

TRÆK AF VULKANOLOGIENS HISTORIE

GUNNI JØRGENSEN

JØRGENSEN, G.: Træk af vulkanologiens historie. *Dansk geol. Foren., Årsskrift for 1973*, side 1–10. København, 11. januar 1974.

Artiklen fremdrager træk af vulkanologiens udvikling fra myte gennem naturfilosofi til eksakt videnskab.

Gunni Jørgensen, Mineralogisk Museum, Østervoldgade 5–7, 1350 København K. 2. oktober 1973.

Den 23. januar 1973 åbnedes en spalte ved foden af den 226 meter høje vulkan Helgafell på Heimaey, hovedøen i øgruppen Vestmannaøerne syd for Island. Snart sprøjtedes glødende lava som fontæner op fra adskillige punkter på spalten, men efterhånden koncentreredes aktiviteten til et enkelt område, hvor der opbyggedes en ca. 220 meter høj vulkan, Kirkjufell, opkaldt efter den lille samling huse, Kirkjubær, som fuldstændigt begravdes.

Over 5.000 år er der gået, siden Vestmannaøerne sidst oplevede et vulkanudbrud. Surtsey-udbruddet 1963–67 i det samme spaltesystem, ca. 25 km sydsydvest for Heimaey, var dog et memento om, at kræfterne i dybet stadig er endog særdeles virksomme. Helgafell ansås i sagatiden for helligt, deraf navnet *Det hellige Bjerg*. Her måtte intet levende dræbes, og ingen måtte uvasket beskue det. Vulkanudbruddet bevirkede, at gamle folk på Heimaey nu kom i hu det gamle sagn, som fortæller, at hvis der bygges vest for en bestemt mærkepæl, hvis en hellig kilde fyldes op, og hvis en biskops søn prædiker i øens kirke, da er øens dage talte! Disse tre betingelser for øens undergang siges at være tilstede nu, og hermed skulle forklaringen være givet på det, der skete den 23. januar!

Vulkanudbrud – gådefulde, frygtindgydende, ødelæggende, fascinerende – har som naturfænomen i enestående grad været mytedannende. Den græske og romerske mytologi afslører tydeligt, at Middelhavsområdetets vulkaner har påvirket oldtidens begrebsverden. Da det ikke har været muligt – og måske heller ikke været forsøgt – at finde en tilfredsstillende naturlig forklaring på de forskellige naturfænomener, er guderne blevet udnævnt til ansvarshavende for disse foreteelser. Den græske gud *Poseidon* er vel nok bedst kendt som herskeren over havet, vandet og de underjordiske kilder, men også storme, jordskælv og vulkanudbrud sorterede under ham, og på hans foranledning kunne nye øer dukke op af havet.

Hefaistos, den kunstberømte, blev sat i forbindelse med alt, hvad der havde med ild at gøre. Han smedede de forskellige guders og heltes våben og rustninger, og hans værksteder var anbragt under vulkaner. *Hefaistos* identificeres oftest med den romerske gud, *Vulcanus*, ligeledes våbensmed med værksted under vulkaner. Ifølge nogle myter lå hans smedje under Etna, ifølge andre under Vulcano. Efter sidstnævnte lokalitet har alle ligesindede, »ildsprudende bjerge« fået deres betegnelse, vulkaner.

Under Etna havde skysortneren *Zeus*, der altid havde en eller anden strid gående, indespærret de ildspyende giganter *Enkelados* og *Tyfon*, og oldtidens grækere tolkede vulkanudbruddene som de indespærredes anstrengelser for at slippe fri.

Med andre ord, vulkanerne var ikke noget, dødelige mennesker gav sig til at udforske, de hørte ind under gudernes regie. Også i andre egne af Jorden har mennesker dyrket vulkanguder. I Peru og Nordamerika har primitive indfødte frygtet vulkanguderne og med ofre søgt at formilde dem og derved undgå for store ødelæggelser. På Hawaii lever ildgudinden *Pele* endnu i myter, mange hævder at have genkendt hende i en gammel kones skikkelse umiddelbart før et udbrud (Macdonald 1972).

