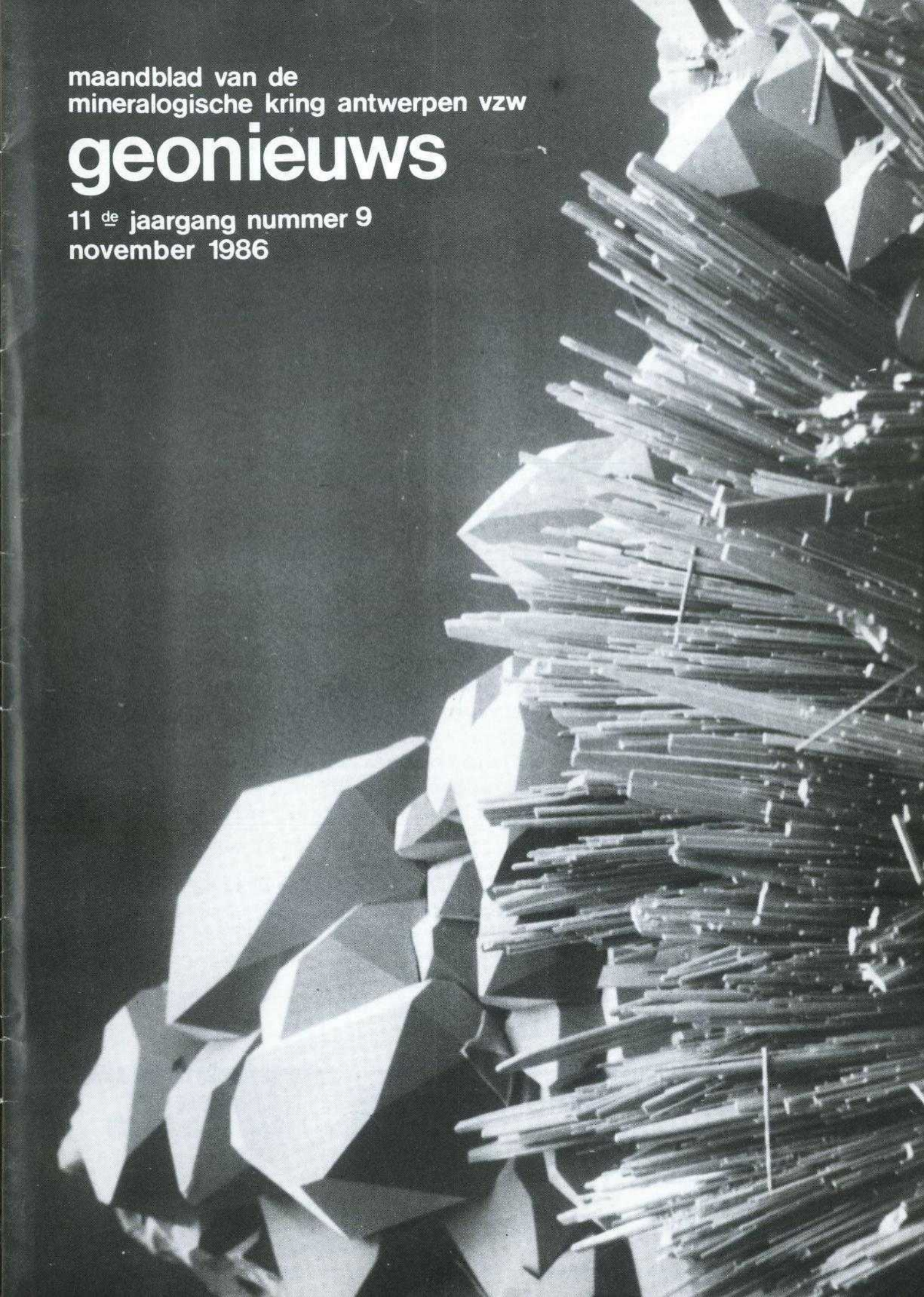
maandblad van de
mineralogische kring antwerpen vzw

geonieuws

11 de jaargang nummer 9
november 1986



MKA mineralogische kring antwerpen vzw

De Mineralogische Kring Antwerpen v.z.w. werd gesticht op 11 mei 1963. De zetel is gevestigd in de Ommeganckstraat 26 te B-2000 Antwerpen. De statuten verschenen onder nr. 9925 in de Bijlage tot het B.S. van 17 november 1977.

GEONIEUWS verschijnt maandelijks, behalve in juli en augustus. Geonieuws is wettig gedeponeerd bij de Koninklijke Bibliotheek van België onder nr. BD 33443. Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, mikrofilm of op welke wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.
Redakteur en verantwoordelijke uitgever : H. DILLEN, Doornstraat 15, B-2780 Sint-Gillis-Waas. Tel. 03/770 60 07.
Lay-out en technische realisatie : J. en C. LUYTEN-WOUTERS, Ferdinand Maesstraat 35, B-2571 Waarloos.

BETALINGEN : BELGIE : HBK-rekening 880-1909401-03 of postrekening 000-1155095-19
t.n.v. M.K.A. v.z.w., Marialei 43, B-2120 SCHOTEN.
NEDERLAND : giro-rekening 4834391
t.n.v. de heer P. TAMBUYSER, Bovenweg 23, NL-1871 Schoorl.

BTW-nummer : 687 082 474.

Goethietkristallen op kwartskristallen.
Ouarzazate, Marokko. SEM-opname.
Vergrotingsfaktor 10 X.

Titelpagina

NUTTIGE ADRESSEN

DE BRUYN L., Lindenlei 152, B-2120 SCHOTEN. Tel. 03/658 69 33.
Technische realisaties, uitleendienst.
D'HANENS P., Kon. Elisabethlaan 35, B-2700 SINT-NIKLAAS. Tel. 03/777 06 64.
DILLEN H., Doornstraat 15, B-2780 SINT-GILLIS-WAAS. Tel. 03/770 60 07.
Sekretaris, redakteur Geonieuws, dokumentatiedienst.
JENSEN J., Petrus Delenstraat 3, B-2140 WESTMALLE.
Samenaankoop, vindplaatsenkartoteek.
LUYTEN-WOUTERS C. en J., Ferdinand Maesstraat 35, B-2571 WAARLOOS.
Lay-out en technische realisatie Geonieuws, ontwerpen.
MICHIELS L., Bakkersdreef 41, B-2180 KALMTHOUT. Tel. 03/666 92 32
Voorzitter.
OP DE BEECK E., Invalidenlaan 11, B-2120 SCHOTEN. Tel. 03/658 54 34.
Vergaderingen RVB.
SCHUYBROECK E., Karel de VIe straat 11, B-2030 ANTWERPEN. Tel. 03/542 40 87.
Bibliotekaris.
TAMBUYSER J., Jan Samijnlaan 37, B-2100 DEURNE. Tel. 03/325 03 93.
Identifikatiedienst.
TAMBUYSER P., Bovenweg 23, NL-1871 VN SCHOORL. Tel. 00/31/2209/2987.
Kursussen.
VAN BASTELAERE C., Sint-Gillisbaan 54, B-2700 SINT-NIKLAAS. Tel. 03/776 46 08.
Public relations, publiciteit.
VAN GOETHEM L., Boterlaarbaan 225, B-2100 DEURNE. Tel. 03/321 50 60
Ondervoorzitter, werkgroepen.
VAN HEE P., Marialei 43, B-2120 SCHOTEN. Tel. 03/645 29 14.
Koördinator beurzen en tentoonstellingen.
VAN HEE-SCHOENMAECKERS A., Marialei 43, B-2120 SCHOTEN. Tel. 03/645 29 14.
Penningmeesteres.
VAN TICHELEN W., Van Putlei 37 bus 9, B-2018 ANTWERPEN. Tel. 03/237 58 18.
Praktikum.
VERCAMMEN A., Palmanshoevestraat 21, B-2610 WILRIJK. Tel. 03/827 32 11.
Uitstappen, exposantenadministratie Minerant.

Mans E.
J. Blockslaan 16
Aartselaar.

MKA-kalender

✱ Vrijdag 7 november 1986

Opbouwwerkzaamheden voor de tentoonstelling. Iedereen is welkom vanaf 9 h 's morgens in de zaal Edward Keurvels van de Antwerpse Zoo, Koningin Astridplein 18 te 2000 Antwerpen.

✱ Vrijdag 7 november 1986, 20.45 h .

Officiële opening van de tentoonstelling

"MINERALEN, ONZE RIJKDOM"

in aanwezigheid van tal van prominenten.
Aan de aanwezige leden en genodigden wordt een receptie aangeboden.
Dit bericht geldt als enige uitnodiging voor de leden van de Mineralogische Kring Antwerpen v.z.w.

✱ Zaterdag 8 tot zondag 16 november 1986

Tentoonstelling "MINERALEN, ONZE RIJKDOM" in de zaal Edward Keurvels van de Antwerpse Zoo, Koningin Astridplein 18 te 2000 Antwerpen.

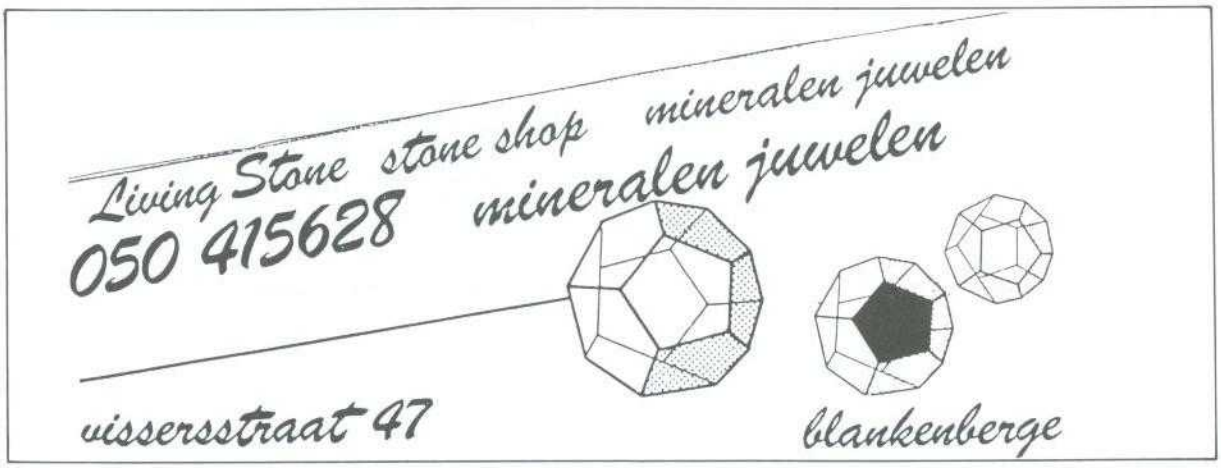
Openingsuren :

zaterdag 8 november 1986 :	10-17 h	19.30-21.30 h
zondag 9 november 1986 :	10-17 h	-
maandag 10 november 1986 :	10-17 h	-
dinsdag 11 november 1986 :	10-17 h	-
woensdag 12 november 1986 :	10-17 h	19.30-21.30 h
donderdag 13 november 1986 :	10-17 h	19.30-21.30 h
vrijdag 14 november 1986 :	10-17 h	19.30-21.30 h
zaterdag 15 november 1986 :	10-17 h	19.30-21.30 h
zondag 16 november 1986 :	10-17 h	-

✱ Zondag 16 november 1986

Vanaf 17 h opruimingswerkzaamheden van de tentoonstelling. (Voorzichtig) helpende handen zijn ook dan welkom.

✱ In november zijn er uitzonderlijk géén vergaderingen (ook niet van de werkgroepen) !



