

2. Projektion

Kortprojektioner

En kortprojektion kan defineres som en systematisk metode til overførsel af punkter fra jordkloden til kortet.

Da jordens overflade er en dobbeltkrum flade i modsætning til kortets plane flade, vil en overføring af punkter aldrig kunne ske uden forvanskninger af den ene eller den anden art.

Alt efter den brug man vil gøre af det færdige kort, vil man ved tilrettelæggelsen af det vælge en kortprojektion, der lader forvanskningerne optræde under de gunstigst mulige former.

Som følge af, at jorden er kugleformet, burde kortet over et terrænområde have form som et udsnit af en kugleflade for at være helt korrekt, og måtte for at bevare sin form være fremstillet på en stiv plade, der har form som en kuglekalot.

Dette er tilfældet for en globus, men aldeles upraktisk og bekosteligt i praksis.

Kortene bør kunne trykkes på papir, de enkelte kortblade bør kunne sammensættes til et større, samlet område, og kortene må derfor fremstilles på en flade, der kan foldes ud til en plan flade.

En kugleflade kan ikke med bevarelse af sin sammenhæng bredes ud til en plan flade.

F.eks. kan en halv appelsinskal ikke gattes ud på en bordplade uden at revne.

Ved den plane gengivelse af jordoverfladen må der nødvendigvis opstå forvanskninger, men disse går i forskellige retninger, eftersom overføringen sker på den ene eller den anden måde.

Der anvendes mange forskellige fremgangsmåder for overførelsen af kuglefladen til en plan flade.

De tre væsentligste former er, hvor overfladens projiceres over på et plan, en cylinder eller en kegle. Derved fremkommer henholdsvis **azimutal**-, **cylinder**- og **kegle**-projektion.

Hver af disse kan igen fremstilles som **ortografisk**-, **stereografisk**- eller **central**-projektion.

Uanset hvilken geometrisk konstruktion, der anvendes, opnås ingen fuldstændig rigtig gengivelse af Jordens overflade.

Kortet kan være **arealtro**, **afstandstro** eller **fladetro**.

Ingen projektion kan opfylde alle tre krav; nogle gengiver to mål rigtigt, andre kun det ene. Man må vælge den kortprojektion, der passer bedst til kortets formål.

Til topografiske kort (d.v.s. terrænbeskrivende kort) vælges vinkeltro.

Til geografiske kort vælges arealtro.

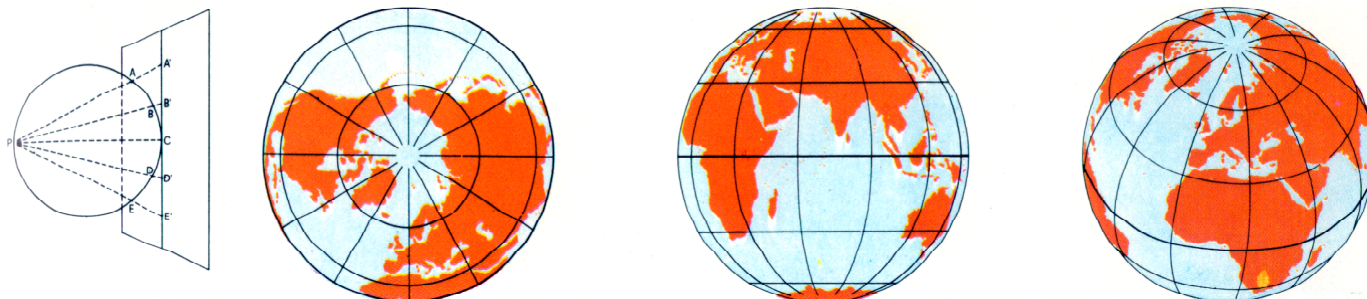
2. Projektion

Azimutalprojektion (på Plan)

Ved denne projektion tænkes den aktuelle jordoverflade overført til et plan.

De følgende tegninger viser resultatet, når Planet tangerer Jordens overflade ved polen, ved ækvator og mellem polen og ækvator.

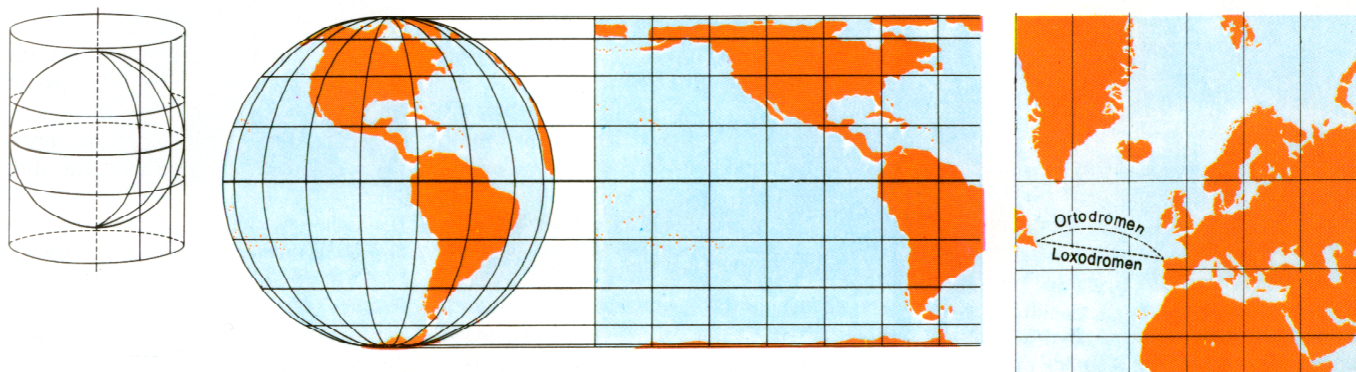
Da øjepunktet P er placeret på Jordens overflade, bliver resultatet en *stereografisk* azimutalprojektion.



Planet tangerer ved pol ved ækvator mellem pol og ækvator

Cylinderprojektion

Ved denne projektion tænkes den aktuelle jordoverflade overført til en cylinder med samme diameter som jorden.



