

INNEHÅLL

2	JORDEN OCH DESS KOORDINATER	3
2.1	Universum och solsystemet	3
2.2	Jorden i solsystemet	3
2.3	Jordens storlek och form	5
2.4	Jordens koordinater	6
2.4.1	Latitud och longitud	6
2.4.2	Avståndsmått	8
2.4.3	Färdlinjer	9
2.4.4	Riktningangivelser	11

2 JORDEN OCH DESS KOORDINATER

2.1 UNIVERSUM OCH SOLSYSTEMET

Solen, som är en liten stjärna i vårt stjärnsystem Vintergatan, är centrum för vårt solsystem. Till detta hör främst de nio huvudplaneterna i ordning från solen: Merkurius, Venus, Jorden, Mars, Jupiter, Saturnus, Uranus, Neptunus och Pluto. Dessutom förekommer tusentals småplaneter även kallade asteroider, mängder av kometer (svärmar av relativt små glest förekommande fasta kroppar sammanhållna genom ömsesidig attraktion) samt ett stort antal meteoriter, vilka är små fasta kroppar, som blir synliga på grund av förgasning vid passage genom jordens atmosfär. En meteor som överlever färden genom atmosfären och träffar jorden som en fast kropp kallas för en meteorit.

Alla dessa kroppar kvarhålls i solsystemet genom solens attraktionskraft eller gravitationskraft fastän alla rör sig genom rymden med höga hastigheter relativt solen. Kombinationen av hastighet och gravitationskraft medför att de olika kropparna rör sig runt solen i slutna elliptiska banor med olika grader av excentricitet. Några av planeterna binder själva himlakroppar, så som månar till sig.

Solsystemets kroppar roterar kring sina axlar och förflyttar sig runt sin primärkropp (solen eller en planet). Dessutom rör sig hela solsystemet runt centrum av sin galax, Vintergatan, och hela galaxen förflyttar sig relativt sina grannar (med galax menas en anhopning av stjärnor).

Eftersom någon fast punkt i universum ej kunnat fastställas, existerar ej någon absolut rörelse. Detta innebär att uppgifter om ett föremåls förflyttning och hastighet alltid gäller relativt ett annat föremål.

Galaxen Vintergatan, som innehåller vårt solsystem, är åtskild från övriga kända galaxer i universum på avstånd av storleksordningen millioner ljusår. Tusentals galaxer har observerats från jorden. Avstånden mellan stjärnorna i dem är så stora att två galaxer på kollisionskurs skulle kunna passera genom varandra med mycket liten sannolikhet för stjärnkollisioner.

2.2 JORDEN I SOLSYSTEMET

Jordens bana är placerad som nummer tre i ordning från solen, mellan omloppsbananorna för Venus och Mars.

Omloppsbanan är en ellips med solen i ena fokalpunkten. Ellipsens excentricitet är endast 0,017 vilket innebär att banan är mycket nära cirkelformad.

Bild 2.1 visar jordbanan med starkt överdriven excentricitet. När jorden är vid *perihelium*, punkten närmast solen, är avståndet ungefär 146 900 000 km från solen. Detta inträffar tidigt i januari. Sex månader senare, i början av juli, är jorden vid *aphelium*, punkten längst bort från solen, där avståndet är ungefär 152 100 000 km. (Medelvärde av dessa två värden är längden av en astronomisk enhet, 149 500 000 km, en längdenhet som har användning inom astronomin).

På bild 2.2 visas den relativa storleken av planetbanorna. Planeterna själva kan ej visas i rätt skala i detta diagram, då deras storlek är väsentligt mindre än omloppsbananorna. Jorden skulle exempelvis få diametern 0,3 μm i bildens skala.

