zu einem

Aggregat zusammengebaut. Bild 10 stellt den Schnitt durch einen solchen Regler mit Verdampfer, Typ RF 14 dar, wie er bei Kraftfahrzeugen Verwendung findet. Zur Aufbereitung des Treibgases für Flugmotoren findet ein nach den gleichen Prinzipien gebauter Regler vergrösserter Ausführung Verwendung, der bis zu einer Motorstärke von ca. 500 PS reicht. Für grössere Motoren werden zwei parallel geschaltete, mit einem gemeinsamen Gasabgang versehene Einheiten (Typ RT 17) verwendet (Bild 11 und 12).

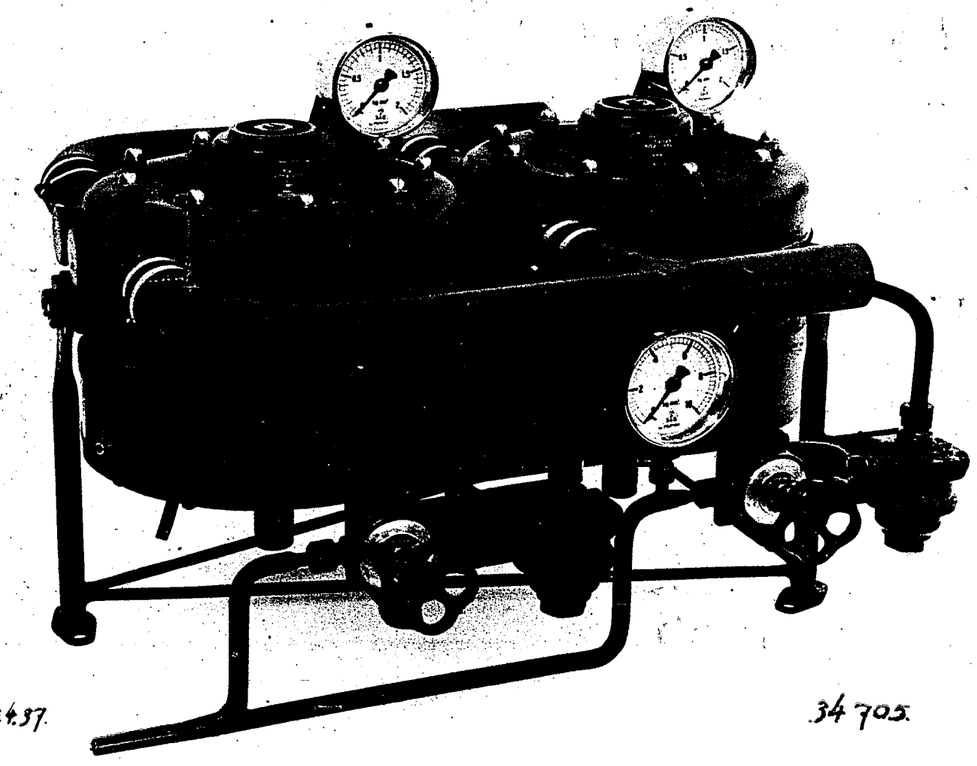
Die Aufgabe des Druckreglers besteht darin, das noch unter Flaschendruck stehende Flüssiggas auf Atmosphärendruck zu entspannen. Seine Wirkungsweise beruht auf dem Prinzip, dass eine Membran ein Drosselventil in der Weise steuert, dass der Regler das Gas bei einem nahezu konstanten Druck abgibt. Die Entspannung des vom Vorwärmer gelieferten Treibgas-Dampfes geschieht in zwei Stufen. Die erste Stufe gibt das Gas bei einem Druck von etwa 1,1 atü ab. Anschliessend durchströmt es noch einen weiteren wasserbeheizten Kanal und wird in der zweiten Reglerstufe auf etwa Atmosphärendruck entspannt.

Der soeben erwähnte Kanal hinter der ersten Entspannungsstufe tritt vor allem beim Anlassen in Tätigkeit. Solange das Motorkühlwasser noch kalt ist, tritt unverdampfte Flüssigkeit in die erste Reglerstufe ein; bei der Entspannung verdampft sie teilweise unter starker Abkühlung unter die Umgebungstemperatur. Dadurch ist die für jeden Wärmeübergang notwendige Temperaturdifferenz geschaffen und die restliche Flüssigkeit verdampft an den Wandungen der zweiten Vorwärmerstufe. Hierdurch wird der Zutritt von

001128



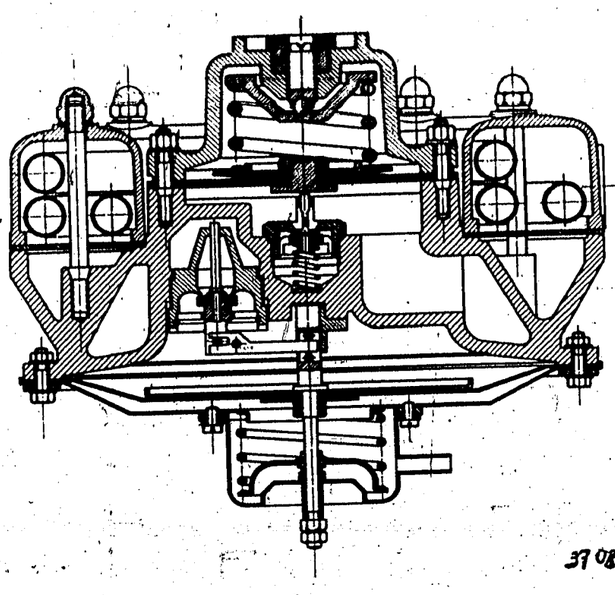
37 088



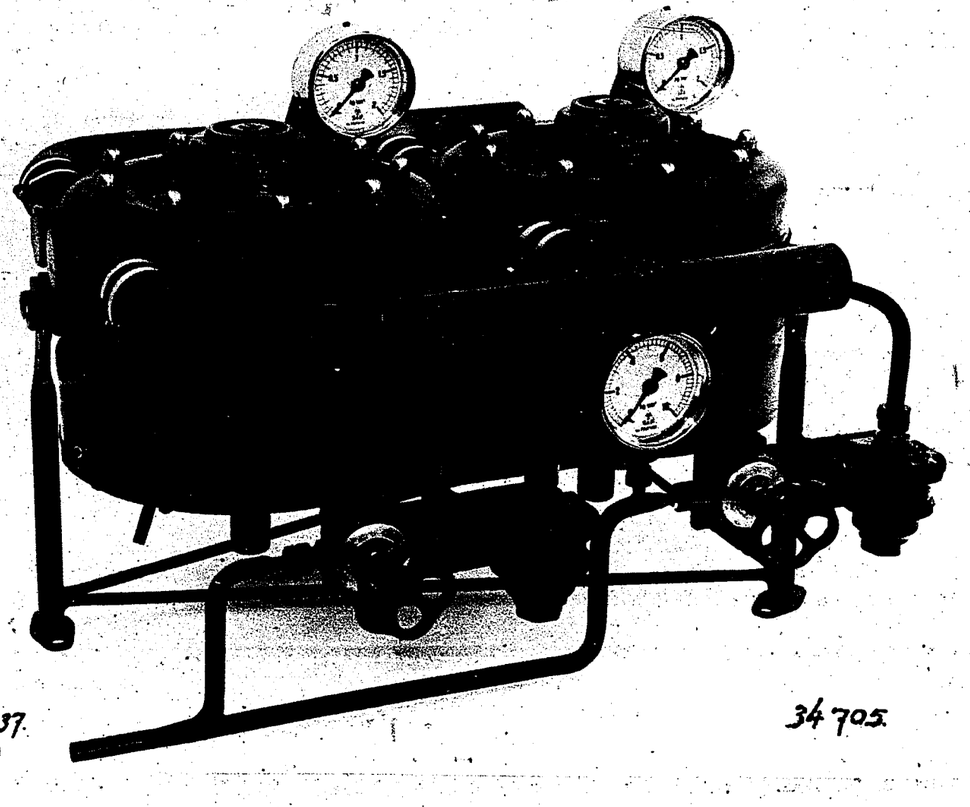
34.57

34 705

001128



37 088



34 37

34 705

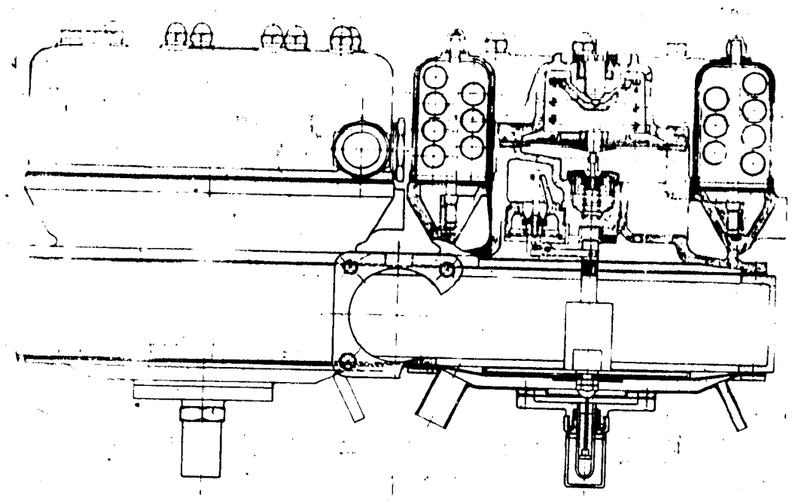
Flüssigkeit und das damit verbundene ungenaue Arbeiten der zweiten Reglerstufe verhindert.

Man hat es in der Hand, durch Einstellen der Belastungsfeder der Membran, den Druck des aus der zweiten Stufe austretenden Gases genau auf Null oder auch auf mehrere Millimeter Wassersäule Unterdruck einzustellen. Bei dieser Einstellung wirkt der Regler gleichzeitig als Stillstandsabschluss, d.h., er sperrt beim Abstellen des Motors die Gaszufuhr automatisch ab. Die zuerst genannte Methode der Reglereinstellung ist jedoch die bessere. Sie gewährleistet, da der Motor Gas und Luft unter völlig gleichen Bedingungen ansaugt, ein stets gleichbleibendes Mischungsverhältnis und damit völlig loshfreie Übergänge. Dieser Vorteil wird allerdings mit dem Verlust des Selbstabschlusses der Gaszuführung bei stillstehender Maschine erkauft. Man muss also in der Gasleitung vom Regler zum Motor ein Absperrventil vorsehen.

Der nunmehr drucklose und gasförmige Treibstoff wird der Dosierungsvorrichtung zugeführt. Sie besteht im allgemeinen aus einem dem Benzinvergaser vorgeschalteten Lufttrichter mit seitlichen Gaszuführungsschlitzen(Bild 13) Bei manchen Vergasern kann man vorteilhaft besondere Gaseinführungen verwenden, welche für Gas und Benzin den gleichen Lufttrichter benutzen, um eine doppelte Drosselung der Luft im Vorschaltlufttrichter und im Benzinvergaser und damit eine Verringerung des volumetrischen Wirkungsgrades zu vermeiden.

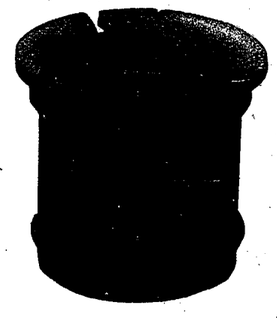
Die Wirkungsweise sämtlicher Ausführungsformen der Dosierungsvorrichtung beruht auf dem gleichen Prinzip

001130



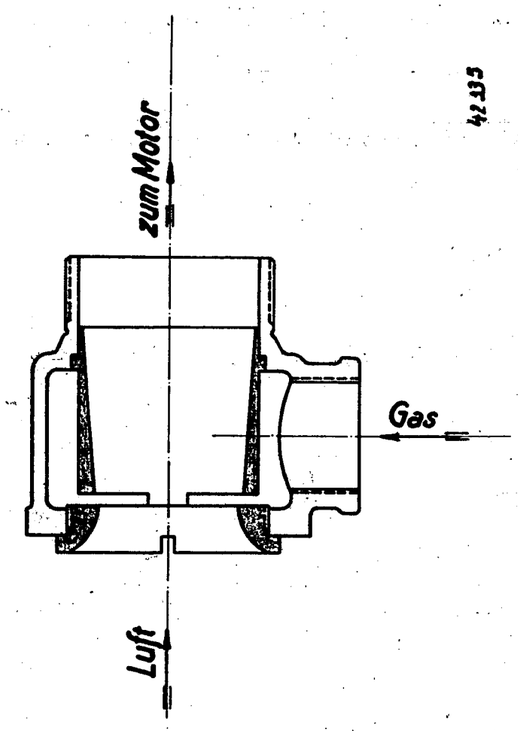
43787

Bild 12. Regler RT 17



42 277.

Bild 13. Schiebeluftdrosselventil



42 135

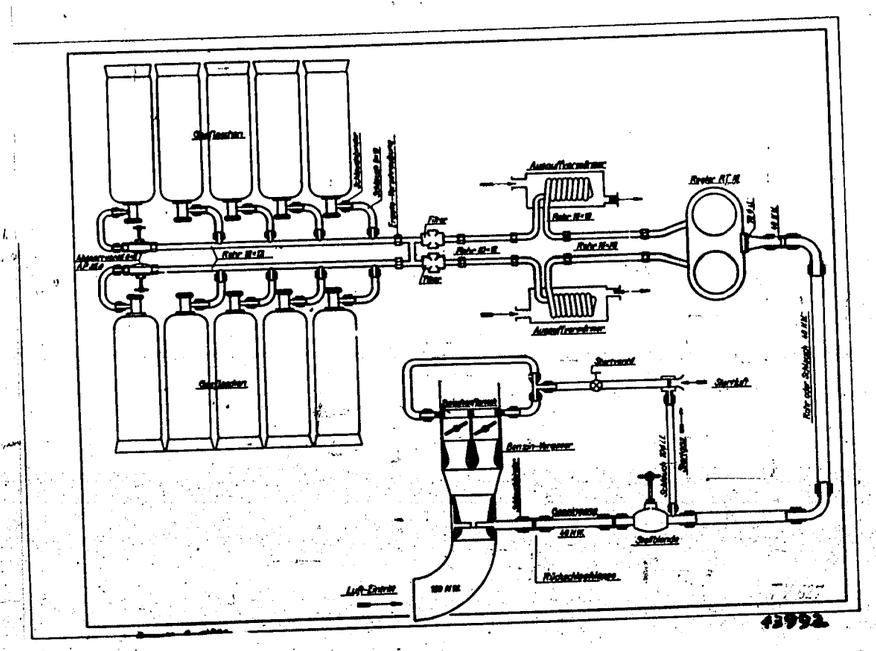
Bild 14. Vorschaltgerät

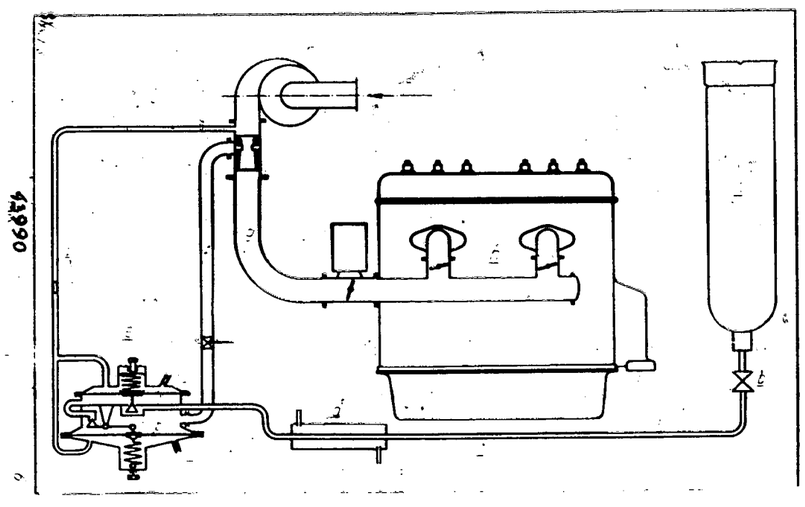
wie der Benzinvergaser: im engsten Querschnitt des Trichters entsteht durch die Geschwindigkeitszunahme der Luft ein starker Unterdruck, durch den aus dem Ringkanal Gas herausgesaugt und der Luft zugemischt wird (Bild 14). Da es sich hierbei um zwei Medien gleichen Aggregatszustandes, nämlich Luft und Gas, handelt, die den gleichen physikalischen Gesetzen unterliegen, so ergibt sich über den ganzen Regulierbereich der Maschine ein annähernd konstantes Gemischverhältnis. Es erübrigen sich also bei der Dosierungsvorrichtung für Treibgas Korrektureinrichtungen, wie sie jeder Benzinvergaser in Form von Kompensatordüsen, Bremsluftdüsen usw. zur Aufrechterhaltung konstanten Gemischverhältnisses benötigt.

Die Einstellung des richtigen Gas-Luft-Verhältnisses erfolgt entweder durch eine auswechselbare Blende oder aber, wenn eine Veränderung des Mischungsverhältnisses bei laufendem Motor gewünscht wird, durch einen als Verstellblende wirkenden Gas-Schieber.

Die bisher geschilderte Einrichtung eignet sich für den Betrieb von kompressorlosen Motoren oder von solchen Motoren, die ihr Gebläse hinter dem Vergaser angeordnet haben. Sie wurde bei Daimler-Benz in Marienfelde am DB 600 mit abgekuppelter Ladeleitung und bei der Firma Häusler, Baierbrunn bei München am BMW 132a erprobt. (Vergleiche Bild 15).

Für den Betrieb des DB 600 mit Kompressor war eine gewisse Abänderung der Anordnung notwendig, die sich ohne weiteres auf alle Motoren übertragen lässt, deren Gebläse sich vor dem Vergaser befinden. Hier besteht die Aufgabe darin, das Gas in einen Luftstrom einzuführen, in dem bereits Überdruck herrscht.


43992


43990

Das Einstellen des Druckreglers auf Abgabe von Gas bei Überdruck kann aber nicht durch die einfache Massnahme des Auswechselns einer Feder erreicht werden, denn diese Art der Einstellung auf Überdruck ergibt nur für einen bestimmten Betriebszustand des Motors und des mit ihm gekuppelten Kompressors die gewünschte Gasmenge. Der Regler besitzt jedoch nicht die Fähigkeit, sich den verschiedenen vom Kompressor in der Saugleitung erzeugten Drücken anzupassen. Diese Schwierigkeit wird dadurch gelöst, dass man den Druck, unter dem der Druckregler das Brenngas abgibt, in Abhängigkeit vom Druck des Kompressors steuert. Eine sehr einfache Lösung dieser Steuerung wird dadurch erreicht, dass man hinter dem Kompressor von der Luftzuführungsleitung des Motors eine Verbindungsleitung abzweigt durch die die Aussenseite der Membran des Druckreglers unter Druck gesetzt wird. Dabei kann es mitunter vorteilhaft sein, wenn man in der Verbindungsleitung eine Drosselstelle vorsieht und in dem Gehäuse des Reglers eine Düse anbringt, die die Aussenseite der Membran mit der Aussenluft verbindet. Auf diese Weise wird nur ein Teil des Kompressordruckes auf die Membran gesetzt. Bild 16 gibt einen Überblick über die bei dieser Betriebsweise verwendete Schaltung. Das Verfahren ist gemeinsam von der I.G., der Deutschen Gasolin A.G. und Daimler-Benz zum Patent angemeldet worden.

b) Einspritzmotoren.

Für das Betreiben von Einspritzmotoren mit Treibgas gibt es zwei Möglichkeiten, die nach Vorversuchen in EMW-Einzylindern ebenfalls bei Daimler-Benz am DB 601 er-

001134

probt wurden.

Die erste Arbeitsweise besteht in der Zuführung von zwei Treibstoffen gleichzeitig. Dabei ist 90 bis 95 % der gesamten Kraftstoffmenge Treibgas, das in gasförmigem Zustand der Verbrennungsluft vor dem Motor in der in vorigem Abschnitt beschriebenen Arbeitsweise zugesetzt wird. Die restlichen 5 bis 10 % sind Benzin , das in üblicher Weise durch die Einspritzpumpe in die Zylinder eingespritzt wird. Das Benzin dient lediglich zur Kühlung der Düsen und verhindert so das Verbrennen der Düsen.