Ved ækvator bliver der ingen forvansket gengivelse, mens den giver meget forvanskede gengivelser ved polerne.

Meridianerne bliver afbildet som parallelle linier, hvilket giver vinkeltro projektion.

Dette kaldes også Mercator-projektion, som f.eks. anvendes til søkort.

Denne afbildningsform medfører, at man i Mercator-kort med fordel kan anvende det geografiske net som et koordinat- eller referencenet.

(Se senere omtale af UTM net)

På kortet bliver kompasretningen - loxodromen - afbildet som en ret linie. (se kortet til højre)

Den krumme linie - ortodromen - er den korteste vej mellem de to punkter.

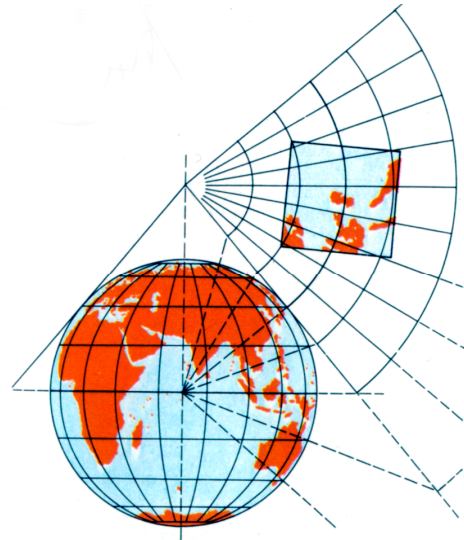
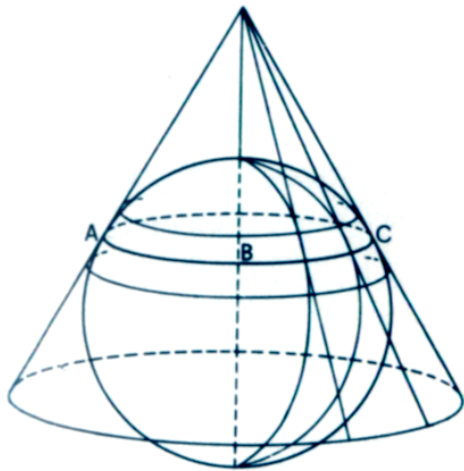
2. Projektion

Kegleprojektion

Ved denne projektion tænkes den aktuelle jordoverflade overført til en kegle, hvis toppunkt ligger lodret over nordpolen, og som tangerer jordoverfladen langs en parallel, der ligger midt i det område, der skal fremstilles kort over.

ABC er berøringsparallel mellem kuglen og keglen.

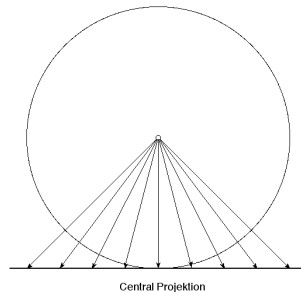
I dette tilfælde er øjepunktet i kuglens centrum, hvilket giver en *konisk centralprojektion*.



Som tidligere nævnt kan de tre former for projektion igen fremstilles som varianter afhængig af hvor **øjepunktet** (projektionscentret) er placeret.

Central Projektion

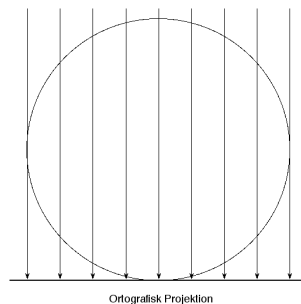
Øjepunktet er her placeret i centrum af omdrejningselipsoiden.



Ortografisk Projektion

(Rettegnende projektion)

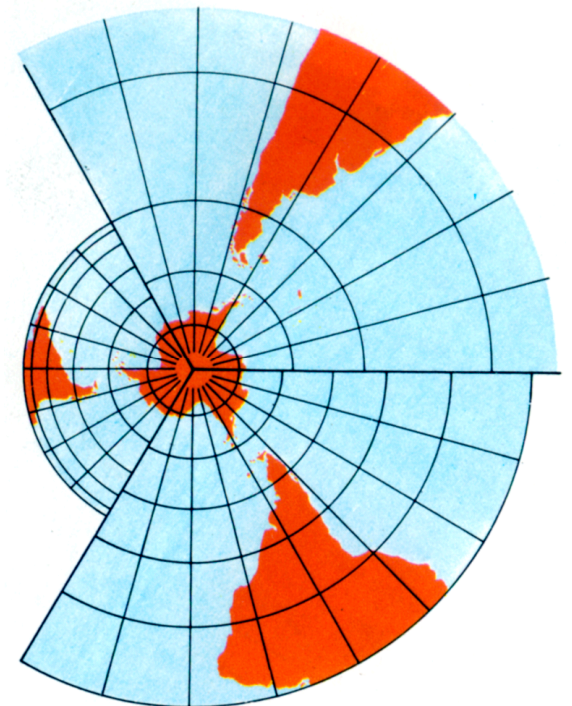
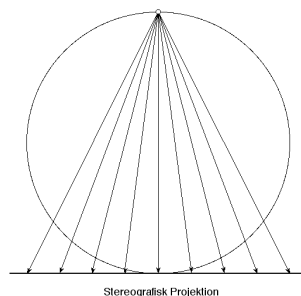
Øjepunktet er her placeret uendelig langt borte



Stereografisk Projektion

(Rumgeometrisk projektion)

Øjepunktet er her placeret på overfladen af omdrejningselipsoiden.



2. Projektion

Dansk Kegleprojektion

Jorden er som bekendt ikke kugleformet, men ligesom sammentrykt ved polerne.

Dens facon er tilnærmelsesvis en omdrejningsellipsoide.

Den benævnes jordsfæroiden eller blot sfæroiden og kan tænkes frembragt ved en drejning på 180° af en ellipse om dens lilleakse.

Ellipsens centrum ligger i i jordcentret, og omdrejningsaksen er sammenfaldende med jordens akse.

