

6



KAARTLEZEN EN NAVIGATIE

INHOUD

6.1 Inleiding	3
6.2 Luchtvaartkaarten	3
6.2.1 DE AARDE	3
6.2.2 POSITIEBEPALING	3
6.2.3 NAVIGATIE	5
6.2.4 KAARTPROJECTIES	8
6.2.4.1 Projectiemethoden	8
6.2.4.2 Lambert-conforme kegelprojectie	9
6.2.4.3 Gebruik van de kaart The Netherlands	11
6.2.5 SYMBOLEN OP DE KAART	11
6.3 Het Luchtruim	11
6.3.1 VMC EN VFR, IMC EN IFR	11
6.3.2 DE INDELING VAN HET LUCHTRUIM	12
6.3.4 MEER WETEN ?	13
6.4 Winddriehoek	13
6.5 Gebruik van de Flight Data Recorder ('logger')	14
6.6 Hoogtemeterinstellingen	16
6.6.1 REFERENTIEDRUK	16
6.6.2 HOOGTEMETERINSTELLING BIJ OVERLANDVLUCHTEN	16
6.7 Enkele praktische wenken	17

6.1 Inleiding

Het eerste deel van dit hoofdstuk gaat over luchtvaartkaarten. Nader ingegaan zal worden op de projectiemethoden van de aarde (of een deel ervan) op het platte vlak van een kaart en op een aantal zaken die van belang zijn voor positiebepaling en navigatie. Dan volgt een korte paragraaf over de invloed van de weersomstandigheden, vooral de wind, voor de navigatie.

Van belang is kennis te hebben van de indeling van het luchtruim, dit in verband met de afspraken die er zijn gemaakt met betrekking tot het gebruik ervan door ander luchtverkeer. Dit zou moeten leiden tot een tekstdeel dat is gewijd aan de luchtruimstructuur en een overzicht geeft van de luchtwegen voor de verkeersluchtvaart, de verboden gebieden en de gebieden waar voor ons zweefvliegers beperkingen gelden. Maar die indeling is momenteel onderwerp van gesprek en dat maakt dat hier geen kant en klare tekst kan worden gegeven. Volstaan wordt met een korte paragraaf met een aantal opmerkingen van algemene aard. Voor de studie voor GPL of de bevoegdheid vliegonderricht zal de kandidaat zich moeten oriënteren op de situatie van dat moment.

6.2 Luchtvaartkaarten

6.2.1 DE AARDE

Meestal wordt de aarde afgebeeld als een bol, maar eigenlijk is dat niet juist. De aarde is aan de polen als gevolg van de draaiingssnelheid afgeplat. Onze planeet is een *sferoïde*, waarmee men een lichaam bedoelt dat men kan laten ontstaan wanneer men een ellips laat wentelen om zijn korte as.

De middellijn van de aarde aan de equator is dus groter dan de lengte van de aardas. De lengte van de poolstraal is $6356,912 \text{ km}^1$, die van de equator $6368,388 \text{ km}$. Een verschil dus van 21 km . De *afplating* van de aarde wordt gedefinieerd als het verschil van de equatorstraal en de poolstraal, gedeeld door de equatorstraal.²

Voor navigatiedoeleinden wordt de aarde meestal als een bol beschouwd, hoewel tegenwoordig meer en meer met de werkelijke vorm rekening wordt gehouden. Voor het zweefvliegen gaat dit wel erg ver, zodat in het vervolg van dit hoofdstuk de aarde gemakshalve als een bol zal worden gezien.

De aarde draait in bijna 24 uur tijd³ om een denkbeeldige as die we de *aardas* noemen. De snijpunten van de aardas met het aardoppervlak noemen we de *polen*. De *noordpool* wordt gedefinieerd als die pool waarboven een waarnemer de aarde linksom zou zien draaien, de andere pool is dan de *zuidpool*. De aardas gaat door het middelpunt van de aarde, het *geocentrum*.

6.2.2 POSITIEBEPALING

Om een plaats op aarde te kunnen vastleggen maakt men gebruik van een *coördinatenstelsel*. Dit wordt gevormd door een aantal cirkels. Onder een *grootcirkel* verstaat men een cirkel op aarde waarvan het vlak door het middelpunt van de aarde gaat. Is dit laatste niet het geval dan spreekt men van een *kleincirkel*. De straal van een kleincirkel is dus kleiner dan die van een grootcirkel, zoals is aangegeven in figuur 6.1.

De evenaar of equator is de grootcirkel waarvan het vlak waarin deze ligt, loodrecht op de aardas staat. Dit vlak verdeelt de aarde in twee halve bollen. Het deel waarin de noordpool zich bevindt noemt men het *noordelijk halfrond*. Het andere deel is het *zuidelijk halfrond*.

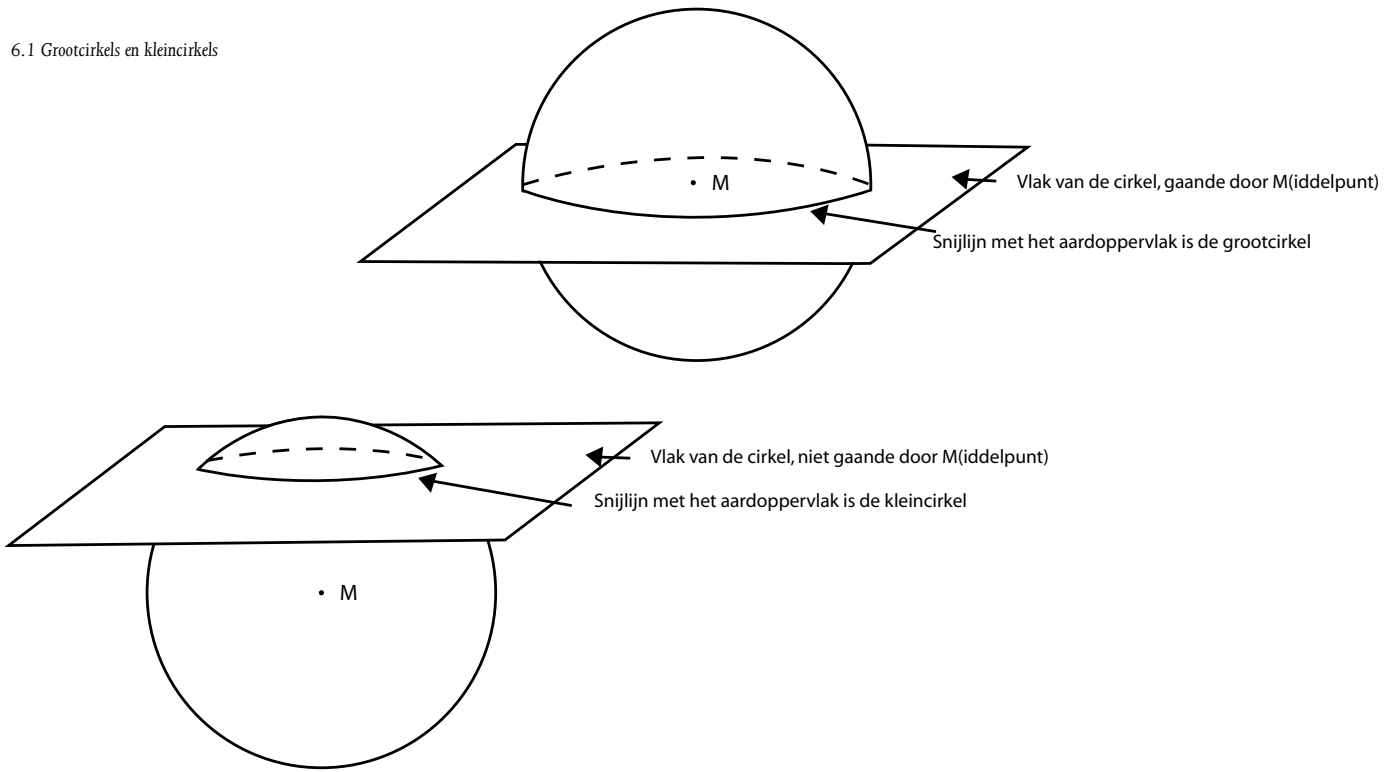
Een *parallel* is een kleincirkel waarvan het vlak loodrecht op de aardas staat. Elke parallel is dus evenwijdig aan de equator.

¹ Deze waarden zijn het resultaat van verschillende graadmetingen en werden officieel aanvaard tijdens een internationale conferentie te Madrid in 1924.

² De afplating van de aarde is, berekend, $0,0034$.

³ De preciese tijd is 23 uur, 56 minuten en 4 seconden.

