

PROJEKTIONER – OPLÆG

INDLEDNING

Jeg har været noget i tvivl om, hvorledes jeg kunne gribe dette emne om projektioner an. En af begrænsningerne for indholdet findes i min utilstrækkelige matematiske viden om projektionernes formler. Men jeg regner ikke med, at matematikken er hovedinteressen og går ikke ind på disse formler.

Jeg er også i tvivl om, hvor meget I kortinteresserede medlemmer kender til projektioner, og jeg har måske lagt niveauet for lavt eller for højt, så skulle I synes, det er det rene nonsens, så må I sige til. Vi kan da bruge resten af aftenen til at se på de fremtagne kort.

Nogle synes måske, at det meget tekniske stof om projektioner er uinteressant, og har meget lidt at gøre med jeres interesse for kort, men projektioner kan skam både skabe politisk røre og vække almen interesse som fortællingen om Peters projektionen fra 1973 viser.

PETERS PROJEKTIONEN

Den tyske historiker Arno Peters fik dette år udgivet et verdenskort i en påstået ny projektion, der skulle være meget mere fair over for alle folkeslag end den meget anvendte Mercatorprojektion, som vi var født og opvokset med og derfor fandt, at den fremstillede verden, som den skulle se ud.

Peters påstand var, at Mercatorkort var imperialistiske og viste, hvor tredjeverdenslandene blev undertrykt af Nordamerika og Vesteuropa ved at Mercator gjorde tropelandene meget små i forhold til landene på større bredde.

Peters projektion viser akkurat så forvansket en verden som Mercators kort gør, og man kan fremstille et kort, der viser verden stort set som man selv ønsker. Hvilke dele, der forvanskes, og hvilke dele, der aftegnes vellignende, er helt op til konstruktørens valg af perspektiv og kortcentrums beliggenhed.

Petersprojektionens tilhængere og modstandere indledte en veritabel krig på ord op gennem 1970'erne og 1980'erne, og så sent som 2001 spøjte den stadig i politiske kredse.

Men i 1970'ernes slutning var den politiske stemning og medierne parate til at tage Peters-sagen alvorligt, og tesen fandt fortalere højt oppe i de politiske hierarkier.

Medierne pustede til ilden ved med misforstået fairness at lade begge parter få lige lang taletid til at forklare sig, men i politiske debatter vinder den, der har de korteste, mest slående argumenter, der ikke kræver for megen hjerne-gymnastik af tilhørerne, og kartograferne var derfor dømt til at tabe.

De kom ikke til orde med deres statistik, der viste, at allerede i 1940'erne var Mercators projektion til atlasbrug og tematiske kort så godt som uddød og afløst af andre meget bedre projektioner, og de fik heller ikke mulighed for at forklare projektionernes sammenhæng og forskelle, og hvad det egentligt er, der betinger de forskellige visuelle verdensbilleder på kortene – det var simpelthen for vanskeligt, besværligt og tidskrævende, så Petersfolkene vandt første halvleg.

Det afstedkom så, at nogle internationale organisationer som UNESCO, OXFAM og UNICEF og ikke mindst den kristne World Council of Churches adopterede Petersprincippet som værende det mest fair billede af tredjeverdenen endnu set.

Omkring 1980 var det at gøre indvendinger mod Petersprojektionen det samme som at være intolerant og ude på økonomisk udnyttelse af de fattige lande. Kartograferne, der var videnskabsfolk og ikke politisk skolede, trak sig tilbage og lod tiden virke for sig.

Projektioner forvansker til forskel fra Mercator også formen på verdensdelene i tropenerne, men bevarer de relative arealstørrelser, og man må også medgive tilhængerne af Peters – eller andre projektioner end Mercators – at Mercator er ikke den mest velegnede til at vise hele verden, når man ser bort fra navigationsformål, men den er jo gennem klasseværelsets vægkort og utallige andre steder blevet en del af vort mentale verdensbillede.

Ganske kort var Arno Peters født 1916 og døde 2002. Han var uddannet historiker af de mere kontroversielle af slagsen. Han gik ind for ligelig fordeling i alt her på jorden og udgav bl.a. sin synkronoptiske verdenshistorie, der var en tidslinje fra 1000 f.v.t. til 1952, hvor hvert år fik nøjagtig samme plads i omtalen. Det giver nogle mærkelige sammendrag, hvor begivenheder i år 999 fylder lige så meget som begivenhederne i 1914. Han argumenterede også for og udgav kort med en nulmeridian på datolinjen, for længe nok havde England nu siddet med nulmeridianen, og dens flytning ville endegyldigt slutte den imperialistiske verdens herredømme over geografien.
[Monmonier preface, 146 + 153 m.v.]

Men Mercator er svær at komme uden om i kartografiens udviklingshistorie, for den indledte den moderne tids studier i metoderne til at vise den i 1500-tallet stærkt udvidede jordklode og gjorde fornuftig navigation mulig – i hvert fald efter Edward Wright fik udgivet forklaringen til projektionen i 1599. Og i dag er den transversale Mercatorprojektion stadig en af de mest brugte til kort over mindre områder som gadekort, vandrekort etc., foruden dens altdominerende rolle til navigationskort i både simpel, transversal og skrå udgave.

En større forandring i fordelingen af anvendte projektioner skete efter Anden Verdenskrig, og det skyldtes luftfartens fremskridt, hvor flere og flere mennesker blev interesserede i at se ruter og rejser på kort, hvortil fx en polarprojektion var bedre egnet end den sædvanlige Mercator, hvor polerne ikke kan vises.

Som indføring i emnet har jeg valgt at ridse nogle begreber op, så hjernerne kan vænne sig til den benyttede begrebsverden med kloder, kugler og kortprojektioner. Ikke for at jeg kan ende med at fremstille projektioner, men for at påpege nogle forhold, som en kartograf skal tage højde for, når et kort fremstilles. Rigtig mange af disse forhold har været svære at forholde sig til for tidligere kartografer, der havde en meget mindre vidensbase til rådighed end den, vi i dag råder over.

DEFINITION PÅ ET KORT

Et kort er en billedlig fremstilling på et plan af en del af jordens overflade. Intet kort på en plan flade kan vise et billede af hele jordkloden.

[NAV1 p.40]

En noget mere omfattende definition fra en lærebog lyder:

Et kort er et udvalgt, symboliseret og generaliseret billede af en del af jordens overflade set fra oven i en reduceret målestok fra virkeligheden. De fleste kort er forsynet med skrift og relateret til et koordinatsystem.

[Raisz p.32]

DEFINITION PÅ EN PROJEKTION

Forskellige definitioner findes og definerer alle i bredeste forstand en afbildning af jordoverfladen på en plan flade ved hjælp af en matematisk eller geometrisk metode.

I navigationen defineres egentlige projektioner som rent geometriske projektioner, hvor man fra et valgt projektionspunkt afbilder Jordens overflade på et plan eller en flade, der kan udfoldes til et plan. Trækkes der linjer, sestråler, fra projektionspunktet gennem punkter på Jordens overflade, vil punkternes skæring med kortplanet danne billedet af det valgte stykke af Jorden.

[NAV8 p. 15]

Hos Snyder defineres projektion som:

En kortprojektion er en matematisk udtrykt metode til at transformere, overføre, overfladen af Jorden, der regnes for at være en ellipsoide, kugle eller anden regelmæssig forms overflade. Overførslen etablerer en punkt-til-punkt overensstemmelse fra kuglen til kortplanet.

[Snyder p.13]

DATUM

Her forstås ved datum et grundlag for mål og beregninger. Det er nødvendigt at fastlægge opmålingsnettet samt placeringen af et standardmålepunkt som udgangspunkt for korttegningen.

Både projektion og datum er vigtige for kartografen, hvis han skal sammenligne eller samtegne flere kort, og har derfor betydning for kortbrugere i videnskab og teknik. [Korsgaard p.8]

ELLIPSOIDER, GEOIDER OG KUGLER

GLOBUS

Det ville på mange måder være lettest, hvis vi benyttede globusser til at orientere os på. Der ville ikke være nogen forvrængning, og pejlinger i alle retninger ville være i overensstemmelse med virkeligheden. Men der ville være problemer med at udtage en kompasskurs, og globusser er frygtelig besværlige at have med på rejser.

