

# Een bezoek aan een van de grootste meteoor-kraters op aarde, het Nördlinger Ries, in W. Duitsland

C. J. W. Westhoff

In september 1971 bezocht schrijver met zijn excursie-vrienden Ir. J. J. Vormer en de heer M. J. de Smit, na een bezoek aan het Fichtelgebirgte en het noordelijke Beierse Woud op de terugweg, het gebied van het 'Nördlinger Ries' in zuid Duitsland ( $48^{\circ} 53' N - 10^{\circ} 37' O$ ).

De heer de Smit had hierover recente, goede lektuur lit no 3 gekregen en deze had onze nieuwsgierigheid opgewekt. Het bleek dan ook een zeer wonderlijk gebied te zijn waarin wij niet teleurgesteld werden. De gegevens van onderstaand verslag zijn ontleend aan literatuur van bijgaande lijst.

Het Ries ligt ca 60 km NO van Ulm en 90 km O van Stuttgart. Hier is een nagenoeg

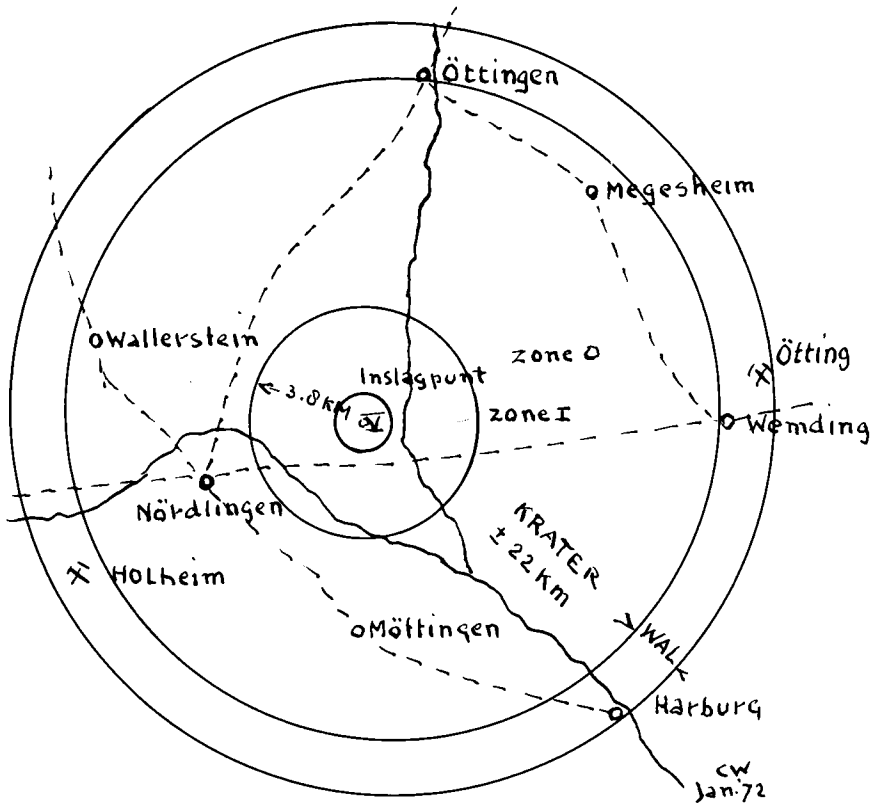


Fig. 1. Plattegrond van het Ries ca  $48^{\circ} 53' NB - 10^{\circ} 37' OL$ . 1 : 25.000.

ronde kraterwal van ca 22 km diameter met een vlakke bodem (fig. 1) waarin een aantal stadjes en dorpjes liggen, waarvan Nördlingen de belangrijkste is. Het zijn prachtige oude plaatsjes van het type zoals deze aan de Romantische Strasse liggen.