Bibelen, som ellers har mange beretninger om jordskælv og andre naturkatastrofer, er meget sparsom med udtalelser om vulkanudbrud, til trods for Det hellige Lands beliggenhed ved det vulkanprydede Middelhav. Der gives dog i »Psalmerne Bog« en guddommelig og enkel forklaring på såvel jordskælv som vulkanisme: *Han seer til Jorden, og den skælve; Han rører ved Bjergene, og de ryge*. Ararats bjerge, hvor Noah ifølge syndflodsberetningen omsider lander på den syttende dag i den syvende måned, er to høje vulkantoppe i Armenien, Store og Lille Ararat, som dog ikke har haft udbrud i historisk tid.

De forannævnte eksempler har det fælles grundtræk, at naturforeteelser direkte tilskrives indgriben fra guddommelig – eller dæmonisk – side. I det 6. århundrede opstod en kritik af denne mytologiske naturopfattelse. Jønerne, der var bosat på Lilleasiens vestkyst, prøvede at tolke naturfænomenerne ad spekulativ vej, men drog ret yderliggående slutninger ud fra meget tilfældige iagttagelser. *Thales fra Milet*, »oldtidens neptunist«, var den ældste af disse naturfilosoffer; han gjorde vandet til alle tings urstof, hvoraf faste og luftformige stoffer har udviklet sig (Foss & Krarup, 1946). Pytagoræeren *Philolaus* fantaserede sig til en centralild i verdensaltets midtpunkt. Sicilianeren *Empedokles* (490–430 f. Kr.) forestillede sig, at Jorden besidder en ildflydende kerne; herom vidner såvel de varme kilder som de vulkaner, han med stor ildhu udforskede. Han opstillede læren om de fire elementer: ild, luft, vand og jord. Et sagn fortæller, at han pludselig forsvandt, og at man senere fandt hans jernbeslåede sandaler, som vulkanen Etna havde udspøjet, efter at han havde kastet sig i krateret i håb om at

genopstå i himmelen som halvgud. En mere prosaisk kilde vil vide, at han døde i landflygtighed på Peleponnes – så måske er han alligevel ikke, som ofte hævdedet, vulkanologiens første offer!

Den græske geograf *Strabo*, (60 f.Kr. – 20 e.Kr.) foretog lange rejser, på hvilke han gjorde vulkanstudier. Bemærkelsesværdigt er det, at han var klar over, at Vesuv er en vulkan, en kendsgerning kun få af hans samtidige var klar over. Han var så heldig at være vidne til et par submarine udbrud, og har beskrevet, hvorledes et højt bjerg kan opstå af havet under svovldamp og ild. Han opfattede vulkanerne som sikkerhedsventiler, hvorigennem de dampe, som er indespærret i Jordindret, kan undvige. Efter hans mening var de indespærrede dampe årsag til jordskælv. Sine naturiagttagelser har han nedfældet i sit værk, *Geografica* (Zittel, 1899).

Kejser Neros livlæge *Seneca*, ligeledes fra det sidste århundrede f. Kr., opfattede vulkaner som Etna, Stromboli og Santorin som åbninger for kanaler, der førte fra underjordiske, glødende arnesteder op til jordoverfladen. Han opfattede ikke Vesuv som en vulkan.

Den første virkeligt værdifulde beretning om et vulkanudbrud finder vi i *Plinius den Yngres* to berømte breve til den romerske historieskriver *Tacitus*. Disse breve giver en detaljeret beskrivelse dels af onkelen, *Plinius den Ældres*, død under Vesuvs udbrud 79 e. Kr., dels af selve katastrofens forløb. Med disse dokumenter har vulkanologien som videnskab set dagens lys!

Romerrigets undergang bragte imidlertid de naturvidenskabelige studier og betragtninger til ophør. Karl Alfred von Zittel har i sit værk, »Geschichte der Wissenschaften in Deutschland«, 1899, gjort rede for det beskedne udbytte, den geologiske videnskab har haft af oldtidens ydelser, der, bortset fra enkelte værdifulde naturiagttagelser, for det meste var præget af rene spekulationer.

