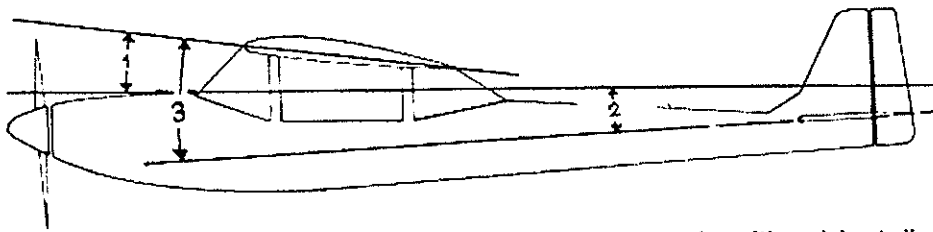


tijdens het corrigeren en vliegen van bochten. Des te moeilijker wordt het dan ook om het model richtingveranderingen te laten uitvoeren. De hogere stabiliteit gaat dus min of meer ten koste van de wendbaarheid.

We hebben het al gehad over de invalshoek, waaronder de luchtstroom het vleugelprofiel raakt. Het is de grootte van deze hoek die de mate van lift in de weerstand van het model bepaalt. De gunstige waarde is echter moeilijk van te voren te bepalen, daar deze afhankelijk is van de positie van het zwaartepunt in het verschil tussen de instelhoeken van de vleugel en het stabilo. Hoe groot de hellingshoek tussen de vleugel en de aanstromende lucht (de invalshoek) is, kunnen we door middel van de stand en ook de afmetingen van het stabilo bepalen. Om een toestel te krijgen dat onder normale omstandigheden met de romp vrijwel horizontaal blijft vliegen, moeten we vleugels en stabilo een tegengestelde hellingshoek geven, zoals in de figuur hieronder door middel van de twee lijnen is aangeduid.



Instelhoekverschil. De vleugels hebben hier een (positieve) instelhoek (1), terwijl het stabilo de (negatieve) instelhoek (2) heeft. Het instelhoekverschil is nu $(1) + (2) = (3)$.

De vleugels liggen aan de voorrand iets hoger dan de achterrاند. Als we twee lijnen trekken middendoor stabilo- en vleugelprofiel (zgn. koorden), sluiten die een zekere hoek in. Deze hoek noemt men het instelhoekverschil, of ook wel instelhoek. In tegenstelling tot de invalshoek is dit hoekverschil zuiver een gevolg van de constructie van het toestel. In de meeste gevallen ligt de waarde ervan tussen $\frac{1}{2}$ en 4 graden.

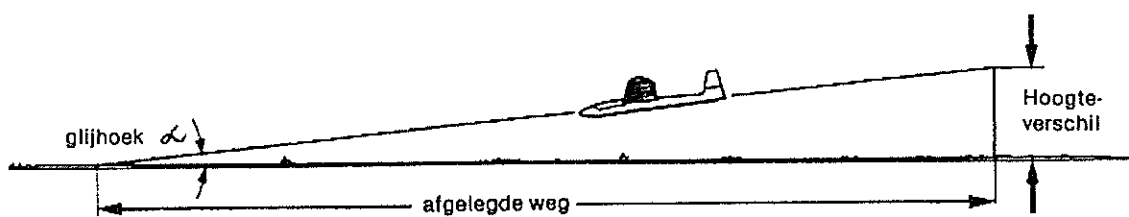
Als het hoogteroer naar boven wordt geklapt, wordt het verschil in instelhoek en daarmee de invalshoek van de vleugel vergroot. Het tegengestelde gebeurt als het hoogteroer naar beneden wordt geklapt. In beide gevallen verandert de vliegsnelheid. Als het hoogteroer maximaal naar beneden is geklapt, kan dit tot een regelrechte duikvlucht leiden, waarbij de vleugel de grootste negatieve instelhoek heeft en de lift geheel is verdwenen. Maar ook een naar bovengeklapt hoogteroer heeft aërodynamisch grenzen.

De stroming boven de vleugel breekt af, de lift verdwijnt en het model stort naar beneden.

5.1.1 Het glijgetal

De vleugel heeft zijn optimale invalshoek, als de hoek waarbij het model naar de bodem zweeft, zo klein mogelijk is. Men spreekt in de vliegerij, als bijvoorbeeld prestaties van twee modellen worden vergeleken, over het

glijgetal. Dit is de verhouding tussen de vliegsnelheid en de daalsnelheid. In de praktijk is het moeilijk de snelheid te bepalen, dus kunnen we bijvoorbeeld stellen: als een model, vanaf 2m hoogte, 30m aflegt, bedraagt het glijgetal $30m : 2m = 15$



De glijhoek en het glijgetal; glijgetal = afstand : hoogteverschil.

5.1.2 De vliegsnelheid

Aangezien de vliegsnelheid van het model door de invalshoek en de vleugelbelasting wordt bepaald, zou het mooi zijn als men van deze grootheden op de hoogte zou zijn. Dit is jammer genoeg niet mogelijk. Daarom moeten we bij radiobestuurde modellen een aantal trimvluchten maken waarbij we de zender optimaal kunnen instellen.

Uit een aantal vluchten met verschillende modellen bleek dat een liftcoëfficiënt $c_l = 0,8$ bij profielen met een vlakke onderzijde en een $c_l = 1,1$ bij profielen met een holle onderzijde de beste resultaten geven. De bijbehorende snelheden kunnen in de tabel worden afgelezen.

vleugelbelasting (g/dm ²)	vliegsnelheid bij liftcoëfficiënt c_l	
	$c_l = 0,8$ (m/s)	$c_l = 1,0$ (m/s)
20	7	5,65
25	7,9	6,3
30	8,7	6,9
35	9,4	7,5
40	10	8
45	10,6	8,5
50	11,2	8,9

In de aërodynamica is de vleugelbelasting een begrip. We verstaan hieronder de verhouding tussen het vlieggewicht en de oppervlakte van de vleugel. Volgens het SI-eenhedenstelsel wordt deze verhouding uitgedrukt in Newton per vierkante meter (N/m²), maar in de modelbouw gebruiken we gram per vierkante decimeter (g/dm²)

$$\text{Vleugelbelasting} = \frac{\text{vlieggewicht}}{\text{draagvlak}} \quad (\text{g/dm}^2)$$

Soms wordt ook het oppervlak van het stabilo tot het vleugeloppervlak gerekend. Dit is echter niet juist, aangezien het stabilo weinig, of helemaal niet, tot de lift bijdraagt.

5.1.3 De daalsnelheid

Het ideaal van iedere modelvlieger is vanuit een bepaalde hoogte niet alleen ver, maar ook lang te vliegen. De daalsnelheid moet zo klein mogelijk zijn. Klein houdt in dat bij een gegeven glijhoek de vliegsnelheid gering is. Uit het voorgaande weten we nog, dat de vliegsnelheid alleen dan gering is als de liftcoëfficiënt c_l groot en de vleugelbelasting gering is. Dit geldt dus ook voor de daalsnelheid. Deze wordt gevormd door de verhouding tussen de snelheid (v) en de tangens van de glijhoek α .

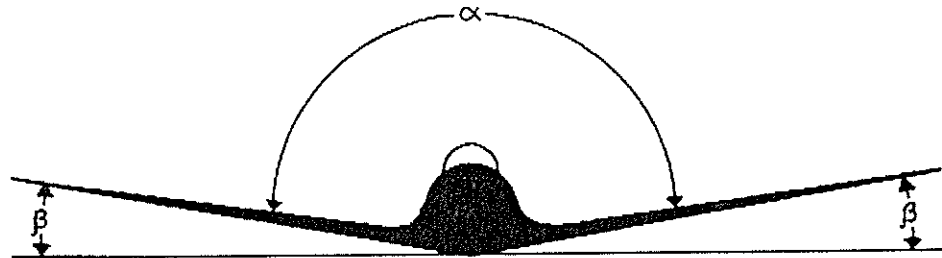
$$\text{Daalsnelheid} = \frac{\text{snelheid}}{\tan \alpha} \quad (\text{m/s})$$

5.2 Rolstabiliteit

Wat er zoal moet gebeuren om het vliegtuig een goede langsstabiliteit te geven, hebben we al gezien. Helaas is dit nog niet voldoende voor een stabiel vliegend model. Het kan gebeuren dat een windvlaag een vleugelhelft optilt, waardoor het model zijdelings weg glijdt. Aangezien het zich achter de vleugel bevindende kielvlak dit afglijden niet alleen remt, maar tevens een draaiing om de verticale as veroorzaakt, is een spiraalvormige duikvlucht het gevolg. Het spreekt vanzelf dat dit verhinderd moet worden. De vliegtuigconstructeur heeft verschillende mogelijkheden achter de hand om de rolstabiliteit te bevorderen:

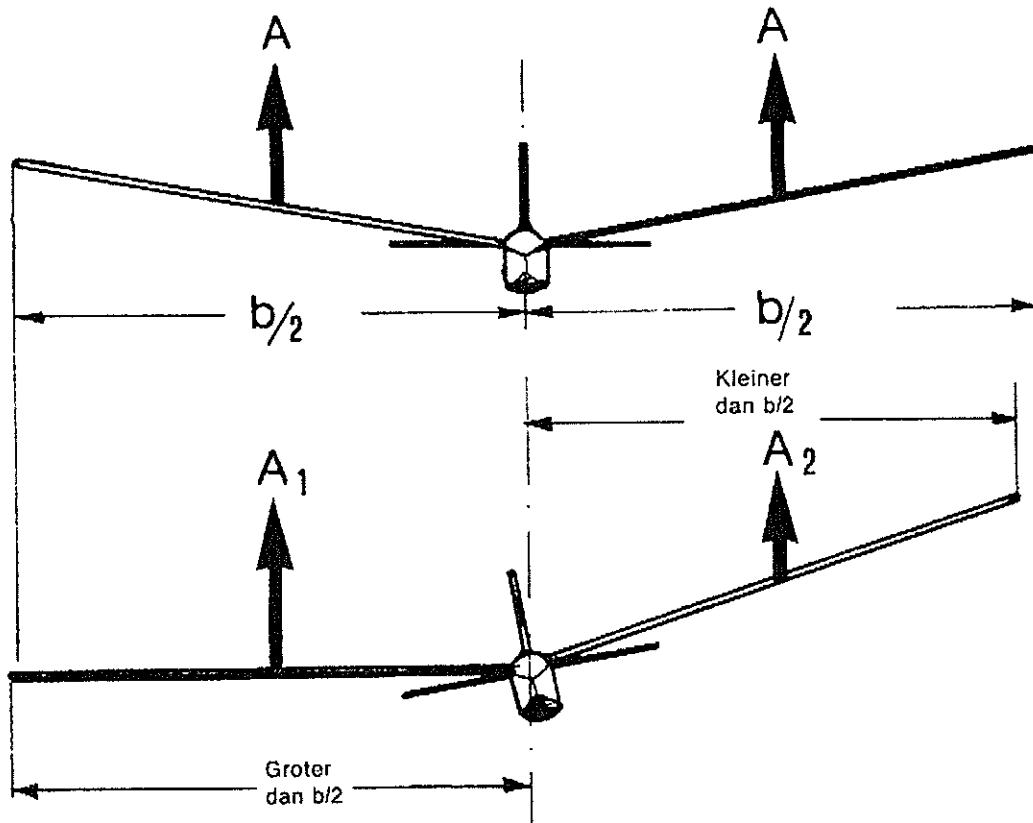
- **V – stelling van de vleugels.**

Dit kan men bereiken door de vleugels schuin te plaatsen of alleen de toppen een opwaartse knik te geven. De V-stelling wordt uitgedrukt als tweemaal de hoek tussen de vleugel en de horizontaal (aangeduid in fig. met β). De hoek α is immers door twee vleugels begrensd.



V-stelling. De totale V-stelling bedraagt hier $\beta + \beta = 2\beta$ (of $180^\circ - \alpha$).

De stabiliserende werking van de V-stelling berust op het feit, dat de naar beneden geduwde vleugelhelft een grotere lift heeft dan de naar boven gerichte helft; het model zal weer in horizontale positie terugkomen waarbij de lift aan beide zijden gelijk is. De lift aan de naar beneden gerichte helft wordt versterkt doordat de verdraaiing van het model hieraan een schijnbare vergroting van de invalshoek geeft. Om een goede dwarsstabiliteit te verkrijgen is een geringe V-stelling al voldoende.

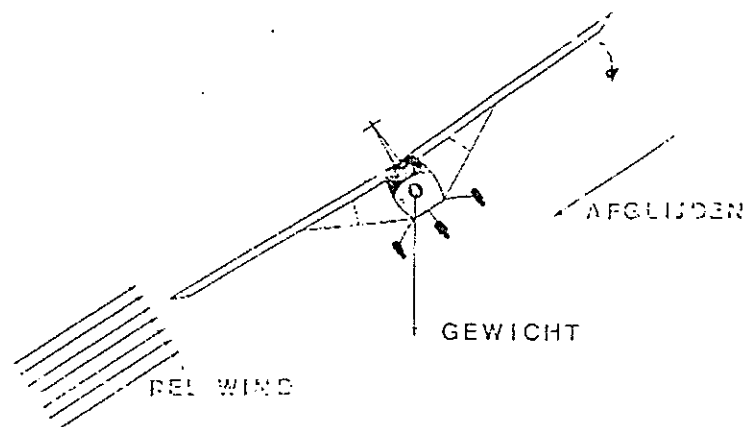


De krachten aan een vleugel in V-stelling. Bij een normaal vliegend model zijn de krachten aan de beide vleugelhalften gelijk. Vliegt het model in een schuine positie dan is de lift aan de naar beneden gerichte helft het grootst zodat het model weer in zijn normale positie wordt teruggebracht.

In de praktijk kan de V-stelling van een vleugel zowel positief als negatief zijn. Een positieve V-stelling wordt gebruikt om de stabiliteit te verhogen, terwijl neerhangende vleugels (negatief) gebruikt worden bij vliegtuigen die uit nature iets te stabiel zouden zijn.

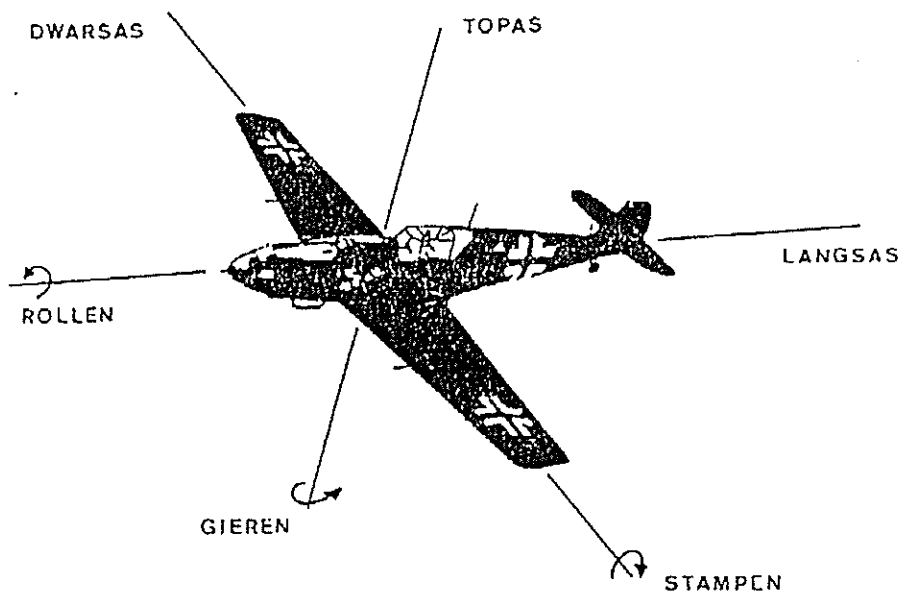
- **Het invoeren van een hoge vleugel.**

Bij een vliegtuig met hoge vleugels zal het gewicht van het toestel fungeren als een slinger, zodat het vliegtuig snel horizontaal komt te liggen na een afwijking.



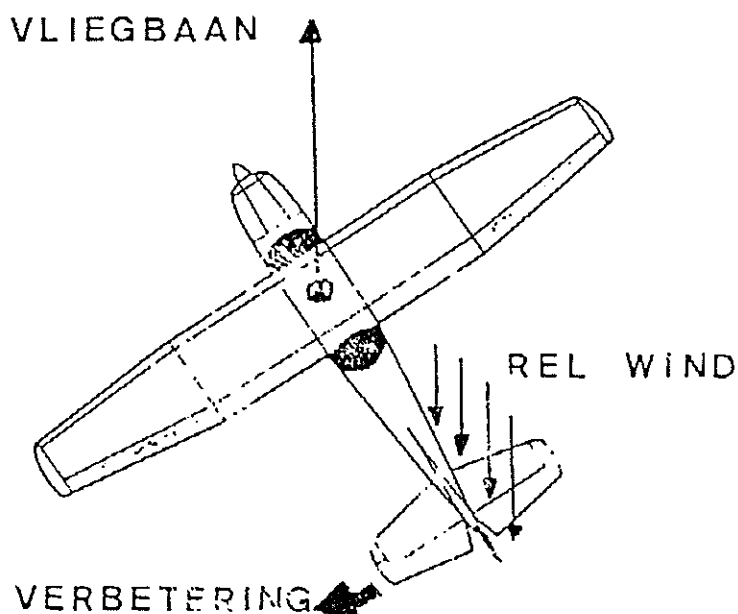
5.3 Richtingsstabiliteit

Een vliegtuig moet om drie assen stabiel zijn; om de dwarsas, lengte-as en de topas.



Als we een model met de hand starten, dan verwachten we natuurlijk dat het rechtuit vliegt. Om het vliegtuig in de juiste koers te houden maken we gebruik van het kielvlak.

Stel dat het toestel rond de topas een stoot krijgt, dan zal de relatieve wind zijdelings invallen. Opnieuw is het staartstuk door zijn grote afstand van het zwaartepunt het stabiliserend element. Het resultaat is dat door het hefboomeffect de staart zich opnieuw zal oplijnen in de relatieve wind.

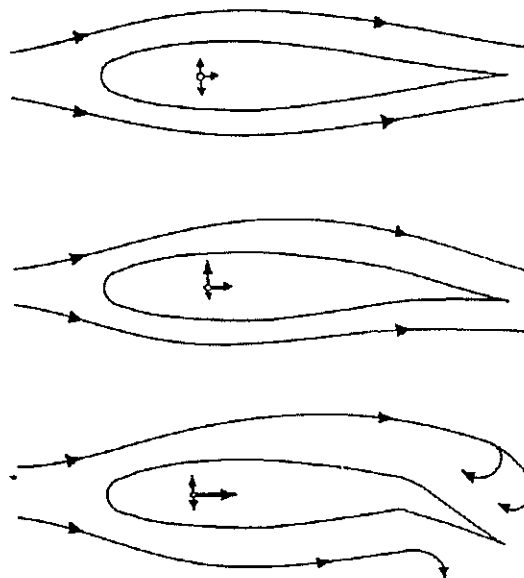


6 Functie en werking van de roeren

Onze allereerste vraag die we stellen is: hoe slagen de roeren erin het model van koers te laten veranderen? En hoe komt het dat het ene roer zoiets beter doet dan het andere? De voornaamste punten met betrekking tot een effectieve roerwerking zijn:

1. Vorm en formaat van het roervlak.
2. De grootte van de roeruitslag.
3. De snelheid van de roeruitslag.

Laten we eens nagaan wat er gebeurt wanneer bijvoorbeeld het richtingroer een uitslag krijgt. Het verticale staartvlak, dat tevoren een volkomen symmetrisch profiel had, krijgt hierdoor als het ware een welving. Aan de holle zijde heerst een overdruk, aan de bolle een onderdruk en de staart zal onder invloed van het drukverschil naar de bolle kant willen uitwijken. Hieruit zal het u ook duidelijk zijn dat het effect van de roeruitslag maximaal is als de welving zo groot mogelijk is zonder dat de stroming langs het verticale staartvlak loslaat. Maakt men de uitslag van het richtingroer nog groter, dan ontstaan aan de bolle zijde van het staartvlak luchtwervelingen, waardoor het effect van de roeruitslag een stuk geringer wordt dan bij een laminaire stroming.



Richtingroer : in rust (boven); hier gedraagt het roer zich als een symmetrisch profiel, in beide richtingen treedt enige 'zijdelingse lift' op, maar in beide richtingen even sterk zodat het geheel in evenwicht is.

Bij een 'normale' uitslag (midden) gedraagt het zich als een asymmetrisch profiel, de kracht op het roer. Te grote uitslag (onder) leidt tot turbulenties, de stroming laat los en het roer raakt 'overtrokken', de roerwerking is gering maar de weerstand is sterk toegenomen. Met andere woorden: een te grote uitslag verstoort de roerwerking maar werkt a.h.w. als remklap.

Omdat dit dus een grens stelt aan de roeruitslag, is het in het algemeen raadzaam bij de keuze van een roervlak uit te gaan van een bepaalde maximale uitslaghoek (waarvan de waarde nog ter sprake komt) en het effect van de uitslag te wijzigen door de afmetingen van het roervlak te variëren. Veel werk hoeft het trouwens niet te betekenen, tenminste niet als u een paar stel roervlakken van verschillende afmetingen klaar hebt liggen en de montage daarvan een simpele zaak is. Het uittesten van roeren mag echter pas gebeuren nadat het toestel goed ingevlogen is, want de positie die het in de lucht inneemt is van grote invloed op de werking van de roervlakken en als u verschillende factoren tegelijk gaat veranderen is de kans groot dat het ene effect het andere opheft.

