

AFSCHEIDSCOLLEGE

gegeven op 24 mei 1955

door

B. G. E S C H E R

Benoemd met ingang van de cursus 1922—23, gaf ik mijn eerste college in de Mineralogie op 27 september 1922 en mijn eerste college in de Algemene Geologie op 13 oktober van dat jaar. Ik was benoemd tot een soort "Sjaan van alles" uit de familie Doorsnee, evenals mijn voorganger K. MARTIN dat geweest was; d.w.z. ik zou alle geologische wetenschappen moeten doceren: Kristallografie, Mineralogie, Petrologie, Algemene Geologie, Palaeontologie, Stratigrafie en Historische Geologie. Gelukkig had ik de vermetelheid aan de President-Curator mede te delen, niet in staat te zijn de laatstgenoemde drie vakken te onderwijzen. Noodgedwongen moest ik een keuze doen. Naast de Algemene Geologie zou het òf het complex der mineralogische wetenschappen òf dat der palaeontologische moeten zijn, waarop ik mij met enige kans van succes zou kunnen werpen. Ik koos de eerstgenoemde groep omdat de exacte zijde der geologische wetenschappen mij aantrok, terwijl het determineren van fossielen mij niet lag. Wanneer men bedenkt, dat VON LAUE zijn beroemd proefondervindelijk bewijs van de structuur der kristallen, toen ik in 1911 afstudeerde, nog niet geleverd had, en ik mij, na een assistentschap van 1½ jaar en een conservatorschap van 1 jaar in Delft, in de aardolie-industrie begaf, zal het duidelijk zijn, dat ik in 1922 een grote achterstand in mijn wetenschappelijke ontwikkeling had in te halen om enigszins drage-lijke colleges in de Kristallografie en Mineralogie te geven. Ik wil hier niet uitweiden over de moeilijkheden, die ik hierbij te overwinnen had, maar wel gaarne getuigen van het genoegen dat ik telkens weer beleefde (tot in 1950) wanneer ik de jonge studenten in de geheimen van de kristallografische symmetrieleer en kristaloptica moest inwijden.

Heden wil ik zeer in het kort in herinnering roepen hetgeen ik naast de gewone colleges in de geologie en mineralogie onder de titel "Capita selecta" als dessert heb opgediend.

Toen ik nog vrijwel alleen voor de taak stond geologen te vormen — er was naast mij slechts een privaat-docent werkzaam — heb ik gemeend ook wat *toegepaste geologie* te moeten geven. Een universiteit is, behoudens mis-schien in de medische faculteit, geen vakhogeschool, in tegenstelling tot Delft en Wageningen. Wij hoogleraren aan een universiteit hebben, naar het mij voorkomt, tot belangrijkste taak wetenschappelijk denkende mensen op te leiden. Onze studenten echter geheel onkundig te laten van de toegepaste geologie, ging mij te ver, en daarom heb ik *aardolie-geologie*, *geologie der zoutafzettingen* en die van *drinkwater* gedoceerd. Ook de gezichtspunten, die van een geologisch standpunt beschouwd bij een prognose voor een tunnel-project in het geding komen, heb ik meermalen onder de titel *tunnelgeologie*

onderwezen. Tot dit onderwerp was ik gekomen omdat gedurende mijn studie in Zürich twee grote Alpentunnels geboord werden en drie lange Jura-tunnels (1). Er ontstonden daarbij discussies tussen ingenieurs en geologen over gevonden afwijkingen in de geologische bouw met de prognoses der geologen. Van algemeen belang beschouwde ik daarbij drie vraagstukken: ten eerste de reactie der doorboorde gesteenten op de gevormde holte, d.w.z. de wijze van loslaten van het gesteente van dak, vloer en muren van de tunnel, ten tweede het vraagstuk van de warmte-afvoer van de gesteenten naar de tunnel en ten derde dat van de aangeboorde waterhoeveelheden in verband met de aard der doorboorde gesteenten en met de tektonische bouw van het gebied.

Toen echter in 1934 Ulbo DE SITTER hier hoofdassistent werd, na een diensttijd van 9 jaren als petroleumgeoloog, heb ik hem gaarne het belangrijkste mijner colleges in de toegepaste geologie, dat in de aardolie-geologie, afgestaan, omdat hij met zoveel recentere ervaringen uit de praktijk van deze zich met grote snelheid ontwikkelende industrie kwam, die voortdurend verbeterde exploratie- en exploitatie-methodes toepaste.

Van dat ogenblik af heb ik in mijn capita vooral theoretische vraagstukken behandeld.

Naast grote vraagstukken heb ik ook kleinere beschouwd en ik wil hier verklaren, dat ik ze zelf beide even interessant gevonden heb. Alles waarmede men zich intensief bemoeit is immers belangwekkend. Grote vraagstukken doken bij de behandeling der tektogenese op, die mij dwong terug te gaan tot aan het begin van de geschiedenis der Aarde, dus tot daar, waar de astronomen ons de weg moeten wijzen.

Lang voordat de helaas zo vroeg gestorven Jan UMBROVE zijn boek, dat hem beroemd gemaakt heeft, en dat hij *The Pulse of the Earth* (2) noemde, het licht deed zien, behandelde ik als onderdeel der tektogenese het vraagstuk of er van een zekere periodiciteit in de ontwikkeling der Aarde gesproken mag worden. Het was een geschrift van de originele Zwitserse geoloog R. A. SONDER (3) dat mij op dit onderwerp bracht (fig. 1). Mijn in 1926 gehouden en in druk verschenen drie radiolezingen voor het Hoofdbestuur der Maatschappij tot Nut van 't Algemeen, bevatten een tekening (fig. 2), die grote indruk op UMBROVE gemaakt heeft, omdat daarin een periodiciteit in het optreden van tijdperken van tektogenesen en ijstijden was uitgedrukt. Deze perioden zouden naar schatting 230, 220 en 250 miljoen jaren uit elkaar liggen. Hij schreef mij daarover destijds uit Bandoeng een enthousiaste brief. Klaarblijkelijk heeft hem toen het vraagstuk van een herhaling van cycli in de ontwikkeling der Aarde zo gegrepen, dat hij hierover gegevens is gaan verzamelen, die zich in zijn ijzersterk geheugen gegrift hebben, en waaruit later het reeds vermelde boek is ontstaan. Toen in 1927 het voortreffelijke boek van A. HOLMES (4) *The Age of the Earth* voor het eerst verscheen, werd het mogelijk deze cyclussen verder teruggaande in de geschiedenis van de ontwikkeling van de aardkorst te vervolgen. Uiteraard waren deze gegevens minder scherp omljnd. Ik heb er voor mijn college Tektogenese, dat in het rampjaar 1940 begon en ontijdig, door het sluiten der Leidse Universiteit door de Duitsers, werd afgebroken, een grafische voorstelling van gemaakt, die tot 1900 miljoen jaren terugging.