Da middelalderens mørke sænkede sig over et Europa, der prægedes af krige og statsomvæltninger, blev der ingen muligheder for videnskabelig udfoldelse. Det blev araberne, der overtog videreførelsen af de antikke videnskabers resultater, som de udvidede på flere områder blandt andet inden for medicin, astronomi, matematik og zoologi. Geologiske undersøgelser, derimod, var helt stagneret.

Med Renæssancens begyndelse, omkring 1500-tallet, blomstrede åndslivet i Europa op, og omhyggelige naturiagttagelser og beskrivelser af naturforhold trådte efterhånden i stedet for oldtidens drømmerier. Dog bæres mange vulkanforskere endnu af fantasiens vinger.

Den sachsiske læge *Georg Bauer* (1494–1555), bedre kendt under forfatternavnet *Agricola*, gjorde forbilledlige studier over mineraler og var samtidig meget interesseret i vulkaner og varme kilder. I sit store værk »De ortu et causis subterraneorum« forklarer han, hvordan den underjordiske ild op-

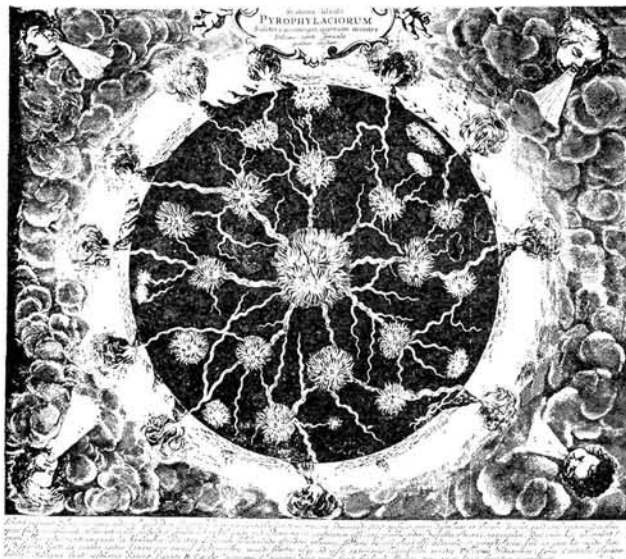


Fig. 1. Kircher's model af jordindret med en Centralild og talrige arnesteder, hvorfra vulkanerne på Jordens overflade næres. Fra Kircher's »Mundus Subterraneus«, 1678.

står, som får bjerge til at brænde, og som skaber de varme kilder: i Jordindret findes luft, som den underjordiske kulde driver ud eller presser sammen. Ved gnidningen mod omgivelserne antændes luften, og hvor den på sin vej møder brændbare stoffer som asfalt (bitumen) og svovl, da vokser flammen, og det ganske Jordindre flammer op. Som et europæisk eksempel på et bjerg, der til tider udstøder klippeblokke, aske og svovl, nævner han *mons Hecla*. (Agricola 1546, side 35).

Det var ikke altid, en naturforskers indsats vurderedes efter fortjeneste! *Giordano Bruno*, som blandt andet havde den dristighed at hævde, at der aldrig havde eksisteret en altomfattende syndflod, blev brændt som kætter på bålet år 1600 i Rom. Han satte vulkaner i forbindelse med processer i Jordens indre, og da han havde bemærket, at mange vulkaner befinder sig nær havet, forklarede han, at vulkanisme skyldtes vandets indvirken på Jordindret.