6.1 Grootcirkels en kleincirkels

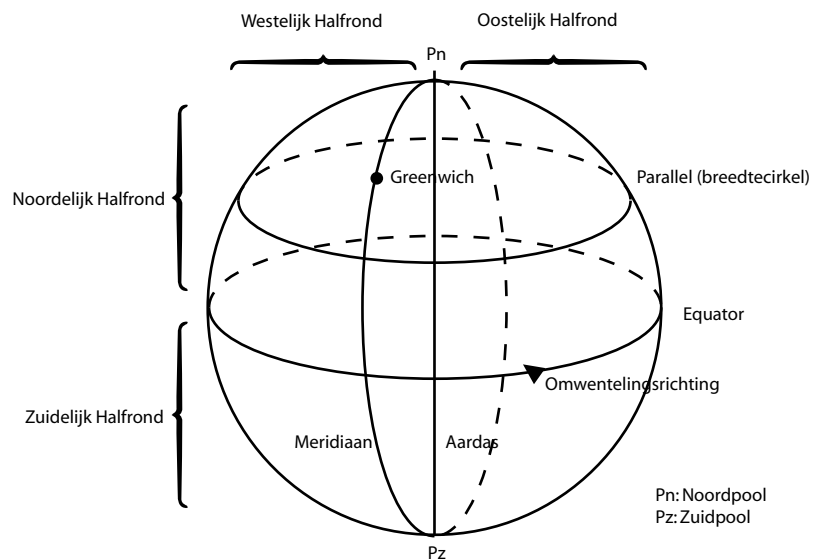


Een vlak door de aardas heet een **meridiaanvlak**. Elk meridiaanvlak snijdt de aarde volgens een grootcirkel. Een **meridiaan** is een halve grootcirkel die loopt van noordpool tot zuidpool.

De meridiaan over de vroegere sterrenwacht te Greenwich en zijn anti-meridiaan verdelen de aarde ook in twee halfronden, te weten het **westelijk halfrond** en het **oostelijk halfrond**.

Door het coördinatenstelsel dat wordt gevormd door de equator, meridianen en parallellen kan de ligging van een plaats op aarde precies worden vastgelegd. De assen van dit systeem zijn de equator en de meridiaan over Greenwich. Deze laatste wordt daarom ook de **nul-meridiaan** genoemd. Vanaf deze meridiaan telt men langs de equator 180° West of 180° Oost. De meridiaan 180° Oost en die van 180° West is dus dezelfde. Deze meridiaan, de antimeridiaan van Greenwich, vormt de **datumgrens**.

6.2 Aardas, equator, parallel en meridiaan



De positie van een punt op aarde wordt aangegeven met de breedte en de lengte voor die plaats. Onder de **breedte** van een plaats verstaat men een boog van de meridiaan voor deze plaats, gerekend vanaf de equator tot aan die plaats. De

lengte van een plaats op aarde is de kleinste boog vanaf de 0° -meridiaan tot aan de meridiaan door die plaats, gerekend langs de equator. Zie figuur 6.3.

Men onderscheidt noorderbreedte (N) en zuiderbreedte (Z). Plaatsen op aarde op het noordelijk halfrond hebben een *noorderbreedte* en die op het zuidelijk halfrond een *zuiderbreedte*. Ook onderscheidt men *oosterlengte* (O) en *westerlengte* (W). Plaatsen op het oostelijk halfrond hebben een *oosterlengte* en die op het westelijk halfrond een *westerlengte*.

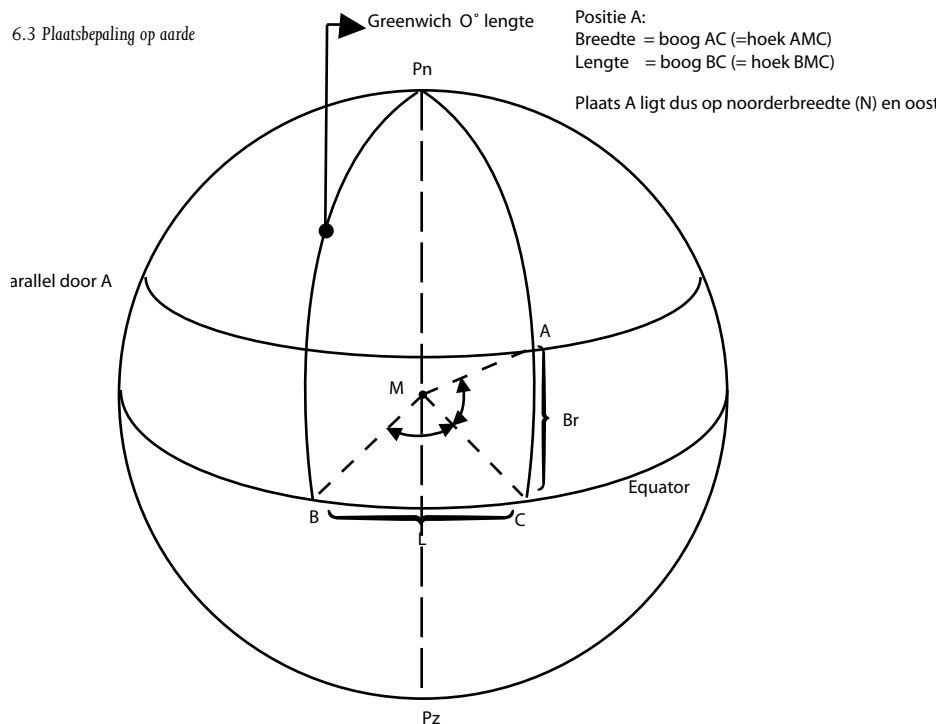
Breedte en lengte worden uitgedrukt in graden ($^\circ$), minuten ($'$) en seconden ($''$). Een minuut is $\frac{1}{60}^\circ$ deel van een graad en een seconde weer $\frac{1}{60}^\circ$ deel van een minuut. De breedte wordt geteld van 0° tot 90° noord of zuid. Voor noord en zuid gebruikt men de letters N respectievelijk Z, of N respectievelijk S wanneer we het Engelse woord north respectievelijk south nemen. In de grote luchtvaart worden meestal de Engelse afkortingen gebuikt.

De lengte wordt geteld van 0° tot 180° oost of west (O, W, Engels E, W).

Punten op dezelfde meridiaan hebben dezelfde lengte en punten op dezelfde parallel dezelfde breedte. De positie van Terlet bijvoorbeeld kan aldus worden aangegeven: $52^\circ 03' 30''$ N $05^\circ 55' 30''$ E.

De polen hebben een breedte van 90° N of 90° S maar geen lengte; immers alle meridianen gaan door de beide polen.

Tot slot van deze paragraaf nog aandacht voor enkele speciale lijnen op aarde. De parallellen op $23^\circ 30'$ heten de *keerkringen*. Op het noordelijk halfrond is dat de Kreeftskeerkring, op het zuidelijk halfrond de Steenbokskeerkring. De parallellen op $66^\circ 30'$ heten de *poolcirkels*, respectievelijk de noordpoolcirkel en de zuidpoolcirkel.



6.2.3 NAVIGATIE

Wanneer men van het ene punt van de aarde naar een ander punt wil gaan dan zijn van belang de richting waarin men zich zal moeten bewegen en de afstand tussen beide punten. In deze paragraaf geven we aandacht aan het begrip *richting* of *koers*.

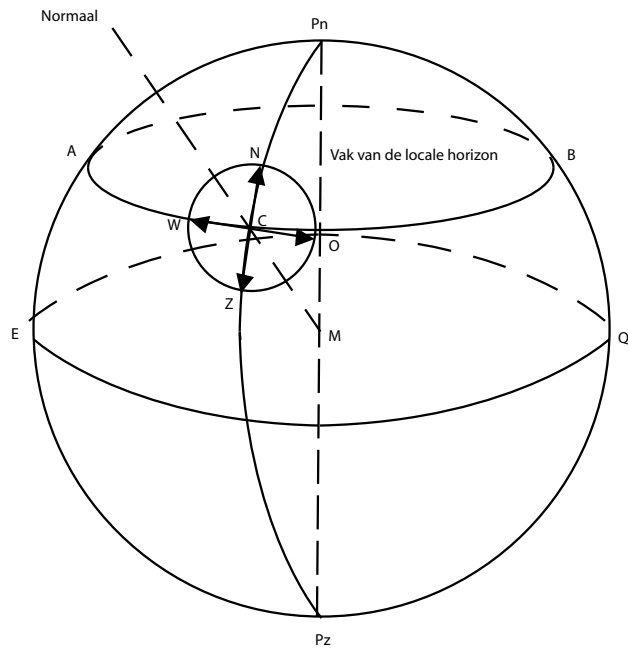
In figuur 6.4 denken we ons een waarnemer in punt C. De cirkelboog PnCPz is de meridiaan en ACB de parallel door punt C. De *normaal* van deze waarnemer is de lijn die kan worden getrokken door het middelpunt van de aarde en punt C. Het vlak dat door punt C kan worden aangebracht en dat loodrecht staat op

de normaal heet het vlak van de lokale horizon. Dit vlak raakt dus in punt C de bol. De ware noord-zuidlijn nu is de snijlijn van het vlak van de lokale horizon en het vlak van de meridiaan. De lijn die in het vlak van de lokale horizon loodrecht staat op deze ware noord-zuidlijn is de oost-west richting. Een verduidelijking geeft figuur 6.4. De lokale horizon wordt nu voorgesteld als een kompasroos, zoals is afgebeeld in figuur 6.5. In de luchtvaart worden richtingen aangegeven in graden. De cirkel van de roos is onderverdeeld in 360° (N = 000° , Z = 180° , O = 090° en W = 270°). Door steeds drie cijfers te geven worden bij voorbaat misverstanden voorkomen.

