

De aardbeving van San Francisco -18 april 1906

C. Biermann

A Night at the Opera

In San Francisco is begin april het gezelschap van de Metropolitan Opera uit New York op toernee; 253 artiesten, solisten, koristen en musici. Op het programma staat 'Carmen' van George Bizet. Onder de sterren van het gezelschap zijn de Poolse coloratuur-sopraan Marcella Sembrich, de Amerikaanse soprano Emma Eames, de Nederlandse bas-bariton Anton van Rooy en de Belgische basse-chantante Pol Henri Plançon. Maar de absolute topper van het gezelschap is zonder twijfel de beroemde Italiaansche tenor Enrico Caruso, die met een honorarium van honderdtienduizend dollar over het afgelopen jaar, de best betaalde artiest in 'the Golden Age of Opera' is.

De grote sterren van de Metropolitan Opera logeren in het luxueuze Palace Hotel aan Market Street, de zuidwest-noordoost verlopende hoofdstraat van de oude stad; de minder duurbetaalde krachten zijn in verschillende goedkopere hotels in de stad ondergebracht.

In de dagen voor de aardbeving was de aanwezigheid van Caruso niet onopgemerkt gebleven. Toen hij bij een bank geld wilde opnemen, maar geen legitimatiebewijs bij zich had, meende de secure en nuchtere kassier dat iedereen wel kon beweren Caruso te zijn en drong daarom toch aan op enig bewijs van legitimatie. Caruso vond dat zijn stem zijn beste legitimatiebewijs was. Zonder zich te bedenken begon hij de aria 'Recondite Armonie' uit Tosca te zingen. De verraste kassiers en klanten in het bankgebouw – zo'n 300 man – brachten hem aan het eind van zijn aria een enorm applaus. En de verlangde geldopname werd ook onmiddellijk uitbetaald¹.



De stad

De agglomeratie waarvan San Francisco thans het centrum is, omvat feitelijk het volledig bebouwde, laaggelegen gebied rond de Baai van San Francisco, met bijna 10 miljoen inwoners in o.a. de steden San José, San Francisco, Oakland en Berkeley. In 1906 was San Francisco nog niet de enorme metropool die het nu is. De stad was ontstaan uit een kleine nederzetting rond een zendingshuis, dat in 1776 door Franciscaner monniken was gesticht. De stad ontwikkelde zich pas écht na de ontdekking van de Californische goudvelden in 1848. In de 19^e eeuw



¹ Algemeen Handelsblad 13-04-1906

groeide San Francisco gestaag; in 1852 waren er 34.870 inwoners, in 1900 was het aantal inwoners met 342.782 vertienvoudigd. In 1905 werd de bevolking geraamd op 450.000 personen.

San Francisco is gebouwd aan de noordkant van een 48 km lange en 10 km brede landtong tussen de Stille Oceaan in het westen en de Baai van San Francisco in het oosten. In het noorden wordt de stad begrensd door de Gouden Poort (Golden Gate) waar pas in 1937 de Golden Gate bridge werd aangelegd. Daarvoor kon de Golden Gate alleen met een veerboot worden overgestoken. Aan de oostkant van San Francisco Bay liggen onder meer Richmond, de universiteitstad Berkeley en Oakland.

De stad is gedeeltelijk tegen de hellingen van hoge heuvels gebouwd. Het was de grootste goudmarkt ter wereld, een belangrijke fabrieks- en handelsstad en een essentieel knooppunt van spoorwegen. Het was ook één van de mooiste steden van Amerika. Er waren fraaie gebouwen, zoals het stadhuis met een hoge toren en dubbele rijen Korinthische zuilen, twee beursgebouwen, statige kerken als de St Patrick, de St Ignatius, de Emanuelssynagoge, zes grote schouwburgen waaronder het Grand Opera House, bibliotheken en hotels. De stad was druk; op Market Street krioelde het van trams, paard-en wagens, koetsen, auto's en soms zelfs fietsers; overstekende voetgangers zijn hun leven niet zeker. De Youtube-film '*A trip down Market Street*' - opgenomen 4 dagen voor de grote aardbeving - geeft een aardig beeld van de chaos op straat².