MKA-nieuws

✱ KONTRIBUTIE 1987

Hebt U genoten van Uw lidmaatschap van de MKA ? Ja ? Laat Uw vereniging dan ook eens genieten door prompt Uw kontributie voor 1987 te betalen.

Personen die nà Minerant 1986 lid zijn geworden èn al betaald hebben (voor 1987) hoeven niets meer te betalen. Ere-leden en leden-voor-het-leven vergeten eveneens het voorgaande.
Mogen we op Uw medewerking rekenen door een spoedige betaling ?
Onderstaand tabelletje maakt U wegwijs.

	BELGIE		NEDERLAND
	lid	jeugdlid	alle leden
bedrag	500 F	400 F	35 Nfl.
rekeningnummer	880 - 1909401 - 03 (HBK)		giro-rekening 4834391
t.n.v.	Mineralogische Kring Antwerpen Marialei 43 2120 SCHOTEN		De heer P. TAMBUYSER Bovenweg 23 NL-1871 VN SCHOORL
te gebruiken formulier	voorgedrukt betalingsformulier		Uw eigen formulieren - lidnummer vermelden a.u.b !

✱ Boodschap van de voorzitter

Beste vrienden,

Mijn langdurige herstelperiode verhindert me voorlopig in uw midden te vertoeven.
Toch wil ik langs deze weg ieder MKA-lid, van de eenvoudigste bar-keeper tot alle bestuurs- en ereleden, danken voor de vele blijken van vriendschap en opbeuring, die ik heb mogen ontvangen, die me beterschap hebben gebracht en nog brengen.
Ik ben u allen zeer erkentelijk, schoon onbekwaam elk medelid persoonlijk te danken.

Mr. & Mevr. Van Der Meyden - Fasse

PRIVAAT VERZAMELING
China figuren: Jade, Aventuryn,
Agaat, Lapis, Amethist,
Goldstone, Tijger eye, Ivoor, Netsukes, enz...
China porseleinen borden
17e en 18e eeuw
Juwelen van ivoor
Edel & half-edelgesteente

Maria Theresialei 15
2070 Ekeren

Tel.03/664.39.73

de scanning elektronenmikroskoop

h. dillen

Fig. 1
De scanning elektronenmikroskoop Philips SEM 515, met links de EDAX-konsole, in het midden het bedieningspaneel en rechts (achter de operator) het geheel monsterkamer-elektronenkanon.

In alle mineralogische tijdschriften duikt bij het onderschrift van sommige (zwart-wit) foto's de magische vermelding "SEM-opname" op. Dat is géén soort kwaliteitslabel... hoewel ...

SEM is de afkorting van "scanning elektronenmikroskoop"; REM is precies hetzelfde ("rasterelektronenmikroskoop"). Kort omschreven is een SEM een welbepaald type elektronenmikroskoop, die vaak wordt uitgerust met detektoren voor analyses.
Een mikrosonde gelijkt er enigszins op, maar is speciaal gebouwd voor analytische doeleinden.

In deze bijdrage zullen we de scanning elektronenmikroskoop eens van nabij bekijken.

Drie eeuwen mikroskopie of hoe het allemaal evolueerde.

Sinds Antonie van Leeuwenhoek in 1677 de spermatozoïden ontdekte onder de door hem ontworpen lichtmikroskoop is er op het gebied van het waarnemen van (heel) kleine dingen veel veranderd.

Een lichtmikroskoop is in zijn prestaties beperkt tot een vergroting van 1200 tot 1500 X. Zelfs al brengt men de meest gesofistikeerde technische verbeteringen aan, dan nog haalt men geen zinvolle vergrotingen die hoger liggen dan 1500 tot 2000 X (in UV-licht, met speciale UV-optiek).

Dat is een gevolg van het golfkarakter van licht, waardoor naast breking en terugkaatsing ook buigingsverschijnselen optreden.
Dat betekent dat een puntje, hoe fijn het in werkelijkheid ook is, niet als een scherp punt wordt afgebeeld, maar als een klein vlekje. Twee punten die heel dicht (bv. 0.5 tot 1 μm) bij elkaar liggen kunnen dus niet of nauwelijks als twee punten worden waargenomen, precies omdat hun beelden, d.w.z. de vlekjes, elkaar beginnen te overlappen.

Het scheidend vermogen van een lichtmikroskoop wordt dus begrensd door de golflengte van de gebruikte straling : zo'n 400 tot 600 nm voor zichtbaar licht.
Daarenboven is de dieptescherpte bij lichtmikroskopie problematisch.

In de stereomikroskoop past men, om de diepte-scherpte te verbeteren, een truukje toe : door beide okulairen (en objektieven) ziet men het onderwerp onder een lichtjes verschillende hoek, wat onze hersenen vertalen als een ruimtelijk effekt. Dit is echter maar bruikbaar voor kleine vergrotingen (in de praktijk tot maximaal 50 à 100 X).

Maar de wetenschap is niet blijven stilstaan !
Men bleef zich niet beperken tot het gebruik van zichtbaar licht. In de periode 1920-1925 had men in de natuurkunde een belangrijke stap gezet. Het bewijs werd namelijk geleverd dat ook elektronenstralen een golfkarakter hebben, en wel met een aanzienlijk kortere golflengte dan die van zichtbaar licht.

Maar hoe kon je die wetenschap nu in de praktijk gebruiken ? Een elektronenbundel kun je immers niet fokusseren door een (glazen) lens; je kunt elektronen met je ogen niet eens waarnemen !

Het onderzoek ging verder, en men leerde een elektronenbundel te manipuleren (fokusseren, positionneren, rasteren, ...) en te detekteren (omzetten in zichtbaar licht, dat het oog kan waarnemen). Met behulp van spoelen, die hoe langer hoe verfijnder werden, kontrueerde men echte elektromagnetische

Lengte-eenheden

Tegenwoordig wordt de meter als lengte eenheid gebruikt. We situeren even de in de tekst gebruikte eenheden:

1 m
1 mm (millimeter) = 0.001 m = 10^{-3} m
1 µm (mikrometer) = 0.000001 m = 10^{-6} m
1 nm (nanometer) = 0.000000001 m = 10^{-9} m

De eenheid Å (Angstrom): 10^{-10} m of 0.1 nm, wordt officieel niet meer gebruikt.

"lenzen". Die doen met een elektronenbundel wat een klassieke glazen lens doet met een lichtbundel, en vertonen zelfs lenzenfouten analoog aan hun klassieke kollega's (bv. astigmatisme).

En zo deed in de vijftiger jaren de elektronenbundel zijn intrede in de mikroskopie. Stormachtig was de (r)evolutie wel, want in de jaren zeventig haalde men met de veld-ionen-emissiemikroskoop (oef !) al een vergroting van 2 000 000 X, met een scheidend vermogen van 0.1 nm (10^{-7} mm !).

En tegenwoordig is de SEM een ongelooflijk veelzijdig onderzoeksinstrument geworden. Laten we nu eens bekijken hoe een SEM eruitziet, hoe hij werkt, en wat voor resultaten hij kan opleveren.

De elektronenbundel en zijn interaktie met de materie.

Alle soorten waarnemingen verlopen volgens een analoog scenario. Een zogenaamde primaire straling valt op het "onderwerp" in (bijvoorbeeld een "gewone" lichtstraal). Op of in het voorwerp doen zich allerlei processen voor (in het geval van licht : absorptie, terugkaatsing, breking, enz.) waarbij opnieuw straling wordt uitgezonden (weer zichtbaar licht) die we dan waarnemen.

In de elektronenmikroskoop gebeurt eigenlijk ongeveer hetzelfde, behalve dat het niet rechtstreeks onze ogen zijn die waarnemen, maar een detektor die de (voor hem wel, maar voor onze ogen niet zichtbare) straling omzet in elektrische signalen, die op hun beurt worden omgezet in licht, bv. via een videoscherm.

Het vertrekpunt van alles is de elektronenbundel. Die "maakt" men als volgt.
Een vertikale kolom, met onderaan de monsterkamer, wordt onder zeer hoog vakuum gebracht. Tegenwoordig gebeurt dat meestal door een turbomolekulaire vakuumpomp, die een vakuum van zowat 10^{-6} Torr oplevert.

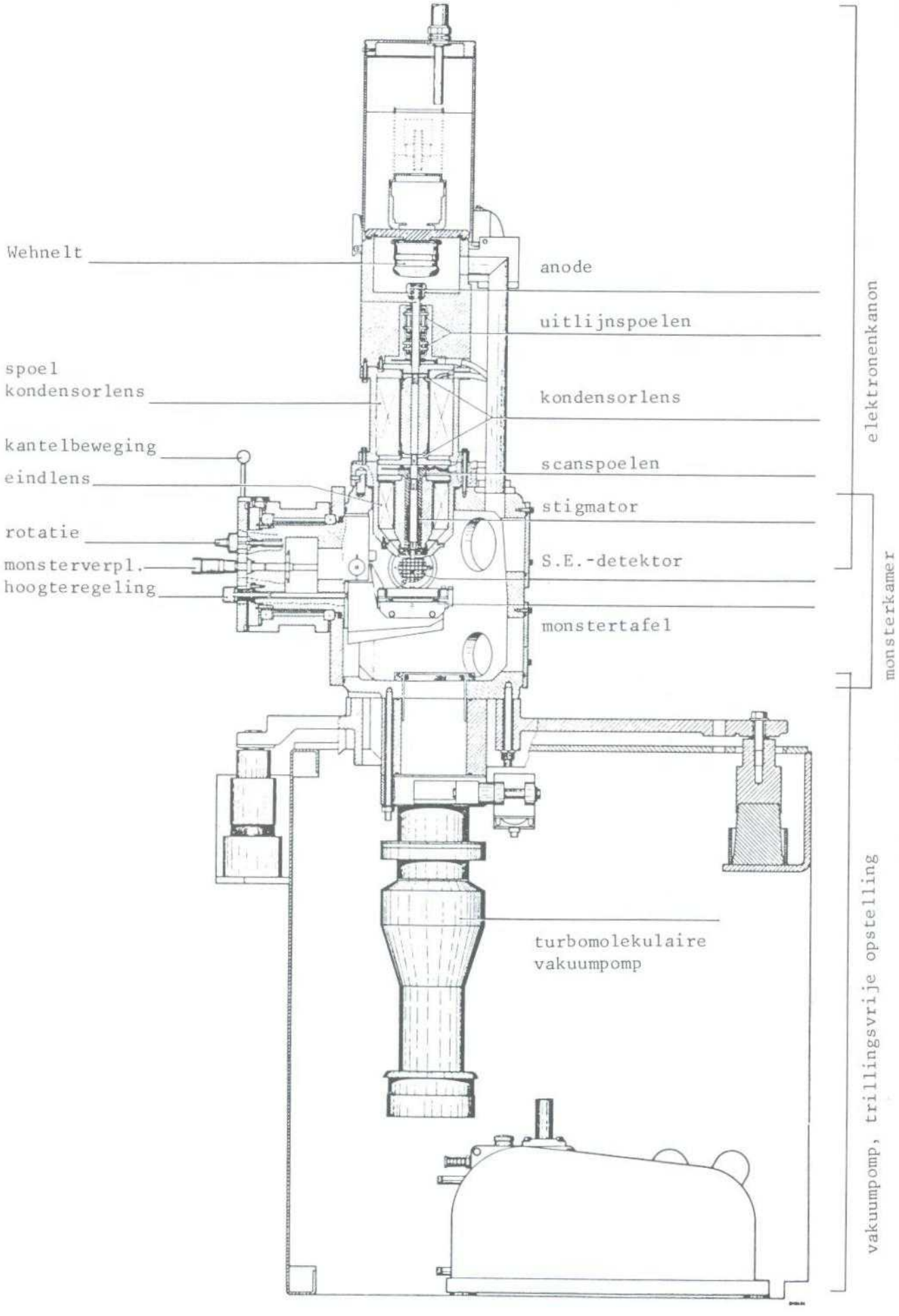

Wehnelt
anode
uitlijnspoelen
spoel
kondensorlens
kondensorlens
kantelbeweging
eindlens
scanspoelen
stigmator
rotatie
monsterverpl.
hoogteregeling
S.E.-detektor
monstertafel
turbomolekulaire
vakuumpomp
elektronenkanon
monsterkamer
vakuumpomp, trillingsvrije opstelling

Fig. 2
Schematische doorsnede van de SEM

Bovenaan in de kolom brengt men een fijn wolfraamdraadje aan het gloeien door er een elektrische stroom door te sturen, net zoals in een klassieke gloeilamp.
Daarbij komen aan het oppervlak van dat draadje elektronen vrij. Zoals je weet zijn elektronen negatief geladen. Op een korte afstand van het topje van het filament plaatst men een anode (op een positieve potentiaal dus).

