

grondboor en hamer

Tijdschrift van de
NEDERLANDSE GEOLOGISCHE VERENIGING

No. 4

augustus 1969

redactie

Secretariaat	:	Ootmarsumsestraat 116	Oldenzaal
Hoofdredacteur	:	J. H. Römer	Nijverdal
Redactiecomm.	:	W. F. Anderson	Oldenzaal
		W. M. Arents	Oldenzaal
		G. M. Roding	Enschede
		W. M. Felder	Vijlen

Inhoud

FOSSIELE LEVENSSPOREN Deel I

A. P. Schuddebeurs

De afbeeldingen, behorende bij
deze studie, verschijnen in no.5,
oktober 1969.

FOSSIELE LEVENSSPOREN

A. P. Schuddebeurs

„Wanneer elke wending, gemaakt door een worm of schelp en elke afdruk, achtergelaten door de klauw van een crustacee wordt beschreven als een bijdrage tot de wetenschap, wordt het tijd halt te roepen en alvorens nieuwe species te omschrijven enkele van de oude omschrijvingen te schrappen”.

James, 1884.

INLEIDING

Er is vooral in het verleden meermalen gediscussieerd over de vraag in hoeverre men gerechtigd is een dier of plant een naam te geven wanneer men het organisme niet in haar geheel kent. Deze vraag kwam aan de orde toen men te maken kreeg met incomplete overblijfselen van planten en dieren die men in de aardlagen uit oudere geologische tijden aantrof en ze ging beschrijven.

Wanneer een bioloog een beschrijving van en een soortnaam aan een nieuw gevonden organisme geeft, heeft hij als regel de beschikking over dat organisme in haar geheel en zal hij van bijvoorbeeld een schelpdier niet alleen de schelp beschrijven, maar vooral ook het dier zelf dat de schelp afscheidde en bewoonde. Voor hem is de schelp een onderdeel van het geheel.

Voor de paleontoloog staan de zaken anders. Noodgedwongen zal hij zich moeten behelpen met die delen van het organisme die aan de tand des tijds voldoende weerstand boden. Van het vroeger levende schelpdier staat hem meestal alleen de schelp zelf ter beschikking of zelfs alleen maar een schelpafdruk of een kernvulling. Dit weerhoudt hem niet deze resten evengoed een soort- en familienaam te geven en ze op dezelfde wijze in te delen en in dezelfde systemen als de bioloog dat met recente soorten pleegt te doen. Daar ook de paleontoloog evenmin namen als een nomenclatuur systeem kan missen gaat men op dezelfde wijze voort, wel bewust van de bezwaren en moeilijkheden die aan deze werkwijze kleven. Deze bezwaren komen nog sterker tot uiting wanneer de geoloog te maken krijgt met sporen die een of ander dier achterliet toen het zich voortbewoog in

of over zand en klei, die op dat moment week genoeg waren om uit te wijken voor het gewicht en de bewegingen van het dier. Deze fossiele levenssporen (Duits: Lebensspuren; Engels: trace fossils) ontmoette men regelmatig in de sedimenten, maar lang niet altijd is hun ware aard direct doorzien. Men zag er vaak plantenfossielen in en gaf er dienovereenkomstige namen aan (*Chondrites*, *Eophyton* enz.), die ze nu nog dragen omdat veel van deze vormingen algemeen bekend zijn en hun namen een bepaald begrip of verschijnsel dekken. Maar met nomenclatuur in paleontologische of in biologische zin hebben deze „soort” en „familie” namen niets te doen.

Ook nu nog volgen jagers en onderzoekers de sporen van dieren die ze willen buitmaken of bestuderen. Sommigen van hen kunnen aan de hand van sporen vergaande conclusies trekken, niet alleen van de soort maar ook betreffende leeftijd, geslacht, gezondheidstoestand enz. van het dier, dat ze achtervolgen. De juistheid van hun veronderstellingen kan gecontroleerd worden nadat ze het achtervolgde dier bemachtigd hebben. Maar ook de meest ervaren spoorzoeker zal moeilijk een goede verklaring kunnen geven van een spoor dat een hem onbekende diersoort achterliet. Zelfs zal hij in zo'n geval eraan kunnen twijfelen of hij wel met diersporen te maken heeft of met verschijnselen van een geheel andere oorsprong.

De sporen die de geoloog in de sedimenten ontmoet, kunnen zo duidelijk zijn dat in bepaalde gevallen niemand er aan twijfelt dat we bijvoorbeeld te maken hebben met de afdrucken van vogelpoten. Soms echter vertonen de gesteenten een zodanige wirwar van vroegere bewegingen door het fossiele slib, dat tot nu toe niemand er wijs uit kon worden. Ook is het lang niet altijd duidelijk of de waargenomen verschijnselen hun ontstaan te danken hebben aan levende organismen dan wel of er mechanische oorzaken in het spel waren. Het onderscheid tussen vertakte plantenresten en eveneens vertakte graafsporen van dieren is vaak zeer moeilijk. Door SEILACHER is de volgende goed bruikbare en naar ik meen nu wel algemeen aanvaarde definitie van het begrip „Lebensspur” gegeven: „Levenssporen zijn vormingen in het sediment, verlaten door levende organismen”.

Vaak is het moeilijk te besluiten wat achter deze accolade valt. Moeten we de cirkelronde putjes, elk omgeven door een kleine ringwal die we soms op het laagvlak van een plaat bontzandsteen zien verklaren als fossiele indrukken van regedroppels of zijn het door graafwespen gegraven holen? Op dergelijke vragen hoopt de geologie het antwoord te kunnen geven. Nadat in de vorige eeuw en kort daarna veel over fossiele levenssporen is geschreven en de discussies soms hoog opblaaiden, zijn deze verschijnselen gedurende een aantal jaren nogal verwaarloosd. Vele paleontologen gingen eraan voorbij, omdat het geen „echte” fossielen (Duits: Körperfossilien; Engels: body fossils) betrof. De laatste jaren komen ze, vooral ook door de werken van HÄNTZSCHEL en SEILACHER, weer meer in de belangstelling.

Volgt men in de literatuur de discussies over de fossiele levenssporen, dan komen twee aspecten sterk naar voren. Aan de ene kant kan men zich niet aan de indruk onttrekken dat op geen ander terrein van de geologie de interpretatie van het waargenomene zo sterk afhankelijk was van de persoonlijke visie en de voorinstelling van de auteur als hier. Meermalen „zag” men meer dan er in feite te zien was. Tekeningen van „fossielen” werden soms kunstig getouchéerd, ten einde ze toch maar wat meer op dit „fossiel” te doen lijken. (H ä n t z s c h e l, 1962.)

Aan de andere kant werd het streven om het geologisch verleden te verklaren uit het heden wel eens wat ver doorgevoerd. Wanneer men een fossiel levensspoor aantroft dat overeenkomst vertoont met een door een recent dier achtergelaten spoor, heeft men zo'n fossiel spoor meermalen genoemd naar het recente dier (*Corophium-Corophioides*). Later is gebleken dat sommige wormen een spoor nalaten dat niet te onderscheiden is van dat van én of meer andere diersoorten. Tegen deze wijze van naamgeving zijn dus niet alleen strikt theoretische bezwaren in te brengen. Zelfs wanneer men het fossiele kruipspoor A vindt met aan het einde daarvan het dier B, is het niet geheel zeker dat A door B werd veroorzaakt. We weten dat tegenwoordig soms een dier C gebruik maakt van de door B verlaten woonholten en er zijn voldoende aanwijzingen voor de veronderstelling dat dit ook in het geologisch verleden soms het geval was.

Men kan zich afvragen of het wel nodig is fossiele levenssporen een naam te geven. Dat men dit vroeger vaak bij vergissing wel deed, hoeft geen reden te zijn er mee door te gaan. Meerdere, goed van elkaar te onderscheiden vormingen, zijn echter sinds vele jaren onder bepaalde namen bekend. Zo'n naam dekt een begrip. Ingewijden kennen de vormingen die met deze namen worden bedoeld. Daarom zal men in de praktijk „soort”- en „familie”namen niet missen en zullen we niet alleen deze namen handhaven, maar soms ook nieuwe invoeren. Verder zal men er naar blijven streven de „soorten” zo niet binnen „familie” grenzen, dan toch in bepaalde groepssystemen onder te brengen. Er is echter nog geen eenheid van opvatting welk systeem de voorkeur verdient.

1. Fossiele levenssporen in Onder-Cambrische zwerfstenen.

„Onze kennis van de Cambrische fauna is nog zo beperkt dat zelfs zulke vondsten de aandacht verdienen die op het ogenblik louter en alleen curiositeiten schijnen te zijn”.

H ö g b o m, 1915

A. Skolithos, Monocraterion en Diplocraterion.

Fossielen in Onder-Cambrische zandstenen en kwartsieten worden slechts zelden gevonden. Daarentegen komen fossiele levenssporen veel meer voor. Zo kon ik in Norg in 1957 vaststellen dat op een totaal van 1020 zandstenen en kwartsieten uit één gezelschap 47 zwerfstenen voorkwamen die fossiele levenssporen bevatten, dus bijna 5 %. Hiertegenover staat wat de heer S. Loman te Eeserveen mij kort geleden mede deelde. Na het diepploegen van een akker in zijn woonplaats kwam een groot aantal zwerfstenen te voorschijn, waaronder vele Cambrische zandstenen en kwartsieten, zeker verscheidene honderden. Naar zijn schatting bevatte ongeveer de helft daarvan levenssporen!

Het is al lang bekend dat in één gezelschap soms een abnormaal groot aantal zwerfstenen van één soort kan voorkomen. SCHULZ (55) vermeldt plaatselijke voorkomens van Siluurkalkzwerfstenen, waar deze zwerfstenen zeer talrijk zijn, terwijl ze in de naaste omgeving en in dezelfde moraine ontbreken of veel minder in getal zijn. ESKOLA noemde deze vorm van zwerfsteen-verbreding „Shrapnellgeschiebe” en verstaat daaronder grotere schollen die en bloc in het landijs vervoerd werden voor ze uit elkaar vielen en kort daarna tot sedimentatie kwamen. Dat percentage kan dus plaatselijk nogal wat verschillen. Op de meeste plaatsen van Drenthe zal het niet veel afwijken, maar op de Veluwe en in de omgeving van de stad Groningen is het percentage kleiner. Daarentegen zal het bijvoorbeeld op de Hümling groter zijn, dicht bij 10 % en in de Würmkeileem van Sleeswijk-Holstein is het percentage eveneens groter dan 5 %. Het meest verbreid zijn de fossiele levenssporen in de vorm van de buizenzandstenen (Duits: Pfeifenquartzit; Engels: pipe rocks).

De meest bekende en wellicht ook de meest omstrede buizenzandsteen is die met buizen van *Skolithos linearis*. Door H ä n t z s c h e l (1960, 1962) is er kort geleden weer op gewezen, nadat H o w e l l dit in 1943 reeds had gedaan, dat H a l d e m a n n dit gesteente in 1840 als eerste heeft beschreven en wel uit het Cambrium van Pennsylvanië (V.S.) onder de naam *Skolithos linearis* in een sindsdien bijna geheel zoekgeraakt geschrift. De naam *Scolithus* duikt het eerst op in het in 1847 verschenen werk van v o n H a l l „Paleontology of New York”. Volgens H ä n t z s c h e l is *Skolithos linearis* ook beschreven onder de namen:

<i>Fucoïdes linearis</i>	
<i>Tubulites</i>	(Rogers, 1838)
<i>Scolecolithus</i>	(Roemer, 1848)
<i>Scolecolithes</i>	(Groeppert, 1852)
<i>Scolites</i>	(Salter, 1857)
<i>Haughtonia</i>	(Kinahan, 1858)
<i>Scolecites</i>	(Salter, 1873)

We doen er goed aan om, in overeenstemming met de internationaal geldende regels, de naam *Skolithos linearis* te gebruiken, maar het zal zoals ook HANTZ-SCHEL reeds opmerkte wel wat moeilijk zijn om de naam *Scolithus*, die reeds een eeuw is ingeburgerd, te vergeten. In het volgende zal ik mij aan de juiste naam houden, ook waar ik andere schrijvers citeer die zelf de naam *Scolithus* gebruikten.

Hoewel er veel verschil van opvatting was onder de vele auteurs die dit gesteente beschreven, waren ze het er wel over eens dat er typische en minder typische *Skolithos*-zandstenen zijn. De typische vertonen geen gelaagdheid en bevatten met zand gevulde buizen die stijf tegen elkaar staan, dus zonder buisloze tussenruimten. De diameter van de buizen ligt tussen 1 en 7 mm, maar in één stuk zijn de diameters gelijk. Het meest algemeen worden zwerfstenen gevonden waarin de buizen 3 à 4 mm dik zijn. De buizen beginnen en eindigen stomp, zijn overal even dik en staan dus zonder verwijding of vernauwing tegen elkaar (Fig. 1). Aan de boven- en onderzijde van de *Skolithos*-zwerfsteen zien we de buizen vaak als ronde knobbels uitsteken. Er worden echter ook exemplaren gevonden waarvan de bovenzijde vrij glad is en weer andere waarbij in plaats van uitpuilende knobbels kleine putjes zijn te zien (Fig. 2).

In de minder typische *Skolithos*-zandsteen staan de buizen, die overigens dezelfde eigenschappen hebben als die in de typische, verspreid in een meestal duidelijk gelaagde zandsteen. Meestal staan ze zuiver parallel en vrijwel loodrecht op de gelaagdheid, maar ook elkaar kruisende buizen komen, hoewel zeer zeldzaam, voor (Fig. 3). De kleur van de zwerfstenen gaat tussen bijna zuiver wit, lichtgeel tot bruin, soms ook wat gevlamd. Rode tinten zijn zeldzaam. Een gering kleurverschil tussen het zand in de buizen en daaromheen is vaak op te merken. Donkergrijze zandstenen met bijna witte buizen zag ik slechts twee maal in Had-dorf. In Nederland heb ik ze nog niet aangetroffen, terwijl men ze in de Würm-keileem van Sleeswijk-Holstein bij tientallen kan vinden.

HALDEMANN zag deze buizen aan voor fossiele woningen van wormen, maar deze zienswijze zou nog veel bestrijding ondervinden. Zo kon NATHORST zich wel voorstellen dat de verspreid voorkomende buizen door wormen gegraven konden zijn, maar nam in 1886 voor de typische, dicht opééngebouwde *Skolithos* een andere, hem overigens niet bekende, maar mechanische oorzaak van ontstaan aan. Dat NATHORST hiertoe kwam is niet zo verwonderlijk. Allereerst is er het feit, dat we in de *Skolithos*-zandsteen nooit een overblijfsel vinden van de worm zelf die de buizen zou hebben gegraven. Daarnaast de wetenschap, dat we meer zandstenen vinden met verschijnselen die we zeer goed kunnen verklaren wanneer we een mechanische ontstaanswijze aannemen. Denk in dit verband aan fossiele golf- en windribbels, aan fossiele indrukken van regendroppels enz. Het ging er nu om de mechanische ontstaanswijze van deze buizen te achterhalen, te reconstrueren of nog beter hun ontstaan in de huidige natuur waar te nemen. Het zou een nederlands zandstrand worden dat een later zweeds geoloog, namelijk HOG-BOM op het spoor bracht van de mechanische wijze van ontstaan van buizen in strandzand.

riogboom bracht een vakantie door aan de stranden van Katwijk, Egmond en Wijk aan Zee. Hij deed daar een aantal waarnemingen waarover hij zeer uitvoerig berichtte en zijn verslag was zo duidelijk dat hij velen zijner tijdgenoten kon overtuigen. Ook als men het met zijn konklusies niet eens is, zal men moeten erkennen dat hij een scherp waarnemer was. Men leze zelf: „Toen ik op een

morgen een wandeling maakte langs het strand nam ik talrijke vertikaal staande gaten waar in de zojuist drooggevallen strandwal en wel hoofdzakelijk op het laatst drooggevallen gedeelte waar ze zo dicht stonden dat men hier en daar op 100 per m² kon rekenen. De overeenkomst in dwarsdoorsnede gezien met de Skolithos van de Cambrische zandsteen van deze buizen viel mij direkt op. Ik zocht vergeefs naar de Anneliden of andere organismen welke het zand zo doorboord konden hebben. Daar deze, als ze er geweest waren, in de korte tijd van hoogstens enkele kwartieren niet allen verdwenen konden zijn leek het mij nodig een andere wijze van ontstaan voor de gaten aan te nemen en daarom wachtte ik af tot de volgende vloed om na te gaan of de verschijning wederom op zou treden. Dit gebeurde ook toen de op de eerste strandwal gebroken golven de tweede met een dunne laag water overstroonden en daarbij de lucht uit de droge zandlaag dreven.

Aan de hoogste delen van de strandwal waar het zand tot in aanmerkelijke diepte was uitgedroogd stegen voortdurend luchtballen op, daarbij loodrechte buizen in het zand vormend, die als uitstroomkanaal dienden en zich naar beneden verlengden in dezelfde mate waarin het water zich van bovenaf in het zand zoog. Het met de uitstromende lucht meegesleurde zand werd meestal door het overvloeiende water meegevoerd, maar wanneer het water zich slechts langzaam over de strandwal bewoog kon het zand zich aan de opening van het gat ophopen zodat zich een kleine kegel met een kratervormige opening vormde. In andere gevallen werd het zand door de luchtballen opzij gedreven zodat een kleine ringwal op iets grotere afstand (5 tot 8 mm) van de buis ontstond... De doorsnede der buizen was meestal 2 mm, bij uitzondering 4 mm. De diepte bereikte gewoonlijk een paar cm of iets meer, maar diepten van 7 tot 10 cm waren ook niet zeldzaam. De grootste diepten die ik kon meten waren 12—13 cm, maar deze werden zelden aangetroffen. Ze liepen door tot op het droge zand. Waarschijnlijk had de meerderheid van de anderen deze diepte ook bereikt, maar ze waren reeds voor de meting gedeeltelijk met zand opgevuld... Karakteristiek voor deze buizen is nog dat de grootsten ervan zich soms trechtervormig naar boven verwijdden zodat de uitmonding zich in een kleine schaal bevond. De doorsnede van deze schotels kon 1 cm bereiken en in de bodem van de schaal was de uitmonding van de buis in enkele gevallen van het boven beschreven kratervormige model (14)".

Laat ons eerst eens zien waarom HUGBOM naar Anneliden zocht. Onder deze, tegenwoordig in onbruik geraakte naam, werd vroeger een zeer heterogeen gezelschap wormvormige dieren samengevat. HUGBOM dacht vermoedelijk aan een of andere vertegenwoordiger van de grote groep ringwormen of borstelwormen. Ringwormen danken hun naam aan het feit dat hun lichaam in talrijke ringen is verdeeld. Bij de borstelwormen heeft elke ring twee paar uitsteeksel die pootjes genoemd worden en waarop borstels zijn ingeplant. Bij de bekende regenworm, die op het oog zo glad lijkt, zijn de pootjes nog rudimentair aanwezig en heel klein, maar vooral in zee leven nu nog een groot aantal soorten wormen met sterk ontwikkelde borstels.