Reeds lang had deze vreemd gevormde streek de aandacht van geleerden getrokken en vanaf ca 1800 verschenen hierover publikaties met allerlei theoriën over het ontstaan. Zo is er een vulkaan-, een gletscher-, een tektonische-, een ontploffings-, een



Foto 1. Apollo 14 commandant Shepard en Dr. Stöffler-Tübingen op de groeve Otting-Wemding-Ries augustus 1970.

opheffings- en tenslotte een meteorinslag theorie. Alle hadden wat vóór en wat tégen. Eerst in 1904 is de laatste theorie door Werner opgeworpen, maar daarna blijven rusten tot 1935. In 1960 is een intensief onderzoek begonnen van Amerikaanse zijde in verband met het Nasa project, waarbij grote meteoriet inslagen op de maan vergeleken werden met die op aarde. Op grond van het onderzoek en de bevindingen van de maan exploraties kwamen zulke nieuwe feiten aan het licht dat de Nasa geleerden het nuttig vonden om een speciaal onderzoek te doen in het 'Schwäbische Ries', waar de studie omstandigheden buitengewoon gunstig zijn. Ook was het een goed terrein om de astronauten te trainen in het herkennen der verschillende gesteenten. Zo brachten van 10-14 augustus 1970 de astronauten voor het Apollo 14 project, 'Shepard, Mitchell, Cernan en Engle', hier een bezoek in gezelschap van enige Nasa geleerden en Prof. Von Engelhardt en dr. Stöffler van de universiteit van Tübingen, die van dit gebied veel werk hadden gemaakt (foto 1).

Voor ons bezoek aan het Ries wisten wij dit laatste niet, maar ervoeren het ter plaatse daar wij in het plaatsje Wemding waar wij logeerden, gelegen op de rand van de krater, in een winkel de foto's zagen, die een plaatselijke fotograaf gemaakt had bij het bezoek der astronauten aan groeven in de omgeving.

Het Ries is een heel merkwaardige en reeds van oudsher zeer vruchtbare streek. Temidden van een heuvelachtige omgeving buiten de kraterwal, ligt een volkomen platte vlakte met sloten en weilanden met koeien, waardoorheen een klein zijrivertje van de Donau de Wörnitz, stroomt. Er is een enkel klein heuveltje (zie foto 2) en verder waant men zich ergens in een Hollandse polder, door de grote uitgestrektheid. De vlakte ligt ca 400 m boven zeepeil. De rand daaromheen steekt ca 100 m boven de vlakte uit. De diameter van de krater is echter te groot om hier een duidelijke foto van het geheel te maken. Alleen op een luchtfoto van Nasa is het goed te zien. (lit. no. 5).

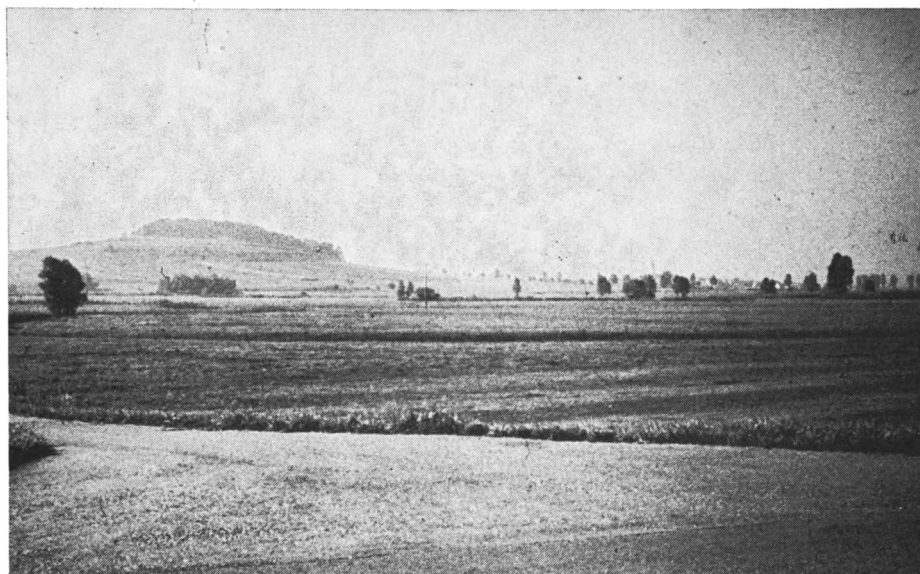


Foto 2. Weiden in de Rieskrater omstreeks het midden van de vlakte met een kleine heuvel.

