

Meteorit gav platttektoniken en kickstart:

JORDEN ÄR I EVIG RÖRELSE

För över 30 år sedan blev det vetenskapligt erkänt att kontinenterna driver runt på jordens yta. En amerikansk geolog har i dag en kvalificerad gissning på vad det var som för omkring fem miljarder år sedan sände ut landmassorna på deras oupphörliga resa.

Till vardags tänker vi kanske sällan på det, men vi vet mycket väl att jordens landmassor är i konstant – om än långsam – rörelse under våra fötter. För bara 30–40 år sedan var tanken på att kontinenterna skulle flyta runt som isberg på ett hav dock långtifrån självklar, och det är egentligen inte så underligt. De kolossala kontinenterna är ju själva inbegreppet av stabilitet.

Att geologerna i dag ändå vet att jordytan flyttar sig beror på teorin om platttektonik eller kontinentaldrift, som fenomenet också kallas. Liksom Darwins evolutionsteori är den stora samlande teorin inom de biologiska vetenskaperna, är teorin om platttektoniken den förenande teorin inom geologin. Den bygger på antagandet att jorden ytterst består av plattor, som rör sig i förhållande till varandra. Dessa plattrörelser kan förklara större delen av världens jordskalv, vulkanutbrott och bildningen av bergskedjor – några av de viktigaste fenomen som den geologiska vetenskapen sysselsätter sig med.

Teorin om platttektonik och evolutionsteori har mer gemensamt än att bara vara forskarnas grundläggande

teori inom ett stort vetenskapligt fält. Anhängarna av Darwins teori var i början tvungna att kämpa en hård kamp för teorins erkännande, och även teorin om platttektoniken befann sig under lång tid ute i kylan. Först på 1960- och 70-talet accepterades den av de flesta geologer, och i dag sätter ingen längre frågetecken för den. Ett olöst problem har emellertid varit hur det hela började, alltså vad som någon gång i tidernas begynnelse satte igång plattornas rörelser.

Nu föreslår den amerikanska geologen Vicky L Hansen vid University of Minnesota Duluth att rörelserna kanske startade av en ren tillfällighet för mer än 2,5 miljarder år sedan. Vicky ►

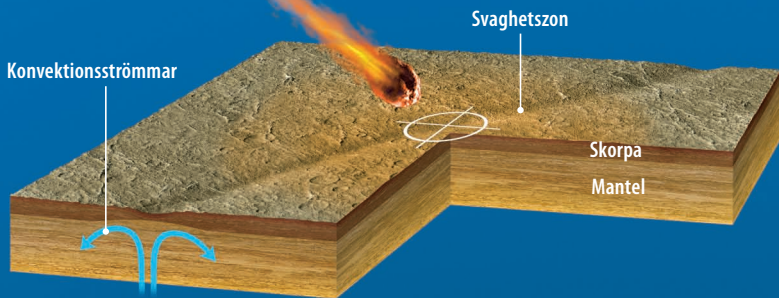


Vicky Hansen vid University of Minnesota Duluth menar att ett meteoritnedslag på den unga jorden satte igång jordytans rörelser.

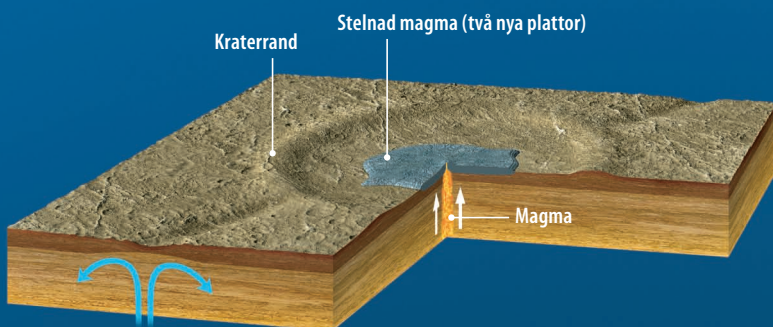


Meteorit skapade rörliga plattor

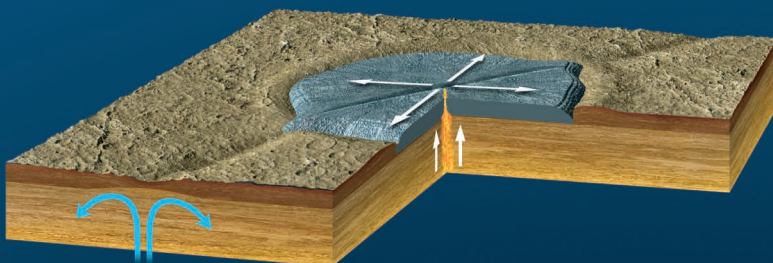
För mer än 2,5 miljarder år sedan var jorden mycket varmare än i dag och hade en ganska böjlig skorpa. En meteorit slog enligt teorin ett gigantiskt hål i skorpan och lät stigande magma från djupet flyta ut på jordytan.