Jesuiten *Athanasius Kircher* (1602–1680) skrev det vældige værk »Mundus subterraneus«, det 17. århundredes geologiske standardværk. Heri er *Liber quartus* helliget beskrivelsen af den underjordiske ild og vindenes, flodernes og kildernes oprindelse. I en grafisk fremstilling (se fig. 1.) redegør han for vulkanismens baggrund (*Liber 4*, side 194). Fra en Centralild trænger der brændende luft, *Ignei Spiritus*, via spalter ud til talrige arnesteder, som atter nærer vulkanerne på Jordens overflade. Måske er arnestederne ikke placeret præcist som angivet på tegningen, indrømmer *Kircher*, for

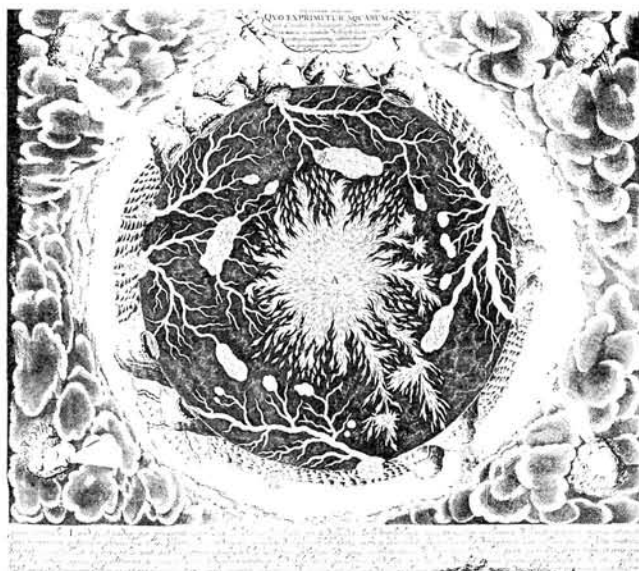


Fig. 2. Kircher's model af Jordens vandkanalsystem: fra de vandfyldte hulrum, Hydrophylacierne, der fyldes fra havene, sendes vandet gennem kanaler til floder og kilder. Fra Kircher's »Mundus Subterraneus«, 1678.

hvem har vel nogen sinde kunnet trænge ned i Jorden! Men det er et billede på Guds kunstværk.

Fig. 2. viser Jordindrets vandkanalsystem (Liber 4, side 186). Rundt om Centralilden ses vandfyldte hulrum, Hydrophylacier. Disse hulrum fyldes fra havene, og gennem et forgrenet kanalsystem sendes vandet ud i floder og kilder. Undervejs kan det opvarmes af udløbere fra Centralilden, og i så fald kommer det ud på jordoverfladen som varme kilder. Kircher omtaler en lang række vulkaner fra forskellige verdensdele. Nogle vulkaner får en særlig omtale, blandt andet gøres der rede for Etna og dens udbrud, og vulkanen er afbildet på en højst upålidelig tegning.

Det bør bemærkes, at der i Liber 10 (side 205) gøres en bemærkning om temperaturstigningen mod dybet. Det er en oplysning, Kircher har fået af *Johann Schapellmann*, en embedsmand ved bjergværket i Hernngrund (Kircher, 1678).

Forestillingen om en ildflydende jordkerne og arnesteder fordelt rundt om i Jordens indre deles også af *Steno*, *Descartes*, *Leibnitz* og andre. En afvigende opfattelse fremføres af *Martin Lister*, som hævder, at når der kan opstå vulkaner, skyldes det, at svovlkis forvitrer og herved opvarmes, så at det bryder i brand. *Lemery* prøvede eksperimentelt at bevise denne teori (1700) ved at vise, at når en blanding af svovl, jernfilspåner og vand er

dækket af jord, vil den rive jorddækket i stykker under udvikling af flammer (Zittel, 1899).

Mens naturforskere spekulerede over vulkanismens årsager, fortsatte vulkanerne verden over deres betagende, men ofte ødelæggende aktivitet, og talrige er de skildringer, der indløb fra forskere og andre rejsende, der blev vidner til udbruddene, såvel i Europa som i så fjerne egne som Japan, Sundaøerne og Filippinerne.

