

Aardmeting

In 1816 besloot Wilhelm Struve de precieze vorm van de aarde te meten. Tussen de Noordkaap en de Zwarte Zee legde hij een netwerk aan van 265 meetpunten. Na veertig jaar meten wist hij het zeker: de aarde is afgeplat aan de polen. Zijn verhaal is anno 2006 een prachtig excuus voor een zomerse expeditie naar Finland, Estland en Letland – in de voetsporen van Struve.

■ Hier ergens moet het zijn. De GPS (global positioning system) geeft aan dat het punt precies rechts van ons moet liggen, op zo'n vijfhonderd meter afstand. Een pad is nergens te bekennen. Moeten we dan dwars door het bos gaan struinen, het pijltje van de GPS achterna? Gelukkig weten we dat het punt op een heuveltop moet liggen: dat maakt het zoeken gemakkelijker. Voorlopig volgen we daarom de weg die rondom de heuvel loopt. En dan opeens: een smal paadje, gemerkt met een onopvallend lint. De richting lijkt goed te zijn. Het pad leidt inderdaad naar de heuveltop, langs rotsen met korstmoss en linnaeuskllokjes, bosbessenstruiken en hoopjes elandenkeutels. Midden op de heuvel staat een houten uitkijktoren. Het uitzicht rondom is verbluffend: een golvend heuvellandschap met uitgestrekte bossen en meren. Na enig speuren aan de voet van de toren vinden we wat we zoeken: een boorgat van zo'n twee centimeter doorsnee in de granietrots. Ons eerste expeditie-doel is bereikt: **Puolakka, Finland, 61°55'36" noorderbreedte.**

In 1834 stond precies op deze plek een wetenschapper met een bijzondere missie. Hij bepaalde zijn eigen positie op de heuveltop ten opzichte van vier andere heuveltoppen in de omgeving. Hij deed dat met een theodoliet, een geavanceerd instrument om heel nauwkeurig hoeken mee te meten. 's Nachts bepaalde hij vervolgens de stand van de sterren, zodat hij later tot in detail de geografische positie van de heuveltop zou kunnen berekenen. Ten slotte boorde hij een gat in de rots op de plek waar hij had gemeten. Zo zou hij de precieze locatie later kunnen terugvinden. Deze anonieme Finse landmeter stond niet alleen in zijn missie. Zijn werk vormde een piepkleine schakel in een langgerekte keten van driehoeksmetingen (zie kader pag. 54), uitgevoerd tussen 1816 en 1855 door vele tientallen wetenschappers. De keten zou zich uiteindelijk uitstrekken over 2822 kilometer: van Hammerfest bij de Noordkaap tot Ismael aan de Zwarte Zee. Initiatiefnemer en coördinator van dit megaproject was de

Duitse astronoom en landmeter Friedrich Georg Wilhelm Struve (1793-1864). Zijn doel was ambitieus: hij wilde de precieze vorm van de aarde opmeten.

Pythagoras "De geometrie van de aarde houdt de mens al sinds de oudheid bezig," zegt Pekka Tätilä van de Finnish National Land Survey in Helsinki. "Pythagoras stelde al rond 500 voor Christus dat de aarde een bol was. De eerste die er daadwerkelijk aan rekende was Eratosthenes, in 230 voor Christus." Aan de hand van de hoogste zonnestand tijdens midzomer in verschillende plaatsen op een noord-zuidlijn berekende Eratosthenes dat de omtrek van de aarde over de polen zo'n 39.690 kilometer moest bedragen. Hij zat er niet ver naast: tegenwoordig gaan we uit van 40.008 kilometer. Zijn gegevens raakten echter in onbruik. Tot ver in de middeleeuwen meende de westerse wereld dat de aarde plat was. In de vijftiende eeuw raakte de bolvorm opnieuw in zwang, maar ►



nwt nr12.53

• Een GPS is een onmisbaar gereedschap bij het volgen van de boog van Struve. De 34 punten in het landschap liggen soms behoorlijk verborgen.



61°55'36" Puolakka, Finland



60°42'17" Porlom, Finland

► verschillende landen," vertelt Tätälä in Helsinki. Finland, dat met zes bewaarde punten het grootste aandeel in de serie heeft, nam het initiatief om Struves werk voor te dragen bij Unesco. Tätälä coördineerde deze gezamenlijke inspanning. Plaatsing op de Werelderfgoedlijst houdt in dat de wereldgemeenschap het belang van een bepaalde plaats erkent. "In dit geval was het niet alleen het wetenschappelijke belang, maar ook het feit dat Struve zoveel verschillende wetenschappers bij elkaar bracht," geeft Tätälä aan. "Hij coördineerde nieuwe metingen, maar combineerde ook zijn eigen werk in Estland met bestaand werk van anderen, onder wie de Russische generaal Carl Tenner. Tenner, een tijdgenoot van Struve, was in opdracht van Tsaar Nicolaas I aan het karteren voor het Russische leger, op een zuidwaartse lijn vanaf het huidige Letland. Struve besloot de krachten te bundelen en de lijnen op elkaar aan te sluiten." Vervolgens wilde Struve zijn lijn verlenen naar het noorden. Hij benaderde collega's in in het huidige Finland, dat destijds eveneens onder Russische heerschappij viel. "Struve was een diplomaat," stelt Tätälä. "Hij wist de Tsaar enthousiast te maken voor zijn missie, dus kreeg hij alle medewerking. De Zweedse koning Oskar wilde vervolgens niet achterblijven." Hoewel de lijn vandaag tien landen doorkruist, hoefde Struve destijds maar twee vorsten voor zich te winnen: de Russische Tsaar heerste van Noord-Finland tot de Zwarte Zee, en de Zweedse koning bestuurde ook Noorwegen. Tätälä: "Het op één lijn krijgen van de tien landen voor de Unesco-nominatie was ongetwijfeld moeilijker."