Dieses Verfahren , das sich am DB 601 gut bewährt hat , hat aber bei Stern - Motoren den Nachteil , dass man das Treibgas vor dem Kompressor einführen muss , da die Einführung hinter dem Lader in die zu den einzelnen Zylindern führenden Saugrohre zu umfangreiche Montage-Arbeiten erfordern würde. Im Kompressor befindet sich also, im Gegensatz zum normalen Benzinbetrieb , zündfähiges Gemisch , das bei Rückschlägen verpuffen und das Gebläse zerstören könnte.

Etwas umständlich wirkt sich bei dieser Arbeitsweise auch noch aus, dass die Regelstange der Einspritzpumpe auf kleinstmögliche Förderung eingestellt werden muss und die sich ergebenden Mengen in Kauf genommen werden müssen.

Aus diesen Gründen wurde auf besondere Veranlassung vom RLM. (LC) noch ein zweites Verfahren entwickelt

das gestattet, Einspritzmotoren ausschliesslich mit Flüssiggas zu betreiben und dabei das Treibgas in flüssiger Form durch die Einspritzpumpe in die Zylinder einzuspritzen. Das Problem bei dieser Arbeitsweise besteht darin, eine Verdampfung des bekanntlich sehr leicht flüchtigen Treibgases in den für Benzinbetrieb berechneten Brennstoff-Zuführungsorganen (Zuleitungen, Einspritzpumpe, Düsenleitungen, Düsen) zu verhindern. Die Dampfblasenbildung, die ein verspätetes Ansetzen des betreffenden Zylinders zur Folge hat, wird dadurch vermieden, dass man das flüssige Treibgas dem Motor unter einem Druck zuführt, der höher liegt als der Sättigungsdruck des Flüssiggases bei der im Eingang der Einspritzpumpe herrschenden Temperatur. Bei Versuchen am DKW-Einzylinder hat sich gezeigt, dass diese Druckdifferenz mindestens 2,5 bis 3 at betragen muss, um einen sicheren Lauf der Maschine zu gewährleisten. Beim Vollmotor mit seiner grösseren Wärmeeinstrahlung zur Pumpe wird man zweckmässigerweise diese Spanne noch ein wenig erhöhen.

Verwirklicht wird das soeben geschilderte Verfahren, indem man das flüssige Treibgas vor Eintritt in die Einspritzpumpe unter die Temperatur des Lagerbehälters kühlt, die ja den Druck, unter dem das ganze Leitungssystem steht, bestimmt. Eine andere Möglichkeit besteht darin, dass man die Temperatur unverändert lässt und mittels einer der Einspritzpumpe vorgeschalteten Flüssigkeitspumpe den Druck des Flüssiggases entsprechend erhöht. Endlich kann man noch die beiden Massnahmen kombinieren.

Auch bei diesem Verfahren muss die Regelstange der Einspritzpumpe gelöst und den Verhältnissen entsprechend eingestellt werden, da bei Treibgasbetrieb die eingespritzte Flüssigkeitsmenge volumenmässig grösser sein muss als bei Benzinbetrieb. Benzin hat nämlich einen Luftbe darf von 12,3 m^3/kg und ein spezifisches Gewicht von 0,73 kg/ltr, Treibgas dagegen einen Luftbedarf von 13,1 m^3/kg und ein spezifisches Gewicht von 0,54 im flüssigen Zustand. Zur Erzeugung des stöchiometrischen Gemisches ist also bei Verwendung von Treibgas ein um 28 % grösseres Volumen notwendig als bei Benzin. Die Einspritzpumpe muss also jeweils auf eine entsprechend grössere Fördermenge eingestellt werden. Der genaue Betrag des Mehrvolumens hängt natürlich auch noch von den Temperaturen innerhalb der Einspritzpumpe ab, die nicht genau bekannt sind.

In der Folge wird ein Verfahren beschrieben bei dem diese Schwierigkeit behoben wird, und das auch allein angewandt wurde. Das Verfahren (Vergl.Bild 17) besteht grundsätzlich darin, dass man den der Maschine zugeführten Kraftstoffstrom unterteilt und nur soviel im flüssigen Zustande durch die Einspritzpumpe zuführt, wie diese ohne Verstellung zu fördern vermag (Das sind also rd. 70 v.H.). Der fehlende Rest von 30 v.H. wird über einen Druckregler und einen Verdampfer in druckLosen und gasförmigen Zustand gebracht und gemeinsam mit der Ansaugluft vor dem Ladegebläse mittels eines grossen Lufttrichters angesaugt.Die zur Verdampfung des gasförmig zuzuführenden Kraftstoffteiles erforderliche Wärme wird der einzuspritzenden Flüssigkeitsmenge entzogen, wodurch diese

001137

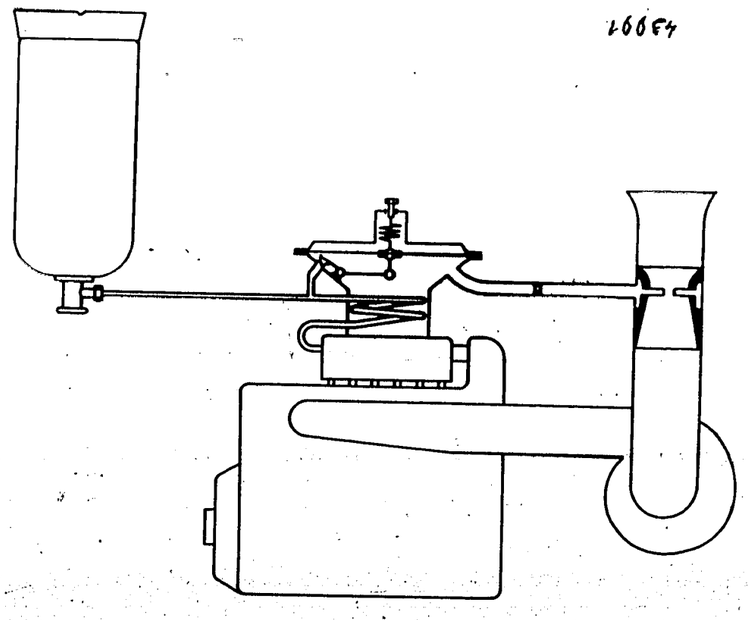
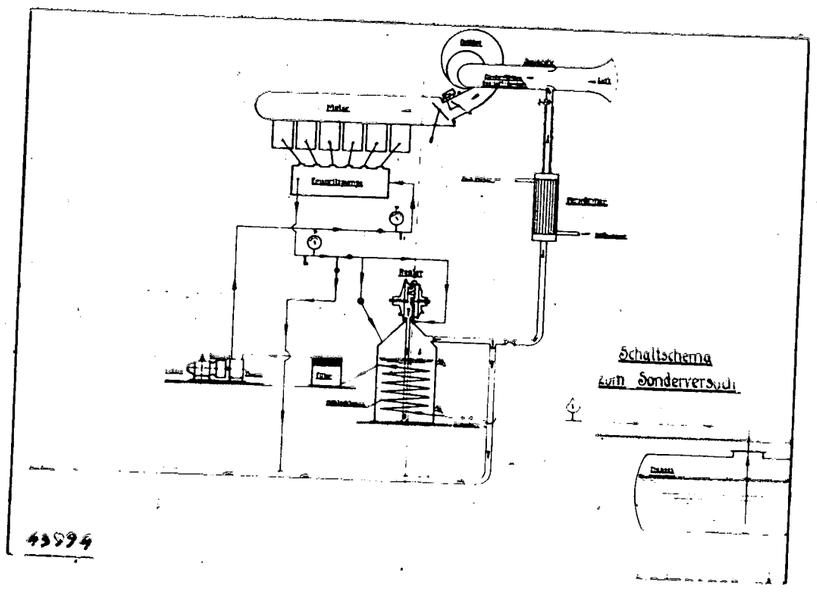


Bild 27. Grundschaltbild Schema der Rolf-Einspritzung



tief heruntergekühlt wird. Im Lader befindet sich ein brennstoffarmes Gas-Luft-Gemisch, das nicht zündfähig ist und daher bei Rückschlägen keinen Schaden anrichten kann.

Bei der praktischen Anwendung des Verfahrens trennt man die beiden Kraftstoffzweige zweckmässigerweise erst in der Einspritzpumpe. Man erreicht so, wie auch bei Benzin üblich, ein Durchspülen der Einspritzpumpe, und eben diese Spülmenge, die bereits etwaige Dampfblasen enthält, ist es, die man dem Druckregler zwecks Entspannung zuführt. Die technischen Einzelheiten haben im Anfange eine Reihe von Schwierigkeiten bereitet, deren Überwindung im folgenden beschrieben wird am Beispiel des DB 601.

Die Schaltung der einzelnen Geräte und zwar in der endgiltigen Anordnung geht aus Bild 18 hervor.

Zwischen Lagerkessel unter der Erde und Kühltopf an der Apparatur im Bremsstand wurde eine Brennstoffpumpe eingeschaltet, die von einem Elektromotor mit konstanter Drehzahl angetrieben wurde. Die Einspritzpumpe war normal geschaltet, die Flüssiggasleitung ging über den Entlüfter der Einspritzpumpe. Die Brennstoff-Förderpumpe des DB 601 (Graetzinpumpe) lief nass mit, das von dieser geförderte Benzin wurde mit Sonderleitung in die Benzintanks zurückgeführt.

Der Motor DB 601 konnte mit Flüssiggas zum Anlauf gebracht werden. Es war aber nicht möglich, den Lauf zu halten, nach kurzer Zeit setzten einzelne Zylinder aus. Es wurde vermutet, dass die Brennstoffpumpe das Flüssiggas lediglich erwärmte und zur Bildung von Dampfblasen führte, die von der Einspritzpumpe nicht verarbeitet werden konnten.

Es erfolgten Versuche bei ausgebauter bezw. umgangener Brennstoffpumpe, aber immer noch war ein Lauf über einige Zeitdauer nicht zu erzielen. Es wurde der Entlüfter an der Einspritzpumpe ausgebaut, da dieser bei einem Gasdruck von 3,5 atü nicht dicht hielt und auch zu grosse Möglichkeiten zur Gasblasenbildung durch seine Oberflächenerwärmung bot.

Nach längeren Versuchen mit den Rückschlagventilen am Einspritzpumpen-Rücklauf, die zur Vereisung neigten, war es möglich, den Motor aus dem kalten Zustand hochzufahren bis auf Vollgas. Es musste natürlich eine Abstimmung der Gasmenge, die im verdampften Zustand über das Gebläse zugeführt wird, vorgenommen werden. Der Kühltopf hielt nicht sein Niveau und es trat der Fall abnehmender Kühlung des der Einspritzpumpe zugeführten Flüssiggases ein.

Nach erfolgter Abstimmung der Gesamtteile, die einerseits zu ca. 3/4 durch die Einspritzpumpe und ca. 1/4 andererseits durch das Gebläse zugeführt werden, war es möglich, den Motor aus kaltem Zustand auf Vollgas hochzufahren und zu halten.

Einwandfreier Vollgaslauf wurde erreicht und am 25. 11. 1938 konnte der Motor den Herren Dipl.Ing. Nücklich und Dipl.Ing. Menn vom R.L.M. , Z.C 8 , vorgeführt werden.

Der noch vorgefundene Mangel im Lauf zeigte sich folgendermassen:

Wenn nach einwandfreiem Vollgaslauf gedrosselt wurde und der heisse Motor länger als 1 Minute im Leerlauf betrieben wurde, setzten die Zylinder 7 und 8 nacheinander aus, was jedoch wieder beseitigt werden konnte beim Hochfahren auf Vollgas. Die Ursache des Aussetzens war auf Gasblasenbildung in der Einspritzpumpe zurückzuführen, hervorgerufen durch Erwärmung des Flüssiggases auf seinem Weg durch die Pumpe (die Zuführung des Flüssiggases erfolgte am normalen Einspritzpumpen-Anschluss hinten).

In Fortsetzung der Versuche zum Abstellen der vorgenannten Erscheinung wurden andere Wege des Flüssiggases in der Einspritzpumpe vorgenommen. Die Zufuhr erfolgte von vorne am Rücklaufanschluss und der Austritt am Zulaufanschluss. Jetzt zeigte sich das Aussetzen an Zylinder 12 und 11, wieder Gasblasenbildung in der Pumpe durch Aufheizung.

Mit [redacted] der Fa. Bosch wurde vereinbart, eine Versuchspumpe zu stellen, die seitlich im Brennstoffkanal zwischen den Zylinderanschlüssen 3 und 4 [redacted] eine Rücklaufbohrung aufweist.

Entsprechende Versuche bestätigten die Richtigkeit der Vermutung. Der heisse Motor konnte bei der Schaltung der Einspritzpumpe: Zufluss hinten und vorne, Rücklauf in der Mitte, ca. 5 Minuten im Leerlauf betrieben werden, bis die ersten Aussetzer auftraten. Jetzt fielen die Zylinder 3 und 4 durch Gasblasenbildung aus. Die Temperaturverteilung in der Pumpe war besser geworden, aber noch nicht befriedigend. Alle erprobten Schaltmöglichkeiten

zeigten die für verschiedene Zylinder voraussagbaren Aussetzer nach ca. 5 Minuten.

Nach Einsetzen kalter Witterung fiel der Treibgasdruck[x] auf ca.3 atü, die Aufheizung des Flüssiggases in der Einspritzpumpe blieb die gleiche wie früher und die Laufeigenschaften des Motors wurden schlechter auch bei Vollgas. Es musste deshalb zur Druckerhöhung des Flüssiggases mittels Pumpe geschritten werden, um nach der Dampfdruckkurve des Gases in einen Druck- und Temperaturbereich zu kommen, wo mit Sicherheit das Gas flüssig bleibt.

Die bereits oben erwähnte Pumpe wurde wieder eingeschaltet zwischen Kessel und Kühltopf, aber nach kurzer Betriebszeit der elektrisch angetriebenen Pumpe bei der Druckerhöhung des Gases und Leerlauf des Flugmotors ging die Pumpe zu Bruch.

Es wurde eine Graetzinpumpe eingebaut bei Druckreglerkolbenbelastung mit dem Druck des ankommenden Flüssiggases. Auch dieser Versuch führte zu keinem befriedigendem Resultat. Der Motor lief jetzt im Leerlauf, kam aber nicht über 2100 Umdr. . Es schien die Drehzahl des Elektro-Motors n = 1400 zu niedrig, um die bei Vollgas benötigte Fördermenge zu schaffen.

Ein weiterer Versuch der Benützung der Graetzin-Pumpe, angebaut am Flugmotor und damit Abstimmung der Drehzahl der Pumpe entsprechend der benötigten Fördermenge, führte zu einem gewissen Erfolg. Der Motor war hochzufahren, aber die Wärmestrahlung des heissen Motors führte in der Graetzin-Pumpe zu Gasblasenbildung und dann zum Fressen der Pumpe.

x) des Lagerkessels unter der Erde

zeigten die für verschiedene Zylinder vorausagbaren Aussetzer nach ca. 5 Minuten.

Nach Einsetzen kalter Witterung fiel der Treibgasdruck[x] auf ca.3 atü. die Aufheizung des Flüssiggases in der Einspritzpumpe blieb die gleiche wie früher und die Laufeigenschaften des Motors wurden schlechter auch bei Vollgas. Es musste deshalb zur Druckerhöhung des Flüssiggases mittels Pumpe geschritten werden, um nach der Dampfdruckkurve des Gases in einen Druck- und Temperaturbereich zu kommen, wo mit Sicherheit das Gas flüssig bleibt.

Die bereits oben erwähnte Pumpe wurde wieder eingeschaltet zwischen Kessel und Kühltopf, aber nach kurzer Betriebszeit der elektrisch angetriebenen Pumpe bei der Druckerhöhung des Gases und Leerlauf des Flugmotors ging die Pumpe zu Bruch.

Es wurde eine Graetzinpumpe eingebaut bei Druckreglerkolbenbelastung mit dem Druck des ankommenden Flüssiggases. Auch dieser Versuch führte zu keinem befriedigendem Resultat. Der Motor lief jetzt im Leerlauf, kam aber nicht über 2100 Umdr. . Es schien die Drehzahl des Elektro-Motors n = 1400 zu niedrig, um die bei Vollgas benötigte Fördermenge zu schaffen.

Ein weiterer Versuch der Benutzung der Graetzin-Pumpe, angebaut am Flugmotor und damit Abstimmung der Drehzahl der Pumpe entsprechend der benötigten Fördermenge, führte zu einem gewissen Erfolg. Der Motor war hochzufahren, aber die Wärmestrahlung des heissen Motors führte in der Graetzin-Pumpe zu Gasblasenbildung und dann zum Fressen der Pumpe.

x) des Lagerkessels unter der Erde

Es wurde wieder eine Graetzin-Pumpe in der altem Schaltung zwischen Kessel und Kühltopf eingebaut und eine stärkere Feder für den Druckreglerkolben verwendet. Mit hohen Drücken, 7 bis 8 atü bei -10°C Gaseintritt in der Einspritzpumpe lief der Motor gut, aber das Gas zeigte starke Druckschwankungen. Nach ca.1 Stunde Betrieb kam auch diese Pumpe zum Fressen trotz eines Schmierstoffdruckes von 9 atü in der Sonderschmieranlage der Pumpe.

Die Ursache des Pumpenfressens konnte nur Gas - blasenbildung in der Saugleitung der Pumpe sein.

Es war dafür zu sorgen, dass der Pumpe nur Flüssiggas zugeführt wird. Dies konnte auf zwei Wegen erreicht werden. Entweder Hochlagerung des Treibgasbehälters oder Tiefkühlung des Gases, das der Pumpe zugeführt wird. Die Hochlagerung der Behälter ist mit grossen Schwierigkeiten verknüpft und es wurde deswegen der Versuch gemacht, die Pumpe zwischen Kühltopf und Einspritzpumpe einzuschalten.

Dieser Versuch führte zu einem vollen Erfolg. Die verwendete Graetzin-Pumpe erhielt eine normale Feder,x) und es wurde eine Drucksteigerung von 3 atü Kesseldruck auf 5 atü Gasdruck hinter der Pumpe eingestellt. Der Motor war einwandfrei zu fahren von Leerlauf bis Vollgas, es zeigten sich keine Aussetzer mehr. Die Eintrittstemperatur des Gases in die Einspritzpumpe betrug -10°C, die Austrittstemperatur +1°C. Der Motor war unbeschränkt lange in allen Belastungsstufen zu fahren.

Das erwähnte Bild 17 zeigt diese endgiltige Anordnung.

x) (bei rückwärtiger Druckreglerkolbenbelastung mit dem Druck des ankommenden Flüssiggases)

Das Flüssiggas kommt von dem Lagerbehälter unter der Erde über den Brandhahn durch die Schlange im Kühltopf über das Filter zur Graetzin-Pumpe. Von dort wird bei normalem Betrieb das Gas der Einspritzpumpe hinten zugeführt, der nicht verbrauchte Teil gelangt über den Regler auf dem Kühltopf in diesen und füllt ihn bis zu einer bestimmten Höhe. Im Kühltopf findet eine Verdampfung des entspannten Gases statt, dieses gelangt über einen Vorwärmer in einen Gasluftmischer im Gebläse-Ansaugrohr zum Motor. Die übrigen im Schaltschema gezeichneten Leitungen mit Bedienungsventilen dienen dazu, vor dem Anfahren des Motors den Kühltopf zu füllen und durch Entspannung einer gewissen in die Einspritzpumpe eingeschlossenen Treibgasmenge die Einspritzpumpe für den Start zu kühlen. Ein von der Gasleitung zum Gebläse mit einem empfindlichen Rückschlagventil, einem Gasmaskenventil versehener Abzweig führt ins Freie, um bei unvorhergesehenen Drucksteigerungen im Kühltopf einen Teil des Gases entweichen zu lassen.

Damit können die Versuche, soweit sie die Einführung in den Motor betreffen, im wesentlichen als abgeschlossen gelten. Die vom R.L.M. weiter gestellte Aufgabe, die Entwicklung einer einfachen Verbrauchsmessung, konnte noch nicht durchgeführt werden, da die von der Firma Bopp & Reuther anzufertigenden Ovalradzähler mit Umlaufzeiger erst jetzt fertig werden.

