

De Rieskrater

Dr. J. van Diggelen

In het zuiden van Duitsland, ongeveer 80 km ten oosten van Stuttgart, bevindt zich op de grens van de Zwabische en de Frankische Alp een van de meest interessante geologische objecten van West-Europa. We treffen hier een bijna cirkelronde inzinking aan (figuur 1) van omstreeks 22 km diameter met een grotendeels vlakke bodem en omringd door een gemiddeld 50 m hoge wal, die op enkele plaatsen zelfs een hoogte van 150 m bereikt.

Op 800 m diepte onder de bodem van de inzinking en van zijn randen ligt een ondergrond (figuur 2), die uit hetzelfde gesteente bestaat als de streken in de omgeving, maar dat kristallijne gesteente ligt in de wijde omgeving van de inzinking soms 300 m dieper in de ondergrond. Deze inzinking wordt de Rieskrater genoemd naar de Romeinse provincie Raetia waarin het stadje Nördlingen ligt en dat reeds in 898 n.Chr. genoemd werd als "Nordlinga in pago Retiensi". Het gebied rondom Nördlingen wordt de Ries genoemd en het stadje zelf ligt binnen in de inzinking, die dan wel met Rieskrater wordt aangeduid. De Ries vormt een merkwaardige onderbreking van een streek, waarin boven de zojuist genoemde ondergrond een flinke laag gesteente ligt, dat gedurende het laatste gedeelte van het Jura-tijdvak is gevormd. In het Riesgebied liggen echter boven de ondergrond min of meer verbrokkelde en doorengemengde bestanddelen van de dieptegesteenten uit de ondergrond, vermengd met alle oorspronkelijke in normale omstandigheden daarboven gelegen sedimentgesteenten. Samen vormen deze een reusachtige massa versplinterd materiaal, waarvan de diepte in de krater bijna 400 m bedraagt, maar onder de wallen geringer is.

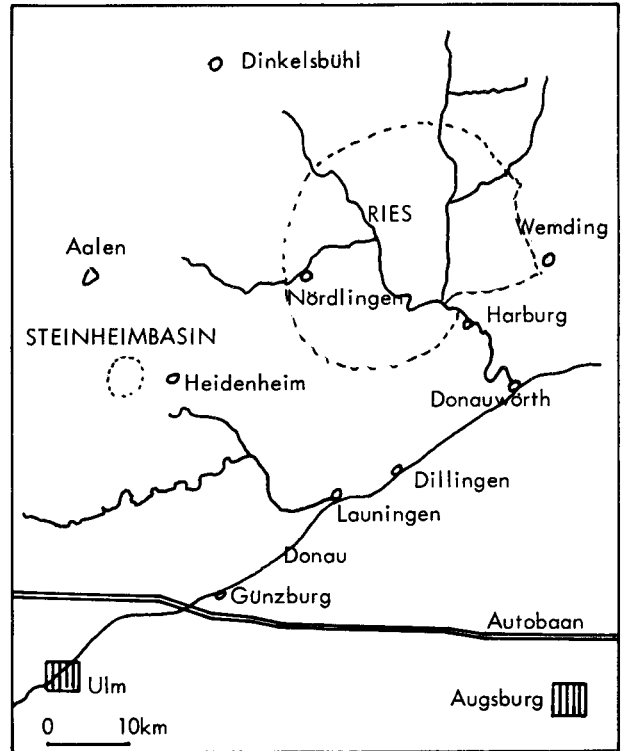
Het ontstaan van dit merkwaardige gebied in een reeds bestaand landschap heeft daar de heersende afwatering drastisch in de war gestuurd, zodat er zich in het Riesgebied een zoetwatermeer vormde. In dat meer zette zich kalk af en aan de randen en in eilandjes vormden zich kalkriffen van algen. In een gebied van ongeveer 11 km diameter binnen in de Rieskrater bevinden zich deze afzettingen, die ontstaan zijn in het laatste deel van het Mioceen. Ze zijn in het centrale deel van de krater ongeveer 300 m dik. Deze mergels en kalklagen bevatten op sommige plaatsen bruinkool.