Globusser blev tidligt fremstillet, Martin Behaims fra 1492, og Mercators fra 1541. En meget almindelig produktionsmetode er opdelingen af jordoverfladen i 24 eller flere ellipser, eng. *gores*, der kan trykkes på et ark, skæres op og klistres på globusfundamentet. [Raisz p.253]

MÅLESTOK

Forholdet mellem et uendeligt lille linjestykke på kortet og det samme stykke på kloden kaldes kortets målestoksforhold i punktet og i linjens retning. [NAV1 p.40]

Det er lettest fra begyndelsen at overføre alle data fra kloden til en globus af samme størrelse som det færdige kort, da man så stort set kan glemme alt om målestok senere i forløbet.

KUGLEFORM

At jorden ikke er kugleformet, er velkendt og bekymrer ikke almindelige mennesker, men kartografer er meget optaget af forskellen til kugleformen, for den giver dem nogle betragtelige problemer, når opmålinger foretages på jorden skal overføres til den valgte globus.

Isaac Newton fremsatte teorien om Jordens fladtrykthed i slutningen af 1600-tallet, men teori blev først påvist 1740, efter udviklingen af logaritmer, differential- og integralregnearterne. Efterfølgende blev projektionerne på dette grundlag udviklet af navne som Bonne, Lagrange De l'Isle og flere, hvis navne stadig er knyttet til projektioner i brug. [Snyder p.XIVf]

Jordkloden er fladtrykt ved polerne og fedest omkring livet. Dvs. at der er en kort radius fra jordens centrum til polerne, og en lang radius fra centrum og ud til ækvator.

Fladtryktheden på en globus med en meter i diameter er 3,3 millimeter.

[Raisz p.145, HIK p.48, Snyder p.XIV]

Forskellen på den lange og den korte radius afhænger af, hvilken ellipsoide man anvender. Der var i mange år ikke enighed om excentricitetens størrelse, og forskellige nationer benyttede afvigende ellipsoider, og er alle et lands kort blevet aflagt til deres "egen" ellipsoide, så vil international samordning være vanskelig og i ældre tid uden større betydning.

SØMILEN – endnu et af de forhold, hvor forskellen spiller ind ved stor nøjagtighed.

Buemålet fra ækvator til polen er 90° eller 5.400 bueminutter og afstanden er teknisk sat til 10.000 km. Derved får man længden på et breddeminut som 1,851851, afrundet 1.852 m = en sømil.

Men da man nu i et kort tager højde for forskellen fra en kugle, så vil breddeminuttet ved ækvator, ved 45° og ved 90° ikke være lige lange, og fx vil en opmåling i et søkort i internationale sømil og i breddeminutter ikke harmonere, og da breddeminuttet også kaldes for sømil, så er det forvirrende.

Breddeminuttet måles langs en meridian, og da jordens fladtrykthed gør minutterne ulige lange, så bliver udtagningen af en sømil på breddeskalaen også af forskellig længde. Den er kortest ved ækvator, hvor den er 1.842,9 meter og længst ved polerne, hvor den er 1.861,7 m. Middellængden ved 45° er 1.852,3 meter og der altså tæt på den internationale sømil på 1.852 meter.

Bredden måles altså med breddeminutter (den ulige lange sømil) fra ækvator til breddeparallellellens gennemstedet.

[AMN1 p.6]

GEOGRAFISK MIL, engelsk definition

Rundt om ækvator er breddeminuttet naturligvis af samme størrelse hele vejen rundt. En geografisk mil i den engelske verden måles rundt ækvator og giver en længde for en mil på 1.855,4 meter, når man anvender den internationale 1924-ellipsoide (jeg har ikke et nyere tal, for det er den der er anvendt i de kort, jeg har brugt). Længde måles således i geografiske mil den korteste vej omkring ækvator fra den valgte førstemeridian. [AMN1 p.7]

Nu retur til geoider og ellipsoider. Det er ikke tilstrækkeligt at kende fladtryktheden. Der er andre forhold, der gør Jorden særlig besværlig.

GEOIDE

Geoiden er jordens form, hvis den var totalt dækket af vand. Alligevel ville den ikke være helt jævn, da tyngdekraften påvirker vandets overflade og giver buer. Da vandet overalt står vinkelret på tyngdekraften, så betyder det også, at en måling i vandret – lodret ikke altid har en vertikal, der rammer jordens centrum, der bliver en lille forskel, som kartografen skal tage hensyn til.

Som tegningen på P12 viser, rammer vertikalen ikke Jordens centrum, hvilket giver vinkelfejl.

Billede fra nettet, forklaring: 1. Ocean 2. Ellipsoid 3. Local plumb 4. Continent 5. Geoid

Geoidens højde i forhold til den jævne ellipsoide svinger fra + 80 meter til – 100 meter.

En GPS-højde er i forhold til ellipsoiden og skal derfor rettes til geoidhøjde for at få højden over havoverfladen. Et illustrativt kort på PP 15, der viser højdeforskellenes fordeling på jorden.

I en anden bedømmelse giver fejlen ved at antage jorden er flad i et kvadrat på 50 sømil en afstandsfejl på 8 meter. Eller en afstand på 200 km giver en fejl på 20 m.

[AMN p.46 + 54 + scan af geoide-ellipse, Raisz p.166]

Den største forskel fra kugleformen forekommer på 45° bredde, og værdien er 11' 32,34'' bredde = $11/21600 = \frac{1}{2} \%$, der på et 50 cm højt verdenskort svarer til en forskel på 0,25 mm.

For længde er forskellen 7' 41,9'' og altså lidt mindre end breddeforskellen. [Snyder p.34 og 36]

ELLIPSOIDE

Da man ikke kan bruge en så uregelmæssig figur som geoiden til noget, så benytter man en fiktiv omdrejningsellipsoide med jævn overflade, som bedst muligt passer med Jordens fysiske forhold, og denne bruges så til at fastlægge det for kortkonstruktion nødvendige gradnet på.

En anden omstændighed ved overførslen af den virkelige verden til et kort er, at meridianerne på nær ækvatorcirklen faktisk ikke er storcirkler, for meridianerne er jo trukket over den fladtrykte omdrejningscirkel og bliver derved pæreformede eller ovale. [HIK p.49]

FORSKELLIGE ELLIPSOIDER

Op gennem 1800-tallet forbedredes formelen for klodens udseende: Airy og George Everest målte den i 1839, F.W. Bessel i Tyskland i 1841 og Clarke i England i både 1866 og 1880. I dag er der stadig flere ellipsoider i brug i forskellige lande, idet omlægningen af et kortværk er en langsom proces, og på lokalkort har ellipsoiden ikke de store konsekvenser for almindelige mennesker.

I dag er satellitellipsoiden GRS80 i brug. Endvidere anvendes ellipsoiderne Krasovskiy fra 1940 i de tidligere socialistiske stater, Bessels fra 1841 i Europa og Asien, Hayfords fra 1909 bruges for Antarktis, Clarke 1880 i Afrika og Clarke 1866 i Nord- og Centralamerika.

England og Irland bruger til Ordnance Survey-kortene og andre kort stadig Airys ellipsoide fra 1830, og Indien – Pakistan med flere stater bruger Everestellipsoiden fra 1830.

Fladtrykthedsforskellen mellem yderpunkterne for ellipsoiderne mellem 1/300,8 til 1/293,46 (GRS80):

Radius: 6.378,1370 km.

Radius: 6.356,7523 km.

Forskel 21,3847 km [Snyder p.XIX]

Herefter vil vi gå ud fra, at Jorden er en kugle.

PROJEKTIONER LIDT TEORI

Egenskaber ved en projektion

Når et kort skal konstrueres må man klarlægge, hvilke egenskaber man ønsker i kortet, for ikke alle ønsker kan opfyldes, når en kugleflade skal flades ud til et plan, hvilket reelt er umuligt.

Grundegenskaberne kan være **vinkeltro**, eng. *correct angular relationship*, **afstandstro**, eng. *true distance*, og **arealtro kort**, eng. *true area*. Nogle projektioner kan klare to og andre kun en af grundegenskaberne, men tilnærmede projektioner kan komme tæt på alle tre for mindre områder.

En egenskab er **konformitet**, dvs. kortet skal være vinkeltro. Eng. *A conformal or orthomorphic projection*. Benævnelsen *orthomorfisk* betyder det samme. Da alle breddeparalleller og meridianer på kloden skærer hinanden under rette vinkler, så skal de også stå vinkelret på hinanden på kortet. Egenskaben formtro betyder også, at kompasroser på et konformt kort forbliver cirkler overalt på kortet. Det betyder også, at intet kort kan være konformt og være arealtro samtidig.