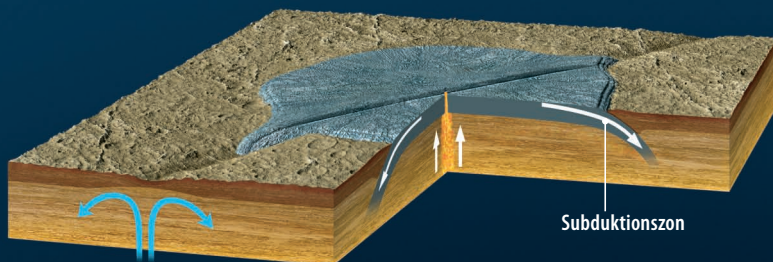
1. En stor meteorit träffar en långsträckt svaghetszon i jordskorpan. Svaghetszonen orsakas av uppvällande material i manteln under skorpan.



2. I kratern, där den gamla skorpan är tunnare, börjar magma strömma upp till ytan, där den stelnar till en ny skorpa, men då magma fortfarande stiger uppåt, bildas den första spridningszonen, där två plattor under sin tillkomst rör sig åt varsitt håll.



3. Uppströmningen av magma fortsätter. Spridningszonen blir längre, medan plattorna växer och skjuts ut åt sidorna, tills de träffar kraterns kant.



4. Fortsatt magmaström från djupet skjuter in den tyngre plattan under den gamla skorpan. Den så kallade subduktionen har börjat, det vill säga processen där plattan kontinuerligt försvinner ned i manteln. Spridningszonen förlängs in i svaghetszonen.

► Hansen menar att våldsamma meteoritnedslag på olika ställen på jorden fick stora mängder smält magma från jordens inre att välla upp till jordens yta. Det satte igång den process som geologerna kallar subduktion, och den är ett helt avgörande element inom plattetektoniken.