-  Mioceen
-  Breksies
-  Jura (Malm)
-  Sueviet



figuur 1

Ver ten noorden van de autobaan Ulm - Augsburg bevinden zich de Rieskrater (in de omgeving van Nördlingen) en het Steinheimbekken ten westen van Heidenheim.



Tot op 25 km afstand van de rand van de Rieskrater vindt men er buiten voornamelijk in het oosten, zuiden en zuidwesten boven of op gelijk niveau met de daar normaal voorkomende Juralagen grote hoeveelheden gebroken materiaal. Deze puinmassa's worden de "bonte breksies" genoemd en zij vormen soms een soort gesloten bedekking of zijn in andere gevallen uiteengevallen in diskrete gesteenteschollen. Soms staan zij in verband met de tufgesteenten waarop wij straks nog zullen terugkomen.

De kristallijne ondergrond van het Riesgebied (gneis, amfiboliet, migmatiet, graniet, dioriet, redwitziet

figuur 2

Schematische doorsnede in noord-zuid-richting door het Riesgebied.

en lamprofier) vertoont sporen van buitengewone gebeurtenissen, die samenhangen met het ontstaan van deze krater. Het zijn gangen bestaande uit breksies, die zijn samengesteld uit kristallijne explosieproducten van zeer gevarieerde samenstelling, die de kristallijne ondergrond doorsnijden. Vooral ten zuiden van de krater zijn grote massa's leisteen in de vorm van breksies. Bovendien treft men bepaalde hydrothermale omzettingen aan van het gesteente.

Zeer belangrijk voor het Ries-gebied is de met vulkanische tuf vergelijkbare sueviet, dat tot nu toe op ongeveer 150 plaatsen in en rondom de Ries-krater is gevonden. Dit gesteente ontleent zijn naam aan Suevia, dat is Zwaben, en is zo genoemd door Sauer in 1919. Het is in verse toestand een los materiaal, maar het wordt vast door de verwerking. Vroeger werd het graag als bouw materiaal gebruikt, maar nu alleen nog maar in de cementindustrie. Het vertoont een structuur met slieren en blazen en het vormt onregelmatige dicht opeengesloten banken. Die blazen in het sueviet worden "fladen" genoemd en zij bevatten zeer veel glas en zijn meestal enkele cm's tot een dm groot. Vaak vindt men het sueviet ook als bommen of lapilli, zoals die door vulkanen worden weggeslingerd. Men moet echter oppassen met het geven van namen aan dit soort materiaal, die ontleend zijn aan vulkanische verschijnselen. Volgens Ackermann (1959) bestaat het sueviet voor 75 tot 85% uit as en bevat het bovendien verbrijzelde en vaak gesmolten of verglaasde resten van kristallijne gesteenten en in kleinere hoeveelheden ook van sedimentaire gesteenten. Chemische analyse van diverse soorten sueviet leiden tot de konklusie dat het sueviet zonder contact met een magma ontstaan is en enkel en alleen uit versplintering en smelting van verschillende kristallijne bestanddelen (Nathan, 1935).

Het ontstaan van al dit materiaal is zeer nauwkeurig te dateren en blijkt te liggen in het Boven-Torton (Midden-Mioceen) 14.700.000 jaar geleden. Blijkbaar is de dikke honderden meters dikke laag versplinterd materiaal evenals het sueviet en de bonte breksies in zeer korte tijd ontstaan, terwijl daarna het zoetwatermeer zich vormde (ook nog in het Mioceen) en daarin de kalk en mergellagen.