Ved fremstillingen af de danske kort tænkes jordoverfladen overført til en kegle, hvis toppunkt ligger lodret over Nordpolen, og som tangerer jordoverfladen langs en parallel, der ligger midt i det område, der skal fremstilles.

Den danske kegleprojektion er baseret på den såkaldte *Lamberts konform-koniske projektion*.

Hele Danmark med undtagelse af Bornholm og Færøerne er overført til en enkelt kegle, der tangerer jordens akse langs parallellen 56° nordlig bredde.

Man må altså tænke sig et kæmpemæssigt papirkræmmerhus lagt ned over jorden, og det skal have netop en sådan form, at det rører jorden langs parallellen 56° nordlig bredde.

Denne parallel ligger lidt syd for Skanderborg og Helsingør.

Bornholm og Færøerne er overført til hver sin særlige kegle.

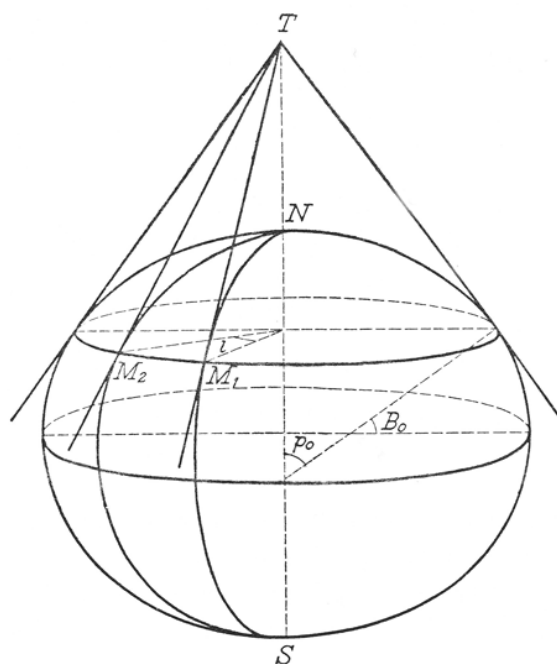
Alle terrænets punkter tænkes dernæst projiceret over på keglefladen, i princippet ved hjælp af punkternes lodlinier, men dog sådan, at man i ethvert punkt har samme målestoksforhold langs punktets meridian som langs dets parallel.

Der vil opstå små unøjagtigheder i målestoksforholdet, men de betragtes som betydningsløse.

Meridianerne vil overføres til keglen som rette linier, der udgår fra keglens toppunkt, og Parallellerne overføres som cirkler, der er koncentriske med berøringsparallelen.

Et punkt kan tænkes overført på den måde, at man fra jordens indre stikker en nål igennem jordskorpen i punktet, retter nålen ind i tyngderetningen og støder den frem, så den sætter en prik i keglen.

Hvis nu alle landets kystlinier prikkes igennem, punkt for punkt, på denne måde, og alle veje, stier, jernbaner, vandløb, gærd, bygninger o.s.v., vil man til sidst på keglen have stående et landkort med alle linier som prikkede linier.



Praksis

Hvorledes man i praksis overfører terrænet til keglen vil ganske kort blive berørt i det følgende.

For nu at få et kort af en rimelig størrelse ud af det, må både jorden og keglen formindskes kraftigt, f.eks. 25.000 gange.

Keglen klippes dernæst op langs en meridian og breddes ud på en meget stor bordplade, hvor den får form som et stort lagkagestykke.

Meridianerne stråler ud fra keglens toppunkt, og Parallellerne er cirkelbuer, der har centrum i keglens toppunkt.

2. Projektion

Og kortet over landet er tegnet på den udbredte flade.

(Danmark er her tegnet alt for stort i forhold til den udfoldede kegle.)

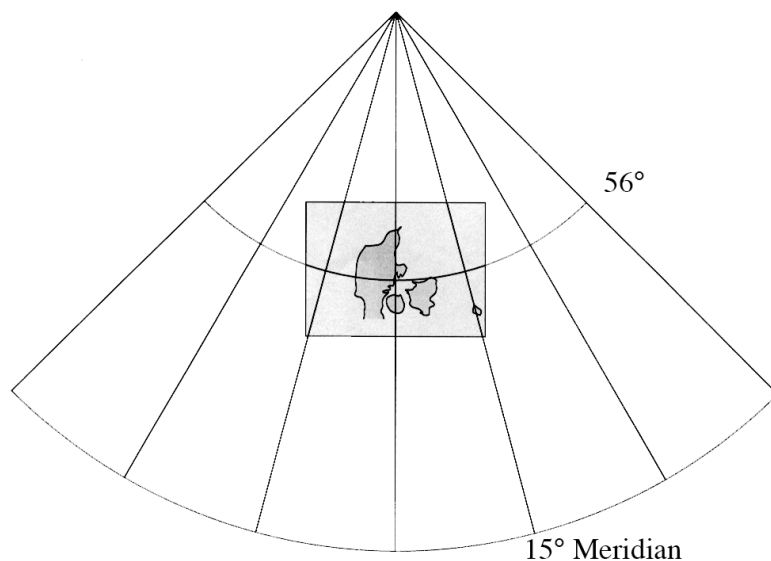
15° Meridianen går gennem Bornholm.

De 15° svarer til 1 time.

Meridianen gennem Rundetårn var tidligere valgt som udgangspunkt.

Midtemeridianen gennem Danmark ligger 2° 12' vest for Rundetårn.

Denne meridian passerer Odense.



Koordinatsystem

Over landet er lagt et retvinklet koordinatsystem, hvis y-akse er denne midtemeridian gennem Odense.

Systemets x-akse tangerer parallelen 55° nordlig bredde, - altså ikke røringssparallelen, der jo ligger på 56° nordlig bredde.

