

Grondboor en Hamer	2	1984	pag. 62 - 72	14 afb.	Oldenzaal, april 1984
-----------------------	---	------	-----------------	---------	--------------------------

Versteend leven doorgelicht

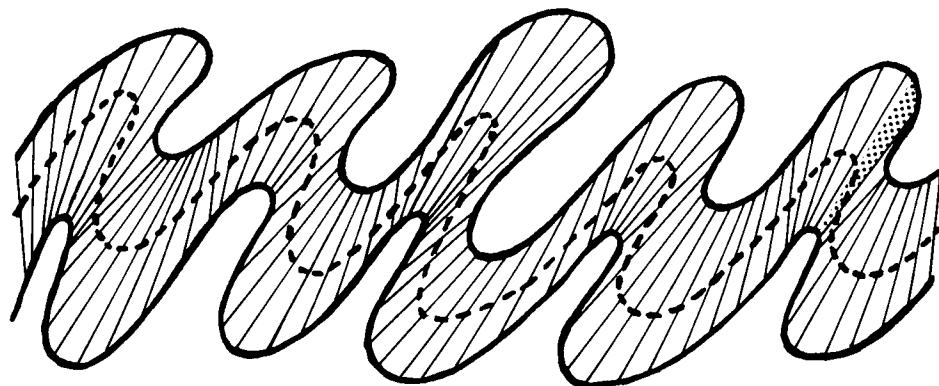
Peter Osinga* en Wouter Südkamp**

INLEIDING

Stekelhuidigen, pantservissen, geleedpotigen, weekdieren, holtedieren en planten bestonden al zo'n 400 miljoen jaar geleden. Overblijfselen hiervan zijn - onder bijzondere omstandigheden - bewaard gebleven in onder meer leisteen. Een goed voorbeeld hiervan is te vinden in de Westduitse Hunsrück. Dit heuvelachtige gebied is gelegen ten zuidwesten van de Rijn, tussen de Moezel en de Nahe. De leisteen wordt al eeuwenlang gewonnen. De platen worden gespleten om ze geschikt te maken voor dakbedekking. Dit artikel over de Hunsrück vertelt, dat dankzij de aanwezige fossielen, niet alle platen dit lot zijn beschoren. De erin geconserveerde fossielen brachten twee geïnteresseerden, een röntgenlaborant en een amateurpalaeontoloog, tot elkaar om samen een groot aantal fossielen d.m.v. röntgenanalyse te bestuderen.

ONTSTAAN

De zwarte leisteen in de Hunsrück ('Hunsrückschiefer') is gevormd in het Onder-Devoon, ongeveer 380 tot 400 miljoen jaar geleden. Gezien de erin aangetroffen versteende diersoorten (bijvoorbeeld koralen) en samenstelling van het sediment (o.a. zand) heeft men kunnen vaststellen dat het gebied in het Devoon werd ingenomen door



Dikke lijnen = sedimentatievlak
 Dunne lijnen = Schieferung
 Gestippeld = Plattenstein

Fig. 1: Een schematische doorsnede door het leisteenpakket.

* Keiwierde 155, 1353 NW Almere

** Terpmeent 39, 1357 HB Almere

een kustnabije, tropische zee. In dit ondiepe bekken zetten rivieren wisselend klei en zand af. Dit materiaal werd aangevoerd van het ten noordwesten van de Hunsrück gelegen oercontinent, ook wel 'Old Red' genoemd. Een sedimentatiepakket van 10 tot 15 kilometer dikte was het resultaat. Door de ondervonden druk van dit opeengehoopte materiaal, al of niet in combinatie met daling van het bekken dat dit proces versnelde, verhardde het kleiïge materiaal in de loop van de geologische geschiedenis tot leisteen. Aan het einde van het Carboon, het tijdperk volgend op het Devoon, vond de Hercynische gebergtevorming plaats. De zee trok zich terug en het gebied kwam boven zeeniveau te liggen. De horizontaal afgezette lagen werden meegeplooid. Door de druk veranderde ook de oriëntatie van de mineralen in het gesteente. Dit nieuwe oriëntatievlak, waarlangs de geplooid leisteen splijt, wordt 'Schieferung' genoemd. In figuur 1 is te zien dat de lei in de meeste gevallen onder een hoek ten opzichte van het oorspronkelijke sedimentatievlak splijt ('*Krappstein*'). De ingebedde fossielen worden dan deels of in het geheel niet gevonden. In het geval dat 'Schieferung' en sedimentatievlak ('*Schichtung*') parallel verlopen spreekt men van '*Plattenstein*'. In figuur 1 is rechts met stippeltjes een pakket '*Plattenstein*' aangegeven. De beroemde vondsten van fossielen zijn uit de '*Plattenstein*' afkomstig.