Van al de theorieën, die het vraagstuk probeerden op te lossen (Hölder, 1962) had die van Von Kranz uit 1911 lange tijd de meeste aanhangers. Volgens hem is de Ries-krater ontstaan door een geweldige explosie van opeengehoopte waterdamp, waardoor het gesteente daar ter plaatse uiteengeslagen werd en versplinterd en tot in de verre omtrek op de omringende Juravlakten werd geslingerd of geschoven. Speciale onderzoekingen, die later werden uitgevoerd gaven steeds meer de indruk dat de Ries-krater inderdaad door een wegpersen van het gesteente vanuit een centraal punt moest zijn ontstaan, gevolgd door verscheidene explosies van vulkanische gassen vanuit de diepte in het centrum. Hiermee hingen vanzelfsprekend de nodige tektonische bewegingen en verschuivingen samen. Plaatselijk ontstonden daarbij vulkanische tuffen in de randzone van de Ries en in de meer direkte omgeving. Tenslotte eindigde het proces met het wegzakken van het centrale gedeelte. Door erosie van de sedimenten, die later in de ontstane krater werden afgezet, ontstond de huidige vorm (Schröder en Dehm, 1950).

De Ries-krater heeft uitgebreide morfologische veranderingen ondergaan door erosie en sedimentatie. De zuidelijke wal is nu 200 m hoger dan de bodem van de krater en ligt ongeveer 20 tot 60 m boven de om-

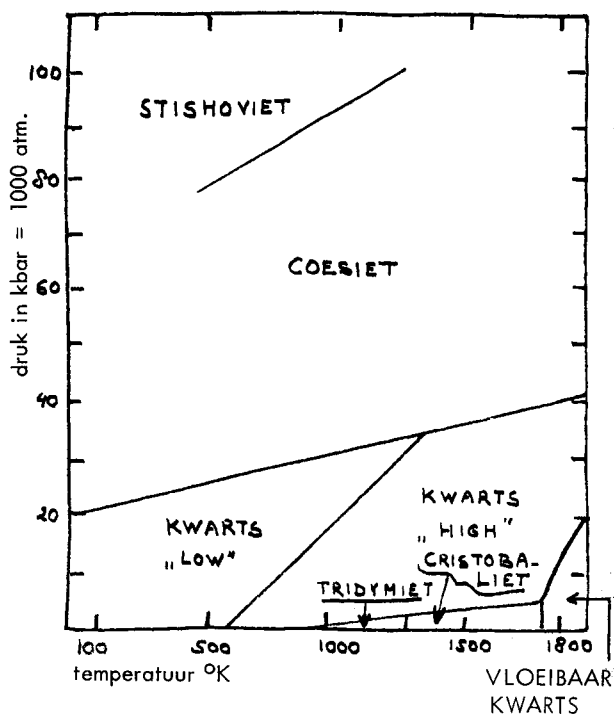
geving. De oorspronkelijke hoogte van de centrale inzinking van de krater onder de walrand was meer dan 500 m volgens Shoemaker en Chao (1961). Op de heuvels in de krater, die de zoetwaterafzettingen omringen, vindt men nog breksies. Deze bestaan uit graniet, gneis, apliet, amfiboliet, plagioklaas en stukken schalie gemengd met lei uit Trias en Jura. Onder de kraterwal liggen ook breksies en opgedrukte gebroken lagen leisteen. De kracht van de eruptie volgt uit het feit dat een fragment leisteen van ongeveer 1,5 m diameter op 65 km van de krater in de omgeving van Augsburg is gevonden.

Het tijdstip van het ontstaan en de positie van de Ries-krater passen beide goed bij het overige jongtertiaire Zuidduitse vulkanisme. De krater sluit aan op de oostkant van het vulkanische gebied in de Zwabische Alp en ligt juist op een snijpunt van het zo verlengde gebied met een vulkanische zone, die noordwest - zuidoost verloopt en waarlangs sedert het Mesozoicum steeds weer tektonische breuken optreden. In de kalken, die in het meer ontstonden, vindt men zeolieten en dit beschouwt men (Nathan, 1957) als een bewijs dat er na de vorming van de krater hydrothermale bronnen optraden. Dit is ook weer een aanwijzing voor een vulkanische explosie want dergelijke bronnen vindt men op vele plaatsen waar eenmaal veel heviger vulkanische verschijnselen optraden als een soort relict van een uitstervende activiteit. Ook de hydrothermale mineraalomzettingen in het kristallijne gesteente ondersteunden deze theorie.

