

# Mercators Projecties

door F. VAN CLEEMPUT

Kapitein op de grote vaart

Leraar aan de Hogere Zeevaartschool te Antwerpen

Lid van de Marine Academie

*Voordracht gegeven op 5 december 1962*

HET is een aangrijpend en fascinerend schouwspel een zonsondergang bij te wonen vanaf de top van de pyramide van Kheops. Een eindeloze vlakte, een zee van okerkleurig zand ligt diep beneden ons; doorsneden door een vaalgeel lint, de Nijl. Enkele hoog opgeschoten palmen, een paar primitieve hutten, en felouk op de stroom. Tegen de nog heldere kim tekenen zich de minaretten der oude stad af, de graven der Mommelouks, en zeer ver, aan de voet van de op een heuvel gelegen Moskee van Mahomed Ali moet de oude stad Caïro te vinden zijn. Een wazig blauwe nevel hangt over het warme woestijnzand. In onze nabijheid zien we de silhouetten van de pyramiden Kephrem en Mykerinus, twee wiskundige monumenten. Daarnaast, in haar mystieke schoonheid, de Sphinx.

Zo hoog in de zoele lucht, in deze betoverende atmosfeer, werkt de verbeelding het sterkst en we kunnen ons gemakkelijk indenken hoe hier, aan de voet van deze pyramiden, zes eeuwen voor onze tijdrekening, Thales van Milet met enkele priesters zou hebben staan redetwisten over de hoogte van dit bouwwerk.

Thales van Milet zou met overtuiging hebben beweerd: « De schaduwlengte van de pyramide staat in verhouding tot mijn schaduwlengte, zoals zijn hoogte tot mijn grootte ». Hij deed niets meer dan de stelling der gelijkvormigheid der driehoeken toepassen, uit het derde boek der Euclidiaanse meetkunde. Maar in die jaren bestond deze

meetkunde nog niet ! Hij voelde ze wel aan en gebruikte haar dus zonder haar te kennen. Hij had de gewoonte op het griekse eiland Milet de afstand te meten waarop de schepen van de kust passeerden. Met een peilvisier en de kennis van de hoogte waarop hij zich boven de zeespiegel bevond, paste hij, zo maar, de principes der driehoeksmeting toe. Deze bedenkingen maakte ik vele jaren terug, van hoog in de top van een pyramide. Waren zij geschiedkundig zuiver ? Laat mij zeggen dat het een historische fantazie is, eigen aan jonge mensen.

Twintig eeuwen later leefde Mercator. Ook hij bevond zich aan de voet van een pyramide. Het was nu wel geen berg van steen maar een berg van cijfers ! Het kaartsnijden diende op een wetenschappelijke basis te worden aangepakt.

Bij Gemma Frisius leerde hij hemel- en aardsferen tekenen. Aan Gemma Frisius had hij ook de kennis te danken van de geometrie en de astronomie. Ter wille van den brode moest hij landerijen en eigendommen opmeten en als plans op papier afbeelden. Mercator wist dat er verband bestond tussen bol en vlak.

Onvrijwillig zullen wij een vergelijking maken tussen Gerard Mercator en Thales van Milet. Beiden pasten zij de meetkunde toe zonder haar grondig te kennen, beiden hielpen zij de kennis van de zeevaartkunde op te voeren. Thales van Milet legde de principes vast van de huidige kustnavigatie. Gerard Mercator legde de principes vast van de moderne cartografie.

Mercator was door zijn studies en zijn opvoeding een filosoof. Hij verwierf in 1532 het Magister Artium aan de Universiteit van Leuven. Maar van nature uit was hij een wiskundige en een technicus. Zijn studies hadden hem het methodisch denken geleerd, zij hadden hem wijsgerige beschouwingen verschaft over het leven en het heelal. Zijn bezigheden echter brachten hem voortdurend in contact met de techniek. Nochtans had hij zich een hoger doel gesteld : terugblikken in de oerdiepten van het leven en vanuit deze chaotische ondergrond opklimmen naar een harmonische kosmos, naar het glasheldere wereldruim. Hij zou de wereld in beeld brengen, de verschillende gedeelten der aarde in kaart stellen en nadien overgaan naar de cosmografie en de astronomie. In dit opzet is hij voor een groot deel geslaagd. Hij bewees de mensheid in het algemeen en de zeeman in het bijzonder een zeer grote dienst.

Hoever waren de cartografie en de zeevaartkunde gevorderd bij de aanvang van de XVIde eeuw ?

De XVde en XVIde eeuw, een periode van grote Spaanse en Portugese ontdekkingsreizen, is het begin geweest van de grote vaart. De zeelieden hadden bij de koers- en afstandsmeting, de peiling en verhedenschatting, hun ondervindingen zorgvuldig bewaard omdat deze gegevens van groot nut konden zijn voor de volgende reizen. Nochtans was er een groeiende behoefte aan meer nauwkeurigheid. De kennis over de afmetingen van de aarde was onvoldoende. Het gebruik van gebrekkige kompassen, het slecht schatten en niet meten van afstanden en verheden maakten de toestand nog meer verward. Op sommige kaarten stonden windrozen aangegeven waardoor rechte lijnen getrokken waren met een hoeksverschil van 1 streek (11° 15'). Zo krijgen we de indruk dat de verticale en horizontale lijnen respectievelijk meridianen en parallelcirkels zijn. Zij werden slechts aangebracht om de richting aan te geven. De kompassen die gebruikt werden waren niet alleen primitief van constructie maar stonden natuurlijk onder de invloed van het aardsmagnetisme die veranderlijk is met de plaats van waarneming. Zo werden de zagezegde meridianen en parallelcirkels, en hierdoor ook de gepeilde kustpunten onjuist aangegeven. Door de onvoldoende kennis van de variatie was de toenmalige kaartenkunde onbetrouwbaar.

De mening won veld dat er een meridiaan moest bestaan waar de variatie nul was. Deze ging schijnbaar door de Azoren. Deze eilanden waren bovendien portugees bezit, dus de eerste meridiaan (nul meridiaan) moest dan maar door de Azoren lopen.

Men bracht ook de variatieverandering in verband met de lengteverandering, de nauwkeurigheid van de variatie en deze van de geografische lengte waren echter ver te zoeken.

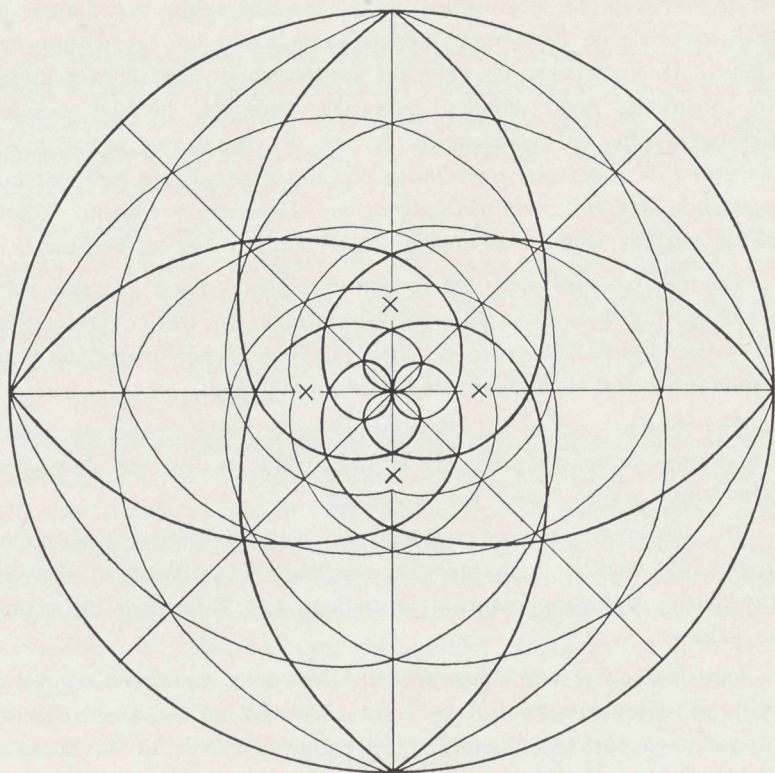
De zeevaarder, behoudensgezind van natuur, niet in staat wetenschappelijke werken te raadplegen, zag wel de noodzaak in van een nauwkeurige oplossing maar hij kon deze niet verkrijgen bij gebrek aan kennis.

Om daaraan te verhelpen werd in 1508 door Amerigo Vespucci te Sevilla een Zeevaartschool gesticht. In 1529 was het Dr. Pedro Nuñez, astronoom en cartograaf aan het Portugese Hof, die in de Zeevaart Academie van Lagos de zeevaarders nauwkeuriger leerde navigeren.