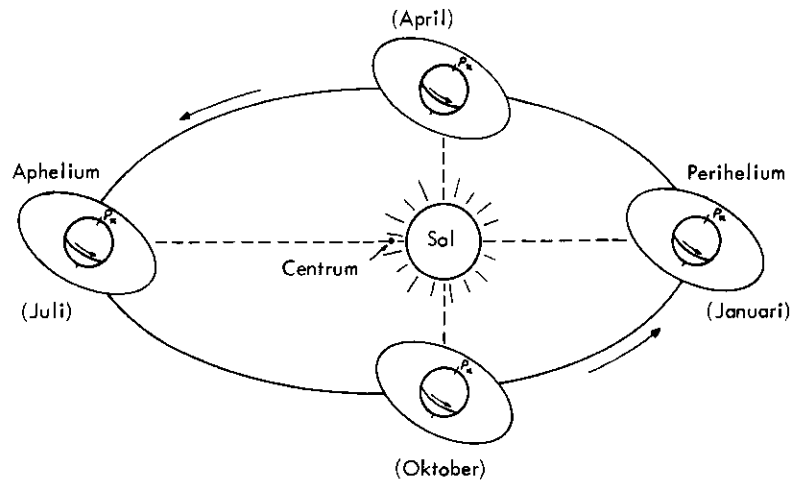


Bild 2.1 Jordbanan

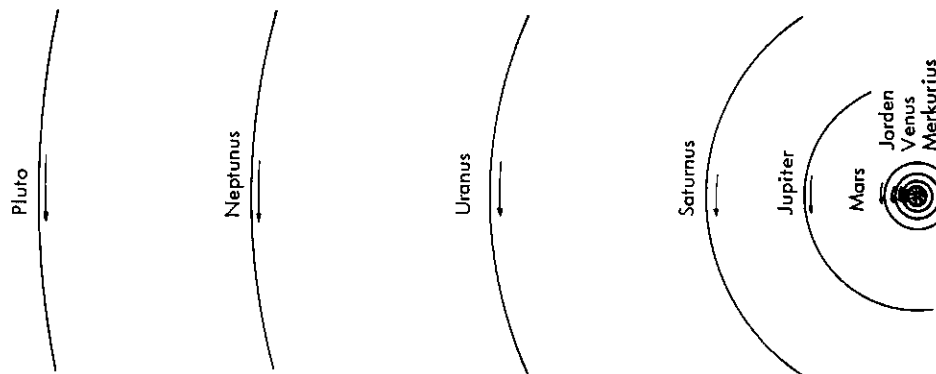


Bild 2.2 Planetbanorna

Månen är jordens enda större satellit. Den roterar kring jorden i en nästan cirkulär bana. Dess bana lutar ungefär 5° relativt jordens bana kring solen. Av denna anledning kan månen stå högre på himlen än solen på de norra och södra halvkloten.

Månen är vår närmaste granne. Den befinner sig så nära jorden, att den trots att diametern endast är 3480 km jämfört med solens 1 390 000 km, ändå upptar samma synvinkel som solen. Vid punkten närmast jorden, perigeum, är den omkring 360 000 km från jordens centrum och vid punkten längst från jorden, apogeum, är avståndet 407 500 km. Månen roterar runt jorden från väster till öster. Dess skenbara rörelse är dock från öster till väster, liksom för de andra himlakropparna, på grund av jordens rotation. Månen roterar kring sin axel med en hastighet av cirka ett varv på 27 dygn. Denna tid motsvarar också tiden för fullbordan av ett varv kring jorden, vilket innebär att en observatör på jorden alltid ser samma sida av månen. På grund av att månens rotationsaxel lutar något i förhållande till månbanan och på grund av att man ser månen under olika infallsvinkel från diametralt motsatta punkter på jordytan kan dock cirka 60 % av månens yta observeras från jorden. Dessa båda fenomen kallas lateral respektive parallaktisk liberation.

2.3 JORDENS STORLEK OCH FORM

Jorden är ett roterande klot. Rotationsaxeln kallas jordaxeln och dess längd utgör jordens polardiameter. Jorden roterar kring denna axel från väster till öster (moturs) med en hastighet av ett varv på 23 timmar 56 minuter och 4 sekunder.

Betrakta bild 2.3, där P_n , E, P_s , W representerar jordens yta på havets nivå och där P_n-P_s är rotationsaxeln. Rotationsriktningen framgår av bilden. Planet genom jordens mittpunkt vinkelrätt mot rotationsaxeln kallas ekvatorsplanet och dess skärning med jordytan kallas *ekvator* vilket är en storcirkel (se nedan). Punkterna P_n och P_s kallas nord- respektive sydpolen.

Bild 2.3 visar jorden som en perfekt sfär. I verkligheten är jorden emellertid ej en perfekt sfär. Jorden är något tillplattad vid polerna så att polarradien är 6356,4 km och ekvatorsradien 6378,4 km.

Detta innebär att ellipticiteten eller avplattningen är 0,003. Jorden är alltså i det närmaste sfärisk.

Skärningen mellan ett plan och en sfär är alltid en cirkel. Om planet passerar genom sfärens centrum kallas cirkeln *storcirkel*. Storcirkelns radie är lika med sfärens radie. Man kan endast få *en* storcirkel som passerar genom två punkter på sfären såvida ej de två punkterna utgör de motsatta ändpunkterna av en diameter på sfären. På en plan yta erhålls det minsta avståndet mellan två punkter längs den räta linjen mellan punkterna. På en sfär däremot erhålls detta längs storcirkeln mellan de två punkterna.

Småcirkel utgörs av skärningen mellan en sfär och ett plan som ej passerar genom sfärens centrum. En dylik cirkel delar alltid klotet i två olika stora delar.

