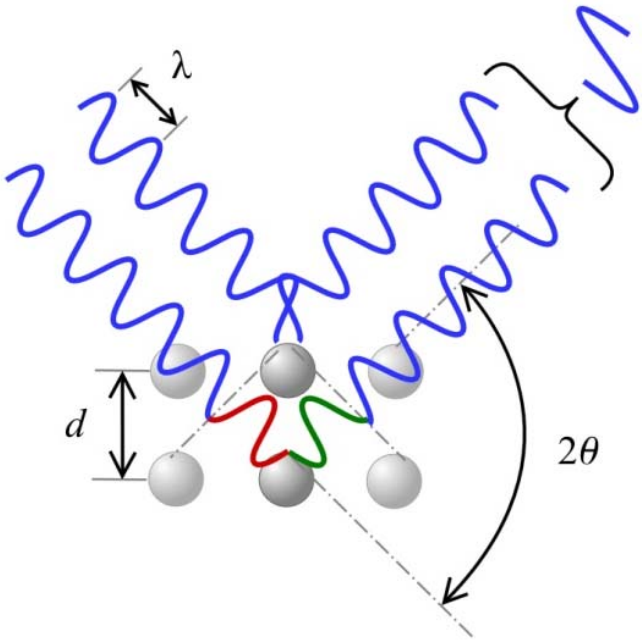
Afgiftekantoor : 9140 Temse
Erkenningsnummer P708324

geonieuws

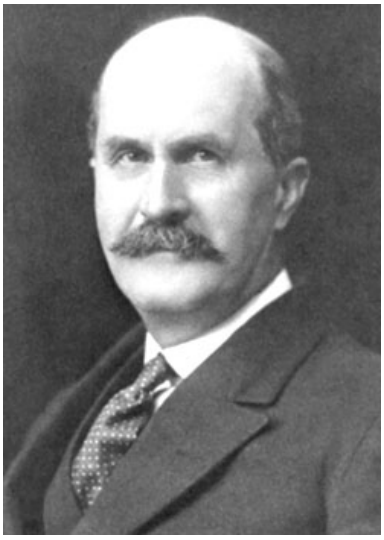
maandblad van de
mineralogische kring antwerpen v.z.w.
39(1), januari 2014

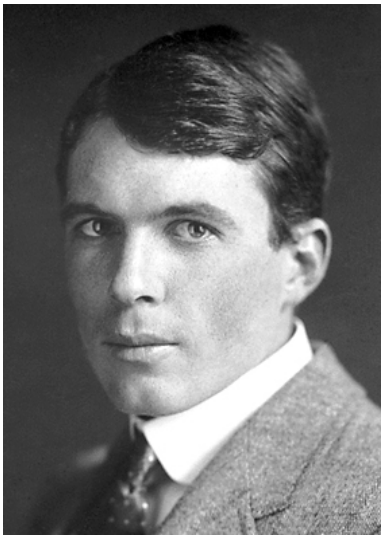
In dit nummer :

- **2014 - jaar van de kristallografie**
- **Quasikristallen**
- **Cronstedt : de ballen van kristallen...**
- **Papagoiet**
- **Hintze, de grote onbekende**



MKA





Mineralogische Kring Antwerpen vzw

Oprichtingsdatum : 11 mei 1963 **Statuten** : nr. 9925, B.S. 17 11 77
Zetel : Boterlaarbaan 225, B-2100 Deurne **BTW-nummer** : BE 0417.613.407
Wettelijk depot : Kon. Bib. België BD 3343
Verschijningsdata : maandelijks, behalve in juli en augustus.
Redacteur en verantwoordelijke uitgever : H. DILLEN, Doornstraat 15, B-9170 Sint-Gillis-Waas.
Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, of op welke wijze dan ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.
Betalingen
België : bankrekening 789-5809102-81
Buitenland : IBAN: BE36 7895 8091 0281 - BIC: GKCCBEBB
Al deze rekeningen staan op naam van M.K.A. v.z.w., Marialei 43, B-2900 Schoten.

