

DE ANALYSE DER UITLAATGASSEN
VOOR DE BEPALING VAN HET LUCHT-
VERBRUIK VAN EEN AUTOMOBIELMOTOR

PROEFSCHRIFT

TER VERKRIJGING VAN DEN GRAAD VAN
DOCTOR IN DE TECHNISCHE WETENSCHAP
AAN DE TECHNISCHE HOOGESCHOOL TE
DELF~~T~~, OP GEZAG VAN DEN RECTOR-
MAGNIFICUS C. FELDMANN, HOOGLEERAAR
IN DE AFDEELING DER ELECTROTECHNIEK,
VOOR EEN COMMISSIE UIT DEN SENAAT
TE VERDEDIGEN OP DINSDAG 23 JUNI 1925,
DES NAMIDDAGS TE DRIE UUR, DOOR

JEREMIAS VAN DORP
WERKTUIGKUNDIG INGENIEUR
GEBOREN TE ARNHEM



Aan mijne Ouders.

Gaarne maak ik van deze gelegenheid gebruik om U, Hooggeleerde MEYER, Hooggeachte Promotor, mijn oprechten dank te betuigen voor de hulp, die Gij mij op zoo welwillende wijze verleend hebt bij de samenstelling van dit proefschrift toen ik het voorrecht had als assistent onder Uwe leiding te mogen werken.

Hooggeleerde DIJXHOORN, U ben ik ten zeerste dankbaar voor de hulpvaardigheid die Gij mij hebt bewezen. De tijd dat ik als assistent bij U werkzaam was zal mij steeds een aangename herinnering zijn.

Den Heer Ir. B. H. NIJENHUIS ben ik zeer verplicht voor de medewerking die hij mij als bedrijfsingenieur heeft verleend bij de uitvoering van mijn onderzoek.

INLEIDING.

De samenstelling van het mengsel brandstof-lucht is van groot belang voor de zuinigheid en de goede werking van een automobielmotor. Het toestel dat voor de vorming van dit mengsel dient, de carburator, is daarom een der belangrijkste onderdeelen en het is noodzakelijk het gedrag hiervan te kennen voor alle omstandigheden die zich tijdens het bedrijf kunnen voordoen. Bovendien moet de werking voortdurend gecontroleerd kunnen worden.

Voor de berekening van de mengverhouding kan men het verbruik aan brandstof en lucht afzonderlijk vaststellen, doch terwijl de meting van het eerste geen bezwaar oplevert, is de directe bepaling van het luchtverbruik aan een auto-mobiel moeilijk uitvoerbaar en in den regel slechts bij een daartoe ingerichte proefopstelling te verrichten.

Het is evenwel mogelijk de verhouding lucht-brandstof in het mengsel te bepalen op grond van het gehalte aan koolzuur en zuurstof in de uitlaatgassen, welke gegevens zeer eenvoudig te verkrijgen zijn. Deze werkwijze, waarbij met veel succes van grafische voorstellingen gebruik kan worden gemaakt, heeft veel aantrekkelijks, doch er doen zich eenige omstandigheden voor die de nauwkeurigheid der uitkomst in gevaar kunnen brengen.

Het hier te behandelen onderzoek had ten doel de nauwkeurigheid van deze indirecte wijze van luchtmeting vast te stellen. Aan de daarvoor ontworpen proefopstelling konden de gewenschte gegevens omtrent den bedrijfstoestand van een motor worden verzameld, terwijl daarbij een afzonder-

lijke inrichting werd aangebracht om door directe meting het luchtverbruik zeer nauwkeurig te kunnen vaststellen.

Het resultaat van de berekening op grond van de gasanalyse werd aan de uitkomst van deze meting getoetst.

De opstelling maakte het tevens mogelijk, na beëindiging van dit onderzoek, aan te toonen op welke eenvoudige wijze door toepassing van de analyse der uitlaatgassen gegevens omtrent de werking van een carburator kunnen worden verzameld.

HOOFDSTUK I.

HET DIAGRAM DER UITLAATGASSEN.

Het is voor de zuinige werking van een verbrandingsmotor een eerste eisch, dat we de energie, die in de brandstof is opgehoopt, zooveel mogelijk benutten. Om daaraan te kunnen voldoen, moeten we o. m. in staat zijn de verbranding te beoordeelen.

De voor automobielmotoren gebezigde benzine bestaat uit een aantal verschillende koolwaterstoffen en gaat dus bij volledige verbranding over in koolzuur en waterdamp. Wanneer om eenige reden deze omzetting niet geheel kan plaats vinden, komt dat allereerst hierin tot uiting, dat een grooter of kleiner gedeelte der koolstof slechts overgaat in koolmonoxyde.

De kennis van het gehalte hieraan in de uitlaatgassen moet danook ter beoordeeling van het verbrandingsproces reeds onmiddellijk als noodzakelijk worden beschouwd.

De oorzaken, die tot een onvolledige verbranding aanleiding kunnen geven, zijn naar hun aard in twee groepen te verdeelen.

In de eerste plaats een tekort aan lucht. Het ligt voor de hand, dat het mengsel brandstof-lucht, dat de carburator geeft, voldoende zuurstof moet bevatten om de benzine volledig te kunnen verbranden. Zelfs is daartoe een overschot aan lucht gewenscht, zooals in hoofdstuk VI bij de beschouwing omtrent aard en samenstelling van het mengsel nader ter sprake komt.

Zal een tekort aan lucht dus zeker tot vorming van CO aanleiding geven, een overschot daaraan waarborgt nog geenszins een volledige verbranding.

De tweede groep van oorzaken toch, die onvolledige verbranding als gevolg kunnen hebben, omvat de van de luchthoeveelheid onafhankelijke omstandigheden als minder goede verstuiving van de benzine, slechte ontsteking, on-dichtheden e. d.

Hieruit volgt, dat we ter beoordeeling van het verbrandingsproces behalve het CO gehalte der uitlaatgassen eveneens de samenstelling van het door den carburator geleverde mengsel dienen te kennen. Immers eerst dan zal het mogelijk zijn om uit te maken, welken weg we zoo noodig moeten inslaan om tot een betere verbranding en daarmee gepaard gaande daling van het brandstofverbruik te geraken.

Het CO gehalte der uitlaatgassen en de verhouding lucht : brandstof in het mengsel zijn beide door directe meting te bepalen. We stuiten dan echter op moeilijkheden; de directe bepaling van CO door absorptie is omslachtig en laat vooral waar het om kleine hoeveelheden gaat aan nauwkeurigheid te wenschen. Weliswaar zal de brandstofmeting geen bezwaar opleveren, doch een directe meting van het luchtverbruik is in het algemeen slechts bij een daartoe speciaal ingerichte laboratoriumopstelling uitvoerbaar.

Mits we echter met de chemische samenstelling van de brandstof bekend zijn, is het mogelijk, zowel omtrent de vorming van CO als over de mengverhouding, langs indirecten weg volkomen uitsluitel te verkrijgen na de onder alle omstandigheden eenvoudig uitvoerbare bepaling van het koolzuur- en het zuurstofgehalte der uitlaatgassen.

Daartoe zullen we in navolging van WA. OSTWALD nog invoeren het begrip luchtfactor η , waaronder we verstaan

$$\eta = \frac{\text{theoretisch benoodigde hoeveelheid lucht}}{\text{werkelijk verbruikte hoeveelheid lucht}}$$

een grootheid, die tegenover het rekenen met luchtoverschot in % het voordeel heeft van het vermijden van een kwadratische schaalverdeling in het hierna te behandelen diagram der uitlaatgassen. Het zal blijken, dat tusschen de vier grootheden:

CO ₂ gehalte der uitlaatgassen				
CO	„	„	„	
O ₂	„	„	„	en
η				

twee van elkaar onafhankelijke betrekkingen bestaan, zoo-

danig, dat de meting van twee der genoemde grootheden voldoende is, om ook de beide andere te kennen.

We gaan daartoe uit van 100 l (volume deelen) lucht en laten daarin een hoeveelheid van een koolwaterstofverbinding, waarvan de elementaire samenstelling ons bekend is, op de meest algemeene wijze verbranden. Hieronder verstaan we een proces, waarbij we in de uitlaatgassen zoowel CO_2 en CO als onverbruikte zuurstof aantreffen. De brandstof duiden we aan als C_xH_y waarin x en y de atoomcijfers voorstellen.

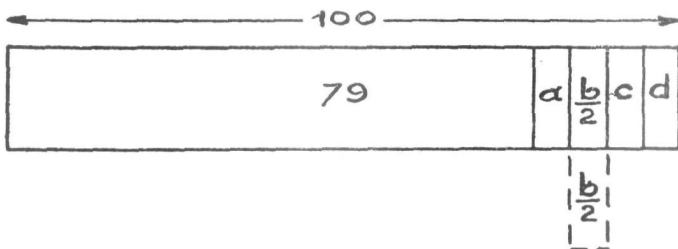
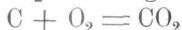


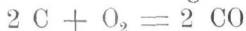
FIG. 1

In de genoemde hoeveelheid lucht is 21 l zuurstof aanwezig, welke bij het veronderstelde proces in vier deelen wordt gesplitst (fig. 1).

1°. a l dient voor CO_2 vorming tot a l CO_2 ,



2°. $b/2$ l dient voor CO vorming tot b l CO .



3°. c l wordt niet verbruikt.

4°. d l dient voor verbranding van de waterstof.

In verband met de bekende samenstelling van de brandstof, is dit laatste deel uit te drukken in a en b.

We onderscheiden daartoe:

1°. de zuurstof, benodigd voor de waterstof, welke gebonden was aan de koolstof, die tot CO_2 is omgezet. Daar 1 mol. zuurstof 4 H-atomen bindt tegen 1 C-atoom tot CO_2 , en de atoomverhouding in onze brandstof $\text{H} : \text{C} = y : x$ bedraagt, is deze hoeveelheid zuurstof te schrijven:

$$\frac{1}{4} a \frac{y}{x} l$$

2°. de zuurstof, benoodigd voor de waterstof, welke gebonden was aan de koolstof, die tot CO is omgezet. Nu bindt 1 atoom zuurstof 2 H-atomen tegen 1 C-atoom tot CO, zoodat deze term bedraagt

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{b}{2} \cdot \frac{y}{x} \cdot 1$$

We schrijven dus:

$$d = \frac{1}{4} \frac{y}{x} (a + b) \cdot 1$$

Uit fig. 1 lezen we onmiddellijk af:

$$a + \frac{b}{2} + c + d = 21 \text{ dus}$$

$$a + \frac{b}{2} + c + \frac{1}{4} \frac{y}{x} (a + b) = 21 \quad (\text{A})$$

Deze vergelijking geeft het verband tusschen CO₂, CO en O₂ in volumedeelen aan. Om tot een uitdrukking in procenten te komen noemen we het gehalte aan

$$\text{CO}_2 = p \%,$$

$$\text{CO} = q \%,$$

$$\text{O}_2 = r \%,$$

$$\text{N}_2 = n \%,$$

waarbij $n = 100 - p - q - r$, dan is

$$\frac{a}{p} = \frac{b}{q} = \frac{c}{r} = \frac{79}{n} = \frac{79}{100 - p - q - r} \text{ of}$$

$$\left. \begin{aligned} a &= \frac{79 p}{100 - p - q - r} \\ b &= \frac{79 q}{100 - p - q - r} \\ c &= \frac{79 r}{100 - p - q - r} \end{aligned} \right\} (\text{B})$$

We substitueeren deze uitdrukkingen in vergelijking (A) om a, b en c te elimineeren.

$$79p + \frac{79}{2}q + 79r + \frac{1}{4} \frac{y}{x} (79p + 79q) = 21 (100 - p - q - r)$$

$$\begin{aligned} & \left(79 + 21 + \frac{79 y}{4 x} \right) p + \left(\frac{79}{2} + 21 + \frac{79 y}{4 x} \right) q + \\ & + (79 + 21) r - 2100 = 0 \end{aligned}$$

$$\frac{100 + 19.75 \frac{y}{x}}{100} p + \frac{60.5 + 19.75 \frac{y}{x}}{100} q + r - 21 = 0$$

of $Pp + Qq + Rr - 21 = 0,$ (C)

waarin

$$P = 1 + 0.1975 \frac{y}{x}$$

$$Q = 0.605 + 0.1975 \frac{y}{x}$$

$$R = 1$$

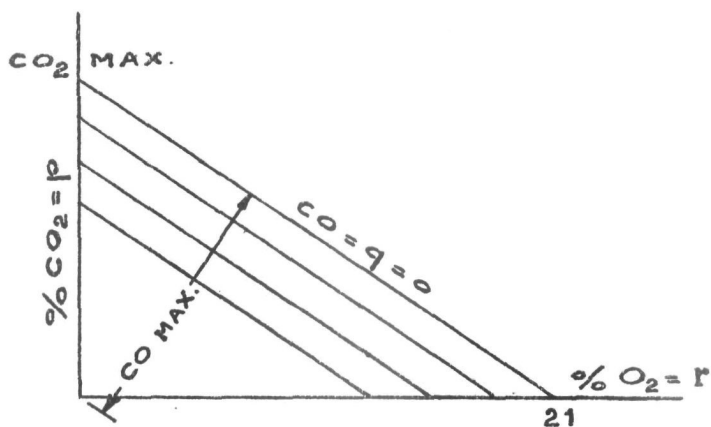


FIG. 2

De vergelijking (C) geeft het gevraagde verband in procenten weer. Wanneer we haar in beeld brengen, door de % CO₂ en O₂ (p en r) op onderling loodrechte assen af te zetten, vormen de lijnen van constant CO gehalte ($q = \text{const.}$), een stel evenwijdige rechten (fig. 2).

Het diagram wordt begrensd door de beide assen en de lijn, die de theoretische verbranding voorstelt, gekenmerkt door $CO = q = 0$. Deze lijn snijdt de ordinaat in het punt, dat het hoogst bereikbare koolzuurgehalte aangeeft.

Voor $q = 0$ en $r = 0$ volgt uit vergelijking (C):

$$CO_2 \text{ MAX.} = \frac{21}{1 + 0.1975 \frac{y}{x}} \%$$

De abscis wordt door de lijn $q = 0$ gesneden in het punt 21 %, daar $r = 21$ voor $q = 0$ en $p = 0$. Het hoogste CO gehalte treffen we aan in den oorsprong. Voor $p = 0$ en $r = 0$ vinden we:

$$\text{CO}_{\text{MAX}} = \frac{21}{0.605 + 0.1975 \frac{y}{x}} \%$$

waarmede ook de onderlinge afstanden der CO lijnen bepaald zijn.

Wanneer we voor een bepaalde brandstof de beide waarden CO_2_{MAX} en CO_{MAX} uitrekenen, is het diagram van fig. 2 zonder moeite te teekenen.

We wenschen in ditzelfde diagram η als functie van p en r voor te stellen. Om het desbetreffende verband te vinden, gaan we voor het geval van fig. 1 na, hoeveel zuurstof er noodig zou zijn geweest om dezelfde hoeveelheid C_xH_y zoo te doen verbranden, dat alle koolstof in CO_2 was omgezet, zonder overschot aan vrije zuurstof.

De term c vervalt dan, terwijl echter nog $\frac{1}{2}b$ l vereischt worden om van de CO koolzuur te kunnen maken. De theoretisch benoodigde hoeveelheid zuurstof bedraagt dus

$$21 + \frac{b}{2} - c \text{ l}$$

terwijl werkelijk is verbruikt

$$21 \text{ l}$$

Daaruit volgt:

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{\text{theor. hoef. lucht}}{\text{werkel. hoef. lucht}} = \frac{\text{theor. hoef. O}_2}{\text{werkel. hoef. O}_2} = \\ &= \frac{21 + \frac{b}{2} - c}{21} = 1 + \frac{b}{42} - \frac{c}{21} \end{aligned} \quad (\text{D})$$

We gaan van deze vergelijking in volumedeelen weer over tot die in procenten p , q en r door substitutie van de uitdrukkingen (B) en vinden

$$\eta (100 - p - q - r) = 100 - p - q - r + \frac{79}{42} q - \frac{79}{21} r \quad (\text{E})$$

Daar we η wenschen te kennen als functie van het CO_2 en O_2 gehalte, moeten we q uit vergelijking (E) elimineeren. Hiervoor maken we gebruik van de betrekking (C) waaruit volgt:

$$q = \frac{21 - Pp - Rr}{Q}$$

Voeren we deze substitutie door, dan volgt na vermenigvuldiging van beide leden der vergelijking met Q :

$$100 Q - p Q - (21 - Pp - Rr) - r Q + \frac{79}{42}(21 - Pp - Rr) - \frac{79}{21} r Q - \eta \left\{ 100 Q - p Q - (21 - Pp - Rr) - r Q \right\} = 0$$

$$\left(P - \frac{79}{42} P - Q \right) p + \left(-Q - \frac{79}{21} Q + R - \frac{79}{42} R \right) r + 100 Q - 21 + \frac{79}{42} 21 - \eta \left\{ \left(P - Q \right) p + \left(-Q + R \right) r + 100 Q - 21 \right\} = 0$$

$$\text{of} \quad A_1 p + B_1 r + C_1 + \eta (A_2 p + B_2 r + C_2) = 0, \quad (\text{F})$$

waarin:

$$A_1 = P - \frac{79}{42} P - Q = -1.486 - 0.371 \frac{y}{x}$$

$$B_1 = -Q - \frac{79}{21} Q + R - \frac{79}{42} R = -3.762 - 0.940 \frac{y}{x}$$

$$C_1 = 100 Q - 21 + \frac{79}{2} = 79 + 19.75 \frac{y}{x}$$

$$A_2 = -P + Q = -0.395$$

$$B_2 = Q - R = -0.395 + 0.1975 \frac{y}{x}$$

$$C_2 = -100 Q + 21 = -39.5 - 19.75 \frac{y}{x}$$

De vergelijking (F) stelt een bundel rechte lijnen voor met η als veranderlijke parameter. We voltooiën nu het diagram van fig. 2 door op dezelfde assen dezen bundel in beeld te brengen.

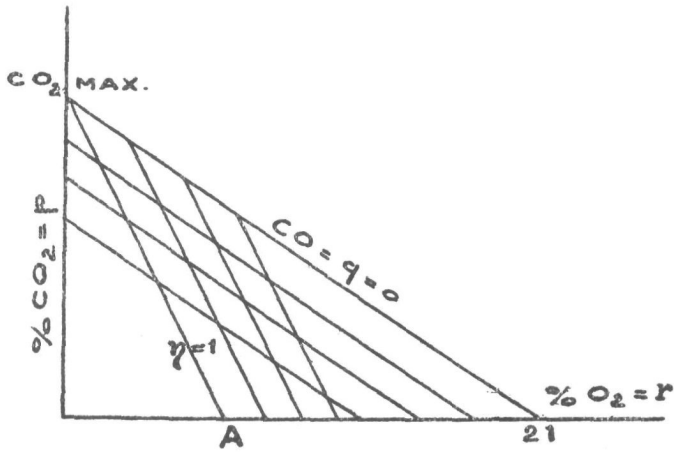


FIG. 3

De lijn $\eta = 1$, die de verbranding bij de theoretisch juiste luchthoeveelheid voorstelt, snijdt de CO_2 as in den top van het diagram, het punt $\text{CO}_2 \text{ MAX.}$

Voor $\eta = 1$ en $r = 0$ geeft vergel. (F):

$$p = -\frac{C_1 + C_2}{A_1 + A_2} = -\frac{\frac{79}{2}}{\frac{79}{42}P} = \frac{21}{P} = \frac{21}{1 + 0.1975\frac{y}{x}} = \text{CO}_2 \text{ MAX.}$$

De genoemde lijn snijdt de zuurstofas in het punt A, waarvan de ligging volgt door substitutie van $\eta = 1$ en $p = 0$ in vergel. (F):

$$\begin{aligned} r_A &= -\frac{C_1 + C_2}{B_1 + B_2} = -\frac{\frac{79}{2}}{-\frac{79}{21}Q - \frac{79}{42}R} = \\ &= \frac{21}{2Q + R} = \frac{21}{2.21 + 0.395\frac{y}{x}} \end{aligned}$$

De lijn $\eta = 0$ geeft een verbranding weer bij een oneindig groote hoeveelheid lucht en heeft één punt met het bestaande deel van het diagram gemeen.

Voor $\eta = 0$ en $p = 0$ geldt

$$r = -\frac{C_1}{B_1} = -\frac{100 Q + \frac{37}{2}}{-\frac{100}{21} Q - \frac{37}{42} R} = 21$$

Nu zal uit de onderstaande toepassing blijken, dat voor benzine (ook benzol, spiritus e. d.) het snijpunt van den bundel η -lijnen zoover buiten het diagram komt te liggen, dat deze daarin zonder merkbare fout als een stel evenwijdige rechten mogen worden aangebracht.

Dit vereenvoudigt het ontwerpen van een dergelijk diagram buitengewoon.

We behoeven dan slechts de richting en den onderlingen afstand dier lijnen te kennen. Voor de richting kiezen we die van de lijn $\eta = 1$, daar deze eenvoudig is aan te brengen, doch ook omdat het gedeelte van het diagram in de nabijheid van die lijn het meest gebruikt wordt en het er dus op aankomt dat deel zoo juist mogelijk te teekenen. Wat de onderlinge afstanden betreft, ontwerpen we een regelmatige verdeling langs de hypotenusa en brengen door de verkregen punten de lijnen aan van $\eta = 1$ tot $\eta = 0$ evenwijdig aan de lijn $\eta = 1$.

Het verdient vermelding, dat, wanneer in het diagram eenmaal de CO-lijnen geteekend zijn, het uitrekenen van het zuurstofgehalte in punt A overbodig is om de richting van de lijn $\eta = 1$ vast te stellen. Uit vergelijking (E) toch volgt onmiddellijk, dat voor elk punt van de lijn $\eta = 1$:

$$\frac{1}{2} q = r$$

het zuurstofgehalte dus de helft van dat aan CO bedraagt. De richting van die lijn is daardoor reeds volkomen bepaald.

Het diagram, dat bij het verdere onderzoek is gebezigd, vindt men in fig. 4 weergegeven. Bij het ontwerpen daarvan is uitgegaan van benzine met een koolstofgehalte van 85 % en een waterstofgehalte van 15 %.

Met inachtnaeme van het atoomgewicht van $C = 12$ en

van $H = 1.01$ volgt voor deze brandstof de atoomverhouding $\frac{y}{x}$ uit:

$$\frac{y}{x} = \frac{15}{85} \cdot \frac{12}{1.01} = 2.1$$

Achtereenvolgens worden nu bepaald

$$\text{CO}_2 \text{ MAX} = \frac{21}{1 + 0.1975 \frac{y}{x}} = 14.8 \%$$

$$\text{CO MAX} = \frac{21}{0.605 + 0.1975 \frac{y}{x}} = 20.6 \%$$

Deze beide gegevens zijn nu blijkens het voorgaande voldoende om het diagram met evenwijdige η -lijnen volledig te tekenen. We kunnen nog het snijpunt van de lijn $\eta = 1$ met de zuurstofas nader vastleggen:

$$r_A = \frac{21}{2.21 + 0.395 \frac{y}{x}} = 6.9 \%$$

De bovengenoemde samenstelling van de brandstof is die, welke gemiddeld voor normale benzinesoorten mag worden aangenomen. Bij het onderzoek werd steeds dezelfde soort benzine gebruikt, waarvan een elementair-analyse 84.7 % C en 15.1 % H deed vinden. Overigens ondergaat het diagram voor enkele tiende procenten afwijking van de aangenomen verhouding $\frac{85}{15}$ geen merkbare verandering.

We zullen thans aantonen, dat het hier toelaatbaar is de η -lijnen onderling evenwijdig aan te brengen.

