

Afb. 6. *Talpinella cunicularia* (nieuw genus; nieuw species) in Orbitoides uit het Boven-Krijt van Zuidwest-Frankrijk, vindplaats Aubeterre. Foto 1 toont een overzicht van een gehalveerd exemplaar met boogvormige kamers uit de mediane laag (verg. $\times 12$). In het centrum het embryo van Orbitoides (de door een verdikte wand omgeven beginkamers). Te zien is een bijna hoefijzervormige holte, veroorzaakt door een sterk uitgegroeide *Talpinella* waar-

van de schaal niet bewaard is gebleven. Foto 2 toont een gehalveerd jong exemplaar van *Talpinella* ($\times 30$). De laatst gevormde kamer is zichtbaar dunner en anders van vorm dan de voorgaande spiraalkamers. Foto 3 toont een vanuit dit stadium verder onregelmatig uitgegroeide vorm ($\times 15$). Foto's 4 en 5 (resp. $\times 30$ en $\times 85$) tonen een dergelijk stadium bij een opengebroken exemplaar, waarbij te zien is dat de jongste kamer langwerpiger is uitgegroeid.

Een stuk supergereedschap: het elektronenmicroscop

door Y.A. Baumfalk en
A.R. Fortuin

Foraminiferen worden meestal bestudeerd met een gewone stereo-licht-microscop. Voor de meest voorkomende werkzaamheden (met name soort-determinatie) is het lichtmicroscop, mits van goede kwaliteit, toereikend. Lichtmicroscopen hebben echter enkele grote nadelen: zeer grote vergrotingen (1000 maal en meer) zijn bij opvallend licht - wat nodig is voor het bekijken van de oppervlakte - van slechte kwaliteit. Bovendien is de zg. scherpte-diepte bij het lichtmicroscop zeer klein, d.w.z. dat van een ruimtelijk voorwerp zoals een foram slechts een klein stukje tegelijk scherp in beeld kan worden gebracht.

Als je dus foto's wilt maken van foraminiferen door een lichtmicroscop zijn de resultaten dan ook doorgaans zeer bedroevend. Dit is de reden waarom in allerlei handboeken - ook die van later datum - meestal tekeningen worden aangegeven, die door de onderzoeker zijn samengesteld door steeds een ander stukje van het fossieltje scherp in beeld te brengen.