[Raisz p.167, Fenna p.77]

The term conformal was applied to map projections by Gauss in 1825, and eventually supplanted the alternative terms "orthomorphic" (Lee 1944; Snyder 1987, p. 4) and "autogonal" (Tissot 1881, Lee 1944).

No projection can be both [equal-area](#) and conform, and projections which are neither [equal-area](#) nor conformal are sometimes called [aphylactic](#) (Lee 1944; Snyder 1987, p. 4).

Fra:

<http://mathworld.wolfram.com/topics/MapProjections.html>

Målestok

Derfor vil man også gerne have samme **målestok** i hele kortet, men det kan ikke lade sig gøre ved udfoldning af kugleflade til et plan, men man kan tilstræbe en projektion, der mindst muligt forandrer målestok. I et konformt kort er målestokken ens i alle retninger fra et punkt, men fra et andet punkt på kortet kan målestokken være forskellig, men også på det nye punkt er den ens i alle retninger.

Målestokken i et mercatorkort kan bedst udtrykkes med en skala med flere bredder og tilhørende målestokke på.

[Raisz p.171 + scan af figur]

Kurslinjer - loxodromer

For en navigatør er det vigtigt, at **kurslinjer** er rette linjer.

Kurslinjer, loxodromer, er dobbeltkrumme linjer på jorden, der i en spiral nærmer sig en af polerne. De skærer alle meridianer og paralleller under den samme vinkel, hvilket er årsagen til polnærmelsen. Ingen kompaslinje er den korteste vej mellem to punkter – bortset fra ækvator og kurserne nord og syd = langs en meridian.

[Fenna p.87]

Et illustrativt eksempel på kurslinjernes form omkring polen ses på Blaeus kort her – Også andre har brugt denne afbildning, fx Janssonius

[The Sea Chart p.52, Charting of the Oceans p.78]

Mens navigatøren i andre tilfælde gerne vil have, at en storcirkel er en ret linje. En **storcirkel** på kloden er et plan, som går gennem klodens centrum. Storcirkler er den korteste afstand mellem to punkter. Om strocirkler senere.

Man kan ikke få alle disse egenskaber i et kort på en gang og må derfor vælge.

PROJEKTIONSTYPER

Derfor er det praktisk at have en klassificering af projektionsmetoder, og en ganske kort forklaring indeholder følgende opdelinger:

Tre hovedgrupper efter »papirform«

Når man på globussen skal anbringe et stykke papir, der skal blive til et kort, så er der tre muligheder:

[AMN p.55 + scan af alle tre typer papir] [AMN p.58 tabel over projektionstyper + scan]

Et fladt papir med et tangeringspunkt

Et plant stykke papir kan berøre kloden i et punkt, der er vinkelret på en jordradius. En projektion med dette udgangspunkt kaldes for [azimuthalprojektion](#), hvor azimuth kun er et andet ord for en pejling eller retning. En anden definition på en azimuthal eller zenital projektion er, at den overfører punkter på jorden **direkte til planet**.

Udtrykket **azimuthal** kan altså anvendes på både projektioner, der har sigtepunkt fra jordens centrum, gnomonisk, fra den modsatte side af jorden, stereografisk, og fra et punkt uendeligt langt borte, ortografisk. Alle tre synspunkter giver egentlige perspektiver, eng. *perspective projections*. Azimuthal betyder også, at alle retninger fra tangeringspunktet er korrekte. [BOW1 p.65 + 78]

Et stykke papir foldet som en cylinder

Folder man sit kortpapir som en cylinder rundt om jorden, og for simpelhedens, så lad papiret røre ved jordens ækvator, så kaldes projektionen en cylinderprojektion. Den kaldes for normal eller **simpel**, når berøringsfladen er ækvator, men drejer man cylinderen, så den berører en enkelt meridian kaldes den **transversal**, og den kaldes for **skrå**, eng. *oblique*, hvis berøringen er forskellig fra de to førnævnte.

Et stykke papir foldet som et kræmmerhus

Papiret kan foldes som en kegle og berøre kloden langs en breddeparallel. Projektionen kaldes så for en konisk- eller kegleprojektion. Normalbegrebet anvendes også om denne projektion, når keglens toppunkt befinder sig over en af polerne, og begrebet en skrå projektion, hvis toppunktet er et andet sted.

Ved at forandre på keglens topvinkel kan man få den til at berøre kloden på alle bredder på nær ækvator. Faktisk kan man sige at alle tre papirfoldninger udgå fra en principiel kegle, idet man kan lade keglen gennemløbe alle vinkler fra 0 til 180 grader, og grænsetilfældene er netop hhv. en cylinder og et plant stykke papir.

Efter de sædvanlige geometriske regler, så vil den halve topvinkel i keglen altid være samme vinkel som bredden, keglen vil berøre Jorden på. [Fenna p.57]

Keglen kan også bringes til at ramme kloden på en bredde, skære igennem jorden og komme ud på en mindre bredde, og altså få to berøringslinjer. En almindelig anvendt projektion af denne type er Lamberts, eng. *Lambert conformal projection = secant conic or conic projection with two standard parallels*.

En mere kompliceret, men med mindre forvrængning er den polykoniske projektion, der har flere standardparallelere, men det er ikke konformt og er typisk i brug for Nordamerika, fordi det egner sig til kontinenter med stor breddeudstrækning, da forvrængningen langs standardmeridianen er lille. [BOW1 p.77]

Netop brugen af mere end en standardparallel på et kort er væsentlig for at nedbringe hastigheden af forvrængningsgradens udbredelse fra standardparallelere. [Fenna p.101]

Efter centralpunkt

Centralpunktet eller projektionspunktet (i ældre sprog kaldet øjepunktet) er det punkt, hvorfra sigtelinjerne går til kloden og videre til kortplanet. Alle projektioner kan teoretisk have projektionspunktet i forskellig afstand fra kortplanet, men der er tre hovedsteder, hvor øjepunktet i praksis benyttes:

Gnomonisk eller azimuthalt projektionspunkt

eller centralprojektion. Projektionspunktet befinder sig i jordens centrum. Mercatorkort tegnes efter den cylindriske centralprojektion, eng. *equatorial cylindrical orthomorphic projection*, og det er ikke en perspektivisk eller egentlig projektion.

Storcirkelkort, eng. *gnomonic chart*, tegnes efter den azimuthale centralprojektion ud på en plan kortflade. Alle meridianer bliver rette linjer og alle bredder – bortset fra ækvator – bliver kurver. Da projektionen er egentlig, eng. *perspective*, kan man illustrere princippet ved at anbringe en lyspære i centrum af globussen og lysstrålernes aftegning på planet af de geografiske punkter vil vise det gnomoniske kort. Edward Wright forklarede i sin bog projektionsgangen med en blære, som han pustede op, så den efterhånden rørte ved mere og mere af kortplanet, så man kunne fornemme gradnettets placering på planet. [Monmonier p.64]

Det formodes, at det er den ældste projektion, da det menes, at Thales, 624-546, udviklede den 600 år f.v.t. [BOW1 p.78f]

Stereografisk projektionspunkt

Eng. *stereographic or an azimuthal orthomographic projection*.

Projektionspunktet ligger på den modsatte side af jordens overflade i forhold til kortplanets tangeringspunkt. Den stereografiske projektion anvendte astronomen Hippark, 160-125 f.Kr., til et stjernekort og foreslog det samme brugt for jorden. Det er en simpel projektion, der kan konstrueres alene med passer og lineal. [DaSøSø2 p.449f, Steers p.6].

Stereografiske kort er vinkeltro, konforme, og enhver cirkel, der ikke går gennem projektionspunktet, aftegnes som en cirkel. Den kendes især fra polarprojektionen, men også ækvatorialtangeringen kendes fra mange atlas, da den giver et kort, hvor alle meridianerne er cirkelbuer, der samles i polerne, og ækvator er en ret linje og alle breddeparallerer er cirkler, hvoraf dog kun en del kan ses på kortet, der viser en halv klode. [DaSøSø2 p.449]

Kort efter denne projektion er typisk polarkort.
Tegningerne 156 og 157.