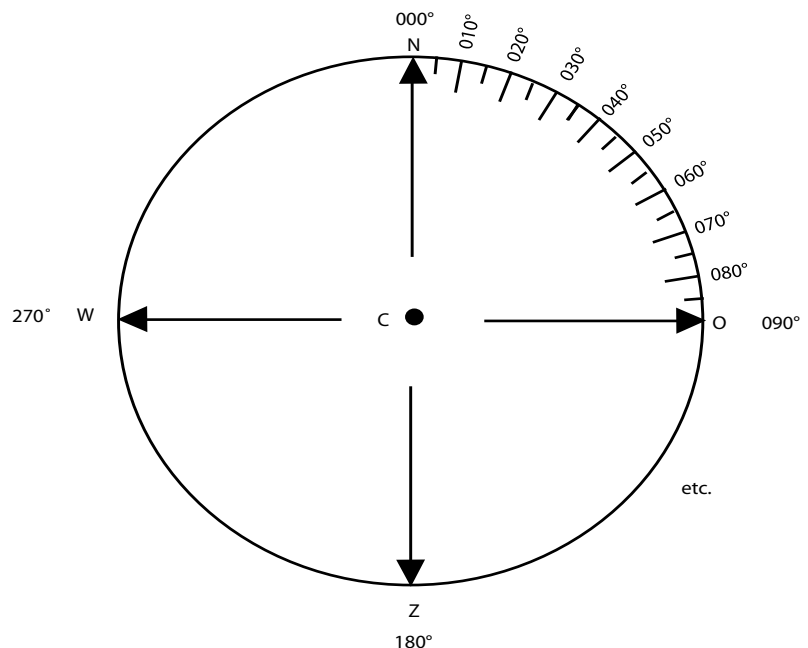
De koers of koershoek is de hoek die de lengte-as van een vliegtuig maakt met de richting van de noord-zuidlijn ter plaatse.

Wanneer we hiervoor hebben gesproken over het noorden dan bedoelen we steeds het ware of het geografische noorden. De richting van het ware noorden is de belangrijkste richting. Deze staat aangegeven op alle luchtvaartnavigatiekaarten.

6.4 Richtingbepaling op aarde



6.5 Kompasroos

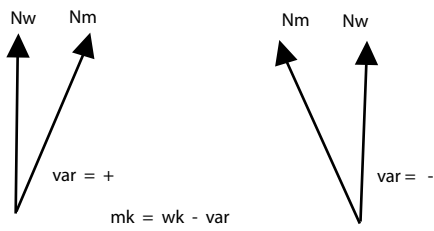


De koers van een vliegtuig wordt gewoonlijk bepaald met behulp van een magnetisch kompas. De magneetnaald wijst in de richting van de magnetische

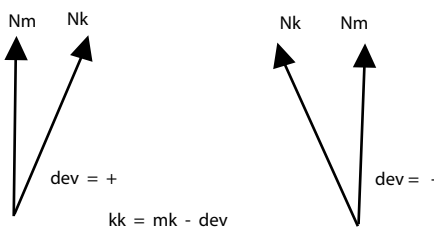
noordpool. De magnetische en de geografische polen vallen niet samen. De kompasnaald stelt zich in volgens de magnetische noord-zuidlijn. De hoek die de richting van het magnetische noorden maakt met de richting van het ware noorden heet *variatie* (of *declinatie*). De variatie is positief of oost als de magnetische noordpool rechts of oost ligt van het ware noorden en negatief of west wanneer de magnetische noordpool links of west ligt van het ware noorden. Zie figuur 6.6. Wanneer de koers van een vliegtuig wordt opgegeven ten opzichte van het ware noorden dan spreekt men van een *ware koers* (w.k., ook wel recht-wijzende koers, r.w. genoemd). Wordt de koers ten opzichte van het magnetische noorden gegeven dan spreekt men van *magnetische koers* (m.k.).

Wanneer men van een punt A wil vliegen naar een ander punt, dat we B zullen noemen, dan kan op de kaart met behulp van een gradenboog de koers worden opgemeten. Dat is de hoek die de koerslijn maakt met de in de kaart getekende meridianen. Men vindt dan de ware koers. Op een luchtvaartkaart wordt tevens de waarde van de variatie vermeld evenals de jaarlijkse verandering daarin. Voor het traject A-B kan aldus een gemiddelde variatie worden bepaald. Men kan nu de magnetische koers bepalen.

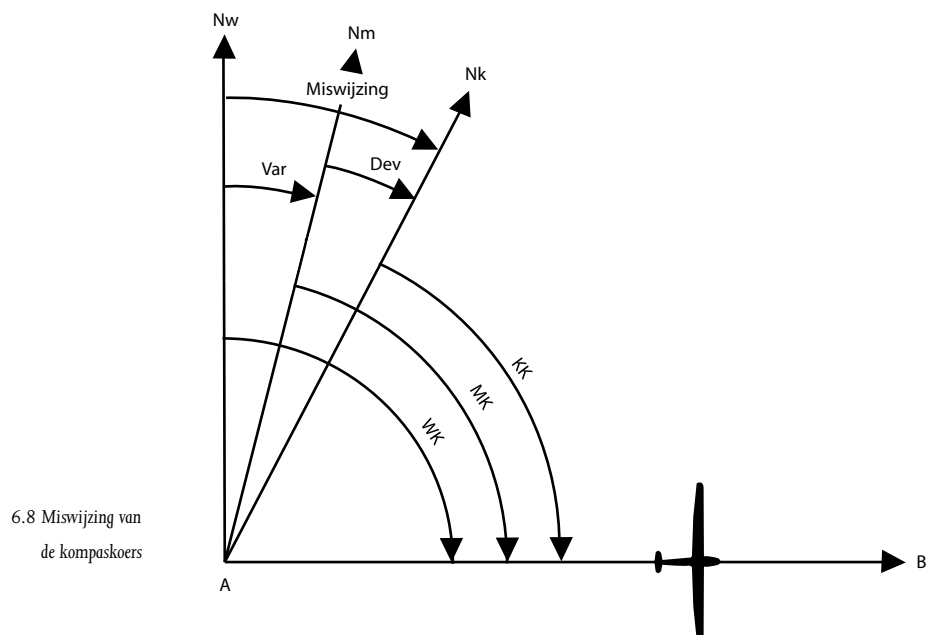
Het blijkt dat het kompas vaak afwijkt, wat wordt veroorzaakt door metalen delen in het vliegtuig zelf. Deze afwijkingen noem men de *deviatie*. Het gevolg daarvan is dat de noord-zuidlijn in het vliegtuig over het algemeen niet samenvalt met de magnetische noord-zuidlijn. De deviatie is de hoek die de richting van het kompasnoorden maakt met de richting van het magnetische noorden. Zie figuur 6.7. De deviatie is positief of oost wanneer het kompasnoorden rechts of oost ligt van het magnetische noorden en negatief of west wanneer het links of west ervan ligt. De deviatie wordt vastgelegd in een zogenoemde stuurtafel of deviatietabel. Deze wordt opgesteld nadat het kompas zo goed als mogelijk is gecompenseerd. Zie hiertoe het hoofdstuk *Instrumenten*.