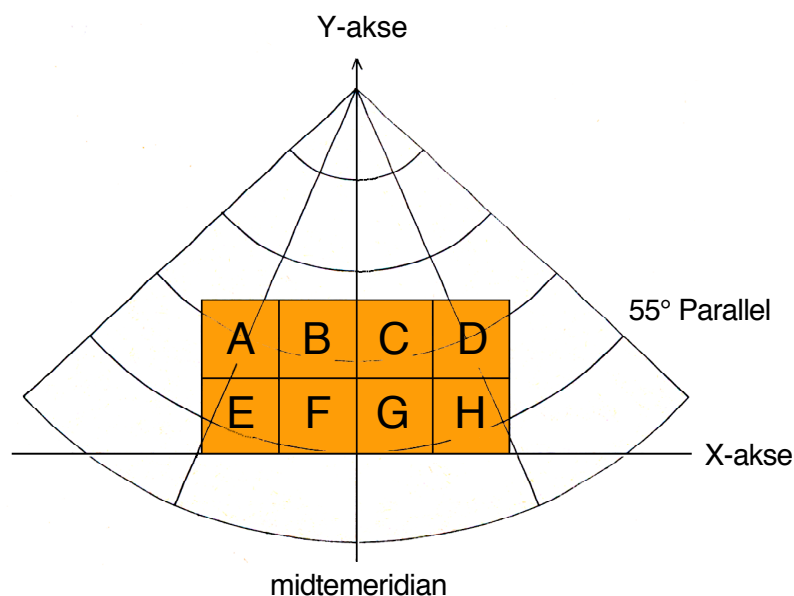
Dette koordinatsystem tjener dels til praktisk overføring af punkter fra jorden til keglen efter opmålinger. Dels til placeringen af det kvadratnet, som anvendes på kvadrerede kort.

Kortrammer

På tegningen er vist 8 kortblade A - H, som for tydelighedens skyld er gjort meget store i forhold til keglefladen.

Det ses af tegningen, at kun midtemeridianen 2° 12' vest for Rundetårn er parallel med kortbladenes vest- og øst-rammer.

Kun de kortrammer, der er sammenfaldende med midtemeridianen gennem Odense vil være helt retvendt nord - syd.



Altså den østlige kant af kortene B og F , og den vestlige kant af kortene C og G. Afvigelsen mellem kortrammer og meridianer bliver dog aldrig stor inden for et område af Danmarks størrelse.

Langs den jyske vestkyst og den sjællandske østkyst vil forskellen være 1° 54'.

Og endelig over koordinataksene, y- og x-akserne, indflydelse på landets opdeling i enkelte kortblade, idet bladernes rammer er parallelle med koordinataksene.

2. Projektion

UTM-Projektionen

UTM står for **Universal Transversal Mercator Grid**.

De fleste søkort baserer sig på en projektion, der almindeligvis går under navnet Mercator-projektionen.

Den har den specielle egenskab, at det geografiske nets linier (meridianer og Paralleller) afbildes ved rette linier, der skærer hinanden under rette vinkler.

Denne afbildningsform medfører, at man i Mercator-kort med fordel kan anvende det geografiske net som et **koordinat- eller referencenet**.

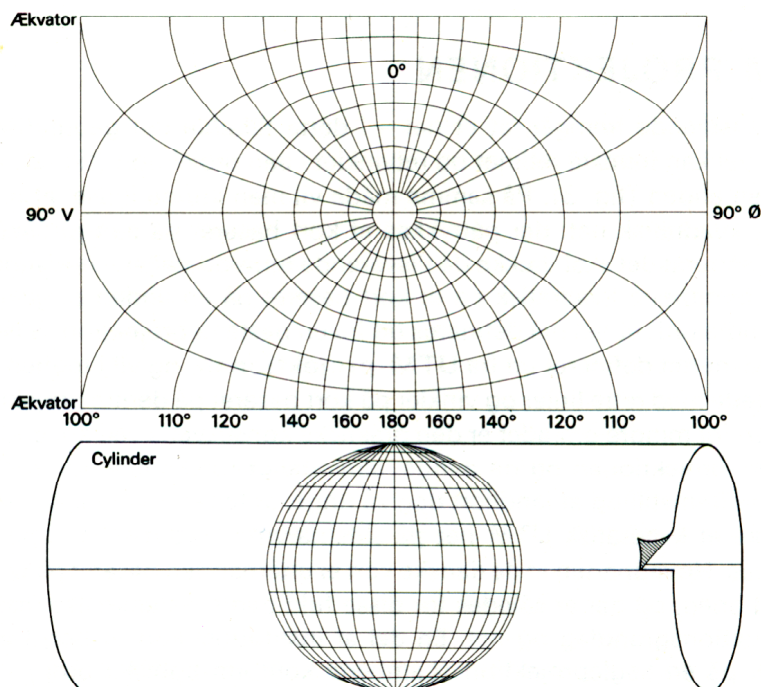
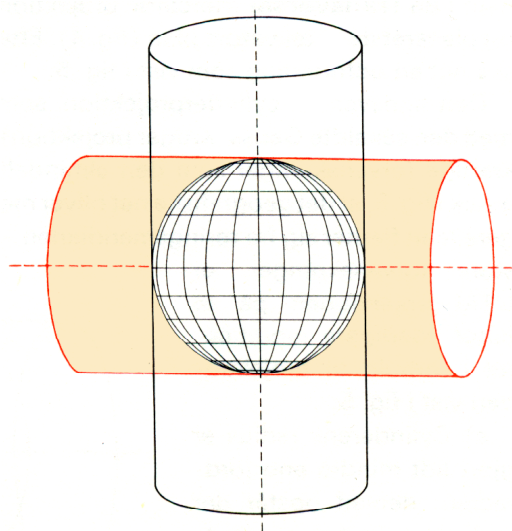
Imidlertid er denne projektion behæftet med alvorlige ulemper, der gør den uegnet til fremstilling af almindelige landkort. Langt den overvejende del af disse er derfor baseret på andre projektioner, ofte på een af kegleprojektionerne, der ikke har samme ulemper som Mercator-projektionen, men som til gengæld ikke afbilder det geografiske net som et retlinet, retvinklet system.