NUTTIGE ADRESSEN

Hugo BENDER, Pieter Van den Bemdenlaan 107, B-2650 Edegem.
Tel. 03 4408987. <hugo.bender@skynet.be>
Bestuurder. Secretaris, ledenadministratie.
Paul BENDER, Pieter Van den Bemdenlaan 107, B-2650 Edegem.
Tel. 03 4408987.<paul.bender@skynet.be>
Bestuurder. Technische realisatie Geonieuws, coördinator Minerant.
Rik DILLEN, Doornstraat 15, B-9170 Sint-Gillis-Waas. Tel. 03 7706007. <rik.dillen@skynet.be>
Bestuurder. Redacteur Geonieuws.
Axel EMMERMANN, Lobbesplein 12, B-2640 Mortsel.
Tel. 03 2953554 en 0496 359117 <axel.emmermann@pandora.be>
Werkgroep technische realisaties, werkgroep fluorescentie.
Etienne MANS, Jan Blockxlaan 16, 2630 Aartselaar.
Tel 03 8888124. <etienne.mans@telenet.be>
Bibliothecaris, uitleendienst, samenaankoop, werkgroep micromounts.
Herwig PELCKMANS, Cardijnstraat 12, B-3530 Helchteren.
Tel. 0486 121128. <herwig.pelckmans@pandora.be>
Bestuurder. Organisatie lezingen, werkgroep determinaties, werkgroep micromounts.
Guido ROGIEST, Prins Kavellei 86, B-2930 Brasschaat.
Tel. 03 6520232. <guido.rogiest@telenet.be>
Bestuurder. Ondervoorzitter, public relations.
Paul TAMBUYSER, Surmerhuizerweg 23, NL-1744 JB Eenigenburg.
Tel. 00 31 226 394231. Fax 00 31 226 393560. <paul@mineralogy.eu>
Werkgroep edelsteenkunde, webmaster.
Ineke VAN DYCK, Walbogaard 11, B-9140 Temse.
Tel. 03 8276736. <ina.van.dyck@skynet.be>
Bestuurder. Werkgroep zeolieten.
Ludo VAN GOETHEM, Boterlaarbaan 225, B-2100 Deurne.
Tel. en fax 03 3215060. <ludo.vangoethem@belgacom.net>
Vertegenwoordiging openbare besturen.
Paul VAN HEE, Marialei 43, B-2900 Schoten.
Tel. 03 6452914. <pvanhee@skynet.be>
Bestuurder. Voorzitter.
Anny VAN HEE-SCHOENMAEKERS, Marialei 43, B-2900 Schoten.
Tel. 03 6452914.
Penningmeesteres.

info@minerant.org **www.minerant.org**

Titelpagina
Vader William Henry Bragg (1862-1942, links) en zoon William Lawrence Bragg (1890-1971, rechts), de "uitvinders" van de X-stralendiffractometrie.

MKA-kalender

Vrijdag 10 januari 2014

Maandelijkse vergadering in zaal "Elzenhof", Kerkplein in Edegem-Elsdonk.

19.00 h bibliotheek (open tot 19.45 h)

19.30 h gelegenheid tot transacties, determinaties, afspraken voor privé-excursies, raadplegen van de bibliotheek, uitleendienst of... gewoon een gezellig babbeltje... Deze maand worden specimens van ***papagoiet van de New Cornelia mine, Ajo, Pima Co., Arizona*** aangeboden. Meer details hierover vind je elders in dit nummer.

20.15 h

Theo Muller
"Wat men als verzamelaar moet weten over de stereomicroscoop"

MKA-medelid Theo Muller is reeds geruime tijd bezig met mineralen, edelstenen en microscopie. Vanavond brengt hij ons een onderwerp dat nagenoeg iedereen nauw aan het hart ligt: de stereomicroscoop (ook wel "de bino" genoemd in onze kring). Naast wat technische en optische informatie, zal Theo ons onder andere ook verklappen wat een goede bino onderscheid van een minder goede bino. Dat dit een lezing is die je absoluut niet mag missen, zie je zelfs zonder ... bino!