Intussen had UMBROVE tijdens een voordracht op 26 januari 1939 een grafiek (fig. 3) rondgedeeld, waarin de laatste 500 miljoen jaar veel uitvoeriger waren behandeld en waaraan de talrijke kleinere tektogene periodes volgens STILLE waren toegevoegd, volgens een tabel in het Palaeontologisch Museum

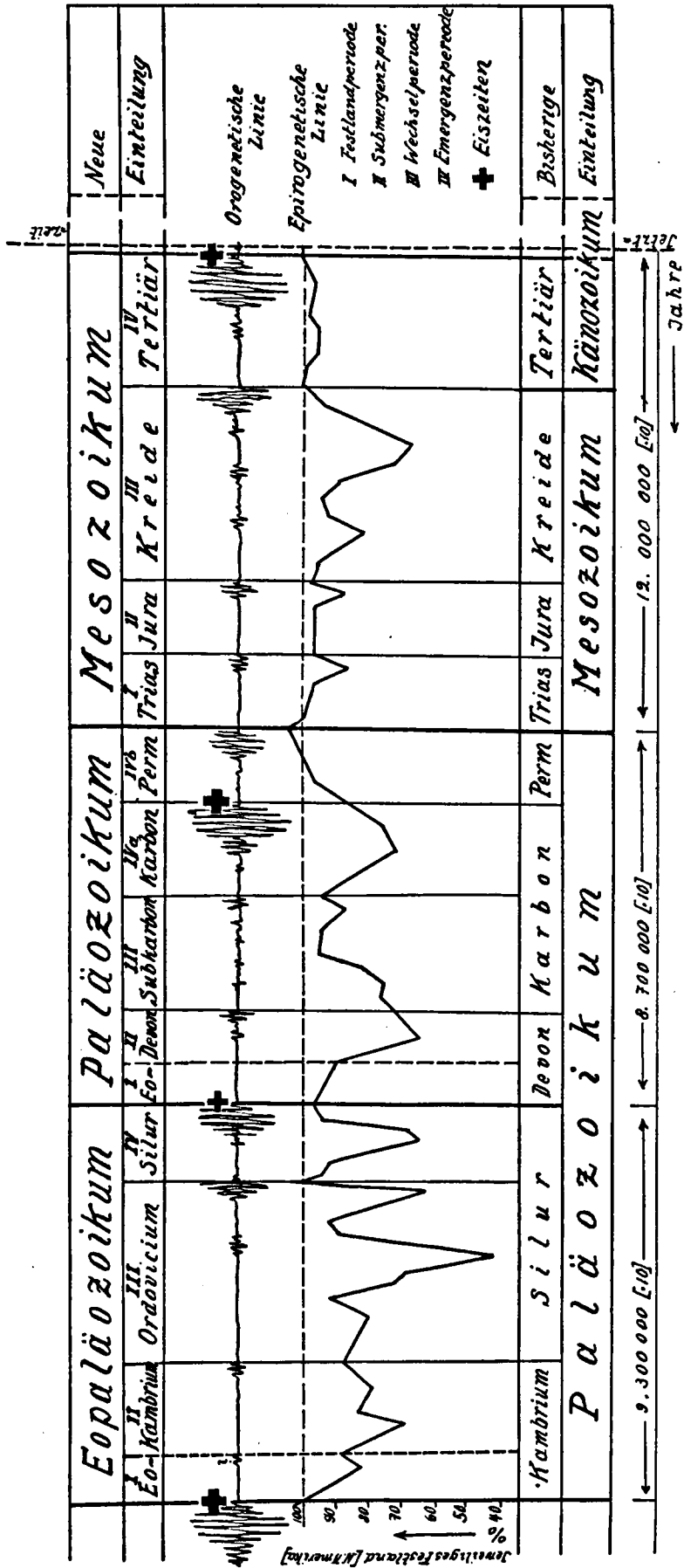


Fig. 1

der Berlijnse Universiteit, samengesteld door H. STILLE en F. LOTZE. Het is deze grafiek van UMBGROVE, die met toevoegingen en uitbreidingen in 1942 in zijn *The Pulse of the Earth* verscheen (fig. 4).

In zijn korte slothoofdstuk, waarnaar hij zijn gehele boek noemde, spreekt UMBGROVE van de drie ijstijden-perioden: de prae-cambrische, de permo-carbonische en de pleistocene, die ongeveer 250 millioen jaren uit elkaar liggen. Hij stelde dus slechts 3 polsslagen der Aarde vast, terwijl er volgens de gegevens van HOLMES ongeveer 11 geweest zijn. Maar zo er al van een polsslag der Aarde gesproken kan worden, die dan gekenmerkt zou zijn door relatief

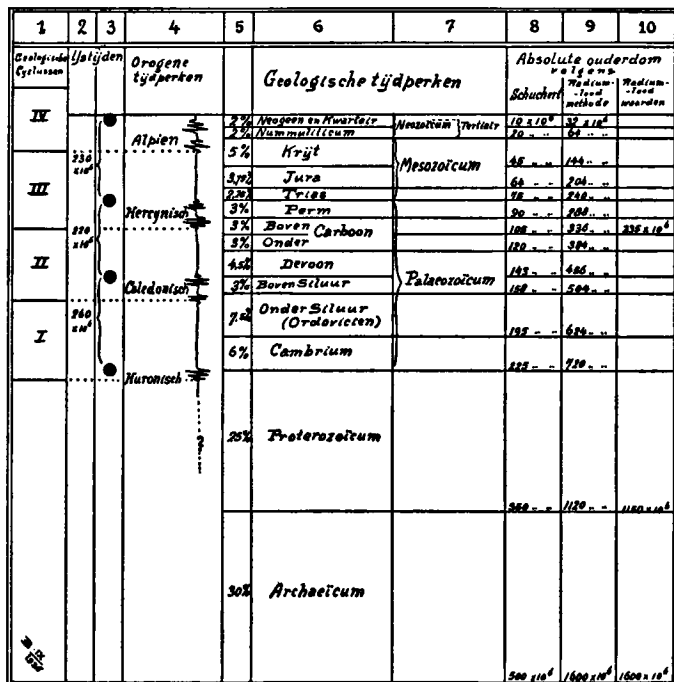


Fig. 2

De Geologische tijdrekening.

Deze voorstelling is gebaseerd op de door Schuchert opgegeven relatieve tijdruimten in procenten (kolom 5).

Kolom 1 geeft de vier bekende geologische cyclussen aan.

Kolom 2 geeft het aantal jaren aan, dat tusschen de ijstijden verliep.

Kolom 3 geeft de tijdstippen der ijstijden aan (ontleend aan SONDER).

Kolom 4 geeft de namen der orogene tijdperken aan en door een lijn stilstand en beweging (SONDER).

Kolom 5 geeft de relatieve tijdruimten der geologische tijdperken volgens Schuchert aan.

Kolom 6 en 7 geven de namen der geologische tijdperken aan.

Kolom 8 geeft de absolute ouderdom der geologische tijdperken aan, gebaseerd op kolom 5 en op een grootste ouderdom van 500 millioen jaren, als door Schuchert waarschijnlijk geacht.