WINNING

De Hunsrückschiefer doet zijn naam niet geheel eer aan. Er bevinden zich namelijk ook voorkomens buiten de Hunsrück bij Mayen, in de zuidoost-Eifel, en bij Kaub aan de Rijn, tussen Koblenz en Bingen. De eigenlijke Hunsrückschiefer (bekend van Gemünden en Bundenbach) onderscheidt zich door een goede kwaliteit vanwege een homogene samenstelling, zijn splijtbaarheid en de uitstekende conservering van fossielen (fig. 2).

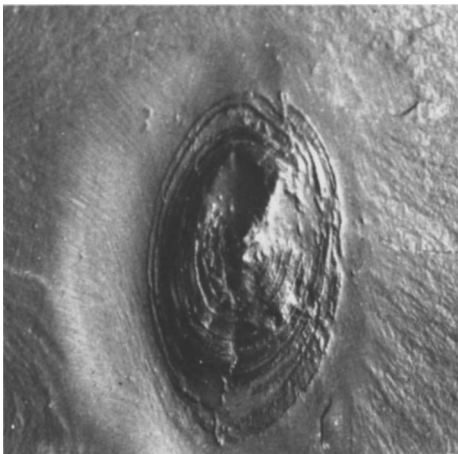


Fig. 2: Een voorbeeld van een uitstekende conservering: de kwal *Plectodiscus discoideus*, (0,75 X). Collectie B., Bundenbach.

In het midden van de vorige eeuw werd het gebruikelijk in plaats van stro de daken van lei te voorzien. De overheid kondigde af dat voor dakbedekking vuurbestendig materiaal moest worden gebruikt. De lokaal voorkomende leisteen diende zich daartoe als grondstof aan. Sindsdien zijn ongeveer 300 ontsluitingen gemaakt om de lei te winnen. Vrijwel alle zijn vandaag de dag verlaten en/of dichtgemetseld. Er werken nu nog drie bedrijven: één in schachtbouw, één in dagbouw en één die thans de lei uit Italië importeert.

De dagbouw heeft als voordeel dat de begeerde lagen beter kunnen worden gelocaliseerd en sneller toegankelijk zijn (gebruik van dynamiet!). Het grootste deel van het uit de groeve komend materiaal is voor de verwerking echter ongeschikt en wordt naar de

stortberg afgevoerd. De verwerking vindt vooral handmatig plaats. Achtereenvolgens wordt gezaagd, gespleten en gemodelleerd. Daar de vervaardigde daklei een uiteinde-lijke dikte heeft van ongeveer 4 millimeter, vinden de arbeiders vrijwel altijd de daarin voorkomende fossielen. Zij weten bovendien uit ervaring wanneer de fossielhoudende lagen worden verwerkt en letten dan extra op. De amateurpalaeontoloog, die alleen op de stortberg mag zoeken, vindt vrijwel niets. Alleen indien hij weet waar fossielrijk materiaal wordt gestort, vooropgesteld dat dit toevallig op dat moment wordt gewonnen, kunnen mooie vondsten worden geborgen.

HET PREPAREREN

Het blootleggen van de fossielen is mogelijk, doordat deze zich door hun grotere hardheid onderscheiden van de omliggende zachtere lei. Dit komt door een verschil in chemische en mineralogische samenstelling. Tijdens het fossilisatieproces hebben de zwavelionen van het eiwit of ander organisch materiaal zich verbonden met de ijzerionen waardoor een zeer resistente en uiterst harde verbinding, *pyriet* of *zwavelijzer* (FeS_2) is ontstaan. De pyrietvorming treedt op in anaërobe (zuurstofloze) omstandigheden in het mariene sediment. Het tijdens de rotting uit de zwavelhoudende organische verbindingen vrijgemaakte H_2S -gas reageert met de alom in het poriënwater aanwezige ijzer. De pyriet vervangt niet alleen de harde delen van de organismen, maar kan ook de weke delen vervangen en fossiliseren, en holtes opvullen.

