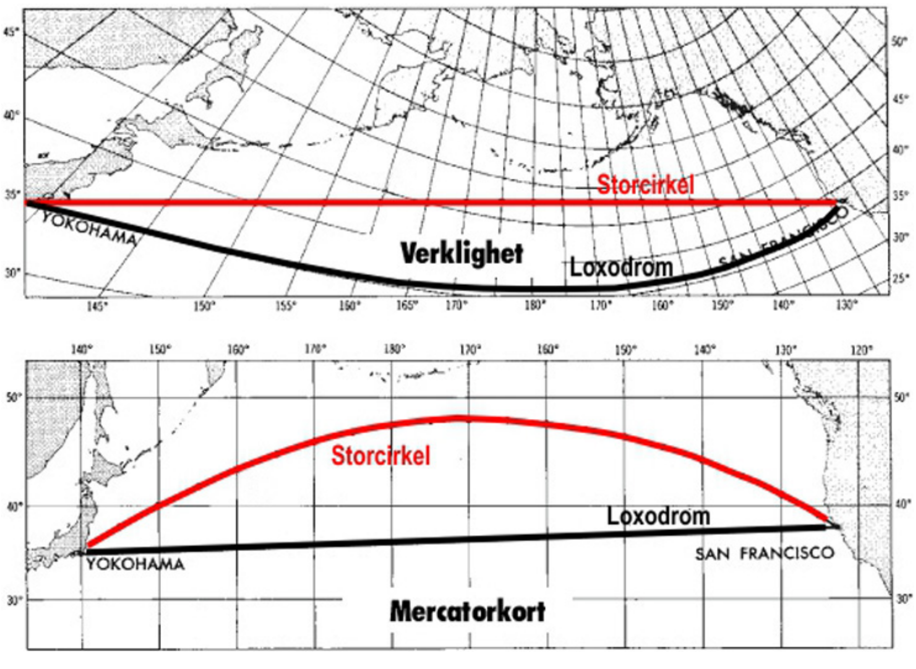
Storcirkelnavigering

Storcirkeln.

En rak kurslinje mellan A och B i vanliga sjökort* - **loxodromkursen** - är, frånsett specialfall, inte den kortaste vägen. Söks den måste istället **storcirkelkursen** följas. Det beror på att vanliga sjökort inte riktigt stämmer med verkligheten.
*Mercators projektion.

En storcirkel (*great circle*) är den största cirkel som kan tänkas på jordens yta*. Det kortaste avståndet mellan två orter är då den kortare delen av den storcirkel som förenar dem. Tänk dig ett tunnband så stort att det precis kan krängas över jorden. Om det krängs så att det samtidigt täcker både A och B är detta den kortaste vägen mellan dem. Riktningen från A till B framgår då också.
Eftersom loxodromer (*rhumb line*) i Mercatorkort skär alla meridianer under samma vinkel är de i verkligheten båglinjer som är konkava mot ekvatorn. Att de réellt inte skär meridianerna under samma vinkel framgår av en jordglob.
Storcirklars vinkel mot meridianerna varierar däremot. De skär ekvatorn i två punkter 180° från varandra i longitud. Mitt i mellan dessa två punkter, d.v.s. 90° från vardera, når storcirkeln sin högsta nordliga resp. sydliga latitud; benämnda *vertex*. Vertex latitud är även storcirkelns lutningsvinkel mot ekvatorn. Där är alla storcirklar vinkelräta mot meridianen.
*Här förutsätts att jorden är en perfekt sfär. Det är den inte riktigt utan lite tillplattad upp mot polerna och rundare om magen (ekvatorn). Därför är ekvatorns omkrets ca. 43 obetydliga km länge än storcirkeln genom de båda polerna.



Hur mycket skiljer det?

Storcirkeln är alltid* kortare än loxodromen. För kortare distanser är skillnaden obetydlig men för längre distanser kan det löna sig att följa storcirkeln.
Distansvinsten är störst mellan två orter på hög gemensam latitud på samma halvklot. Över oceaner kan den vara hundratals M. Då kan dock vertex nå olämpligt hög latitud med tanke på is, vind eller ström. Mellan orter nära ekvatorn eller med liten skillnad i longitud är vinsten alltid liten. Storcirkeln sammanfaller då nästan med loxodromen.
Förutom sjöfarten använder även långdistansflyget storcirkeln med hänsyn tagen till bl.a. internationella och nationella restriktioner.
*Kurserna 180º och 360º undantaget.