De elektronen worden daar naartoe gezogen. De truuk is dat men de elektronen bedriegt : in het midden van de anode is een fijn gaatje waar ze, versneld door het potentiaalverschil, doorvliegen. De elektronen die door het gaatje gevlogen zijn worden in de kolom door een stel elektromagnetische lenzen gebundeld, gefokusseerd en gepositionneerd, en komen tenslotte op de gewenste plaats van het te onderzoeken monster terecht.

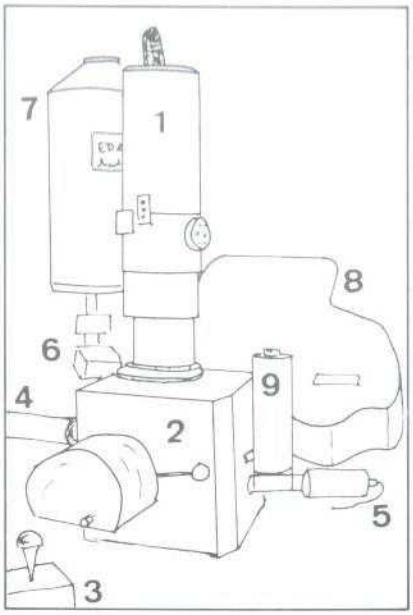
Wat gebeurt er nu als zo'n elektronenbundel invalt op de materie ?

Een deel van de invallende elektronen wordt, met veel of weinig energieverlies, teruggestrooid. Deze elektronen hebben ondanks hun energieverlies toch nog altijd een vrij hoge energie, en worden door een speciaal voor dat energiegamma gekonstrueerde detektor waargenomen.
Een veel gebruikte term voor deze elektronen is "backscattered electrons" (BSE) of, in het Nederlands, teruggestrooide elektronen.

Anderzijds kan de invallende elektronenbundel uit de allerbuitenste laag materie elektronen, deze keer met een heel lage energie, vrijmaken. Die elektronen noemt men sekundaire elektronen (SE), die via een andere detektor worden geregistreerd.

Verder ontstaan ook nog X-stralen, waarvoor specifieke detektoren in het toestel zijn voorzien. Ook ontstaat in sommige gevallen wat zichtbaar licht (kathodoluminescentie) dus ... alweer een specifieke detektor.

Het lijkt ingewikkeld, maar het ganse proces, en dus ook dat gedeelte van het toestel waarin het plaatsvindt, kun je indelen in twee delen. Enerzijds valt een elektronenbundel in op een welbepaalde plaats. Anderzijds staan een stel detektoren met als het ware oogkleppen aan naar de plaats van interaktie te kijken. De een neemt de sekundaire elektronen waar, de ander de teruggestrooide elektronen, nog andere de X-stralen, enz.



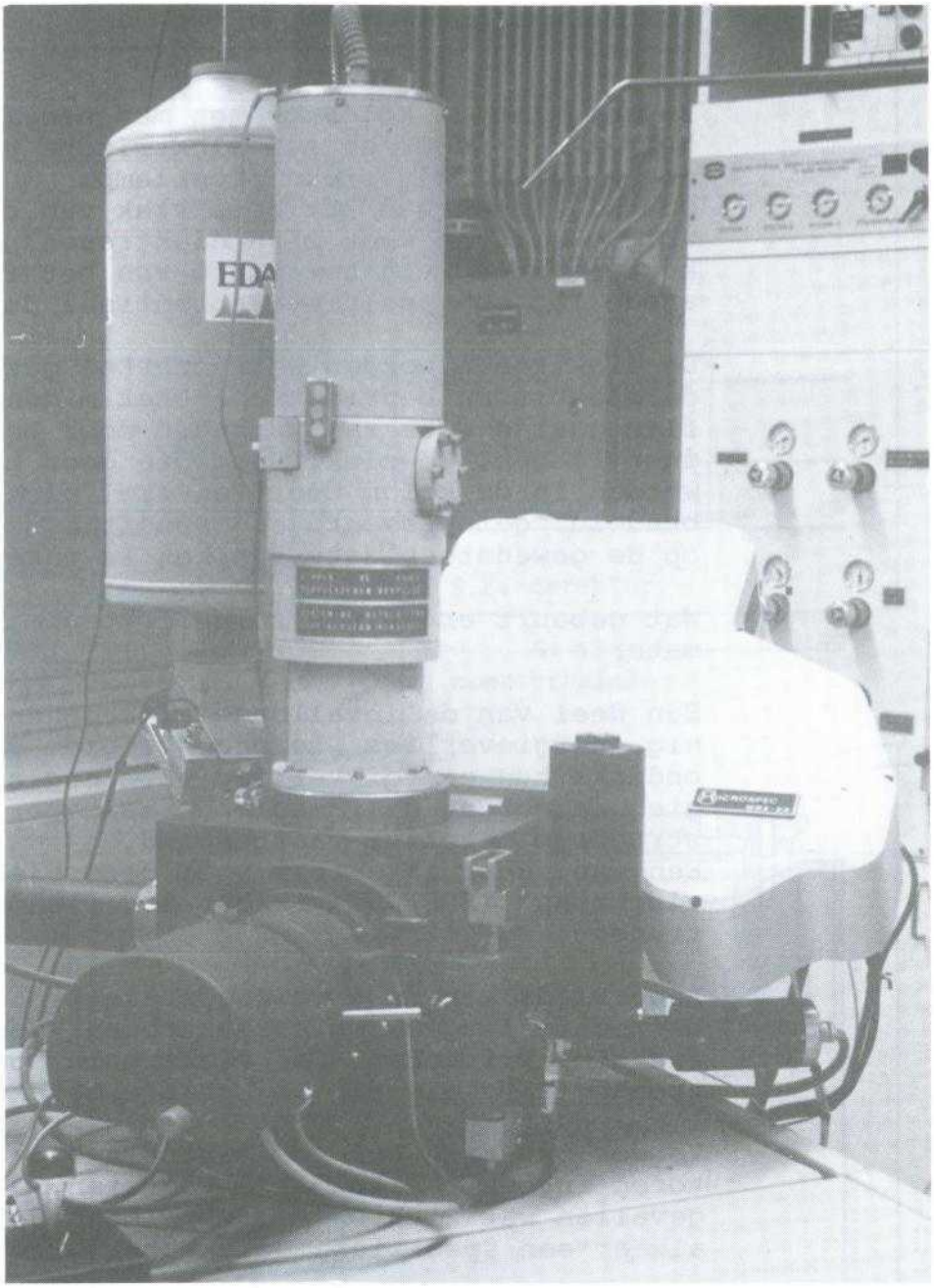


Fig. 3
De monsterkamer met elektronenkanon en detektoren
1. Elektronenkanon
2. Monsterkamer
3. Joy-stick voor monsterverplaatsing
4. Sekundaire elektronendetektor
5. Teruggestrooide elektronendetektor
6. Energiedispersieve X-stralenspektrometer (EDAX)
7. Voorraadtank vloeibare stikstof (EDAX)
8. Golflengtedispersieve X-stralenspektrometer (Microspec)
9. Anti-kontaminatiesysteem ("koude vinger")