Hoe groot roervlakken moeten zijn, hangt van veel factoren af. Systematisch uitproberen is ook hier de enige manier om tot een goed resultaat te komen, maar u kunt daarbij wel profijt hebben van de volgende algemene aanwijzingen. Hoe lager het zwaartepunt ligt, hoe groter de V-stelling van de vleugels en de romplengte (vooral voor het zwaartepunt) zijn, hoe kleiner het richtingroer kan zijn maar hoe groter de hoogteroervlakken moeten worden en omgekeerd. Maatgevend voor het effect van de rolroeren zijn in de eerste plaats de spanwijdte en de plaats van het zwaartepunt. Hoe korter de vleugels en hoe hoger het zwaartepunt, hoe sterker de rolroeren werken. Een grotere romplengte achter de vleugels en lange vleugels vereisen in het algemeen brede rolroeren, omdat de kantelbeweging dan op vrij veel weerstand stuit. Er zijn nog andere factoren die de werking van de roervlakken aanmerkelijk kunnen beïnvloeden, zoals de mate waarin de luchtstroming door motor, romp en vleugeltips wordt verstoord, maar de vermelde effecten blijven van kracht. Verder speelt natuurlijk de vorm van het roervlak een belangrijke rol, vooral bij het richtingroer. Altijd zal men streven naar een profiel dat een laminaire stroming levert, ook tijdens roeruitslagen. Zoiets is zeker niet mogelijk als het richtingroer niet tot bovenaan het kielvlak doorloopt. Elke uitslag van het richtingroer gaat dan namelijk gepaard met de vorming van een horizontale spleet tussen kielvlak en richtingroer waardoor lucht naar de andere kant van het roervlak stroomt. De wervelingen die hierdoor zelfs bij kleine uitslagen optreden zijn zeer ongunstig. Grote uitslagen veroorzaken overigens niet alleen onnodig turbulente luchtstromingen, maar ook onnodig veel extra weerstand. Onder ongunstige omstandigheden kan het model hierdoor zelfs stil vallen en wegduiken. Vanuit aërodynamisch oogpunt is een kleine uitslag van een groot roervlak altijd beter dan een grote uitslag van een klein vlak. Ook in dit opzicht zijn we echter aan een grens gebonden, namelijk aan de mechanische mogelijkheden van de roerbeweging. Bovendien gaat bij zeer kleine uitslagen de mogelijke speling in de beweging al gauw een hinderlijke, grote rol spelen.

Een minimale speling in de stuuroverbredingen en de ophanging van de roeren is overigens bij elk model een zaak waar je de aandacht moet op vestigen. Let in dit verband vooral op dunne metaalstaafjes met bochten in knikken die kunnen veren. Omdat zelfs bij de beste overbrengingen het roeroppervlak om verschillende praktische overwegingen niet overdreven mag

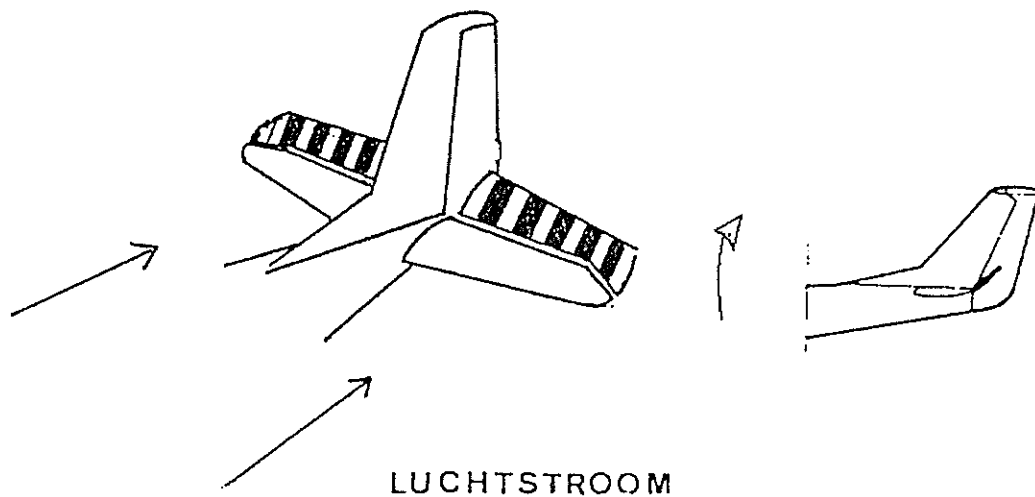
worden, moet de maximale uitslaghoek in de regel toch wel 15 à 25° bedragen; meer is ongewenst.

Het is niet zo dat een toestel sneller reageert wanneer het roer in een minimum van tijd de maximale uitslag bereikt. Daar zit wel wat in, maar helemaal klopt het niet. Men mag namelijk niet vergeten dat koersverandering pas plaatsvindt nadat de traagheid van het model overwonnen is, en dat kost een zekere tijd, geen enkel model kan een roeruitslag onmiddellijk volgen. Het heeft geen zin het roer zo snel mogelijk een maximale uitslag te geven, daar dan het toestel er toch pas na enige tijd goed op reageert en intussen veroorzaakt het alleen maar turbulentie en weerstand. Het resultaat hiervan is dat de koersverandering zelfs later optreedt dan wanneer men het roer geleidelijk een steeds grotere uitslag geeft. In de praktijk is gebleken dat het roer het beste 0,3-0,7 seconde over het bereiken van de volle uitslag kan doen, waarbij uiteraard de massa van het model, de snelheid en de stabiliteit een rol spelen. Het is beslist verkeerd te proberen daar verandering in te brengen. Door de roeruitslag te versnellen bereikt men dus geen snellere maar juist een tragere besturing.

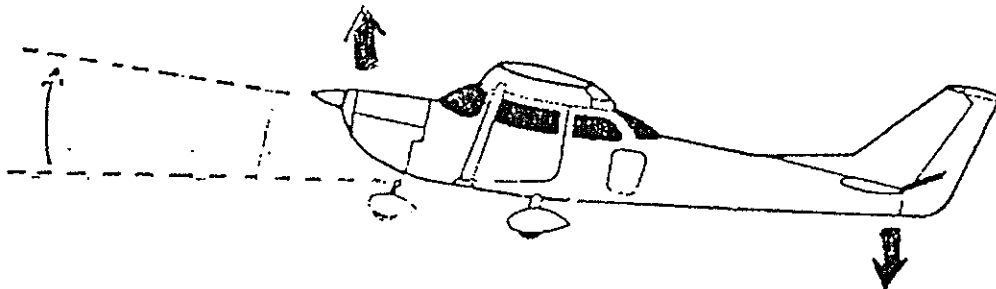
6.1 Het hoogteroer

Als we de stuurknuppel op de zender naar ons toe trekken, zal het hoogteroer naar boven klappen waardoor het modelvliegtuig zich zal oprichten.

Als we de stuurknuppel van ons afduwen, klapt het hoogteroer naar onder en duikt het model omlaag. Bij het naar ons toe trekken van de stuurknuppel krijgt het stabilo druk van boven. Er ontstaat dan een krachtmoment, waardoor de staart van het model zakt. Dit zal echter niet tot gevolg hebben dat het model stijgt, integendeel, het model zal helemaal niet stijgen of het moet een veel hogere snelheid gehad hebben dan de snelheid die voor een glijvlucht normaal is (we veronderstellen wel een zweefvliegtuig). Indien met de voor een glijvlucht normale snelheid wordt gevlogen, zal het naar ons toe trekken van de stuurknuppel alleen een grotere invalshoek tot gevolg hebben.

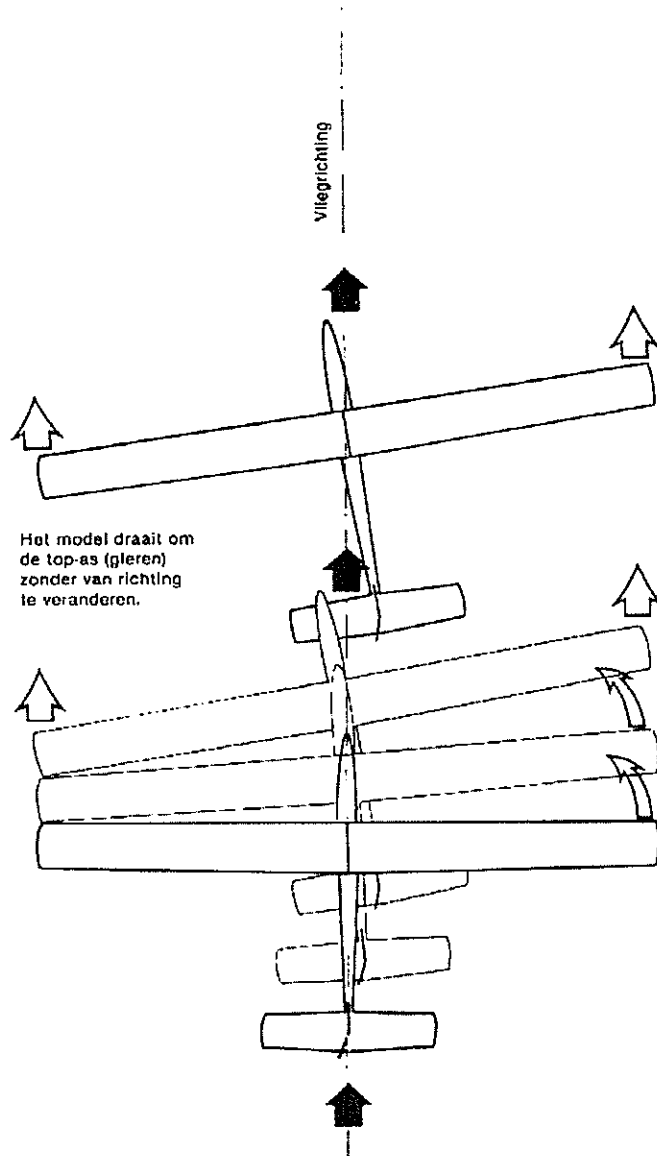


De lift zou groter worden en het model zou stijgen, als de weerstand niet tegelijkertijd zou toenemen. Een modelvliegtuig heeft een propeller om deze weerstand te overwinnen. Als wegens een technisch probleem de motor het begeeft zal men moeten verder vliegen al zwevend.



6.2 Het richtingroer

Stel maar eens voor; je vliegt met een vliegtuig en je vliegt rechtuit en je wilt naar links draaien. Dus laat je richtingroer naar rechts uitwijken, de staart gaat dus naar rechts. Tot zover is alles in orde, maar de machine denkt er niet aan, om het roer te gehoorzamen en een bocht te nemen. In tegendeel, de machine drijft iets naar rechts af.



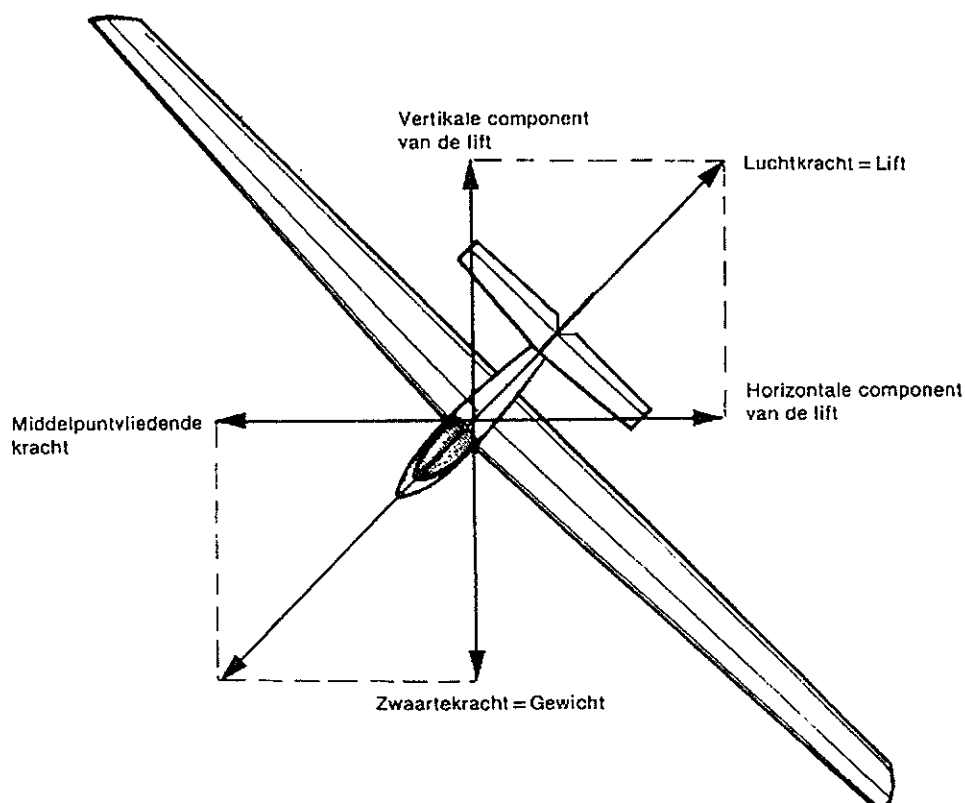
Met het richtingroer draait het model in eerste instantie alleen om de top-as.

Dit is op zichzelf al erg genoeg. Gelijktijdig ontdekt men een tweede verschijnsel; de rechtervleugel gaat omhoog en het vliegtuig helt naar links. Men moet niet proberen dit met de stuurknuppel te corrigeren, want dan komt men nooit in een bocht terecht. Men laat de knuppel voor wat hij is, dan begint

de schuin liggende machine te draaien en als men ver genoeg is, kan men het richtingroer weer in de neutrale positie zetten.

Precies zo is het ook met onze radiobestuurde modellen. Wat is er gebeurd? Op het moment dat het vliegtuig volgens de eerste roerbeweging de staart naar rechts draaide, kwam de rechtervleugel, welke een grotere boog beschreef, sneller naar voren en ondervond dus een groter lift.

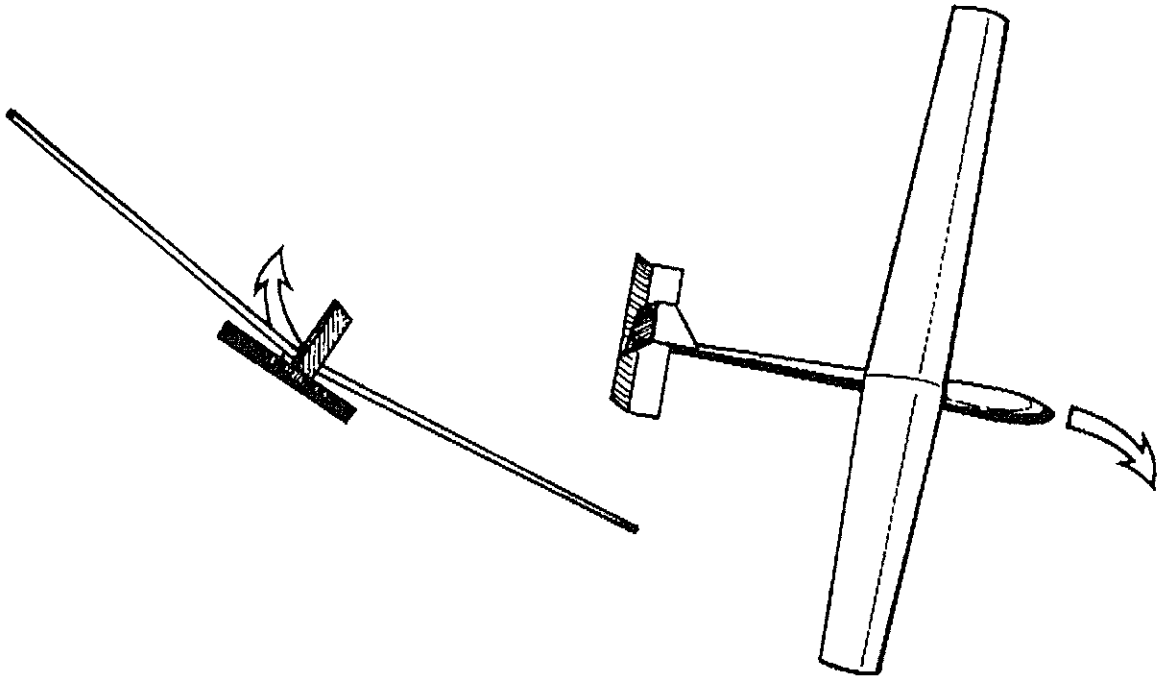
Dit heeft dan tot gevolg, dat het toestel schuin komt te liggen. Daarbij komt nog dat de vleugel een V-stelling heeft en het vliegtuig zich naar links heeft gedraaid en zo de rechtervleugel onder een grotere invalshoek komt te staan. Het naar binnen gerichte deel van de luchtdruk heft de middelpunt vliedende kracht op, welke bij een bocht het vliegtuig naar buiten wil drukken, en leidt tot de afwijking van de rechte baan.



De krachten op het model in een bocht. De resulterende luchtkracht moet niet alleen de zwaartekracht opheffen maar tevens de middelpuntvliegende kracht opheffen. De verhouding tussen lift en gewicht kan alleen weer in evenwicht worden gebracht door een grotere invalshoek (grotere lift) of een grotere snelheid (tevens grotere lift). In ieder geval zal het model hoogte verliezen.

Zoals men dus ziet, veroorzaakt iedere uitslag van het richtingroer een neiging tot rollen, zoals de beweging om de lengteas wordt genoemd, en veroorzaakt de uitslag van een rolroer een verdraaiing van het vliegtuig om de topas. Alleen een combinatie van krachten voert uiteindelijk tot koersveranderingen. Een bocht nemen met gebruik van alleen het hoogteroer is mogelijk, echter niet direct. Het is daarom eenvoudiger om het vliegtuig met de rolroeren schuin te leggen en dan met het richtingroer, of nog beter omdat het vliegtuig

ongeveer 45° helt, met het hoogteroer in de bochten te leiden en door te vliegen.

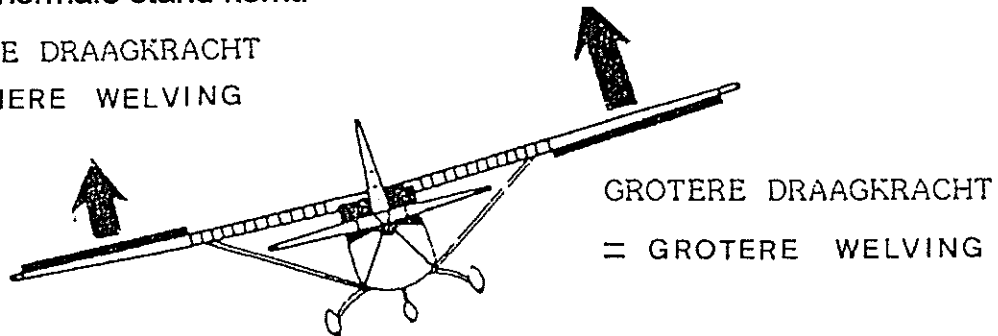


Vliegt het model in een scherpe bocht dan zal het hoogteroer zich als richtingroer gaan gedragen en het richtingroer als rolroer.

6.3 De rolroeren

De rolroeren worden enkel bij grote vliegtuigen gebruikt en zijn alleen bedoeld om te corrigeren. Bijvoorbeeld als het vliegtuig, als gevolg van windstoten om de lengteas kantelt, worden de rolroeren tegengesteld uitgeklaapt. Stel dat het vliegtuig naar links rolt, dan klapt men het rechterrolroer naar boven en het linkerrolroer naar onderen (beweging naar rechts). Zodoende ontstaat aan de linkervleugel een grotere lift dan aan de rechtervleugel, zodat het vliegtuig weer in de normale stand komt.

KLEINERE DRAAGKRACHT
= KLEINERE WELVING

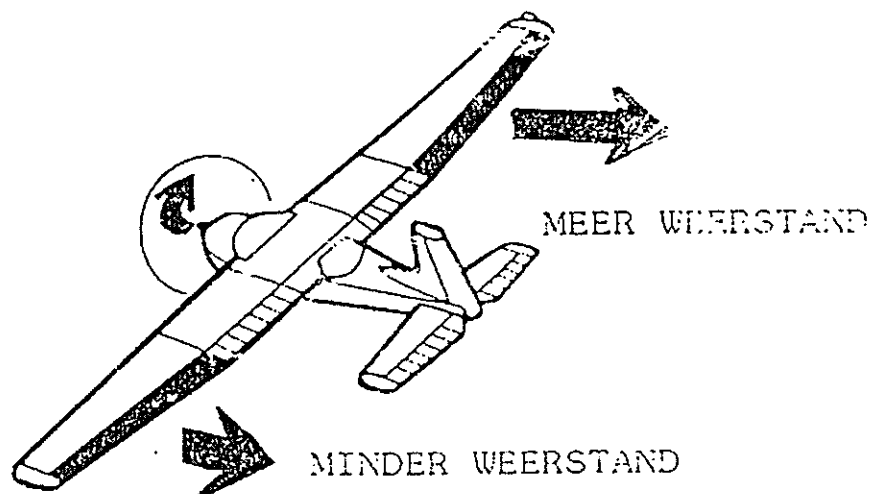


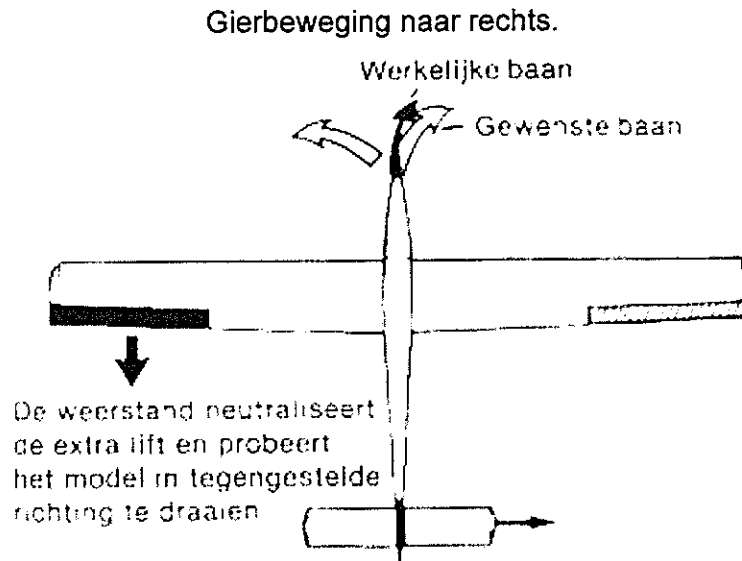
Beweging naar links.

Dus doordat het linkerrolroer naar beneden scharniert, zal de welving van dit profiel toenemen en bijgevolg de draagkracht. Bij de rechtervleugel is dit net omgekeerd. Het verschil in draagkracht tussen beide vleugels doet het vliegtuig rollen.

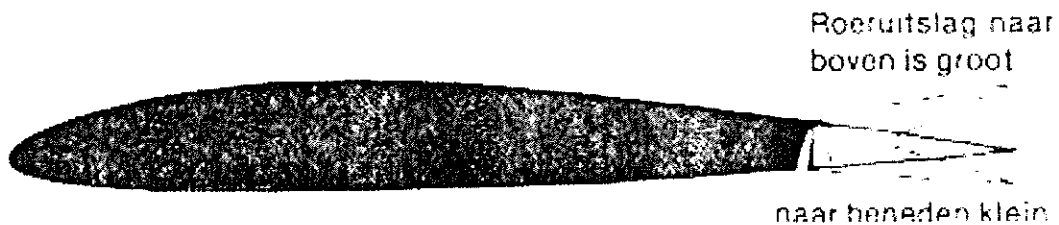
- **Nevenverschijnselen van de rolroeren**

1) Jammer genoeg ontstaat tijdens het uitklappen ook een weerstandverschil tussen beide vleugelhelften (rolroerweerstand). Deze is bij een naar onderen uitgeklaapt rolroer altijd iets groter. De draagkracht was ook groter. Deze asymmetrie leidt tot een verdraaiing om de topas. In de vliegerij noemt men dit een giermoment.



