



Een nieuwe planeet, een antwoord aan de heer Homburg

Ton Lindemann

De auteur gaat in op de uitdaging van de heer Homburg aan het eind van diens artikel over "Klimaatwisselingen en Geologie II" (Grondboor en Hamer, 1993) om een voorstelling te maken van een aarde met een poolas die een hoek van 45° maakt met de ecliptica. Ton Lindemann beschrijft de omstandigheden op deze hypothetische planeet, volgens oud astronomisch gebruik genoemd naar de ontdekker, "Planeet Homburg". De beschrijvingen zijn zuiver hypothetisch en niet gebaseerd op wetenschappelijk onderzoek, het verhaal heeft een filosofisch karakter.

Inleiding

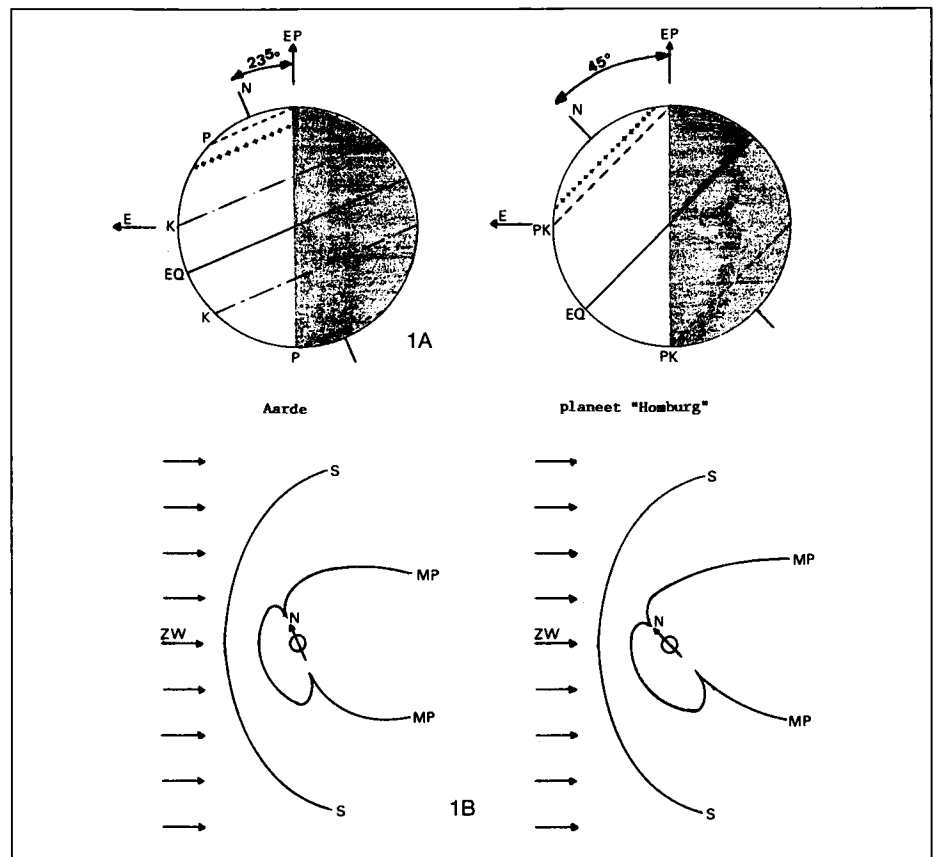
De inbeelding is niet zo eenvoudig te beantwoorden als het lijkt, immers op deze hypothetische planeet is alles anders dan op de aarde. Kijken we eerst eens naar Nederland. Op onze breedte (52°NB) krijgen we polaire winters en tropische zomers. Ons land ligt daar zelfs binnen de poolcirkel!

Maar dat is lang niet alles. Door de andere astronomische grootheden veranderen op de hypothetische planeet de klimaatzones alsook het atmosferische circulatiepatroon, de hydrologische circulatie (waaronder oceanische oppervlakte- en diepzeestromingen) en de interactie tussen de oceanen en de atmosfeer, eigenlijk is de gehele ecosfeer totaal anders.

Toch kunnen we een nog extremer voorbeeld van de gedachtengang van de heer Homburg in ons zonnestelsel tegenkomen. Zo heeft de planeet Uranus een helling van de equator op haar baan rond de zon van 97° 52'. Dit houdt in dat haar noord- of zuidpool, afhankelijk van het seizoen, vrijwel recht op de zon gericht is!

Astronomische veranderingen en het directe gevolg ervan

De aarde als planeet vormt tezamen met 8 andere leden de planetenfamilie van het zonnestelsel. Als derde planeet vanaf de zon staat de aarde relatief dicht bij de zon. De invloed van de zon (warmte, licht, aantrekkings-



Legenda van de gebruikte afkortingen in de figuren. E Ecliptica EP Ecliptica Pool EQ Equator H Horizon K Keerkringen M Maan MP Magnetopauze N Noord P Poolcirkel S Schokfront PK Poolcirkel en Keerkring Z Zon ZW Zonnwind

Fig. 1. Voornaamste verschillen tussen Aarde (links) en "Planeet Homburg" (rechts). Beide situaties gelden strikt genomen voor 21 juni. De breedte waarop Nederland ligt is aangegeven met plusjes lijn.

1A. De zon staat altijd op de Ecliptica (E) en de Ecliptica Pool (EP) staat hier haaks op. Een denkbeeldige waarnemer op de poolcirkel die om middernacht recht naar boven kijkt, ziet in de richting van de Ecliptica Pool. Op de langste of kortste dag van het jaar, afhankelijk van het seizoen, raakt de zon één van de keerkringen. Bij "Planeet Homburg" vallen de keerkringen samen met de poolcirkel.

1B. Veranderingen in de stand van de magnetische poolas.