Zaterdag 11 januari 2014

Vergadering van de Werkgroep Edelsteenkunde in zaal "ELZENHOF", Kerkplein, Edegem, van 9.30 h tot 12 h.

"Barnsteen " - Johan Kok

Barnsteen (ook bekend onder de benaming amber) is geen echte steen. Waarom deze dan toch besproken wordt bij de werkgroep edelsteenkunde zal bij deze presentatie duidelijk worden. De steen kan origineel, onbehandeld als siersteen gebruikt worden, maar met snijden, slijpen, polijsten en graveren zijn de mogelijkheden onbeperkt.

In het eerste deel zullen de fysische, chemische en .... biologische eigenschappen van barnsteen aan de orde komen. Ook zal de bewerking van barnsteen besproken worden. Tot slot zullen tips gegeven worden om amber in goede staat te bewaren. In het tweede deel zal aandacht besteed worden aan een juweel dat zich bevindt in Sint-Petersburg (Rusland).

De presentatie zal geïllustreerd worden met dia's.
Wanneer u zelf dergelijke 'stenen' wilt tonen, breng deze dan zeker mee!

Zaterdag 11 januari 2014

Vergadering van de Werkgroep Micromineralen in zaal "ELZENHOF", Kerkplein, Edegem, van 13 h tot 17 h.

"Insluitsels en fantomen"

Deze namiddag bekijken we in eerste instantie insluitsels in mineralen en fantoomkristallen van nabij. Breng indien mogelijk enkele specimens mee om deze samen te bewonderen en te bespreken. Leden die met andere vragen over mineralogie in hun maag zitten vinden hier ook een luisterend oor en hopelijk de juiste antwoorden. Enkele extra stereomicroscopen met lichtbron zullen beschikbaar zijn. Als je een stereomicroscoop hebt breng je die liefst mee.

MKA-nieuws

Errata

Twee merkwaardige errata deze keer : eentje dat onze schuld is, en eentje uit de literatuur.

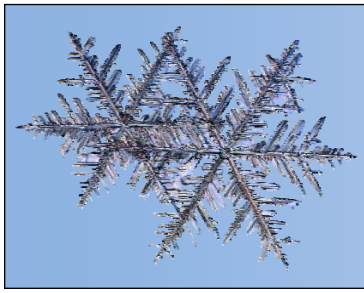
Vooreerst is het onderschrift bij de foto op p. 176 van het septembernummer fout. De persoon in het midden van de foto is niet Leona Detiège, maar **Mathilde Schroyens**. Met dank aan ons aller penningmeesteres Anny, die in 1966 haar diploma ontving uit handen van Mathilde Schroyens... en haar daardoor op de foto kon "ontmaskeren".

En met betrekking tot **Betekom** werd een weliswaar consequent erratum ontdekt.
Een aandachtige lezer die in de streek woont (met name Erik Vercammen) merkte op dat in de titel van het artikel van Renaud Vochten en Georges Stoops over de gipskristallen van Betekom, dat in 1982 in Geonieuws verscheen, Betekom ten onrechte gesitueerd wordt in de provincie Antwerpen. Ook in het oorspronkelijke artikel dat een paar jaar eerder verscheen in de Annales de la Société Géologique de Belgique is dit fout. Betekom is inderdaad een deelgemeente van Begijnendijk, en ligt niet in de Provincie Antwerpen, maar nét over de provinciegrens in Vlaams Brabant.

Het gaat om deze referenties :

Vochten R. en Stoops G. (1978), "Gipskristallen in de Rupeliaanse klei van Betekom (Prov. Antwerpen) en enkele andere vindplaatsen.", Ann. Soc. Géol. de Belg. 101, 79-83.

Vochten R. en Stoops G. (1982), "Gipskristallen in de Rupeliaanse klei van Betekom (Prov. Antwerpen) en enkele andere vindplaatsen.", Geonieuws 7(1), 14-19



De redactie van Geonieuws en het bestuur van de MKA wensen u van harte een schitterend en steen-rijk 2014 toe !