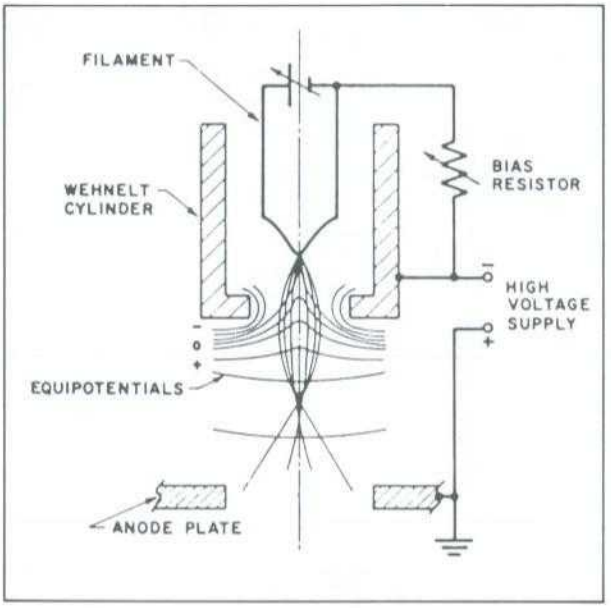


Fig. 4
Het systeem filament-Wehnelt-anode. Hier ontstaat de elektronenbundel

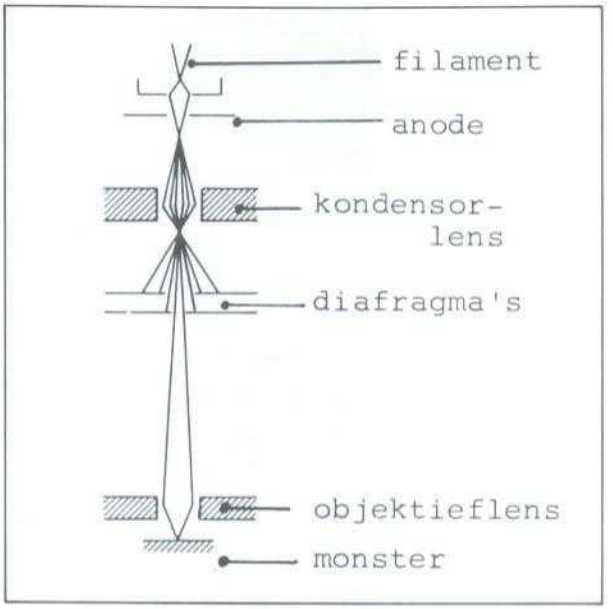


Fig. 5
De weg van de elektronenbundel van filament tot monster-oppervlak

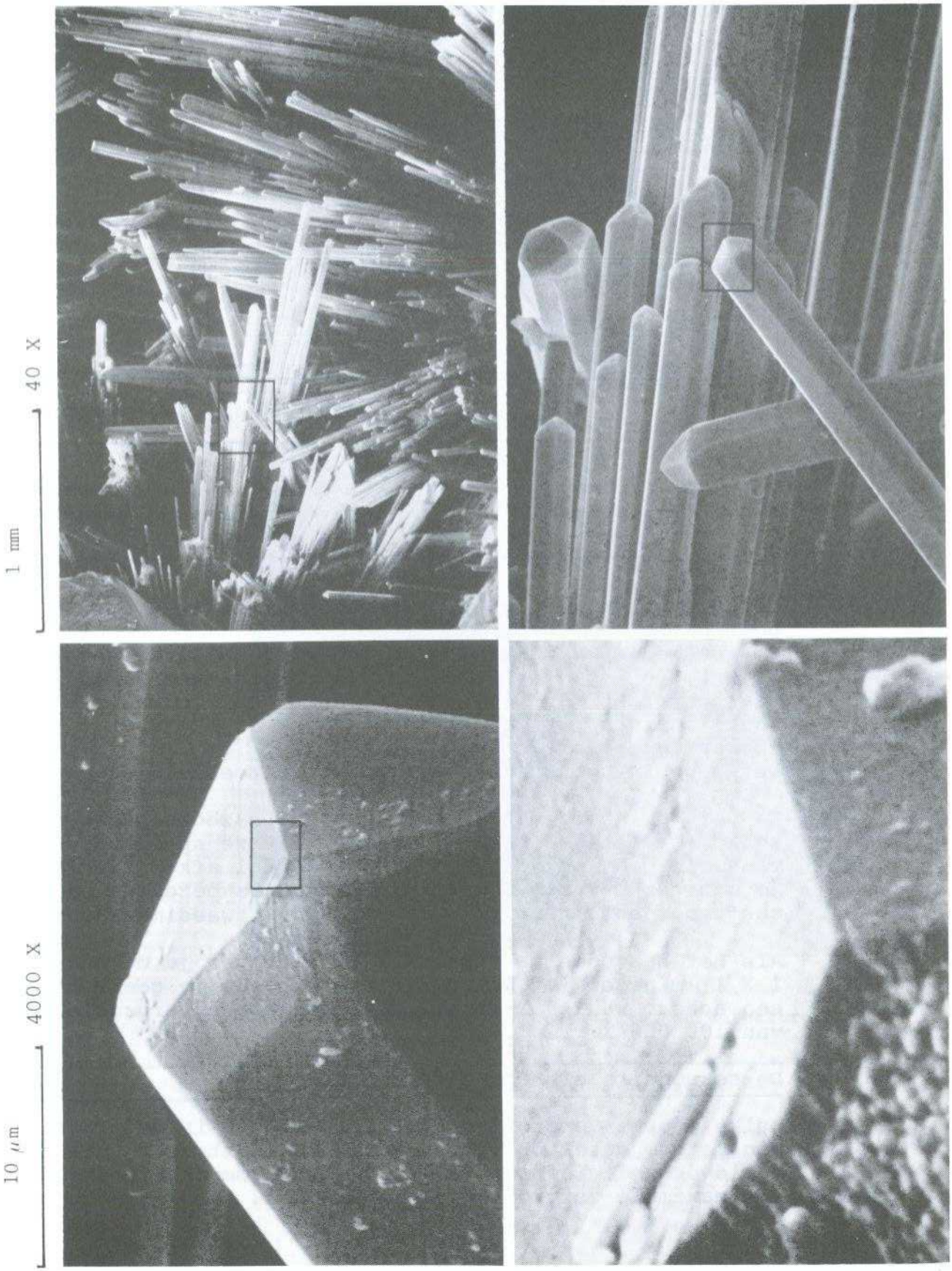
Natuurlijk merk je nu op : het resultaat is signaal, maar nog geen beeld !
Om een beeld te maken (en pas dan kunnen we desgevallend van "vergroten" spreken) zijn er ten minste twee dimensies nodig. Daartoe richt men het bundeltje niet op een vaste plaats, maar laat men het zeer snel lijn per lijn over het te onderzoeken oppervlak lopen.
Dat gebeurt net zoals in je televisietoestel.

De verschillende detektoren worden dan zodanig gesynchroniseerd met het primaire bundeltje, dat ze steeds precies weten van welk punt op welke lijn het signaal afkomstig is. Wanneer je dan het bekomen signaal met nogmaals dezelfde snelheid weergeeft op een scherm, dan bekom je een tweedimensionaal beeld.

Als het bestudeerde oppervlakje, waarover je de bundel rastert 1 X 1 μm groot (of beter : klein) is, en je geeft het weer op een scherm van 10 X 10 cm, dan heb je een vergrotingsfaktor van 100 000 X.

De sekundaire elektronendetektor

Zulke enorme vergroting kun je inderdaad in de praktijk bereiken met de detektor voor sekundaire elektronen, die louter beeldvormende informatie oplevert. De meeste toestellen halen een maximale vergroting van 160 000 X.


1 mm
40 X
10 μm
4000 X

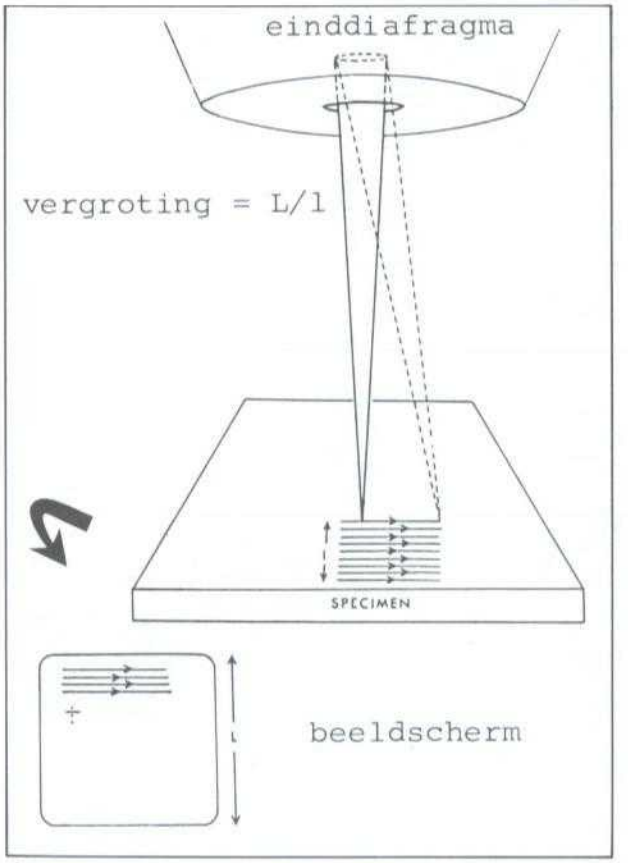


Fig. 7
Zo wordt de elektronenbundel gerasterd. Als men de bundel over een oppervlak van l X l (bv. 10 X 10 μm) rastert, bekomt men een beeld van L X L (bv. 10 X 10 cm) op het scherm. De vergrotingsfaktor is dan L/l (bv. 10 000 X).

←

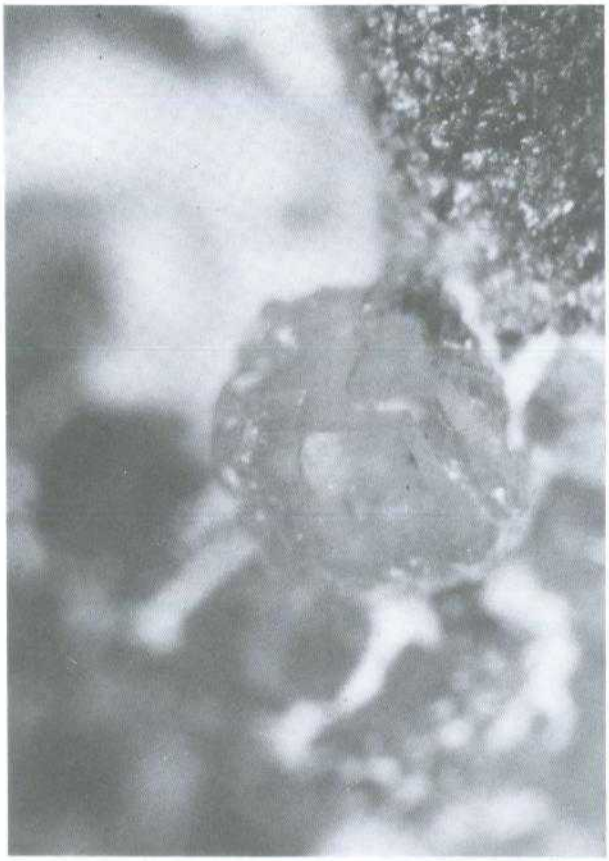
Fig. 6
Deze serie foto's geeft een idee van wat een hoge vergrotingsfaktor betekent. Elke foto is een 10 X sterker vergrote close-up van de vorige foto. De vergrotingsfaktoren zijn resp. 40 X, 400 X, 4000 X en 40 000 X.

Goethietkristallen van Ouarzazate, Marokko.

In goedgeleidende monsters kun je nog nèt twee puntjes onderscheiden, die op ongeveer 4 à 5 nm van elkaar liggen. Dat betekent dat de afstand tussen twee millimeterstreepjes op je meetlat zou vergroten tot maar eventjes 100 m! Het streepje zelf zou dan zo'n 10 m dik zijn !

Een heel goeie optische mikroskoop daarentegen zou diezelfde millimeter maximaal kunnen vergroten tot 1 meter.
In een reeks foto's van goethiet-XX van Ouarzazate, Marokko wordt een idee gegeven van wat een hoge vergroting betekent; elke volgende foto is steeds een close-up van het centrum van de vorige foto.

De mogelijkheid om heel hoge vergrotingen te maken is echter niet de enige troef van deze detektor. Ook de dieptescherpte is tientallen malen beter dan bij lichtmikroskopie. Dat valt vooral op bij heel lage vergrotingen. En dat is ook een prestatie : de SEM is nèt zo goed in staat om een vergroting van maar 10 X te maken.