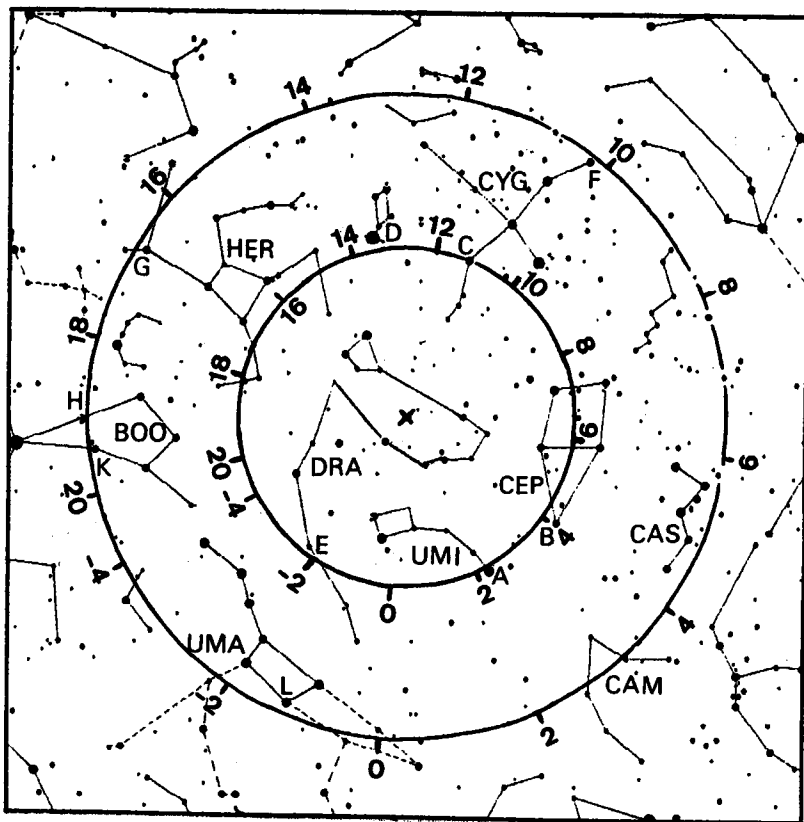


Fig. 2. De binnencirkel geeft in stappen van 2.000 jaar de aanwijsrichting van de poolas (noorden) voor de aarde aan. Voor "Planeet Homburg" geldt de buitencirkel. Door de precessie draait de poolas rond in een Platonisch jaar van 25.700 rond de Ecliptica Pool (X) met een straal van ongeveer 23,5° voor de aarde en 45° op "Planeet Homburg". (Waarom? Zie ook fig. 1A).
 Belangrijkste sterrenbeelden BOO Bootes CAM Camelopardalis (Giraffe) CAS Cassiopeia CEP Cepheus CYG Cygnus (Zwaan) DRA Draco (Draak) HER Hercules UMA Ursa Major (Grote Beer) UMI Ursa Minor (Kleine Beer) X Ecliptica Pool Belangrijkste poolsterkandidaten voor Aarde (binnencirkel) A Polaris B α Cephei C δ Cygni D Wega E α Draconis, voor "Planeet Homburg" (buitencirkel) F ζ Cygni G β Herculis H ϵ Bootis K ρ Bootis L β Ursa Majoris.

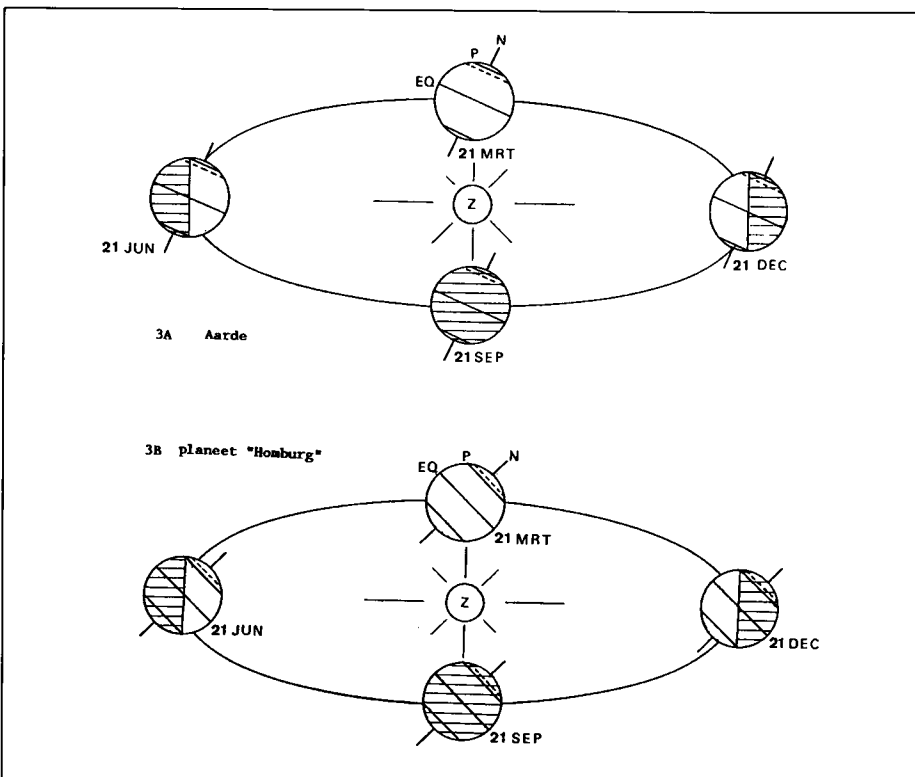


Fig. 3. Seizoenen op Aarde (3A) en "Planeet Homburg" (3B) (zie ook figuur 1A).

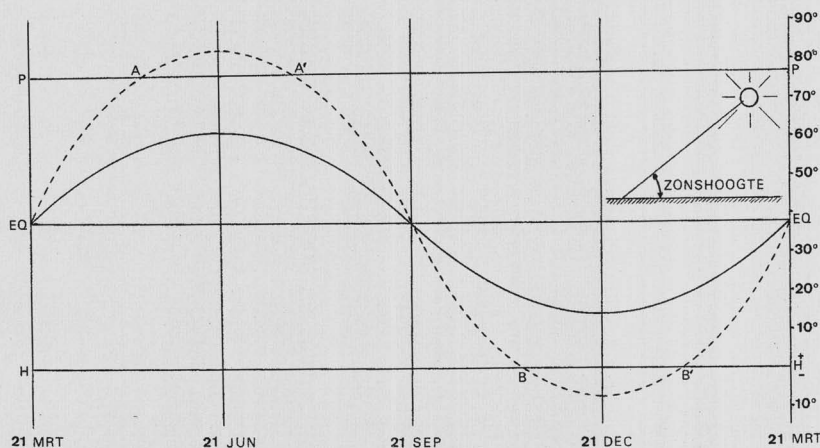
kracht) is dan ook groot. In de onderstaande voorbeelden gaan we de verschillen tussen de relaties zon-aarde en zon-"Planeet Homburg" wat nader bezien. In figuur 1 zijn ter vergelijking de belangrijkste constanten aangegeven die gelden voor de aarde en "Planeet Homburg". Merk op dat bijvoorbeeld op "Planeet Homburg" de keerkringen samenvallen met de poolcirkels! Wij zijn op aarde gewend om op het noordelijk halfrond een poolster te zien, maar welke ster is op "Planeet Homburg" poolster en hoe komt dat? We zullen bekijken hoe de verschillende seizoenen ontstaan en wat we op "Planeet Homburg" mogen verwachten. Ten slotte beschouwen we de getijden.

PRECESSION.

De aarde maakt onder invloed van de aantrekkingskracht van zon en maan tollende bewegingen. Wanneer we de poolas als referentie nemen, dan weten we dat deze naar de Poolster wijst. Echter, door de tolbeweging verandert de stand van de poolas in de loop van de eeuwen en wijst die as naar een ander deel van de sterrenhemel. Het uiteinde van de poolas beschrijft daarbij een cirkel in de ruimte. Deze tolbeweging heet precessie, zij heeft een omlooptijd van 25.700 jaar, het zogeheten Platonisch jaar (zie fig 2). Het centrum van één zo'n rondgaande beweging, heet Ecliptica Pool. De ecliptica of wel de schijnbare zonnebaun ligt altijd in de kijkrichting van de zon. Gedurende één jaar doorloopt de zon volgens deze baan de gehele sterrenhemel. Dit is de reden dat we in de winter andere sterrenbeelden zien dan in de zomer. Dit betekent dat de poolas door de precessie tolt met een hoek van 23,5° ten opzichte van een lijn loodrecht op de ecliptica door de Ecliptica Pool (zie figuur 1A). Wanneer we de loop van het Platonisch jaar volgen, dan komen als toekomstige poolster onder meer enkele sterren van de sterrenbeelden Cepheus, de Zwaan en de ster Wega van de Lier in aanmerking. Gaan we terug in de tijd dan zien we 2.000 jaar voor Christus de ster α Draconis als poolster.