Et retvinklet, retlinet net er imidlertid til mange civile som militære formål en absolut nødvendighed. Flere lande - deriblandt Danmark - har derfor i tidens løb etableret lokale eller nationale systemer på deres kort, men først med **UTM-nettet**

(fra omkring 1980) har man fået et net, der kan dække hele jordkloden (med undtagelse af polarområderne) og som er på vej til at blive anerkendt og anvendt internationalt.

For nærmere at beskrive UTM-nettet vil det være nødvendigt med en ganske kort omtale af UTM-projektionen. Den er som navnet antyder en form for Mercator-projektion.

I den "almindelige" Mercator-projektion overføres punkter fra jordens overflade til en cylinder, hvis akse er sammenfaldende med verdensaksen, medens man i en **transversal** Mercator-projektion har drejet cylinderaksen 90° og placeret den i ækvators plan.



Almindelig og transversal Mercator ProjektionUdfoldet form

2. Projektion

Modifikationen

Denne transversale cylinderprojektion - (identisk med den såkaldte Gauss-Krüger projektion) ville i princippet have samme kraftige forvanskning som den almindelige Mercator-projektion (bemærk på tegningen, at det geografiske net bliver mere og mere forvansket, jo længere man fjerner sig fra rørringsmeridianen - her 180°).

For at undgå disse store forvanskninger er UTM-projektionen på to felter yderligere modificeret.

a) Cylinderens radius er gjort mindre end jordradien.

Derved opstår der mellem cylinder og jordkugle to “skæringslinier” på hver sin side af **midtmeridianen**. Hensigten med at lade cylinderen skære jorden i stedet for at lade den tangere er, at man derved opnår et bredere bælte med en given, tolererbar forvanskning.

b) Flere skæringslinier - ikke 1 men 30.

Den bedste (d.v.s. mindst forvanskede) afbildning af jordens overflade opnås i nærheden af rørlingslinien, eller som her skæringslinierne.

For at udnytte dette forhold, har man i UTM-projektionen baseret sig på ikke een men 30 placeringer af den skærende cylinder, idet der mellem mellem to nabocylindre er foretaget en drejning af cylinderaksen på $180^\circ / 30 = 6^\circ$.

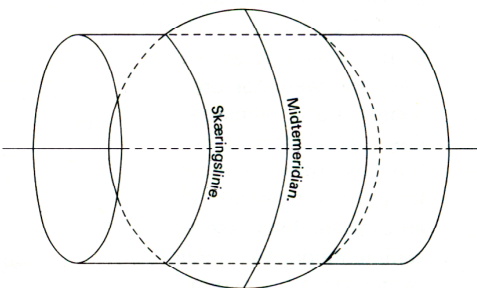
Tegningen viser 2 nabocylindre, I og II, idet dog vinklen imellem dem for overskuelighedens skyld er overdrejet.

Skæringslinien mellem to cylindre ligger i en meridianplan.

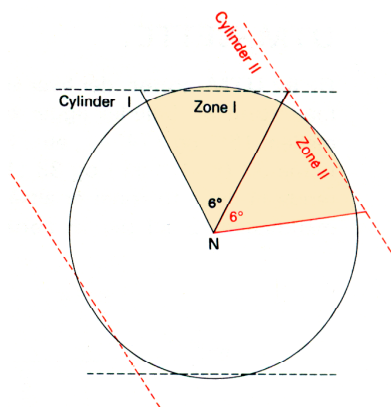
To nabomeridianplaner har altså en indbyrdes vinkel på 6 længdegrader.

Området de tilsvarende meridianer afgrænser benævnes både på jorden og på cylinderen som en **zone**, af hvilke der således findes 60.

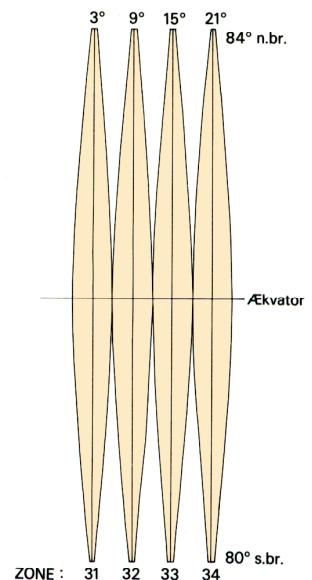
Hver zone på jordkuglen afbildes på den tilsvarende zone på cylinderen, som derefter tænkes udfoldet som vist.



Cylinderens skæring med jorden



2 placeringer af den skærende cylinder



De udfoldede
cylinderzoner

2. Projektion

Denne figur viser i øvrigt, at zonerne ikke går helt fra pol til pol, men afskæres ved henholdsvis 80° sydlig bredde og 84° nordlig bredde, idet det store antal smalle zoner gør projektionen upraktisk i polarområderne.

