

Handleiding 3^e jaars vliegproeven

TECHNISCHE HOGESCHOOL

VliegTUIGBOUWKUNDE

Rapport 27

Handleiding 3e-jaars vliegproeven.

Samenvatting

De 3e-jaars vliegproeven bestaan uit de bepaling van enkele prestaties in stationnaire, symmetrische, rechtlijnige vluchten van een eenvoudig portvliegtuig. De resultaten der metingen worden herleid naar de atmosferische omstandigheden in de standaard atmosfeer en naar het maximaal toelaatbare gewicht.

In deze handleiding wordt de wijze waarop de metingen worden verricht besproken en tevens de herleidingsmethode aangegeven. Tot slot worden enkele aanwijzingen gegeven voor het maken van het verslag.

Inhoud

	blz.
. Notaties.	2
. Uitvoering van de proeven.	2
. Herleiding van de metingen.	8
. Uitwerking van de waarnemingen.	14
. Het verslag van de vliegproeven.	17

Notaties.

D	schroefdiameter
J	voortgangscoefficiënt van de schroef ($\frac{V}{nD}$)
n	toerental van de schroef
p	statische druk van de ongestoorde stroming
p'	statische druk t.p.v. de pitotbuis
P	motorvermogen
q	dynamische druk ($\frac{1}{2}\rho V^2$)
S	vleugeloppervlak
T	temperatuur
V	vliegsnelheid
V _e	equivalente snelheid ($V\sqrt{\frac{\rho}{\rho_0}}$)
V _i	aangewezen snelheid
V _m	gemeten snelheid, V _i gecorrigeerd voor instrumentale fout
C	stijgsnelheid
C'	stijgsnelheid, afgeleid uit de aanwijzing van de hoogtemeter ($\frac{\Delta h}{\Delta t}$)
W	gewicht
W ₀	basisgewicht
α	invalshoek
γ	baanhoek
ρ	luchtdichtheid
ϕ	vermogensfactor
C _L	draagkrachtscoëfficiënt
C _D	weerstandscoefficiënt

index G bij V, n, C en P : gereduceerde grootheden
" 0 " p, T en ρ : waarde in de standaard atmosfeer op 0 m hoogte
" 1 : waarde tijdens de meting
" 2 : waarde na de herleiding
" 3 : waarde in de standaard atmosfeer op de drukhoogte van de meting.

Uitvoering van de proeven

De vliegproeven worden verricht met een Auster "Autocar" vliegtuig, een vierpersoons hoogdekker, voorzien van een Gipsy Major I motor met vaste schroef. Fig.1 geeft een maatschets, terwijl in tabel 1 enkele belangrijke gegevens van het vliegtuig zijn verzameld.
Het proevenprogramma wordt afgewerkt in één vlucht, welke normaal ca 1,5 uur duurt.

Bepaald worden:

- het verband tussen $V_{\max}$ en h
- het verband tussen n en V op 1000 m hoogte
- het verband tussen C en V op 1000 m hoogte bij een bepaalde motorregeling
- het verband tussen C en h , en de stijgtijd tot 1000 m en 2000 m bij een bepaalde motorregeling.

Teneinde de vliegtijd zo kort mogelijk te houden is de volgorde van de dingen tijdens de vlucht, zie fig.2 :

- : stijgvlucht tot 2000 m
- : bepaling van $V_{\max}$ op 2000 m
- : dalen tot 1500 m
- : bepaling van $V_{\max}$ op 1500 m
- : dalen tot 1000 m
- : bepaling van het verband tussen n en V en van $V_{\max}$ op 1000 m in opeenvolgende, stationnaire vliegtoestanden
- : dalen tot 750 m
- : stijgen tot 1250 m, bepaling van C bij één waarde van V
- : dalen tot 750 m, bepaling van C bij één waarde van V
- : enkele malen HJ en JK herhalen, de vliegsnelheid wordt echter telkens anders gekozen, waardoor het verband tussen C en V wordt gevonden
- : dalen tot 500 m
- : bepaling van $V_{\max}$ op 500 m
- : dalen tot 0 m en landen.

Ten gevolge van de weersomstandigheden, zoals de aanwezigheid van een kendeik lager dan 2000 m, kan het soms noodzakelijk zijn van bovenstaand programma af te wijken.

Tijdens de metingen worden de navolgende grootheden waargenomen:

motortoerental
snelheid
hoogte
temperatuur
tijd

In het onderstaande wordt aangegeven op welke wijze deze en enkele andere grootheden in de "Autocar" worden gemeten.

Het motortoerental

Het toerental van de motor wordt langs elektrische weg bepaald. Aan de motor is een draaistroomgenerator bevestigd, welke een kleine electromotor in het aanwijsinstrument aandrijft. Deze draait synchroon met de generator. De omwentelingssnelheid van de electromotor, welke een maat is voor het toerental van de vliegtuigmotor, wordt gemeten. Voor een uitvoeriger beschrijving van deze wijze van meten wordt verwezen naar blz. 27 van lit.1 en blz. 229 van lit.2. Het instrument wordt tot op halve schaaldelen afgelezen (5 omw/min).

De snelheid

De vliegsnelheid wordt gemeten met behulp van een richtende pitotbuis, welke aan de voorste S.B. vleugelstijl van het vliegtuig is bevestigd. In volgno. 1622 is beschreven op welke wijze de snelheid wordt afgeleid uit het door de pitotbuis geleverde drukverschil.

Tengevolge van de aanwezigheid van de vleugel is de statische druk, welke door de pitotbuis wordt gemeten, niet gelijk aan de statische druk van de ongestoorde stroming. Hierdoor ontstaat de z.g. opstellingsfout.

Het relatieve drukverschil:

$$\frac{\Delta p}{q} = \frac{p - p'}{q} \quad (1)$$

wordt bepaald door de stromingstoestand, dus door C_L en J . Dientengevolge is het verschil tussen de gemeten en de equivalente snelheid mede afhankelijk van het gewicht, zoals gemakkelijk kan worden nagegaan. De snelheidscorrectie voor de opstellingsfout is ontleend aan VTH rapport 30 en weergegeven in fig. 3. De snelheidsmeter wordt tot op 1/4 schaaldeel (0,5 km/h) afgelezen.

De hoogte

In volgno. 1641 is aangegeven op welke wijze de ware vlieghoogte wordt bepaald met behulp van de statische druk en de temperatuur. Voor deze vliegtoeven is echter uitsluitend de drukhoogte van belang, welke direct uit de aanwijzing van de hoogtemeter kan worden afgeleid, indien deze op 1013 mb is gesteld.

De voor de hoogtemeting benodigde statische druk wordt ontleend aan de richtende pitotbuis.

In volgno. 15 is het verband weergegeven tussen de hoogte en de statische druk in de standaardatmosfeer, volgens welke de hoogtemeter is geijkt. Met behulp hiervan wordt uit de afgelezen en voor de instrumentale fout gecorrigeerde hoogte de statische druk bepaald.

Ten gevolge van het in het bovenstaande genoemde drukverschil Δp moet op de aldus bepaalde statische druk een correctie voor de opstellings-

ut worden aangebracht, welke afhankelijk is van het gewicht. Deze correctie is ontleend aan VTH rapport 30 en weergegeven in fig.4. De hoogtemeter wordt tot op 1/10 schaaldeel (1 m) afgelezen.

De temperatuur

De wijze waarop in het algemeen de temperatuur van de buitenlucht tijdens de vlucht kan worden gemeten, is besproken in volgno. 1634. De "Autocar" is voorzien van een elektrische thermometer, bestaande uit een tegen zonneraling afgeschermd weerstandselement, bevestigd aan de voorste S.B. eugelstijl en uit een aanwijsinstrument in de cabine. In fig.5 is de ijk-omme van deze thermometerinstallatie gegeven. De snelheden blijven tijdens proeven voldoende laag om de correctie voor stuwing en wrijving verwaarschaar te doen zijn. De thermometer wordt tot op 1/10 schaaldeel (0,2 eenheid) afgelezen.

De luchtdichtheid

De luchtdichtheid wordt niet direct gemeten, maar uit de druk en de temperatuur afgeleid:

$$\rho = 0,04736 \frac{p}{T} \quad (2)$$

in $\frac{\text{kg sec}^2}{\text{m}^4}$

in mm Hg

in °K

Dikwijls is het echter eenvoudiger te werken met de relatieve waarden $\frac{p}{p_0}$ en $\frac{T}{T_0}$:

$$\frac{\rho}{\rho_0} = \frac{p}{p_0} \cdot \frac{T_0}{T} \quad (3)$$

$$(T_0 = 288^\circ \text{ K})$$

waarde van $\frac{p}{p_0}$ behorend bij een bepaalde h in de standaard atmosfeer, kan middellijk in volgno. 1377 worden gevonden.