Exempel lång distans och samma latitud:
Montevideo och Kapstaden ligger båda ungefär på latitud S34º.
Loxodromdistansen mellan dem är 3.700 M. Storcirkeldistansen är 100 M kortare.

Samma exempel på högre latitud:
Om städerna istället låg på latitud S54º vore storcirkeldistansen hela 165 M kortare.

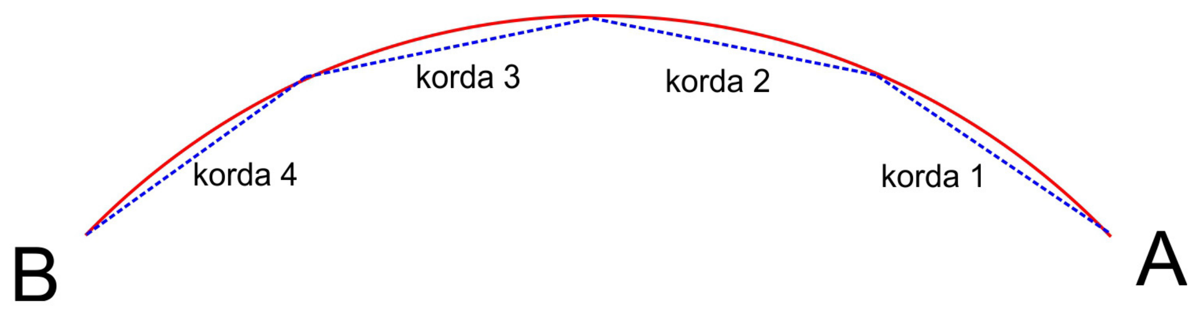
Exempel kort distans men hög och samma latitud:
Hanstholm (Jylland) och Aberdeen ligger båda ungefär på latitud N57º.
Loxodromdistansen mellan dem är 350 M. Storcirkeldistansen är bara 500 m kortare.

Exempel lång distans men liten longitudskillnad:
Mellan Fastnet Rock (Irländska Sjön) och Las Palmas (Gran Canaria) skiljer det 23º i latitud men bara 6º i longitud.
Loxodromdistansen mellan dem är 1.400 M. Storcirkeldistansen är bara 500 m kortare.

Storcirkelnavigering i praktiken.

Att exakt följa storcirkeln genom att ständigt styra med nya vinklar mot meridianerna är i praktiken inte möjligt. Det skulle innebära en konstant, om än omärklig, gir. Därför delas den aktuella storcirkelbågen upp i flera kortare loxodromkurser - *kordor* - som sen följs. Navigatören bestämmer själv kordornas längd. Ju kortare de är, desto noggrannare följs storcirkeln och större blir distansvinsten. Kursändringarna blir då mindre, kanske bara 1°, men de måste göras oftare.
Kordalängden kan man låta bero på
- seglad distans, t.ex. var 5e longitudsgrad, eller
- seglad tid, t.ex. var 12e timme, eller
- given kursändring, t.ex. 3º.