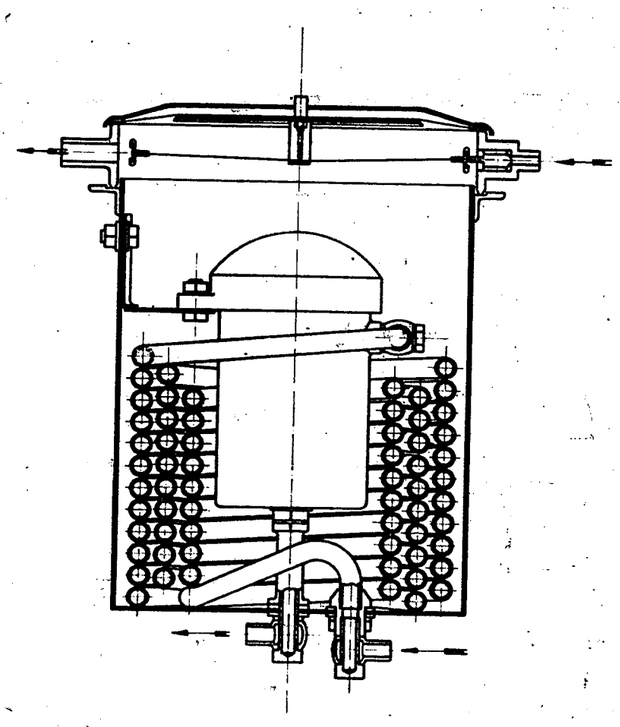
Für die Druckregelung und Kühlung ist in Leuna ein Sondergerät entwickelt worden, bei dem ein Treibgas-Regler neuester Bauart als oberer Abschlussdeckel eines Kühltopfes (Vergl.Bild 18-22) liegt. Der Topf enthält in seinem Innern eine Schlange. Um die wärmeaufnehmenden Oberflächen zu beschränken, wurde das Treibgasfilter in den

001144

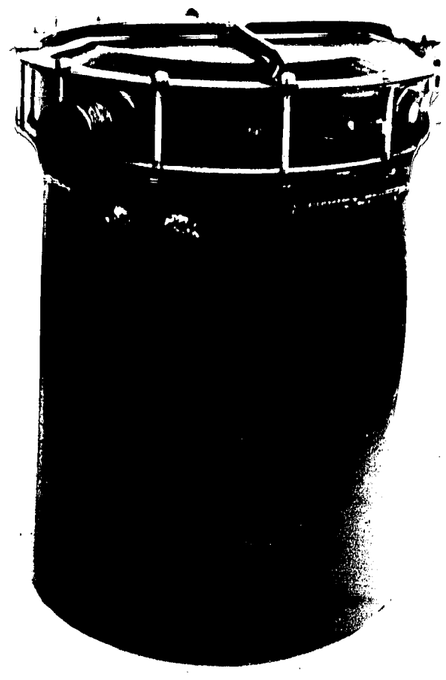


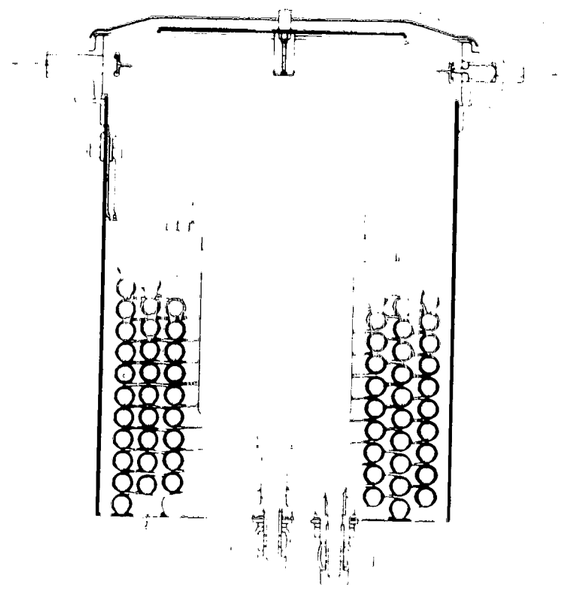
Fig. 75.

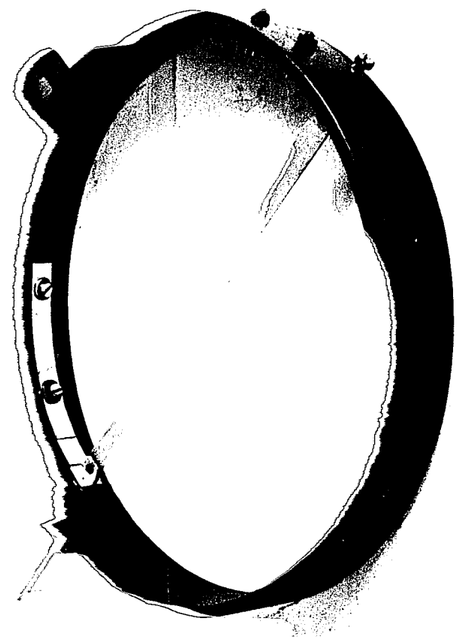
43995

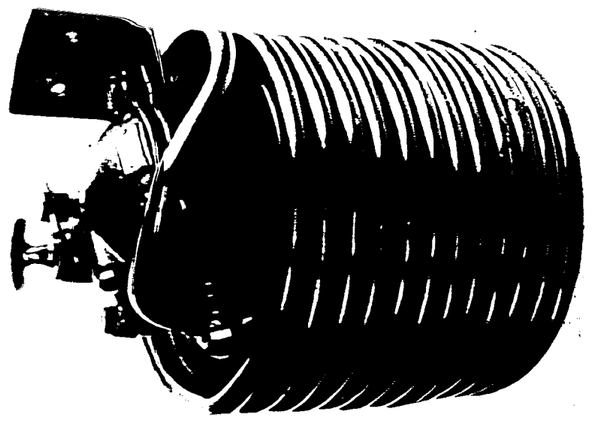


44004



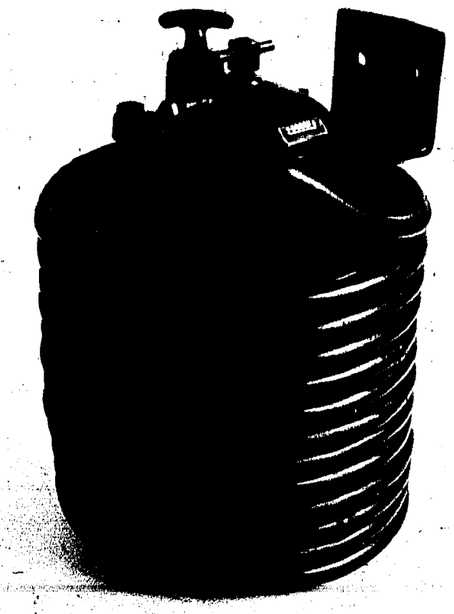






001145

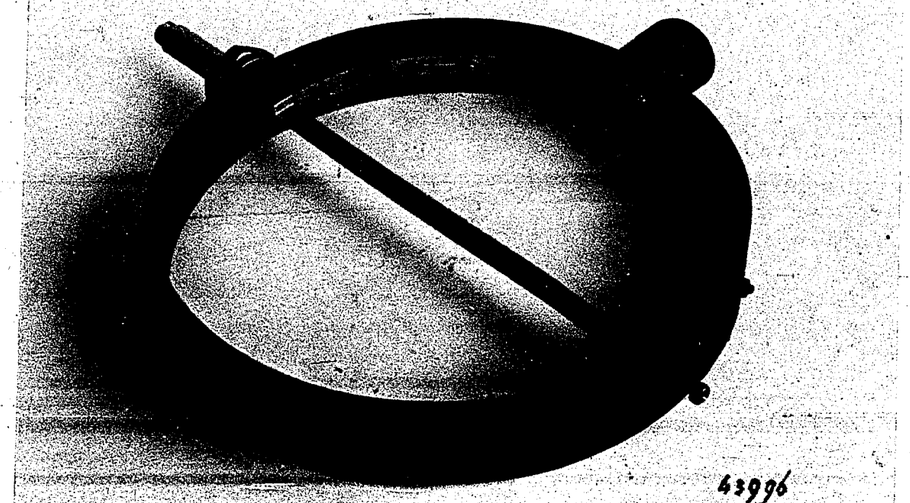
EE 1b



D116 21. Reiberegler
(Schlange mit Filter)

7a.75.
i.5.39.

43999



3112 22. Kniegeiger
(Geiger-Zylinder)

43996

sonst ungenutzten Innenraum der Schlange verlegt, wodurch es einfacher wird, die Apparatur kältedicht zu isolieren.

Als letztes bleibt noch die Aufgabe, eine einfache und betriebssichere Förderpumpe zu entwickeln, die das Treibgas auf einen über dem Behältordruck liegenden Druckwert bringt. Es kann zweckmässig in der Treibgas-Lagerung so verfahren werden, dass die Behälter unter der Erde mit einem Stutzen am tiefsten Punkte versehen sind, wo unmittelbar aus der Flüssigkeitszone die Entnahme des Gases mittels Pumpe oder Injektor erfolgt. Auf diese Weise wird bereits die Leitung zu den Verbrauchsstellen unter einen zusätzlichen Überdruck gesetzt, der überall Gasblasenbildung verhindert. Die Fa. Pintsch verfügt über geeignete Pumpen und Injektoren.

Neuerdings verfügt die Fa. Pintsch auch über ein Verfahren, das gestattet ohne einen Stutzen am tiefsten Punkt des Kesselsauszukommen. Die Apperatur kann überirdisch angebracht werden und die Entnahme erfolgt über das Steigrohr, das im Deckel des Kesseldomes angebracht ist.

4.) Verbräuche und Leistungen.

Im Folgenden werden eine Reihe von Zahlenangaben über mit Treibgas durchgeführte Versuche in verschiedenen Werken mitgeteilt. Es muss betont werden, dass diese Versuche nicht als Ergebnis einer abgeschlossenen baulichen Entwicklung zu werten sind, dass es sich vielmehr in jedem einzelnen Falle um eine Erstausführung des Treibgas-Betriebes handelte, die in Bezug auf Leistung und Verbrauch überprüft wurde.

a) DB 600 - Vollmotor.

Im Mai 1936 wurden im Werk Marienfelde der Daimler-Benz A.G. die ersten Versuche durchgeführt, einen Motor DB 600 mit Treibgas zu betreiben. Es waren dies die ersten Treibgas-Versuche in Flugmotoren, die wir überhaupt durchführten und sie dienten in erster Linie zur Klärung der Fragen, die sich ergaben betreffend Möglichkeiten der Gaszufuhr zum Motor, Möglichkeiten der Regelung, der erzielbaren Höchstleistungen und der Verbräuche. Erst in zweiter Hinsicht interessierte die Frage der Ausgestaltung der Apparatur, der Anwendbarkeit auch für das Überladegebiet u.s. . Grösster Wert wurde auf die Beobachtung des Einflusses gelegt, den Treibgas etwa auf den Zustand der Motorteile haben könnte.

Der Motor wurde als reiner Saugmotor gefahren, dessen Vergaser die Luft aus dem freien Raum holt. Das Gebläse lief mit und war durch eine Blindscheibe mit kalibrierter Bohrung auf ungefähr den Leistungsbedarf reguliert, den es im normalen Betriebe hat.

Zum Verdampfen und Entspannen des Treibgases dienten vier normale Kraftwagen-Treibgasregler Rf 14, die parallel geschaltet waren. Ein Teil des Motorkühlwassers wurde durch ihre Verdampferräume geleitet. Das entspannte Gas wurde durch vier Schlitzlufttrichter der Ansaugluft zugeführt. Diese vier Trichter stellten die vier Luft-Eingänge des "Vergaserrohres" dar. Der übliche Lufteingang vom Lader her war abgeblindet. Leerlaufgas wurde an den Drosselklappen zugegeben

—

Nach Beendigung der Einregulierung wurde ein Dauerlauf mit halbstündlich stufenweise gesteigerter Drehzahl (Belastung durch festen Propeller) über 8 1/2 Stunden durchgeführt. Der Zeitplan der Stufung erfolgte in gleicher Weise, wie sonst zur damaligen Zeit bei Benzin-Einläufen üblich.

Am Ende der Versuche wurden sämtliche Gasreste in den Flaschen durch Wägung festgestellt und ein Gesamtverbrauch von 448,8 kg Treibgas für den ganzen Lauf ermittelt. (Diese Menge entspricht heizwertmässig einem Betrag von 632 Ltr.Fli-Bi.) Nach Angaben der Herren von D.B. wurden für einen derartigen Lauf normalerweise 900 bis 1 100 Liter Bi. verbraucht.

Die erzielte Leistung, bezogen auf gleichen Ansaugrohr-Unterdruck, entsprach etwa der Benzinleistung.

Sämtliche Motorteile , insbesondere die Kolben, Kolbenringe, Zylinderlaufflächen und Ventile wurden nach dem Lauf eingehend besichtigt und befanden sich in ausgezeichnetem Zustande.

Mit den in der Folgezeit entwickelten Gas-Einführungsanordnungen sind später noch eine grössere Zahl von Versuchen durchgeführt worden. Sie erstreckten sich insbesondere auf Gaseinführung im Saugbetrieb durch einen zentralen Lufttrichter, auf Gaseinführung vor dem Lader - Gebläse, auf Gaseinführung unter Druck und auf Versuche mit Einspritzbetrieb. Alle diese Versuche haben das anfänglich gewonnene Bild von Leistung und Verbrauch nicht mehr verändert.

b) Bremse SK 14 a.

Im Mai 1937 fanden bei den Brandenburgischen Motorenwerken in Spandau an einem SK 14a - Motor Versuche mit Leuna-Treibgas statt.

Als Regler diente ein warmwasserbeheizter Orienheim-Kraftfahrzeugregler RT 16 ohne Stillstandsabschluss. Das luftzuführende Y-Rohr vor dem Vergaser wurde ohne Vorwärmung verwendet und durch ein "Vorschaltgerät" GMV 50 ergänzt, das mittels eines Schlitzlufttrichters von 44 ø das Treibgas zuführte. In den Sum-Vergasern waren Düsen und Trichter ausgebaut. Das Starten erfolgte, wie bei dem Nulldruck-Regler RT 16 üblich, über zwei parallel geschaltete Startschieber (2 Luftdüsen 6,0 ø; 1 Startgasdüse 2,90 ø). Beobachtungen über das Verhalten der Maschine im Betrieb: Einwandfreies Anspringen des kalten sowie des warmen Motors mit und auch ohne Startschieber. Runddrehen bis herunter auf die Leerlaufdrehzahl n_l = 320/min. Lochfreies Durchfahren des ganzen Drehzahlbereiches bis Spitze n_g = 2350/min. Dabei eine Leistung über Propeller-Kennlinie errechnet von 183 PS, gegenüber 180 PS bei Benzin.

Verbrauchsmessungen:

a) bei 9/10 - Last = 140 PS

1. Messung 184 gr/PSeh

2. Messung 166 gr/PSeh

Bei Benzinbetrieb nach früherer Messung:

Verbrauch 240 gr/PSeh

2.) Bei Einlauf (neuer Motor)

1. Hochfahren auf n = 2000		3 Stunden
2. 9/10 - Last = 140 PS		1 1/2 "
3. Vollast	= 155 PS	1/2 "
	Gesamtzeit :	5 Stunden

Treibgasverbrauch insgesamt: 75,8 kg

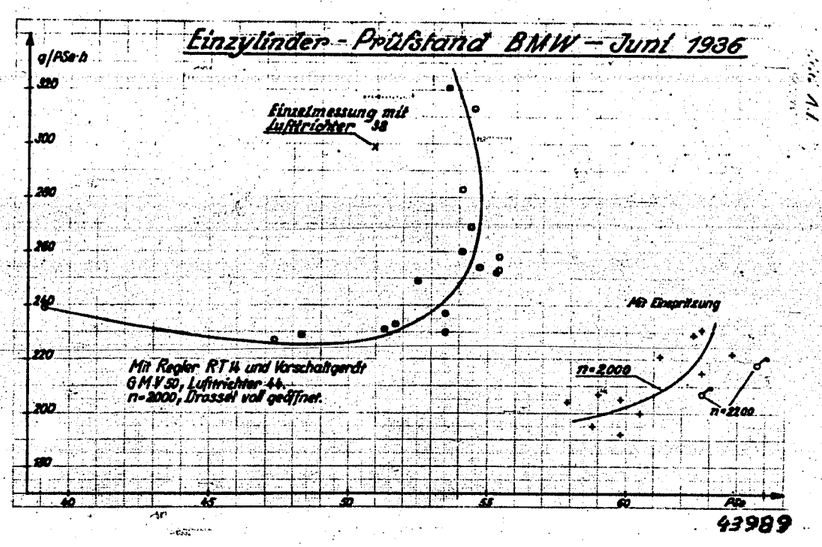
gegenüber einem Benzinverbrauch nach früheren Messungen von 135 kg .

c) BMW-Einzylinder-Prüfstand BMW 132. München:

Im Juni 1936 wurde bei den Bayerischen Motoren-Werken in München an einem Einzylinder-Prüfstand BMW 132 ein Treibgas-Versuch durchgeführt, der der Klärung des Einspritzverhaltens dienen sollte. Es zeigte sich hier, wie erwartet die Notwendigkeit, die Einspritzorgane kühl zu halten und das flüssige Treibgas unter höheren als den Sättigungsdruck zu bringen.

Am gleichen Motor mit Vergaser-Betrieb wurden Vergleichsversuche mit durch Druckregler entspannten Treibgas durchgeführt; die Ergebnisse beider Versuchsreihen sind in Bild 23 dargestellt. Die geringe Leistung bei Vergaserbetrieb erklärt sich durch die Drosselung im Lufttrichter. Für den für Treibgas unerwartet hohen Verbrauch von über 230 gr/PSh ist ein Gasverlust verantwortlich zu machen. Der Einzylinder saugt so stossweise, dass ein Teil des Treibgases aus dem Lufttrichter ins Freie herausgeblasen wird. Benzinverbräuche von 205 bis 210 gr/PSh konnten nach Angabe der Herren von BMW auch nur bei Anwendung eines geeigneten Vorsatzrohres erreicht werden.

001151 27a


Einzylinder - Prüfstand BMW - Juni 1936
g/PSe·h
320
300
280
260
240
220
200
180
Einzelmessung mit Lufttrichter
AG Einspritzung
Mit Regler RT 14 und Vorschaltgerät GMV 50, Lufttrichter 44, n=2000, Drossel voll geöffnet.
n=2000
n=2200
40
45
50
55
60
Ne
43989

Oppau: 001152

An einem gleichen Prüfstand wurden im Juli 1938 in Oppau Einspritzversuche mit einer verbesserten Einsprits-Anordnung gefahren. Die Versuche galten der Erprobung der für zuverlässigen Einspritzbetrieb erforderlichen Druck- und Temperaturverhältnisse des Treibgases am luftgekühlten Motor. Sie lieferten, da ein Benzinversuch voraufging einen Vergleichsmaßstab für die erzielbare Höchstleistung, wenn alles Treibgas durch die Einspritzpumpe zugeführt wird. Bei gleicher Ladung und n = 2000 wurden bei Benzin 51,6 PS, bei Treibgas 51,2 PS erreicht. Die Treibgas-Leistung betrug also über 99% der Benzinleistung. Der Verbrauch wurde bei dem Versuch nicht gemessen.

d) DB 601 - Vollmotor.

Im Anschluss an die Entwicklung der Flüssiggas-Einspritz-Einrichtung wurden eine Reihe von Leistungs- und Verbrauchs-Beobachtungen vorgenommen.

Um das Aussehen eines Serienmotors kennenzulernen, der nur mit Flüssiggas betrieben wurde, wurde ein fabrikneuer Motor im Einlauf und Vorlauf nur mit Gas gefahren. Der Gasläufer wurde wie folgt bel$_a$stet:

15 Min. Reise mit 950 PS

105 " Vollgas " 1038 PS

Während der 105 Min. Vollgas wurde 5-mal 3 Min.lang Startleistung mit 1140 PS gefahren. Der Gasdruck in der Einspritzpumpe betrug ca.5 atü, die Eintrittstemperatur -10°C .