Uit de vergelijking van den bundel

$A_1 p + B_1 r + C_1 + \eta (A_2 p + B_2 r + C_2) = 0$,
volgt voor de coördinaten van het snijpunt S:

$$p_s = \frac{B_1 C_2 - B_2 C_1}{A_1 B_2 - A_2 B_1}$$

$$r_s = \frac{A_2 C_1 - A_1 C_2}{A_1 B_2 - A_2 B_1}$$

DIAGRAM DER UITLAATGASSEN

SAMENSTELLING DER BRANDSTOF

85 % C

15 % H

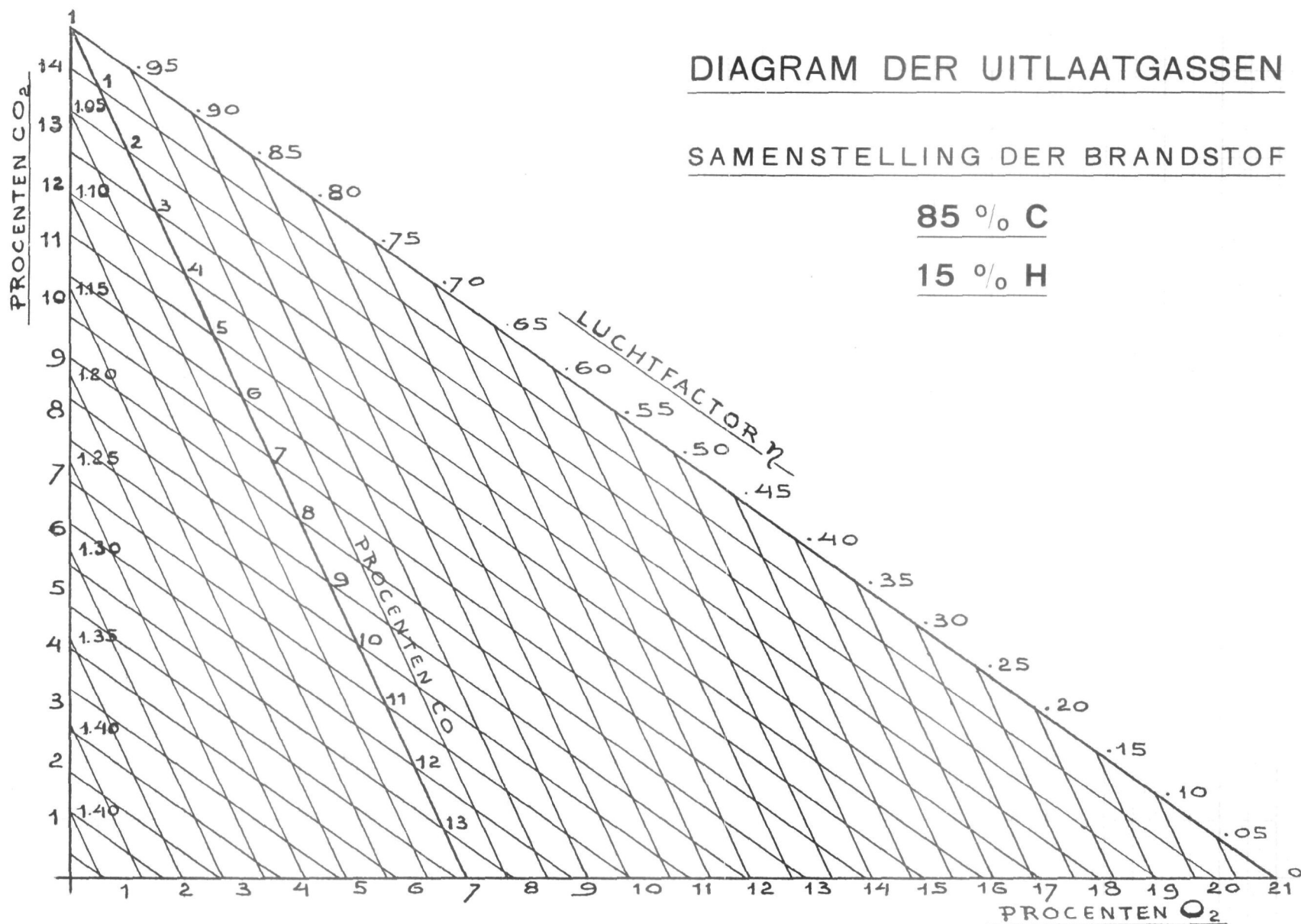


FIG. 4

Voor de atoomverhouding $\frac{y}{x} = 2.1$ zijn de waarden van de constanten:

$$\begin{array}{ll} A_1 = -2.2651 & A_2 = -0.395, \\ B_1 = -5.736 & B_2 = 0.01975, \\ C_1 = 120.475 & C_1 = -80.975. \end{array}$$

Zoodat

$$\begin{aligned} p_s &= \frac{462.1}{-2.316} \cong -200\% \\ r_s &= \frac{-231.0}{-2.316} \cong 100\% \end{aligned}$$

Het punt S blijkt derhalve zeer ver buiten het bestaانبare deel van het diagram te liggen.

Bovendien bepalen we den hoek φ die de η -lijnen met de abscis maken. Deze is gegeven door

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{dp}{dr} = -\frac{B_1 + \eta B_2}{A_1 + \eta A_2}$$

Voor de lijn $\eta = 1$ is

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \varphi_1 &= -2.149 \\ \varphi_1 &= 65^\circ 3'. \end{aligned}$$

Voor de lijn $\eta = 0$, die slechts een enkel punt met het diagram gemeen heeft is

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \varphi_0 &= -2.532 \\ \varphi_0 &= 68^\circ 27'. \end{aligned}$$

Wanneer we bedenken dat de lijn $\eta = 1$ in de juiste richting is aangebracht en dat de luchtfactor in den regel geen lagere waarden bereikt dan ongeveer 0.8, zoodat het rechter deel van het diagram practisch buiten gebruik blijft, volgt ook hieruit dat de toegepaste vereenvoudiging zeker geoorloofd is.

Litteratuur:

Prof. Dr. K. DIETERICH. Die Analyse der Kraftstoffe. Helfenberg bei Dresden 1920.

WA. OSTWALD. Beiträge zur grafischen Feuerungstechnik (Monographien zur Feuerungstechnik Heft 2). Leipzig 1920.

SEUFERT. Berechnung von Schaubildern zur Abgasanalyse. (Z. d. V. d. I. 3 Juli 1920 No. 27 blz. 505).

HOOFDSTUK II.

HET GEBRUIK VAN HET DIAGRAM.

Het ontwerpen van een diagram der uitlaatgassen voor een brandstof van bekende samenstelling, die slechts C en H bevat, is blijkens het voorgaande zeer eenvoudig. De hoogte van het diagram, bepaald door CO_2_{MAX} is voor elke brandstof karakteristiek en wordt beheerscht door de verhouding $\frac{Y}{X}$. Meer waterstof heeft daling van het max. koolzuurgehalte tengevolge.

Voor een brandstof, die behalve C en H ook nog zuurstof bevat, bv. spiritus $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, kan op geheel dezelfde wijze een diagram geteekend worden, mits men voor de vaststelling van de verhouding $\frac{Y}{X}$ slechts die hoeveelheid waterstof-atomen in rekening brengt, die beschikbaar blijft, nadat men zooveel atomen heeft afgetrokken als noodig zijn om de aanwezige zuurstof tot water te binden. Bij $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ verdwijnen op die manier twee H-atomen en blijven er dus vier over, zoodat de verhouding $\frac{Y}{X}$ hier bedraagt $\frac{4}{2} = 2$.

We moeten voorts opmerken, dat ook andere wijzen van voorstelling van het verband tusschen de vier grootheden CO_2 , O_2 , CO en η mogelijk zijn. Zoo kunnen deze ook op vier onderling evenwijdige assen worden uitgezet.

Het driehoekdiagram heeft echter het belangrijke voordeel dat elke analyse, die dus een beeld geeft van een bedrijfs-toestand van den motor door een enkel punt wordt aangegeven.

Uit de onderlinge ligging van deze punten is gemakkelijk na te gaan op welke wijze een of meerdere veranderingen in den bedrijfstoestand van den motor, teweeggebracht door verstelling van eenig orgaan, in het verbrandingsproces tot uiting komen.

Het analyseeren van gasmonsters en het verwerken der

uitkomsten met behulp van het diagram, lijkt dan ook de aangewezen werkwijze tot afregeling en onderzoek van carburators.

In het werk van Dr. K. DIETERICH treffen we danook interessante gegevens aan omtrent het gebruik dezer methode bij den automobiendienst van het Duitsche leger gedurende den oorlog 1914—1918.

Men nam in het algemeen aan, dat een luchtfactor $\eta \pm 0.83$ met de meest economische mengverhouding overeenkwam en streefde bij dit luchtverbruik naar een volledige verbranding.

Daar de carburators aan de automobielen in bedrijf werden onderzocht, moest een inrichting worden gemaakt om gedurende den rit gasmonsters te kunnen nemen. Een koperen leiding van ongeveer 6 mm middellijn werd daartoe in de uitlaatpijp gestoken; om gevrijwaard te zijn tegen terugslag van lucht over een lengte van minstens 50 cm. Door het aanbrengen van eenige bochten werd gezorgd, dat het eene uiteinde zich ongeveer in het hart van de uitlaatpijp bevond, terwijl aan het andere einde een gummislang werd aangebracht, die naar de plaats van den onderzoeker voerde, in den regel naast den bestuurder gezeten.

Voor het nemen en bewaren der monsters waren glazen pipetten van 150 cm³ inhoud in gebruik, voorzien van glazen kranen aan de beide einden, die men aan de gummislang kon verbinden.

Om te bereiken, dat de motor voor de monsternamen eenigen tijd in een standvastigen toestand verkeerde, werd gedurende 2—3 min. niets aan het bedrijf veranderd, waarbij men zich van een regelmatige werking overtuigde, door den uit de geopende pipet tredenden gasstroom langs het oor te laten ontsnappen. Wanneer alles in orde was, liet men den gasstroom eenigen tijd (1—3 min.) door de pipet spelen om daarna eerst de kraan aan het vrije uiteinde en dan die nabij de gummislang te sluiten. De bezwaren, die zich bij deze wijze van „droge” monsternamen voordoen, komen nog ter sprake.

Voor het onderzoek der monsters werd het Orsat-toestel

gebezigd, dat evenals een kistje met eenige pipetten in een doelmatige uitvoering werd meegenomen. Met dit toestel werd van ieder gasmonster het CO_2 - en het O_2 gehalte bepaald om daarna CO en η in het diagram te kunnen aflezen.

Een drietal monsters, genomen bij vol-, half- en nullast van den motor gaven reeds onmiddellijk inzicht in de werking van den carburator. Ter illustratie hiervan worden eenige voorbeelden gegeven, waarbij nog wordt opgemerkt, dat in het bijzonder leeken op technisch gebied na eenige oefening groote handigheid in deze werkwijze verkregen.

Wanneer we het brandstofverbruik van den motor in de berekening betrekken, hebben we in de analyse der uitlaatgassen in verband met het diagram een middel tot het meten van luchthoeveelheden in absoluten zin.

De carburator levert een brandstof-lucht mengsel met een mengverhouding

$$\mu = \frac{\text{luchtgewicht,}}{\text{brandstofgewicht,}}$$

die bij de bekende samenstelling van de brandstof onmiddellijk uit den luchtfactor η kan worden afgeleid.

De theoretisch benoodigde hoeveelheid zuurstof voor de verbranding van 1 kg benzine, die uit 85 % C en 15 % H bestaat, bedraagt

$$\left(\frac{85}{12} + \frac{15}{4.04}\right) 32 \text{ kg}$$

at. gew. C = 12
at. gew. H = 1.01
at. gew. O = 16

Daar de lucht $\frac{231}{1000}$ gewichtsdeelen zuurstof bevat (HÜRTE I blz. 463) is voor 1 kg benzine noodig

$$\left(\frac{85}{12} + \frac{15}{4.04}\right) \cdot 32 \cdot \frac{1000}{231} = 14.95 \text{ kg lucht.}$$

De theoretische mengverhouding bedraagt dus: $\mu_{th} = \frac{14.95}{1}$

en daar
$$\eta = \frac{\text{theor. luchtverbruik}}{\text{werkel. luchtverbruik}}$$

is de practische mengverhouding

$$\mu = \frac{14.95}{\eta}$$

Noemen we het brandstofverbruik per P.K.U. = b , dan volgt hieruit het luchtverbruik L_g per P.K.U.

$$L_g = \mu \cdot b = \frac{14.95}{\eta} \cdot b \text{ kg}$$

Van veel belang bij het onderzoek van motoren is voorts de kennis van den vullingscoëfficiënt α .

$$\alpha = \frac{\text{werkelijk verplaatst luchtvolume}}{\text{doorloopen slagvolume}}$$

Het is duidelijk, dat ook deze grootheid bij bekende afmetingen van den motor onmiddellijk uit het luchtverbruik kan worden bepaald, hetgeen nader is uitgewerkt in Hoofdstuk VI.

Wanneer we evenwel de analyse der uitlaatgassen willen bezigen als een indirecte methode tot het meten van lucht-hoeveelheden, dienen we in de eerste plaats te weten, in hoeverre de resultaten dezer werkwijze nauwkeurig zijn.

Er zijn n.l. verschillende voor de hand liggende oorzaken aan te wijzen, die bij deze wijze van luchtmeting tot afwijkende uitkomsten aanleiding kunnen geven bij overigens zorgvuldig verrichte metingen.

Vooreerst zal men, wanneer voor practische toepassing een diagram gebruikt wordt, dat gebaseerd is op een normale samenstelling van de benzine b.v. 85 % C en 15 % H, een fout maken, zoodra de gebezigde brandstof, zij het in geringe mate, in samenstelling hiervan afwijkt.

De ligging der CO- en η -lijnen, waarvan de laatste bovendien reeds onderling evenwijdig zijn aangebracht, is voor iedere brandstofsamenstelling verschillend.

Ook de waarde van de theoretische mengverhouding μ_{th} ondergaat voor elke afwijking eenige wijziging. De fouten, die het gevolg zijn van een andere samenstelling zullen evenwel practisch geen groote waarde aannemen, hetgeen blijkt uit onderstaande tabel, waar voor drie verschillende brandstoffen, de voornaamste waarden die het diagram beheerschen benevens μ_{th} zijn aangegeven.

% C	% H	$\frac{y}{x}$	CO ₂ MAX	CO MAX	O ₂ in A	η_{th}
84.5	15.5	2.18	14.7	20.3	6.8	15.05
85	15	2.10	14.8	20.6	6.9	14.95
85.5	14.5	2.02	15.0	20.9	7.0	14.80

In de tweede plaats is bij de mathematische behandeling van het diagram van de veronderstelling uitgegaan, dat slechts CO₂, CO en H₂O als verbrandingsproducten zullen ontstaan. Het is echter niet uitgesloten dat ook geringe hoeveelheden van verbindingen als acetyleen C₂H₂, methaan CH₄ e.d. gevormd kunnen worden, waarmede noch in het diagram noch bij de analyse rekening wordt gehouden.

Tenslotte kunnen zich nog twee omstandigheden voordoen, die een zeer groote afwijking in de uitkomsten mogelijk maken.

De analyse der uitlaatgassen toch geeft een beeld van wat er in den cilinder is geschied en de daaruit volgende mengverhouding heeft dan ook slechts betrekking op de hoeveelheden lucht en brandstof die aan het verbrandingsproces hebben deelgenomen.

Nu is het zeer goed mogelijk, dat die hoeveelheid brandstof een geheel andere is dan die, welke den carburator is gepasseerd en waarvan het gewicht ons door meting bekend is. Wanneer er meer brandstof aan het proces deelneemt dan we hebben afgewogen, wordt de uit de gasanalyse bepaalde mengverhouding kleiner dan de waarde, die bij den carburator behoort, welke betrekking heeft op de gemeten hoeveelheid benzine. Daar we de gevonden waarde slechts met het bekende brandstofverbruik vermenigvuldigen, om het luchtverbruik per P.K.U. te bepalen, vinden we hiervoor eveneens een te laag bedrag. Dit verschijnsel doet zich voor wanneer in den cilinder aanwezige smeerolie of oliedamp mede aan de verbranding deelneemt.

Opgemerkt kan hierbij worden dat de samenstelling van smeerolie ook ongeveer met 85% C en 15% H overeenkomt.

Omgekeerd zullen we een te hooge waarde voor de mengverhouding en het luchtverbruik vinden, wanneer er minder benzine verbrandt, dan we aan den carburator hebben toegemeten.

Dit is mogelijk bij een overmatig brandstofverbruik en het ligt voor de hand, dat een dergelijk verschijnsel zich spoediger en in meerdere mate zal voordoen, naargelang de verstuiving der benzine minder volledig en het mengsel dus minder homogeen van samenstelling is. Hierbij speelt dus de meer of mindere volmaaktheid van den carburator een rol. Het kan voorkomen, dat de benzine in den cilinder neerslaat en langs de zuigerveeren in de krukkast treedt.

Vorenstaande beschouwingen waren aanleiding tot het instellen van een onderzoek naar de nauwkeurigheid van de methode der gasanalyse. Dit is geschied door de uitkomsten van het langs indirecten weg bepaalde luchtverbruik te vergelijken met die van een zoo betrouwbaar mogelijke directe luchtmeting.

De daarvoor gebezigde opstelling en de verkregen resultaten worden in de volgende hoofdstukken behandeld.

HOOFDSTUK III.

DE OPSTELLING VOOR HET ONDERZOEK.

De motor. De voor het onderzoek ingerichte machine is een viercilinder F. I. A. T. blocmotor van 100 mm boring en 140 mm slaglengte, waarbij het hart van de cilinders t. o. v. de hartlijn van de krukas over een afstand van 9 mm is verplaatst.

De nokkenas, die de staande kleppen commandeert, ligt ter zijde in de bovenkrukkast en wordt vanuit de krukas aangedreven door middel van een stel rechte tandwielen. Voor aan den motor drijft de nokkenas een haar loodrecht kruisende hulpas aan, aan het eene einde waarvan zich de centrifugaalpomp voor de circulatie van het koelwater bevindt, terwijl aan het andere einde een Bosch hoogspanningsmagneet, type Z.U. 4 is aangebracht, waarbij de verstelling van het tijdstip van ontsteking uit de hand kan geschieden.

De bouw van den motor is uit fig. 8 en 10 te zien.

Bepaling van het effectief vermogen. Voor de bepaling van het effectief vermogen dient een waterrem volgens Prof. JUNKERS, waarbij de rembelasting wordt gemeten met behulp van een bascule (fig. 9). De krukas van den motor en de waaieras van de rem zijn door een beweeglijke klauwkoppeling aan elkaar verbonden.

Wanneer de rembelasting P kg bedraagt, en de lengte van de arm aan het huis l m., is bij n omw./min. het vermogen

$$E. P. K. = \frac{P \cdot l \cdot 2 \pi n}{60 \cdot 75} = \frac{P \cdot n}{const.}$$

Daar de lengte van de arm 716.2 mm is, wordt de waarde van de constante 1000 en

$$E. P. K. = \frac{P \cdot n}{1000}$$

Een regelmatig toestroomen onder constanten druk van het water aan de rem wordt verzekerd door de inrichting

van fig. 5, die er tevens voor dient, de temperatuur van het koelwater van den motor te kunnen beheerschen.

Koelwaterregeling. Een hoog opgesteld open reservoir, dat ongeveer 50 l water bevat is door een in de lengterichting aangebracht tusschenschot in twee deelen gescheiden (fig. 5). Beide helften staan onderling in verbinding door een kleine uitsparing in het schot. Dashed lines in the diagram indicate the circulation path of the cooling water.

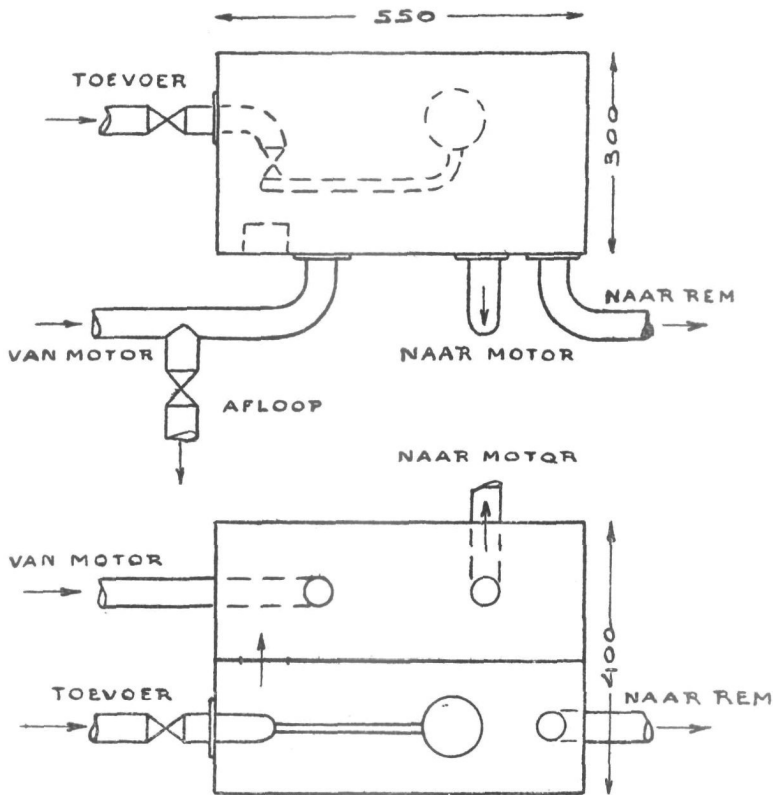


FIG. 5

In de eene helft treffen we de van een vlotter voorziene aanvoerleiding van het reservoir en de afvoerleiding naar de rem aan. Aan het andere deel zijn aangesloten de aan- en afvoerleidingen van het koelwater van den motor, dat voortdurend wordt rondgepompt en zich bij dien kringloop

afkoelt aan het tusschenschot tengevolge van het door de eerste afdeling stroomende koudere water voor de rem (fig. 7, 8 en 9). Deze koeling is evenwel lang niet voldoende, Daarom is in de leiding van den motor naar het reservoir een vertakking aangebracht, waardoor we met behulp van een afsluiter een grootere of kleinere hoeveelheid warm water uit den kringloop kunnen doen wegvloeien (fig. 10). Aanvulling met koud water vindt automatisch plaats door de in het tusschenschot uitgespaarde opening. Het is duidelijk, dat we door regeling van de afvloeiende hoeveelheid elke gewenschte temperatuur van het circuleerende koelwater kunnen instellen.

Kwikthermometers in de leidingen aangebracht, doen ons onmiddellijk aan den motor de temperaturen van het in- en uittredende koelwater kennen, terwijl ter bepaling van de hoeveelheid water die door den motor stroomt, voor de centrifugaalpomp een schrijfwatermeter voor ketelvoeding van Siemens en Halske is ingebouwd.

Brandstofmeting. De benzine wordt door middel van een hevelleiding naar de vlotterkamer van den carburator gevoerd vanuit een reservoir van ongeveer 5 l inhoud, hetwelk geplaatst is op een in de nabijheid opgestelde balans (fig. 8). Voor de berekening van het verbruik wordt met een stophorloge de tijd gemeten tusschen het twee achter-eenvolgende malen doorslaan van de balans naar de zijde der gewichten, waarbij na het eerste doorslaan een bepaald gewicht is afgenomen.

Vaststelling van het ontstekingsstijdstip. Er is een afzonderlijke inrichting aangebracht om het tijdstip van ontsteking voor iederen cilinder nauwkeuriger te kunnen vaststellen, dan zulks naar den stand van den onderbreker mogelijk is. Daarbij is gebruik gemaakt van den „ontstekings beproever: Spark C”, een potloodvormig toestelletje, dat in hoofdzaak bestaat uit een Geisslersche buis, gevuld met Neogas, omgeven door een ebonieten mantel. Van de beide polen der buis is er een gesoldeerd aan een koperen stift, die aan het

einde van den mantel uitsteekt, de andere aan een metalen voering in den mantel.

Wanneer men de koperen stift plaatst tegen een voorwerp, dat onder een oscillerende spanning staat, zal in de buis een ontladstroom ontstaan van den condensator, gevormd door de metalen voering en de hand. Deze ontladstroom veroorzaakt in de buis een rooden gloed, die zichtbaar is door een smalle spleet in den mantel.

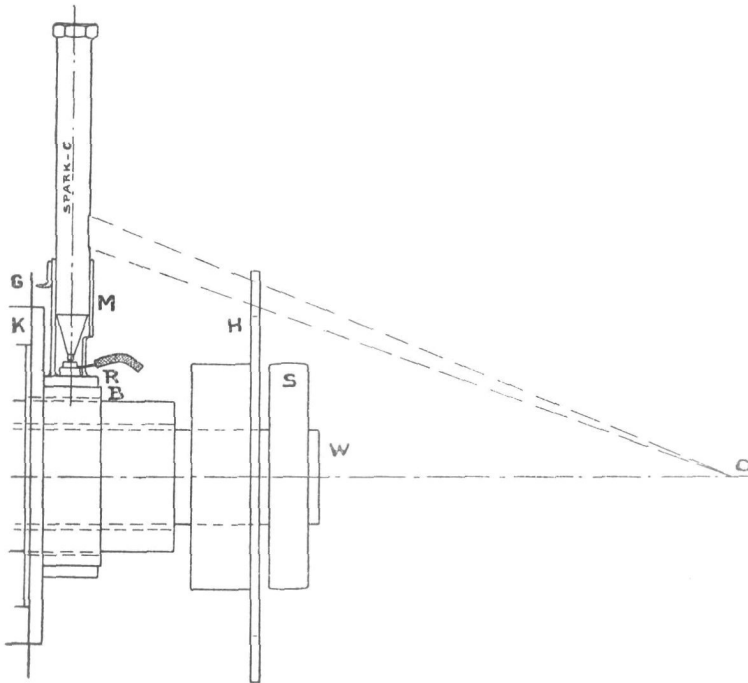


FIG. 6

Een dergelijk toestel is zooals fig. 6 aangeeft geklemd in een metalen bus M, die in radiale richting gesoldeerd is op een ijzeren ring R. De koperen punt rust op een blokje messing, dat door middel van een rubber schijf geïsoleerd is van den ijzeren ring en dat door een eveneens geïsoleerden kabel verbonden is met een verdeeler. Van de vier bougies leiden eveneens kabels naar den verdeeler (fig. 10), zoodat het door verstelling hiervan mogelijk is, elke bougie afzon-

derlijk aan den Spark C te verbinden. De metalen ring R, waaraan het toestel is bevestigd, is draaibaar om een bus B, die bevestigd is aan de afsluitplaat van het buitenste kogelblok K van de waterrem, terwijl tegen deze plaat bovendien een graadverdeeling G is aangebracht. Het is dus mogelijk de Spark C door verstelling uit de hand een draaing te doen uitvoeren om het hart van de waaieras, dus van de motoras.