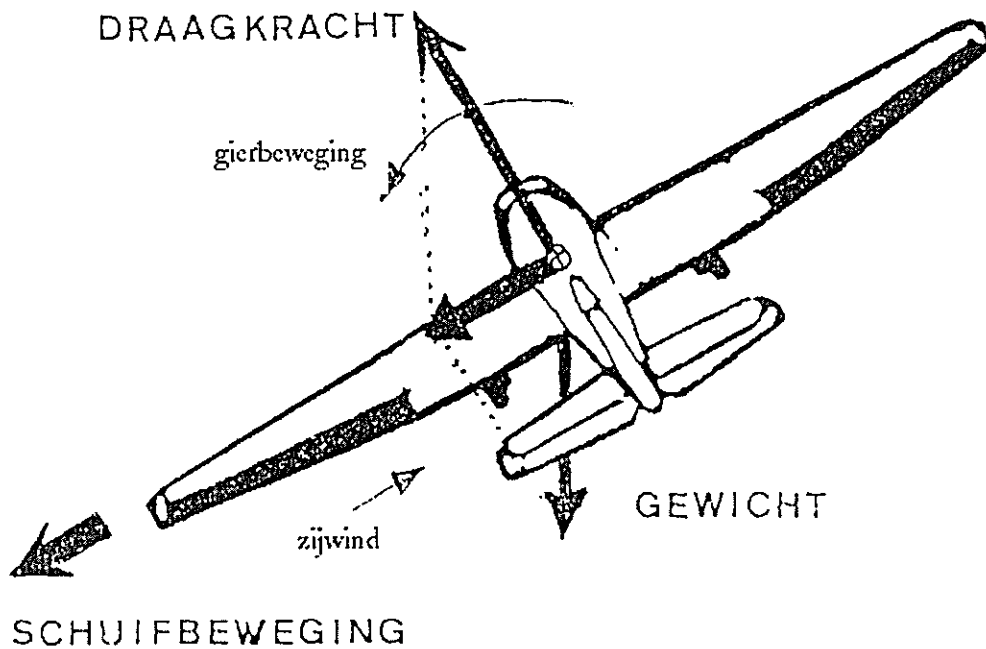


Om dit nare en ongewenste effect op te heffen heeft men een hele reeks maatregelen bedacht. De eenvoudigste is dat men de rolroeren kleine uitslagen naar beneden en grote naar boven laat maken. Een in de praktijk goede oplossing is $2/3$ naar boven en $1/3$ naar beneden.

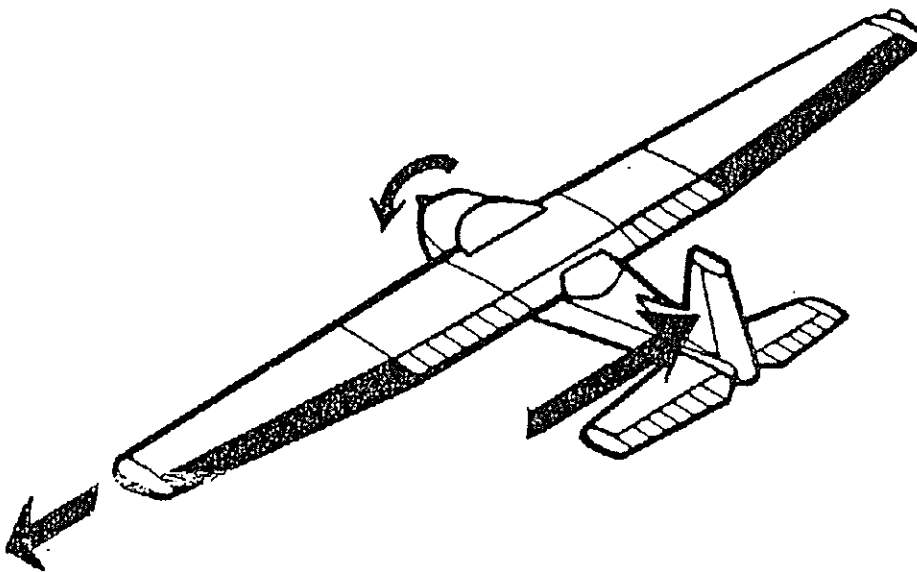


Eenvoudige modellen worden meestal alleen met het richtingroer bestuurd. Deze stabiliseren zich automatisch door de V-stelling van de vleugel. Indien we de modellen met rolroeren besturen zullen we bij het nemen van een bocht eerst de rolroeren gebruiken, het toestel komt dan schuin te liggen waarna dan met het hoogteroer de bocht verder wordt uitgevlogen.

2) Wanneer het vliegtuig een helling heeft, dan ligt de draagkracht loodrecht op de vleugels. Vermits de zwaartekracht altijd loodrecht naar beneden gericht is, liggen beide krachten niet meer in één lijn. Dit veroorzaakt een schuifbeweging naar de lage vleugel toe.



Deze schuifbeweging veroorzaakt een schuin invallende wind die inbeukt op het kielvlak (staartvlak), want de oppervlakte achter het zwaartepunt is immers groter dan deze ervoor. Het uiteindelijke resultaat is dat het vliegtuig zal gieren naar de lage vleugel toe. Deze gierbeweging wordt het weerhaaneffect genoemd.



Men zou kunnen veronderstellen dat de rolroerweerstand en het weerhaaneffect elkaar opheffen. Dit is niet het geval: de rolroerweerstand treedt op bij het inrollen van een bocht, terwijl het weerhaaneffect optreedt nadat een zekere helling verkregen werd.

7 De propeller

7.1 Definitie

Is een belangrijk onderdeel van een vliegtuig of een luchtkussenvoertuig (vb grondeffect-vliegtuig) waarmee een groot deel van het vermogen van een motor wordt omgezet in :

- 1) trekkracht indien de schroef aan de voorzijde van de vleugels of aan de romp bevestigd wordt
- 2) duwkracht indien deze aan de achterzijde is bevestigd (dit wordt dan een duwschroef genoemd).

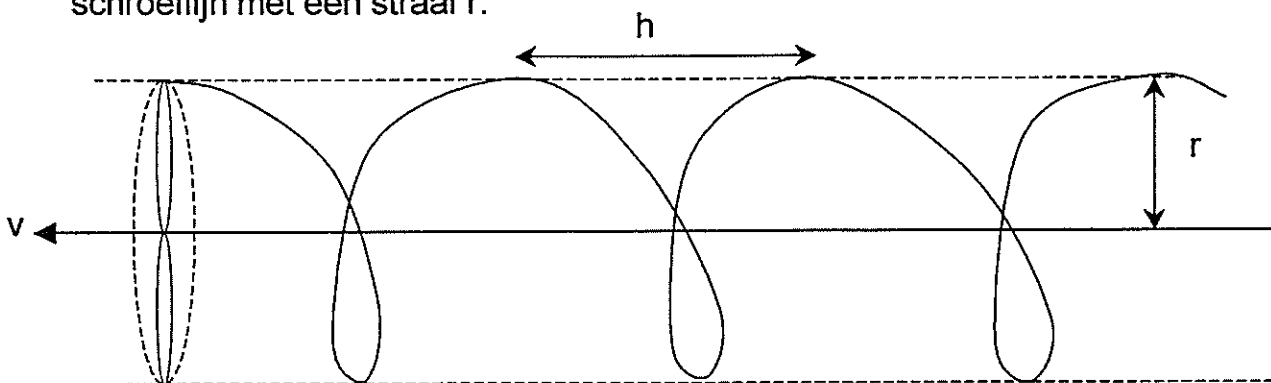
Indien de propeller in een horizontaal vlak werkt wordt ze ook wel draagschroef of rotor genoemd. (vb helikopter)

7.2 Belang van propeller

Om het vermogen, de energie van de motor om te zetten in een zo groot mogelijke vliegsnelheid, moeten we "iets" hebben dat voor die omzetting kan zorgen. Het meest voor de hand liggend voorwerp in het kader van modelvliegtuigen is voor ons een propeller: tamelijk eenvoudig, licht en veelgebruikt.

7.3 Werking

De twee (of meerdere) bladen van een propeller kunnen we eigenlijk aanzien als slanke vliegtuigvleugels waarop aërodynamische krachten werken door de voorwaartse beweging en de mogelijkheid tot draaien om de schroefas. Elke bladdoorsnede beschrijft als gevolg van deze beide bewegingen een schroeflijn met een straal r .

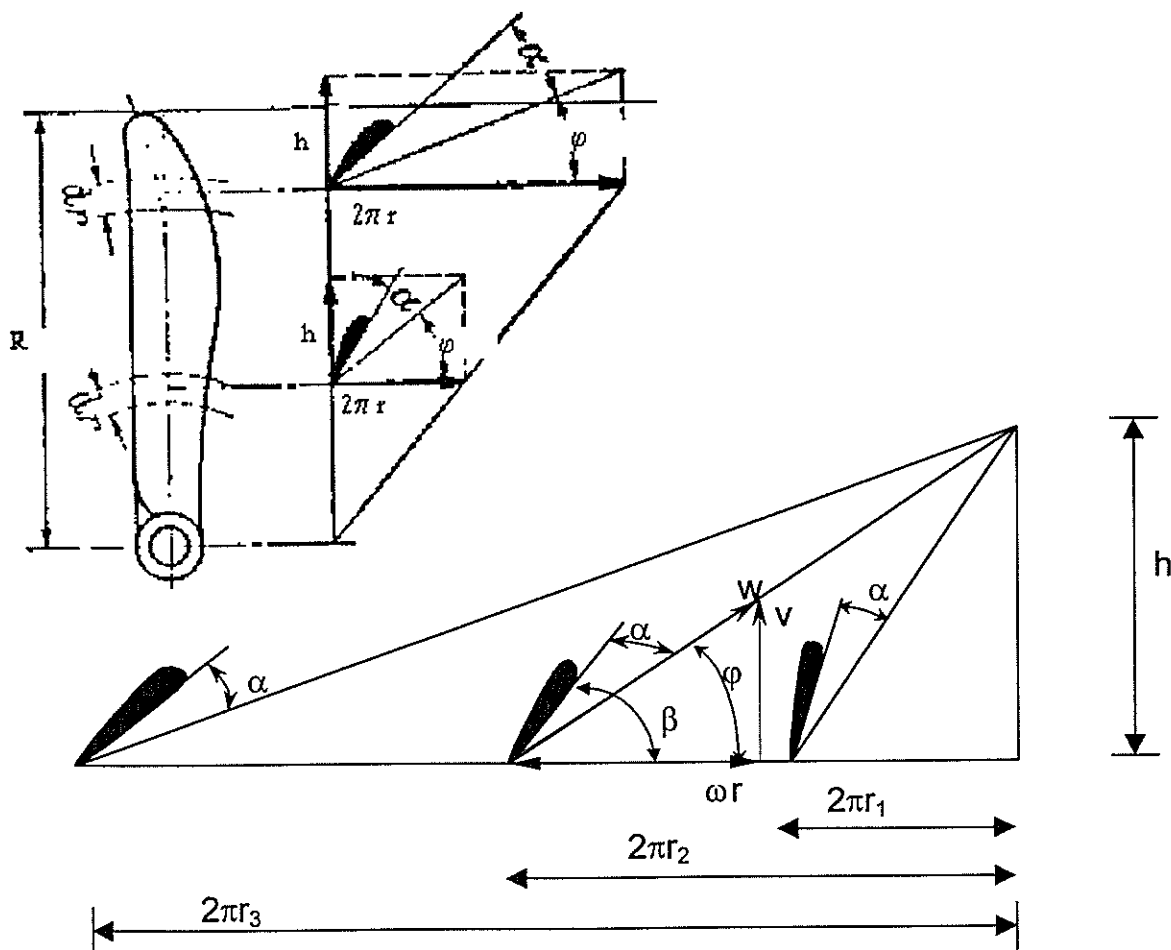


Bij een bepaalde positieve snelheid v legt elke (schroef)doorsnede per omwenteling dezelfde afstand h in voorwaartse richting af en een afstand $2\pi r$ in de richting van het vlak loodrecht op de schroefas .

7.3.1 Aërodynamische spoed

De afstand h wordt ook wel de aërodynamische spoed genoemd, deze afstand wordt afgelegd door het vliegtuig na 1 omwenteling van de schroef bijgevolg is de afgelegde weg (de cirkelbaan) van de schroef gelijk aan $2\pi r$; de aërodynamische spoedhoek wordt meestal aangeduid met de Griekse letter φ . De bladdoorsneden hebben de vorm van een vleugelprofiel. Indien we geen rekening houden met kleine wrijvingen op de bladelementen, bepaalt de hoek φ ook de richting van de lichtsnelheid w ten opzichte van de bladdoorsneden. Deze lichtsnelheid w is opgebouwd uit 2 componenten: de vliegsnelheid v en de omtreksnelheid $\omega \cdot r$ (ω is de hoeksnelheid om de schroefas = $2\pi n$; n is het toerental)

Uit volgende voorstellingen kunnen we de aërodynamische spoedhoek bepalen:



We veronderstellen een willekeurige straal r_x op een schroef, kleiner dan R (de volledige lengte van de schroef) vanaf deze straal maken we een doorsnede

van het schroefblad. Voor elke straal r geldt dat deze voor een volledige cirkelbaan een afstand heeft beschreven $= 2\pi r_x$. Elk stukje doorsnede moet ook voor elke cirkelbaan een afstand h (evenwijdig met de vliegrichting) afleggen. Hoe verder de doorsnede van het middelpunt ligt, hoe groter de waarde $2\pi r_x$ wordt, en hoe kleiner de hoek β .

Voor de aërodynamische spoedhoek kunnen we dus veronderstellen:

$$\begin{aligned}\tan \varphi &= h / 2\pi r \\ &= v / \omega \cdot r\end{aligned}$$

De hoek van elk bladelement ten opzichte van het schroefvlak wordt de instelhoek β genoemd, dit is de hoek van de koorde van het bladelement en het schroefvlak.

Voor de instelhoek α geldt:

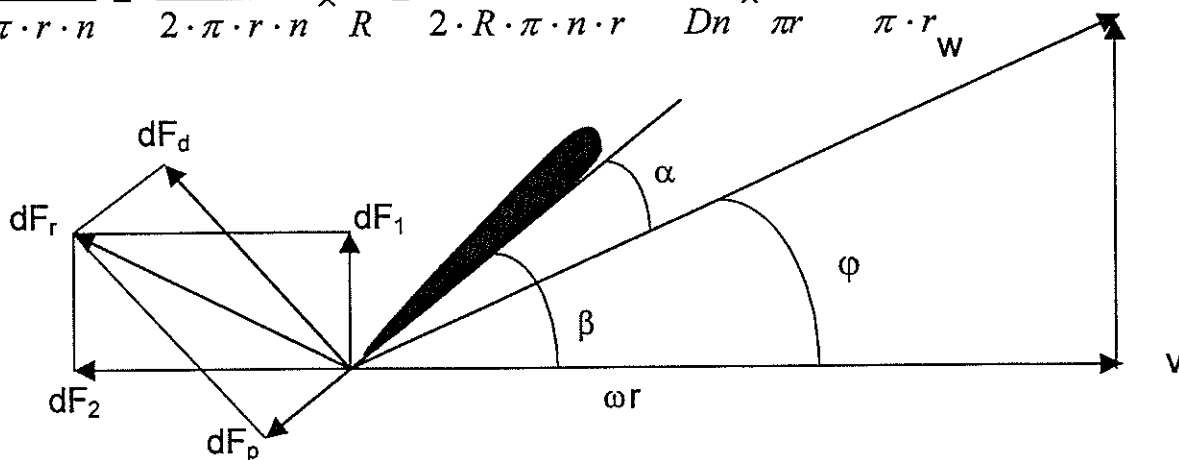
$$\alpha = \beta - \varphi = \beta - \text{boogtangens } (v / \omega \cdot r)$$

Voor een goede schroefwerking moeten de invalshoeken α van alle bladelementen ongeveer gelijk zijn. De hoek φ neemt toe naarmate de straal r kleiner wordt. Dus zal ook de hoek β moeten toenemen. Het schroefblad heeft zo'n vorm dat de instelhoek naar binnen toe groter wordt. Aangezien dat elk schroefblad een vaste vorm heeft, zijn de instelhoeken β van alle bladelementen vastgelegd. Bij berekeningen gebruiken we voor de waarde β die hoekwaarde op $3/4$ van de straal, om moeilijk rekenwerk te vereenvoudigen. Op dezelfde wijze is voor de bladelementen ook de aërodynamische spoedhoek φ vastgelegd door de voortgangscoefficiënt J is per definitie $= v/nD$.

Aangezien de schroefdiameter $D = 2R$ volgt dat:

$$\text{tangens } \varphi = v / \omega r$$

$$= \frac{v}{2 \cdot \pi \cdot r \cdot n} = \frac{v}{2 \cdot \pi \cdot r \cdot n} \times \frac{R}{R} = \frac{vR}{2 \cdot R \cdot \pi \cdot n \cdot r} = \frac{v}{Dn} \times \frac{R}{\pi r} = \frac{J \cdot R}{\pi \cdot r} \quad \text{w}$$



De grootheden β en J bepalen de eigenschappen van een schroef. Als gevolg van de invalshoek α en de lichtsnelheid w werken op elke bladdoorsnede dA (op een afstand r_x) een draagkracht dF_d en een profielweerstand dF_p . De resultante dF_r van deze beide krachten kan worden ontbonden in een kracht dF_1 in de vliegrichting en een kracht dF_2 in het schroefvlak.

Een optelling van alle deelkrachten dF_1 van de bladelementen op de schroefbladen levert één trekkracht F_1 van de schroef. De kracht dF_2 levert om de schroefas een moment $dM = r_x \cdot dF_2$. Een optelling van al die kleine momenten levert het schroefkoppel M , dat door de motor moet worden geleverd om de schroef aan te drijven.

$$W = F \times \Delta s \Leftrightarrow P = \frac{F \times \Delta s}{\Delta t} \Leftrightarrow P = F \times v \Leftrightarrow P = F \times \omega \cdot r \Leftrightarrow P = M \times \omega$$

Het vermogen is gelijk aan het koppel maal de hoeksnelheid.

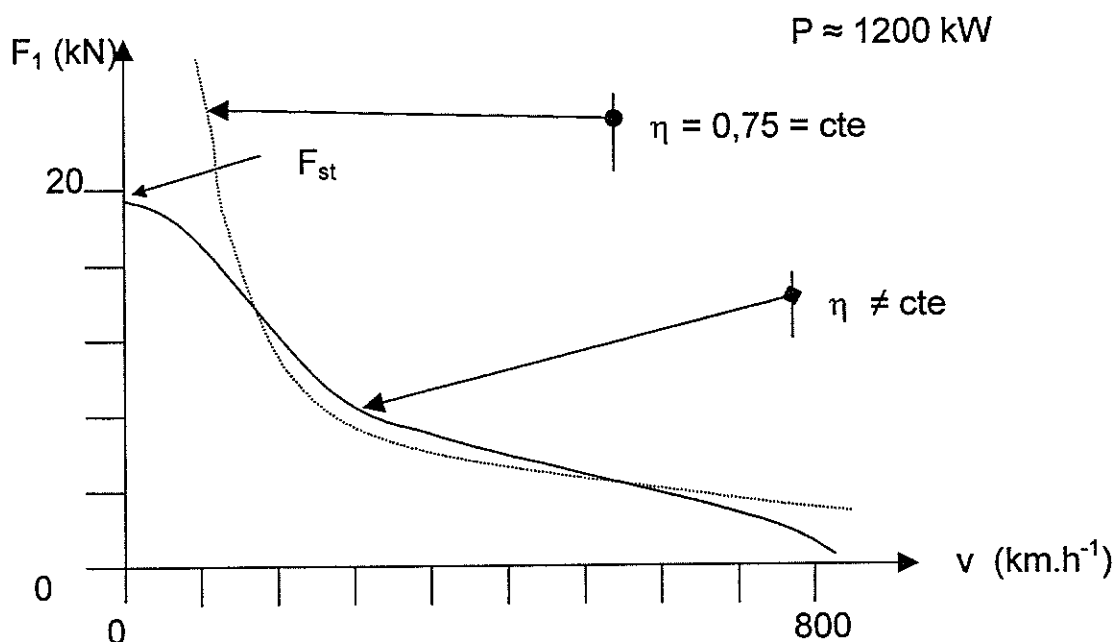
7.3.2 Schroefrendement

Bij een vliegsnelheid v levert de trekkracht F_1 een vermogen $F_1 \cdot v$ (vermogen = kracht x snelheid). Het rendement is altijd het nuttige gedeeld door het toegevoegde. Dus:

$$\eta = \frac{\text{nuttige vermogen}}{\text{toegevoegde vermogen}} = \frac{F_1 \cdot v}{P}$$

of de trekkracht is dus gelijk aan: $F_1 = \frac{\eta P}{v}$

Voor een schroef met een goede vormgeving zal het rendement over een ruim gebied van snelheden v ongeveer constant, zodat bij een constant vermogen P de geleverde trekkracht F_1 met toenemende snelheid v zal afnemen.



Hierbij zien we dat bij een snelheid $v = 0$ steeds $\eta = 0$; logisch; de schroef levert

wel een trekkracht , maar ze is statisch = F_{st})

Bij vliegsnelheden groter dan 600 km.h^{-1} nadert de lichtsnelheid w aan de schroeftippen de geluidssnelheid. Tipsnelheid $v_t = \sqrt{v^2 + u^2.R^2}$

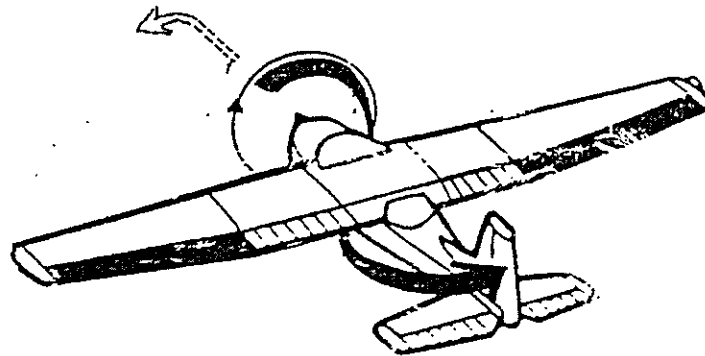
Hierdoor ontstaan schokgolven in de stroming om de bladen, waardoor de goede schroefwerking ernstig verstoord kan worden en het rendement zal gaan dalen.