Lidgeld 2014

Heeft u uw lidgeld voor 2014 nog niet betaald ? Door voor **5 januari 2014** te betalen blijft u Geonieuws toch nog zonder onderbreking ontvangen ! We vatten nog even de betalingsmodaliteiten samen, meer toelichting vindt u in het novembernummer 2013 :

	Individueel	Gezin	Inclusief tijdschrift per post :
België	27-EUR	32-EUR	10x per jaar, incl. verzendingskosten
Andere landen	34-EUR	39-EUR	10x per jaar, incl. extra verzendingskosten
	27-EUR	32-EUR	Volledige jaargang in één zending in november
IBAN: BE36 7895 8091 0281 - BIC: GKCCBEBB t.n.v. Mineralogische Kring Antwerpen v.z.w. Marialei 43, 2900 Schoten, België			

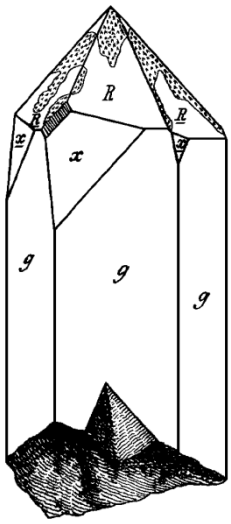
Uw voordelen als lid (o.a.) : *alle activiteiten van de vereniging (vergaderingen, werkgroepen, uitstappen, website,…), tijdschrift Geonieuws; pdf-versie van het tijdschrift steeds in kleur via de website; e-boeken via de website; gratis boeken en tijdschriften ontlenen in de bibliotheek; gratis toegang op MINERANT voor leden en geregistreerde gezinsleden,…*

2014 internationaal jaar van de kristallografie

Paul Tambuyser

De Verenigde Naties hebben 2014 uitgeroepen als "International Year of Crystallography" (IYCr2014). Naar mijn gevoel een beetje laat, want in 2012 was het precies honderd jaar geleden dat Max von Laue ontdekte dat Röntgenstralen (x-stralen) door kristallen verstrooid (gediffracteerd) worden. Zo legde von Laue de basis voor de Röntgendiffractie (x-stralendiffractie), een techniek die de wetenschap en de kristallografie grondig zou veranderen. De eerste kristalstructuurophelderingen lieten niet lang op zich wachten, want al in 1913 bepaalden vader en zoon Bragg met behulp van de Röntgendiffractie de kristalstructuur van haliet (natriumchloride, NaCl). In de daaropvolgende jaren verschenen de nieuw opgehelderde kristalstructuren aan een steeds sneller tempo.

Sinds de ontwikkeling van de Röntgendiffractie begonnen publicaties over kristalstructuuronderzoek de studies met betrekking tot de morfologie van kristallen te overschaduwen. In het midden van vorige eeuw zou dit leiden tot een belangrijke tak in de natuurkunde; de zogenaamde "solid state physics" oftewel de "fysica van de vaste stof". De geometrische kristallografie leefde hoofdzakelijk nog voort bij mineralogen. Toch begonnen een aantal theoretici zich te interesseren in de combinatie van geometrische kristallografie en de kennis van kristalstructuren en er werden modellen opgesteld om uitgaande van de kristalstructuur de morfologie van kristallen te berekenen en te voorspellen.



Als mineralenliefhebbers zijn wij in eerste instantie geïnteresseerd in de morfologie van kristallen. Sommige verzamelaars zullen prachtig gevormde kristallen zien als de ultieme exemplaren in hun collectie, terwijl bijvoorbeeld de micromounters de morfologie van hun microscopische kristallen zullen benutten om hun mineraaltjes te determineren. Voor de meeste verzamelaars zal het er wellicht een beetje tussenin liggen, maar hoe dan ook zullen kristallen altijd weer bewondering oproepen.