Men wist dat de parallellen gelijklopend liepen met de equator, op onderling gelijke afstand. De sterrenkundigen hadden aangetoond dat de meridianen, naar de pool toe convergerende lijnen waren, maar de cartografen vonden het middel niet om deze begrippen over parallellen en meridianen op een plat vlak samen te brengen.

Men behielp zich met de aardgloben die aan boord werden gebruikt samen met zeevaartkundige beschrijvingen, ruwe schetsen en primitieve, met de hand geschilderde zeekaarten.

In zijn pleidooi ter verbetering van de navigatie steunde Pedro Nuñez zich vooral op de kaart van Ptolemaios. Hij wees op de stelling van Pythagoras voor de afstandsberekening. Hij wees op het bestaan van de convergentie der meridianen. Hij kende er de waarde niet van, maar hij wist wel dat na het overschrijden van de breedte van  $18^\circ$  er zich onnauwkeurigheden moesten voordoen.



*Fig. 1. — Diagram dat PEDRO NUÑEZ gebruikte om aan te tonen wat eigenlijk de loxodrome is.*

Opmerking: Voorstelling van het noordelijk halfrond waarin, de vanuit de equator vertrekkende, ENE en WSW koersenlijnen begrensd zijn tot ongeveer  $70^\circ$  breedte ( $\times$ ).

Hij toonde verder aan dat de kortste afstand tussen twee punten op de aardbol niet gevolgd kon worden wanneer men de koershoek behield, maar wel als men een grootcirkel volgde.

Ter verklaring voegde hij er volgende figuur aan toe. (Fig. 1)

Een cirkel in een plat vlak stelt de equator voor. Vanuit het middenpunt worden acht stralen getrokken met middelpuntshoeken van  $45^\circ$ . Zij stellen acht meridianen voor, die allen samenkomen in de pool. Vanuit een punt van de evenaar trekt hij een kromme, die naar de pool toe gaande met de opvolgende meridianen een bepaalde hoek vormt. De bekomen kromme is een spiraal en geen grootcirkel uitgevoerd volgens een polaire projectie. Daar alleen de grootcirkel de kortste afstand voorstelt zo moet de koerslijn (hier loxodrome) langer zijn. Met onze moderne begrippen is er op dit bewijs nog al wat aan te merken, maar het geheel overtuigde toch de kaartsnijders van toen zodanig dat de nodige aandacht besteed werd aan de loxodromen.

Welk was nu het probleem dat Mercator zich stelde? Hij wilde met voldoende nauwkeurigheid, de aarde als bol op een plat vlak afbeelden.

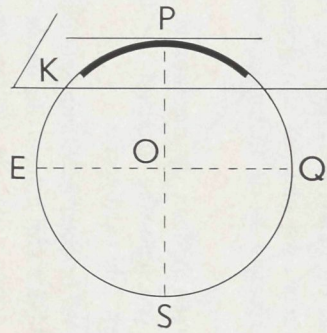
Het is niet uitgesloten dat Mercator gedurende de laatste jaren van zijn verblijf in Leuven in contact is geweest met de Portugese zeevaartkundige Pedro Nuñez en de Engelse geleerde en oud-zeeman Doctor John Dee. Hierdoor wordt het mogelijk te verklaren hoe bij hem de maritieme geest ontstaan is waar hij blijk van geeft in zijn werken. Denken wij hierbij ook aan Gemma Frisius en Ptolemaïos.

Deze vier geleerden moeten op Gerard Mercator een bijzondere indruk hebben gemaakt. Ook voelt men aan dat het eerder Gemma Frisius is geweest die de grondlegger van de moderne cartografie was, al kreeg Mercator nadien de naam. Vergeten wij niet dat zijn geleerde professor Gemma Frisius hem was voorgestaan in de instrumentenleer en de wiskunde.

In de geschiedenis der wetenschappen hadden de meetkunde, de driehoeksmeting en de sterrenkunde al een hele weg afgelegd. De tijd was dus rijp voor een nieuwe wetenschap: de cartografie.

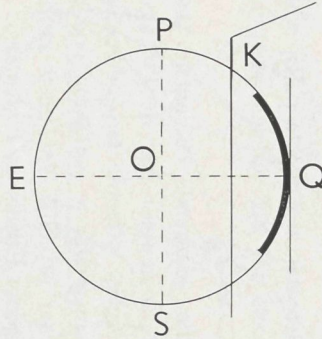
Aan wat de legenden der kaarten, de brieven en documenten van Mercator ons vertellen moet hij vooral getracht hebben de aarde als bol te ontwikkelen op een plat vlak, zodanig dat de figuren op de kaart evenwaardig zouden blijven in alle opzichten met deze van de bol. Hij beseftte dat het een onmogelijkheid was, om volledige equiva-

NORMAAL



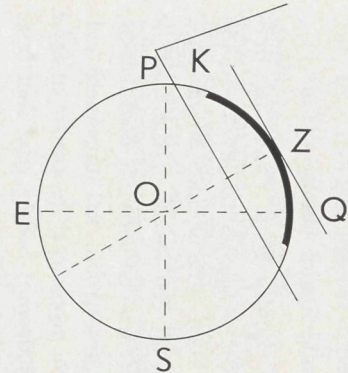
Nr. 1

TRANSVERSAAL

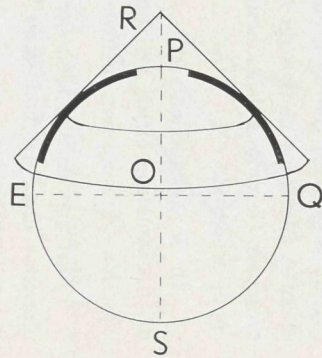


Nr. 2

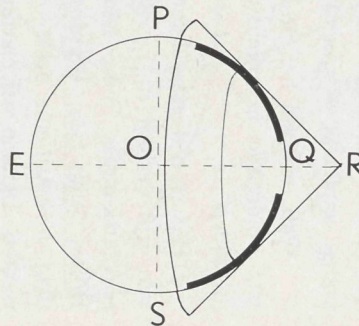
ZENITAAL



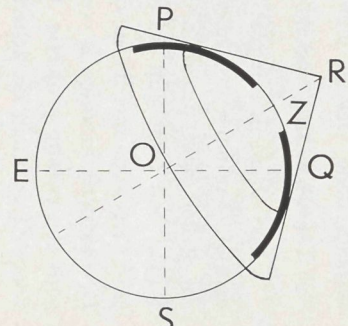
Nr. 3



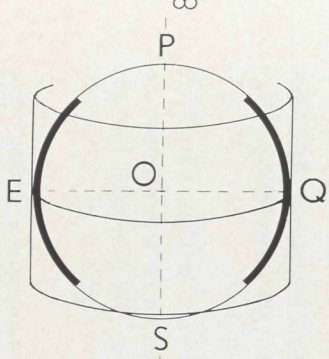
Nr. 4



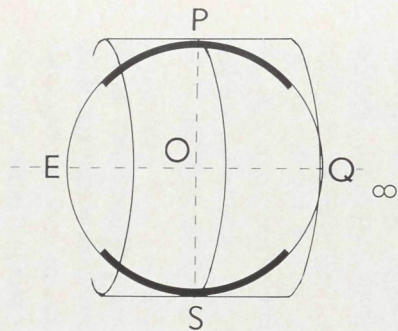
Nr. 5



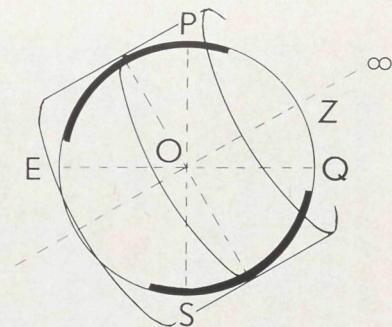
Nr. 6



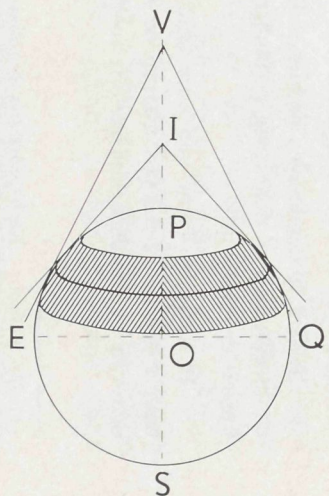
Nr. 7



Nr. 8



Nr. 9



Nr. 10

Projectiesystemen bij kartering in gebruik

Cartografische -afbeelding	-projectie	-gezichtspunt	-hoofdpunt op projectieas
nrs. 1, 2, 3	Sterografisch	Op 180° van raakpunt	Op boloppervlak
nrs. 1, 2, 3	Gnomonisch	Centrum bol	Op boloppervlak
nrs. 4, 5, 6	Conisch	Centrum bol	Buiten boloppervlak
nr. 10	Polyconisch	Centrum bol	Toenemende afstanden
nrs. 7, 8, 9	Cilindrisch	Centrum bol	In het oneindige

Fig. 2.

lentie te bereiken. Hij tracht dan de gelijkvormigheid te verwezenlijken.

