

Basis van het (model-) vliegen.

In de afgelopen jaren zie ik nog wel eens wat fout gaan bij het vliegen met, met name, lichte (elektro-) zweefvliegtuigen. Vooral met wat wind in het circuit richting de landing. Situaties waarbij het vliegtuig in of na de bocht naar het veld overtrekt. De vliegtuigen waarmee het vaak misgaat zijn de relatief eenvoudige kistjes, vaak gezien als makkelijk te vliegen. Door overmaat aan stabiliteit en zeer beperkt vermogen om door te zetten door lage gewicht kunnen ze je het echter snel moeilijk maken.

Uit conversaties na incidentjes blijkt dat er misverstanden zijn over de invloed van wind op een vliegtuig. Tevens valt mij op dat veelal gereageerd wordt op de beweging van het vliegtuig en niet op verandering van stand in de lucht van het vliegtuig.

Enigszins beroeps gedeformeerd hebben deze constateringingen mij er toe aangezet een artikeltje te schrijven voor het clubblad.

Allereerst een aantal begrippen en bepalingen.

Wind vs luchtstroom.

Luchtstroom, verplaatsing van lucht tov een object.

Wind is de verplaatsing van de lucht tov het aardoppervlak, een specifiek soort luchtstroom.

Een vliegtuig dat zich door de lucht beweegt ondervindt aerodynamisch geen invloed van de wind, waar de wind wel een rol gaat spelen kom ik later op.

Luchtsnelheid.

De snelheid waarmee het vliegtuig zich beweegt tov de omringende lucht. De reactie van de lucht op het vliegtuig is de energie die zorgt voor de kracht die het vliegtuig in de lucht houdt, de lift (L). Helaas veroorzaakt deze interactie ook weerstand (D, drag).

Grondsnelheid.

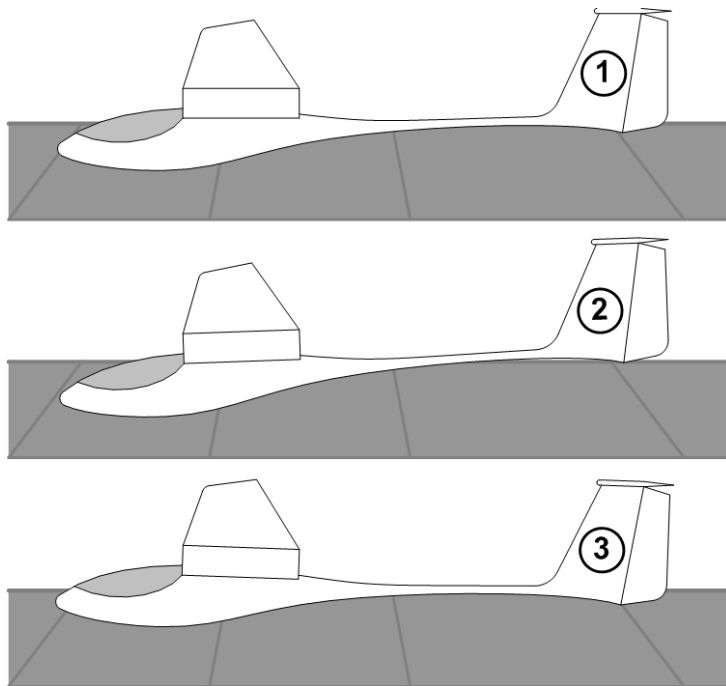
De snelheid van het vliegtuig tov het aardoppervlak. Dit is een optelsom van de beweging van de lucht over het aardoppervlak (de wind) en de beweging van het vliegtuig door die lucht.

Stel: het vliegtuig vliegt met 30 km/u door de lucht van west naar oost en de wind is uit het westen met 15 km/u (windje mee, lekker). Dan is de grondsnelheid $30 + 15 = 45$ km/u. Tegen de wind in: $30 - 15 = 15$ km/u.