Het IYCr2014 wordt ondersteund door de "United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization", beter bekend als UNESCO. Maar het is vooral de "International Union of Crystallography" (IUCr) die in dit verband een coördinerende functie op zich neemt. Meer over de internationale activiteiten rond IYCr2014 kan men vinden op de speciaal voor die gelegenheid opgezette website www.iycr2014.org

In 2013 hadden we het 50-jarig jubileum van onze vereniging, maar 2014 is voor de MKA ook heel betekenisvol en als vereniging wil zij graag haar 'kristalletje' bijdragen aan dit bijzondere jaar van de kristallografie. We doen dat met diverse activiteiten:

- in **Geonieuws** komt er dit jaar in ieder nummer een korte tekst met betrekking tot een onderwerp dat met kristallografie te maken heeft. De tekst zal telkens vergezeld gaan van het logo van het IYCr2014. Rik Dillen bijt in dit januarinummer de spits af met een bijdrage over quasikristallen
- op **Minerant** toont Raymond Dedeyne mooi gekristalliseerde mineralen in combinatie met kristalmodellen die aansluiten bij de morfologie van de getoonde exemplaren en verder aangevuld met historische instrumenten, modellen en oude boeken uit mijn eigen verzameling.
- we hebben een **website** aangemaakt over kristallografie, toegespitst op de mineralenliefhebber *www.kristallografie.be*
- dit najaar organiseert de MKA een **cursus** morfologische kristallografie (zie verder in dit nummer)

In ieder geval zullen we via de MKA kunnen meegenieten van de feestelijkheden van dit jaar van de kristallografie.

Cursus kristallografie

Kristallen fascineren ons allemaal en we kunnen geen mineralenboek of –tijdschrift bekijken of er wordt over kristallen geschreven. Jammer genoeg maken die beschrijvingen van kristallen gebruik van een eigen jargon met vreemde termen en wordt een en ander geïllustreerd aan de hand van kristaltekeningen met geheimzinnige cijfercombinaties op de kristalvlakken. Het interpreteren van die informatie wordt door de meesten van ons als niet eenvoudig ervaren. In het jaar van de kristallografie wil ik daar graag verandering in brengen en wordt de al in 2012 aangekondigde cursus kristallografie, of meer specifiek morfologische kristallografie, een feit.

De cursus zal bestaan uit een lessenreeks over kristalstructuur en -morfologie, over symmetrie-elementen, kristalklassen en -stelsels, Miller-indices, enz. Maar in de eerste plaats wordt het een praktijk gerichte cursus zonder moeilijke wiskundige beschouwingen. Wie de cursus heeft gevolgd, zal de opgedane kennis kunnen gebruiken bij het mineralen determineren en zal de kristallografische informatie die bij mineralenbeschrijvingen worden vermeld, zonder problemen kunnen interpreteren.

We leren met behulp van houten en kartonnen kristalmodellen de aanwezige symmetrie-elementen van een kristal vast te stellen. Wanneer men goed ontwikkelde kristallen voor zich heeft, zal men die opgedane ervaring kunnen gebruiken om het kristalstelsel te bepalen en waar mogelijk zal men zelfs de kristalklasse kunnen vaststellen.