Kort geleden is echter de theorie, die het ontstaan van de Ries-krater aan het inslaan van een meteoriet toeschrijft opnieuw op de voorgrond getreden. Vroeger is dat ook wel overwogen (Werner, 1904) maar

figuur 3

De verschillende modificaties van kwarts, SiO₂, in een zogenaamd P-T-diagram uitgezet.



door gebrek aan voldoende argumenten moest men het laten varen. Op het Congres van de Internationale Geologische Unie in Kopenhagen in 1960 kwam de Amerikaanse astrofysicus Chao met de verrassende mededeling, dat in het gesteende in de Ries-kra-ter coesiet is gevonden. De ontdekking hiervan was daarom zo buitengewoon interessant omdat dit mineraal reeds bekend was uit de beroemde Baringer-kra-ter in Arizona, waarvan het ontstaan door meteorietinslag door niemand wordt betwijfeld. Coesiet is een hoge-druk-modifikatie van gewoon kwarts (figuur 3).

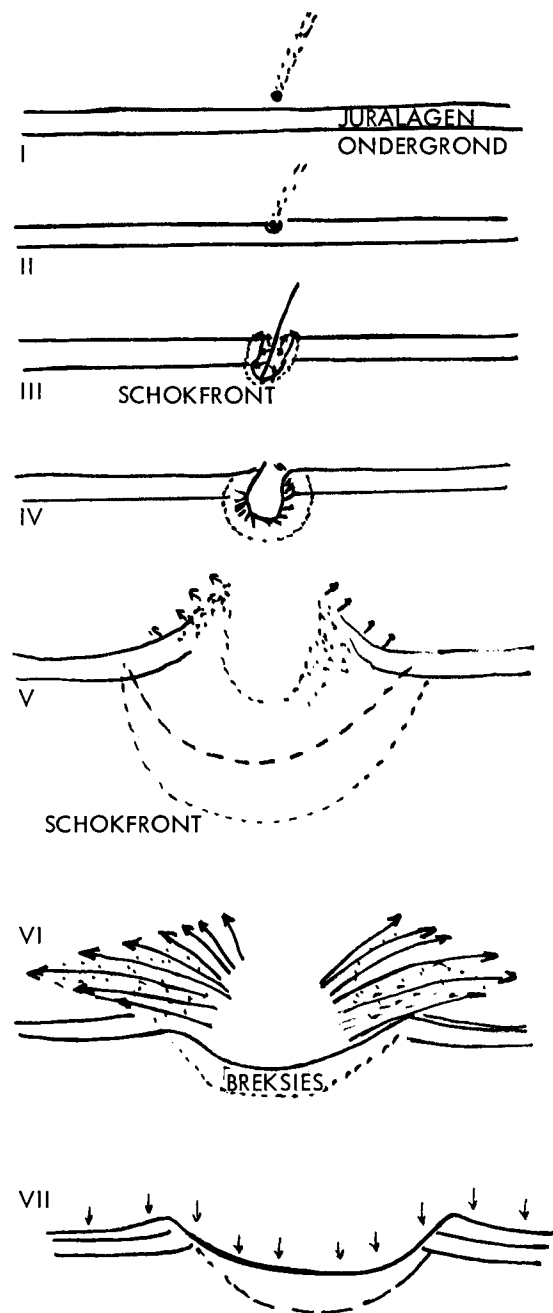
Voordat het in de Arizona-kra-ter ontdekt was, kende men het alleen van laboratoriumexperimenten. Alleen bij drukken van 20.000 of meer atmosfeer kan kwarts in coesiet overgaan. In de natuur komen dergelijke hoge drukken alleen op grote diepte voor. Alleen bij uitzonderlijke omstandigheden van geweldige explosies, waarbij zich schokgolven vormen, kan aan het aardoppervlak zeer kort een zo hoge druk optreden en het enige natuurverschijnsel dat een zo hoge druk combineert met heel even een zeer hoge temperatuur is die zeer energierijke schokgolf. In vulkanische gesteenten komt geen coesiet voor. Dat is begrijpelijk, want de druk bij een vulkanische eruptie is lang niet hoog genoeg om coesiet te doen ontstaan.