Mercator bevond zich hier wel degelijk voor een wiskundig monument waarvan hij de top slechts met moeite onderscheiden kon.

Ter verduidelijking van zekere cartografische problemen die wij verder bespreken, past het hier enkele termen te verduidelijken. Voor diegenen die zich hieraan verder interesseren verwijzen we naar standaardwerken over zeevaartkunde en cartografie <sup>(1)</sup>.

Denken we even aan het verschil dat er bestaat tussen een meetkundige en een conventionele projectie; aan de effectieve vorm van het projectievlak dat plat, kegelvormig of cilindrisch zijn kan, hetzij dit vlak rekend, snijdend of buiten de bol getrokken wordt, aan de plaats van het gezichtspunt, het raakpunt en van het hoofdpunt tussen bol en vlak. Wij hechten hier belang aan omdat wij zo een normale, een transversale, een centrale of zenitale projectie verkrijgen. Houden we de begrippen equivalentie, equidistantie, conformiteit en orthomorfisme goed gescheiden. Tenslotte weten we dat een loxodroom, een orthodroom, een stereodroom en een conidroom rechte lijnen zijn, getrokken op een kaart, geconstrueerd respectievelijk volgens de mercatorprojectie, de gnomonische projectie, de stereografische projectie en de kegelprojectie.

Al deze projectiesystemen en nog veel andere zijn ontstaan omdat een volledig equivalent beeld van een bol niet over te brengen is op een plat vlak. Daarom is men dan gaan zoeken naar de voorwaarden waaraan een kaart moet voldoen om bruikbaar te zijn. Omdat die voorwaarden verschilden volgens het gestelde doel ontstonden er veel soorten projecties <sup>(2)</sup>. (Zie figuur 2).

In de loop der eeuwen hadden al heel wat mathematici, astronomen en meetkundigen zich bezig gehouden met het in kaart brengen van kusten en grenzen.

In de eerste eeuw van onze jaartelling kwam Marinus van Tyrus naar voren met een kaart waarop de kustlijnen en de voornaamste steden van de Middellandse zee op voorkwamen. Dat er vooral hier een

---

(1) Zie hiervoor : *Kaartprojecties beschouwd uit hydrografisch oogpunt*, Ministerie van Marine (Nederland), en ook : *Elements of Map Projection*, C.H. Deetz & O.S. Adams (U.S.A.).

(2) Wij verwijzen naar : *Zeevaartkunde*, Boek B, deel 2, door F. VAN CLEEMPUT. H.Z.S. Antwerpen.

groot tekort was een nauwkeurigheid, is aanvaardbaar <sup>(3)</sup>. Marinus van Tyrus vertrok van een parallel, die hij door een horizontale rechte voorstelde, hij trok, gelijklopend daaraan, ten noorden en ten zuiden andere parallellen van eenzelfde grootte. Rechtstandig hierop trok hij de meridianen als rechte lijnen. Parallellen en meridianen werden equidistant afgebeeld. Doordat de breedtegraad groter is dan de lengtegraad in de Middellandse Zee ontstond een kaartnet van rechthoeken. Men noemt deze kaart thans de rechthoekige platkaart <sup>(4)</sup>. (Zie fig. 3).

In de tweede eeuw van onze jaartelling leefde te Alexandria Claudius Ptolemaios. In zijn vruchtbaar mathematisch brein ontstond het plan een wereldkaart te maken op grond van de aardrijkskunde, de wiskunde en de sterrenkunde en vooral van de filozofische beschouwingen van die tijd. De gegevens werden hem verstrekt door land- en zeereizigers.

Het is verrassend dat toen reeds de principes van de geografische breedtemeting en lengtemeting bekend waren. Vier eeuwen vroeger zelfs werden deze eigenschappen reeds besproken door Hipparchus. Toen reeds had Hipparchus gemeend dat de lengte van een plaats kon worden bepaald door het meten van het tijdsverschil van een maansverduistering in beide plaatsen. Men zou zich dan kunnen indenken dat de lengte van een plaats ten overstaan van bv. Alexandrië kon worden vastgelegd door een tijdmeteter. Maar... de enige tijdmeteters toen in gebruik waren de clepsydra en het zonneuurwerk. De moeilijkheid was dus niet zozeer het meten van de tijd maar het behouden en het overbrengen daarvan van de ene plaats naar de andere ! Het zou nog vele eeuwen duren vooraleer daarvoor een oplossing gevonden werd.

Claudius Ptolemaios kon zich niet verenigen met de tot nog toe vervaardigde kaarten. Waarom vermeldt men niet, maar het is wel begrijpelijk. De rechthoekige platkaart, daar Marinus van Tyrus uitgedacht, vertoonde een in de lengte gerokken beeld van de landen ten noorden van de hoofdparallel van de Middellandse Zee en een in de lengte gekrompen beeld van de landen bezuiden deze parallel gelegen.

Claudius Ptolemaios construeerde zijn kaart volgens de principes van de kegelprojectie. Zijn kaart schijnt een snijkegelprojectie te zijn die door de parallel van Thule (IJsland) en door de equator gaat.

---

(3) Deze kaart is ons slechts bekend door een beschrijving en een vrij grove kopij.

(4) Wij verwijzen naar : *Kaartprojecties beschouwd uit hydrografisch oogpunt*, Min. van Marine (Ned.).

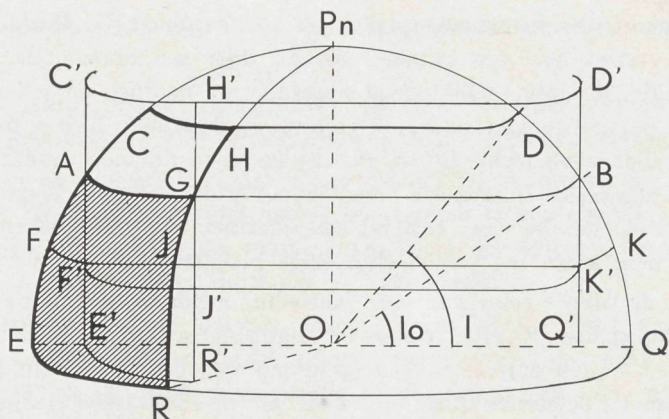


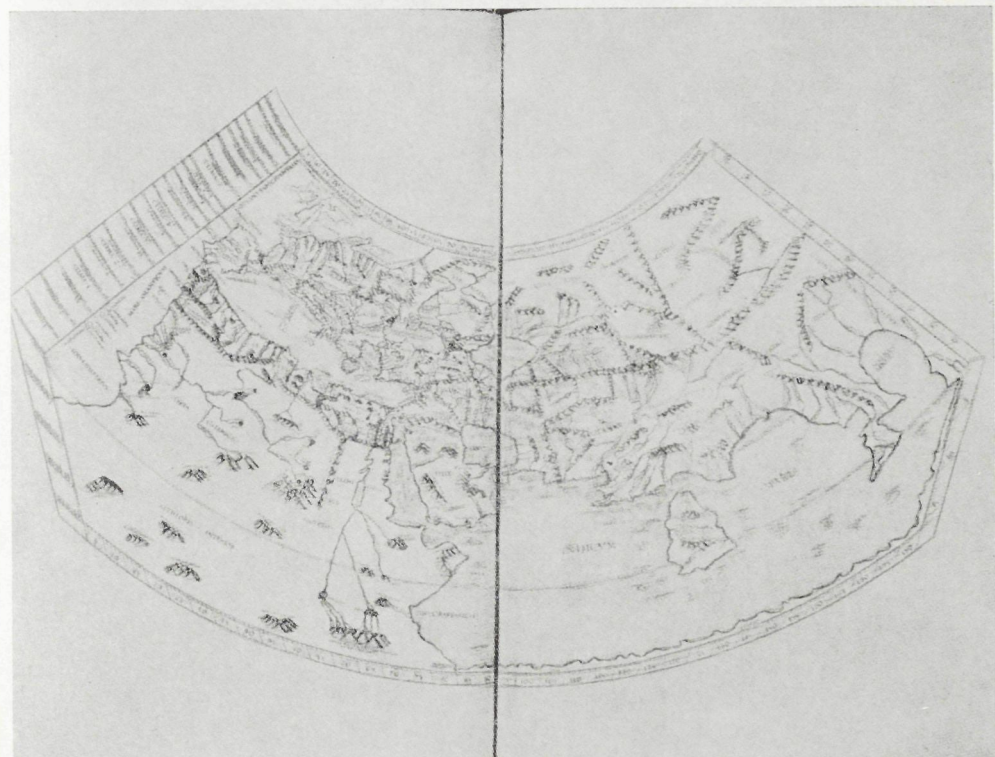
Fig. 3. — Rechthoekige platkaart ontstaan uit de projectie op een snijcilinder in vertikale stand. In de ontstane rechthoek op de kaart is  $AG < AF'$  maar  $AF = AC$ .