Der Motorlauf war einwandfrei, auch das Aussehen aller Triebwerksteile nach der Demontage war sehr gut.

Mit einem anderen Motor wurden dann Verbrauchsmessungen vorgenommen. Abgewogene Treibgasflaschen wurden hochgelagert und der Verbrauch in den einzelnen Belastungsstufen gewichtsmässig ermittelt.

Bei dem Versuchen mit diesem Motor wurde festgestellt, dass die Leistung des mit Benzin einregulierten Motors bei gleichbleibendem Ladedruck mit der Umstellung auf Flüssiggas um ca. 4% sinkt. Der spezifische Brennstoffverbrauch steigt um ca. 3% bei gleichem Aussehen des Auspuff-Flammenbildes.

e) Grundsätzliches.

Zusammenfassend und grundsätzlich ist über die mit Treibgas erzielten Leistungen folgendes zu sagen :

Bei reinen Vergasermotoren (die entweder im Saugbetrieb oder im Laderbetrieb arbeiten) ist bei gleichem Saug- oder Ladedruck ungefähr die volle Benzinleistung auch mit Treibgas zu erzielen.

Bei Umstellung eines Einspritzmotors auf reinen Vergaserbetrieb liegt bei gleichem Ladedruck vor den Ventilen die Treibgasleistung um einen Betrag von ca. 10 bis 15% unter der Benzinleistung. Schuld hieran ist der Raumbedarf des Treibgases in den Ansaugleitungen, die bereits vorher dem Gas mitgegebene Verdampfungswärme und evtl. die höhere Temperatur des Gases. Die höhere Klopffestigkeit des Treibgases gestattet allerdings ohne Schaden für die Maschine, die Leistungsminderung durch höhere Aufladung auszugleichen.

Bei der gemischten Anordnung, wo der Einspritzmotor zu ca. 90% als Vergasermotor umgestellt wird und ca. 10% Benzin durch die in Stopstellung mitlaufende Einspritzpumpe in die im Zylinder eingespritzt wird, vermindert sich bei gleichem Ladedruck vor den Ventilen die Treibgasleistung um ca. 7% der reinen Benzineinspritzleistung.

Bei der zuletzt beschriebenen Betriebsart der Einspritzmotoren, wo ausschliesslich Treibgas verwendet wird zu ca. 70% über die Einspritzpumpe und zu ca. 30% gasförmig über den Lader, liegt bei gleichem Ladedruck die Treibgasleistung um einen Betrag von ca. 3 bis 4% unter der Benzinleistung, wenn 100% der Benzinmengen durch die Einspritzpumpe in den Motor gelangen.

Bei reinem Einspritzbetrieb (100% Flüssiggas über die Einspritzpumpe) ist bei gleicher Aufladung die volle Benzinleistung zu erhalten.

5.) Die Tankanlage und ihre Kosten.

Bei den grossen Mengen von Kraftstoff, die Flugmotoren verbrauchen, wäre es unwirtschaftlich, das zum Einlaufen bestimmte Treibgas im Erzeugerwerk in die üblichen Flaschen von 33 kg Inhalt abzufüllen und an den Verbrauchsort zu verfrachten. Es muss vielmehr versucht werden, die Frachtvorteile des Kesselwagen-Bezuges auch für Treibgas nutzbar zu machen. Eisenbahn-Druckkesselwagen mit 10 und 20 Tonnen Ladegewicht stehen zur Verfügung. Diese Kesselwagen müssen durch Gleisanschluss, nötigenfalls auch mit Hilfe von strassenfahrbaren Untersätzen(Kuhlemeyer), nahe an die Prüfstände herangebracht werden. Der Inhalt wird hier in einen festen Tank abgefüllt, der naturgemäss auch druckfest sein muss und zweckmässig in die Erde eingebettet wird. Aus diesem Erdtank wird das Treibgas dann den einzelnen Prüfständen durch Rohrleitungen in flüssigem Zustande unter eigenem Druck zugeführt. Erst hier erfolgt, soweit gasförmige Verwendung im Motor in Frage kommt, die Vergasung und Entspannung auf den Ansaugdruck des Motors.

Da der Erdtank im allgemeinen unter dem Niveau des Gleisanschlusses liegt, würde das Entleeren des Kesselwageninhaltes unter dem Einfluss der eigenen Schwere eigentlich von selbst erfolgen müssen. Hierfür wäre allerdings eine Auslauföffnung an der tiefsten Stelle des Kesselwagens nötig. Die meisten der heute verwendeten Kesselwagen besitzen jedoch eine derartige Öffnung (aus Sicherheitsgründen) nicht und müssen mittels eines Tauchrohres entleert werden.

Für diesen Fall ist von Pintsch ein sehr bewährtes Abfüllverfahren mit Hilfe eines kleinen Gasverdichters entwickelt worden, das in Bild 24 schematisch dargestellt ist. Das Verfahren geht folgendermassen vonstatten:

Das Tauchrohr des Kesselwagens wird mit einem entsprechenden Tauchrohr des Erdkessels durch einen (70 mm weiten) Metallschlauch verbunden. Desgleichen werden die Gasräume beider Behälter ebenfalls miteinander verbunden. In diese Gasleitung wird jedoch eine Gaspumpe eingeschaltet, die Gas aus dem Erdtank absaugt und in den Kesselwagen drückt. Die entstehende Druckdifferenz drückt die Flüssigkeit durch die Verbindungsleitung der Tauchrohre in den Erdtank. Natürlich muss die Gaspumpe ein Mehrfaches des zu fördernden Flüssigkeits-Volumens leisten, denn, da es sich in beiden Behältern um gesättigte Dämpfe handelt, kondensiert im Kesselwagen an den Wänden des Gasraumes und an der Flüssigkeitsoberfläche das hineingeschickte Gas. Durch die freiwerdende Verdampfungswärme steigt die Temperatur des Dampfraumes und der Flüssigkeitsschicht an der Oberfläche. In dem Masse dieser Temperatursteigerung

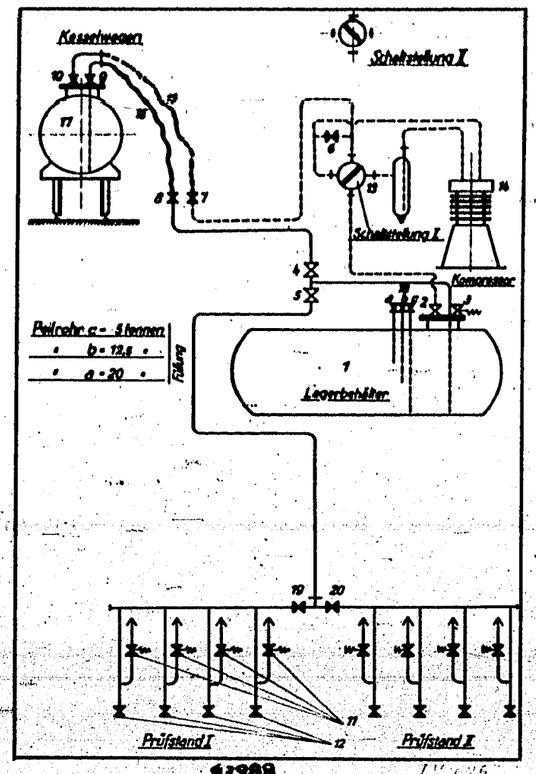


Bild 24. Kesselwagen-Entleerung
(Prinzip)

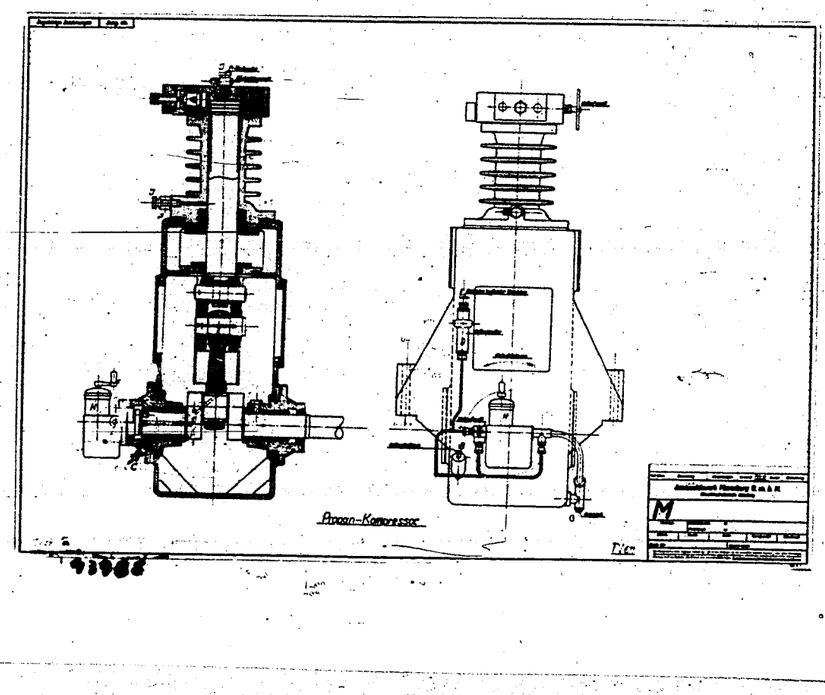


Bild 26. Argon-Kompressor
(Prinzip)

stellt sich dann erst der gewünschte höhere Druck im Kesselwagen ein.

001157

Sinngemäss umgekehrt verhält sich Temperatur- und Druckverlauf im Erdtank, wo in dem Masse, wie Gas abgesaugt wird, Nachverdampfung und Abkühlung mit dazugehöriger Druckminderung zu beobachten ist.

Die Flüssigkeitsleitung hat 70 Ø NW., die Gasleitung 40 Ø NW.; der Verdichter eine Leistungsaufnahme von 7,5 KW. Das Abfüllen eines Kesselwagens von 20 to dauert bei diesen Abmessungen längstens 2 Stunden.

Dem Schmierproblem des Verdichters, der in Bild 25 dargestellt ist, ist besondere Beachtung zu schenken, da Treibgas Maschinenöl löst. Einerseits soll dem Kolben das erforderliche Schmiermittel in ausreichendem Masse zur Verfügung stehen, andererseits soll verhindert werden, dass namhafte Mengen des Schmieröles von dem Treibgas mit fortgeführt und an ungeeigneter Stelle, etwa in dem Entspannungs-Regler abgeschieden werden.

Kosten der Tankanlage:

Um sich ein Bild von der Höhe der gesamten mit der Schaffung einer Treibgas-Anlage verbundenen Kosten machen zu können, und um generelle Kostenanschläge, die ja häufig immer nur einen Teil der Gesamtkosten umschliessen besser auswerten zu können, sei im folgenden auf eine von der Firma Pintsch ausgeführte Anlage zurückgegriffen. Bild 26 stellt den Grundriss dar. Es ist ein Kessel von 50 m^3 Inhalt vorhanden , der unter Berücksichtigung des ge -

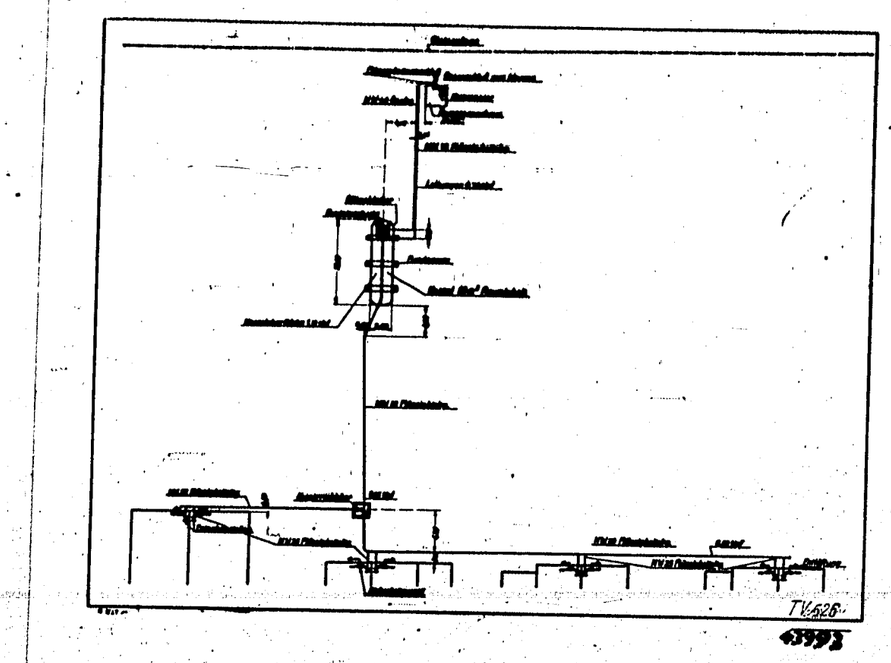


Bild 26. Lageplan einer Anlage

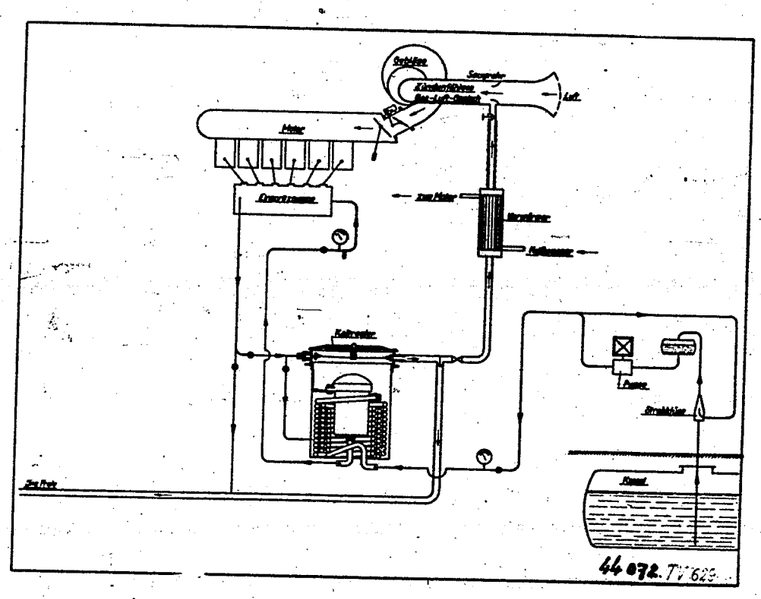


Bild 27. (Nachtrag)
Endgiltiger Leitungsplan der Kalteinspritzung

setzlich vorgeschriebenen Sicherheitsraumes 22 to Treibgas fasst.

Das Anschlussgleis ist von dem Prüfstand etwa 120 m entfernt. In halber Entfernung liegt der Kessel, mit seiner Oberkante 1,10 m unter der Erde. Es sind im ganzen 8 Prüfstände angeschlossen. Der Kompressor ist mit seinem Antriebsmotor in einem eigenen kleinen Gebäude nahe am Bahngleis untergebracht; an dem Kompressorhaus liegen auch die Flanschen für die beweglichen Metallschläuche zum Anschluss des Kesselwagens.

Für die Erstellung der Anlage sind folgende Kosten aufgelaufen:

Behälter für 22 to	etwa RM	11 000,-
(Wahlweise ein Kessel für 30 to Inhalt "		15 000,-)
Kompressor-Aggregat		3 200,-
Ventile		700,-
Isolierung des Kessels		500,-
Blitzschutz		100,-
Rohrleitungen etwa 250 lf.m		1 000,-
Sicherheitsventil		600,-
Armaturen		2 000,-
Abfüllschläuche		700,-
Betrag des Kostenanschlages	RM	19 800,-
Hinzu kommen Kosten für Kompressorhaus	RM	1 000,-
[redacted]		[redacted]
Erdarbeiten und Montage		6 200,-
[redacted]		[redacted]
	RM	27 000,-

Die beschriebene Anlage mit einem Kessel von 22 to Inhalt hat also alles in allem Kosten von etwa 27 000,- RM verursacht. Im Allgemeinfalle ist mit Kosten in Höhe von RM 30 000 zu rechnen.

Der Eisenbedarf für die Anlage setzt sich wie folgt zusammen:

Grobbleche	rd. 17 500,- kg
Stabstahl	253,- kg
Rohre	941,- kg
Schmiedestücke	54,- kg
Grauguss	1 118,- kg
Breitflachstahl	220,- kg
Stahlguss	144,- kg
Feinbleche	60,- kg
insgesamt	rd. 20 290,- kg

Hierzu kommen noch etwa 400 kg verschiedenes Eisen für die Ausrüstung der Prüfstände.

6.) Wirtschaftlichkeits - Rechnung.

Für die Wirtschaftlichkeits-Betrachtung sind einerseits der Preis des Treibgases und des durch dieses zu ersetzenden Fliegerbenzins massgebend, zum andern ist das Verbrauchsverhältnis der beiden genannten Kraftstoffe von Bedeutung.

Die Preise, frei Verbrauchswerk im Kesselwagen, werden von Fall zu Fall als bekannt einzusetzen sein.

Die Verbrauchsverhältnisse sind, gemäss den Angaben im Abschnitt 3, sehr verschieden.

Im Einspritzverfahren kann nur mit einem heizwertmässigen Gleichverbrauch, also mit einem Gewichtsverhältnis im Betrag der unteren Heizwerte von 10 500 kcal/kg bei Benzin und 11 000 kcal/kg bei Treibgas gerechnet werden. Für 1 kg Treibgas sind also $\frac{11\,000}{10\,500}$ = 1,048 kg Fli-Bi. einzusparen.

Diesen theoretischen stehen die bisherigen Versuchsergebnisse gegenüber, die vorläufig noch einen etwas höheren Gasverbrauch ergeben haben, und zwar gewichtsmässig 4 % Mehrverbrauch gegenüber Benzin. Versichtshalber werden in der folgenden Wirtschaftlichkeitsrechnung diese ungünstigeren Werte eingesetzt, wonach also 1 kg nur 0,96 kg Fli-Bi. ersetzt.

Im Vergaser-Betrieb tritt ein durch Versuche ermittelter Faktor von 1,87 bis 1,78 (Dremo Sh 14) oder 1,58 (DB 600), im Mittel 1,58. Jedes kg Treibgas ersetzt hier also 1,58 kg Fli-Bi.

Legen wir nur die ungünstigeren Werte des Einspritzbetriebes zugrunde, und nehmen wir als handelsüblichen Preis (Berliner Zone) für 1 kg Treibgas 38 Rpf. und 1 kg Fli-Bi. 50 Rpf., so beträgt die geldliche Ersparnis je verwendetes kg Treibgas 0,96 · 50 - 38 = 48,0 - 38 = 10,0 Rpf.

Beim Vergaser-Betrieb wäre dieser Betrag im Mittel 1,58 · 50 - 38 = 79,0 - 38 = 41,0 Rpf.

Legt man die Kosten der gesamten Anlage, die hier als Vergleich dienten, mit 30 000 RM zugrunde, so folgt,

dass sich bei Einsprits-Betrieb die Anlage nach einem Verbrauch von

$$\frac{30\,000}{0{,}10} = 300\,000 \text{ kg Treibgas}$$

d.h. also bei durchschnittlichen Entnahmen von 21 to/Monat in weniger als 15 Monaten amortisiert hat.

Unter Berücksichtigung der Verhältnisse des Vergaser-Betriebes tritt die Amortisation bereits früher ein. Sie erfolgt nach einem Verbrauch von

$$\frac{30\,000}{0{,}41} = 73\,200 \text{ kg Treibgas.}$$

Legt man den gleichen Durchsatz zugrunde, ist eine solche Anlage bereits nach $\frac{73\,200}{21\,000} \sim$ 3 1/2 Monaten abgeschrieben.

Es zeigt sich hieraus, dass eine Treibgas-Anlage auch dann bereits rentabel sein wird, wenn es sich, wegen kleinerer Motoren-Einheiten, um Anlagen mit geringerem Gesamtdurchsatz handelt.

Für die Kosten der einzelnen Läufe eines 1000 PS - Einspritz-Motores ist folgende Rechnung aufzustellen, aus der die je Motor-Lauf erzielten Einsparungen an Fl1-Bl. und die erlösmässigen Vorteile sich ergeben.