De tijd

Gedurende de stijgvuchten wordt met bepaalde intervallen de tijd waargenomen met behulp van een stophorloge. De tijdstippen van start en landing, zin van de n-V-kromme enz. worden bepaald met een normaal horloge. Het stophorloge wordt tot op 0,1 sec. afgelezen.

Het gewicht

Tijdens de vlucht neemt het gewicht langzaam af t.g.v. het brandstofverbruik. Het is daarom nodig de brandstofvoorraad voor en na de vlucht te bepalen door aflezing van de benzinestandmeters en de tijdstippen van enkele belangrijke punten gedurende de vlucht vast te leggen, zoals in het bovenstaande al is aangegeven. Met behulp van deze gegevens is het mogelijk het verband tussen het gewicht en de tijd en hieruit het gewicht tijdens elke afzonderlijke meting met voldoende nauwkeurigheid te bepalen.

De plaatsing van de instrumenten in het vliegtuig is in fig. 6 aangegeven. Elke waarnemer beschikt over een eigen snelheidsmeter, hoogtemeter en stophonloge. De beide waarnemers op de achterbank lezen dezelfde toerenteller af, terwijl de aanwijzer van de thermometer voorin rechts, voor alle waarnemers goed zichtbaar is opgesteld.

Fig. 7 toont de wijze waarop de verschillende instrumenten zijn aangelegd.

Het is tijdens de vliegproeven dikwijls nodig verschillende instrumenten snel achter elkaar af te lezen. Dit is uitsluitend mogelijk, indien de waarnemer de schalen van de instrumenten goed kent, zodat hij de stand van de wijzer onmiddellijk kan uitdrukken in het juiste getal. In fig. 8 zijn de wijzerplaten van de verschillende instrumenten afgebeeld; het is dringend nodig deze vooraf te bestuderen.

De wijze van waarnemen.

Het directe doel van de vliegproeven is het verkrijgen van goede waarnemingen. Deze kunnen echter uitsluitend worden verkregen, indien de juiste methode van waarnemen wordt toegepast.

De prestaties moeten in stationnaire vliegtoestanden worden bepaald. De waarnemers zijn er zelf voor verantwoordelijk, dat de vliegtoestand tijdens hun meting inderdaad stationnair is.

De wijze van waarnemen is als volgt.

Horizontale vluchten. Zodra de vlieger een bij benadering stationnaire toestand heeft ingesteld, wordt op een teken van de assistent begonnen met het aflezen van snelheidsmeter, hoogtemeter en toerenteller. De afgelezen waarden worden onmiddellijk in het waarnemingsboekje genoteerd, waarna opnieuw wordt afgelezen, genoteerd, afgelezen enz. Wanneer twee of drie opvolgende series van waarnemingen dezelfde waarden vertonen, is de toestand stationnair. De thermometer wordt nu afgelezen en zonodig ook de tijd opgeschreven.

en teken, dat de meting is beëindigd, wordt onder de laatste waarnemingen een streep gezet. Hierna wordt onmiddellijk naar de volgende toestand overgegaan.

Stijgvluchten Gedurende de stijgvluchten is het eerste doel de bepaling van het verband tussen de hoogte en de tijd.

De stijgvlucht tot 2000 m. Het stophorloge wordt in werking gezet (echter knop indrukken) op het moment waarop de wielen de grond verlaten. Hierna wordt telkens wanneer de hoogtemeter een veelvoud van 100 m aanwijst, de tijd vastgelegd door de linker knop van het horloge in te drukken. De wijzer blijft dan staan, terwijl de zwarte wijzer normaal verder draait. Voorens echter de tijd te noteren, worden eerst de temperatuur, de snelheid, het toerental en de hoogte in deze volgorde waargenomen en genoteerd. Hierna pas wordt de tijd opgeschreven. Vervolgens wordt de linker knop opnieuw ingedrukt, waarna de rode wijzer weer met de zwarte wijzer samenvalt. Het passeren van de volgende 100 m kan nu worden afgewacht.

Na het bereiken van de 2000 m wordt het horloge stilgezet door de rechter knop in te drukken, waarna de wijzers in de nulstand worden gebracht met behulp van de middelste knop.

De korte stijgvluchten (Eng.: "partial climbs").
De waarnemingen verlopen op dezelfde wijze als in de stijgvlucht tot 2000 m, met dit verschil echter, dat de temperatuur, de snelheid, het toerental, de hoogte en de tijd telkens na 50 m worden bepaald.

Belangrijke handelingen vóór, tijdens en na de vlucht

Algemeen: Het is van groot nut, indien de waarnemer zich vóór de vlucht in de uit te voeren proeven inleeft, door zich de gang van zaken tot in details voor te stellen. Alle waarnemingen worden met behulp van carbonpapier in tweevoud opgeschreven. Noteer de waarnemingen onmiddellijk duidelijk en juist en breng na de vlucht geen veranderingen meer aan.

Vóór de vlucht: Controleer de bevestiging van de extra-apparatuur aan het vliegtuig, zoals de richtende pitotbuis en de thermometer. Controleer de leidingen op lektheid. Noteer voor de vlucht de navolgende grootheden:

1. hoeveelheid benzine en olie in de tanks.
2. aanwijzing van de hoogtemeter, nadat de schaal op 1013 mb is ingesteld.
3. aanwijzing van de thermometer.
4. tijd van aanslaan van de motor.

Maak vóór de start de veiligheidsgordels vast, nalatigheid in deze kan gevaar opleveren.

Start: Noteer het tijdstip van de start. Op het moment waarop de wielen de grond verlaten wordt de rechter knop van het stophorloge ingedrukt.

Tijdens de vlucht: Noteer de tijdstippen van belangrijke punten tijdens de vlucht, zoals het einde van de stijgvlucht, begin en einde van de n-V kromme, begin en einde van de korte stijgvluchten.

Noteer bijzonderheden tijdens de vlucht, zoals het passeren van een wolkenlaag, hevige remous, trillen van een instrument enz.

In een klein vliegtuig als de "Autocar" is het van belang, dat alle inzittenden tijdens de metingen stilzitten. Kleine bewegingen in de langsrichting zijn reeds voldoende om het bereiken van een evenwichtstoestand onmogelijk te maken.

Vliegproeven zijn kostbaar, onnodig tijdverlies moet daarom worden vermeden. Indien een fout wordt gemaakt, b.v. het stilzetten van het stophorloge tijdens de stijgvlucht, dient deze zo snel mogelijk te worden hersteld.

Vóór de landing: Controleer of de veiligheidsgordels vast zijn.

Landing: Noteer het tijdstip van de landing en het tijdstip van het afslaan.

Na de vlucht: Noteer na de vlucht de volgende grootheden:

1. hoeveelheid benzine en olie in de tanks
2. aanwijzing van de hoogtemeter
3. aanwijzing van de thermometer
4. plaats en gewicht van de inzittenden
5. nummers van de gebruikte instrumenten.

Het duplicaat van de waarnemingen wordt bij de assistent ingeleverd.

Herleiding van de metingen.

3.1 Inleiding

De tijdens de vlucht bepaalde prestaties worden herleid naar standaard omstandigheden, dat wil zeggen uit de waarnemingen wordt afgeleid dat de prestaties zouden zijn geweest indien de metingen in de standaard atmosfeer en bij een standaardgewicht zouden zijn verricht. In het onderstaande wordt aangegeven op welke wijze de herleiding plaats vindt.

2. De algemene herleiding

Zoals bekend, kan een vliegtuig weliswaar met verschillende gewichten in onder uiteenlopende atmosferische omstandigheden vliegen, maar het aantal verschillende stationnaire stromingstoestanden is beperkt. Met "stromingstoestand" wordt de verdeling van de relatieve snelheid $\frac{\Delta V}{V}$ en de relatieve druk $\frac{\Delta p}{p}$ om het vliegtuig aangeduid.

Wanneer in twee verschillende vliegtuigtoestanden de aerodynamische coëfficiënten (C_L , C_D enz.) gelijk zijn, zijn ook de stromingstoestanden gelijk en omgekeerd, gelijke stromingstoestanden wil zeggen gelijke aerodynamische coëfficiënten.

Voor een vliegtuig met vaste schroef, zoals de Auster "Autocar" wordt de stromingstoestand in stationnaire, symmetrische, rechtlijnige vluchten volkomen vastgelegd door twee onafhankelijke grootheden. b.v. α en J of β en J .