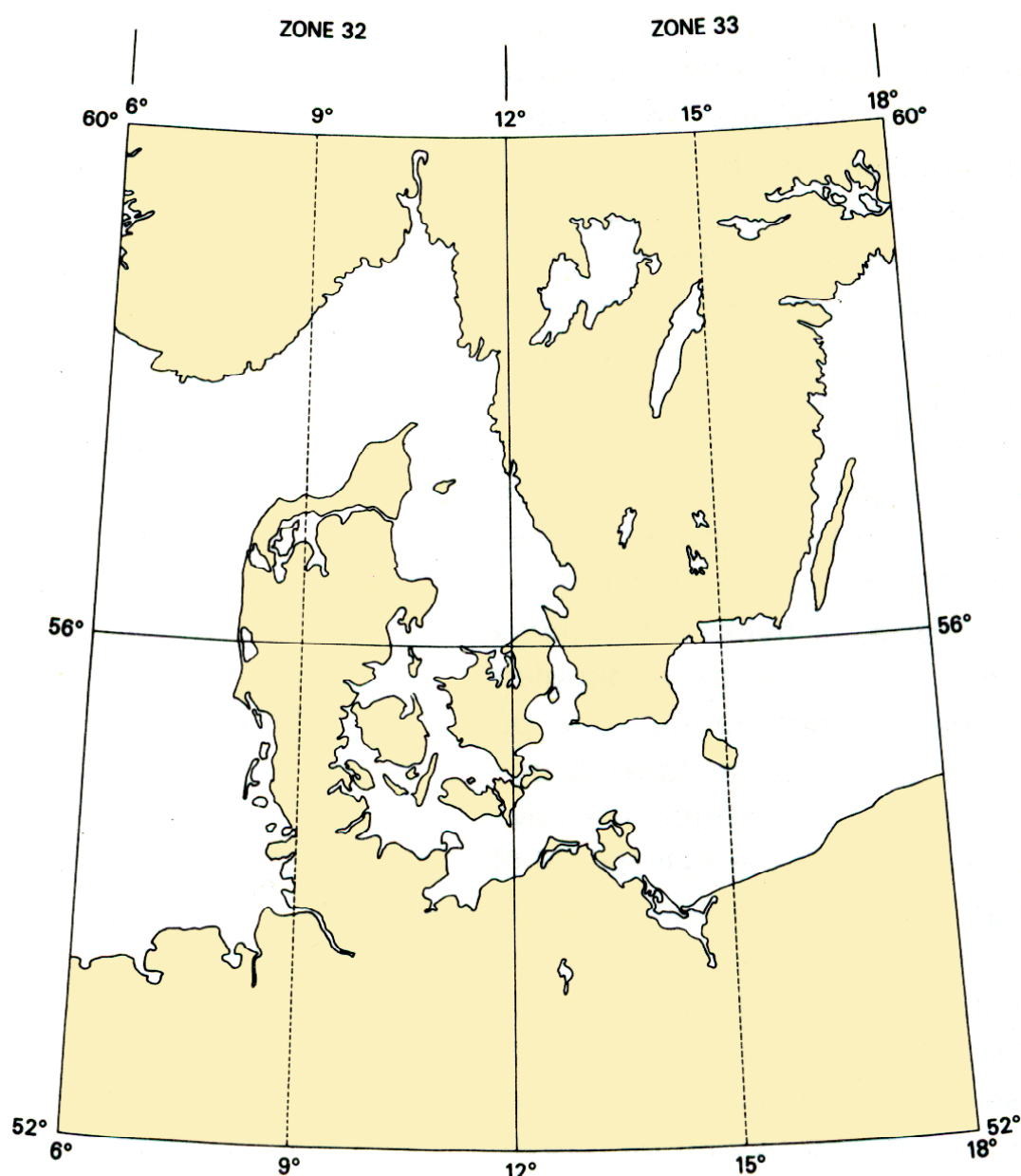
Bortset fra disse områder er projektionen stort set lige anvendelig overalt på jorden, hvilket retfærdiggør betegnelsen "universal".

UTM-nettet

De 60 UTM-zoner, der hver spænder over 6 længdegrader, benævnes med **zonetal**. Således ligger zone 1 mellem 174° og 180° v.l., zone 2 mellem 168° og 174° v.l., etc.

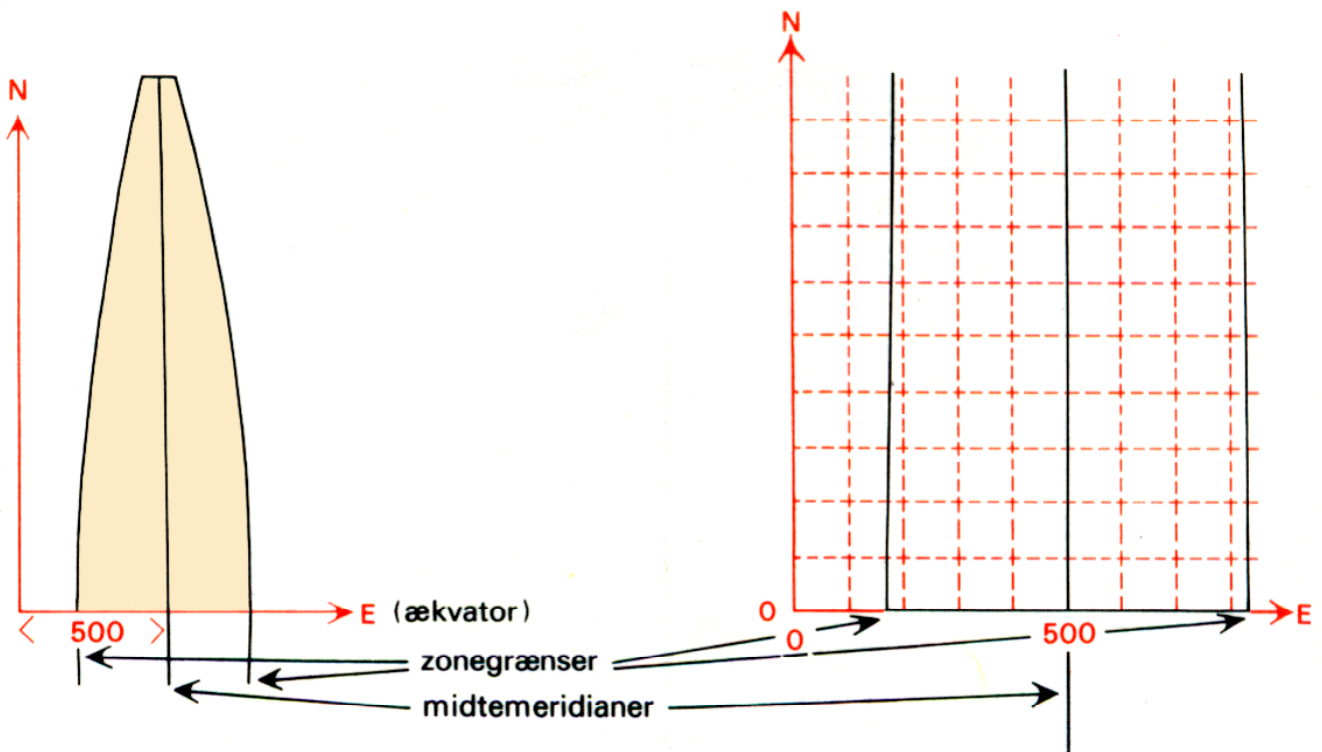
Herved kommer Danmark til at ligge i zonerne 32 (6°-12° ø.l.) og 33 (12°-18° ø.l.).