6.6 Variatie, positief en negatief



6.7 Deviatie, positief en negatief



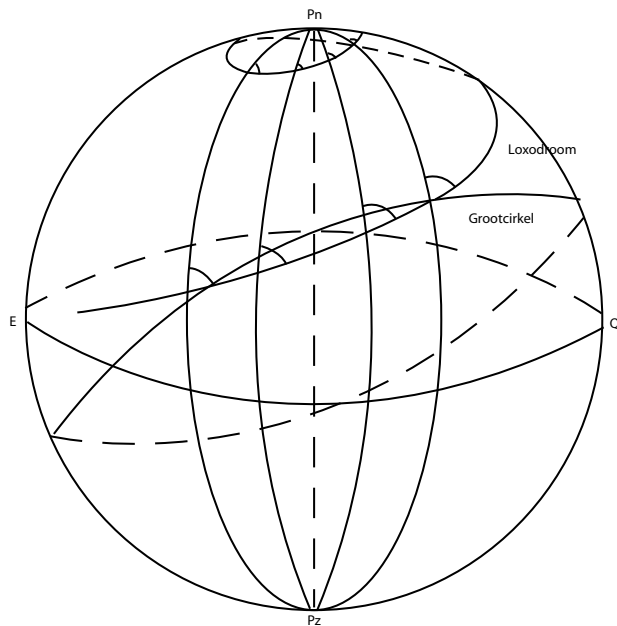
6.8 Miswijzing van de kompas koers

Zoals in figuur 6.8 is samengevat vertoont de kompas koers een 'miswijzing' ten opzichte van de ware koers. Deze miswijzing bestaat uit de variatie en de deviatie. De miswijzing is de algebraïsche som van variatie en deviatie. Het herleiden van de kompas koers (k.k.) naar de magnetische koers (m.k.) en vervolgens naar werkelijke koers (w.k.) heet *koersverbeteren*.

Wanneer men steeds dezelfde ware koers stuurt is de weg die het vliegtuig daarbij op aarde volgt een lijn die alle meridianen onder eenzelfde hoek snijdt. Deze lijn heet *loxodroom*. Alle parallellen zijn dus tevens loxodromen; de snijhoek is 90° . De equator is zowel loxodroom als grootcirkel. Een willekeurige loxo-

droom kan niet door de polen gaan. Loxodromen draaien er omheen in steeds nauwere windingen, echter zonder de pool zelf ooit te bereiken. Zie figuur 6.9.

De kortste verbinding tussen twee willekeurige punten op aarde wordt gevormd door de grootcirkel die door deze punten gaat. Deze maakt echter geen gelijke hoek met de meridianen. Wanneer men langs zo'n grootcirkel vliegt dan zal men voortdurend koerswijzigingen moeten toepassen.



6.9 Loxodromen

6.2.4 KAARTPROJECTIES

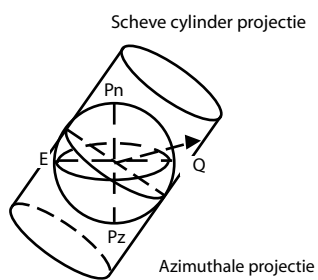
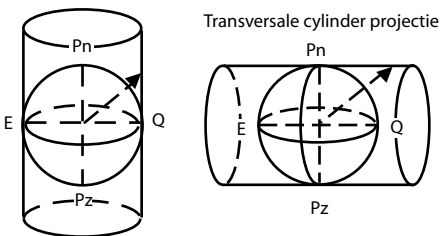
6.2.4.1 PROJECTIEMETHODEN

Voor een afbeelding van de aarde wordt naast de globe gebruik gemaakt van kaarten. Voor navigatiedoeleinden vindt alleen de kaart toepassing. Een kaart is een afbeelding van het aardoppervlak of van een gedeelte ervan op een plat vlak.

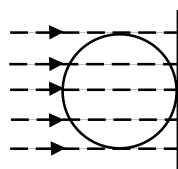
Het is niet mogelijk om een deel van een boloppervlak over te brengen op een kaart zonder dat er vertekeningen optreden ten opzichte van de werkelijke verhoudingen op aarde. Daarom moet men zijn toevlucht zoeken tot andere technieken, zoals de projectie van (een deel van) het aardoppervlak op een lichaam dat wel ontwikkelbaar is, dat wil zeggen uit te spreiden in het platte vlak, zoals de kegel en de cilinder. Onder de kaartprojectie verstaat men dan de methode waarop de afbeelding, waarin elk punt overeenstemt met een punt van het afgebeelde gebied, tot stand komt. Een schema van enkele projectiemethoden geeft figuur 6.10.

Cylinder projectie

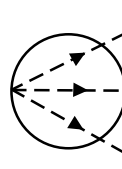
Rechte cylinder projectie



Orthografische projectie

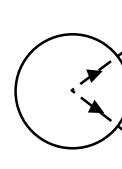


Stereografische projectie



Get. eq. proj.

Gnomonische projectie



Polygonische projectie

1 standaard parallel



2 standaard parallellen



6.10 Kaartprojectie met behulp van een cylinder en een kegel

Kegelprojectie

Bijzondere projectie Onstaan uit samenvoeging 2 projecties

Op een kaart worden, al naar het doel waarvoor deze moet worden gebruikt, belangrijke zaken aangegeven, zoals steden, dorpen, rivieren, wegen, spoorlijnen. Voordat men de juiste ligging daarvan kan overbrengen moeten de meridianen en parallellen op de kaart worden getekend. Dit netwerk van meridianen en parallellen heet het *kaartnet*. De kaart is een verkleinde afbeelding van het aardoppervlak. Deze verkleining wordt aangegeven door de schaal van de kaart. Onder schaal van een kaart verstaan we de verhouding tussen de lengte van een lijnstuk in de kaart en het lijnstuk op aarde, waarvan het een afbeelding is. Wanneer bijvoorbeeld is aangegeven 1:100.000 dan spreken we van een *relatieve schaal van 1 op 100.000*. 1 cm op de kaart stemt dan overeen met 100.000 cm ofwel 1 km op aarde. Als men zegt 1 cm op de kaart is 1 km op aarde dan spreken we van de *absolute schaal*.

Afhankelijk van de projectiemethode die bij het tekenen van de kaart is toegepast kan de schaal op verschillende punten in de kaart anders zijn. Daarmee moet men bij het gebruik van de kaart rekening houden.

De eisen die men aan een goede kaart zou moeten stellen zijn de volgende:

De kaart moet *afstandsgetrouw* zijn of *equidistant*. De afstand op aarde moet juist op schaal in de kaart zijn overgebracht.

De kaart moet *hoekgetrouw* of *conform* zijn, wat wil zeggen dat de hoeken tussen lijnen op aarde in hun juiste grootte op de kaart worden overgebracht.

De kaart moet *oppervlakgetrouw* of *equivalent* zijn. De oppervlakken op aarde moeten nauwkeurig en juist op schaal in de kaart worden overgebracht.

Een globe voldoet aan alle drie van deze drie eisen. In een kaart kan echter slechts aan één van deze drie eisen tegelijk worden voldaan. Volgens ICAO-normen⁴ moet een luchtvaartkaart conform zijn en de meridianen moeten worden aangegeven als rechte lijnen. Op ICAO-kaart schaal 1:500.000 vindt men dan ook de aanduiding dat de projectie conform is. Tevens vindt men dat, eveneens volgens ICAO-norm, de kegelprojectie volgens de *methode van Lambert* is gebruikt.⁵ Een tweede methode die wordt toegepast bij luchtvaartkaarten is de transversale *Mercator* (cilinder) projectie. In de AIP treffen we kaarten aan in de transversale Mercator-projectie en in de zgn. stereografische projectie (zie figuur 6.10). Voorbeelden van deze laatste projectiemethode zijn de kaarten van de zweefvliegerterreinen.

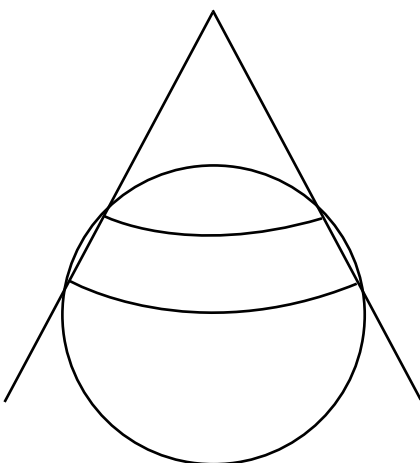
6.2.4.2 LAMBERT-CONFORME KEGELPROJECTIE

De kaart The Netherlands is op schaal 1: 500.000 ontwikkeld volgens de Lambert conforme kegelprojectie met twee standaardparallellen, zoals is aangegeven in figuur 6.11. Als standaardparallellen zijn gekozen die van 53°06'40"N en die van 49°33'20".

Een kegel is een ontwikkelbaar lichaam zoals figuur 6.12 laat zien. De parallellen waar de kegel de globe snijdt, de beide standaardparallellen, komen *afstandsgetrouw* op de kegelmantel. De meridianen convergeren in de top van de kegel. De meridiaanvlakken snijden de kegelmantel immers volgens beschrijvende lijnen. De meridianen komen over als rechte lijnen. De parallellen zijn concentrische lijnen met de top T van de kegel als middelpunt. Merk op dat T niet de pool is.

Alle punten op de globe die liggen buiten de kegelmantel worden hierop geprojecteerd. A en B worden bijvoorbeeld A' en B'. De schaal wordt dus groter. Tussen de standaardparallellen wordt de schaal, zoals figuur 6.12 aangeeft, kleiner. Het schaalverloop is dus na het projecteren niet gelijk.