Op het einde van de waaieras W bevindt zich naast een riemschijf voor aandrijving van den toerenteller een met die as mee roteerende houten schijf H van 200 mm middellijn en enkele mm dikte, aan den rand waarvan over een lengte van 25 mm een radiale zaagsnede is gemaakt. Daar de spleet in den mantel van de Spark C gericht is naar de zijde van de houten schijf, is het duidelijk, dat wanneer het toestel op een der bougies is aangesloten, de roode gloed in de buis, vanuit een vast punt O in het verlengde van de waaieras, door de zaagsnede in de houten schijf heen, slechts dan kan worden waargenomen, zoolang het toestel zich bevindt tusschen twee uiterste standen, die overeenkomen met begin en einde der ontsteking.

Om deze oogenblikken vast te leggen draait men dus het toestel zoolang naar rechts, resp. naar links tot men, ziende vanuit het vaste punt, juist geen vonk meer waarneemt en leest dan den stand van den ring op de graadverdeeling af. De opstelling is in fig. 9 te zien.

Het is duidelijk, dat te voren nauwkeurig moet worden vastgesteld welken stand de ring inneemt, tegen de schaalverdeeling, wanneer de Spark C zich bevindt in het vlak door de as en de zaagsnede, op het oogenblik, dat een der zuigers in het bovenste doode punt staat.

Ten slotte is in de houten schijf een tweede zaagsnede aangebracht, diametraal tegenover de eerste, teneinde voor alle vier cilinders hetzelfde deel der graadverdeeling te kunnen gebruiken.

De uitlaatgassen. Ter bepaling van de temperatuur der uitlaatgassen is gebruik gemaakt van een electrischen weer-

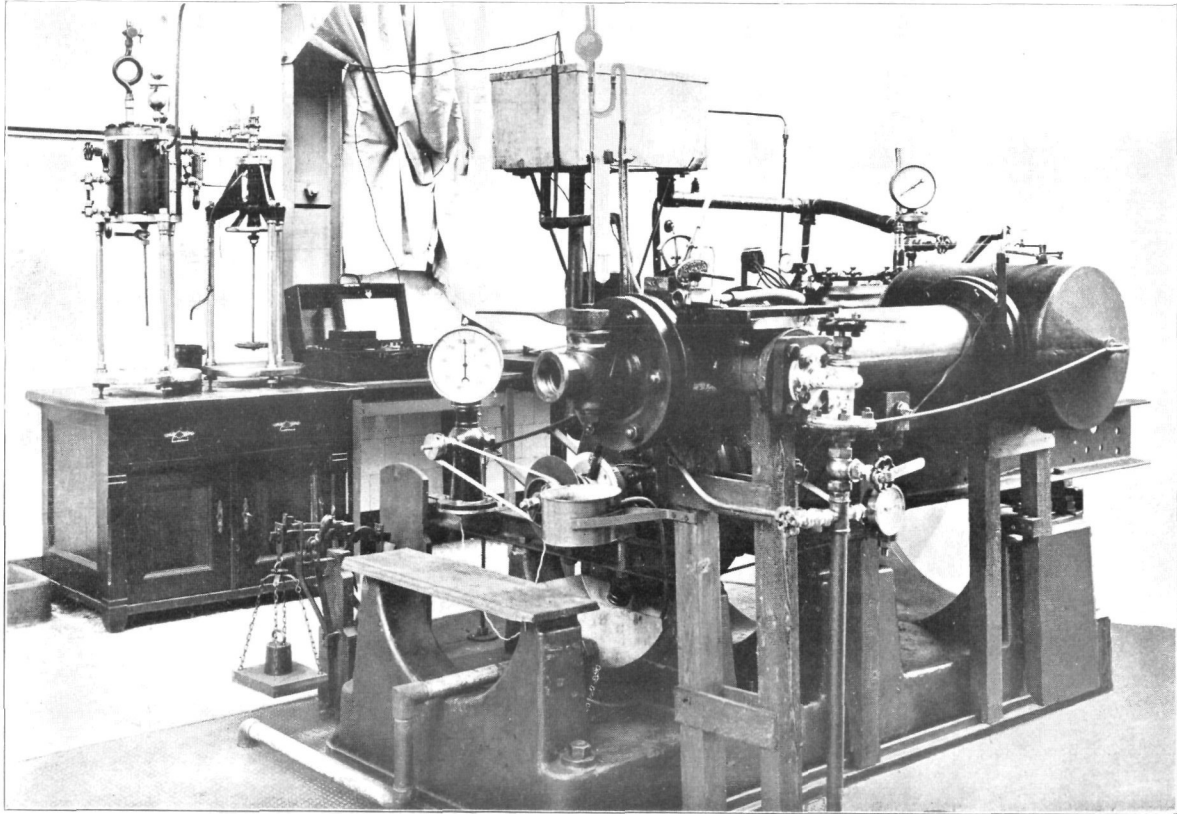


FIG. 7

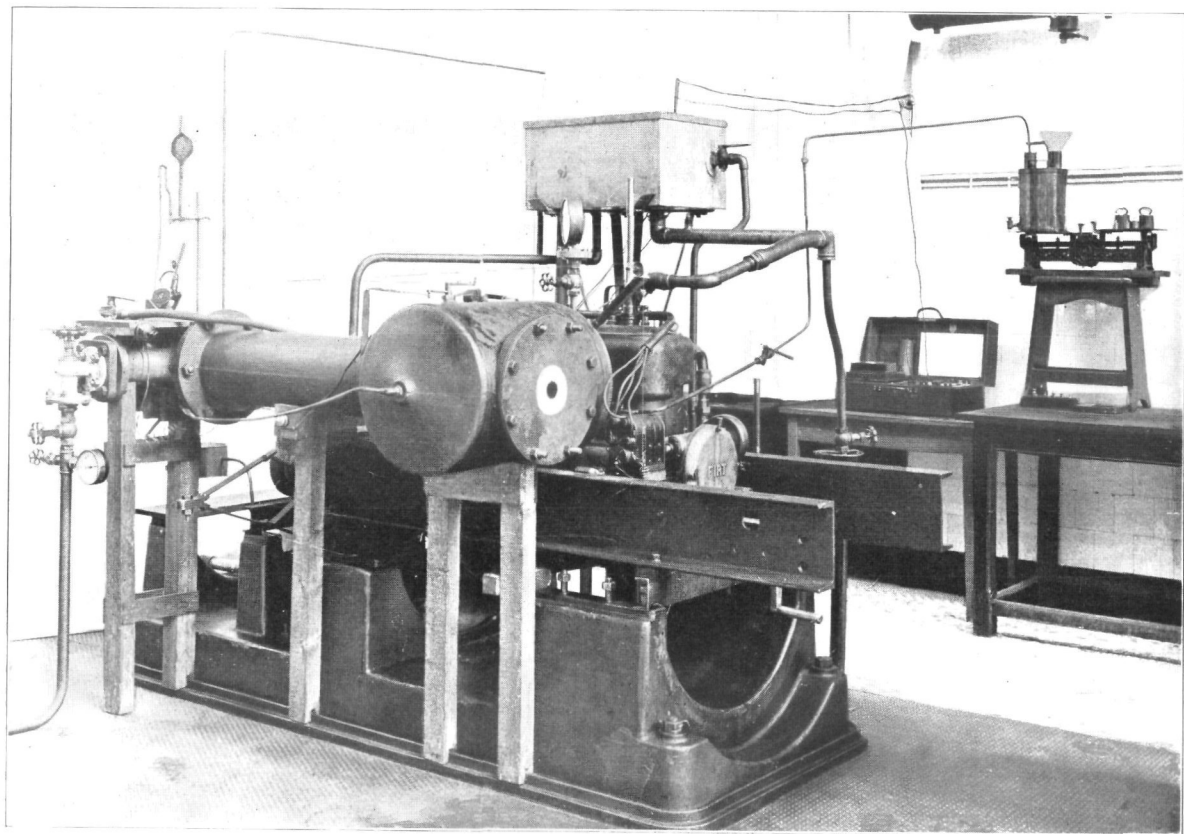


FIG. 8

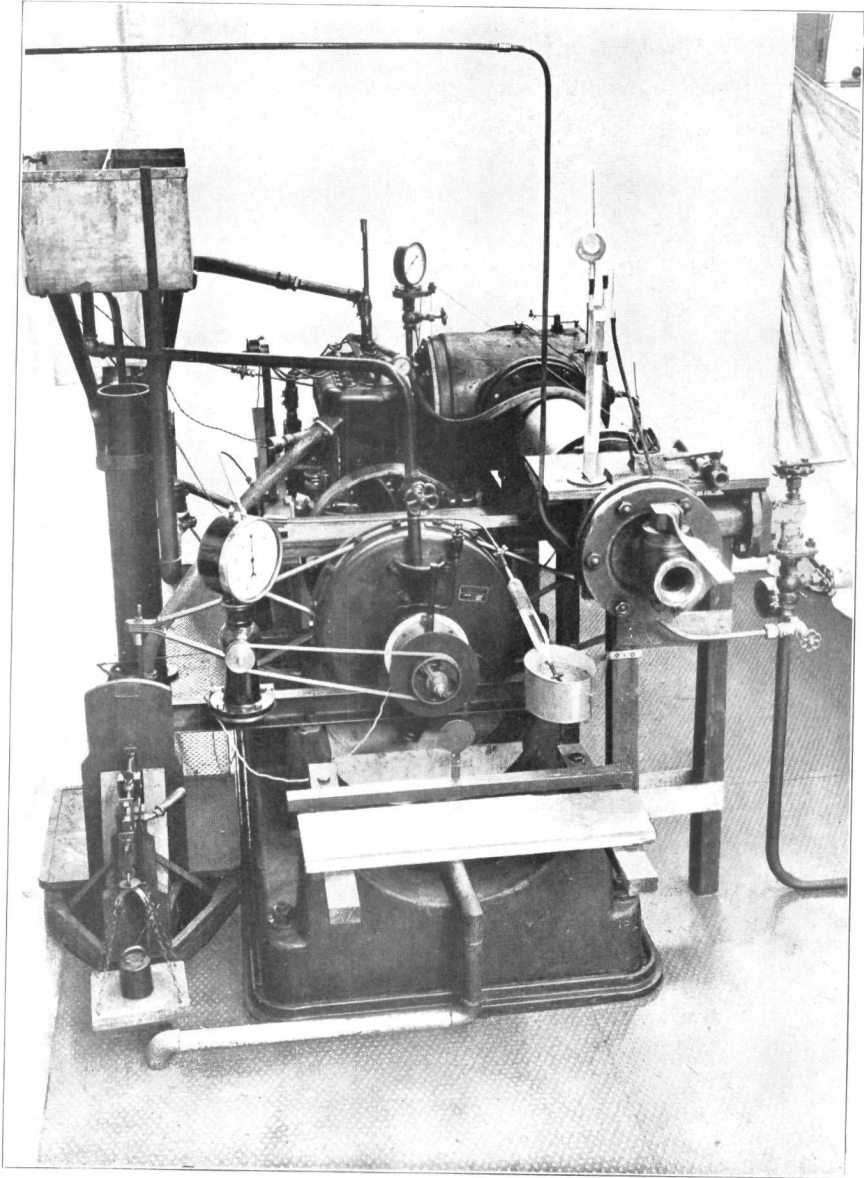


FIG. 9

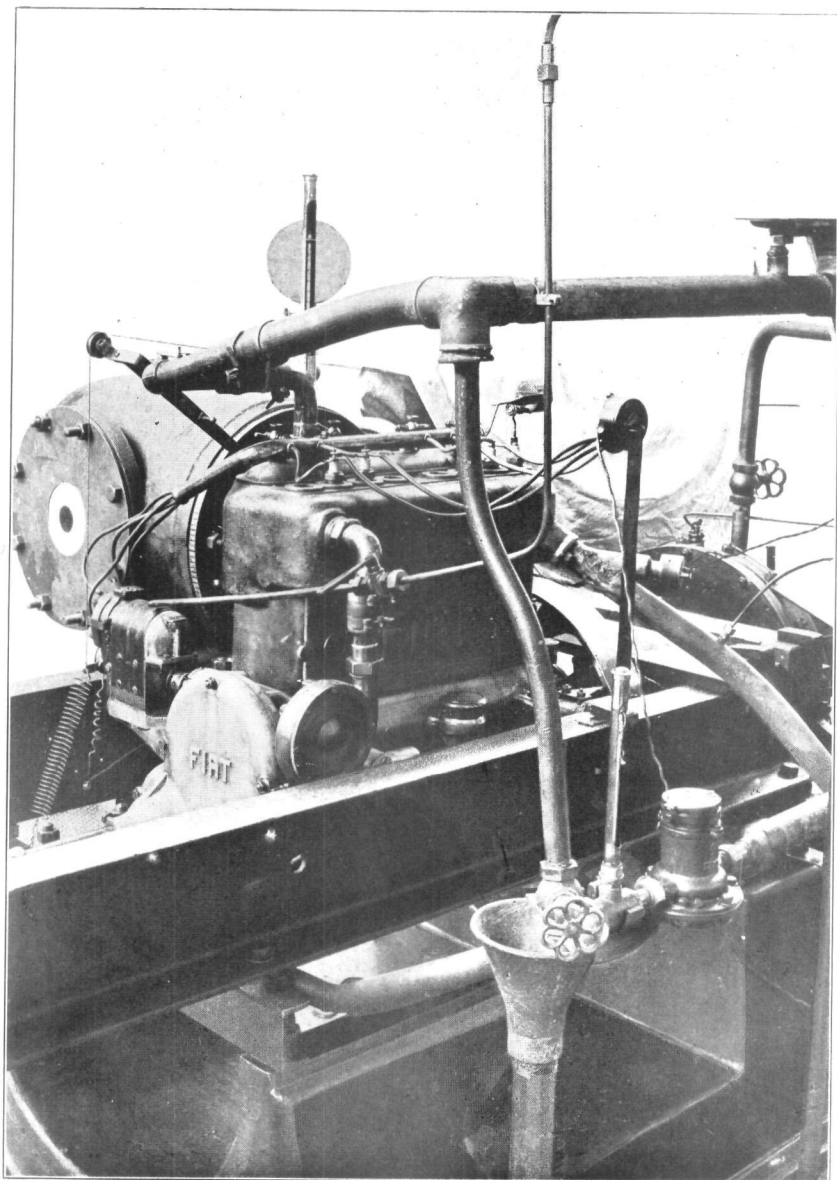


FIG. 10

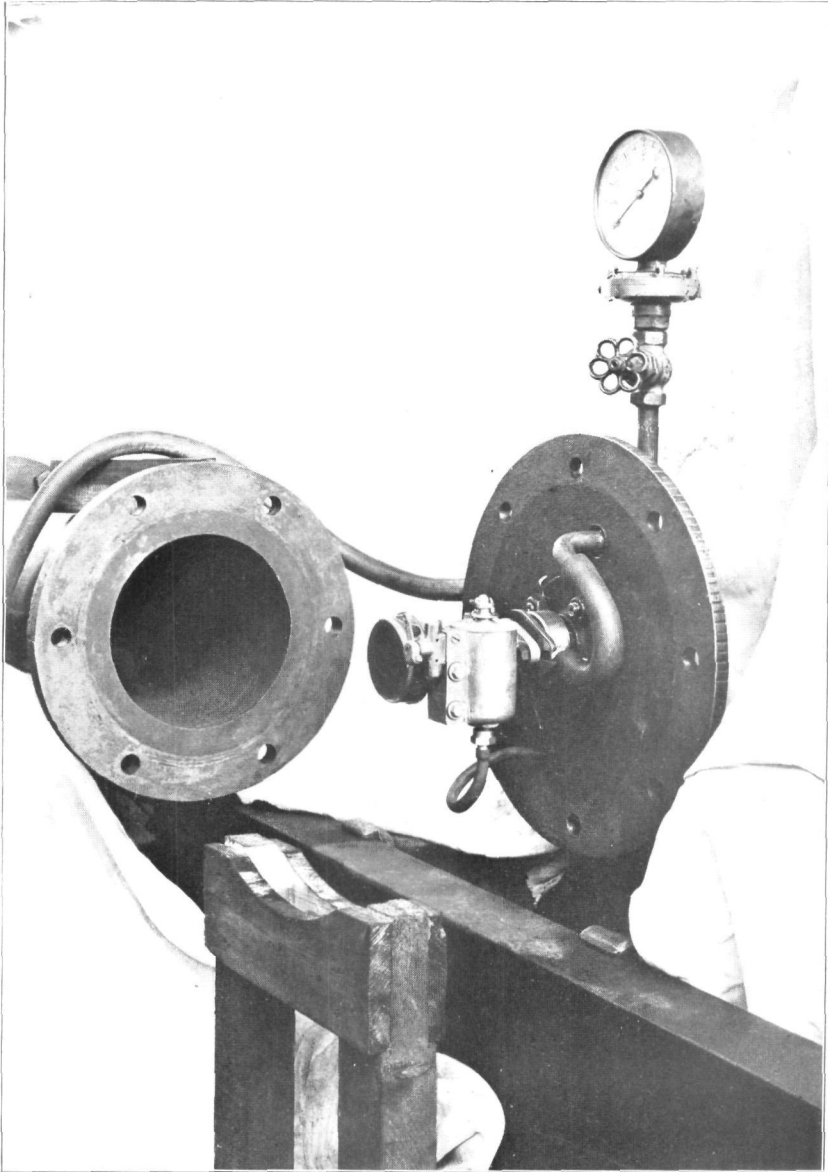


FIG. 11

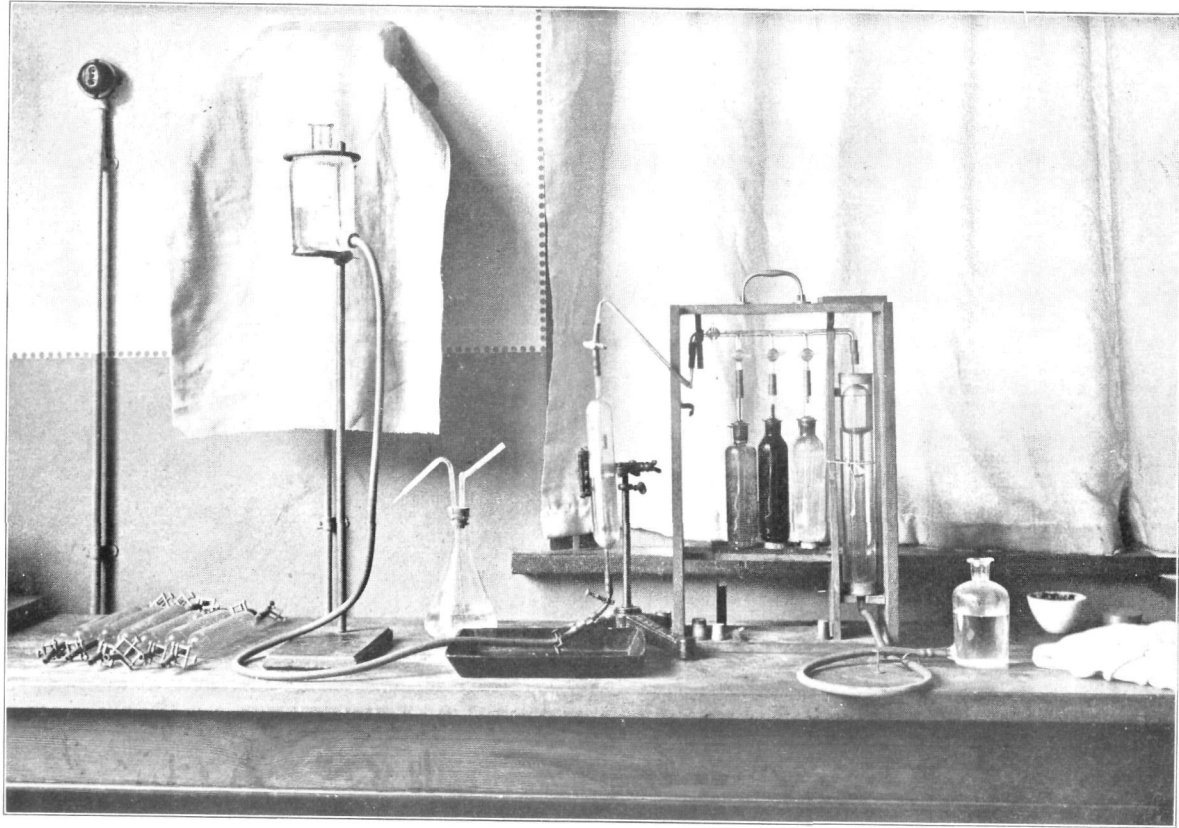


FIG. 12

standsthermometer, die geschakeld wordt in een der vier takken van de brug van Wheatstone. Het gebezigde toestel van Siemens en Halske (fig. 8) heeft in de brug een millivoltmeter, van een schaalverdeling in graden Celsius voorzien. De weerstand van den thermometer, die onmiddellijk nabij den motor in de uitlaatleiding is aangebracht bedraagt 100Ω bij 0°C . (fig. 10).

Voor het nemen van gasmonsters is op enkele dm van den weerstandsthermometer loodrecht door den wand van de $1\frac{1}{2}$ " uitlaatleiding een koperen pijp gebracht van 4 mm inwendige diameter. In het hart van de uitlaatpijp is deze buis, tegen de stroomrichting van de gassen in, rechthoekig omgebogen zoodat een deel der uitlaatgassen door deze koperen leiding naar buiten treedt. Aan het vrije einde van de ongeveer $1\frac{1}{2}$ m lange buis kan men met een gummislang een glazen pipet aansluiten voor het nemen van een monster of wel door den uittredenden gasstroom langs het oor te laten ontsnappen, nauwkeurig hooren of de motor zonder storing werkt. (fig. 9).

Er dient hier gewezen te worden op de noodzakelijkheid om de pipetten te voren met water te vullen en dit door den gasstroom te laten uitdrijven. Reeds spoedig is gebleken, dat bij de „droge" wijze van monsternemen, die OSTWALD beschrijft, de resultaten van de analyse niet betrouwbaar zijn. Wanneer we zelfs gedurende meerdere minuten den gasstroom door een ledige pipet laten blazen, bestaat nog niet de zekerheid dat alle lucht daaruit verdreven is. Ongetwijfeld speelt de vorm van de pipet hierbij een belangrijke rol, doch in elk geval biedt de „natte" methode steeds den veiligen weg.

Gebezigd zijn pipetten van 200 cm^3 inhoud, aan beide einden voorzien van een stukje gummislang met klem, terwijl voor het analyseeren der monsters steeds gebruik gemaakt is van het Orsat toestel.

De opstelling hiervan en de inrichting voor het overbrengen van het monster uit de pipet in de meetburet geeft fig. 12, terwijl de samenstelling van de gebezigde absorbtie vloeistoffen hieronder volgt.

CO₂ absorptie: KOH oplossing in ged. water 1 : 2.

O₂ absorptie: 10 g pyrogallol in 100 cm³ ged. water.
Daarbij 100 cm³ van de KOH oplossing 1 : 2.

CO absorptie: 250 g chloorammonium in 750 cm³ ged.
water. Daarbij 200 g cuprochloride en deze
oplossing in gesloten flesch met koper-
krullen bewaren. Voor gebruik mengen
met $\frac{1}{3}$ NH₄OH (S. G. 0.91).

HOOFDSTUK IV.

DE INRICHTING VOOR HET METEN VAN HET LUCHTVERBRUIK.