Kolom 9 geeft de absolute ouderdom der geologische tijdruimten aan, gebaseerd op kolom 5 en op de grootste ouderdom van 1600 millioen jaren, zooals die gevonden werd met de radium-lood methode.

Kolom 10 geeft drie ouderdomsbepalingen volgens de radium-lood methode.

korte periodes van sterke tektonische activiteit en langere van sterke tektonische rust, dan schijnt het de polsslag van een zieke te zijn, want hij is onregelmatig, zoals uit mijn grafiek blijkt (fig. 5). In mijn colleges heb ik hierop de nadruk gelegd.

Het Caput Tektogenese bracht mij op een ander vraagstuk, dat van de wonderlijke verdeling van continenten en oceanen over de oppervlakte der Aarde. Ik werd daardoor gedwongen mij, tegen de uitdrukkelijke waarschuwing van Charles LYELL, af te vragen hoe het begin der Aarde geweest was (5). Dit bracht mij naar de theorieën van de astronoom George DARWIN (6) over de afscheiding van de Maan uit de Aarde en vervolgens naar die van Reverend Osmond FISHER (7) over het verband tusschen deze gebeurtenis en het ontstaan van continenten en oceanen. Wanneer ik hierbij ook eigen gedachten ontwikkeld heb en die aan mijn leerlingen heb medegedeeld, dan geloof ik dat het mij gelukt is hun het besef bij te brengen aan alle theorieën en hypothesen

te twifelen, ook aan de mijne, en hun te leren steeds kritisch er tegenover te staan, en te trachten zichzelf een eigen mening te vormen.

Toen ik eenmaal merkte, dat leerlingen, die zich in een gedeelte der

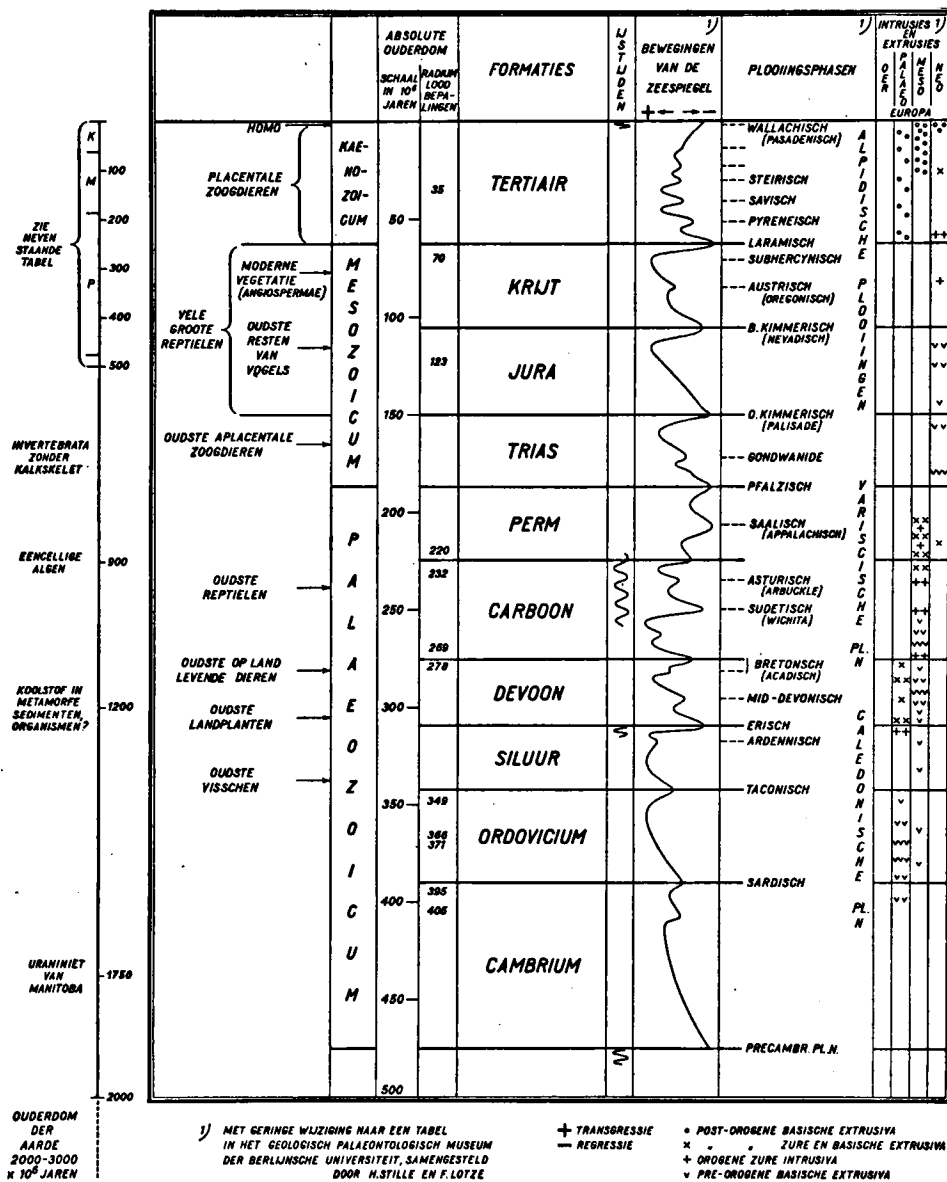


Fig. 3

hogere wiskunde hadden kunnen inwerken, a priori grotere waarde hechtten aan geologische verhandelingen met hogere wiskunde dan aan die zonder dit instrument, heb ik hun voor ogen gehouden, dat het gebruik der hogere wiskunde in deze vraagstukken op zichzelf geen oorzaak kan zijn van een juister

antwoord daarop. Ik herhaalde slechts wat andere wetenschapsbeoefenaars voor mij gezegd hadden (8).

Wiskunde is een uitermate fijn werkende machine. Stopt U er een verkeerde veronderstelling in, en rekent U goed, dan komt er met mathematische zekerheid iets foutiefs uit. Indien U in een worstmachine ondeugdelijke waren stopt, bijv. bedorven vlees en ranzig vet, dan komt er een worst uit, maar die is dan ongenietbaar. Zo is het ook met het gebruik, of moeten wij zeggen misbruik, der toegepaste hogere wiskunde. Er zijn talrijke geophysische beschouwingen aan te wijzen, waarin van een verkeerde gedachte is uitgegaan, zodat er ook een verkeerde uitkomst op moest volgen. De geologische werkelijkheid is zo ingewikkeld, dat zij voor wiskundige behandeling in het algemeen nog niet toegankelijk is. Toen ik eens een beetje wiskunde gebruikt heb, niet om iets nieuws te vinden, maar om de te verwachten twijfelaars aan een hypothese van mij over de vorming van caldeira's in staat te stellen daarop kritiek uit te oefenen, toen ik m. a. w. de consequenties van mijn hypothese in getallen uitdrukte (9), meende de grote Maurice LUGÉON mij te moeten waarschuwen tegen het gebruik der wiskunde in de geologie. Hij was zodanig geschrokken van de 630 derde machtsvergelijkingen, dat hij zich niet eens de moeite had genomen te lezen, welke de betekenis van de wiskunde in mijn verhandeling was. Hij schreef mij (Lausanne, 10. VI. 1919): „Merci, mon „cher Collègue, pour votre envoi de votre très intéressant mémoire sur la „formation de cratères, bien que je me méfie un petit peu de la mathématique „appliquée aux objets de l'histoire naturelle. — Mais ces essais sont toujours „fort intéressants.