De toe te passen herleidingsmethode berust er op, dat de stromingstoestand vóór de herleiding - d.w.z. tijdens de meting - dezelfde is als na de herleiding, dus in de standaard atmosfeer bij het standaard gewicht. Dit betekent, dat α , J , C_L en ook de baanhoek γ tijdens de herleiding constant blijven.

Indien nu de index 1 duidt op de toestand tijdens de meting en de index 2 op de toestand na de herleiding, is dus:

$$C_{L2} = C_{L1} \quad (4)$$

$$\frac{W_2}{\frac{1}{2}\rho_2 V_2^2 S} = \frac{W_1}{\frac{1}{2}\rho_1 V_1^2 S} \quad (5)$$

na enige herleiding:

$$\frac{V_2 \sqrt{\frac{\rho_2}{\rho_0}}}{\sqrt{\frac{W_2}{W_0}}} = \frac{V_1 \sqrt{\frac{\rho_1}{\rho_0}}}{\sqrt{\frac{W_1}{W_0}}} \quad (6)$$

Waarin W_0 een willekeurig basisgewicht is. Indien steeds naar hetzelfde standaard gewicht W_2 wordt herleid, biedt het voordelen $W_0 = W_2$ te stellen. Voor de Auster "Autocar" wordt gekozen:

$$W_0 = W_2 = W_{\max} = 1090 \text{ kg.}$$

Indien een "gereduceerde snelheid" V_G wordt ingevoerd:

$$V_G = \frac{V \sqrt{\frac{\rho}{\rho_0}}}{\sqrt{\frac{W}{W_0}}} \quad (7)$$

is:

$$V_{G_2} = V_{G_1} \quad (8)$$

uit:

$$J = \frac{V}{nD} = \text{constant} \quad (9)$$

volgt met behulp van (6):

$$\frac{n_2 \sqrt{\frac{\rho_2}{\rho_0}}}{\sqrt{\frac{W_2}{W_0}}} = \frac{n_1 \sqrt{\frac{\rho_1}{\rho_0}}}{\sqrt{\frac{W_1}{W_0}}} \quad (10)$$

invoering van een "gereduceerd toerental" n_G :

$$n_G = \frac{n \sqrt{\frac{\rho}{\rho_0}}}{\sqrt{\frac{W}{W_0}}} \quad (11)$$

is:

$$n_{G_2} = n_{G_1} \quad (12)$$

anslotte volgt uit:

$$\sin \gamma = \frac{C}{V} = \text{constant} \quad (13)$$

t behulp van (6):

$$\frac{c_2 \sqrt{\frac{\rho_2}{\rho_0}}}{\sqrt{\frac{W_2}{W_0}}} = \frac{c_1 \sqrt{\frac{\rho_1}{\rho_0}}}{\sqrt{\frac{W_1}{W_0}}} \quad (14)$$

der gebruikmaking van de "gereduceerde stijgsnelheid" C_G :

$$C_G = \frac{c \sqrt{\frac{\rho}{\rho_0}}}{\sqrt{\frac{W}{W_0}}} \quad (15)$$

is:

$$C_{G_2} = C_{G_1}$$

Tijdens de herleiding blijven V_G , n_G , C_G en tevens het hier nog niet
noemde "gereduceerde vermogen" P_G :

$$P_G = \frac{P \sqrt{\frac{\rho}{\rho_0}}}{\sqrt{\left(\frac{W}{W_0}\right)^3}} \quad (17)$$

constant.

Het verband tussen V_G , n_G en C_G is uitsluitend afhankelijk van de stro-
ngstoestanden en niet van het gewicht en de atmosferische omstandigheden.
In horizontale vluchten ($\gamma = C_G = 0$) is er slechts één $n_G - V_G$ -kromme, gel-
nd voor elk gewicht en voor elke hoogte, al of niet in de standaardatmos-
er. Wanneer nu eenmaal in horizontale vluchten n_G als functie van V_G is
paald, zou hieruit volgens het bovenstaande met behulp van (7) en (11)
t verband tussen n en V op elke andere hoogte en bij elk ander gewicht
nnen worden berekend.

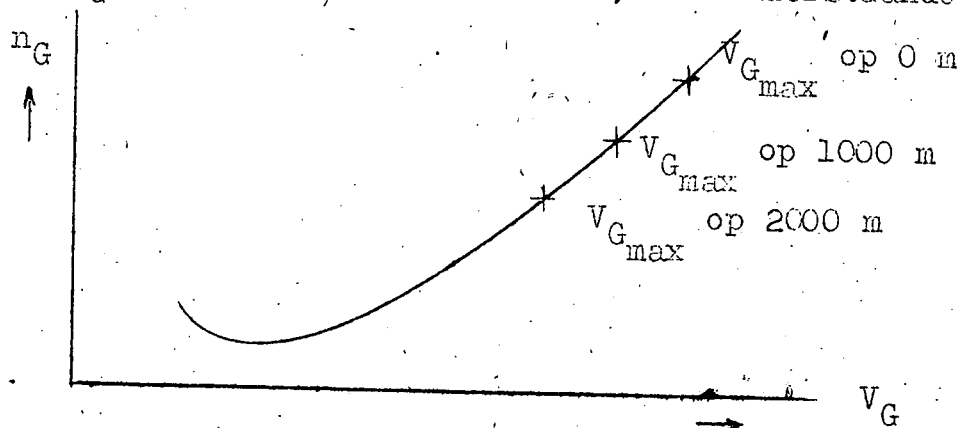
Twee beperkingen moeten echter worden aangebracht.

De verandering van de vervormingen van het vliegtuig en de schroef ten
volge van een verandering van het gewicht of de atmosferische omstandig-
den zijn verwaarloosd. Bovendien is de samendrukbaarheid van de lucht bui-
n beschouwing gelaten. Om deze redenen mogen het gewicht en de vlieghoogte
de herleiding niet te veel verschillen van de omstandigheden tijdens de
ting.

Bijzondere aandacht is nodig voor de herleiding van het z.g. volgaspunt,
t "eindpunt" van de $n-V$ -kromme.

Zoals uit de Vliegmechanica bekend is, neemt met toenemende hoogte V_{max}
horizontale vluchten af.

Ook V_G wordt met toenemende hoogte kleiner. Het beschikbare gebied van
universele $n_G - V_G$ - kromme wordt dus korter, zie onderstaande figuur.



erwijl dus de $n_G - V_G$ - kromme zelf onafhankelijk is van gewicht en vlieg-hoogte, is het gebied, dat van deze kromme ter beschikking staat, wel van deze factoren afhankelijk.

Wanneer nu de n - V -kromme voor een bepaald standaardgewicht en een bepaalde hoogte in de standaard atmosfeer uit de metingen is afgeleid, moet het eindpunt van deze kromme, dat wil zeggen $V_{\max}$ behorend bij het desbetreffende gewicht en de desbetreffende hoogte worden gevonden uit het afzonderlijk bepaalde verband tussen $V_{\max}$ en h , geldend voor het beschouwde gewicht.

Indien $V_{\max}$ slechts op één hoogte is gemeten, kan met de hier gevolgde herleidingsmethode de n - V -kromme - in verband met het volgaspunt - alleen worden herleid naar de hoogte en het gewicht, waarvoor $V_{\max}$ na de herleiding geldt. In het onderstaande wordt aangegeven hoe de herleiding van volgaspunten plaats vindt.

3 De herleiding van volgaspunten.

De herleiding van een volgaspunt komt neer op de bepaling van een hoogte in de standaardatmosfeer, waarop met het gewenste gewicht na de herleiding volgas zou worden gevlogen in dezelfde stromingstoestand (C_L , J , enz.) als waarin de meting werd verricht.

De hoogte na de herleiding h_2 wordt mede bepaald door de wijze, waarop het motorvermogen P met de atmosferische omstandigheden verandert. Hierop is in volgn. 1635 nader ingegaan.

Voor de verandering van het volgasvermogen P met het toerental en de temperatuur op constante drukhoogte wordt met verwaarlozing van het wrijvingsvermogen P_f geschreven - zie (3) van volgn. 1635 2 :

$$\frac{P_3}{P_1} = \frac{n_3}{n_1} \cdot \sqrt{\frac{T_1}{T_3}} \quad (18)$$

Waarin de index 3 de toestand in de standaardatmosfeer op de drukhoogte van de meting aangeeft. P_3 is dan het vermogen dat volgas op die hoogte in de standaardatmosfeer zou zijn ontwikkeld.