In een extremer geval: 30 km/u wind, $30 - 30 = 0$ km/u. Het vliegtuig hangt stil maar overtrekt niet?! Het vliegtuig hangt stil tov onze referentie, de grondsnelheid is nul, de luchtsnelheid is nog steeds 30 km/u.

Stand van het vliegtuig (attitude).

Voor het (netjes) vliegen met vliegtuigen en dan m.n. zweefvliegtuig (hier reken ik ook E-zwevers onder in de landingsfase) waarbij de zwaartekracht de enige



aandrijving is is de stand van het vliegtuig bepalend voor alles. Een rustig glijdend zweefvliegtuig zal de neus iets onder de horizon hebben. Druk je de neus iets lager zal de snelheid oplopen. Trek je de neus iets omhoog zal het vliegtuig langzamer gaan vliegen. Zet je dit door tot boven de horizon, zal de snelheid teruglopen tot uiteindelijk een overtrek volgt.

1). De neus van het vliegtuig iets onder de horizon, normale attitude voor glijden.

2). De neus van het vliegtuig 2 graden lager, attitude voor sneller vliegen.

3). De neus 2 graden hoger dan 1, tegen de horizon aan. De attitude voor langzamer vliegen.

De verschillen tussen de attitudes zijn klein, toch zal het een duidelijk merkbaar effect hebben op de snelheid van het vliegtuig.

Invalshoek.

De invalshoek is de hoek tussen het vleugelprofiel en de richting van de luchtstroom. Dit hoekverschil is mede bepalend voor de lift die een vleugel genereert. Tot een graad of 15 neemt de lift toe, daarna zal de stroming het vleugelprofiel niet meer kunnen volgen, de lift zal sterk afnemen en de weerstand sterk toenemen. De invalshoek waarbij de lift (sterk) begint af te nemen wordt de kritieke invalshoek genoemd.

Stabiliteit.

Hier gaat het om de langsstabiliteit, stabiliteit om de dwars as (dat wat je met je hoogteroer stuurt).

De vliegtuigen die wij vliegen, een enkel richting neutraal neigend F3A model daargelaten, zijn conventioneel stabiel. Dat wil zeggen dat er een evenwichtstoestand is waar het vliegtuig in wil blijven of na verstoring naar terug wil keren.

In het geval van langsstabiliteit wil het vliegtuig graag met een constante luchtsnelheid blijven vliegen.

Middels trimmen kunnen we het punt van evenwicht verplaatsen. Trim het vliegtuig iets nose down en het zal met een wat hogere luchtsnelheid gaan vliegen, nose up en de snelheid loopt terug om lager te stabiliseren.

Door met de knuppel de neus te drukken of iets op te trekken veranderen we tijdelijk iets aan de evenwichtstoestand, zetten we de stick weer neutraal dan zal het vliegtuig terug gaan naar de getrimde toestand.

De langsstabiliteit wordt beïnvloed door de ligging van het zwaartepunt (C.G). Hoe voorlijker het C.G. hoe stabiel het vliegtuig, hoe sneller het zal willen terugkeren naar de evenwichtstoestand. Als je bij een zeer langsstabiel vliegtuig de neus drukt (met een hogere luchtsnelheid gaat vliegen) en de knuppel in één keer terug zet in het midden zal het vliegtuig reageren door de neus sterk omhoog te zetten, zo sterk dat het door de evenwichtstoestand heen schiet. De luchtsnelheid loopt terug tot onder de evenwichtstoestand met als gevolg dat het vliegtuig reageert door de neus weer naar beneden te zetten. Deze golf-beweging zet een tijdje door en dempt uiteindelijk uit.

In een extremer geval gaat de neus na verstoring zo ver omhoog en loopt de luchtsnelheid dusdanig terug dat het vliegtuig overtrekt. De neus gaat dan meer plotseling omlaag. Ook dit proces herhaalt zich en zal in de meeste gevallen uitdempen. Veel mensen zullen dit herkennen als pompen.

Gecoördineerd vliegen.