Diesen Ausführungen wird ein Motor zugrunde gelegt, der mit Fremdantrieb eingelaufen ist und nur noch einen Ergänzungseinlauf von 2 Stunden mit Verbrennungsvorgang zu machen hat, wobei der Motor in 10 Stufen à 12 Minuten läuft, ausgehend von erhöhter Leerlaufdrehzahl n = 600 , gesteigert bis einschliesslich 12 Minuten Vollgasdrehzahl. Die Reiseleistung im Vorlauf, die mit Gas betrieben werden soll, wird mit 95% = 950 PS in Rechnung gestellt. Die spe-

zifischen Verbrauchszahlen sind nach der fetten Zeile ein-
getragen.

a) Vollgaslauf

Benzinverbrauch 229 g/PS/h; bei 1000 PS = 229 kg/h
Gasverbrauch 238 g/PS/h; bei 1000 PS = 238 kg/h

1 kg Benzin kostet 0,50 RM; 229 kg Benzin = 114,50 RM
1 kg Flüssiggas " 0,38 RM; 238 kg Gas = 90,50 RM
Ersparnis pro Stunde bei Vollgas = 24,00 RM

b) Reiseleistung

Benzinverbrauch 230 g/PS/h; bei 950 PS = 218 kg/h
Gasverbrauch 239 g/PS/h; bei 950 PS = 227 kg/h

Kosten für Benzin 218 x 0,50 = 109,00 RM
Kosten für Gas 227 x 0,38 = 86,30 RM
Ersparnis pro Stunde Reiseleistung = 22,70 RM

c) Einlauf von 2 Stunden

Hier wurde ein Benzinverbrauch von 186 kg für 2 Stunden ermittelt, während an Gasverbrauch 193 kg für 2 Stunden gemessen wurden.

Kosten für Benzin 186 x 0,50 = 93,00 RM
Kosten für Gas 193 x 0,38 = 73,40 RM
Ersparnis beim Einlauf = 19,60 RM

Ersparnis:

In jeder Laufstufe = 21% der Benzinbetriebskosten
Gasbetriebskosten = 79% der Benzinbetriebskosten.

d) Einlauf und 1 Stunde Gasvorlauf.

Würde ein Einlauf von 2 Stunden Dauer vollständig mit Gas und der anschliessende Verlauf von 2 Stunden Dauer zur Hälfte (also eine Stunde Reisseleistung) mit Gas betrieben werden, so würden die Ersparnisse pro Motor

= 19,60 + 22,70 = 42,30 RM betragen.

e) Einlauf und 2 Stunden Gasvorlauf.

Ein Motor-Einlauf und anschliessend ein 4-stündiger Vorlauf zur Hälfte mit Gas gefahren bringt folgende Ersparnisse pro Motor :

= 19,60 + 22,70 + 22,70 = 65,00 RM

Verminderung des Benzin-Verbrauches und notwendige Gas-Mengen.

Wenn in einem Werk nicht nur die Einlaufzeit von 2 Stunden, sondern auch 50% des 2-stündigen Vorlaufs mit Gas betrieben werden, sinkt der Benzinverbrauch pro Motor wie folgt :

Für 2 Stunden Einlauf werden	186 kg	=	250 Liter Benzin
für 1 Stunde Vorlauf werden	218 kg	=	300 Liter Benzin
verbraucht.			
Verminderung pro Motor	404 kg	=	550 Liter Benzin
dafür werden gebraucht	193 kg Gas für den Einlauf		
	227 kg Gas für 1 Stde.Vorlauf		
Gasmenge pro Motor	= 420 kg Gas.		

Werden in einem Werk mit 4 Stunden Verlauf nicht nur eine 2-stündige Einlaufzeit, sondern auch die Hälfte des Verlaufes mit Gas betrieben, dann sinkt der Benzinverbrauch

für den Einlauf um 186 kg = 250 Liter Benzin

für 2.Std.Verlauf um 2 x 218 = 436 kg = 600 Liter Benzin

Verminderung pro Motor 622 kg = 850 Liter Benzin

dafür werden gebraucht 193 kg Gas für Einlauf

2 x 227 = 454 kg Gas für 2.Std.Verlauf

Gasmenge pro Motor = 647 kg Gas

001167

Leuna-Werke, 26. Mai 1939.

3979-30/4.02-95

Flüssiggas zum Einlauf von Flugmotoren.

Bericht von

Dipl.Ing. Soholz

Treibstoff-Prüfstand Leuna.

Gemeinsam bearbeitet mit den Herren

Dr.Ing. von Huhn, Leuna und

Ing. Haug, Daimler-Benz A.G., Bln.-Marienfelde.

001168

Treibgas - Einsatz von Flugmotoren.

1.) Einleitung. S. 1

2.) Physikalische Eigenschaften und materielles Verhalten von Treibgas. S. 2

3.) Treibgas in Flugmotor. S. 7
a.) Vergasermotor
b.) Einspritzmotor

4.) Verbrauch und Leistung. S. 25

5.) Fahranlage und Beschaffungskosten. S. 30

6.) Wirtschaftlichkeits-Rechnung. S. 34

1.) Einleitung.

Noch vor kurzer Zeit führte Deutschland einen sehr erheblichen Anteil seines Bedarfes an flüssigen Treibstoffen aus dem Auslande ein. Um bei diesem lebenswichtigen Erzeugnis möglichst weitgehende Unabhängigkeit vom Auslande zu erzielen, wurden zunächst im Leuna-Werk Hydrierungsanlagen im grosstechnischen Maßstabe erbaut. Bei der Erzeugung von synthetischem Benzin (in kleinem Umfange auch bei der Verarbeitung von Erdöl) entstehen zwangsläufig bestimmte Mengen von gasförmigen Kohlenwasserstoffen, die als motorische Treibmittel unter dem Namen Treibgas oder Flüssiggas mit Erfolg verwendet werden. Sie stellen durch ihre besonders hochwertigen Eigenschaften, die in einigen Punkten das Benzin eindeutig übertreffen, eine durchaus willkommene Ergänzung unserer heimischen Erzeugung an flüssigen Treibstoffen dar.

Seit 5 Jahren hat sich Leuna auf breiter Grundlage mit der Verwendung seines Treibgases beschäftigt, das unter dem Namen Leuna-Treibgas im Handel ist. Es laufen heute in ganz Deutschland über 20 000 Wagen mit Treibgas. Daneben hat Leuna, in gemeinsamer Arbeit mit Daimler-Benz, Marienfelde, in umfangreichen Versuchen die Bedingungen geklärt, wie beim Einlaufvorgang von Flugmotoren erheblich an dem devisengebundenen Fliegerbenzin gespart werden kann, wenn man statt dessen Leuna-Treibgas verwendet.

In diesem Zusammenhange dürfte interessieren, dass man auch in Amerika, in dem Lande, das bestimmt keine Knappheit an flüssigen Treibstoffen kennt, die Vorzüge des

Treibgases zur Veranlassung genommen hat, dieses Gas neben industriellen Zwecken zum Antrieb für Lastkraftwagen, Omnibusse und auch anstelle von Einlaufbenzin bei der Motorenerzeugung zu verwenden.

2.) Physikalische Eigenschaften und motorisches Verhalten von Flüssiggas.

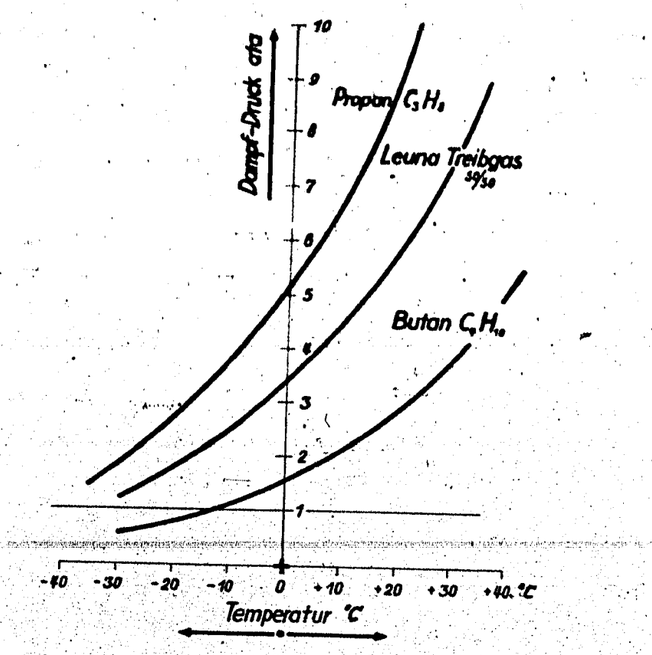
Das von den Leuna-Werken erzeugte Treibgas besteht im wesentlichen aus den beiden Kohlenwasserstoffen der Paraffinreihe, Propan und Butan, wobei das Butan selbst wieder aus einem Gemisch seiner beiden Isomeren, Normalbutan und Isobutan, besteht. Der Propangehalt des Treibgases beträgt je nach der Jahreszeit 30 bis 50 Gewichtsprozente. Charakteristisch für diese Stoffe sind ihre im Verhältnis zu den Kohlenwasserstoffen des Benzins hochliegenden Dampfspannungen, Aus den Kurven (Bild 1) ersieht man , dass sowohl Propan und Butan, als auch Gemische von beiden bei Atmosphärendruck und gewöhnlichen Temperaturen gasförmig sind. Aber bereits die Anwendung geringer Drücke (2 bis 8 atü bei den in unserem Klima üblichen Temperaturen) ermöglicht es, diese Gase zu verflüssigen.

Hierauf gründet sich die Lagerung und der Versand des Treibgases in geschlossenen druckfesten Behältern, die je nach dem Verwendungszweck als ortsfeste Tanks, als Kesselwagen oder als Flaschen ausgebildet sind. Um nennenswerte Mengen unterbringen zu können, werden diese Behälter unter Druck gefüllt, sodass sich das Treibgas im flüssigen Aggregatszustand befindet.

Naturgemäss darf ein allseitig geschlossener Behälter nicht randvoll mit Flüssigkeit gefüllt werden, da

001171

Dampfdruckkurven



37090

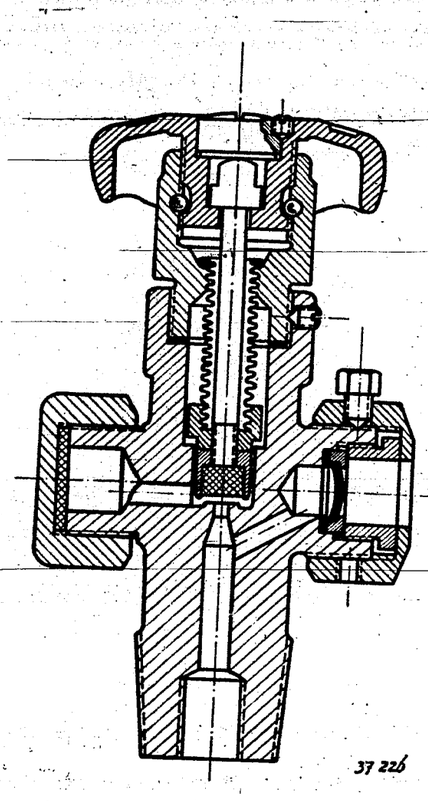
Bild 1. Dampfspannungskurven

Eigenschaften von Butan, Propan und Treibgas (50/50).

		Propan	Butan	Treib-Gas
Unterer Heizwert 15° 735 mm Hg.	kcal/m³	19900	25900	22600
Unterer Heizwert auf Gewicht bezogen	kcal/kg	11000	10900	10950
Spez. Gewicht des Gases bei 15° 735 mm Hg.	kg/m³	1,81	2,38	2,06
Spez. Gewicht der Flüssigkeit bei 15°	kg/l	0,51	0,58	0,54
Siedetemperatur bei 1 ata	°C	-44	-11	-30
Kritischer Druck	ata	46	38,7	
Kritische Temperatur	°C	97	151	
Luftbedarf für vollständige Verbrennung	m³/m³	23,8	31,0	26,9
Luftbedarf für vollständige Verbrennung	m³/kg	13,2	13,0	13,1

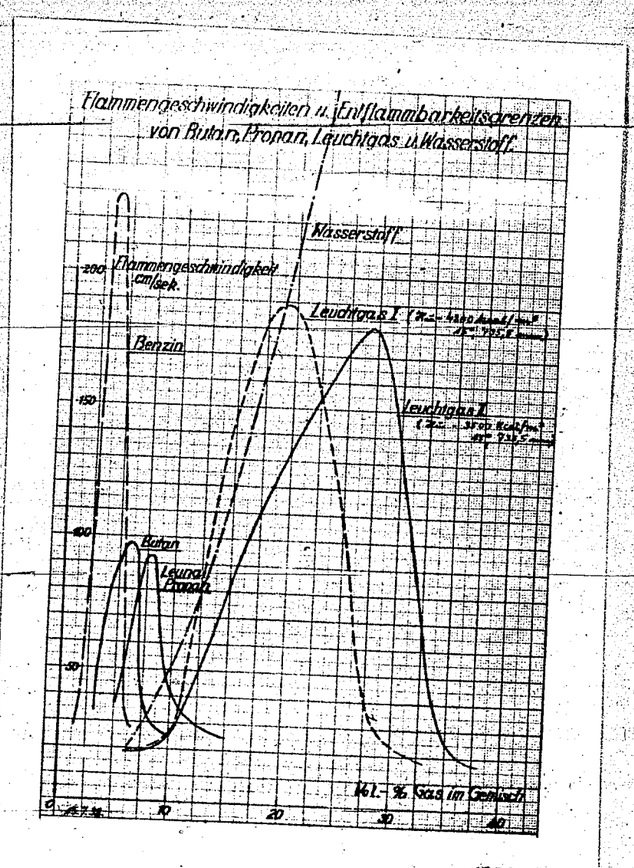
37458

Bild 2. Physikalische Eigenschaften



37 226

Bild 3.
Flammhubventil mit Platinumlenkung



14083

Bild 4.
Flammengeschwindigkeiten

sich diese bei einer etwaigen Temperatursteigerung ausdehnen und den Behälter sprengen würde. Die Druckgasverordnung schreibt daher einen Raum von 2,35 Ltr. je kg Propan bzw. Treibgas vor. Da das spezifische Volumen von flüssigem Treibgas (bei 15° C) nur 1,85 Ltr./kg beträgt, entsteht bei Befolgung dieser Vorschrift im oberen Teil des Behälters ein dampfgefüllter Raum, in den hinein sich die Flüssigkeit bei Temperatursteigerungen ausdehnen kann.

Ein gefüllter Treibgastank enthält also in seinem unteren Teile Flüssigkeit, darüber den mit der Flüssigkeit im Gleichgewicht stehenden Dampf. Der Druck unter dem dieses System steht, hängt ausschliesslich von der Temperatur ab, und nicht vom Füllungsgrad, wie bei permanenten Gasen. Während der Entleerung eines Treibgasbehälters bei gleichbleibender Temperatur bleibt also der Druck vom Anfang bis zum Ende konstant, solange sich auch nur noch Spuren von Flüssigkeit im Tank befinden.

Bild 2 gibt noch einige Zahlenangaben über Treibgas. Der untere Heizwert, aufs Gewicht bezogen, liegt mit fast 11 000 kcal/kg um 5 bis 10% über dem der Benzine, das spezifische Gewicht der Flüssigkeit mit 0,58 kg/l beträgt 3/4 von dem des Benzins. Im gasförmigen Zustande wiegt Treibgas etwas über 2 kg/m^3, ist also fast doppelt so schwer wie Luft.

Häufig wird in Kreisen der Interessenten die Frage nach einer angeblichen Explosionsgefahr der Treibgasbehälter aufgeworfen.

Hierzu ist grundsätzlich Folgendes zu sagen : Explodieren kann eine Treibgasflasche überhaupt nicht, weil

in ihr kein Verbrennungssauerstoff enthalten ist. Die einzige Möglichkeit für den Zerknall eines Treibgasbehälters besteht darin, dass er wie ein Dampfkessel durch zu grossen Innendruck, hervorgerufen durch überstarke Erhitzung aufreisst. Um diese Gefahr zu beseitigen, sind die Treibgasflaschen im Kraftwagenbetrieb mit Platzscheiben ausgerüstet (Bild 3), welche bei Überschreitung eines Druckes von etwa 60 atü herausgedrückt werden. Es bläst dann das Treibgas ab, ohne dass die gegen einen Druck von 90 atü feste Flasche zerstört wird. In mancher Hinsicht ist der Treibgasbetrieb sogar ungefährlicher als der Benzinbetrieb. Beispielsweise können beim Zurückschlagen der Flamme in die Ansaugleitung bei Treibgasbetrieb nicht die gefürchteten Vergaserbrände auftreten, weil kein mit Kraftstoff gefülltes Schwimmergehäuse so nahe am Motor vorhanden ist. Auch bei Zusammenstössen im Strassenverkehr hält die stählerne Treibgasflasche mit ihren 3,5 mm starken Wänden mechanisch wesentlich besser stand als ein dünnwandiger Benzintank, ein Gesichtspunkt, der sinngemäss auch auf die Widerstandsfähigkeit von Grosslagerbehältern gegen gewaltsame Zerstörung angewendet werden kann.

Bei der Behandlung der sicherheitstechnischen Frage darf ein Umstand nicht ausser Acht gelassen werden, die Neigung des etwa zufällig austretenden Brennstoffes mit Luft zündfähige Gemische zu bilden. Aufschluss hierüber geben die Zündgrenzen (Bild 4). Sie liegen bei Treibgas ebenso eng wie bei Benzin und zwar bei wesentlich geringerer Flammengeschwindigkeit. Demgegenüber zeigt z.B. Leuchtgas einen etwa 6 mal breiteren Zündbereich. Es ist

dies die physikalische Grundlage für die bekannte Tatsache, dass Leuchtgas gelegentlich zu Raumexplosionen Anlass gibt.

Jeder Benzinmotor lässt sich in einfacher Weise mit Flüssiggas betreiben. Dass hierbei im Gegensatz zu anderen gasförmigen Kraftstoffen kein Leistungsabfall eintritt, ergibt sich wie folgt :

Die von einem Motor mit verschiedenen Kraftstoffen (sonst aber unter gleichen Bedingungen) abgegebene Leistung ist bekanntlich keineswegs unmittelbar von dem Heizwert des Kraftstoffes abhängig, sondern in erster Linie von dem Heizwert des Kraftstoff-Luft-Gemisches.

Der Grund hierfür ist die Tatsache, dass der Motor ja nicht reinen Kraftstoff, sondern ein gegebenes Volumen Kraftstoff-Luft-Gemisch ansaugt. Die erzielbare Leistung ist mithin vom Energiegehalt des Liters Kraftstoff-Luft-Gemisch abhängig.

Aus Bild 5 geht hervor, dass die Gemisch - heizwerte für die meisten Kohlenwasserstoffe, darunter auch Leuna-Treibgas, bis auf wenige Prozente genau übereinstimmen. Dementsprechend zeigt sich bei der Verwendung von Treibgas auch keine nennenswerte Veränderung der Spitzenleistung des Motors gegenüber Benzinbetrieb.