Orthografisk projektionspunkt

Orthografisk projektionspunkt tænkes at ligge uendeligt langt ude i verdensrummet, så sestrålerne kan betragtes som parallelle. Projektioner efter dette projektionspunkt er ikke konforme eller arealtro. Det bruges ikke direkte i navigationen, men kan anvendes til at forklare den sfæriske trekants løsning, der er grundlaget for de astronomiske stedsbestemmelser i navigation. De bruges af astronomer til stjernekort. [BOW1 p.80]

Egentlige og uegentlige projektioner, eng. *perspective or geometric / non-perspective?*

Ved **egentlige** projektioner forstås rent geometriske projektioner, hvor man fra et enkelt valgt projektionspunkt trækker rette linjer gennem punkter på jorden til et plan. Sestrålernes skæring med billedfladen, altså kortet, udgør billedpunkterne. [NAV1 p.41]

Ved en **uegentlig** projektionsmetode, eng. *non-perspective projection*, forstås en projektion, hvor man matematisk har beregnet punkters beliggenhed således, at de krav, der stilles til kortet opfyldes. De kaldes også for projektioner, fordi de har en egentlig projektion som grundlag. Mercators projektion er en uegentlig, fordi den er matematisk beregnet. [NAV1 p.43, Hodgkiss p.35]

Både kegleprojektion med to standardbreddeparallelleer og Mercator cylinderprojektion er eksempler på uegentlige projektioner. Kegleprojektioner giver med god tilnærmelse et storcirkelkort, hvor storcirkler er lige linjer.

Konforme kort er vinkeltro i alle retninger, og de har i et vilkårligt punkt samme målestok i alle retninger. Målestokken behøver ikke at være den samme for hele kortet. Det gælder fx Mercators projektion. Dvs. at en lille figur på kloden vil blive aftegnet ligedannet i kortet, og Mercatorkortet har desuden også samme målestok på samme bredde. [NAV1 p.40]

Når man derfor taler om en **målestok på et Mercatorkort**, så er det underforstået, at det drejer sig om målestokken på den valgte standardparallel. Fx har de danske kort standardparallel på 56° n.br. også selv om den bredde ikke findes i kortet.

På alle andre bredder i kortet er målestokken en anden. Nordligere er den større, og sydligere er den mindre, indtil ækvator.

Forvrængning

Da alle kort har indbygget forvrængning, så vil det være en god ledetråd for et korts brugbarhed, om forvrængningen let kan iagttages. Der er mindst to grafiske måder at vise forvrængning på. Den ene er ved hjælp af cirkler og ellipser. Man tegner en cirkel nær kortets standardpunkt, eller tangeringspunkt, hvor forvrængningen er nul eller lille. Den samme størrelse virkelige cirkel afsættes så andre steder på kortet, som den vil se ud efter projektionen og kan så have skiftet form til fx en ellipse og være blevet større eller mindre. [AMN p.52 + scan]

Et eksempel på forvrængning i et mercatorkort er Islands størrelse sammenlignet med Borneos størrelse. Borneo er fem en halv gang så stor, men ser på Mercatorkortene ud til at have samme størrelse.

Årsagen er, at breddeskalaen vokser proportionalt med secans til bredden. (Secans til 0 = 1 og til 90 = uendelig.) [AMN p.64]

Jeg vil her vise Tissots forvrængningsfigurer. En cirkel på globussen fremstår på kortet i en anden form. Her er et billede af Mercator kontra Peters projektion.

Nicolas Auguste Tissot, 1824-1897, udgav sin bog med forklaringen til sine figurer i 1881, men ellers ved jeg ikke så meget om ham, men han har en Wikiprofil med flere oplysninger. [Monmonier p.76ff, + Wiki]

Gradnet og grid

Der er forskel på gradnet, eng. *graticule*, og grid, eng. *grid*. Et gradnet er et gitterlinjesystem, hvor bredder og længder udgør nettets tråde.

Et grid kan være og er oftest et kartesisk koordinatsystem med en vandret og en lodret akse, og griddets linjer danner derfor kvadrater, mens gradnettets linjer kan have alle mulige former. [AMN p.77 + 81 + scan af grid på graticule, Hodgkiss p.30]

Som billedet viser, peger ikke alle gridlinjerne mod nord, og derfor skal man være forsigtig med brug af kort, hvor man ikke er sikker på, om linjerne er gridlinjer eller gradnetlinjer.

Det mest brugte grid er UTM-griddet, som omslutter hele verden. Der findes transformationsprogrammer til databehandling, så man kan omsætte punkter fra det ene system til det andet, men har man ikke adgang til det, må man omsætte punkterne et for et ved at måle dem op i det ene system og udsætte dem i det andet. K&M's sider har forklaringer til UTM.

MIDDELALDERENS T-O-KORT – HAR DE EN PROJEKTION?

Middelalderens kort, der har religiøs baggrund kan ikke siges at have en projektion, men da de trods alt ligner verden så godt, at vi kan genkende de forskellige lande og se byer afmærket med passende indbyrdes afstand, så er de jo ikke aldeles fri for at afspejle en vis verdensopfattelse. Den kan dog nok nærmest komme til at være et platkort.

Cosmas fra Antiochia afviste i 500-tallet på grundlag af sin religion enhver tanke om en kuglerund jord, da teorierne herom stammede fra de hedenske grækere. Han mente jorden var dannet efter tabernaklet og iflg. Paulus' beretning. Tabernaklets bordplade var jorden og derfor rektangulær og flad, bredere end høj. Der kan ikke udledes noget matematisk videnskabeligt af cirkelkortene eller T-O-kortene, der er meget ens i deres grundlæggende verdensforståelse. De store linjer med Middelhavet som den lodrette vandakse, og Sortehavet Nilen som den vandrette tværbjælke går igen på så godt som alle.

Kejlbo omtaler dem som hørende til den cirkelformede type.

[Hodgkiss p.75, Ebstorf, Kejlbo p.13]

Bramsen kan i *Gamle Danmarkskort* kun dele dem op efter facon i runde, ovale og firkantede [Bramsen p.25].

PLATKORT

Et platkort er et kort, der ikke tager hensyn til jordklodens krumning. Det spejler den opfattelse man får af verden, når man kun har udsyn horisonten rundt. Og tegner man et kort over det, som man netop kan se med øjet, så får man et ganske godt kort uden at have taget hensyn til kugleformen.

Sådan et kort fremstillede geografen Marinus fra Tyrus ca. år 100 e.Kr. Og platkortet var i høj kurs til længe efter Mercators kort blev indført. Dette kort kan konstrueres, hvis man tænker sig den samme cylinder af papir lagt omkring ækvator som ved Mercators projektion. Tegner man nu ækvator og et lille stykke af hver meridian, og derefter folder papiret ud, så har man ækvator som en ret linje og alle meridianerne som rette, parallelle og vinkelrette på ækvator stående linjer.

Da et breddeminut på ækvator er lig et længdeminut, så kan man afsætte breddeminutterne op ad hver meridian med samme størrelse så langt papiret rækker, og forbinder man så alle minutpunkterne parallelt med ækvator, så får man et kort med lutter kvadrater. Det kaldes et **kvadratisk platkort**, men i kartografilitteraturen ofte med et finere udtryk, det franske carrée-platkort. [DaSøSø2 p.450]

Kortet er udmærket tæt på ækvator, men bliver forvrænget mere og mere jo længere væk fra ækvator man kommer. Hvilket ikke er så forskelligt fra Mercators projektion i simpel form.

Sådan et platkort kan også laves på højere bredde i bedre udgave, idet man så igen begynder med en breddeparallel og afsætter meridianerne vinkelret på denne. Når papiret er foldet ud, så beregner man nu breddeminuttets længde i forhold til længdeminuttet på bredden, og for lethedens skyld kan man tage et eksempel på 60 grader, da breddeminuttet da er dobbelt så stort som længdeminuttet. Kortets firekanter bliver nu rektangler, og derfor kaldes kortet for et **rektangulært platkort**.

Denne ide var Ptolemæus inde på i sin projektion for mindre områder, men han indså, at til verdenskort var den ikke god nok. Han tilpassede så sin områdeprojektion yderligere ved at lade meridianerne have retning mod et fælles polpunkt uden for kortets ramme.

Etzlaubkortet, er ikke et religiøst kort og det første vejkort. Det har pilgrimsruterne. Det er konstrueret på afstande indsamlet fra rejsende. Der kendes 13 Etzlaubkort fra ca. 1492-1500, KB

har et af dem. De er knap 30 x 40 cm i størrelse, men desuden kendes nogle snittet på låget til Etzlaubs rejseure. De er kun omkring 10 cm høje, men alle kortene er tegnet med voksende bredder mere end 50 år før Mercators voksende kort. [Nørlund p.16, HIK p.24f]

Men det tidligste rutekort er Peutingerkortet, der afspejler den geografiske verden ca. 250 med nogle ændringer fra frem til 500, og det har heller ikke har en projektion som grundlag.
[Kejlbo p.12]

Olaus Magnuskortet 1536, 1539, har både bredder og længder, men Nørlund påpeger, at de er forkerte, og Olaus mangler matematisk viden om projektionsteknik og hans kort viser bl.a. misvisende orientering, og en undersøgelse har vist, at han til dels bruger gamle sejladsbeskrivelser – portolanbøger over nordiske sejlveje, formodentligt hollandske tidlige, men man formoder, at de første sejladsbøger over nordiske farvande kom frem i slutningen af 1400-tallet eller i begyndelsen af 1500-tallet [Richter p.83]

De skal da have været på grundlag af en blandet nordisk, hollandsk og hanseatisk tradition.