We nemen aan dat de precessie ook op "Planeet Homburg" aanwezig is, maar omdat de poolas op "Planeet Homburg" een grotere hoek nl. 45°

Fig. 4. De ecliptica op Aarde en "Planeet Homburg"



In figuur 4 is de jaarlijkse gang van de dagelijkse zonshoogte geldig voor 52°NB aangegeven. De zonshoogte wordt gemeten in hoekmaten. Voor elke dag in het jaar is de werkelijke hoogte van de zon boven de horizon (H-H) aangegeven. De equator van de hemel (EQ-EQ) ligt 38° boven de horizon. Deze blijft onveranderlijk, omdat de breedte van Nederland vast ligt op 52°NB. De getrokken curve geeft de dagelijkse culminatie van de zon door het zuiden aan naar de aardse omstandigheden en wordt de ecliptica genoemd. De streeplijn is de ecliptica voor "Planeet Homburg". Enkele weken rond 21 juni is er op "Planeet Homburg" sprake van de midzomernachtzon. De zon komt dan bij A boven de poolcirkel P-P en eerst bij A' is de midzomernachtzon voorbij. Rond middernacht op 21 juni staat de zon 7° boven de horizon. In de middag staat de zon dan bijna recht boven de waarnemer. Enkele weken rond 21 december duikt de zon bij B onder de horizon en treedt de poolnacht in. Deze eindigt bij B' waar de zon 's middags boven de horizon uitkomt.

heeft ten opzichte Ecliptica Pool, is de precessie ook extremer. Tevens aannemende dat het Platonisch jaar gelijk blijft, neemt de snelheid waarmee poolas op "Planeet Homburg" andere hemelstreken aanwijst aanmerkelijk toe. Sterren die op deze precessiebaan liggen zijn gedurende relatief kortere tijd poolster dan op aarde. Het aantal kandidaat poolsterren neemt toe, omdat er meer sterrenbeelden doorkruist worden. In onze tijd is er op "Planeet Homburg" geen poolster. Tussen het jaar 4.000 en 6.000 zijn enkele sterren van Cassiopeia redelijke kandidaten. Kort na 10.000 is ζ Cygnus poolster. Tegen het jaar 17.000 is dit de ster β Hercules. Rond het jaar 19.000 vinden we twee fraaie poolsterkandidaten van het sterrenbeeld Bootes. Ruim 1.000 jaar voor Christus zou β Ursa Major (Grote Beer) de poolster zijn geweest.

DE SEIZOENEN.

Een andere duidelijke verandering be-

treft de seizoenen. Figuur 3 toont de stand van de poolas met de seizoenen op aarde enerzijds en op "Planeet Homburg" anderzijds. De verschillen tussen de aarde (fig. 3A) en "Planeet Homburg" (fig. 3B) zijn groot. We komen er verderop nog op terug, maar één van de meest in het oog springende verschillen is bijvoorbeeld dat de traditionele klimaatzones, zoals we die op aarde kennen, op "Planeet Homburg" verdwijnen. Het poolklimaat krijgt een geheel nieuwe dimensie: hete zomers en koude winters. Daardoor kent "Planeet Homburg" geen permanent poolijs, maar ook geen tropische regenwouden. Een andere ingrijpende wijziging is dat Nederland op "Planeet Homburg" binnen de poolcirkel valt. 's Zomers rond 21 juni kunnen we dan enkele weken genieten van de midzomernachtzon, maar ook ontkomen we niet aan de poolnacht omstreeks 21 december. De oorzaak kunnen we terugvinden uit een vergelijking van de aarde met

"Planeet Homburg", zie figuur 1. Daaruit blijkt dat de poolcirkel in het laatste geval op 45°NB en 45°ZB komt te liggen. Ons land ligt op ongeveer 52°NB en dus op "Planeet Homburg" binnen die poolcirkel.

MAGNETISCH VELD

Met de helling van de poolas verandert eveneens de helling van de magnetische poolas. Omdat de magnetische poolstreken in de zomermaanden op "Planeet Homburg" meer naar de zon gericht zijn, kan het effect van de zonnwind (hoog energetisch geladen deeltjes afkomstig van de zon) sterker worden. Uit figuur 1 is het effect van de extra scheefstand van de magnetische as op "Planeet Homburg" af te lezen. Immers het schokfront (s) is de lokatie in de ruimte waar door de magnetische velden van de aarde de zonnwind wordt afgebogen en grotendeels wordt omgeleid. Een kleiner deel van de zonnwind kan in de omgeving van de magnetische polen diep de atmosfeer binnendringen en daar het prachtige poollicht veroorzaken. In extreme gevallen kan zelfs het radioverkeer worden verstoord. Uit figuur 1B blijkt ook dat de magnetische poolas meer helt en dat de zonnwind gemakkelijker toegang heeft om "Planeet Homburg" dichterbij te naderen. Vooral in de zomermaanden mogen we op "Planeet Homburg" dan, óók bij een minder actieve zon, meer verstoringen verwachten van het radioverkeer. Voor een toename van deze en andere kosmische straling hoeven we ons geen zorgen te maken. De stralingsdruk op de magnetosfeer in zijn algemeenheid zal op aarde en "Planeet Homburg" gelijk blijven.

GETIJDEN

De vierde opvallende wijziging met een astronomische achtergrond heeft betrekking op het dagelijkse ritme van eb en vloed. De getijden worden vooral door de maan veroorzaakt. Hoewel de maan lichter is en dichterbij de aarde staat dan de zon, oefent zij toch een tweemaal zo grote invloed uit op de aarde dan de verder weg staande grotere en zwaardere zon. Door de aantrekkingskracht van de maan wordt vooral het water op aarde aangetrokken. Dit resulteert in een vloedberg in de richting van de maan. De tweede vloedberg ontstaat aan de

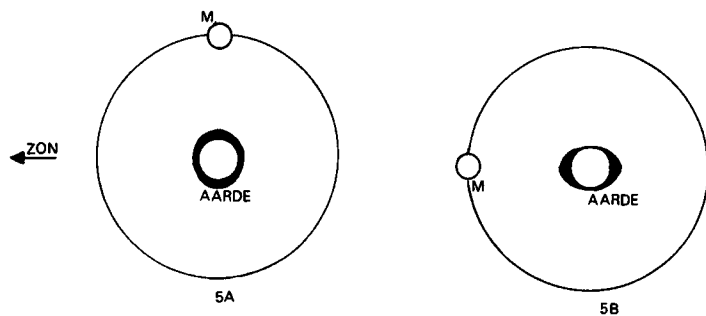
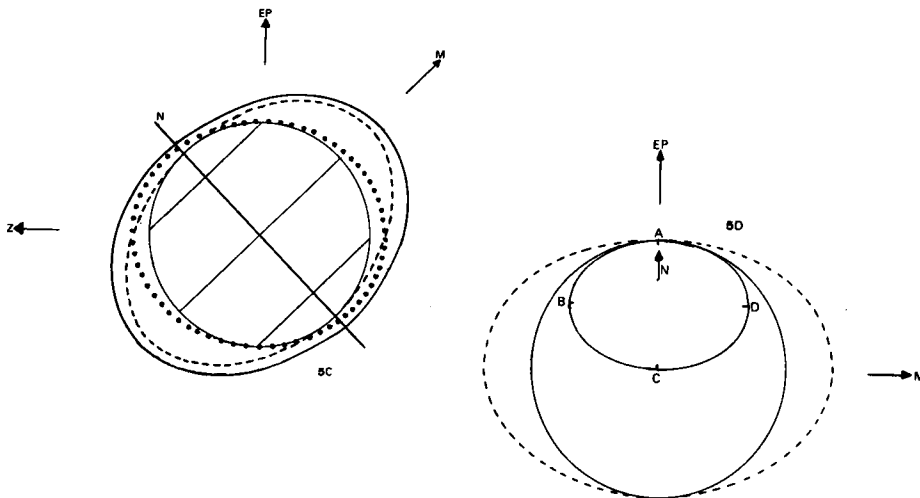


Fig. 5. Getijdenritme op Aarde en "Planeet Homburg" (verklaring in de tekst).



tegenovergestelde zijde van aarde. Deze ontstaat vooral door het ontbreken van de maansinvloed en het daarmee samenvallende impulsmoment of de middelpuntvliedende kracht van het aarde-maan systeem. Beide vloedbergen zijn even groot.