Bei dauernder Umstellung eines Motors auf Flüssiggas ist sogar eine Leistungssteigerung möglich, wenn man das Verdichtungsverhältnis entsprechend der hohen Klopffestigkeit des Treibgases erhöht. (Propan OZ. rd. 125 , Butan OZ. rd. 95 , Fliegerbenzin OZ. 87 , Auto-Benzin OZ. rd. 74). Falls die Festigkeit des Triebwerkes es gestattet bringt die Höherverdichtung wesentlichen Gewinn. Man erzielt

		Unterer Heizwert		Luftbedarf		Gemisch-Heizwert
		kcal/kg	kcal/m³	m³/kg	m³/m³	kcal/m³
Tankstellenbenzin (86:9,3:4,7)		9850		11,64		836
Gemisch (65:35)		10200		11,98		843
Propan		11000	19900	13,2	23,8	803
Butan		10900	25900	13,0	31,0	810
Leuna - Treibgas		10950	22600	13,1	26,9	810
Reinmethan			7860		9,5	747
Motorenmethan			9180		10,8	777
Leuchtgas			3480		3,7	742
Generator Gas 37 237	Holz		1256		1,2	571
	Holzkohle		1019		0,89	539
	Steinkohlen-schwelkoks		1146		1,06	556

Bild 5 Gemischheizwerte

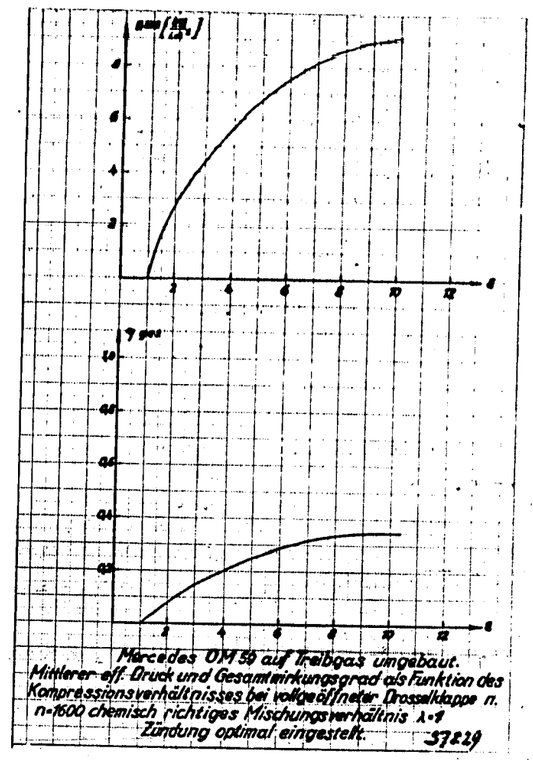


Bild 6 Hochverdichtung

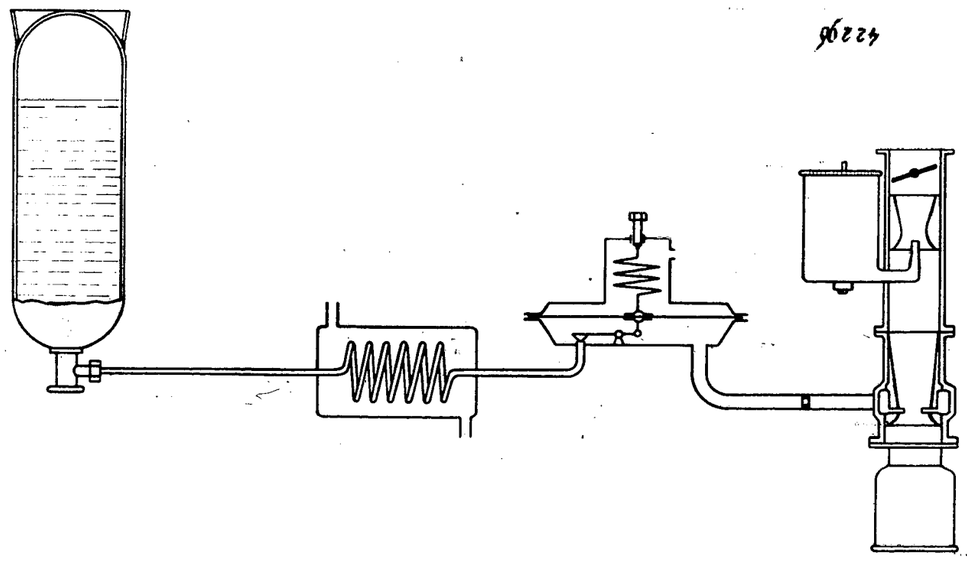


Bild 7 Grundsätzlicher Aufbau der Treibgas-Anlage

dabei neben der Leistungssteigerung bekanntlich einen verringerten Kraftstoffverbrauch. Bild 6 zeigt die Ergebnisse von Versuchen, welche mit Treibgas an einem 4-Zylinder Mercedes-Motor Typ OM 59 , der zum Otto-Motor umgebaut wurde, ausgeführt worden sind.Das Diagramm zeigt, dass die Verdichtung bis auf den Wert 10:1 gesteigert werden konnte, wobei sich ein wirtschaftlicher Wirkungsgrad von 35 % ergab.

Für die Einläufe von Flugmotoren auf dem Prüfstand, bei denen eine Änderung des Kompressionsverhältnisses natürlich nicht in Frage kommt, ist die hohe Klopffestigkeit des Treibgases trotzdem von grosser Bedeutung. Der hochbeanspruchte Flugmotor muss bekanntlich - besonders bei höheren Belastungen - mit einem ziemlich grossen Brennstoff-Überschuss gefahren werden, um die Zylinderkopftemperaturen niedrig zu halten und damit den Motor bei gegebener Überladung unterhalb der Klopfgrenze zu betreiben. Dank der oben erwähnten hohen Oktanzahl des Treibgases gestattet dieser Kraftstoff die Anwendung ärmerer Gemische ohne Gefahr für den Motor. Diese Möglichkeit wirkt sich deutlich im günstigen Sinne auf den Verbrauch aus.

Endlich ergibt sich noch dank der Klopffestigkeit des Treibgases die Möglichkeit, den Motor stärker zu überladen und damit eine höhere Leistung zu gewinnen. Hierdurch eröffnet sich der Ausblick, das Flüssiggas unter Umständen sogar im Flugzeug selbst als Treibstoff für kurzstreckige Geschwindigkeitsrekorde zu verwenden.

Ein anderer stets auftretender Vorteil des Treibgasbetriebes ist das Ausbleiben der Schmierölverdünnung

Hierdurch wird das Öl geschont, und als weitere Folge bleibt die Abnutzung des Motors geringer.

Ein mit Flüssiggas betriebener Motor springt - auch bei Kälte - erheblich leichter an, als ein Benzinmotor, weil bei Treibgas die Gefahr des Ausfallens von flüssigem Brennstoff im kalten Ansaugrohr und die damit verbundene Übermagerung des Gemisches nicht gegeben sind. Mit Rücksicht auf die engen Zündgrenzen des Treibgases ist es zweckmässig, das Startgemisch mit Hilfe einer Startvorrichtung - ähnlich den üblichen Benzin-Startvergasern - hinreichend genau zu dosieren. Eine zu starke Überfettung ist - wie ja auch bei Benzin - zu vermeiden.

Auspuffgase von mit Flüssiggas betriebenen Motoren sind vollständig geruch- und rauchfrei, was besonders bei Kraftwagen im Grosstadtverkehr und auf Prüfständen von Bedeutung ist. Ausserdem findet man in den Abgasen von Flüssiggas-Motoren auch nur selten Kohlenoxyd, weil die bei Benzinbetrieb unvermeidliche vorübergehende Überfettung des Gemisches entfällt. Leuna-Treibgas selbst ist, wie schon erwähnt, vollständig ungiftig.

3.) Flüssiggas im Flugmotor.

a) Vergasermotoren.

Bei gemischansaugenden Flugmotoren empfiehlt es sich, das Treibgas in dampfförmigem Zustand vor dem Benzinvergaser in den Motor einzuführen. Der hierzu notwendigen Aufbereitung des aus dem Lagertank im flüssigen Zustand austretenden Treibgases dient eine Apparatur (Bild 7), die folgende drei Hauptbestandteile aufweist :

eine Vorrichtung zur Verdampfung des flüssigen Treibgases, ein Reduzierventil, den sogen. Druckregler, in dem das Gas vom Flaschendruck auf nahezu Atmosphärendruck entspannt wird, endlich eine Dosierungsvorrichtung, in der das Gas in richtiger Menge der Verbrennungsluft zugesetzt wird.

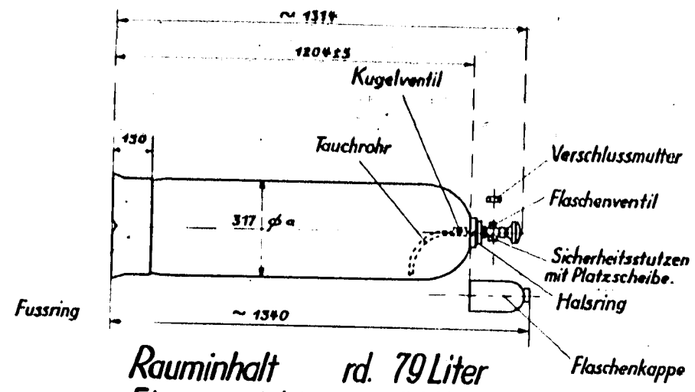
Die Entnahme des Treibgases aus dem Lagerbehälter muss deswegen in flüssigem Zustande erfolgen, um zu verhindern, dass die Verdampfung der gesamten Füllung in dem Behälter selbst stattfindet. Zu jeder Verdampfung gehört nämlich eine Wärmezufuhr in Höhe der Verdampfungswärme des betreffenden Stoffes. Fehlt diese Wärmezufuhr, wie bei dem Treibgastank, so kühlt sich die verdampfende Flüssigkeit ausserordentlich stark ab. Beim Treibgas führt dieses, wie man aus den Dampfspannungskurven (Bild 1) ersieht, zu einer starken Senkung des Behälterdruckes. Das Endergebnis ist dann, dass nichts mehr aus der Flasche austritt.

Die Entnahme in gasförmigem Zustand ist auch noch aus einem anderen Grunde ungünstig. Es würde nämlich in diesem Falle eine fraktionierte Verdampfung des Propan-Butan-Gemisches eintreten, die dazu führen würde, dass dem Motor zunächst stark propanhaltiges Gas, gegen Ende der Füllung dagegen fast reines Butan zugeführt würde. Da der Luftbedarf der beiden Kohlenwasserstoffe verschieden ist, würde sich das Brennstoff-Luft-Gemisch während des Betriebes in seiner Zusammensetzung ändern, was ungünstig wäre.

Die gleichen Überlegungen gelten sinngemäss auch für die Treibgasflaschen (Bild 8), die mit ihrem Inhalt von 33 kg für die Durchführung von Brennstoffverbrauchs-Messungen gut geeignet sind.

001179

Leuna – Treibgas – Flasche



Rauminhalt	rd.	79 Liter
Eigengewicht	~	41 Kg
Füllung	~	33 Kg Treibgas
Prüfdruck		25 atü

37 086

Bild 6. Leuna-Treibgas-Flasche

42 284

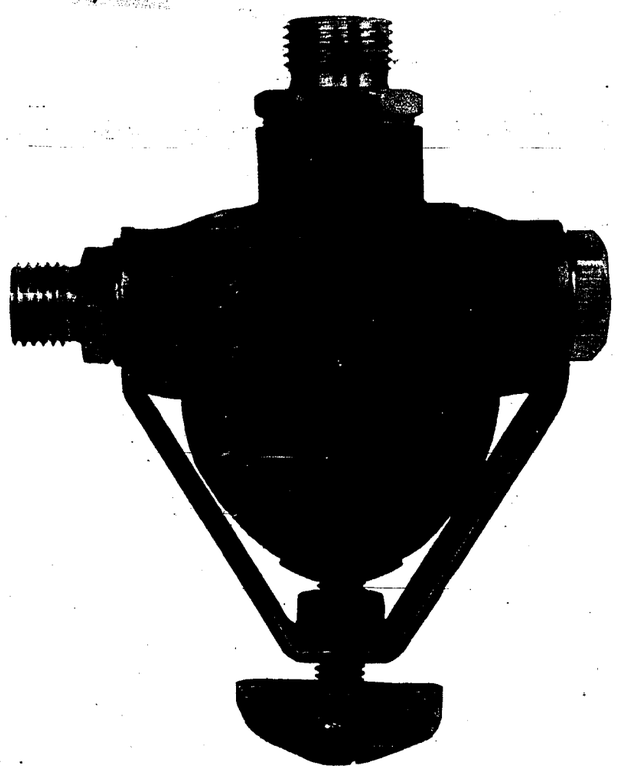


Bild 7. Ventilgas-Ventil

Um die gewünschte Entnahme in flüssigem Zustande zu ermöglichen, sind die Lagerbehälter mit einem Tauchrohr ausgerüstet, das bis zur tiefsten Stelle des Behälters hinunterreicht. Seine Mündung liegt also bis zur völligen Entleerung des Behälters unter dem Flüssigkeitsspiegel. In ähnlicher Weise geschieht die Entnahme des Treibgases aus der Messflasche, nur mit dem Unterschied, dass das Tauchrohr hier mit einem Kugelventil ausgerüstet ist, das die Verwendung der Flasche sowohl in senkrechter als auch in waagrechter Lage gestattet.

Von den Lagertanks geht die Flüssigkeit durch ein Filter (Bild 9) zur Verdampfungsvorrichtung. Sie besteht aus einer vom Flüssiggas durchströmten Rohrschlange, die von heissem Wasser umspült wird. Am zweckmässigsten verwendet man hierzu bei wassergekühlten Motoren einen Zweigstrom des aus dem Motor austretenden Kühlwassers.

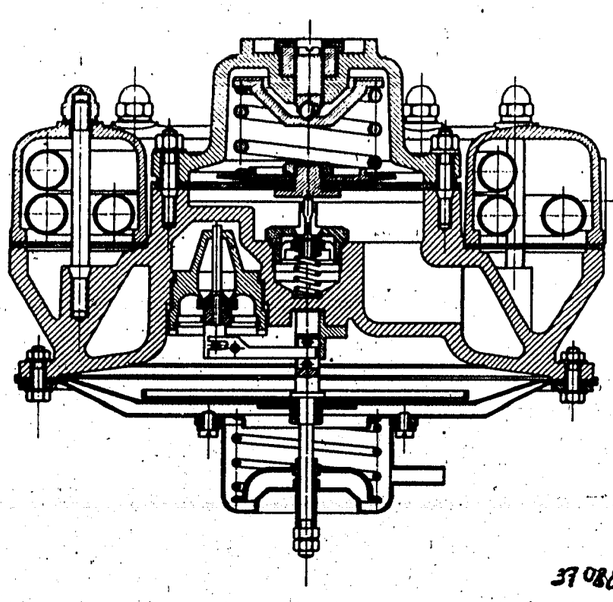
Es wirkt im ersten Augenblick vielleicht befremdend, dass bei Flüssiggas überhaupt eine solche Verdampfungs-Vorrichtung notwendig ist, nachdem das Treibgas ja doch nur durch Anwendung von Druck flüssig gehalten werden kann. Hierbei ist jedoch zu bedenken, dass zur Aufrechterhaltung jeglicher Verdampfung eine dauernde Wäremzufuhr notwendig ist. Fehlt diese, so fängt das betreffende Medium an, sich abzukühlen und die Verdampfung hört auf, sobald die Siedetemperatur unterschritten wird. Im vorliegenden Falle würde sich das so äuswirken, dass dem Motor flüssiges Treibgas zuströmen würde und er bald wegen Überfettung stehen bleiben würde.

Der Verdampfer ist mit dem Druckregler zu einem

Aggregat zusammengebaut. Bild 10 stellt den Schnitt durch einen solchen Regler mit Verdampfer, Typ RT 14 dar, wie er bei Kraftfahrzeugen Verwendung findet. Zur Aufbereitung des Treibgases für Flugmotoren findet ein nach den gleichen Prinzipien gebauter Regler vergrösserter Ausführung Verwendung, der bis zu einer Motorstärke von ca. 500 PS reicht. Für grössere Motoren werden zwei parallel geschaltete, mit einem gemeinsamen Gasabgang versehene Einheiten (Typ RT 17) verwendet (Bild 11 und 12).

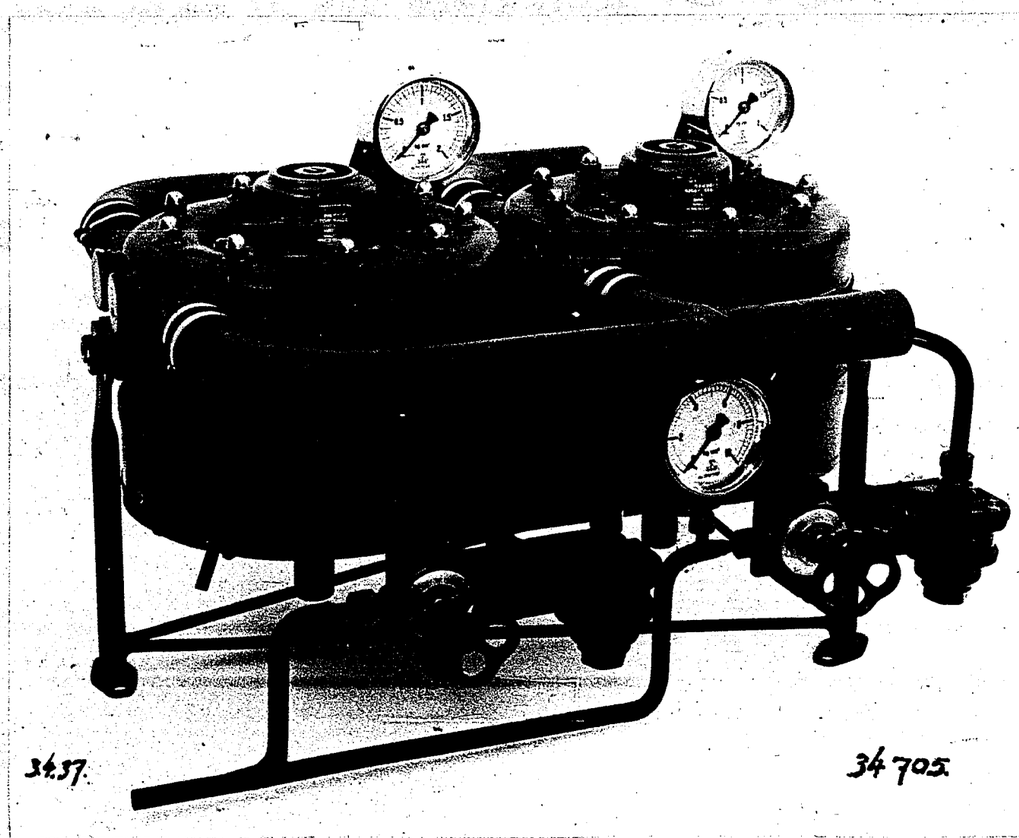
Die Aufgabe des Druckreglers besteht darin, das noch unter Flaschendruck stehende Flüssiggas auf Atmosphärendruck zu entspannen. Seine Wirkungsweise beruht auf dem Prinzip, dass eine Membran ein Drosselventil in der Weise steuert, dass der Regler das Gas bei einem nahezu konstanten Druck abgibt. Die Entspannung des vom Vorwärmer gelieferten Treibgas-Dampfes geschieht in zwei Stufen. Die erste Stufe gibt das Gas bei einem Druck von etwa 1,1 atü ab. Anschliessend durchströmt es noch einen weiteren wasserbeheizten Kanal und wird in der zweiten Reglerstufe auf etwa Atmosphärendruck entspannt.

Der soeben erwähnte Kanal hinter der ersten Entspannungsstufe tritt vor allem beim Anlassen in Tätigkeit. Solange das Motorkühlwasser noch kalt ist, tritt unverdampfte Flüssigkeit in die erste Reglerstufe ein; bei der Entspannung verdampft sie teilweise unter starker Abkühlung unter die Umgebungstemperatur. Dadurch ist die für jeden Wärmeübergang notwendige Temperaturdifferenz geschaffen und die restliche Flüssigkeit verdampft an den Wandungen der zweiten Vorwärmerstufe. Hierdurch wird der Zutritt von



37088

Bild 10 Regler RT 14 (bis 280 PS)



3457 34705

Bild 11 Regler RT 17 (bis 1000 PS)

Flüssigkeit und das damit verbundene ungenaue Arbeiten der zweiten Reglerstufe verhindert.

Man hat es in der Hand, durch Einstellen der Belastungsfeder der Membran, den Druck des aus der zweiten Stufe austretenden Gases genau auf Null oder auch auf mehrere Millimeter Wassersäule Unterdruck einzustellen. Bei dieser Einstellung wirkt der Regler gleichzeitig als Stillstandsabschluss, d.h., er sperrt beim Abstellen des Motors die Gaszufuhr automatisch ab. Die zuerst genannte Methode der Reglereinstellung ist jedoch die bessere. Sie gewährleistet, da der Motor Gas und Luft unter völlig gleichen Bedingungen ansaugt, ein stets gleichbleibendes Mischungsverhältnis und damit völlig loshfreie Übergänge. Dieser Vorteil wird allerdings mit dem Verlust des Selbstabschlusses der Gaszuführung bei stillstehender Maschine erkauft. Man muss also in der Gasleitung vom Regler zum Motor ein Absperrventil vorsehen.