De aardbeving

De ramp kwam zoo onverwacht als een donderslag uit een helderen hemel. Dinsdag was een goddelijke, Californische dag – helder en licht, met een opwekkenden bries en een vurigen zonsondergang. Honderden ruituigen en automobielen brachten mensen naar de Opera, die Caruso in de Carmen wilden hooren zingen. De grote schouwburg was vol met den rijkdom van het Gouden Westen. Na de opera zaten de hotels en restaurants vol met opgewekte gezelschappen, die nog niet lang weg waren toen kreten van verschrikking gehoord werden op plaatsen waar men gelachen had, terwijl de lokalen zelf door instorting en brand weggevaagd werden³.

De eerste schok werd woensdagochtend 18 april om 12 minuten over vijf gevoeld⁴. Hij was zeer hevig en hield 45 tot 60 seconden aan. In de hele stad werden de mensen wakker, terwijl de muren en daken invielen. Wie ongedeerd was liep als verdwaasd in nachtgewaad de straat op. Daar zagen zij de oppervlakte van de straten op en neer gaan in golven, terwijl gebouwen om hen heen achterover en voorover hielden voordat ze met daverend geraas instortten.

De bevingen duren meer dan een uur. De straten waren vol opgewonden mensen. Gas dat uit de hoofdbuizen in de huizen stroomt veroorzaakt talloze ontploffingen en branden, die zich met grote snelheid verspreiden. Het vuur wordt nog aangewakkerd door een stevige bries en bedreigt de hele handelswijk met verwoesting.

San Francisco is een zee van vuur. Omdat zo goed als alle hoofdwaterleidingen gebroken waren, was de brandweer hulpeloos. In hun vertwijfeling begonnen brandweermannen, politie en troepen gebouwen met kruit en dynamiet op te blazen om brandgangen te maken, in de hoop de vlammen zo te kunnen bedwingen. Een nieuwe schok om kwart over acht verergert de paniek in de stad, maar richt weinig nieuwe schade aan.

De grote sterren van de Metropolitan Opera komen er goed vanaf. Volgens de pers hebben meerdere beroemde operazangers, waaronder Signor Caruso, de bekende tenor, en Mademoiselle Marcella Sembrich, in hun nachtgewaad de vlucht moeten nemen; een bekend violist werd gezien, blootsvoets en in flanelen pyjama – maar toch zijn viool nog reddende⁵.

² De film is te zien op: <https://www.youtube.com/watch?v=8Q5Nur642BU>

³ Het Vaderland 20-04-1906

⁴ Uitvoerig telegram aan de New York Herald. In: De Tijd : godsdienstig-staatkundig dagblad 20-04-1906

⁵ Het nieuws van den dag voor Nederlandsch-Indië 28-04-1906

Mogelijk om zijn heldenstatus te bevestigen stelt Caruso in een kranteninterview het beeld bij, dat hij halsoverkop het hotel ontvluchtte. Hij had trouwens ditmaal wel een geldende legitimatie bij zich:

De hevige schok, zoo vertelde hij, wierp hem bijna het bed uit. Snel wierp hij het venster open en hief een lied aan, zóó krachtig als hij nog nimmer op het tooneel heeft gezongen. Waarom hij dit deed, weet hij niet: in elk geval kalmeerde het hem. In zijn slaaprok ging hij naar beneden, maar weer spoedig keerde hij terug om van de vijfde verdieping een grooten koffer te halen. Dit werk verricht zijnde stak hij gemoedelijk een sigaret op. Toen hij het park binnenkwam, weigerden de soldaten hem den toegang, maar wyl hij een portret van Roosevelt toonde⁶, waar deze eigenhandig zijn handtekening onder had geplaatst, liet men hem toe. Hij wikkelde zich daarop in een deken en sliep weldra onder den blooten hemel den slaap des rechtvaardigen⁷.