Carte van Oostlant er også baseret på ældre søbøgers kurser og distancer, og her er flere fejl overført fra bøgerne til kortet. "... konstrueret på grundlag af nogle forholdsvis få kurs- og distanceangivelser vedr. enkelte fra søsiden iøjnefaldende punkter." [Nørlund p.23, Bramsen p.44]

PTOLEMÆUS TO PROJEKTIONER

De først kendte anvendte projektioner er Ptolemæus', og de forblev i brug fra 1300-tallets manuskripter til 1600-tallets sidste brugskort af den type.

I hørte sidste år om Ptolemæus' to projektioner. Den ene er en tillempet, simpel, afstandstro kegleprojektion med en standardparallel. Men Ptolemæus brækker meridianerne ved ækvator. Den anden projektion er en Bonne pseudokonisk projektion.

Desværre anvendtes i Ptolemæuskortene en forkert jordstørrelse, der gjorde Middelhavet for stort, og som senere forhindrede Asiens rette udstrækning.

[Kejlbo p.15, Snyder p.275]

Clavus har breddegrader på, men en forskellig i venstre og højre side. Se specielt øverst på kortet, hvor breddeforskellen er 4 grader. Clavus benyttede også en for lille jordklode, og på kort gjort med hans kort som forlæg gjorde derved Atlanterhavet alt for smalt.

[Kejlbo p.18f]

♣ PTOLEMÆUS PROJEKTION NUMMER 1

Projektionen, der er beskrevet i Bog I, kap. 24, er en slags konisk projektion, hvor meridianerne tænkes samlet i et punkt beliggende ikke i nordpolen, men længere væk. Det er et beregnet punkt, hvorfra alle meridianer udstråler som rette linjer. Breddeparallelernerne aftegnes som koncentriske cirkler med centrum i samme fikspunkt som meridianerne, der aftegnes med fem graders mellemrum, dvs. for hver 20 tidsminutters længdeforskel.

Herved bliver udplotning af positioner ganske nemt, idet man langs kanten af en lineal afsætter breddegraderne, og gennem et hul i toppen fastgør den til kortets »polpunkt«, så linealen kan rotere derom. Har man tegnet en længdeskala ind på en af kortets parallel, så bliver udplotningen let.

Syd for ækvator skal meridianerne knække for igen at sigte mod et sydligt fikspunkt, men her tegnes de ikke længere mod syd end til breddeparallel, gennem Anti-Meroe på 16gr. 25' S.

Formen på dette kort bliver en polygon med seks sider, men skærer man papiret af i top og lidt i siderne, så kan formen ændres til forskellige andre figurer.

Projektion nummer 1 er fin til mindre områder, men de enkelte kort kan ikke på en let måde stykkes sammen på grund af deres form, og projektionen egner sig ikke til at vise et verdenskort på, og forholdet mellem de enkelte meridianer på

ækvator og ved nordgrænsen er ikke i overensstemmelse med virkeligheden. Yderområderne bliver for fortegnede i forhold til kugleformen.

Projektionen blev populær, og i [*HISTORY*, vol. 1, p.189] anføres, at »Den blev brugt til verdenskortene i de fleste af de tidlige manuskriptbøger og i de første trykte udgaver.«

I [Keuning, IM, Vol. 12, p.10] anføres, at projektion nr. 1 blev brugt til alle græske manuskripter med **verdenskort**. **Eksempel Y (verden) + X (konisk verden) samt B/J bog mærke 1 og senere 2** [Teori]

Når man tegner kort over mindre områder, hvor man ikke bruger polen som centrum, så kan breddeparallerne ikke være cirkler, og de kan ikke være koncentriske, men må buede mere og mindre afhængig af afstanden til polerne. Derfor er kortenes gradnet et kartografisk net og ikke et geografisk net. Det skal vise beliggenheden af de elementer, kartografen ønsker at placere, men kortet vil ikke kunne foldes ned på en jordklodeform. [IM, Vol. X, 1953 p.21f; B/J p.33ff]

[Teori]

Ptolemæus havde kun det korrekte forhold mellem breddeparaller og meridianer på Rhodos' bredde, her 5:4. Han opretholdt også det korrekte forhold mellem parallelerne på Thules bredde, 63 grader, og på ækvator, men han overholdt ikke det rette forhold mellem parallel og meridianer på 63 og på 0 graders bredde. Hvis projektionen var konisk med centrum i 115 grader, idet centrum ligger højere end nordpolen, så ville det koniske berøringspunkt blive på 51 grader nord og ikke gennem Rhodos på 36 grader. Ptolemæus nævner netop ikke en konisk form, hvorfor det er irrelevant at forsøge at knytte ham til kræmmerhuset.

[Keuning, IM, Vol. 12, p.9; B&J p.86 og 87]

♣ PTOLEMÆUS' HOMEOTHERISKE PROJEKTION = LIGE STORE DELE-PROJEKTION - NR. 2

Projektion nummer to var bedre til at efterligne klodeformen og blev meget brugt af renaissancekartografer. Bredderne blev konstrueret ud fra Syene på 23gr 50' N, der ligger ca. midtvejs mellem Thule og Anti-Meroe.

Parallellerne tegnes cirkulære med et centrum i et punkt noget oven for kortets ramme - ca. fire gange afstanden fra Syene til Thule norden for kortet. [Beskrevet i *Geographia*, Bog I, kap. 24, 11-13]

Meridianerne tegnes som cirkelbuer, der buer mere og mere væk fra middelmeridianen, der er en ret linje pegende mod polen. Der tegnes 18 meridianer på hver side midterlinjen, hver med fem graders mellemrum. Cirklernes centre flyttes for hver bue.

I denne projektion er udplotningen meget vanskeligere end i projektion nr. 1. Den kendes derfor kun fra få manuskriptbøger, fx i *Seragliensis 57* fra Sultanens bibliotek i Konstantinopel fra sidst i 1200-tallet. Senere i renessancen blev projektionen brugt hyppigere i de trykte udgaver.

Nogle kilder giver Nordenskiöld som kilde og andre giver D'Avezac æren for det mærkelige navn på 2. projektion.

[*HISTORY*, vol. 1. p.189; B/J p.37ff + 86ff; Keuning, IM, Vol. 12, 1955, p.10]

[d'Avezac: *Coup d'oeil historique sur la projection des cartes de géographie*, Paris 1863]

[Teori for verdenskortet]

De buede meridianer tegnes ud fra tre punkter afsat på hhv. bredderne ækvator, kortets nordgrænse og kortets sydgrænse. Disse punkter udsættes fra middelmeridianen i enheder (grader) langs parallellen, og værdierne er udregnet forholdsmæssigt, en slags sinusberegning. De tre punkter forbindes for hver meridian med en cirkelbue. Cirkelbuerne får således alle individuelle centre.

[IM X, 1953, p.20; Keuning, IM, Vol. 12, 1955, p.10, B/J p.90ff]

Men udviklingen stod ikke stille, og omkring bogtrykkets opfindelse fremkom en ny projektion.

NICOLAUS GERMANUS OG DEN TRAPEZFORMEDE PROJEKTION

Denne projektion er blevet tilskrevet **Nicolaus Germanus**, der benyttede den i 1460'erne, men stammer formodentligt fra astronomiske kort fra begyndelsen af 1400-tallet, idet den også blev brugt i et himmelkort tegnet 1426 af Conrad af Dyffenbach, og man mener, at det muligvis allerede blev benyttet i en slags grundform af Hipparchos.

[CofD's ms reg. Codex Palat. lat. 1368]

I lidt ældre litteratur kan man finde ham som Nicolaus Donis, men hans titel var dominus forkortet til Donis eller Donnus, og hans navn var Nicolaus Germanus. Projektionen efter ham kaldes ofte **donis-projektionen**.

[Tudeer, p.63]

Nicolaus Germanus tegnede fra 1466 sine kort på en modificeret ptolemæisk nr. 1-projektion. Den havde sammenløbende meridianer og parallelle, retlinede bredder, mens Ptolemæus' første projektion havde sammenløbende meridianer og cirkulære breddeparallelleler.