De getijden veroorzaakt door de maan vormen de sterke cyclus. Een zwakke getijden cyclus wordt door de zon veroorzaakt, volgens hetzelfde beschreven principe. Deze vloedberg is dus recht op de zon gericht en vooral rond het middaguur en rond middernacht merkbaar.

Beide getijdencycli kunnen elkaar versterken en verzwakken, omdat zon, aarde en maan vanuit de aarde gezien zich globaal in hetzelfde vlak bewegen. Bij nieuwe en volle maan staan zon, aarde en maan op één lijn en is er sprake van springvloed. De verschillen tussen eb en vloed zijn dan het grootst. Bij het eerste en laatste kwartier van de maan werken zon en maan elkaar tegen en is sprake van dood tij.

Op aarde is de invloed van eb en vloed in de poolstreken gering.

Wat verandert er nu op "Planeet Homburg"? We nemen aan dat de maan-

baan bij "Planeet Homburg" in de onmiddellijke nabijheid van het evenaarsvlak van deze planeet ligt.

Door de extreme helling van de poolas is de getijdeninvloed in de poolstreken ook merkbaar. Rond de geografische polen komt de zon maar één keer per jaar (21 maart) op en gaat zij ook maar één keer per jaar onder (21 september). Er is dus sprake van een jaarlijkse getijdenbeweging. Vloed door de zonsbeweging is er dus in juni en december. Laag water in maart en september.

De sterke cyclus, veroorzaakt door de maan, ondergaat niet veel veranderingen en blijft vooral van invloed in het evenaarsvlak van "Planeet Homburg". Figuur 5C laat het effect van de gecombineerde en elkaar versterkende zons- en maanscycli zien op het moment van volle maan.

Tussen beide cycli komen op "Planeet Homburg" overgangsgebieden voor die een complexe getijdencyclus kennen door de gecombineerde effecten van de zwakke en sterke cyclus. We kijken in figuur 5D vanaf de zon gezien naar de aarde en op de vloedberg van de zon. In dit voorbeeld kiezen we voor onze waarnemer een positie op

45°NB, in figuur 5D bij A. De maan staat in de richting van M (eerste kwartier). De getidewerking door de zwakke invloed van de zon is in A rond middernacht nihil. Omdat de maan in het eclipticavlak staat is ook zijn invloed op dit tijdstip nihil. Zes uur later staat de waarnemer in B, dan is vooral de opkomende vloed door de maan merkbaar. Als de waarnemer in C is aangekomen, zal het waterniveau niet merkbaar veranderd zijn ten opzichte van B. Dit is te verklaren door het doottij-beginsel op aarde. De opkomende vloed van de maan is overgegaan in de vloed van de zon. In D heeft de vloed van de zon plaats gemaakt voor afgaand water van de maansvloed en begint het water merkbaar te dalen, totdat de waarnemer weer in A aangekomen is.

In dit voorbeeld kent onze waarnemer niet ons vertrouwde getijdenritme. Hij ervaart rond het middernachtelijk uur eb. Opkomend water in de nacht tot 6 uur 's ochtends. Aansluitend vloed gedurende de gehele dag en eerst om 18 uur kan hij afgaand water waarnemen.

Nederland en de Noordzee liggen iets ten noorden van onze waarnemer, zodat de verschillen hier in wezen niet veel anders zullen zijn.

Maanbaan en maanstanden

We zagen al dat de aarde en de maan speciale relaties met elkaar hebben. Naar astronomische verhoudingen is het systeem aarde-maan een dubbelplaneet. De maan draait rond de aarde en telkens is maar één zijde van de maan verlicht. Neem de volgende proef, waarbij u van uzelf een planetarium maakt om de maanstanden na te bootsen. Gebruik hiervoor een bal en neem deze op uw gestrekte arm voor u uit. De aarde bent u en de maan is de bal. Voor de zon kunt u een felle lamp nemen. Als u de maanbal op uw gestrekte rechter arm bekijkt zodanig dat de lamp er links van staat, dan ziet u een deel beschenen door de lamp welke overeenkomt met het laatste kwartier. Draai nu langzaam links om (naar de lamp toe), maar blijf op uw plaats staan en houdt uw arm gestrekt. Merk op dat het verlichte deel wijzigt. Draait u de maanbal tussen u en de lamp, dan ziet u alleen de schaduwzijde. Dit komt overeen met nieuwe maan. Andere maanstanden ontstaan op gelijke wijze.

Op "Planeet Homburg" zien we iets totaal anders. In de zomer zien we de maan in het laatste kwartier en daarna afnemen tot maximaal een smalle sikkel aan de bovenrand. Nieuwe maan is er niet. Na het eerste kwartier zien we een bijna volle maan met een schaduwrand aan de onderzijde. In de winter is deze situatie omgekeerd. Dit doen we na: Neem nogmaals de bal uit het vorige voorbeeld en houdt deze schuin naar beneden voor u richting lamp. De bovenrand is verlicht, conform de verwachting. Draai vervolgens links om en bekijk de bal nogmaals met de lamp in de rug en de bal schuin boven u. Aan de onderrand ziet u nu de schaduwstrook.

In het voor- en najaar kunnen we wel getuige zijn van volle en nieuwe maan. Neem de proef door dezelfde bewegingen nogmaals na te bootsen maar nu een kwartslag gedraaid.

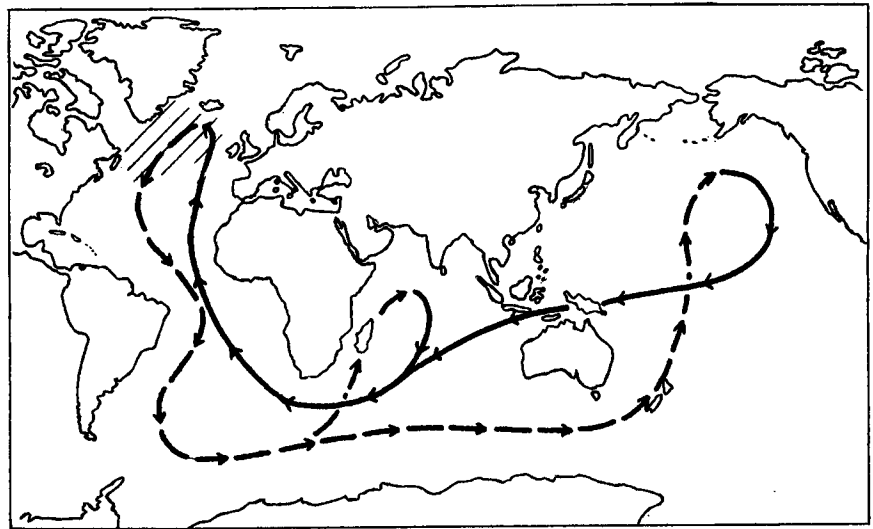


Fig. 6. Gyrostromen voor de aarde.
 ///// Convectiongebied, vorming van koud bodemwater.
 —→ Gyrostroming koud water.
 → Gyrostroming warm water.

Fysische veranderingen

De kanteling van de poolas tot 45° zal ook gevolgen hebben voor enkele oppervlakte processen op aarde, waarbij we er vanuit gaan dat de ligging van de continenten ten opzichte van de poolas niet verandert. Twee belangrijke processen zullen de revue passeren. Dit zijn de ontwikkeling van ijskappen en de ontwikkeling van de zeestromen in het algemeen. Waar mogelijk heb ik getracht de onderlinge verbanden aan te geven met het klimaat.