Lidt efter lidt begyndte geologerne at fatte interesse også for de udslukte vulkaner. Under en rejse i Auvergne i 1751 bemærkede *J. E. Guettard*, at nogle sten, der blev brugt som vejmateriale, havde vulkansk karakter. Dette særlige materiale er kendt under navnet »pierre de Volvic« efter byen, hvor et stenbrud var blevet anlagt i en gammel lavastrøm. Det lykkedes *Guettard* at spore lavastrømmen tilbage til den udslukte vulkan, La Nugère, i Chaîne des Puys. Hermed var Auvergne-bjergenes vulkanske oprindelse erkendt (Rudel, 1970).

Guettard's afhandling om de udslukte vulkaner midt i Frankrig blev modtaget med kølig skepsis. Rigtigheden af hans påstand blev imidlertid bevist af *Nicolas Desmarest* (1725–1815). Han kastede sig i 1763 over udforskningen af Auvergnens vulkankegler og kratere, og det faldt under dette arbejde i hans lod at opdage en sort søjlebasalt oven på en slaggeagtig lava. Han var i stand til at spore lavastrømmen med søjlerne tilbage til et krater, og hermed var det bevist, at søjlebasalten var en lava, der stammede fra et vulkankrater på samme måde som de almindelige lavastrømme. *Guettard* havde opfattet basaltsøjlerne som kæmpemæssige krystaller udskilt i vandigt miljø (Zittel, 1899).

Desmarest havde hermed også løst gåden om Giant's Causeway og Antrimbasalternes vulkanske oprindelse. Giant's Causeway, »Kæmpens Landevej« udgøres af nogle Tertiære lavastrømme, der under størkningen har dannet søjler, som er blevet en verdenskendt seværdighed. Sagnet fortæller, at kæmpen *Fionn Mac Comhal* har anlagt denne »landevej« af søjler ud i havet for bedre at kunne nå sin fjende, kæmpen *Fingal*, der residerede i Fingalshulen på den skotske ø, Staffa.

Buffon opstillede i sit værk »Époques de la Nature«, syv perioder i Jordens udviklingshistorie. I periode nr. 4 var kloden dækket af et urhav, og da vandstanden efterhånden sænkedes tilstrækkeligt, opstod talrige vulkaner. Mødet mellem vandet og pyritholdige og brændbare stoffer, som var opvarmet fra Jordens indre, resulterede i en 5000 år lang kamp mellem ild og vand, en kamp, som endnu foregår mange steder. Vulkaner kan ifølge *Buffon* kun eksistere, når der er vand tilstede. De aktive vulkaner er derfor at finde i eller langs havet, de udslukte ligger inde på kontinenterne langt fra havet; det er f. eks. de gamle vulkaner i Auvergne, Velai og Viverrais (*Buffon* 1785).

Disse vulkaner blev også gjort til genstand for undersøgelse af den gejstlige, autodidakte naturforsker *Giraud Soulavie*, som forsøgte at indpasse dem i kronologisk følge. I »*La Chronologie physique des volcans*« (1781) fastslår han, at de vulkaner, som er de mest nedslidte, og hvoraf der kun er få spor tilbage, er de ældste; det vil sige, at vulkaner, som kun er repræsenteret af årer i graniten, er ældre end de, der forekommer som småhøje. Disse er til gengæld ældre end de, hvis lavastrømme er bevaret, men er gennemskåret af dale. De yngste vulkaner har velbevarede lavastrømme i dalene, og de har klart definerede kratere.

Det synes ham rimeligt (hvis det ellers er sandt, at det er havenes vande, som igangsatte den vulkanske ild, og som lidt efter lidt trak sig tilbage fra de oversvømmede egne) at anse de højest beliggende vulkaner for de ældste, de lavere liggende for yngre og de lavest liggende for de yngste, som f. eks. Vesuv og Etna, der ligger ved havet. Der er dog undtagelser fra denne regel, idet der også findes aktive vulkaner på kontinenterne. (Mather & Mason 1939).