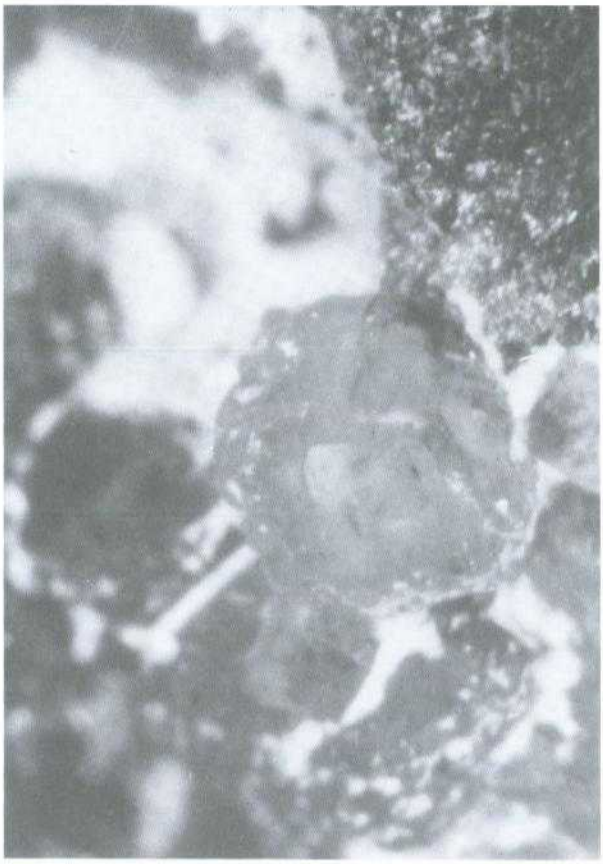
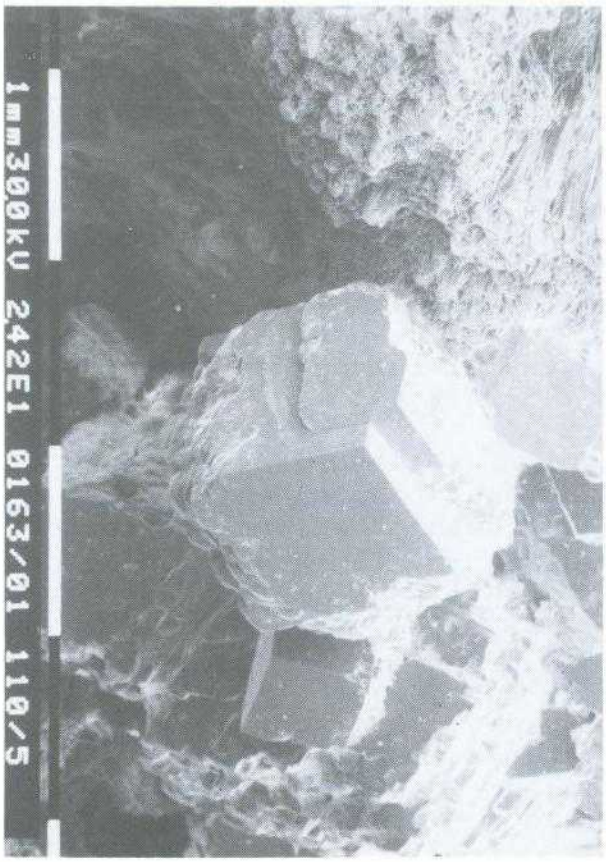
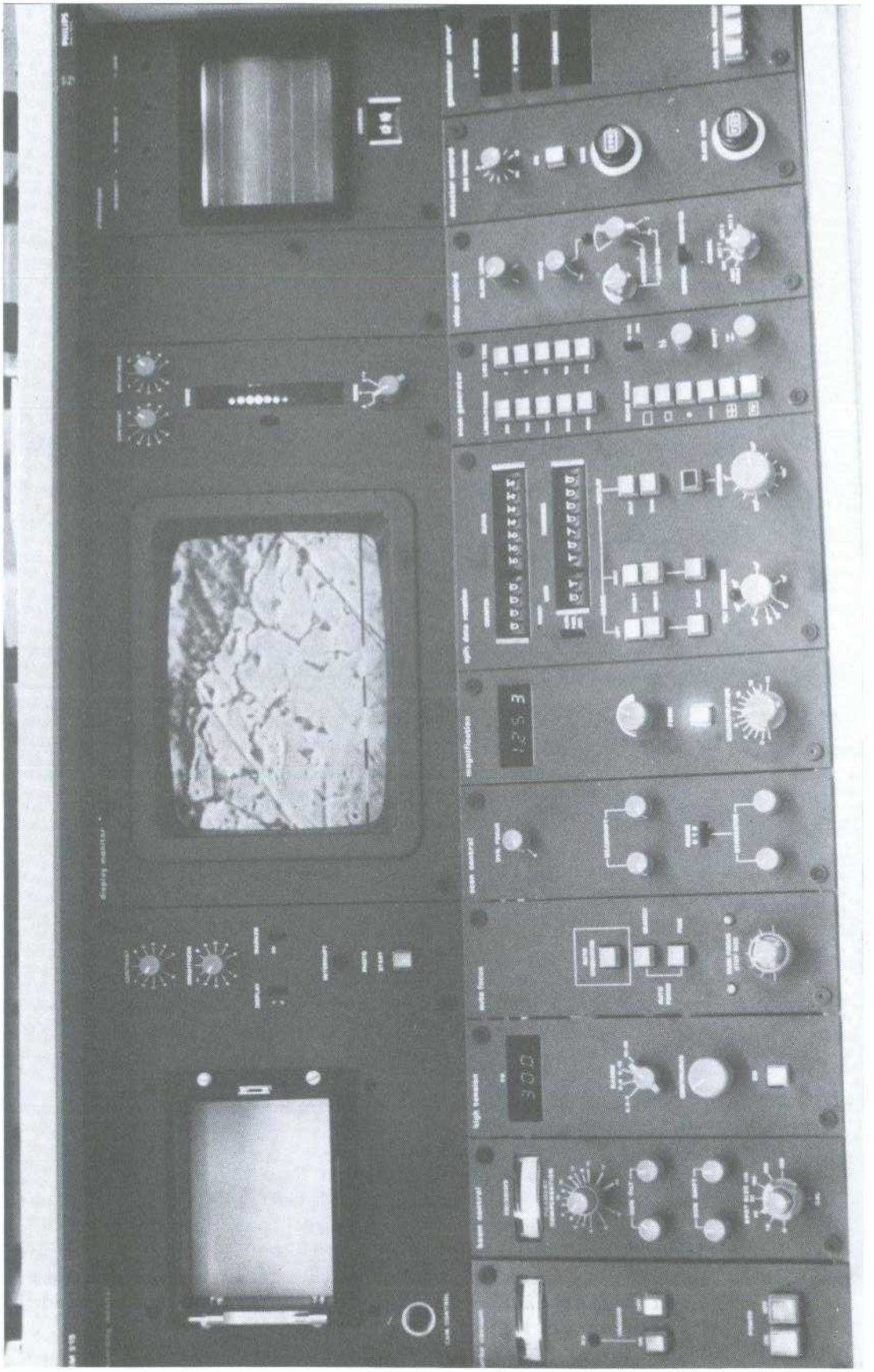


Fig. 8
Foto 1 is een "klassieke" opname door een stereomikroskoop. De dieptescherpte verbetert iets wanneer we het diafragma sluiten (foto 2), maar is ronduit slecht vergeleken met een SEM-opname van dezelfde plaats bij dezelfde vergrotingsfaktor (24 X, foto 3).



⟶

Fig. 9
Zo neemt de operator het SE-beeld waar op zijn beeldscherm.


PHILIPS

En geloof het of niet, je kan met de SE-detektor zelfs om het hoekje kijken, omdat de sekundaire elektronen ook langs een omweg naar de detektor toe worden gezogen.

Het resultaat van dit alles is een extra scherpe beeldvorming met een heel hoog scheidend vermogen en een uitstekende dieptescherpte. Ideaal dus om allerlei details, hoe klein en hoe ingewikkeld ook qua vorm, waarheidsgetrouw af te beelden. Het beeld kun je waarnemen op een scherm, maar kan ook via een fotomonitor worden gefotografeerd.

De detektor voor teruggestrooide elektronen

Deze detektor heeft een minder goede resolutie en gevoeligheid, maar is van groot belang omdat hij niet alleen informatie oplevert met betrekking tot vormen, maar ook in verband met de samenstelling van het monster.

Het terugstrooien van elektronen gebeurt namelijk veel intensiever door zware atomen dan door lichte,zodat we op het beeld dat deze detektor oplevert in één oogopslag kunnen onderscheiden waar zich in het onderzochte oppervlak vooral lichte en waar zich eerder zwaardere atomen bevinden.
Een gebiedje met vooral lichte atomen zal donker zijn op de foto, waar zware atomen zitten zal het witter zijn.

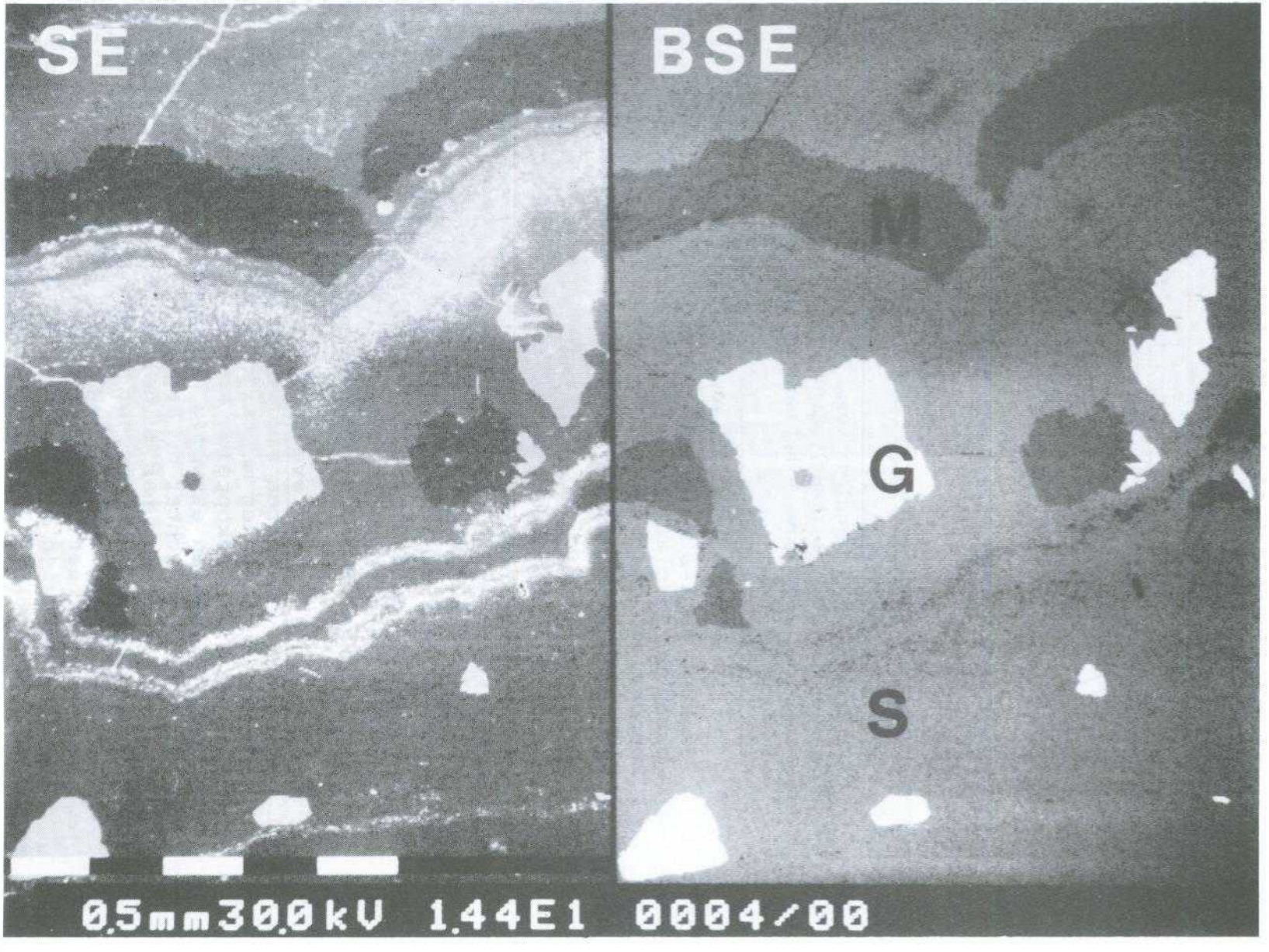
De X-stralenspektrometers

Willen we de zaak nog nauwkeuriger onderzoeken, dan gebruiken we de X-stralenspektrometers van het systeem. Die meten, alweer gesynchroniseerd met het rasteren van de primaire bundel, de golflengte (welke elementen ?) en de intensiteit (welke koncentratie ?) van de uitgezonden X-stralen.

Op die manier kan je (letterlijk) een beeld krijgen van de verdeling van een bepaald element over het onderzochte oppervlak. De resolutie is echter heel wat minder goed dan bij de vorige detektoren, omdat een invallend primair elektron X-stralen kan doen ontstaan tot enkele mikrometer diep in het materiaal, waardoor het puntje weer een vlekje wordt. Al bij al toch nog heel spektakulair : je kunt tot op enkele mikrometer na zien waar welk element zit !

→

Fig. 10
Een stukje schalenblende van Neu-Moresnet, België (aangepolijst).
Links een opname met de SE-detektor. De bandenstruktuur (deels te wijten aan porositeiten) is duidelijk te onderscheiden. Rechts een opname (dezelfde plaats) met de BSE-detektor. Het zwaarste materiaal (galeniet, PbS - G) is wit; het lichtste materiaal (marcasiet, FeS_2 - M) is donker; sfaleriet (ZnS - S) ligt tussen de twee qua gemiddeld atoomgewicht en dus ook qua grijstint.