Amitiés

Lugeon.”

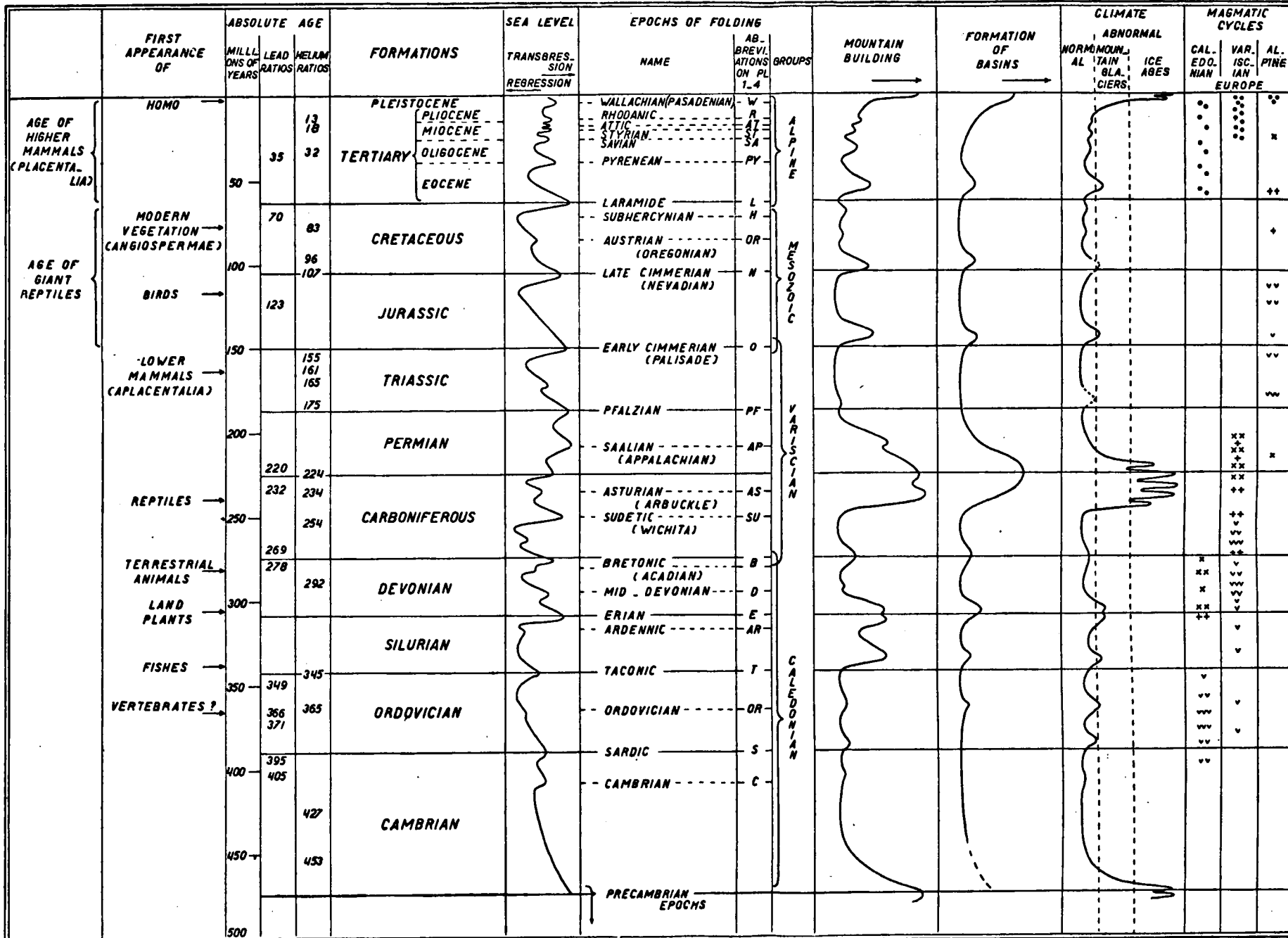
U voelt de fijne steek onder water van de laatste zin, en wie hem gekend hebben zien daarbij zijn ironische glimlach. Ik veronderstel dat LUGÉON zoveel overdrukjes uit de gehele wereld toegezonden kreeg, dat hij ze nauwelijks kon inzien, en mijn verhandeling in de Engelse taal heeft hem zeker afschrikt, te meer, daar het behandelde onderwerp buiten zijn directe belangstelling lag.

Men versta mij goed. Zonder toegepaste wiskunde zou de geophysica zich nooit hebben kunnen ontwikkelen tot de hoogte, die zij heden ten dage bereikt heeft. Ik heb slechts willen waarschuwen tegen een a priori hogere waardering van een geologische verhandeling alleen omdat er hogere wiskunde in gebruikt wordt.

De colleges over tektogenese brachten mij ook op de *asymmetrische gedaante der Aarde*, die wel het allerduidelijkst wordt aangetoond door het feit, dat 80 % der sterke ondiepe aardbevingen circumpacifisch optreden, een nog groter percentage der intermediaire aardbevingen met een diepte tussen 90 en 300 km, en dat alle diepe aardbevingen (300—700 km haarddiepte) om de Stille Oceaan optreden. Dit bewijst dat de Aarde om de Pacific veel bewegelijker is dan overal elders. Ik laat de talrijke andere geologische verschijnselen, die op deze asymmetrie wijzen, nu maar buiten beschouwing.

Ook astronomen mogen aan dit feit niet voorbijgaan, wanneer zij zich bezig houden met het vraagstuk Aarde en Maan. Zij mogen niet vergeten, dat de Aarde beter bekend is dan alle andere lichamen in de Kosmos. Noch een rustige ontwikkeling der Aarde uit een langzaam zich afkoelende gloeiend vloeibare bol, noch een geleidelijke vorming van onze planeet uit planetesimalen kan ooit zulk een asymmetrische Aarde gemaakt hebben, als die waarop