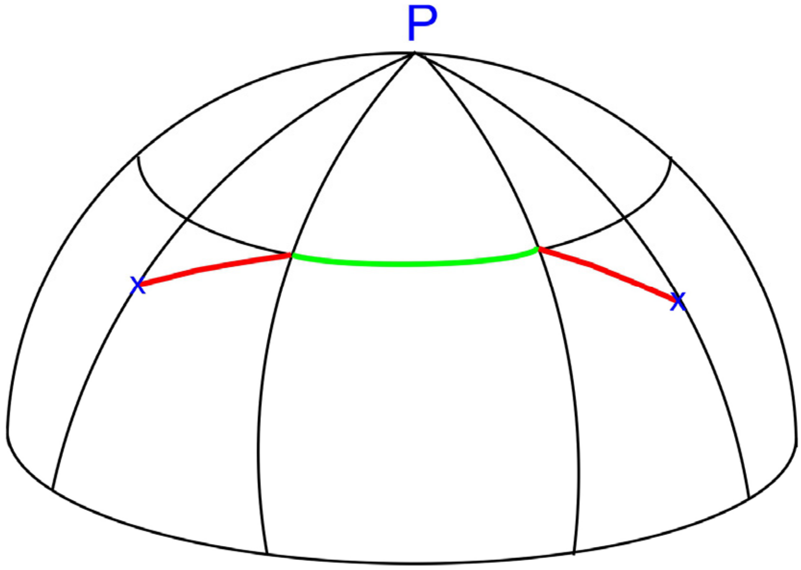
En rak kurslinje från avgångsort till destination ritas i ett *storcirkelkort* (*gnomonic chart*). Dessa är storskaliga kort avsedda för bl.a. detta. De täcker oceanerna och ges ut av t.ex. Admiralty. Gnomonisk projektion är inte vinkeltrogen varför denna kurslinje här blir en del av en storcirkel. I ett gnomonisk kort är alla raka linjer en del av en storcirkel.
I storcirkelkortet avsätts ett antal punkter på kurslinjen som sen förs över i mercatorkortet. Där bildar de en jämn, "hackig" kurva. Mellan punkterna dras de kordor som ska följas. Kordornas längd kan nu mätas direkt i mercatorskortet. Kordornas kurser, som varierar, tas där ut med transportören.
Kordornas längd och olika kurser kan även beräknas med sfärisk trigonometri. Det återkommer vi till.



Om t.ex. en astronomisk eller annan ortbestämning senare visar att man har avvikit från den planerade storcirkeln, söker man sig aldrig tillbaka till denna. I stället följs då en ny storcirkel från observerat ställe till destinationen.

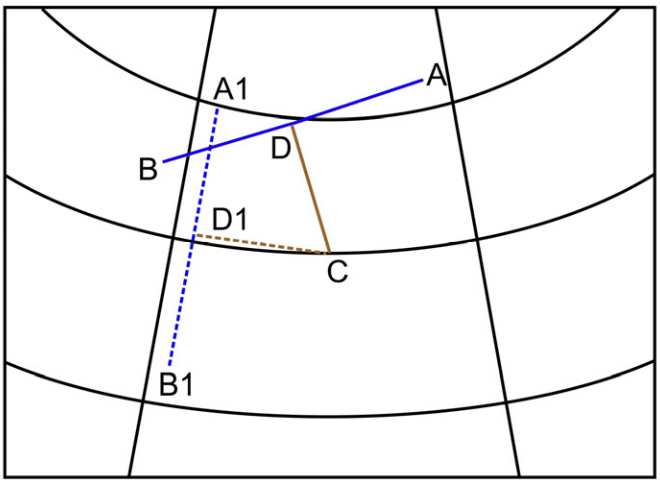
Ligger avgångsort och destination på olika halvklot används ett storcirkelkort som även täcker ekvatorn. Där läggs först avgångsorten (A) och sen destinationen (B) ut som om B låg på samma halvklot som A. Därefter sammanbinds A med en punkt på ekvatorn som har samma longitud som B samt B med en punkt på ekvatorn som har samma longitud som A. Från dessa linjers skärningspunkt dras en meridian till ekvatorn. Låt oss kalla denna punkt på ekvatorn S.
Linjen AS blir då den del av storcirkeln som ligger på samma halvklot som A. Linjen BS blir då den del av storcirkeln som ligger på det andra halvklotet.

Sammansatt navigering (*composite sailing*).
Om storcirkeln mellan avgångs- och destinationsort når olämpligt hög latitud med tanke på is, vind eller annat, bestämmer man en högsta latitud som inte ska överskridas.
Kortaste väg blir då att först följa storcirkeln upp till högsta tillåtna latitud, sedan följa denna latitudsparallell och slutligen åter följa storcirkeln ner till destinationen.
Vägen kan tas ut i storcirkelkortet om man från vardera avgångs- och destinationsort drar tangenter till den latitudsparallell som inte ska överskridas. Därefter förs storcirklarna och tangeringspunkterna över till mercatorskortet.



Distansberäkning i mercatorkortet.
Kordornas längd mäts och summeras. Då fås distansen från avgångsort till destination med de valda kordalängderna.