In 1960 bezochten de Nasa-geologen dr. E. Schoemaker en Chao het Ries en vonden zeer interessante kwartsmineralen het 'Coesiet en Stiskoviet'. Deze mineralen kunnen ontstaan in het laboratorium, wanneer men kwartskorrels onder een zeer hoge druk van 25000 atm (1 atmosfeer = 1 kg per vierkante cm) brengt. Hierbij vertonen kwarts en veldspaat karakteristieke vlakke deformatie-structuren, die de kristallen als evenwijdige, mikroskopisch fijne lamellen tekenen en die volgens bepaalde kristallografische vlakken van het atomaire kristalrooster georiënteerd zijn. De elasticiteits-grens is overschreden. Bij stiskoviet is kwarts voor een gering deel en bij Coesiet voor een groot deel in de hogedruk fase omgezet.

Men redeneerde toen dat bij meteoriet-inslagen ook enorm hoge drukken moeten optreden, waarbij coesiet gevormd moet worden. In aardse meteorokratiers ontdekte men inderdaad kleine coesiet kristalletjes. Sinds dien geldt dit mineraal als een zekere aanwijzing die op een meteorinslag duidt en toen prof. Shoemaker in het Nördlinger Ries coesiet gevonden had, stond vast dat deze krater ontstaan is door een meteorinslag. Wat voor soort meteor hier is ingeslagen weet men niet. Bij boringen is men niet op een meteorlichaam gestoten en de geleerden nemen momenteel aan, dat het ingeslagen object door de enorme druk- en hitte-ontwikkeling volledig vergast is. In de nabijheid van zulke inslagkraters heeft men donkerbruin-zwarte glasachtige bolletjes gevonden die een druppel-, halter- of halve-kogel-vorm bezitten, zg. impactieten. Het ontstaan denkt men zich als volgt. Bij de hitte door de inslag ontwikkeld, smelt het gesteente tot glas, dat verdampt en als een wolk wordt voort gedreven, waaruit door afkoeling een regen van glasdruppels ontstaat.

In het maanstof dat Armstrong en Aldrin meebrachten bestaat de helft uit kleine glasachtige kogeltjes van een rode, bruine, gele, groen-blauwe en zwarte kleur. Ook vindt men hieronder haltervormige brokjes.

Voorts vindt men hierin meteoriet-materiaal, zg. chondrieten, waarin kleine chondrules, balletjes van silikaten al dan niet met glas en wat nikkel. Dergelijke kleine glasachtige kogeltjes heeft prof. Von Engelhardt ook in de Rieskrater gevonden. Deze glasachtige kogeltjes breken veel sterker het licht dan gewoon glas van dezelfde chemische samenstelling.

Deze verandering van de brekingsindex en de lamellen ontstaat door zg. schokgolven van een hoge en kortdurende druk. Zij zijn druidskontinuiteiten waarin de normale druk in mikroseconden oploopt tot topdrukken van 5-10 miljoen atm. bij het centrum van een reuzen-meteoriet inslag.

Deze schok perst de primaire mineralen samen waardoor een hoger SG ontstaat en de lichtbreking toeneemt. Ook in het glas van het maanstof vond prof. Von Engelhardt deze schokgolven veranderingen, waarmee omgekeerd bewezen was dat op de maan dit glas eveneens door meteoriet inslagen is ontstaan. Bij vulkanische uitbarstingen ontstaat dit effect niet op de kristallen. De laatste jaren is het Ries een soort bedevaartplaats voor geologen, kosmochemici en mineralogen geworden. De geleerden onderzoeken in het bijzonder de uit de krater weggeslingerde gesteente-koeken, waarvan men aanneemt dat ze eens gesmolten waren en die door de Schwabische boeren, 'Flädle' (vlaai) genoemd worden. Voorts vindt men er schollen van oud aards gesteente en daarnaast puinschollen, waarin sueviet, sterk gelijkend op vulkanische tuf, die opgehoopt is in verdiepte plaatsen, eerst los en later weer vast geworden. Men noemt het ook Ries-tras.