Daar het de bedoeling was, den motor met elken gewenschten carburator te kunnen beproeven, moest de oorspronkelijk

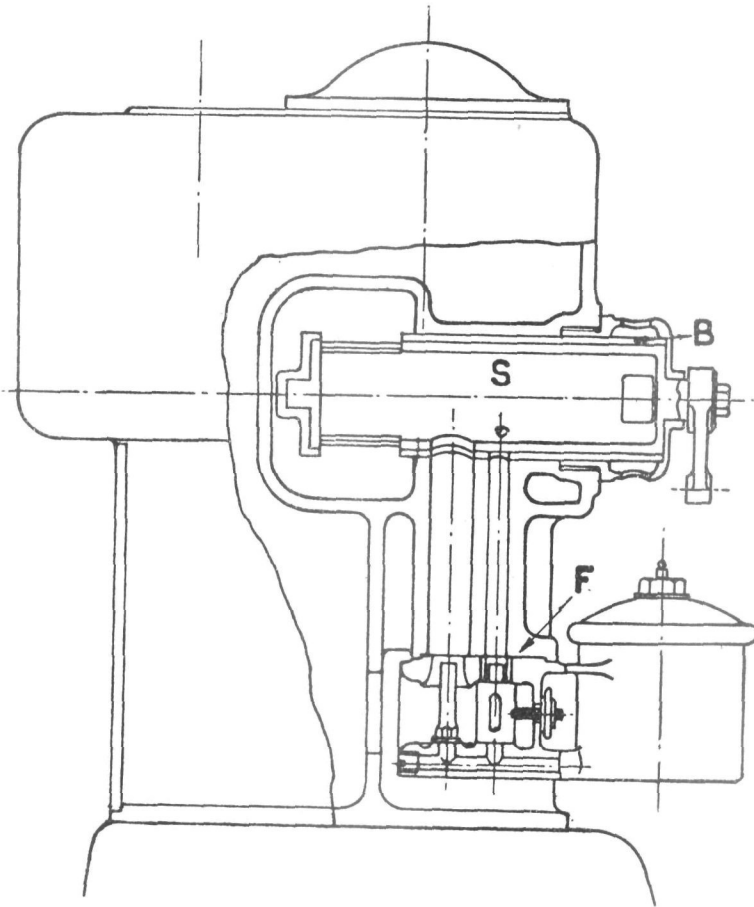


FIG. 13

aanwezige F. I. A. T. carburator worden verwijderd en een algemeene aansluitflens worden aangebracht. In verband

met de nader te bespreken inrichting voor het meten van het luchtverbruik moest deze zich bevinden in een van het lokaal af te sluiten ruimte, de aanzuigkast. De verlenging van de aanzuigpijp, die hiervan het gevolg was, bleek geen bezwaar op te leveren.

Fig. 13 vertoont een doorsnede over het midden van den motor en de opstelling van den oorspronkelijken carburator, die uit twee deelen bestaat. De vlotterkamer en luchttrechter met twee sproeiers, voor nullast en normaal bedrijf, is bevestigd aan een horizontale flens F; op eenigen afstand daarboven bevindt zich het regelorgaan, de smoorschuiif S, die tevens de toetreding van extra lucht beheerscht, draaibaar in een horizontale ingeperste bus B. De lucht wordt aangezogen uit de kleppenruimte, strijkt langs de sproeiers omhoog, waarna het mengsel door het inwendige van de draaischuiif en ingegoten kanalen, gelegen in de koelwater-ruimte van den motor, zijn weg naar de kleppen vindt. Hoe deze inrichting is veranderd, blijkt uit fig. 14, die tevens een doorsnede over de aanzuigkast laat zien.

De vlotterkamer is weggenomen en daarvoor een blinde flens in de plaats gebracht, terwijl de beide verticale kanalen met kurk zijn dichtgemaakt. Voorts is, na verwijdering van de smoorschuiif, de ingeperste bus door het aanbrengen van een pijp zoover verlengd, tot de verticale aansluitflens A zich binnen de aanzuigkast bevindt.

Teneinde het toetreden van lucht in de aanzuigleiding achter den carburator mogelijk te maken, zijn in de pijp een zestal schuine gaten gemaakt. Daaromheen is een ringvormige kamer K aangebracht, waarvan de randen met gummiringen op de pijp zijn afgedicht. Aan de kamer bevindt zich een toevoerbuis, die met een gummislang verbonden is met de pijp D, die door de bodemplaaf van de aanzuigkast gaat. Een tweede slang verbindt D met een kraan om de luchttoevoer te kunnen regelen. Door deze slang met kraan direct aan de kamer te verbinden en D af te dichten, kan de extra lucht direct aan de aanzuigkast worden ontnomen.

De inrichting voor het meten van het luchtverbruik van den motor is een der belangrijkste onderdeelen van de opstelling.

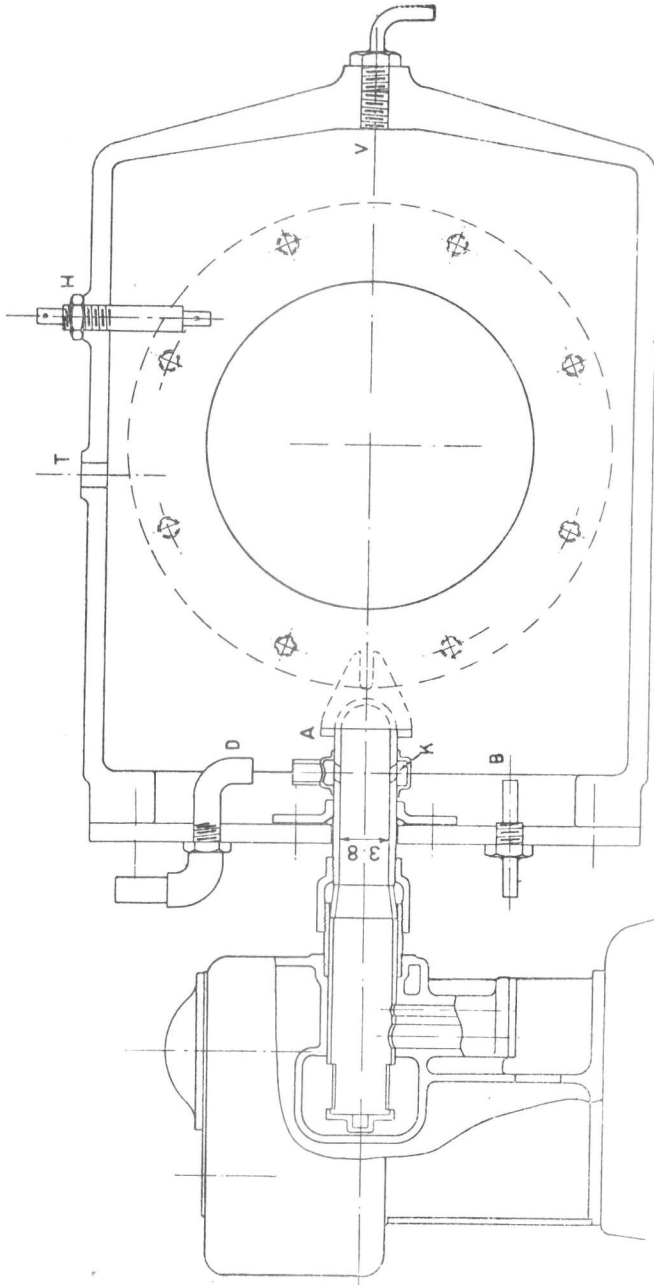


FIG. 14.

Bij het ontwerpen hiervan is de eisch vooropgesteld, dat de carburator zijn lucht moet betrekken uit een ruimte, waarin de druk gelijk is aan dien van de atmosfeer.

Prof. WAWRZINIOK te Dresden laat den carburator de lucht aanzuigen door een gasmeter doch verlaat voor nauwkeuriger metingen deze methode, waarbij een belangrijk drukverlies door den aanzuigweerstand optreedt. Zoo meet hij voor het bepalen van den vullingscoëfficiënt de luchtsnelheid in de verlengde aanzuigpijp van den carburator met een Pitot-buis volgens PRANDL (Mitteilungen des Instituts für Kraftfahrwesen an der Sächsischen Techn. Hochschule Dresden, Band I, blz. 11 en 63). Bij deze laatste methode treedt weliswaar geen noemenswaardig drukverlies op, doch de werkwijze is vrij omslachtig, doordat wegens het veranderlijke snelheidsverloop over de doorsnede der aanzuigpijp op meerdere plaatsen de snelheid bepaald dient te worden.

In het laboratorium van RICARDO en Co. wordt gebruik gemaakt van een drijvende luchtklok (The Automobile Engineer Sept. 1923. Vol XIII blz. 275).

Met een enkel woord is reeds vermeld, dat voor de lichtmeting bij de hier te behandelen proefnemingen de carburator is aangebracht in een van het lokaal af te sluiten ruimte, die op constanten druk gehouden wordt. Het voordeel van deze opstelling is reeds onmiddellijk, dat de normale bedrijfsomstandigheden voor den carburator in zooverre worden bereikt, dat ook de vlotterkamer zich onder denzelfden druk in de aanzuigkast bevindt, terwijl bovendien de lucht, die bij vele carburators nog langs andere openingen dan de hoofdzuigbuis wordt toegelaten, eveneens uit diezelfde ruimte wordt betrokken.

Het is duidelijk, dat het er slechts op aankomt de lucht te meten, die in de aanzuigkast moet toetreden om daarin den druk constant te houden. Dit kan op verschillende manieren geschieden, o. a. met een gasmeter of met behulp van een Pitot-buis waarbij zich echter de bovengenoemde bezwaren van belangrijk drukverlies of omslachtige werkwijze voordoen.

Een andere methode van meten is door gebruik te maken

van gecalibreerde uitstroomopeningen. Behalve dat ook hier een drukverlies noodzakelijk is, doet zich daarnaast nog als afzonderlijk nadeel de omstandigheid voor, dat wegens het zeer uiteenlopend luchtverbruik bij verschillende bedrijfstoestanden van den motor, een groot aantal geijkte openingen beschikbaar moet zijn om het drukverlies binnen beperkte grenzen te kunnen houden.

Ongetwijfeld hebben al deze methoden het voordeel, dat ze een continu beproeving mogelijk maken, doch bij geen enkele is het mogelijk den druk in de aanzuigkast gelijk aan dien van de atmosfeer te houden.

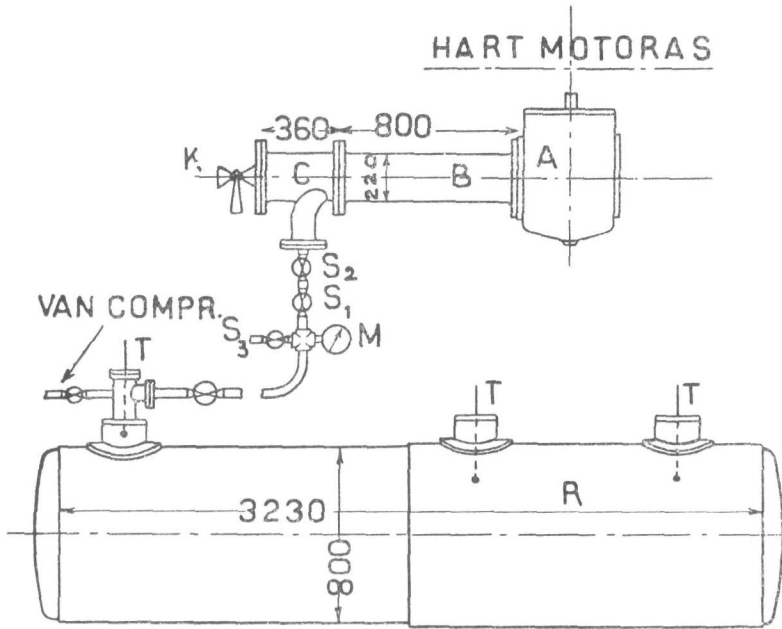
Teneinde dit te kunnen bereiken en dus den carburator onder volkomen normale bedrijfsomstandigheden te kunnen beproeven, is daarom afgezien van de mogelijkheid van een continu meting en wordt voor de directe bepaling van het luchtverbruik de aanzuigkast gevoed met lucht uit een te voren op spanning gebracht reservoir van bekenden inhoud.

De eenvoudige wijze van luchtmeting uit de drukvermindering in dit reservoir bezit bovendien de voor het vergelijkingsonderzoek gewenschte hooge mate van nauwkeurigheid.

Het schema van de opstelling is in fig. 15 weergegeven. De carburator bevindt zich in de ongeveer cilindervormige aanzuigkast A, die door een wijde pijp B verbonden is aan het T-stuk C. Hierin kan de lucht op twee manieren toetreden, n.l. direct uit het lokaal door de kraan K, of wel na in de afluiters S_1 en S_2 tot op atmosferischen druk gesmoord te zijn, uit het in de kelderverdieping opgestelde drukluchtreservoir R, dat voor iedere beproeving op een druk van ongeveer 10 kg/cm^2 wordt gebracht.

De inhoud van dezen ketel met inbegrip van de leidingen is door het inwegen van water nauwkeurig vastgesteld op 1691 l. Het aflezen van den keteldruk geschiedt met behulp van een nabij den proefstand opgestelde drukbalans (fig. 7), in welk toestel de te meten druk door olie wordt overgebracht op een zuigertje. De opwaartsche kracht, die daardoor ontstaat, wordt zooveel mogelijk opgeheven door de verlengde zuigerstang met bij het toestel behorende gewichten te belasten; hetgeen overblijft wordt door de veer van een op

de drukkbalans bevestigden indicateur opgenomen. Door hiervoor een zeer slappe veer te bezigen ($1\text{kg/cm}^2 = 100\text{ mm}$) is het mogelijk den keteldruk tot op $\frac{1}{100}\text{ kg/cm}^2$ af te lezen.



SCHEMA LUCHTMETING

FIG. 15

In de aftakking uit de luchtleiding die naar de drukkbalans voert bevindt zich de afsluiter S_3 .

De keteltemperatuur wordt afgelezen op een drietal lange kwikthermometers T, voorzien van een verdeling tot $\frac{1}{10}^\circ\text{C}$., die zoodanig zijn bevestigd, dat het reservoir enkele dm in den ketel reikt. Ze vertoonen met een door de P.T.R. geijkte thermometer een zoo goede overeenstemming, dat het gemiddelde der drie aflezingen zonder correctie als luchttemperatuur in rekening is gebracht.

De aanzuigkast heeft een inhoud van ca. 60 l, terwijl de pijp B een zoodanigen doortocht bezit, dat een rustig toe-

treden van de lucht verzekerd is. Tegenover deze pijp treffen we in de kast een opening aan van 250 mm middellijn (fig. 14) die het verrichten van werkzaamheden voor de opstelling van den carburator mogelijk maakt. Gedurende de luchtmeting wordt deze flens afgesloten met een veiligheidsdeksel bestaande uit een schijf van stevig papier die tusschen twee

plaatijzeren ringen van enkele mm dikte met een achttal bouten voor de opening wordt bevestigd.

De bedoeling van deze schijf is dat ze zal openscheuren bij eventueele plotselinge drukveranderingen in de kast om verdere beschadiging aan de opstelling te voorkomen en als zoodanig heeft ze enkele malen haar bestaansrecht bewezen.

Voor de bepaling van temperatuur en vochtigheid der aangezogen lucht is in de kast een psychrometer aangebracht. De bevochtigde thermometer met het waterreservoir wordt zonder meer in deze ruimte geplaatst. Alfezing hiervan is mogelijk gemaakt door de ruimte inwendig electricisch te verlichten en door in het midden van de papieren schijf een kijkglas vast te lijmen. De droge thermometer steekt door een gummikurk in de opening T (fig. 14)

waar doorheen tevens de stroomdraden voor de verlichting zijn aangebracht.

In het midden van den kegelvormigen wand vinden we bij V de aansluiting voor een gummislang naar den watermanometer waarmee we den druk in de kast controleeren. Teneinde te voorkomen dat bij onvoorziene drukveranderingen de vloeistof uit den manometer wordt geblazen of gezogen, is deze ingericht volgens fig. 16.

De smoorklep van den carburator moet van buiten af bediend kunnen worden. Daartoe is bij H door den wand een bus aangebracht waarin een verticale as in gummiringen kan draaien. Aan de uiteinden van deze as worden de hefboomen bevestigd, die door middel van koorden de beweging van het verstellingsorgaan buiten de kast op de smoorklep overbrengen.



FIG. 16

Steeds wordt daarbij aan de smoorklep een veer aangebracht die deze naar den gesloten stand wilbewegen. Door de naar den motor gekeerde bodemplaat treedt tenslotte bij B de benzineleiding binnen en bij D de leiding naar de reeds vermelde ringvormige kamer om de aanzuigleiding voor het toevoeren van extra lucht achter den carburator. Juist buiten de kast is in de extra-luchtleiding een vacuummeter geplaatst.

Fig. 11 geeft een aanzicht op de bodemplaat met carburator, luchtkamer, toevoerslang en vacuummeter, terwijl de geheele opstelling nog uit de figuren 7, 8 en 9 duidelijk wordt.

Aan het T-stuk is een bord bevestigd waarop alle regelorganen zijn aangebracht onmiddellijk nabij de kraan K en de afsluiters S_1 en S_2 . Hier is de plaats voor de bediening van de geheele opstelling. We treffen daar aan den hefboom voor de smoorklepverstelling, de kraan voor extra luchttoevoer, het kortsluitcontact, den manometer voor de kast benevens een handle voor de verstelling van den onderbreker van den magneet, welke beweging eveneens met een koord wordt overgebracht onder gebruikmaking van een veer die den onderbreker in de richting van late ontsteking tracht te bewegen. Zie fig. 7 en 9.

Wanneer geen luchtmeting plaats vindt, zijn de afsluiters S_1 en S_2 gesloten en treedt, als het veiligheidsdeksel is aangebracht, de lucht binnen door de geopende kraan K. De doorlaat hiervan bedraagt $2\frac{1}{2}''$, welke opening zoo ruim is dat zelfs bij het grootste luchtverbruik de druk in de aanzuigkast niet afwijkt van dien in het lokaal.

Om tot een luchtmeting over te gaan moet, nadat druk en temperatuur in den ketel zijn opgenomen, den luchttoevoer aan het T-stuk in één enkel oogenblik worden omgezet door K te sluiten en S_2 te openen (S_1 wordt te voren reeds een weinig opengezet). Tengevolge van de daling van den keteldruk (die op den manometer M gevolgd wordt) moeten gedurende de meting de afsluiters S_1 en S_2 voortdurend worden bijgeregeld om den druk in de aanzuigkast

constant te houden. Aan het einde van de proef tenslotte wordt wederom de luchttoevoer snel omgezet door op hetzelfde oogenblik S_2 te sluiten en K te openen. De tijd, die verloopt tusschen het omzetten van den luchttoevoer bij het begin en het einde van de meting, wordt met een stophorloge nauwkeurig vastgelegd, waarna uit keteldruk en -temperatuur voor en na de proef het luchtverbruik kan worden berekend op de wijze zooals in hoofdstuk V wordt aangegeven.

Het is duidelijk, dat deze nauwkeurige wijze van luchtmeting slechts mogelijk is indien voldaan wordt aan de beide navolgende eischen. In de eerste plaats moet het omzetten van den luchttoevoer uiterst snel kunnen geschieden zonder de minste storing in den bedrijfstoestand van den motor en zonder eenige verandering van den druk in de aanzuigkast. Ten tweede moet deze druk ook gedurende de verdere beproeving nauwkeurig constant gehouden kunnen worden.

Het eerste nu bleek na eenige oefening bijzonder goed mogelijk. De drukschommelingen beperkten zich tot enkele millimeters waterkolom en duurden slechts weinige seconden. Dat het constant houden van den druk in de aanzuigkast door regeling uit de hand uiterst nauwkeurig zou kunnen geschieden, liet zich reeds op goede gronden verwachten uit ervaringen in het laboratorium der Technische Hoogeschool zoomede uit de mededeelingen in het proefschrift van H. BACHMANN, Beitrag zur Messung von Luftmengen. Darmstadt 1912.

Deze verwachtingen werden ten volle bewaarheid.

HOOFDSTUK V.

HET VERGELIJKINGSONDERZOEK.

De in dit hoofdstuk te behandelen proeven hadden ten doel, na te gaan in hoeverre de indirecte luchtmeting met behulp van de analyse der uitlaatgassen voor technische metingen voldoende nauwkeurig is te achten, door het langs dezen weg verkregen resultaat te vergelijken met dat van een zoo nauwkeurig mogelijke directe luchtmeting.

Bij deze proeven kwam de geheele inrichting zooals die in de vorige hoofdstukken is beschreven, in werking. De motor werd in bedrijf gesteld en zoodanig afgeregeld, dat de bascule, die in overeenstemming met het vereischte vermogen (belastingkoppel) was belast, bij het gewenschte aantal omwentelingen inspeelde.

Wanneer een voldoende standvastige toestand was ingetreden en aan den carburator niets meer veranderd behoefde te worden, werd het veiligheidsdeksel geplaatst (de aanzuigkast verlicht) van welk oogenblik af de motor zijn lucht aanzoog uit het lokaal door de geopende kraan K (fig. 15).

De luchtketel, die gedurende de proef de voor de verbranding benodigde lucht moest leveren, was te voren op spanning gebracht. Nadat nu druk en temperatuur in den ketel met de daartoe bestemde toestellen waren opgenomen, was alles gereed om de eigenlijke vergelijkingsproef te beginnen, waarvoor een tweetal waarnemers noodig waren.

Een van hen, de leider, bepaalde begin en einde van de proef door het omzetten van den luchttoevoer aan het T stuk en zorgde er voor, dat gedurende de proef de druk in de aanzuigkast niet ging afwijken van den barometerstand.

Zijn standplaats was nabij de beide afsluiters in de drukluchtleiding zoodanig, dat hij het volle uitzicht had op rembascule en toerenteller en dat alle regelorganen op het aan het T stuk bevestigde bord onder zijn onmiddellijk bereik waren, om terstond te kunnen ingrijpen, als dit noodig mocht zijn. De tweede waarnemer had slechts op door den leider

aan te geven tijdstippen een serie aflezingen te verrichten.

Daar de duur van een meting beheerscht werd door den beschikbaren luchtvoorraad in den ketel, bepaalde de leider deze tijdstippen in verband met de daling van den keteldruk, dien hij op den manometer M (fig. 15) volgde zoodanig, dat de twee series aflezingen, die tijdens elke proef plaats vonden, ongeveer na $\frac{1}{4}$ en $\frac{3}{4}$ van den geheelen beproevingsduur werden verricht.

De resultaten uit elke serie afgeleid, werden bij de berekening afzonderlijk met de uitkomst van de directe meting vergeleken.

Elke serie omvatte de volgende aflezingen en metingen:

- 1^o. een voortgezette brandstofweging over eenige malen 100 g.
- 2^o. het nemen van twee monsters der uitlaatgassen aan het begin en het einde van de brandstofmeting.
- 3^o. aantal omwentelingen.
- 4^o. rembelasting.
- 5^o. koelwatertemperaturen.
- 6^o. temperatuur uitlaatgassen.
- 7^o. psychrometer aanzuigkast.
- 8^o. vacuum aanzuigleiding.
- 9^o. temperatuur lokaal.

Hiervan hadden de waarnemingen 3 t/m 7 plaats gedurende de brandstofweging.

De duur van de geheele beproeving werd door den waarnemer opgenomen met een stophorloge, dat hij in werking stelde of stop zette op de oogenblikken van het omzetten van den luchttoevoer. Op die tijdstippen noteerde hij tevens den stand van den watermeter in de koelwaterleiding. Na het eindigen van de directe luchtmeting werd het ontstekingsstijdstip afgelezen en kon de motor buiten bedrijf gesteld worden. Tenslotte werden wederom de keteldruk en temperatuur bepaald, waarna de gegevens voor de berekening voltallig werden gemaakt door de analyse der gasmonsters met behulp van het Orsat toestel.

We zullen thans nagaan, hoe de gegevens van de directe en de indirecte luchtmeting tot vergelijkbare waarden worden

verwerkt. Daartoe stellen we in de eerste plaats vast, dat we zullen vergelijken de uitkomsten voor het luchtverbruik in kg per P. K./uur bij beide methoden.

Het constant houden van toerental en belastingkoppel gedurende de beproeving is dus van groot belang te achten; de absolute waarde van het vermogen doet betrekkelijk minder ter zake. Daarnaast is dan ook voortdurend gestreefd en wanneer geringe schommelingen niet te vermijden blijken, is het gemiddeld vermogen over den geheelen duur van de proef aan de directe berekening van het luchtverbruik ten grondslag gelegd.

Voor de bepaling uit de gasanalyse geldt steeds het in de betreffende serie uitgeoefende vermogen.

In hoofdstuk II is reeds uiteengezet, hoe uit het resultaat der gasanalyse, het gehalte dus aan CO_2 en O_2 , bij bekende samenstelling der brandstof de mengverhouding en daaruit in verband met het brandstofverbruik het luchtverbruik per P.K.U. te berekenen valt. Voor een brandstofsamenstelling van 85 % C. en 15 % H is daar gevonden

$$L_g = \frac{14.95}{\eta} \cdot b = \mu \cdot b \quad \text{kg/P.K.U.}$$

waarin η = luchtfactor,

μ = mengverhouding,

b = brandstofverbruik per P.K.U.