De zachte lei is erg fijnkorrelig en zeer hecht met de pyriet verbonden. Het gebruik van een beitel voor het prepareren haalt derhalve niets uit. Ongeschikt zijn ook ijzer- of messingborstels. De haren bereiken namelijk slechts de hoger gelegen delen van het fossiel en tasten bovendien de details hiervan aan. Messing geeft daarenboven af, verandert de kleur van het pyriet en bereikt daarmee dat de fijne tekening van het fossiel dichtloopt. De enige mogelijkheid die rest is het werken met mesjes of naalden, die dieper gelegen delen van het fossiel kunnen blootleggen.

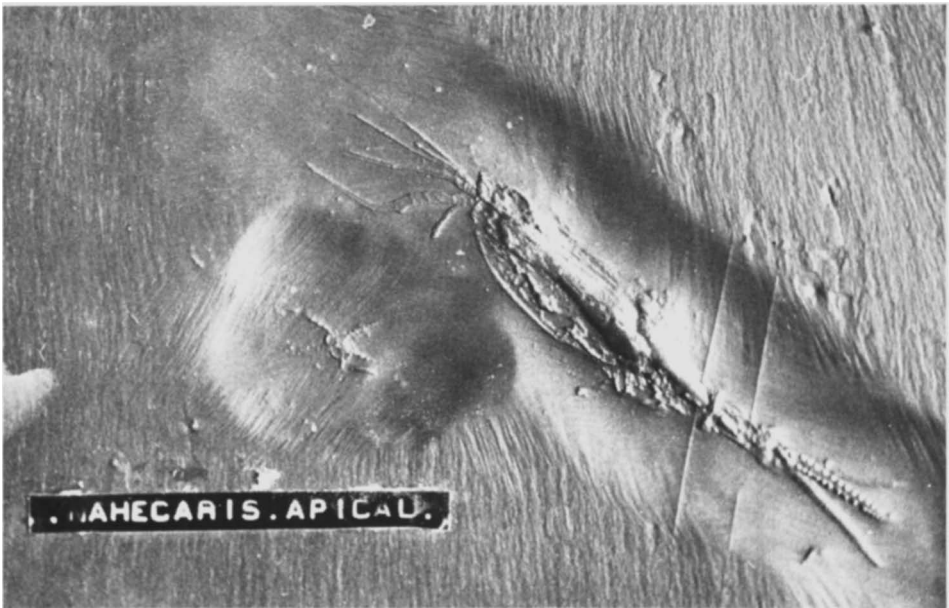


Fig. 3: Pantserkreeft *Nahecaris stürtzi* en slangester *Ophiurina lymani* (0,85 ×). Machinaal geprepareerd (zie de krassen van de borstelharen). Collectie B., Bundenbach.

Hierbij is vereist dat regelmatig een slijpsteen wordt gehanteerd om de prepareerwerk-
tuigen op scherpte te houden. Een geoefend oog ziet voortdurend op de resultaten van
het werk toe. Voor een goed resultaat is voorts de juiste druk, met een gevoelige hand
uitgeoefend, nodig. Bepalend hiervoor is de tegendruk die elk korreltje of schilfertje lei
van het pyriet ondervindt.

Er zijn fysische (krimpt onder koude omstandigheden) en chemische (zuren) prepareer-
technieken in laboratoria uitgetest. Deze hebben echter tot op heden slechts een sneller
maar niet een mooier resultaat opgeleverd. De zorgvuldige preparateur zal veel geduld
op moeten brengen en de nodige tijd in het werk moeten steken, om een goed resultaat
te bereiken. Daarbij wordt in fasen, van grof naar fijn, gewerkt. Eerst wordt - indien
noodzakelijk en voor zover de dikte dat toelaat - de plaat lei gespleten. Vervolgens
kunnen met een slijpsteen machinaal enkele millimeters lei boven het fossiel worden
verwijderd. Als het niveau waarop het fossiel zich bevindt is bereikt, wordt met de hand
met een mesje verder gewerkt. Geprobeerd wordt de ligging van het fossiel in het
diepere gesteente te volgen en in grote lijnen bloot te leggen. Een voorhanden zijnde
röntgenfoto is hierbij een gewaardeerd hulpmiddel. Onder een stereomicroscop
worden vervolgens met mes en naald de fijnere delen uitgerepareerd. Daarna wordt



Fig. 4: Slangester *Taeniaster (Bundenbachia) be-neckei*, die door ongelukkige splijting deels op twee
platen terecht kwam. Na lijmen (zie de naad), werd
het exemplaar aan de hand van een röntgenfoto
(links, fig. 4a, 070 \times) bewerkt, met als resultaat de
foto hieronder (fig. 4b, oraal; 0,80 \times).