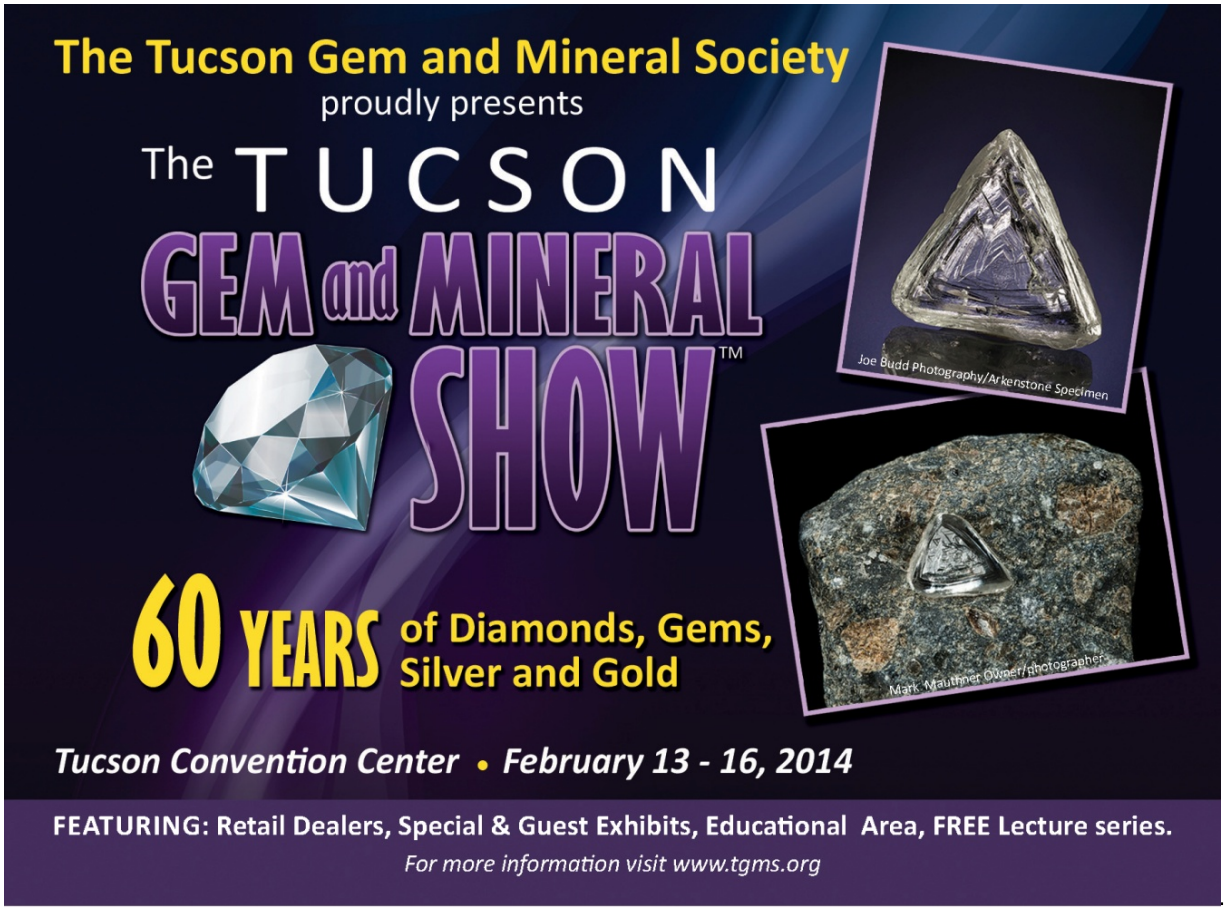
Iedere deelnemer krijgt een uitgebreide cursustekst en een set kartonnen vouwmodellen om zelf te monteren en om tijdens de vergaderingen en thuis mee te oefenen. Naast de cursustekst kunnen de deelnemers die een laptop hebben, tijdens een van de lessen, gratis een officiële versie van het programma KrystalShaper op hun laptop installeren. Met behulp van dit programma kan je kristallen tekenen.

De cursus zal dit najaar doorgaan op volgende zaterdagen: 11/10, 25/10, 15/11, 29/11, 13/12 en op 10/01/2015, telkens van 13:30 - 16:30 h in zaal "Elzenhof", Kerkplein in Edegem-Elsdonk. De onkosten zijn € 65.- per cursist.

Het aantal deelnemers is beperkt tot 20 en als u interesse heeft in deze cursus, stuur dan snel een berichtje naar paul@mineralogy.eu of meld u aan tijdens de komende vergadering van vrijdag 10 januari.

Toch een kleine waarschuwing. Kristallografie is geen eenvoudige materie en vereist ruimtelijk inzicht. Het motto van de Nederlandse belastingdienst "*Leuker kunnen we het niet maken, wel makkelijker*" had ik graag willen overnemen, maar heb het lichtjes veranderd in "*gemakkelijker kunnen we het niet maken, wel leuker*".