De laatste tijd is de vorming van kraters door het inslaan van supersonische projectielen op uitgebreide schaal zowel experimenteel als theoretisch bestudeerd. Een dergelijk projectiel met een massa m en een zeer hoge snelheid v bezit een enorme kinetische energie ($1/2 m v^2$). Op het ogenblik dat het inslaat komt deze energie in enkele seconden beschikbaar en zij breidt zich uit in de vorm van een schokgolf rondom het punt van de inslag (figuur 4). Deze schokgolf is een kompressiegolf, die het gesteente voor zich uit samenperst en er achter ontstaat even een soort leegte. Na het passeren van het schokfront is het alsof er zich een verdunningsgolf in terugwaartse richting voortspoedt gereflecteerd tegen het samengeperste materiaal dat daardoor als elastiek tracht terug te veren en zich te strekken. De direkt boven en zijdelings van de explosie gelegen gesteenten worden weggeslingerd door de schokgolf en de kra-ter die daardoor ontstaat zal altijd veel groter zijn dan de diameter van de meteoriet.

Men veronderstelt dat de meteoriet, die de Ries-kra-ter deed ontstaan, ca 500 - 1000 m in diameter was en met een snelheid van omstreeks 50 km/sec de aarde bereikte. Dergelijke grote meteorieten worden bij hun tocht door de aardse dampkring nauwelijks geremd. Bij de inslag doorboorde het projectiel de bovenste Juralagen en explodeerde daarna. Het hele verschijnsel vond in enkele seconden plaats.

Bij nog hogere druk vormt zich ook nog een andere modifikatie van kwarts, die stishoviet genoemd wordt. In enkele sueviet-vindplaatsen werden de voor meteorietkraters karakteristieke mineralen coesiet en stishoviet gevonden. Shoemaker en Chao vonden het in glas (lechatelieriet), waarvan zij veronderstelden dat het direkt door de schokgolf ontstaan is zonder smelten. Het coesiet komt voor in de fladen in het sueviet. Probeer u het echter niet te zoeken, want het is met het blote oog niet te herkennen maar alleen met Röntgenstraling te identificeren. Het stishoviet is nog moeilijker te vinden en komt nog veel minder voor. Voor zijn vorming is een druk van 100 kbar (100.000 atmosfeer) nodig. Ook vond men zeer kleine bolletjes van nikkel-ijzer. In de glasstructuren in het sueviet zijn ook andere wellicht alleen door meteoriet-

R I E S
A.D. - 14 600 000



figuur 4

Het ontstaan van de Ries-kra-ter volgens de meteoriet-inslagtheorie in zeven stadia. Nadat de meteoriet de aarde had bereikt (I) doorboorde ze de Juralagen (II) en bereikte de kristallijne ondergrond (III), waarna de explosie plaatsvond. Daardoor ontstond een schokfront (IV), dat het gesteente verbrijzelde en zich naar alle kanten uitbreidde (V) en de materie explosief uiteen dreef (VI) zodat er een enorme kra-ter ontstond (VII).

inslag te verklaren verschijnselen te zien. De bij een meteorietinslag van voldoende omvang vrijkomende energie kan allerlei tot nu toe onvoldoende verklaarde verschijnselen in de Ries-krater verklaren, maar een aantal geologische waarnemingen staan zo'n verklaring nog steeds in de weg (Dehm, 1962).