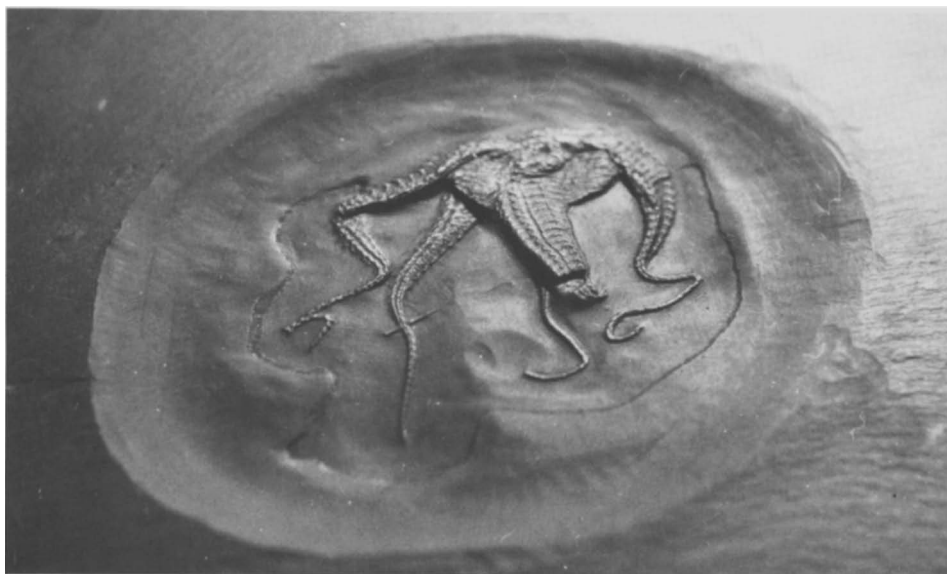




Fig. 5: Slangester *Furcaster zitteli* op twee platen. Boven hangend, onder liggend. Ongeprepareerd (0,85 ×).

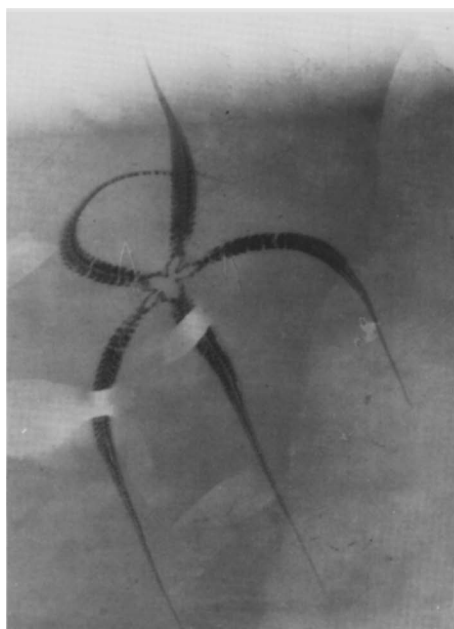


Fig. 6: Dezelfde slangester als in figuur 5. De platen op elkaar gelegd laten op de röntgenopname zien dat bij de splijting onderdelen van twee armen zijn verloren gegaan (0,55 ×).

met de hand voorzichtig geborsteld om de laatste korreltjes lei te verwijderen. Een tandenborstel en stromend water tenslotte vormen de laatste handeling en doen het stof verdwijnen.

Het komt voor dat door ongelukkige splijting het fossiel zich deels op de ene en deels op de andere plaat bevindt (fig. 4). Aan de eerder geschetste prepareerfasen gaat in dit geval het lijmen van de twee platen (met tweecomponentenlijm) vooraf. Daarbij wordt aangekend op welke plaats het fossiel zit.

Indien slechts een klein deel van het fossiel in het tegenstuk voorkomt, kan worden volstaan met het uitzagen hiervan. Dit wordt vervolgens op de plaat gelijmd waarin het grootste deel van het fossiel zich bevindt, zie ook de figuren 5 en 6. Geprepareerd wordt in de regel aan de meest gunstige kant van de lei. Dat is de plaats waar het fossiel het dichtst onder de oppervlakte ligt.

DE RÖNTGENTECHNIEK

Het verschil in dichtheid tussen pyriet (fossiel) en lei (moedergesteente) maakt het mogelijk om succesvol gebruik te maken van de röntgentechniek. De straling doordringt namelijk minder gemakkelijk het pyriet en laat daardoor een ander contrast zien op de gevoelige plaat als de plaatsen waar het gesteente geen fossielen bevat.