De voorgenoemde compressibiliteitsverschijnselen treden ook op bij lage vliegsnelheden indien er een hoog toerental van de schroef wordt toegepast. Omdat de motor voor het leveren van een hoog vermogen een hoog motorentoerental nodig heeft, wordt de schroef daarom vaak aangedreven via een vertragingsmechanisme. Behalve voor een goede schroefwerking is de toepassing van lage tipsnelheden (laag: $v_t < 250 \text{ ms}^{-1}$) ook nodig om zoveel mogelijk geluidsoverlast te beperken.

7.4 De invloed van de schroef op de besturing

7.4.1 De schroefwind

Vermits de beweging van de schroef gelijkenissen vertoont met de beweging van een kurkentrekker, zal ook de schroefwind deze beweging maken en met bepaalde plaatsen van de romp in contact komen. Zo beukt een rechtsdraaiende schroef tegen het linker staartvlak en zal een gierbeweging naar links veroorzaken.



Gewoonlijk brengt de vliegtuigbouwer verbeteringen aan zodat dit effect bij kruissnelheid teniet wordt gedaan.

De schroefwind maakt het richtingsroer en het hoogteroer "levendiger". De rolroeren kunnen door de schroefwind niet bereikt worden en profiteren dus niet van dit effect mee.

7.4.2 Het motorkoppel

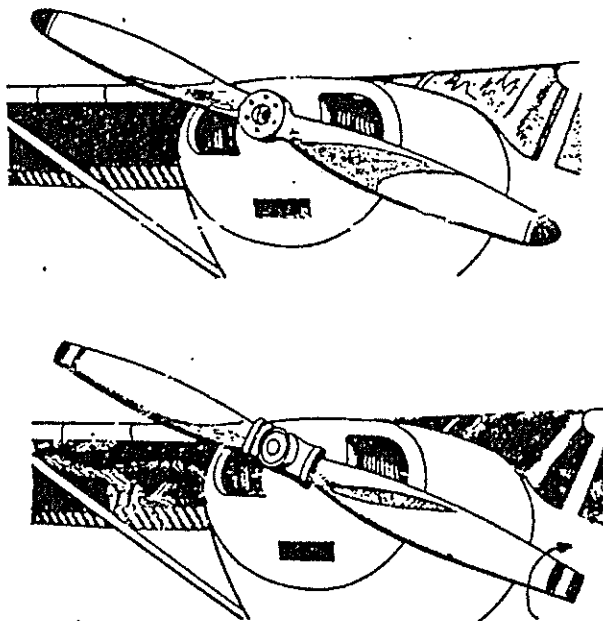
Een rechtsdraaiende schroef zal een reactiekoppel opwekken dat de neus naar links zal duwen. Vooral bij het opstijgen is dit fenomeen merkbaar.

7.4.3 Asymmetrische verdeling van de trekkracht bij een hoge neusstand

Indien het vliegtuig rechtlijnig horizontaal vliegt met een hoge neusstand, dan is het schroefdraaivlak niet opgelijnd met de vliegrichting. In dit geval legt het naar beneden gaande schroefblad bij een rechtsdraaiende schroef een grotere afstand af en bezit dus een hogere snelheid dan het andere blad. Er is dus een ongelijkheid van trekkracht. Het overgewicht van trekkracht op de rechterkant zal het toestel naar links doen gieren.

7.4.4 Schroef met verstelbare bladen

Om de prestaties te optimaliseren zal er vaak gebruik worden gemaakt van schroeven met verstelbare bladen.



Het mechanisme bestaat uit een hydraulisch of elektrisch systeem die de bladhoek wijzigt om het toerental constant te houden. Daarom krijgt dit ook de naam CSU (Constant Speed Unit). Deze wordt bij modelvliegtuigen slechts zelden toegepast.

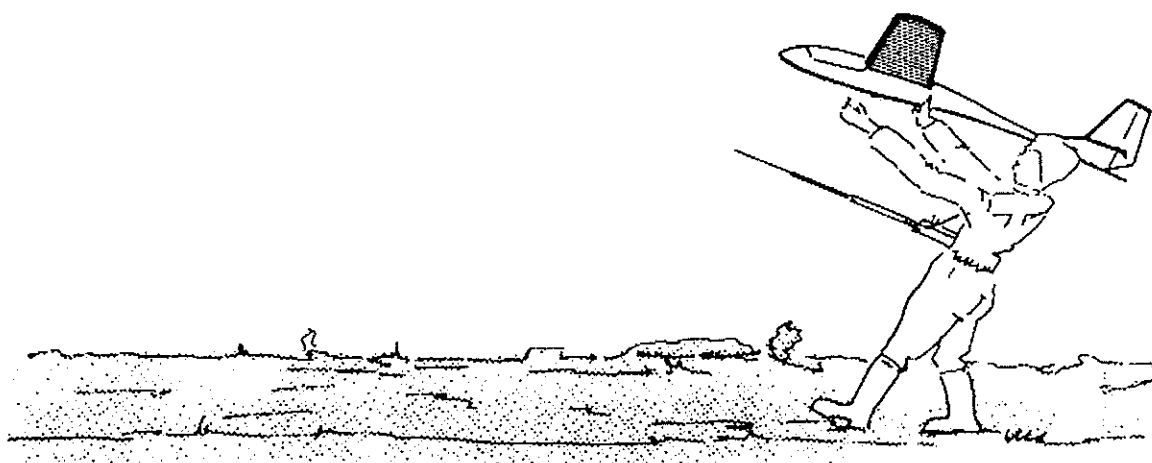
8 Nadelige gevolgen van constructiefouten tijdens het vliegen

Voordat we (kunst)vluchten willen maken, dienen we, met een nog grotere voorzichtigheid dan anders, het toestel op de minste fouten te controleren (fouten op de schakeltechniek van de zender en servo's worden later besproken), we gaan er ook van uit dat de motor (die vrijwel altijd dient te worden gekocht) in perfecte staat is.

8.1 Het begrip handstart

Kop – en staartlasten zijn niet moeilijk te corrigeren, indien men de handstart goed beheerst.

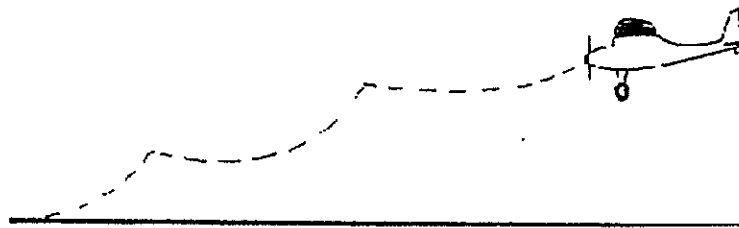
Bij een handstart houden we het toestel met de neus enigszins naar beneden. Het model moet al gestart zijn in de stand die het tijdens zijn glijvlucht inneemt. Alleen door de schuin omlaag gerichte vlucht kan het zijn snelheid en daarmee de vereiste lift behouden. Het toestel dient best gestart te worden met een lichte tegenwind. Wordt een toestel schuin omhoog weggeduwd dan zal het snel vaart minderen tot de lift wegvalt en het steil naar beneden duikt. Een soortgelijk vlieggedrag is overigens eigen aan staartlastigheid.



Met de ene hand wordt de startkabel vastgehouden en met de andere het model.

8.2 Staartlastigheid

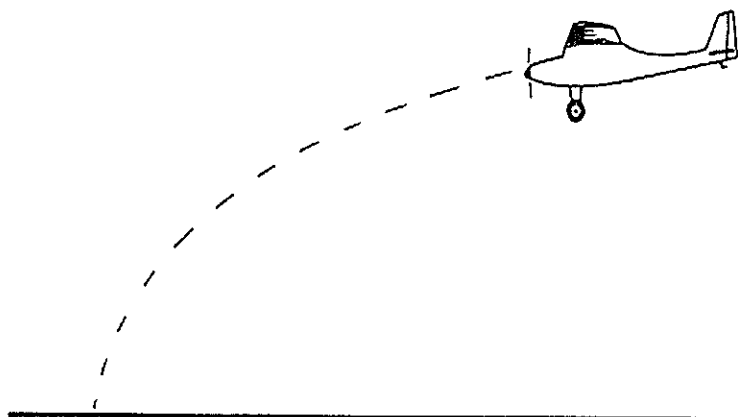
Als het model na een handstart de neus schuin omhoog steekt, vrijwel tot stilstand komt en dan omlaag duikt ligt dat aan een te veel naar achter gelegen zwaartepunt. De staart wordt hierdoor omlaag getrokken, de invalshoek van de vleugels neemt toe, de snelheid loopt terug doordat het model gaat stijgen en dan breekt de luchtstroming langs de vleugels. Als het vanaf een hoog punt is gestart zal het vanuit de ingezette duikvlucht in horizontale vlucht overgaan, stijgen tot de lift wegvalt, duiken, enz. Het resultaat is een golvende vlucht, die lelijk en door het steile duiken ook gevaarlijk voor het model is. Dit verschijnsel wordt ook wel eens "pompen" genoemd. De simpelste oplossing om dit fenomeen tegen te gaan is wat lood in de neus aanbrengen. Indien het zwaartepunt echter wel op zijn plaats zou liggen, dan moet de instelhoek te groot zijn.



Pompen; model is staartlastig.

8.3 Kop - of neuslastigheid

Deze afwijking leidt tot een heel ander vlieggedrag. Na de gewone handstart beschrijft het model een snelle, vrij steile duikvlucht. Het naar voren gelegen zwaartepunt trekt de neus omlaag, waardoor invalshoek en lift volkomen verkeerde waarden krijgen. De simpelste oplossing is hier dan weer lood wegnemen uit de neus.



Te steile glijvlucht; model is koplastig.

8.4 Afwijking naar links of rechts

Eén mogelijke oorzaak hiervan ligt voor de hand; het richtingroer staat niet perfect in het midden. Wanneer dat wel het geval zou zijn moet het toestel tamelijk ver rechtuit kunnen vliegen. Een vervormde vleugel kan echter ook een afwijking naar links of rechts veroorzaken, omdat het toestel hierdoor schuin in de lucht gaat liggen, en zo schuin wegglijdt. Het is mogelijk om een tamelijk ruime bocht te beschrijven door alleen maar de rolroeren te gebruiken (zonder het richtingroer te bedienen). Anderzijds zal een uitslag van het richtingroer een zekere draaiing om de lengteas (een dwarshelling) met zich meebrengen. De reden hiervan is dat de vleugel die de buitenbocht beschrijft een langere weg aflegt, een grotere snelheid krijgt, en aldus een grotere lift heeft (hij wordt als het ware omhoog gedrukt). Een bocht, hiermee bedoelen we een draaiing om de topas, blijkt altijd samen te gaan met een draaiing om de lengteas. Elke asymmetrie van de vleugels zal om deze reden van invloed zijn op het vlieggedrag, ook al is hij zo klein dat hij bij het "droogvliegen" nauwelijks waarneembaar is.

9 Gevolgen van het weer en landschap bij het vliegen

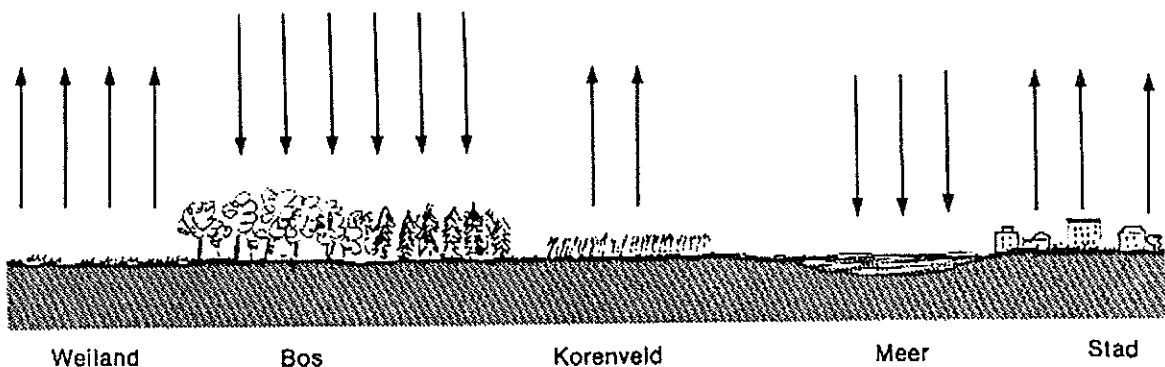
9.1 Weersinvloeden

Thermiek, atmosferische storingen, (thermiek)bel ; allemaal termen waarmee we rekening dienen te houden, ze komen zelden in hun erg(st)e vorm voor, maar een gewaarschuwd man (vrouw) is er twee waard.

Om de mogelijkheden van een toestel optimaal te benutten, moeten we een gevoel voor de natuur hebben, en een (basis)kennis van luchtstromingen. We weten dat warme lucht zich als lichter zal gedragen dan koudere. Wanneer we willen (radiogestuurd) zweven is het belangrijk om opwaartse stromingen van warme lucht op te sporen. Thermiek is een veelgebruikte uitdrukking hiervoor.

9.1.1 Thermiek

(Grond)Thermiek ontstaat daar waar de lucht vlak boven een deel van het aardoppervlak meer wordt verwarmd dan boven de omgeving. Bijvoorbeeld boven een zandverstuiving in een open veld. Het lichtgekleurde zand zal dus veel meer licht en warmte terugkaatsen dan het veld; de lucht vlak boven het zand zal warm worden en opstijgen, terwijl zijn plaats wordt opgenomen door de lucht uit de omgeving. Het fenomeen thermiek doet zich ook voor op bvb een (lichtgeel) korenveld naast een (donkergroen) bos. 's Avonds doet zich het omgekeerde voor; de lucht boven het bos is warmer, omdat de warmte van overdag heeft vastgehouden, en in de nacht langzaam uitstraalt. Thermiek is ook nog te vinden boven licht getinte, door de zon beschreven hellingen (Engeland, Sussex), boven huizen en kleinere dorpen, boven licht gekleurde wegen.



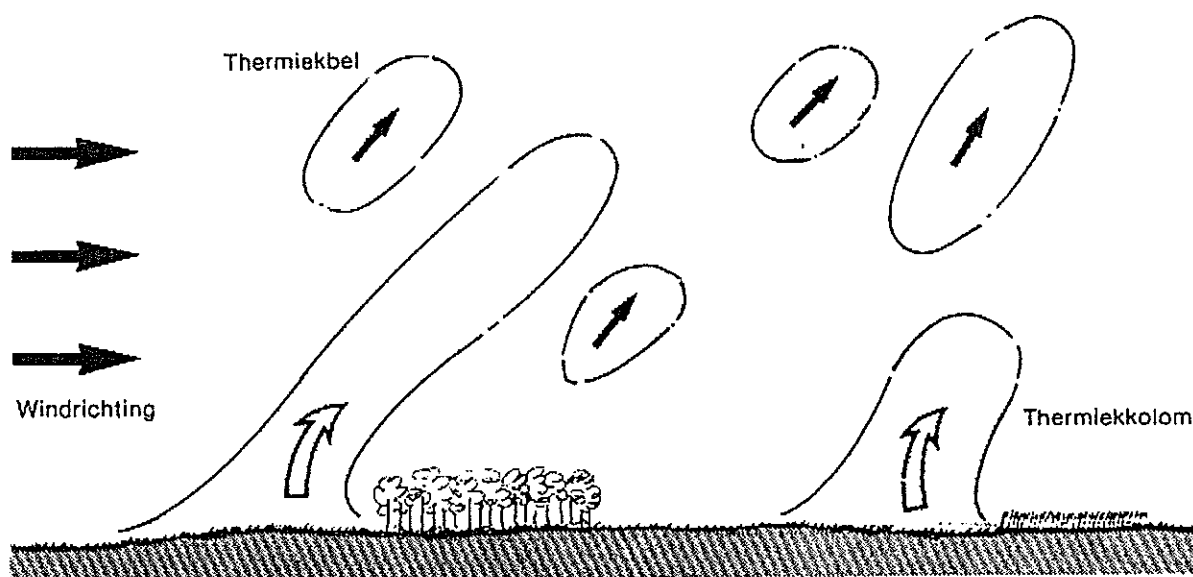
Boven droge gebieden wordt de lucht sneller warm dan boven vochtige gebieden.

Behalve grondthermiekt bestaat er ook thermiekt op grotere hoogte. Die treedt alleen op wanneer er zogenaamde schapenwolken (wolken van het cumulustype of stapelwolk) langs de hemel glijden. Normaal zal een (vooral zweef)vliegtuig zich niet vaak vlak onder een stapelwolk bevinden, en niet zonder reden. De warme lucht wordt door koude lucht verdrongen en omhoog gedreven. Op grotere hoogte is de temperatuur lager, zodat de warme lucht afkoelt. Hierdoor condenseert er waterdamp, en er vormen zich wolken. Roofvogels maken ook vaak gebruik van een luchtstroming (dit is duidelijk waar te nemen als ze in cirkels vliegen; een opwaartse luchtstroming).

Dit fenomeen kan men in twee groepen opsplitsen: de thermiekkolom en de thermiekbelt.

9.1.1.1 Thermiekkolom en thermiekbelt ¹

Deze beide thermiektsoorten treden echter zelden in hun meest ideale vorm op.



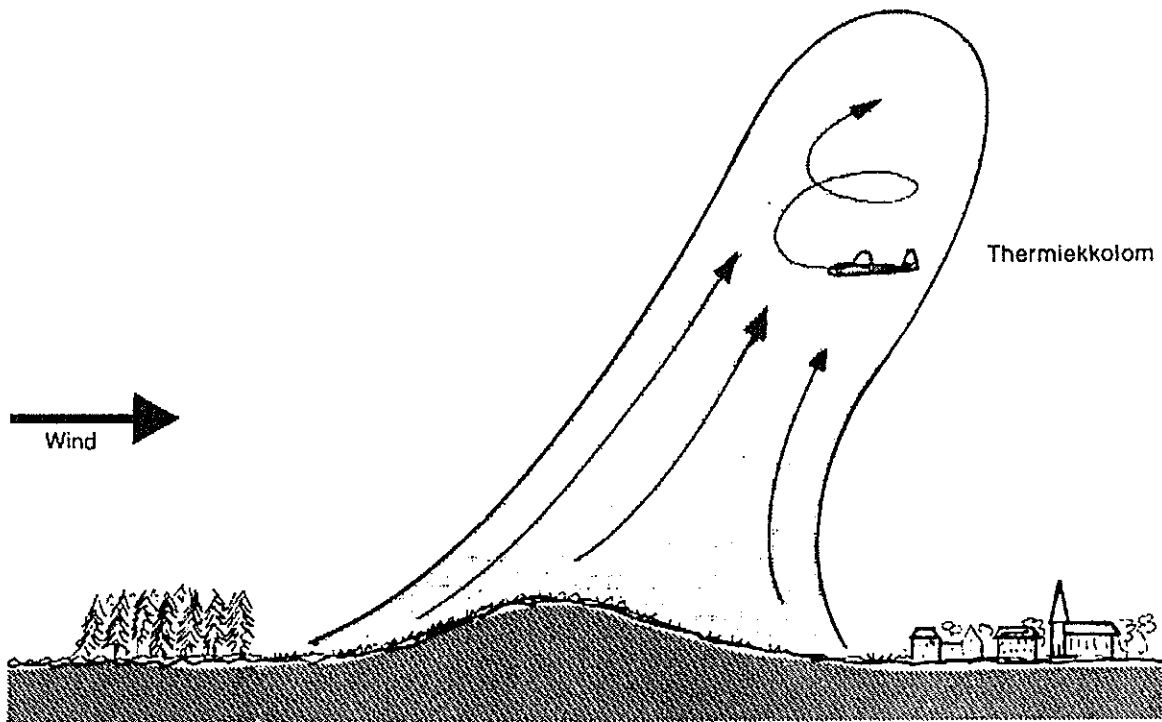
De thermiekkolommen en -bellen gaan vaak langzaam in elkaar over.

a) Thermiekkolom

Onder thermiekkolom bedoelt men een luchtstroom die langere tijd aanhoudt. Deze wordt door een zijdelingse luchtstroom in de buurt van de bodem in stand gehouden. Binnen een dergelijke kolom stijgt de lucht gelijkmatig. De stroming is echter zwakker dan binnen een thermiekbelt, maar we kunnen er waarschijnlijk wel een aanzienlijke hoogte mee winnen, als we er binnen in zouden blijven cirkelen.

(zie figuur volgende pagina)

¹ Meestal vindt men een combinatie van beiden, wat dan als stijgwind wordt begrepen



Onder een thermiekkolom verstaan we een constant stijgende luchtstroom

b) Thermiekbels

Een thermiekbels ontstaat, zodra een kolom door de wind tegen een hindernis zoals een bosrand of gebouw wordt gedrukt. Nadat de warme lucht is opgestegen moet de koudere lucht in de buurt van de bodem eerst weer worden verwarmd voordat er een nieuwe stijgende bodem ontstaat. Deze lucht vormt bij de bodem eerst een warme luchtkolom die langzaam groter wordt om tenslotte als een bel te stijgen. Dit opstijgen gaat vrijwel altijd gepaard met wervelingen die soms samengaan met opwarrelend stof. De lichtste zweefmodellen kunnen vanaf 10m hoogte als gevolg van zo'n kleine bel tot honderd meter stijgen. Een lange en mooie zomer werkt echter de thermiek tegen, aangezien de lucht dan meestal meer gelijkmatig warm is. De thermiek ontstaat door temperatuursverschillen in de lucht. Deze zijn dus in de lentemaanden maart en april het grootst. Soms zelfs zo groot dat we hiermee rekening moeten houden omdat een model op deze manier zelfs in gevaar kan komen.

N.B.:

Het is mogelijk een toestel zo in te stellen dat het normaal grote cirkels beschrijft, maar in een thermiekbels op kleine cirkels overgaat.

9.1.2 De wind

Over het algemeen is een sterke wind ongunstig voor de thermiekvorming. Ook in dit geval worden de luchtstromingen zodanig met elkaar vermengd dat het onderlinge temperatuurverschil te gering is. Windstil weer is anderzijds ook niet altijd gunstig want we moeten het model immers eerst omhoog zien te krijgen om zodoende via o.a. de thermiek op een nog grotere hoogte te komen. Het meest gunstige is dus een zwakke wind.