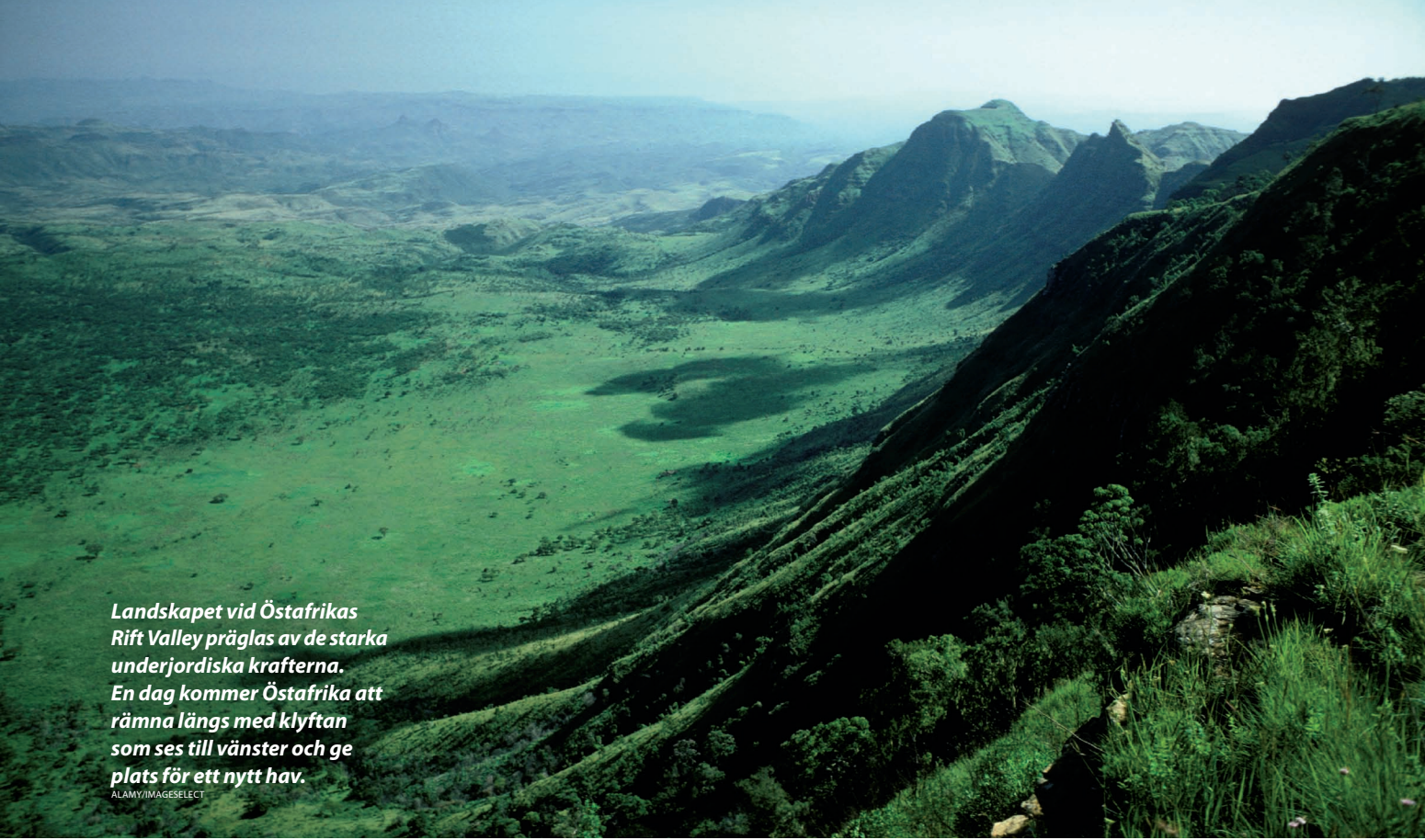
Ingen trodde på Wegeners teori

Det var den tyske meteorologen, geofysikern och astronomen Alfred Wegener som redan 1915 lade fram en teori om att kontinenterna flyttar sig, och att de en gång under urtiden har varit samlade i en enda stor kontinent. Wegener möttes dock med en stor portion skepsis av sina samtida. Vid denna tidpunkt fanns det två andra teorier om jordens utveckling, varav den ena opererade med en oföränderlig jord, medan den andra hävdade att jorden hela tiden kallnar och därför håller på att dra ihop sig.

Båda teorierna hade förklaringar till jordytans utseende och hur bergen bildades, men båda var av olika anledningar i kris. Som ett första indicium för sin nya teori kunde Wegener peka på att kontinenterna passade ihop som bitar i ett pussel, bäst illustrerat med Sydamerika och Afrika, som skulle passa ihop utmärkt om inte Atlanten låg mellan dem. Wegener hade dock även andra argument för sin teori. I synnerhet var det de geologiska likheterna mellan kontinenterna: man kunde hitta samma fossil på de olika kontinenterna, och det fanns hela bergskedjor på båda sidor av oceanerna som var mycket lika varandra med hänsyn till bergarter och struktur. Så var till exempel fallet med bergen i Skandinavien, Skottland, Östgrönland och nordöstra Nordamerika. Wegener menade att dessa saker bäst kunde förklaras med att kontinenterna en gång hängt ihop.

Wegener arbetade med sin teori tills han avled 1930. En av anledningarna till att teorin inte fick något genomslag under Wegeners egen livstid var att han inte kunde peka ut den mekanism som var drivkraften bakom kontinentaldriften. Hans bästa förslag var en kombination av månens dragningskraft och centrifugalkraften från jordens rotation, men denna förklaring var han själv missnöjd med, och geofysikerna avvisade den blankt som en omöjlighet.

Vändpunkten kom under årtiondena efter andra världskriget. På grund av



Landskapet vid Östafrikas Rift Valley präglas av de starka underjordiska krafterna. En dag kommer Östafrika att rämna längs med klyftan som ses till vänster och ge plats för ett nytt hav.

ALAMY/IMAGESELECT

militärens intresse och med hjälp av nya sonartekniker började geologerna kartlägga oceanernas bottenförhållanden. Resultatet var milt sagt förbluffande: mitt ute i oceanerna visade det sig finnas mäktiga bergskedjor, som sträckte sig tusentals kilometer tvärs över jordklotet.

Centralt i dessa bergskedjor, som naturligt nog döptes till "mittoceaniska höjdryggar", strömmade glödande magma upp från jordens inre i en tillsynes

oupphörlig process. Geologerna upptäckte också att det fanns branta sluttningar mellan kontinenterna och oceanernas botten, de så kallade kontinentalsocklarna, vilket tydde på att kontinenter och oceaner geologiskt sett var två helt olika enheter. Slutligen avslöjade undersökningarna djuphavsgravarna, som ofta fanns vid foten av kontinentalsocklarna, där kontinenterna och oceanen gränsade till varandra. De kunde vara ända upp

till elva kilometer djupa. Samtidigt med dessa upptäckter hade geologerna fått möjlighet att mer exakt mäta jordskalvens lokalisation runt om på jorden. De visade sig vara koncentrerade just vid de nyupptäckta mittoceaniska höjdryggarna och vid djuphavsgravarna. Alltså måste det i berggrunden på dessa platser ske rörelser, som framkallade jordskalven.

Dessa upptäckter gav naturligtvis forskarna material till eftertanke. Det ►



Alfred Wegeners teori föll i glömska efter hans död för snart 80 år sedan.

Illustrerad Vetenskap nr 14/2009

Allsidig geofysiker skapade teorin om platttektonik

Den tyske meteorologen, geofysikern och astronomen Alfred Wegener (1880–1930) föreslog 1915 som den förste att kontinenterna flyttar sig, och att de en gång har varit samlade i en enda stor kontinent. I Wegeners huvudverk "Die Entstehung der Kontinente und Ozeane" baserade han sin teori bland annat på geologiska och paleontologiska likheter mellan kontinenterna och

på att de passar ihop som bitar i ett pussel. Han menade sig också direkt kunna mäta att Grönland rörde sig västerut, vilket man dock senare har kunnat avvisa.

Wegener var en allsidig herre. År 1906 förbättrade han tillsammans med sin bror det dåvarande världsrekordet i ballongflygning till 52 timmar, och i yngre år deltog han i flera expeditioner till den grönländska inlandsisen.

Inlandsisen blev också hans öde. Han omkom under en expedition till Grönland 1930.