De verschillende oorzaken voor fouten zijn toen eveneens ter sprake gebracht, waarbij we o. m. opmerkten, dat het verbranden van smeerolie een te kleine uitkomst, een negatieve afwijking en een slechte carburatorwerking, omgekeerd een positieve afwijking ten opzichte van de werkelijke mengverhouding (het luchtverbruik) kan veroorzaken.

Als uitgangspunt voor de berekening is het gemiddelde gehalte aan CO_2 en aan O_2 van beide monsters in elke serie genomen.

Het resultaat van het luchtverbruik L_g kg/P. K. U., zooals dat vroeger is afgeleid, heeft betrekking op droge lucht. De waterdamp in de lucht, die als zoodanig den motor binnentreedt en weer verlaat, speelt zooals van zelf spreekt bij de gasanalyse geen rol. Eerst wanneer het de berekening van

volumina betreft, zooals bij de bepaling van den vullingscoëfficiënt, dient naast druk en temperatuur ook het vochtgehalte der lucht in aanmerking te worden genomen. Voor het vergelijken van de beide werkwijzen moeten we het verbruik uit den ketel dus eveneens uitdrukken in kg droge lucht. Noemen we:

- V = volume van den luchtketel = 1694 l
 p_1 = aflezing van den drukbalans . . . vóór de proef
 p'_1 = partieele spanning van de droge
 lucht in den ketel " " "
 p_{d1} = partieele spanning van den water-
 damp in den ketel " " "
 T_1 = temperatuur in den ketel " " "
 p_2 = aflezing van den drukbalans . . . na de proef.
 p'_2 = partieele spanning van de droge
 lucht in den ketel " " "
 p_{d2} = partieele spanning van den water-
 damp in den ketel " " "
 T_2 = temperatuur in den ketel " " "
 b = barometerstand
 s = duur van de proef in seconden.

R = gasconstante voor droge lucht = 29.27 kgm/kg
 dan bedraagt het luchtverbruik uit den ketel:

$$\frac{p'_1 V}{R T_1} - \frac{p'_2 V}{R T_2} \text{ kg}$$

De waarde van het verbruik in kg per P.K.U. die we voor de vergelijking der werkwijzen noodig hebben bedraagt derhalve

$$L_k = \frac{1}{\text{E.P.K.}} \cdot \frac{3600}{s} \left(\frac{p'_1 V}{R T_1} - \frac{p'_2 V}{R T_2} \right)$$

$$= \frac{208}{\text{E.P.K.} \cdot s} \left(\frac{p'_1}{T_1} - \frac{p'_2}{T_2} \right) \text{ kg/P.K.U.}$$

Om de waarden p'_1 en p'_2 te bepalen, moeten de aflezingen van de drukbalans eenige correcties ondergaan.

1°. p'_1 . Deze is gelijk aan de met de drukbalans afgelezen waarde, vermeerderd met den barometerstand en verminderd met de partieele spanning van den waterdamp in den ketel.

$$p'_1 = p_1 + b - p_{d1}$$

We nemen aan, dat in den ketel bij het begin der beproeving de lucht door het comprimeeren verzadigd is en brengen dus voor p_{d1} den verzadigingsdruk bij T_1 in rekening.

2°. p'_2 . Daar bij de drukmeting het volume boven de olie in de drukbalans in verbinding komt met de ketelruimte, moeten we eerst hiervoor een correctie aanbrengeu, aangezien de keteldruk iets hooger was dan de gemeten waarde. Bij p_1 behoeft dit blijkbaar niet. De inhoud van bedoelde ruimte bedraagt 2.8 l, zoodat de gecorrigeerde keteldruk p_{2c} bedraagt

$$p_{2c} = p_2 + \frac{2.8}{1691} p_2 = p_2 + 0.001665 p_2$$

De spanning van de droge lucht wordt nu

$$p'_2 = p_{2c} + b - p_{d2}$$

Om p_{d2} te bepalen moeten we het vochtgehalte in den ketel aan het einde van de proef weten.

We bepalen dit uit het vochtgehalte in de aanzuigkast op het einde van de proef, door die waarde te vermenigvuldigen met $\frac{\text{keteldruk}}{\text{barometerstand}}$.

Blijkt het resultaat grooter dan 100 % te zijn, dan is voor p_{d2} de verzadigingsdruk bij T_2 in rekening gebracht. In dat geval is er door de uitstroomende lucht water van den wand meegenomen. Vinden we in den ketel een lager vochtgehalte dan 100 %, dan bedraagt p_{d2} slechts het evenredig deel van den verzadigingsdruk bij T_2 .

De resultaten van de vergelijkingsproeven, die in drie groepen kunnen worden verdeeld naar den carburator waarmee ze plaats vonden, zijn weergegeven in de tabellen I, II en III, waarbij voor elke proef de beide series met a en b zijn aangeduid.

Bij de berekening, die overeenkomstig het vorenstaande heeft plaats gevonden, is wat de bepaling van het vochtgehalte uit de psychrometeraflezingen en de dampspanningen betreft gebruik gemaakt van tabellen uit LANDOLT-BÖRNSTEIN. Voor elke serie is de waarde van L_g vergeleken met die van L_k voor de geheele proef en de positieve of negatieve afwijking in procenten t. o. v. L_k aangegeven.

Bij de proeven van tabel I is gebruik gemaakt van een Favorit-carburator. Voor de allereerste metingen (waarvan de resultaten niet zijn vermeld) werden de gasmonsters langs drogen weg genomen. Dit gaf echter aanleiding tot groote verschillen ook wat betreft de monsters onderling en nadat de oorzaak hiervan gevonden was, is van de „natte” werkwijze niet meer afgeweken.

De resultaten van de eerste betrouwbare proeven No. 1 en 2 waren van dien aard, dat ze de beste verwachtingen deden ontstaan voor de bruikbaarheid van de gasanalyse voor de luchtmeting.

Inmiddels bleek het met de ter beschikking staande sproeiers niet wel mogelijk, een mengsel te verkrijgen met een ruim luchtoverschot, zoodat spoedig tot de tweede groep van onderzoekingen (tabel II) werd overgegaan, waarbij gebruik gemaakt is van een Zenith T. D. carburator, welk toestel in hoofdstuk VI nader is beschreven. De motor onderscheidde zich in deze groep door een zeer regelmatig bedrijf, waartoe de vorming van een homogeen mengsel in den „Triple diffuseur” zeker bijdraagt. Deze proeven vonden plaats bij verschillende toerentallen en belastingkoppels, waarbij soms met een overschot, soms met een tekort aan lucht werd gewerkt. Wanneer we de verschillen van L_k en L_g beschouwen, blijken deze ook hier van zoodanige grootte te zijn, dat ze de practische bruikbaarheid der gasanalyse voor bepaling van luchtverbruik en mengverhouding aantoonen.

Bij alle beproevingen in deze groep was het bedrijf rustig met uitzondering van de volgende twee.

Het te leveren vermogen bij het vereischte toerental was bij No. 5 blijkbaar iets te groot voor de gebezigde carburatorafstelling (sproeiercombinatie) met het gevolg, dat de rembascule niet onveranderlijk inspeelde, doch regelmatige slingeringen om den evenwichtsstand uitvoerde. Dit verschijnsel deed zich in nog heviger mate voor bij No. 7, zoodat daar zelfs sprake was van een uiterst toelaatbaren graad van slingeren, wilde nog van een bedrijfstoestand gesproken kunnen worden. Niettemin zijn de afwijkingen in de uit-

komsten bij deze beide proeven niet bijzonder groot, al vallen ze bij No. 7 naar beide zijden.

Bij de eerste proef, No. 3, is de positieve afwijking van zoodanige grootte, dat in verband met het hooge brandstofverbruik en de slechte verbranding aan onverbrande benzine gedacht mag worden. Daarop is dezelfde bedrijfstoestand bij No. 4 verkregen met een kleineren hoofdsproeier, waarbij het luchttekort verdwijnt en ook de afwijking veel geringer wordt.

De kans op een positieve afwijking als gevolg van het niet aan de verbranding deelnemen van een deel der benzine wordt grooter, naarmate met een mengsel wordt gewerkt, dat rijker is aan brandstof.

Zoodra men dan ook in de uitlaatgassen geen of, zooals practisch steeds nog voorkomt, enkele tiende procenten zuurstof aantreft, mag aan de betrouwbaarheid der uitkomst voor het daaruit berekende luchtverbruik getwijfeld worden en wel is er kans op een grootere afwijking, naarmate het luchttekort, dus η , grooter, of in verband met het ontbreken van zuurstof dus het CO_2 percentage kleiner is.

We zouden dus kunnen spreken van een strook van het diagram, grenzende aan de CO_2 as, die onbetrouwbaar is als grondslag voor de luchtmeting. Hoe ver deze strook zich uitstrekt, is in het algemeen niet te zeggen; dat zal voornamelijk afhangen van de bouwwijze van den carburator en de meer of minder gelijkmatige verstuiving van de brandstof. Ook zal voor verschillende motoren bij eenzelfde carburator deze strook niet gelijk behoeven te zijn, onder invloed van den vorm der gaskanalen, de temperatuur der wanden e. d.

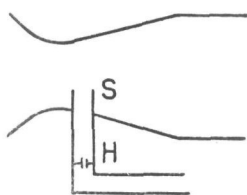
Een treffend voorbeeld van de fout, die men ongemerkt kan maken, geeft proef No. 10. Hier was alles gedaan om het proces zoo ongunstig mogelijk te doen zijn door het bezigen van groote sproeiers en late ontsteking bij lage belasting van den motor. De analyse wijst nog 0.2 % en 0.3 % O_2 aan bij ± 8.6 % CO_2 , maar de afwijking stijgt hier tot 17 %.

Overigens zal een abnormaal hoog brandstofverbruik ook reeds een aanwijzing zijn voor de mogelijkheid van onver-

brande benzine en zal het onbetrouwbare deel van het diagram de praktische toepassing der gasanalyse geenszins in den weg staan, daar we met dergelijke groote tekorten aan lucht slechts zelden te maken krijgen en meestal naar een luchtfactor $\eta < 1$ zullen streven.

Wanneer we in tabel II alleen die proeven beschouwen, waarbij de luchtfactor $\eta < 1$ is, blijkt in het algemeen de afwijking negatief te zijn, hetgeen de meest natuurlijke is (verbranden van smeerolie).

Tabel III heeft betrekking op proeven, waarbij een Solex-carburator is gebezigd, evenals de vorige in horizontale uitvoering. Dit toestel is in bouw en behandeling zeer eenvoudig, doch zooals uit het schema van fig. 17 blijkt, laat de vorming van een homogeen mengsel zich daardoor niet in die mate verwachten als



bij den Zenith T. D. carburator. De lucht neemt op zijn weg door de straalbuis de benzine mee uit de standpijp S, waarin de vloeistof binnentreedt door een toemeetopening, den hoofdsproeier H. De inrichting is verder zoodanig, dat onder bepaalde omstandigheden onder in de standpijp automatisch eenige lucht wordt toegelaten voor de regeling van de brandstofhoeveelheid. Met de ter beschikking staande sproeiers bleek het niet steeds mogelijk een mengsel te verkrijgen, dat meer dan de theoretisch benoodigde hoeveelheid lucht bevatte. Waar dit wel het geval was, zijn de verschillen tusschen L_g en L_k gelijk aan die bij de metingen van tabel II.

Bij alle andere proeven is echter sprake van een luchttekort en we zien daarbij positieve afwijkingen ontstaan die met den luchtfactor η in grootte toenemen. De onbetrouwbare strook langs de CO_2 as is hier blijkbaar breeder, dan bij den Zenith-carburator, want we vinden bij No. 14 voor 11.5 % CO_2 en ± 0.5 % O_2 al een afwijking van 4.5 %. Ten slotte geeft No. 15 weer een onderzoek bij abnormaal hoog brandstofverbruik en toont nogmaals de grootte der fout aan, die men daarbij kan maken.

Bij de proeven met den Solex-carburator was het bedrijf

niet steeds onveranderlijk rustig, zoodat soms een veelvuldige verstelling van de smoorklep noodzakelijk werd.

Op grond van het voorgaande onderzoek mogen wij besluiten, dat de analyse der uitlaatgassen zonder bezwaar voor de luchtmeting te gebruiken is wanneer de luchtfactor $\eta \leq 1$. De gevonden afwijkingen bedragen niet meer dan 2 %.

Voor grootere waarden van η kan de werkwijze aan betrouwbaarheid verliezen en wel sneller, naarmate de carburator een minder fijn en homogeen verstoffen mengsel levert.

TABEL I.

Nummer	1a	1b	2a	2b
Omw./min.	835	835	1040	1035
Rembelasting kg	12	12	12	12
E.P.K.	10	10	12.5	12.4
Duur van de proef s	7'57 ³ / ₅ " = 477.6"		5'36 ⁴ / ₅ " = 336.8"	
Barometer mm H _g	768.1		768.1	
Barometer b kg/cm ²	1.044		1.044	
Psychrometer droge therm. t _d °C.	12.4	12.1	13.8	13.5
Psychrometer vochtige therm. t _v °C.	6.8	4.9	7.1	5.4
Vochtgehalte aanzuigkast %	43	27	36	23
Aflezingsdrukbalans p ₁ kg/cm ²	9.527		5.865	
Keteltemp. T ₁ °abs.	285.9		285.1	
Dampspanning p _{d1} kg/cm ²	0.015		0.014	
Spanning droge lucht p' ₁ kg/cm ²	10.556		6.895	
Aflezingsdrukbalans p ₂ kg/cm ²	5.865		2.750	
Keteltemp. T ₂ °abs.	285.1		284.5	
Correctie voor p ₂ kg/cm ²	0.010		0.005	
Vochtgeh. ketel bij einde proef %	100		84	
Dampspanning p _{d2} kg/cm ²	0.014		0.012	
Spanning droge lucht p' ₂ kg/cm ²	6.905		3.787	
Luchtverbruik/P.K.U. L _k kg	5.53		5.39	
Brandstofverbr./P.K.U. g	384	389	360	356
1e Gasmonster % CO ₂	11.7	11.7	12.2	12.1
1e Gasmonster % O ₂	0.8	0.8	1.3	1.3
2e Gasmonster % CO ₂	11.7	11.7	—	—
2e Gasmonster % O ₂	0.6	0.8	—	—
Luchtfactor η	1.05	1.04 ⁵	0.99 ⁵	1.—
Luchtverbruik/P.K.U. L _g kg	5.53	5.53	5.39	5.39
Verschil L _g en L _k t.o.v. L _k [*] Pos. %		0.5	0.4	
Verschil L _g en L _k t.o.v. L _k Neg. %	1.1			1.1

Favorit-carburator:

Luchtstraalbuis diam. 25 mm

Hoofdsproeier „ 1.— mm

Hulpsproeier „ 0.40 mm

Luchttoevoer hulpsproeier „ 0.40 mm

In de aanzuigbuis wordt na de smoorklep lucht toegelaten uit de aanzuigkast.

Nummer	3a	3b	4a	4b	5a	5b
Omw./min.	610	610	610	610	610	610
Rembelasting kg	15	15	15	15	18	18
E.P.K.	9.1 ⁵	9.1 ⁵	9.1 ⁵	9.1 ⁵	11	11
Duur van de proef s	19'27 ² / ₅ " = 1167.4"		17'27 ² / ₅ " = 1047.4"		16'6" = 966"	
Barometer mm H _g	760.2		770.4		765.2	
Barometer b kg/cm ²	1.034		1.047		1.040	
Psychrometer droge therm. t _d °C.	15.8	15.8	15.4	15.3	16.3	15.8
Psychrometer vocht. therm. t _v °C.	7	6.8	9.3	7.9	9.7	8.1
Vochtgehalte aanzuigkast %	23	22	44	33	41	32
Aflezing drukbalans p ₁ kg/cm ²	9.854		9.490		9.030	
Keteltemp. T ₁ °abs.	286.1		288.1		287.6	
Dampspanning p _{d1} kg/cm ²	0.015		0.018		0.017	
Spanning droge lucht p' ₁ kg/cm ²	10.873		10.519		10.053	
Aflezing drukbalans p ₂ kg/cm ²	2.170		2.315		0.814	
Keteltemp. T ₂ °abs.	284.7		286.6		286	
Correctie voor p ₂ kg/cm ²	0.004		0.004		0.001	
Vochtgeh. ketel bij einde proef %	68		100		57	
Dampspanning p _{d2} kg/cm ²	0.010		0.016		0.009	
Spanning droge lucht p' ₂ kg/cm ²	3.198		3.350		1.846	
Luchtverbruik/P.K.U. L _k kg	5.21		5.39		5.58	
Brandstofverbr./P.K.U. g	395	390	368	366	316	313
1e Gasmonster % CO ₂	11.1	11.4	13.2	12.3	11.9	12
1e Gasmonster % O ₂	0.2	0.3	0.7	0.8	3.2	3.2
2e Gasmonster % CO ₂	11.4	11.1	12.7	13.2	11.8	12.1
2e Gasmonster % O ₂	0.3	0.3	0.9	0.7	3.3	3.1
Luchtfactor η	1.10	1.10	1.—	1.01 ⁵	0.86	0.86
Luchtverbruik/P.K.U. L _g kg	5.36	5.30	5.50	5.40	5.49	5.45
Verschil L _g en L _k t. o. v. L _k Pos. %	2.9	1.7	2	0.2		
Verschil L _g en L _k t. o. v. L _k Neg. %					1.6	2.3
Hoofdsproeier diam. mm	1.10		1.05		1.05	
Compensator „ mm	1.		1.		1.	
Stand corrector.	geopend.		geopend.		geopend.	

Zenith-carburator T. D.

Luchtstraalbuis diam. 27 mm

TABEL II.

6a	6b	7a	7b	8a	8b	9a	9b	10a	10b
620	620	890	890	915	915	955	955	610	610
10	10	18	18	15	15	20	20	15	15
6.2	6.2	16	16	13.7 ⁵	13.7 ⁵	19.1	19.1	9.1 ⁵	9.1 ⁵
14'54 ⁴ / ₅ " = 894.8"		11'43" = 703"		12'29" = 749"		10'13" = 613"		16'12" = 972"	
761.9		765.2		765		760.8		759.8	
1.036		1.040		1.040		1.034		1.033	
18.1	18	18.3	17.8	16.9	16.5	18.1	17	14.8	14.6
11.7	9.9	10.1	8.8	10.1	8.8	9.2	7.2	7.9	6.9
46	33	35	26	41	33	28	18	37	29
9.250		10.252		9.867		10.118		7.830	
288.8		289.5		288.6		288.1		287.2	
0.018		0.019		0.018		0.018		0.017	
10.268		11.273		10.889		11.134		8.846	
3.648		1.650		1.934		2.248		1.426	
287.6		287.4		287		286.3		286.3	
0.006		0.003		0.003		0.004		0.002	
100		67		94		57		69	
0.017		0.011		0.015		0.009		0.011	
4.673		2.682		2.962		3.277		2.450	
7.24		5.48		5.54		4.83		5.20	
414	411	291	299	327	332	288	282	483	483
11.8	11.8	11.4	11.3	12.9	12.6	13	12.8	8.7	8.5
3.5	3.6	4.3	4.4	2.3	2.4	2.2	2.7	0.3	0.2
11.8	11.8	11.2	—	12.7	12.8	12.7	13	8.6	8.7
3.5	3.6	4.3	—	2.3	2.5	2.5	2.2	0.3	0.2
0.85	0.84 ⁵	0.81	0.80	0.90	0.89 ⁵	0.90	0.89	1.18	1.19
7.28	7.27	5.37	5.59	5.43	5.55	4.78	4.75	6.12	6.06
0.6	0.4		2		0.2			17.7	16.6
		2		2		1	1.7		
1.05		1.05		1.05		1.10		1.10	
1.		1.		1.		1.		1.10	
geopend.		geopend.		geopend.		geopend.		gesloten.	

TABEL III.

Nummer	11a	11b	12a	12b	13a	13b	14a	14b	15a	15b
Omw./min.	610	590	680	675	905	905	995	995	835	840
Rembelasting	kg	15	15	20	20	15	15	18	18	10
E. P. K.	9.1 ⁵	8.8 ⁵	13.6	13.5	13.6	13.6	17.9	17.9	8.3 ⁵	8.4
Duur van de proef	s	17'25"	12'12"	12'12"	12'58"	12'58"	9'50"	9'50"	16'25"	16'25"
		(= 1045")	(= 732")	(= 732")	(= 778")	(= 778")	(= 590")	(= 590")	(= 985")	(= 985")
Barometer	mm H _g .	763.5	765.5	765.5	763.5	763.5	765.5	765.5	768	768
Barometer b	kg/cm ²	1.038	1.041	1.041	1.038	1.038	1.041	1.041	1.044	1.044
Psychrometer droge therm. t _d	°C.	20	20	21.2	21	21.8	21.7	22.7	21.8	20.2
Psychrometer vocht. therm. t _v	°C	13.2	13	14.7	14	15	15	17	15	15
Vochtgehalte aanzuigkast	%	45	44	49	46	48	49	57	48	57
Aflezing drukbalans p ₁	kg/cm ²	9.780	9.780	8.765	8.765	9.930	9.930	8.968	8.968	9.293
Keteltemp. T ₁	°abs.	292.3	292.3	293	293	293	293	492.9	492.9	293
Dampspanning p _{d1}	kg/cm ²	0.023	0.023	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024
Spanning droge lucht p' ₁	kg/cm ²	10.795	10.795	9.782	9.782	10.994	10.994	9.985	9.985	10.313
Aflezing drukbalans p ₂	kg/cm ²	2.759	2.759	2.028	2.028	2.489	2.489	2.049	2.049	2.325
Keteltemp. T ₂	°abs.	290.9	290.9	291.4	291.4	291.4	291.4	292.1	292.1	291.4
Correctie voor p ₂	kg/cm ²	0.005	0.005	0.003	0.003	0.005	0.005	0.003	0.003	0.004
Vochtgeh. ketel bij einde proef	%	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Dampspanning p _{d2}	kg/cm ²	0.021	0.021	0.022	0.022	0.022	0.022	0.023	0.023	0.022
Spanning droge lucht p' ₂	kg/cm ²	3.781	3.781	3.050	3.050	3.510	3.510	3.070	3.070	3.351
Luchtverbruik/P.K.U. L _k	kg	5.29	5.29	4.81	4.81	5.01	5.01	4.64	4.64	5.98
Brandstofverbr./P.K.U.	g	344	338	316	314	361	343	348	349	585
1e Gasmonster	% CO ²	13.2	13.4	13.8	13.6	12.4	12.8	11.5	11.5	7.6
1e Gasmonster	% O ₂	1.3	1.4	0.4	1.2	0.5	0.6	0.4	0.4	0.6
2e Gasmonster	% CO ²	13.5	13.4	13.9	13.3	11.5	13.6	11.8	11.5	7.3
2e Gasmonster	% O ₂	1.2	1.4	0.5	1.5	0.8	0.7	0.6	0.4	1.—
Luchtfactor η		0.96	0.95	1.—	0.95	1.05	1.00 ⁵	1.07	1.08	1.18 ⁵
Luchtverbruik/P.K.U. L _g	kg	5.35	5.32	4.72	4.93	5.14	5.10	4.87	4.83	7.38
Verschil L _g en L _k t. o. v. L _k	Pos. %	1.1	0.6		2.5	2.6	1.8	5.	4.1	23.4
Verschil L _g en L _k t. o. v. L _k	Neg. %			1.9						21.7
Hoofdsproeier diam.	mm	1.20	1.20	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.20
Hulpsproeier „	mm	0.50	0.50	0.60	0.60	0.50	0.50	0.60	0.60	0.60

Solex-carburator.

Luchtstraalbuis diam. 26 mm

HOOFDSTUK VI.

DE TOEPASSING BIJ HET ONDERZOEK VAN CARBURATORS.

Door haar buitengewonen eenvoud kan de indirecte methode van luchtmeting van groote beteekenis zijn en met succes worden toegepast bij proefnemingen, die betrekking hebben op carburators, waar er toch geen werkwijze is aan te geven, die sneller de mengverhouding doet kennen. Reeds in den aanvang van dit werkje is hierop met een enkel woord gewezen; we zullen thans het vraagstuk van den carburator aan een nadere beschouwing onderwerpen.

Daar de werking van dit toestel van overheerschenden invloed is op de economie van het bedrijf, heeft dit vraagstuk van den aanvang van den bouw van automobielmotoren af een punt van overgroot belang uitgemaakt. We zullen het om een juist inzicht te verkrijgen in tweeën moeten splitsen. De eerste vraag wordt, welke eischen de motor met betrekking tot de hoedanigheid en de samenstelling van het mengsel stelt; de tweede is dan, hoe de constructeur een toestel moet vervaardigen, dat aan deze eischen zal voldoen. Minder eenvoudig dan het analyseeren blijkt de oplossing van het vraagstuk tot nu toe te zijn geweest, getuige het ontelbaar aantal carburators van zeer uiteenlopende constructie en werkwijze, dat in den loop der jaren is ontstaan.