Zij strekt zich uit van een breedte van  $65^\circ$  noord tot een breedte van  $20^\circ$  bezuiden de equator. In oost-west richting gaat dit van de meridiaan van de Kanarische eilanden tot een meridiaan een weinig ten oosten van het eiland Ceylon. Een breedteverschil van  $85^\circ$  en een lengteverschil van  $180^\circ$  (5).

Alhoewel deze kaart al een hele verbetering was op de voorgaande toch bevredigde zij hem niet. Hij ontwierp een tweede kaart van een gelijkaardige projectie, waarop 5 parallelcirkels op voorkomen maar geen meridianen. De noodzaak van meridianen moet hem dus niet duidelijk zijn geweest. Ondanks alle inspanningen kwamen er toch nog grove fouten op deze kaart voor. Zo werd de Middellandse Zee in de zin van de lengte  $20^\circ$  te groot afgebeeld. Dit werd veroorzaakt, zo meent men in het algemeen, omdat Ptolemaios zich had gesteund op de aardstraal van Pondonius die te klein was. Wij kunnen ons bij deze zienswijze niet neerleggen en denken dat het eerder gaat om effectieve fouten in de lengte coördinaten, die, met de instrumenten uit die tijden, zeer moeilijk met nauwkeurigheid konden worden vastgesteld. (Fig. 4).

Al waren er voorlopers als Dikearchos, Marinus van Tyrus en Hipparchus, toch aanvaardt men al die tijd Claudius Ptolemaios als de

(5) Ons slechts bekend aan de hand van een reconstructie uit de XIVde eeuw gemaakt a.d.h.v. tabellen.



*Fig. 4. — Reconstructie van de kaart van Claudius Ptolemaios*

grondlegger van de cartografie, dit waarschijnlijk op grond van zijn wetenschappelijke prestaties.

Maar 14 eeuwen zouden voorbij gaan zonder dat er merkelijke vooruitgang wordt gemaakt op cartografisch gebied. Pas met de Renaissance wordt de cartografie als een wetenschap erkend om dan met snelle schreden vooruit te gaan.

In het begin der 16<sup>e</sup> eeuw leefde te Nürnberg de instrumentenmaker Erhard Etzlaub, die in 1513 een merkwaardig instrumentje maakte : een zakzonneurwerk in ivoor. Op de buitenzijde van het deksel komt een kaart voor van Europa en het noordelijk deel van Afrika. Op de verticale rand werden verdelingen aangebracht, die, vertrekkende van de equator, om de 5° een steeds wassende waarde krijgen naargelang zij de pool naderen. De verdeling eindigt op 67°. Er zijn geen meridianen of parallelcirkels op aangebracht en op de horizontale rand komt

geen verdeling voor (verhouding tussen de breedteverschillen en de lengteverdeling schijnt niet te bestaan). Wat de oorsprong, rede en doel van dit instrumentje zijn geweest is onbekend. Het is ook mogelijk dat het wassen der graden gebeurde om ruimte te winnen om de namen der steden te kunnen vermelden.

Erhard Etzlaub maakte ook een kaart voor pelgrimage naar Rome. Wanneer we nu het kaartje met wassende breedtegraden van het zakzonneuurwerk aandachtig bekijken dan zien we dat de kaart zodanig getekend is dat Rome juist het middenpunt is, zowel in horizontale als in verticale zin. Zou het instrumentje uitsluitend bedoeld zijn geweest om een voetreis naar Rome te maken? Wat dit vermoeden nog versterkt is dat het kaartje zuid gericht is. De schaal is geen secans schaal alhoewel zij er sterk op lijkt. Op de totale lengte der breedteschaal, 71,3 mm lang, is een fout van 6 mm, dit is 8,3 %!

Omstreeks de jaren 1530 legden de mensen een steeds groeiende belangstelling aan de dag voor het Heilig Land. Zij lazen de Schriftuur. Zij begonnen de feiten met een kritisch oog te beschouwen en te bespreken, maar hun verbeelding schoot te kort als het er op aankwam plaatsen zoals Jerusalem, Bethlehem, Nazareth, de Dode Zee te situeren.

Mercator zou een landkaart maken van Palestina. Zij verscheen in 1537 en kreeg de naam van « Terra Sancta ». Wat opvalt is dat de

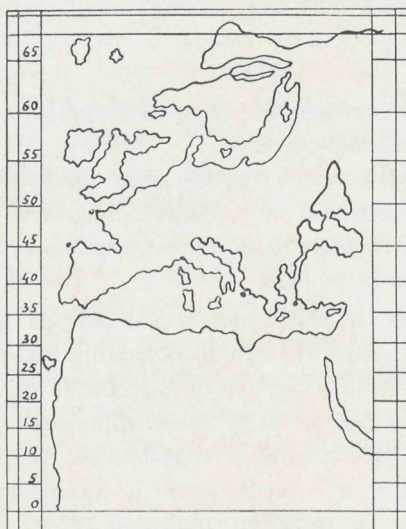


Fig. 5. — Het zakzonneuurwerk van E. Etzlaub



Fig. 6. — *Paletinakaart van G. Mercator (1538)*

kaart niet noord-zuid werd gericht, alhoewel de gewoonte reeds bestond van een noord-boven-beeld. Waarom werd het kaartbeeld zo geplaatst? Waarschijnlijk om papierbesparing. Die werkwijze wordt nu soms nog toegepast. In 1935 maakte de belgische hydrograaf J. Lauwers een kaart van de Belgische kust op een schaal van 1/20.000 met een ligging van 330°, omdat op die wijze de kustlijn horizontaal kon worden afgebeeld.

Op de « Terra Sancta » treffen wij een graadverdeling aan, volledig rondom het kaartvlak aangebracht, van wel zeer bijzondere aard. Waren de meridianen en parallelcirkels getrokken dan zou dit een kaartnet vormen van rechthoeken zoals bij de rechthoekige platkaart. Toch is niet met zekerheid te zeggen of het hier over een dergelijke projectiemethode gaat. Het merkwaardige van deze kaart is echter dat nu de graduatie van de breedtegraden naast deze van de lengtegraden liggen! Wat moeten we daar van denken? Er komt wel een klein kompasroosje op voor maar geen afstandsschaal. De kustlijn is sterk vervormd aangegeven; ook de richtlijn van de kust, rekening houdend met de schuine meridianen, is 10° tot 20° fout. Nemen we echter in aanmerking dat Mercator geen enkel controlemiddel had. De bekomen uitslag voldeed aan de eisen van de tijd en de Paletinakaart werd een succes, zelfs zodanig dat Mercator's cartografische kunst ook in het buitenland bekend werd.

Het plan om een wereldkaart te maken kreeg bij Mercator stilaan vorm. Zoals Claudius Ptolemaios, dertien eeuwen geleden, liet ook hij zich inspireren door zijn filozofische overtuigingen en zijn kennis van de aardrijkskunde, de wiskunde en de sterrenkunde. Hij was zijn leermeester Gemma Frisius, van de Leuvense universiteit, behulpzaam geweest bij het maken van aardbollen, waarbij hij zich moet afgevraagd hebben of deze aarde niet te ontwikkelen was op een plat vlak. Hij probeerde het door een nieuw projectiestelsel uit te denken.

Tot stand kwam zijn « *Orbis Imago* ». Waarschijnlijk ontleende hij de gegevens aan de aardbol van Gemma Frisius, terwijl hij zich voor zijn projectiestelsel wellicht liet inspireren door de projectie, gemaakt in 1524, van Petrus Apianus (een Duits astronoom en mathematicus die leefde van 1501 tot 1552, zijn ware naam was Bennewitz) en de projectie van Orantius Finaeus, gemaakt in 1531. Beiden ontwierpen een hartvormig projectie systeem, dat wij eerder als een aardrijkskundige fantazie beschouwen dan een wetenschappelijke projectie. Mercator's projectie was dit echter niet, bovendien was zij dubbel hartvormig (die van Petrus Apianus was enkel hartvormig), terwijl de gegevens veel talrijker waren en met meer nauwgezetheid op schaal en volgens een kaartnet werden gecarteerd. Bij nader onderzoek gaat het om een « dubbele kegelprojectie ». (Zie fig. 7).