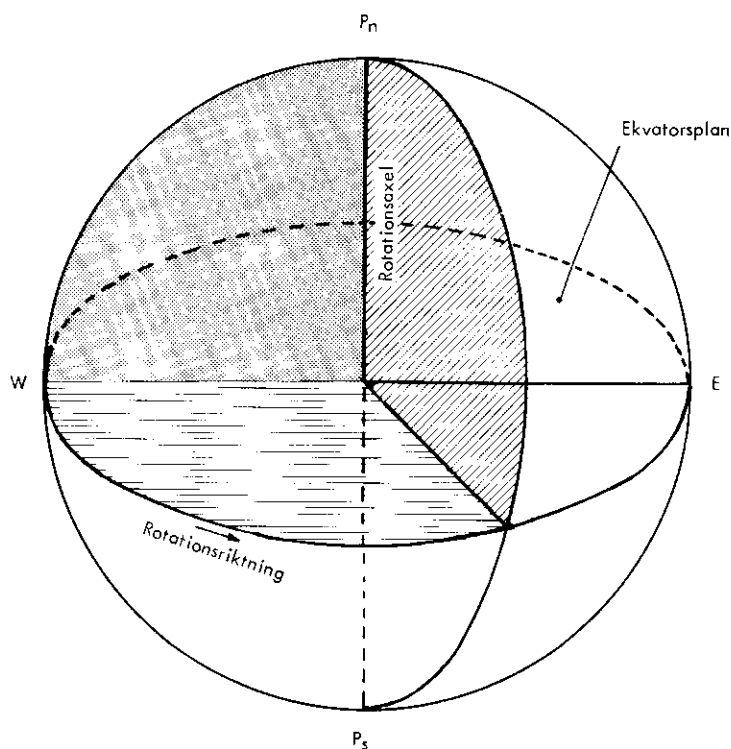


Bild 2.3 Jordens yta på havets nivå är en sfär, som är något tillplattad vid polerna

2.4 JORDENS KOORDINATER

2.4.1 Latitud och longitud

Plan som skär jordsfären genom polerna enligt bild 2.4 innehåller jordaxeln och alltså även jordens centrum. Skärningen längs jordytan ger alltså storcirklar. Dessa storcirklar kallas *meridianer*. Om jorden skärs av med ekvatorplanet parallella plan som bild 2.5 visar erhålls en skara små cirklar. Dessa kallas *latitudsparalleller* och utgör tillsammans med meridianerna det koordinatnät varmed en ort på jordytan kan bestämmas.

En orsts *latitud* anges med ett vinkelmått. Värdet anges av den vinkel som en linje genom orten och jordens medelpunkt bildar med ekvatorplanet. Det framgår av definitionen av latitud att varje punkt på parallellcirkeln genom orten kommer att få samma latitud. Latituden på ekvatorn anges som 0° . På norra halvklotet benämns den nordlig (N) och på det södra sydlig (S). Nordpolen exempelvis får alltså latituden 90° N.

Eftersom jorden inte är en exakt sfär utan är avplattad vid polerna, finns det möjlighet att definiera latitud på flera sätt. Den ovan beskrivna, som utgår från ortvinkeln från jordens medelpunkt kallas geocentrisk latitud. Om vinkeln i stället anges som vinkeln mellan normaler till tangetplanet genom orten och ekvatorsplanet kallas latituden geografisk. Bild 2.6 visar hur de olika latituderna definieras. Den geografiska latituden är lika med polarhöjden och kan observeras med astronomiska metoder. De olika latitudvärdena sammanfaller på ekvatorn och vid polerna. På övriga orter finns alltid en skillnad, vilken är störst för latituden 45° där den uppgår till ungefär 12 bågminuter.

Med *longitud* förstås vinkelavståndet från nollmeridianen till ortens meridian, där nollmeridianen har valts att gå genom Greenwich (G). Longituden mäts antingen som bågavståndet utefter ekvatorn ($M^{\circ}G^{\circ}$) eller som motsvarande vinkel vid jordaxeln φ . Longituden räknas från 0° (nollmeridianen) till 180° öster (E) eller väster (W). Se bild 2.7.