Ontwikkeling van ijskappen

Permanent poolijs hoeven we niet te verwachten op "Planeet Homburg". Het in de winter gevormde ijs, zal 's zomers weer afsmelten. Dit geldt ook voor de zuidelijker gelegen Groenlandijskap. Zoals we al zagen, staat de zon namelijk aan de pool en alle noordelijke streken hoger aan de hemel dan op aarde. Het ontbreken van permanent landijs zal de zeespiegel met zo'n 40 tot 60 meter doen stijgen.

Oceanische stromen op aarde

Zeestromen op aarde worden in stand gehouden door een aantal endogene en exogene factoren. Tot de endogene factoren moeten we vooral de asdraaiing van de aarde rekenen, maar ook de luchtcirculatie op zeeniveau en de ligging van de grote onderzeese bergketens. De invloed van de zonnestraling (warmtetoever) en getijdebe-

wegingen door zon en maan kunnen we rekenen tot de exogene factoren. In de oceanen op aarde bestaan verschillende water- en zeestromen. De drie belangrijkste voor deze discussie zijn de gyrostromen, convectiestromen en de niet-oscillerende waterstromen. De gyrostromen zijn de grootschalige oceanische rondgaande dieptestromen die vooral mede in stand gehouden worden door convectiestromen. Deze laatste zijn voornamelijk seizoensgebonden en treden hoofdzakelijk op hoge breedten op en bestaan uit verticale waterverplaatsingen als gevolg van verschillen in soortelijke massa van het oppervlaktewater en diepe water. Onder de niet-oscillerende waterstromen (stromen die niet door zeegolven beheerst worden) verstaan wij de oppervlaktestromen die in stand gehouden worden door de overheersende windrichtingen en ligging van de continenten.

De waterkolom van de oceanen bestaat uit globaal drie belangrijke waterlagen, die moeilijk te vermengen zijn. De niet-oscillerende waterstromen die de bovenste waterlaag vormt, reikt tot ongeveer 200 meter diepte. Deze waterlaag wordt voortdurend door de wind en andere zeestromen, zoals de getijdestromen, gemengd. Een tweede waterlaag is de thermocline (200-600 m waterdiepte). Deze waterlaag vertoont een sterke afname van de temperatuur met het toene-

men van de waterdiepte. De thermocline heeft de eigenschap vermengingen tussen oppervlaktewater en dieptewater tegen te werken. Op diepten beneden ongeveer 600 meter vinden we de dieptewateren, waarin dichtheid en temperatuur relatief weinig variëren.

GYROSTROMEN

Op aarde wordt vooral in het noordelijk deel van de Atlantische Oceaan en in de shelfzeeën rond Antarctica op grote schaal het oceanisch oppervlaktewater sterk afgekoeld. Enerzijds gebeurt dit door de seizoensvariatie en vermenging met de jaarlijkse grote hoeveelheden smeltwater van de ijskappen. Anderzijds door een andere stralingsbalans in de seizoenen, omdat er gedurende de wintermaanden in deze streken door de laagstaande zon of poolnacht weinig zonnestraling en dus warmte wordt ontvangen. We komen hier in de paragraaf over stralingsbalans nog nader op terug. Dit koude water vormt de voeding voor de gyrostromen, de eerder genoemde dieptestromen. Immers koud water heeft een grotere dichtheid dan warm water en daarom zakt het afgekoelde water naar de diepzee bodem. Door de menging met smeltwater is het water ook wat zoutarmer en ook daardoor soortelijk zwaarder. De zo opgeroepen convectiestromen fungeren hier als het ware als de pompen

die de gyrostromen aanjagen. In het convectiegebied wordt het oppervlaktewater opnieuw aangevuld door warm, zoutrijker en daarom soortelijk lichter water. In het gebied van de convectiestromen kan de thermocline zelfs ontbreken. De verdere stromingsrichting van de gyrostromen juist boven de oceaانبodem wordt vooral bepaald door de onderzeese bergketens, die als geleide dienst doen of juist blokkades opwerpen.

Het zeegebied van de noordelijke Atlantische Oceaan in de ruime omgeving van IJsland is misschien wel het belangrijkste convectiegebied op aarde. Het convectiegebied in deze zône speelt een grote rol in de warmtehuishouding op aarde. Warm water, aangevoerd door de Golfstroom, geeft hier zijn warmte af aan de atmosfeer en zakt afgekoeld naar een diepte van drie á vier kilometer. Zoals we in de paragrafen over het klimaat zullen zien wordt door deze warmte afgifte van warm oceaanwater aan de atmosfeer een stevige voedingsbodem in stand gehouden voor een actief depressiegebied.

De dieptestroom voert het koude water naar het zuiden, langs de zuidpool. Rond de shelfzeeën van Antarctica wordt de koude dieptestroom met extra koud water gevoed. De dieptestroom voert verder door de Indische Oceaan naar de Stille Oceaan, waar het ten zuiden van Alaska weer opwelt. Het water in dit zeegebied is aanmerkelijk kouder en dat heeft weer zijn weerslag in de interactie tussen klimaat en de oceaan. Het koudere water kan de atmosfeer minder opwarmen, zodat er over het algemeen minder zware depressies en stormen zijn.

Een direkt gevolg van de gyrostromen met de bijbehorende convectiegebieden is de hierboven al aangehaalde warmte uitwisseling.

Omdat het water door de genoemde zeestromingen in het noordelijk deel van de Atlantische Oceaan, zeker in de winter, warmer is dan dat wij door instraling van de zon mogen verwachten, is er een warmte overschot. Deze energieverstoring bevordert de warmte uitwisseling van relatief warm zee-water naar de relatief koude atmosfeer. De atmosfeer wordt namelijk door deze uitwisseling om dezelfde seizoensredenen te warm. Warme

lucht is lichter dan koude lucht en kan ook meer waterdamp bevatten. Deze warme en vochtige luchtmasse stijgt op en tijdens het opstijgen koelt de lucht af. In de afkoelende lucht concentreert waterdamp zich tot wolken en wanneer er voldoende waterdamp in de lucht aanwezig is, kan deze condenseren en als neerslag weer op aarde terug vallen. Daarom is dit gebied ten zuiden van IJsland feitelijk ook een grote atmosferische warmtepomp die een actieve depressiehaard in stand kan houden.

NIET-OSCILLERENDE WATERSTROMEN

Van de niet-oscillerende waterstromen wil ik als voorbeeld alleen El Niño nemen. Deze periodiek opstekende tegendraadse oppervlaktestroom op de Stille Oceaan is in staat om het klimaat op de gehele aarde op zijn kop te zetten. Normaal loopt in de zuidelijke Pacific de zeestroming van Peru naar Indonesië. El Niño is een omgekeerde zeestroming, dus één van de Indonesische archipel naar Peru.

Eenvoudig gesteld ontstaat de El Niño door een aanhoudende oostenwind, die warm water van Zuid-Amerika naar Indonesië voert. Er ontstaat dan aan de westelijke zijde van de Stille Oceaan een opeenhoping van een grote, warme plas water. Het warmteoverschot van deze watermasse wordt afgegeven aan de atmosfeer, wat leidt tot felle tropische stormen. In principe vindt dan dezelfde warmte uitwisseling plaats als op de noordelijke Atlantische Oceaan. Door deze stormen wordt op dat moment de oostelijke luchtstroming geblokkeerd en kan de bulk warm water terugvloeien naar de Zuid Amerikaanse kust. Dit terugvloeien is de beruchte El Niño.

Met het opsteken van de El Niño wordt op het noordelijk halfrond de straalstroom versterkt. Deze versterking ontstaat mede door het opstijgen van de warme lucht in de optredende tropische wervelstormen, die opgenomen worden in de circulatiestroming van de atmosfeer op het noordelijke halfrond.