Volgens andere krantenberichten was het zijn trouwe bediende die hem veilig uit het hotel bracht en toen terug ging om Caruso's bagage op te halen.

Schade

De stad lag grotendeels in puin door de verwoestende aardbeving zelf en door de dagenlang voortwoedende branden. Het inferno verwoestte ongeveer 28.000 gebouwen. Meer dan 10 km² van het centrum van de stad was met de grond gelijk gemaakt.

Opmerkelijk in de verslagen van de aardbeving is dat wordt gesproken over golvende straten en gebouwen die naar voren of naar achteren hellen voordat zij instorten. Dit is een gevolg van 'liquefactie', het vloeibaar worden van de ondergrond. San Francisco is deels gebouwd in de laaggelegen delen van de Bay Area waar de ondergrond bestaat uit losse, korrelige en waterverzadigde sedimenten. Deze ondergrond verliest zijn sterkte in reactie op een toegebrachte spanning, zoals schudden bij een aardbeving. De grond gedraagt zich dan als een vloeistof en is niet langer in staat om gebouwen en andere structuren te dragen⁸.

Er kwamen naar schatting meer dan 3000 mensen om het leven. Van de 450.000 inwoners van de stad waren er circa 300.000 in één klap dakloos. Een deel daarvan werd door schepen van de US Navy over de Baai van San Francisco naar Oakland en Berkeley gebracht; de meerderheid bivakkeerde zonder dak of voedsel in de openlucht van het Golden Gate Park en op de stranden langs de kust. Twee jaar na de aardbeving waren veel van deze vluchtelingenkampen nog in gebruik.



Links California Street in San Francisco na de aardbeving; rechts: hellende huizen in Howard Street, verzakt door liquefactie.

⁶ Theodore Roosevelt, 26^e president van de Verenigde Staten van 1901-1909.

⁷ De Telegraaf 25-04-1906

⁸ Liquefaction gedemonstreerd: zie <https://www.geoproeven.nl/liquefactie-proef/>

De materiele schade wordt geschat op 350 miljoen (toenmalige) dollars, een equivalent van 7.53 miljard in 2018. Verzekeringsmaatschappijen keerden circa 250 miljoen dollar uit aan polishouders, meestal voor brandschade, omdat de meeste polissen de schade voor aardbevingen niet dekten.

De oorzaak van de ramp – inzichten anno 1906

De eerste maanden van 1906 was de aarde bijzonder actief. In januari vond een zware aardbeving plaats in Ecuador-Columbia, in maart in Taiwan. In Italië zijn de Vesuvius en de Stromboli al onrustig vanaf september 1905 en de toenemende vulkanische activiteit gaat gepaard met aardschokken. In maart 1906 neemt de activiteit van de Vesuvius flink toe en op 5 april volgt een enorme lava-eruptie en valt een zwarte asregen neer op Napels - de geboorteplaats van Caruso.

De oorzaken van aardbevingen waren met de toenmalige stand van de wetenschap volkomen onduidelijk. Dat aardbevingen veel voorkwamen in West-Californië was wel duidelijk, maar bewoners van San Francisco beschouwen een aardbeving niet als iets bijzonders: *'zij komen bijna elke maand voor, maar het zijn altijd lichte trillingen, waarom men lacht'*. Alleen de aardbeving van 21 oktober 1868 met het epicentrum bij de stad Hayward aan de oostkant van de Baai van San Francisco, was met een (geschatte) sterke van 6.3-6.7 op de schaal van Richter⁹ aanzienlijk. Bijna elk gebouw in de stad werd verwoest en er kwamen 30 mensen om het leven.