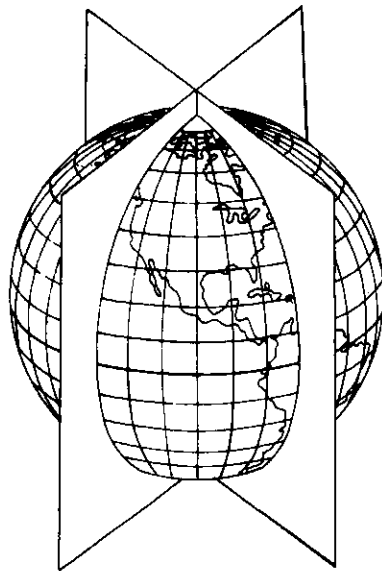


Bild 2.4 Meridianplan

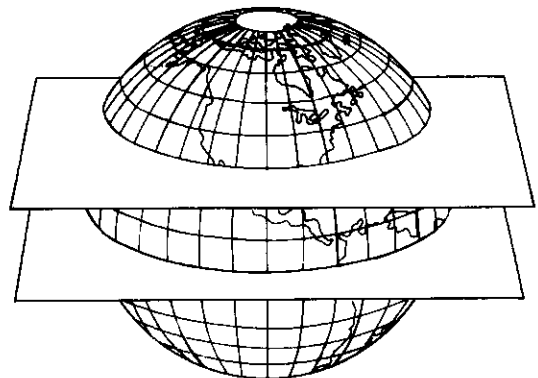


Bild 2.5 Parallellplan

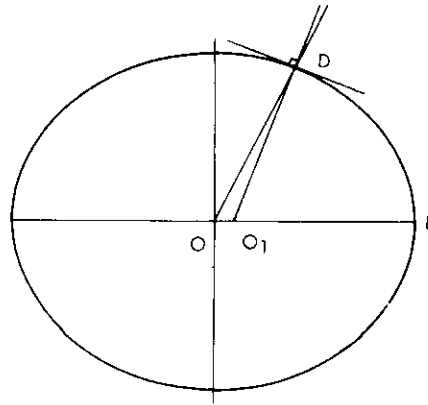
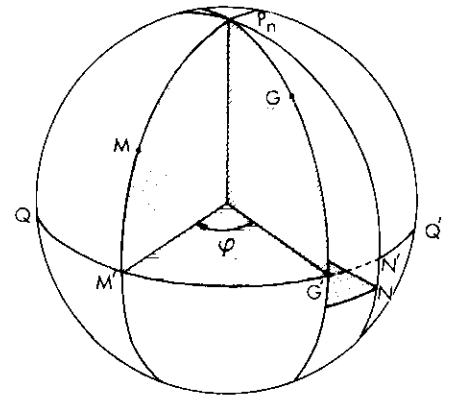
Bild 2.6 Geocentrisk latitud EOD och geografisk latitud EO₁D

Bild 2.7 Longitud

Vid lägesangivning nämnes latituden först. Om det av sammanhanget är klart att det är fråga om lägesangivning behöver icke latitud och longitud nämnas. Om det likaledes är fullt klart på vilken sida om ekvatorn och nollmeridianen läget är behöver N eller S respektive E eller W icke anges.

Latitudskillnaden ($\Delta\lambda$) mellan två orter är sektorvinkeln mellan de båda parallellerna som går genom orterna. Vinkeln ($\Delta\lambda$) fås automatiskt som vinkelskillnaden mellan orternas latituder om dessa räknas med tecken, (+) för nordlig latitud och (–) för sydlig latitud.

Longitudskillnaden ($\Delta\varphi$) mellan två orter är vinkeln mellan meridianplanen genom orterna. Vinkeln $\Delta\varphi$ fås omedelbart ur vinkelskillnaden mellan de båda orternas longituder om dessa räknas med tecken, (+) för västlig och (–) för östlig longitud. Om vinkelvärdet $\Delta\varphi$ överskrider 180° måste det korrigeras för att ett värde mindre än 180° skall erhållas. Detta utförs genom att man minskar 360° med det bestämda värdet på $\Delta\varphi$. Vinkelskillnaden i longitud fås alltså i dessa fall som $\Delta\varphi = 360^\circ - \Delta\varphi$.

Av bild 2.7 framgår att meridianerna är parallella vid ekvatorn, men att de konvergerar mer och mer när latituden ökar. Med latitudkonvergens menas vinkelskillnaden mellan meridianerna i konisk kartprojektion. Se kap 5.

Vi skall åskådliggöra hur vinkeln definieras genom att man betraktar två orter på samma latitud. Låt omskriva jordklotet med en kon som tangerar småcirkeln genom orterna A och B, se bild 2.8. Tangenterna till meridianerna i de båda orterna kommer då att falla på konens mantelyta och skära varandra på jordaxelns förlängning i konens topp.