TABLE II

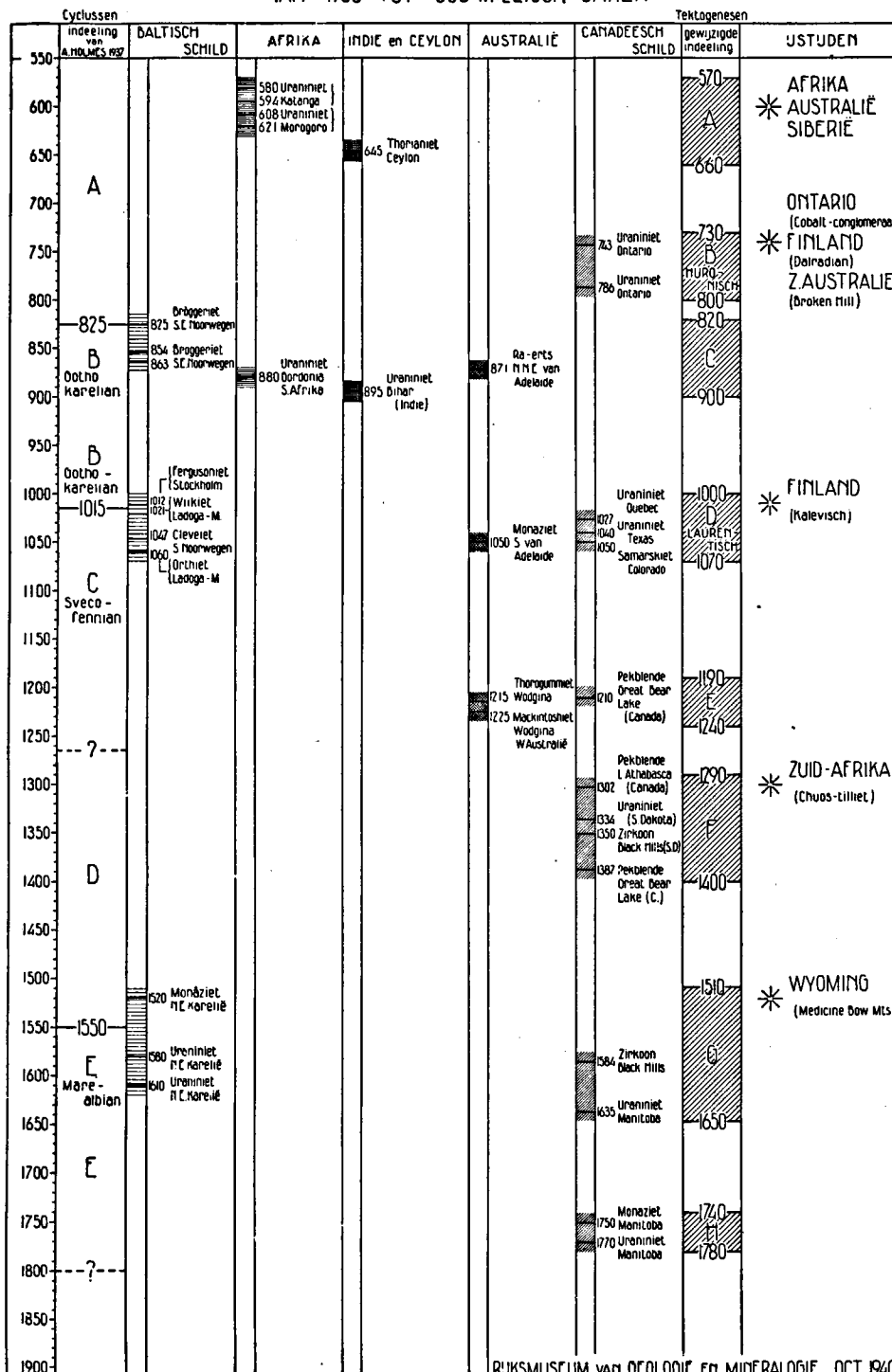


• POST-OROGENIC BASIC EXTRUSIONS
 * ACID AND BASIC EXTRUSIONS
 + OROGENIC ACID INTRUSIONS
 v PRE-OROGENIC BASIC EXTRUSIONS

Diagrammatic synopsis of "the pulse of the earth"

Fig. 4

RADIOACTIEF BEPAALDE OUDERDOMMEN VAN MINERALEN
CYCLUSSEN, TEKTOGENESEN EN USTUDEN
VAN -1900 TOT -550 MILLIOEN JAREN



RUKSMUSEUM VAN GEOLOGIE EN MINERALOGIE, OCT 1940

Fig. 5

wij leven en denken. Er moet, volgens mijn overtuiging, een catastrofische plaatsgevonden hebben, die de Aarde eens en voor altijd uit haar evenwicht gebracht heeft en het wil mij voorkomen, dat het de astronomen moeten zijn, die ons deze catastrofe aanwijzen. Aangezien de uitwerking dezer catastrofe nu nog af te lezen is uit de asymmetrie van de aardkorst, moet zij plaatsgevonden hebben nadat die korst al gevormd was.

Ik heb mij aangesloten bij die astronomen, die menen dat de Maan uit de Aarde ontstaan is, hetzij zoals G. DARWIN zich dat voorstelt, of zoals POINCARÉ dat leerde, of op nog een andere manier. Zou op den duur blijken, dat deze astronomische hypothese onhoudbaar is, dan zullen astronomen ons een andere catastrofe moeten leveren. Wij geologen geven hun een asymmetrische Aarde, die niet in evenwicht is, maar die zij niet langer mogen verwaarlozen. Ik acht een verklaring van de asymmetrische Aarde uitsluitend via convectiestromen onbegonnen werk.

Eenmaal op de afscheiding van de Maan uit de Aarde gekomen, werd ik gestuwd naar het vraagstuk van de morfologie van de Maan. Immers het enige morfologische vergelijkingsobject voor de Maan is de Aarde. Evenals geomorfologie is dus ook seleno-morfologie het terrein van de geoloog. Er zijn sterk wegende argumenten voor een vulkanische ontstaanswijze der maancircussen en er zijn grote bezwaren tegen een verklaring door cirkelvormige depressies op de Maan door middel van inslag van meteorieten (10). Sommige Amerikaanse geologen en astronomen hebben m. i. een overdreven voorstelling van de invloed van meteorieteninslag. Daartoe heeft zeker de Canyon Diablo Crater in Arizona met zijn vele tonnen meteorijzer er om heen, en zijn zandsteenpoeder er in, medegewerkt. Ik heb niet veel vertrouwen gehad in de meteoritische oorsprong van sommige cirkelvormige depressies op Aarde. Maar dat zelfs, zoals Dorsey HAGER (11) nu beweert, de Canyon Diablo Crater niet van meteoritische maar van geologische oorsprong zou zijn, lijkt mij voorshands te ver gegaan. Op het laatste congres der Union Géodésique et Géophysique in Rome deelde Walter BUCHER, hoogleraar in de geologie aan de Columbia Universiteit te New York mij mede, dat hij niet geloofde aan de inslaglidtekens van meteorieten op Aarde. Wij zijn dus nu gewaarschuwd, dat zelfs in de Verenigde Staten van Amerika het getij gekeerd is, en de ontwikkeling van deze strijdvraag zal nauwkeurig gevolgd moeten worden.