De fleste vulkanforskere havde især beskæftiget sig med vulkanernes ydre og med deres aktivitet; *G. S. Tancredè de Dolomieu* (efter hvem mineralet dolomit og Dolomiterne i Alperne er opkaldt) kastede sig over studiet af udbrudsprodukterne. Han nåede til den erkendelse, at der forekommer alle overgange mellem de krystallinske lavaer og de slaggeagtige, glasagtige og porøse bjergarter. Endvidere mente han, at lavaerne indeholdt en brændbar substans, måske svovl, som skulle være årsag til lavaens langsomme størkning. Samme substans skulle besidde en voldsom ekspansionskraft, som kunne bringe magmaet op i vulkanerne og ud af kratrene (Zittel, 1899).

Spallanzani (1729–1799) har æren for at være den, der startede den eksperimentelle geologi, og han foranstaltede en lang række smeltforsøg. Han mente, at elastiske luftarter er ansvarlige for, at magmaet kan stige op til overfladen. Et forsøg på at bevise *Dolomieu's* antagelse, at svovl var drivkraften i magmaet, mislykkedes helt. Han viste imidlertid, at alle lavaer let lader sig smelte igen, men alle hans talrige smeltforsøg resulterede i, at han måtte konstatere, at mens smeltmasserne fra vulkanerne størknede krystallinsk, størknede smeltmasserne i forsøgsovnene glasagtigt. I 1788 foretog *Spallanzani*, der var professor i naturhistorie ved Pavia's universitet, en indsamlingsrejse til de italienske vulkandistrikter. I sit 5-bindsværk, »*Reisen in beyde Sicilien*«, beskriver han vulkanerne og deres produkter og omtaler sine smeltforsøg. (*Spallanzani* 1795).

En af de betydeligste skikkelser i geologiens historie er *A. G. Werner*, professor ved Bergsakademie i Freiberg i Sachsen. Han var i besiddelse af en overordentlig skarp iagttagelsesevne og i stand til at bringe system i alt, hvad han havde set, hørt eller læst. Han besad en usædvanlig stor ulyst til at videregive sin viden skriftligt, kun få afhandlinger foreligger

fra hans hånd, blandt andet en 28 sideres »Kurze Klassifikation und Beschreibung der verschiedenen Gebirgsarten«. Af denne fremgår det, at alle bjergarter, med undtagelse af de »ægte vulkanske« som lava, pimpsten og aske, er udfældet i vand, enten kemisk eller mekanisk. Han afviser pure, at basalt skulle være en vulkansk bjergart; efter *Werner's* mening var der overhovedet intet, der talte til gunst for denne opfattelse – til trods for, at geologer andetsteds for længst var kommet til et andet resultat (*Werner* 1787).

At han havde en særpræget opfattelse af visse bjergarters oprindelse, kan ikke fordunkle hans indsats som lærer i geologi. Han foretrak at meddele sin viden mundtligt, og hans ry som beåndet og inspirerende forelæser bredte sig i Europa. Mange af de mænd, som senere skulle få stor betydning for geologien, strømmede til Freiberg. Adskillige af disse elever tilsluttede sig hans »neptunistiske« opfattelse af blandt andet basaltens oprindelse, medens andre som for eksempel *J. C. W. Voigt*, *Alexander von Humboldt* og *Leopold von Buch* efterhånden blev skeptiske og slutteligt gik ind for basaltens vulkanske oprindelse; ikke mindst fordi de drog ud i verden og brugte deres øjne. *Werner*, derimod, baserede sin geologiske opfattelse stort set på forholdene i Sachsen.

Det blev en bitter strid mellem »neptunister« og »vulkanister«, især mellem *Werner* og *Voigt*. I 1789 skrev *Werner* en afhandling, hvori han forklarede, at vulkanerne opstår, ved at kullag kommer i brand. Hvis basalt befinder sig over et brændende kullag, smelter den og forvandles til lava (*Zittel* 1899). I sin lille lærebog, »Praktische Gebirgskunde«, skriver *Voigt*, at vel kendes der enkelte mineralske og andre substanser, som kan gære, opvarmes og antændes, men at det er tvivlsomt, om noget menneske har oplevet, at disse stoffer har kunnet frembringe vulkaner. Den vulkanske varme, af hvilken art den så er, må befinde sig dybt i Jorden, dybere end graniten, hvor intet menneske har mulighed for at iagttage den. Det er ham ubegribeligt, at nogen kan benægte den allestedsnærværende basalts vulkanske oprindelse; men han tilføjer sit håb om, at den strid, som kun har vakt afsky, og som har bremset den smukke udvikling i en videnskab, måtte bringes til ophør. (*Voigt* 1792).