Vik nu ut konen i planet som bild 2.9 visar. Vinkeln P i planet mellan meridian-tangenterna bildar den sökta latitudkonvergensvinkeln. Det är lätt att beräkna denna till $\varnothing_{\text{konv}} = \Delta\varphi \cdot \sin \lambda$, där λ är latitudvinkeln. Den generella definitionen på latitudkonvergens mellan två orter med olika latitud fås med hjälp av en konstruktion med en storcirkel som passerar de båda orterna. Denna storcirkel kommer att bilda olika vinklar med meridianerna i de båda orterna. Skillnaden mellan dessa båda vinklar utgör latitudkonvergens. Den får för orter med olika latitud approximativt värdet

$$\varnothing_{\text{konv}} = \Delta\varphi \cdot \sin \bar{\lambda}, \text{ där } \bar{\lambda} \text{ är medelvärdet av orternas latituder}$$

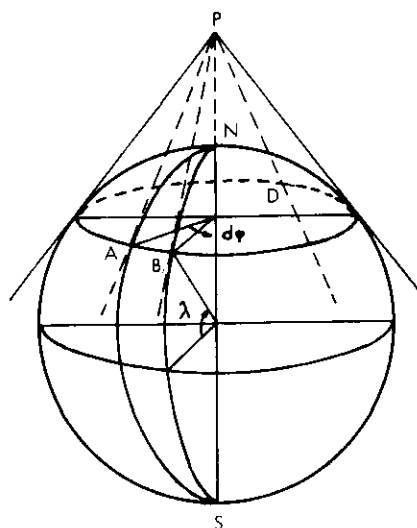


Bild 2.8 Konen tangerar småcirkeln genom orterna A och B

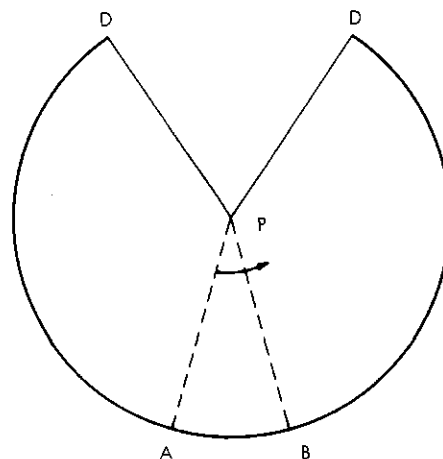


Bild 2.9 Latitudkonvergensvinkeln P

2.4.2 Avståndsmått

Avståndet mellan två platser på jordklotet benämns *distans*. Distansen mäts vanligen i km eller distansminuter (nautiska mil = n m eller M). Enligt den ursprungliga definitionen på en meter är den 1/10 000 000 av jordmeridianskvadranten (90°). Av detta följer att en kvadrant av jorden längs en meridian har den ungefärliga längden 10 000 km och att jordens omkrets över polerna är ca 40 000 km. En grad motsvarar således $10\,000/90 = 111$ km.

En distansminut är det avstånd längs en meridian som motsvaras av en minut ($'$), dvs $1/360 \cdot 60$ av jordens omkrets över polerna. En distansminut är således $40\,000\,000/360 \cdot 60 = 1851,52$ m.

På grund av jordens avplattning kommer distansminutens längd att minska mot polerna (ca 3 m). Detta har dock ingen praktisk betydelse och man har kommit överens om att räkna med en längd av 1852 m för en distansminut.

En grad i latitud mätt efter en meridian är i längdmått lika med 60 distansminuter. En grad i longitud längs ekvatorn är också praktiskt taget lika med 60 distansminuter. På grund av meridiankonvergens blir emellertid en grad i longitud mätt efter en med ekvatorn parallell småcirkel i längdmått alltid mindre än 60 distansminuter, se bild 2.10.

Bild 2.10 visar att 60 distansminuter på ekvatorn omfattar en longitudvinkel $\Delta\varphi = 1^\circ$, men att 60 distansminuter på t ex latitud 60° omfattar en longitudvinkel $\Delta\varphi$ av hela 2° beroende på att avståndet mellan meridianerna minskar mot polerna. Av det anförda följer att $\Delta\varphi$

- anger ett motsvarande avståndsmått i distansminuter endast vid ekvatorn
- kan omvandlas till avstånd i distansminuter på matematisk väg, om man känner latituden

Det gäller att om a är distansen för en viss vinkel d_{long} vid ekvatorn så är motsvarande distans b vid latituden λ $b = a \cdot \cos \lambda$. Således är exempelvis för $\Delta\varphi = 10^\circ$ avståndet 600 distansminuter vid ekvatorn, men 300 distansminuter vid latituden $\lambda = 60^\circ$.