Ik mag het in dit afscheidscollege niet te lang maken en moet mij nu met enige der *kleinere onderwerpen* gaan bezighouden. Daartoe behoort de *zouttektoniek*. Hiervan wil ik slechts vermelden, dat ik een bijzonder gelukkige tijd op ons Instituut beleefd heb, toen Philip KUENEN mij assisteerde bij proeven over de inwendige tektoniek van zoutpijlers (12). Dat deze proeven zo goed geslaagd zijn, is voor een groot gedeelte te danken aan KUENEN, die een geboren geologische experimentator is. Zijn experimenten op velerlei gebied — ik noem nog slechts die over troebelingsstromen en gesorteerde gelaagdheid — bewijzen, dat hij een der beste geologische experimentatoren aller tijden is.

Naar aanleiding hiervan wil ik onze tegenwoordige leerlingen een les meegeven. De Amerikaanse geoloog Robert BALK (13) heeft in een publicatie over de inwendige structuur van zoutpijlers in Texas meegedeeld, dat de proeven van KUENEN en mij, waarover ik zoëven sprak, duidelijk gemaakt hebben, dat die structuur slechts verklaard kan worden door een ontstaanswijze van die zoutpijlers te veronderstellen, zoals zij in onze proeven verwezenlijkt is. Ziet, een dergelijke erkenning van andermans werk komt zelden,

te zelden voor en er zijn nog steeds jonge beoefenaars van de wetenschap, die het gewichtig vinden minachtende kritiek op een voorafgaande generatie uit te oefenen, daarbij vergetend, dat zij op de schouders dier mannen staan. De versregels van Nicolaas BEETS, die ik op de kamer der doctorandi liet ophangen, blijven van kracht:

AAN EEN PASGELEERDE

Beschimp geen voorgeslacht, omdat het weinig wist
 Van 't geen 't onmogelijk weten konde.
 En maakt 't niet tot zoo groot een zonde,
 Zoo 't slechts vernuftig heeft gegist.
 Zoo gij, wiens wijsheid bij 't vergaderen
 Der vrucht van andrer arbeid blijft,
 Geleefd hadt in den tijd dier vaderen,
 Wier vonnis uw verwaandheid schrijft,
 In ons waar 't nimmer opgekomen
 Met u te spotten, naar ik acht;
 Want vriend: van lieden van uw kracht
 Heeft nooit het volgende geslacht
 den naam of eenig woord vernomen.

1869

Met genoegdoening heb ik geconstateerd, dat dit gedicht de bedoelde uitwerking niet gemist heeft en onze jonge doctoren niet meer zondigen tegen het door Nicolaas BEETS bedoelde euvel.

Ten slotte nog een enkel woord over het laatste door mij als caput behandelde onderwerp, de *geologische speleologie*. Geologen, die nog nooit hun gedachten hebben laten gaan over het ontstaan van grotten, zullen dit wel een minderwaardig onderwerp vinden. Hoe dieper ik er in ben doorgedrongen, en dat is naar mijn zin nog lang niet diep genoeg, des te meer is mij duidelijk geworden dat ook hier problemen te vinden zijn, die op een oplossing wachten en dat is het toch, hetgeen wij bij de beoefening van een wetenschap zoeken. Grotten treden vooral in kalksteen (en dolomiet) op en deze vormen volgens verschillende schrijvers 20—30 % van de sedimenten op het vasteland. Op zich zelf in het algemeen niet doorlaatbaar voor water, zijn de carbonaatgesteenten dat wel geworden doordat diastrophismen allerlei soorten van breuken of liever breukzones er in geschapen hebben, waarlangs het water kon binnendringen en de gesteenten kon oplossen. Laagvoegen in kalksteen, dat zijn dunne laagjes van andere samenstelling, vormen veelal ook een weg voor het water.

Het grottenonderzoek is aanvankelijk ontstaan uit lust voor avontuur, die voor sommigen tot een passie werd en die uitgegroeid is tot een in finesses uitgewerkt onderaards alpinisme. Alle alpinistische technieken komen hierbij te pas inclusieve de ijstechniek, en bovendien treden als verzwarende factoren de absolute duisternis op en het overwinnen van onderaardse rivieren en zelfs van siphons, waarvoor duikeruitrustingen nodig zijn. Voegen wij daarbij nog de buigzame metalen ladders en de lieren, die gebruikt worden om zeer grote loodrechte afdalingen van enige honderden meters mogelijk te maken, dan blijkt des speleologie een sport te zijn, die uitermate voorzichtig beoefend dient te worden. Voor ons als geologen is het te betreuren, dat nog zo weinig geologen van professie aan het onderzoek van grotten hebben medegewerkt.

E. A. MARTEL, de grote voorganger in de Speleologie in Frankrijk, was van professie advocaat. Als autodidact heeft hij geologisch wel eens ketterijen verkondigd. Zijn grote leerling Norbert CASTERET is uitsluitend grottenonderzoeker en heeft als zodanig waardevolle hydrologische adviezen kunnen geven. M. CHEVALIER, die het complex van grotgangen en verticale karstpijpen van de Dent-de-Crolles—Trou du Glaz—Guyer Mort, in de Franse Alpen bij Grenoble, in een 12-jarige arbeid met talrijke medewerkers onderzocht, en daarbij een hoogteverschil van 658 m overwon, is scheikundige; Félix TROMBE, die de 446 m diepe Henne Morte met behulp van groepen van medewerkers bedwong, is physico-chemicus. Van de Franse geologen is Bernard GÈZE, thans president van de Société Géologique de France, ook speleoloog. Van zijn hand zouden wij een boek over de geologische speleologie wensen, dat nog niet bestaat. De *Traité de Spéléologie* van Félix TROMBE (14) is een prachtige aanloop, maar geologisch is het wat pover uitgevallen, terwijl de kracht van dit boek ligt in een beschouwing der evenwichten CO_2 , $\text{H}_2\text{Ca}(\text{CO}_3)_2$, CaCO_3 en H_2O .

Het Engelse boek *British Caving* (15), door een reeks van Engelse speleologen geschreven, is ook nieuw en bezit een goed, maar kort, geologisch gedeelte, door de Engelse lector in de Geomorfologie aan de Universiteit van Birmingham G. T. WARWICK geschreven. In Spanje werkt de geoloog Llopis LLADO, hoogleraar aan de Universiteit van Oviedo, ook als speleoloog. Van zijn hand verschenen in het door hem geredigeerde tijdschrift "Speleon" reeds zeer waardevolle geologisch-speleologische beschouwingen (16).

De geologische speleologie staat nog in de kinderschoenen. Het wordt langzamerhand duidelijk, dat kalksteenlagen gewoonlijk in alle richtingen door grotten uitgehold zijn. Van het Hölloch (17) in het Muottadal in Zwitserland waren in 1904 4280 m grotgangen bekend, in april 1953 36 km, in 1954: 47 km, en op 3 januari 1955 al 53 km, en nog wachten een honderdtal zijgallerijen op ontginning, om niet te spreken van de verticale schachten, waaraan nog niet begonnen is.