Distansberäkning i storcirkelkortet.
Ett noggrannare, dock bara ungefärligt, värde på storcirkeldistansen kan mätas direkt i storcirkelkortet. Detta därför att storcirkelkortets skala är samma för alla punkter på samma avstånd från kortets medelpunkt
Från kortets medelpunkt C ritas en linje CD vinkelrätt mot den aktuella storcirkeldelen AB. Det görs lättast på ett transparent papper. Vrid sedan pappret kring kortmedelpunkten C varvid hela storcirkeldelen AB med oförändrad vinkel också vrids till den sammanfaller med meridianerna. Distansen A1 - B1 blir då skillnaden i latitud (räknat i bågminuter) för hela storcirkeldelen.



I vissa storcirkelkort finns en mätcirkel. Det är en kurva som förenar punkter varifrån räta linjer till kortmedelpunkten blir vinkelräta mot meridianen. Med hjälp av denna kurva kan storcirkeldistansen på liknade sätt även mätas direkt i storcirkelkortet.

Vill man inte tränga djupare in i ämnet finns flera lättförståeliga program för beräkningarna på Internet liksom i vissa GPS.
Genom att knappa in avseglingsortens och målets koordinater, bestämma kordalängderna samt, i förekommande fall, förväntad fart fås alla svar. Storcirkeldistans, utseglingskurs, tid och/eller distans till nästa kursändring samt hur stor denna ska vara. Loxodromdistansen och -kursen fås också.
Med viss kunskap i sfärisk trigonometri kan man göra sitt eget beräkningsprogram i datorn eller i en fickräknare med trigonometriska funktioner.

Att beräkna.

Liksom loxodromdistans och loxodromkurs kan storcirkeldistans, ut- och inseglingskurs samt när, var och hur kursändringar ska ske beräknas. Det kan göras på olika sätt. Nedanstående exempel är beräknade med logaritmer och/eller höjdtabeller.

- storcirkeldistansen.

Att beräkna storcirkeldistansen ger ett noggrannare värde än vid normal mätning i kortet. Då tillämpas den astronomiska grundtriangelns lösning.

$$\boxed{\cos D = \cos(90-\varphi 1) \bullet \cos(90-\varphi 2) + \sin(90-\varphi 1) \bullet \sin(90-\varphi 2) \bullet \cos dl}$$

kan förenklas till

$$\boxed{\text{hav } D = \text{hav } d\varphi + \text{hav } y}$$

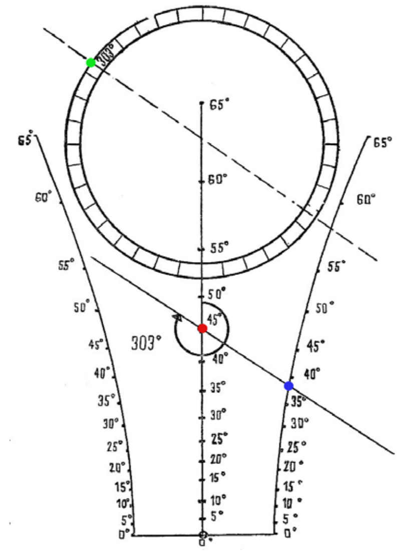
$\varphi 1$ = latitud utsegling $\varphi 2$ = latitud mål dl = diff longitud $d\varphi$ = diff latitud
D = storcirkeldistans y = $\cos\varphi 1 \bullet \cos\varphi 2 \bullet$ hav dl

Exempel
$\varphi 1 = 59°$ log cos = 9,71184
$\varphi 2 = 43°$ log cos = 9,86413
dl = 36° log hav = 8,97996
y = log hav = 8,55593 → nat hav = 03597
$d\varphi = 16°$ → nat hav = 01937
D = 1633 M ← 27°13´ ← nat hav = 05534

- utseglingskursen.