Objectkeuze

Om een zo optimaal mogelijke opname van een fossiel te verkrijgen dient de leisteek, waarin het fossiel is ingebed aan een aantal eisen te voldoen:

- *Homogeen van samenstelling.* Dit om een zo groot mogelijk contrast tussen lei (moedergesteente) en pyriet (fossiel) te krijgen.
- *Niet dikker dan ongeveer 8 mm.* Hinderlijke stroostraling wordt aldus zoveel mogelijk vermeden. Dikkere platen vereisen een hoger kilovoltage waardoor beduidend meer stroostraling ontstaat, die het waarnemen van details nadelig beïnvloedt.
- *Egaal van oppervlak.* Dit om een gelijkmatige belichting van het fossiel te verkrijgen. Het prepareren moet pas na de röntgenopname starten, om te voorkomen dat de

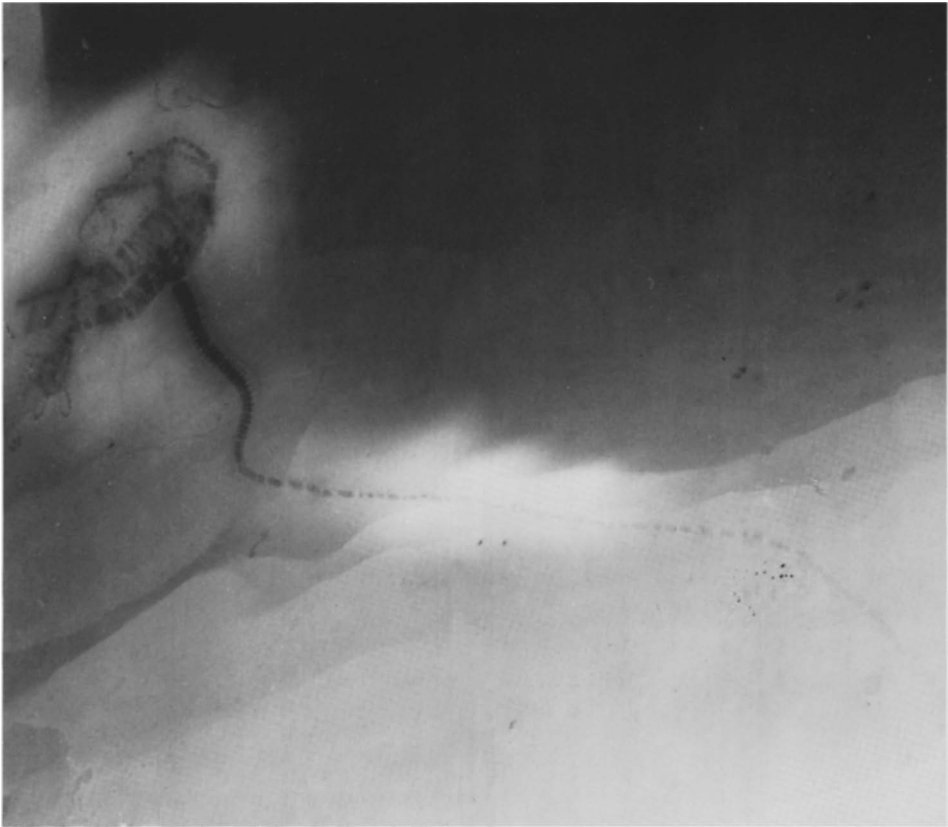


Fig. 7: Zeelelie *Codiocrinus schultzei*. Röntgenopname. De contrastverschillen laten dikteverschillen, deels ontstaan door prepareren, zien (0,75 x).

lei om het fossiel wordt weggeschraapt. Het wordt dus plaatselijk iets dunner, waardoor niet compenseerbare belichtingsverschillen ontstaat (fig. 7).

- *Het fossiel moet voldoende dik zijn.* Er moet voldoende pyriet aanwezig zijn om het fossiel te kunnen opsporen. In een enkel geval bij ons onderzoek was duidelijk de contour van een fossiel onder een dun laagje lei zichtbaar, maar bij de opname bleek het onvoldoende pyriet te bevatten om het te kunnen onderkennen.

Materiaalkeuze

Voor de opnamen zochten we een film met goede scherpweergave en redelijk wat contrast. We kozen voor een Du Pont Cronex éénzijdige emulsiefilm. Deze wordt in de medische radiologie voor mammografie (borstonderzoek) gebruikt in verband met de uitstekende weergave van geringe absorptieverschillen.