Daar is bijvoorbeeld de zeeduizendpoot, *Nereis diversicolor*. Vanuit zijn woning, een buisje in het zand, maakt deze worm talrijke escapades over het wadoppervlak en laat daarbij karakteristieke kruipsporen na. Het is een alleseter, die zowel wieren van de wadoppervlakte eet als detritus, de in het zeewater zwevende resten van planten en dieren, verzamelt en in de bodem gestorven dieren eet.

(Fig. 4 en 5). Gevolg van deze levenswijze is dat we van deze op het wad levende soort niet één maar drie verschillende sporen kunnen waarnemen:

- a. kruipsporen over het wadoppervlak;
- b. graafsporen in diverse richtingen door het slib;
- c. de vertikaal staande, min of meer continu gebruikte woonholten.

Een andere verschijning op het wad is de korrelworm, *Heteromastus filiformis*, rood en zeer dun, die op 10 cm diepte leeft en zichzelf door het slib vreet. Met het slib komt de nodige organische stof wel binnen, waarvan deze worm moet leven. Z'n uitwerpselen legt deze worm als ovale korrels om de uitgang van z'n gangetje. Vooral de jonge dieren leven in grote kolonies tot 30.000 exemplaren per m².

Men kan zich afvragen waarvan zo grote menigten dieren bestaan, maar vooral het fijne slib bevat een grote hoeveelheid voedsel. Waddenslib kan tot 10% van de droge stof aan organisch materiaal bevatten. Dit gehalte daalt naarmate het slibgehalte afneemt, zodat een zandig strand 2% of nog minder organisch materiaal zal bevatten. De wadpier, *Arenicola marina*, graaft een J-vormige buis, meestal 20 à 30 cm diep, bij uitzondering tot 60 cm (Fig. 6).

BRENNING (1967) heeft aangetoond dat de dichtheid van de bezetting per m² van *Arenicola* afwisselend is dat deze wordt beïnvloed door de korrelgrootte van het sediment, de waterdiepte en de plantengroei.

De wanden van hun buizen zijn steeds samengesteld uit zandkorrels van dezelfde diameters, namelijk tussen 200 en 300 micron.

Hieruit volgt dat *Arenicola* over een keuze vermogen beschikt, niet alleen bij het graven van zijn buis, maar ook bij het kiezen van de korrels waarmee hij blijkbaar de wand van zijn buis bekleedt.

De bezettingsdichtheid per m², ontleend aan diverse auteurs, wordt door BRENNING als volgt opgegeven:

Gebied van onderzoek:	Maximum ex/m ²	Gemidd. bezetting	
Engelse kust	47	18 — 25	Chapman en Newell 1949 Newell 1948
Deense kust	—	7 — 30 20 — 35	Schmidt 1951 Thandrup 1935
Witte Zee kust	26		Matwejewwa 1955
Noordzee kust	91 74	30 — 35 15 — 70	König 1943 Plathe 1943 Linke 1939
Langenwerder Oostzee	73	10 — 60	Brenning 1961

(Brenning, Ulrich 1967: Die siedlungsdichte von *Arenicola marina* (L) im Raum der Insel Langenwerder (Wismar-Bucht).

Wissensch. Zeitschrift der Univ. Rostock 16 Jahrgang. Mathematisch-naturwissensch. Reihe, Heft 9/10, 1967).

Meestal houdt hij zich op in het horizontale deel van de buis, ligt daarin met de kop aan het blinde einde en stoot daartegen met de kop. De modder, die mede door dat stoten zakt, eet de worm op. Daarnaast wordt water door het open deel van de J-buis gezogen, wat de worm voor z'n zuurstofvoorziening nodig heeft. Met dat water komen slik en wat organismen mee, welke zich aan het blinde einde van de buis verzamelen en eveneens door de worm gekonsumeerd worden. Zand en klei boven het blinde eind van de buis worden door de aktiviteit van de worm ondermijnd en zakken na, waarbij een trechter ontstaat aan de oppervlakte die wel 10 cm in diameter kan bereiken, maar meestal niet erg diep is. Als gevolg daarvan gaat de J-buis meer en meer lijken op een U-buis. Af en toe kruipt de worm door het open deel van de buis omhoog en deponeert z'n spijsverteringsprodukten in de vorm van het bekende „tandpastahoopje” op het wadoppervlak (Fig. 7).

De woning van de gemshoornworm, *Nerine cirratulus*, is een vertikaal en niet gebogen buisje. Z'n naam berust op het bezit van twee gedraaide cirren aan de kop die veel lijken op de horens van de gems. Ze leven met de kop omhoog in hun buisjes en met hun voortdurend wapperende cirren zeven ze plankton uit het zeewater en vermoedelijk ook van het wadoppervlak. Bij deze bewegingen wordt het bovineinde van de buisjes iets verwijd tot een klein trechtertje. Op het wad bij Vlieland telde ik weleens 5000 exemplaren per m².

Bij deze voorbeelden van recente zeewormen, die ieder aan het wad kan bestuderen, zullen we het eerst laten. Er zijn echter veel meer soorten bekend, elk met hun eigen gewoonten en met verschillende woningen zonder, met één of meer trechters. Men zie ook het Waddenboek (70).

Fossiele borstelwormen kent men al vanaf het Onder-Cambrium. Het ligt dan ook voor de hand bij het zien van Skolithos-zandsteen aan dergelijke wormen te denken, maar aan de andere kant is het een goed principe om bij het geven van een verklaring van bepaalde geologische verschijnselen er steeds rekening mee te houden dat het ook anders kan. Men zal toegeven dat de buizen die HÜGBOM op het strand aantrof op zichzelf veel overeenkomst vertoonden met de boven gegeven omschrijving van de buizen in de Skolithos-zandsteen, zeker met die met verspreid staande buizen. Alleen met een frappant verschil: de tweede Skolithos-buizen eindigen stomp en vertonen geen kraters of trechters. Of toch? In het tweede Cambrium komel wel degelijk buizen-zandstenen voor waarbij de buizen in trechters eindigen en dat nog wel in meerdere soorten, die beschreven werden door TORELL (1867). De eerste is door hem *Monocraterion tentaculatum* genoemd. Het gaat hier om buizen die veel overeenkomst vertonen met de verspreid geplaatste Skolithos, alleen eindigen de buizen niet stomp maar in een trechter. De buis is meestal recht, loodrecht op het laagvlak, meestal 3 à 4 mm dik, naar boven zeer geleidelijk in wijdte toenemend en meestal 6 tot 8 cm lang, bij uitzondering wat meer, maar boven 16 cm zijn ze niet waargenomen. De doorsnee van de trechter is soms cirkelvormig, ook wel wat onregelmatig. De wijdte zowel als de diepte van de trechters wisselen. Meestal zijn ze 10 tot 15 mm, zelden 20 mm en groter dan 22 mm zijn ze niet gevonden. De buizen staan nooit zo dicht bijeen als bij Skolithos. Meestal loopt de buis door een trechter heen en bereikt een tweede, derde of nog meer boven elkaar gelegen trechters. De afstand tussen twee trechters langs de buis gemeten is meestal kleiner dan 1 mm. Ze worden aangetroffen in goed gelaagde zandstenen en in kwartsietische zandstenen van dezelfde kleuren als bij Skolithos genoemd.

Al naar de conservatie toestand kunnen de trechters zich op de zijkanen van de zwerfstenen meer of minder duidelijk aftekenen. Waar ze niet te zien zijn is het soms toch mogelijk ze te onderscheiden van *Skolithos* zandstenen met verspreide buizen en wel wanneer het bovenvlak van de Monocraterion-zwefsteen een snede vormt door de trechters. Om de buis zelf vertonen zich dan een wisselend aantal concentrische cirkels (Fig. 8 en 9).

Daarnaast kennen we Onder-Cambrische zandstenen met U-vormige buizen die door TORELL beschreven zijn onder de naam *Diplocraterion parallelum*. Ook hier weer buizen van meestal 4 mm dikte, meestal loodrecht op de gelaagdheid staande en zuiver parallel verloopende. Aan de onderzijde zijn beide buizen met elkaar verbonden langs een halfcirkelvormige lijn. De afstand tussen de buizen is bijna altijd 22 mm. Enkele uitzonderingen op deze regels zullen verderop behandeld worden. Aan de bovenzijde eindigen beide buizen soms in trechters van onregelmatige vorm met een uiterste diameter van 7 tot 15 mm. Meermalen ontbreken de trechters en is er al naar de verwerkingstoestand en de meerdere of mindere hechtheid van het gesteente binnen het buizenstelsel en daaromheen soms een spleet van min of meer ovale vorm ontstaan, dan wel de uiteinden van de buis steken met de verbinding tussen de buizen min of meer uit. Ze komen evengoed voor in goed gelaagde zandstenen als in kwartsieten. De kleur en de korrelgrootte van het gesteente komen met die van de beide vorige overeen.

In de ruimte binnen de U-buis is de gelaagdheid verstoord. Deze verstoring wordt door alle auteurs beschreven als naar beneden gebogen, waarbij deze boogjes met een grotere straal zijn getrokken dan de onderzijde van de U-buis (Fig. 10 en 11). Afhankelijk van de wijze waarop de zwerfsteen met *Diplocraterion parallelum* van het moedergesteente is afgebroken en van de verwerkingstoestand zijn de U-buizen als zodanig soms wel, soms niet te zien. De bovenzijde van de zwerfsteen vertoont dan meestal een beeld als weergegeven in Fig. 12 en 13, zodat de zwerfsteen daaraan herkenbaar is.

TORELL (1868) onderscheidde bovendien *Diplocraterion lyelli*. WESTERGÅRD (1931) beschreef dit levensspoor als een U-buis, buisdikte 3 mm, rechte benen van de U, vertikaal staande ten opzichte van de gelaagdheid en naar beneden convergerend, zich verenigend tot een korte, dwarse en iets naar beneden gebogen lijn. Beide benen monden weer in trechters uit met diameters tussen 16 en 28 mm en een diepte tot 30 mm, zodat de trechterwanden steiler en groter zijn dan bij *Diplocraterion parallelum*. De binnenzijde van de trechters is vaak overlans gestreept. De afstand tussen twee kegels van een U-buis is 5 tot 0 mm, tussen de buizen in bovenaan 25 mm en onderaan 20 mm. Een kleinere vorm meet hier resp. 15 en 9 mm. De trechters zijn vaak met klei gevuld. *Diplocraterion lyelli* komt in kleihoudende, *Diplocraterion parallelum* meer in zuivere zandsedimenten voor. Naast *Skolithos* herbergt het zweedse Cambrium dus rechte buizen met trechters en U-buizen, vaak eveneens met trechters. Nu had HÖGBOM aan het strand bovendien waargenomen dat de buizen daar soms eindigden in een holle ruimte, iets gewelfd en ongeveer zo groot als een horloge. Als zo'n ruimte instortte, zou daarboven gemakkelijk een wat diepere trechter of kratertje kunnen ontstaan. En zo kwam HÖGBOM er toe alle fossiele buizen uit het zweedse Cambrium op één hoop te gooien en verklaarde hij ze allen te zijn ontstaan door aan het strand opstijgende luchtballen.

Nu is het waarnemen van een fossiele buis in een zandsteen en daarnaast van een min of meer overeenkomende buis in het strandzand nog iets anders dan het

bewijst te leveren dat het bij de fossiele buis hetzij om wormen, hetzij om luchtbellen gaat. Sommige onderzoekers hebben zich van dit soort problemen vrij gemakkelijk afgemaakt.

De theorie van HUGBOM ontmoette zowel bijval als bestrijding. Geheel oorspronkelijk waren zijn waarnemingen niet. Het verschijnsel van de opstijgende luchtbellen bleek al eerder te zijn beschreven door DESOR (1850), die het waarnam aan het strand van Noord-Amerika. Verder bleek dat het verschijnsel niet, zoals HUGBOM abusievelijk dacht, met eb en vloed te maken had, maar alleen met brandingsgolven, want zoals ANDRÉE (1920) opmerkte: „Ze zijn aan de duitse kust vanaf de Lübecker bocht tot Memel iets alledaags”. Zoals bekend is het verschil tussen hoog- en laag water in de Oostzee maar zeer gering, dus veel minder dan aan de Noordzee. HUGBOM liet zich door dergelijke kritiek niet uit het veld slaan en experimenteerde verder in zijn laboratorium te Upsala. Hij slaagde erin luchtbellen door nat zand in een aquarium te laten trekken en blazen in het zand te laten vormen. Hij vond steun bij POTONIE die eveneens geëxperimenteerd had en had kunnen aantonen dat zand van een bepaalde korrelgrootte, gepaard met een zeker gehalte water tussen de korrels, zeer moeilijk doorlaatbaar voor gassen kan zijn.

Ook in het veld werden argumenten pro en contra gevonden. Zo bracht DEECKE (1906) verslag uit van zijn waarnemingen aan het strand van Pommeren. Dit strand was vrij hoog boven zee gelegen, eerder een duinvoet. Het was er zeer droog, tot een hevige regenbui het zand doorweekte. En daarbij bleek het inzakkende regenwater buisjes in het zand na te laten, die sterk overeenkwamen met de luichtbuizen van Katwijk. Maar DEECKE vond bovendien nog iets anders. Aan hetzelfde Pommerse strand leeft het kreeftje *Gammarus*, dat de gewoonte heeft zich met de kop naar beneden in het zand te werken, spartelend en krabbend met de pootjes. Op een bepaalde diepte aangekomen buigt het kreeftje om tot het een halve cirkel heeft beschreven en krabbelt dan weer naar boven. Op deze wijze ontstaat een U-vormige buis en binnen de benen van deze buis hebben de krabbende pootjes bewerkt dat de oorspronkelijk keurig horizontale gelaagd-Op pagina 128 van het Waddenboek (1964) is een dergelijk U-buisje afgebeeld van het slikgarnaaltje, *Corophium volutator*. De overeenkomst tussen deze recente buizen en de Onder-Cambrische is toch te treffend om genegeerd te worden! Of het nu wormen of kreeften zijn, het zijn levende organismen en geheel iets anders dan lucht of water. Dat zo'n vertikaal stijgende luchtbel een buis kan achterlaten, vooruit, maar een U-buis? Dat laatste is ondenkbaar.

Maar ook wat de eenvoudig-rechte Skolithos-buizen betreft kwamen bezwaren los tegen de luchtbellen theorie. RICHTER (1920) vond in de devonische kwartsietische zandsteen van de Eifel buizen die wel enige overeenkomst vertonen met de Skolithos-zandsteen van Zweden, volgens RICHTER zelfs heel veel overeenkomst, maar men vergelijkte zelf (Fig. 14 en 15). Deze devonische buizen zijn vaak gevuld met een wekere massa dan het omringende gesteente, soms groenachtig van kleur, soms geel en dan bruinachtig verwerend. Aan de bovenzijde vertonen zich gaten, nooit uitstekende buiseinden of knobbels. Deze openingen zijn soms rond, maar ook wel, waar ze elkaar raken, veelhoekig en meestal 3 tot 4 mm, soms ook tot 7 mm wijd. De buizen lopen ongelijkmatig taps toe. Onderin zijn ze op z'n hoogst een mmm in diameter, terwijl de verbreding bovenaan het meest toeneemt. De lengte van deze buizen is ongelijk, maar overschrijdt nooit 120 mm. De verwerde en dan gaterige oppervlak lijkt wel wat op een koraalstok. De wand van de buis is verbonden door een kiezelig bindmiddel, terwijl de vul-

massa in de buis door ijzeroxyden is verkit en er soms vrij gemakkelijk uitvalt. Het predikaat „linearis” is op deze buizen niet van toepassing. Ze zijn onregelmatig gebogen en maar zelden recht. RICHTER achtte het niet aannemelijk dat deze buizen door luchtbellen gevormd kunnen zijn, maar achtte ze wel verwant aan Skolithos. Hij vergeleek beide vormen met wormbouwsels aan de waddenkust van Sleeswijk-Holstein. Daar leven wadwormen die min of meer vertikaal op het zand staan en ze bouwen een huisje van zandkorrels, foraminiferen enz. om zich heen, gefundeerd op het wadoppervlak. Ze graven zich dus niet in. Ze scheiden slijm af door hun huid, waarmede de bouwmaterialen verkit worden. De woningen van deze „Sandkoralle”, *Sabellaria alveolata*, zitten hecht in elkaar. Van onder naar boven opgebouwd door de wormen zelf, vertonen de riffen geen gelaagdheid. Ze zijn zo sterk, dat ze, zelfs gebeukt door zware winterstormen, niet uitéenspoelen. Hoogstens breken er stukken af en dan kunnen hele brokken zandkoraal aanspoelen. Hoe dichter de wormen op één staan, des te regelmatiger recht-cilindrisch is de vorm van hun buizen, net als bij de cellen in een bijenraat, die ook regelmatiger zijn naarmate de raat groter en drukker bevolkt is.

RICHTER was er zo stellig van overtuigd hier het levend evenbeeld van *Skolithos* in handen te hebben dat hij voor de *Skolithos linearis* zandsteen en voor die van de Eifel een nieuwe naam bedacht: *Sabellarifex eiflinsis*.

Zoals boven reeds gezegd, had NATHORST voor de typische Skolithos aan een of andere mechanische ontstaanswijze gedacht; voor de verspreid staande buizen nam hij aan dat ze aan wormen te danken waren. RICHTER draaide nu de zaken om. Voor de verspreid staande buizen liet hij de mogelijkheid open dat ze door luchtbellen ontstaan konden zijn, met een beleefde buiging voor HÜGBOM en ter onderscheiding van de typische dichtopéengepakte noemde hij de verspreid staande buizen *Asabellarifex*.

Daarnaast gaf RICHTER namen aan de fossiele buizen met trechters en aan de fossiele U-buizen, welke hij eveneens ontleende aan de namen van recente soorten die dergelijke buizen maken. Verder stelde hij een complete indeling op voor alle kruip- en graafsporen, zoals de lezer ook kan vinden in van der Lijn's Keienboek (1963). Met het geven van deze nieuwe nomenclatuur was het hek van de dam. Leest men de afleveringen van het vooroorlogse „Zeitschrift für Geschieforschung” dan krijgt men sterk de indruk dat de zwerfsteenverzamelaars toen wel min of meer vertrouwd waren met de typische *Skolithos linearis*, maar overigens bestond er veel verwarring. Behalve RICHTER'S namen duiken, soms op nieuw, soms voor het eerst, termen op als „Geflechtsquarzite”, „Rankensteine” en „Scolithus Sandstein mit girlandenformiger Schichtung”. Het werd dan ook hoog tijd dat een gezaghebbende zweedse stem zich liet horen. Dit was de geoloog WESTERGÅRD (1931). Wanneer één studie over deze materie de moeite van het herlezen waard is, dan is het deze wel.