Voor de verandering van het volgasvermogen met de hoogte in de standaard atmosfeer geldt volgens (21) van volgn. 1635 6 bij benadering:

$$\frac{P_2}{P_3} = \frac{n_2}{n_3} \cdot \frac{\phi_2}{\phi_1} \quad (19)$$

uit de combinatie van (18) met (19) volgt voor het volgas vermogen na de herleiding P_2 :

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{n_2}{n_1} \cdot \frac{\phi_2}{\phi_1} \cdot \sqrt{\frac{T_1}{T_3}} \quad (20)$$

Voor de herleiding van het volgas vermogen van de Gipsy Major I wordt de p-methode gevolgd, zie volgnr. 1635 5 :

$$\frac{\phi_2}{\phi_1} = \frac{P_2}{P_1} \quad (21)$$

is:

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{n_2}{n_1} \cdot \frac{P_2}{P_1} \cdot \sqrt{\frac{T_1}{T_3}} \quad (22)$$

Zoals reeds eerder werd opgemerkt, blijven tijdens de herleiding het reduceerde vermogen P_G en toerental n_G constant:

$$\frac{P_2 \sqrt{\frac{\rho_2}{\rho_0}}}{\sqrt{\left(\frac{W_2}{W_0}\right)^3}} = \frac{P_1 \sqrt{\frac{\rho_1}{\rho_0}}}{\sqrt{\left(\frac{W_1}{W_0}\right)^3}} \quad (23)$$

$$\frac{n_2 \sqrt{\frac{\rho_2}{\rho_0}}}{\sqrt{\frac{W_2}{W_0}}} = \frac{n_1 \sqrt{\frac{\rho_1}{\rho_0}}}{\sqrt{\frac{W_1}{W_0}}} \quad (10)$$

uit (22), (23) en (10) volgt na enige herleiding:

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{W_2}{W_1} \cdot \sqrt{\frac{T_3}{T_1}} \quad (24)$$

hoogte na de herleiding h_2 en dus ook T_2 en ρ_2 zijn daarmee vastgesteld.

De maximale snelheid na de herleiding $V_{\max_2}$ volgt uit (8):

$$V_{G_2} = V_{G_1} \quad (8)$$

met behulp van (3) en (24):

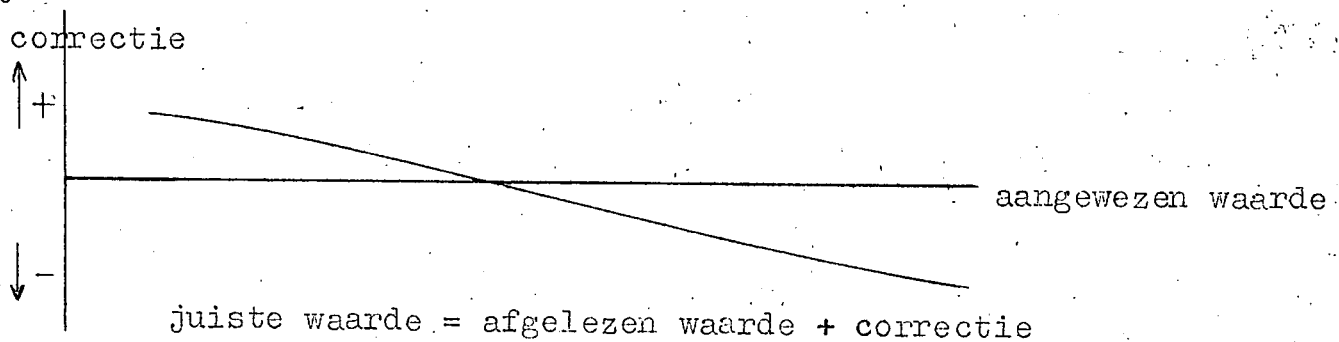
$$V_{\max_2} = V_{\max_1} \cdot \sqrt[4]{\frac{T_2^2}{T_1 \cdot T_3}} \quad (25)$$

$$n_{\max_2} = n_{\max_1} \cdot \sqrt[4]{\frac{T_2^2}{T_1 \cdot T_3}} \quad (26)$$

Uitwerken van de waarnemingen.

4.1. Algemeen.

De eerste fase van het uitwerken der meetresultaten bestaat reeds uit het aanbrengen van de correctie voor de instrumentale fout op de afgelezen waarden. De hiertoe benodigde ijkgrafieken dienen in het verslag te worden opgenomen. De vorm van deze ijkgrafieken kan het beste aldus zijn:



De benodigde gegevens voor het opstellen van de ijkgrafieken zijn verkrijgbaar bij de assistent.

De aanwijzingen van de snelheids- en hoogtemeter dienen behalve voor instrumentale fout ook voor de opstellingsfout te worden gecorrigeerd, als op blz. 4 is besproken. Ook de correctiegrafieken voor deze fout worden bij het verslag gevoegd.

In het onderstaande wordt verder verondersteld, dat de zojuist genoemde correcties alle zijn aangebracht.

2. Het verband tussen $V_{\max}$ en de hoogte.

De volgaspunten worden ieder afzonderlijk naar de standaard omstandigheden herleid met behulp van de formules (24), (25) en (26). De voor de rekening benodigde waarden van W_1 worden uit het verband tussen W en de tijd afgeleid. De meetresultaten worden herleid naar het maximaal toelaatbare gewicht:

$$W_2 - W_{\max} = 1090 \text{ kg}$$

In een grafiek worden zowel $V_{\max}$ als $n_{\max}$ als functie van h uitgezet. De uitwerking kan het best in tabelvorm plaats vinden.

3. De n - V -kromme op 1000 m hoogte.

Nadat op de waarnemingen de vereiste correcties zijn aangebracht, worden voor elke stationnaire toestand V_G en n_G berekend met behulp van (7) en (11). Het verband tussen V_G en n_G in horizontale vluchten wordt in een afzonderlijke grafiek uitgezet. In deze grafiek worden tevens de waarden van V_G en n_G , behorend bij de volgaspunten opgenomen. Deze dienen te liggen op, of in het verlengde van de n_G - V_G kromme welke uit de metingen op 1000 m volgt.

Vervolgens worden voor elke meting V_2 en n_2 berekend met behulp van (6) en (10). De n - V -kromme op 1000 m kan nu worden getekend. $V_{\max}$ en $n_{\max}$ worden afgelezen uit het onder 4.2 bepaald verband tussen $V_{\max}$, $n_{\max}$ en h .

De verschillende berekeningen worden weer in tabelvorm uitgevoerd.

4. Het verband tussen C en V bij een bepaalde motorregeling op 1000 m hoogte.

Nadat de correcties op de afgelezen waarden zijn aangebracht, wordt voor elke korte stijgvlucht het verband tussen h en t grafisch uitgezet. De helling in het punt $h = 1000$ m van de aldus verkregen lijn is de geteste stijgsnelheid op 1000 m hoogte, welke met C' wordt aangeduid. Zoals achter in volgnr. 1641 is aangetoond, is deze C' niet de ware stijgsnelheid tijdens de meting. Deze laatste bedraagt:

$$C_1 = C' \cdot \frac{T_1}{T_3} \quad (27)$$

waarin T_1 en T_3 de temperaturen op 1000 m drukhoogte zijn, resp. tijdens de meting en in de standaard atmosfeer.

Uit V_1 , n_1 en C_1 worden nu met behulp van (7), (11) en (15) V_G , n_G en C_G berekend. Het verband tussen C_G en V_G wordt grafisch uitgezet, waarbij de waarde van n_G bij elke meting wordt geschreven. Het punt waarin $C_G = 0$ volgt uit de n_G - V_G -kromme voor horizontale vluchten.

Vervolgens worden met (6), (10) en (14) de waarden van V_2 , n_2 en C_2 voor elk meetpunt berekend, waarna C_2 als functie van V_2 bij het standaardwicht $W_2 = 1090$ kg op 1000 m hoogte in de standaard atmosfeer in een

rafiek wordt uitgezet. De waarde van n_2 wordt weer bij elke meting geschreven, terwijl het punt $C_2 = 0$ volgt uit de n - V -kromme op 1000 m hoogte.

5. De stijgsnelheid als functie van de hoogte en de stijgtijd tot 1000 m en 2000 bij een bepaalde motorregeling.

De stijgvlucht tot 2000 m wordt op een iets andere wijze uitgewerkt als de korte stijgvluchten. Herleiding naar een ander gewicht wordt niet toegepast, aangezien het gewicht tijdens de meting merkbaar afneemt, en meer de stijgtijd tot een zekere hoogte bij een bepaald startgewicht wordt gevraagd, wordt de stijgvlucht ook met dat startgewicht uitgevoerd.