De kaart is daardoor niet conform. Dit wordt wel bereikt doordat men vervolgens de parallellen binnen en buiten de twee standaardparallellen, door berekening, zodanig gaat verschuiven dat het schaalverloop in elk punt op de kaart



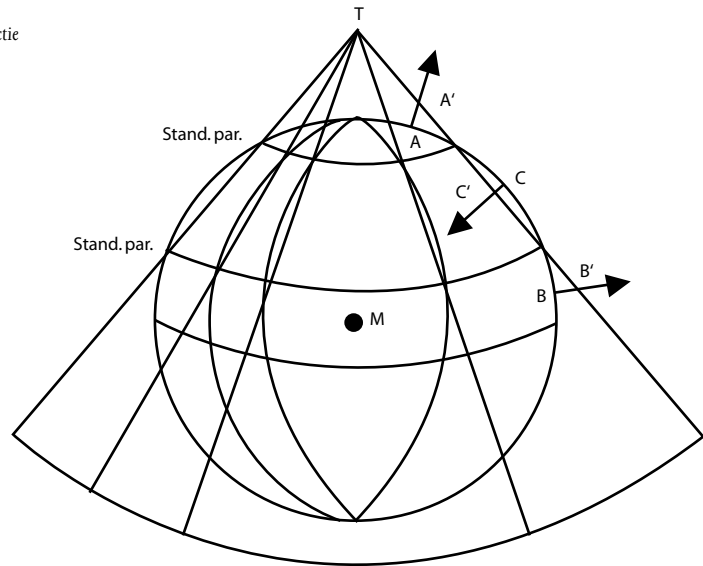
6.11 Kegelfprojectie volgens Lambert met 2 standaardparallellen

⁴ ICAO: International Civil Aviation Organisation, gevestigd te Montreal

⁵ Deze projectiemethode is voorgeschreven voor kaarten van gebieden tussen equator en 80° breedte

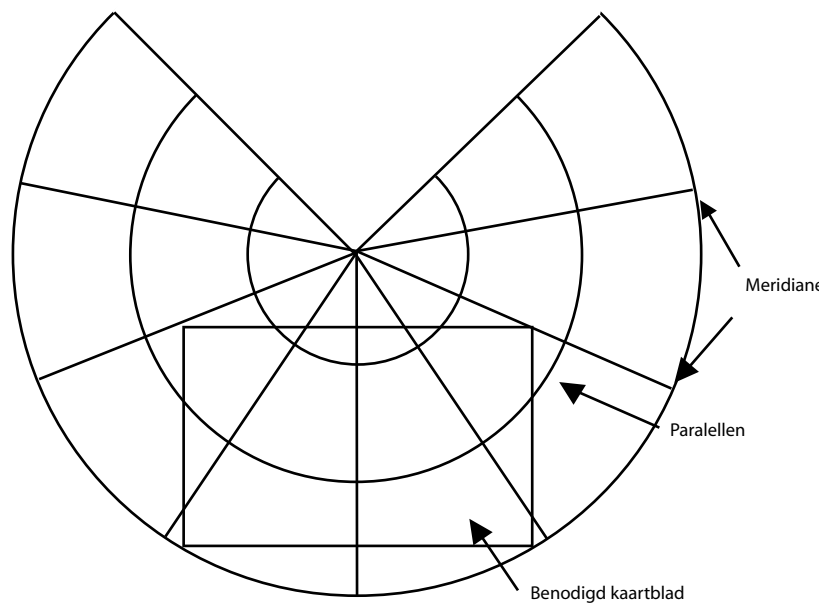
langs een meridiaan en een parallel gelijk wordt. Men maakt door constructie de kaart conform, waarmee wordt voldaan aan de eis die de ICAO stelt. Tussen de standaardparallel is het schaalverloop erg klein. De kaart is daar dus bijna equidistant. Figuur 6.13 toont een opengeslagen kegelmantel in een plat vlak. Tevens is aangegeven welk deel van de projectie is benodigd voor de kaart die

6.12 Kegelprojectie



men wil vervaardigen. Uit de figuur blijkt dat de kegelmantel na het uitslaan geen volledige cirkel vormt, ondanks het feit dat alle meridianen rondom 360° op de kegelmantel zijn afgebeeld. In de kaart beslaan de meridianen minder dan 360° .

6.13 Opengeslagen ketelmantel



Onder de kaartconstante verstaat men

$$\frac{360^\circ - \text{de hoek die men in de projectie mist}}{360^\circ}$$

6.2.4.3 GEBRUIK VAN DE KAART THE NETHERLANDS

Op de kaart is een kaartnet of grid aanwezig, dat bestaat uit meridianen en parallellen. Elk punt kan worden geploteerd en de positie van elk punt kan worden bepaald. De afstand meet men langs de meridiaan ongeveer op de middelbreedte tussen twee punten. De kaart is praktisch equidistant. Het opmeten of afzetten van hoeken doet men op de meridiaan. De kaart is immers conform. Bij het opmeten van koersen moet men rekening houden met de kaartconstante. Koersen worden daarom opgemeten op de middelmeridiaan van de route tussen twee punten. Men verkrijgt dan de gemiddelde grootcirkelkoers en de loxodromische koers.

De kaart is voorzien van de belangrijkste topografische kenmerken zoals zeeën, rivieren, bossen, steden, wegen. De kaart is ook voorzien van de luchtvaartstructuur, inclusief de speciale gebieden. Op de kaart staan alle vliegterreinen symbolisch weergegeven, ook de zweefvliegvelden. De hoogten zijn in reliëf van de grond en door middel van een kleurencode aangegeven. Obstakels zijn vermeld met hun hoogte ten opzichte van zeeniveau en het aardoppervlak.

Bij gebruik van de kaart is het nodig de legenda goed te bestuderen.

6.2.5 SYMBOLEN OP DE KAART

De ICAO-luchtvaartkaart bevat zowel topografische gegevens als informatie die speciaal van belang is voor de luchtvaart. Alle bijschriften zijn in de Engelse taal, de taal die in de internationale luchtvaart gebruikelijk is. In de linkerbovenhoek vindt men een verklaring voor de hypsometrische tinten (hypsometric tints). De onderscheidende tinten lichtbruin duiden de hoogte aan boven zeeniveau van het aardoppervlak, voor zover die meer is dan 100 meter (328 voet). Wit duidt op een hoogte van 0 tot 100 meter en lichtgrijs op een terreinhoogte beneden zeeniveau. De kleur groen betekent bosgebied. Bij de kleurverklaring vindt men tevens aangegeven waar het hoogste punt op de kaart voorkomt. Op de kaart The Netherlands is dat de positie 50°35'16" N en 06°12'35"E (zuid van Aken): 2165 ft.

6.3 Het Luchtruim

6.3.1 VMC EN VFR, IMC EN IFR

Wanneer het verticale en horizontale zicht voldoende zijn, en ook voldoende afstand tot de wolken gehouden kan worden, gelden de Visual Meteorological Conditions (VMC, zichtvliegomstandigheden) en kan gevlogen worden volgens de Visual Flight Rules (VFR, zichtvliegregels). De belangrijkste gegevens voor het vliegen onder VFR omstandigheden zijn samengevat in tabel 6.1.

tabel 6.1, VFR minima. Let vooral op de 300 m onder de wolken, in C, E en G boven 900 m. Die is bedoeld als buffer, voor IFR verkeer dat onder een wolk uit kan zakken.

luchtruim klasse	C	E	G	
			boven 900 m AMSL	Op of beneden 900 m AMSL
afstand van de wolken	1,5 km horizontaal, 0,3 km verticaal		vrij van wolken en zicht op grond of water	
zicht	5 km	8 km (*)	8 km	1,5 km (**)

(*) : van vrijdag 16:00 tot zondag 23:00 (gedurende zomertijd 15:00 resp. 22:00) en op officiële feestdagen 5 km in de Nw Milligen TMA's.

(**) : bij snelheden die voldoende gelegenheid geven ander verkeer of obstakels te vermijden.

Het VFR vliegen dat de zweefvlieger doet berust op het See-and-Avoid principe, later ook wel Detect-and-Avoid genoemd wegens de onbemande vliegtuigen die hun intrede doen. Een VFR vlieger is zelf verantwoordelijk voor zijn separatie met ander verkeer.

Wanneer niet voldaan wordt aan de VMC gelden de Instrument Meteorological Conditions (IMC), waarin alleen maar gevlogen mag worden volgens de Instrument Flight Rules (IFR). Onnodig te zeggen dat IFR vliegen blindvlieginstrumenten vereist, evenals een bevoegdheid, een vliegplan dat tijdig bij de verkeersleiding moet zijn ingediend en een klaring, dus radio. Vanwege de separatie die de verkeersleiding biedt worden nagenoeg alle commerciële vluchten als IFR vlucht uitgevoerd.