WESTERGÅRD liet de mogelijkheid van het ontstaan van fossiele buizen zoals WESTERGÅRD liet de mogelijkheid van het ontstaan van fossiele buizen zoals voren, gesteund door tal van foto's, die een volkomen nieuw licht op het vraagstuk wierpen. Allereerst wees hij er op dat allerlei uiteenlopende fossielen abusievelijk onder dezelfde naam werden gebracht, zowel door HÜGBOM als door RICHTER. Dat er een treffende overeenkomst bestaat tussen de recente wormbouwsels van *Sabellaria* en de typische, het meest in Zweden aangetroffen *Skolithos* erkende hij, maar er zijn ook frappante verschillen. Bij *Skolithos linearis*, de naam zegt het reeds, zijn de buizen recht, terwijl ze bij *Sabellaria* vaak iets gebogen zijn en bij *Sabellarifex* uit de Eifel meestal. Bij *Skolithos* zijn de buizen

overall even dik, bij *Sabellarifex* onregelmatig taps. Het is juist hun rechtlijnigheid die verschillende onderzoekers er toe gebracht hebben *Skolithos* een anorganische ontstaanswijze toe te dichten. Maar aan de Kalmarsund komen verschillende vormen van *Skolithos* voor. In de vormingen met verspreide buizen zijn iets gebogene niet zeldzaam; staan ze echter dicht opeen, dan vindt men slechts bij hoge uitzondering gebogen buizen. Die laatste uitzondering kent WESTERGÅRD alleen van Runnö, waar hij iets gebogen, uitzonderlijk dunne buizen van slechts 1,5 mm dikte dicht opeengepakt vond in een klei-achtige, mica bevattende zandsteen (Fig. 16). Verder kon hij vaststellen dat verschillende typen buizen in elkaars gezelschap voorkomen. Zo vond hij bij Mörbylanga drie gescheiden strata, waarvan de bovenste rijk aan buizen was, in het midden stonden ze verspreid en dun gezaaid en onderaan weer tamelijk talrijk. In het laatste deel vertoonden zich soms twee buizen die naar elkander toe gebogen waren alsof ze zich wilden verenigen, hetgeen WESTERGÅRD in stukken met verspreide buizen vaker kon opmerken (Fig. 3). Het is mogelijk „dat enkele buizen in alle drie de strata doorlopen, in ieder geval lopen vele ervan vanuit een strata in de middelste door. Het is evident dat in dit geval alle buizen van dezelfde origine zijn en gebouwd door dieren van dezelfde soort”.

Vanzelfsprekend hoeft dit niet overal het geval te zijn. Waar buizen van verschillende diameters, tussen 1,5 en 7 mm, zijn aangetroffen is er veel kans dat deze door verschillende diersoorten werden gebouwd. Maar om alleen op grond van verschil in diameter deze fossiele buizen verschillende namen te geven, acht WESTERGÅRD subjektief en onjuist. Vandaar dat hij deze vormingen blijft samenvatten onder de naam *Skolithos linearis* en ze beschouwd als fossiele woningen van wormen.

Door V.D. KLEY (1946) en ook door V.D. LIJN (1963) is nog onderscheid gemaakt tussen *Skolithos*-zandsteen en „kokerzandsteen”. Zover er verschillen zijn, liggen deze alleen in de wat grotere diameter van de buis en in de mate waarin de boven- en ondereinden van de buizen behouden zijn gebleven, respectievelijk zijn uitverweerd. Deze „kokerzandstenen” zijn mij wel bekend. *Skolithos*zandstenen, waarvan de buizen 6 tot 10 mm diep zijn uitverweerd komen eveneens voor. Naar mijn mening behoort ook de z.g. kokerzandsteen bij de *Skolithos*groep ingedeeld te worden. Tegen de bewijsvoering van WESTERGÅRD is niets meer ingebracht. Tegenwoordig wordt door de vaklieden niet meer bestreden dat het bij *Skolithos* om fossiele woningen van kolonievormende organismen gaat. Ik zou het hierbij dus rustig kunnen laten, ware het niet dat ook aan de hand van nederlandse zwerfstenen argumenten pro WESTERGÅRD zijn te ontleen.

Ons lid, de heer Huisman te Hoogezand, bezit een zwerfsteen waarvan de ene helft een typisch dichte en ongelaagde *Skolithos*-kolonie laat zien, terwijl de andere helft, messcherp van de eerste gescheiden, een kriskras gelaagde zandsteen is met verspreide buizen van het kokertype. Hier wordt wel zeer duidelijk gedemonstreerd dat de typische *Skolithos*buizen werden opgebouwd bovenop het sediment, terwijl die met verspreide buizen loodrecht in het sediment gegraven werden. Dit loodrecht op het laagvlak graven moet men niet al te letterlijk opvatten. Hoeken van 10 en 15 graden zijn zowel bij *Skolithos* als bij *Diplocraterion* niet al te zeldzaam. Kennelijk hielden de lagen wat af, waarin de dieren hun woning groeven, loodrecht op de toenmalige horizon.

Het voorkomen van luchtbuizen en luchtblazen in het zand staat vast. Ze zijn ook door mijzelf meerdere malen waargenomen aan de stranden van de Wadden-

eilanden. Verder acht ik het goed mogelijk dat bepaalde holten, in sommige zandstenen soms bij tientallen aan te treffen, fossiele luchtbellens zijn. Ook kan ik mij voorstellen dat zo'n luchtbel, gevoed vanuit een eronder geplaatst buisje, voorzien wordt van een buisje boven de luchtbel, indien de spanning van de in de bel opgesloten lucht groot genoeg is om zich een uitweg naar boven te banen. Het is echter zeer moeilijk zich voor te stellen dat opstijgende en de luchtbel passerende lucht in staat zou zijn in deze holten doorgaande buizen op te bouwen, zoals die te zien zijn in de zwerfsteen, afgebeeld in Fig. 16. Het eerst vond ik deze buizen in deze Skolithos-zandsteen van Zeyen (Drenthe) en wel aan de buitenzijde zichtbaar. Nu is het denkbaar (het komt zelfs vaak genoeg voor) dat door een of andere oorzaak het zand niet overal even goed verkit zou zijn en dat door vertering een holte ontstaat tijdens het ijstransport of later. Maar op een verse breuk, die dus een vlak te zien geeft dat niet aan de vertering was blootgesteld, vinden we dezelfde holten met vrij daarin staande buisjes. Later vond ik deze vrijstaande buisjes ook in een grovere, minder kwartsietische zandsteen van Veenhuizen met buizen van 4 mm dikte. Ten slotte nog een zwerfsteen in het Gieterveld met buizen van 2 mm dikte, die de vrijstaande buisjes op slechts één plaats vertoont. Dat we voor dergelijke buizen-zandstenen stellig moeten denken aan zelfbouwende en het zand verkittende organismen lijkt mij evident.

Men zou nog kunnen opmerken dat ongetwijfeld ook een groot aantal holten in zandsteen uitgespoelde kleilensjes, „Lehmgluten”, zijn. Maar een luchtbel door zo'n kleilensje te laten trekken is door de grotere capillariteit nog veel moeilijker dan door het grovere zand, zodat de lucht gemakkelijker om het lensje heen dan er doorheen zou trekken.

Men kenmerkt dat zich verscheidene opvattingen hebben afgewisseld betreffende het Skolithos-vraagstuk. Ik heb ze hierboven nog niet alle aangevoerd, daar dit al te ver zou voeren. Zoals ook reeds in de inleiding werd gezegd, geldt dit voor het gehele terrein van de levenssporen. Om van deze strijd der meningen een indruk te geven, werd als voorbeeld *Skolithos* gekozen. Het is echter niet mijn bedoeling een „geschiedenis van de wetenschap der levenssporen” te schrijven. Wel dient nog iets meer verteld te worden over enkele andere als zwerfsteen voorkomende Onder-Cambrische levenssporen.

Monocraterion tentaculatum wordt ook tegenwoordig nog wel guirlande-zandsteen genoemd. Denken we even terug aan de boven gegeven omschrijving van de boven elkaar geplaatste trechters. Komen deze ook naast elkaar voor, dan ontstaan beelden als in de foto's 17 en 18. Bonnema (1934) verklaarde de bovenelkaar geplaatste trechters als volgt. Wanneer de oppervlakte waarin zich *Monocraterion*-trechters bevonden door een nieuw laagje sediment werd bedekt, werden de dieren gedwongen een nieuwe, iets hoger gelegen trechter te maken. Dit proces kan zich meerdere malen herhaald hebben, waardoor lange reeksen van bovenelkaar geplaatste trechters ontstonden. Een horizontale snede door de trechters vertoont een aantal min of meer concentrische kringen, al dan niet cirkelvormig. Hierdoor verschilt het bovenvlak van de *Monocraterion*-zwerfsteen duidelijk van dat bij *Skolithos* en is, ook waar de „guirlandes” niet te zien zijn, maar wel de buizen, toch een hulpmiddel gegeven om *Monocraterion*-zandsteen te onderscheiden van de *Skolithos*-zandsteen met verspreide buizen. (De guirlandes vertonen zich alleen wanneer we de steen ondersteboven houden!). Verschijnselen als deze worden samengevat onder de term „bioturbate sedimenten”, afzettingsgesteenten dus, waarvan de oorspronkelijke gelaagdheid door biologische invloeden is getur-

buleerd (= omgedraaid of anderszins gestoord).

Een op *Monocraterion* gelijkend levensspoor komt op Bornholm voor en is door STEHMAN beschreven onder de naam *Lepocraterion*. Uit Duitsland is mij een zwerfsteenvondst bekend. In Nederland schijnt hij nog niet gevonden te zijn, maar wat niet is kan komen.

Lepocraterion-zandsteen is duidelijk gelaagd en bevat buizen loodrecht op de gelaagdheid. Ze komen alleen voor in de bovenste etages van de Nexö-zandsteen waarin grijsgroene en lichtvioletten pakketten van verschillende dikte elkaar afwisselen. Zover hierin Lepocraterionsporen voorkomen, zijn bovendien zwarte laagjes ingeschakeld (tabel 1). Hier bevindt zich een koolachtige substantie van plantaardige oorsprong tussen de zandkorrels. De wanden van de buizen zijn met dezelfde koolstof bekleed. STEHMANN nam aan dat deze koolstof van planten (algen) afkomstig was en het dier dat in de buis woonde zou van algen gebruik gemaakt hebben om van z'n woning de wanden te bekleden. De zandlaagjes vlak bij de buizen zijn allen iets omlaag gebogen. STEHMANN experimenteerde in een met zand en water gevuld aquarium waar hij met staafjes gaten in het zand boorde en drukte. Hierbij werden de laagjes op dezelfde wijze als bij *Lepocraterion* omlaaggebogen. Hij nam dan ook aan dat het bij *Lepocraterion* om dieren gaat, die hun woning van boven naar beneden in het zand boorden. Nieuwe onderzoekingen van Reineck (1958) van allerlei op de Noordzeebodem levende dieren hebben echter aangetoond dat ook wanneer sommige dieren zich naar boven door het zand boren de lagen evengoed naar boven als naar beneden gebogen kunnen worden. Mede in dit verband is het interessant de gestoorde laagjes binnen de benen van de U-buis van *Diplocraterion* nog eens in beschouwing te nemen. De Duitse auteurs hebben het patroon van deze gebogen laagjes „Spreite” genoemd. Wanneer een vakkundig maaier met de zeis gras maait komen alle zwaden gras volgens een bepaald en regelmatig patroon naast de stoppels te liggen. Dit heet ook „Spreite” en de tekening van de laagjes binnen de U-buizen doet hieraan wel denken. Engelse auteurs spreken van „spread”. Nu werd bij het recente voorbeeld van Gammarus al gezegd dat dit kreeftje z'n buis maakt door zich eerst naar beneden te graven, zich om te draaien en daarna weer naar boven te werken. Nemen we even aan dat de gravers van de *Diplocraterion*-buizen zich ook op deze wijze, dus in twee richtingen, verplaatsen dan is het wat verwonderlijk dat hierbij steeds hetzelfde patroon zou ontstaan.

Nergens vond ik een afbeelding of beschrijving die naar boven gerichte Spreiten betreft. Zo zegt bijvoorbeeld SEILACHER (1954): „die Scheitelbögen von U-bauten zeigen stets nach unten”. En ook HÄNTZSCHEL (1962) schrijft over *Diplocraterion*: „U-shaped burrow with Spreite to Rhizocorallium, but always built strictly perpendicular to beddingplane; vertex of U-tube built progressively deeper” of vertaald: „U-buizen met Spreite zoals *Rhizocorallium*, maar altijd zuiver loodrecht op het laagvlak gebouwd, hoogste punt van de buis geleidelijk aan, dieper gebouwd”. Op HÄNTZSCHEL'S vergelijking met *Rhizocorallium* hoop ik later nog terug te komen. Bezien we nu eerst de vier *Diplocraterion*-buizen van foto 10. We zien dan in de bovenhelft van de linker buis dat de laagjes omhoog gericht zijn, maar overigens als normaal omlaag gebogen zijn evenals in de drie andere Spreiten. Deze omhooggebogen Spreite vond ik slechts één maal en „één is geen”. Dit zegt echter niet dat ze niet meer kunnen voorkomen. Er hangt veel af van de conservatie- c.q. verweringsstoestand waarin we de sporenhoudende gesteenten aantreffen. Brokken *Diplocraterion* zandsteen

werden door de heren TERWEE en ZANDSTRA van het moedergesteente in Zweden gehakt. Zij waren zo vriendelijk ze mij ter hand te stellen. Deze brokken vertonen de U-structuur in het geheel niet. Het is maar hoe ze gebroken zijn, terwijl het juist bij zwerfstenen een grote rol speelt dat ijs en stromend water vaak juist dat uitprepareren, wat voor het herkennen van belang is. Wanneer zowel de trechter als de onderkant van de U ontbreken, is hoogstens een Spreite tussen twee parallel buizen te zien en kan niemand zeggen wat de onder- of bovenkant van het gesteente was. Maar het is wel zaak terdege op deze gesteenten te letten, want zouden er meer complete Diplo's met omhooggebogen Spreiten gevonden worden, dan is er aanleiding tot de veronderstelling dat het Diplocraterion-spoor werd gevormd door organismen die zich ingroeven op de wijze als de recente *Gammurus* dat doet en niet zoals HANTZSCHEL zich voorstelt. Zoals boven reeds gezegd vindt men *Diplocraterion* meestal met buizen van 4 mm dikte en de breedte van de Spreite is dan 22 mm. In formule gezet zou men kunnen schrijven 4-22-4. WESTERGARD (1931) vermeldt dat ze ook kleiner voorkomen. Een zwerfsteen van het Donderse veld zou hiermede met formule 1-13-1 overeen kunnen komen. Groter dan normaal komen ze eveneens wel eens voor. Een zwerfsteen van Heiligenhafen (Sleeswijk-Holstein) kan ik met de formule 3-30-3 weergeven. Deze buizen zijn tevens opmerkelijk lang. Hoewel zowel de trechters als de onderkant van de U ontbreken, zijn ze ruim 20 cm lang. Een zwerfsteen gevonden ten westen van Emmen vertoont een U-buis, die bovenaan als normaal 4-22-4 meet, maar waarvan de voet verschilt. Mogelijk dat het hier gaat om een vorming zoals door Opik (1933) beschreven is. Hij deelde mede, dat Helmersen in 1861 bij Narva in Estland in de bovenste zone van het Onder-Cambrium „fossielen” vond die hij voor plantensporen aanzag. Later bleek het hier in hoofdzaak om normale Diplocraterion-buizen te gaan, maar Opik vond op dezelfde plaatsen ook U-buizen waarvan de onderzijde niet een halve cirkel is, maar verbreed als bij een kolf. Ter ere van Helmersen en in overeenstemming met RICHTER'S nomenclatuur noemde Opik deze vorming *Corophioides Helmerseni*. Ik vermeld dit niet met de bedoeling Opik's naamgeving te handhaven (de vorming wijkt hiertoe veel te weinig af van de normale *Diplocraterion*) maar omdat deze vondst een aanwijzing kan zijn dat dit levensspoor misschien niet alleen in Estland voorkomt. Hij is aangetroffen in een zuiver noordelijk gezelschap zonder een enkele oostelijke component. Vermoedelijk komen deze soort levenssporen van de Oostzøe.

B. *Syringomorpha nilssoni* - NATHORST (1886)

Deze vorming werd in 1868 beschreven door TORELL onder de naam *Cordaites* (?) *nilssoni*. Het vraagteken duidt er al op dat TORELL deze vorming met enige twijfel aanzag voor een nieuwe soort van de plantenfamilie *Cordaites*. Hij meende een blad met nerven te zien, maar we weten nu dat dit in het Onder-Cambrium niet mogelijk geacht moet worden. Later heeft NATHORST erkend dat deze vorm beslist niet tot *Cordaites* kon behoren, maar hij kon niet besluiten deze in één of ander systeem van planten of dieren onder te brengen. Zoals al meer gebeurd, brachten ook in dit probleem zwerfsteenvondsten opheldering. Zo'n zwerfsteen uit de buurt van Berlijn werd in 1927 door RUDOLF RICHTER nauwkeurig onderzocht. Hij zag er een kolonie in van gezellig samenlevende wormen, die op een vlakke ondergrond tesamen leefden, naar alle waarschijnlijkheid gesterkt op een blad van een alg of een wier. Zover mij bekend is deze verklaring

nog niet verbeterd. *Syringomorpha nilssoni* vertoont zich als meerdere dunne, meestal rondachtige staafjes van 2 tot 7 cm lengte en 1. 2 of maximaal 3 mm dikte. Ze liggen evenwijdig aan elkaar, dicht bijeen in één vlak, zodat ze een klein plaatje vormen met staafjes. Het geheel lijkt inderdaad wel op een blad met nerven in de lengterichting. De omtrek van de plaatjes is onregelmatig. De randen zijn vaak licht gebogen, vertonen soms ook spitse hoeken. De kolonies liggen onregelmatig door het gesteente verspreid en geheel onafhankelijk van de gelaagdheid. De zandsteen, waarin *Syringomorpha* voorkomt, is soms een zeer gelijkmatig fijnkorrelige van zeer lichte kleur, waarin met de loupe geen andere mineralen dan kwartzandkorrels zijn te ontdekken, maar ze komen eveneens voor in grijze, glauconiethoudende en kwartsietische zandsteen (Fig. 19). Uit Nederland zijn mij slechts twee zwerfsteenfondsten bekend, namelijk van Boekschoten bij Huizen en van Oenema uit de Grote Wielen bij Leeuwarden. In Duitsland zijn er meer gevonden, vooral rondom Hamburg en in Sleeswijk-Holstein, maar ook in Werpeloh, o.m. door Huizinga en Schuddebeurs.