Te verwonderen valt dit niet. Het zal blijken, dat de eischen, die de motor stelt, nog verre van volledig bekend zijn. Had men niettemin hieromtrent meer of minder juiste aannamen als grondslag genomen, dan slaagde men er toch niet in, deze te verwezenlijken in een toestel, dat uit eenvoudige onderdeelen was opgebouwd. Voor een belangrijk deel was dit het gevolg van het ontbreken van een systematisch onderzoek naar de werking van deze onderdeelen in onderscheidene uitvoeringen, bij verschillende bedrijfstoestanden van den motor.

We zullen ons eerst nader bepalen tot de eischen, die door den motor gesteld worden. Dan treedt terstond op den voorgrond, dat het mengsel benzine-lucht, behalve van de juiste samenstelling, zooveel mogelijk homogeen dient te zijn. Het is daarbij de bedoeling, dat de benzine in fijn verdeelden vloeistofvorm verkeert en niet als damp voorkomt, daar dit slechts de economie zou schaden door daling van den vullingscoëfficiënt. Om deze reden mag ook de temperatuur niet te hoog zijn, terwijl eveneens een carbürator voor beter geldt, naarmate de druk na het passeeren van den luchtkegel hooger is. Aan deze eischen kan zoo goed mogelijk voldaan worden door een juiste vormgeving van de carburatoronderdeelen en de aanzuigleiding.

Minder nauwkeurig kunnen we omschrijven, wat voor elken bedrijfstoestand de meest gewenschte verhouding lucht : brandstof zal zijn. Theoretisch zal het mengsel niet meer lucht behoeven te bevatten, dan voor de verbranding van de aanwezige benzine noodig is; in werkelijkheid is deze hoeveelheid onvoldoende. Ten eerste bevindt zich boven den zuiger steeds meer of minder oliedamp, die ter vermindering van koolafzetting moet verbranden. Bovendien is de tijd, die verloopt tusschen de vorming van het mengsel en de verbranding daarvan, slechts een zoo klein deel van een seconde, dat volkomen homogeniteit niet mag worden verwacht. Daar we de rijke deelen van het mengsel nog tot volkomen verbranding willen brengen en deze dus minstens de theoretische hoeveelheid lucht moeten bevatten, zal dan ten opzichte van de totale hoeveelheid brandstof een overmaat lucht aanwezig moeten zijn. Hierbij valt op te merken, dat, bij geringe homogeniteit, te veel lucht spoediger aanleiding zal geven tot een trage verbranding, waarom dan ook goed verstoven mengsels armer kunnen zijn.

Aan de verhooging van de luchthoeveelheid is een grens. Vrij spoedig daalt de verbrandingssnelheid zoo ver, dat terugslag in de aanzuigleiding het gevolg is en de motor tenslotte buiten bedrijf geraakt.

Omtrent de waarde van het gewenschte luchtoverschot

voor verschillende bedrijfstoestanden van den motor treft men echter weinig gegevens aan.

Zooals we ook met betrekking tot de uitvoering zullen zien, is de groote moeilijkheid van het vraagstuk hierin gelegen, dat de automobielmotor in bedrijf twee veranderlijke grootheden kent, het toerental en het vermogen.

Hoewel het geenszins voor de hand ligt te verwachten, dat voor alle bedrijfstoestanden, die mogelijk zijn, een constante mengverhouding de meest gewenschte is, is men toch veelal geneigd zulks aan te nemen en men bemerkt dan ook, dat velen zich beijveren, in hunne aanbevelingen hun product het leveren van een steeds gelijkblijvend mengsel toe te dragen.

Het zal dan ook een punt van groot belang uitmaken, voor verschillende motoren een uitgebreid onderzoek naar de beste mengverhouding in te stellen, bij welke proefnemingen de analyse der uitlaatgassen een rol van beteekenis moet spelen.

Men zou daartoe een carburator moeten ontwerpen van eenvoudigen vorm, waarbij een goede verstuiwing gewaarborgd was en de doortochten voor lucht en benzine continu te veranderen waren. Daarmee zou men stelselmatig bij verschillende motoren voor allerlei mogelijke bedrijfstoestanden de meest gunstige afstelling moeten zoeken, om daaruit omtrent de gewenschte mengverhoudingen te kunnen concludeeren.

Bij eenzelfde belastingkoppel zou men voor verschillende hoeksnelheden de verbranding, de mengverhouding en het minimum brandstofverbruik moeten nagaan.

Wel dient men te voren vast te stellen welk doel men met den motor beoogt, het bereiken van max. economie of het behalen van het hoogste vermogen bij een bepaald aantal omwentelingen. Dat in het eerste geval met een belangrijk armer mengsel kan worden volstaan dan in het laatste, is wel algemeen bekend.

WA. OSTWALD geeft in het werk van Prof. Dr. K. DIETERICH (Die Analyse der Kraftstoffe blz. 233 e. v.) op, dat voor het behalen van het hoogste vermogen een luchtoverschot

van $\pm 10\%$ gewenscht is en dat dit $\pm 20\%$ moet bedragen voor het meest economisch bedrijf.

Elders treffen we aan, dat voor het maximumvermogen een mengverhouding 1 : 13 tot 1 : 14 gewenscht is, hetgeen voor onze gebruikelijke benzine, waar de theoretische verhouding 1 : 14.95 bedraagt, zou wijzen op een luchttekort. DECHAMPS-PRAETORIUS (Vergaser) geven op, dat het luchtoverschot 30 % tot 70 % moet bedragen. Dat voor de grootste economie een constante mengverhouding vereischt wordt, vinden we in een artikel van Prof. WAWRZINIOK te Dresden (Auto-Technik 20 Sept. 1923, No. 17/18.)

Door Prof. O. C. BERRY (Automotive Industries 25 Aug. 1921) zijn onderzoekingen verricht bij verschillende bedrijfs-toestanden van den motor en hij geeft, zoowel voor max. vermogen als voor meest economisch bedrijf, getallen voor de juiste mengverhouding aan.

Hij vond, dat in het geheele onderzochte gebied, dat alle bedrijfstoestanden omvatte van laagste tot hoogste toerental bij minimum tot maximum vermogen, het hoogste vermogen geleverd werd bij een mengverhouding van 1 : 13 en dat ditzelfde mengsel de meest economische werking verzekerde, zoolang de belasting niet meer bedroeg dan $\pm 40\%$ van het max. vermogen bij het betreffend toerental. Daarboven was voor max. economie de verhouding 1 : 16 het meest geschikt. Het artikel vermeldt niet, op welke wijze de mengverhouding werd bepaald en evenmin met welken carburator het onderzoek plaats vond. Het blijkt uit deze proeven, dat voor het bereiken van de grootste economie, bij hooger vermogen het mengsel armer moet zijn dan voor het max. vermogen noodig is. Dat ten aanzien van dit onderwerp meerdere gegevens echter gewenscht zijn, valt nochtans niet te ontkennen.

Het is begrijpelijk, dat men zich bij gebrek aan voldoende gegevens eenvoudig op het standpunt heeft gesteld, dat een gelijkblijvend mengsel moest worden nagestreefd. Voor de verwezenlijking van dezen eisch is men op allerlei manieren te werk gegaan; velen construeerden naar eigen inzicht

zonder dat de wetten, die de werking der onderdeelen beheerschen, door systematisch onderzoek bekend waren.

Toch heeft men reeds langen tijd hierover theorieën opgesteld.

De tegenwoordig algemeen gebruikte sproeiercarburator is in zijn meest eenvoudigen vorm een luchtbuis met een vernauwing, waardoor de snelheid van de aangezogen lucht wordt opgevoerd, zoodat ter plaatse de druk afneemt (fig. 18).

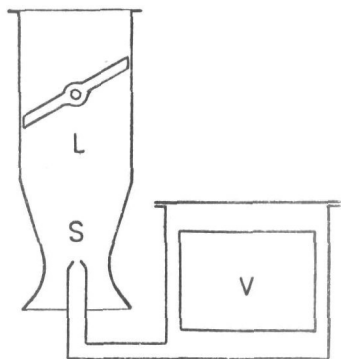


FIG. 18

Ter hoogte van de vernauwing mondt de sproeier S uit, een pijpje, dat in open verbinding staat met een voorraadvat V, waarin de brandstof op het keel-niveau wordt gehouden. Ten gevolge van den onderdruk treedt de benzine uit den sproeier en wordt door den luchtstroom meegenomen en daarin verdeeld.

De doorstroomende hoeveelheden lucht en benzine worden bij bepaalde afmetingen en vormen beheerscht door den

in de ruimte L heerschenden onderdruk. Deze is op zich zelf een functie van toerental en smookklepstand. Een onderzoek gepubliceerd in Mitteilungen des Instituts für Kraftfahrwesen der T. H. Dresden (I Sammelband blz. 15) toont ons, op welke wijze de onderdruk van beide invloeden afhankelijk is.

Het bleek spoedig, dat bij toenemenden onderdruk de bovengeschetste inrichting een mengsel leverde, dat voortdurend rijker werd aan brandstof.

De eerste theorieën hieromtrent zijn die van KREBS. Deze vond, dat de uitstrooming van de lucht practisch evenredig met den wortel uit den onderdruk verloopt; de benzinehoeveelheid echter volgt dit parabolisch verband niet. Hij stelde voor de uitstrooming van lucht en benzine formules op en bracht daarin zooveel correctietermen en factoren, tot de theorie eenigszins met de resultaten overeenkwam. Men begreep ook, dat vooral in lange kanalen de vloeistofstroom de wet van POISEUILLE meer zou volgen, hoewel

men er zoo niet kwam en de kritische snelheden volgens REYNOLDS niet werden bereikt. GRÜNEISEN bracht andere waarden voor die kritische snelheden, terwijl RUMMEL de wrijving in den sproeier afhankelijk stelde van de eerste en de tweede macht der vloeistofsnelheid. HELLER heeft onderzoekingen verricht naar de uitstroomkrommen voor verschillende vormen van sproeiers, door deze onder een glazen klok te plaatsen en daarin een onderdruk op te wekken. Het gelukte op die wijze de bestaande theorieën te toetsen aan de resultaten der proeven en een richting aan te geven, die men kon inslaan om het parabolisch verloop ook voor de vloeistofkromme te benaderen. De beschrijving dezer proeven en de bovengenoemde theorieën vindt men in het werk van Dr. A. HELLER „Motorwagenbau”.

Een zeer uitgebreid onderzoek met moderne hulpmiddelen vond voor enkele jaren omtrent carburators plaats door het *National Advisory Committee for Aeronautics* in Amerika, gepubliceerd in het 4th Annual Report N. A. C. A. 1918 No. 49. Deze proefnemingen hadden voor een groot deel plaats in verband met de ontwikkeling van de vliegtuigmotoren. Dat ook hier te lande de *Rijksstudiedienst voor de Luchtvaart* groote belangstelling heeft voor dit probleem blijkt uit het door haar uitgegeven Rapport B 17, waarin een overzicht van het vraagstuk is gegeven.

Het N. A. C. A. heeft de resultaten van haar onderzoek, die ten deele vroeger uitgesproken verwachtingen en gedane proeven bevestigen, neergelegd in een groot aantal grafische voorstellingen en heeft de uitstrooming van benzine en lucht nagegaan voor allerlei afmetingen en verhoudingen der onderdeelen. Ook werd de invloed onderzocht van de tijdens elke omwenteling in de aanzuigleiding optredende drukschommelingen.

Dergelijk onderzoek zal er toe bijdragen het carburatorvraagstuk nader tot oplossing te brengen. De praktijk kon hierop echter niet wachten en zoodra men bemerkte, dat in beginsel een carburator een te rijk mengsel leverde bij hooger onderdruk, ging men middelen toepassen om dit te voorkomen.

In het algemeen kon men daarbij twee wegen inslaan:

1^o. Directe regeling van de hoeveelheid benzine op eenige wijze al of niet automatisch.

2^o. Indirecte regeling van de hoeveelheid benzine door niet alle lucht langs den sproeier te laten strijken, maar een gedeelte daarvan op een andere plaats toe te laten. Men spreekt in dit geval van extra-lucht of bijlucht.

Daar de regeling van de kleine brandstofopeningen het meeste bezwaar opleverde, zien we van het begin af in hoofdzaak de tweede manier toegepast en wel in een zeer groote verscheidenheid van uitvoeringen. De bediening der organen, die deze bijlucht toelaten, kan uit de hand geschieden, maar al spoedig zien we, dat hun beweging gekoppeld wordt aan die van de smoorklep of door verandering van den onderdruk wordt veroorzaakt.

Men heeft namelijk bijna steeds ernaar gestreefd, den carburator volkomen automatisch te maken, zoodat de bestuurder slechts de smoorklep door middel van hefboom of pedaal behoeft te bedienen.

Door de reeds vermelde omstandigheid, dat zowel toerental als vermogen veranderlijk zijn, is evenwel de bedrijfstoestand door onderdruk of smoorklepstand niet eenduidig bepaald. Daardoor kan een van deze beide grootheden afzonderlijk dan ook niet in alle gevallen voor de regeling van de correctie organen dienen.

Het ontwerpen van een carburator, die automatisch steeds het meest gunstige mengsel geeft voor alle bedrijfstoestanden, wordt hierdoor zeer veel moeilijker.

Ook door toepassing van meerdere sproeiers heeft men het vraagstuk trachten op te lossen. Veelal is men er daarbij toe overgegaan, om verschillende redenen de toemeting der brandstof niet te doen plaats vinden door de nauwkeurig bewerkte uitstroomopening van het standpijpje, doch deze functie te doen verrichten door in de vloeistofkanalen aangebrachte vernauwingen van bekenden doorlaat, waardoor het uiteinde van de standpijp slechts een voor goede verstuiving gunstigen vorm behoeft te hebben.

Daarnaast zien we de laatste jaren vrij algemeen het beginsel toegepast om lucht in het brandstofkanaal toe te laten. Daardoor wordt een vermindering van de doorstromende hoeveelheid vloeistof bereikt, die bovendien min of meer als schuim zal uittreden, waarvan men ook voor de verstuiving voordeel verwacht. We kunnen dit directe automatische regeling van de hoeveelheid benzine noemen.

Intusschen is men den laatsten tijd er zoo van overtuigd geworden, dat men de bestaande carburators van soms vrij ingewikkelde samenstelling niet onder alle omstandigheden het laagste brandstofverbruik te bereiken valt, dat we van verschillende zijden toestellen zien verschijnen, waarmee door het toevoeren van lucht in de aanzuigpijp na den carburator een verarming van het mengsel moet worden bewerkstelligd tot zoodanigen graad, als de motor nog juist kan verdragen. Men is daarbij afgestapt van den eisch van geheel automatische werking en laat deze extra lucht toetreden door een kraan of klep, die vanaf de zitplaats van den bestuurder wordt bediend. Hoewel in uitvoering verschillend, is men daarbij toch teruggekeerd tot een oude methode. Het is echter aan geen twijfel onderhevig, dat op die wijze het zuinigste bedrijf moet kunnen worden verkregen bij de bestaande middelen tot mengselvorming, mits de homogeene samenstelling van het mengsel niet wordt verstoord. Dat de bediening van de automobiel er iets minder eenvoudig door wordt en zelfs een zekere mate van geoefendheid noodig is om het toestel zoo nuttig mogelijk te bezigen, kan voor de toepassing geen bezwaar zijn.

Met niet minder succes dan bij het onderzoek naar de eischen, die door den motor worden gesteld, zal de analyse der uitlaatgassen kunnen worden toegepast bij beproeving van carburators en bij het vaststellen van den invloed, die de verstelling van hem toebedeelde organen op de werking en de mengverhouding uitoefent. Een dergelijk onderzoek is na de in hoofdstuk V beschreven proeven verricht aan een horizontalen Zenith-carburator met „triple diffuseur”, voorzien van een „corrector”, het laatste type van dit merk,

waarvan fig. 20 een doorsnede en fig. 19 een schematische voorstelling geeft.

De inrichting heeft ten doel steeds automatisch voor elk toerental bij elken smookklepstand een mengsel van dezelfde samenstelling te leveren en we kunnen den carburator rekenen tot diegenen, waarbij men dit door directe automatische

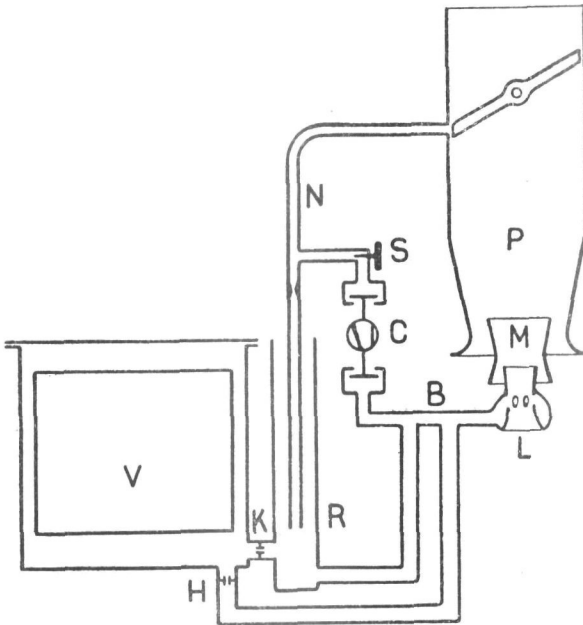


FIG. 19

regeling van de brandstofhoeveelheid heeft trachten te verwezenlijken, want alle lucht treedt door de aanzuigbuis binnen.

Teneinde een in hooge mate homogeen mengsel te verkrijgen, zijn een drietal concentrische straalbuizen L, M en P aangebracht, die een bepaalden stand ten opzichte van elkaar innemen.

Daardoor wordt een zeer hooge luchtsnelheid bereikt in den binnensten dezer luchttrichters, die hol is uitgevoerd en in de keeldoorsnede is voorzien van kleine openingen, waardoor de benzine in den luchtstroom treedt en fijn wordt verstoven.

Het aldus ontstane mengsel treft op zijn verderen weg nog tweemaal een ringvormigen luchtstroom, die tusschen de straalbuizen door treedt, hetgeen ongetwijfeld bevorderlijk is voor een homogenee verdeling van de brandstof in de lucht.

De benzine stroomt in de ringvormige ruimte toe uit het toevoerkanaal B, en wordt hierin vanuit de vlotterkamer V langs twee verschillende wegen aangevoerd. Een deel volgt de directe verbinding tusschen V en B en passeert daarbij de gecalibreerde opening H, den hoofdspoeier. De hier doorstroomende hoeveelheid, die onmiddellijk afhankelijk is van den onderdruk bij de openingen in L, neemt met het stijgen hiervan toe en wel sterker dan noodig is om het mengsel van dezelfde samenstelling te doen blijven.

Het andere deel der brandstof wordt in het kanaal B aangezogen uit een hulpreservoir R, waarin het uit de vlotterkamer toestroomt door de onderin aangebrachte tweede gecalibreerde opening K, den compensator. Daar R met de buitenlucht in verbinding staat, stroomt door den compensator een constante hoeveelheid brandstof. Deze hoeveelheid alleen geeft bij toenemend toerental dus relatief minder benzine in het mengsel.

Door hun tegengestelden invloed beoogt men nu met de combinatie van hoofdspoeier en compensator het mengsel van dezelfde samenstelling te doen blijven.

Wanneer de smoorklep geheel of bijna gesloten is, is de onderdruk bij den luchttrechter zoo gering, dat daar in het geheel geen benzine uittreedt. In dien toestand wordt het bedrijf mogelijk gemaakt door den nulastspoeier. Tegenover den rand van de gesloten smoorklep, waar in dien stand de grootste onderdruk heerscht, mondt in den wand van den carburator een nauw kanaal N uit, waarin de brandstof uit het reservoir R wordt opgezogen en zoo in de aanzuigleiding wordt gebracht. In het kanaal kan nog een hoeveelheid lucht, regelbaar met de stelschroef S worden toegelaten, die binnentreedt door den corrector, welke hierna wordt beschreven.

Bij gesloten smoorklep, wanneer de verstuiver niet werkt, staat de vloeistof in V en R even hoog. Zoodra echter de

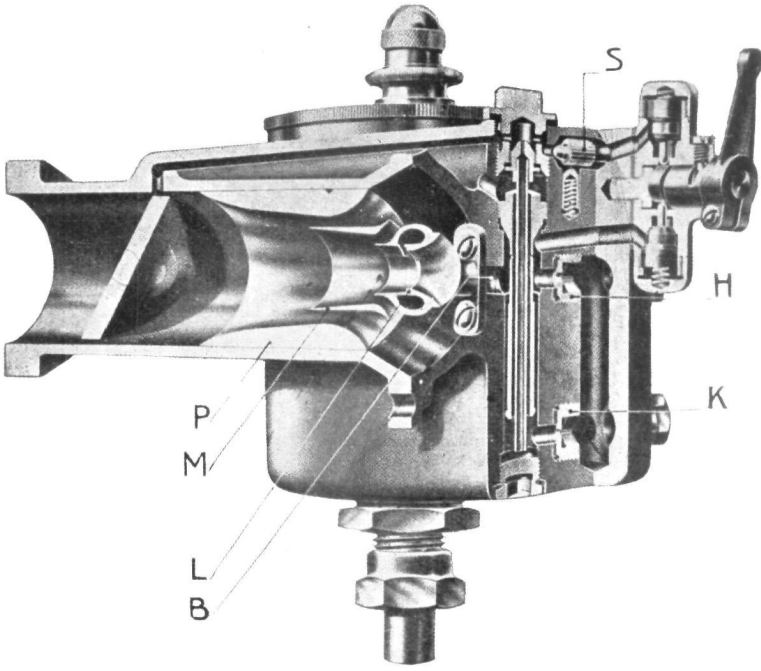


FIG. 20

smoorklep opent en de benzine door B toestroomt, daalt de vloeistofspiegel in R spoedig zoover, dat in bedrijf geen brandstof langs den nullastsproeier meer in de aanzuigbuis kan komen.

Bijzondere belangstelling verdient een afzonderlijk aan den carburator aangebracht orgaan, den corrector, waarvan de invoering als volgt wordt gemotiveerd.

Een carburator, die gunstig is afgesteld voor het bedrijf met een warmen motor, laat het bereiken van het maximum vermogen niet toe, wanneer de machine te koud is. Ook zal een nullastsproeier, die juist is afgeregeld, wanneer de motor warm is, moeilijkheden kunnen opleveren bij het in kouden toestand aanzetten. Om deze redenen worden gemakshalve de carburators doorgaans afgesteld op een te brandstofrijk mengsel. Men beoogt nu met den corrector toch een verarming van het mengsel te kunnen bewerkstelligen, zoowel voor onbelasten als belasten motor, wanneer en in die mate als de machine dit kan verdragen,

De corrector, die vanaf de zitplaats van den bestuurder wordt bediend, bevat twee van elkaar onafhankelijke, door een veer belaste klepjes, die de buitenlucht kunnen toelaten in een der kanalen B of N.

Het heffen der klepjes vindt plaats door draaiing van een as, die voorzien is van afplattingen, waarop de klepstelen rusten. De geheele draaiingshoek van de as bedraagt 90° en we onderscheiden daarbij drie merkwaardige standen.

1°. In een der uiterste standen zijn beide kleppen gesloten. Dit is de stand voor het in bedrijf stellen bij kouden motor, waarbij de corrector buiten werking is.

2°. Na een draaiing van de as over 40° is de klep, die B met de buitenlucht verbindt, nog gesloten, de andere is geopend en er kan lucht toetreden in den benzinstroom voor den nullastsproeier, welke hoeveelheid lucht te voren met een stelschroef S kan worden geregeld. Dit is de stand van den corrector voor normaal bedrijf; de eigenlijke carburator wordt nog niet beïnvloed, doch onbelast krijgt de warme motor een armer mengsel, dan in het eerste geval.

3°. Terwijl het geheven klepje geopend blijft, gaat ge-

durende de tweede helft van de draaing gaandeweg ook het andere klepje omhoog, waardoor in het brandstofkanaal B voortdurend meer lucht wordt toegelaten.

De werking van den corrector blijkt dus op niets anders te berusten, dan op het toelaten van de z.g.n. remlucht. De bedoeling is nu het asje in bedrijf steeds zoover te draaien, als de motor ongestraft toelaat. Is het klepje te veel geopend, dan uit zich dat spoedig door onregelmatigen gang, terugslag, enz.

Van dezen carburator werden met behulp van de analyse der uitlaatgassen de resultaten nagegaan van het bedrijf met gesloten en met maximaal geopenden corrector.