Ett av Wegeners största problem var att han inte kunde peka ut den mekanism som kunde vara drivkraften i kontinentaldriften. Därför förlorade hans teori anhängare efter hans död. Det var först på 1960-talet, mer än 30 år efter Wegeners död, som man upptäckte att han hade haft rätt i sin teori.

► avgörande genombrottet kom dock först då man från cirka 1960 började skicka ut fartyg på haven för att borra i oceanbotten. Det började i synnerhet hända saker då D/V Glomar Challenger 1968 lämnade kaj och under de följande 15 åren genomförde en lång rad uppdrag för det internationella forskningsprojektet Deep Sea Drilling Project.

Under ett täcke av havsbottensediment hittade forskarna överallt stelnad magma av den typ som man kallar basalt. Basal-

ten visade sig innehålla en stor mängd intressant information. Magma innehåller magnetiska mineraler, som under stelningsprocessen orienterar sig efter magnetfältet. På så sätt kommer stelnade vulkaniska bergarter att innehålla ett slags förstenat magnetfält. Nu är det så att jordens magnetfält under dess långa historia bytt riktning med ungefär en miljon års mellanrum. Dessa så kallade polvändningar har varit synnerligen användbara i utforskningen av jordens

historia. Geologerna använde dem bland annat för att dela in urtiden i perioder.

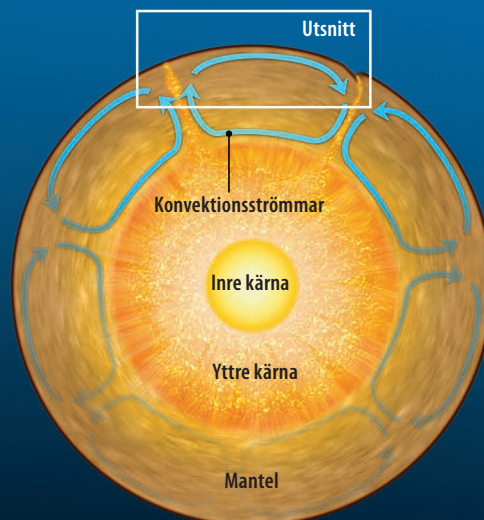
Just nu lever vi till exempel i en period med normal magnetisering, som har fått namnet Brunhes och som för cirka 700 000 år sedan avlöste Matuyamaperioden med omvänd nord-syd-orientering av magnetfältet. Det betyder vidare att ett förstenat magnetfält kan berätta mycket om berggrundens ålder, såvida man kan placera in det i serien av polvändningar. Forskarna började undersöka de magne-

Värme från jordens inre ger oro på ytan

Teorin om platttektoniken, även kallad kontinentaldriften, förklarar såväl hur oceanerna bildas och varför det uppstår jordskalv och vulkaner på jorden som hur bergskedjorna blir till. Teorin, som i dag är geologins centrala teori, tar sin utgångspunkt i att den yttersta delen av jorden består av stela plattor, på vilka kontinenterna vilar. Dessa plattor rör sig så att kontinenterna med tiden flyter ut på jordytan.

Platttektoniken drivs av så kallade konvektionsströmmar i jordens mantel, som i sin tur beror på värmeutveckling i jorden. Konvektionsströmmarna är strömmar av material,

som rör sig parvis i motsatt riktning. Strömmarna får mantelmateriale att stiga upp under de mittoceaniska höjdryggarna, och de nybildade plattorna skjuts ut åt sidorna. På andra ställen stöter jordens plattor in i varandra. Det kan ske genom att en oceanbottenplatta glider under en annan platta i en så kallad subduktionszon, eller genom att två plattor med kontinenterna ovanpå kolliderar. Det är vid plattgränserna som större delen av jordens jordskalv och vulkaner finns, och det är också här som nya bergskedjor bildas.



SPRIDNINGSZON

Här bildas ny havsbotten när magma från jordens inre pressas upp på havsbotten och stelnar till nytt plattmaterial.