C. Kråksten.

Zandstenen met buizen in alle richtingen werden reeds door TORELL beschreven en we ontmoeten ze ook in de nederlandse zwerfsteenliteratuur o.a. als *Skolithos errans*. Deze naam zal men in de moderne literatuur over levenssporen vergeefs zoeken. Bedoeld werd een zandsteen van meestal fijne korrel, soms wat klei-achtig ontwikkeld, soms als kwartsietische zandsteen. In enkele exemplaren wisselen zandsteen en met klei gemengde lagen elkaar af. In hetzelfde stuk kunnen buizen van dezelfde of van verschillende dikten tussen 1 en 7 mm voorkomen. Het verloop is onregelmatig, soms in alle richtingen, soms elkaar alleen kruisend op de laagvlakken. Vertakkingen komen herhaaldelijk voor, evenals elkaar versturende sporen. Buizen van ronde doorsnede komen naast platte en ovale voor, soms in dezelfde zwerfsteen (Fig. 20).

Vooraf de zich vertakkende levenssporen werden in de vorige eeuw door vele auteurs aangezien voor plantenresten en dan onder de naam Fucoïden-zandsteen verzameld (Fig. 21 en 22). Onder deze naam viel een zeer uiteenlopend gezelschap. Nu men meer en meer tot het inzicht is gekomen dat het hierbij meestal om beter of slechter te definiëren levenssporen gaat, zijn de oude namen in onbruik geraakt en zijn de moderne schrijvers kennelijk geneigd om alles wat voorheen Fucoïden-zandsteen werd genoemd zonder uitzondering tot de fossiele levenssporen te rekenen. Misschien moet men straks hierop gedeeltelijk terugkomen. Meer en meer blijkt dat Onder-Cambrische en zelfs Prae-Cambrische vormingen, die voorheen bij de problematica werden ingedeeld, fossiele algen blijken te zijn. Met vele levenssporen werden deze problematica maar al te vaak als curiositeiten afgedaan. Nu de methoden van onderzoek steeds beter worden, lijkt het mij bepaald niet denkbeeldig dat enkele vroeger tot de *Fucoïden* en nu tot de levenssporen gerekende vormingen toch van plantaardige oorsprong blijken te zijn.

MAGNUSSON (1963) beschrijft een Onder-Cambrische zandsteen met sporen in allerlei richtingen onder de tweede naam kråksten. Het tweede woord kråka betekent kraai. Kråkfötter zijn letterlijk vertaald kraaiepoten, maar in overdrachtelijke zin bedoelen de Zweden er het onleesbare schrift mee, dat wij met hanepoten plegen te betitelen. Inderdaad vertegenwoordigen deze kråkstenen enkele zeer moeilijk te ontcijferen bladzijden uit het geschiedenisboek van moeder aarde.

VAN DER KLEY en DE VRIES (1946) vermelden nog, dat ook de Nexö-zandsteen van Bornholm buizen in alle richtingen zou bevatten, maar de deense geologen vermelden ze evenmin als STEHMANN, die zijn dissertatie wrochtte over het Onder-Cambrium van Bornholm en ze dus stellig ontmoet had als ze daar voorkwamen.

Volgens MAGNUSSON (1963) moeten we de kraksten pakketten zien als afzettingen in een Waddenzee. SEILACHER (1953) acht dit echter lang niet zeker terwijl HÄNTZSCHEL (1962) opmerkt, dat kruip- en graafsporen beslist geen zekere aanwijzingen zijn voor de herkenning van fossiele wadden.

D. *Plagiognus* Roedel.

Zowel in Zweden als in Duitsland is dit levensspoor alleen als zwerfsteen bekend. Het is stellig een zeldzame verschijning, want in de literatuur worden in totaal slechts zes vondsten vermeld. Desondanks kan het de moeite lonen hier een beschrijving van dit levensspoor te geven, omdat al veel te veel over het hoofd wordt gezien bij gebrek aan bekendheid. In alle gevallen gaat het om zeer fijnkorrelige, fijngelaagde glaukoniethoudende zandsteen van in hoofdzaak groenachtig grijze kleur, soms met zwartbruine vlekken, die waarschijnlijk te wijten zijn aan verweerde pyriet of mangaan. Enkele verspreide glimmerschubjes komen erin voor. In deze zandsteen vertonen zich sporen op de laagvlakken die doen denken aan de indruk van een fietsband. Het spoor is in totaal 1 à 2 cm breed en bestaat uit twee zeer vaag zichtbare buitenlijnen, die als afdruk soms wat duidelijker worden. Tussen deze buitengroefjes liggen rijnen van zwak gewelfde dwarsribben van 1 tot 3 mm breedte. In een en hetzelfde spoor is de breedte der ribben en hun onderlinge afstand gelijk. De dwarsribben, die dicht aan elkaar grenzen, zijn zwak gewelfd naar beneden en iets gebogen in dezelfde richting. Bij één vondst is op de bodem van de ribben een zeer flauw verhoogde rug zichtbaar. ROEDEL (1926 en 1929) onderscheidde twee soorten, namelijk *Plagiognus arcuatus* die wel en *Plagiognus simplex* die geen boogvormige ruggen op de dwarsribben vertoont. HÄNTZSCHEL (1964) is van mening dat eerst nadat meerdere vondsten bekend zijn, uitgemaakt kan worden of er voldoende reden is beide namen te handhaven, omdat dergelijke sporen zeer variabel kunnen zijn. Het betreft hier geen graaf-, maar kruipsporen van een dier dat zich door peristaltische bewegingen, voortdurend samentrekken en uitstrekken, voortbewoog. Als veroorzaker denkt HÄNTZSCHEL aan *Chactopodum*, maar hij acht dit nog onzeker.

De herkomst van het gesteente zal dicht bij Oland gezocht moeten worden. Zowel de Midden-Cambrische Tessinizandsteen als de Onder-Cambrische Olenelluszandsteen komen in aanmerking, maar zekerheid dienaangaande is er nog niet.

In de Tessinizandsteen komen slechts twee soorten fossielen voor, namelijk de trilobieten *Paradoxides tessini* en *Liostracus nuticus*, die echter geen van beiden het *Plagiognus*sspoor veroorzaakt kunnen hebben.

Misschien kan het levensspoor (Fig. 23) in een zwerfsteen van Zeyen in de provincie Drenthe doorgaan voor de tegenafdruk van *Plagiognus*. Er zijn drie sporen goed en één slechts flauw zichtbaar. De buitenlijnen zijn goed zichtbaar. In plaats van naar onder, is het spoor naar boven gewelfd en vertoont iets gebogen fijne dwarsribbels, allen in dezelfde richting.

E. *Psamminchites* Torell

Ook dit levensspoor werd het eerst door TORILL (1868) beschreven. Hij vond bij Simbrishamm in Skåne een aantal dezer sporen die hij eerst de naam *Arenicolites gigas* gaf, omdat hij meende dat er nogal wat overeenkomst was met de excrementen van de boven beschreven wadworm *Arenicola*. Later (1869) erkende hijzelf dat de gelijkstelling met onze wadworm niet opging en gaf hij het spoor de naam *Psammichnites*.

Deze sporen komen voor in zuivere, witte zandsteen op de laagvlakken en soms in zo grote hoeveelheden, dat de zweedse geologen wel van de Psammichniteszone spreken. De Psammichniteszone ligt onder de Syringomorphazone en is dus iets ouder. *Psammichnites* zou een verdubbeling van *Plagiogmus* genoemd kunnen worden. Het betreft kruipsporen van 2 tot 5 cm breedte die „onbeperkt” lang schijnen te zijn en zowel tamelijk rechthoekig als gebogen kunnen verlopen. Kruisingen onderling komen regelmatig voor. In het midden van het spoor loopt een duidelijke zichtbare iets verhoogde kiel. Aan weerskanten van deze verhoging liggen verdiepte groeven met fijne en tamelijk dichte dwarsstrepen. HADDING (1929) zag in *Psammichnites* kruipsporen van wormen, maar Häntzschel (1964) en anderen achten het waarschijnlijker dat ze door gravende slakken zijn veroorzaakt. Tot voor kort was van *Psammichnites* slechts één zwerfsteenvondst bekend, waarbij nog aangetekend wordt dat de vindplaats onbekend is, terwijl er zelfs aan getwijfeld mag worden of het wel een zwerfsteen betreft en niet een brok van het moedergesteente, in Zweden gevonden. Dit dubieuze stuk wordt bewaard in het Geologisch Museum te Hamburg.

Tijdens de door de afdeling Groningen op Hemelvaartsdag 1968 gehouden excursie naar Ostfriesland vond ons lid, de heer H. HUISMAN uit Hoogezand, in een zandzuigerij bij Zetel een zandsteen met zeer duidelijke Psammichnites-sporen (Fig. 24). We mogen aannemen dat dit de eerste onbetwistbare zwerfsteenvondst in Duitsland betreft, terwijl dit levensspoor in Nederland nog in het geheel niet gevonden schijnt te zijn. Een tweede vondst, eveneens door de heer H. HUISMAN, uit de omgeving van Werpeloch doet sterk aan *Psammichnites* denken, maar jammer genoeg is deze zwerfsteen zo sterk afgesleten door stromend water dat het levensspoor dat deze zwerfsteen vertoont niet geheel bewaard gebleven is en de herkenning niet helemaal zeker.

F. Zwerfstenen met „naamloze” levenssporen en *problematica*

Hieronder worden enkele zwerfstenen beschreven uit beslist noordelijke gezelschappen. Van enkelen is de herkomst even onzeker als hun geologische ouderdom, maar ik acht voorlopig de kans dat ze uit het Onder-Cambrium van Scandinavië stammen het grootst.

Een zwerfsteen van ter Aard bij Assen is een donkerrode, wat verweerd geelachtig, bruine en roestige zandsteen, zwartgespikkeld door vele glimmerblaadjes en met regelmatig taps verlopende loodrecht op de gelaagdheid staande buizen. De wanden van de buizen zijn donkerder, bijna geheel zwart, doordat ze veel meer glimmerblaadjes bevatten dan het de buizen omringende gesteente (Fig. 25 en 26).

Kennelijk heeft het organisme (een worm?) dat de buis groef de wanden ervan bekleed met glimmerblaadjes (biotiet) die het selecteerde uit het omringende sediment. Dat buizen en holten bewonende dieren hun verblijf bekleden met of opbouwen uit allerlei voorwerpen is al lang bekend, maar als fossiel levensspoor zijn ze bepaald niet dik gezaaid.

VOIGT (1928) vermeldt een boven-silurische zwerfsteen (*Colonuslei*), gevonden

aan het Oostzeestrand bij Lubmin, die een buis bevat die geheel uit muskoviet-blaadjes is opgebouwd. Het is een fijnkorrelige en glimmerrijke zandsteen, waar in het diepste deel van een golfribbel een 4 mm brede en 19 mm lange, volkomen platgedrukte koker ligt, welke geheel uit dakpansgewijs geplaatste muskoviet-blaadjes is opgebouwd. Deze zwerfsteen wordt bewaard in het museum van het Geologisch Instituut te Greifswald.

VOIGT vermoedt dat deze koker gebouwd was door een tot de Terebelliden horend organisme.

VAN DER KLEY en DE VRIES (1946) beelden een zwerfsteen af (foto nr. 141, pag. 133) onder de naam *Monocraterion tentaculatum*. Naar de foto te oordelen betreft het hier een afwijkend type. De trechters zijn groter dan normaal en staan niet geheel loodrecht op de gelaagdheid. Er is geen buis zichtbaar onder of binnen de trechters. Een dergelijke zwerfsteen vond ik bij Een (Drenthe). Ook deze vertoont trechters (Fig. 27) boven elkaar van grotere afmetingen dan normaal en geen buis. Vermoedelijk betreft dit een levensspoor zoals door TORELL reeds beschreven werd onder de naam *Micrapium*. Dit is echter niet met voldoende zekerheid uit te maken, omdat TORELL geen afbeelding gaf. Westergård (1931) die geneigd is *Micrapium* bij *Monocraterion* in te delen, vermeldde nog enkele vondsten van zwerfstenen die misschien ook nog tot *Monocraterion* gerekend mogen worden, maar in nog meer opzichten dan „*Micrapium*” hiervan afwijken. HOLST trof in 1893 kegelvormige lichamen aan in zandsteen-zwerfstenen op het eiland Håstholmen, noordelijk van Skäggenäs, Kalmarsund, die volgens WESTERGÅRD (1931) waarschijnlijk afkomstig zijn uit zone 6 van het in tabel 2 weergegeven profiel. Deze waren elliptisch van vorm in de dwarsdoorsnede, 4 tot 5 cm breed en tot 6 cm diep. Eén van deze kegels (of trechters?) liep uit in een buis van 8 mm dik en bij twee andere werden de kegels door 2 of 3 buizen doorlopen. Een zwerfsteen van Werpeloh op de Hümling vertoont levenssporen die hiermede wel enige overeenkomst verstonen. Het gaat hier om een zeer fijnkorrelige, kris-kras gelaagde zandsteen met lila en geelachtige partijen. Wat structuur en kleur betreft doet hij wel wat aan Nexö-zandsteen denken, maar er zijn toch ook wel verschillen met de laatste. De zwerfsteen vertoont aan twee zijkanten een omgekeerde kegel, waarvan de punt is afgerond. Er is een buis te zien, verlopend langs de onderzijde van een kegel. De laagjes langs de buis buiten de kegel zijn naar beneden gebogen met een straal van 1 à 1,5 mm. De laagjes binnen de kegel zijn daarentegen omhoog gebogen, maar met een veel grotere straal en ook niet zo gelijkmatig als dit bij *Diplocraterion* het geval is. De kegelvormige vullingen zijn geheel lila gekleurd, terwijl de zandsteen grenzend aan de kegel voor een kwart lila, voor het onderste driekwart deel geelachtig is. De bovenzijde van de zwerfsteen (Fig. 29) laat een aantal tamelijk regelmatig elliptische ellipsen zien, waar binnen weer kleinere ellipsen regelmatig gerangschikt zijn. De afmetingen van de lange assen van de buitenste ellipsen zijn van 50 tot 15 mm; die van de korte assen 30 tot 10 mm. Binnen en buiten deze ellipsen zijn zuiver ronde buisdoorsneden zichtbaar van 2 à 3 mm dikte. Ook komen enkele putjes voor van dezelfde diameter en met gladde wanden, waaruit de buisvullingen verdwenen zijn.

Eén van de ellipsen is kennelijk een doorsnede door de afronding onderaan een kegel en laat, behalve de twee doorsneden door dezelfde gebogen buis, ook zien hoe aan weerszijden van de buis de gelaagdheid door een gravend organisme werd verstoord. In de zwerfsteen van Werpeloh is geen glimmer aanwezig, het-

geen hem direct onderscheidt van de hieronder beschreven kegelzandsteen van Nexö.

Kegelvormige insluitsels in zandsteen en kwartsiet zijn bekend van Bornholm en misschien ook van enkele plaatsen in Zweden. Die van Bornholm zijn door meerdere deense geologen beschreven, ook door Deecke (1906) en door Stehmann (1934).

In de Nexözandsteen van Bornholm komen ze in een bepaalde etage voor, zoals blijkt uit tabel I. Het bovenvlak van de kegels van Bornholm is rond, dus niet ellipsvormig. Ze worden begrensd door glimmers, speciaal aan de kegelwanden en komen in verschillende afmetingen voor, waarbij de laagdikte voortdurend 3 mm is, de hoogte varieert tussen 35 en 130 mm, de bovendiameter tussen 35 en 80 mm. Vier nederlandse zwerfstenen met kegelvormige insluitsels zijn mij bekend. De eerste vond ik bij Odoorn, het tweede exemplaar kreeg ik van de heer LOMAN te Eeserveen, de derde berust in de verzameling van de heer Kroese te Groningen en is afkomstig van het Donderse veld, de vierde is een zwerfsteen van Rolde. Geen van deze zwerfstenen komt geheel overeen met de door de deense geologen en STEHMANN (1934) gegeven beschrijving van de Nexözandsteen; die van KROESE nog het meeste. De laatste is een door ijzeroxyden tamelijk donkerbruin gekleurde zandsteen, die van Odoorn is wat lichter van kleur, die van Eeserveen zeer licht. De zwerfsteen van Rolde is een „paarsrode zandsteen met lichte vlekken”, onder welke betiteling VAN DER KLEY en DE VRIES (1946, nr. 138, blz. 114) dit gesteente beschreven en vermeldden dat de herkomst van dit gesteente Småland moet zijn, maar de zweedse geologen vermelden deze zandsteen-soort ook van andere plaatsen, tot in de Botnische Golf toe.

In bovenaanzicht, doorsneden door de kegels, zien we een per zwerfsteen verschillend aantal ringen, meestal vrij zuiver cirkelrond en concentrisch binnen elkaar gelegen. De opbouw van het geheel bestaat uit een wisselend aantal, steeds kleiner wordende kegels met afgeronde spitsen, die in elkaar staan zoals de bekende russische speelgoedpoppen (Fig. 30 tot en met 35). De onderzijde van de zwerfsteen van de heer Kroese vertoont een aantal binnen elkaar gelegen ellipsen met excentrisch middelpunt (Fig. 31). De onderzijde van de zwerfsteen van Odoorn laat de bolle toppen van de kegels zien. De grootste gemeten buitendiameter van deze kegels is 11 cm, dus groter dan de deense onderzoekers opgeven, de kleinste buitendiameter is 2,5 cm. De hoogte van de kegels is alleen te bepalen door de zwerfsteen door te zagen, wat op een plaats aan de zwerfsteen van Odoorn is gebeurd. De hoogte blijkt hier 6 cm te zijn. Zoals gezegd namen de deense geologen waar, dat de kegels zelf glimmer bevatten, speciaal aan de kegelwanden. Dit bracht hen op de gedachte het ontstaan van de kegels aan druk te wijten, volgens het principe van Riecke.

Dit principe houdt in dat op plaatsen van hoge druk stof oplost, terwijl op plaatsen waar de druk lager is weer stof uitkristalliseert. Gevolg van de verhoogde druk is het tot standkomen van plaatvormige kristallen die loodrecht op de richting van de maximale druk staan, bijvoorbeeld biotiet in gneizen en schisten. Ik meen tegen de deense zienswijze bezwaren te kunnen inbrengen. Als gevolg van hoge druk kunnen inderdaad zowel kegel- als pyramidevormige lichamen in gesteenten ontstaan. Ze ontstaan ook dikwijls, wanneer men de drukvastheid van de gesteenten met het oog op bouwkundige toepassingen in laboratoria vaststelt. Juist voor de breukgrens overschreden wordt, kan dan het lijnen-stelsel van MOHR zichtbaar worden.