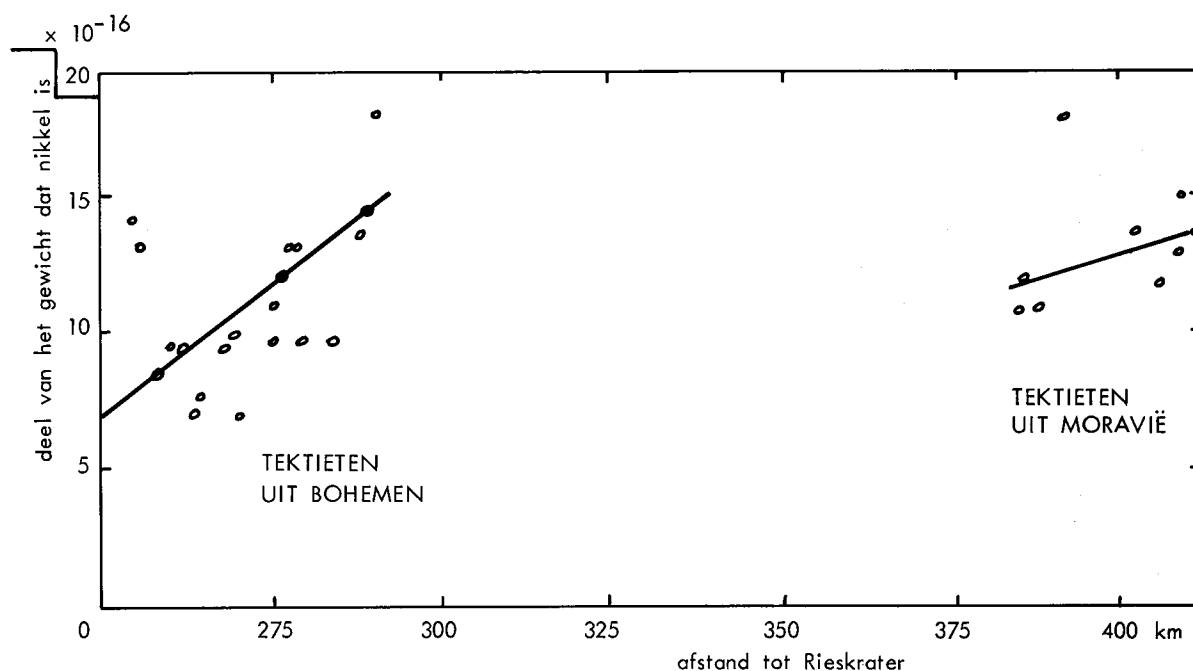
Niet in alle meteorietkraters wordt coesiet gevonden. Waarschijnlijk treedt het alleen tevoorschijn als de krater ontstaat in gesteenten dat mineralen bevat met voldoende silicaten. Calciet echter wordt gemakkelijk gevormd en wel reeds bij een matige druk en temperatuur, zodat het moeilijk is daar schokeffecten in terug te vinden. Bovendien vormt het een beschermende laag boven de kwartskorrels, als die er zijn, en beschermt ze tegen de drukeffecten.

Niet alleen hogedruk-modifikaties van kwarts zijn het gevolg van het inslaan van meteorieten. De schokgolf veroorzaakt ook andere effecten in de mineraalkorrels van het gesteente. Bij betrekkelijk lage schokdruk (minder dan 10.000 atmosfeer) is de beschadiging beperkt tot breuk, zodat een zeer groot deel van het weggeslingerde materiaal zo'n effect vertoont, behalve dat gedeelte, dat afkomstig is van vlak bij het energiecentrum en dat aan hogere drukken is blootgesteld. Een vergelijkend onderzoek van 10 kristallijne gesteenten leidde tot de konklusie, dat in de veldspaten geen breuken optreden, terwijl de clinopyroxenen veel meer worden gebroken. Bovendien blijven grote kristallen gevoeliger te zijn voor breuk dan kleinere.