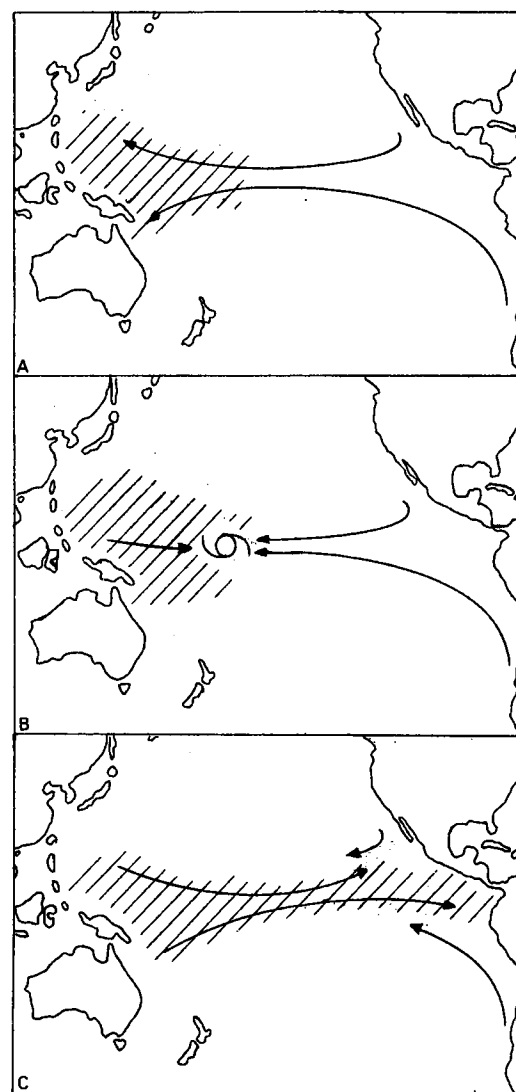


Fig. 7. De El Niño.

- Overheersende zeestroming
- //// Zeewater temperatuur van tenminste 28°C
- ↻ Bewegingsrichting tropische storm

7A In de normale situatie stroomt het zeewater door de oostenwind van de Amerikaanse naar de Indo-aziatische kust.

7B Er kan zich daardoor periodiek in het westelijk deel van de Grote Oceaan een meer dan normale hoeveelheid warm water ophopen. Het gevolg is dat er midden op de oceaan felle tropische stormen ontstaan die de oostelijke winden blokkeren. Het warme water begint van het westelijk oceanisch gebied terug te vloeien naar de Amerikaanse kusten. Het begin van de El Niño.

7C Het warme zeewater kan nu terug stromen en de Amerikaanse kusten bereiken. Als het overschot van het warme water uit het westelijk gebied van de Grote Oceaan verdwenen is, herstelt situatie A zich weer.

Zeestromen op "Planeet Homburg"

GYROSTROMEN

Richten wij ons weer tot onze "Planeet Homburg". Nergens op deze planeet is het waarschijnlijk permanent voldoende koud om een convectiegebied als op aarde in stand te kunnen houden. We moeten daarbij niet vergeten dat de zon in de zomer hoger aan de hemel staat en op de breedte, waar ook dit convectiegebied ligt, in de middag vrijwel recht boven ons hoofd staat. Het wordt in de poolstreken 's zomers een stuk warmer, maar in de winter over grotere gebieden aanmerkelijk kouder. Vorming van koud water kan daarom alleen in de winter plaatsvinden. In de zomer ontstaat er een thermocline, die in de winter verdwijnt. Dit betekent dus dat de uitwisseling tussen de diverse geïsoleerde (diep)zeestromen in de zomer geblokkeerd wordt. Het verwarmde water heeft dan onvoldoende mogelijkheden om zijn warmte af te geven aan de atmosfeer. Dit komt omdat de atmosfeer ter plaatse zelf warmer is dan het zeewater. Van een warmte overschot van het zeewater is dan geen sprake meer. Er ontstaat dan een gebrek aan koud water om een convectiestroom in gang te houden. De andere situatie op "Planeet Homburg" houdt dan in dat er in de zomer geen of onvoldoende koud bodemwater meer gevormd wordt in het noorden van de Atlantische Oceaan, de Noordelijke IJszee of rond de Zuidpool. Doorbreking van de thermocline door convectiestromen is sterker seizoensgebonden dan op aarde en de vorming van koud dieptewater gaat nog het beste in de winter en gedurende het voorjaar als grote hoeveelheden zee-ijs smelt en de thermocline dun is of ontbreekt. Gevolg is dat de wereldomvattende gyrostromen ontbreken of veel zwakker zullen zijn dan op aarde.

Zoals we gezien hebben, heeft het convectiegebied ten zuiden van IJsland een grote invloed op het weer. Hoe anders is dit op Homburg! De depressiehaarden zijn op "Planeet Homburg" niet langer gekoppeld aan convectiezones. Hier worden de weersystemen vooral onderhouden door de onderlinge temperatuurverschillen tussen de warme en koude luchtsoorten en de mate van de van lagere breed-

ten binnendringende warme oppervlakte stromen in de winter op polaire hoogten (45°NB of 45°ZB).

NIET-OSCILLERENDE WATERSTROMEN

Vele niet-oscillerende zeestromen op "Planeet Homburg" kunnen zich gedragen als El Niño, die zelf in elk geval in de huidige vorm niet terugkomt op "Planeet Homburg". We zullen het meer moeten zoeken in noord-zuid geïntereerde stromen, die bij de wisseling van het seizoen omkeren.

Door de extra kanteling van de poolas worden de seizoensinvloeden extremer. Gedurende de zomer warmt het zeewater rond de poolstreken op en zet het daarom ook uit. Warm water heeft meer volume nodig en zal gaan uitstromen naar die omgeving waar ruimte is. En dat is het koude winterhalfrond, waar het koude water minder volume nodig heeft. Elk halfjaar wijzigt deze situatie door de seizoenswisselingen.

Glaciologie

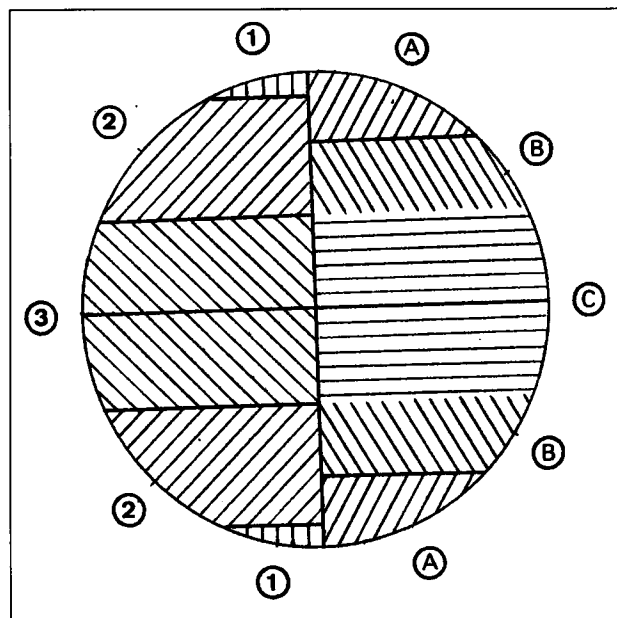
We hebben al geconstateerd dat een permanente ijsbedekking in de hogere breedten uitgesloten is, maar waar zullen nu in de winter, behoudens de hooggebergten, sneeuw en ijs ontstaan? Dat is in de eerste plaats op de continenten die binnen de poolcirkel op "Planeet Homburg" liggen. De sneeuw die vanaf de herfst valt zal pas in het voorjaar weer vrij snel wegsmelten. De eerste sneeuw valt op de laagvlakten en het zeeniveau in de omgeving van de polen zelf, omdat mede door het komende winterseizoen de dagen daar het snelst korter worden en dus ook het snelst kouder. Hier smelt de laatste sneeuw ook weer weg aan het begin van de zomer. Op het moment dat de sneeuw in het noorden smelt is op het zuidelijk halfrond de winter in aantocht en vormt zich ten zuiden van 45°ZB een één sei-

zoenskijschap of sneeuwdek.