Oceanbottenkorpa

Kontinentalskorpa

Ocean

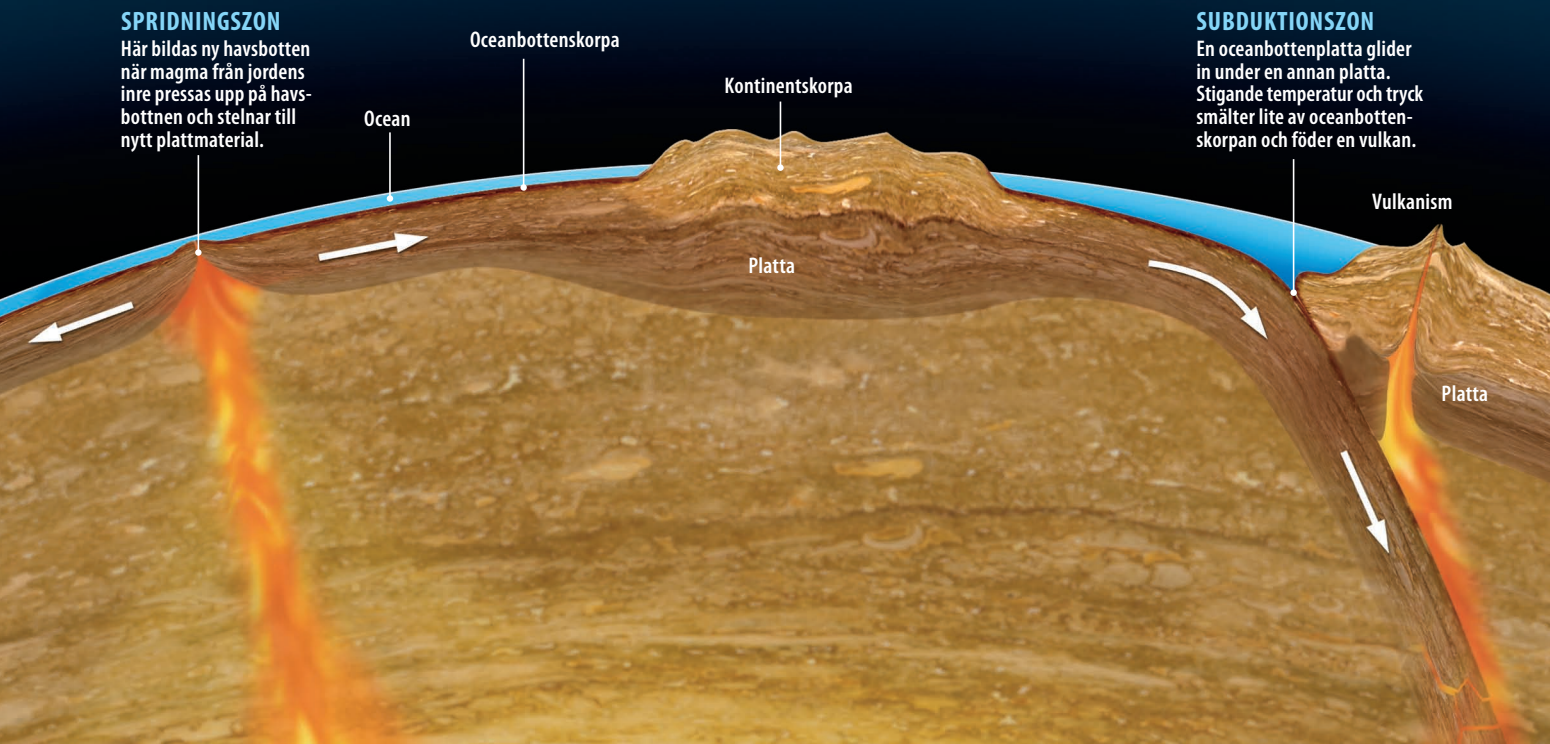
Platta

SUBDUKTIONSZON

En oceanbottenplatta glider in under en annan platta. Stigande temperatur och tryck smälter lite av oceanbottenkorpan och föder en vulkan.

Vulkanism

Platta



tiska mineralerna i basalten och fann till sin överraskning en obruten serie av polvändningar från nutiden och bakåt i tiden och det på ett mycket karaktäristiskt sätt. De förstenade magnetfälten var fördelade symmetriskt runt de mittoceaniska höjdryggarna. Närmast höjdryggarna fanns de yngsta magnetiseringsriktningarna och längst bort de äldsta.

Det visade sig även att även den äldsta oceanbotten geologiskt sett är mycket ung, högst cirka 200 miljoner år, vilket står i skarp kontrast till kontinenterna, där det finns 3,8 miljarder år gammal berggrund. Dessa upptäckter understöddes av de sediment som under årens lopp dalat ned på havsbotten ovanpå basalten. Även de, fann forskarna, fördelade sig symmetriskt kring höjdryggarna, och även de var allt äldre ju längre bort man kom från undervattensbergskedjorna.

Allt detta kunde bara betyda en sak: det måste hela tiden ute vid de mittoceaniska höjdryggarna bildas ny oceanbotten, som sedan i en fortlöpande process pressas ut åt sidorna.

Havsbotten växer hela tiden

Därmed var de nödvändiga bitarna på plats i det pussel som forskarna lade till den moderna teorin om platttektonik. I dag vet geologerna att jordens plattor är stela kroppar, som består av skorpan och den allra yttersta manteln, och att de rör sig ovanpå en annan del av manteln, som är mjukare och mer plastisk.

Den övergripande orsaken till plattornas rörelser är värmen i jordens inre. Värmen framkallar materialströmmar i manteln, som visserligen är fast men som på grund av den höga temperaturen och det höga trycket ändå kan flyta. Dessa så kallade konvektionsströmmar får smält material att välla upp vid de mittoceaniska ryggar och stelnar till basalt, som sedan hela tiden pressas ut åt sidorna av nytt material underifrån, så att oceanen växer. På så sätt bildas plattor som är förhållandevis tunga, då basalten är tung.