Men moet vooral niet denken, dat de verticale karstpijpen altijd aan de oppervlakte beginnen; vermoedelijk is de opening naar boven meestal ontstaan door denudatie van de karstoppervlakte. De Amerikaanse geoloog-speleoloog J. HARLEN-BRETZ (18) noemt deze verticale pijpen "dome-pits", omdat zij, van een gallerij uit benaderd, zowel een koepelvormige ruimte naar boven als een put naar onderen vormen. Het lijkt ons vreemd, dat die koepels niet tot aan de oppervlakte reiken, maar hun naam zegt al, dat zij dat niet doen. Zij kunnen dus ook niet gevormd zijn door karstwater aan de oppervlakte, dat in een spleet verdwijnt. Zij kunnen alleen verklaard worden door met W. M. DAVIS (19) te veronderstellen, dat de aanleg der karsthollen onder de grondwaterspiegel begonnen is.

Ook de Italiaanse speleoloog Walter MAUCCI (20) meent dat de grotten in aanleg en in hoofdzaak onder de grondwaterspiegel gevormd zijn. De verticale profielen in de karst van Istrië vertonen een opeenvolging van flesvormige holten, die zijdelings ten opzichte van elkaar iets verschoven zijn, zodat zij elkaar net raken. MAUCCI meent dat deze flesvormen de hogere delen van spoelvormen zijn, terwijl de lagere delen daarvan met puin en grotklei gevuld zouden zijn.

Er zijn tal van andere speleologische verschijnselen, die nog niet in boeken over geologie zijn doorgedrongen. Wat kent de gemiddelde geoloog van calcietafzettingen in grotten anders dan gewone stalagtieten en stalagmieten? Er zijn tegenwoordig zoveel verschillende soorten van kristallisaties in

grotten bekend, dat ik er een verzamelnaam voor nodig acht, en daarvoor in mijn college de term "*speleolithen*" gebruikte.

Daar zijn bijv. de dunwandige, rechte, ongeveer 4.5—6 mm brede "*macaroni*" stalagtieten (21). Het zijn éénkristalbusjes van calciëet, die zeer breekbaar zijn en altijd afknappen volgens één der drie rhomboëdrische splijtvlakken van calciëet. In 1910 werden zij beschreven en afgebeeld in het grote werk van VAN DEN BROECK, MARTEL en RAHIR (22) over de grotten in België, en wel uit de grotten van Tilff en van Rosée. Zij zijn overigens van talrijke andere grotten bekend, en vormen soms het begin der stalagtietvorming. In 1953 zag ik ze in de pas voor het publiek geopende grot van Cougnac, 3 km ten N van Gourdon (150 km ten Oosten van Bordeaux). Ik schatte er 5 à 10 per dm² van het plafond van de grot, dat een geschatte oppervlakte van 1000 m² bezit, dus tussen de 500.000 en 1 miljoen busjes in totaal. Misschien is hun optreden het gevolg van een zekere poreusheid van het dak van de grot, terwijl de normale stalagtieten gewoonlijk met diaklasen samenhangen, dus in rechte rijen optreden.

Een ander nog niet voldoende verklaard verschijnsel is dat der "*excentriques*", zoals de Fransen ze noemen, die in Engeland "*helectites*" heten. Ook deze werden in het zoëven genoemde werk over de Belgische grotten beschreven en goed afgebeeld, uit de beide vermelde grotten. Dit zijn dunne kristallisaties, die in alle richtingen gebogen en kronkelend groeien, zowel van het plafond als van de vloer of van de muren van een grot. Zij volgen dus niet, zoals normale stalagtieten, de eenvoudige wet der zwaartekracht, maar worden door capillaire krachten in verband met kristallisatiekrachten gedurende hun groei in schijnbaar willekeurige richtingen gestuwd. De Belgische mineraloog W. PRINZ (23) heeft hun structuur nauwkeurig onderzocht. Zij zijn uit allerlei landen beschreven. De grot "Grand Roc" bij les Eyzies in Frankrijk, is er buitengewoon rijk aan.

Opvallend is, dat wanneer in een grot mooie stalagtieten optreden, de stalagmieten veelal onbeduidend zijn, en omgekeerd (28). De reusachtige "*spatstalagmieten*" van de Aven Armand en van de Gouffre d'Orgnac, die tot 30 m hoog zijn, zijn slechts door kleine stalagtieten vergezeld.

Ik wil nog wijzen op het verschijnsel van de "*calcite flottante*", dunne op water drijvende schubjes, bestaande uit kleine calciëet rhomboëders, die soms medewerken bij de bouw van gekristalliseerde dijkjes van calciumcarbonaat, waarachter bekkens gevormd worden, die in Frankrijk "gours", in Engeland "rimstone pools" genoemd worden.

Er zou nog veel over *speleolithen* te vertellen zijn, en nog zeer veel over de vorming van grotten, maar de tijd dwingt mij te eindigen.

Ben ik dus enerzijds in mijn *capita selecta* doorgedrongen tot aan het begin van de wordingsgeschiedenis der Aarde, die volgens HOLMES (24) 3350 miljoen jaren terug ligt, en heeft dit ons ruimtelijk buiten de Aarde en op de Maan gebracht, de *speleologie* heeft mij gevoerd tot aan de grot-schilderingen van Lascaux, tot de oudste tot nu toe bekende kunstuitingen van onze voorvaderen, van *Homo sapiens*, en daarvoor zijn wij in de Aarde gedoken. Zijn die wandschilderingen 40.000 jaren oud, zoals Abbé BREUIL (25) meent, of zijn zij 55.000 jaren oud, zoals het mij waarschijnlijker lijkt? Hoe dan ook, de ouderdomsbepaling van een stuk houtskool uit de grot van Lascaux, dat volgens de radio-carbon (C¹⁴) methode 15516 ± 900 jaren oud zou zijn, zegt ons niets over de ouderdom der muurschilderingen aldaar (26).

Ziehier dus twee grenzen der historische geologie waar tussen mijn *capita*

zich bewogen hebben: de kosmologie der astronomen en de eerste kunstuitingen van de mens. Die kunst van de mens uit het Périgordien, die tegelijkertijd met de Aurignacien-mens leefde, spreekt ons aan, alsof zij gisteren ontstaan was. Mogen wij met Benedetto CROCE zeggen, dat de kunst een taal is, die door de verbeelding voorstellingen overbrengt, dan kunnen wij daaraan toevoegen: de kunst is een voor ons verstaanbare taal, die de mens al ongeveer 50.000 jaren hanteert (27).