SE
BSE
M
G
S
0,5mm30,0kV 1,44E1 0004/00

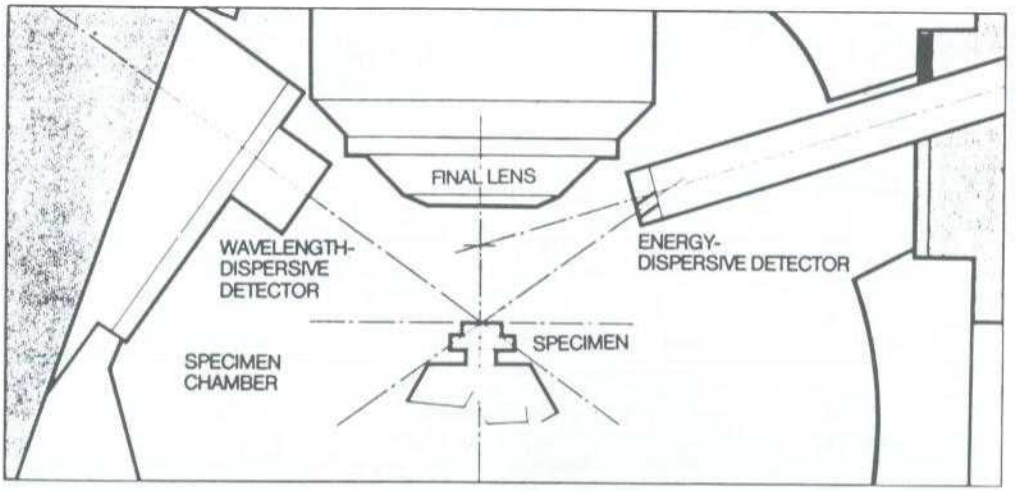


Fig. 11
Situering van de eindlens (waar de elektronenbundel uitkomt), de X-stralenspektrometers en het monster in de monsterkamer.

Je kunt de X-stralenspektrometers ook op een andere manier gebruiken. In plaats van de primaire bundel te rasteren over een oppervlak, positionneer je hem vast op een welbepaald punt (bv. een kristalletje) waarvan je de samenstelling wil kennen.

Dan laat je de X-stralenspektrometers rustig meten, en aan de hand van het bekomen X-stralenspektrum kun je een komputer de koncentraties laten uitrekenen. Dit is perfekt kwantitatief voor een volkomen vlak (gepolijst) monster, en semi-kwantitatief in andere gevallen.

Het zal je wel zijn opgevallen dat we steeds gesproken hebben over X-stralenspektrometers. Er zijn namelijk in de meest gesofistikeerde SEM's 2 types X-stralenspektrometers ingebouwd :

- de energiedispersieve spektrometer : zulk een spektrometer meet alle elementen simultaan, en geeft dus zeer snel (bv. na enkele sekonden meettijd) een idee van de samenstelling. Via de eraan gekoppelde komputer kom je zeer snel te weten welke elementen aanwezig zijn, en in welke koncentratie. Nadelen zijn echter de lage gevoeligheid (voor de meeste elementen zie je pas duidelijk een piek als er tenminste 0.5 à 1 % van het element aanwezig is), de hoge achtergrond (waardoor elementverdelingen bij lage koncentraties onscherp worden), en het feit dat hij zeer lichte elementen (die erg belangrijk zijn o.a. voor de mineralogie) zoals B, C, O, N en F niet ziet.

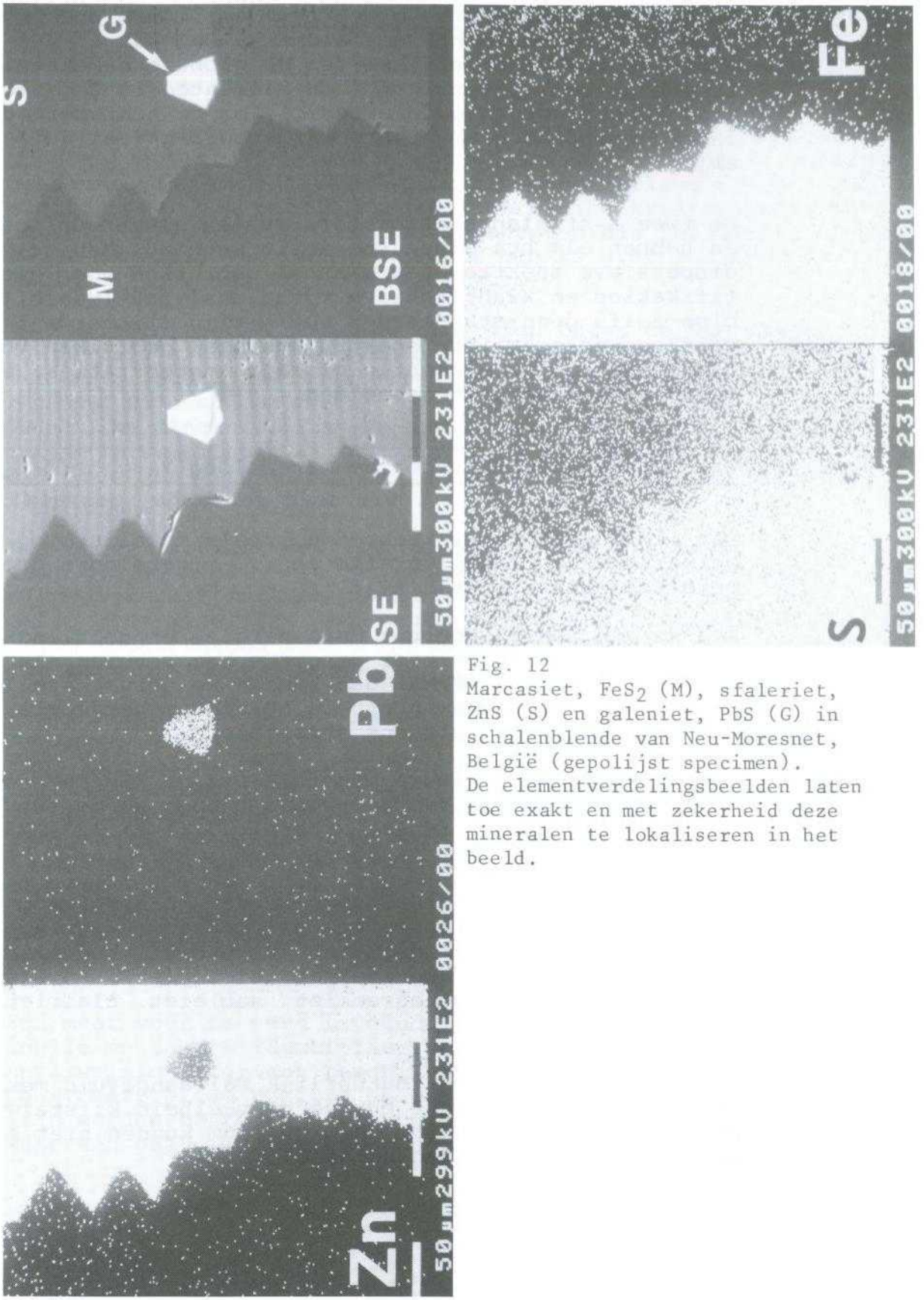


Fig. 12
Marcasiet, FeS_2 (M), sfaleriet, ZnS (S) en galeniet, PbS (G) in schalenblende van Neu-Moresnet, België (gepolijst specimen).
De elementverdelingsbeelden laten toe exakt en met zekerheid deze mineralen te lokaliseren in het beeld.

- De golflengtedispersieve spektrometer. Deze spektrometer "ziet" telkens slechts één element. Men kan er dus niet snel een idee door krijgen van de globale samenstelling. Hij is echter veel gevoeliger (ook elementen in lage koncentraties kunnen worden gedetekteerd), en de achtergrond is veel lager (waardoor elementverdelingsbeelden veel duidelijker zijn).

De twee X-stralenspektrometers vullen elkaar dus perfekt aan, en hebben elk hun eigen toepassingsgebied. Men zal de energiedispersieve spektrometer meestal gebruiken voor snelle identifikaties en kwantitatieve totaalanalyses (waarbij in principe zelfs geen standaarden nodig zijn !), terwijl men de golflengtedispersieve spektrometer zal gebruiken voor de detektie van lichte elementen of lage koncentraties, en ook voor goeie elementverdelingsbeelden.

Wat betekent de SEM voor de mineraloog ?

Dat SEM een aantal vakgebieden, zoals metallurgie, biologie, geneeskunde, kristallografie en ... mineralogie grondig heeft beïnvloed staat buiten kijf.

Als we een SEM (uitgerust met energie- en golflengtedispersieve spektrometers) over dezelfde kam scheren als de elektronenmikroskonde (EPMA) dan kunnen we gerust stellen dat deze apparatuur evenmin uit de huidige mineralogie is weg te denken als de auto uit ons straatbeeld !

Bij de studie van nieuwe mineralen is de SEM/EPMA onmisbaar geworden. Bij wijze van voorbeeld hebben we de rubriek "New mineral names" in Am. Mineral. 71(1-2), 227-231 (1986) eens overlopen.

Van de 15 nieuwe mineraalnamen werden 11 species met SEM/EPMA geanalyseerd (fredrikssoniet, georgechaoiet, grischuniet, gupeiiet, xifengiet, inaglyiet, kipushiet, konderiet, mammothiet, natriumfarmakosideriet, tiptopiet), en slechts 4 met andere technieken (lonecreekiet, sabieiet, clairiet en oyelliet).

De SEM-gegevens worden natuurlijk wel aangevuld met andere analyseresultaten, want bv. de hoeveelheid kristalwater, hydroxylgroepen, lithium en beryllium kunnen niet met X-stralenspektrometers worden bepaald.

Er zijn verschillende redenen waarom de mineralogen zo gretig van SEM gebruik maken. Een analyse gaat héél snel (met het inbrengen van het monster en de berekeningen via de komputer inbegrepen hooguit enkele minuten).