Wat zijn eigenlijk meteorieten? Wanneer een vast deeltje uit de wereldruimte in de aardse atmosfeer komt noemt men dit een meteoriet. Al naar de grootte treden verschillende verschijnselen op. Komende uit de wereldruimte zijn ze zeer koud. Door

de wrijving van de dampkring worden ze verhit en kleine stukjes verdampen geheel met een fel lichtverschijnsel (vallende sterren). Grotere stukken verdampen gedeeltelijk en de resten kunnen op aarde vallen met meer of minder spektakulaire gevolgen. Soms is de korst bij wat grotere meteorieten wel verbrand, maar deze slaat dan snel aan met ijs van de koude afkomstig van de kern van de meteoriet, zoals men o.a. in Siberië heeft geconstateerd.

De grootste meteorieten slaan met enorme kracht neer en richten grote verwoestingen aan. Men verdeelt de meteorieten in 3 typen: *aerolieten* of steen-meteorieten, dit zijn silikaatgesteenten voornamelijk van olivijn en enstatiet met wat nikkel-ijzer, *siderolieten* of steen-ijzer-meteorieten in de verhouding 50/50 en *siderieten* of ijzer-meteorieten van nikkelijzer. Van 1600 bekende meteorieten is de verhouding ongeveer 30% steen, 5% steenijzer en 65% ijzermeteoriet. Deze verhouding zal wel beïnvloed zijn doordat men nu eenmaal eerder een brok ijzermeteoriet opmerkt tussen stenen dan een steenmeteoriet. Onder deze opsomming vallen geen tektieten, waarover later iets meer.

In Arizona kwam een ijzermeteoriet neer met een gewicht van 100 miljoen kg, die een krater sloeg van 1,3 km doorsnede en 175 m diepte, waarbij 300 miljoen ton steen wegsloeg. Soms breken meteorieten bij hun tocht door de atmosfeer in stukken en ontstaat een meteorieten regen.

De laatste 170 jaar is slechts 700 maal het neerkomen van een meteoriet geconstateerd of ca 4 x per jaar. Slechts eens is een vrouw in Amerika in haar huis door een meteoriet getroffen.

Onder gelukkige omstandigheden is men met radar en automatische camera's in staat geweest om de banen van enige meteorieten op te meten, waarbij men vond dat ze uit de Asteroïden gordel komen. Deze Asteroïden vormen als het ware een band om de zon van grote en kleine brokken, planeten, lopende tussen Mars en Jupiter. Door invloed van botsingen en aantrekkingen kunnen ze te dicht bij de aarde komen en daarop neerslaan.

Geschat wordt dat per jaar een miljoen kg materie neervalt als stof en brokken. Door middel van radio-actieve verval bepalingen is men tot de conclusie gekomen, dat de ouderdom van ijzermeteorieten ca 700 miljoen jaar is en voor steenmeteorieten ca 5-10 miljoen jaar. Men meent dat op 2 verschillende tijdstippen moederlichamen zijn gebroken. De snelheid waarmee meteorieten op aarde neerkomen is verschillend. De snelheid van de aarde t.o.v. de zon is ca 30 km/sec. (zie Raimond-cosmogratie). De snelheid van een meteoriet is ca 42 km/sec. Al naar de richting van treffen, met de draairichting mee of er tegen in, zal de trefsnelheid dus liggen tussen  $42 - 30 = 12$  km/sec. en  $42 + 30 = 72$  km/sec. De gevolgen hiervan zijn hiermee naar verhouding. Wanneer een grote meteoriet neerkomt wordt licht van zonnesterkte afgegeven met 's nachts een lichtende streep van enkele seconden tot een minuut. Bij het neerkomen ontstaat een donderende klap. Als de massa groot genoeg is kan de lucht niet meer afremmen en wordt de geluidsbarrière doorbroken met hevige knallen. De energie die vrijkomt bij het neerkomen van een grote meteoriet kan gelijk zijn aan die van 50 tot 100 megaton atoombommen (10 x die men in Alaska op 6 nov. '71 heeft laten springen en 2000 x die van Hirochima).