Wij zullen ons hier tot het VFR vliegen beperken. Een R/T-bevoegdheid, hoewel niet overal strikt nodig, is daarbij toch van groot nut, vanwege het begrip van verkeersleiding, navigatie en luchtruimstructuur die een 'R/T licence' meebrengt. Elk jaar worden hiervoor cursussen gegeven.

Kort samengevat: in VMC kan IFR en VFR gevlogen worden, in IMC alleen IFR. Zweefvliegers vliegen VFR.

6.3.2 DE INDELING VAN HET LUCHTRUIM

Voor een goed begrip van het volgende is studie van de meest recente versie van de luchtvaartkaart (ICAO, 1:500.000, The Netherlands) en van de ENR-pagina's van de AIP (Aeronautical Information Publication), de bijbel van de luchtruim-regels, onontbeerlijk. Let vooral op de boven- en ondergrenzen van de gebieden. Pagina 6-2-1 van de AIP geeft een duidelijke dwarsdoorsnede. Een mooie 3-D kaart met uitleg is te vinden op de website van de Commissie Luchtruimstructuur en Radiogebruik (CLR) van de Afdeling Zweefvliegen van de KNVvL: www.luchtruim.info.

Het totale Nederlandse luchtruim waar het VFR vliegen mee te maken heeft valt onder de Amsterdam Flight Information Region (FIR). In een FIR wordt vluchtinformatie gegeven en alarmering over vliegtuigen die hulp behoeven.

Binnen de Amsterdam FIR treffen we vooral aan: Control Area's (CTA), Terminal Area's (TMA) en Control Zones (CTR):

CTA: een uitgebreid gebied op grotere hoogte, voor 'en-route' verkeer.

TMA: een gebied op middelgrote hoogte, vooral voor het laten klimmen en dalen van (IFR) verkeer.

CTR: een lokaal gebied rondom een vliegveld.

Een CTA wordt beheerd door een Area Control Centre (ACC, b.v. Amsterdam Radar), een TMA door een Approach Control (APP, b.v. Schiphol Approach), een CTR door een Tower (TWR, b.v. Schiphol Tower).

Elk gebied heeft een classificatie. Het is van groot belang te weten dat klasse C-gebieden (zie kaart!) gecontroleerde gebieden zijn, waarvoor een klaring en radiocontact nodig zijn en waarvoor, per gebied, speciale regels kunnen gelden voor VFR verkeer.

Klasse E-gebieden zijn weliswaar gecontroleerde gebieden, maar deze zijn zonder klaring en zonder vliegplan toch toegankelijk zijn voor VFR verkeer. Klasse G-gebieden zijn niet gecontroleerd. Let op dat het deel van de Nieuw Milligen TMA's A, C, D en E een bovengrens heeft van FL 65, maar in de week-ends en op feestdagen (voor de precieze tijden zie Tabel 5.1) is dit plafond FL 95.

Veel CTR's, en ook wel velden zonder een CTR, zoals Budel, Lelystad en Schinveld, hebben ter bescherming van het lokale verkeer een Aerodrome Traffic Zone (ATZ).

Hier moeten ook de Transponder Mandatory Zones (TMZ) genoemd worden. In TMZ's mag zonder klaring, maar met een werkende transponder gevlogen worden.

Naast dit alles bestaan er ook nog Special Rules Zones (SRZ), bijvoorbeeld voor scherm- en zeilvliegen, Prohibited Areas (EHP), waar niet gevlogen mag worden, zoals bij koninklijke paleizen, Restricted Areas (EHR) waarvoor beperkingen gelden, meestal wegens militaire activiteiten, Danger Areas (EHD) waar bijvoorbeeld geschoten kan worden, en Temporary Reserved Airspace (TRA) voor testvluchten en militaire oefeningen. De Nederlandse TRA's liggen boven de Waddenzee. Deze laatste zijn daarom voor het zweefvliegen van minder belang.

Enkele velden, zoals Hilversum, hebben speciale regelingen voor het zweefvliegen. Deze regelingen gelden alleen voor de lokale club.

Iedereen die een overlandvlucht plant dient zich goed bewust te zijn van het bovenstaande.

Getracht wordt om de nationale regelingen te harmoniseren, d.w.z. op Europese schaal gelijk te trekken, maar het zal nog lang duren voordat de verschillende gebieden internationaal naadloos op elkaar aansluiten. Bij een buitenlandse vlucht dient dus, net als in het Amsterdam FIR, de meest recente documentatie goed bestudeerd te worden. De bekende ICAO kaarten worden veelal aan het begin van elk jaar vernieuwd. Dat kan een hele uitgave betekenen, maar met de veiligheid kunnen we niet marchanderen.

6.3.4 MEER WETEN ?

Al het bovenstaande staat in detail:

- in de Aeronautical Information Publication (AIP, basisdocument),
- op de website van de CLR: www.luchtruim.info. Een regelmatig bezoek aan deze website is eigenlijk onontbeerlijk.

De AIP moet altijd gelezen worden in samenhang met de NOTAM's (Notice to Airmen). NOTAM's geven tijdelijk geldige, additionele informatie, die af kan wijken van wat in de AIP staat. Elke club hoort minstens de NOTAM's ter beschikking te stellen van alle leden. De AIP (en bijvoorbeeld ook AIC's) staan ook op de website van de Aeronautical Information Service (AIS) Nederland: www.ais-netherlands.nl. NOTAM's staan onder meer op de website van de CLR.

Veel theorie? Het is nog wel te overzien, maar je moet er een keer de tijd voor nemen. Je krijgt dit niet in een uurtje in je hoofd. Vraag advies aan ervaren collega's.

6.4 Winddriehoek

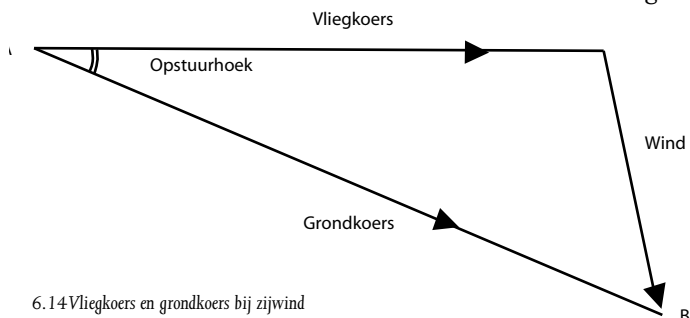
Aan een overlandvlucht, of het nu de 50 km afstand betreft voor het zilveren brevet of een 500 km driehoeksvlucht, moet een goede planning vooraf gaan. Van groot belang daarbij is het weer, vooral de te verwachten thermiek en de wind (zowel windsterkte als windrichting). De thermiekverwachting bepaalt welke de mogelijkheden zijn voor de betreffende vliegdag, dat wil zeggen de aard en de lengte van de vlucht. De beginnende prestatievlieger zal meer geïnteresseerd zijn in het feit of de 50 km er in zit of niet.

Voor de planning is de keuze van een overlandtraject belangrijk: de richting waarin men vliegt en de afstand die men denkt af te leggen.

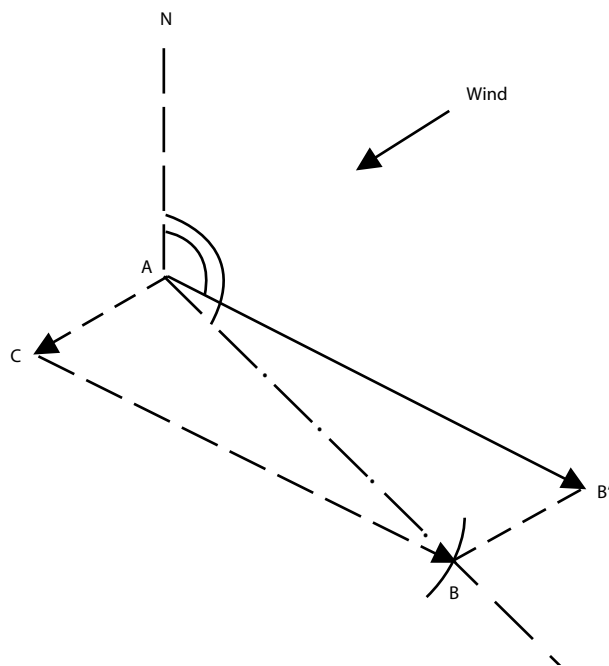
Tegenwoordig wordt bij overlandvluchten algemeen gebruik gemaakt van de Data Flight Recorder of andere apparatuur aan boord van het zweefvliegtuig. Toch is het goed zich te realiseren wat de invloed is van de wind op de te vliegen koers.

In een vorige paragraaf is al gesproken over de richting en de te vliegen koers. Gaat men de eerste maal overland dan vliegt men bij voorkeur wind mee. Men trekt dan een potloodlijn op de kaart volgens de heersende windrichting en de vliegkoers ligt dan vast. Westenwind, 270° , betekent een vliegkoers naar het oosten, dus 90° . De koers op de kaart en de vliegkoers vallen samen.