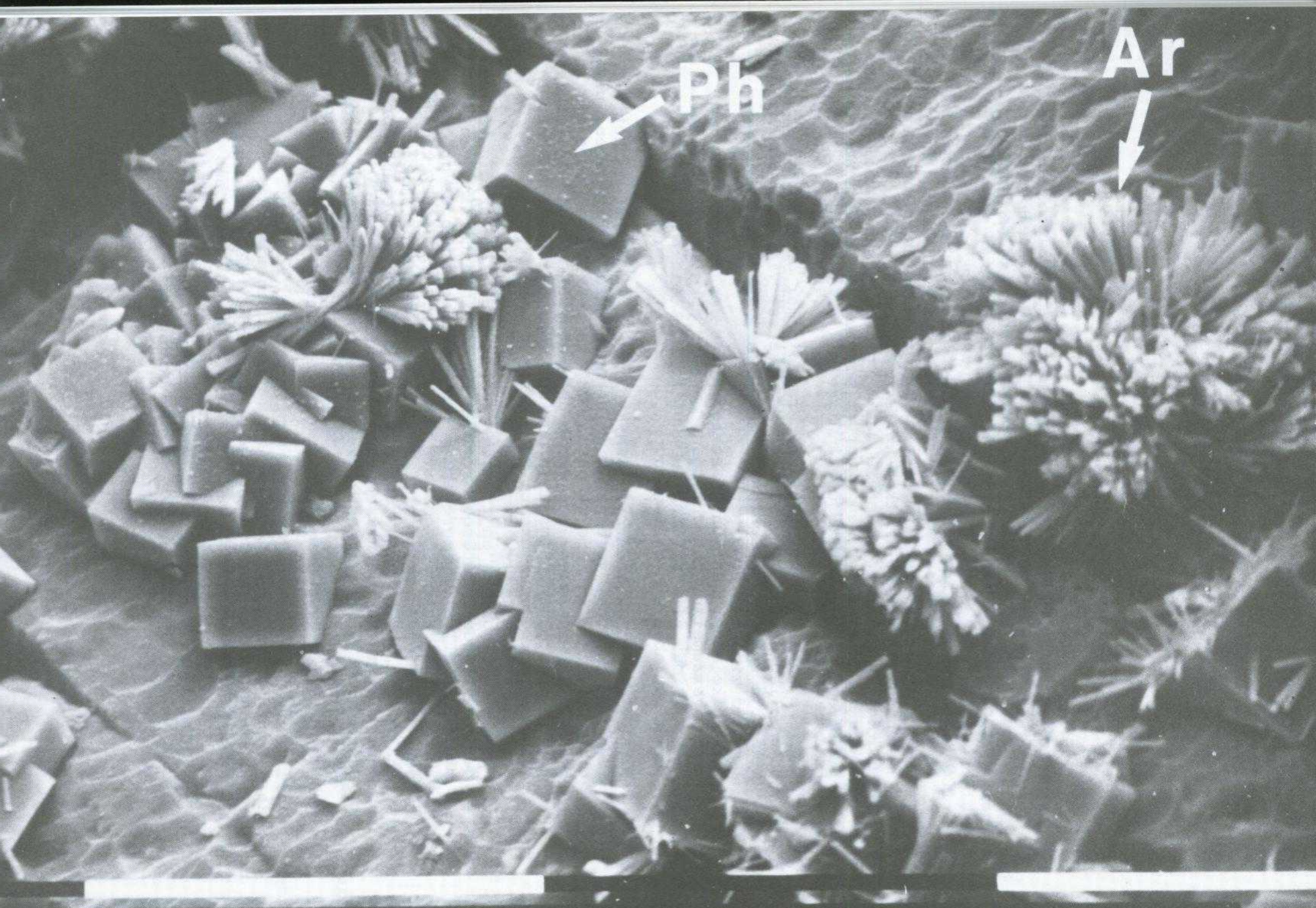
Daarenboven heeft men de zekerheid dat het om een homogene, goed geïdentificeerde korrel gaat. Een uiterst kleine hoeveelheid materiaal volstaat. Dat is van groot belang wanneer men slechts over een paar mikroskopisch kleine kristalletjes beschikt, en vooral wanneer ze daarenboven als insluitsel in een ander mineraal voorkomen, waaruit men ze niet zou kunnen isoleren voor een chemische analyse.

Vaak worden trouwens nieuwe mineralen onder de SEM ontdekt. Tientallen nieuwe mineralen die de laatste vijf jaar beschreven zijn zouden waarschijnlijk nooit geanalyseerd of zelfs herkend zijn zonder SEM.
Van zulke mineralen kun je echter nooit een zinvol specimen in je verzameling onderbrengen. Je kunt enkel weten dat ze in het specimen zitten, maar je kunt ze, ook onder je stereomikroskoop, absoluut niet zien.

Een ander probleem dat via SEM kan worden aangepakt is het feit dat sommige, vele jaren geleden beschreven mineralen, uiteindelijk zeer intieme mengsels blijken te zijn van twee of zelfs meer mineralen. Dan wordt de status "mineraal" natuurlijk terug ingetrokken. Soms zijn de individuele korreltjes maar een paar mikrometer groot.

Nog een belangrijke en typische toepassing is de studie van zonering of andere heterogeniteiten in de samenstelling van sommige kristallen of aggregaten. Denk maar eens aan de groen-blauw-kleurloos-roze toermalijnkristallen. Met de SEM kun je de doorsnede van zo'n kristal quasi mikrometer per mikrometer analyseren, en zo te weten komen welke elementen verantwoordelijk zijn voor de verschillende kleurzones.
Daarenboven zijn zulke studies van het grootste belang om gegevens te bekomen omtrent de vormingsomstandigheden van mineralen (bv. de studie van insluitsels, exsolutieverschijnselen, enz.).

Een meer voor de hand liggende toepassing is de soms zeer snelle en zekere identifikatie van mineralen, zelfs als slechts heel weinig materiaal beschikbaar is.
De symmetrie, de habitus en de aanwezige vormen kunnen haarfijn worden bestudeerd, ook als de beschikbare kristalletjes maar een paar mikrometer groot zijn.


Ph
Ar

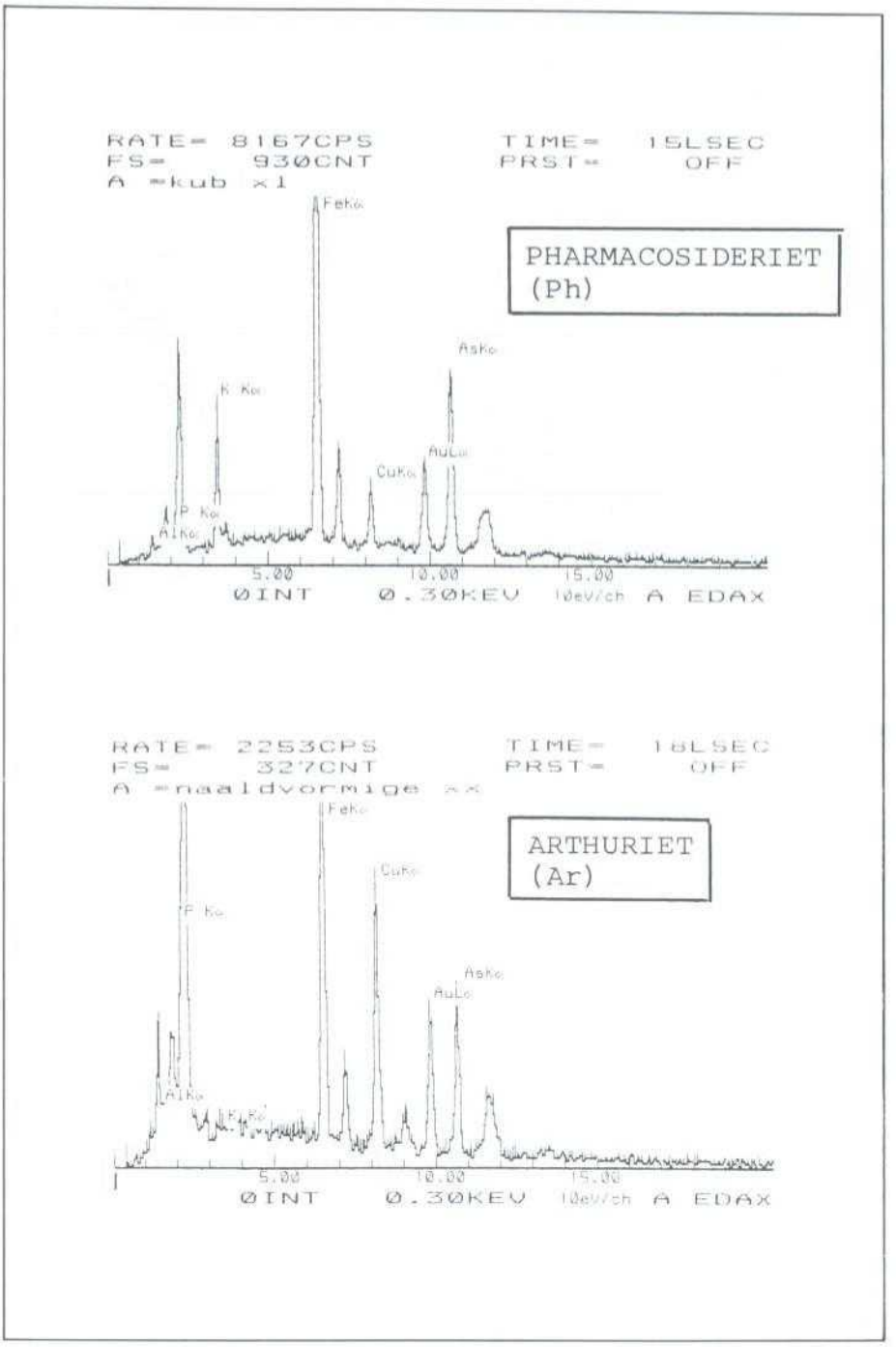


Fig. 13
Pharmacosiderietkristallen (kubusvormig), $KFe_4(AsO_4)_3(OH)_4.6\text{-}7H_2O$ (spektrum 1) en arthurietkristallen (naaldjes), $CuFe_2(AsO_4,PO_4,SO_4)_2(O,OH)_2$ $4H_2O$ (spektrum 2).
Hingston Downs, Gunnislake, Cornwall, GB.

Wanneer men dan het onbekende kristalletje nog even kwantitatief kan analyseren, leidt dat over het algemeen tot een trefzekere identifikatie.

Vergeleken met de optische mikroskoop is er toch iets dat de SEM niet kan. De kwartskristallen, die op het kaft van dit nummer zijn afgebeeld, zijn in feite glashelder, en bevatten insluitsels van goethiet. De sekundaire-elektronendetektor ziet slechts een paar nanometer diep in de materie, en geeft dus ook doorzichtige kristallen opaak weer; insluitsels binnenin een helder kristal kan hij nooit zien, net zoals we met een gewone mikroskoop nooit rechtstreeks insluitsels binnenin een hematietkristal kunnen zien.

En de praktijk ?

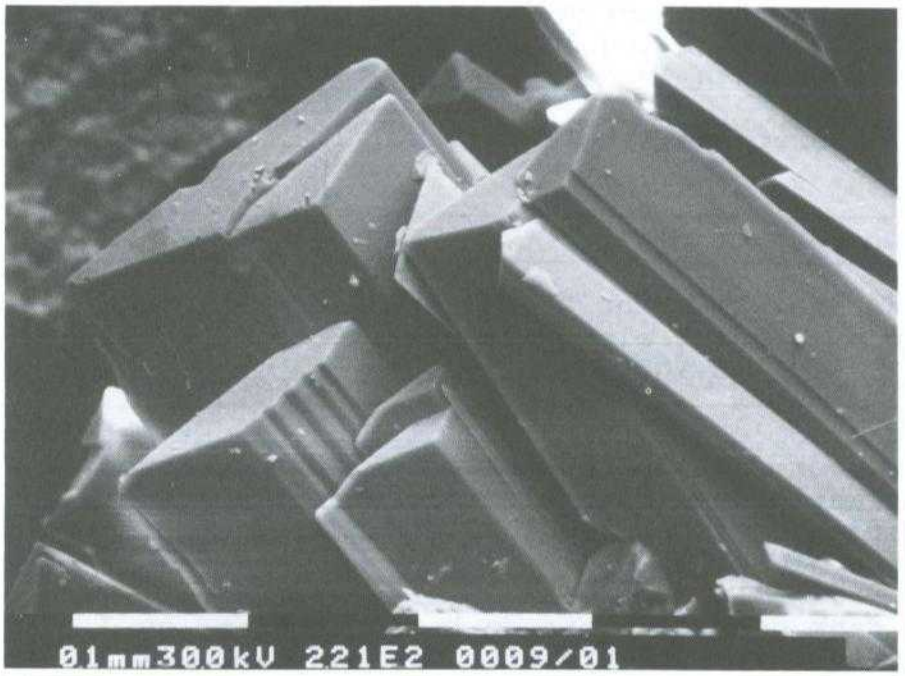
Je zal je natuurlijk intussen al hebben afgevraagd : als SEM zo'n wondertoestel is, waarom heeft de MKA er dan al lang geen besteld ?
Het antwoord is eenvoudig : véél te duur ! De prijs van een SEM kan, afhankelijk van merk, kwaliteit en geïnstalleerde accessoires van een paar miljoen tot meer dan 20 miljoen frank oplopen.Daarenboven is het werken men zo'n toestel méér dan aan wat knopjes draaien : het is een echte specialiteit.