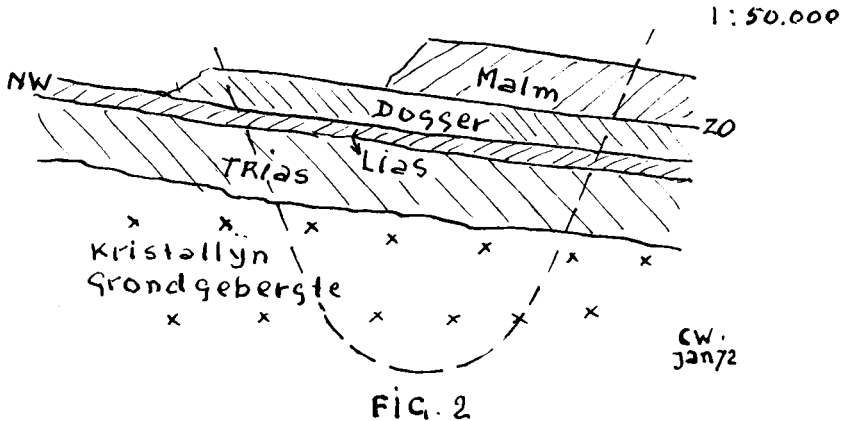
Men heeft aan een groot aantal kraters berekend dat de diameter van een steenmeteoriet  $1/20$  tot  $1/30$  is van de diameter van de inslagkrater en het aardse gesteentemateriaal, dat hierbij betrokken is en eventueel weggeslagen is ca. 10.000 x het volume van de meteoriet.

De drukken zijn enorm door het plotseling vrijkomen van de energie bij de botsing

van de met hoge snelheid van 15-30 km/sec. bewegende meteoriet en de aarde. Even onder de oppervlakte wordt de aarde in alle richtingen weggeslagen en de meteoriet breekt, verpulvert en verdampt. Het resultaat is een kom met verhoogde rand en soms in het midden een verheffing. Deze verheffing wijt men aan de elastische terugslag van de intengeperste rotslagen na de botsing. Ook komt een enorme hoeveelheid stoom vrij uit het smeltende gesteente en deze versterkt het effect. Bij het Ries schat men de hoeveelheid water op een kubieke kilometer.

Door erosie zijn op aarde veel kenmerken van meteoorkraters verdwenen, maar op de maan waar vrijwel geen erosie is, zijn de inslagkraters onaangetast.

Wat nu het Ries betreft is gebleken, dat de meteoriet inslag ca. 14.5 miljoen jaar oud is d.w.z. Boven Mioceen. De diameter van de meteoriet was ca. 1 km (1/20 krater diameter) en de snelheid ca. 20 km/sec. De meteoriet sloeg in op een Jurakalk landschap. Er ontstond een korte sterkgerichte druk op een klein gebied, waarbij de druk 5 - 10 miljoen atm. was met een top temperatuur van enige tienduizenden graden in het centrum. De geweldige energie die vrij kwam leidde tot een totale verdamping van de meteoriet én een deel van de bodem. Bij de drukontlastings-terugslag ontstond een krater van 22 km, waaruit gesmolten en verpulverd materiaal tot 3 km diepte werd weggeslingerd (zie fig. 2).



Ries krater ca. 3.8 km. Grens gesteente uitwerping van ondergrond.

Het totale proces was in ca 5/100 sec. verlopen en na enkele sec. was het uitgeworpen materiaal, ca 50-100 km<sup>3</sup> tot rust gekomen, waarbij 3 km<sup>3</sup> verdampte en 5 km<sup>3</sup> smolt en de rest verbrokkelde en tot 35 km ver van de krater als een deken over het land werd uitgespreid over een gebied van ca 2500 km<sup>2</sup>.