Waar er den laatsten tijd vele toestellen verschenen zijn, die beoogen lucht in de aanzuigpijp te laten treden achter de smoorklep teneinde aldus vermindering van den onderdruk en daardoor benzinebesparing te verkrijgen, leek het interessant om na te gaan in hoeverre ook met den Zenith carburator nog een lager brandstofverbruik te bereiken was. De gelegenheid om achter de smoorklep lucht toe te laten was aanwezig door de vroeger vermelde ringvormige kamer, met een slang aan een kraan verbonden. Een beschouwing over de toestellen om brandstofbesparing te verkrijgen, meestal bestaande uit een kraan of klep, die de luchttoetreding regelt en door den bestuurder naar behoefte wordt geopend, geeft Prof. WAWRZINIÖK in een artikel „Brennstoffsparer“ (Auto-Technik 20 Sept. 1923, No. 17/18).

Het onderzoek van den Zenith-carburator vond plaats met de in vorige hoofdstukken beschreven opstelling, waarbij de inrichting voor directe luchtmeting buiten werking bleef en het veiligheidsdeksel dan ook niet werd aangebracht.

Bij eenzelfde moment op de as werden de verschillende bedrijfstoestanden, gekenmerkt door een verschillend aantal omwentelingen, achtereenvolgens op de vier onderstaande wijzen verwezenlijkt.

- | | |
|-------------------------------|---------------------------------|
| 19. Corrector buiten werking. | Instellen alleen met smoorklep. |
| Geen bijlucht. | |

- | | |
|---|--|
| 2 ^o . Corrector buiten werking.
Maximum bijlucht. | Instellen met smoorklep en
bijluchtkraan. |
| 3 ^o . Corrector max. geopend.
Geen bijlucht. | Instellen alleen met smoorklep. |
| 4 ^o . Corrector max. geopend.
Maximum bijlucht. | Instellen met smoorklep en
bijluchtkraan. |

Het instellen op belastingkoppel en toerental levert voor de onder 1^o. en 3^o. genoemde omstandigheden niets bijzonders op, vooropgesteld, dat de sproeiërs de juiste afmetingen bezitten. Zoodra we echter voortdurend meer bijlucht achter de smoorklep toelaten, zooals bij de gevallen 2 en 4, begint het bedrijf op een zeker oogenblik onrustig te worden; de rem vertoont schommelingen om haar evenwichtsstand, wat bij nog meer lucht spoedig overgaat in een onregelmatig rukken, totdat tenslotte de motor buiten bedrijf geraakt. Het was dus zaak bij deze proeven zooveel lucht toe te laten tot het bedrijf juist onrustig begon te worden, dus de grens te zoeken, waarbij nog van een bedrijfstoestand sprake was.

Bij elke beproeving werden dezelfde metingen en aflezingen verricht als bij de vergelijkingsproeven van hoofdstuk V. Ook hier werd aan het begin en aan het einde van de voortgezette brandstofmeting een gasmonster genomen. Het gemiddelde van het resultaat der analyse van beide monsters is als grondslag voor de berekening genomen.

De bepaling van de mengverhouding lucht : benzine en van het luchtverbruik per P.K.U. uit die waarde en het brandstofverbruik geschiedt geheel zooals vroeger is aangegeven en behoeft geen nadere bespreking. Wel moeten we een oogenblik stilstaan bij de berekening van den vullingscoëfficiënt α . We verstaan hieronder

$$\alpha = \frac{\text{volume aangezogen lucht.}}{\text{doorloopen slagvolume.}}$$

Het is duidelijk, dat behoudens het S.G. der lucht, α recht evenredig zal zijn aan het luchtverbruik L_g kg per P.K.U.

De aangezogen luchthoeveelheid bedraagt per uur

$$L_g \cdot \text{E.P.K. kg}$$

terwijl

$$E.P.K. = \frac{P \cdot n}{c}$$

als $P =$ rembelasting,
 $n =$ omw./min.,
 $c =$ remconstante.

We schrijven dus voor het luchtverbruik per uur:

$$\frac{L_g \cdot P \cdot n}{c} \text{ kg}$$

of $\frac{L_g \cdot P \cdot n}{c \gamma} \text{ m}^3$ als $\gamma =$ S. G. der lucht.

Bij een viertact motor wordt door de zuigers verplaatst gedurende het aanzuigen

$$30 F s n \text{ m}^3 \text{ per uur}$$

als $F s =$ totale slagvolume,
 $n =$ omw./min.

Voor de vullingscoëfficiënt vinden we dus:

$$\alpha = \frac{L_g P n}{c \gamma \cdot 30 F s n} = \frac{L_g P}{30 F s c \gamma}$$

Bij de gebezigde opstelling bedraagt

$$F s = 0.0044 \text{ m}^3$$

$$c = 1000,$$

zoodat

$$\alpha = \frac{L_g P}{132 \gamma} \cdot 100 \%$$

Voor een serie proeven met hetzelfde belastingkoppel is de rembelasting P constant en behoeft slechts voor iedere waarneming γ te worden bepaald, om onmiddellijk met L_g ook α te kunnen berekenen.

Wat de bepaling van het S. G. γ betreft, stellen we vast, dat we het volume van de verplaatste lucht zullen uitdrukken in eenheden van de atmosferische omstandigheden, zooals die zich ten tijde van de beproeving voordoen.

We schrijven dus

$$\gamma = \gamma_0 \frac{T_0 p}{p_0 T}$$

waarbij $\gamma_0 = 1.293,$
 $T_0 = 273^\circ,$
 $p_0 = 760 \text{ mm}$

Daar zoowel L_g als γ_0 betrekking hebben op droge lucht, zal p de partieele luchtspanning moeten voorstellen.

Uit de luchttemperatuur en het vochtgehalte, met den psychrometer bepaald, volgt de dampspanning p_d , waarmee we den barometerstand b verminderen, zoodat

$$p = b - p_d,$$

Voor de bepaling van vochtgehalte en dampspanning is gebruik gemaakt van de tabellen uit LANDOLT-BÖRNSTEIN.

Voor we overgaan tot de beschouwing van de resultaten, met den Zenith-carburator verkregen, zullen we een oogenblik stilstaan bij den invloed, die de temperatuur en de druk van de aangezogen lucht, alsook de drukschommelingen in de aanzuigleiding op de mengverhouding kunnen uitoefenen. Ook hieromtrent vinden we in het rapport van het N. A. C. A. gegevens.

Terwijl de brandstofhoeveelheid niet beïnvloed wordt door den barometerstand, zal het gewicht aan lucht, dat door een straalbuis passeert, hieraan ongeveer evenredig zijn bij een gegeven drukverschil. Voorts is het luchtgewicht omgekeerd evenredig met den wortel uit de absolute temperatuur, die het brandstofgewicht op twee wijzen beïnvloedt nl. door een verandering van het S. G., die zeer gering is en door die van de viscositeit, waardoor bij lange sproeiërs met een verhouding lengte : diameter = 1 : 12 voor een temperatuurverschil van 20° de opbrengst 5 % kan uiteenloopen.

De Zenith-carburator heeft vrij korte sproeiërs, met een verhouding lengte : diameter = 1.7, zoodat de temperatuur invloed hier veel geringer zal zijn. Wat de drukschommelingen in de aanzuigleiding betreft, blijkt uit het rapport, dat de afwijking, die hierdoor in de mengverhouding kan ontstaan voor een Zenith straalbuis van 0 tot ± 3 % kan bedragen. Het resultaat is hier natuurlijk sterk afhankelijk van den vorm van de aanzuigleiding. Het zal tenslotte mogelijk zijn, dat afwijkingen tengevolge van de atmosferische omstandigheden en tengevolge van drukschommelingen elkaar onder omstandigheden opheffen of versterken.

Wat de uitstroomcoëfficiënten betreft valt nog op te

merken, dat die voor de luchtstraalbuis bij snelheden < 45 m/sec. plotseling sterk daalt, en vals die voor den brandstofsproeier bij onderdrukken beneden ± 80 mm waterkolom. Daardoor is het te verklaren, dat er sommige bedrijfstoestanden zijn, waarbij de carburator labiel is en waarbij een geringe verandering in den stand van de smookklep een onevenredige verandering in de mengverhouding tengevolge heeft, waardoor het toerental plotseling stijgt of afneemt. Deze labiele toestand kwam enkele malen bij het onderzoek voor.

De resultaten van het onderzoek van den Zenith-carburator zijn weergegeven in de tabellen met bijbehorende grafieken A t/m H. Hiervan hebben A t/m D betrekking op een rembelasting van 15 kg (moment 10.74 kgm), terwijl die bij de tweede groep E t/m H 20 kg bedraagt (moment 14.32 kgm). In elke groep is bij een bepaald toerental het bedrijf ingesteld op elk der vier wijzen, die hiervoor zijn aangegeven, terwijl voor ieder dier gevallen een afzonderlijke tabel geldt.

De hoofdsproeier is voor beide series verschillend; terwijl bij het kleinste moment met een opening van 1.00 mm kon worden volstaan, moest deze bij de hooge rembelasting door de grootere van 1.10 mm worden vervangen.

In de tabellen zijn de voornaamste gegevens vereenigd, terwijl grafisch zijn uitgezet:

Brandstofverbruik/P. K. U.

Luchtverbruik/P. K. U.

Mengverhouding.

Vullingscoëfficiënt.

Deze grootheden werden bepaald uit de gegevens der gasanalyse op de wijze zooals vroeger is uiteengezet.

In elke grafiek springt onmiddellijk in het oog, dat van een constante mengverhouding geen sprake is; integendeel blijkt het mengsel bij toenemend toerental steeds belangrijker armer aan brandstof te worden. De invloed, die het in werking stellen van den corrector op het brandstofverbruik en de andere grootheden uitoefent is na te gaan door onderlinge vergelijking van A met C en E met G. Vooral bij lager aantal

omw. valt de besparing aan brandstof op. Voorts zien we, dat het mengsel niet alleen veel armer kan zijn bij gebruikmaking van den corrector, doch ook, dat deze verarming met toenemend toerental veel sneller plaats vindt.

Het laat zich verwachten, dat door het toelaten van zooveel mogelijk bijlucht achter de smookklep, een lager brandstofverbruik te bereiken valt dan met den corrector. We zien dit dan ook tot uiting komen in de grafieken B en F voornamelijk bij lager toerental. Bij combinatie van bijlucht en gebruik van den corrector blijkt het brandstofverbruik niet merkbaar meer te verminderen. Wel zien we, dat met gebruikmaking van den corrector de toelaatbare verarming (de mengverhouding) grooter kan zijn, wat te verklaren valt uit de betere verstuiving door het meevoeren van de luchtbelletjes met de brandstof. Een goed verstoven mengsel kan meer lucht verdragen dan een minder homogeen, omdat in dit geval de arme plekken spoediger te veel lucht zouden krijgen met onregelmatig bedrijf als gevolg.

De snellere verarming van het mengsel bij gebruik van den corrector zien we ook wanneer we bijlucht toelaten. Het verdient opmerking, dat het werken met bijlucht tot die uiterst toelaatbare grens als bij het onderzoek plaats vond, practisch niet steeds zal kunnen geschieden, wegens het gevaar voor ontijdig buiten bedrijf geraken van den motor.

Het voorgaande onderzoek levert in de grafische voorstellingen het bewijs van de doelmatigheid der eenvoudige methode van de analyse der uitlaatgassen voor het wetenschappelijk onderzoek van carburators, een onderwerp, dat zich vooral de laatste jaren in toenemende belangstelling mag verheugen.

TABEL A.

Omw./min.	410	610	815	1015	1218
E. P. K.	6.1 ⁵	9.1 ⁵	12.2 ⁵	15.2 ⁵	18.2 ⁵
Barometer mm H _g	766.5	760.5	766	766	766.5
Psychrometer droge therm. °C.	21.5	17.6	16.5	19	19
Psychrometer vochtige therm. °C.	16.4	14.5	13	15	15
Vochtgehalte aangez. lucht %	60	72	67	65	65
Dampspanning mm H _g	11.5	11	9.5	10.5	10.5
Spanning v/d droge lucht mm H _g	755	749.5	756.5	755.5	756
Temp. aangez. lucht °abs.	294.5	290.6	289.5	292	292
S. G. droge lucht	1.191	1.197	1.214	1.202	1.203
Temp. koelwater uitlaat °C.	67.5	71	72.5	80	87
Begin ontsteking ° voor D.P.	23	30	30	30	30
Temp. uitlaatgassen °C.	382	505	575	625	700
Brandstofverbr./P. K. U. g	474	402	359	328	312
1e Gasmonster % CO ₂	9	11.9	12.3	13.1	13.2
1e Gasmonster % O ₂	1.1	0.3	0.3	0.4	0.7
2e Gasmonster % CO ₂	8.3	11.9	12.8	13.8	13.6
2e Gasmonster % O ₂	1.2	0.4	0.2	0.2	0.6
Gehalte CO uit diagram %	7.4	3.6	2.8	1.6	1.4
Luchtfactor η	1.12	1.07	1.05 ⁵	1.02	1.—
Mengverhouding μ	13.35	14	14.2	14.7	14.95
Luchtverbruik/P. K. U. kg	6.32	5.62	5.09	4.81	4.66
Vullingscoëff. %	60	53.5	47.5	45.5	44

Zenith-carburator T. D.

Luchtstraalbuis diam. 27 mm

Hoofdsproeier „ 1 mm

Compensator „ 1 mm

Rembelasting 15 kg

Moment 10.74 kgm

Zonder corrector.

Geen bijlucht.

TABEL B.

Omw./min.		410	610	815	1015	1218
E. P. K.		6.1 ⁵	9.1 ⁵	12.2 ⁵	15.2 ⁵	18.2 ⁵
Barometer	mm H _g	766.5	760.5	766	766	766.5
Psychrometer droge therm.	°C.	22	18	17.8	19.7	19.8
Psychrometer vochtige therm.	°C.	16.7	14.8	14.2	15.2	15.2
Vochtgehalte aangez. lucht	%	59	71	68	62	62
Dampspanning	mm H _g	11.5	11	10.5	10.5	10.5
Spanning v/d droge lucht	mm H _g	755	749.5	755.5	755.5	756
Temp. aangez. lucht	°abs.	295	291	290.8	292.7	292.8
S. G. droge lucht		1.189	1.196	1.206	1.199	1.199
Temp. koelwater uitlaat	°C.	67	66	71	72.5	80
Begin ontsteking	° voor D.P.	23	30	30	30	30
Temp. uitlaatgassen	°C.	430	523	580	625	685
Brandstofverbr./P. K. U.	g	348	317	314	302	308
1e Gasmonster	% CO ₂	12.6	12.5	11.5	12.3	11.2
1e Gasmonster	% O ₂	1.9	2.7	2.9	2.5	3.2
2e Gasmonster	% CO ₂	12.6	12.6	12.	11.7	12.1
2e Gasmonster	% O ₂	1.9	2.5	2.7	2.7	2.8
Gehalte CO uit diagram	%	1.2	0.5	1.5	1.4	1.5
Luchtfactor η		0.93 ⁵	0.89	0.90	0.90 ⁵	0.89
Mengverhouding μ		16	16.8	16.6	16.5	16.8
Luchtverbruik/P. K. U.	kg	5.57	5.33	5.21	4.99	5.14
Vullingscoëff.	%	53	50.5	49	47	48.5

Zenith-carburator T. D.

Luchtstraalbuis diam. 27 mm

Hoofdsproeier „ 1 mm

Compensator „ 1 mm

Rembelasting 15 kg

Moment 10.74 kgm

Zonder corrector.

Max. bijlucht.

TABEL C.

Omw./min.	410	610	815	1015	
E. P. K.	6.1 ⁵	9.1 ⁵	12.2 ⁵	15.2 ⁵	
Barometer	mm H _g	766.5	760.5	766	766
Psychrometer droge therm.	°C.	21.5	17.8	16.8	19.2
Psychrometer vochtige therm.	°C.	16.4	14.5	13.4	15.2
Vochtgehalte aangez. lucht	%	60	70	69	65
Dampspanning	mm H _g	11.5	10.5	10	11
Spanning v/d droge lucht	mm H _g	755	750	756	755
Temp. aangez. lucht	°abs.	294.5	290.8	289.8	292.2
S. G. droge lucht		1.191	1.198	1.212	1.200
Temp. koelwater uitlaat	°C.	71	67	69	70
Begin ontsteking	° voor D.P.	23	30	30	30
Temp. uitlaatgassen	°C.	396	520	580	625
Brandstofverbr./P. K. U.	g	416	340	322	311
1e Gasmonster	% CO ₂	10.4	13.7	11.8	11.6
1e Gasmonster	% O ₂	1.1	0.8	2.7	4
2e Gasmonster	% CO ₂	10.4	13.7	12	11.6
2e Gasmonster	% O ₂	1.2	0.9	2.8	4
Gehalte CO uit diagram	%	5	0.7	1.3	0.5
Luchtfactor η		1.06 ⁵	0.97 ⁵	0.90	0.82
Mengverhouding μ		14	15.3	16.6	18.2
Luchtverbruik/P. K. U.	kg	5.85	5.21	5.35	5.66
Vullingscoëff.	%	55.5	49.5	50	53.5

Zenith-carburator T. D.

Luchtstraalbuis diam. 27 mm

Hoofdspoeier ,, 1 mm

Compensator ,, 1 mm

Rembelasting 15 kg

Moment 10.74 kgm

Corrector geopend.

Geen bijlucht.

TABEL D.

Omw./min.	410	610	815	1015	
E. P. K.	6.1 ⁵	9.1 ⁵	12.2 ⁵	15.2 ⁵	
Barometer	mm H _g	766.5	760.5	766	766
Psychrometer droge therm.	°C.	21.5	17.8	17.2	19.5
Psychrometer vochtige therm.	°C.	16.4	14.5	14	15.2
Vochtgehalte aangez. lucht	%	60	71	71	63
Dampspanning	mm H _g	11.5	10.5	10.5	10.5
Spanning v/d droge lucht	mm H _g	755	750	755.5	755.5
Temp. aangez. lucht	°abs.	294.5	290.8	290.2	292.5
S. G. droge lucht		1.191	1.198	1.209	1.200
Temp. koelwater uitlaat	°C.	74	65	69	70
Begin ontsteking	° voor D.P.	23	30	30	30
Temp. uitlaatgassen	°C.	430	523	576	624
Brandstofverbr./P. K. U.	g	345	319	316	310
1e Gasmonster	% CO ₂	12.4	11.8	10.7	10.9
1e Gasmonster	% O ₂	2	2.7	3.8	4.1
2e Gasmonster	% CO ₂	12.7	12.2	11	11
2e Gasmonster	% O ₂	1.9	2.5	3.6	4.1
Gehalte CO uit diagram	%	1.2	1.4	1.9	1.3
Luchtfactor η		0.93 ⁵	0.90 ⁵	0.87	0.83 ⁵
Mengverhouding μ		16	16.5	17.2	17.9
Luchtverbruik/P. K. U.	kg	5.52	5.26	5.43	5.55
Vullingscoëff.	%	52.5	50	51	52.5

Zenith-carburator T. D.

Luchtstraalbuis diam. 27 mm

Hoofdsproeier „ 1 mm

Compensator „ 1 mm

Rembelasting 15 kg

Moment 10.74 kgm

Corrector geopend.

Max. bijlucht.

TABEL E.

Omw./min.	610	690	815	915	1015	1218
E. P. K.	12.2	13.8	16.3	18.3	20.3	24.3 ⁵
Barometer mm H _g	763	762.5	763	765.5	763	765
Psychrometer droge therm. °C.	16	26	19	28	16.4	17.5
Psychrometer vochtige therm. °C.	13.6	22	13	23	11.5	13
Vochtgehalte aangez. lucht %	77	71	50	65	55	60
Dampspanning mm H _g	10.5	18	8	18.5	7.5	9
Spanning v/d droge lucht mm H _g	752.5	744.5	755	747	755.5	756
Temp. aangez. lucht °abs.	289	299	292	301	289.4	290.5
S. G. droge lucht	1.210	1.155	1.200	1.153	1.212	1.208
Temp. koelwater uitlaat °C.	68	64	71	65.5	75	76
Begin ontsteking ° voor D.P.	26	28	30	27	30	53
Brandstofverbr./P. K. U. g	380	377	330	325	316	308
1e Gasmonster % CO ₂	11.3	11.2	12.2	13.1	12.7	13.6
1e Gasmonster % O ₂	0.4	0.3	0.5	0.6	0.4	0.6
2e Gasmonster % CO ₂	11.2	11.3	12	12.2	12.7	13.7
2e Gasmonster % O ₂	0.3	0.3	0.6	0.5	0.4	0.7
Gehalte CO uit diagram %	4.6	4.7	3.2	2.5	2.5	1
Luchtfactor η	1.09 ⁵	1.10	1.05	1.03	1.04	0.99
Mengverhouding μ	13.65	13.6	14.2	14.5	14.4	15.1
Luchtverbruik/P. K. U. kg	5.20	5.12	4.70	4.71	4.54	4.65
Vullingscoëff. %	65	67	59.5	62	57	58.5

Zenith-carburator T. D.

Luchtstraalbuis diam. 27 mm

Hoofdsproeier „ 1.10 mm

Compensator „ 1 mm

Rembelasting 20 kg

Moment 14.32 kgm

Zonder corrector.

Geen bijlucht.

TABEL F.

Omw./min.	610	695	905	1015	1218
E. P. K.	12.2	13.9	18.1	20.3	24.3 ⁵
Barometer mm H _g	762	762.5	765.5	763	765
Psychrometer droge therm. °C.	16.5	30	29.5	17	18
Psychrometer vochtige therm. °C.	14	23	23.5	11.5	14
Vochtgehalte aangez. lucht %	76	55	61	51	65
Dampspanning mm H _g	10.5	17.5	19	7.5	10
Spanning v/d droge lucht mm H _g	752.5	745	746.5	755.5	755
Temp. aangez. lucht °abs.	289.5	303	302.5	290	291
S. G. droge lucht	1.208	1.142	1.146	1.210	1.204
Temp. koelwater uitlaat °C.	68	79	70	73	73
Begin ontsteking ° voor D. P.	26	28	27	30	35
Brandstofverbr./P. K. U. g	318	317	295	289	288
1e Gasmonster % CO ₂	12.2	13.3	13.3	12.7	12.1
1e Gasmonster % O ₂	1.9	1.2	1.8	2.6	3
2e Gasmonster % CO ₂	12.2	13.3	13		11.8
2e Gasmonster % O ₂	2.	1.1	2.2		3.2
Gehalte CO uit diagram %	1.8	1	0.3	0.4	1
Luchtfactor η	0.95	0.96 ⁵	0.91	0.88 ⁵	0.87
Mengverhouding μ	15.7	15.5	16.4	16.9	17.2
Luchtverbruik/P. K. U. kg	5.	4.92	4.85	4.89	4.95
Vullingscoëff. %	63	65	64	61	62.5

Zenith-carburator T. D.

Luchtstraalbuis diam. 27 mm

Hoofdsproeier „ 1.10 mm

Compensator „ 1 mm

Rembelasting 20 kg

Moment 14.30 kgm

Zonder corrector.

Max. bijlucht.

TABEL G.

Omw./min.	610	690	910	1015	1218
E. P. K.	12.2	13.8	18.2	20.3	24.3 ⁵
Barometer mm H _g	763	762.5	765.5	763	765
Psychrometer droge therm. °C.	16.4	27	28	16.5	17.8
Psychrometer vochtige therm. °C.	14	22.5	23	11.5	13.4
Vochtgehalte aangez. lucht %	77	68	65	55	61
Dampspanning mm H _g	11	18	18.5	7.5	9.5
Spanning v/d droge lucht mm H _g	752	744.5	747	755.5	755.5
Temp. aangez. lucht °abs.	289.4	300	301	289.5	290.8
S. G. droge lucht	1.206	1.153	1.153	1.212	1.206
Temp. koelwater uitlaat °C.	69	67	65.5	73	70
Begin ontsteking ° voor D. P.	26	28	27	30	35
Brandstofverbr./P. K. U. g	329	321	300	293	295
1e Gasmonster % CO ₂	13	14	13.2	11.6	11.8
1e Gasmonster % O ₂	0.8	0.6	2	3.4	3.8
2e Gasmonster % CO ₂	13.5	13.8	13.1	11.6	11.6
2e Gasmonster % O ₂	0.5	0.5	2	3.3	3.7
Gehalte CO uit diagram %	1.5	0.7	0.3	1.2	0.6
Luchtfactor η	1.—	0.99	0.91	0.86 ⁵	0.83 ⁵
Mengverhouding μ	14.95	15.1	16.4	17.3	17.9
Luchtverbruik/P. K. U. kg	4.94	4.85	4.92	5.06	5.29
Vullingscoëff. %	62	63.5	64.5	63.5	66.5

Zenith-carburator T. D.

Luchtstraalbuis diam. 27 mm

Hoofdsproeier „ 1.10 mm

Compensator „ 1. mm

Rembelasting 20 kg

Moment 14.32 kgm

Corrector geopend.

Geen bijlucht.

TABEL H.