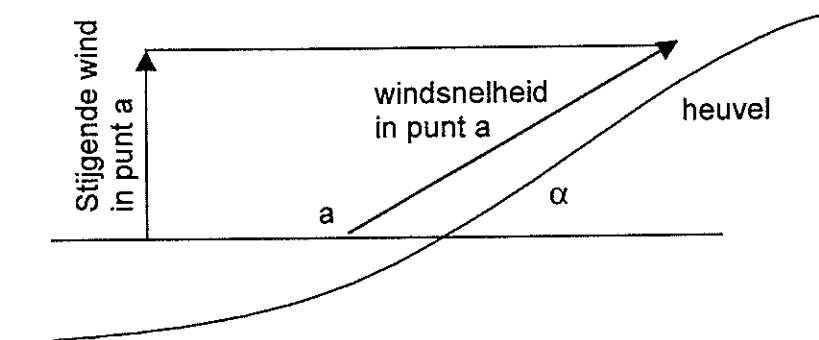
9.2 Landschapsinvloeden

9.2.1 Hellingvliegen

De hellingwind

Als de wind tegen een heuvel, berg of andere hindernis waait, zal deze over deze hindernis stromen en/of er langzaam gaan (hij kan moeilijk rechtsomkeer maken).

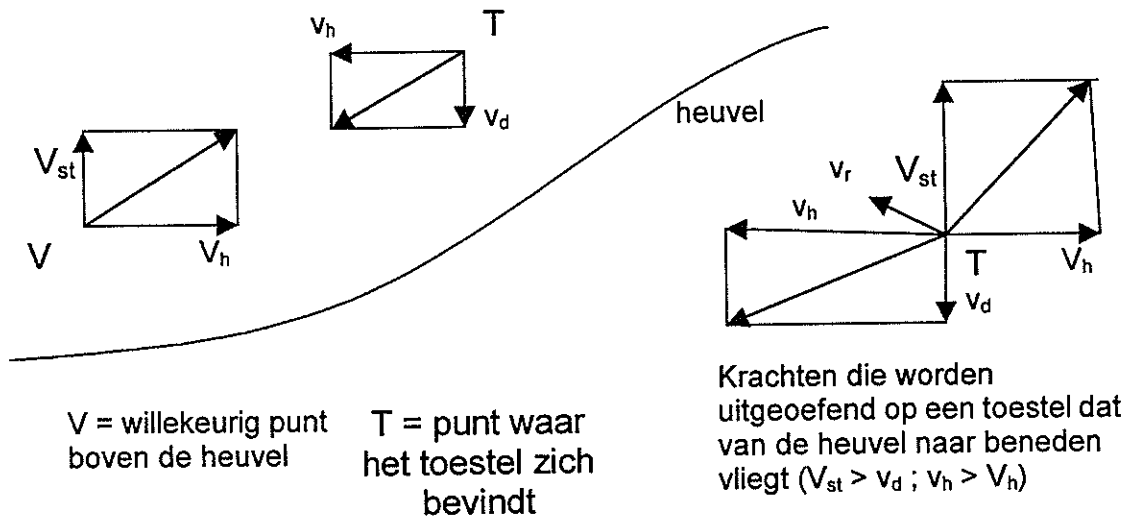
Langzaam gaan gebeurt vooral als de hoogte van de hindernis groter is dan de breedte, waardoor de "omstroomweerstand" geringer is dan de "overstroomweerstand". Voor het hellingvliegen is daardoor een glooiende lijn beter geschikt dan steile heuvels, kliffen of bergen, mits het hoogteverschil van het terrein niet al te groot is. De kracht van de opgaande wind hangt grotendeels af van de horizontale windsnelheid. Als deze gering is, is ook de opgaande wind zwak. Ook de vorm en de hoogte van de helling, de aard van begroeiing en het voorliggende land beïnvloeden de snelheid van de opgaande wind; als de helling zich aan zee bevindt (vb duinen) kunnen de omstandigheden ideaal zijn. De opgaande wind bereikt, theoretisch althans, een snelheidswaarde die evenredig is met de sinus van de hellingshoek α . Als de helling een hoek van 30° heeft (zeer steil), zal bij een windsnelheid van pakweg 10 m/s de stijgende wind een snelheid van ongeveer $10 \text{ m/s} * \sin 30^\circ = 5 \text{ m/s}$ hebben.



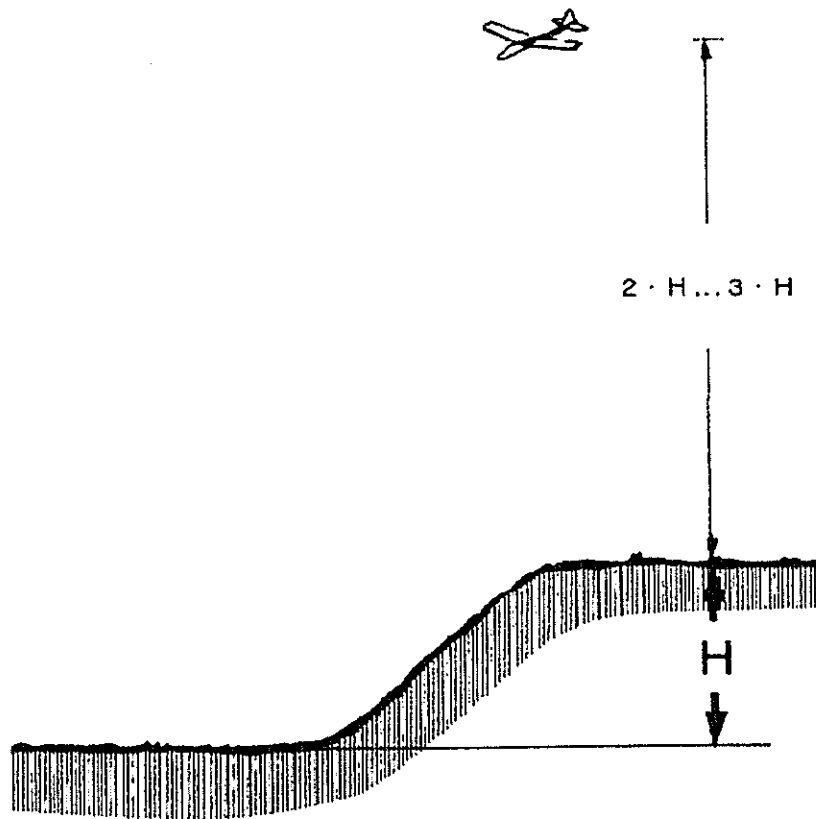
Volgens de krachten veelhoek ontstaat zodoende de glijvluchtafstand uit de horizontale snelheid (v_h) en de daalsnelheid (v_d).

Hierbij komt dan nog de invloed van de stijgende luchtstroom die als horizontale snelheid (V_h) en stijgsnelheid (V_{st}) is aangegeven. Indien alle

componenten qua grootte gelijk zijn, maar tegengesteld zin, ontstaat er krachterevenwicht, waardoor het toestel onbewegelijk in de lucht blijft hangen.



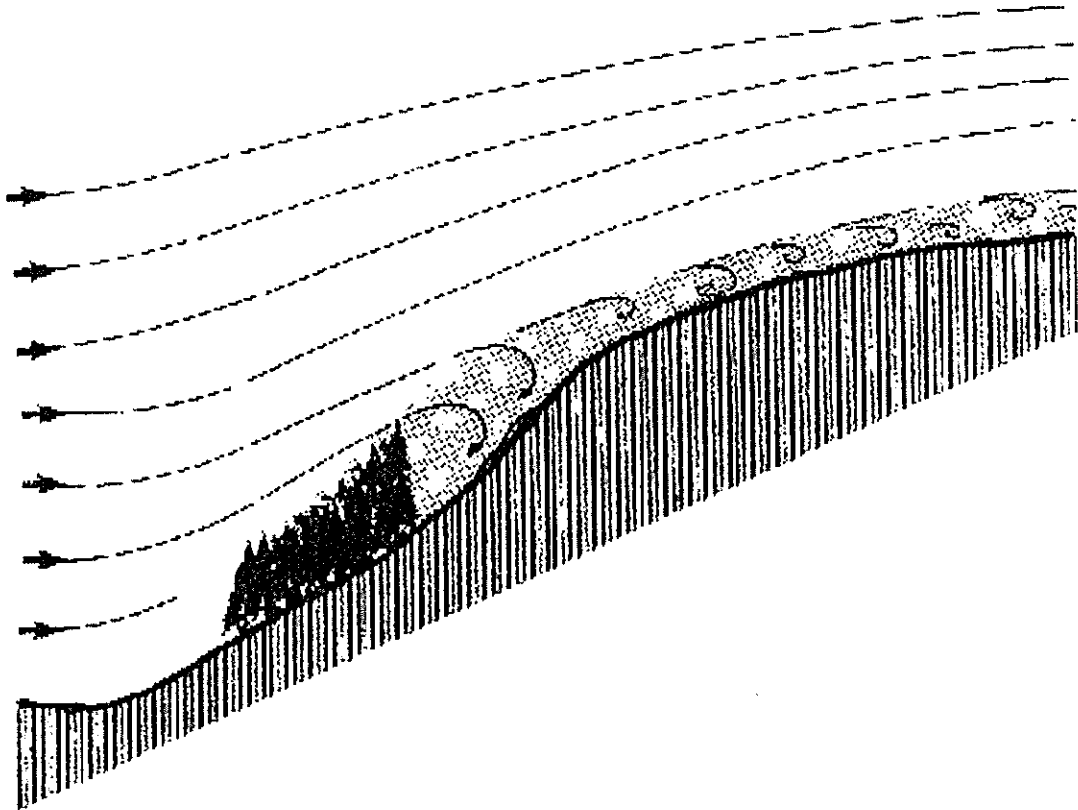
Het toestel vliegt tegen de stijgende luchtstroom van de helling in met een snelheid die is samengesteld uit de horizontale snelheid van het model, verminderd met de horizontale snelheid van de wind. Een duidelijker voorbeeld krijgen we als we beide krachtenveelhoeken laten uitoefenen op het toestel (zie rechts van de figuur). De hieruit resulterende vliegsnelheid v_r geeft de vliegrichting aan. Uiteraard houden we hier nog geen rekening met eventuele begroeiing op de heuvel, putten of bouwwerken (tweedimensionale voorstelling). Deze verhoudingen gelden ook niet voor het hele gebied met stijgende luchtstroom van de helling. Immers de deelkrachten en vooral de horizontale windsnelheden veranderen bij toenemende hoogte, daarbij komt nog dat de invloed van de helling met toenemende afstand minder wordt. Hieruit resulteren de natuurlijke grenzen van de invloed van het hellingsgebied. In het gunstigste geval komt deze tot ongeveer twee à driemaal hellinghoogte ten opzichte van het dal. (Zie figuur volgende pagina)



De maximale bereikbare vlieghoogte boven een heuvel is ongeveer twee à drie keer de tophoogte. (Experimenteel bepaald).

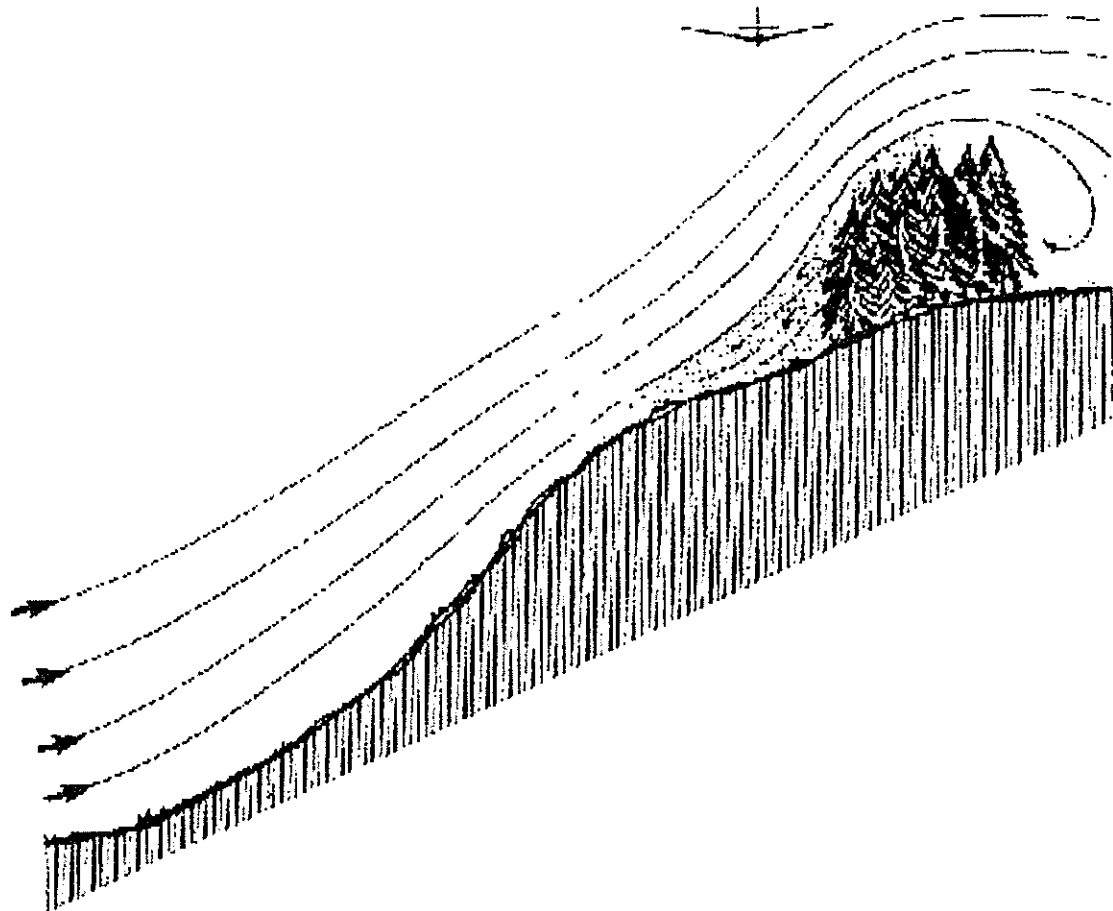
De breedte van het gebied is aan de voet van de helling over het algemeen gering en bereikt bij de top zijn maximum. De meest ideale omstandigheden vinden we praktisch alleen aan de kust. Daar is het hellingvliegen zelfs vanaf 5m mogelijk. Meer in het binnenland vindt men de bruikbaarste hellingen dikwijls bij rivierbeddingen.

De oppervlaktebegroeiing van de helling heeft vooral veel invloed in de buurt van de bodem. Hier wordt dikwijls een meters dikke luchtlaag afgeremd en er ontstaan wervelingen.



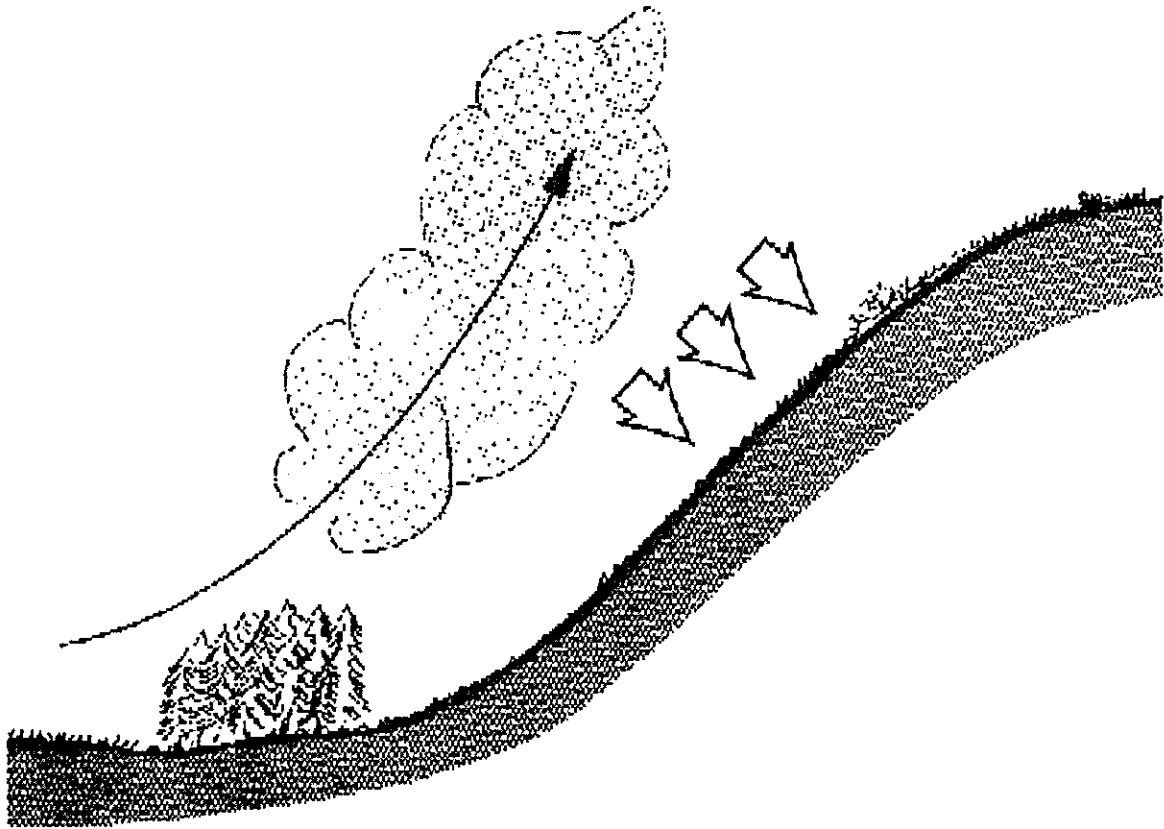
De bebossing verstoort de luchtstroming langs de helling.

De hellingwind bij beboste hellingen is daarom in de buurt van de bodem zo gering dat het model hierdoor geen lift meer krijgt, terwijl de modellen op 10 à 20m hoogte goed zweven. Als daarentegen de top van de helling is bebost ontstaat er een groter gebied met stijgende lucht. Bij kleine heuvels (20 à 30m) kan dit uitermate voordelig zijn.



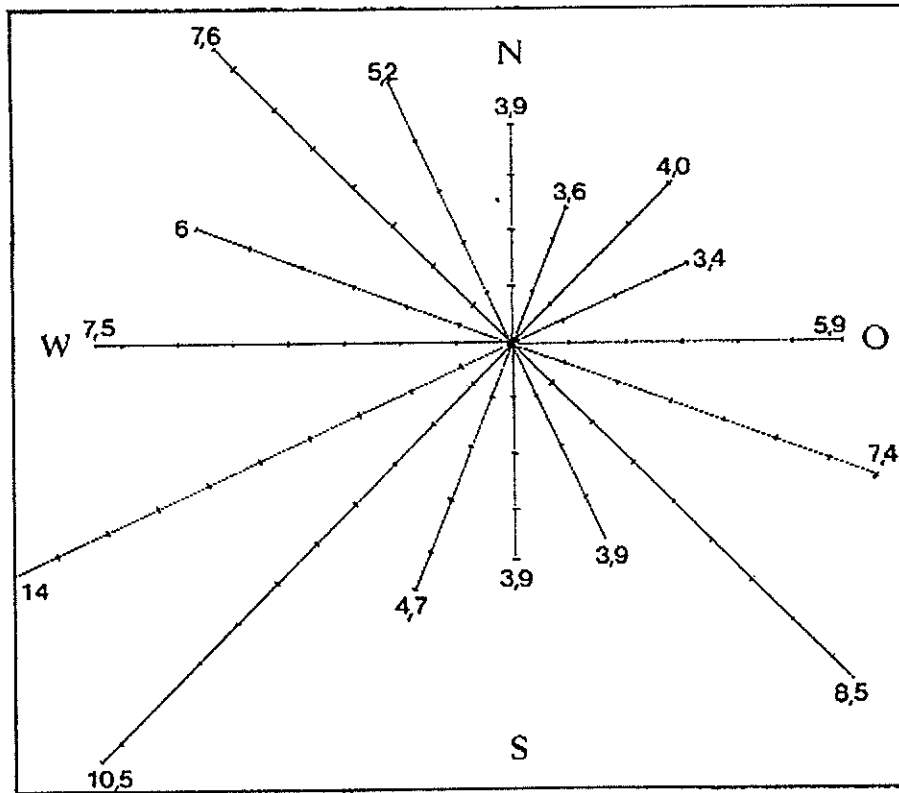
Bebossing op de top vergroot de werkzame hoogte van de heuvel.

Niet alleen de hoogte en de glooiing van de helling hebben invloed op de hellingwind. Ook op dagen met een stabiele lucht komt deze op aanzienlijke hoogte en is bovendien vaak sterker. De oorzaak ervan is de vermenging van de statische en de thermische stijgende luchtstroom.



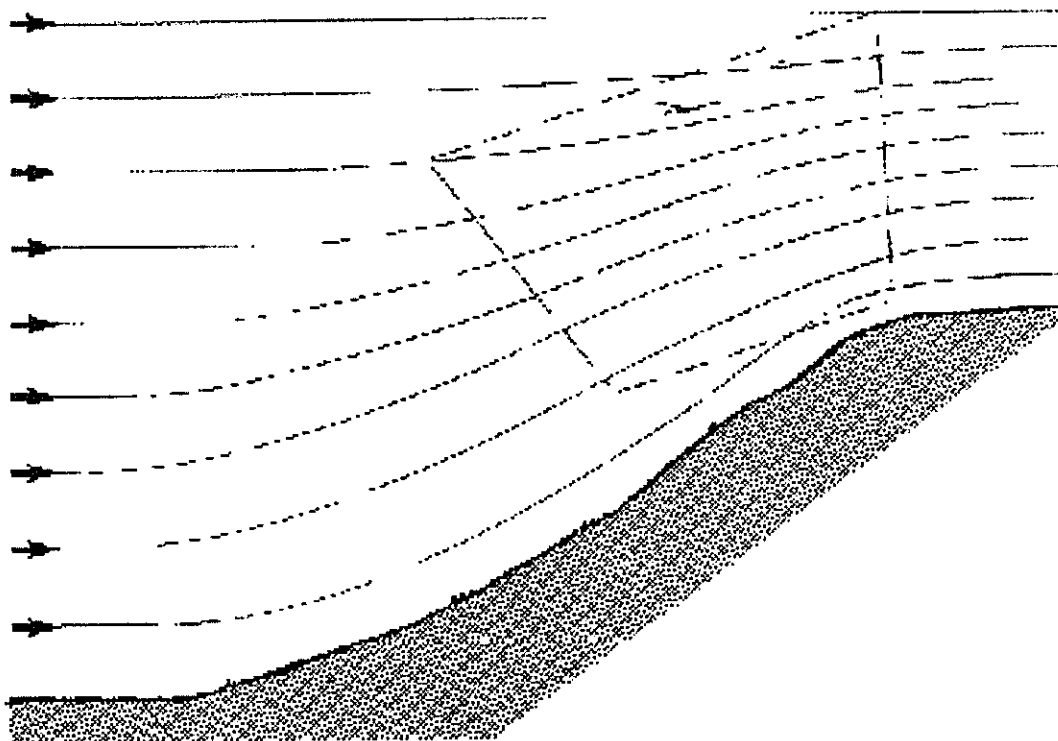
Op het zuiden liggende hellingen worden rechtstreeks door de zon verwarmd hetgeen een extra thermiek tot gevolg heeft.