Utseglingskursen (Ku) och inseglingskursen (Ki) kan tas ut i mercatorskortet på vanligt sätt enl tidigare men kan också bestämmas:

a. i särskilda diagram.
$\varphi 1$ avsätts på den högra kurvan när denna ligger ost om $\varphi 2$, eller på den vänstra när $\varphi 1$ ligger väst om.
I storcirkelkortet tas ut φ för en punkt på storcirkeln exakt 20 longitudgrader ost, resp väst, om $\varphi 1$. Denna sätts av på mittlinjen.
Den räta linjen genom de två punkterna i diagrammet ger Ku som vinkeln mellan linjen och diagrammets mittlinje. Med transportörens hjälp kan sen denna vinkel läsas av på kompassrosen.



Figur. $\varphi 1$ = N37° 49´; $\varphi 2$ = N45,4°; Ku = 303°

b. genom beräkning.
Här kan varje asimutabell användas. En sådan är *abc-tabellerna* som grundas på det sfäriska cotangentteoremet.

$$\boxed{\text{cotg } A \bullet \sin t + \cos t \bullet \sin\varphi = \bullet \cos\varphi \bullet \text{tg } \delta}$$

A = asimut t = timvinkel φ = latitud δ = deklination K = kurs

Vid beräkning med dessa tabeller används dl (uttryckt i tid) istället för t, $\varphi 1$ i stället för φ och $\varphi 2$ istället för δ. Tabellerna ger teckenanvisningar.

Exempel (enl ovan)
ingång $\varphi 1$ och dl a (tg $\varphi 1$•cotg dl) = +2,29
ingång dl och $\varphi 1$ b (tg $\varphi 1$•cos dl) = - 1,54
c (cotg K•sek $\varphi 2$) = +0,70 → **Ku** = S70°W → = **250°**

- inseglingskursen.
Denna fås på samma sätt genom att gå in med φ2 i stället för φ och φ1 i stället för δ. Kontrakurs till tabellernas teckenanvisning väljs.

Exempel (enl ovan)

$a = +1{,}15$
$\underline{b = -2{,}83}$
$c = -1{,}68 \quad \rightarrow$ **Ki** = N39ºW $\rightarrow$ = **219º**

- loxodromkursen.
För jämförelsen kan även loxodromdistansen beräknas i stället för att mätas i mercatorkortet. Då måste först loxodromkursen beräknas:

$$\boxed{\mathrm{tg}\ K = \frac{dl}{dM}}$$

M = meridionaldelar; antal longitudsminuter i ett växande kort mellan ekvatorn och en given latitudparallell, beräknad för sfäroiden; minutantal fås ur en tabell. Obs att i detta sammanhang står inte M för nautiska mil.
dM = meridionaldifferens.

Exempel (enl ovan)

φ1 = N59º00´	M = 4389,1	long1 = W14º00´
φ2 = N43º00´	M = 2847,1	long2 = W50º00´
dφ = 16º00´ = 960´	dM = 1542	dl = W36º00´ = 2160´

$\mathrm{tg}\ K = \frac{2160}{1542}$ **K** = N54º29´W = 305º30´ = **305**,5º

- loxodromdistansen.

$$\boxed{D = d\varphi \bullet \mathrm{sek}\ K}$$

Exempel (enl ovan) med dφ 16 • 60 = 960 och K 54º29´
D = 960 • sek 54º29´ = **1652**,5 **M**

Loxodromdistanser kan också beräknas med *bestickräkning*:

$$\boxed{\mathrm{tg}\ K = \frac{dep}{d\varphi}}$$

dep (departur) = antal nautiska mil som som den ena orten ligger väst eller ost om den andra mätt på sjökortets latitudskala i höjd med de aktuella orterna.

- kordadistans att segla för en given kursändring.
Om kordorna inte är alltför långa kan vinkeln (z) mellan kordan och storcirkeln anses vara lika både i kordans början och slut. Där blir då skillnaden mellan storcirkelkurserna = 2z. Förändringen i storcirkelkursen kan anses lika stor som vinkeln mellan två på varandra följande kordor varför kursändringen mellan två kordor = 2z.
Loxodromkursen i en korda fås genom att foga z ekvatorsvart till storcirkelkursen.

$$\boxed{D = 2z \bullet \mathrm{cosek}\ K \bullet \cot \varphi m}$$

φm = medellatitud

I stället för φm kan latituden för kordans ändpunkt användas utan märkbart fel. Likaså kan loxodromkursen i kordan här ersättas med utseglingskursen.