Aantekeningen

1. Simplon-, Lötschberg- als Alpentunnels, en Hauensteinbasis-, Grenchenberg en Mont d'Or als Juratunnels.
2. J. H. F. UMBROVE: *The Pulse of the Earth*. M. Nijhoff, The Hague, 1942. Sec. Edit. 1947.
3. E. A. SONDER: Die erdgeschichtlichen Diastrophismen im Lichte der Kontraktionslehre. *Geol. Rundschau*, Bd. 13, S. 217—272, 1922.
Wat de tijdsduur op de grafiek van SONDER aangaat, deelt hij op blz. 252 mede, deze aan SCHUCHERT ontleend te hebben, maar dat deze volgens bepalingen op radioactieve grondslag vermoedelijk met 10 vermenigvuldigd moet worden. Tussen de huronische en caledonische tektogenese zou dan 93, tussen de caledonische en de hercynische 87 en tusussen de hercynische en alpine 120 millioen jaren liggen.
4. Arthur HOLMES: *The Age of the Earth*. Th. Nelson, London, 1927.
New edition, enlarged, 1937.
5. Hierop heb ik gewezen in mijn Rectoraatsrede van 8 februari 1946 (B. G. ESCHER: De asymmetrische gedaante der Aarde en haar oorzaak. *Leidse Geol. Mededelingen*, Dl. 14b, p. 347—368, 1949) op blz. 4 en 5.
6. In populaire vorm is deze hypothese uiteengezet in:
George Howard DARWIN: *The Tides and kindred Phenomena in the Solar System*. 1898, 3rd Edit. 1910.
7. Rev. Osmond FISIHER: *Physics of the Earth's Crust*. 2nd Edit., London, 1889. Zie pp. 336—341.
8. Th. H. HUXLEY: *Lay Sermons, Addresses and Reviews*. New York, 1870, pp. 228—254, XI: *Geological Reform (The Anniversary Address to the Geological Society for 1869)*.
Hierin schrijft HUXLEY naar aanleiding van berekeningen door Sir W. THOMSON: "..... Mathematics may be compared to a mill of exquisite workmanship, which grinds you stuff of any degree of fineness; but, nevertheless, what you get out depends upon what you put in; and the grandest mill in the world will not extract wheat-flour from peascods; 80 pages of formula will not get a definite result out of loose data."
9. B. G. ESCHER: On the formation of caldera's. *Leidse Geol. Meded.* dl. 3, pp. 183—219, 1929.
10. Mijn laatste bijdrage over dit vraagstuk verschijnt eerstdaags in deel 16 van het Bulletin *Volcanologique* en is getiteld: "Three caldera-shaped accidents: Volcanic Calderas, Meteoric Scars and Lunar Cirques."
11. Dorsey HAGER: Crater Mound (Meteor Crater), Arizona, a geologic feature. *Bull. Amer. Ass. Petroleum Geologists*. Vol. 37, pp. 821—857, April 1953.
12. Mijn laatste bijdrage over zouttektoniek moet nog in het Bulletin de la Soc. Géologique de Belgique (Liège) verschijnen. Ik sprak op 10 februari 1955 te Luik in de 2e Conférence Gustave Dewalque over: "La tectonique externe et interne des piliers de sel."
13. Robert BALK: Structure of Grand Saline Salt Dome, Van Zandt County, Texas. *Bull. Am. Ass. Petroleum Geologists*, Vol. 33, pp. 1791—1829, 1949.
14. Felix TROMBE: *Traité de Spéléologie*. Payot, Paris, 1952.
15. C. H. D. CULLENGFORD e. a.: *British Caving*. Routledge and Kegan Paul Lion, London, 1953.

16. Als voorbeeld der verhandelingen van Llopis LLADO noem ik:
N. Llopis LLADO: Sobre las características hidrogeológicas de la red hipogea de la Sima de la Piedra de San Martin (Navarra). *Speleon*, T. 5, pp. 11—53, Oviedo, 1954.
17. A. BOEGLI: Im Banne der Höhle. Schweizer Volks-Buchgemeinde, 1953.
18. J. HARLEN-BRETZ: Vadose and Phreatic features of Limestone Caverns. *Journ. of Geol.*, Vol. 50, pp. 675—811, Chicago, 1942.
19. W. M. DAVIS: Origin of Limestone Caverns. *Bull. Geol. Soc. America*, Vol. 41, pp. 475—628, 1930.
20. W. MAUCCI: L'Ipotesi dell' "Erosione Inversa" come contributo allo studio della Speleogenesi. *Bull. Soc. Adriatica di Scienze Naturali*. Trieste. Vol. 46, p. 1—60, 1951—1952.
21. Ik vond in een oude verzameling van mijn grootvader zulk een éénkristalhuisje, met het etiket: "paille pétrifiée" uit de grot van Han-sur-Lesse. In Engeland worden zij tegenwoordig "straw-stalactites" genoemd!
22. E. VAN DEN BROECK, E. A. MARTEL et Ed. RAHIR: Les Cavernes et les Rivières souterraines de la Belgique. Bruxelles, 1910. Zie over Tilff pp. 1560—1573, over Grotte de Rosée, Annexe B, p. 53—66.
23. W. PRINZ: Les cristallisations des Grottes de Belgique. *Nouveaux Mémoires Soc. Belge de Géol. Paléont. et d'Hydrologie*. Série in 4°, Bruxelles, 1908.
24. A. HOLMES: A Revised Estimate of the Age of the Earth. *Nature*, Vol. 159, p. 127, Jan. 25, 1947; en "The Age of the Earth", *Endeavour*, Vol. 6, nr 23, pp. 99—108, 1947.
25. Abbé H. BREUIL: Quatre cents siècles d'Art pariétal. Centre d'études et de documentation préhistorique. Montignac, Dordogne, 1952.
26. W. F. LIBBY: Radiocarbon dating. *Endeavour*, Vol. 13, nr 49, pp. 5—16, Jan. 1954.
27. B. G. ESCHER: Lascaux als aanrakingspunt van geologie, praehistorie en kunst. Haarlemse voordrachten XI, 1952.
28. Zie hierover Ann LIVESAY: Geology of the Mammoth Cave National Park Area, fig. 7, p. 19. *Kentucky Geological Survey, Series IX, Spec. Publ. No. 2*, 1953.

Capita selecta, gedurende mijn hoogleraarschap te Leiden gegeven

1922—'23	————
1923—'24	————
1924—'25	Aardolie Geologie I
1925—'26	Aardolie Geologie II en Tunnel Geologie
1926—'27	————
1927—'28	Geologie der Zoutafzettingen
1928—'29	————
1929—'30	Aardolie Geologie I
1930—'31	Tunnel Geologie
1931—'32	Aardolie Geologie II
1932—'33	Aardolie Geologie III en Zouttektoniek
1933—'34	————
1934—'35	Tektogenese I
1935—'36	Tektogenese II
1936—'37	Geologie van Drinkwater
1937—'38	Petrologie
1938—'39	Selenologie (De Maan van het standpunt van de geoloog)
1939—'40	Cosmogonie
1940—'41	Tektogenese
27 Nov. 1940	Universiteit door de Duitse bezetters gesloten
1945—'46	———— (Rectoraat)
1946—'47	————
1947—'48	De asymmetrie der aarde: Aarde en Maan I
1948—'49	Aarde en Maan II, en Tunnel Geologie
1949—'50	Tektogenese I
1950—'51	Tektogenese II
1951—'52	Aarde en Maan
1952—'53	Tunnel Geologie
1953—'54	Geologische Speleologie I
1954—'55	Geologische Speleologie II