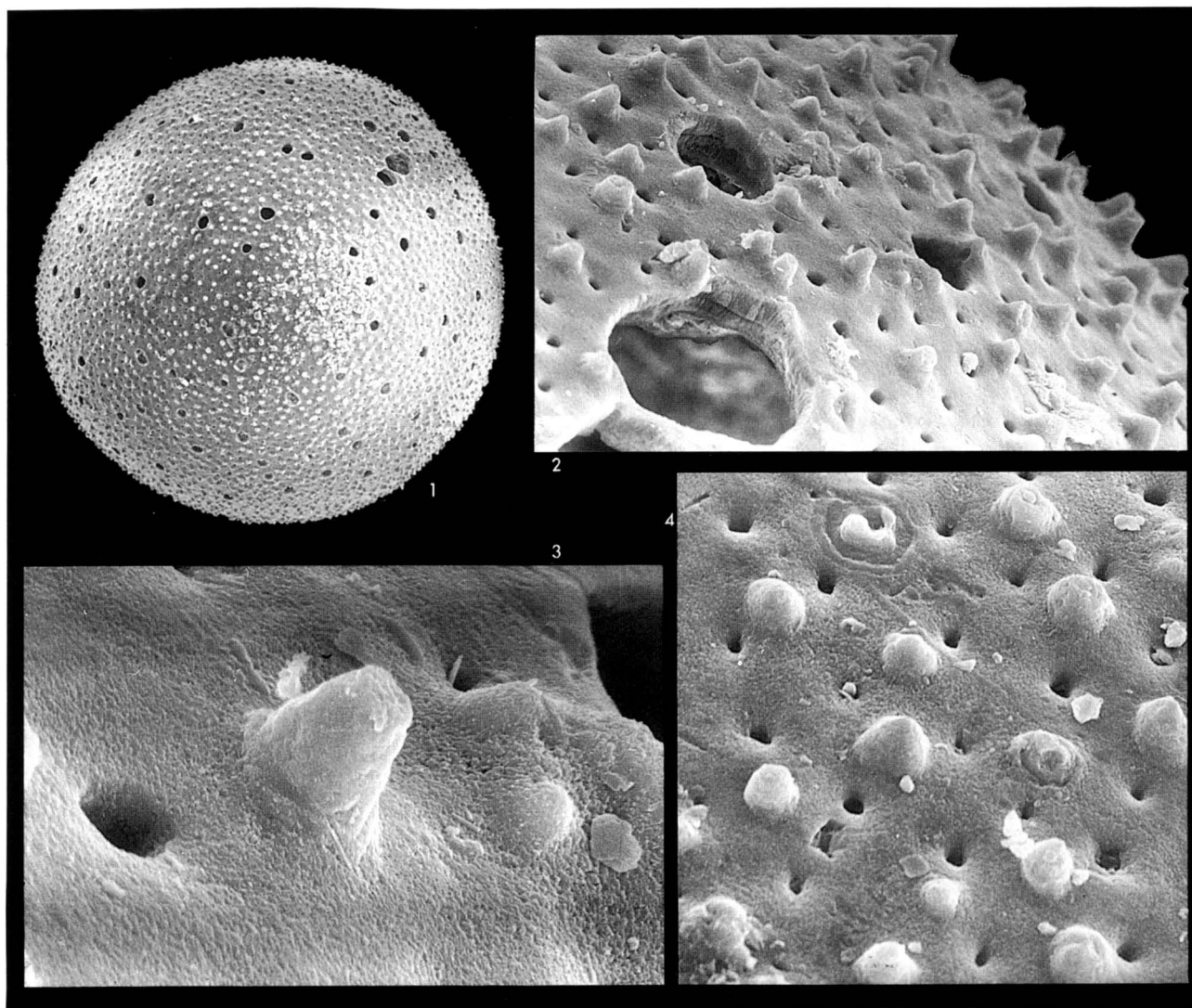
Sinds enkele tientallen jaren is er echter een nieuwe mogelijkheid. Naast het lichtmicroscop kennen we nu ook het zg. raster-elektronen-microscop (in het Engels Scanning Electron Microscope of SEM geheten). De na-

delen van het licht-microscop gelden voor de SEM niet. Vergrotingen van meer dan 10.000 maal zijn nog uitstekend mogelijk en de scherpte-diepte is enorm groot (zie de vele SEM-foto's in dit nummer). Uiteraard heeft ook een elektronenmicroscop nadelen. Het eerste is wel de hoge prijs (meer dan een ton voor een "middenklasser"); een tweede is dat de voorwerpen die je wilt bekijken eerst van een uiterst dun laagje goud moeten worden voorzien om ze elektronisch geleidend te maken. Met een electronen-microscop zijn zoals gezegd enorm hoge vergrotingen mogelijk. Dit opent voor de onderzoeker van foraminiferen een totaal nieuwe wereld: als we een voetbal van 30 cm 10.000 maal vergroten, dan hebben we te maken met een bol van 3 km doorsnede, een redelijk forse planeetoïde. Je kunt over het oppervlak van die enorme bol grote wandelingen maken, en totaal vergeten dat je op het oppervlak van een voetbal bezig bent, zoveel details zul

*Afb. 7. Een foraminifeer verkennen als was het een planeetoïde lukt aardig bij de bolvormige planktonische foraminifeer *Orbulina universa*. Foto 1 toont het gehele organisme (verg. 75 x). Foto 2 toont een landschap van „kraters“ en „bergen“, de poriën en stekels (x 750), terwijl foto 3 een detail is van het centrum van foto 2 (x 3750). Foto 4 geeft een detail uit het middendeel van *Orbulina* (x 1000). Deze soort komt recent zeer algemeen voor in de oceanen. Dit exemplaar is afkomstig uit het Onder-Pliocene van Italië.*

je om je heen zien. Je ziet alleen bomen, en geen bos meer, zie afb. 7. Bij foraminiferen-onderzoek wordt het elektronen-microscop dan ook niet in de eerste plaats gebruikt voor het krijgen van een totaalbeeld van het fossiel, behalve als mooie afbeeldingen vereist zijn t.b.v. faunabeschrijvingen. De SEM wordt met name gebruikt voor het bestuderen van details van de bouw van de schaal, de poriën, stekeltjes enz. (zie afb. 7).