Langs deze lijnen splijten bij verder opgevoerde druk platen af van de zijden der door de druk in het gesteente ontstane pyramiden. Steeds is echter een dubbel stel pyramiden of kegels het resultaat, waarbij die kegels of pyramiden met de spitsen tegen elkaar staan (diabolo). Maar in de onderhavige kegelzandstenen is nooit een dubbel, altijd slechts een enkelvoudig kegelsysteem waargenomen. De kegels staan altijd met hun grootste diameter naar boven, dus op de punt. De punten zijn nooit spits zoals bij de drukkegels, maar steeds afgerond. De drukkegels zijn altijd concentrisch in elkaar geplaatst, terwijl bij onze kegelzandstenen ook excentrische voorkomen. Voor het ontstaan van deze kegels zullen we, zoals ook WESTERGÅRD (1931) reeds vermoedde, aan andere oorzaken dan druk moeten denken. Waarschijnlijk kunnen de in de kegels aanwezige glimmers ons daarbij op het juiste spoor brengen. Zover glimmer voorkomt in de zwerfsteen-kegelzandstenen, hetgeen alleen in het exemplaar van KROESE het geval is, is een duidelijke concentratie binnen de kegels op te merken. Het gesteente buiten om de kegels bevat ook wel wat glimmerschubjes, maar belangrijk minder. Waar de glimmer is uitverweerd, vertonen zich groefjes langs de kegelomtrekken, aldus ook in negatieve zin de concentratie van de voorheen aanwezige glimmer nog aangevend. De andere zwerfstenen bevatten geen glimmer, maar die van Eeserveen bevat glaukoniet in dezelfde mate en op dezelfde wijze hoofdzakelijk binnen de kegels geconcentreerd als de biotiet in de zwerfsteen van de heer KROESE. Zelfs met het blote oog is de grootste kegel plaatselijk zichtbaar groen gekleurd door de glaukoniet en met de loupe zijn de groene glaukoniet korrels duidelijk tussen de zand(kwarts) korrels te zien.

De zwerfstenen van Odoorn en Rolde vertonen, ook onder de loupe, geen donkere mineralen. Dié van Odoorn is kwartsietisch ontwikkeld, waarbij nu in plaats van gordels met donkere mineralen volkomen witte kwartsietringen zichtbaar zijn, waarbinnen de begrenzing van de zandkorrels geheel vervaagd is, terwijl de korrelbegrenzing in de overige licht-geel-bruine partijen nog wel zichtbaar is, zij het niet meer volkomen. Als gevolg van groter resistentie steken de witte kwartsietringen iets boven het omringende gesteente uit. De zwerfsteen van Rolde vertoont slechts één kegel met een buitenring van ± 3 cm breedte, die over deze breedte geelachtig gekleurd is, terwijl de kern de voor deze zandstenen karakteristieke paarse tint vertoont.

De waargenomen feiten worden beter verklaard wanneer we aannemen dat gravende organismen de veroorzakers zijn van de kegelvormige insluitels en niet de druk. Dat sommige bewoners van holten en buizen in en op de zeebodem hun woningen bekleedden met uit de omgeving geselecteerd materiaal werd boven reeds aangestipt, terwijl ik er hierna nog op terugkom. Daarmede kan de concentratie van de glimmers binnen de kegels verklaard worden. Verder is het feit, dat de ene kegel soms de andere doorsnijdt zeer goed verklaarbaar, wanneer we bedenken dat vroegere, verlaten woonholten door latere gravers beschadigd werden. In dit geval kunnen het zeer wel dieren van dezelfde soort, maar van verschillende grootte geweest zijn, omdat de grootste diameters van de elkaar doorsnijdende kegels ongelijk is. Dat drukkegels elkaar doorsnijden is mij niet bekend, hoogstens raken ze elkaar. Een grotere concentratie van donkere mineralen, vooral van glaukoniet, binnen de graafgangen en holten aanwezig dan in het omringende gesteente is algemeen bekend bij allerlei soorten levenssporen en uit alle geologische tijdperken. Omgekeerde verhoudingen komen eveneens voor. In vele gevallen, zie o.m. BROMLEY (1967), worden deze verschillen verklaard

door een verschil in ouderdom. Het sediment dat de buizen vult is dan jonger en had een andere samenstelling. In het midden latend of we bij de kegelzandsteen te maken hebben met selectie van materiaal door de gravers of met een jongere vulling blijft in beide gevallen de activiteit van organisme, van levenssporen dus, als betere verklaring bestaan.

Deecke (1906) heeft de kegels in zandsteen in verband gebracht met zandkegels aan het strand. In 1957 heb ik in dit tijdschrift hierover geschreven naar aanleiding van vondsten van zandkegels aan het strand (Fig. 36). In deze zandkegels blijft de afzettingsgelaagdheid van de zandkorrels in tact. Bezien we nu Figuur 35, welke een doorsnede door een kegel in de zwerfsteen van Odoorn vertoont, dan blijkt duidelijk dat de gelaagdheid hier verstoord is en wel kennelijk bioturbaat. Samenvattend meen ik te mogen zeggen, dat de Scandinavische Onder-Cambri- sche kegelzandsteen kegels bevat, die goed te verklaren zijn als levensspoor en evenmin aan drukverschijnselen te wijten zijn als fossiele zandpaddestoelen ver- tegenwoordigen. Blijft de vraag welke dieren in aanmerking komen als veroor- zakers van deze sporen. Dergelijke holten zijn wel bekend van recente krabben en slakken. Krabben zijn van het Onder-Cambrium niet bekend, voorlopers van de *Gastropoda*e wel. Misschien moeten we ook denken aan voorlopers van trilobieten, maar dan moeten dat al vrij grote dieren geweest zijn. Komvormige graafholten van trilobieten, z.g. Bilobieten, zijn wel bekend, maar zien er anders uit. Zou de raadselachtige *Xenusion auerswaldae* een graver geweest zijn? Louter speculaties! We kunnen alleen erkennen het niet te weten, zodat de kegelzandstenen alleen verplaatst kunnen worden van de afdeling Problematica naar die van de proble- matische levenssporen.

Tabel I

Profiel door de Nexözandsteen van Bornholm, naar Stehmann.

			Dikte
Bovenste Nexö zandsteen	6	lichte kwartsiet met <i>Monocraterion</i>	2.— m
	5	donkere kwartsiet met verkoolde, lensvormige platen van wierophoppingen; dunne klei-achtige lagen van prijsgroene en lichtvioletle kleur en <i>Lepocraterion</i> .	4.— m
Middelste Nexö zandsteen	4	fijnkorrelige zandsteen met golfsporen en KEGELS	2.— m
	3	fijnkorrelige zandsteen, zonder bijzondere insluitsels, goed gelaagd.	5.— m
Onderste Nexö zandsteen	2	grofkorrelige zandsteen met dunne kleiachtige lagen van grijsgroene en licht violetle kleuren en groot gehalte aan hoofdzakelijk omgezette veldspaten.	15.— m

1	Konglomeraat van Aakirkeby, of: Grondkonglomeraat	7.— m
	Samen	35.— m

Tabel II

Profiel door het Zweedse Onder-Cambrium, naar Westergård.

- 6 Witte zandsteen met korrelige textuur, tevens leisteenachtige en kalkhoudende lagen insluitend.
- 5 zandsteen met *Diplocraterion parallelum*.
- 4 groenachtig grijze kleihoudende en micabevattende zandsteen, vaak doorkruist met gebogen kruipsporen (Kråksten).
- 3 witte en roodachtige zandsteen met *Skolithos linearis*.
- 2 roodgestreepte zandsteen, uitwiggend naar het zuiden.
- 1 konglomeraat, rustend op archaeicum.

Tabel III

Herkomst van de zwerfstenen met (Onder)-Cambrische levenssporen.

Skolithos linearis

Langs de Kalmarsund. Diverse plaatsen in Skåne (Hardeberga-zandsteen). Bodem van het Vänern (Wenermeer). Bodem van de Oostzee tussen Harelaid (Estland) en de Ålandseilanden. Bij Tirki in Estland.

Monocraterion tentaculatum

In de Lingulidzandsteen van Västergotland. Het noordeinde van Billingen (tussen Vänern en Vättern). Kinnekulle. In de haven van Rabäck en langs de kust 1 km verder naar het noorden. In de Nexözandsteen van Bornholm. In de Syringomorpha-zandsteen langs de Kalmarsund.

varieteit „Lepocraterion”

In de Nexözandsteen van Bornholm.

Diplocraterion parallelum

Langs de Kalmarsund vanaf Runnö bij Påskallavik tot Karlskrona. In de Hardeberga zandsteen van Skåne. In de onderste Lugnäszandsteen van Västergotland. Estland.

<i>Syringomorpha Nilssoni</i>	In Skåne bij Hardeberga en Brantevik. Bij Simbrisham en langs de Kalmarsund. In de Syringomorpha zandsteen.
<i>Kråksten</i>	In Västergotland en langs de Kalmarsund.
<i>Cruziana</i>	Mickwitziazandsteen van Västergotland
<i>Plagiomus</i>	Nabij Öland.
<i>Psammichnites</i>	Simbrishamm (Skane).
<i>Kegelzandsteen</i>	Bornholm en vermoedelijk Zweden.

2. Levenssporen in post-chambrische zwerfstenen.

„Al is hier inderdaad geen voetstap die beklijft, toch treffen we er aan die het lang hebben uitgehouden”.

Marcellus Emans; „Langs de Nijl”. Haarlem 1884.

Zoals bekend verondersteld mag worden, komen in onze noordelijke provincies behalve de sedimentaire zwerfstenen uit het Cambrium hier en daar ook silurische voor. Vuurstenen uit het Boven Krijt vindt men allerwege, maar wat de overige geologische tijdperken betreft, schitteren de sedimentaire zwerfstenen bijna geheel door afwezigheid. In het oostelijk diluvium liggen de verhoudingen anders. Zwerfstenen uit Onder Krijt en Jura, Bontzandsteen en Devoon, Carboon en Muschelkalk en ook Tertiaire worden daarin aangetroffen. De fossielen die daarin voorkomen zijn vooral ook in dit tijdschrift in alle toonaarden bezongen, maar de levenssporen ontsnappen veelal aan de aandacht of men acht ze de moeite van het meenemen niet waard. Als verzamelstuk hebben ze in veler ogen niet veel te betekenen. Men toont de verbaasde toeschouwer liever een mooie fossiele schelp op triboliet dan een fossiel spoor. Geologisch hebben ze echter wel degelijk betekenis, al moet men zich daarvan ook weer geen overdreven voorstellingen maken. Maar hierover verderop meer.

Om bij de oudste te beginnen: in de silurische kalkstenen die vooral in de stad Groningen bij duizenden zijn verzameld, komen af en toe levenssporen voor, maar ze zijn voorzover ik ze in handen kreeg bepaald niet imponerend en beperken zich tot enkele ronde of platgedrukte graafgangen van 1 tot 5 mm dikte, die zich in allerlei richtingen door het sediment kronkelen. De veroorzakers zijn bij gebrek aan een of andere gedetailleerde indruk of tekening in het spoor niet te achterhalen. Van allerlei plaatsen in de wereld heeft men onbetwistbaar (maar wat is dat in de palichnologie, de leer der levenssporen?) sporen van trilobieten gemeld. Vooral SEILACHER (1959) heeft er nogal wat afgebeeld, beschreven en verklaard. Maar zoals gezegd, kregen wij ze in Groningen nooit te zien.

Levenssporen in vuursteen zijn beslist niet zeldzaam, maar meestal slecht bewaard. Allerlei cilindrische holten en pijpen in de vuursteenknollen kunnen zeer wel verklaard worden te zijn ontstaan door het verdwijnen van buisvullingen. In andere gevallen zijn het juist de buisvullingen die als cilinders van verschillende dikte bewaard zijn gebleven, terwijl het omringende gesteente is verdwenen (Fig. 37). In GRIPP'S „Erdgeschichte von Schleswig-Holstein” (1964) zijn enkele ze er fraaie voorbeelden te zien van uitgeprepareerde buizen. In deze omgeving kan men meer geluk hebben dan in Nederland. Zo vond de heer BOS uit Groningen, die voor het eerst van z'n leven een excursie meemaakte met afdeling Groningen naar Sleeswijk-Holstein, een vuursteen waarin niet alleen de gang van een borstelworm aanwezig was, maar ook een goed deel van de worm zelf (Fig. 38 en 39). Met de loupe zijn tientallen borstels te zien, die opzij van de gang in het sediment drongen en duidelijk tonen hoe de worm zich met behulp van z'n borstels door het slib groef. Dat dergelijke vondsten slechts sporadische voorkomen, behoeft geen betoog. Overigens vond ik nog geen sporen in vuursteen die zo duidelijk waren, dat men ze een naam zou kunnen geven, maar in nog niet

geheel verkiezelde cretaceïsche zwerfstenen reeds enkele malen de kronkelende buizen van Gyrolithen, een levensspoor dat vooral in het krijt meer optreedt. Zeer fraaie werden tijdens de Luxemburg excursie van de N.G.V. gevonden (Fig. 40). Een uitgebreide studie over buizen van kreeften en andere dieren in kalksteen en in vuursteen uit het Boven Krijt werd kortgeleden gepubliceerd door R. G. BROMLEY (1967). Ze zijn ook in het Krijt van Zuid-Limburg te vinden. In het oostelijk diluvium komen verschillende levenssporen als zwerfsteen voor, maar lang niet altijd zijn ze zo duidelijk dat men er een etiket met naam op kan plakken. De hiertoe behorende zwerfstenen komen niet alleen in Twente voor, maar ook in vele zandzuigerijen van Groningen en Drenthe.

De serpuliten, die eveneens in het oostelijk diluvium gevonden worden, zijn abusievelijk ook wel voor levenssporen aangezien. *Serpula*'s zijn borstelwormen die zelf een huisje uit kalk afscheiden en hun leven lang aan dit omhulsel gebonden zijn. Ze kunnen zich ook niet verplaatsen (Fig. 41 en 42). In de bekende groeve van Suddendorf bij Bentheim kan men ze niet zelden vinden, vastgegroeid op *Exogyra* schelpen.

Een interessant en eveneens veel omstreden levensspoor, dat ik enkele malen als zwerfsteen vond (Fig. 43 en 44) is *Rhizocorallium* Zenker 1836. Dat over dit levensspoor een minstens zo grote pennestrijd is geleverd als over *Skolithos*, moge blijken uit de vele namen waaronder het beschreven is. Om er enkele te noemen:

Spongia rhizocorallium Geinitz 1846,
Litochela Gümbel 1861,
Glossifungitis Lomnichi 1886,
Lissonites Donvillé 1908,
Cavernaecola Bentz 1929,
Upsiloides Byrne en Branson 1941.

Het gaat hier om U-buizen met Spreite die wel lijken op *Diplocraterion*, maar er in voldoende mate van afwijken om een aparte naam te handhaven. De benen van de U lopen soms zuiver parallel, maar even dikwijls niet. Dichter bij de bocht staan ze soms verder uit elkaar dan halverwege de lengte of bovenaan. Ook komt het voor dat de benen naar boven uitwijken. Soms beginnen beide benen vrijwel vertikaal op het laagvlak, maar buigen zich steeds meer naar een dieper laagvlak toe zodat de gehele U gebogen is. Bij de meeste typische, die vooral in de Bontzandsteen gevonden wordt, staat de gehele U-buis vrijwel loodrecht op het laagvlak en verlopen de benen parallel. In enkele gevallen ver-tonen de U-buizen zijwaartse flappen. Buiten de U-buis zijn wel eens krabsporen te zien, die er dan op duiden dat kreeftachtigen de bouwers zijn geweest. Soms zijn ellipsvormige excrementpillen mee ingesloten. Verdere tegenstellingen met *Diplocraterion* vormen de lang niet zo regelmatig gebogen groefjes van de Spreite, terwijl de benen van de U-buizen bij *Rhizocorallium* vaak onregelmatig fijn gestreept en gegroefd zijn, maar dit laatste zag ik alleen als de buizen in zeer fijnkorrelige sedimenten gemaakt waren. In een stuk komen meermalen U-buizen voor van verschillende grootte, die er op wijzen dat de veroorzakers zeer goed geheel verschillende organismen kunnen zijn, of het gaat om oude en jonge exemplaren van dezelfde soort, in kolonies levende. Häntzschel (1962) meent dat het meestal vraatgangen zijn met verlenging van het woongedeelte van de buis als gevolg van herhaaldelijk dichtslibben.

SEILACHER onderscheidt twee vormen (Fig. 45). In het ene geval zou het organisme, gedwongen door wegvoeren van het sediment de U-buis steeds dieper maken en het gebogen deel van de U ligt dan aan het eind en als omsluiting van de Spreite (links in Fig. 45). In het andere geval zou het dier gedwongen zijn geweest de U-buis naar boven te verplaatsen doordat steeds meer slib werd afgezet en loopt de boog van de U-buis dwars over de Spreite heen.

REINECK (1958) vermeldt nog dat onder bepaalde omstandigheden ook *Nereis diversicolor* een soort Spreitenbau kan maken.

Daarmede stijgt het aantal van 3 verschillende sporen dat, zoals hierboven werd gezegd, door *Nereis* gemaakt kan worden, tot 4 soorten.

Het laatste spoor zou volgens Reineck als volgt ontstaan. Wanneer in bepaalde horizontale of schuinstaande gedeelten van de door *Nereis* bewoonde holten nieuw sediment valt, zal zich dit voornamelijk op de vloer ervan ophopen.

Het nieuwe materiaal wordt *ter plaatse met slijm bevestigd* en de holte is dan een beetje naar boven verplaatst.

Herhaling hiervan leidt tot een Spreitenbau, maar in verband met de wijze van ontstaan is het beloop en de richting van de verplaatsing van de holte in grote mate van het toeval afhankelijk. Let wel: het betreft hier Spreiten zonder uitgesproken U.

Wat *Rhizocorallium* betreft lijken mij de opvattingen van HANTZSCHEL en van SEILACHER zeer goed te verenigen. HANTZSCHEL gaat echter verder en meent, zoals ik reeds opmerkte bij *Diplocraterion*, dat de veroorzakers van beide levenssporen op dezelfde wijze te werk gingen, namelijk de protrusieve bouw. Was dit zo, dan zou men bij *Diplocraterion* evenals dit bij *Rhizocorallium* het geval is, ook wel eens retrusieve sporen mogen verwachten. Zover mij bekend, zijn echter bij *Diplocraterion* nooit retrusieve bouwsels gevonden. Dat we ook in vaste rots binnen de grenzen van ons land *Rhizocorallium*achtige levenssporen kunnen aantreffen is maar bij weinigen bekend. Hoewel ik deze vorm niet als zwerfsteen ken en ze als zodanig ook niet verwacht, lijkt het mij toch gewenst hieraan even aandacht te wijden.