Met gecoördineerd vliegen wordt een toestand bedoeld waarbij het vliegtuig zo goed mogelijk is opgelijnd met de richting van luchtstroom om het vliegtuig. Van bovenaf gezien is de romp parallel aan de luchtstroom. Hierdoor wordt de onnodige weerstand tot een minimum beperkt.

Dit vraagt om coördinatie tussen aileron en richtingsroer. Rechthout vliegend niet al te moeilijk, goed getrimd zal het vliegtuig vanzelf gecoördineerd blijven vliegen. In bochten is wat lastiger, we doen er dan van alles aan om de stand van het vliegtuig continu te veranderen. Door verschil van luchtsnelheid tussen de vleugels ontstaat een verschil in weerstand waarbij helaas de weerstand het grootst is bij de buitenvleugel. Hierdoor neigt de neus van het vliegtuig naar de buitenzijde van de bocht.

Een bocht (kunnen) vliegen met alleen richtingroer (rudder).

Waarom heeft het ene vliegtuig ailerons (nodig) en het andere niet?

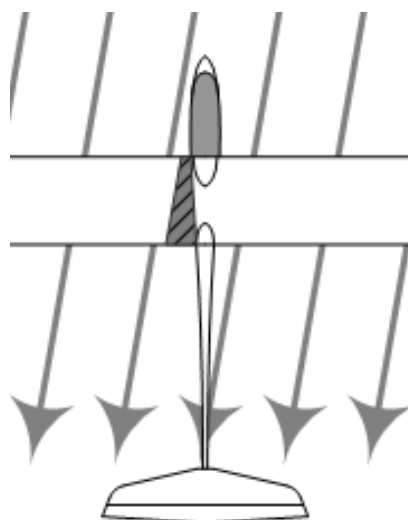
In de basis is dit een ontwerp keuze waarbij een aantal zaken afgewogen moeten worden.

Een vliegtuig met ailerons gaat efficiënter de bocht om en stuurt vaak directer maar is minder stabiel (hierbij gaat het om richting vasthouden, niet om de langsstabiliteit). Een vliegtuig ontworpen om met rudder gestuurd te worden heeft een grotere V-stelling wat het stabiel maakt, het vliegtuig wil graag met de vleugels vlak vliegen. Diezelfde V-stelling maakt het ook mogelijk om het vliegtuig überhaupt met alleen rudder de bocht om te krijgen.

Het aerodynamisch effect wat hier aan de orde komt is verderop relevant voor de paragraaf "ja maar".

Een vliegtuig met ailerons maakt een bocht door middels het genereren van een liftverschil tussen de linker- en de rechtervleugel helling aan te rollen. Een heel directe besturing.

Met alleen rudder moet je via een omweg dit lift verschil genereren.



Door de uitslag van het rudder draait de neus van het vliegtuig opzij ten opzichte van de omringende luchtstroom. Omdat de luchtstroom schuin van opzij komt schermt de romp een klein deel van de vleugel aan de binnenzijde van de bocht af waardoor daar minder lift gegenereerd wordt. Daarnaast ontstaat door de zijwaartse aanstroming van de V-gestelde vleugel een verschil in invalshoek, groter aan de zijde van aanstroming, kleiner aan de andere zijde. Dit verschil in invalshoek genereert eveneens een verschil in lift tussen beide vleugels.

Als je de vorige paragraaf terugleest zal je concluderen dat een tweekanaals kistje per definitie niet gecoördineerd de bocht om kan, de rudder uitslag in de bocht zorgt dat de luchtstroom altijd schuin van opzij