Geologen waren het niet met elkaar eens over de aardbeving van San Francisco. Sommigen zijn ervan overtuigd dat aardbevingen nauw samenhangen met vulkanische activiteit en wijzen daarbij op de uitbarsting van de Vesuvius, slechts enkele dagen eerder. Er was zelfs een geoloog die meende dat de gehele kustlijn van de Stille Oceaan op gelijke wijze door aardbevingen geteisterd zou worden en dat aan de kust een hele reeks nieuwe vulkanen zou ontstaan, vergelijkbaar met Mount Rainier en Mount St Helens in de Cascade Mountains ten zuiden van Seattle¹⁰.

Andere wetenschappers meenden dat aardschokken worden veroorzaakt door een afwijking in de draaiing van de aarde om haar as. Dit, en het weer terugkomen in haar stand, zou een 'schudding' van de interne massa van de aarde veroorzaken. Deze kan zo heftig zijn dat beweging of scheuring van de aardkorst het gevolg ervan is. Maar hoe dat inwendige van de aarde er eigenlijk uitzag was in 1906 feitelijk onbekend. De seismologie stond nog in haar kinderschoenen.

John Milne, een Britse geoloog die één van de eerste seismografen ontwikkelde, zoekt een compromis. De Vesuvius en de aardbeving van San Francisco zijn geen oorzaak en gevolg, maar een afwijking van de as van de aarde kan zich openbaren op meerdere plaatsen. Daarom kunnen beide natuurverschijnselen dezelfde oorzaak hebben.

Het zou nog 60 jaar duren voor Platen tektoniek het leidende concept zou worden in de geologie en men tot het inzicht kwam dat de aardbeving van San Francisco werd veroorzaakt door de relatieve beweging van de Noord Amerikaanse plaat en de Pacifische plaat langs de San Andreasbreuk. In dat kader werd door geologen van Stanford University in Palo Alto kort na de San Francisco aardbeving een opmerkelijke observatie gedaan: een kleine bergrug ten zuiden van San Francisco, in de Sierra Santa Cruz, de wervelkolom van het schiereiland van San Francisco, was na de aardbeving 3 tot 6 voet (1-2 meter) in noordelijke richting verzet.

De San Andreasbreuk

In 1895 was het noordelijke segment van de San Andreasbreuk, die door de Sierra Santa Cruz over het schiereiland van San Francisco naar de stad loopt, ontdekt door Professor Andrew Lawson van de Universiteit van Berkeley. Lawson was een nogal koppige Schot, met een uitgesproken mening. Hij was een man met veel gezag in de Amerikaanse geologie en op de faculteit. Onder de studenten

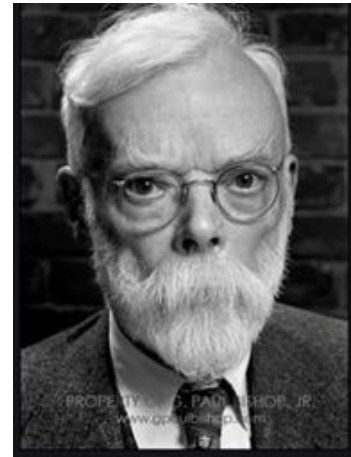
⁹ Een schatting achteraf. De Amerikaanse seismologen Charles Francis Richter en Benno Gutenberg publiceerden deze (logaritmische) meetschaal voor de energie die vrijkomt bij een aardbeving pas in 1935.

¹⁰ Rotterdamsch nieuwsblad 24-04-1906

stond hij bekend als 'The King', een bijnaam die hij tot zijn dood in 1952 met ere heeft gedragen¹¹.

Drie dagen na de aardbeving van 1906 werd Lawson voorzitter van de 'State Earthquake Investigation Commission', die het wetenschappelijk onderzoek naar de aardbeving coördineerde. Het eindrapport van de commissie werd in 1908 gepubliceerd. Het bevat een compilatie van het onderzoek van meer dan twintig wetenschappers naar de beweging langs de San Andreasbreuk, de seismologische waarnemingen aan de aardbeving, de schade die de aardbeving aanrichtte en de onderliggende geologie van Noord-Californië.