FABER (1949) vond in de Onderste Muschelkalk (Wellenkalk) van Winterswijk enkele soorten levenssporen op een diepte van 11,5 tot 12,75 m onder maaiveld in een fijngelaagde, schalie-achtige kleimergel, die hij „problematische fossielen” noemde.

Rhizocorallium „komt in de Winterswijkse groeven voor in twee variaties, de ene vrij klein tot matig groot, de andere groot en breed. De in de literatuur voorkomende afbeeldingen en beschrijvingen slaan als regel op de kleinere vorm. De grotere vorm is afgebeeld en besproken door RICHTER (1926) en ook *Rhizocorallium jenense* genoemd. Het komt mij voor dat we hier met twee soorten te doen hebben en niet met een „jonge” naast een „oude” vorm, omdat ik geen overgangsvormen heb kunnen vinden”. Wat FABER hier de grote noemt „heeft ook enige overeenkomst met *Spirophyton* (uit het Devoon) en met *Cancellorhynchus* (uit de Jura) die werden afgebeeld door LESSERTISEUR (1955)”. De hier aangehaalde mededeling van FABER zou nog aangevuld kunnen worden. Zijn „kleinere vorm” (Fig. 46) werd vroeger inderdaad voor een aparte vorm aangezien. Een eigenlijke U-buis is het niet, want er is wel een halfcirkelvormige buis te zien die een Spreite omsluit, maar de rechte benen ontbreken nagenoeg, soms zelfs helemaal. Het spoor lijkt op de schijngestalte van de „halve” maan. Juist dit levensspoor werd in 1916 door BLANCKENHORN als een aparte vorm be-

schreven onder de naam *Arenicoloides luniformis*, aan wie dus de halve maan vorm wel was opgevallen, terwijl hij de veroorzaker van dit levensspoor in verband bracht met de recente *Arenicola*. Reeds in 1924 erkende RUDOLF RICHTER dat het hierbij gaat om een levensspoor dat in 1893 door SMITH beschreven was onder de naam *Corophioïdes*. De laatste naam had dus toen prioriteit boven die van BLANCKENHORN. De grotere vorm van FABER lijkt inderdaad al meer op het spoor dat vanouds *Rhizocorallium jenense* Zenker werd genoemd, zoals er een is afgebeeld in Fig. 44. Een jaar nadat FABER zijn beschrijving gaf, verscheen een werk van LOHMANN (1960), welke aantoonde dat er tussen *Corophioïdes* en *Rhizocorallium* zoveel overgangsvormen bestaan, die bovendien in allerlei afmetingen voorkomen, dat ze niet te onderscheiden zijn. Tijdens de Marburg excursie in 1967 vonden we in de Wellenkalk van de groeve Schnatz even ten noorden van Marburg een zeer groot aantal voorbeelden van staande en min of meer liggende U-buizen, met en zonder Spreite en min of meer gestoord door een wirwar van graafgangen met uiteenlopende diameters. De grootste U-buis die ik hier vond is 280 mm lang en kan op het breedste deel worden weergegeven met de formule 9-44-9. De kleinste was 40 mm lang met een formule 3-18-3. Als veroorzakers van deze levenssporen komen evengoed borstelwormen als kreeftachtigen in aanmerking.

Evenals FABER denk ik ook bij het zien van Faber's „grote" en „kleine" vorm aan veroorzakers van verschillend soort. Maar zoals dat ook reeds bij de typische *Skolithos* en die met de verspreid staande buizen werd opgemerkt, zijn de verschillen te gering en weten we te weinig van de veroorzakers af, zodat aparte namen niet gerechtvaardigd lijken. Er is inderdaad veel voor te zeggen om *Corophioïdes* met *Arenicolides* en dergelijke vormen, die allen een U-vormige buis met Spreite hebben, samen te vatten onder de oudste naam *Rhizocorallium jenense* Zenker 1836.

SCHINDEWOLF zag er in 1928 een zuiver marine vorming in, maar we weten nu dat er ook overeenkomstige recente U-buizen worden gemaakt door de larven van bepaalde Ephemeriden (haften) in zoetwaterafzettingen. In dit geval zijn het dus stellig woonholten en geen vraatgangen, zoals HÄNTZSCHEL meent.

3. Enkele levenssporen uit het Tertiair in vergelijking met recente.

„Als er een diergroep is, waarvan de naam door de paleontologen, men kan gerust zeggen misbruikt is, dan is het wel die der wormen. Overtalrijk zijn de vondsten van gaten en afdrucken in stenen, die het vermoeden opwekken van organismen afkomstig te zijn en die, als men er verder geen raad mee wist, maar als wormsporen gedoodverfd zijn. In talrijke gevallen is na zorgvuldige studie wel gebleken dat men met sporen van geheel andere dieren of zelfs met vormingen van an-organische oorsprong te doen had.”

Van der Vlerk en Kuenen (1948)

Tot nu toe bespraken we levenssporen van ongecompliceerde bouw. Ook als het kolonievormers betrof, waren ze per stuk nog vrij eenvoudig van vorm en opbouw. Maar er komen ook ingewikkelder constructies voor, die de geologen lang voor raadsels hebben geplaatst, zoals dat bij de fossiele levenssporen nu eenmaal schijnt te horen. Een hiervan is *Zoophycos*, een andere heet *Chondrites*.

In de Ziegeleigrube Freiherr von Freytag in Hagen ten zuiden van Vechta in Oldenburg vonden we tijdens een excursie van de afdeling Groningen van de N.G.V. in 1965 beide levenssporen in meerdere uitvoeringen en in een goede conservatietoestand. Latere bezoeken leverden er nog meer op.

Alle hier voorkomende levenssporen werden beschreven door HANTZSCHEL, die ze op deze plaats voor het eerst vond (1960). In de een kwart tot een halve meter grote knollen (septarienklei) kan men allerlei onderdelen van de wenteltrapbouw van *Zoophycos* (Fig. 45) aantreffen. Dit levensspoor was al lang bekend van Tertiaire en Cretacëische Flysch uit de Alpen, de Apennijnen en Spanje, maar in de groeve te Hagen werden ze voor het eerst in het duitse Midden-Oligoceen aangetroffen.

Zoophycos werd vermoedelijk door een worm gebouwd tot een onderaardse „toren van Babel,” waarvan gezegd is dat ze langs steeds smallere spiralen door wagens konden worden bestegen. De spiralen zijn geribbeld. Het patroon van deze ribbels doet denken aan een uitzonderlijk grote Spreite (Fig. 49). Ze zijn bedekt met koprolithen van millimeter-grootte of ze vertonen de ellipsoïde uithollingen waarin de koprolithen gelegen hebben. Het zijn vraattunnels, al zou men het hier eerder vraatvlakken noemen. De buizen langs deze Spreitenplaten zijn slechts enkele millimeters dik. Naast deze uitermate grote Spreiten komen ook smallere (Fig. 50) tongvormige voor, lichtgebogen en schijnbaar eindloos. Gave, complete bouwsels zoals gereconstrueerd in Fig. 47 zijn niet gevonden als gevolg van de grillige breuk van de knollen. Soms zijn de *Zoophycos*-bouwsels doorsneden door graafgangen tot 2½ cm dikte met gladde wanden, waarvan de veroorzakers onbekend zijn. Wormen, die men tenslotte van alle levenssporen de schuld kan geven waarmee men geen raad weet, komen ook nu nog voor van enkele centimeters dikte bij een lengte van een halve tot driekwart meter (Fig. 56). Mogelijk waren ook hier zulke zware eikelwormen de veroorzakers van deze dikke buizen. Behalve *Zoophycos* komen in Hagen ook de samengestelde bouwsels voor van dieren - ook weer wormen? - die in kleine aantallen bij elkaar leefden. De uit-

mondningen van hun vertakte buizen liggen dicht bij elkaar (Fig. 48). Keert men deze illustratie 180 graden om, dan verkrijgt men een beeld dat bedrieglijk veel lijkt op een vertakt heestertje. Het is dan ook geen wonder, dat deze Chondriten vroeger veelal werden aangezien voor planten. Maar het zijn tunnelvormingen die elkaar nooit kruisen en waarvan de takken elkaar nooit raken. Men kan ze evengoed aanzien voor woon- als vraatholen. In één systeem zijn de buizen altijd van dezelfde diameter, maar per systeem kunnen de buisdikten variëren tussen een millimeter en een paar centimeters. In Hagen vonden we maar twee dikten, zodat de veroorzakers blijkbaar tot twee soorten beperkt waren. In enkele gevallen vonden we overdwars in de buizen gebouwde kleipillen, ook al weer koprolithen. De bouw van de buizen is altijd zeer regelmatig. HÄNTZSCHEL vermoedt dat dit te danken is aan phototaxis, dit is naar het licht gericht zijn.

Chondriten komen in vele variaties overal ter wereld voor vanaf het Cambrium tot en met het Tertiair. Eenmaal vonden we in Hagen een stuk waar op het breukvlak naast vele zeer fijne, op Fig. 51 flauw zichtbare Chondriten ook een cm dikke buis te zien is, die gedeeltelijk gevuld is met sigaarvormige lichaampjes, vermoedelijk ook al koprolithen. In een andere concretie vonden we een 2½ cm dikke gang, geheel gevuld met bijna zuiver-cilindrische kleipropen, ietwat ovaal in doorsnede en die aan beide einden een beetje taps toelopen (Fig. 52). Zoals meer buisvullingen in Hagen zijn ook deze licht gepyritiseerd en daarom geen lang leven beschoren als ze aan de lucht worden blootgesteld. Ook voor dit soort levenssporen zijn meer verklaringen te geven, of met andere woorden gezegd, ook hun ontstaan is lang niet zeker. Vaak zijn ze aangezien voor vraatbuizen van wormen, die dan wel een behoorlijk snelle spijsvertering gehad moeten hebben. Terwijl ze zich door het sediment vraten, zetten ze zich met hun achtereind af tegen hun eigen uitwerpselen. Maar deze voor de hand liggende verklaring behoeft helemaal niet de juiste te zijn. Een zeer groot aantal krabben- en kreeftensoorten leeft ook nu nog voortdurend of alleen overdag of alleen bij eb in door henzelf of door andere dieren gegraven holen. Reeds vele jaren geleden heeft WEIGELT (1929) een aantal voorbeelden beschreven van het graafwerk van deze diergroep. Ook SEILACHER (1961) geeft er zeer interessante en fraaie voorbeelden van. Meerdere soorten doen het als volgt. De kop wordt schuin naar boven gericht, terwijl de vaak scherpe achterrand van het rugschild naar beneden staat. Met de scherpere uiteinden van hun poten steken ze het te verwijderen materiaal van de buiswand als met een spade af. Omdat het dier niet cirkelrond is, maar min of meer ovaal kan het zich in z'n gang niet omdraaien. Wat boven is, blijft boven. Het met de poten afgestoken materiaal wordt met de scharen tegen de onderkant van z'n lichaam geperst, tot kogels gevormd en dan óf naar buiten óf onder zichzelf gewerkt. Vandaar ook dat door deze dieren gegraven gangen vaak krassen in de lengterichting vertonen, zoals ook te zien is in die van Hagen, waar een cilindertje eruit gevallen is. WEIGELT beschreef ook hoe in de prairies van Noord-Amerika de zoetwaterkreeft *Cambarus* z'n woning aanlegt. (Apropos: fossiele levenssporen van kreeften behoeven dus niet a priori te duiden op een marien milieu!).

Tijdens de overvloedige voorjaarsregens ontstaan poelen, die in de loop van de warme zomer weer grotendeels uitdrogen. Aan de overs van deze poelen maakt *Cambarus* z'n hol, zo diep, dat het grondwater erin komt. Bij het graven wordt de klei tot hazelnoot grote balletjes gekneed, die *Cambarus* dan netjes opstapelt rondom de ingang van z'n hol tot zeer sterke schoorstenen. Die schoorstenen

worden hoger naarmate het hol groter en dieper wordt aangelegd. En in de loop van de zomer worden ze dieper, al naardat het uitdrogen van de poelen dat nodig maakt.

Een dier kan daarbij meerdere gangen graven, (een samenstel van fossiele gangen behoeft dus niet a priori op een kolonie te wijzen!) naar dezelfde schoorsteen toe, maar alle gangen komen uit in dezelfde galerij of kamer met een breedte van meer dan een meter en soms wel driekwart meter diep. 's Winters worden de gangen dichtgestopt, zodat de kreeft niet bevroest en het volgend voorjaar met z'n regen weer afwacht. Deze dieren leven solitair. Het wijfje brengt haar jongen groot in deze onderaardse holen.

D in kolonies levende strandkrab *Cardisoma armatum*, hoopt het uit z'n woonholte gegraven materiaal op tot één afvalhoop, terwijl andere aan het strand gravende krabben het materiaal juist zo onopvallend mogelijk verdelen. Soms is het zand zo los dat ze het niet tot ballen kunnen kneden en ze gedwongen zijn het zand boven op hun rugpantser naar buiten te dragen.

Tot zover slechts enkele voorbeelden uit de levende natuur. We kunnen er zeker van zijn, dat er in het geologisch verleden, waarin tesamen genomen veel meer soorten geleefd hebben dan er nu bestaan, ook nog veel meer graaf- en voortbewegingsmethoden hebben bestaan dan we nu vermoeden.

Wanneer we de definitie van SEILACHER: „Levenssporen zijn vormingen in het sediment, verlaten door levende organisme”, iets ruimer opvatten dan hij bedoeld zal hebben, zouden we er ook het volgende stuk onder kunnen begrijpen. Het gaat hier om een stuk bruinkoolhout, zoals ze in één der vele zandzuigerijen rondom Veenhusen bij Emden in Ostfriesland bij honderden te vinden zijn. Elders, zoals in Schoonloo in Drenthe worden ze ook wel opgezogen, soms in zo grote hoeveelheid dat ze tot verdriet der groevenbezitters hun grind onverkoopbaar maken.

In het onderhavige stuk bruinkoolhout, dat we nu het „sediment” zullen noemen, zien we een aantal cirkelronde holten met rechte wanden, maar met een kegelvormige bodem die met concentrische ringen is bezet. Deze holten zijn in het hout gevreten door larven van kevers (Fig. 53).

4. Opmerkingen over de geologische betekenis van fossiele levenssporen en hun diagenese.

Als men iets niet kent, is de erkenning dat men het niet kent, kennis.

Kon Fu Tse.

Goed bewaarde fossielen geven direkte aanwijzingen over vroeger bestaande organismen; fossiele levenssporen daarentegen slechts indirecte. Bepaalde fossielen kunnen door hun betrekkelijk korte geologische levensduur, liefst gepaard aan een ruime geografische verspreiding, goede gidsfossielen zijn. Van vele levenssporen heeft men vroeger wel gedacht dat ze, al dan niet samen met fossielen, dezelfde dienst konden bewijzen, maar over het algemeen is men daar van teruggekomen. Als uitzondering wordt nog wel de vraatbouw van *Phycodes circinatum* genoemd en ook het coprolietensnoer van *Tomaculum problematicum*, beide uit het Ordovicium en op tal van plaatsen in de wereld optredend.

Als voorbeeld van een vroeger wel, maar nu niet meer als gidsfossiel gebruikt levensspoor kan *Skolithos linearis* genoemd worden. Oorspronkelijk meende men dat *Skolithos* beperkt was tot het Amerikaanse en Zweedse Onder-Cambrium. Ze komen echter ook voor in het Boven-Cambrium en in het Onder-Siluur van Noord-Amerika, verder in Arabië, in het Onder-Siluur van Frankrijk en Portugal en in de Boven-Silurische Medinazandsteen van New York. RICHTER vond, als reeds gezegd, buizenzandstenen in de Eifel (Devoon), maar voor mij is het verschil tussen deze en de Zweedse *Skolithos* groot genoeg om die uit de Eifel de door RICHTER geschonken naam *Sabellarifex* te laten behouden. REGENHARD vond met *Skolithos* verwante buizen in de Bontzandsteen van zuid-Hannover en noord-Hessen en wijst er terecht op dat *Skolithos*, op zichzelf gevonden, niet bruikbaar is als gidsfossiel. Zelf vond ik in de Luxemburger zandsteen (Lias) buizen die ik niet kan onderscheiden van de verspreid staande *Skolithos*. Verder gezien de vele opvattingen die over *Skolithos* geheerst hebben en de vraag openlatend of alle waarnemers evengoed gezien hebben, lijkt het mij goed mogelijk dat sommige buizenzandstenen van de hier opgesomde vindplaatsen evenveel van elkaar verschillen als bijvoorbeeld *Skolithos* en *Sabellarifex*. Vooral *Skolithos* met de verspreid staande buizen kan gemakkelijk aanleiding tot verwarring geven. Maar al met al ziet het er toch wel naar uit, dat *Skolithos* „van alle tijden is”, geen stratigrafische waarde heeft en dat lot deelt met de meeste andere fossiele levenssporen.¹⁾

Toch kunnen de fossiele levenssporen ons waardevolle aanwijzingen geven. In sedimenten die geen fossielen bevatten kunnen de erin aanwezige levenssporen aantonen dat er in de tijd van sedimentatie wel degelijk leven bestond. In Zweden zijn de Onder-Cambrische levenssporen reeds ouder dan de oudste fossielhoudende sedimenten. Zelfs in de nog oudere Pre-Cambrische sedimenten van de Amerikaanse Grand Canyon vond SEILACHER meerdere soorten levenssporen. In de Bontzandsteen werden slechts hier en daar fossielen aangetroffen, maar levenssporen zijn er niet zo zeldzaam. Meestal duiden de hierin gevonden levenssporen er op dat we met continentale sedimenten te doen hebben. Hiertegenover kan de tertiaire en cretaceïsche Flysch van de Alpen genoemd worden die arm aan fossielen, maar buitengewoon rijk aan levenssporen is en waarbij deze levenssporen

ons duidelijk maken dat we met marine afzettingen te doen hebben.

In bepaalde gevallen kunnen levenssporen aanwijzingen geven of de sedimenten dicht aan de kust, in de shelfzee of in de diepere bekkens werden afgezet, al heeft men ook in dit opzicht meermalen vroegere meningen moeten prijsgeven. Zo hebben vooral de duitse auteurs rond de twintiger jaren de zienswijze verdedigd dat de zweedse Onder-Cambrische levenssporen alleen tot stand kwamen in een zeer ondiepe zee, dicht bij de kust, zo niet louter in de eb- en vloedstrook. MAGNUSSON deelt deze mening nog steeds wat de kräksten betreft.