Der nunmehr druckloss und gasförmige Treibstoff wird der Dosierungsvorrichtung zugeführt. Sie besteht im allgemeinen aus einem dem Benzinvergaser vorgeschalteten Lufttrichter mit seitlichen Gaszuführungsschlitzen(Bild 13). Bei manchen Vergasern kann man vorteilhaft besondere Gaseinführungen verwenden, welche für Gas und Benzin den gleichen Lufttrichter benutzen, um eine doppelte Drosselung der Luft im Vorschaltlufttrichter und im Benzinvergaser und damit eine Verringerung des volumetrischen Wirkungsgrades zu vermeiden.

Die Wirkungsweise sämtlicher Ausführungsformen der Dosierungsvorrichtung beruht auf dem gleichen Prinzip

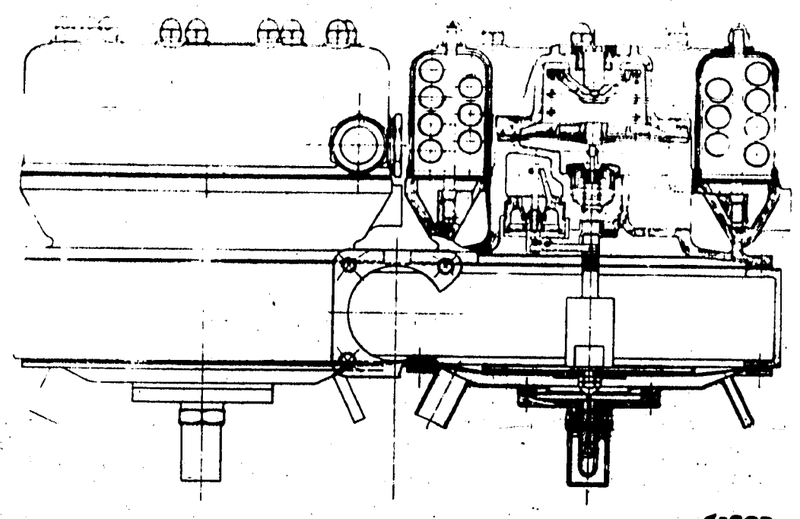


Bild 12. Regler RF 17

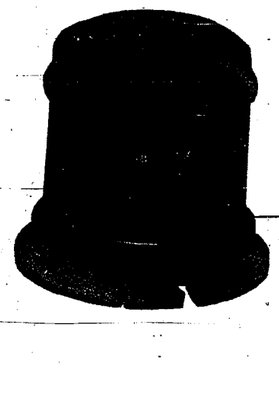


Bild 13. Schlitzlufttrichter

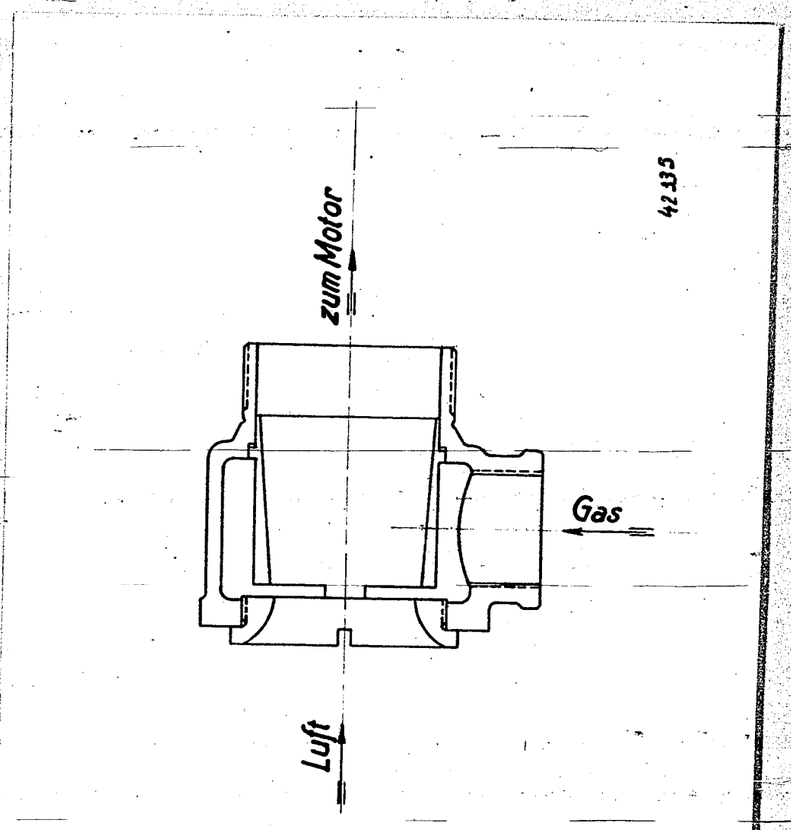


Bild 14. Vorschaltgerät

wie der Benzinvergaser: im engsten Querschnitt des Trichters entsteht durch die Geschwindigkeitszunahme der Luft ein starker Unterdruck, durch den aus dem Ringkanal Gas herausgesaugt und der Luft zugemischt wird (Bild 14). Da es sich hierbei um zwei Medien gleichen Aggregatzustandes, nämlich Luft und Gas, handelt, die den gleichen physikalischen Gesetzen unterliegen, so ergibt sich über den ganzen Regulierbereich der Maschine ein annähernd konstantes Gemischverhältnis. Es erübrigen sich also bei der Dosierungsvorrichtung für Treibgas Korrektureinrichtungen, wie sie jeder Benzinvergaser in Form von Kompensatordüsen, Bremsluftdüsen usw. zur Aufrechterhaltung konstanten Gemischverhältnisses benötigt.

Die Einstellung des richtigen Gas-Luft-Verhältnisses erfolgt entweder durch eine auswechselbare Blende oder aber, wenn eine Veränderung des Mischungsverhältnisses bei laufendem Motor gewünscht wird, durch einen als Verstellblende wirkenden Gas-Schieber.

Die bisher geschilderte Einrichtung eignet sich für den Betrieb von kompressorlosen Motoren oder von solchen Motoren, die ihr Gebläse hinter dem Vergaser angeordnet haben. Sie wurde bei Daimler-Benz in Marienfelde am DB 600 mit abgekuppelter Ladeleitung und bei der Firma Häusler, Baierbrunn bei München am BMW 132a erprobt. (Vergleiche Bild 15).

Für den Betrieb des DB 600 mit Kompressor war eine gewisse Abänderung der Anordnung notwendig, die sich ohne weiteres auf alle Motoren übertragen läßt, deren Gebläse sich vor dem Vergaser befinden. Hier besteht die Aufgabe darin, das Gas in einen Luftstrom einzuführen, in dem bereits Überdruck herrscht.

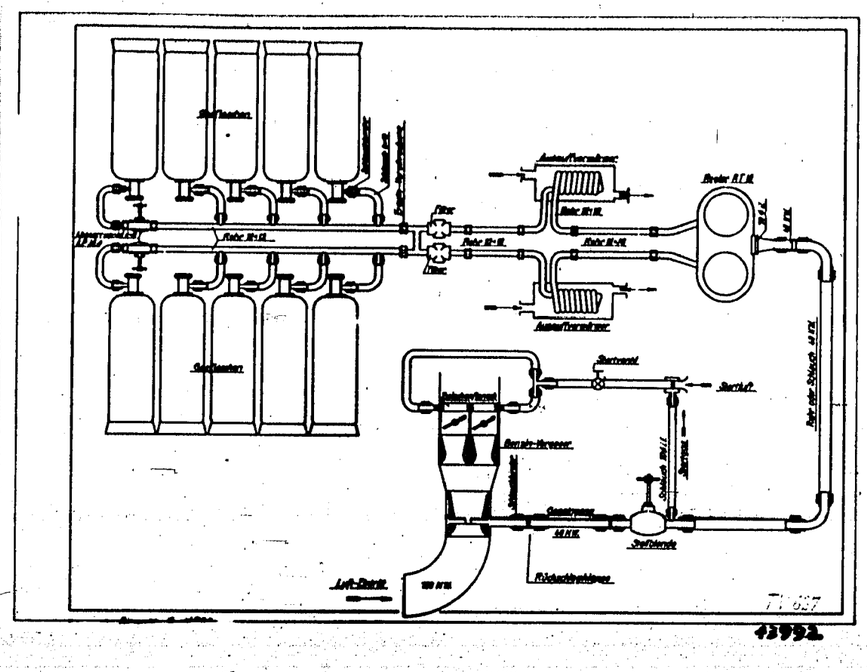


Bild 16. Treibgaszuführung am BMW 132a

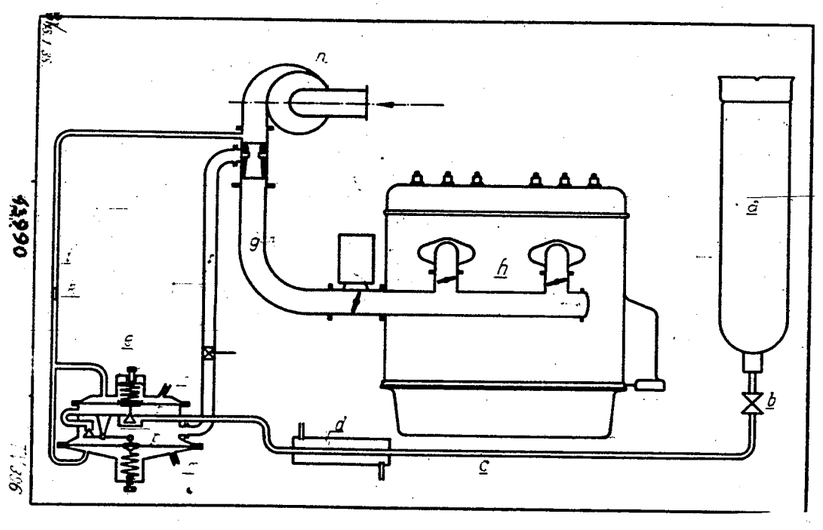


Bild 16. Schema der Gaszuführung hinter dem Leder

Das Einstellen des Druckreglers auf Abgabe von Gas bei Überdruck kann aber nicht durch die einfache Massnahme des Auswechselns einer Feder erreicht werden, denn diese Art der Einstellung auf Überdruck ergibt nur für einen bestimmten Betriebszustand des Motors und des mit ihm gekuppelten Kompressors die gewünschte Gasmenge. Der Regler besitzt jedoch nicht die Fähigkeit, sich den verschiedenen vom Kompressor in der Saugleitung erzeugten Drücken anzupassen. Diese Schwierigkeit wird dadurch gelöst, dass man den Druck, unter dem der Druckregler das Brenngas abgibt, in Abhängigkeit vom Druck des Kompressors steuert. Eine sehr einfache Lösung dieser Steuerung wird dadurch erreicht, dass man hinter dem Kompressor von der Luftzuführungsleitung des Motors eine Verbindungsleitung abzweigt durch die die Aussenseite der Membran des Druckreglers unter Druck gesetzt wird. Dabei kann es mitunter vorteilhaft sein, wenn man in der Verbindungsleitung eine Drosselstelle vorsieht und in dem Gehäuse des Reglers eine Düse anbringt, die die Aussenseite der Membran mit der Aussenluft verbindet. Auf diese Weise wird nur ein Teil des Kompressordruckes auf die Membran gesetzt. Bild 16 gibt einen Überblick über die bei dieser Betriebsweise verwendete Schaltung. Das Verfahren ist gemeinsam von der I.G., der Deutschen Gasolin A.G. und Daimler-Benz zum Patent angemeldet worden.

b) Einspritzmotoren.

Für das Betreiben von Einspritzmotoren mit Treibgas gibt es zwei Möglichkeiten, die nach Vorversuchen in BMW-Einzylindern ebenfalls bei Daimler-Benz am DB 601 er-

001188

probt wurden.

Die erste Arbeitsweise besteht in der Zuführung von zwei Treibstoffen gleichzeitig. Dabei ist 90 bis 95 % der gesamten Kraftstoffmenge Treibgas, das in gasförmigem Zustand der Verbrennungsluft vor dem Motor in der im vorigen Abschnitt beschriebenen Arbeitsweise zugesetzt wird. Die restlichen 5 bis 10 % sind Benzin , das in üblicher Weise durch die Einspritzpumpe in die Zylinder eingespritzt wird. Das Benzin dient lediglich zur Kühlung der Düsen und verhindert so das Verbrennen der Düsen.

Dieses Verfahren , das sich am BE 601 gut bewährt hat , hat aber bei Stern - Motoren den Nachteil , dass man das Treibgas vor dem Kompressor einführen muss , da die Einführung hinter dem Lader in die zu den einzelnen Zylindern führenden Saugrohre zu umfangreiche Montage-Arbeiten erfordern würde. Im Kompressor befindet sich also, im Gegensatz zum normalen Benzinbetrieb , zündfähiges Gemisch , das bei Rückschlägen verpuffen und das Gebläse zerstören könnte.

Etwas umständlich wirkt sich bei dieser Arbeitsweise auch noch aus, dass die Regelstange der Einspritzpumpe auf kleinstmögliche Förderung eingestellt werden muss und die sich ergebenden Mengen in Kauf genommen werden müssen.

Aus diesen Gründen wurde auf besondere Veranlassung vom RLM. (LC) noch ein zweites Verfahren entwickelt

das gestattet, Einspritzmotoren ausschliesslich mit Flüssiggas zu betreiben und dabei das Treibgas in flüssiger Form durch die Einspritzpumpe in die Zylinder einzuspritzen. Das Problem bei dieser Arbeitsweise besteht darin, eine Verdampfung des bekanntlich sehr leicht flüchtigen Treibgases in den für Benzinbetrieb berechneten Brennstoff-Zuführungsorganen (Zuleitungen, Einspritzpumpe, Düsenleitungen, Düsen) zu verhindern. Die Dampfblasenbildung, die ein sofortiges Aussetzen des betreffenden Zylinders zur Folge hat, wird dadurch vermieden, dass man das flüssige Treibgas dem Motor unter einem Druck zuführt, der höher liegt als der Sättigungsdruck des Flüssiggases bei der im Eingang der Einspritzpumpe herrschenden Temperatur. Bei Versuchsmotor EMW-Einzylinder hat sich gezeigt, dass diese Druckdifferenz mindestens 2,5 bis 3 at betragen muss, um einen sicheren Lauf der Maschine zu gewährleisten. Beim Vollmotor mit seiner grösseren Wärmeeinstrahlung zur Pumpe wird man zweckmässigerweise diese Spanne noch ein wenig erhöhen.

Verwirklicht wird das soeben geschilderte Verfahren, indem man das flüssige Treibgas vor Eintritt in die Einspritzpumpe unter die Temperatur des Lagerbehälters kühlt, die ja den Druck, unter dem das ganze Leitungssystem, bestimmt. Eine andere Möglichkeit besteht darin, dass man die Temperatur unverändert lässt und mittels einer der Einspritzpumpe vorgeschalteten Flüssigkeitspumpe den Druck des Flüssiggases entsprechend erhöht. Endlich kann man noch die beiden Massnahmen kombinieren.

das gestattet, Einspritzmotoren ausschliesslich mit Flüssiggas zu betreiben und dabei das Treibgas in flüssiger Form durch die Einspritzpumpe in die Zylinder einzuspritzen. Das Problem bei dieser Arbeitsweise besteht darin, eine Verdampfung des bekanntlich sehr leicht flüchtigen Treibgases in den für Benzinbetrieb berechneten Brennstoff-Zuführungsorganen (Zuleitungen, Einspritzpumpe, Düsenleitungen, Düsen) zu verhindern. Die Dampfblasenbildung, die ein sofortiges Aussetzen des betreffenden Zylinders zur Folge hat, wird dadurch vermieden, dass man das flüssige Treibgas dem Motor unter einem Druck zuführt, der höher liegt als der Sättigungsdruck des Flüssiggases bei der im Eingang der Einspritzpumpe herrschenden Temperatur. Bei Versuchsmm BMW-Einzylinder hat sich gezeigt, dass diese Druckdifferenz mindestens 2,5 bis 3 at betragen muss, um einen sicheren Lauf der Maschine zu gewährleisten. Beim Vollmotor mit seiner grösseren Wärmeeinstrahlung zur Pumpe wird man zweckmässigerweise diese Spanne noch ein wenig erhöhen.

Verwirklicht wird das soeben geschilderte Verfahren, indem man das flüssige Treibgas vor Eintritt in die Einspritzpumpe unter die Temperatur des Lagerbehälters kühlt, die ja den Druck, unter dem das ganze Leitungssystem steht, bestimmt. Eine andere Möglichkeit besteht darin, dass man die Temperatur unverändert lässt und mittels einer der Einspritzpumpe vorgeschalteten Flüssigkeitspumpe den Druck des Flüssiggases entsprechend erhöht. Endlich kann man noch die beiden Massnahmen kombinieren.

Auch bei diesem Verfahren muss die Regelstange der Einspritzpumpe gelöst und den Verhältnissen entsprechend eingestellt werden, da bei Treibgasbetrieb die eingespritzte Flüssigkeitsmenge volumenmässig grösser sein muss als bei Benzinbetrieb. Benzin hat nämlich einen Luftbedarf von 12,3 m^3/kg und ein spezifisches Gewicht von 0,73 kg/ltr, Treibgas dagegen einen Luftbedarf von 13,1 m^3/kg und ein spezifisches Gewicht von 0,54 im flüssigen Zustand. Zur Erzeugung des stöchiometrischen Gemisches ist also bei Verwendung von Treibgas ein um 28 % grösseres Volumen notwendig als bei Benzin. Die Einspritzpumpe muss also jeweils auf eine entsprechend grössere Fördermenge eingestellt werden. Der genaue Betrag des Mehrvolumens hängt natürlich auch noch von den Temperaturen innerhalb der Einspritzpumpe ab, die nicht genau bekannt sind.

In der Folge wird ein Verfahren beschrieben, bei dem diese Schwierigkeit behoben wird, und das auch allein angewandt wurde. Das Verfahren (Vergl.Bild 17) besteht grundsätzlich darin, dass man den der Maschine zugeführten Kraftstoffstrom unterteilt und nur soviel im flüssigen Zustande durch die Einspritzpumpe zuführt, wie diese ohne Verstellung zu fördern vermag (Das sind also rd. 70 v.H.). Der fehlende Rest von 30 v.H. wird über einen Druckregler und einen Verdampfer in druckLosen und gasförmigen Zustand gebracht und gemeinsam mit der Ansaugluft vor dem Ladegebläse mittels eines grossen Lufttrichters angesaugt.Die zur Verdampfung des gasförmig zuzuführenden Kraftstoffteiles erforderliche Wärme wird der einzuspritzenden Flüssigkeitsmenge entzogen, wodurch diese

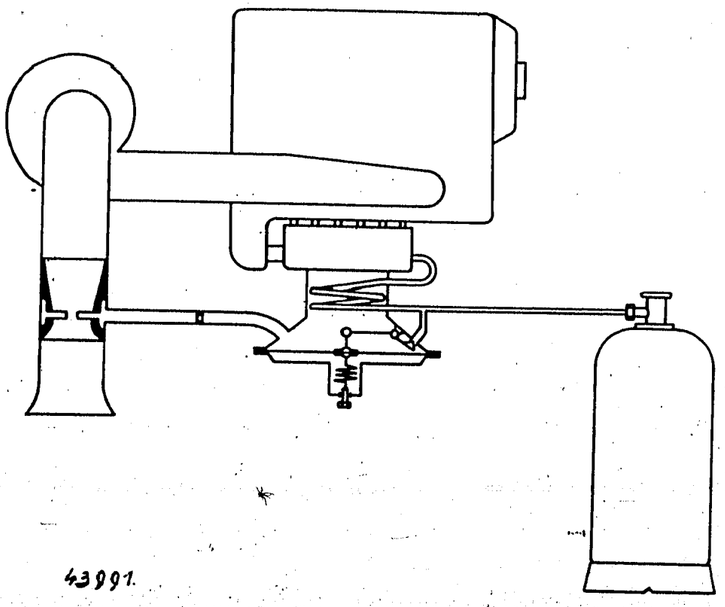


Bild 17. Grundsätzliches Schema der Kalt-Einspritzung

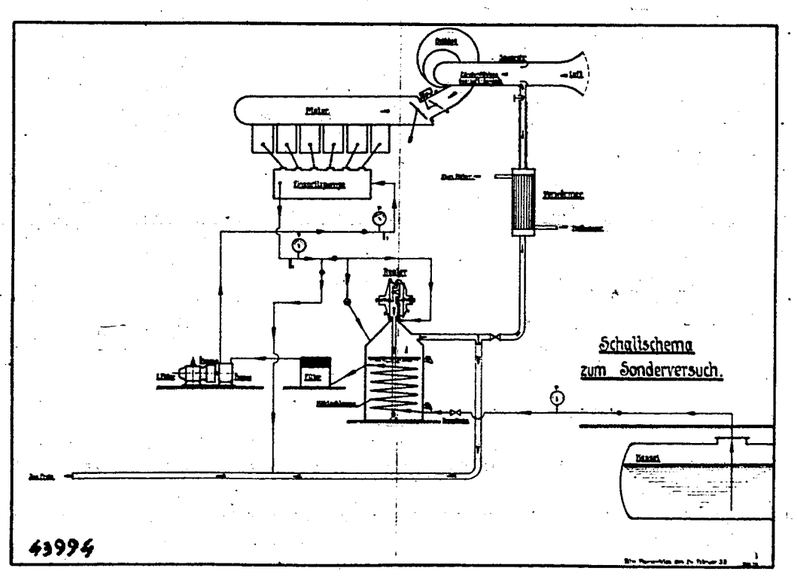


Bild 18. Leitungsplan der Kalt-Einspritzung

tief heruntergekühlt wird. Im Leder befindet sich ein brennstoffarmes Gas-Luft-Gemisch, das nicht zündfähig ist und daher bei Rückschlägen keinen Schaden anrichten kann.