afscherming

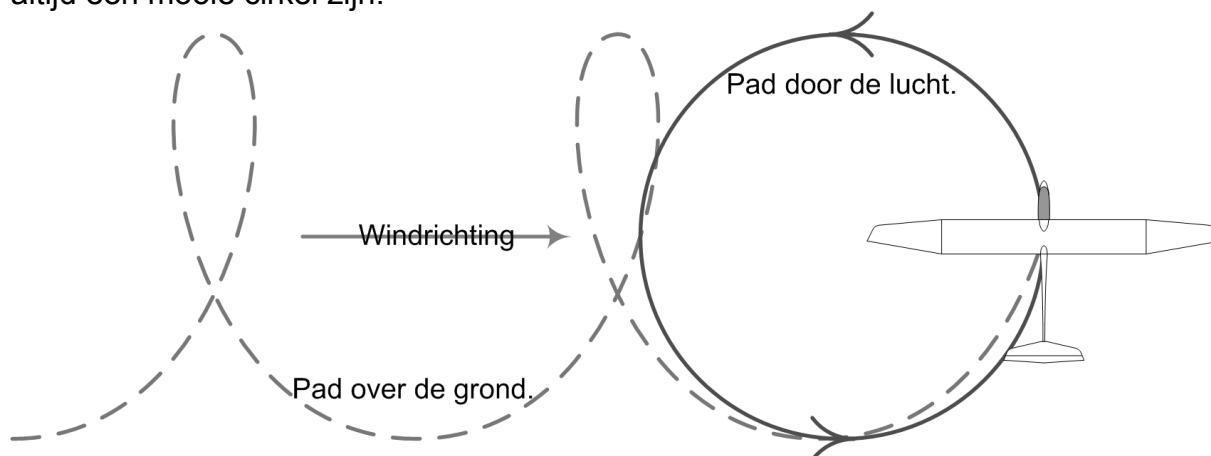
komt.

In de (modelvlieg) praktijk.

Modelvliegen met wind.

Uit discussies maak ik op dat bij mensen het idee leeft dat een (model-) vliegtuig zich tegen de wind in anders gedraagt dan met wind mee. Deze wind waait echter tussen de oren. Het vliegtuig gedraagt zich niet anders, wij zijn geneigd anders te gaan sturen.

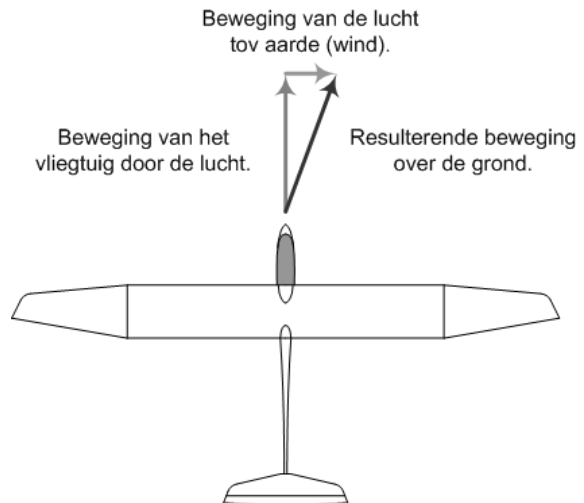
Het vliegtuig beweegt zich aerodynamisch geheel symmetrisch door de lucht, of het nu van oost naar west vliegt of van zuid naar noord. Als je je zweefvliegtuig in getrimde toestand laat glijden zal het in alle richtingen met dezelfde luchtsnelheid vliegen. Een stabiele bocht met constante hellingshoek zal tov de omringende lucht altijd een mooie cirkel zijn.



Als modelvlieger beschouwen we het aardoppervlak als stilstaande referentie, de rest heeft tov daarvan een beweging (de lucht als wind, het vliegtuig). Voor een vliegtuig echter is het blok lucht waar het doorheen beweegt de vaste referentie. Laat het een stabiele bocht vliegen en ergens in de lucht is één molecuul waar het vliegtuig constant omheen zal blijven draaien.