Zoals gebruikelijk voor die tijd is de nulmeridiaan deze van de Canarische Eilanden. De centrale meridiaan van de kaart is deze van 90° oosterlengte. Zij is voorgesteld door een verticale rechte lijn. De projectiekegel is rakend aan een standaardparallel van nagenoeg 50°. Deze werkwijze is voor beide kaarten gebruikt, dus respectievelijk voor het noordelijk en het zuidelijk halfrond. De centrale meridiaan werd nu evenmatig verdeeld van 0° tot 90°. De parallellen werden echter niet door een meetkundig projectiesysteem bekomen maar equidistant overgenomen van een aardbol. Zij ontvingen elk afzonderlijk een evenmatige verdeling in de zin van de lengte, ook de equator. De grens der lengte gaat langs beide kanten tot 270°. Door deze evenmatige verdeling ontstond de hartvorm. De « *Orbis Imago* » werd uitgegeven in 1538. Het is de eerste wereldkaart met een rationele lengteverdeling gaande van 0° tot 360° !

Deze projectie is wel iets bijzonders. Zij is equivalent wat van grote betekenis is en haar destijds zo populair maakte. Vele jaren is zij gebruikt geweest, tot in de 19° eeuw zelfs. Het projectiesysteem werd ondertussen lichtelijk gewijzigd en heeft later de naam projectie

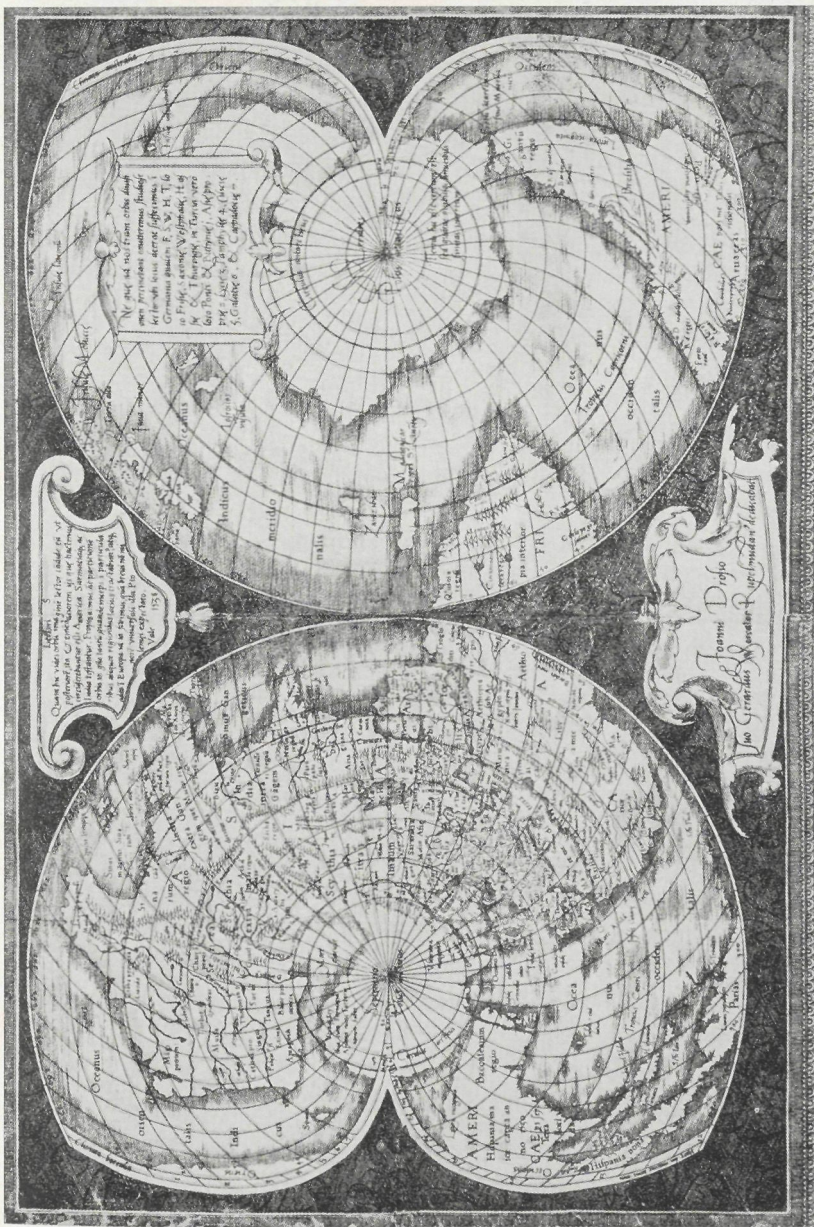


Fig. 7. — De « Orbis Imago » kaart van Mercator (1538)

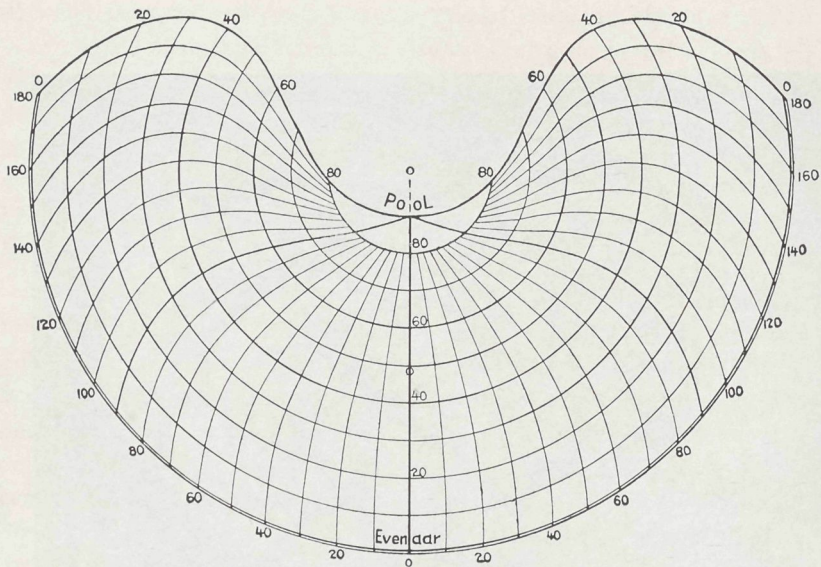


Fig. 8. — De later aan Bonne toegeschreven projectie

Bonne gekregen. Rigobert Bonne was een cartograaf van franse nationaliteit, geboren in 1727.

Ondertussen was Mercator begonnen, onder de drang der omstandigheden, aan een kaart van Vlaanderen. Er werden door hem twee kaarten gemaakt, de Kleine Kaart van Vlaanderen (1538) en de Grote Kaart van Vlaanderen (1540). Zij was eenvoudig en bevattelijk en werd veel gevraagd. Geen graduatie, geen meridianen en parallelcirkels. Een afstandsschaal vinden we op beide kaarten in de linker beneden hoek evenals een grote windroos met streekverdeling, getekend in het vlak van de Noordzee. Soort van projectie : onbepaald <sup>(6)</sup>.

Als gevolg van de vele ontdekkingsreizen ontstond er belangstelling voor de aardrijkskunde en de behoefte aan duidelijke kaarten werd groter. Zo kreeg, samen met zijn tijdgenoten Gemma Frisius, Peter Plancius en Ortelius, ook Mercator bekendheid. Mercator's naam werd synoniem van naumgezetheid. Als cartograaf werd hij beroemd, ook over de grenzen. Hij kwam vrij vlug in aanzien bij voorname burgers

(6) Origineel van de Kleine Kaart van Vlaanderen : Museum van de Oudheidkundige kring St.-Niklaas.