De zeegebieden van de poolstreken zullen met een relatief dunne ijslaag (jong zee-ijs) worden afgedekt, die ook weer afsmelt in het voorjaar. Deze toestand kunnen we vergelijken met de poolkappen op Mars. Die bestaan vooral uit stikstof. Als het voorjaar nadert, bereikt de poolkap zijn grootste omvang. Op de pool van Mars verdampt met het lengen der dagen de stikstof door inwerking van zonnewarmte. Op de andere pool is de winter in aantocht en daar slaat de stikstof in de vorm van sneeuw en rijp weer neer. Aan het eind van de zomer is bijna de gehele poolkap verdampt, maar omdat op de andere pool de winter eindigt, bevindt zich nu daar een grote poolkap van stikstof.

De klimaten

Een klimaat laat zich omschrijven als het gemiddelde weerbeeld over een tijdvak van 30 jaar. De gangmaker voor alle klimaten is de zon. De interactie van zonnestraling, atmosfeer,



Figuur 8 Klimatzones op Aarde (linkerhelft) en Planeet Homburg (rechterhelft).

Legenda:

Aarde:

- 1 Koude polaire klimaten.
- 2 Gematigd koude, gematigd warme klimaten en subtropen.
- 3 Tropische klimaten.

"Planeet Homburg":

- A winter: koud seizoen; zomer: warm seizoen.
B winter: gematigd koud seizoen; zomer: gematigd warm tot subtropisch seizoen.
C winter en zomer: gematigd seizoen; lente en herfst: warmer.

oceanen en continenten bepalen samen in grote mate het klimaat voor een bepaalde streek op aarde.

HET AARDS KLIMAAT

Wanneer wij naar de klimaatgordel waarin wij ons bevinden, kijken, dan blijkt het dagelijkse weer vooral bepaald te worden door depressies en hoge-druk cellen. Depressies zijn stijgende luchtmassa's en een hoge-druk gebied kenmerkt zich door dalende luchtstromen. De link tussen beide weersystemen is de straalstroom.

Op aarde bevindt de straalstroom zich normaal gesproken op breedten met gematigd klimaat. De straalstroom is niets anders dan een sterke meanderende westendrift ofwel oostwaards gerichte luchtstroom op zo'n 5 tot 10 km hoogte in de atmosfeer met windsnelheden tot 400 km/uur. Op deze hoogte vinden, net als op het aardoppervlak, grote botsingen plaats tussen koude en warme luchtmassa's. We zagen eerder dat warme luchtmassa's opstijgen, maar ook aan het stijgen komt een eind. Op 5 tot 10 km hoogte begint de opgestegen lucht uit te vloeien. En daar botst deze met de koude dalende luchtmassa's van de hoge-druk cellen. Deze botsingen veroorzaken grote en snelle luchtverplaatsingen. Juist door deze snelle verplaatsingen in de oostelijke richting (de straalstroom dus) ontstaat er aan de westzijde een luchttekort. Deze dient weer aangevuld te worden vanuit de lagere niveau's. Vervolgens ontstaat in de lagere atmosfeer een tekort, dat op zijn beurt wordt aangevuld met lucht uit de omgeving. Zolang deze lucht warm en vochtig is en via de depressie door de straalstroom omhoog getrokken wordt om in gevecht te gaan met de koude lucht, zolang blijft ook de depressie in stand. Gaat de depressie koudere lucht uit zijn omgeving halen en wordt deze door de straalstroom omhoog getrokken, dan wordt het temperatuurverschil tussen 5 en 10 km kleiner. De koude lucht krijgt de overhand, de kracht van de straalstroom neemt af en de depressie verdwijnt van de weerkaart. Omdat zeewater dag en nacht vrij constant van temperatuur is en de lucht er vochtig is, ontstaan depressies boven relatief te warm zee-water. Continenten zijn vooral droog

en kennen grotere extreme temperatuurverschillen. Depressies en stormen sterven boven de continenten dan ook snel uit.

Het klimaat op "Planeet Homburg"

Voor de aarde liggen de klimaatgordels vast. Van noord naar zuid kennen we op het noordelijk halfrond de polaire-, gematigde-, subtropische- en tropische klimaten. Op het zuidelijk halfrond in de andere volgorde. Een dergelijke eenduidige structuur kent "Planeet Homburg" niet. Het halfrond waar het winterseizoen heerst, kent op hogere breedten dan 45° een polair, ijskoud weertype. Gematigde weertypen komen hier dan voor rond de evenaar. Op de poolstreken vinden we gedurende het zomerhalfjaar zelfs tropische weertypen. Het polaire klimaat kent op "Planeet Homburg" dus extreme koude winters en tropisch hete zomers.

Gedurende de overgangseizoenen lente en herfst schuiven de tropische weersystemen naar de evenaarstreken op, om plaats te maken voor de koude winter die in aantocht is.

WINTERHALFJAAR

Gedurende het winterhalfjaar op het noordelijk halfrond zal de Noordelijke IJszee vrij snel afkoelen. Deze afkoeling brengt een warmte overschot met zich mee, die depressievorming bevordert. Aan het begin van het winterhalfjaar koelt ook de atmosfeer op hoge breedten af en er ontstaat dus een voedingsbodemp voor een straalstroom aan de poolstreken. De kustzones krijgen in het begin van dit seizoen te maken met najaarsstormen die, naarmate de winter vordert, in toenemende mate ook sneeuw brengen. De koudezone wordt steeds groter en de warmte trekt zich steeds meer naar het zuiden terug. Daarom verplaatst de straalstroom zich ook steeds meer naar het zuiden, de grens van koude en warmte volgend. De pool zelf zal, als de Noordelijke IJszee eenmaal met ijs overdekt is, het gedrag van de continenten overnemen. Met andere woorden, het is er te koud en te droog om depressies te kunnen laten ontstaan. In deze streken is de winter zeer koud en droog. Meer naar uit zuiden toe wordt het vochtiger en warmer. De straalstroom

zal zich ophouden in de omgeving waar het gevecht tussen warme en koude lucht het hevigst is. Op "Planeet Homburg" vinden we deze zone boven het evenaarsgebied. Het winterseizoen op "Planeet Homburg" betekent voor de poolstreken aldaar koud en droog weer, maar de aardse tropische gebieden krijgen op "Planeet Homburg" meer te maken met wisselvallige weertypen.

ZOMERHALFJAAR

Met het lengen der dagen in de winter en het voorjaar wordt het ook steeds warmer. Het eerst op lage breedten. De koude trekt zich dus nu terug naar hoge breedten. Gevolg is dat ook de straalstroom de neiging heeft weer naar het noorden opschuiven. Door het smeltende zee-ijs zal ook het oppervlaktewater in beginsel geen hoge temperaturen hebben. Dit onderdrukt de depressie-activiteit, die, zoals we zagen, juist warm water nodig heeft om te kunnen bestaan en wellicht ontbreekt deze gedurende de zomermaanden.

Boven de 45°NB staat de zon in de middag in juni bijna recht boven de waarnemer en gaat de zon 's nachts ook niet onder. Dit levert op het land tropische temperaturen op. Het is een periode van stabiel weer. Wanneer het aardoppervlak warmer is dan de atmosfeer, krijgen we weer te maken met een onstabiele situatie. De warmte wil altijd opstijgen. Door uitstraling wordt de lucht even boven de grond ook snel opgewarmd. Deze warme luchtlag komt in een stijgende beweging en veroorzaakt een stofhoosje. Gebeurt dit over grotere gebieden tegelijkertijd dan kunnen er ook grote verwoestende tornado's ontstaan op de continenten tot aan de Noordelijke IJszee! Op aarde gebeurt zulks onder meer in het midden-westen van de VS en in de woestijnen met zijn zware zandstormen.