Først efter *Werner's* død i 1817 faldt neptunisternes forsvar sammen. En af de lokaliteter, der spillede en vigtig rolle i den beklagelige strid, er Portrush i Antrim på Nordirlands kyst. Her er ler og mergel af en sill fra Lias blevet metamorfoseret til en hård bjergart, porcellanit, der meget vel kan ligne basalt i udseende. Øverst på denne sill er der bevaret et tyndt lag af porcellanit med en rigdom af ammoniter. For neptunisterne, der anså porcellaniten som hørende til basalten, var dette et bevis på, at basalten var aflejret i vand (*Holmes* 1965).

Endnu længe herskede den neptunistiske opfattelse hvad angik dannel-

sen af granit, syenit og krystallinske skifre. Denne opfattelse modsagdes ihærdigt af blandt andre skotten *James Hutton* og hans medarbejdere og venner *Playfair*, *Watt* og *Hall*, som havde anset basalt for at være en vulkansk bjergart. De hævdede, at disse bjergarter var opstået i Jordens dyb, hvor varmen forvandlede bjergarterne til en smeltemasse, et magma, som er trængt opad uden dog at nå jordoverfladen, men er størknet som underjordiske eruptivmasser. Hermed var grunden lagt for den plutonistiske opfattelse (navngivet efter *Pluto*, underverdenens gud). Først omkring 1830'erne vandt denne lære almindelig anerkendelse (Zittel 1899).

De to *Werner*-elever, *von Humboldt* og *von Buch*, der med en vis nølen var begyndt at tvivle på deres læremesters teorier, foretog lange rejser sammen og blev på disse endeligt overbevist om basaltens rette herkomst. Til gengæld udkastede de selv en teori, som først vandt stor tilslutning, især i Tyskland, hvor de var højtagtede forskere, men som senere mødte overordentlig stor modstand. Det var teorien om hævningskratere, *Erhebungs-Kratere*. *von Buch* undfangede teorien, og *von Humboldt* stod fadder, således at forstå, at han i sine omfattende skrifter, blandt andet det store værk »*Kosmos*«, fuldt og helt gik ind for vennens opfattelse.

Teorien gik ud på, at vulkanbjerge dannedes ved, at smeltet materiale fra dybet pressede forhen horisontale lag i vejret, og altså ikke ved at udbrudsmateriale ophobedes rundt om et kraterrør (det svarer nærmest til den moderne forestilling om dannelsen af en lakkolit: magma trænger ind langs en lagflade i et sediment og hvælver de ovenliggende lag op i en kuppel). Undertiden kunne smeltemasserne bryde igennem og danne en lille, ægte vulkan, oftest i toppen af den store.

von Buch udsendte i 1818 en afhandling om dette emne. Han havde da besøgt De kanariske Øer og havde i Palmas caldera fundet blokke, som tilhørte »*Primitiv Formationen*«, der skulle være det lavestliggende system. Disse blokke måtte efter *von Buch's* mening stamme fra lag, der var blevet hvælvet op af smeltemassen (Buch 1877).

I værket »*Kosmos*«, et forsøg på en fysisk verdensbeskrivelse, viderebringer *von Humboldt* teorien (bd. 4). Han har gjort en fortjenstfuld indsats med sin omhyggelige beskrivelse af vulkanerne i Central- og Sydamerika. Også jordskælv optog ham en del, og han henviste til en sammenhæng mellem vulkaner og jordskælv (Humboldt 1858).