Aan de andere kant kan de hellingwind op dagen met stabiele lucht ook bijzonder zwak zijn, bijvoorbeeld als een inversie het opstijgen verhindert. Dit komt zowel voor in de hogere luchtlagen als bij de grond. In de herfst, winter en lentemaanden ontstaat er in de dalen dikwijls een koude luchtlaag, waarvan de invloed tot bijna aan de hellingtop kan reiken. In het lager gelegen gebied is dan nauwelijks enige luchtbeweging, terwijl er op de top een frisse wind waait. Hoewel er daar dus een grotere windsnelheid aanwezig is, is er slechts een geringe luchtstijging, zodat door de wind enigszins koplendig gebouwde modellen geleidelijk zullen dalen. Hiervoor bestaat een simpele verklaring: de in het lager gelegen gebied aanwezige koude lucht vermindert de "actieve hoogte" van de helling tot het niveau net boven de koude laag. Ook de windrichting speelt een rol, deze is het sterkst als de wind loodrecht tegen de helling wordt geblazen. Normaal gesproken kan men nog zweven als de wind onder een hoek van 30 à 40° staat. Aangezien in onze streken de west-tot zuidwestelijke wind het meest voorkomt, zullen de naar het westen gerichte hellingen het meest geschikt zijn.



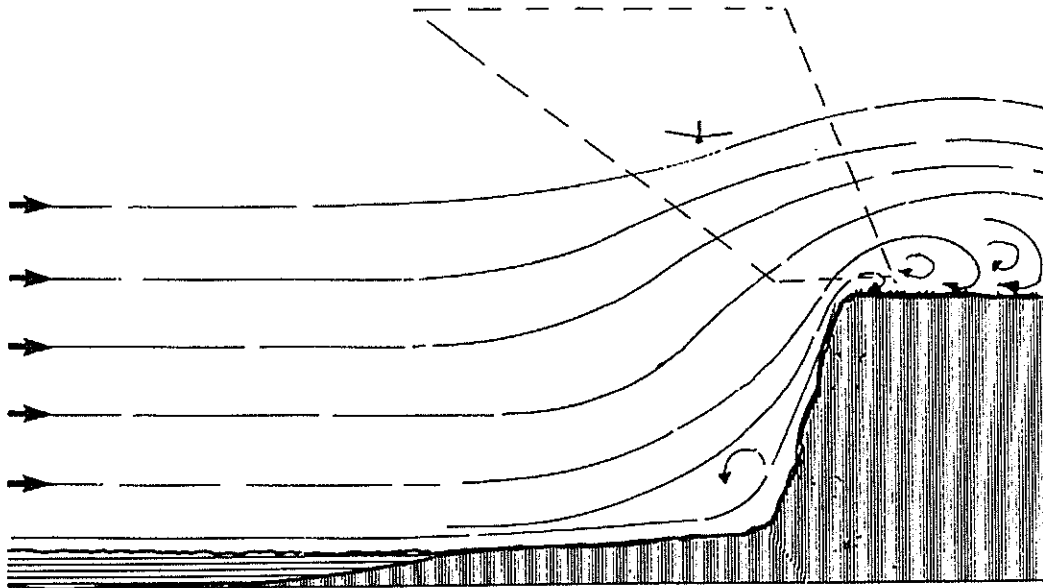
Gemiddelde windrichtingen.

Vooropgesteld dat de helling niet loodrecht naar beneden gaat bevindt het gebied waar het model het beste stijgt zich boven of voor het steilste gedeelte.



Gebied met stijgende luchtstroom aan een heuvel.

Als de helling praktisch loodrecht naar beneden gaat, zoals bij kliffen aan de kust, ontstaat er aan de voet een soort luchtkussen waarover de aanstromende lucht, als over een onzichtbare heuvel, glijdt. Als gevolg hiervan begint de hellingwind ver voor de hellingrand. Achter de rand vindt men slechts krachtige wervelingen, die landen nauwelijks mogelijk maken.



De luchtstroming aan een steile kust. Achter de rand ontstaan wervelingen.

De techniek van het hellingzweven

Op een vlak terrein zal een model enigszins staartlastig zijn, en de windsnelheid kan voor vele problemen zorgen. Als deze te klein is dan zal het toestel langzaam wegzakken, als deze te groot is, dan zal het toestel teruggeduwd worden en na enige tijd aan de andere kant van de helling landen. Hoe kunnen we nu de snelheid van het toestel vergroten ?

1. Ten eerste kunnen we het zwaartepunt meer naar voren leggen. De invalshoek van de vleugel zal hierdoor kleiner worden, en de langstabiliteit groter. Dit kunnen we eventueel veroorzaken door wat lood in de neus aan te brengen.
2. We kunnen ook het toestel zwaarder maken, door bvb. lood in het zwaartepunt aan te brengen, (hierdoor zal de vliegstabiliteit niet veranderen). Een verhoging van de snelheid met 1,5 à 2m/s vereist een verhoging van de vleugelbelasting met 10g/dm². Praktisch : voor een model met een oppervlak van 40 dm² is dat ongeveer 400g loodballast.

3. We kunnen ook het verschil in instelhoek tussen vleugel en het stabilo verminderen (normaal bedraagt deze ongeveer 2°). Op deze manier krijgen we een vermindering van de invalshoek, aangezien het stabilo nu tot de lift bijdraagt. Ook hier moet het liftverlies aan de vleugel relatief groot zijn om het model sneller te laten vliegen. Als een model met 30g/dm^2 oppervlaktebelasting, bij een liftconstante c_l van 0,9 m/s met een snelheid van $v = 7,3$ m/s vliegt, dan mag c_l slechts 0,55 bedragen voor $v = 9,3$ m/s. Aangezien de weerstand van het model nauwelijks verandert, wordt de vliegprestatie ook minder.
- Het zal vermoedelijk het beste zijn om een combinatie van de laatste twee methoden toe te passen. Bij windsnelheden van ongeveer 10 m/s kunnen we met een geschikt toestel (profiel met een rechte onderkant) nog zeer goed vliegen, bij 15m/s gaat dat nog net.

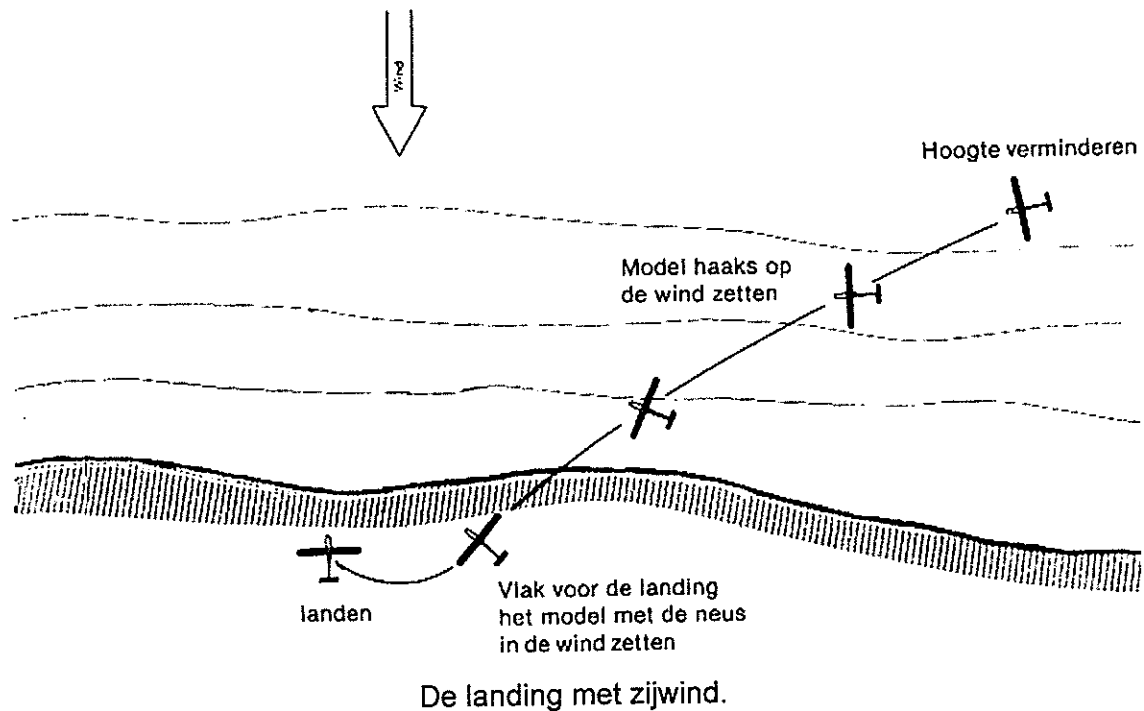
Opstijgen

Vanaf kleinere hellingen zal het succes van het zweven vooral door de start worden bepaald. Dit geldt ook voor sterk begroeide hellingen. Hier hebben we een methode, die we op vlakke hellingen niet zullen beoefenen: starten van het model met een hoge snelheid. Het zal als gevolg hiervan snel stijgen en als we het hoogteroer op tijd corrigeren, op voldoende hoogte boven de helling zweven.

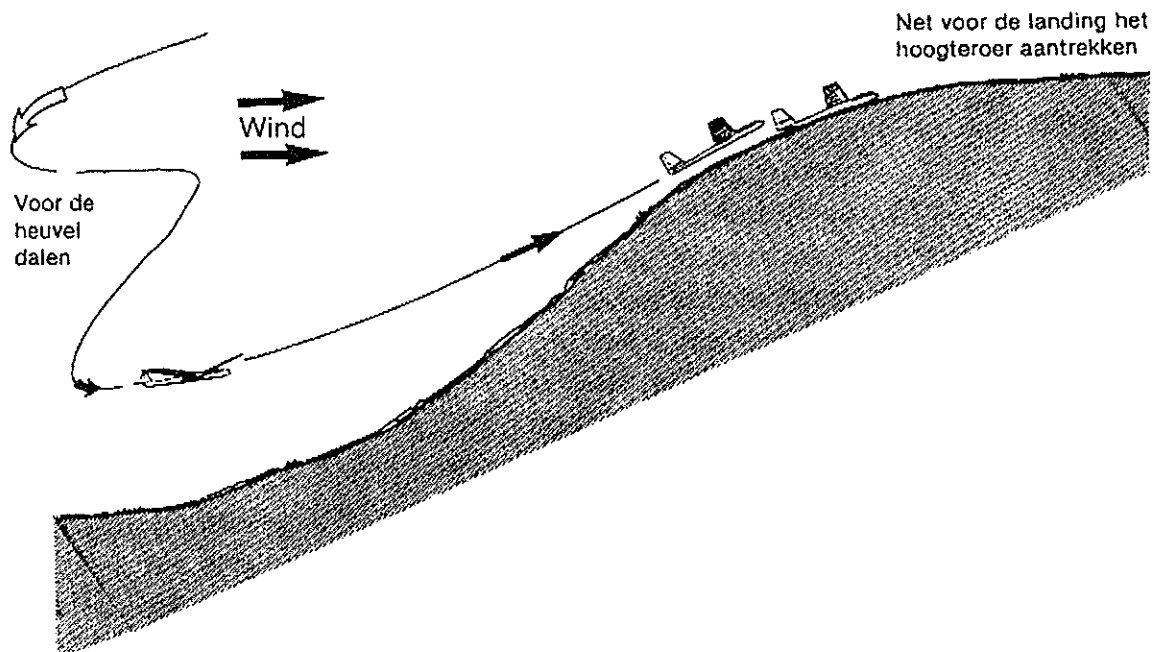
Landen

Ook het landen geeft af en toe moeilijkheden, aangezien de vlieghoogte alleen ver voor of achter de helling kan worden verminderd en de uiteindelijke landing op een minder bekende plek moet plaatsvinden. Weliswaar zullen de moeilijkheden niet zo groot zijn als het model een hoogteroer en landingskleppen bezit. Toch moeten we vooral bij krachtige wind, voor de start een geschikte landingsplaats zoeken. Een landing tegen de wind in zal op een helling niet altijd mogelijk zijn. Zijwindlandingen zijn dikwijls gunstiger als we kort voor het neerzetten van het toestel het toestel in de wind zetten.

(figuur: zie volgende pagina)



Als het toestel dreigt weg te trekken en niet voor een helling zal willen landen, blijft alleen een landing op de helling over. Een dergelijke landing kan echter alleen bij zwakke wind en niet al te steile hellingen worden uitgevoerd. De handeling is eenvoudig: we vliegen recht op de helling af, en trekken vlak bij de helling het hoogteroer op en zwenken naar links of rechts. Zo kunnen we heel zacht landen.



Bij niet al te sterke wind en een niet zo steile heuvel kan het beste tegen de helling op worden geland.

10 De motor

10.1 Soorten motoren

Er zijn verschillende soorten motoren in de handel verkrijgbaar. Je hebt elektrische en verbrandingsmotoren. De verbrandingsmotoren zijn de tweetakt-, de viertakt- en de gloeiplugmotor.

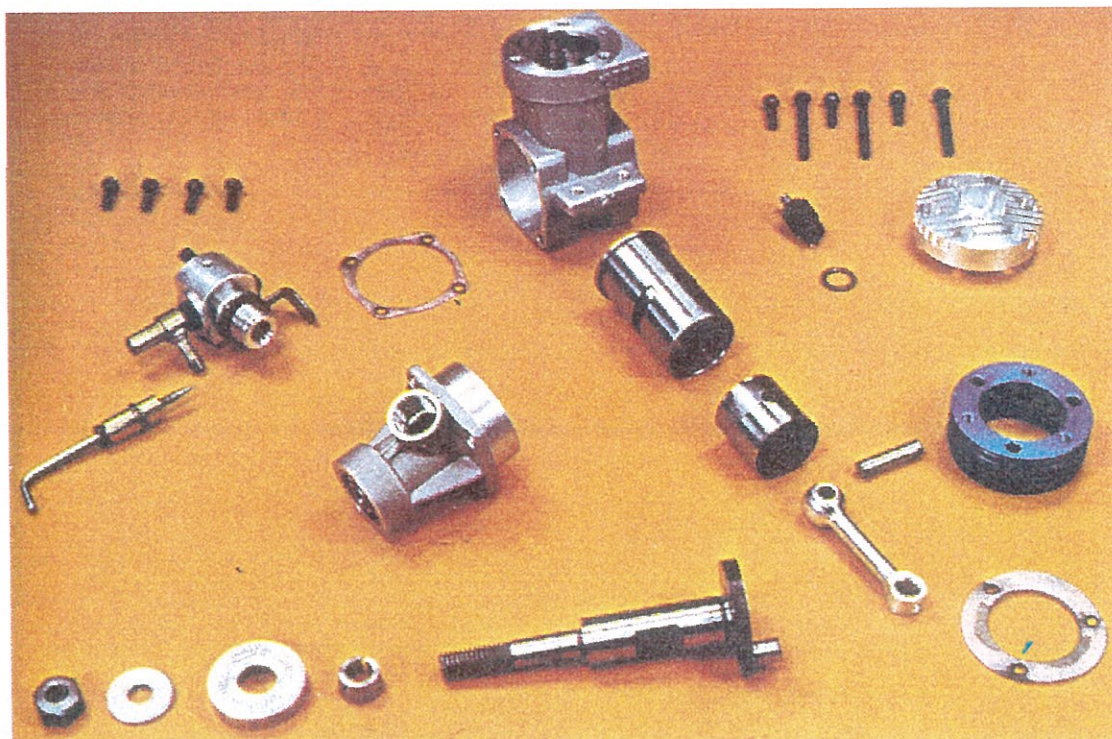
10.1.1 Elektrische motor

De elektrische motor wordt nog niet zo lang gebruikt bij modelvliegtuigen. Ze wordt vooral gebruikt omwille van de geruisloze werking, het gemakkelijk starten en het feit dat er geen luchtverontreiniging optreedt.

De elektrische motor wordt van stroom voorzien door accu's. Die accu's hebben maar een beperkte stroomlevering en wegen nogal zwaar. De werkspanning van een elektromotor bedraagt tussen de 7,2 en 12 volt en de maximale stroom bedraagt 11 ampère.

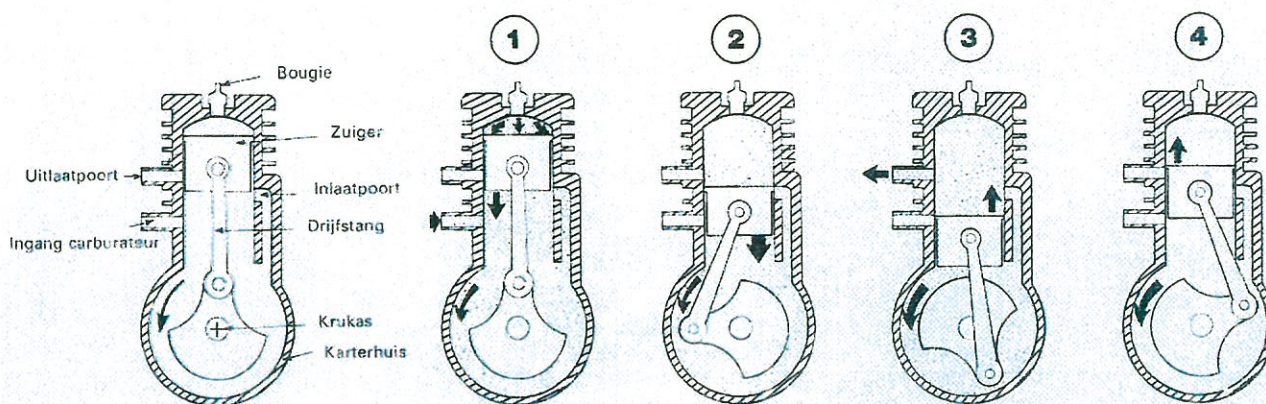
10.1.2 Verbrandingsmotoren

10.1.2.1 Tweetaktmotor



Een uit elkaar genomen tweetaktmotor. Let op de naar de verhouding geringe hoeveelheid onderdelen.

10.1.2.1.1 werkingsprincipe



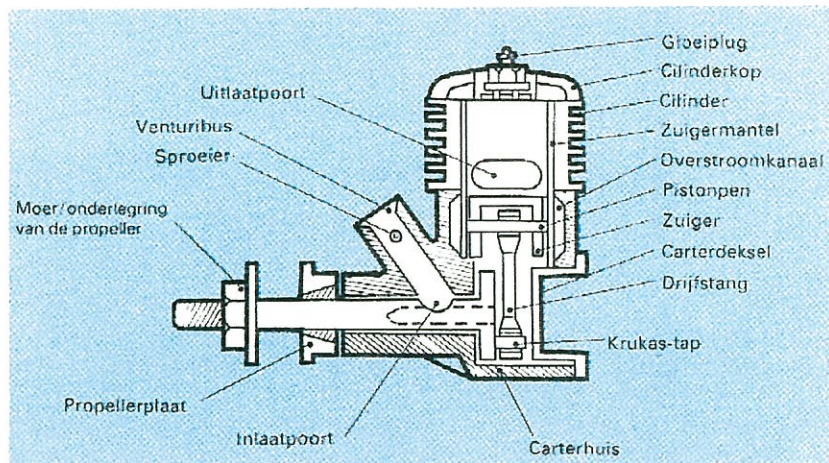
Tweetaktmotor

De tweetaktmotor heeft 2 takten of slagen. De cilinder is voorzien van een in- en uitlaatpoort ook wel de spoelpoorten genoemd. Door de inlaat wordt het lucht/ brandstofmengsel in de verbrandingskamer gebracht. Door de uitlaatpoort wordt het verbrande lucht/brandstofmengsel naar de uitlaat afgevoerd.

Als de zuiger zich vanuit het onderste dode punt (ODP) naar boven beweegt, wordt via de carburator brandstof uit de tank en lucht uit de buitenlucht aangezogen in het carter onder de cilinder. Boven de zuiger bevindt zich dan het bij de vorige beweging van de zuiger aangezogen lucht/brandstofmengsel, dat bij het stijgen van de zuiger via de inlaatpoort boven in de cilinder wordt gelaten. Na het sluiten van de uitlaatpoort wordt dat lucht/brandstofmengsel door de opgaande beweging van de zuiger samengeperst. Dat is de eerste slag van de tweetaktmotor. Zie figuur (3 & 4).

Als de zuiger het bovenste dode punt (BDP) bereikt, wordt het lucht/brandstofmengsel door de bougie of gloeiplug ontstoken. Daardoor ontstaat een explosie, die de zuiger met kracht naar beneden drijft. Dit is het eigenlijke 'werk' dat de motor levert. Inmiddels gaat de uitlaatpoort open, zodat de verbrande gassen via de uitlaat kunnen ontsnappen. Dit vormt de tweede slag. Zie fig (1 & 2).

Door de neergaande beweging van de zuiger wordt tevens het nieuwe lucht/brandstofmengsel in het carter samengeperst en naar de inlaatpoort van de cilinder gestuwd. Intussen heeft de zuiger dan weer het ODP bereikt, waarna de inlaatpoort wordt geopend zodat het nieuwe lucht/brandstofmengsel de verbrandingskamer kan binnenstomen. Daarmee kan de eerste slag terug beginnen.



Doorsnede van een tweetakt-gloeiplugmotor, zonder carburator.

10.1.2.1.2 Verschillende soorten tweetaktmotoren

De modeltweetaktmotoren kunnen enorm verschillen in cilinderinhoud, van bijvoorbeeld 0,2 tot 60 cc of zelfs meer.

Nauw samenhangend met de cilinderinhoud is het geleverde vermogen, al is het geleverde vermogen niet alleen afhankelijk van de cilinderinhoud.

Verder kunnen tweetaktmotoren verschillen wat betreft de werking van de inlaat- en uitlaatpoort, wat ook wel wordt aangeduid als de 'spoeling' van de motor. Je hebt 'omkeerspoeling', 'dwarsspoeling', 'PDP-systeem' en 'Schnürle-systeem'.