Bei der praktischen Anwendung des Verfahrens trennt man die beiden Kraftstoffzweige zweckmässigerweise erst in der Einspritzpumpe. Man erreicht so, wie auch bei Benzin üblich, ein Durchspülen der Einspritzpumpe, und eben diese Spülmenge, die bereits etwaige Dampfblasen enthält, ist es, die man dem Druckregler zwecks Entspannung zuführt. Die technischen Einzelheiten haben im Anfange eine Reihe von Schwierigkeiten bereitet, deren Überwindung im folgenden beschrieben wird am Beispiel des DB 601.

Die Schaltung der einzelnen Geräte und zwar in der endgiltigen Anordnung geht aus Bild 18 hervor.

Zwischen Lagerkessel unter der Erde und Kühltopf an der Apparatur im Bremsstand wurde eine Brennstoffpumpe eingeschaltet, die von einem Elektromotor mit konstanter Drehzahl angetrieben wurde. Die Einspritzpumpe war normal geschaltet, die Flüssiggasleitung ging über den Entlüfter der Einspritzpumpe. Die Brennstoff-Förderpumpe des DB 601 (Graetzinpumpe) lief nass mit, das von dieser geförderte Benzin wurde mit Sonderleitung in die Benzintanks zurückgeführt.

Der Motor DB 601 konnte mit Flüssiggas zum Anlauf gebracht werden. Es war aber nicht möglich, den Lauf zu halten, nach kurzer Zeit setzten einzelne Zylinder aus. Es wurde vermutet, dass die Brennstoffpumpe das Flüssiggas lediglich erwärmte und zur Bildung von Dampfblasen führte, die von der Einspritzpumpe nicht verarbeitet werden konnten.

Es erfolgten Versuche bei ausgebauter bezw. umgangener Brennstoffpumpe, aber immer noch war ein Lauf über einige Zeitdauer nicht zu erzielen. Es wurde der Entlüfter an der Einspritzpumpe ausgebaut, an dieser bei einem Gasdruck von 3,6 atü nicht dicht hielt und auch zu grosse Möglichkeiten zur Gasblasenbildung durch seine Oberflächenerwärmung bot.

Nach längeren Versuchen mit den Rückschlagventilen am Einspritzpumpen-Rücklauf, die zur Vereisung neigten, war es möglich, den Motor aus dem kalten Zustand hochzufahren bis auf Vollgas. Es musste natürlich eine Abstimmung der Gasmenge, die im verdampften Zustand über das Gebläse zugeführt wird, vorgenommen werden. Der Kühltopf hielt nicht sein Niveau und es trat der Fall abnehmender Kühlung des der Einspritzpumpe zugeführten Flüssiggases ein.

Nach erfolgter Abstimmung der Gasanteile, die einerseits zu ca. 3/4 durch die Einspritzpumpe und ca. 1/4 andererseits durch das Gebläse zugeführt werden, war es möglich, den Motor aus kaltem Zustand auf Vollgas hochzufahren und zu halten.

Einwandfreier Vollgaslauf wurde erreicht und am 25. 11. 1938 konnte der Motor den Herren Dipl.Ing. Nücklich und Dipl.Ing. Mann von R.L.M. , LC 8 , vorgeführt werden.

Der noch vorgefundene Mangel im Lauf zeigte sich folgendermassen:

Wenn nach einwandfreiem Vollgaslauf gedrosselt wurde und der heisse Motor länger als 1 Minute im Leerlauf betrieben wurde, setzten die Zylinder 7 und 8 nacheinander aus, was jedoch wieder beseitigt werden konnte beim Hochfahren auf Vollgas. Die Ursache des Aussetzens war auf Gasblasenbildung in der Einspritzpumpe zurückzuführen, hervorgerufen durch Erwärmung des Flüssiggases auf seinem Weg durch die Pumpe (die Zuführung des Flüssiggases erfolgte am normalen Einspritzpumpen-Anschluss hinten) .

In Fortsetzung der Versuche zum Abstellen der vorgenannten Erscheinung wurden andere Wege des Flüssiggases in der Einspritzpumpe vorgenommen. Die Zufuhr erfolgte von vorne am Rücklaufanschluss und der Austritt am Zulaufanschluss. Jetzt zeigte sich das Aussetzen an Zylinder 12 und 11, wieder Gasblasenbildung in der Pumpe durch Aufheizung.

Mit [redacted] der Fa. Bosch wurde vereinbart, eine Versuchspumpe zu stellen, die seitlich im Brennstoffkanal zwischen den Zylinderanschlüssen 3 und 4 [redacted] eine Rücklaufbohrung aufweist.

Entsprechende Versuche bestätigten die Richtigkeit der Vermutung. Der heisse Motor konnte bei der Schaltung der Einspritzpumpe. Zufluss hinten und vorne, Rücklauf in der Mitte, ca. 5 Minuten im Leerlauf betrieben werden, bis die ersten Aussetzer auftraten. Jetzt fielen die Zylinder 3 und 4 durch Gasblasenbildung aus. Die Temperaturverteilung in der Pumpe war besser geworden, aber noch nicht befriedigend. Alle erprobten Schaltmöglichkeiten

zeigten die für verschiedene Zylinder voraussagbaren Aussetzer nach ca. 5 Minuten.

Nach Einsetzen kalter Witterung fiel der Treibgasdruck[x]) auf ca.3 atü, die Aufheizung des Flüssiggases in der Einspritzpumpe blieb die gleiche wie früher und die Laufeigenschaften des Motors wurden schlechter auch bei Vollgas. Es musste deshalb zur Druckerhöhung des Flüssiggases mittels Pumpe geschritten werden, um nach der Dampfdruckkurve des Gases in einen Druck- und Temperaturbereich zu kommen, wo mit Sicherheit das Gas flüssig bleibt.

Die bereits oben erwähnte Pumpe wurde wieder eingeschaltet zwischen Kessel und Kühltopf, aber nach kurzer Betriebszeit der elektrisch angetriebenen Pumpe bei der Druckerhöhung des Gases und Leerlauf des Flugmotors ging die Pumpe zu Bruch.

Es wurde eine Graetzinpumpe eingebaut bei Druckreglerkolbenbelastung mit dem Druck des ankommenden Flüssiggases. Auch dieser Versuch führte zu keinem befriedigendem Resultat. Der Motor lief jetzt im Leerlauf, kam aber nicht über 2100 Umdr. . Es schien die Drehzahl des Elektro-Motors n = 1400 zu niedrig, um die bei Vollgas benötigte Fördermenge zu schaffen.

Ein weiterer Versuch der Benützung der Graetzin-Pumpe, angebaut am Flugmotor und damit Abstimmung der Drehzahl der Pumpe entsprechend der benötigten Fördermenge, führte zu einem gewissen Erfolg. Der Motor war hochzufahren, aber die Wärmestrahlung des heissen Motors führte in der Graetzin-Pumpe zu Gasblasenbildung und dann zum Fressen der Pumpe.

x) des Lagerkessels unter der Erde

Es wurde wieder eine Graetzin-Pumpe in der alten Schaltung zwischen Kessel und Kühltopf eingebaut und eine stärkere Feder für den Druckreglerkolben verwendet. Mit hohen Drücken, 7 bis 8 atü bei -10°C Gaseintritt in der Einspritzpumpe lief der Motor gut, aber das Gas zeigte starke Druckschwankungen. Nach ca.1 Stunde Betrieb kam auch diese Pumpe zum Fressen trotz eines Schmierstoffdrukkes von 9 atü in der Sonderschmieranlage der Pumpe.

Die Ursache des Pumpenfressens konnte nur Gas - blasenbildung in der Saugleitung der Pumpe sein.

Es war dafür zu sorgen, dass der Pumpe nur Flüssiggas zugeführt wird. Dies konnte auf zwei Wegen erreicht werden. Entweder Hochlagerung des Treibgasbehälters oder Tiefkühlung des Gases, das der Pumpe zugeführt wird. Die Hochlagerung der Behälter ist mit grossen Schwierigkeiten verknüpft und es wurde deswegen der Versuch gemacht, die Pumpe zwischen Kühltopf und Einspritzpumpe einzuschalten.

Dieser Versuch führte zu einem vollen Erfolg. Die verwendete Graetzin-Pumpe erhielt eine normale Feder, x) und es wurde eine Drucksteigerung von 3 atü Kesseldruck auf 5 atü Gasdruck hinter der Pumpe eingestellt. Der Motor war einwandfrei zu fahren von Leerlauf bis Vollgas, es zeigten sich keine Aussetzer mehr. Die Eintrittstemperatur des Gases in die Einspritzpumpe betrug -10°C, die Austrittstemperatur +1°C. Der Motor war unbeschränkt lange in allen Belastungsstufen zu fahren.

Das erwähnte Bild 17 zeigt diese endgiltige Anordnung.

x) (bei rückwärtiger Druckreglerkolbenbelastung mit dem Druck des ankommenden Flüssiggases)

Das Flüssiggas kommt von dem Lagerbehälter unter der Erde über den Brandhahn durch die Schlange im Kühltopf über das Filter zur Graetzin-Pumpe. Von dort wird bei normalem Betrieb das Gas der Einspritzpumpe hinten zugeführt, der nicht verbrauchte Teil gelangt über den Regler auf dem Kühltopf in diesen und füllt ihn bis zu einer bestimmten Höhe. Im Kühltopf findet eine Verdampfung des entspannten Gases statt, dieses gelangt über einen Vorwärmer in einen Gaslufttrichter im Gebläse-Ansaugrohr zum Motor. Die übrigen im Schaltschema gezeichneten Leitungen mit Bedienungsventilen dienen dazu, vor dem Anfahren des Motors den Kühltopf zu füllen und durch Entspannung einer gewissen in die Einspritzpumpe eingeschlossenen Treibgasmenge die Einspritzpumpe für den Start zu kühlen. Ein von der Gasleitung zum Gebläse mit einem empfindlichen Rückschlagventil, einem Gasmaskenventil versehener Abzweig führt ins Freie, um bei unvorhergesehenen Drucksteigerungen im Kühltopf einen Teil des Gases entweichen zu lassen.

Damit können die Versuche, soweit sie die Einführung in den Motor betreffen, im wesentlichen als abgeschlossen gelten. Die von R.M. weiter gestellte Aufgabe, die Entwicklung einer einfachen Verbrauchsmessung, konnte noch nicht durchgeführt werden, da die von der Firma Bopp & Reuther anzufertigenden Ovalradzähler mit Umlaufzeiger erst jetzt fertig werden.

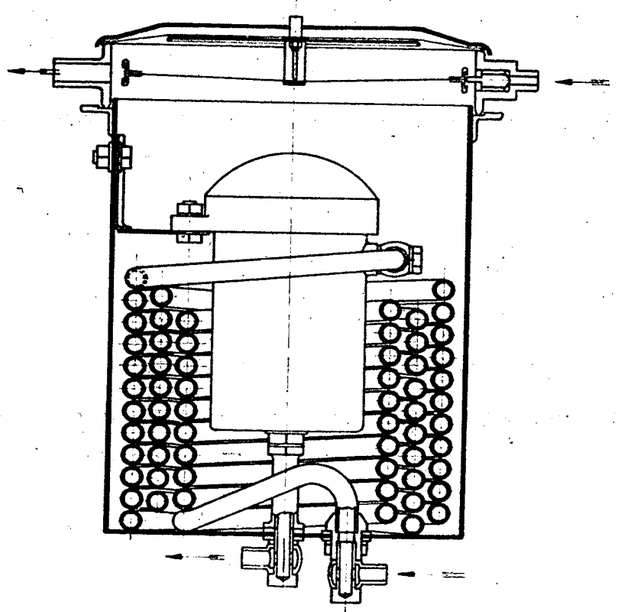
Für die Druckregelung und Kühlung ist in Leuna ein Sondergerät entwickelt worden, bei dem ein Treibgas-Regler neuester Bauart als oberer Abschlussdeckel eines Kühltopfes (Vergl.Bild 18-22) liegt. Der Topf enthält in seinem Innern eine Schlange. Um die wärmeaufnehmenden Oberflächen zu beschränken, wurde das Treibgasfilter in den

001198



Fig. 75.
5.39.

43995



44004

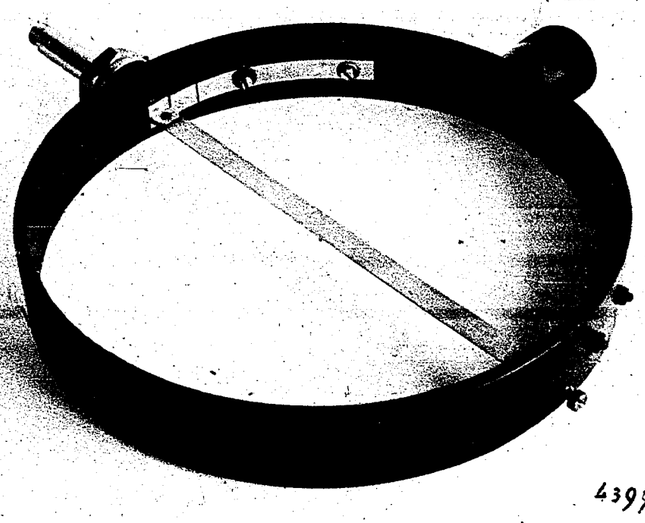
Bild 21 Kältregler
(Schlange mit Filter)



Mr. 75.
6.5.39.

43999

Bild 22. Kältregler
(Regler-System)



43996

sonst ungenutzten Innenraum der Schlange verlegt, wodurch es einfacher wird, die Apparatur kältedicht zu isolieren.

Als letztes bleibt noch die Aufgabe, eine einfache und betriebssichere Förderpumpe zu entwickeln, die das Treibgas auf einen über dem Behälterdruck liegenden Druckwert bringt. Es kann zweckmässig in der Treibgas-Lagerung so verfahren werden, dass die Behälter unter der Erde mit einem Stutzen am tiefsten Punkte versehen sind, wo unmittelbar aus der Flüssigkeitszone die Entnahme des Gases mittels Pumpe oder Injektor erfolgt. Auf diese Weise wird bereits die Leitung zu den Verbrauchsstellen unter einen zusätzlichen Überdruck gesetzt, der überall Gasblasenbildung verhindert. Die Fa. Pintsch verfügt über geeignete Pumpen und Injektoren.

Neuerdings verfügt die Fa. Pintsch auch über ein Verfahren, das gestattet ohne einen Stutzen am tiefsten Punkt des Kessels auszukommen. Die Apparatur kann überirdisch angebracht werden und die Entnahme erfolgt über das Steigrohr, das im Deckel des Kesseldomes angebracht ist.

4.) Verbräuche und Leistungen.

Im Folgenden werden eine Reihe von Zahlenangaben über mit Treibgas durchgeführte Versuche in verschiedenen Werken mitgeteilt. Es muss betont werden, dass diese Versuche nicht als Ergebnis einer abgeschlossenen baulichen Entwicklung zu werten sind, dass es sich vielmehr in jedem einzelnen Falle um eine Erstausführung des Treibgas-Betriebes handelte, die in Bezug auf Leistung und Verbrauch überprüft wurde.

a) DB 600 - Vollmotor.

Im Mai 1936 wurden im Werk Marienfelde der Daimler-Benz A.G. die ersten Versuche durchgeführt, einen Motor DB 600 mit Treibgas zu betreiben. Es waren dies die ersten Treibgas-Versuche in Flugmotoren, die wir überhaupt durchführten und sie dienten in erster Linie zur Klärung der Fragen, die sich ergaben betreffend Möglichkeiten der Gaszufuhr zum Motor, Möglichkeiten der Regelung, der erzielbaren Höchstleistungen und der Verbräuche. Erst in zweiter Hinsicht interessierte die Frage der Ausgestaltung der Apparatur, der Anwendbarkeit auch für das Überladegebiet u.a. . Grösster Wert wurde auf die Beobachtung des Einflusses gelegt, den Treibgas etwa auf den Zustand der Motorteile haben könnte.

Der Motor wurde als reiner Saugmotor gefahren, dessen Vergaser die Luft aus dem freien Raum holt. Das Gebläse lief mit und war durch eine Blindscheibe mit kalibrierter Bohrung auf ungefähr den Leistungsbedarf reguliert, den es im normalen Betriebe hat.

Zum Verdampfen und Entspannen des Treibgases dienten vier normale Kraftwagen-Treibgasregler RT 14, die parallel geschaltet waren. Ein Teil des Motorkühlwassers wurde durch ihre Verdampferräume geleitet. Das entspannte Gas wurde durch vier Schlitzlufttrichter der Ansaugluft zugeführt. Diese vier Trichter stellten die vier Luft-Eingänge des "Vergaserrohres" dar. Der übliche Lufteingang vom Lader her war abgeblindet. Leerlaufgas wurde an den Drosselklappen zugegeben

Nach Beendigung der Einregulierung wurde ein Dauerlauf mit halbstündlich stufenweise gesteigerter Drehzahl (Belastung durch festen Propeller) über 8 1/2 Stunden durchgeführt. Der Zeitplan der Stufung erfolgte in gleicher Weise, wie sonst zur damaligen Zeit bei Benzin-Einläufen üblich.

Am Ende der Versuche wurden sämtliche Gasreste in den Flaschen durch Wägung festgestellt und ein Gesamtverbrauch von 448,8 kg Treibgas für den ganzen Lauf ermittelt. (Diese Menge entspricht heizwertmässig einem Betrag von 638 Ltr.Fli-Bi.) Nach Angaben der Herren von D.B. wurden für einen derartigen Lauf normalerweise 900 bis 1 100 Liter Bi. verbraucht.

Die erzielte Leistung, bezogen auf gleichen Ansaugrohr-Unterdruck, entsprach etwa der Benzinleistung.

Sämtliche Motorteile , insbesondere die Kolben, Kolbenringe, Zylinderlaufflächen und Ventile wurden nach dem Lauf eingehend besichtigt und befanden sich in ausgezeichnetem Zustande.

Mit den in der Folgezeit entwickelten Gas-Einführungsanordnungen sind später noch eine grössere Zahl von Versuchen durchgeführt worden. Sie erstreckten sich insbesondere auf Gaseinführung im Saugbetrieb durch einen zentralen Lufttrichter, auf Gaseinführung vor dem Lader - Gebläse, auf Gaseinführung unter Druck und auf Versuche mit Einspritzbetrieb. Alle diese Versuche haben das anfänglich gewonnene Bild von Leistung und Verbrauch nicht mehr verändert.