HÄNTZSCHEL heeft echter opgemerkt (1964) dat Sabellaria ook voorkomt op 15 tot 20 meter diepte in de binnen-Jade over een oppervlakte van meerdere kilometers verdeeld. Maar ze kunnen zelfs op aanzienlijk grotere diepte bestaan. Dr VEENSTRA te Groningen, die reeds enkele jaren werkt aan een geologisch onderzoek van de Noordzeebodem, deelde mij mede dat hij Sabellaria-bouwsels heeft aangetroffen ongeveer midden tussen Zeeland en Engeland op een diepte van meer dan 40 meter. Het ziet er dus meer naar uit dat we dergelijke bouwsels zowel recent als fossiel mogen verwachten tot op een diepte waar nog voldoende daglicht doordrong. KIRTLEY en TANNER (1968) vermelden ze ook van 100 m diepte. De hoeveelheid daglicht die tot op de zeebodem kan doordringen is afhankelijk van de diepte van de zee en van de lichtdoorlating van het water ter plaatse. In zeer helder zoet water en in de haven van Woodshole is volgens SEILACHER (1954) de helderheid op 80 meter diepte reeds gedaald tot 1% van die aan het wateroppervlak. In de golf van Maine is dat op 32 meter het geval en in de uitzonderlijk heldere Sargassozee pas op 146 m diepte. Voor het menselijk oog zou het op 600 m diepte volkomen duister zijn, terwijl fotografische platen tot op 1000 meter diepte nog enig licht registreren, maar voor de meeste dieren zal het op aanmerkelijk geringere diepten reeds aardedonker zijn. Waar men toch niet gezien kan worden, heeft het geen zin zich te verbergen. Men heeft waargenomen dat allerlei dieren zich alleen in zand en modder verstoppen, waar ze nog gezien kunnen worden. Zeesterren bijvoorbeeld zullen zich, tot op enkele tientallen meters diepte levende, in het zand onderwoelen en zo een woel-spoor achterlaten. In diep water echter rusten de zeesterren uit, liggende bovenop het sediment en laten daarbij alleen een lichte indruk achter (rustspoor). SEILACHER (1954) neemt aan dat de woelssporen vermoedelijk tot op ± 100 m diepte aangetroffen worden, terwijl op nog grotere diepten louter rustsporen en oppervlakkige kruipsporen, maar geen woelssporen meer zullen voorkomen. Inderdaad laten sommige diepzeefoto's wel rust- maar geen woelssporen zien. Hier staat tegenover dat boormonsters, genomen door de Albatros expeditie op 5000 m diepte, buizen en holten van ons onbekende dieren vertonen.

Häntzschel (1962) meent dan ook dat er nog vele onderzoeken nodig zullen zijn voor we gebruik kunnen maken van fossiele levenssporen voor paleografische studies. Recente levenssporen kennen we nog zeer onvolledig. Van die in de kuststroken weten we wat meer, van de ondiepe zee weten we al minder en van de levenssporen in de diepzee nog maar zeer weinig af.

Zeeslakken en sommige borstelwormen komen aan hun voedsel door afgrazen (weiden) van de zeebodem. Waar voldoende licht doordringt om plantengroei mogelijk te maken, kunnen ze deze gemakkelijk vinden en bekruipen deze planten in alle mogelijke richtingen. Op grotere diepten zullen ze alleen nog wat restanten van neergedaald plankton kunnen veroveren door intensief en zeer regelmatig afgrazen, waarbij ze kennelijk bij het voortkruipen hun oude spoor aftasten en

en hier precies langs kruipen. Hierbij ontstaan karakteristieke „Weidesporen”, afgraafsporen. Soms zijn die sporen regelmatig spiraalvormig, soms rechtlijnig waarbij het beeld van een stroken-parketvloer zich aan ons opdringt (Fig. 57 en 58), wat men „Parkettierung” heeft genoemd (Engels: parqueting).

Zo kunnen de verschillende luevenssporen ons dus misschien aanwijzingen geven of de betrokken sedimenten in diep of in ondiep water zijn afgezet. Soms vertellen ze ons ook iets van bepaalde geologische gebeurtenissen.

In de diepere zeeën zal als regel de hoeveelheid sediment die per tijdseenheid wordt afgezet, geringer zijn dan dichtbij de kust. Een kruispoor op zo'n dieper gelegen sediment gemaakt, zal beslist niet snel met nieuw sediment opgevuld zijn. Voor het zover is, kan het gemakkelijk gekruist worden door nieuwe, van later passerende dieren.

Blijkbaar is de oppervlakte van de zeebodem op grotere diepte met deze kruisporen bedekt. De kans op fossilisatie van zo'n kruisporenbodem lijkt niet erg groot, maar toch komen ze fossiel wel voor. We vinden ze dan, opvallend genoeg, afgedrukt tegen de onderzijde van een laag (Fig. 59).

Maar hiervoor is wel een verklaring. Waar namelijk een rivier in zee uitmondt zal dicht bij de kust in relatief korte tijd een grote hoeveelheid materiaal op een klein oppervlak worden opgehoopt. Direct buiten deze onderzeese delta kan de waterdiepte vrij snel toenemen langs tamelijk steile hellingen. Soms waren deze hellingen te steil om stand te kunnen houden en heeft zich een modderstroom in beweging gezet die in zeer korte tijd de dieper gelegen sedimenten met hun oppervlakkige kruisporen overdekte en deze opvulde zodat ze bewaard konden blijven en wij ze nu aantreffen aan de onderzijde van de snel gesedimenteerde afdeklaag. Samen met andere rutsch-verschijnselen geven deze kruisporen ons een indruk van de geologische gebeurtenissen in dit gebied. Ook in paleoecologisch opzicht kunnen de levenssporen ons soms waardevolle gegevens verschaffen. We kunnen bijvoorbeeld gevoeglijk aannemen dat de dieren die de zweedse Onder-Cambrische levenssporen nalieten een vrij rustig bestaan hadden en dat ze gezellig in kolonies samenleefden van louter volwassen exemplaren. We vinden immers zowel van de typische Skolithos als van Diplocraterion steeds buizen van dezelfde breedte en nemen nooit waar dat deze woningen door later komende gravers vernield werden, afgezien dan van de kraksten.

Vele recente zeeworden en kreeftachtigen maken een jeugd stadium door, waarin ze vrij rondzwemmen. Op een bepaalde leeftijd gekomen, waarin ze dus ook een bepaalde gelijke grootte hebben bereikt, gaan ze van epitoke, vrijzwemmende levenswijze over op een atoke, bodembewonende. Blijkbaar was dat tijdens het Onder-Cambrium niet anders. Daarentegen treffen we in jongere afzettingen meermalen allerlei graafgangen en woonholten doorelkaar aan. Het leven was toen kennelijk veel rijker aan soorten en ook veel onrustiger. Zo laat een zwerfsteen van oostelijke herkomst, gevonden in de zandzuigerij tussen Westdorp en Schoonloo, een veelvoud van opgevulde holten en buizen zien in meerdere richtingen, waarbij een horizontale buis een Rhizocoralliumbouw doorsnijdt, die toen dus door z'n maker verlaten moest zijn of wellicht juist aan de buizengraver ten prooi viel.

Dat de typische dicht opelkaar gebouwde Skolithoskolonie nooit werd aangetroffen met sporen van andere, de kolonies doorgravende dieren, kan zijn oorzaak vinden in de grote stevigheid van de eerste. Misschien maakten de veroorzakers van de verspreid staande Skolithos buizen ook wel stevige wanden. De enige

vondst, die ik ken van zo'n kolonie, doorgraven met horizontale gangen, vertoont hoe de horizontale gangen zich steeds om de verticale heenslingeren. maar ze nergens doorsnijden.

Men zal moeten toegeven dat alles met elkaar genomen de fossiele levenssporen ons meer raadsels voorleggen dan ze kunnen helpen geologische of paleontologische raadsels op te lossen. Misschien is dat de reden waarom de paleontologen zich over het algemeen maar zeer weinig met de levenssporen hebben bemoeid. Zo wijdde bijvoorbeeld VON ZITTEL (1924) er in zijn boek ternauwernood een pagina aan. Toch zijn er enkele gevallen bekend, waarin de sporenmakers waardevolle diensten aan de paleontologie hebben bewezen, zij het uiteraard tegen wil en dank.

Zo zijn er in het vroegere Oost-Pruisen in Alt-Hüttendorf zwerfstenen gevonden die door DEECKE werden aangezien voor sponzen. Hij noemde ze *Astrophora Baltica*. ORTMANN (1925) heeft later aangetoond dat het geen sponzen waren, maar levenssporen van Terebelliden, een groep tot de borstelwormen behorende dieren, die de gewoonte hebben hun gegraven huizen met allerlei voorwerpen te bekleden. In dit geval waren de buiskernen tot 5 mm dik, terwijl daaromheen buiswanden voorkomen, die 1 tot 2,5 mm dik zijn.

Die wanden zijn opgebouwd uit mineraalkorrels, zoals kwarts, glimmer en glaukonietkorrels, maar ook uit Foramineferen en tenslotte naalden van kiezel-sponzen. Daarvan komen heel wat soorten voor. Deze glassponzen beginnen met de Hexactinelliden, de zesstralers, waarvan de naalden gevormd worden door drie loodrecht op elkaar staande assen. Zo'n naald vertoont dus zes punten of min of meer gecompliceerde uitsteeksels. Door het verdwijnen van enkele stralen ontstonden vijf-, vier-, drie- en tweestralers, de laatsten dus schijnbare éénstralers. Ze komen in de natuur voor in een zeer grote verscheidenheid van de eenvoudigste tot de fraaiste en elegantste modellen, maar ze zijn uitermate breekbaar. Wat men aan fossiele naalden vindt, is meestal dermate beschadigd dat determinatie zeer moeilijk of onmogelijk is. De sponsnaalden nu, die door de wormen gebruikt werden in hun buizen, werden daardoor juist gevrijwaard voor beschadigingen, zodat ORTMANN er 25 soorten uit kon determineren! Een dergelijke buis, nu 25 mm dik, in een vuursteen van Werpeloh, leverde mij de best bewaarde Bryozoën op die men zich kan voorstellen. Misschien dat de Terebelliden zo nog iets vergoeden van alle hoofdbrekens, die de overige sporenmakers aan geologen en paleontologen hebben bezorgd.

Maar ook de levenssporen van andere dieren die zelf geen materialen verzamelden om hun buizen te bekleden of deze er mee op te bouwen, kunnen het mooi bewaard blijven van fossielen bevorderen. Zo beschreef BROMLEY (1967) buizen die door Thalassinidea-achtige kreeften zijn gemaakt in het Boven-Krijt van Engeland, Denemarken, België en Duitsland. Deze buizen werden blijkbaar achtereenvolgens door meerdere dieren bewoond, soms ook opnieuw uitgegraven. Nadat de gravers deze buizen verlieten, konden andere dieren er gebruik van maken, zoals verschillende Chondrites-achtige sporen aantonen. Het voorkomen van vele bijzonder fraai bewaarde Bryozoën nabij de uitmonding van de buizen, wijst erop dat deze dieren zich graag vestigden in deze buismonden. Ook hier bleven deze Bryozoën aanmerkelijk beter en gaver bewaard dan die in het sediment om de buizen heen.

In enkele gevallen zijn er aanwijzingen over het verloop van de diagenese van de fossiele levenssporen op zichzelf. KIRTLEY en TANNER (1968) deelden kort-

geleden mede dat zij aan de kusten van Florida gehele stroken van door wormen opgebouwde riffen hebben aangetroffen. Een van deze riffen, gebouwd door de borstelwormen *Phragmatopoma lopidosa*, is 320 km lang (Fig. 60). Deze wormsoort past alleen selectie naar grootte toe op het materiaal dat hij gebruikt voor de opbouw van zijn buis. (Fig. 61). Zowel kwartskorrels als zware mineralen worden ervoor gebruikt, maar bovendien kleine fragmenten van de vergruisde schalen van mollusken en andere detritische fragmenten zoals ostracoden, foramineferen, sponsnaalden en zelfs de pilvormige uitwerpselen van allerlei dieren. Deze materialen onttrekken de wormen aan het voorbij stromende water en ze verkitten het met een eiwithoudend cement dat ze zelf uitscheiden. De buizen worden gemeenschappelijk opgebouwd en met elkaar verkit tot, zolang de kolonies klein zijn, trossen of lage platte kussens. Nemen deze kolonies in grootte toe dan groeien ze uit tot zeer grote aaneengesloten riffen. Nu is het genoemde auteurs opgevallen dat na de dood van deze organismen soms het eiwitcement wordt vervangen door kalk (CaCO_3) die vermoedelijk onttrokken wordt aan de fijne deeltjes schelpgruis die in de buiswand aanwezig zijn. Het fijne van dit proces is nog niet bekend, maar het gevolg is dat deze riffen in korte tijd verstenen. Het schijnt wel, dat in enkele gevallen geen verdere diagenese van dergelijke fossiele wormriffen plaats vond, terwijl dat op andere plaatsen wel gebeurde. Zo vermeldde OPIK (1933) dat hij in het Onder-Cambrium van Estland Skolithos-zandsteen vond, waarvan de zandkorrels in de buiswanden door kalk verkit waren en daardoor relatief stevig, in tegenstelling met het gesteente om de buizen heen, waar de zandsteen zo los was, dat hij deze tussen de vingers fijn kon wrijven. Het heeft er dus veel van dat de estlandse Skolithos zandsteen sinds het Onder-Cambrium vrijwel niet diagenetisch beïnvloed is, terwijl dat met de min of meer kwartsietische van Zweden wel het geval is.

Eenvoudige tertiaire buizen komen voor in de klei van Basbeck bij Stade in Duitsland. Dit fossiele levensspoor heeft een zwartgrijze vulmassa in een geelwitte buis. Het gesteente om de buis heen is een roestbruine, kennelijk door diverse gravers doorploegde klei die als een harde concretie staat in een overigens nog vrij weke klei (Fig. 54 en 55). Het verharden van de concretie wordt nu verklaard doordat na het sterven van de worm die de buis met z'n slijm verkitte, de fosforverbindingen die deze wormen evenals alle andere diersoorten bevat zullen hebben, vrijkomen. Deze fosfor zorgde nu voor de versteviging van de fossiele buis tot een fosforietknol. Dergelijke processen komen meer voor. Van DR BOEKSCHOTEN te Groningen ontving ik een aantal eveneens tertiaire fosforietknollen van Sint-Niklaas bij Antwerpen (Fig. 62) welke even zovele brokstukken van dikwandige buizen bleken te zijn met sterke wanden en tot 12 cm grote trechters. Een Monocraterion-achtig levensspoor dus, maar nu in enkele malen vergrote uitvoering. Deze levenssporen lagen geremanieerd in een iets jongere tertiaire laag. Blijkbaar waren ze op hun oorspronkelijke standplaats al voldoende verhard om het zeetransport naar hun secundaire ligplaats te kunnen doorstaan.

BROMLEY (1967) deelt mede dat de fosphatische vullingen in buizen in het Krijt van Taplow in Buckinghamshire, Engeland zich meer dan een meter voortzetten. In andere gevallen vond hij alleen het bovenste deel van de buizen gefosphatiseerd. Verder deelt hij mede dat sommige recente borende en gravende crustaceen, zoals *Lysioquilla excavatrix* Roux en *Callianassa major* Say, het sediment aan de wanden van hun tunnelachtige gangen cementeren met een donkerbruine secretie.

Hij ziet echter geen aanleiding tot de veronderstelling dat de fosfatisering van het gesteente dat de buizen omsluit te danken is aan de secretie van de bewoners. In hoofdstuk 2 werd reeds vermeld dat soms alleen gangvulling tot vuursteen is omgezet, terwijl dit elders alleen met het sediment om de buizen heen het geval is. Volgens BROMLEY (1967) blijken de met los en onverteend materiaal gevulde buizen een zeer gunstige voorwaarde te zijn voor de vorming van vuursteen. In de buisvullingen in cretaceïsche kalkrotsen zijn alle stadia van vuursteenvorming waar te nemen. Verder bleek hem dat de vulling van dunne buizen, wellicht Chondrites, die aanwezig zijn binnen de sedimentvulling van veel dikkere crustaceïsche buizen, soms verkiezeld was tot een groep van dunne vuursteenstaafjes die hier en daar op één of twee plaatsen door grotere brokken vuursteen met elkaar verbonden zijn. Voortschrijdende verkiezeling leidt dan tot het andere uiterste, waarbij de buis over z'n gehele lengte met vuursteen is gevuld. Meestal zijn deze vuursteenvullingen kort, maar in enkele gevallen trof hij een buizensysteem aan met een min of meer doorlopend net van vuursteen. Daarentegen zag hij aan de engelse zuidkust grote vuurstenen waarin zich een met kalk gevuld systeem van buizen bevindt. Deze buizen moeten zich ook buiten de vuursteen bevonden hebben, maar in zachte kalk om de vuursteenknollen heen zijn ze niet waarneembaar.

NASCHRIFT

Het zal nu ongeveer twintig jaar geleden zijn dat ik, met mijn nu al weer vele jaren in de V.S. wonende collega J. van Denderen, stenen zocht tijdens een wandeling door de ontginningen tussen Schoonoord, Borger en Odoorn. Terwijl wij op de bus wachtten die ons naar Groningen zou brengen, maar die lang op zich liet wachten, vonden we in het veld naast de weg de kwartsietische zandsteen met de raadselachtige kegels, afgebeeld in Fig. 30 en 31. Deze vondst werd door velen gezien, o.a. door Prof. Dr. L. M. J. U. van Straaten, die zo vriendelijk was er een onderzoekje aan te wijden, waarvan hij noch ik veel wijzer geworden zal zijn, maar voor mij werd het de stimulans dieper te gaan graven in de graafsporen en problemen te maken van problematica. Ondertussen stond de vondst vele jaren op een fraaie piedestal in een van de zalen van het Geologisch Instituut te Groningen, getooid met een papier waarop duidelijk leesbaar een vraagteken was geschilderd ter opwekking aan de studenten hier maar eens in te duiken. Of er iemand was, die het waagde, heb ik nooit vernomen, hoe hij het eraf bracht dus evenmin. Ik waagde het wel, misschien omdat ik niets beters te doen had, maar niet alleen. Wurmites is intussen gebleken een aanstekelijke kwaal te zijn, die altijd weer acuut wordt, wanneer je wéér een steen met levenssporen in handen krijgt. Mijn handen paseerden er sindsdien vermoedelijk enkele duizenden en het waren er niet te veel om van deze materie iets te begrijpen. Velen hebben mij hierbij geholpen. Mocht ik er niet in geslaagd zijn de lezers wat wijzer te maken betreffende de onderhavige materie, dan ligt dat niet aan mijn helpers, die vanaf die dag bij Odoorn tot heden altijd bereid waren en voortkwamen zowel uit mijn dagelijkse collega's van het Telefoondistrict te Groningen, als uit vrienden van de Nederlandse Geologische Vereniging, vaklieden en amateurs uit Groningen en van ver daarbuiten in binnen- en buitenland. Hen allen te noemen is mij onmogelijk, hen te danken een aangename plicht. Maar ik wil toch graag enkele uitzonderingen maken.