Omw./min.		610	690	935	1015	1218
E. P. K.		12.2	13.8	18.7	20.3	24.3 ⁵
Barometer	mm H _g	763	762.5	765.5	763	765
Psychrometer droge therm.	°C.	16.4	29	29	16.5	18
Psychrometer vochtige therm.	°C.	14	22	23	11.5	14
Vochtgehalte aangez. lucht	%	77	54	60	55	65
Dampspanning	mm H _g	11	16	18	7.5	10
Spanning v/d droge lucht	mm H _g	752	467.5	747.5	755.5	755
Temp. aangez. lucht	°abs.	289.4	302	302	289.5	291
S. G. droge lucht		1.206	1.148	1.150	1.212	1.204
Temp. koelwater uitlaat	°C.	67	69	68	73	71
Begin ontsteking	° voor D.P.	26	28	27	30	35
Brandstofverbr./P. K. U.	g	320	324	296	286	286
1e Gasmonster	% CO ₂	12.2	12.9	12.6	11.6	11.1
1e Gasmonster	% O ₂	2.8	2.3	2.9	4	4.1
2e Gasmonster	% CO ₂	12	12.3	12.5	11.7	11.8
2e Gasmonster	% O ₂	2.7	2.5	2.9	4	4.1
Gehalte CO uit diagram	%	1	0.7	0.3	0.4	0.7
Luchtfactor η		0.89 ⁵	0.90	0.86 ⁵	0.82	0.81 ⁵
Mengverhouding μ		16.7	16.6	17.3	18.2	18.4
Luchtverbruik/P. K. U.	kg	5.34	5.38	5.12	5.21	5.25
Vullingscoëff.	%	67	71	67.5	65	66

Zenith-carburator T. D.

Luchtstraalbuis diam. 27 mm

Hoofdsproeier „ 1.10 mm

Compensator „ 1 mm

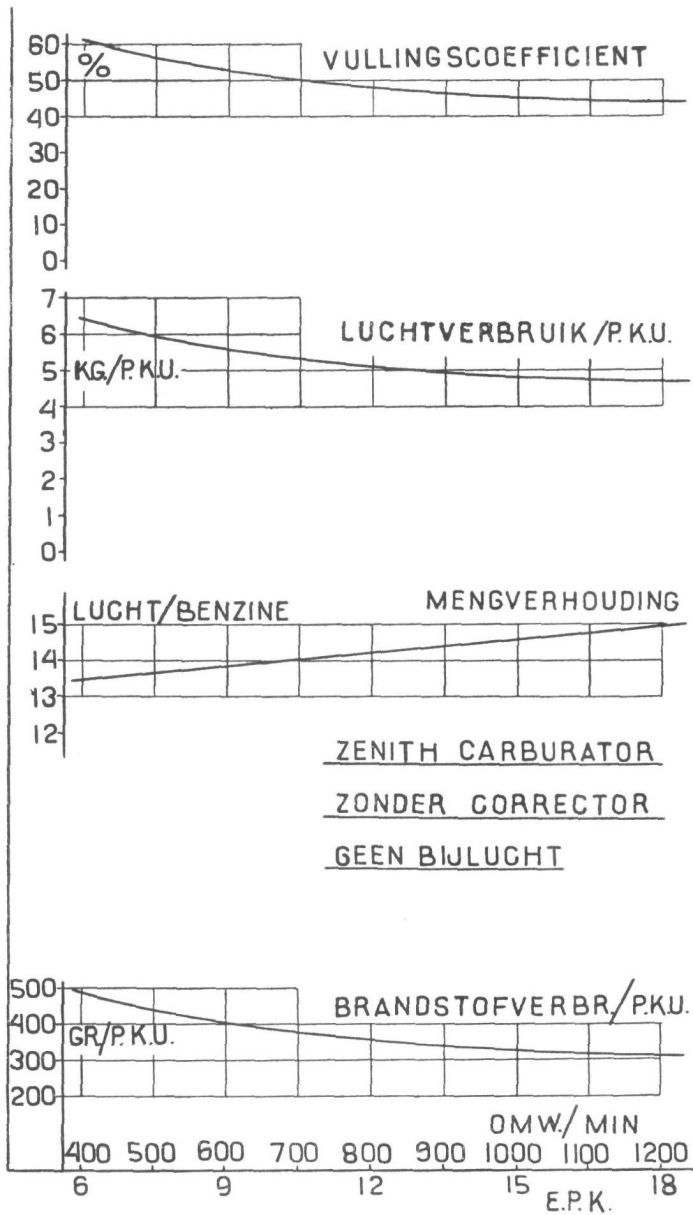
Rembelasting 20 kg

Moment 14.32 kgm

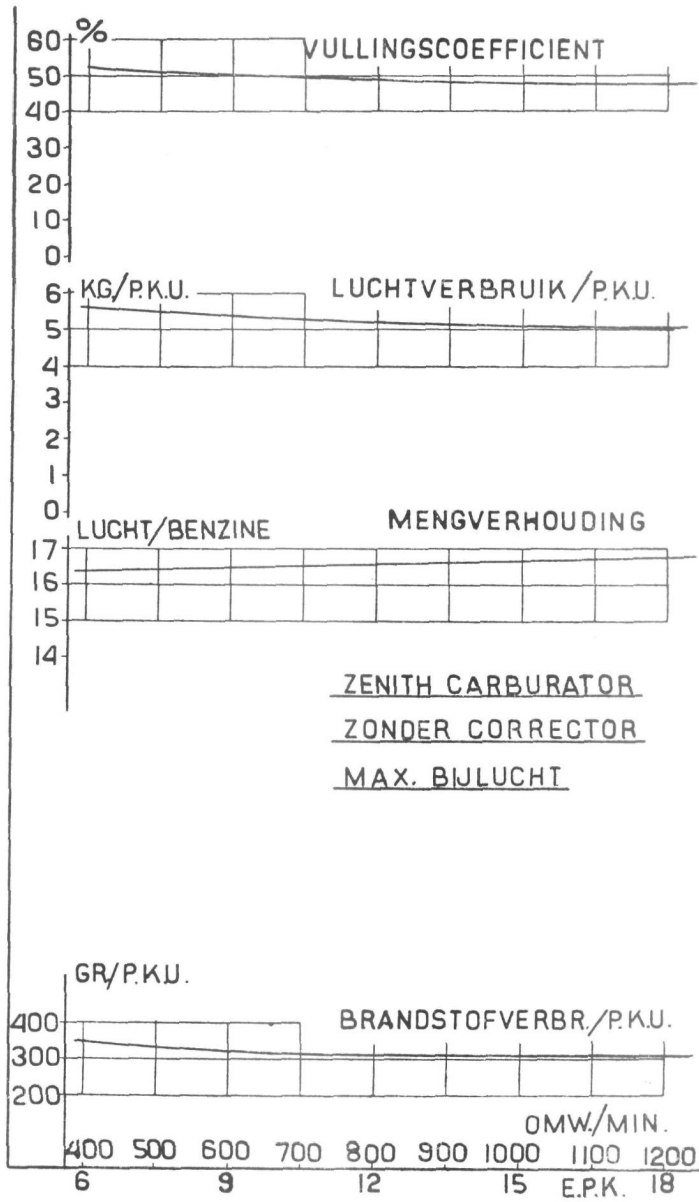
Corrector geopend.

Max. bijlucht.

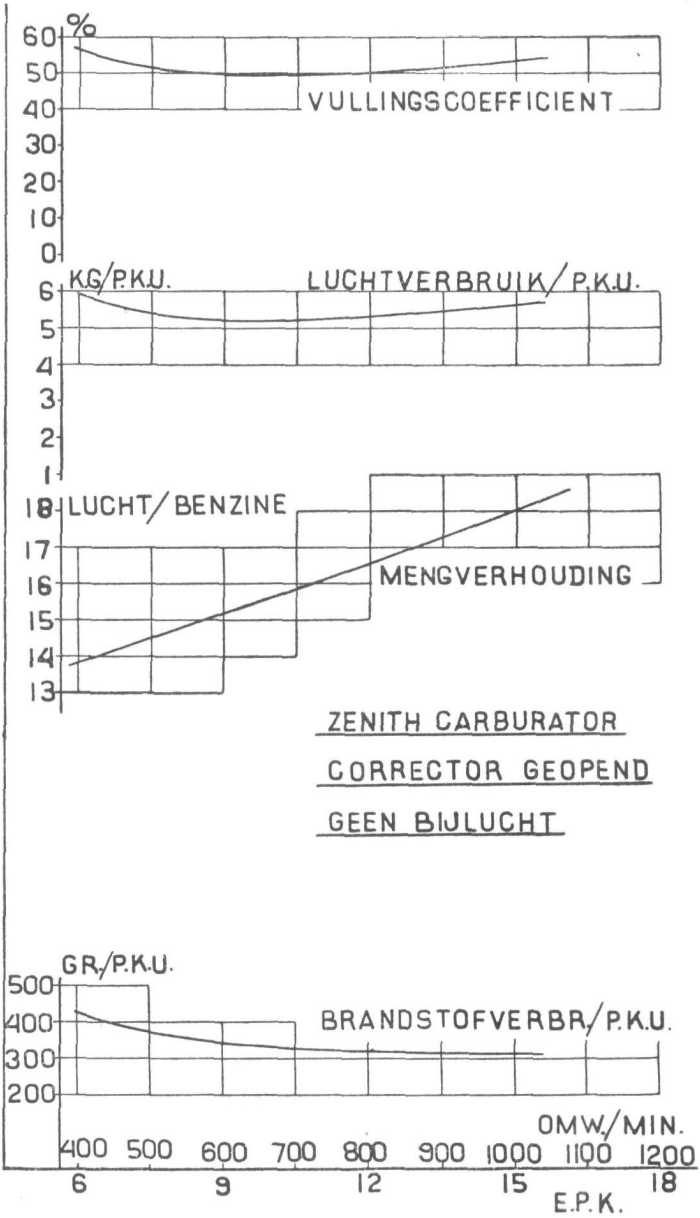
GRAFIEK A.



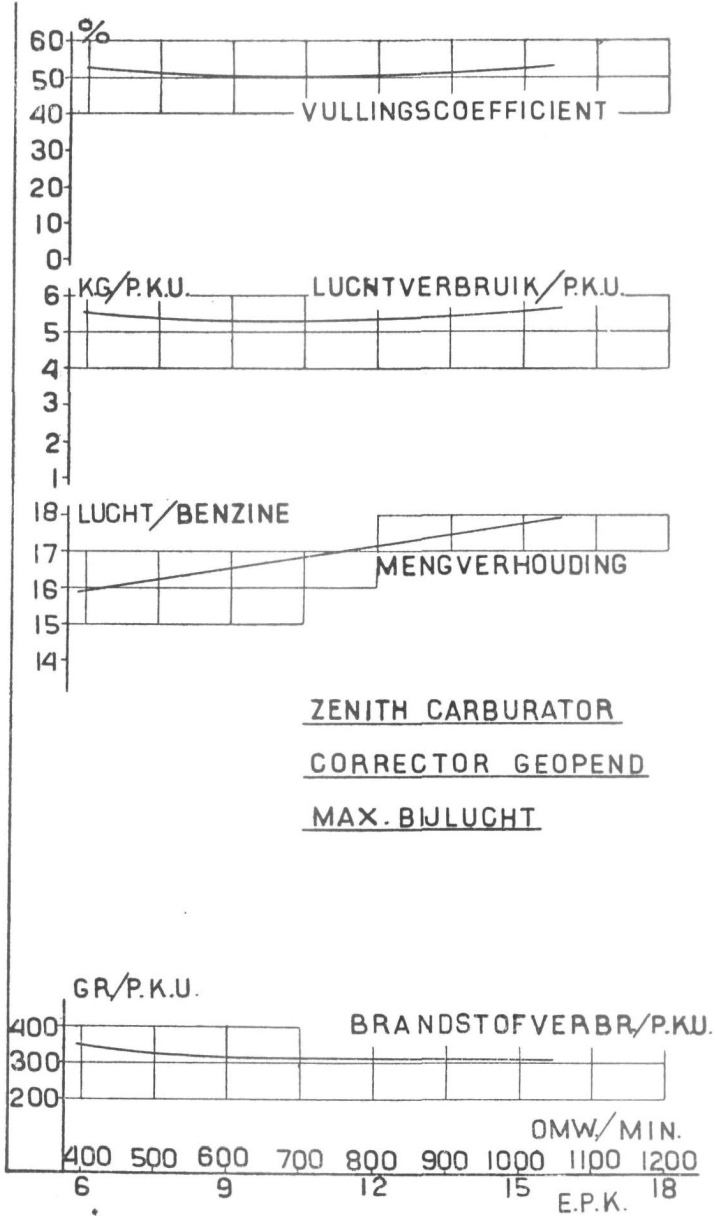
GRAFIEK B.



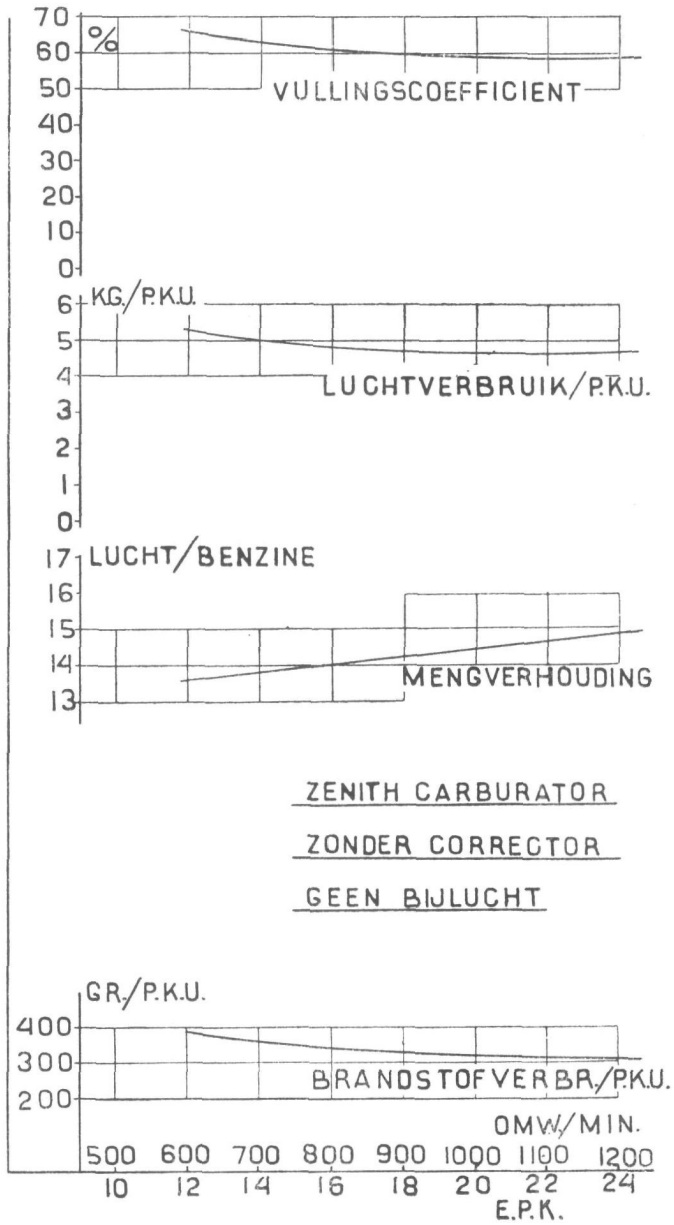
GRAFIEK C.



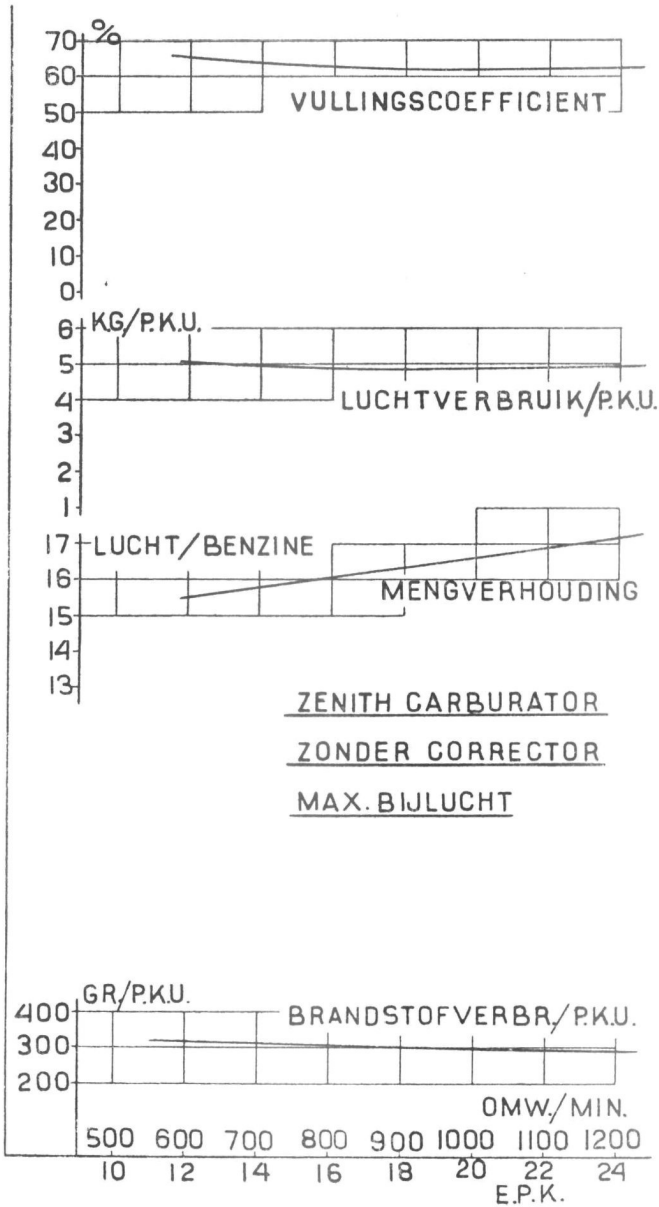
GRAFIEK D.



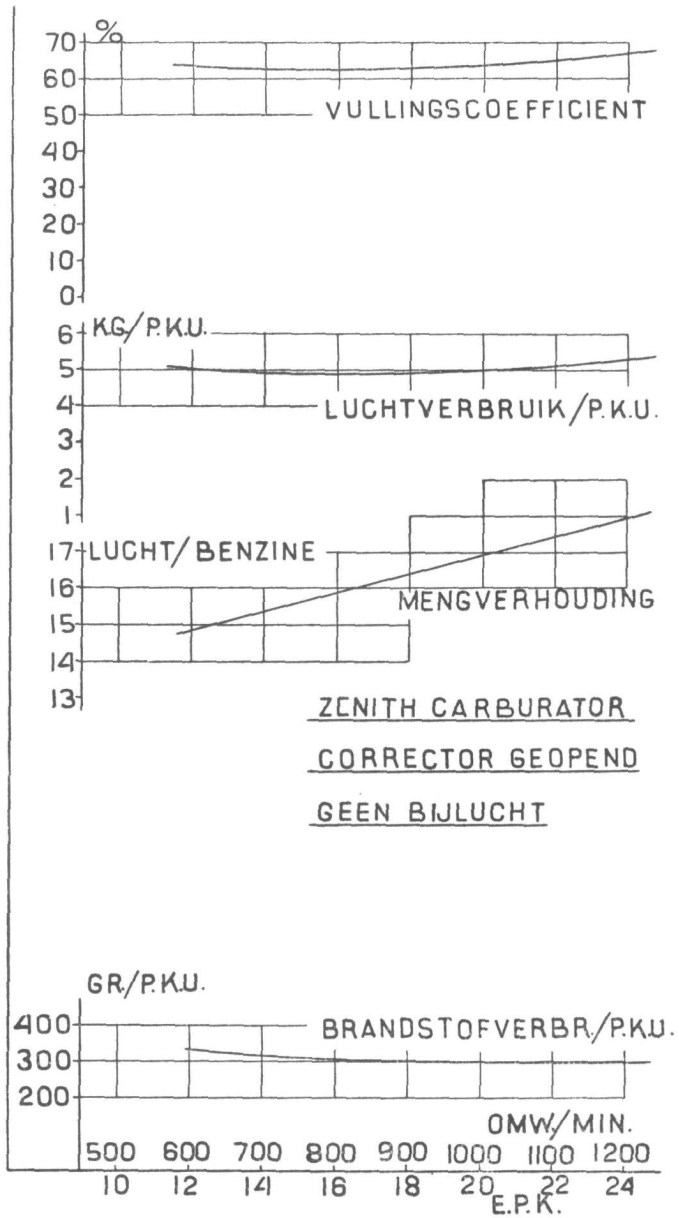
GRAFIEK E.



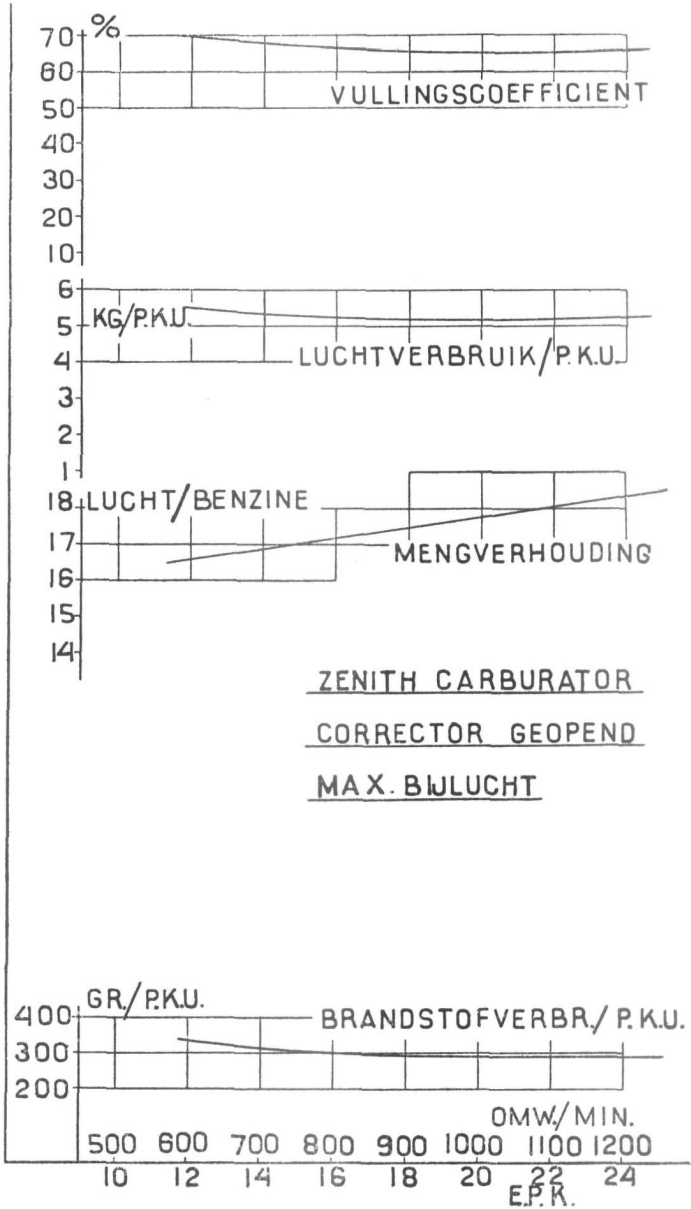
GRAFIEK F.



GRAFIEK G.



GRAFIEK H.



STELLINGEN.

1.

Dat bij het theoretisch luchtverbruik het zuurstofgehalte der verbrandingsgassen de helft van dat aan CO bedraagt (blz. 19) is eenvoudig in te zien.

2.

Bij de wijze waarop SEUFERT een diagram ontwerpt voor de verbranding van vaste en vloeibare brandstoffen, (Z. d. V. d. I. 3 Juli 1923, No. 27, blz. 505) komt de aard der η -lijnen niet tot uiting.

3.

Een nader onderzoek naar de meest doelmatige samenstelling van het lucht-brandstof mengsel voor alle bedrijfs-toestanden van een automobielmotor is gewenscht.

4.

Het automatisch toelaten van extra-lucht voor de correctie van het mengsel dat een carburator levert, kan in het algemeen niet door het toerental of den smoor-klepstand afzonderlijk geregeld worden.

5.

Het gebruik van kogelblokken moet in bepaalde gevallen worden ontraden.

v. d. V. d. I. 3 Juli 1923, No. 27, blz. 505

6.

Geregeld, stelselmatig onderhoud is voor een mechanische inrichting van meer nut dan een grondige reiniging met groote tusschenpoozen.

7.

Voor een industrieel bedrijf, dat niet ten achter wil geraken, is een afzonderlijke afdeeling voor wetenschappelijk onderzoek onmisbaar.

8.

Het is in het belang van iedere onderneming, dat het personeel op eenigerlei wijze geïnteresseerd is bij het welslagen der zaak.