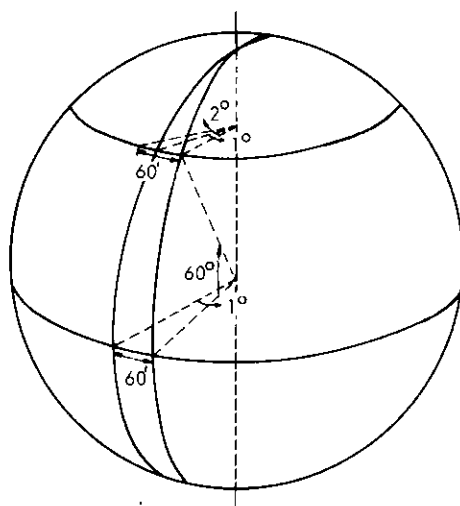


Bild 2.10 60 distansminuter motsvarar longitudvinkeln 1° vid ekvatorn, men 2° vid latituden 60° , därför att avståndet mellan meridianerna minskar mot polerna

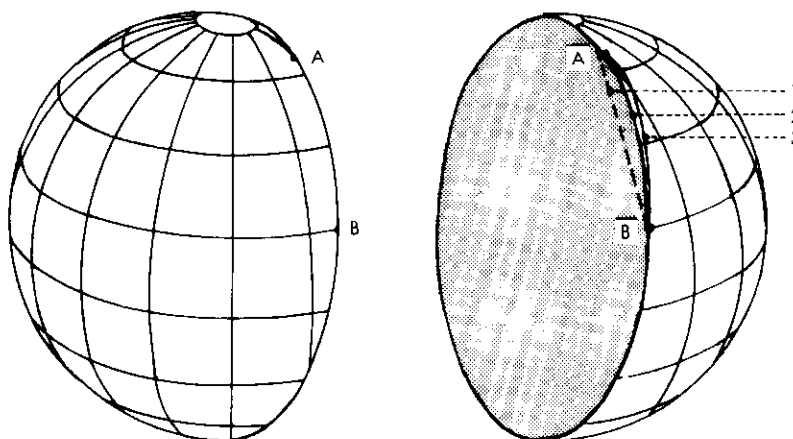


Bild 2.11 Storcirkeln såsom kortaste distansen mellan två punkter

Distansen mellan två meridianer, mätt i distansminuter, längs en latitudsparallell benämns departur (dep). Med departuren mellan två orter med olika latitud menas avståndet mellan meridianerna genom orterna längs deras medellatitud.

2.4.3 Färdlinjer

Den linje på jordytan över vilken ett flygplan förflyttar sig, kallas dess *färdlinje*. Vinkeln mellan meridianen (nord) och färdlinjen är flygplanets färdvinkel (F).

Betrakta bild 2.11, som visar ett snitt av jordklotet genom dess centrum. Punkterna A och B är orter på jordytan. Det kortaste avståndet mellan A och B är sträckan 1 i planet genom jorden. Det kortaste avståndet längs jordytan är längs storcirkeln 2.

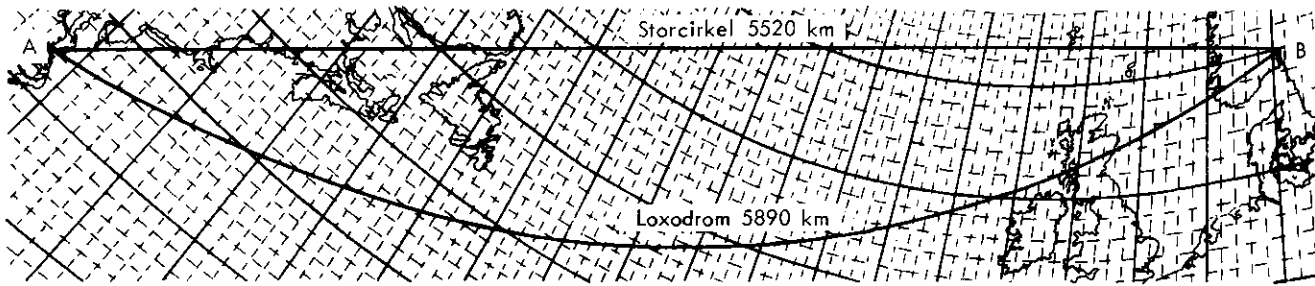


Bild 2.12 Storcirkeln och loxodromen utritade på karta i Lamberts projektion

En karta för området mellan A och B skulle kunna se ut som i bild 2.12. Man noterar att storcirkeln AB skär meridianerna under olika vinklar. Detta gäller alla storcirklar utom ekvatorn. Alla andra storcirklar skär meridianerna under rät vinkel endast i två punkter. Nämligen de punkter som ligger närmast de båda polerna. Dessa punkter kallas storcirkelns vertex. Färdlinjen längs storcirkeln i vertex är alltså riktad österut eller västerut.

Om ett flygplan färdas med oförändrad färdvinkel kommer färdlinjen att skära alla meridianer under samma vinkel. En sådan färdlinje kallas *loxodrom* (medlöpare). När färdvinkeln är 0° eller 180° sammanfaller loxodromen med meridianen och när färdvinkeln är 90° eller 270° med ekvatorn eller en latitudsparallell. Enär meridianerna konvergerar mot polerna bildar övriga loxodromer en mot endera polen löpande spiral, se bild 2.13. Man noterar att loxodromen alltid bildar en bukt mot ekvatorn relativt motsvarande storcirkel.