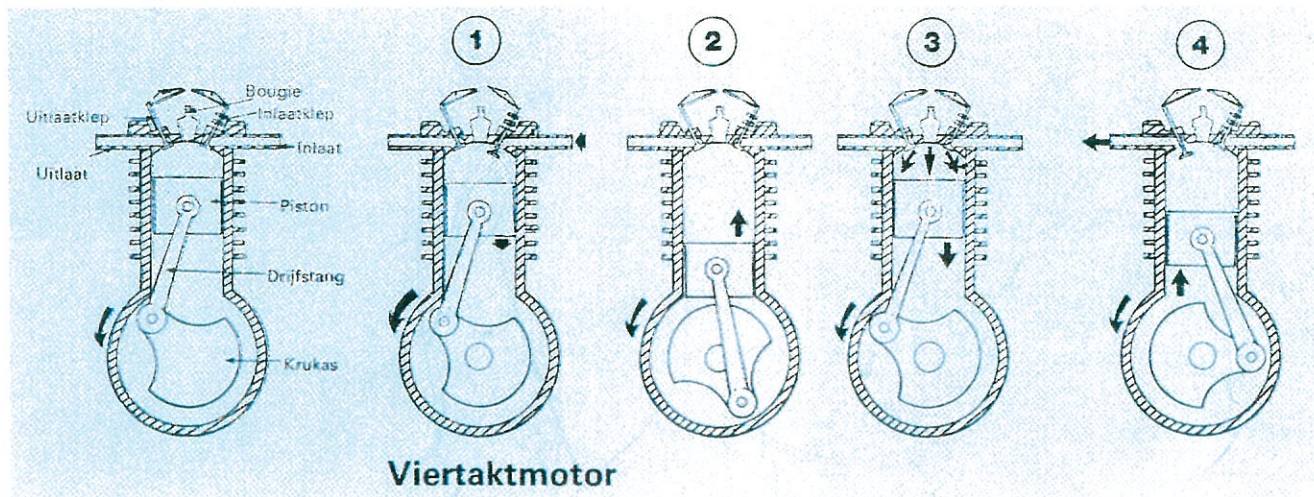
De omkeerspoeling en dwarsspoeling zijn ouderwetser spoelsystemen dan het PDP-systeem en het Schnürle-systeem, die een hoger vermogen leveren. Bij dit soort tweetaktmotoren is de zuiger meestal voorzien van een zuigerveer, die moet zorgen voor een zo goed mogelijke afdichting van de ruimte tussen de zuiger en de cilinderwand.

Enerzijds moet de zuiger gemakkelijk door de cilinder op en neer kunnen bewegen, maar anderzijds mag er zo weinig mogelijk van het lucht/brandstofmengsel tussen de zuiger en de cilinderwand kunnen 'leken'.

Dat zou vermindering van de compressie opleveren en daardoor een vermindering van het geleverde vermogen.

10.1.2.2 Viertaktmotor

10.1.2.2.1 Werkingsprincipe



Een viertaktmotor wordt van lucht/brandstofmengsel voorzien door middel van een carburator en een inlaatklep. De afgewerkte gassen worden verwijderd via een uitlaatklep. De kleppen bevinden zich meestal boven op de cilinderkop. De kleppen worden bediend door stoterstangen (die worden gestuurd en bewogen door de nokkenas) en door kleptuimelaars

De carburator zuigt lucht en brandstof aan. Het ontstane lucht/brandstofmengsel wordt naar de inlaatklep geleid en vandaar in de verbrandingsruimte van de cilinder gezogen. Dat is de ruimte boven de zuiger en het inzuigen van het lucht/brandstofmengsel gebeurt als de zuiger zich naar beneden beweegt. Bereikt de zuiger het onderste dode punt dan sluit de inlaatklep zich (de uitlaatklep blijft ook gesloten). Daarmee is dan de inlaadslag ofwel de 1^{ste} slag voltooid.

Bij het omhoog gaan van de zuiger in de cilinder wordt het lucht/brandstofmengsel boven in de cilinder samengeperst ofwel gecompriemd. Dat is de compressieslag ofwel de 2^{de} slag.

Zodra de zuiger bijna of helemaal het bovenste dode punt bereikt, wordt het lucht/brandstofmengsel ontstoken door de bougie of gloeiplug. Dat is de verbrandingslag ofwel de 3^{de} slag.

De zuiger wordt door de kracht van de verbranding van het lucht/brandstofmengsel krachtig naar beneden gedrukt. Daarbij wordt de op- en neergaande beweging van de drijfstang en de krukas omgezet in een draaiende beweging.

Als de zuiger het onderste dode punt weer bereikt dan gaat de uitlaatklep open (de inlaatklep blijft dicht), waardoor de verbrande gassen via de uitlaat kunnen ontsnappen. Dat is de uitlaatslag ofwel de 4^{de} slag.

Nadat de zuiger weer het bovenste dode punt heeft bereikt, sluit de uitlaatklep zich en gaat de inlaadklep open. Er stroomt daarna weer nieuw lucht/brandstofmengsel in de cilinder en alles herbegint weer.

10.1.2.2 Voor- en nadelen van viertaktmotoren

De viertakters hebben veel voordelen ten opzichte van de tweetakters. Doordat bij een viertaktmotor slechts één op de vier een werkslag of 'arbeidsslag' is -ten opzichte van bij een tweetaktmotor één op de twee slagen - heeft de viertakter een lager toerental en daardoor veel minder geluidsproductie.

Verder heeft een viertakter geen 'spoelverliezen' zoals die bij een tweetakter nogal eens voorkomen, waardoor een viertakter minder brandstof verbruikt. Een viertakter heeft bij lage toerentallen een betrekkelijk groot 'motorkoppel', waardoor grotere propellers kunnen worden gebruikt. Omdat door het lage toerental ook de draaisnelheid van de uiteinden van de propeller minder is wordt ook daardoor de geluidsproductie verminderd.

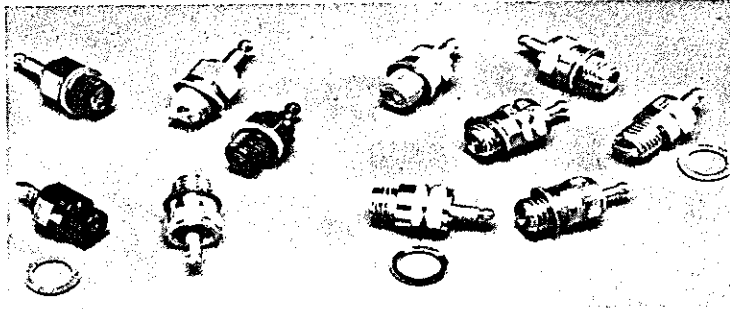
Verder kan een viertakter in zowel koude als warme toestand gemakkelijker worden gestart dan een tweetakter. Er is ook minder kans op storingen in de 'loop' van de motor, doordat de opbouw van de zuiger en de cilinder(er zijn geen spoelpoorten bij een viertakter) eenvoudiger is dan bij een tweetakter. In een viertakter wordt het lucht/brandstofmengsel vollediger verbrand dan in een tweetakter, waardoor de uitlaatgassen schoner zijn, dit wordt nog bevorderd doordat de in de brandstof aanwezige olie wordt afgevoerd via een afzonderlijke uitlaatsnippel en niet via de uitlaat.

Een nadeel van een viertakter ten opzichte van een tweetakter is dat er meer onderdelen zijn, in de vorm van kleppen, klepstoters en kleptuimelaars. En natuurlijk ook het feit dat viertakters met dezelfde cilinderinhoud een lager vermogen leveren.

10.1.2.3 Gloeiplugmotor

De gloeiplugmotor dankt zijn naam aan de gloeiplug met gloeispiraal die in de verbrandingskamer aanwezig is. De gloeiplug wordt boven in de kop van de cilinder gedraaid, waardoor de gloeispiraal een onderdeel vormt van de verbrandingskamer. De gloeiplug doet in uiterlijk denken aan de bougie van een 'echte' motor. Maar een bougie geeft een vonk af terwijl een gloeiplug voortdurend gloeit.

De gloeiplug wordt bij het starten aan het gloeien gebracht met een startaccu, en wordt daarna aan het gloeien gehouden door de warmte en de compressie van de motor.



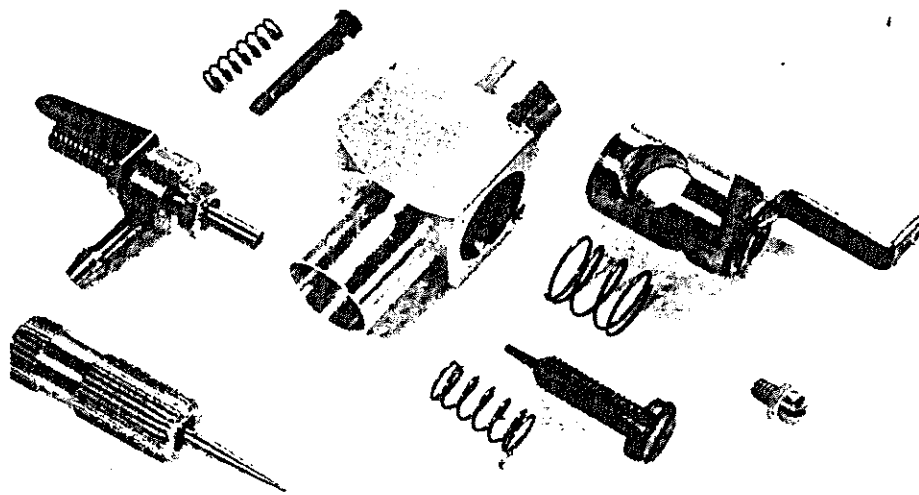
enkele soorten gloeipluggen.

10.1.3 Brandstof

Gloeiplugmotoren lopen op een mengsel van methylalcohol (CH_3OH) en wonderolie, in een volumeverhouding van 80/20.

De alcohol dient als energieleverancier en de olie dient voor de smering van de bewegende delen. Behalve een smerende werking heeft de olie ook een functie voor wat betreft de warmteverdeling in de motor. Een deel van de verbrandingswarmte wordt met de olie afgevoerd.

10.2 Carburetors

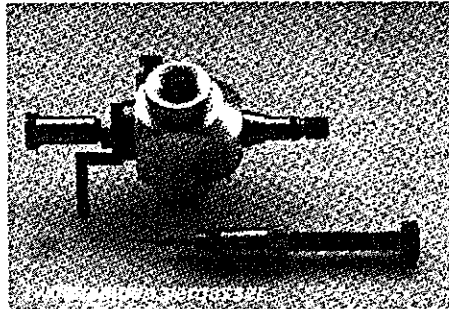


Iedere modelverbrandingsmotor die voor radiobestuurde vliegen wordt gebruikt, moet voorzien zijn van een carburator met een regelbare instelling, zodat men tijdens het vliegen het toerental van de motor en daarmee tevens de snelheid kan verhogen of verlagen.

De taak van de carburator is in de eerste plaats, uit de toegevoerde lucht een brandstofrijk mengsel te maken. Om de lucht en de brandstof zo goed mogelijk te kunnen mengen heeft de carburator een hoofdsproeiernaald. Hiermee kan de motor op maximaal vermogen worden afgesteld. Om ook een constante motorloop te krijgen bij een laag toerental bestaan er carburators met een stationaire sproeiernaald of met een luchtregelschroef.

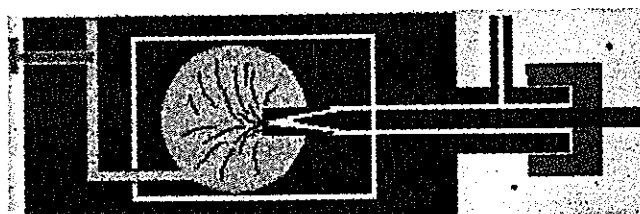
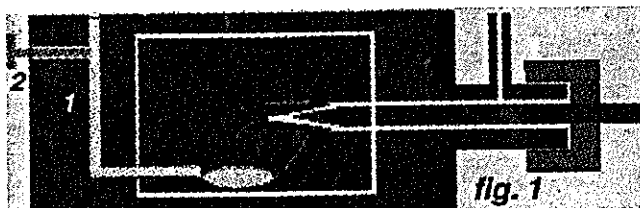
10.2.1 Welke carburator?

De brandstof moet fijn gedoseerd in de motor terechtkomen waarvoor hij in de carburator vermengd wordt met lucht. De verhouding lucht-brandstof is belangrijk en wordt geregeld door de verstelbare hoofdsproeiernaald in combinatie met de stationaire sproeiernaald of luchttoevoerschroef.



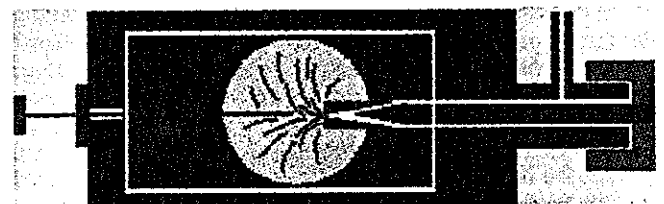
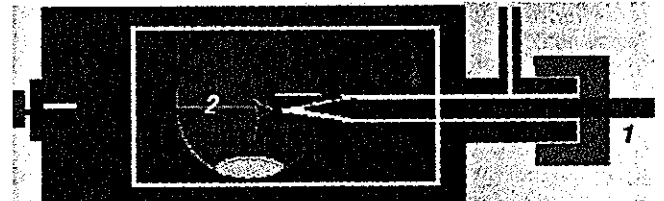
Er bestaan carburators met een aparte regelnaald voor het stationaire toerenbereik maar er zijn ook vergassers waar via een klein schroefje de luchttoevoer voor het stationaire bereik geregeld kan worden. Bij de eerste soort wordt de brandstoftoevoer veranderd en blijft de luchttoevoer gelijk, bij de tweede soort wordt de luchttoevoer veranderd en blijft de brandstoftoevoer gelijk. De laatste soort carburator vindt je alleen bij de kleinere motoren.

Hierboven zien we een carburator met een



luchttoevoerkanaal (1.). Door het verdraaien van het schroefje (2.) kan meer of minder lucht worden toegevoegd.

Hierboven zien we een carburator met

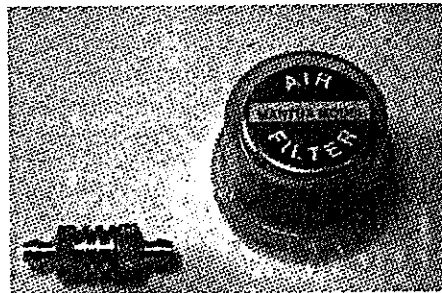


een hoofd- (1.) en een stationaire sproeiernaald (2.). Door het verdraaien van de naald (2.) kan meer brandstof uit de hoofdsproeier worden toegevoerd.

10.2.2 Brandstof/lucht verhouding

Als een motor op vol vermogen draait heeft hij meer brandstof nodig die door een groter luchtvolume in de motor wordt gezogen. Draait een motor stationair dan moet de verhouding brandstof/lucht wel gelijk blijven, maar het toegevoerde volume dient te worden verminderd. Dus moeten we twee afstellingen doen. Een afstelling voor het volgasbereik, dus met geheel geopende gasschuif, en een voor het stationaire bereik met bijna gesloten gasschuif.

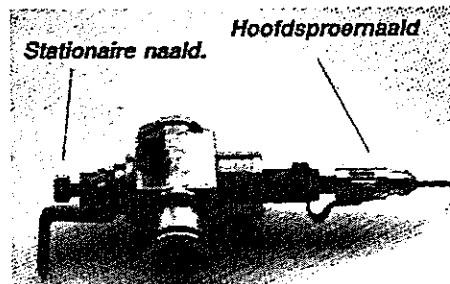
De brandstoftank moet schoon zijn en de brandstof van goede kwaliteit. De brandstofslang moet voldoende doorlaat (dus binnendiameter) hebben zodat de motor voldoende brandstof kan aanzuigen. De brandstofleiding tussen tank en carburator mag niet lekken zodat er geen luchtbellens worden aangezogen. Ditzelfde geldt voor het slangetje in de tank! De brandstoftank dient zo te worden ingebouwd dat het midden van de tank op gelijke hoogte ligt met de sproeiernaald van de carburator. Het gebruik van een brandstoffilter tussen tank en carburator is een "must". Ook een luchtfilter kan gebruikt worden.



Lucht- en brandstoffilter.

10.2.3 Basisafstelling

Een nieuwe motor heeft een basisafstelling waarmee hij redelijk zal lopen. Dus begin niet meteen aan de sproeiernaalden te draaien maar kijk eerst of de motor wel start en of hij blijft doorlopen. Het starten gebeurt met bijna gesloten gasschuif. Maar eerst moet er brandstof aangezogen of ingespoten worden. Bij vliegtuigmotoren open je de gasschuif volledig en dek je hem af met je vinger. Draai vervolgens de propeller enkele slagen linksom en je ziet hoe de brandstof uit de tank wordt gezogen. Voel je nattigheid aan je vingertop dan betekent dit dat er voldoende brandstof in de carburator is gelopen. Hoeveel brandstof er nodig is voor het starten is per motor verschillend. Kleine motoren hebben maar heel weinig nodig, grote iets meer. Hoeveel, dat leer je heel snel uit ervaring. Bij de automotor spuit je ca. 0.2 cc in de geopende carburator. Vervolgens wordt de carburator bijna geheel gesloten, de gloeiplugklem aangesloten en kun je de motor starten.



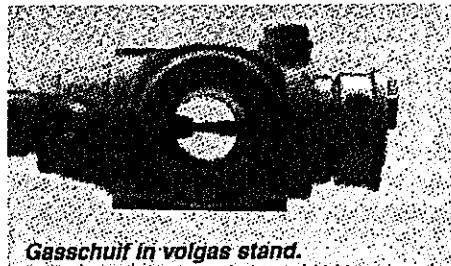
Tweenaaldencarburator



Bij de propellermotor "voel" je op een bepaald moment of de gasschuif voldoende openstaat. Dit gevoel is het verschil tussen een wat wringend ronddraaiende propeller of een vrijlopende prop. Als je de propeller langzaam met de hand door zijn BDP (bovenste dode punt) draait, zul je af en toe een tik voelen, de propeller wordt teruggeduwd, een teken dat het brandstofmengsel ontbrandt. Dan weet je dat je voldoende brandstof boven de zuiger hebt en moet de motor probleemloos starten. Bij de automotor met trekstarter kun je dit ook herkennen door de starter langzaam uit te trekken.

Als de propeller, elektrostarter of trekstarter bij het starten blokkeert, dus de zuiger niet door het BDP heen krijgt, zit er teveel brandstof boven de zuiger en is je motor "verzopen". Probeer het dan niet met geweld maar houdt de motor zo dat de brandstof uit de cilinder in de uitlaat kan lopen en probeer het vervolgens opnieuw. Is de motor verzopen en wil je hem met geweld doorstarten dan bestaat er de kans op beschadiging van de drijfstang.

Wil de motor helemaal niet starten en is dat "vrijlopende" gevoel er niet, dan heeft je motor te weinig brandstof en moet je dus nogmaals aanzuigen. Als het helemaal niet lukt dan moet je de gloeiplug controleren. Deze moet helder oranje tot geel gloeien. Is de plug in orde en start de motor wel maar slaat hij steeds weer af bij het gas geven dan is de basisafstelling niet juist en moet je deze zelf zoeken.



Gasschuif in volgas stand.



Gasschuif in stationaire stand.

10.2.4 Procedure

Draai de hoofdnaald helemaal dicht en vervolgens drie hele slagen open. Herhaal de startprocedure met bijna gesloten gasschuif. De motor start en bij het langzaam gas geven loopt het toerental op tot een gelijkmatig lopend maximum toerental. Neem de gloeiplugklem van de motor. Draai de hoofdnaald enkele klikjes naar binnen en kijk wat er gebeurt.

A) *Het toerental loopt nog verder op.*

Probeer door het naar binnen draaien van de hoofdnaald het maximale toerental te bereiken. Ga je over het maximale toerental heen dan zal de motor minder toeren gaan draaien (of zelfs afslaan). Draai de hoofdnaald dan zover naar buiten totdat je net onder het maximale toerental zit.

10.2.4.1 Procedure stationaire loop

Sluit de gasschuif langzaam en luister wat de lopende motor doet. Het toerental zal afnemen maar de motor moet wel gelijkmatig blijven lopen. Probeer hoever je de gasschuif kunt sluiten zonder dat de motor afslaat en stationair blijft lopen.

A) *De motor blijft bij vrijwel gesloten gasschuif stationair lopen.* De afstelling is goed.

B) *De motor begint te sputteren, er sputtert brandstof uit de carburator, de motor slaat af.* Het stationaire mengsel is te rijk.

C) *De motor slaat bij het sluiten van de gasschuif meteen af.* Het stationaire mengsel is te arm.

Bij "B" draai je de stationaire sproeier 5 minuten naar rechts, het mengsel wordt armer.

Bij "C" draai je de stationaire sproeier 5 minuten naar links, het mengsel wordt rijker.

Herhaal de startprocedure totdat je op "A" uitkomt. De motor blijft stationair doorlopen.

10.2.4.2 Stationaire duurloop

D) De motor loopt stationair maar na enkele seconden begint hij sneller te draaien. Het mengsel is te arm. Draai de stationaire sproeiernaald minuut per minuut naar links totdat je een gelijkmatige motorloop bij gelijkblijvend toerental hebt. Doe dit bij lopende motor maar zorg er dan wel voor dat de gasschuif niet beweegt door de weerstand van de regelnaald. Bij propellermotoren zet je de motor af en draai je de sproeiernaald 1 minuut naar links.

10.2.4.3 Begin de startprocedure opnieuw

E) De motor loopt onregelmatig, sputtert en het toerental loopt terug. Het mengsel is te rijk. Draai de stationaire sproeiernaald minuut per minuut naar rechts totdat je een gelijkmatige motorloop hebt.

Overgang naar volgas.

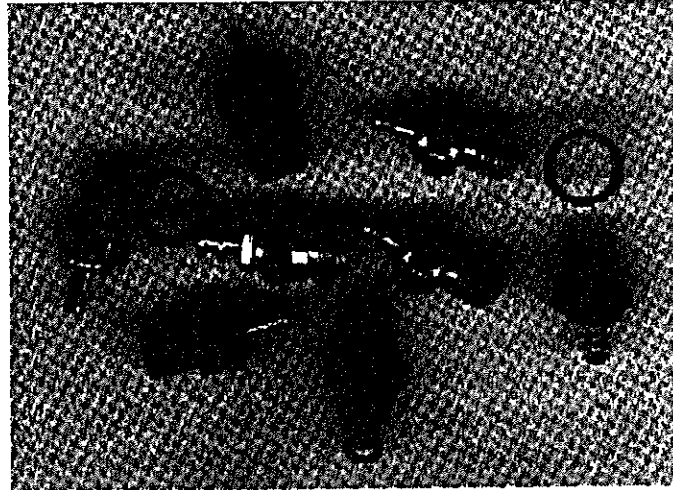
Laat de motor op bedrijfstemperatuur komen en sluit de gasschuif. De motor moet nu bij een gelijkmatig stationair toerental blijven lopen zonder in toeren te veranderen. Open de gasschuif snel naar volgas.