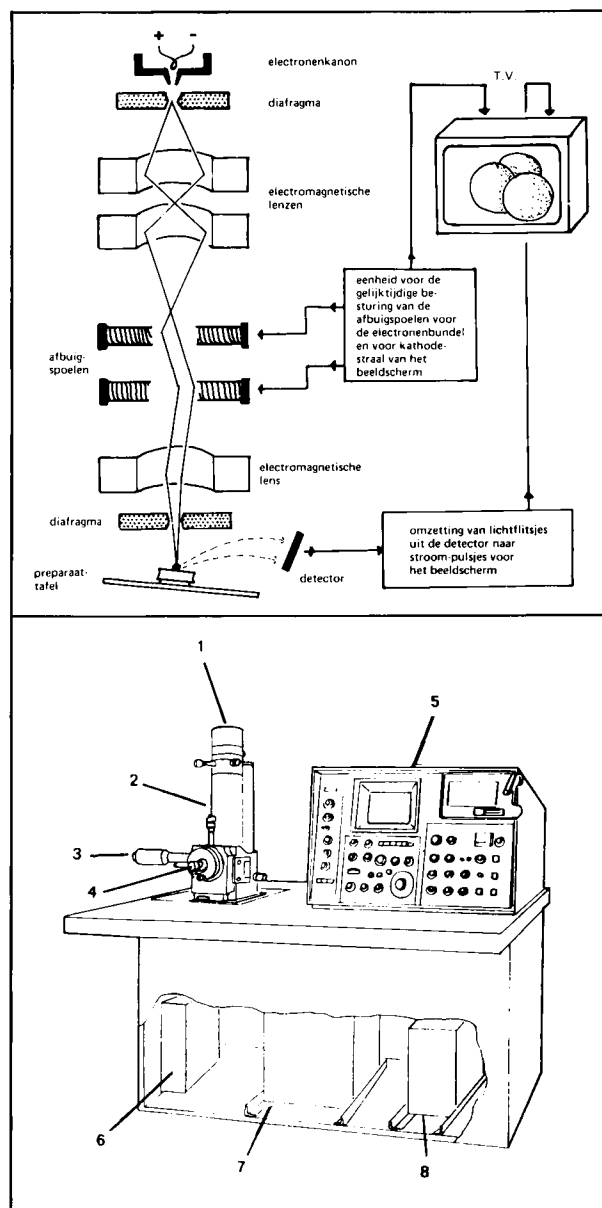
Afb. 8 geeft een schematische weergave van de bouw van de ISI-40 SEM. Net zoals lichtbundels door gewone glazen lenzen kunnen worden geconcentreerd, afgebogen e.d., kan men elektronenbundels, geleverd door een elektronenkanon, door elektromagnetische lenzen (spoelen) in goede banen leiden. Een elektronenstroom wordt tot een uiterst dun bundeltje geconcentreerd en vervolgens door een stel rasterspoelen afgebogen zodat de straal, na nog een straal en een diafragma te zijn gepasseerd, op één puntje van het voorwerp valt. De invallende elektronen maken nu elektronen in het dunne goudlaagje los, die worden opgevangen door een detector. De detector levert vervolgens een elektrisch stroompje dat in sterkte varieert met het aantal binnengekomen elektronen. Dit stroompje bepaalt uiteindelijk de helderheid van een lichtpuntje op een televisiescherm. Vervolgens wordt de elektronenbundel een heel klein eindje opgeschoven net als de bundel die op de beeldbuis valt. Als een lijn van de beeldbuis is volgeschreven wordt met de volgende lijn van het raster begonnen. Het verschil met het beeld op een gewone televisie is dat er per cm veel



meer lijnen worden afgetast en geschreven, zodat het oplossend vermogen (scherpte van het beeld) bij een SEM veel hoger ligt dan bij TV.