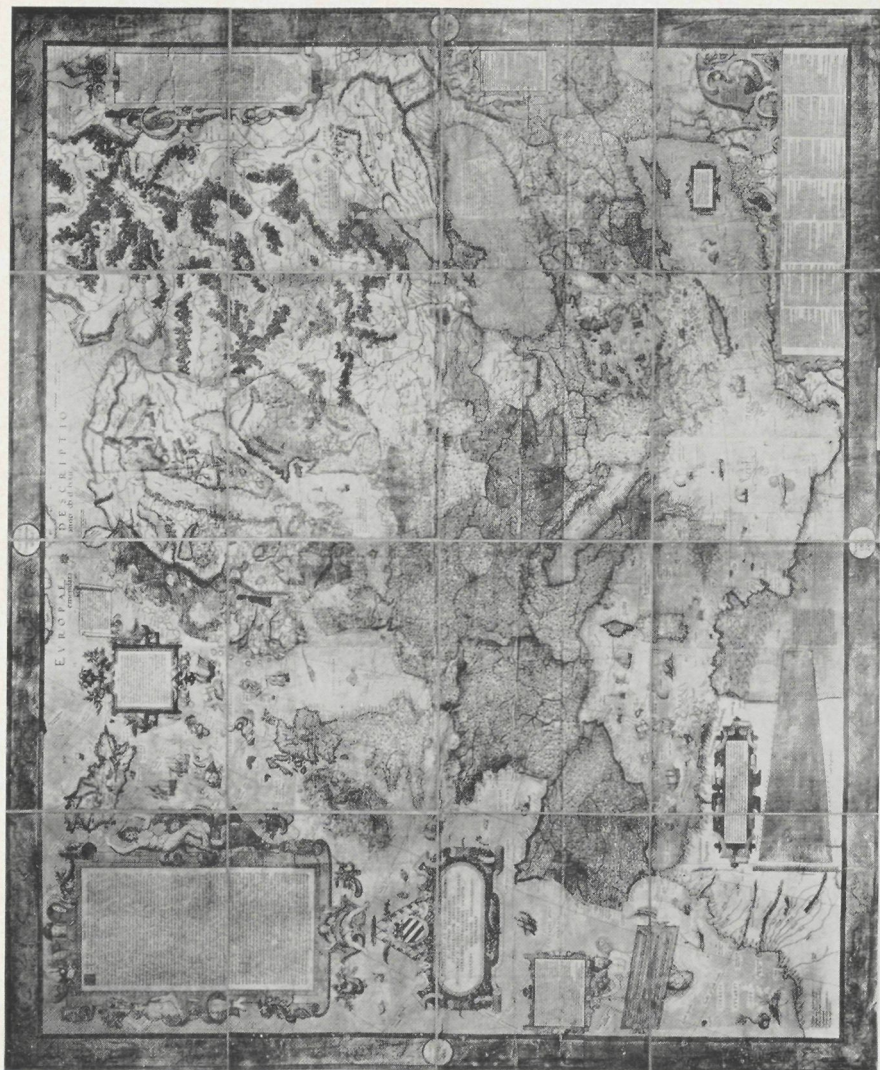
en zo ontving hij opdrachten om kaarten te maken, ondermeer voor een Europakaart. Er was nog niets in die aard verschenen, dat betrouwbaar was. Na 15 jaar, in 1554, was zijn « Europa Description » klaar, op een schaal van 1/4.280.000.

Mercator had dus de durf en de kennis om een kaart van Europa te maken. Hij liet zich hoofdzakelijk leiden door zelfovertuiging. Vele jaren lang is deze landkaart als het enige betrouwbare document gebruikt. Er werden slechts wijzigingen aangebracht in 1572. Het was zijn eerste realisatie na zijn aankomst de Duisburg. (Fig. 10).

Mercator had nog altijd groot ontzag voor Claudius Ptolemaios en het is dus begrijpelijk dat hij probeert het projectiesysteem van Ptolemaios uit te bouwen. Hij beschouwt de kegelprojectie voor zijn « Europa Descriptio » als de enig mogelijke. Hij zocht er de constructiefouten van op, herstelde volgens de geografische begrippen van die tijd de foutieve standplaatsen der steden, vulde de nieuw ontdekte gebieden aan en kleurde ook zijn kaart. De centrale meridiaan is een verticale



Fig. 9. — Kleine Kaart van Vlaenderen door G. Mercator (1540)



rechte, de andere meridianen zijn concave naar de centrale meridiaan gerichte lijnen, die samenkomen in de pool. De kaart is begrensd tot 65° N zodat de pool er niet op voorkomt. Daar het een kegelprojectie is, zijn alle parallelcirkels concentrische cirkelbogen, met de pool als middenpunt. Meridianen en parallelcirkels zijn getrokken met 5° verschil. Deze verdeling werd aangebracht op de staande rand, respectievelijk op de liggende rand van de kaart zonder onderverdeling. Het ware Mercator niet geweest moest hij zich hiermee tevreden hebben gesteld. Hij bracht dan ook binnen het kaartvlak een speciale breedte- en lengteschaal aan, waardoor het afpassen der breedte en lengte van een plaats met grotere nauwkeurigheid kon worden verkregen.

Al kende men in principieel de breedteberekening, het lengtevraagstuk was nog lang niet opgelost, wel lagen ook de principieën er van vast, door Hyparchos bepaald, door Peter Apianus herhaald, door Gemma Frisius bevestigd en verbeterd, maar de opmetingen waren en konden niet worden uitgevoerd omdat er nog geen betrouwbare tijdmeters bestonden, die wel te verstaan ook de tijd konden behouden (zoals dit met een gewoon uurwerk wel mogelijk is). Het is dan ook niet te verwonderen dat ook Mercator zich heeft vergist bij de lengtecoördinaten, die hij op zijn kaart moest aanbrengen. Zo is het lengteverschil tussen Alexandrië en Gibraltar op de Europakaart 47° groot, in werkelijkheid maar 37° 47' ! Bij het gradueren tot 180° bereikt men deze meridiaan reeds even voorbij het eiland Ceylon, daar waar hij door de Stille Oceaan zou moeten lopen.

De kaart is rijk versierd maar er komen geen loxodromische lijnen of windrozen op voort, zodanig dat zij niet bedoeld is om als zeekaart te worden gebruikt. De eerste meridiaan loopt nog altijd door een plaats op de Canarische eilanden gelegen, Corvo, Fuerteventuro, Fero, maar zeker is dit helemaal niet.

Bij het vervaardigen van zijn aardglobe, in 1541, en zijn hemelsfeer, in 1551, was Mercator zijn doelstelling getrouw gebleven, namelijk het kosmos doorgronden. De wereldkaart die hij in 1538 maakte en *Orbis Imago* noemde zal hem geen bevrediging gegeven hebben. Ook was hij er zich van bewust dat eigenlijk de scheepvaart het meest behoefte had aan kaarten.

De gedachte eenmaal toch het boloppervlak van de aarde in een plat vlak uit te slaan greep hem weer aan. Zou hij de oplossing niet vinden in het enkele centimeter grote kaartje van Erhard Etzlaub ? Mercator die ons bekend staat als een ijverig zoeker en instrumentenmaker van formaat zal wellicht het zakzonneuurwerk van Etzlaub in

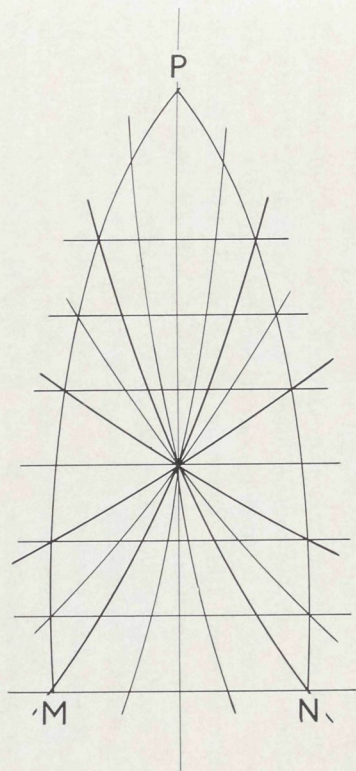
zijn bezit hebben gehad of toch zeker het bestaan ervan gekend hebben. Licht hier de oorsprong van de wassende breedtegraden der Mercator-kaart ?

Op de bolsegmenten van zijn aardglobe had Mercator loxodromische krommen getrokken. Hij had namelijk vernomen van Pedro Nuñez, de Portugese zeevaartkundige, dat de loxodrome dé lijn is die zich over de aarde verspreidt en de opvolgende meridianen snijdt onder eenzelfde hoek. Het was de koerslijn die gevolgd werd door de zeelieden bij hun grote omvaartreizen. Hieruit leiden we af dat hij de aardsfeer van 1541 reeds gemaakt had met navigatiedoeleinden. Overigens, de loxodromen lopen alleen over zee en niet over land !

We kunnen nu de ontwikkeling van zijn kaartensysteem nauwkeurig volgen. Vertrekken we van de bepaling « loxodromie » volgens de gegevens van Pedro Nuñez (1537) via hun exact verloop op de aardglobe van Mercator (1541) tot op de wereldkaart met wassende breedtegraden van Mercator (1569).

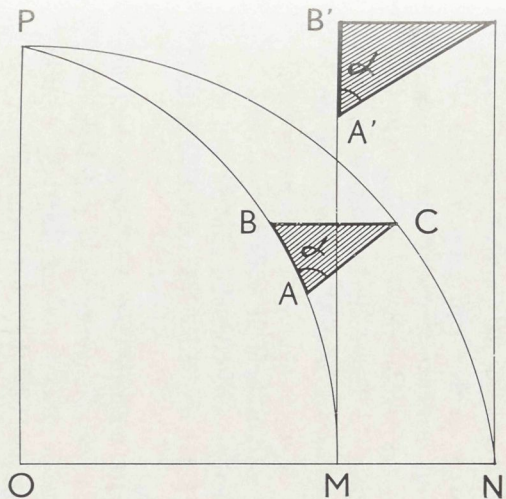
Geen enkel ander cartograaf had de loxodrome met enige nauwkeurigheid in beeld weten te brengen. Hoe moest hij deze kromme op de bol aanbrengen ? Constructief moest hij er toe komen de breedtegraad te bepalen waarop de loxodromen de opvolgende meridianen zouden snijden. Deze meridianen waren aangebracht om de 10° lengteverschil. Maar de loxodromen moesten gelijke hoeken vormen met de opvolgende meridianen. Hij moest vooraf de loxodromen tekenen op de bolsegmentvormige papierrepels, die dan op de bol werden gekleefd. Hij vond de oplossing door het probleem uit te werken op een plat vlak. (Fig. 11).