Uit de gecorrigeerde waarnemingen op twee opeenvolgende hoogten worden h en Δt en de gemiddelde waarden h_g en T_{1g} bepaald. De gemeten stijgsnelheid op de hoogte h_g is dus

$$c' = \frac{\Delta h}{\Delta t} \quad (28)$$

de ware stijgsnelheid c :

$$c_1 = \frac{\Delta h}{\Delta t} \cdot \frac{T_{1g}}{T_3} \quad (29)$$

In de standaard atmosfeer zou de stijgsnelheid C_2 op dezelfde drukhoogte en bij dezelfde stromingstoestand als tijdens de meting bedragen:

$$C_2 = c_1 \sqrt{\frac{\rho_1}{\rho_2}} \quad (30)$$

$$= c_1 \sqrt{\frac{T_2}{T_{1g}}} \quad (31)$$

$$= \frac{\Delta h}{\Delta t} \cdot \frac{T_{1g}}{T_3} \cdot \sqrt{\frac{T_2}{T_{1g}}} \quad (32)$$

in T_2 de temperatuur in de standaard atmosfeer op de hoogte h_g is, gezien in dit geval

$$T_2 = T_3 \quad (33)$$

geldt:

$$C_2 = \frac{\Delta h}{\Delta t} \sqrt{\frac{T_{1g}}{T_2}} \quad (34)$$

De aldus berekende C_2 wordt als functie van h_g uitgezet, waarmee het verband tussen de stijgsnelheid en de hoogte in de standaard atmosfeer is verkregen. De bijbehorende waarden van de snelheid en het toerental worden op elke hoogte berekend met

$$v_2 = v_1 \sqrt{\frac{\rho_1}{\rho_2}} \quad (35)$$

$$= v_1 \sqrt{\frac{T_2}{T_1}} \quad (36)$$

en

$$n_2 = n_1 \sqrt{\frac{T_2}{T_1}} \quad (37)$$

v_2 en n_2 worden eveneens als functie van h_g weergegeven.

Tenslotte wordt ook het gemeten verband tussen de temperatuur en de hoogte getekend en vergeleken met het overeenkomstige verband in de standaard atmosfeer.

De stijgtijd volgt uit:

$$dh = C \cdot dt \quad (38)$$

is:

$$dt = \frac{1}{C} \cdot dh \quad (39)$$

$$t = \int \frac{1}{C} \cdot dh \quad (40)$$

De gestrookte C_2 -h-kromme wordt $\frac{1}{C_2}$ als functie van h bepaald en grafisch uitgezet. Door integratie resp. tussen de grenzen 0 en 1000 m en 0 en 2000 m wordt de stijgtijd tot 1000 m en 2000 m gevonden.

Het verslag van de vliegproeven.

Het navolgende is bedoeld als leidraad voor het opstellen van een verslag van vliegproeven. De verschillende opmerkingen gelden echter niet alleen voor de 3e-jaars vliegproeven.

Hoewel het niet de bedoeling is een bepaalde vorm van het verslag voor te schrijven, wordt onderstaande standaardvorm sterk aanbevolen.

1. Samenvatting
2. Inhoud
3. Notaties
4. Inleidende
5. Beschrijving van het vliegtuig en de apparatuur
6. Beschrijving van de proeven
7. Herleiding van de waarnemingen
8. Resultaten
9. Conclusies
10. Literatuur
11. Aanhangsels
12. Tabellen
13. Figuren

Uiteraard kunnen in het verslag van de 3ejaars vliegproeven verschillende van de bovenstaande delen van het verslag zeer kort zijn.

1. Samenvatting.

Gewoonlijk wordt door de lezer aan de hand van de samenvatting bepaald, of de bestudering van een rapport voor hem van belang is. De samenvatting dient derhalve duidelijk, maar zeer in het kort het doel en de inhoud van het verslag weer te geven. Indien mogelijk, worden ook de belangrijkste resultaten in de samenvatting vermeld, liefst in de vorm van een tabel.

2. Inhoud.

In de inhoudsopgave worden ook de nummers van de bladzijden vermeld, waarnaar de verschillende onderdelen van het verslag beginnen. Niet alleen de bladzijden, maar ook de tabellen en figuren in het verslag dienen te worden genummerd.

3. Notaties.

In de regel verdient het aanbeveling de gebruikte notaties zo volledig mogelijk in het verslag op te nemen. Voor zover dit in verband met het onderwerp mogelijk is, wordt van de standaard notatie gebruik gemaakt, welke in normblad V 995 is gegeven.

4. Inleiding.

In de inleiding wordt de motivering van het onderzoek gegeven en eveneens een verwijzing naar vroeger werk op hetzelfde gebied opgenomen. Het verdient dikwijls aanbeveling de inleiding en de samenvatting van het rapport pas te schrijven nadat de overige delen zijn voltooid.

De inleiding van het verslag van de 3e-jaars vliegproeven kan zeer kort zijn of zelfs geheel achterwege blijven.

5. Beschrijving van het vliegtuig en de apparatuur.

Het nauwkeurig beschrijven van apparatuur of instrumenten is vaak moeilijk. Dikwijls kunnen voorbeelden van beschrijvingen in de vaktijdschriften worden gevonden en in het bijzonder geeft ook "Jane's all the world aircraft" een goede indruk hoe een vliegtuig beknopt en toch nauwkeurig kan worden beschreven.

Een maatschets van het vliegtuig kan een uitvoerige beschrijving bevaren en is een essentieel onderdeel van elk volledig rapport.

6. Beschrijving van de proeven.

Deze beschrijving kan beperkt blijven tot een opsomming van de proeven en de volgorde waarin ze werden uitgevoerd. Bijzonderheden betreffende de proeven, zoals de atmosferische omstandigheden tijdens de vlucht, behoren tot dit deel van het verslag beknopt te worden vermeld.

7. Herleiding van de waarnemingen.

De wijze waarop de waarnemingen zijn herleid, welke correcties zijn toegebracht enz., wordt beknopt aangegeven. Uitvoerige theoretische afleidingen behoren echter in een aanhangsel te worden opgenomen. In het verslag van de 3e-jaars vliegproeven behoeft de theorie welke in deze handeling is gegeven, niet te worden herhaald.

8. Resultaten.

Het is gewoonlijk niet voldoende, uitsluitend een opsomming van de resultaten der proeven te geven; een korte bespreking is noodzakelijk. Het is echter niet gewenst uitvoerige beschouwingen te houden. Er moet worden gewaakt tegen de neiging onnauwkeurige en onbevredigende resultaten goed te praten. Indien de resultaten bijzonderheden vertonen, kan worden gezocht deze op verantwoorde wijze te verklaren.

9. Conclusies.

Vooral wanneer in het rapport het oplossen van een bepaald probleem tot doel is gesteld, vormen de conclusies een zeer belangrijk deel van het rapport. Zij moeten zo beknopt en duidelijk mogelijk worden gesteld.

10. Literatuur.

Indien in de tekst van het verslag literatuur wordt genoemd, waarin bijv. dieper op details wordt ingegaan, dient de verwijzing plaats te vinden op de wijze zoals dit ook in deze handleiding is geschied.

11. Aanhangsels.

Het is gebruikelijk alle theorie - tenzij deze zeer eenvoudig is - in het eigenlijke verslag achterwege te laten en in aanhangsels samen te vatten. Ook berekeningen, voor zover ze worden weergegeven en niet in tabelvorm zijn uitgevoerd, worden in een aanhangsel opgenomen. Op deze wijze blijft de continuïteit van het verslag bewaard, terwijl toch de vereiste theoretische achtergrond en de gedetailleerde gegevens worden vermeld.

12 en 13. Tabellen en figuren.

De tabellen en figuren vormen het laatste deel van het verslag. Zij dienen te worden genummerd en van een duidelijk, maar kort bijschrift te worden voorzien, waaruit het doel en de betekenis blijken. In de figuren elke het resultaat van metingen weergeven, moeten de afzonderlijke meetwaarden worden aangegeven.

Tot slot nog enige algemene opmerkingen.

• In het verslag dient zoveel mogelijk de onpersoonlijke vorm te worden aangenomen. Het gebruik van de woorden "ik", "we" of "men" moet worden vermeden.

• Het gebruik van onvertaalde woorden en uitdrukkingen dient zoveel mogelijk achterwege te blijven.

• Het wordt op prijs gesteld, indien het verslag wordt getypt op papier van A4 of folio formaat. Indien het verslag niet wordt getypt, wordt een duidelijk handschrift vereist.