Boven zee is het weerbeeld in beginsel stabiel, zolang het zeewater kouder is dan de atmosfeer. In de tweede helft van het zomerhalfjaar, als de temperatuur weer geleidelijk daalt, is het zeewater warmer dan de atmosfeer en neemt langzamerhand de neiging tot depressievorming weer toe. Eerst in kleinschalige tyfones. Als de luchttemperatuur zover is afgekoeld dat er weer echt sprake is van

koude en warme luchtmassa's, kan de straalstroom weer op gang komen en kunnen de tyfonen uitgroeien tot depressies.

De stralingsbalans

De voornaamste geofysische en klimatologische modellen voor "Planeet Homburg" zijn in grove lijnen samen te vatten in de stralingsbalans. Hieronder verstaan we de hoeveelheid zonnestraling (warmtestraling) die de aarde enerzijds ontvangt en anderzijds weer uitstraalt. Als dit in perfect evenwicht is, dan zal de gemiddelde temperatuur op aarde niet stijgen of dalen. Absorbeert de aarde meer warmte van de zon, dan dat zij weer kan uitstralen, dan stijgt de temperatuur op aarde. Straalt de aarde meer warmte uit dan de aarde van zon kan opvangen, dan wordt het kouder.

Lokaal is de stralingsbalans seizoens- en zelfs etmaal gebonden. Als de dagen in de winter kort zijn, wordt er minder warmte van de zon opgevangen dan er 's nachts door de aarde wordt uitgetraald. De afkoeling overheerst. Gedurende de korte zomernachten is de uitstraling daarentegen geringer dan de instraling en wordt het warmer. De dagelijkse cyclus is hiermee ook verklaard.

Niet alleen de wisselingen van de seizoenen of het ritme van dag en nacht is bepalend voor het netto resultaat van de stralingsbalans. Even belangrijk is de albedo. Dit is het weerkaatsend of reflecterend vermogen van een stof. Sneeuw en ijs zijn niet alleen in staat grote hoeveelheden warmtestraling te reflecteren, maar ook om de uitstraling zelf te bevorderen. Gedurende heldere winternachten is het door de uitstraling bijvoorbeeld boven een sneeuwdek aanmerkelijk kouder dan bij gelijkwaardige weersomstandigheden zonder sneeuwdek. Er bestaat een theorie, ontworpen door de Nieuwzeelandse geoloog Dr. A.T. Wilson, die zegt dat als de ijsmassa van de zuidpoolkap over de omringende oceanen uitgesmeerd wordt, de albedo van de aarde met 4% toeneemt. Dit betekent dat daardoor binnen de zuidpolaire convergentiezone 80% van de zonnearmte wordt gereflecteerd. Voldoende voor het inzetten van een nieuwe ijstijd op het noordelijk halfrond, waarbij het albedo op aarde totaal met 8% toeneemt. Dit is dan weer voldoende voor een gemid-

delde temperatuursdaling van de gemiddelde jaarlijkse wereldtemperatuur van 6°C, die nu ongeveer 16°C bedraagt.

Kijken we naar "Planeet Homburg" dan zien we de albedo ten opzichte van de aarde toenemen. Gedurende het winterhalfjaar zijn grote delen van de polen tot ten minste 45°NB of ZB verijsd en besneeuwd. Projecteren we de genoemde theorie van Wilson op "Planeet Homburg", dan kunnen we verwachten dat er gedurende het winterhalfjaar een vergelijkbaar effect optreedt. Door grotere uitgestrektheid van het seizoensgebonden poolijs dat permanent op aarde aanwezig is, zal de warmte uitstraling groter zijn dan de invallende zonnestraling. Netto is er op de planeethelft in het winterseizoen een zeer groot warmte verlies.

Op het andere halfrond is er in het zomerhalfjaar een netto stralingoverschot. Toch zal netto de wereldtemperatuur op "Planeet Homburg" flink dalen en dit komt vooral door het oceaanaanwater en het poolijs. De temperatuur van het oceaanaanwater stijgt niet eerder dan het zee-ijs is gesmolten. Zeker tot op 45° breedte kan zee-ijs voorkomen en de watertemperaturen zullen tot het zomerseizoen in grote delen dicht tegen het vriespunt aanliggen. De hoge albedo zorgt er ook nog eens voor dat veel zonnearmte wordt gereflecteerd. Omdat ook ijs en sneeuw een hoge albedo hebben, is het netto resultaat dat de stralingsbalans op "Planeet Homburg" een evenwicht met een lagere gemiddelde wereldtemperatuur kent.

Dankwoord

Vanaf deze plaats wil ik nog graag mijn dank uitbrengen aan Wim de Vries die mijn eerste concepten van nuttig commentaar en kritiek voorzien heeft.

Summary

The author describes the physical circumstances on "Planet Homburg" situated in space at the position of the Earth, but its polar axis making an angle of 45° with Ecliptica Pole in stead of 23,5° as is the case with the Earth. Due to this more inclined position of "Planet Homburg" astronomically related processes (like precession and tidal movements) take another course, resulting in other physical conditions on "Planet Homburg" than

on Earth. Some of the most striking conclusions with regard to the subsequent physical conditions are the following.

A climatic zoning will be absent. The polar regions are characterized by hot (even tropical) summers and severe cold winters, polar ice being present only during the winterperiod. Around the equator a zone of a moderate climate is found, without tropical rainforests. Tidal movements show other cycles than we are familiar with.

The absence of permanent ice caps will cause a sealevel rise of some 40 to 60 metres. Moreover, absence of large ice covered areas hampers the origin of an ocean current system (see figure 6) which rules our climate today a.o. in northwestern Europe. Consequently, the meteorological systems as well will strongly differ from the Earth's ones: there is no depression forming zone near Iceland; the weather systems depend on differences in temperature of the air. The average temperature on "Planet Homburg" is expected to be some 6°C lower than on Earth as result of a more unfavourable radiation balance.

Adres van de auteur.
Biesbosch 145
1181 JA Amstelveen

Literatuur

- Bell, M. 1994. Is our climate unstable? *Earth*, 3 nr 1, pp. 24-31.
- Comis, N.F. 1992. A new slant on earth. *Astronomy*, 20 nr 7, pp.44-49.
- Frese, W. 1992. De grote pomp. *NRC-Handelsblad (bijlage Wetenschap & Onderwijs)* van 3 september 1992.
- Herrmann, J. 1975. *Sesam atlas van de astronomie* (kaarten 42-43, 62-63, 84-85). Bosch & Keuning nv, Baarn pp 287.
- Heuvel, E.P.J. van den 1965. *IJstijden III*. Hemel en Dampkring 63, pp. 168-176.
- Homburg, C.J. 1993. *Klimaatwisselingen en geologie I*. Grondboor en Hamer 47 pp. 79-84.
- Homburg, C.J. 1993. *Klimaatwisselingen en Geologie II*. Grondboor en Hamer 47 pp.157-161.
- Pannekoek, A.J. en L.M.J.U. van Straaten (red) 1984. *Algemene Geologie*. pp 466-468. Wolters-Noordhoff, Groningen pp. 598.
- Smith, D.G. (red) 1983. *Cambridge encyclopedie van de aardwetenschappen*. pp.279-290, 312, 314-315. *Natuur & Techniek/Romen*, Maastricht, pp 495.