När en sådan platta stöter in i en kontinentalplatta, som består av ett lättare material, till exempel granit, eller eventuellt en annan oceanbottenplatta, kommer den att dyka in under denna och till sist återupptas i manteln. Det är denna subduktionsprocess som är förklaringen till att oceanbotten är så ung, då den äldsta oceanbotten hela tiden för-



Geologer har på många ställen borrar ned i oceanbotten vid undervattensbergskedjorna. Studier av borkärnorna har visat att havsbotten rör sig.

svinner tillbaka i manteln. Subduktionen sker vid djuphavsgravarna, där oceanbottenplattan på väg nedåt utlöser våldsamma jordskalv. Dessutom smälter plattan delvis och skickar upp magma mot ytan. Bakom djuphavsgraven skapar magman antingen bergskedjor (till exempel Anderna) eller vulkaniska ögrupper (till exempel Filippinerna).

Kontinenterna stannar däremot på grund av sin lägre vikt ovanpå plattorna och transporteras runt som en del av dem. Ibland kan de emellertid också kollidera, vilket är fallet med Indien, som är i full gång med att falla in i Asien och

på vägen ger upphov till Himalaya. En speciell situation uppstår när det bildas nya konvektionsströmmar i manteln. Sätter processen med uppåtgående varmt material under en kontinent igång, bryts kontinenten mitt av och delas efterhand av en ocean, såsom skedde med Afrika och Sydamerika och som är på väg att ske i den östafrikanska Rift Valley-zonen.

Meteoritnedslag var början

Geologerna känner alltså till de processer som driver platttektoniken. De vet också att den har pågått i flera miljarder år, men det finns nästan inga teorier om hur den började. Det har i synnerhet varit dåligt med idéer om hur subduktionsprocessen med de neddykande oceanbottenplattorna inleddes.

Det är här Vicky Hansens nya hypotes kommer in i bilden. Allra först, säger den amerikanska geologen, måste man föreställa sig den tidiga jorden som den tog sig ut för mer än 2,5 miljarder år sedan. På minst två områden var den unga jorden på ett avgörande sätt olik den moderna. För det första bombarderades den med stora och små meteoriter, vilket forskarna vet utifrån meteoritkratrar på både månen och Mars och från modeller av solsystemets utveckling. För det ►



Många forskningsfartyg som detta har utforskat havsbotten runt de så kallade mittoceaniska höjdryggarna.

► andra var jorden väsentligt varmare än i dag. Det sistnämnda innebar enligt Vicky Hansen att hela jorden var omgiven av en relativt formbar skorpa. Denna skorpa var homogen och alltså utan de olikheter i täthet och elasticitet som råder mellan nutidens plattor och som är en förutsättning för platttektoniken. I manteln under skorpan måste det ha funnits konvektionsströmmar som var maken till de nutida. Dessa strömmar, gissar Vicky Hansen, kan på vissa ställen ha gjort skorpan tunnare i långsträckta zoner.

Väldig kraft släppte ut magman

Slog en meteorit nu ned i just en sådan svaghetszon och vid kollisionen grävde ut en krater i skorpan på kanske mer än 1 000 kilometer i diameter, kan det ha startat en process som sedan inte lät sig stoppas. Utöver att ha gjort skorpan på nedslagsplatsen ännu tunnare kan kollisionen ha lett till en lokal uppvärmning i manteln, vilket har fått magma att stiga

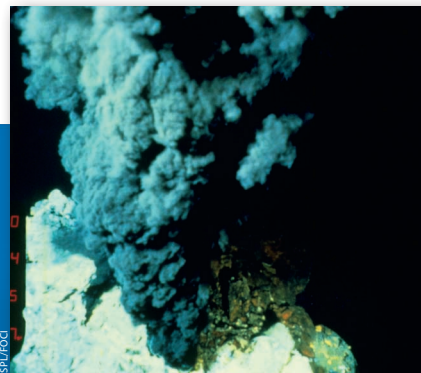
uppåt. Denna magma kan ha trängt genom skorpan upp till ytan, där den stelnat till tung och stel skorpa. Om denna process fortsatt, hade det bildats ett spridningscentrum, som startade vid meteoritens nedslagspunkt men som snart utvecklades till en långsträckt zon som påminde om en liten bit av de moderna mittoceaniska höjdryggarna.

Vicky Hansen föreställer sig nu vidare att spridningen fortsatte och pressade den förtunnade skorpan i kratrarna ut åt sidorna. Så småningom stötte den nybildade tvådelade plattan mot kraterkanten, som inte lät sig pressas undan. Därför började plattan sjunka, och subduktionen var igång. Senare fortsatte spridningscentret att utvidga sig längs den förtunnade skorpzonen för att till sist bli till en långsträckt spridningszon, ett slags mittoceanisk ur-höjdrygg.

Precis när subduktionen kan ha satt i gång vågar Vicky Hansen inte säga – bara att det är åtminstone 2,5 miljarder

år sedan. Hon anför emellertid att det sammanträffande av omständigheter som hon opererar med i sin hypotes kan ha inträffat flera gånger på olika platser på jorden. Subduktionen kan alltså ha startat i flera omgångar. Under alla omständigheter var tärningen kastad, för som Vicky Hansen säger är subduktion som ett virus: när den väl har startat kan den mycket lätt sprida sig.