Door het wegslaan van de schollen vanuit het centrum heeft men op een aantal plaatsen slijpvlakken als gletscherkrassen op de rotsbodem gevonden op 10-15 km afstand en uit de richting heeft men het centrum van inslag kunnen bepalen ca. 5 km NO van Nördlingen (zie fig. 3).

Na de inslag liep op den duur de trechter vol met water en vond sedimentatie plaats tot het gat tot het huidige peil was gevuld. Daarna liep door een gat in de wand het water weg naar de Donau en ontstond het huidige landschap (lit. no. 1 en 2).

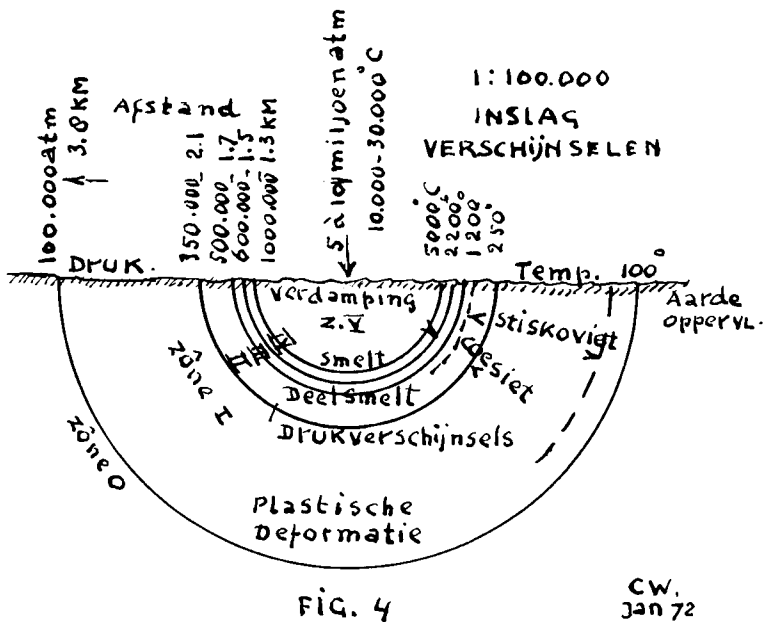
Men vindt nu kristallijne gesteenten, graniet, gneis, amfiboliet, in grote schollen en breksies op jonger gesteente liggen. Ook vindt men er brokken Jurakalk, een soort

Solnhofener kalk met soms gebroken Jura fossielen er in. De breksies, die gesmolten kristallijn gesteente o.a. in de vorm van glasbommen bevatten als van vulkanen, noemt men 'Sueviet' of tras (Suevia is de Romeinse naam voor Schwaben). Bij de geologen was het voordien als zodanig onbekend en is dus zeldzaam. Het bindmiddel



Fig. 3. Plaatsen met naar buitengerichte bodemkrassen en schollen gebieden waarin grotere suevietconcentraties.

is kwarts, veldspaat en enkele andere mineralen. De kerk van Nördlingen is o.a. hiervan gebouwd. Men zegt dat Sueviet verrassend veel zou lijken op het maangesteente 'regoliet'.



Wat de inslaggevolgen van de schokgolf betreft, waarbij topdrukken tot 5-10 miljoen atm. in onderdelen van seconden optreden dient men zich te realiseren, dat vanaf het inslagcentrum deze golven zich in een halve bol in de aarde verspreiden en daarbij hun temperatuur, druk en energie vrij snel verliezen. Op 4 km van het centrum was de druk al 100.000 atm. en zakte de temp. van 10.000° C tot enkele honderden graden. Daardoor vertonen de gesteenten in de halve bol een soort spectrum van verschillende druk en temperatuur verschijnselen. Men heeft deze uitwerpselen in 5 groepen verdeeld met bepaalde indicatoren voor kwarts en veldspaat.