Dat is niet meer het geval wanneer de koerslijn een hoek maakt met de windrichting.



6.14 Vliegkoers en grondkoers bij zijwind



6.15 Bepaling vliegkoers bij zijwind

Wanneer men een traject met zijwind vliegt stemmen de kaartkoers en de vliegkoers niet meer overeen, zoals figuur 6.15 aangeeft. Men zal moeten opsturen tegen de windrichting in en meer naarmate de wind sterker is.

De opstuurhoek wordt bepaald door de eigen snelheid van het zweefvliegtuig (de gemiddelde snelheid – reissnelheid) op het traject, die weer zal samenhangen met de verwachte thermieksterkte) en de richting en de snelheid van de wind. We maken dit duidelijk aan de hand van een voorbeeld. Stel dat men van punt A naar punt B wil vliegen, richting 135° (zuidoostelijke koers). De wind is ONO, 060° en 20 km/h ($5,5 \text{ m/s}$). Stel voorts dat men verwacht dat de reissnelheid 60 km/h zal bedragen. Wat zal dan de vliegkoers moeten zijn? In figuur 6.16 geeft het lijnstuk AB het traject weer dat moet worden gevlogen. De pijl W geeft de windrichting en -sterkte weer.

In deze figuur is de windsterkte van 20 km/h aangegeven door een lengte van 2 cm van de pijl. Een zweefvliegtuig dat zich in punt A bevindt zal onder invloed van de wind in een uur tijd verplaatst worden naar punt C. Wanneer we nu vanuit punt C met een passer het snijpunt van de lijn AB met een cirkel met een straal van 6 cm (de reissnelheid van het zweefvliegtuig, 60 km/h) bepalen en dit punt B' noemen, geeft CB' de vliegsnelheid en AB' de reissnelheid over het traject AB. ACB' is de zogenoemde winddriehoek. CB' is de te vliegen koers, maar dan niet vanuit punt C maar vanaf het punt van vertrek A, dus AB'. De hoek BAB'', die met behulp van een gradenboog kan worden gemeten (in dit voorbeeld 18°) is de opstuurhoek. De vliegkoers zal in het gegeven voorbeeld dus 117° zijn ($135^\circ - 18^\circ$), de grondkoers (trek) 135° . De kompasskoers is, bij een variatie van stel 3° W , 120° .

6.5 Gebruik van de Flight Data Recorder ('logger')

De Flight Data Recorder (FDR) heeft de barograaf vervangen voor het registreren van vluchtduur en hoogte. Het is dus van belang te weten hoe je met een FDR omgaat. Vraag in je club, indien nodig, om hulp over de juiste

installatie van de FDR en zijn antenne. De antenne moet natuurlijk optimaal de satellieten van het GNSS⁶ kunnen 'zien', ook als je helling maakt in bochten.

Er zijn verschillende FDR's in de handel.⁷ Ze zijn allemaal verschillend, maar hun werking berust op hetzelfde principe. Ze registreren, met een instelbaar interval van enkele seconden, de GNSS-positie en de hoogte. Daartoe hebben ze een GNSS-ontvanger aan boord en een barometrische hoogtemeter. De laatste geeft een nauwkeuriger hoogte dan GNSS. Enkele FDR's doen hun werk letterlijk op de achtergrond, met sommige kun je ook navigeren en b.v. de wind uitlezen. Dan is het goed als hij op een zichtbare plek zit. De GNSS-gegevens van een FDR kunnen ook gebruikt worden voor een navigatie-computer, zoals een Personal Data Assistant (PDA), vaak in de vorm van een Compaq iPAQ. Het navigeren wordt zo een genoegen, terwijl er meer tijd beschikbaar komt voor het zo belangrijke naar buiten kijken (neem niettemin bij een overlandvlucht altijd een kaart mee; dat is ook wettelijk voorgeschreven].

Alle FDR's hebben een mogelijkheid om meerdere opdrachten tevoren vast te leggen, zodat je op de dag zelf nog maar uit de reeds geprogrammeerde lijst hoeft te kiezen. Maar ook als je tevoren niets opgeeft wordt de vlucht nauwkeurig geregistreerd. Behalve als bewijsmateriaal bij brevetten, wedstrijden en records kan de FDR na de vlucht heel goed dienen voor je eigen analyse, ter verbetering van je strategie en tactiek.

FDR's hebben een intern geheugen, dat natuurlijk niet onbeperkt groot is. Daarom is het interval waarop posities ('plots') geregistreerd worden van belang. Gangbaar is 4 seconden. Hoe korter het interval, des te meer plots er worden geregistreerd, waardoor des te sneller het geheugen vol zal zijn. In de praktijk kunnen vele vluchten gemaakt worden voordat oude vluchten verwijderd moeten worden. Sommige FDR's ruimen uit zichzelf steeds de oudste registraties op. Het stroomverbruik is bescheiden: ongeveer 100 mA.

Na de vlucht wordt de FDR op de juiste manier gestopt, anders kan hij mogelijk niet goed uitgelezen worden. Sommige FDR's blijven daarbij in het vliegtuig, zodat de sportcommissaris met een draagbare computer naar het vliegtuig moet komen, andere FDR's kunnen meegenomen worden. Het uitlezen gebeurt met een speciaal programma als *See You* of *WinPilot*. De registratie wordt dan door de sportcommissaris aangemeld voor een brevet of, in het geval van een wedstrijd, bijna meteen na de landing met FDR en al doorgegeven aan de wedstrijdleiding.

Onthoud dat je vlucht nauwkeurig geregistreerd wordt. Als je op plaatsen komt waar je niet komen mag (Transponder Mandatory Zones als je geen transponder hebt en ook geen klaring, klasse A gebieden enzovoort), dan zal dat uit de registratie blijken. Je vlucht wordt dan niet erkend, maar ook kunnen er sancties volgen. In het geval van 'zelfstarters' en 'turbo's' wordt ook het lopen van de motor geregistreerd. Dat moet in dit geval aan het begin van elke vlucht gecontroleerd worden door de motor korte tijd te laten lopen.

Onmisbaar is uiteraard een goede kennis van de Sportcode (SC, 'Code Sportif', Sectie 3) van de International Gliding Commission (IGC) van de Fédération Aéronautique Internationale (FAI). Daar vind je alles over het rondenvan keerpunten (sector of 'beercan'), maximaal hoogtevrees t.o.v. de afstand enzovoort. Zo eist de Sportcode bij hoogtevrees een ijkbarogram van je FDR. De IGC bepaalt ook welke FDR's formeel toegelaten worden als instrument om vluchten te registreren.



6.16 Flight Data Recorder

6 GNSS: Global Navigation Satellite System. Dit is de algemene aanduiding, in de praktijk wordt veelal het Amerikaanse GPS (Global Position System) gebruikt. Zie voor een beschrijving het hoofdstuk Instrumenten, paragraaf 4.8.2)

7 Bekende merken zijn: Cambridge, Funkwerk (vroeger Filser), Garrecht en Zander.

6.6 Hoogtemeterinstellingen

6.6.1 REFERENTIEDRUK

De referentiedruk van onze hoogtemeters, dus de druk ten opzichte waarvan de hoogtemeter barometrisch de hoogte bepaalt, kan op drie manieren ingesteld worden.

1. Op de druk die heerst op lokale vliegveld-hoogte. Voor de start wordt dan eenvoudigweg de hoogtemeter op nul gezet. Deze instelling is praktisch voor lokale vluchten, want de hoogtemeter geeft dan de hoogte t.o.v. de grond aan, wat vooral gemakkelijk is in de landing. De zogenaamde Q-code voor deze instelling is QFE. Ezelsbruggetje: FE voor field elevation.
2. Op de druk van het zeeniveau ter plaatse. De QNH wordt verkregen door de druk op het veld (QFE) volgens de standaardatmosfeer te herleiden naar zeeniveau. Deze hoogte zal in Nederland niet veel afwijken van die met de QFE-instelling, maar in andere landen kan dat heel anders liggen. In de Alpen wil je bijvoorbeeld vooral je hoogte t.o.v. de toppen en passen weten. Die staan op de kaart als een hoogte t.o.v. zeeniveau. De instelling op QNH is daarom veel gangbaarder dan die op QFE. De QNH-waarde kan elke toren je geven. Daarnaast vind je hem b.v. op Teletekst pagina 707. In de landing dien je met de QNH-instelling rekening te houden met de veldhoogte.
3. Voor en-route verkeer geldt nog een derde instelling: de QNE. Daarbij wordt de hoogtemeter ingesteld op de gemiddelde druk op zeeniveau: 1013,2 hPa. Eenmaal onderweg, en op voldoende hoogte, zijn alleen nog maar hoogteverschillen van belang. Dat wordt makkelijker bereikt als iedereen zijn hoogtemeter instelt op dezelfde (gemiddelde) waarde.