Een belangrijke conclusie van het rapport was dat uit landmeetkundig onderzoek bleek dat er een directe relatie was tussen de aardbeving en beweging langs de San Andreasbreuk. Verplaatsingen die tijdens de aardbeving waren ontstaan waren het grootst bij de breuk zelf en namen af naarmate men verder van de breuk afkwam. Het rapport vormt de basis van wat later bekend werd als de theorie van 'elastic rebound' van G.K. Gilbert van de U.S. Geological Survey en van professor H.F. Reid van Johns Hopkins University in Baltimore, beiden lid van de Lawson-commissie. Deze theorie houdt in dat opbouwende spanning in de aardkorst elastische vervorming veroorzaakt, die plotseling ontaardt in een snelle beweging langs een breukvlak. Dit inzicht, dat beweging langs een breuk een aardbeving veroorzaakt en niet een aardbeving een breuk veroorzaakt, vormt nog steeds de basis van ons huidige begrip van aardbevingen¹².



Andrew Lawson, 'The King'

Na de San Francisco aardbeving in 1906 concludeerde Lawson dat de San Andreasbreuk veel verder doorliep, tot in het zuiden van Californië. In 1953 concludeerde Thomas Dibblee van de US Geological Survey (USGS) dat er in de loop van de geologische geschiedenis in totaal 560 kilometer cumulatieve verplaatsing langs de breuk had plaatsgevonden. Dit idee, dat toen 'radicaal' werd genoemd is inmiddels bevestigd in het model van platen tektoniek¹³.

De oorzaak van de ramp – huidige inzichten

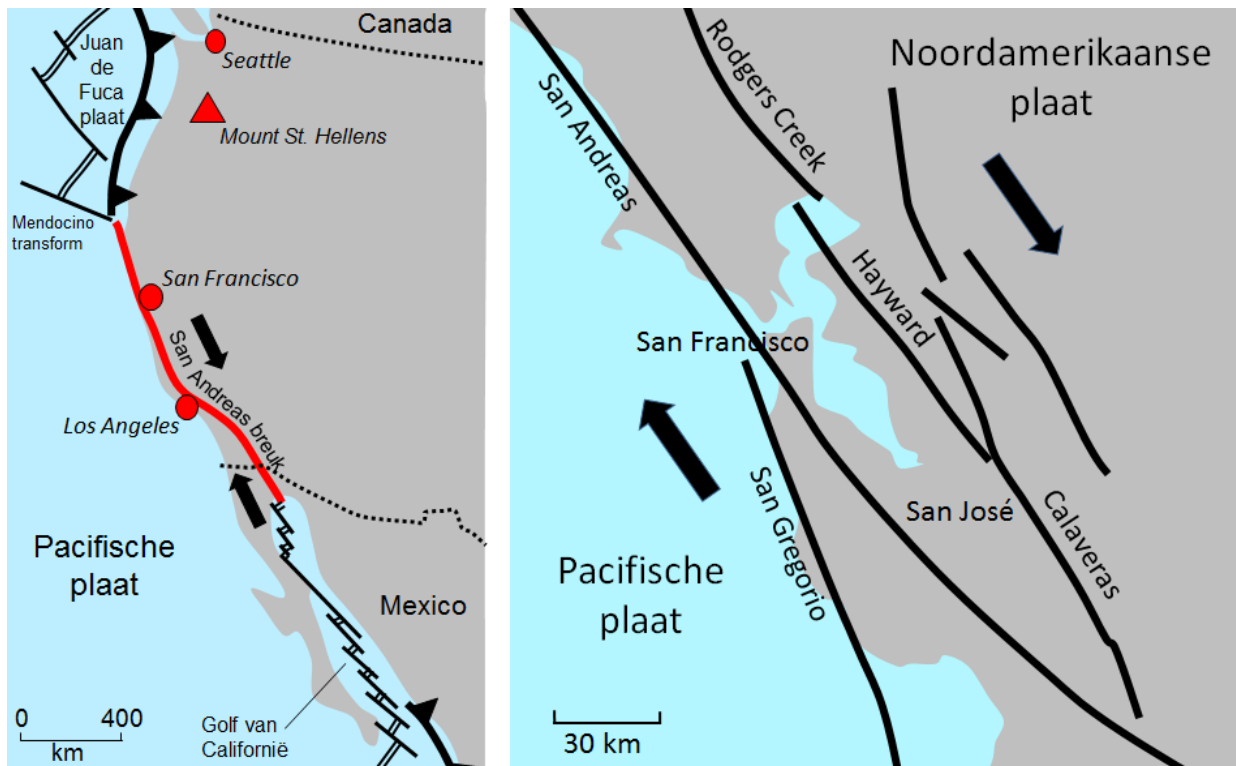
Volgens de theorie van platen tektoniek is de buitenste rigide schil van de aarde (lithosfeer) opgebroken in een aantal stukken (platen), die langzaam – in een tempo van centimeters per jaar - ten opzichte van elkaar bewegen. Platen kunnen op drie verschillende manieren t.o.v. elkaar bewegen. Bij spreidingsruggen, zoals de Midatlantische rug in de Atlantische oceaan en de East Pacific Rise in de Pacifische oceaan, bewegen de platen uit elkaar; hier wordt bij de spreidingsruggen vanuit de mantel nieuwe oceanische korst gevormd. Op andere plaatsen op aarde bewegen platen naar elkaar toe. Hier duikt één van de platen in een subductiezone weg onder de andere plaat en verdwijnt daarbij in de mantel. De derde mogelijkheid is dat platen langs elkaar bewegen.