Uitvoeriger gegevens over het opstellen van verslagen en rapporten kunnen worden gevonden in lit. 3, 4, 5 en 6. De aanschaffing van lit. 3 kan worden aanbevolen.

Literatuur.

1. "Vliegtuiginstrumenten", J.M. Roos, 1947.
2. "Aircraft instrument design", W.H. Coulthard, 1952.
3. "Wenken voor sprekers en schrijvers", Centr. Comm. voor Voordracht en Publicatie, 1947.
4. "Notes on writing for students in engineering", R. Del. French, 1945.
5. "General notes on the preparation of scientific papers", Cambridge University Press, 1950.
6. "Writing the technical report", J. Raleigh Nelson, 1940.

Tabel 1

Gegevens van het vliegtuig.

estel type	Auster J5B "Autocar"
gistratie	PH-NEH
anwijdte	10,96 m
ngte	7,06 m
eugeloppervlak	17,19 m ²
ankheid	7,0
m. aerod. koorde	1,575 m
eugelprofiel	NACA 23012
ximaal toelaatbaar gewicht	1090 kg
wicht zonder inzittenden en zonder brandstof	670 kg
ximale benzinevoorraad	145 l = 32 Imp.gallon
ximale olievoorraad	13,6 l = 3 Imp.gallon
enzen zwaartepuntsligging	36,8 - 55,9 cm achter voorrand vleugel = 22,9 - 35% van de g.a.k.
tor	De Havilland "Gipsy Major I"
ximaal kruisvermogen	130 pk bij n = 2100 min ⁻¹
chtschroef	vast, tweebladig
brikaat	Fairey-Reed
ameter	2,057 m
adhoek op $\frac{3}{4}$ R	16,6°
aairichting	linksom, in vlieg- richting gezien.

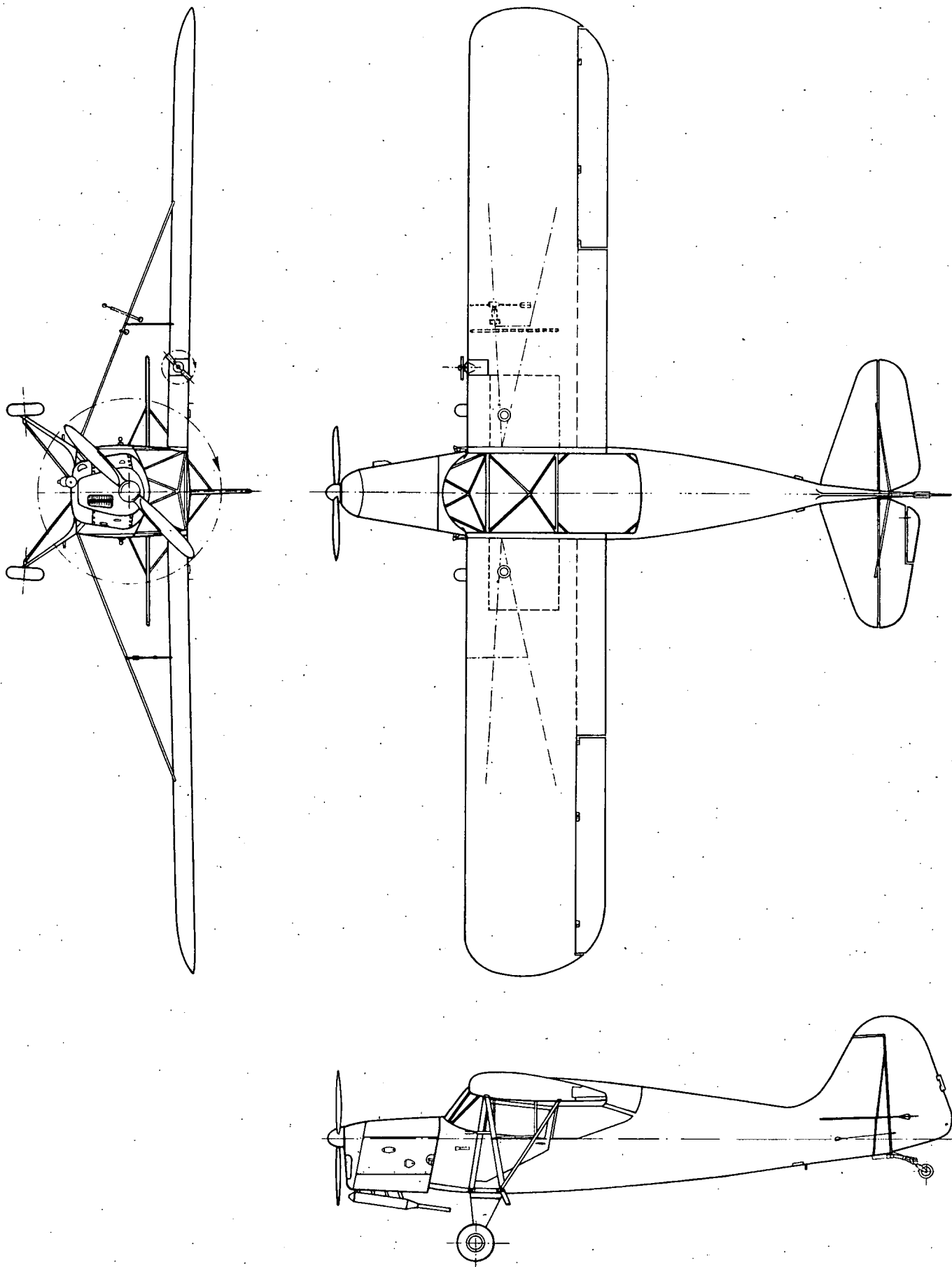


Fig. 1 Auster J 5 B „Autocar”

27-8-53
b.

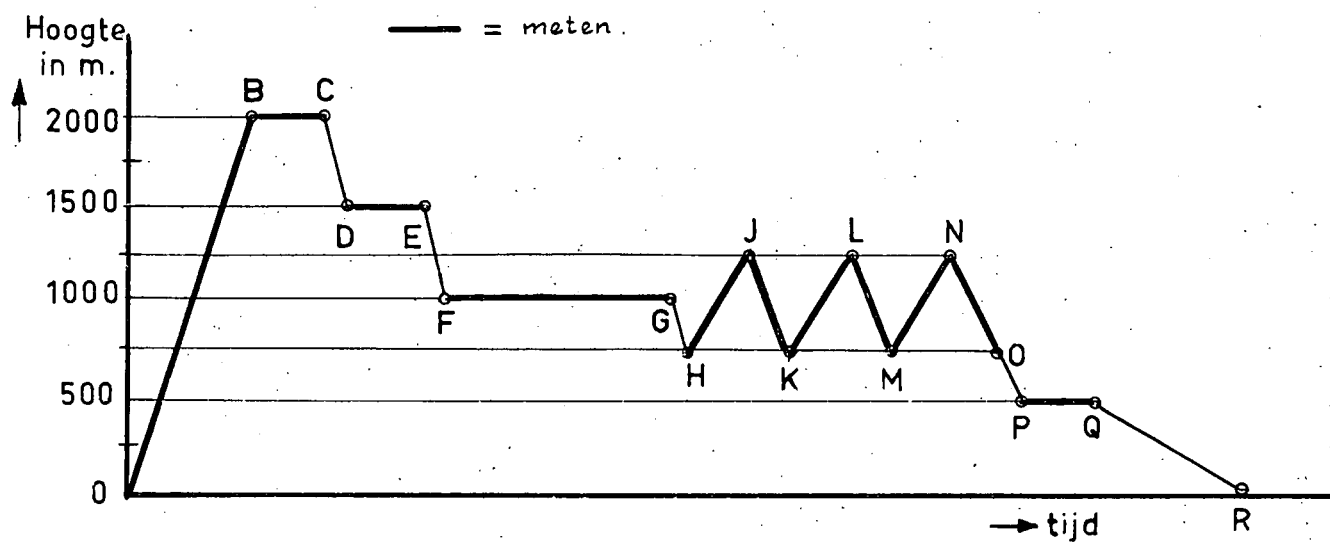


Fig. 2: Schema van de vlucht.