Eftersom storcirkeln utgör kortaste avståndet mellan två punkter på jordytan borde navigering längs storcirkeln vara lämpligast. Å andra sidan skär alla storcirklar utom ekvatorn meridianerna under olika vinklar varför en kontinuerlig ändring av färdvinkeln måste äga rum under flygningen. Detta försvårar navigering längs storcirkeln. Endast vid längre distansflygningar, där skillnaden i distans längs loxodrom och storcirkel är stor är det fördelaktigt att flyga längs storcirkeln.

Styrs flygplanet efter en kompass är loxodromen enklast att följa eftersom det i detta fall ej blir någon riktningsändring relativt meridianen.

Det har tidigare konstaterats att en storcirkel skär meridianerna under olika vinklar, medan en loxodrom definitionsmässigt skär meridianerna under lika vinklar. Loxodromen och storcirkeln, som förbinder två orter A och B bildar alltså olika vinklar med varandra i de båda orterna. Enligt tidigare definition är skillnaden mellan storcirkelns vinklar med meridianerna i A och B lika med latitudkonvergensens \varnothing . I orten B bildar alltså storcirkeln vinkeln $\alpha + \varnothing$ med meridianen, se bild 2.14. Vinkeln α är storcirkelns skärningsvinkel med meridianen i A. Med hänvisning till definitionen av latitudkonvergensens bildar alltså storcirkeln vinkeln $\alpha + \varnothing/2$ med den meridian som delar storcirkeln mellan A och B i två lika delar. Det gäller nu approximativt att loxodromen har samma riktning som storcirkeln på halva sträckan mellan A och B. Eftersom loxodromen alltid bildar samma vinkel med meridianerna är alltså loxodromvinkeln approximativt $+\varnothing/2$. Vinkelskillnaden mellan storcirkeln och loxodromen i A eller B vilken också kallas omvandlingsvinkeln fås nu till

$$\Psi = \varnothing/2 = \frac{\varnothing}{2} \sin \bar{\lambda}$$

där det tidigare härledda uttrycket för latitudkonvergensens har införts.

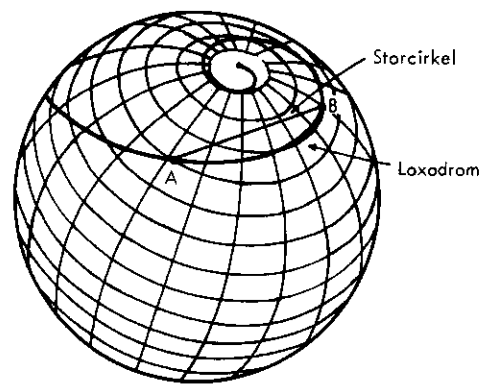


Bild 2.13 Loxodromen är en spiralkurva

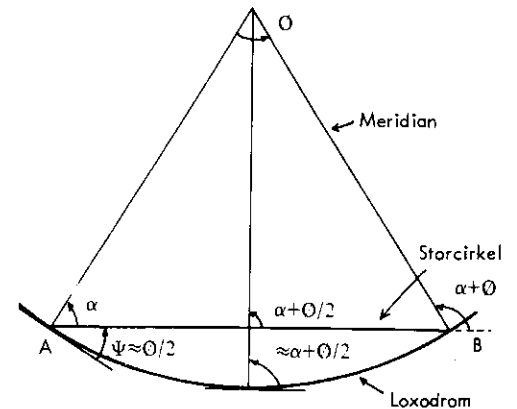


Bild 2.14 Bestämning av omvandlingsvinkeln Ψ

Begreppet omvandlingsvinkel enligt ovan har införts därför att det med många av de vanligast använda kartprojektionerna (t ex den koniska) är mycket svårt att bestämma loxodromvinkeln mellan två orter. I den koniska projektionen och i några ytterligare avbildas storcirklar som räta linjer. Med dessa kartor är det alltså lätt att med ovan givna samband bestämma loxodromvinkeln mellan två orter. Se kap 5.

2.4.4 Riktningangivelser

Med riktning till en punkt relativt egen position eller annan punkt menas vinkeln mellan sammanbindningslinjen mellan punkterna och en vald referenslinje (t ex flygplans längdaxel eller nordriktningen). Om den valda referenslinjen är nordriktningen, betecknas riktningangivelsen *bäring*. Begreppen riktning och bäring behandlas mer utförligt i avsn 13.2.2. Den grundläggande metoden för indikering av riktning visas i bild 2.15. Med horisont avses den synbara cirkellinje som avgränsar himlen och jordytan. En meridian genom observatören skär horisonten i två punkter. Riktningen mot nordpolen kallas nord (N) och den diametralt motsatta kallas syd (S), vinkelrätt mot nord och syd ligger ost (E) och väst (W).