Donis eller Donnis-projektionen med den let genkendelige trapezform blev derefter den næsten enerådende for regionale kort i de trykte værker. Fx i udgaverne fra 1477, 1478, 1482, 1486.

Eksempel Æ - Tabula III Europa

Det første kort, **Nicolaus Germanus** tegnede, var et verdenskort i ptolemæusudgaven fra 1467 (Codex Florent. Laur. XXX 3, L-20 til L-26), hvor Norden over 63 grader optræder, og senere et tilsvarende i Ulm-udgaven fra 1482.

Hos Nordenskiöld, *Facsimile Atlas*, side 13, er det kun Berlinghieris 1482-udgave fra Firenze, hvor projektionen med de rektangulære sider forekommer. Nordenskiöld påpeger også, at kun den første udgave med kort fra 1477, Bologna, trykt af Dominicus de Lapis, udelukkende har brugt den koniske projektion med sammenløbende meridianer og cirkulære breddeparallelleler.

I den samme værk (Nordenskiöld) er der på side 19 drøftet forskellige versioner af Norden med Grønland placeret på forskellig måde. Nordenskiöld gennemgik flere forskellige opdateringer, og det var ikke alle, der bragte områder tættere på virkeligheden.

Det kan iagttages på nogle kort, at Donis-versionen ikke nødvendigvis har form som en ligebenet trapez, men at den ene højde er mere skrå end den modsatte.

[Eksempel M (buede siderammer) fra en Sebastian Münster på NatMus AUS]

[http://wwwuser.gwdg.de/~fhasele/ptolemaeus/Frames/Donis_Ptolemaeus.html og /Frames/Miscellaneous.html]

PORTOLANKORT – HAR DE EN PROJEKTION?

Portolankort, som der findes godt 600 stykker af, er konstrueret på baggrund af pejlinger og afstande og iflg. Nørlund og Bramsen er det ikke en projektion. Bl. andet er mange af dem tegnet i to forskellige målestok, fordi de er sammenstukne af flere forskellige forlæg og er tit forkortet i nord-syd-retning.

Kortkonstruktørerne tog ikke hensyn til jordens kugleform. Endvidere er mange af portolanerne konstrueret over to forskellige metoder: Middelhavet som sagt med pejling og afstand, mens Asien og fjernere områder blev taget fra Ptolemæus-manuskripter, hvor der var anvendt en af hans projektioner. Ptolemæuskortet blev ofte revideret ud fra de religiøse middelalderkort, så resultatet er ret umuligt at typebestemme.

[Hodgkiss p.104ff, HIK p.34f]

De kaldtes tidligere i Danmark for kompaskort, men betegnelsen er ikke så fyldestgørende, da ordet kun relaterer sig til de på kortet aftegnede kompasser, som ikke findes på alle portolankort.

Benedicht har i sin læsekortbog en opskrift på et kompaskort, som han kalder paskort. Det er konstrueret som portolankortene, og Benedicht viser en model med alle kompasroserne i cirkel omkring centrum for kortet.

[Benedicht p.188ff]

Opfindelsen af portolankortet fandt sted samtidig med fremkomsten af kompasset, da man før dets fremkomst ikke havde meget brug for kortene, da næsten al trafik da foregik som kystnær sejlads, og til det var de forud for kortet gående portolanbøger med nedskrevne kurser og distancer tilstrækkelige.

Kortenes overlagte kompasroser med forlængede streger for hoved- og mellemstreger har intet med kortets konstruktion at gøre. De er kun til for at lette navigatørens aflæsning af kurser, da han ikke havde vor tids mange parallellinealer og kurslinealer til hjælp.

Kompaskransen blev konstrueret ved at man trak en stor cirkel lige inden for papiret eller pergamentets ramme og på cirkelbuen afsatte 16 punkter, der hver får $22,5^\circ$ mellemrum begyndende med nord øverst eller nederst på kortet. Fra hver af disse trækkes linjer til alle de øvrige punkter. Derved fås en streg for hver $11,25^\circ$, hvilket er en kompasstreg, som der er 32 af på 360° .

Som udviklingen fortsatte, så kom der på de senere portolankort bredder og længder på rammen, men det var efter den før omtalte kvadratiske platkortmetode, og kompasroserne og deres forlængede streger kunne derfor ikke vise den kompasskurs, **loxodromen**, som man skulle følge, for kortet var ikke konformt.

Et portolankort, der rækker ud over Middelhavet, har ofte to målestokke: en større for Middelhavet og en mindre for Atlanterhavsområdet. [Nørlund p.10]

Normalt taler man ikke om projektioner, når det drejer sig om portolankort, der er konstrueret efter afstande, pejlinger og kurser, men det er nødvendigt at have en terminologi, når man analyserer portolaner, og der er derfor portolankort, som er blevet beskrevet ud fra projektioner.

Et eksempel er et portolankort af GG. Carignano fra ca. 1310. Jeg har fundet oplysningerne i *Imago Mundi*, vol. 40, 1988, pp.86-95.

Forfatteren, A.J. Duken er nået frem til, at kortets projektion er en skrå, stereografisk projektion, og da det er sammensat af tre forskellige forlæg, så er der til projektionerne anvendt tre forskellige tangeringspunkter.

Det østligste kort går fra Marseilles og østover, det andet går fra Marseilles og vestover til Gibraltar, og det tredje dækker Atlanten og er i en mindre målestok end de to Middelhavskort.

Et af de bestemte kendetegn ved et portolankort er den akse gennem Tanger, Jerba, øen ved Tunis' østkyst, og Alexandria, der giver horisontallinjen på portolanen.

For at få denne linje lagt i kortet har konstruktøren benyttet sit kendskab til en af den stereografiske projektions særkender, nemlig at en breddeparallel tegnet fra et perspektivpunkt på klodens modsatte side bliver en ret linje. Og derved er kortets grundstruktur lagt. I en stereografiske projektion bliver alle andre cirkler på jorden overført som cirkler på kortet, men det kan man ikke se på portolankort over mindre områder.

Når således først horisontlinjen er lagt, skal man danne et portolangradnet ud fra horisontlinjen med paralleller og vinkelret derpå stående meridianer, og de geografiske koordinater skal så omsættes til portolangradnettet, der er skævt i forhold til geografien.

Når alle positioner, der ønskes med på kortet, er omsat til portolangradnettet, så skal disse i næste trin omsættes til portolankortet, der jo ikke har geografiske netlinjer, men et retvinklet, normalt XY-koordinatsystem.

Det er lidt komplekst, og det er heller ikke noget, man behøver at tænke på, når man betragter portolanerne for deres visuelle kvaliteter, men skal man bruge dem videnskabeligt, stiller sagen sig altså anderledes kompliceret.

Jeg kan vise et eksempel fra analysen af Carignano-kortet.

MERCATORS PROJEKTION – OG WRIGHTS

Det var ikke Gerhard Kremer, der opfandt den projektion, der kom til at bære hans latiniserede efternavn; Mercator. Projektionen var vist tidligere og blev først beskrevet senere. Bl.a. havde Petrus Nonius i 1537 skrevet afhandling om loxodromens forløb, men uden helt at have forstået det, men hans tanker om globus kontra plant kort var en forløber. Den anden, der fremhæves, er Etzlaub, der så tidligt som 1511 og 1513 på sine solure indridsede kort i låget, og de var aflagt efter Mercators projektion. Der har dog været rejst tvivl, om kortene er af samme alder som solursdåserne [DaSøSø2 p.458].

Mercators historie og Wrights liv.

Problemet med at stjæle fra hinanden

Mercators første kort, fx hjertekortet fra 1538, mens Gemma Frisius' var fra 1537. [Nørlund p.18]

Konstruktionsmetoden bliver kendt gennem Edward Wrights afhandling, der har en noget kompliceret udgivelseshistorie.

Konstruktionen af et mercatorkort

Skal man konstruere et mercatorkort skal man som udgangspunkt fastlægge sit papirs størrelse. Dernæst skal man regne ud, hvor stort et længdeminut kan være for at den ønskede jordklodeoverflade kan være på papiret.

Dette længdeminut kaldes for en **meridionaldel**, MD,

Med størrelsen af længdeminuttet kan man beregne breddeminuttets størrelse for hvert breddeminut, og afstanden fra ækvator til en bestemt bredde er summen af hvert breddeminuts størrelse.