De plaatgrens in de westelijke Verenigde Staten is een voorbeeld van deze laatste mogelijkheid. De plaatgrens wordt gevormd door de San Andreasbreuk, de 'master fault' van een vertakkend breuksysteem dat het kustgebied in West-Californië doorsnijdt. Dit breuksysteem is te vervolgen over een afstand van 1280 km en vormt de grens tussen de Noord Amerikaanse plaat en de Pacifische plaat. De Pacifische plaat beweegt t.o.v. de Noord Amerikaanse plaat naar het noord-noordwesten met een snelheid van 3,3 tot 3,7 cm/jaar. Deze beweging veroorzaakt spanningen en elastische vervorming van de korst. Deze spanningen ontladen zich van tijd tot tijd door een plotselinge

¹¹ Het mineraal lawsoniet is genoemd naar Andrew Lawson. We weten nu dat lawsoniet zich alleen kan vormen onder hoge druk metamorfose die kenmerkend is voor subductiezones.

¹² USGS: <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/events/1906calif/18april/revolution.php>

¹³ USGS: https://www.usgs.gov/core-science-systems/national-cooperative-geologic-mapping-program/science/geologic-mapping-hall?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects



De San Andreasbreuk loopt van de spreidingsrug in de Golf van Californië in het zuiden naar de subductiezone van de Juan de Fuca-plaat in het noorden. Links het overzicht; rechts het breuksysteem bij San Francisco. Dit zijn alleen de belangrijkste breuken in het systeem; er zijn honderden kleinere breuken bekend.

verplaatsing (elastic rebound) langs één van de breuken, waardoor een aardbeving ontstaat. De aardbeving van 1906 had een geschatte sterkte in het bereik van 7,8 tot 8,3 op de Schaal van Richter. Het epicentrum lag – volgens huidige inzichten – direct ten westen van San Francisco in de Pacifische oceaan bij Thornton Beach.