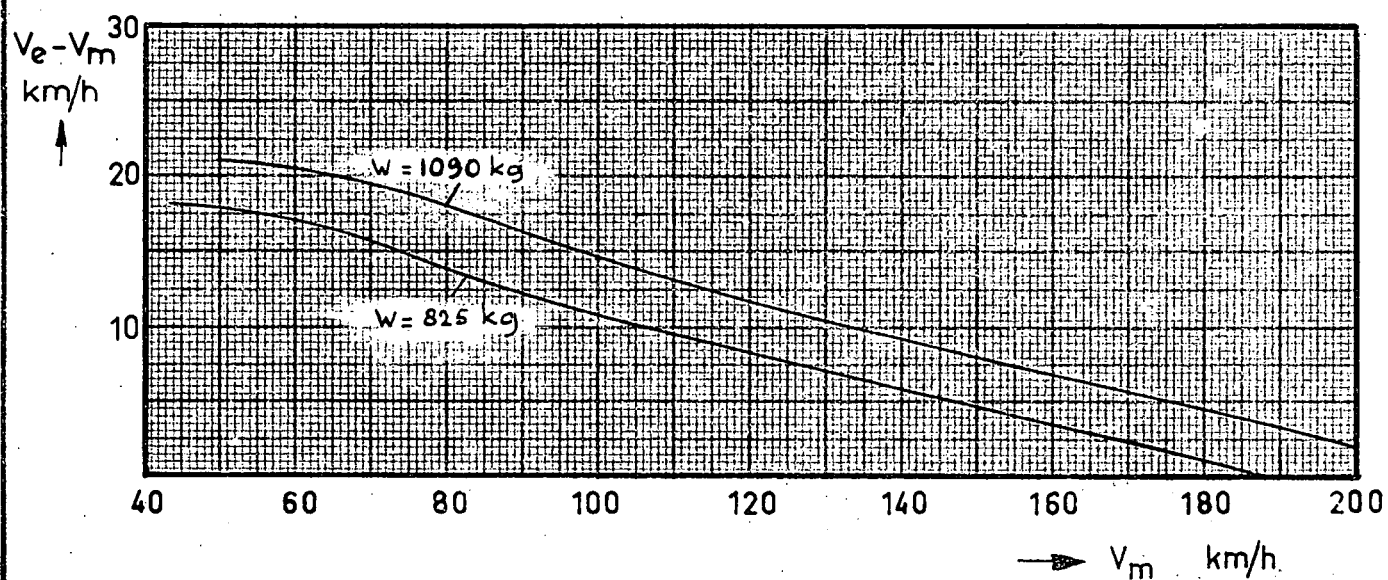
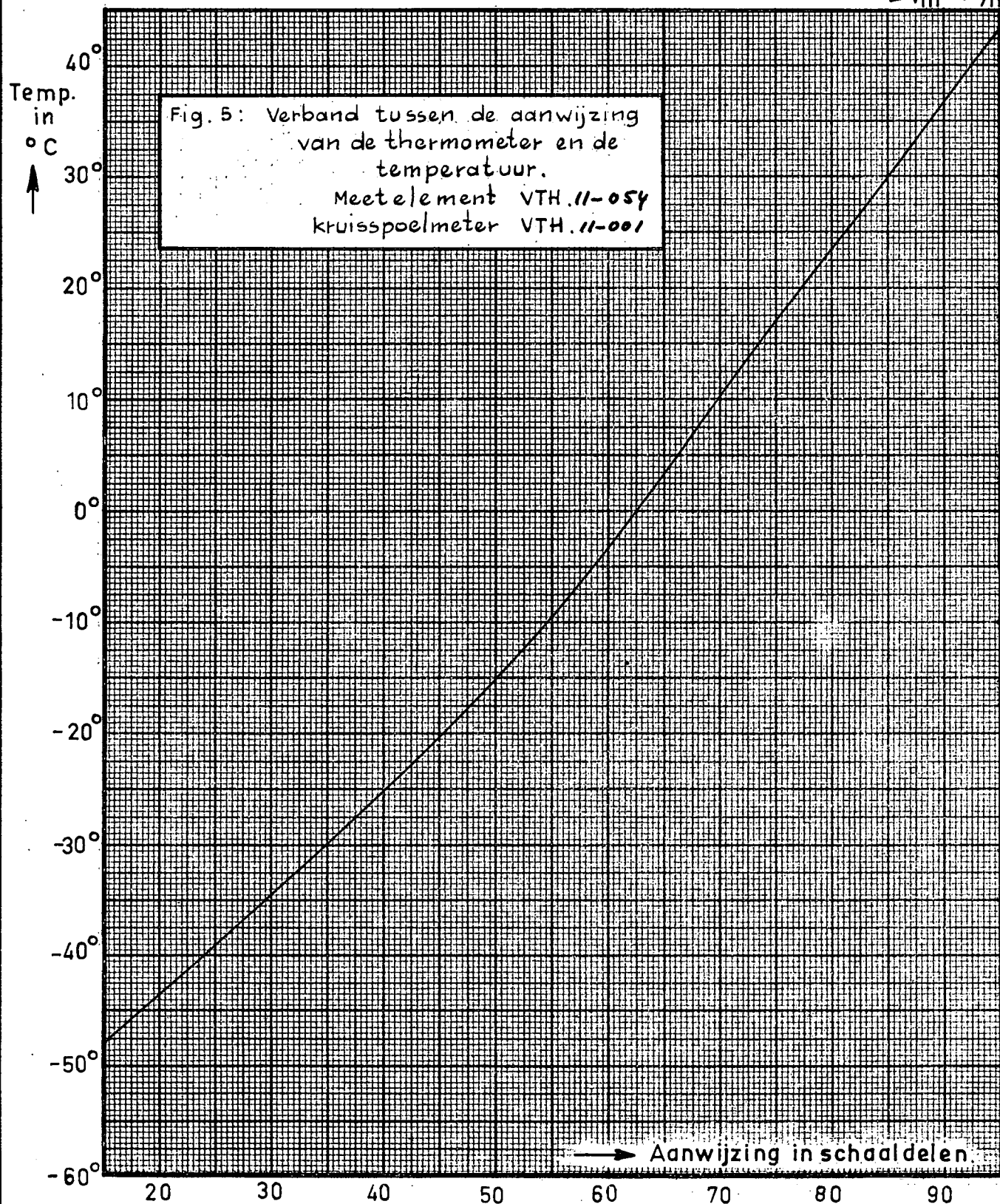
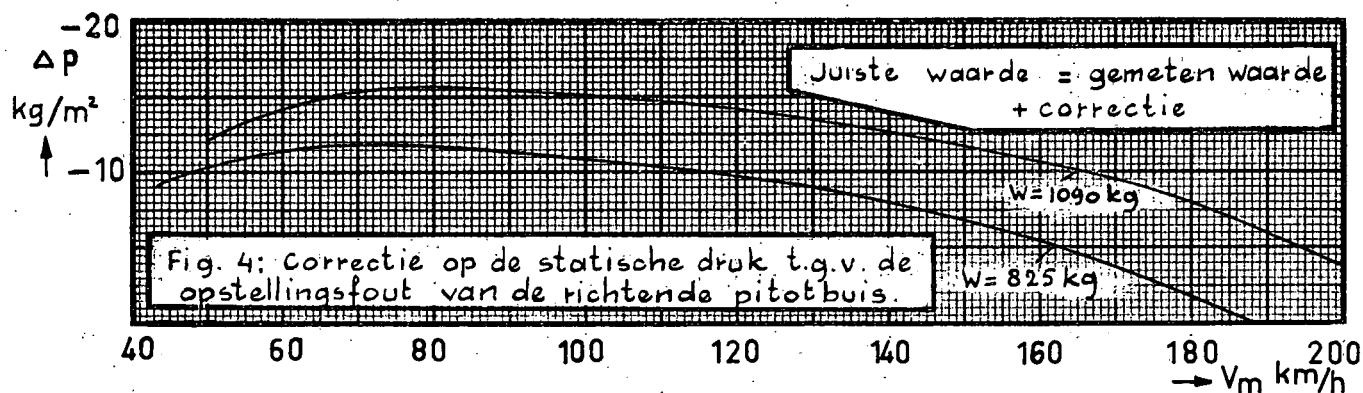


Fig. 3: Correctie op de gemeten snelheid, t.g.v. de opstellingsfout van de richtende pitot buis.