Nachtenlang turen Een overtocht met de veerpont brengt ons in Estland, het land waar Struve vrijwel zijn gehele werkende leven doorbracht. De Estse punten laten we echter voorlopig even links liggen: eerst staat Letland op het programma. Aan de rivier de Daugava, zo'n 600 kilo-



59°03'28" Võivere, Estland

Struve is vooral bekend geworden door zijn metingen aan dubbelsterren. Daarnaast slaagde hij er, samen met twee tijdgenoten, als eerste in de afstand tot een ster te meten.



• Portret van astronoom en landmeter Friedrich Georg Wilhelm Struve (1793-1864). Hij werd al op zijn 21e professor aan de universiteit van Tartu. In 1839 verliet hij Estland om bij St. Petersburg een nieuw observatorium te stichten.



59°02'54" Simuna, Estland

meter ten zuiden van het Finse Puolakka, ligt het historische stadje Jekabpils. Voor Struve was Jekabpils een bijzonder punt. Het was het zuidelijkste punt van de lijn die hij zelf had gemeten. In Jekabpils koppelde hij zijn keten aan die van Tenner, die toevalligerwijs ongeveer dezelfde meridiaan volgde. Jekabpils heeft een Struve-straat en een Struve-park, zo lezen we in het Unesco-rapport. Het punt dat we zoeken ligt middenin het park. Straatnaambordjes zijn er niet, en ons Lets is wat gebrekkig, dus houden we de GPS erbij. Na enig zoeken vinden we, midden tussen de vergane glorie van statige houten huizen, een parkje met een kersvers Struvenmonument. Het cement is nog ruw, de aarde eromheen nog zwart. Vóór het monument prijkt een ronde, gegraveerde steen, die in 1931 is geplaatst om de oorspronkelijke plek van Struve te markeren: **Jekabpils, Letland, 56°30'05" noorderbreedte.** Opnieuw op weg naar het noorden rijden we door het uitgestrekte Letse platteland. Glooiende heuvels met graanvelden maken plaats voor bossen met meertjes en kleine beekjes, die stuk voor stuk door bevers zijn afgedamd. Het is dertig graden en de dagen zoemen om ons hoofd. De GPS brengt ons via onverharde weggetjes steeds dicht bij ons volgende punt. Links en rechts gaan houthakkerspaadjes het bos in, en een daarvan moeten we hebben. Maar welke? Opeens zien we een piepklein wit bordje in de berm, net als we denken: hier moet het ongeveer zijn. Ziestu-Kalns, zegt het bordje in handgeschreven blokletters. Bingo! Het punt ligt op een heuveltop middenin een dicht stuk naaldbos. Ook hier moet het uitzicht vroeger beter zijn geweest. Nu staat er een soort betonnen grafzerk, gloednieuw, met bijbehorende vaas met verdroogde bloemen. Vlak eraan is gegraven. Een dikke grasplag is verwijderd, zodat de kale rots blootligt. We zien een boog met een kruis en het jaartal 1904, hoewel het punt al in 1824 is gemeten. Onderzoekers hebben de rots in 2002 blootgelegd. Blijkbaar, gezien de



58°22'44" Tartu, Estland

bescheiden omvang van het graafwerk, vertelde hun GPS ze precies waar ze moesten zoeken. Struves coördinaten waren dus opvallend nauwkeurig. **Ziestu-Kalns, Letland, 56°50'24" noorderbreedte.** Onze volgende stop is een belangrijke. In Tartu, de tweede stad van Estland, staat een monumentaal astronomisch observatorium: de thuisbasis van Struve, en tevens meetpunt op zijn meridiaan. "Struve kwam naar Tartu toen hij zestien was," vertelt dr Tõnu Viik, astronoom bij Tartu's nieuwe observatorium, en erkent Struve-expert. "Hij kwam uit Sleeswijk-Holstein, maar vluchtte naar Estland, zijn broer achterna, om de dienstplicht te ontlopen. Hij was namelijk ingelijfd door het leger van Napoleon, maar wist te ontsnappen uit het raam van de tweede verdieping van de kazerne." In Tartu ging Struve op verzoek van zijn vader literatuur studeren, maar zijn voorliefde voor de exacte wetenschappen won het al snel. Hij bleek briljant. "Tegen de tijd dat Struve 21 was, had hij zijn proefschrift voltooid en was hij professor in wiskunde en astronomie aan de universiteit van Tartu," vertelt Viik. "Intussen verrichtte hij baanbrekend werk in het observatorium, waar hij op zijn 23e directeur van werd." Struve is vooral bekend geworden door zijn metingen aan dubbelsterren. Daarnaast slaagde hij er, samen met twee tijdgenoten, als eerste in de afstand tot een ster te meten. "Nachtenlang moet hij hier in deze koepel door zijn telescoop hebben zitten turen," zegt Viik. "Mischien verklaart dat waarom hij achttien kinderen had. Wat moet je anders, als je wakker middenin de nacht afgaat en het blijkt bewolkt te zijn?" Als astronomieprofessor gaf Struve niet alleen college aan studenten, maar ook aan kaartenmakers van het leger van de Tsaar. Zo werd zijn interesse in landmeetkunde gewekt. Zijn metingen in zijn eigen observatorium vormden de aanzet tot zijn uiteindelijke monsteronderneming. De ijzeren plaat in de stenen vloer van het observatorium herinnert