Blandt de forskere, der modsatte sig *Erhebungs*-teorien, var englænderne *Lyell* (1834) og *Scrope* (1872). Af disse to var *Scrope* den, hvis arbejder har haft størst værdi for vulkanologien. Han har tilegnet *Lyell* sin bog »*Volcanos*«, som anses for at være med til at danne grundlaget for den moderne vulkanologi. I Tyskland drager *Hermann Vogelsang* i sin afhandling »*Die Vulkane der Eifel*« i ledning mod *von Buch's* teori under anvendelse af mange ironiske bemærkninger (Vogelsang 1864).

Erhebungs-teorien blev efterhånden manet i jorden. *Scrope* anerkendte kun, at vulkankegler dannes ved, at udbrudsmateriale dynges op rundt om udbrudsstedet. *Cumulo*-domerne i Auvergne anså han således for at være dannet ved, at sejgtflydende lavastrømme var dynget oven på hverandre. Nu anses disse domer for at være dannet ved, at det først fremtrængende sejgtflydende lava er skubbet opad og udefter af den næste strøm, således at de ældste lag befinder sig yderst og de yngste inderst i midten.

Vulkanologien var nu nået ind i en meget positiv udvikling, hvor dens udøvere lagde vægten på nøjagtige observationer fremfor at hengive sig til spekulationer og fantasterier. Ny teknik baseret på stadig forbedret instrumentel har været medvirkende til vulkanologiens udvikling, ligesom store vulkankatastrofer har fremskyndet, at mange kræfter sattes ind på studiet af vulkanernes opførsel. Dannelsen af vulkanøen Surtsey vakte mange forskeres store interesse, fordi de her så en enestående mulighed for ikke blot at studere en vulkanøs dannelse, men også for at følge udviklingen af dens geomorfologi og indvandringen af dyr og planter.

Nordisk Vulkanologisk Institut, der nyligt er blevet oprettet i Reykjavik, placerer de nordiske lande blandt de nationer, som har vilje til at investere i udforskningen af vulkanerne – en forskning, som forhåbentlig engang vil gøre det muligt med større sikkerhed at kunne varsle vulkanudbruddene.

Litteratur

- Agricola, G. 1544: *De ortu et causis subterraneorum*. 487 pp + index
 Buch, L. von 1877: *Gesammelte Schriften*, Bd. 3. Berlin. 714 pp.
 Buffon, Le Comte de 1785: *Les Époques de la Nature*, vol. 2. Paris. 260 pp.
 Foss, O. & Krarup, P. 1946: *Udvalg af Platons Skrifter*. (2. udg.), 136 sider. København: Reitzel.
 Holmes, A. 1965: *Principles of Physical Geology*. (2nd ed.), 1288 pp. London: Nelson.
 Humboldt, A. von 1858: *Kosmos*, Bd. 4, 649 pp. Stuttgart und Tübingen.
 Kircher, A. 1678: *Mundus subterraneus*. 507 pp. + index. Amsterdam.
 Lyell, C. 1834: *Principles in Geology*, vol. 2. (3rd ed.), 453 pp. London.
 Macdonald, G. 1972: *Volcanoes*. 510 pp. New Jersey: Prentice-Hall, Inc.
 Mather, K. & Mason S. L. 1939: *A Source Book in Geology*. 702 pp. New York & London: McGraw-Hill.
 Rudel, A. 1970: Les Volcans de la Chaîne des Puys. *Le touriste en Auvergne* – no. 36. 31 pp.
 Scrope, G. Poulett 1872: *Volcanos*. (2nd ed.), 490 pp. London.
 Spallanzani, L. 1795: *Reisen in beyde Sicilien*. (Bd. 1), 320 pp. Leipzig.
 Vogelsang, H. 1864: *Die Vulkane der Eifel*. 76 pp. Haarlem.
 Voigt, I. C. W. 1792: *Praktische Gebirgskunde*. 150 pp. Weimar.
 Werner, A. G. 1787: *Kurze Klassifikation und Beschreibung der verschiedenen Gebirgsarten*. 82 pp. Dresden.
 Zittel, K. A. von 1899: *Geschichte der Wissenschaften in Deutschland*. Bd. 23, 868 pp. München und Leipzig: R. Oldenburg. (First reprinting 1965, Johnson Reprint Corporation, New York and London.)