Het pyriet in de leisteen is hooguit enkele millimeters dik en plaatselijk (denk aan de fijne armen van een zeelelie; haartjes van een slangester) zelfs tienden van millimeters dik. Om deze kleine details voldoende zichtbaar te maken belichten we alleen met röntgenstralen. Normaal in de medische radiologie wordt gebruik gemaakt van de zgn. versterkingsschermen die oplichten als er röntgenstraling opvalt. De film die tussen twee van die schermen zit geklemd wordt dan hoofdzakelijk door gewoon licht belicht. Dit bespaart de patiënt een flinke stralendosis, maar het gaat ten koste van de scherpte van de opname.

Aangezien bij fossielen de stralendosis niet van belang is, maar een zo scherp mogelijke opname wel, gebruiken we alleen röntgenstralen, die het eigenlijke fotografische effect bewerkstelligen. Op deze manier ontstaat er in de uittredende stralenbundel een groter stralencontrast, waardoor ook de kleine dikteverschillen kunnen worden afgebeeld.

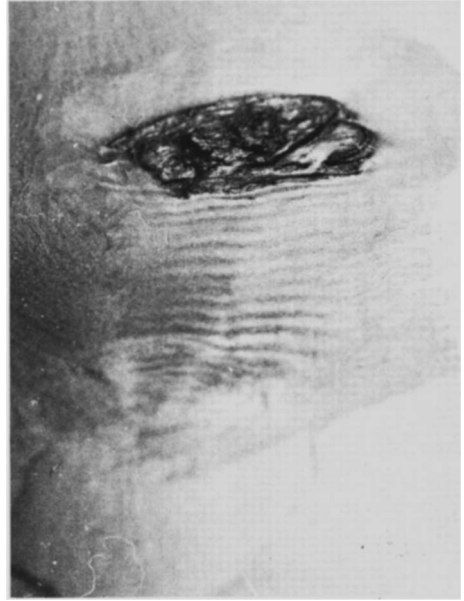
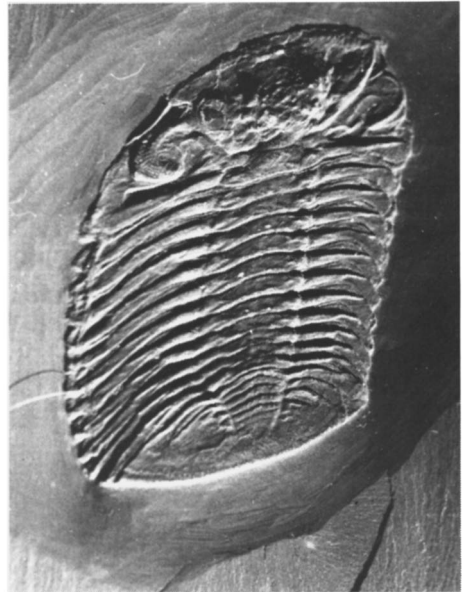


Fig. 8: Trilobiet *Phacops ferdinandi*: a) ongepreparaard; b) na 2½ uur prepareren; c) na 5 uur prepareren; d) geheel blootgelegd; na 8 uur (0,80 ×).



De overzichtopnamen

De platen leisteen die in dit artikel zijn gefotografeerd behoren allen tot de Bundenbacher 'Hunsrückschiefer'. Gebleken is dat deze vrij constant van samenstelling is, zodat een goede belichtingstijd alleen afhankelijk is van de dikte van de lei. Eerst wordt de film verpakt in een zwartfilmzakje (niet lichtdoorlaatbaar) met een kartonnetje voor de stevigheid, zodat de film vlak op de tafel ligt. De emulsiezijde (gevoelige laag) wijst naar de röntgenbuis. Onder de film wordt een loden plaat gelegd om sluiering van de film, door strooi-straling vanaf het tafelblad te voorkomen. De stralen gaan immers dwars door de leisteen, film en het tafelblad heen. Bij het indringen van het object verstrooit de straling. Door de loden plaat onder de film te leggen absorbeert de straling volledig hierin. Bij alle opnamen wordt dezelfde focus-filmafstand gebruikt van 90 cm. Een leisteen van 6 mm dik wordt op de film geplaatst en belicht met 40 kV/1800 mAs. Tussen de opnamen door wordt een pauze gehouden om overbelasting van de röntgenbuis te voorkomen. Tenslotte wordt de film in de donkere kamer uitgepakt en ontwikkeld met Kodak Rapid Processing ontwikkelaar bij een temperatuur van 33° C. in 90 seconden. De opname is prima belicht en kan als maatstaf dienen. Een plaat lei van 3 mm zal theoretisch de helft van de belichting vergen. In de praktijk bleek dat op deze manier een gering percentage van de objecten foutief werd belicht.