De helderheid van een lichtpuntje op het scherm, dus het kleinste beeldvormende elementje, hangt dus af van de hoeveelheid elektronen die op de detector vallen. Deze hoeveelheid is weer afhankelijk van de oppervlakte-oriëntatie van het voorwerp ten opzichte van de detector. Als de elektronenbundel uit het kanon valt op een puntje van het voorwerp dat (vanuit de detector gezien) verscholen ligt achter een verhevenheid, dan zullen maar weinig opgespatte elektronen op de detector vallen en het lichtpuntje op het scherm zal vrij donker zijn. Valt de elektronenbundel op een punt met "uitzicht" op de detector, dan zal juist een helder lichtvlekje op het scherm verschijnen.

SEM-foto's worden direct vanaf een beeldscherm gemaakt. Bij de meeste SEM's is er evenwel een aparte TV-buis voor het fotobeeld. De in dit nummer afgebeelde SEM-foto's zijn alle gemaakt op het laboratorium voor Micropaleontologie van de Vrije Universiteit (door A.R. Fortuin, met uitzondering van afb. 6 door Y.A. Baumfalk).



Afb. 8. Schema van de werking van het Scanning Elektronen Microscop en afbeelding van het gehele instrument. Afgebeeld is het model ISI - 40, waarmee de in dit nummer getoonde SEM-foto's gemaakt zijn. Zie de tekst voor de verklaring van de werking. De genummerde onderdelen van dit microscoop zijn: 1. het „elektronenkanon“, waarin de gloeidraad zit; 2. de kolom met het optische gedeelte; 3. de detector; 4. de preparaatkamer met knopen voor de preparaatbeweging; 5. het bedieningspaneel met beeldscherm en apart scherm voor de camera; 6. electronica voor bediening vacuumpompen; 7. de hoogspanningsunit (voor de levering van 30.000 volt spanning op de gloeidraad); 8. unit ter beheersing van de opgewekte hoogspanning.

De bouw van foraminiferen

door A.R. Fortuin

Foraminiferen vormen op heel veel manieren hun schaal. Omdat de studie van deze organismen vooral vanuit de paleontologie beoefend werd, zijn de vorm en de opbouw van de schaal (de zg. wandstructuur) steeds het uitgangspunt geweest voor de systematische indeling. Nog steeds is de kennis van de morfologische eigenschappen groter dan die van de biologische. Zie voor de termen die op de morfologie betrekking hebben afb. 9a.

De schaal is uit één of meer kamertjes opgebouwd. De belangrijkste schaalvormen zijn aangegeven in afb. 9b. Als er meer kamers aanwezig zijn, is de eerste meestal het kleinst (deze wordt **proloculus** of **protoconch** genoemd). De kamers grenzen aan elkaar door middel van **septa**, de

kamertussenschotjes. Deze tussenwandjes zijn voorzien van een opening, het **foramen** genaamd. De opening van de laatste kamer noemt men de **mondopening** of **apertuur**. De uitwendig zichtbare grenslijn tussen twee kamers heet **sutuur**. De suturen kunnen breed zijn, verdikt, of juist wat diep liggend, recht, gebogen, etc. (zie afb. 9a). Ook open suturen bestaan: bij die foramgroepen waarbij heel kleine kanaalsysteemjes aanwezig zijn tussen de septa (bij *Elphidium* en *Rotalia* in afb. 9a). De kamers kunnen uitwendig versierd zijn, bijvoorbeeld met richels of stekels. Hun vorm varieert van bol tot plat, van hoekig of gestekeld tot cirkelrond. De vorm van de kamers is meestal van ondergeschikt belang voor de systematiek (op soort-niveau).