Deze zijn experimenteel bepaald o.a. met onderaardse atoomontploffingen. In de bol vindt men van buiten naar binnen gaand: (zie fig. 4)

ZONE 0: 0-100.00 atm. sterke gesteente breuk.

ZONE I: 100-300.000 atm. deformatie in kristallen met parallel gelegen zeer fijne lamellen tengevolge van plastische deformatie. In zg. stiskoviet zijn de lamellen voor een klein deel amorf glasachtig en in coesiet grotendeels. Fijne glasachtige lamellen vindt men vaak in veldspaat (evenals in maanbazalten).

ZONE II: Zonder smelttekenen, een amorfe glasachtige substantie (Diaplectisch glas). Hoornblende en pyroxeen vertonen lamellaire deformaties als in maanbasalt.

ZONE III: De warmte energie is zo groot geweest, dat de laagst smeltbare mineralen smelten, bij 1300° C en 400-500.000 atm. De kwarts blijft nog vast. Het gesteente werd half vloeibaar. In de veldspaat zijn na afkoeling gasblazen, het gesteente ziet er als bims uit.

ZONE IV: Alles is gesmolten tot druppels en brokken. Door het wegvliegen met een snelheid van 1 km/sec. ontstaan glasslierten en gerekte druppels bruinachtig glas met veel blazen. Direct na het uitwerpen van de kernstukken komen deze in aanraking met en smelten vast aan ander materiaal tot een breksie. Men vermoedt dat aldus ook op de maan de breksies zijn ontstaan. Ook deze hebben schokgolf-structuren met bruine glaskogels. Naast meteorinslagen heeft men daar echter ook bazalten gevonden, die wijzen op magma uitvloeiingen. De eerste temperatuurmetingen van de Apollo 15 zouden reeds op een met de diepte toenemende warmte wijzen. De maanbazalten bevatten ronde blazen, een teken dat er vluchtige stoffen in waren. Op aarde komen ook wel glasachtige lava's voor b.v. op Hawaii, maar deze vertonen geen schokgolfverschijnselen in de insluitingen.

Wat nu de tektieten betreft, (zie lit. no. 9) rangschikt men deze niet onder de meteorieten. Het zijn gesmolten glasachtige afgeronde stukken, die in bepaalde strooivelden op aarde gevonden worden. In Bohemen de Moldaviëten, in Oost Azië en Australië o.a. de Billitonieten. Voorts in Ivoorkust, Texas en Georgia. USA. Zij zijn bol-, halter-, peer-, of knoepvormig en vertonen veelal diepe groeven door aantastingen.

Er is een theorie die er van uit gaat dat ze ontstaan zijn door inslag van meteorieten op de maan, waarbij spetters werden weggeslingerd van de maan, die o.a. op de aarde neerkwamen. Een andere theorie meent dat bij de inslag van een grote meteoriet (of komeet) op aarde het vloeibare gesteente als een fontein omhoog gesprongen is en als fijn verdeeld stof door de atmosfeer weer op aarde neer druppelde.

Prof. Vand (lit. no. 1) opperde de theorie dat de Riesmeteoriet in een baan vanuit het oosten komende neersloeg, waarbij de meteoriet voor een deel bestond uit hete onder hoge druk staande gassen, tengevolge van de grote snelheid. Achter de meteoriet volgde een luchtledige ruimte en vervolgens een zich trechtervormig verwijdend kanaal van normale luchtdruk. Door een soort terugstoot kon direct na de inslag een deel van de meteoriet en opgesmolten-verdampd materiaal in dit kanaal terug-



geslagen worden en het materiaal 'de tektieten' moeten dan volgens kogelbanen op een elliptisch gevormd gebied neergekomen zijn. In dit geval in Moldavië ca. 500 km van het Ries. Tektieten bevatten in tegenstelling tot vulkanisch glas, metaaldeeltjes en ook in de Riestektieten die Van Engelhardt in de Rieskrater in de sueviet vond, hadden metaalinsluitels.