Sedan dess har subduktionszonerna oupphörligt slukat oceanbottenplattorna, medan kontinenterna skjutits runt på jordytan. Från iskalla polarområden till brännheta ekvatorområden tillbaka till kylan och åter vidare – hela tiden skjutna framåt av spridningszonerna vid de mittoceaniska höjdryggarna. Det är förklaringen till att man i kalla områden som Grönland och Antarktis kan hitta fossil av både djur och växter som har levt i varma klimatzoner. Ibland har kon-



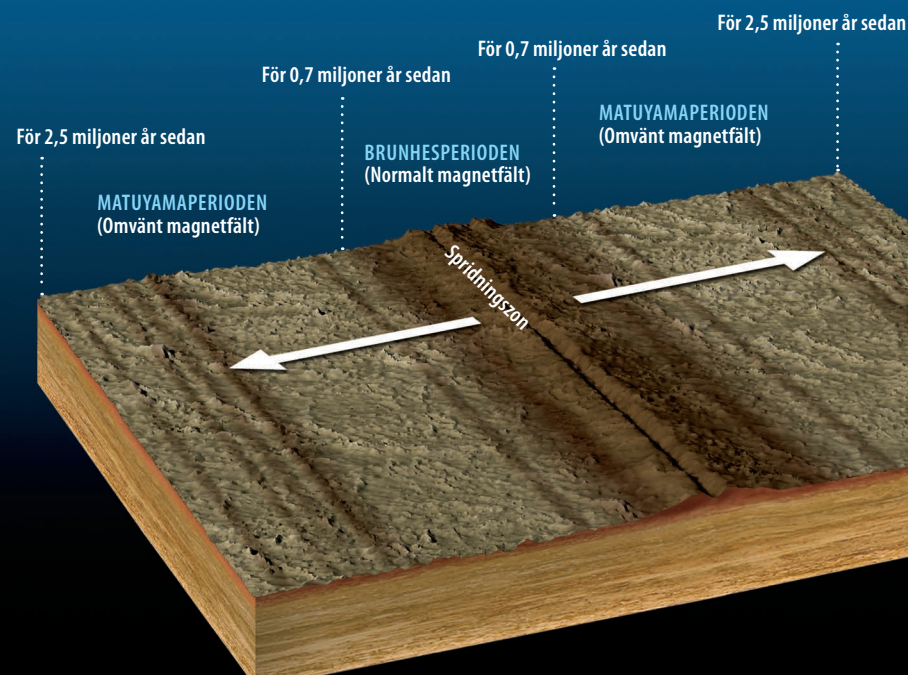
”Black smokers” längs den mittatlantiska höjdryggen vittnar om de stora mängderna lava under havsbotten.

Havsbotten avslöjar kontinenternas rörelser

På 1960- och 1970-talet upptäckte geologerna att det mitt ute i oceanerna finns flera tusen kilometer långa undervattensbergskedjor. Vid dessa så kallade mittoceaniska höjdryggar strömmar det oavbrutet upp glödande lava från jordens varma inre.

Den stelnade lavan, som också kallas basalt, innehåller magnetiska mineraler. Dessa orienterar sig efter jordens magnetfält som detta ser ut vid just den tidpunkt då lavan har stelnat. Med jämna mellanrum byter jordens magnetfält riktning, och då dessa polvändningar är nogga kartlagda, har geologerna kunnat bestämma basaltens ålder på många olika ställen på havsbotten. Även havsbottensedimenten har man kunnat åldersbestämma, och slutsatsen är klar: vid de mittoceaniska höjdryggarna fördelar sig magnetfält och sediment från forntiden symmetriskt utifrån höjdryggarna. De yngsta finns närmast höjdryggarna, de äldsta längre bort. Dessa upptäckter visade forskarna att det

hela tiden bildas ny oceanbotten, och att oceanbottenplattan rör sig i riktning bort från höjdryggarna. Geologerna hade alltså för första gången lokaliserat den kraft som driver platttektoniken.



tinenterna brutits sönder i bitar, andra gånger har de kolliderat, och minst tre gånger under de senaste 1,5 miljarder åren hade de varit samlade i en enda stor kontinent, senast i superkontinenten Pangea, som började brytas sönder för 250 miljoner år sedan.

Plattektoniken stannar en dag

Om 250 miljoner år kommer kontinenterna ännu en gång att ha samlat sig till en superkontinent, säger prognoserna som geologerna har ställt upp, men även denna superkontinent kommer att brytas upp, och så kommer det att fortsätta. På mycket lång sikt, och här talar vi om hundratals miljoner år, kommer plattektoniken emellertid att dö ut.

I det riktigt stora perspektivet har jorden nämligen sedan sin tillkomst för 4,6 miljarder år sedan gradvis kylts av. Väldigt långsamt visserligen, då sönderfall av radioaktiva grundämnen i jorden hela tiden utvecklat värme som har



Vulkaniskt material i form av basalt har fångats i ett rör på ett forskningsfartyg.