Allereerst dient de hulp genoemd van Prof. Dr. L. M. J. U. van Straaten en van zijn medewerkers aan het Geologisch Instituut te Groningen, namelijk Dr. H. J. Veenstra en Dr G. J. Boekschoten. De laatste was tevens zo vriendelijk mijn geschrift kritisch door te lezen en van waardevolle aanwijzingen te voorzien, terwijl de heer Ritskes een groot deel van de foto's verzorgde. Mijn collega Kramer verzorgde het overige deel van de foto's, terwijl collega Stelpstra het moeilijke tekenwerk voor zijn rekening nam en collega Staal het typewerk en een deel van het vertaalwerk verzorgde.

Ook vanaf deze plaats hartelijk dank voor de genoten hulp.

Groningen, mei 1969

Voetnoot blz. 157

- 1) Een zeer recente vondst van fossiele wormriffen uit het Pleistoceen in Chili sluit de keten vanaf het Praecambrium tot heden volledig.

LITERATUUR-OVERZICHT

1. Abel, Othenio, 1935: Vorzeitliche Lebensspuren. Jena.
2. Andree, K. 1912: Über Sand und Sandsteinkegel und ihre Bedeutung als Litoralgebilde. Geol. Rundschau. Leipzig.
3. Andree, K. 1920: Geologie des Meeresbodens, Band II, blz. 87-91. Leipzig.
4. Bennhold, W. 1935: Scolithussandstein mit girlandenförmiger Schichtung, Zeitschrift für Geschiebeforschung, Band 11. Leipzig.
5. Bonnema, J. H. 1934: Bijdrage tot de kennis van de geologie van Nederland. Groningen.
6. Bromley, R. G. 1967: Some observations on burrows of thalassinidean Crustacea in chalk hardgrounds. The quarterly journal of the Geol. Soc. of London. No. 490, Vol. 123, Part 2, blz. 157-182. Londen.
7. Claus, Hans, 1965: Eine merkwürdige Lebensspur (Protovirgularia?) aus dem oberen Muschelkalk N.W. Thüringens. Senckenbergiana, Band 46, nr. 2-3. Frankfurt am Main.
8. Deecke, W. 1906: Einige Beobachtungen am Sandstrande. Zentr. bl. für Min. Geol. und Palaeontologie, blz. 721-727.
9. Faber, F. J. 1959: De Winterswijkse Muschelkalk. Geol. en Mijnb. (Nieuwe serie) 21e jaargang. blz. 25-31.
10. Fenton, C. L. en Fenton, M. A. 1934: Scolithus as a fossil Phoronid. Pan Amer. Geologist, nr. 61. Des Moines.
11. Fraas, E. 1920: „Rankensteine“ aus dem Rhät quarzit. Senckenbergiana II, Heft 6. Frankfurt am Main.
12. Gripp, Karl, 1964: Erdgeschichte von Schleswig-Holstein. Neumünster.
13. Hadding, Assar, 1929: The Pre-Quaternary sedimentary rocks of Sweden. III. The Palaeozoic and Mesozoic sandstones of Sweden. Lunds Univ. Årsskr. N.F. Avdel 2,25. No. 3, 287 blz. Lund.
14. Häntzschel, Walter, 1960: Spreitenbauten Zoophycos Massal im Septariänton Nordwestdeutschlands. Mitt. aus dem Geol. Staatsinst. in Hamburg. Heft 29, blz. 95-100. Hamburg.
15. Häntzschel, Walter, 1962: Trace fossils and Problematica. Treatise on Invertebrata. Paleontology, Part W. Geological Society of America and University of Kansas Press. Kansas.
16. Häntzschel, Walter, 1964: Die Spurenfauna, bioturbate Texturen und Marken in unterkambrischen Sandsteingeschieben Norddeutschlands und Schwedens. Sonderheft zur Jahrestagung 1964 der V.F.M.G. in Hamburg. Der Aufschluss. Heidelberg.
17. Häntzschel, Walter, 1965: Vestigia invertebratorum et problematica. Pars. 108. Fossilium Catalogus I: Animalia. Junk, 's-Gravenhage.
18. Högbom, A. G. 1915: Zur Deutung der Scolithussandsteine und „Piperocks“. Bull. Geol. Inst. Uppsala XIII, blz. 45-60. Uppsala.
19. Högbom, A. G. 1925: A problematic fossil from the Lower Cambrium of Kinnekulle. Bull. Geol. Inst. Uppsala XIX, blz. 215-222. Uppsala.
20. Howell, B. F. 1943: Burrows of Skolithos and Planolites in the cambrian Hardystonsandstone at Reading Pennsylvania. Public. Wagner Free Inst. Sci. 3. Philadelphia.
21. Kemper, E. 1967: Geologischer Führer durch die Grafschaft Bentheim und die angrenzenden Gebiete. 3e Auflage.
22. Kirtley, D. W. en Tanner, W. F. 1968: Sabellariid Worms: Builders of a major reef type. Departm. of Geol., The Florida stata Univ. Tallahassee, Florida.
23. Klähn, H. 1932: Erhaltungsfähige senkrechte Gänge im Dünensand und die Scolithus Frage. Zeitschrift für Gesch. Forsch., Band 8, Heft 1. Leipzig.
24. Kleij, K. v.d. en Vries, W. de 1946: Gidsgesteenten van het noordelijk diluvium. Meppel.

25. Kraus, E. 1930: Studien zur ostbaltische Geologie, deel V. Über Rhizocorallide Bauten im ostbaltischen Devon. Veröffentl. v.d. geol. pal. Inst. der Univ. Riga.
26. Kruckow, Th. 1953: Eine fossile Lebensspur als Äquivalenten der Goldlaute Schichten (Unterrotliegend) bei Sülzhayn am Südharz. Abh. Naturw. Ver. Bremen 33,2. Bremen.
27. Kruckow, Th. 1956: Eine neue fossilie Lebensspur aus dem Rotliegenden des Südharzes. Der Aufschluss, Jahrg. 5, Heft 4. Rossdorf bei Darmstaat.
28. Kuhn, O. 1963: Ichnia tetrapodorum. Fossilium Catalogus I: Animalia. Pars. 101. Junk, 's-Gravenhage.
29. Lohmann, Hinrich, 1960: Zur Stratigraphie und Fossilführung des Buntsandsteins in Niederhessen. Mitt. aus dem geol. Staatsinst. in Hamburg, Heft 29, blz. 66-84. Hamburg.
30. Lijn, P. v.d. 1963: Het Keienboek. 5e druk. n.v. W. J. Thieme en Cie. Zutphen.
31. Magnusson, N. H. 1963, Lundqvist, G. och Regnell, G.: Sveriges Geologi. Stockholm.
32. Matthew, G. F. 1888: On Psammichnites and the early Trilobites of the Cambrian rocks in eastern Canada. Amer. Geologist 2, blz. 1-9. Minneapolis.
33. Nathorst, A. G. 1871: Ett märkligt spår från Tessinisandstenen på Öland. Geologiska Förenigen, Hef 5, Band 19. Stockholm.
34. Opik, A. 1929: Studien über das estnische Unterkambrium (Estonium) I-IV. Tartu Ülikooli Geologia Instituudi Toimetused. No. 15. Tartu.
35. Opik, A. 1933: Über Scolithus aus Estland. Tartu Ülikooli Geologia Instituudi Toimetused. Nr. 29. Tartu.
36. Ortmann, P. 1925: Astrophora baltica. Kein Schwamm, sondern eine Wurmrohre. Zeitschr. für Gesch. Forschung. Band 1. Berlijn.
37. Regenhardt, H. 1964: „Würm“ und Serpuliden. Rohren in Geschieben unter besondere Berücksichtigung von „Riffbildungen“. Lauenburgische Heimat. Heft 45. Zeitschrift des Heimatbundes und Geschichtsverein Herzogtum Lauenburg. Lauenburg.
38. Reineck, H. E. 1956: Der Wattenboden und das Leben im Wattenboden. Natur und Volk 86, blz. 268-284.
39. Reineck, H. E. 1958: Wühlbau-Gefüge in Abhängigkeit von Sediment Umlagerungen. Senckenbergiana, Band 39, blz. 1-23. Frankfurt am Main.
40. Richter, Rudolf 1920: Ein devonischer Pfeifenquarzit u.s.w. Senckenbergiana 2, Heft 6, blz. 215-235. Frankfurt am Main.
41. Richter, Rudolf 1920: Scolithus, Sabellarifex und Geflechtsquarzite. Senckenbergiana 3, blz. 49-52. Frankfurt am Main.
42. Richter, Rudolf 1927: Syringomorpha nilssoni Torell in norddeutschen Geschieben des schwedischen Cambriums, ein glazial-geologisch verwendbares Problematikum. Senckenbergiana 9, blz. 260-268. Frankfurt am Main.
43. Richter, Rudolf 1928: Die fossilen Fährten und Bauten der Würmer. Paleont. Zeitschr. 9, blz. 193-205. Berlijn.
44. Roedel, H. 1926: Ein kambrisches Geschiebe mit problematischen Spuren. Zeitschr. für Gesch. Forsch. 2. Leipzig.
45. Roedel, H. 1929: Ergänzung zu meiner Mitteilung über ein kambrisches Geschiebe mit problematischen Spuren. Zeitschr. für Gesch. Forsch. Band 5. Berlijn.
46. Schäfer, Wilhelm 1956: Wirkungen der Benthos. Organismen auf den jüngeren Schichtverband. Senckenbergiana 37, blz. 183-263. Frankfurt am Main.
47. Schindewolf, O. H. en Seilacher, A. 1955: Beiträge zur Kenntnis des Kambriums in der Salt Range (Pakistan). Akad. der Wissensch. und der Literatur, Jahrgang nr. 10. Mainz.
48. Schuddebeurs A. P. 1957: Kegelzand en zandsteen. Grondboor en Hamer. Februari 1957, blz. 1-4. Oldenzaal.
49. Seilacher, A. 1958: Studien zur Palichnologie I und II. Neues Jahrbuch für Geol. und Paleont. I in Band 96, 1953. II in Band 98, 1958. Stuttgart.
50. Seilacher, A. 1954: Die geologische Bedeutung fossiler Lebensspuren. Zeitschr. deutsch. geol. Ges. Jahrgang 1953. Hannover.

51. Seilacher, A. 1956: Der Beginn des Kambriums als biologische Wende. Neues Jahrb. für Geol. und Paleont. Band 103. Stuttgart.
52. Seilacher, A. 1959: Vom Leben der Trilobieten. Die Naturwissenschaften. 46e Jahrg. Heft 12, blz. 30-30a-30b. Frankfurt am Main.
53. Seilacher, A. 1960: Lebensspuren als Leitfossilien. Geol. Rundschau 49, blz. 41-50. Stuttgart.
54. Seilacher, A. 1961: Krebse im Brandungssand. Natur und Volk 91 (7). Frankfurt am Main.
55. Seilacher, A. 1963: Lebensspuren und Salinitätsfazies. Fortschr. Geol. Rheinland und Westfalen. Krefeld.
56. Schulz, W. 1962: Gliederung des Pleistozäns in der Umgebung von Halle (Saale). „Geologie“ Zeitschr. für das Gesamtgebiet der Geol. und Miner. Nr. 36. Akademie Verlag. Berlin.
57. Sonntag, K. 1935: Astrophoren als Eolithen. Zeitschr. für Gesch. Forsch. Band 11. Leipzig.
58. Stehmann, E. 1934: Das Unterkambrium und die Tektonik des Palaeozoikums auf Bornholm (Diss.) Greifswald.
59. Stehmann, E. 1935: Über Wurmröhren im Nexösandstein auf Bornholm. Zeitschr. für Gesch. Forsch. Leipzig.
60. Torell, O. 1867/1868: Bidrag till Sparagmitetagens geognosi och paleontologi. Acta Univers. Lundensis, Lunds Univers. Årsskrift för år 1867, Avdel 2,4. No. 13. Lund.
61. Torell, O. 1869/1870: Petrificata Suecana Formationis Cambricae. Acta Univers. Lundensis, Lunds Univers. Årsskrift för år 1869. Avdel 2,6. No. 8. Lund.
62. Vlerk, I. M. v.d. en Kuenen, P. H. 1948: Geheimschrift der Aarde. Utrecht.
63. Voigt, E. 1928: Köcherbauten von Würmern in Sedimentärgeschieben. Zeitschr. für Gesch. Forsch. Band 4. Berlin.
64. Volk, M. 1961: Protovirgularia nereitarum. (Reinh. Richter), ein Lebensspur aus dem Devon Thüringens. Senckenbergiana, Band 42, no. 1-2. Frankfurt am Main.
65. Weigelt, J. 1929: Fossilie Grabschächte brachyurer Decapoden als Lokalgeschiebe in Pommern und das Rhizocoralliumproblem. Eine Betrachtung über die geologischen Tätigkeit der Krebse. Zeitschr. für Gesch. Forsch. Band 5. Berlin.
66. Westergård, A. H. 1931: Diplocraterion, Monocraterion and Scolithus. Sveriges geol. Undersökn. Seri C. Avh. Uppsala, no. 372, Årsbok 25, no. 5. Stockholm.
67. Wiman, C. 1902/1903: Studien über das Nordbaltische Silurgebiet 1. Olenellussandstein. Bull. of the Geol. Inst. Uppsala 6. no. 11-12. blz. 37. Uppsala.
68. Whitney and Desor 1850: Proc. Boston. Soc. Nat. Hist. Boston.
69. Yonge, C. M. 1958: The sea shore. The New Naturalist, 2e druk. Londen.
70. Zittel, K. A. von 1924: Grundzüge der Palaeontologie. 1 Abteil. Invertebrata. 6e druk. München en Berlin.
71. Diverse schrijvers 1964: Het Waddenboek. Uitgave Nederl. Geol. Ver. Oldenzaal.

Uit boek en tijdschrift

F. H. G. Engelen

OLIE IN ALASKA

Aan de Prudhoe Baai, aan de noordkust van Alaska, is volgens Newsweek een enorm olieveld ontdekt met reserves die volgens voorzichtige schattingen 5 à 10 miljard barrels omvatten. Dit grootste olieveld van Noord-Amerika is door twee boringen ontsloten. Het zijn Humble Oil and Refining Co met als partners Atlantic Rectified en British Petroleum die deze vondst op hun naam hebben staan.

Aan deze vondst zitten echter enkele grote problemen. Vooral het vervoer van de olie speelt een grote rol. Vervoer per schip door de Noordelijke IJsee brengt enorme problemen met zich mee i.v.m. dichte mist, pakijs en ijsbergen.

Een pijpleiding zuidwaarts door Alaska naar de ijsvrije havens van de Golf van Alaska aan de westkust, zou 800 mijl lang moeten worden. De kosten bedragen 900 miljoen dollar, waarbij dit project in 1972 klaar zou kunnen zijn.

Aangezien de grote verbruikers van olie aan de oostkust van Noord-Amerika gelegen zijn, is deze pijplijn slechts een onvolledige oplossing. Een nog langere pijpleiding in zuid-oostelijke richting naar Edmonton in Canada, zou aansluiting kunnen geven aan reeds bestaande leidingen die de grote industriegebieden verbinden.

Verder is een plan in ontwikkeling om zeer grote ijsbrekers te bouwen die de route door de noordelijke IJsee open kunnen houden en vervoer per supertanker mogelijk maken.

Het vinden van de meest economische vervoerweg speelt dus een grote rol bij de ontginning van het grootste olieveld van Noord-Amerika. Temperatuurproblemen vormen de tweede moeilijkheid.

JAARVERSLAG

MIJNMAATSCHAPPIJ LAURA-JULIA TE EYGELSHOVEN

De totaal koolwinning bedroeg 1.045.000 ton, tegen 1.110.000 ton in 1967. Het ondergronds effect, het aantal kg per man/dienst, steeg van 2350 tot 2511 kg, een zeer goed resultaat.

Van de totale produktie werd 76,5 % verkregen uit mechanische pijlers. Van de pijlers was 51,9 % uitrust met hydraulische wandelondersteuning.

De afzet was gunstig, er behoeften geen kolen in voorraad genomen te worden.

De briketproduktie bedroeg 242.444 ton (— 9 %).

Aan elektrische energie werd 408.801.458 kWh geproduceerd, waarvan ruim 313 miljoen kWh aan derden werd geleverd. Aan water werd gewonnen ruim 2,5 miljoen m³.

De totale bezetting bedroeg 3367, tegen 3796 in 1967.

In verband met het mijnsluitingsprogramma heeft deze onderneming een aantal vervangende werkgelegenheden in het leven geroepen o.a.:

N.V. Laura Metaal — een metaalverwerkende industrie

Pionier Laura — afdichtingsringen

Laura Motoren — brombiets- en buitenboordmotoren

Steenfabriek Nievelsteen — bouwstenen voor woning en utiliteitsbouw

Laura Werkverband — Fermapalpanelen en Vredestein zuigslangen

Laura-Tenneco — boringen naar olie en gas in de Noordzee.

F. E.

BODEMSCHATTEN IN AUSTRALIE

In de Australische staat Queensland, bekend om de rijkdom aan mineralen, is één rijke uraniumertslaag aangeboord. Deze vondst komt voor rekening van de Queensland Mines Ltd. De vindplaats ligt ongeveer 370 km ten noorden van Mount Isa. Het gehalte is 2,72 kg uraniumoxyde per ton erts en daarmee is dit de rijkste uraniumvondst in Australië.

De Australische ruwe-olie-winning ging met sprongen vooruit. De produktie steeg in 1968 met 80 % tot 14 miljoen barrels (\pm 150 l.). Het grootste deel van deze produktie, 11 miljoen barrels, werd geproduceerd in Barrow-Island in West-Australië, het andere gedeelte werd gewonnen in Queensland.

Ook in Tasmanië, het eiland ten zuiden van Melbourne, maakt de mijnbouw een grote expansie door. De mijn Rosebery gaat de produktie van lood, zink en zilverertsen uitbreiden en de produktie van pyriet weer op gang brengen. Ook de produktie van de nabijgelegen mijn te Tullah zal worden vergroot.

De Electrolytic Zinc Co. of Australia Ltd. heeft f 52 miljoen uitgetrokken voor deze uitbreidingen.

De leveringscontracten voor ijzererts aan Japan nemen steeds toe. Vandaar dat de haven van Port Hedland wordt uitgebaggerd voor de ontvangst van erts-carriers van 100.000 ton.

F. E.