56°50'24" Ziestu-kalns, Letland

aan deze mijlpaal: **Tartu, Estland, 58°22'44" noorderbreedte.**

Achtereun Een van de eisen voor plaatsing op de Werelderfgoedlijst is dat een locatie goed bewaard moet zijn, als zodanig herkenbaar, en toegankelijk voor het publiek. "In de praktijk is dat laatste niet altijd even gemakkelijk," zegt Tätälä in Helsinki. "Twee van de 34 punten van Struve liggen bijvoorbeeld op een Russisch eilandje middenin de Finse golf. Daar kun je alleen met je eigen boot of met een helikopter komen, en je hebt een speciaal visum nodig. Mij is het nog nooit gelukt deze punten te bezoeken." Een van de punten in Noord-Finland ligt middenin de toendra, op een paar dagen lopen van de dichtstbijzijnde weg. "Maar als je erheen wilt, dan kan dat," aldus Tätälä. Het is moeilijker als een punt op privégrond ligt. Bij Ziestu-Kalns is dat het geval, maar de eigenaar is welwillend. "Je zult nog problemen krijgen als je het laatste punt in Estland wilt bezoeken," waarschuwt Viik. "Dat punt ligt in iemands achtertuin en staat aan de weg nergens aangegeven. Ik heb het nog nooit gezien." We nemen de handschoenen op en rijden naar Noord-Estland. Daar ligt tussen Simuna en Võivere de basislijn van Struve: een lijn van 4,5 kilometer die hij fysiek in het veld heeft gemeten. Op zijn knieën, met een serie meetlatten. Op basis van die meting kon hij met een simpele geometrische truc de zijden van al zijn driehoeken uitrekenen. In 2002 werd zijn meting met een laserinstrument herhaald, en wat bleek: Struve zat er met zijn meetlatten slechts dertien millimeter naast. Het eerste punt, het begin van de lijn, is snel gevonden. Het staat middenin een korenveld en is gemarkeerd met een anderhalve meter hoge granieten zuil. Er staat een bord bij met uitleg in het Ests en in het Engels. Hoog in de lucht klinkt de roep van drie kraanvogels. **Simuna, Estland, 59°02'54" noorderbreedte.** Met de GPS in de hand volgen we de weg naar het westen, op zoek naar het eind van de basislijn. We hebben geluk: het



56°30'05" Jekabpils, Letland

lijkt erop alsof we meteen de goede weg te pakken hebben. Het vlaggetje op het scherm van de GPS komt snel naderbij. Hier en daar staat een eenzame boerderij. "STOP! Hier is het!" Naast een oude molen staat een klein huis. We trekken de stoute schoenen aan en kloppen op de deur. De boer spreekt geen Engels, zijn vrouw een beetje. Licht het punt van Struve soms op hun erf? "Jazeker, kom maar mee," zegt de boerin enthousiast. En daar, middenin haar gazon, ligt een kleine kei. Een markering valt er niet op te bespeuren, maar de GPS meldt dat dit de plek moet zijn. "Twee jaar geleden stonden er opeens mensen voor de deur met allerlei meetapparatuur," vertelt de boerin. "Wij woonden hier nog maar net en we hadden nog nooit van Struve gehoord. We hadden geen idee dat we zo'n punt in onze tuin hadden." Met de rust van de boerfamilie is het wellicht gedaan. De Estonian Land Board overweegt het punt in ere te herstellen en er een granieten zuil neer te zetten zoals die van Simuna, even verderop. Dan komt er ongetwijfeld ook een bord aan de weg te staan. **Võivere, Estland, 59°03'28" noorderbreedte.** Onze missie zit erop. Voorlopig althans. We hebben weliswaar zeven punten bezocht, maar nu hebben we de smaak te pakken: nog 27 te gaan. Het Russische eilandje stellen we nog even uit, evenals Moldavië en Oekraïne, maar één ding staat vast: volgend voorjaar gaan we naar de Noordkaap. ●

Links

De boog van Struve op de Werelderfgoedlijst van Unesco
<http://whc.unesco.org/en/list/1187>