Overige technieken

Zeer dikke platen van 2 cm en meer kunnen wel worden gefotografeerd, maar niet op bovenstaande manier. Hiervoor gebruiken we de eerder genoemde versterkingsschermen, een meer gevoelige röntgenfilm en een strooi-stralenrooster, dat de strooi-straling als het ware opvangt. Dit omdat een veel hogere belichting is vereist. Daardoor

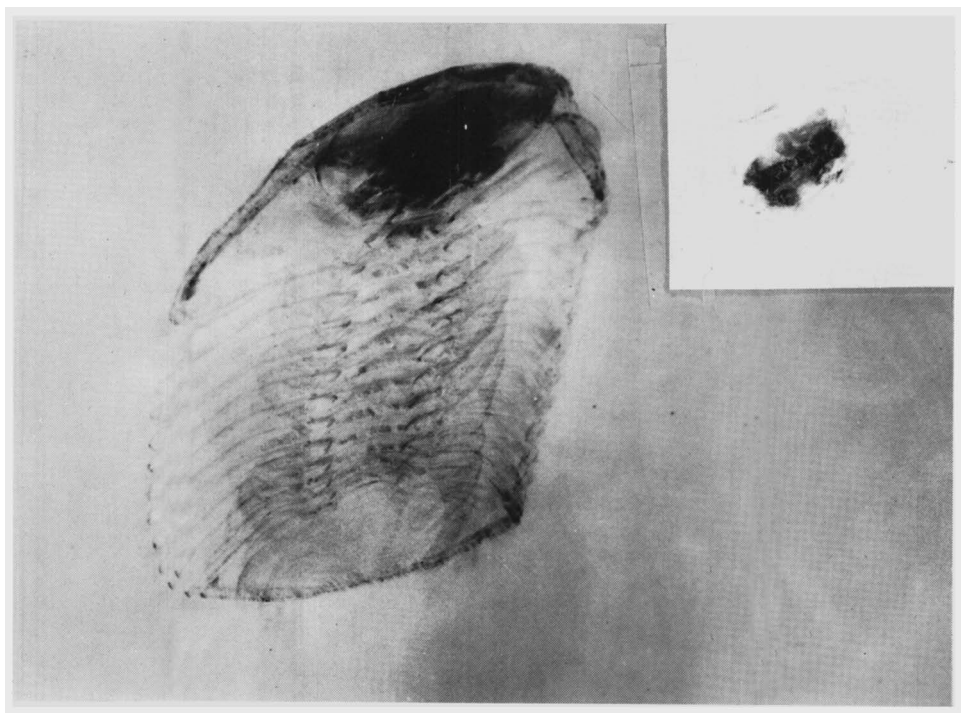


Fig. 9: Dezelfde trilobiet als in figuur 8. Röntgenopname. Als inzet de maag, die zich bij de trilobieten in de kop bevond (1,0 ×).

ontstaan veel meer strooistralen, die het waarnemen van details bemoeilijken. Door deze techniek toe te passen weet de preparateur in grote lijnen waar de fossielresten liggen, zodat onherstelbare beschadigingen kunnen worden vermeden. De details zullen echter nauwelijks of helemaal niet zichtbaar worden bij deze dikkere leistenen, zodat de preparateur op zijn hoede moet zijn.

Vergrotingsopnamen (radiologisch) hebben we ook gemaakt, maar deze zijn niet goed bruikbaar door de onscherpte die hierbij ontstond.

KONKLUSIE

De verdienste van de röntgentechniek is dat details van fossielen zichtbaar worden gemaakt die door mechanische blootlegging verdwijnen dan wel niet te bereiken zijn, doordat zij dieper in het fossiel zijn gelegen. Voorbeelden hiervan zijn een trilobiet met aangetoonde maag en een slangester, waarvan bij het uitprepareren een deel van een arm ontbrak, terwijl later bij een röntgenopname bleek dat dat deel van die arm was omgeklapt en dieper in het gesteente lag; vergelijk de figuren 8 en 9. Hieruit blijkt wel dat altijd eerst een röntgenopname moet worden gemaakt, vooral van bijzondere stukken, voordat er met prepareren wordt begonnen (fig. 10). De röntgenfoto kan in twijfelgevallen tevens uitsluitsel geven over de vraag of een tijdrovende blootlegging lonend is. Tenslotte moeten wij hieraan toevoegen, dat vooromschreven technieken door ons alleen met succes konden worden toegepast bij de Hunsrückschiefer.