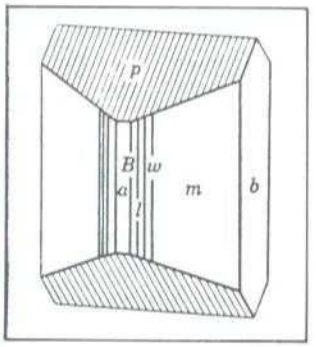
Elk monster moet volkomen stof- en vetvrij zijn. Zorgvuldig reinigen is dus een absolute must. Bij een vergroting van een paar tienduizend maal wordt namelijk elk stofdeeltje zo'n brok, dat je hem niet eens op het scherm kunt krijgen.

De meeste mineraalspecimens zijn slechte geleiders voor elektriciteit, en wanneer men zo'n isolator beschiet met een elektronenbundel, begint het specimen zich plaatselijk op te laden. Daardoor komt de positionnering van de primaire bundel in het gedrang : die wordt immers afgestoten overal waar er een overschot is aan elektronen.

Om dit op te vangen moet op zulke specimens een geleidend laagje worden aangebracht. Het stukje wordt met een speciale stroomgeleidende lijm op een metalen monsterhoudertje gekleefd. In een zgn. sputter-coater wordt op het monster onder vakuum een heel dun laagje (enkele nm) koolstof, of, beter nog, goud opgedampt.

Op die manier kan het teveel aan elektronen aan het oppervlak via de monstertafel worden afgevoerd. Het nadeel is wel dat je dan natuurlijk in het X-stralenspektrum steeds de pieken van goud zal tegenkomen, waarvan er één bijna samenvalt met de belangrijkste P- resp. S-lijn.





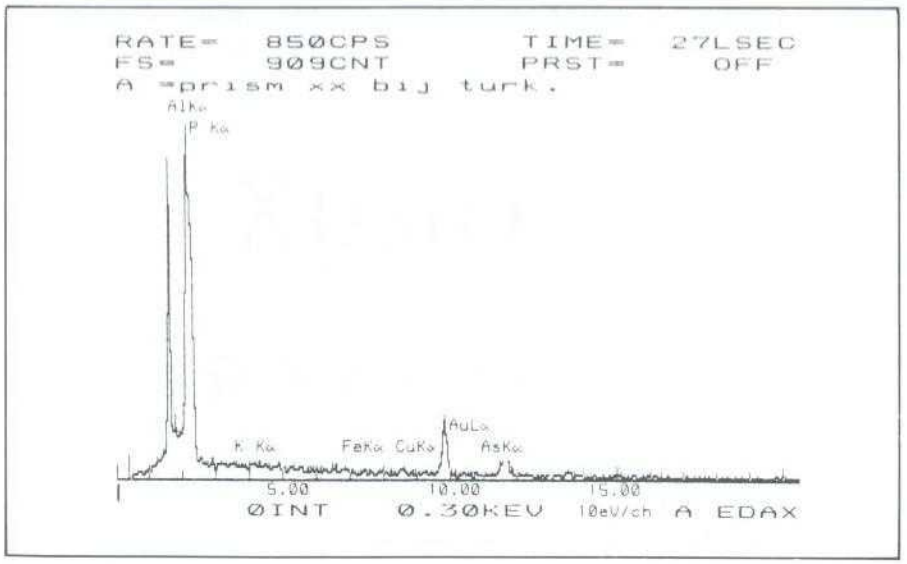


Fig. 14
Wavellietkristallen, $Al_3(PO_4)_2(OH,F)_3.5H_2O$ op een turkooisspecimen van St.-Austell, Cornwall, GB. SEM-opname.
Op het bijbehorend spektrum is enkel Al en P te zien; samen met de typische kristalvorm leidt dat tot een positieve identifikatie.

Als het monster klaar is, wordt het in de monsterkamer gebracht, die na ongeveer 90 sekonden voldoende vakuum heeft om met de waarnemingen te beginnen. Met de sekundaire-elektronendetektor bestudeert men de kristalvorm, etsfiguren, splijting, breuk, enz.
De detektor voor teruggestrooide elektronen leert je of de samenstelling in het beeld homogeen is of niet, en de X-stra-

lenspektrometers leren je indien gewenst van elk kristalletje wat de samenstelling is, op zijn minst kwalitatief, en dat in enkele sekonden !

Als dat niet spektakulair is ... !

Dankwoord

Dit artikel kwam tot stand ter gelegenheid van de installatie van een scanning elektronenmikroskoop in de laboratoria van SIDMAR N.V., B-9020 Gent.

Het gaat om een PHILIPS SEM 515, uitgerust met (o.a.) detektoren voor sekundaire elektronen, teruggestrooide elektronen, preparaatstroom, katodoluminescentie, een energiedispersieve spektrometer (EDAX 9900) en een golflengtedispersieve spektrometer (Microspec).

Onze dank gaat uit naar de heren U. MEERS en J. VAN KEYMOLEN (departement metallurgie) voor hun bereidwillige medewerking, en naar mejuffer C. VAN DEN HOF en de heer J. VAN DEN BERGHE (public relations) voor de foto's van de apparatuur.

ONYX

TOTALE UITVERKOOP VAN

MINERALEN - JUWELEN

HALSSNOEREN - GED. MEUBILAIR

wegens veranderingswerken

tot 40 % vermindering

vanaf 3 november

ONYX PVBA WIEGSTR. 32 2000 ANTW. OPEN 10 tot 18 30 h
TEL. 03/232.88.33

08-16	11	B	ANTWERPEN : tentoonstelling "MINERALEN, ONZE RIJKDOM", door de Mineralogische Kring Antwerpen v.z.w. in de zaal Edward Keurvels van de Antwerpse Zoo, Koningin Astridplein 18, 2000 Antwerpen. Gratis toegang van 10 tot 17 h.
14-16	11	E	BARCELONA, Expominer 86, Palacio de Congresos. 10-20.30 h. Beurs.
15-16	11	F	DUGNY. Salle des fêtes Victor-Hugo. 10-19 h. Beurs.
15-16	11	F	LANGON. Salle polyvalente. Beurs.
15-16	11	F	NANTES. Maison des Associations, Bld. Stalingrad. Ruilbeurs.
15-16	11	D	AUGSBURG. Kongresshalle. 13-18/10-17 h. Beurs.
15-16	11	CH	ZURICH. Züspahalle 1. 10-18/10-17 h. Beurs.
16	11	B	SCHOTEN. Sint-Cordulastraat 10. Edelstenenbeurs.
16	11	D	SCHAFHEIM/MOSBACH.
16	11	D	KASSEL. Philipp-Scheidemann-Haus, Hollaňd. Str. 74. 10-17 h. Beurs.
16	11	D	LANDSHUT. Sporthalle ETSV 09. 10-17 h. Beurs.
16	11	D	BRETTEN. 10-17 h. Beurs.
19	11	D	WANNE-EICKEL. Jugendheim Heisterkamp. 9-17 h. Ruilbeurs.
19	11	D	HEILBRONN. Stettenfelshalle, Heilbronn-Untergruppenbach.
22-23	11	B	LIEGE : INTERMINERAL 86. Beurs ingericht door A.G.A.B. Zaal van het Lycée Léonie de Waha, Boulevard d'Avroy 96, 4000 Liège. 10-19 h. Inl.: de heer R. Hubin, 8 Heid du Moulin, 4051 Neupré.
22-23	11	D	REGENSBURG. Städtische Galerie "Zum leeren Beutel" (bij het museum). 10-18/10-17 h.
22-23	11	F	NICE. Palais des Sports Jean-Bouin. Beurs.
23	11	A	WIEN. Tourotel. Kurbadgasse 8. 9-16 h. Beurs.
23	11	D	BRAUNSCHWEIG. Freizeit- und Bildungszentrum Bürgerpark, Nimesstrasse 2. 10-17 h.
28-30	11	D	HAMBURG. 12-18/9-18/9-18 h.
29-30	11	D	STUTTGART. Killesberg, Halle 6. 9.30-18/10-17 h. Beurs.
29-30	11	D	KIEL. Ostseehalle, Europaplatz. 11-18 h. Beurs.
29-30	11	CH	BASEL. Mustermesse, Halle 302. 10-18/10-17 h. Beurs.
29-30	11	D	BREMEN. Stadthalle. 9-18 h. Beurs.
29-30	11	D	DARMSTADT. Orangeriegebaüde. 10-18/9-17 h. Beurs.
29-30	11	D	SAARLOUIS. Theater am Ring. 10-18 h. Beurs.
29-30	11	F	JOUY-EN-JOSAS. Salle du Vieux-Marché. 10-19 h.
29-30	11	F	MARMANDE. Salle Henriette Bounin (tegenover het postgebouw).
29	11	CH	AARAU. Ladenzentrum Tellizentrum. 8-17 h. Beurs, enkel Zwitserse mineralen.
30	11	D	DUISBURG. Mercatorhalle. 10-17 h.
30	11	D	BERGISCH GLADBACH. Kreishaus am Rübezahlwald 7. 9-16 h. Beurs.
30	11	A	MÖDLING. Wienerwaldrestaurant, Bahnhofsplatz. 9-17 h.
30	11	D	BONN. Mensa Poppelsdorf, Endenicher Allee 19. 11-17.30 h. Beurs.
05-07	12	F	PARIS. PLM St.-Jacques, 17 Bld. St.-Jacques, F-75014 Paris. Beurs. 12-20/10-20/10-20 h.
06-07	12	D	ALBSTADT-TAILFINGEN. Zollernalbhalle. 10-18/10-17 h. Beurs.
07	12	D	RATINGEN. Stadthalle. 10-17 h. Beurs.
07	12	D	SIEGBURG. Stadthalle. 10-17 h. Beurs.
07	12	D	KEMPEN/NIEDERRHEIN. Aula der Beruflichen Schulen, Von-Saarwerden-Str. (tegenover Ministerie van Financiën). Beurs.
07	12	D	KARLSRUHE. Nancy-Halle Kongresszentrum. 9-17 h. Beurs.
07	12	CH	LEISSIGEN. Gasthof Hirschen. Tentoonstelling.
07	12	I	LECCO.
14	12	D	HEINSBERG. Aula der Realschule. Schafhausener Str. 10-17 h. Beurs.
14	12	A	WIENER NEUSTADT. OGB-Zentrum, Gröhrmühlgasse 4-6. Jeugd-beurs.
14	12	D	MONCHENGLADBACH. Realschule Rheydt-Mulfort, Giesenkirchener Str. 8 10-17 h.
14	12	A	LINZ. Kaufmännisches Vereinshaus. 9-16 h. Beurs.

GEOLOGISCHE BOEKHANDEL W.G. W I T K A M
De Heurne 24 - 7511 GX Enschede - Nederland - tel:053-312773

Wilt U zich graag op de hoogte houden van nieuwe en nog te verschijnen uitgaven in binnen- en buitenland op het gebied der geologie? Meer dan 500 titels steeds voorradig. Twee keer per jaar zenden wij lijsten rond op dit gebied. Ontvangt U deze niet, dan kunt U deze aanvragen en wij noteren U daarvoor. Wij bestrijken:-geologie-gesteenten-mineralen-fossielen-edelstenen en hun bewerking.

vrij van zegel, art. 198/7 verantw. uitg.: leo michiels, bakkersdreef 41, kalmthout

tentoonstelling door de

mineralogische kring antwerpen v.z.w.

in de zaal edward keurvels
kon. astridplein 18, antwerpen

8-16 nov. 1986 : 10-17 u.

mineralen, onze rijkdom

gratis toegang

kristaltekening kwarts, bull. soc. belge de géol., de paléont. et d'hydrol., 1899 lay-out en montage : claire & jan luyten-wouters