Opmerkelijk is wel dat de Moldaviëten ca. 14.5 miljoen jaren oud zijn, wat correspondeert met het ontstaan van het Ries.

In de kraterrand liggen een aantal groeven, waar men de sueviet wint. Zo bezochten wij de grote groeve bij Otting enkele km van Wemding (foto 3 en 4).



Foto 3. Groeve Otting ca. 8 m. diep. Hr. De Smit bestudeert de sueviet.

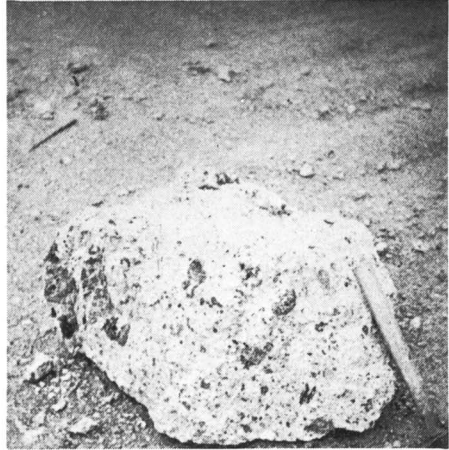


Foto 4. Groeve Otting. Een groot brok Sueviet waarin duidelijk breksie insluitels te zien zijn.

Daar de sueviet slechts oppervlakkig is neergelegd op het onderliggende gesteente is de groeve vrij ondiep, hoogstens 10 meter. De sueviet wordt hieruit in het groot gewonnen voor de beton-industrie in Harburg, waarheen het met vrachtauto's wordt gebracht.

In deze groeve kan men naar hartelust mooie brokken suevietbreksie oprapen en uitzoeken, waarin allerlei insluitels van diverse gesteenten en glasachtige stukken zijn te vinden.

Al met al is het Ries een heel interessant gebied, dat zeer een bezoek loont wanneer men deze buurt uit komt. Gehoopt wordt dat men met deze bijdrage hiervan een indruk gekregen heeft.

#### Enige literatuur over de Ries meteorietkrater:

- 1) Deel I Das Ries und sein Werden. Geol. Skizze. Dr. W. Barthel. Fränk-Schwäb. Heimatverlag-Oettingen 1963-Bayern-DM 8.30. Wel een goede beschrijving maar er komt nog betrekkelijk weinig in voor over de meteoriet theorie.
- 2) Deel II Die gesteine des Rieses. DM 8.30.
- 3) Herman Schmidt Kaler-Exkursions Führer zur Geol. Übersichts Karte des Rieses - 1:100.000. Uitgave Bayer. Geol. Landesamt 1970. 8 München 22 Prinzregenten str 28 ca. DM 10.
- 4) Geologia Bavarica no. 61-1971 Das Ries. Geophys. Genese eines Kraters. Uitgave Bayer. Geol. Landesamt ca. DM 40.
- 5) Das grosse Projekt (Het ruimtevaart Apollo program) Carl Zeiss-Oberkochen. Uitgave 1971

Karl Weinbrenner und Sn. Stuttgart-mit Beitrage Dr. D. Stöffler-Tübingen. ca DM 30.-.  
Stöffler beschrijft de meteoriet krater van de Nördlinger Ries als een aards voorbeeld voor de vorming van de gesteenten van het maanoppervlak. Beschrijvingen met prachtige foto's van het gehele project waarbij veel Zeiss apparatuur is gebruikt.

**Enige literatuur over meteoren enz. volgens datum van verschijnen:**

- 6) Gea NGV Amsterdam dec. 1968 Nieuwe meteoriet vondst. Science 160-1968.
- 7) Gea NGV Amsterdam dec. 1969. Tektieten. Dr. J. v. Diggelen.
- 9) Grondboor en Hamer NGV juni 1970. Kwamen de tektieten van de maan. A. A. Manten.
- 10) Arts en wereld juni 1971. Stenen uit de hemel. Dr. Saeed Durrani.
- 11) Nature 16 juli 1971 The space scars of earth. P. Millman. Nat. Research center-Ottawa-Canada