De QNE-instelling wordt gebruikt bij het vliegen volgens Flight Levels. Flight Levels zijn hoogten, in honderden van voeten, volgens de QNE-instelling, dus met het drukvlak van 1013,2 hPa als referentie. Voorbeeld: FL 100 is 10.000 voet boven het 1013,2 hPa vlak, dat, afhankelijk van het weer, boven en onder zeeniveau kan liggen.

Vuistregel: voeten \times 0,3 = meters, dus 3000 ft is ongeveer 900 m.

Merk op dat in hogedrukgebieden het vlak met 1013,2 hPa boven zeeniveau zal liggen, en het hele systeem van QNE-hoogten hoger zal liggen dan zeeniveau, en bij lage druk andersom.

Bij het vliegen volgens Flight Levels moet de hoogtemeter in de klim op de QNE worden ingesteld. Dat gebeurt in het Amsterdam FIR voor VFR-verkeer op 3500 voet (QNH). Omgekeerd wordt in de daling teruggekeerd naar QNH of eventueel QFE. Dat wordt voor het passeren van het zogenoemde Transition Level gedaan, dat regelmatig als functie van de QNH wordt bijgewerkt.

Hoewel Flight Levels niet vaak van toepassing zullen zijn op het zweefvliegen is het toch van belang dit principe te kennen als de mogelijkheid bestaat dat de bovengrens van een gebied, bijvoorbeeld de Nieuw Milligen TMA, bereikt wordt die in een Flight Level uitgedrukt wordt. Omdat wij veelal hoogtemeters hebben die in meters geïjkt zijn, kan het handig zijn een conversietabel mee te nemen, of in ieder geval vooraf te berekenen waar een bepaald Flight Level ligt, bij de QNH-waarde van dat moment.

6.6.2 HOOGTEMETERINSTELLING BIJ OVERLANDVLUCHTEN

Bij overlandvluchten is het raadzaam de hoogtemeter in te stellen op QNH. Maar zolang het hoogteverschil tussen de startplaats en zeeniveau niet te groot is kan men ook voor de QFE-instelling kiezen. Bij een buitenlanding dient men rekening te houden met de terreinhoogte ter plekke, zoals aangegeven op de kaart, en het overlandcircuit daaraan aan te passen.

Boven een hoogte van 3500 voet AMSL (overeenkomend met 1065 meter) moet de hoogtemeterdrukschaal worden ingesteld op 1013,2 hPa. Het is dan niet langer belangrijk dat de hoogtemeter de juiste hoogte aangeeft, maar dat

de hoogtemeter van alle vliegtuigen die op gelijke hoogte vliegen dezelfde waarde aangeven. Op gelijke hoogte vliegen betekent dat men zich op hetzelfde drukvlak (Flight Level of vliegniveau) bevindt.

Hoe nu in de praktijk hiermee om te gaan ?

De hoogtemeter in een zweefvliegtuig geeft de hoogte aan in meters boven het ingestelde nul-niveau, niet in voeten. Een vuistregel om meters om te rekenen in voeten is het aantal meters te delen door 3. Dit geeft een benaderde waarde. Men dient dan ook rekening te houden met een veiligheidsmarge.

Om veiligheidsredenen is het voor de zweefvlieger van belang dat hij boven een hoogte van 3500 voet boven zeeniveau (circa 1065 meter) zijn hoogte weet in voeten in verband met het bepalen van zijn hoogte ten opzichte van de ondergrens van gebieden waarin VFR-vluchten niet zijn toegestaan of voor het per radio melden van zijn vlieghoogte.

Omdat Flight Level is gedefinieerd als de hoogte in voeten boven het drukvlak van 1013,2 hPa moet de zweefvlieger de subscale in zijn hoogtemeter instellen op 1013,2 hPa. Een eenvoudige tabel (tabel 6.17) geeft dan de relatie tussen de afgelezen hoogte (in meters) en het Flight Level. In de handel zijn een schijf en een ring die draaibaar om de hoogtemeter kunnen worden aangebracht en aldus een aanwijzing geven voor de hoogte waarop wordt gevlogen, zowel voor instelling van het instrument voor de start op QNH (zeeniveau) als op QNE (1013,25 hPa).

m	FL	m	FL	m	FL
760	025	2590	085	4420	145
915	030	2745	090	4570	150
1065	035	2895	095	4725	155
1220	040	3050	100	4875	160
1370	045	3200	105	5030	165
1525	050	3355	110	5180	170
1675	055	3505	115	5335	175
1830	060	3660	120	5485	180
1980	065	3810	125	5740	185
2135	070	3960	130	5790	190
2285	075	4115	135	5945	195
2440	080	4265	140		

6.17 Omrekeningstabel van hoogte in meters naar Flight Level

6.7 Enkele praktische wenken

Wanneer men een navigatiekaart gebruikt zorg er dan voor dat de belangrijkste eigenschappen van de projectiemethode bekend zijn. Weet wat een rechte lijn op de kaart voorstelt en waar de koershoek moet worden opgemeten en zo ook de afstand.

Voorts is het aan te bevelen de koerslijn te verdelen in stukken van bijvoorbeeld 25 km (5 cm op de kaart The Netherlands). Van belang is het ook dat men zich voor de vlucht realiseert welke beperkingen er zijn op het af te leggen traject als verboden of beperkte gebieden, hoogtelimiteringen onder luchtwegen e.d. Deze informatie vindt men op de kaart The Netherlands. Het is daarom aan te bevelen deze kaart te gebruiken en niet bijvoorbeeld een wegenkaart, hoewel die meestal meer gedetailleerd is.

Vertrouw bij het zoeken naar kenmerken (pin points) niet op bijvoorbeeld de contouren van steden. De topografie van de kaart loopt achter en veel steden breiden zich snel uit. Zoek liever naar punten die niet snel veranderen zoals spoorlijnen (kruisingen), vierbaanswegen en dan nog bij voorkeur de kruisingen (klaverblad, viaducten) ervan, rivieren, grote bruggen. Het is verstandig zulke karakteristieke punten die op de kaart zijn aangegeven, te omcirkelen.

Soms zijn bij bepaalde zonnestand t.o.v. de vliegkoers hoogspanningsleidingen goed te zien, maar ook vaak niet. Gebruik ze daarom bij voorkeur niet als kenmerk, temeer omdat ze niet allemaal op de kaart staan of juist wel op plaatsen waar ze in werkelijkheid nog niet zijn. Zie ze liever als een obstakel.

Wees beducht voor het klimmend en dalend verkeer rond grotere vliegvelden. Vliegtuigen vliegen daar meestal IFR⁸, ook met goed zicht, en de piloten zullen weinig naar buiten kijken (fout van dit verkeer). Op de kaarten staat de hoofdbaan van een vliegveld aangegeven. Bedenk ook dat bij de vliegvelden tegenwoordig de ATZ en de zogenoemde circuitareas van kracht zijn, zodat het raadzaam is er niet beneden een hoogte van 1000 voet (ca 330 meter) AAL⁹ overheen te vliegen.

Kortom, bereid een vlucht van te voren voor en niet tijdens de vlucht.

⁸ IFR: Instrument Flight Rules, vliegen op instrumenten

⁹ AAL: above aerodrome level, dus boven terreinniveau van het vliegveld

Theorie van het zweefvliegen

1. Meteorologie (in voorbereiding)
2. Principes van het vliegen
3. Constructie (in voorbereiding)
4. Instrumenten
5. Vluchtoptimalisatie en MacCready vliegen
6. Kaartlezen en navigatie
7. Startmethoden en startmiddelen

Verantwoording

De tekst van dit hoofdstuk Kaartlezen en navigatie is onderdeel van Theorie van het Zweefvliegen, waarvan de tekst is herzien in het kader van ontwikkelingen zowel in de sport zelf als in de regelgeving, die nu is gestoeld op afspraken die in Europees verband zijn gemaakt. De opzet van de theorie is conform de EASA-systematiek, voor zover die thans vastligt en die door de Nederlandse overheid en de KNVvL wordt gevolgd.

De herziene tekst van dit hoofdstuk is besproken in een werkgroep vanuit de Commissie Instructie en Veiligheid (CIV).

Besloten is de tekst in pdf-vorm beschikbaar te stellen, wat het aanbren- gen van correcties mogelijk maakt. Opmerkingen en suggesties ten aanzien van de tekst door gebruikers zijn zeker welkom.

Wim Adriaansen
Eindredacteur Theorie van het Zweefvliegen

w.adriaansen@planet.nl



Theorie van het Zweefvliegen is een uitgave van de Afdeling Zweefvliegen van de KNVvL

Omslagfoto: Frans de Guise