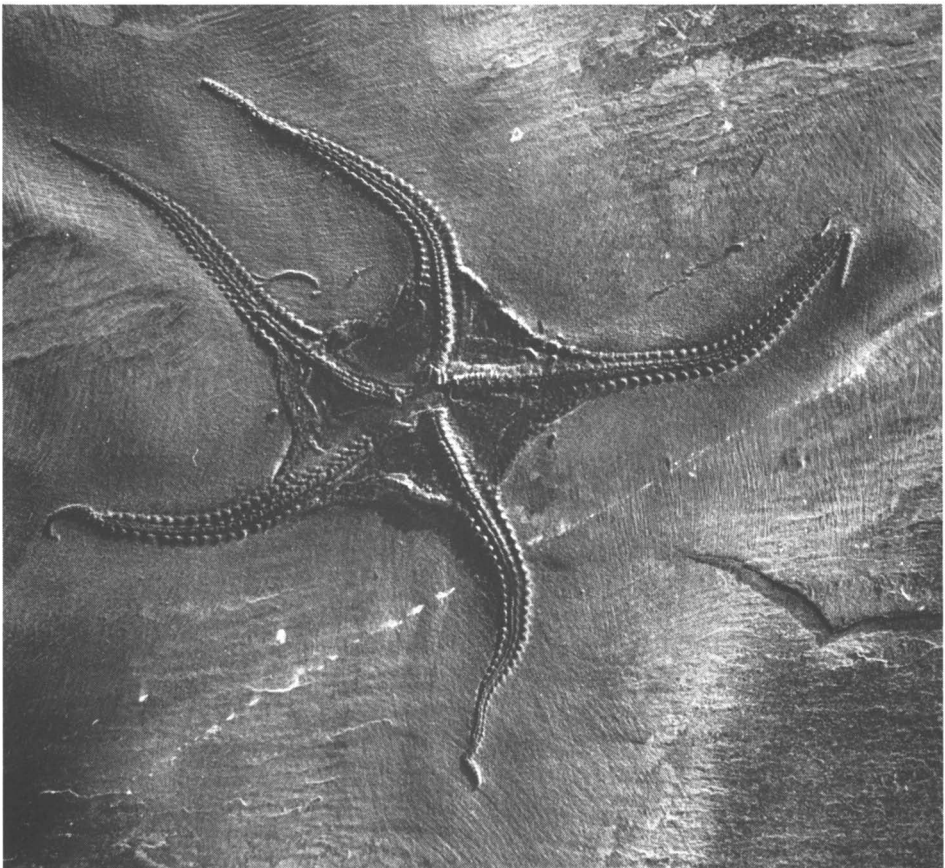


Fig. 10: Slangester *Encrinaster roemeri*, apicaal (0,85 ×). Collectie B., Bundenbach.

SUMMARY

This paper presents several fossils occurring in the so-called Hunsrückschiefer, near Bundenbach, West Germany. In addition to the usual preparation and conservation techniques, X-ray examination has been applied to study the fossils in more detail. It appeared that, especially for the pyrite-bearing specimens, the X-ray photographs could show several features of the interior of the fossil (compare fig. 8 and fig. 9).

LITERATUUR:

- KUHN, O., 1961: Die Tierwelt der Bundenbacher Schiefer. Die neue Brehm-Bücherei. Wittenberg-Lutherstadt.
- KUTSCHER, F., 1983: Die Tierwelt von Bundenbach vor 350 Mio. Jahren. 700 Jahre Bundenbach. Bundenbach.
- OPITZ, R., 1932: Bilder aus der Erdgeschichte des Nahe-Hunsrück-Landes. Birkenfeld.
- STÜRMER, W., 1983: Bundenbach - ein Begriff für die Welt der Paläontologen. 700 Jahre Bundenbach. Bundenbach.
- STÜRMER, W., SCHAARSCHMIDT, F., MITTMEYER, H.G., 1980: Versteinertes Leben im Röntgenlicht. Kleine Senckenberg, Reihe Nr. 11. Frankfurt am Main.
- SÜDKAMP, W.H., (1980): Pantservis boven water. Grondb. en Ham., 1980, pag. 105-108.
- Televisiebeelden uit het devoon. Grondb. en Ham., 1973, pag. 25-27.
- THEIS, O., 1980: Fossilien im Bundenbacher Schiefer. Schöpfung und Geschenk. Bundenbach.