Denne fremgangsmåde er nødvendig fordi meridianerne aflægges som rette og parallelle linjer, og da kortet skal være vinkeltro, så må breddeminuttet vokse i samme forhold som længdeminutterne forøges (de beholder samme størrelse på kortet).

Dette forhold er udregnet, så kortets breddeminut vokser med brøken:

$$1 / \cos br.$$

og da cosinus til 0 er lig 1 og til 60 = 0,5 og til 90 grader = 0, så fremgår det deraf, at et mercatorkort med standardparallel på ækvator ikke kan afbilde polen, og at breddeminuttet på 60 graders bredde er dobbelt så stort som på ækvator. Det er derfor kortene kaldes for voksende kort, hvilket er en meget almindelig term i ældre navigationsbøger og sejladsbeskrivelser i øvrigt.

Nu behøver man ikke selv at udregne værdien for hvert minut, for det kan man slå op i tabeller og finde, og i tabellerne har man taget højde for meridianernes excentricitet altså fladtryktheden af jordens sfæroideform, og dermed er vi tilbage ved den tidligere omtalte breddeminutsmil og forskellen til den internationale sømil.

Skal man finde dette korts målestok på en bestemt bredde, er det lettest at benytte længdeminuttets længde hertil, da det netop er 1 MD, der divideret med $1852 \times \cos br. \times 1000$ (hvis MD er målt i mm) giver målestokken.

Kompaslinjen – loxodromen

Trækker man en kompasskurs i et mercatorkort, så er den en ret linje, og den skærer alle meridianer og breddeparallelle under samme vinkel. Overfører man denne kurs til kloden, så den stadig skærer alle meridianer under samme vinkel, så vil den (på nær øst og vestkursen) i en spiralform nærme sig polen uden teoretisk nogensinde at nå den.

Denne finte kan man ikke se på et mercatorkort, fordi det ikke kan afbilde polerne, såfremt der er tale om et kort med tangeringslinje på ækvator.

Transversal Mercator

Hvis man i stedet for at anbringe papircylinderen, så den berører kloden rundt om ækvator, lader cylinderen røre langs en meridian, kaldes projektionen for en transversal Mercator, eng. *transverse cylindrical orthomorphic* eller *inverse cylindrical orthomorphic*. Pas på med forskellen på orthomorfisk og ortografisk – førstnævnte betyder vinkeltro – sidstnævnte er udtryk for projektion, hvor sigtepunktet er uendeligt langt borte.

STORCIRKELPROJEKTIONEN

Et storcirkelkort har den egenskab, at storcirkler er rette linjer, og da en storcirkel er den korteste vej mellem to punkter på en kugleoverflade, så er det billigst at navigere efter storcirkler; kurslinjen kaldes her en ortofrom. Men storcirkler kan kun med besvær konstrueres i et mercatorkort, hvorfor man ved længere sørejser, først benytter et storcirkelkort, og fra dette udsætter punkter af storcirkelruten i Mercatorkortet for at finde kompaskursen.

Konstruktionen forbigås, men eksempler er fremlagt. Projektionen er en centralprojektion, og som tangeringspunkt kan benyttes en passende bredde afhængig af, hvor på kloden, rejsen foregår. Kortet er ikke vinkeltro, og kurser kan derfor ikke udtages fra ruten direkte.

Da man ikke benytter landkonturerne, så kan man bruge det samme kort for samme bredder på både nordlige og sydlige halvkugle. Og hvis længderne ikke passer, så kan man navngive dem med længder, der passer til ens rejse.

Man udsætter afgang- og ankomstpunkterne i kortet og trækker en ret linje mellem dem. Det er storcirkelruten. På denne opmåles et passende antal punkter, der med bredde og længde udsættes i Mercatorkortet, hvor de vil danne en bue (medmindre de er ret nord eller syd). På buen afsættes med fx 100 sømil punkter, waypoints, og kompaskurserne måles op for den rette linje mellem hvert waypoints par.

Storcirklerne vil altid vende den konvekse del mod polerne, og derved kommer et skib let for tæt på en af polerne, hvor vejret kan være dårligt. Derfor sejles der tit til en maksimalbredde. Derfra følges kompaskursen ret øst eller vest, indtil man igen når den oprindelige storcirkelrute, der så følges for resten af rejsen.

SMÅ OMRÅDER, HVOR PROJEKTIONEN IKKE SES

Opmålinger er nødvendige for konstruktion af realistiske kort. Og en af de tidlige metoder i renessancen var trianguleringsmåden. Den blev anvendt af Tycho Brahe på Ven i 1578, men blev beskrevet af Gemma Frisius i 1553, og Mercator var en af de allerførste, der anvendte metoden, da han i 1540 opmålte en basislinje mellem Bruxelles og Antwerpen efter Frisius' anvisninger.

[HIK p.51]

Man opmåler en basislinje mellem to punkter, der udgør den ene side i en trekant. Og man måler vinklerne fra basislinjens endepunkter mellem basislinjen og retningen til et fjernereliggende punkt. Vinklerne er de to af de tre i trekanten, og ved hjælp af de simple trigonometriske funktioner kan man udregne længden på de øvrige sider. Med denne trekant beregnet kan man sigte på et andet fjernere punkt, måle vinklerne ved basislinjen og derved få endnu en trekant. Det fortsætter man så med til hele det ønskede område er målt.

I praksis måler man først nogle meget store trekanter, og opdeler derefter hver enkelt i flere små trekanter. Opmålingernes sider er faktisk storcirkler, da sigtelinjer er storcirkler, men med distancer, der ikke er længere end øjet kan se, så bliver relationen til jorden ubetydelig, og man kan udsætte vinklerne direkte på en plan flade som målebordets papir.

DANSKE KORT AF ÆLDRE DATO

Der er ingen ældre danske kort, der er sat ind i et bestemt referencesystem før efter Videnskabernes Selskabs kort. Hvorvidt Korsgaard i sin bog også mener, der ikke har været gjort forsøg på at benytte en kendt projektion, fremgår ikke, men han efterlader blanke felter, hvor projektionen skulle stå i omtale af alle kort til og med Videnskabernes.

Fra 1848 nævnes den modificerede flamstedske projektion = Bonnes projektion ved atlasbladene i 1:80.000 (eng. *A Bonne projection is a pseudoconical equal-area*), den giver et hjerteformet kort, der er arealtro.

Fra 1868 benyttede Generalstaben Lamberts projektion. Det er en konform konisk projektion, og der blev anvendt et fælles projektionsplan for hele landet.

[Korsgaard p.8]

Johannes Mejer

Johannes Mejer opmålte også Danmark til sine kort, men han satte ikke sine opmålinger ind i et verdensperspektiv eller i andet større perspektiv og konstruerede kortene i en slags vinkelret koordinatsystem, hvor han afsætter punkter efter pejlinger og distancer.

Han beregnede sine bredder astronomisk ved observationer af fiksstjernernes nedre kulminationer om natten. Beregningerne er meget nøjagtige, men alle er 1,5 bueminut forkerte, fordi han ikke kendte til lysbrydningsforholdene i atmosfæren. [Nielsen p.117]

Han benyttede også nordretningen fundet efter et kompas og tog ikke højde for misvisningen, og derfor får hans meridianer en forkert retning. I slutningen af hans produktion blev han klar over fejltagelsen og forsøgte så at rette sine seneste kort. Fejlen er dog ikke så ringe for os, for det har gjort det muligt fra kortene at udlede misvisningen midt i 1600-tallet. Den var omkring 3,5 grader øst i Jylland.

Husk på, at forskellen mellem platkort og voksende kort først kan ses, når astronomisk beregnede længder bliver afsat.

Jens Sørensen

Jens Sørensens søkort er på samme traditionelle måde konstrueret ud fra opmålinger, Brugte han astro?

Videnskabernes Selskab

Videnskabernes Selskabs kort er så ofte behandlet, så jeg vil ikke gå ind på deres historie, men kun konstatere, at det var de første danmarkskort, der blev konstrueret på grundlag af en total triangulering, korrigeret med astronomiske beregninger på en del hovedpunkter, der således blev aflagt med den tids mulige nøjagtighed. Man benyttede målebordsblade i marken, og der blev til at dække Danmark brugt 835 stk.

Udgangspunktet var en basislinje fra Mørkhøj til Brøndby, og trekanten, man valgte, blev en ligesidet med Rundetårn som toppunkt. Det var et bevidst valg, fordi den franske kartograf Jean Picard tidligere havde bestemt Rundetårns beliggenhed i overensstemmelse med sine europæiske opmålinger, og derved kunne man forbinde den danske opmåling med et – skal vi sige – officielt Europa kortværk i 1700-tallets slutning.