Midtemeridianerne svarende til disse to zoner er altså 9° ø.l. og 15° ø.l., medens meridianen 12° ø.l. danner **zonegrænse**.



Danmarks placering i zonerne 32 og 33

2. Projektion



Koordinatsystemets placering

Over hver udfoldet zone placeres et koordinatsystem - UTM-nettet - med en vest-øst gående akse - E-aksen (E for Easting) - sammenfaldende med ækvators afbildning, og en syd-nord gående akse - N-aksen (N for Northing) - placeret 500 km vest for og parallel med zonens midtemeridian.

Et koordinatsystem, som det her beskrevne, er for så vidt tilstrækkeligt, idet ethvert punkt kan fastlægges ved dets Easting og dets Northing.

Som det vil fremgå af det følgende, benyttes UTM-systemet imidlertid på to måder, hvoraf den ene kræver en yderligere udbygning af systemet.

Denne består i en fortsat opdeling af zonerne, idet hver zone deles i **bælter**, der strækker sig over 8° i syd-nordlig retning.

Det nordligste bælte går dog fra 72° n.b. til 84° n.b..

Inden for en zone betegnes de 20 bælter fra syd mod nord med bogstaverne C-X, idet I og O udelades.

Ved anvendelse af zonetal og bæltebogstav - tilsammen benævnt **zonebetegnelse** - kan man på entydig vis angive et område med en vest-østlig udstrækning på 6° og en syd-nordlig udstrækning på 8° .

Som det ses af tegningen på næste side, kommer Danmark derved til at ligge i områder med zonebetegnelserne: 32 U, 32 V, 33 U og 33 V

Udover en inddeling i bælter deles zonerne tillige i **100 km kvadrater**, hvis begrænsende linier udgøres af koordinat-systemets 100 km linier.

Hvert 100 km kvadrat benævnes ved zonebetegnelsen (f.eks. 32 U) efterfulgt af en **bogstavkombination** (f.eks. MJ)

2. Projektion

Det første bogstav angiver kvadratets placering i vest-østlig retning (100 km **søjlen**).

Det andet bogstav angiver kvadratets placering i syd-nordlig retning (100 km **rækken**).

I zonerne 1, 4, 7 ... 31, ... benævnes den 100 km søjle, der ligger mellem E = 100 km og E = 200 km med bogstavet A.

Søjlen til højre herfor med B, etc.

Da zonerne bliver smallere mod polerne, udnyttes de yderste søjler mindre og mindre, jo længere man fjerner sig fra ækvator.

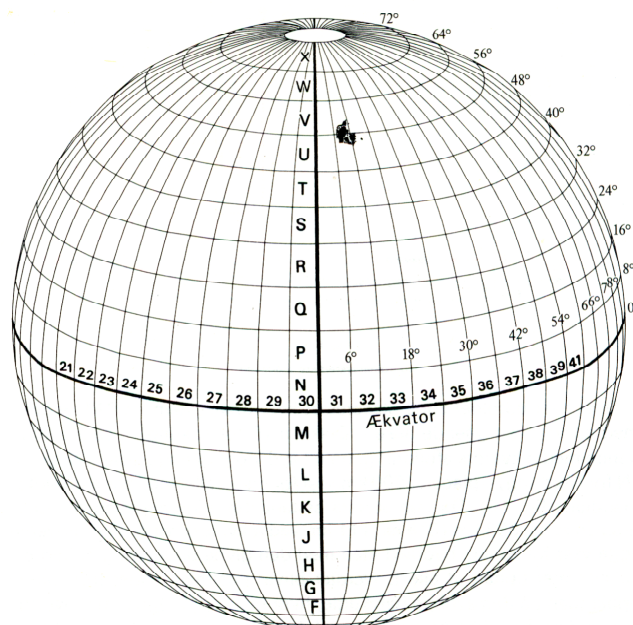
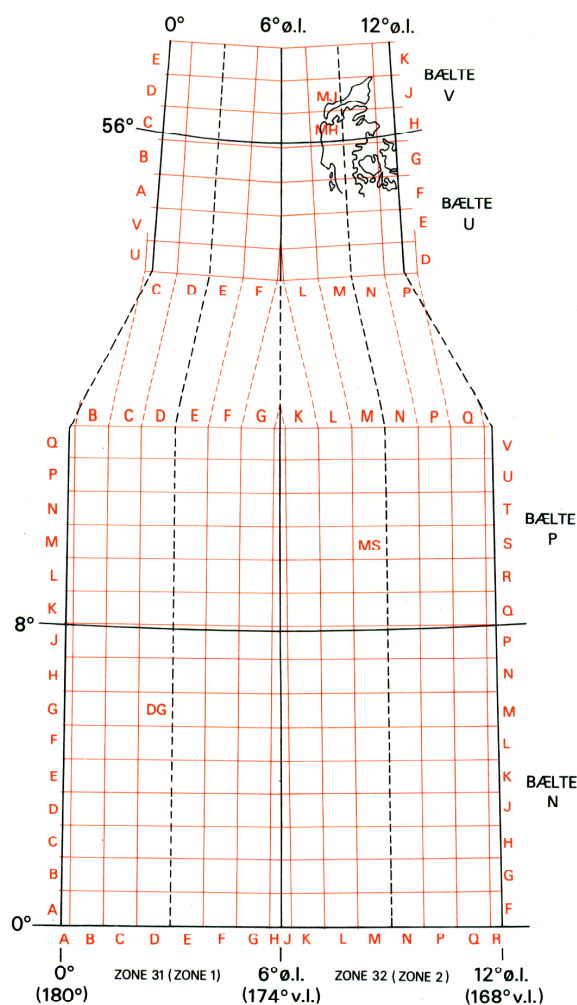
Ved ca. 30° n.b. udgår A- og H-søjlerne helt.

