

Hoewel onderzoek naar de mechanismen achter aardbevingen al tientallen jaren worden onderzocht, moet worden betwijfeld of het op korte termijn mogelijk zal zijn aardbevingen te voorspellen. Aardbevingen ontstaan op breuklijnen in de aardkorst. In 1912 ontdekte de Duitse wetenschapper Alfred Wegener de zogenaamde plaattektoniek. Het aardoppervlak bestaat uit een aantal schollen (of tektonische platen) die ten opzichte van elkaar verschuiven. Het aardoppervlak bestaat uit 6 grote schollen, en tientallen kleine schollen. De bewegingen worden gedreven door onderliggende, min of meer stroperige en vloeibare lagen, en kunnen snelheden bereiken van enkele centimeters per jaar. Op de grenzen tussen de schollen, de breuklijnen, is de kans op aardbevingen groot. De aardbeving op Haïti op 12 januari vond plaats op de breuklijn tussen de Noord-Atlantische plaat en de (kleine) Caribische plaat. De bewegingen van de schollen zijn dus essentieel voor het begrijpen van mechanismen die aardbevingen veroorzaken. Een belangrijke methode om tektonische bewegingen te bestuderen is Satellite Laser Ranging (SLR). Nederlandse wetenschappers spelen een belangrijke rol in de interpretatie van gegevens die afkomstig zijn uit SLR metingen.

Satellite Laser Ranging is een techniek waarbij vanuit een grondstation een laserpuls naar een met reflectoren uitgeruste satelliet wordt geschoten. De door de satelliet gereflecteerde puls wordt gedetecteerd bij het grondstation, de tijd tussen vertrek en aankomst van het signaal is een maat voor de afstand tussen satelliet en grondstation. Wanneer deze techniek vanuit meerdere grondstations wordt toegepast, is het mogelijk de positie van de satelliet nauwkeurig te bepalen. SLR werd voor het eerst toegepast in 1964, toen de NASA de positie van de Beacon-B satelliet op enkele meters nauwkeurig wist te bepalen. Sinds deze eerste experimenten is de nauwkeurigheid van de metingen sterk verbeterd; het is momenteel mogelijk de positie van een satelliet tot ongeveer een centimeter nauwkeurig vast te stellen.

In 1976 werd voor het eerst een speciaal voor SLR geoptimaliseerde satelliet in een baan om de aarde gebracht: LAGEOS (LASER GEODynamics Satellite). Deze satelliet is bolvormig, en het gehele oppervlak is voorzien van reflectors. LAGEOS is geheel passief, er zijn dus geen elektrische of mechanische systemen aan boord. De satelliet heeft een diameter van 60 cm, en bestaat uit een koperen kern van 175 kg, met hier omheen 422 reflectoren die op het aluminium boloppervlak zijn gemonteerd. De totale massa van de satelliet is 410 kg. De vorm van de satelliet, de relatief hoge massa en de baanhoogte zijn optimaal voor het doel van de LAGEOS: het vormen van een extreem stabiel referentiepunt. Er bestaan inmiddels twee LAGEOS satellieten. LAGEOS-1 werd op 4 mei 1976 gelanceerd met een Delta raket vanaf Vandenberg in de Verenigde Staten. Deze satelliet vliegt in een vrijwel cirkelvormige baan op een hoogte variërend tussen 5960 km en 5860 km boven het aardoppervlak. De baan heeft een inclinatie (de hoek tussen baanvlak en evenaar) van bijna 110 graden, hetgeen betekent dat de satelliet tegen de aarde indraait en vanaf vrijwel elke locatie op de aarde "gezien" kan worden. Op 22 oktober 1992 werd LAGEOS-2 vanuit de Space Shuttle Atlantis (STS-52) gelanceerd. LAGEOS-2 heeft een baaninclinatie van 52 graden en is verder identiek aan LAGEOS-1. Het is de verwachting dat de LAGEOS satellieten 50 jaar meegaan; de kwaliteit van de reflectoren zal na deze periode te sterk zijn afgenomen.



LAGEOS-1 (foto: NASA)

LAGEOS maakt het ook mogelijk de positie van grondstations te bepalen. Wanneer de plaatsbepalingen van zowel satelliet als grondstation over een periode van enkele jaren worden gecontinueerd, kunnen verplaatsingen van de grondstations door tektonische bewegingen worden bepaald. De faculteit Luchtvaart-en Ruimtevaarttechniek van de TU Delft en de faculteit Geowetenschappen van de Universiteit Utrecht leveren hiervoor belangrijke bijdragen. De plaatsbepalingen van zowel satelliet als grondstation zijn gebaseerd op een statistisch proces, waarbij, rekening houdend met zowel onnauwkeurigheden in de metingen als in de modellen, beide posities in één berekening worden bepaald op basis van een minimalisatie van de verschillen tussen berekende positie en gemeten positie. Hierbij wordt momenteel een nauwkeurigheid van enkele millimeters gehaald. Essentieel voor de berekening is dat zoveel mogelijk correcties in de plaatsbepalingen worden meegenomen. Hierbij moet bijvoorbeeld gedacht worden aan correcties voor de invloed van de atmosfeer op de laser pulsen, de aanwezigheid van hoge- en lage drukgebieden (een fors hogedrukgebied kan de aardkorst zo'n 10 mm indrukken) en getijden in zowel zeeën als de atmosfeer, de invloed van het magnetische veld van de aarde en afwijkingen in het aardse gravitatieveld op de baan van de satelliet en rotatie van de satelliet. Het werk van de wetenschappers aan de TU Delft bestaat uit het ontwikkelen en verbeteren van modellen voor dit soort correcties, en het uitvoeren van de daadwerkelijke plaatsbepalingen. Bij het Instituut voor Aardwetenschappen van de Universiteit Utrecht worden de resultaten van deze berekeningen gebruikt bij het ontwikkelen van modellen die de spanningen in de aardkorst in de buurt van breuklijnen kunnen voorspellen.

Er zijn wereldwijd een 30-tal SLR grondstations; de meeste bevinden zich in Europa en Noord Amerika, maar er zijn ook grondstations in bijvoorbeeld Mexico, Peru, Australië en Japan. De meetresultaten zijn vrij beschikbaar via de International Laser Ranging Service (ILRS). Per passage van een grondstation worden gemiddeld 10000 pulsen "afgeschoten", waarbij één van de LAGEOS satellieten 40 tot 60 minuten in "zicht" is; de ILRS database bevat dus een ontzagwekkende hoeveelheid gegevens. Tussen 1973 en 1999 was er in Kootwijk op de Veluwe een SLR grondstation dat door de TU Delft geëxploiteerd werd. Een mobiele SLR telescoop, ook eigendom

van de TU Delft, wordt tegenwoordig regelmatig opgesteld op het terrein van de radiotelescopen in Westerbork. De SLR telescoop die in Kootwijk werd gebruikt maakt nu deel uit van de collectie van het Techniek Museum in Delft.



SLR telescoop



SLR grondstations in 2009 (afbeelding: ILRS)

bronnen

- Thirty years of Satellite Laser Ranging; John J. Degnan, NASA Goddard Space Flight Center, 1994
- Satellite Laser Ranging and Earth Science, International Laser Ranging Service, ongedateerd
- het observatorium voor satellietgeodesie te Kootwijk, H.E.E. Van Asbeck en M. de Visser, Delft Integraal 3-2001