Wanneer men de equator voorstelt door een horizontale rechte lijn en de meridianen door hierop rechtstaande rechten dan zal de loxodrome, waarvan de hoofdeigenschap is de opvolgende meridianen onder eenzelfde hoek te snijden, ook als een rechte lijn moeten worden afgebeeld. De gelijkennis tussen bol en plat vak gaat echter niet op want de parallelsegmenten, die op de bol bij het naderen van de pool in grootte afnemen, blijven op de kaart steeds dezelfde grootte behouden. In feite vergroten zij op de kaart in verhouding met het toenemen der breedte. Mercator moet hier gedacht hebben aan de stelling der gelijkvormigheid der driehoeken. Hij kwam tot het besluit dat, indien de segmenten op de kaart in grootte toenemen in de zin van de lengte, dat zij ook moesten toenemen in de zin van de breedte. In de meetkunde zien we dat twee rechthoekige driehoeken gelijkvormig zijn wanneer zij



(a)

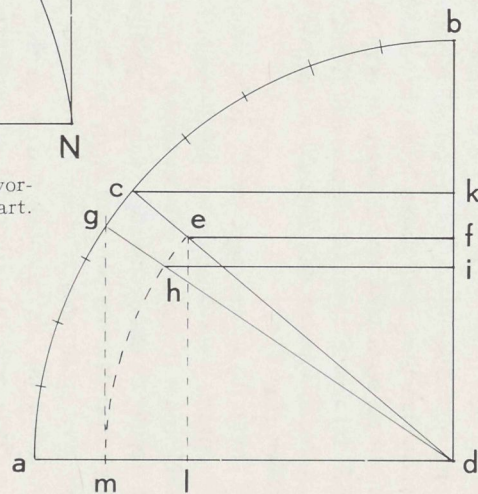
Bolsegmentvormige papierrepeel.



Driehoek ABC op de Aarde is gelijkvormig met driehoek A'B'C' op de kaart.



(b)



(c)

Het bepalen van de grootte der parallelgraden in functie van deze der lengtegraden.

Fig. 11

slechts één hoek onderling gelijk hebben. Indien deze hoek overeenkomt met deze op de bol, gevormd tussen de loxodrome en de meridiaan, dan hoeft men alleen maar de verhouding der zijden te bepalen tussen de segmenten op de kaart en deze van de bol. Het is slechts in 1578 bij zijn Ptolemaïos uitgave dat Mercator bespreekt hoe de grootte van parallelgraden kan bepaald worden in functie van de meridiaan-graden (fig. 11 c).

Wat hij erover zegt komt op het volgende neer : Men verbindt het punt c, waarvan men het parallelsegment wenst te kennen, met het middenpunt d van een cirkelkwadrant. Verdeelt men vanuit het punt d de rechte dc in evenmatige delen, minuten van lengte genaamd en neme men daarvan een aantal, zij de. Laat men nu vanuit e een loodlijn neer op db dan is ef het overeenkomende parallelsegment. Want, zo besluit hij, de driehoeken dck en def zijn gelijkvormig.

Niets zegt ons echter dat hij deze constructie al niet schetsmatig heeft toegepast bij het tekenen der loxodromen op de bol. Hij moet ze in ieder geval gebruikt hebben in 1569, bij het maken van zijn wereldkaart. Dus moet het Mercator ook mogelijk geweest zijn aan de hand van de parallelsegmenten de overeenkomende meridiaanssegmenten te construeren. Voor ieder parallelsegment van de bol, begrepen tussen twee meridianen, op onderling lengteverschil van  $10^\circ$  van elkander gelegen, verkreeg hij nu ook het respectievelijk meridiaanssegment om de  $10^\circ$  breedteverschil.

Mercator kon dus een kaart tekenen met vergrotende waarden opgaande met  $10^\circ$  breedteverschil, zich steunende op de parallelsegmenten van de bol. De tussenliggende graadverdeling heeft hij wellicht evenmatig afgepast. Hierdoor is dan ook door het someren een fout ontstaan die later door Ed. Wright werd achterhaald.

Om nu op het kaartnet van verticale lijnen, die de meridianen voorstellen, en van horizontale lijnen, die de parallelcirkels voorstellen, een loxodrome te trekken vanuit een bepaald punt is nu geen moeilijkheid meer. Deze loxodrome is een rechte lijn die een hoek vormt met de meridiaan, gelijk aan de gevolgde koers. Mercator trok uit een gunstig gelegen punt op de bol loxodromische krommen in de richting der 32 windstreken ( $32$  voor  $360^\circ$ ). Op de bol werd de loxodrome tussen deze punten op het oog of met een mallat getrokken, ofwel vooraf op de bolsegmentvormige papierrepels getekend. Wij gaan dus van de veronderstelling uit dat Mercator bij het opbouwen van aardsfeer in het bezit moet zijn geweest van een figuur gelijkaardig aan n<sup>o</sup> 12.

Op gelijkaardige wijze ontstond in 1569 zijn wassende breedtekaart. Het werd, wat wij nu noemen, een cilinderprojectie rakend aan de equator. Dus een conventionele cilinderprojectie in normale stand. De onnauwkeurigheden die op de bol ontstonden kon hij nu verbeteren door op grotere schaal te werken.

Volgens B. Kyewski is er tussen de aardsfeer van Mercator en de wereldkaart een merkwaardige verhouding,  $\frac{2}{3}$  om de equator gemeten. Er zal dus ook verhouding zijn tussen de graadverdeling van de aardsfeer en de wereldkaart, zowel in de zin van de breedte als in de zin van de lengte.

Hoe bouwde hij zijn wereldkaart op? Hij construeerde een breedteschaal in verhouding van een reeds vooraf bepaalde lengteschaal. Hij someerde de bekomen segmenten der breedteschaal en bewam een volledige breedteschaal tot  $80^\circ$  N en  $70^\circ$  S. Hij trok de loxodromen vanuit een middenpunt, zodat de tekening voorkwam als een windroos met streekverdelingen. Het afpassen van de verheden en het opmeten der breedte en der lengte kon zonder moeite gebeuren. Wanneer de zeeman zijn gebruikelijke constante koers over de aarde volgt komt hij op de verwachte plaats terecht.

Mercator is de eerste geweest die loxodromen heeft aangebracht op een zeekaart.

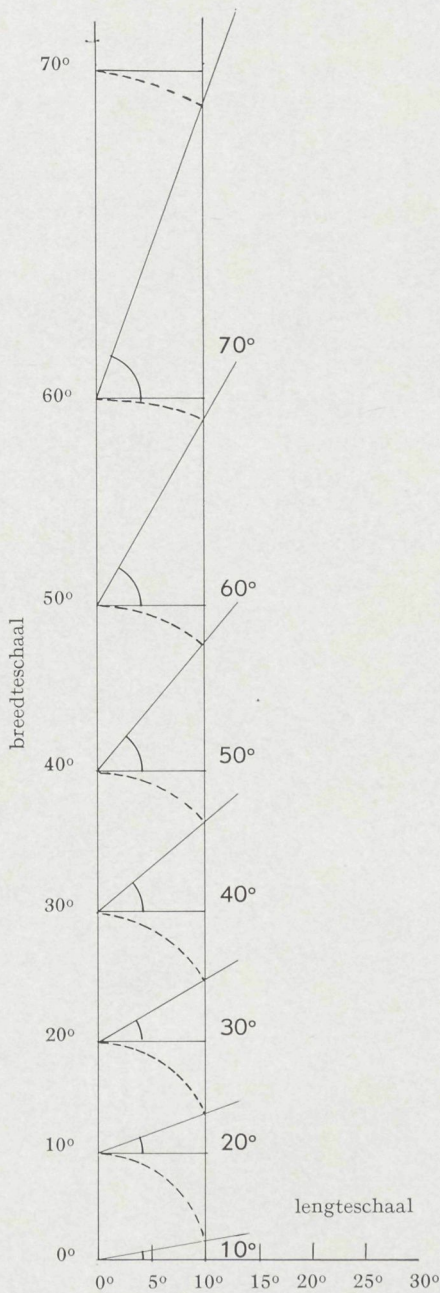


Fig. 12

NOVA ET AVCTA ORBIS TERRARUM DESCRIPTIO AD USUM NA



Zijn wassende breedtekaart is een cartografisch monument. Men heeft wel getracht iets beters in de plaats te stellen maar de Mercator-kaart blijft nog altijd hét document waarmee elk schip zee zal kiezen.