Den projektion, der blev brugt til videnskabernes kort, er ikke et Mercator, og ikke et platkort. Man kan på kortet se, at det har flere meridianminutter på nordrammerne end på sydrammerne. Projektionen, der er benyttet, er ikke anført på kortene, og heller ikke Peter Korsgaard nævner det i sin bog. [Korsgaard p.55]

Kort over begrænsede områder viser ikke projektionernes styrker og svagheder. Paskortet, plankortet eller plate-carrée-kortet. [Fenna p.51]

PROJEKTIONERNE I RENÆSSANCEN OG DEROMKRING HJERTEFORM

Efter middelalderen blev der i renæssancen i takt med den voksende opdagelse af verden større fokus på kortmaterialet, og der blev udviklet forskellige projektioner, hvoraf den hjerteformede var den mest iøjnefaldende. Kortene blev betegnet for »Det kosmografiske Hjerte« (Johannes Schöner, Nürnberg, 1551).

Codiformede kort

Det første hjerteformede kort blev udgivet i 1511 og i 1566 blev det sidste originale udgivet, og man kender i dag omkring 18 originale kort af typen. Derefter var der fremkommet bedre projektioner til at vise den kendte verden med, så brugen af hjerteformen blev relativt kortvarig.

George Kish, der har beskæftiget sig med projektionen i *Imago Mundi*, fastslår, at de er konstrueret som arealtro projektioner af en pseudokonisk type og i lighed med Bonnes projektion. Af øvrige karakteristika er alle breddeparalleller cirkler, standardmeridianen er en ret linje, kortet er næsten afstandstro i forhold til nordpolen, og sluttelig har det største dimension i øst-vestretning.

Kortene findes i tre grupper. Den første har nordpolen i den konkave topdel og sydpolen i en tilspidses form i kortets modsatte ende. Typen kaldes den ”komplette” eller ”typiske” form. I den er en breddegrad og en længdegrad på ækvator ved standardparallelens lige store, men forvrængningen tiltager bort fra dette punkt. Det kan ses, at retninger og pejlinger ikke kan udsættes i kortet, da meridianer og paralleller da skal krydse hinanden under en ret vinkel, hvad der ikke er tilfældet her.

Den anden gruppe har samme nordpolsform, men har afskåret den sydlige del, så sydpolen ikke forekommer på kortene. Gruppen kaldes den ”forkortede” eller ”trunkerede”.

I den tredje form er verden opdelt i to hjerteformede halvkugler og kaldes for den ”dobbelt hjerteform”. Af denne form kendes kun tre kort, og typen blev brugt af Mercator, der faktisk kopierede Oronce Finés type til sit første verdenskort fra 1538.

Det ældste bevarede kort af typen er tegnet af Petrus Apianus og udkom i 1530 med titlen Tabula Orbis Cogniti = Kort over den kendte verden. Andre kort efter Apianus havde mod nordpolen en opadgående spids i stedet for den almindelige hjerteformede nedadgående. [Kish p.13f]

I Ptolemæusudgaver kan man finde hjerteformede kort af den trunkerede type, hvor sydpolen ikke er medtaget, hvilket også må have været uinteressant, da landet endnu ikke var opdaget.

En anelse tidligere end det første hjerteformede kort udkom i 1507 Waldseemüllers verdenskort på Ptolemæus' 2. projektion med en nogenlunde hjerteform, hvor nordpolen spidser opad og sydpolen mangler. Det er kortet, hvor navnet Amerika første gang forekommer. [Keuning p.11]

AFSLUTNING

Antal af projektioner er enormt, og der findes stadig på nye. I 1800-tallet kom navne som Gauss til med en konform projektion, Hassler med en polykonisk projektion, Mollweider med en arealtro, elliptisk pseudocylindrisk projektion, og man begyndte at anvende den transversale mercatorprojektion til kort i større målestok, og i samme århundrede blev omdrejningsellipsoiderne fra G.B. Airy, Clarke til.

NYESTE GPS-PROJEKTIONER

GPS-instrumenterne kan alle anvende den transversale mercatorprojektion. Den eksisterer i to standardversioner i Danmark, som alle de nye kort aflægges i, når de skal sælges til GIS – GPS-brug. Den ene kaldes for UTM/EUREF89 og den anden bare KP2000. Begge projektioner er

konstrueret ud fra en cylinder, der skærer jorden på to steder, der er parallelle med centralmeridianen.

Se gennemgang med kort på de to adresser her:

<http://people.math.aau.dk/~fajstrup/UNDERVISNING/KORTPROJEKTIONER/SPISESEDLER/slides7mm.pdf>

http://www.kortforsyningen.dk/partner/seminar/2010/ppt/KFseminar2010_Simon_Nytomprojektioner.pdf

Når man befinder sig tæt på skæringslinjerne, så er afstandskorrekturen 0, og jo længere man fjerner sig fra dem, des større bliver korrekturene. For UTM bliver korrekturen i Danmark på ± 40 cm per km, mens den for KP2000 kun er på ± 5 cm per km. [K&M, 2000 p.1]

HVILKEN PROJEKTION ER ANVENDT?

Skal man finde ud af, hvilken projektion et kort er aflagt efter, skal man bedømme meridianernes og parallelernes forløb, og man kan finde tabeller over mulighederne i nogle lærebøger.

Har man fx rette og parallelle meridianer og vinkelrette og parallelle paralleller, så kan der være tale om et mercatorkort eller et kvadratisk eller rektangulært platkort. Er der ulige langt mellem parallelterne er der tale om et mercatorkort, er der lige langt mellem dem, er der tale om et platkort.

[Raisz p.189]

KILDER

En god side med definitioner på engelsk er:

<http://mathworld.wolfram.com/topics/MapProjections.html>

Anon, 1977: *American Practical Navigator – Bowditch*, Vol. 1. [BOW1]

Anon, 1987: *Admiralty Manual of Navigation*, Vol. 1, [AMN1]

Benedict, Laurentz, 1568 / 1915: *Søkartet offuer Øster och Vester Søen...*, ed. Johannes Knudsen [Benedict, 10195]

Bramsen, Bo, 1965: *Gamle Danmarkskort*, Grønholt Pedersen, [6537]

Bugayevskiy, Lev M. et Snyder, John P., 1995: *Map Projections*, Taylor & Francis, [Snyder]

Duken, A.J., 1988: "Reconstruction of the Portolan Chart of G. Carignano c. 1310". In: *Imago Mundi*, Vol. 40, pp. 86-95, [Duken]

Fenna, Donald, 2007: *Cartographic Science – A Compendium of Map Projections*, Taylor & Francis

Hahn-Woernle, Birgit, 1993: *Die Ebstorfer Weltkarte*, Kloster Ebstorf, 2. Auflage, [9826]

Hansen, K. Gravgaard, 1982: *Navigation I*, DfS [NAV1]

Hodgkiss, A.G., 1981: *Understanding Maps*, Dawson, [2170]

Kejlbo, Ib, *Historisk kartografi*, DHF, 1966, [HIK, 7327]

Keuning, Johannes, 1955: "The History of Geographical Map Projections until 1600". In: *Imago Mundi*, Vol. 12, pp. 1-24, [Keuning]

Kish, George, 1965: "The Cosmographic Heart: Cordiform Maps og the 16th Century". In: *Imago Mundi*, Vol. 19, pp. 13-21, [Kish]

Korsgaard, Peter, 2006: *Kort som kilde*, DHF, [10199]

Monmonier, Mark, 2004: *Rhumb Line and Map Wars*, University of Chicago Press, [Monmonier]

Nielsen, Niels, 1944: "Den danske Kartografis Historie", In: *Geografisk Tidsskrift*, Vol. 47, pp. 114-121 [Nielsen]

Nørlund, P, 1942: *Danmarks Kortlægning I*, [Nørlund]

Ravn, H.O., 1919: "Søopmaaling og Søkort". In: Liisberg, Bering ed.: *Danmarks Søfart og Søhandel*, bd. II, Nyt Nord. F. [DaSøSø2]

Raisz, Erwin, 1962: *Principles of Cartography*, Mc-Graw-Hill, [10609]

Richter, Herman, 1928: *Een Siö-Book om Siöfarten i Östersjön af Johan Månsson*, Stockholm 1644, repr. [Richter]

Steers, J.A., 1962: *Study of Map Projections*, Univ. of London, [9749]

Wittrup, Jørgen, 1998: *Navigation I*, ICW [NAV8]