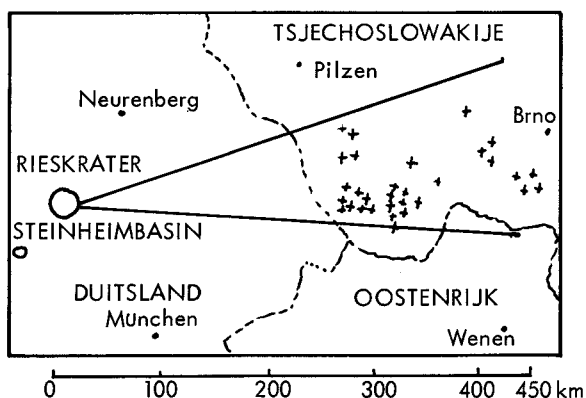
Bij grotere schokdrukken ontwikkelt zich een structuur van lamellen, waarvan de oriëntatie samenhangt met de oorspronkelijke kristalbouw en de schokgolven kunnen nu de kristalstructuur in wanorde brengen zodat het kristal overgaat in glas (schokverglazing) zonder

dat eerst smelten optreedt en zodat de uiterlijke kristalvorm behouden blijft. Onderzoek met Röntgenstralen kan dit bewijzen. De brekingsindex van glas dat zo ontstaat is hoger dan van door smelten gevormd glas van dezelfde samenstelling. Het zo door schok ontstane glas wordt thetomorf genoemd of diaplectisch glas (Engelhard en Stoffler, 1968). Dit soort materie vormt zich bij schokdrukken tot 100.000 atmosfeer. Wordt de schokdruk nog hoger (Chao, 1968) dan beginnen sommige mineralen te smelten en zo ontstaan glasfragmenten met banden en strepen van hogere brekingsindex. Dikwijls lopen ze dwars door een gesmolten materiaal van andere samenstelling heen.

Het is niet onmogelijk dat bij het inslaan van zo'n meteoriet in sommige gevallen ook tektieten ontstaan (zie Gea Vol.2, nummer 4 december 1969). Men vindt inderdaad in Tsjecho-Slowakije op niet al te grote afstand van de Ries-krater een zwerm tektieten, de zogenaamde Moldaviëten. Merkwaardig is, dat de gemiddelde ouderdom van de tektieten, die men in Bohemen en Moravië vindt, 14,7 miljoen jaar bedraagt, zodat zij zonder twijfel gelijktijdig met de Ries-krater ontstonden. Dit kan onmogelijk een toeval zijn. Bovendien neemt hun nikkelgehalte toe met de afstand van hun vindplaats tot de Ries-krater (figuur 5). Het wijst er op, dat de Moldaviëten weggeslingerd zijn bij de vorming van de krater langs bepaalde banen (figuur 6). Een 4,5 g zwaar blok glas waarvan het oppervlak lijkt op een tektiet uit sterk verveerd sueviet werd in 1963 gevonden door J. Kavasch bij het graven van een olieleiding vlak bij de Ries-krater. Het was in twee stukken gesprongen en het is niet onmogelijk dat het vormingsproces bij zeer hoge temperatuur sterk de samenstelling van het glas beïnvloedt. De Moldaviëten hebben misschien niet meer hun oorspronkelijke samenstelling al zijn ze ontstaan uit Mesozoïsch of nog ouder materiaal.



figuur 5 Het nikkelgehalte van de Moldaviëten neemt lineair toe met de afstand van hun vindplaats tot de Rieskrater.



figuur 6

Op meer dan 450 km afstand van de Ries-krater zijn soms nog Moldaviëten terecht gekomen na de reusachtige meteorietinslag bijna 15 miljoen jaar geleden.