Pas als je gaat navigeren, van punt A naar punt B op het aardoppervlak, gaat vanuit het vliegtuig de beweging van aardoppervlak tov de lucht (bewust andersom

beschreven) een rol spelen. Stel: ik wil van Stompetoren naar Alkmaar vliegen (voor het gemak beschouwen het als een pal westelijke koers) en de wind komt vanuit het zuiden. Ik zet de neus van het vliegtuig naar het westen, het vliegtuig beweegt zich prachtig aerodynamisch gecoördineerd door de lucht. Tov de luchtmoleculen vliegt het vliegtuig pal west. Tegelijkertijd verplaatsen al die luchtmoleculen zich tov Alkmaar naar het noorden. Vanuit het vliegtuig gezien, lucht als vaste referentie, komt Alkmaar steeds dichterbij (de eigen beweging van het vliegtuig door de lucht) maar verplaatst zich in het beeld ook steeds meer naar links, zuidelijk van onze koers. Vanuit het vliegtuig gezien verplaatst de lucht zich dus niet naar het noorden maar beweegt de aarde onder de lucht door naar het zuiden.■



Waar komt "de wind tussen de oren" vandaan?

De verstoring zijn wij, de modelvliegende mensch. Wij zijn geneigd om het vliegtuig in alle richtingen even snel te willen zien vliegen, van oost naar west of van zuid naar noord, ongeacht de windrichting. Of tov onze referentie, onze voeten op het gras, een perfecte cirkel laten draaien.

Met de wind mee, "oeh, wat gaat'ie snel", neiging om aan het hoogteroer te trekken. Tegen de wind in neiging om te drukken.

Sturen op beweging ipv stand van het vliegtuig.

In de praktijk zie ik regelmatig dat pas gereageerd wordt als duidelijk de bewegingsrichting van het vliegtuig is veranderd terwijl al ruim daarvoor verandering van de stand van het vliegtuig waar te nemen was. Een voorbeeld hiervan is aanvliegen voor de landing (final): de neus wordt iets gedrukt om er een beetje snelheid op te houden richting het veld, tot zover gecontroleerd en prima. Dichtbij het veld wordt dan in één keer het hoogteroer neutraal gezet, we hebben het veld gehaald. Wat dan gebeurt, door de stabiliteit wil het vliegtuig terug naar getrimde lichtsnelheid dus de neus gaat omhoog (de indicatie dat er meer staat te gebeuren). Dit wordt niet gestopt. Pas als het vliegtuig (bijna) weer begint te stijgen of richting overtrek neigt wordt gereageerd.

Door op de stand van het vliegtuig te letten en hier actief op te sturen zijn veel nare situaties te voorkomen. In het voorbeeld zou de naderende overtrek te voorkomen zijn door het omhoog komen van de neus te zien en hier op te reageren. Nog netter, na het drukken van de neus voor een wat hogere snelheid gecontroleerd de hoogteroerknuppel (langzaam) terug te brengen naar neutraal en de snelheid terug te laten lopen naar getrimde toestand. Daarbij de neus altijd iets naar beneden houden zodat het vliegtuig blijft glijden (verschillen van halve graden).

Waar het ervaren van wind en attitude vliegen samen komen.

Waar het regelmatig mis gaat is een stap eerder in het circuit.

Op downwind is de neiging de neus iets op te trekken zoals eerder genoemd. Dat kan op zich geen kwaad als het bewust gebeurt en de luchtsnelheid maar hoog genoeg blijft.

Dan komt de bocht naar base of direct door naar final. De bocht wordt ingezet, hoogteroerknuppel gaat weer terug naar neutraal, we vliegen niet meer wind mee. Door de stabiliteit zal het vliegtuig willen versnellen, door de helling in de bocht gaat dit nog wat vlotter en het vliegtuig schiet vlot door de evenwichtstoestand heen. Zo ongeveer tegelijk met het uitrollen komt de neus van het vliegtuig weer omhoog als reactie op de te hoge snelheid en schiet door tot boven de horizon. Snelheid loopt er vlot uit met een overtrek tot gevolg, vlak boven de grond met te weinig ruimte om het nog op te vangen. Hier wordt nog wel eens geroepen dat de wind er onder sloeg, echter wederom "de wind tussen de oren".

Ook hier is eea weer te voorkomen door actief op stand van het vliegtuig te sturen. Het begint al op downwind, het vliegtuig getrimd laten glijden is het beste. Bij bewust wat langzamer (getrokken) vliegen op downwind ook heel bewust omgaan met de neusstand bij inzetten van en in de bocht.