F) De motor gaat zonder haperen over naar volgas. De afstelling is correct.

G) De motor gaat stotterend over naar volgas. Het stationaire mengsel is nog iets te vet of de gasschuif staat te ver dicht. Zet de gasschuif een fractie verder open en herhaal de procedure.

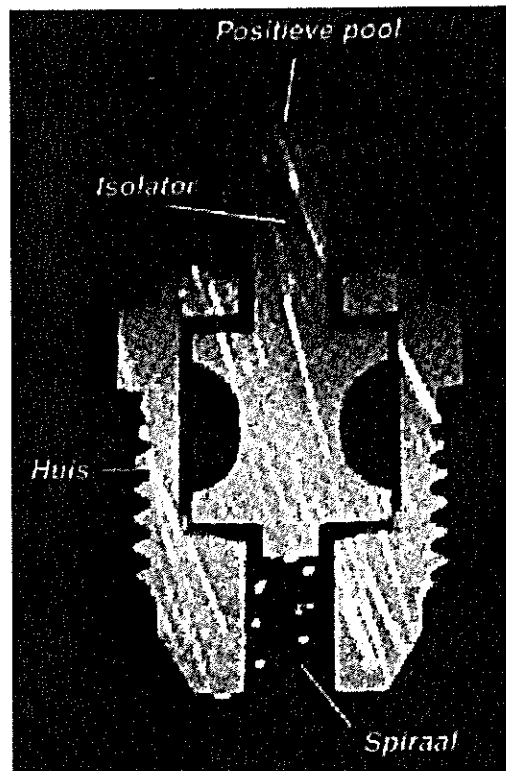
H) De motor komt langzaam op toeren. Het mengsel is nog iets te arm dus draai de sproeiernaald een minuut naar links, het mengsel wordt vetter. Deze afstellingen zijn zeer gevoelig. Draai dus werkelijk maar beetje bij beetje anders kom je er nooit uit. Het zal misschien een half uurtje duren maar dan heb je wel een basisafstelling waar weinig aan veranderd hoeft te worden. Bij grote weersveranderingen zal het kunnen voorkomen dat de hoofdsproeiernaald iets versteld moet worden. Dit kan ook nodig zijn bij het gebruik van een andere brandstof of gloeiplug.

10.3 De gloeiplug



enkele gloeipluggen

10.3.1 De werking



Als we een gloeiplug nader bekijken zien we in de schacht een spiraalvormige gloeidraad. Deze is gemaakt uit een legering van metalen. Platina-rhodium, nikkel-chroom en wolfram-tantaal zijn de verschillende combinaties die gebruikt worden.

De gloeidraad kan op verschillende manieren gewonden zijn. Veel windingen met een dikke draad, weinig windingen met een dunne draad die meer of minder ver in de schacht is gewonden. Buisvormig gewonden, diep in de schacht stekende of horlogeveevormig gewonden aan het oppervlak van de schacht geïncorporeerd.

Er bestaan pluggen met een metalen brug over de gloeispiraal. Deze brug wordt heet zodat de brandstof door deze warmte al gedeeltelijk verdampt, zo wordt er vermeden dat er druppels brandstof op de spiraal terechtkomen die daardoor teveel zou afkoelen.



Pluggen met een gloeispiraal.

Het verschil in draaddikte, het aantal windingen of de plaats van de gloeidraad, dus diep in de schacht of verder naar buiten liggend, bepalen de eigenschappen van de plug. Een plug wordt aangeduid in gradaties, een koude plug, een middelwarme of een hete plug met alle mogelijke gradaties ertussen.

10.3.1.1 Wat gebeurt er in de motor?

Als we de plugklem op de gloeiplug aansluiten op een batterij zal deze ervoor zorgen dat de gloeiplug roodgloeiend wordt. Bij het starten van de motor wordt het brandstofmengsel, minuscule druppeltjes brandstof en lucht, in de compressieruimte gedrukt. Hier slaat het neer op de hete gloeispiraal waardoor een ontploffing ontstaat en de zuiger naar beneden wordt gedrukt. Bij de volgende cyclus gebeurt net hetzelfde. Zolang de plug onder spanning staat is zijn geen problemen, maar we zouden natuurlijk ook willen dat de plug blijft gloeien als hij niet onder stroom staat.

Allereerst is het materiaal van de gloeiplug belangrijk. Dit dient niet alleen om de te gloeien als er stroom op staat, maar het is ook een soort katalysator die een chemische reactie veroorzaakt. Een reactie tussen brandstof en katalysator waardoor de spiraal in de gloeiplug blijft gloeien. Ook de vorm van de plug is belangrijk. Deze zorgt ervoor dat de warmte beter wordt

vastgehouden op de plaats waar nodig, dus in de schacht van de plug, waar de spiraal zich bevindt.

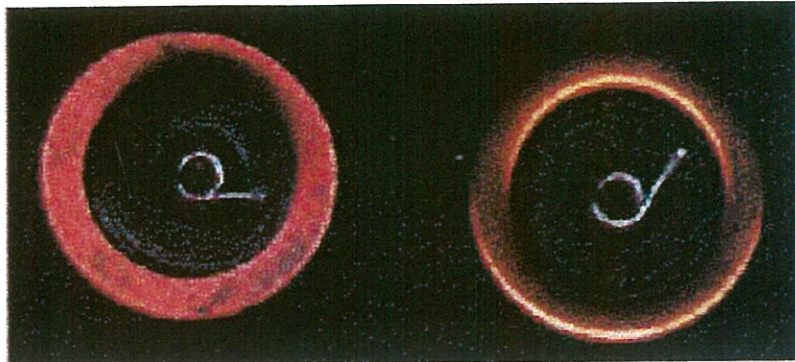
Als de motor loopt krijgen we dus een steeds wisselende temperatuur van de spiraal. De natte fase waarbij de druppeltjes brandstof op de spiraal neerslaan en door deze ontstoken worden, de hete fase, dus de compressiefase waarbij de ontbrandende brandstof de spiraal verder verhit, de afkoelfase waarbij de plug door de lengte en dikte van de gloeispiraal op temperatuur gehouden wordt, waarna we weer terug zijn bij af, de natte fase.

Vergelijk de gloeispiraal maar met die zoals ze in een lamp zitten, een hete draad, en zoals we ze kennen van een elektrische straalkachel met de dikke draad, een koude plug. Draai je de stroom van de lamp uit, dan zal de spiraal vrijwel onmiddellijk doven, weinig nagloeien. Trek je de stekker van de straalkachel uit het stopcontact dan zie je dat ook de dikke draad dooft, maar dat deze wel veel langer blijft nagloeien dan die in de lamp.

10.3.1.2 Ontstekingstijdstip

Bij laag toerental zal de temperatuur van de gloeispiraal laag zijn en de tijd tussen de ontploffingen lang. De plug zal dus veel tijd nodig hebben (door zijn lage temperatuur) om het mengsel te doen ontbranden. Het mengsel zal dus pas dan ontploffen als de compressie het hoogste is. Dit door een combinatie van warmte van de gloeispiraal en de chemische reactie die voortvloeit uit de compressiedruk. Het ontstekingstijdstip is dus laat. We hebben op dit moment dus weinig vermogen, maar dat is juist de bedoeling. De motor moet lekker langzaam blijven draaien. Voeren we het toerental op, dan zal, door de kortere intervallen tussen de ontploffingen, de gloeispiraal heter worden en in de natte fase, doordat hij heter is, de brandstofdruppeltjes sneller doen verdampen en het brandstofmengsel eerder doen ontbranden. We krijgen dus voorontsteking waardoor het hoogste vermogen geleverd wordt. Afhankelijk van de cilinderinhoud van de motor, de gebruikte brandstof en het brandstofmengsel (luchtvochtigheidsgraad van de buitenlucht, buitentemperatuur e.d.) zal de timing (dus het moment van ontbranden) van de motor aangepast moeten worden. Dit kunnen we doen door een koude of warme plug uit te proberen. Hoe dunner de spiraal draad, hoe heter de plug. Hoe dikker, of meer windingen die meer tijd nodig hebben om opgewarmd te worden maar de warmte langer vasthouden, hoe kouder. Door te experimenteren met verschillende warmtegraden kun je dus een optimale verbranding krijgen wat resulteert in het hoogste vermogen. Het mengsel moet precies dan ontbranden als de compressiekamer geheel gevuld is met brandbaar mengsel. Is de timing te vroeg dan zal de zuiger afgeremd worden, is de timing te laat dan zit een deel van het onverbrande brandstofmengsel al in de uitlaat.

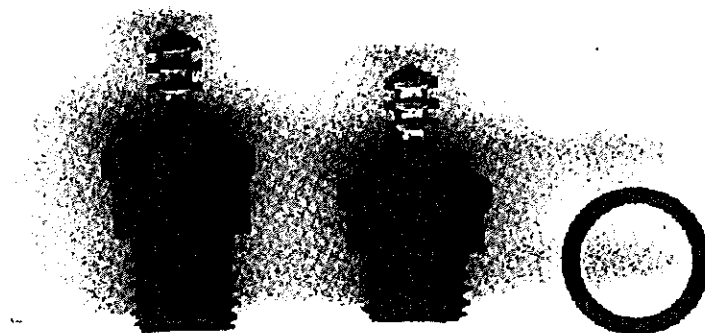
10.3.2 Welke plug?



Het verschil in dikte van de gloeidraad.

Door de al aangehaalde criteria, cilinderinhoud, brandstof, buitentemperatuur en luchtvochtigheid is het onmogelijk om precies te vertellen welke plug je voor welke motor nodig hebt. Wel kunnen we een richtlijn geven. Motoren met een kleine cilinderinhoud en hoog toerental waarbij de plug dus bijna geen tijd heeft om af te koelen vragen om een warme plug. Hoewel? Door het hoge toerental en de vele mechanische trillingen is een dunne spiraal van een warme plug wel erg kwetsbaar. De industrie heeft hiervoor speciale pluggen ontwikkeld die door een andere samenstelling van de gloeispiraal reageert met de nitromethaan in de brandstof waardoor de plug toch weinig voorontsteking geeft maar toch een redelijk dikke spiraal heeft. Vliegtuigmotoren met een cilinderinhoud van 10 cc vragen om een middelwarme, medium plug en grootvolumige motoren vanaf 10 cc doen het graag met een koude plug omdat hier de afkoelfase weer langer is. Viertaktmotoren zijn nogal kritische gebruikers. Hier kan een gradatie meer of minder het verschil uitmaken tussen soepel lopend machientje of hobbelende tractor. Lees dit als indicatie! Het gebruik van een resonantiedemper kan weer een plug verlangen met een iets andere warmtegraad. Dus het zoeken naar de juiste plug blijft een kwestie van experimenteren!

10.3.2.1 De plug in de praktijk



Pluggen met verschillende lengtes van de schacht.

Om te weten te komen of de gebruikte gloeiplug de juiste is hoef je alleen maar te luisteren hoe je motor loopt. Vooropgesteld dat de carburator bij volgas en stationaire loop goed is afgesteld merk je al snel of een motor zijn volle vermogen levert of niet. Is de motor warm gedraaid en neem je de gloeiplugklem los van de motor dan mag het toerental niet veranderen. Niet bij volgas en zeker niet bij het stationaire lopen. Loopt het toerental stationair terug na het losmaken van de plugklem dan moet je een koudere of warmere plug proberen.

10.3.2.2 Pluggen voor kleine en grote motoren

Bij motoren van ca. 1 .5 cc is de cilinderkop nogal dun. Hiervoor zijn speciale pluggen te koop met een korte schacht. Let dus op dat je er geen plug indraait met een lange schacht want dit kan je een zuiger kosten. Draai ook geen korte plug in een grotere motor want dan zit de spiraal te hoog in de cilinderkop en zal de motor niet goed lopen.

10.3.2.3 Pluggenvreters

Je hebt motoren die je binnen een maand kaal vreten aan pluggen, zodat je meer geld aan pluggen kwijt bent dan dat de motor gekost heeft. Vaak zit de oorzaak in trillingen. Een niet goed uitgebalanceerde propeller of een slechte, rammelende bevestiging van de motor op de carrosserie. Maar ook kan er een kogellager niet meer 100% zijn en trillingen veroorzaken. Bij het gebruik van resonantie-uitlaten kan het voor komen dat de plug niet bestand is tegen de hoge compressiegolven. Het verlagen van de compressie door een of twee vulringen tussen cilinder en kop kan uitkomst bieden. In elk geval is een structureel snel stuk gaan van pluggen een teken dat er iets niet goed zit. Ofwel aan de motor ofwel aan de mechanica waar hij op gemonteerd zit.

10.3.2.4 Voeding van de plug

Om de plug te laten gloeien heb je een 2 volt accu nodig met hieraan een stroomkabel van minimaal 1,20 meter om door de weerstand van de kabel, ca. 1,5 volt op de klem over te houden. De plug gloeit namelijk op 1,5 volt en met een korte kabel en 2 volt op de plug zou deze doorbranden. Je kunt ook gebruik maken van een plugcontroller die aangesloten kan worden op de 12 volt startaccu.

11 De pitotbuis

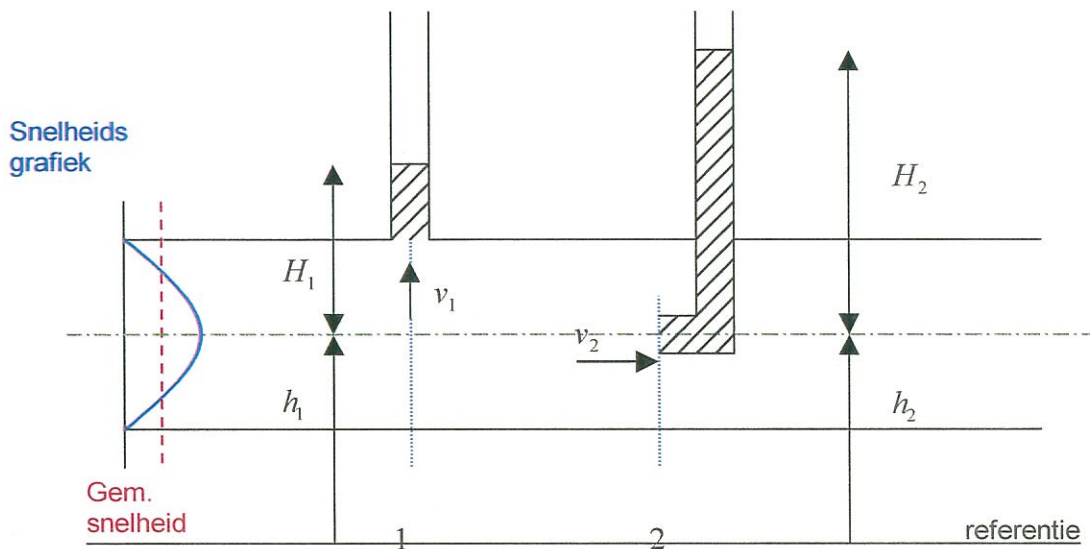
11.1 Inleiding

Om de snelheid van een gas te kunnen meten kunnen we gebruik maken van de wet van Bernoulli. Dit stuk komt hierin voor omdat het van toepassing zal zijn in het praktisch gedeelte. De pitotbuis voldoet aan de voorwaarden voor een open systeem.

11.2 De wet van Bernoulli

De wet van Bernoulli is de wet van behoud van energie toegepast op een stationaire, wrijvingloze stroming in een buis. Hierbij is $Q = 0$, $W = 0$, $\Delta U = 0$.

11.3 Afleiden van de snelheidsformule



schematische voorstelling van de pitotbuis

Starten met de algemene energievergelijking bij een open systeem.

Algemeen:
$$Q + U_1 + p_1 V_1 + E_{k1} + E_{p1} = U_2 + p_2 V_2 + E_{k2} + E_{p2} + W$$

Met: $E_{k1} = E_{k2}$: omdat de in- en uitstroomopening op dezelfde hoogte liggen.

$W = 0$: er wordt geen arbeid door het systeem geleverd (wrijvingloos).

$Q = 0$: er wordt geen warmte toegevoerd aan het systeem.

$\Delta U = 0$: inwendige energie gaat niet verloren.

$E_k = \frac{mv^2}{2}$: kinetische energie.

$E_p = mgh$: potentiële energie.

$$mgh_1 + \frac{mv_1^2}{2} + p_1V_1 = mgh_2 + \frac{mv_2^2}{2} + p_2V_2 = cte$$

- We beschouwen een massa van 1kg .

$$gh_1 + \frac{v_1^2}{2} + \frac{p_1V_1}{m} = gh_2 + \frac{v_2^2}{2} + \frac{p_2V_2}{m} = cte$$

- Met : $\frac{1}{\rho} = \frac{V}{m}$: ρ is de soortelijke massa (massa van een stof per volume eenheid. (vb. kg/m³))

$$gh + \frac{v^2}{2} + \frac{p}{\rho} = cte$$

- Alles delen door de gravitatieconstante g.

$$h + \frac{v^2}{2g} + \frac{p}{\rho g} = cte$$

- Met : $p = \rho_{vl}gH$: De hydrostatische druk.

Voor 1: $h_1 + 0 + \frac{\rho_{vl}gH_1}{\rho_l g} = cte$

Voor 2: $h_2 + \frac{v_2^2}{2g} + \frac{\rho_{vl}gH_2}{\rho_l g} = cte$

1 = 2 :

$$h_1 + \frac{\rho_{vl}gH_1}{\rho_l g} = h_2 + \frac{v_2^2}{2g} + \frac{\rho_{vl}gH_2}{\rho_l g} \quad (h_1 = h_2)$$

$$\Leftrightarrow \frac{v_2^2}{2g} = \frac{\rho_{vl}}{\rho_l} (H_1 - H_2)$$

$$\Leftrightarrow v_2 = \sqrt{2g \frac{\rho_{vl}}{\rho_l} (H_1 - H_2)}$$

- Met: v_2 : de snelheid van het gas.
 g : de gravitatieconstante ($9,81 m/s^2$).
 ρ_{vl} : de soortelijke massa van de vloeistof in de pitotbuis.
 ρ_l : de soortelijke massa van het gas die door het kanaal stroomt.
 $H_1 - H_2$: hoogte tussen de vloeistofniveaus in de pitotbuis.

LOGBOEK

Datum	Onderwerp	Duur (h)
7/09/00	Opzoeken boeken bib Torhout	2
8/09/00	Opzoeken boeken bib Oostkamp	2
9/09/00	Doornemen boeken (samen)	4
7/09/00	Opzoeken informatie (internet)	3
8/09/00	Informatie modulatie & demodulatie opvragen en bestuderen	7
11/09/00	Samenkomst , bespreking, bepalen van de indeling	5
13/09/00	Opzoeken informatie bib Brugge, Winkels, internet	4
13/09/00	Opzoeken informatie bib Kortrijk	4
19/09/00	Samenkomst	3
28/09/00	Samenkomst	4
7/10/00	boeken over motoren halen	3
8/10/00	boeken lezen	2
11/10/00	samenvatten	3
14/10/00	samenvatten	2
15/10/00	typen	3
15/10/00	Typen Grondeffect	3
18/10/00	typen	5
21/10/00	foto's invoegen	3
21/10/00	Informatie halen van het Internet	5.5
21/10/00	Typen grondeffect	1
28/10/00	Typen Reynoldsgetal	4
29/10/00	Typen Stabilo's	6
1/11/00	Samenkomst – evaluatie werk	2
11/11/00	Verbeteren grondeffect	2
12/11/00	Verbeteren andere stukken tot 4-12-00	7 totaal
14/11/00	boeken halen	2
15/11/00	boeken lezen	2
18/11/00	samenvatten	2
19/11/00	typen	4
22/11/00	typen	2
25/11/00	tekst opmaken	4
25/11/00	Samenkomst	3
26/11/00	tekst en foto's: opmaak	2
27/12/00	Informatie verzamelen	2
3/01/01	Overzicht 2 ^{de} stuk bijwerken	3

5/01/01	Typen	3
6/01/01	Typen	3
8/01/01	Bijwerken 2 ^{de} stuk	2
11/01/01	Typen	4
7/02/01	Samen Verbeteren 1 ^{ste} stuk	3
1/03/01	presentatie opstellen	4
10/03/01	GIP opmaken, correctie	2
10/03/01	Vorbereiden presentatie (samen)	5
11/03/01	Vorbereiden presentatie	2
12/03/01	afwerking GIP, afdrukken	3
17/03/01	Studeren presentatie	3
29/03/01	presentatie afwerken en instuderen	4
29/03/01	Studeren presentatie (samen)	7
7/04/01	Informatie ivm propeller verzamelen	3
8/04/01	bestuderen gegevens propeller	5
13/04/01	typen propeller	3
14/04/01	typen propeller	4
28/04/01	typen propeller	3
29/04/01	bespreken praktisch gedeelte	3
2/05/01	bespreken praktisch gedeelte	2
12/05/01	GIP heropstellen (1)	3
13/05/01	GIP heropstellen (2)	2.5
24/05/01	Verbetering	4
27/04/01	Printen + evaluatie	8
27/05/01	Heropstellen presentatie	2
28/05/01	Verbetering	6.5
29/05/01	verbetering+ invoegen en opmaken hoofdstuk propeller	6
29/05/01	presentatie motor heropstellen	1
30/05/01	Opmaken logboek, lay-out , inhoudstafel, pitotbuis	4

BIBLIOGRAFIE

- Techniek voor de piloot
- Tijdschrift service
- Mechanica des fluïda, hoofdstuk XI
- Cursus fysica 5^{de} jaar
- Het bouwen van modelvliegtuigen (Helmut Drexler)
- Handboek radiogestuurde motorvliegtuigen (N. Butcher)
- Kwiklink modelbouw aktueel -Nr 70 –Nr 72
- Gpoupner modelbouw Mini – K99.NL
- O.S. Engine: instructions for engines
- Bouwen aan r/c bestuurde modelvliegen (j.j. Melchior)
- Vliegen met modelvliegtuigen (j.j. Melchior)
- Natuur & techniek '91 59^e jaargang
- Natuur & techniek 95 66^e jaargang (vliegen met grondeffect)
- Hobbyboek modelbesturing (Erich Rabe)
- Modelvliegtuigen zelf maken & laten vliegen (Werner Thies & Willi Rolf)
- Radiobestuurde zweefvliegtuigen (Werner Thies)
- Alles over zweefvliegtuigen (Werner Thies)