Niet ver van de Ries-krater bevindt zich het veel kleinere Steinheim-bekken, dat evenals de Ries-krater een meteorietkrater is die gelijktijdig door een brokstuk van dezelfde meteoriet is ontstaan. Het stukbreken van meteorieten is een veel voorkomend verschijnsel. In de kalklagen uit de Jura in het Steinheim-bekken vindt men merkwaardige structuren, die men stralenkalk noemt. Ook in Arizona bij de Baringer-krater heeft men stralenkalk gevonden. Ook deze wordt aan schokgolven toegeschreven.

Ook het maangesteente vertoont dergelijke schokeffecten op zeer uitgebreide schaal, die ook hier ongetwijfeld ontstaan zijn bij het inslaan van meteorieten. Tektieten heeft men op de maan (nog?) niet aangetroffen. Een groot aantal maankraters ontstonden door het inslaan van meteorieten, die door het ontbreken van een dampkring daar ter plaatse zonder enige moeite ongeremd tot het oppervlak konden doordringen. Op aarde lukt dat alleen aan de zeer grote. Bijna de gehele maanbodem is tot op zekere diepte met een laag versplinterd en verbrokken materiaal bedekt, waarin zeer veel glas voorkomt van dialectische aard. Waarschijnlijk is dit maanregoliet te vergelijken met de dikke laag breksies onder de Ries-krater. Het onderzoek van het maangesteente vormt dus een stimulans voor een verder onderzoek van de geologie van de Ries-krater, die wellicht een aardse equivalent van de maankraters is, om zo een ieder overtuigende verklaring te vinden voor de raadselen in en rondom de Ries.

LITERATUUR:

- Ackermann, W. 1959, Geol.Jb., 75
- Chao, E.C.T. 1968, in "Shock Metamorphism of Natural Materials", B.M. French en N.M. Short ed., 159, Mono Press, Baltimore.
- Cohen, A.J. 1963, in "Tektites", J.A. O'Keefe ed. 189, The University of Chicago Press.
- Dehm, R. 1962, Mitt. Bayer. Staatsann. Paläont. und hist. Geol., 2.
- Engelhardt, W.V. en Stöffler, D. 1968, in "Shock Metamorphism of Natural Materials", B.M. French en N.M. Short ed., 159, Mono Press, Baltimore.
- Hölder, H. 1962, Jh. Ver. vaterl. Naturk. Württemberg, 117.
- Nathan, H. 1935, Abh. geol. Landesuntersuchung bayer. Oberbergamt, H 19.
- Nathan, H. 1957, Geol. Jb., 74.
- Preuss, E. 1965. Neues Jb. für Mineralogie, 327.
- Schröder, J. en Dehm, R. 1950, Abh. Naturw. Ver. Schwaben e.V. in Augsburg, H.5.
- Shoemaker, E.M. en Chao E.C.T. 1961, J. Geophys. Res., 66, 3371.
- Werner, E. 1904, Blätter Schwab. Albvereins.

DIAMANTZAAG

AUTOMATISCH WERKENDE, PLANPARALLELE COUPESNIJDER (APC)

HET BOUWEN VAN EEN MINERALOGISCHE ZAAG

door P. Stemvers

In GEA vol.2, nr. 3 beschreef ik de Mini-mec, een automatisch werkende zaagmachine, die planparallele gesteentepakken kan zagen met behulp van een wasmachinemotor, hexagon, een cirkelplaat van Mecano als zaag, carborundum als zaagmiddel, ethyleen-glycol als koel- en transportmiddel.

Wat voordeligheid betreft is deze Mini-mec niet te overtreffen, maar er waren twee redenen waarom ik tot konstruktie van een diamantzaag overging.

Ten eerste deed de direkte import van diamantzagen door de Stichting Geologische Aktiviteiten de prijs van een diamantzaag van boven de f 100,-- tot iets meer dan de helft dalen.