På tilsvarende vis deles den enkelte zone op i **100 km rækker**.

Rækken umiddelbart nord for ækvator benævnes i zoner med **ulige** numre med bogstavet A, derefter med B etc.

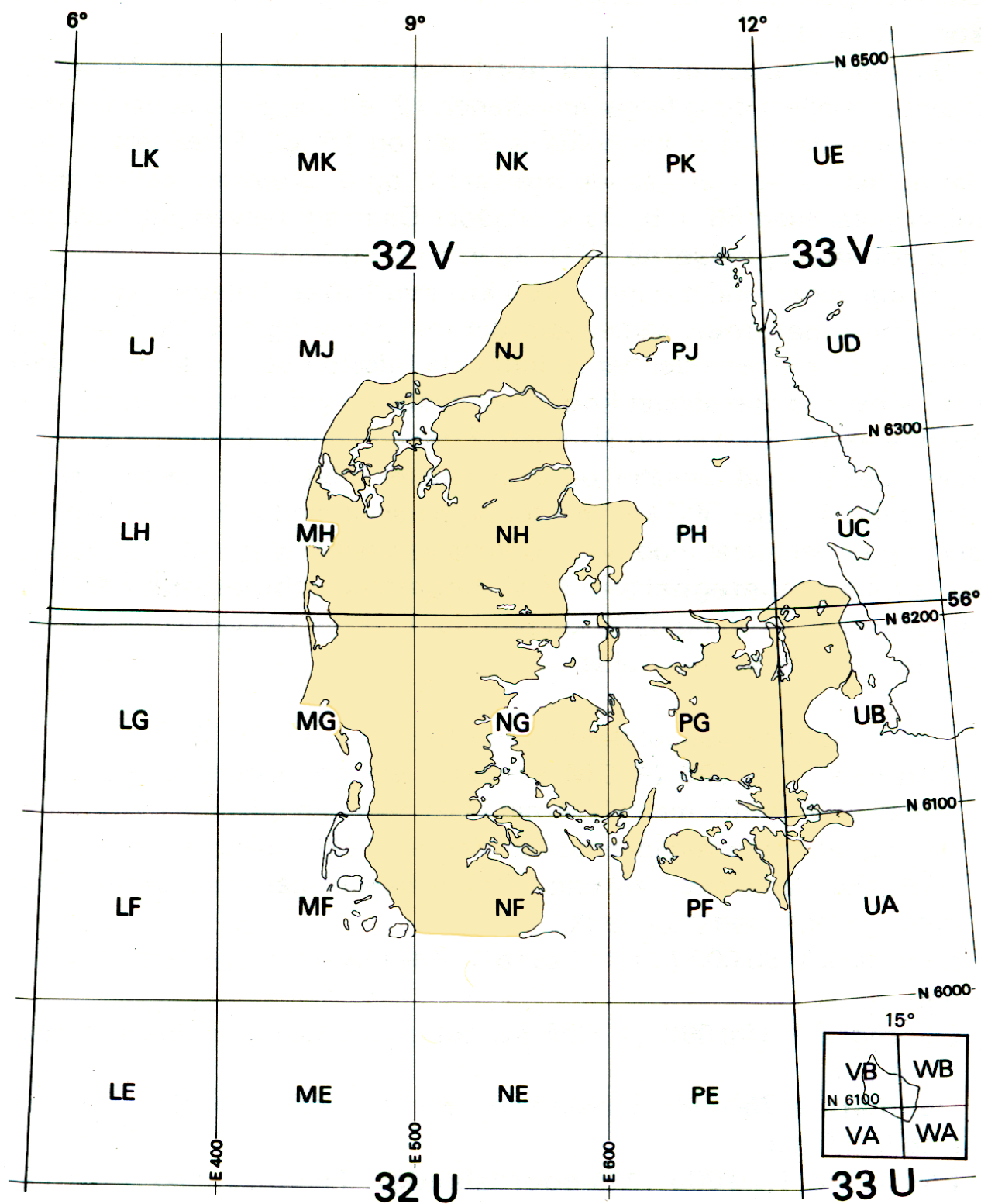
I zoner med **lige** numre er rækkefølgen F, G, etc.

I begge tilfælde er I og O udeladt.



2. Projektion

UTM-nettet på danske kort



2. Projektion

Danmark er som tidligere beskrevet placeret i 2 syd-nordgående UTM-**zoner** , 32 og 33.

Grænsen mellem disse følger meridianen 12° ø.l., og de to zoners midtemeridianer udgøres af henholdsvis 9° ø.l. og 15° ø.l.

Endvidere er landet opdelt i 2 vest-østgående **bælter**, U og V.

Grænsen mellem disse følger parallellen 56° n.b..

De 4 områder Danmark kan inddeles i har **zonebetegnelserne**

32 U, 32 V, 33 U og 33 V.

Herudover er landet opdelt i **100 km kvadrater**, betegnet med **bogstavkombinationer**, sådan som det fremgår af tegningen.

De linier, der udgør kvadraternes sider har en indbyrdes afstand på 100 km og indgår i et for hver zone etableret **koordinatsystem** med to på hinanden vinkelrette akser: E-aksen og N-aksen.

E-aksen (E for “Easting”) er sammenfaldende med ækvator og er orienteret mod øst.

N-aksen (N for “Northing”) ligger 500 km vest for og parallelt med zonens midtemeridian og er orienteret mod nord.

Danmarks vestligste punkt - Blåvand - har altså

zonebetegnelsen 32 U,

bogstavkombinationen MG,

ligger mellem 6100 og 6200 km nord for E-aksen,

og ligger mellem 400 og 500 km øst for N-aksen.

Efterhånden er alle danske kort forsynet med UTM-net.

På hvert kort er dets zone-betegnelser angivet og forklaret.

Se i afsnittet om signaturer.

Litteratur:

Geodætisk Institut

1981, 4 oplag

UTM-Nettet

Opbygning og Anvendelse