Ook bij het uitrollen uit de bocht, als het vliegtuig het opgebouwde snelheidsoverschot wil omzetten in hoogte/hoge neusstand, is een overtrek nog te voorkomen. Tijdig waarnemen dat de neus omhoog gaat bewegen en daar actief op reageren, de neus ten allen tijde iets onder de horizon houden en langzaam de snelheid terug laten lopen tot de getrimde toestand.

Terugkomend op het pompen, ook hier helpt actief attitude vliegen.

Door actief attitude te vliegen is pompen te voorkomen, snelheidsafwijkingen worden gecontroleerd teruggebracht naar getrimde toestand.

Is het vliegtuig eenmaal aan het pompen dan weer helpt attitude vliegen je weg uit de situatie als je op het juiste moment ingrijpt. Niet bovenin, tegen of in de overtrek.

Vaak wordt daar het vliegtuig in een enigszins vlakke attitude gebracht (nog net voor de overtrek de neus drukken of net na de overtrek de neus optrekken) en direct wordt weer de hoogteroerknuppel neutraal gezet. Resultierend in vliegen met een veel te lage luchtsnelheid en hoogteroer neutraal, het stabiele vliegtuig wil terug naar getrimde snelheid dus de neus gaat weer omlaag en het spel begint van voor af aan. Beter is om onderin de golfbeweging, als de neus weer omhoog dreigt te gaan bewegen, actief de attitude vlak te houden. De luchtsnelheid is relatief hoog, de attitude zal dus actief vlak gehouden moeten worden tot de luchtsnelheid is teruggelopen tot de getrimde toestand.

Er is echt nog ruimte voor "Ja, maar....." ☺.

Het is natuurlijk niet zo dat de wind helemaal niet tot last is bij het modelvliegen.

Met name daar waar de luchtstroom langs de aarde stroomt en in aanraking komt met obstakels leidt dit tot turbulentie, een plaatselijke en tijdelijke verandering van snelheid en/of richting van de luchtstroom.

Hier gaat het ongestoord vliegen door een stilstaand blok lucht niet meer op. De plaatselijke verandering van richting en snelheid heeft invloed op lift en het effect van stuurvlakken.

De snelheid van de luchtstroom (windsterkte) en grootte van de obstakels zijn van invloed op de sterkte van de turbulentie en de hoogte tot waar de turbulentie kan reiken.

Ook hier zijn de lichte vliegtuigen weer in het nadeel. Een lage vleugelbelasting maakt gevoelig voor turbulentie.

Daarnaast speelt het effect op dat is besproken bij het sturen met een twee-kanaals vliegtuig. Door de plotselinge, lokale verandering van richting van de luchtstroom wordt het vliegtuig zijdelings aangestroomd. Hierdoor ontstaat een liftverschil tussen de vleugels met rollen tot gevolg.

Is de invalshoek al groot, in de flare bij de landing, dan kan hierdoor de kritieke invalshoek worden overschreden bij één vleugel met een overtrek en wegvallen van die vleugel tot gevolg.

Turbulentie geeft dus ruimte om de omstandigheden de schuld te geven. Hier kan echter ook heel veel leed voorkomen worden door heel bewust te sturen.

Meestal wordt met meer wind en turbulentie wat sneller (gedrukt) gevlogen. Door in de flare en landing bewust op attitude te sturen tot het vliegtuig helemaal stil ligt kan worden voorkomen dat de neus vlak boven de grond alsnog wat omhoog komt (hoogteroer loslaten met de hogere lichtsnelheid) en het vliegtuig zich aanbiedt voor een overtrek vlak boven de grond.

Afsluiting.

Ik hoop dat een en ander hier boven beschreven meer inzicht geeft in de gedragingen van onze vliegtuigen in bepaalde omstandigheden.

Nog belangrijker en leuker vind ik het als het voer is voor verder discussiëren op het veld of gedurende najaar en herfst in de zaal.