De San Andreasbreuk loopt in de korst tot een diepte van tenminste 16 km. De beweging langs de breuk is horizontaal. In detail is de breuk een gecompliceerde zone van gebroken en vergruisd gesteente met een breedte tot 1,6 km. Bij de aardbeving in 1906 vonden over een segment van 480 km van de San Andreasbreuk kleinere en grotere verplaatsingen plaats. Bij het onderzoek van de Lawson-commissie werden deze verplaatsingen in een groot aantal locaties geanalyseerd, o.a. op grond van wijzigingen in het landschap en correlatie van overeenkomende geologische formaties aan weerszijden van de breuk. De grootste verplaatsing was 6,4 meter bij Olema, ten noorden van de Golden Gate. Op andere plaatsen was de verplaatsing kleiner; bij San Francisco ongeveer 2,7 meter¹⁴.

Gezien de plaattektonische oorzaak van de aardbeving is duidelijk dat de rust aan de westkust van de Verenigde Staten niet zal terugkeren. Na de aardbeving die in 1906 San Francisco verwoestte volgt er een periode van betrekkelijke rust - met alleen kleinere schokken - die tientallen jaren duurt. In 1957 volgt een aardbeving met sterkte 5,7 op de schaal van Richter, opnieuw met epicentrum op de San Andreasbreuk in de Pacifische oceaan, ten westen van San Francisco. Op 17 oktober 1989 volgt de Loma Prieta aardbeving (sterkte 6,9) langs de San Andreasbreuk in de Sierra Santa Cruz. Deze aardbeving staat ook wel bekend als de 'World Series earthquake' omdat hij plaats vond tijdens een live televisieregistratie van de World Series honkbalwedstrijd tussen de San Francisco Giants en de Oakland Athletics. De aardbeving veroorzaakte aanzienlijke schade onder meer door het instorten van een dubbeldeks segment van de Nimitz highway bij Oakland, waarbij - naast veel gewonden - 42 dodelijke slachtoffers vielen.

¹⁴ USGS: <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/events/1906calif/18april/>



Het ingestorte dubbeldeks segment van de Nimitz highway bij Oakland na de Loma Prieta aardbeving.

De Loma Prieta aardbeving was voor de Verenigde Staten een ‘wake-up call’ om zich voor te bereiden op potentieel nog veel verwoestendere aardbevingen, die onontkoombaar zijn in de toekomst. Sinds 1989 verricht de US Geological Survey veel onderzoek om aardbevingen beter te begrijpen en te voorspellen, om bewustwording voor de gevaren van aardbevingen te bevorderen en om effectieve strategieën te ontwikkelen om mensenlevens te redden en materiële schade te beperken. Dat heeft onder andere geleid tot nieuwe bouwvoorschriften om ‘aardbevingsbestendig’ te bouwen.

Volgens sommige wetenschappers is de San Andreasbreuk al ruim ‘over tijd’ en is het de vraag wanneer de volgende zware aardbeving zal komen. De USGS monitort de opbouw van spanningen in de korst en de verplaatsing langs breuken in West-Californië in detail. Volgens hun modelberekeningen komt een aardbeving met een vergelijkbare sterkte - naar beste schatting – maar eens in de 200 jaar voor. Volgens analyses in 1999 van de ‘*Working Group on California Earthquake Probabilities*’ zou in de periode tot 2030 een grotere dreiging uitgaan van schok tot sterkte 7.0 op één van de breuken in het gebied van de San Francisco Bay. Hun voorspelling kwam uit. Op 24 augustus 2014 vond ten zuiden van Napa, in het noordelijke deel van de Bay Area, een aardschok plaats met een sterkte 6.0; de sterkste aardbeving sinds de Loma Prieta aardbeving in 1989. Maar het probleem blijft bestaan dat nooit is te voorspellen waar precies en wanneer exact de volgende ‘Big One’ zal plaatsvinden.

Bronnen

Dit artikel is grotendeels geschreven op basis van Nederlandse krantenartikelen uit die tijd. Zij zijn aangegeven als noten in de tekst. Daarnaast zijn foto's en gegevens gebruikt uit de websites van de US Geological Survey (USGS), Berkeley University, the Museum of Performance and Design, Performing Arts Library en Wikipedia.
Kees Biermann