De projectie bevat wel enkele onnauwkeurigheden. Deze onnauwkeurigheid is maar betrekkelijk, want van het cliché is niets overgebleven en er is een merkbaar verschil tussen het gegraveerde en het papier waarop toen werd gedrukt. Ook het differentiaal en integraal rekenen bestond nog niet ten tijde van Mercator. Hij moest alles constructief uitvoeren met weinig nauwkeurige middelen. In feite is de wassende breedte, zoals aangetoond door Edw Wright op het einde van de XVI<sup>e</sup> eeuw, de som der secanten opgaande van minuut tot minuut breedte. Thans wordt dit in analyse als volgt uitgedrukt :

Indien  $l_c$  de wassende breedte voorstelt waarop een gegeven parallelcirkel met breedte  $l$  in kaart moet worden gebracht, betekent dit dat  $l_c$  gelijk is aan de som van een reeks oneindige segmenten die op de meridiaan tussen de equator ( $0^\circ$ ) en een parallelcirkel ( $1^\circ$ ) in rede van sec 1 vergroten. Door uit de differentiaal  $sec\ dl$  de bepaald integraal tussen 0 en 1 te berekenen verkrijgt men

$$l_c = \int_0^1 sec. l. dl \quad (1)$$

waaruit 
$$l_c = \log_e tg \left( 45^\circ + \frac{1}{2} \right)$$

en na vereenvoudiging en omgezet in het Briggs logaritme stelsel geeft

$$l_c = 7915,7 \log tg \left( 45^\circ + \frac{1}{2} \right)$$

Hierbij werd geen rekening gehouden met de afplatting der aarde. Doet men dit wel dan wordt formule (1) waarin  $a$  als halve grote as en  $e$  de excentriciteit van de aarde voor komt :

$$l_c = \int_0^1 \frac{a (1 - e^2)}{1 - e^2 \sin^2 l} sec l. dl$$

en groeit uit tot

$$l_c = 2,30259.a.\log_{10} \left[ tg \left( 45^\circ + \frac{1}{2} \right) \left( \frac{1 - e \sin l}{1 + e \sin l} \right)^e \right]$$

Zij er nadelen aan het gebruik van de Mercatorprojectie voor de scheepvaart ? Het systeem is niet geschikt voor poolnavigatie. Voor de normale scheepvaart is dit bezwaar niet groot omdat de scheepvaartroutes daar niet langs lopen. Voor het overvaren van de Noordpool en ook voor de luchtvaart heeft men een oplossing gevonden : de transversale Mercatorprojectie.

Nog een nadeel : de kortste weg, aangegeven door een orthodrome is op de Mercatorkaart moeilijk te trekken. Daartegenover staat dat de eenvoudigste weg door een rechte lijn kan worden voorgesteld. Voor korte afstanden zoals dit het geval is binnen het observatievlak heeft dit weinig betekenis, de orthodrome en de loxodrome vallen dan samen.

De Mercatorprojectie wordt veel gebruikt voor wandkaarten. Door het wassende breedtesysteem ontstaat er een sterke vergroting der beelden voor noordelijk en zuidelijk gelegen gebieden. Hierdoor wordt een bedrieglijk wereldbeeld gevormd. Vergelijken we de oppervlakte van een gebied als Groenland met dit van Zuid-Amerika. Op de Mercatorkaart worden ze als ongeveer even groot voorgesteld alhoewel Groenland acht maal kleiner is dan Zuid-Amerika !

De kortste afstand tussen Moscou en Chicago loopt over de Noordpool. Daar kunnen wij ons op een Mercatorprojectie geen rekenschap van geven.

Ik zou wel erg onvolledig geweest zijn zo ik niet had gewezen op deze nadelige factoren. Zij wegen echter niet op tegen de grote voordelen die aan de Mercatorprojectie verbonden zijn. De conformiteit en de eenvoud bij het trekken van koersen en peilingen zijn van enorm belang in de praktijk.

Er mag ook wel een en ander verteld worden over nog twee andere projecties, door Mercator gemaakt.

Op zijn wereldkaart van 1569 komt een cartouche voor die op zichzelf een kaart uitmaakt van het noordpoolgebied. Deze projectie werd uitgevoerd volgens een stelsel dat wij thans de Postelprojectie noemen.

Deze komt hierop neer dat het projectievlak rakend is aan de pool. Stellen wij het gezichtspunt voor in het middenpunt van de aarde, dan zullen de meridianen door projectie op het plat vak een vanuit de pool vertrekkende stralenbundel van rechte lijnen vormen. Met de pool als middenpunt zijn de parallelcirkels getrokken met een straal die equivalent is afgemeten op de bol. Stel u voor dat het gaat om een bol van 360 m omtrek, dan zou de parallelcirkel van  $80^\circ$  breedte worden getrokken met een straal van 10 m en deze van  $70^\circ$  met een straal van 20 m. Natuurlijk het in kaart brengen gebeurt op schaal, bv. een schaal van 1/100 geeft een straal van 10 cm en 20 cm.

Men is de mening sterk toegedaan, persoonlijk ben ik ervan overtuigd, dat Mercator ook de ontwerper geweest is van dit projectiesysteem.

Mercator gebruikte ook de stereografische projectie voor het maken van enkele kaarten van zijn Atlas. Deze projectie wordt ook uitgevoerd op het plat vlak. Hij gebruikte de transversale vorm met gezichtspunt gelezen op  $180^\circ$  van het raakpunt. De jongste zoon van Mercator, Rumoldus, maakte een wereldkaart op deze projectie in 1587.

De stereografische projectie is een zuiver meetkundige projectie, in tegenstelling met al de vorige, die van conventionele aard zijn. Zij wordt nog steeds gebruikt, o.a. bij de Nederlandse cartografie. Zij werd echter uitgedacht door de Griekse mathematicus Hipparchus en toegepast voor sterrenkaarten. De stereografische projectie is conform, wat voor de zeevaart van bijzondere betekenis is.

Hoe geniaal zij ook zijn, uitvinders hebben het zelden gemakkelijk. Hun denkbeelden zijn dikwijls onbewust de ingevingen van anderen. Hun verwezenlijkingen worden sterk beïnvloed door de interesse van het publiek, door omstandigheden als oorlog of religieuze overtuiging, door geldelijke steun of geldgebrek. Hoofdzakelijk komt het erop aan zijn tijd niet teveel vooruit te zijn, anders kan het publiek niet volgen.

Waarom heeft Mercator nu juist zo'n grote plaats in de geschiedenis der cartografie en der zeevaartkunde ingenomen? Hij had het geluk geboren te worden in een tijd die rijp was voor de ontwikkeling der cartografie en der wetenschappelijke zeevaartkunde. Zijn kaart had niet onmiddellijk het gewenste succes, omdat de zeeman conservatief en bijgelovig van aard is. Jaren heeft het geduurd vooraleer de kaart gebruikt werd.

Zijn wereldkaart was in principieel wel juist maar ze was op een te kleine schaal uitgewerkt om van praktisch nut te zijn voor de zeevaart. Er kwamen ook fouten op voor omdat de wassende breedtegraden door constructie waren verkregen. De teksten waren in het latijn en voor een eenvoudige zeeman stond de kaart op een té hoog wetenschappelijk peil. De behoefte aan een nauwkeurige kaart was nog niet zo groot dan men meestal denkt. Door de zeilvaart konden de over grote afstanden afgelegde zeeroutes niet worden gevolgd en de zeeman had nog geen zulke grote behoefte aan de loxodromie dan Mercator wel meende.

De Mercatorprojectie staat echter met gulden letters geblokt in de geschiedenis der cartografie en der zeevaartkunde. Mercator gaf ons nog talrijke andere projecties maar schonk ons vooral een zeekaart, waarmee gevaren kon worden, een zeekaart « ad usum navigatum ».

## NOTA

Deze voordracht werd mij zeer vergemakkelijkt door de documenten die mij door het Plantin museum ter inzage werden gegeven. Niet alleen hiervoor maar om de wijze waarop Doctor L. Voet mij ter zijde stond breng ik graag hulde.

Buiten de in de tekst vermelde werken werden ook geraadpleegd :

*Gerhard Mercator und die Geographen unter seinen Nachkommen*,  
door Averdunk und Dr. J. Müller Reinhard.

*Gerard Mercator in de geschiedenis der cartografie*,  
door Dr. L. Voet, Antwerpen.

*Gerard Mercator. Zijn kaarten, zijn belangstelling voor het aardmagnetisme en de zeevaartkunde*,  
door Dr. Ant. De Smet (Mededelingen Marine Academie Boek XIV).

*The Haven-Finding Art*,  
door E.G.R. Taylor, Em. Professor London University.