Detta är de så kallade koordinatriktningarna. Kvadranterna häremellan benämns nordost-, sydost-, sydväst- och nordvästkvadranterna. N, E, S, W kallas kardinalstreck. De riktningar som delar de nämnda kvadranterna mitt itu kallas interkardinalstreck, nordost (NE), nordväst (NW) osv. De riktningar slutligen som delar de halverade kvadranterna mitt itu betecknas nord-nord-ost (NNE) osv.

Dessa beteckningar utnyttjas ofta vid vindangivelser och vid användandet av ungefärliga riktningar. Ett noggrannare system är emellertid det numeriska 360° -systemet som delar in horisonten i 360° .

Nord är då 000° eller 360° , E 090° , S 180° och W 270° osv enligt bild 2.15. Bild 2.16 illustrerar 360° -systemet närmare. Cirkeln som kallas kompassros, representerar horisonten delad i 360° . De nästan vertikala linjerna är meridianer dragna som raka linjer med meridianen för position A passerande genom 000° och 180° . Två positioner, B och C visas utanför cirkeln.

Vid bestämning av bäring utnyttjas jordens meridianer som referenslinjer, men det kan ibland vara mer ändamålsenligt att utnyttja andra referenser vid bestämning av riktning såsom den magnetiska meridianen, flygplanets nos eller en specificerad linje i ett grid-system, (definieras nedan).

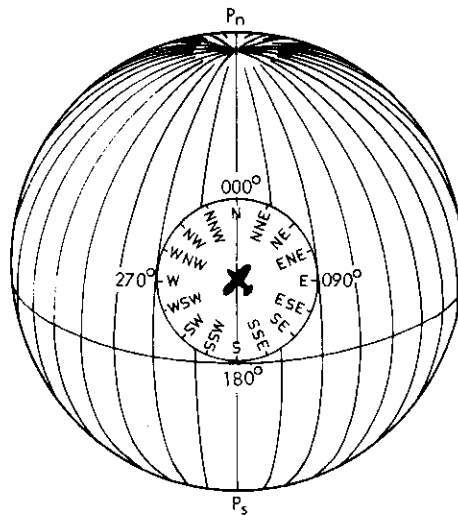


Bild 2.15 Kardinal- och interkardinalstreck

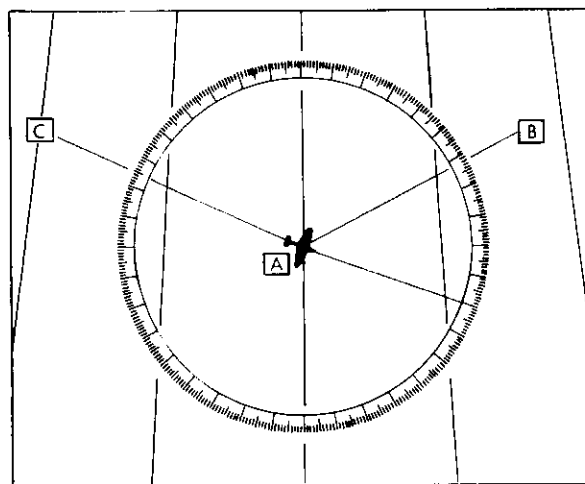


Bild 2.16 360-graderssystemet

Eftersom de magnetiska polerna ej sammanfaller med de geografiska polerna och eftersom de magnetiska polerna bestämmer kompassens visning är det nödvändigt att använda en särskild referens, den magnetiska meridianen. Alla riktningar som relateras till den magnetiska meridianen, magnetisk nord, kallas magnetiska, (se avsn 13.2.2).

En kompassnål i ett flygplan påverkas, förutom av det normala magnetfältet, även av olika magnetiska störkrafter i flygplanet. Av denna anledning pekar nålen ej exakt mot den magnetiska polen. Det är alltså nödvändigt att relatera de riktningar som indikeras av kompassen till »kompass-nord».

På höga latituder är de geografiska meridianernas konvergens mycket stor och därför är det olämpligt att utnyttja geografiska meridianen som riktningssystem. Istället utnyttjar man ett speciellt *grid-system*, vilket utgörs av ett koordinatnät där den ena riktningen definieras av skärningar mellan jorden och plan parallella med Greenwich-meridianplanet och den andra riktningen av skärningar mellan jorden och mot de nämnda planen vinkelräta plan. Detta koordinatsystem är speciellt användbart kring polerna men det har även kommit att användas vid lägre latituder. Det har nämligen den fördelen att storcirkel bildar konstant vinkel med axlarna i grid-systemet. Om man färdas längs en storcirkel har man alltså i detta koordinatsystem hela tiden konstant kurs.