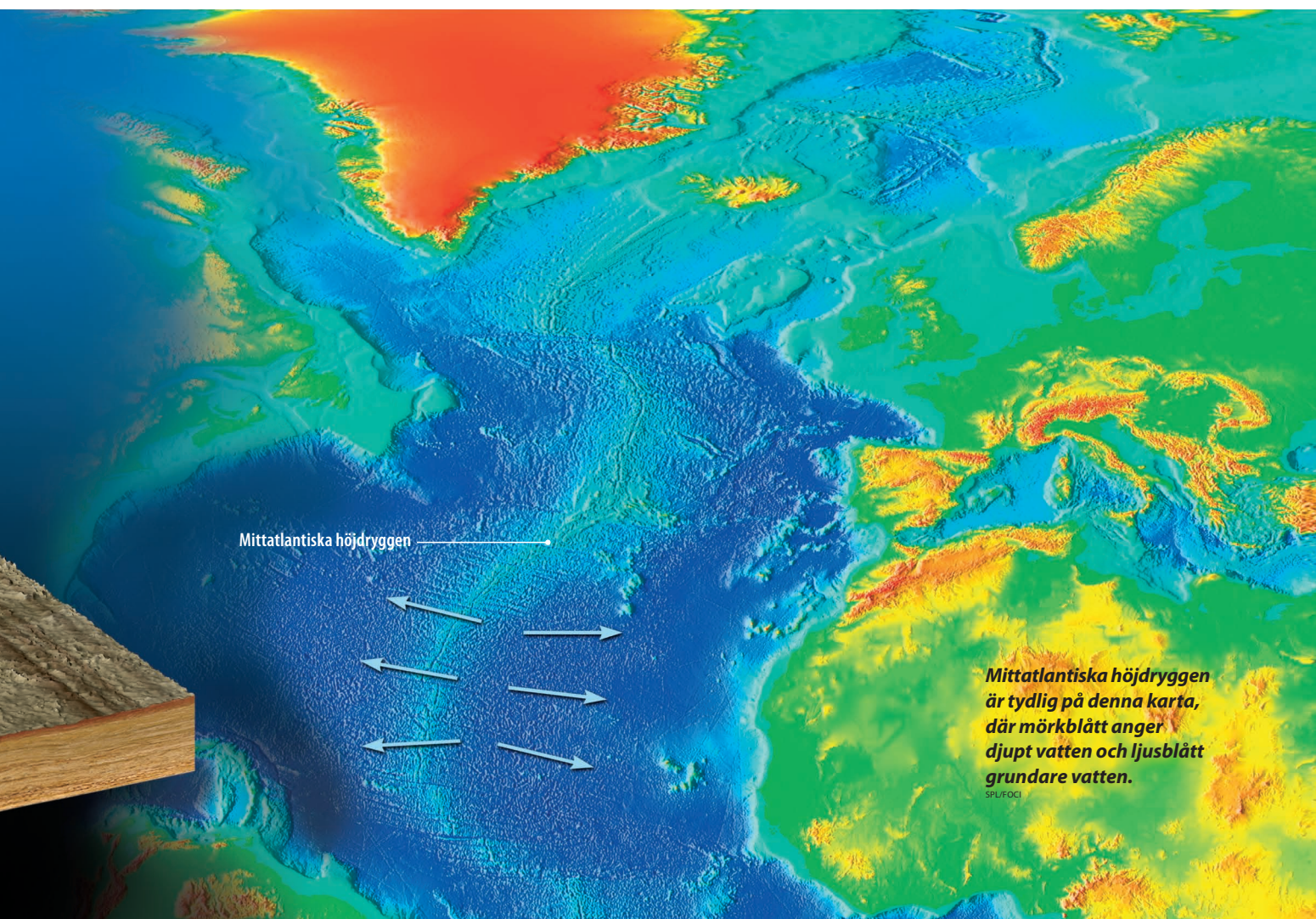
försenat processen, men dock kylts av. Konvektionsströmmarna i manteln är djupast sett jordens sätt att göra sig av med värmen, och när de en dag stannar av för att värmeutvecklingen i jorden avtar, är det slut med plattektoniken.

Huruvida även Vicky Hansens hypotes om subduktionens ursprung kommer att dö ut, eller om den kommer att överleva

och med tiden ingå i grundkursen för alla geologistudenter är det för tidigt att säga något om. Hittills har den mottagits väl av andra geologer. Vicky Hansen säger att det är hypoteser som denna som testas under mycket lång tid. Hon jämför den med hypotesen om att månen bildades genom en kollision mellan jorden och en himlakropp stor som Mars vid en tidig tidpunkt i jordens historia. Denna hypotes lades fram redan på 1960-talet och 1970-talet och uppfattades till att börja med som fullkomligt nonsens, men sedan dess har det dykt upp nya data som har stöttat den, och nu förefaller den inte längre helt omöjlig.

Vicky Hansen kunde också ha pekat på Alfred Wegener, för om man kan dra någon lärdom av historien om teorin för kontinentaldriften, så är det att vetenskapliga hypoteser ibland måste genom ekluten, innan de till sist erkänns.

Läs mer om ämnet på www.illvet.se



Mittatlantiska höjdryggen

Mittatlantiska höjdryggen är tydlig på denna karta, där mörkblått anger djupt vatten och ljusblått grundare vatten.

SPL/FOCI