Toerenteller
Snelheidsmeter
Hoogtemeter

Hoogtemeter
Snelheidsmeter
Thermometer

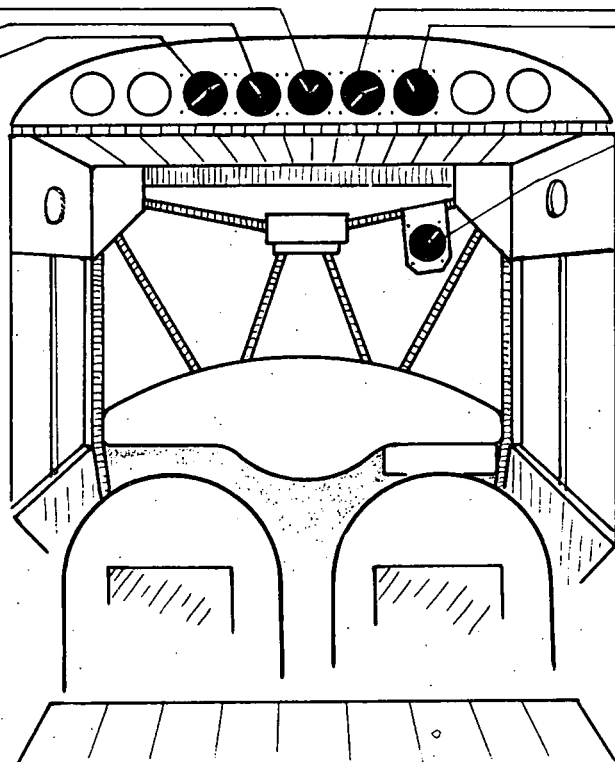


Fig. 6: Plaatsing van de instrumenten in het vliegtuig

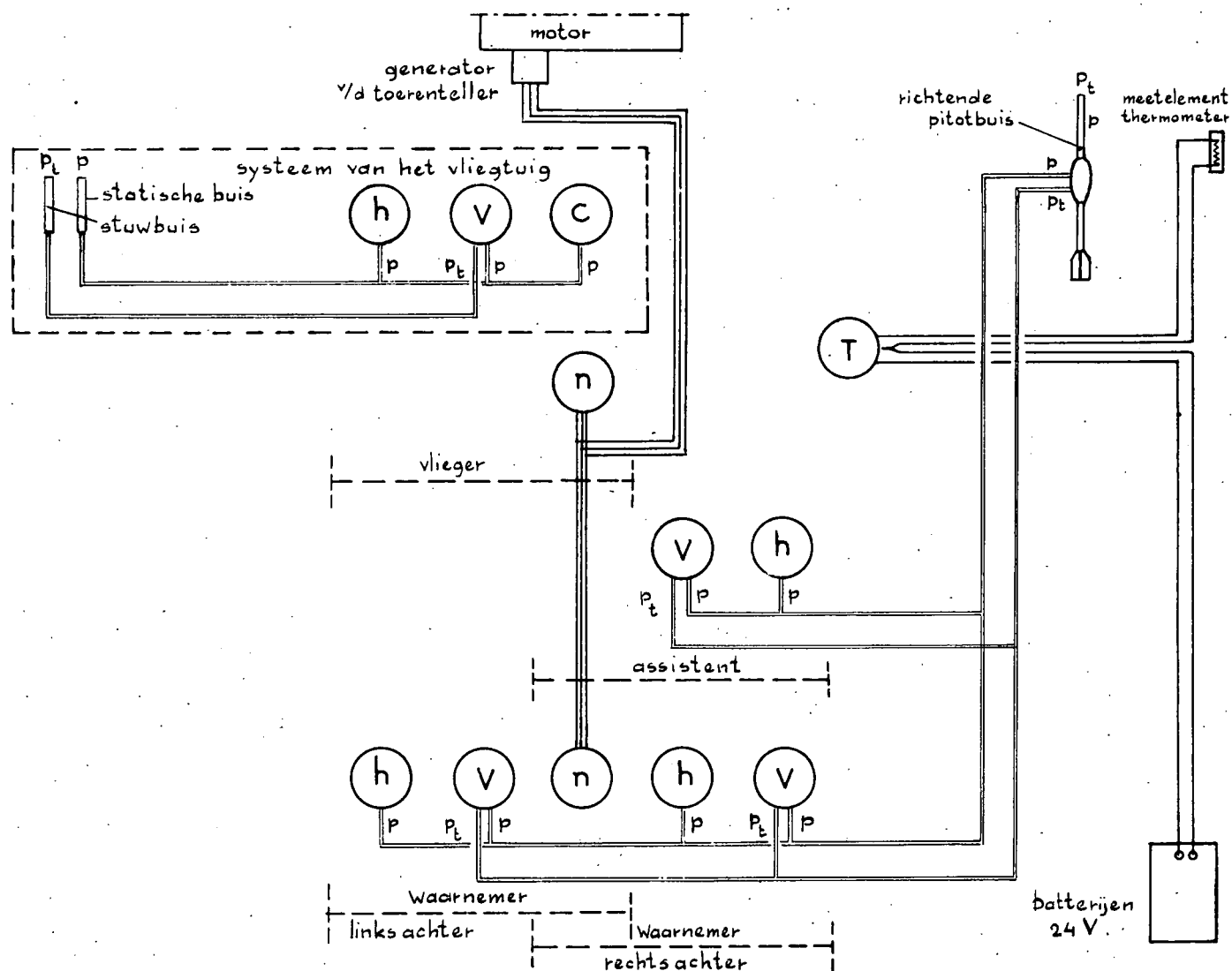


Fig. 7: Aansluitingsschema van de instrumenten.



fig. 8a. Hoogtemeter.

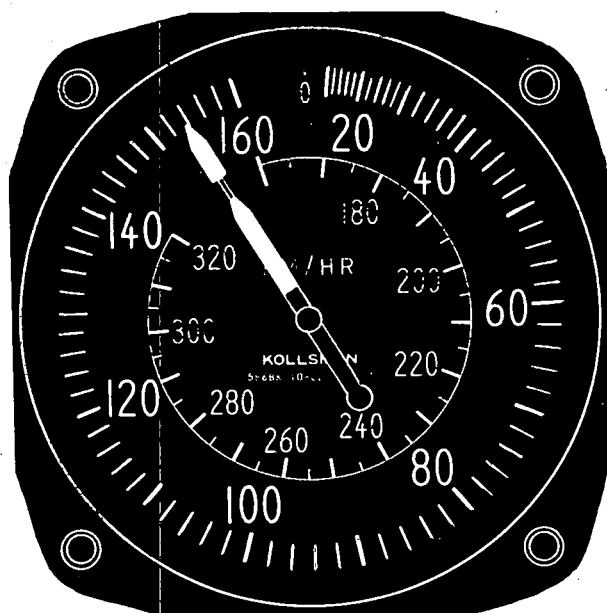


Fig. 8 b. Snelheidsmeter.

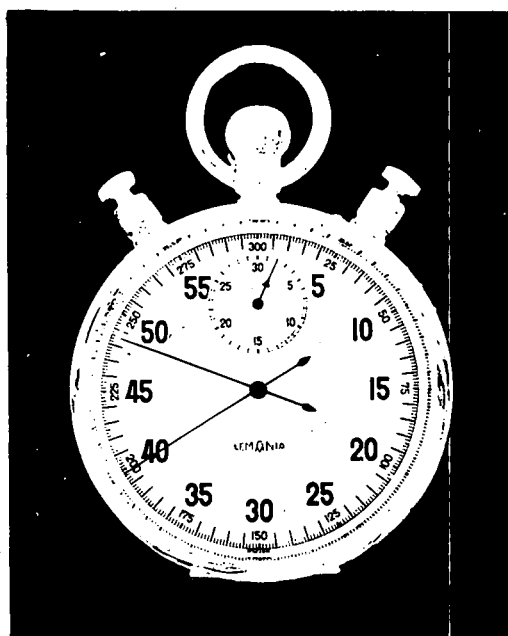


fig. 8c stophorloge.



fig. 8d Toerenteller.

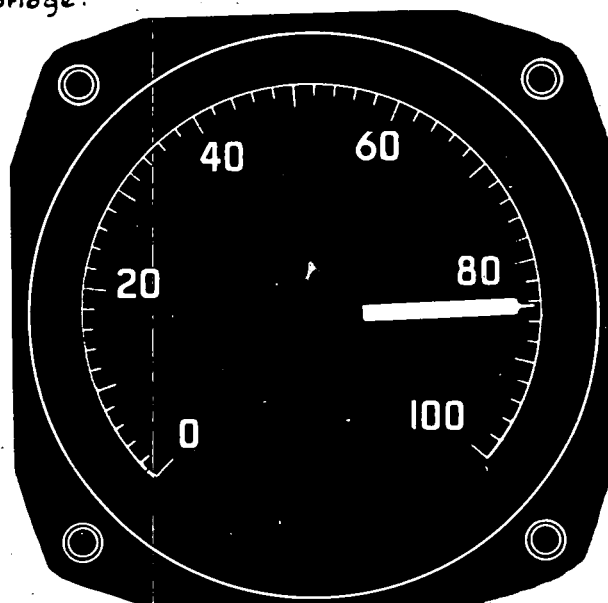


fig. 8 e Thermometer.