Paul Tambuyser



Boekrecensie
Minéralogie de la France

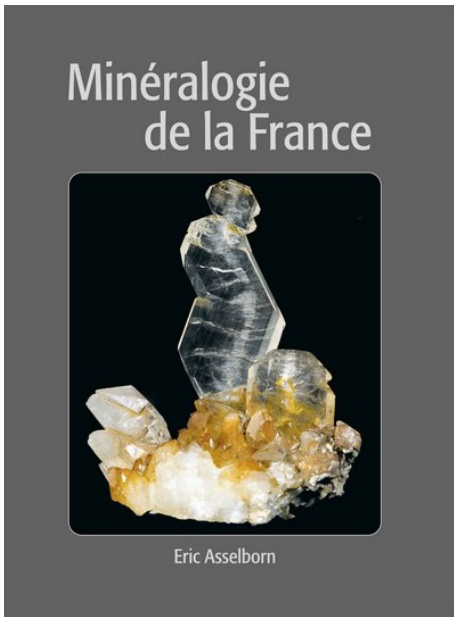
Raymond Dedeyne

Uitgegeven door Teammedia GmbH, Grünenwald, CH-6482 Gurtnellen in 2012.
Auteur: Eric Asselborn, ISBN 978-3-033-03873-8, pp 241, 280 x 220 mm, 1450 gram hardcover, Franstalig, 59 Euro (excl P&P)

Toen ik verleden jaar te horen kreeg dat er een nieuw boek op komst was over de mineralogie van Frankrijk waren mijn verwachtingen hoog gespannen. Vooreerst had ik geen weet van enige recent werk over dit onderwerp - hier kon dus potentieel een belangrijke lacune in het aanbod van mineralenboeken worden opgevuld. Dat het nieuwe boek van de hand zou zijn van Eric Asselborn maakte het vooruitzicht alleen nog maar aantrekkelijker. Wie zou beter geschikt zijn om met kennis van zaken over dit onderwerp te schrijven dan de man van wie aangenomen wordt dat hij de belangrijkste privéverzameling mineralen van Franse bodem opbouwde?

Het boek werd uiteindelijk voorgesteld op de recente beurs van Sainte-Marie-aux-Mines onder de titel "Minéralogie de la France". Helaas bleek daar al zeer snel dat de gestelde verwachtingen hoegenaamd niet werden ingelost - een typisch geval van hoe de vlag de lading niet dekt. Maar laten we eerst even zien wat die lading dan eigenlijk wel geworden is.

Het werk opent met een (te) compacte verantwoording/gebruiksaanwijzing (1 p). Volgt een bibliografie van 81 belangrijke Franse mineralenverzamelaars, waarbij zowel verleden als heden aan bod komen (11 pp). Dan komt de hoofdmoot: de beschrijving van 104 mineralen, elk van één welbepaalde vindplaats (208 pp) - beginnend met gedegen koper van Burg, Tarn en eindigend met whewelliet van Condorcet. Hierbij wordt telkens hetzelfde stramien gevolgd, waarbij de linker pagina wordt ingeruimd voor een verklarende tekst en de rechter pagina voor (meestal) één tot enkele kleurenfoto's van het mineraal in kwestie. Alle voorgestelde specimens zijn afkomstig uit de privéverzameling van Asselborn. De mineralen worden behandeld in de volgorde zoals bepaald door Strunz - dus beginnende met de elementen en eindigend met tectosilicaten en organische verbindingen. Het werk wordt afgesloten met een korte lijst van verklarende technische termen (2 pp) , een mineralenindex (3 pp), een vindplaatsenindex (6 pp) en een personenindex (3 pp).



Uit het voorgaande is al onmiddellijk duidelijk dat dit boek niettegenstaande zijn veelbelovende titel onder geen beding kan doorgaan als ook maar een aanzet tot - laat staan een volledige mineralogie van - Frankrijk. Het geeft je op zijn beste een geïllustreerde en uitermate beperkte selectie van enkele Franse mineralen - niets meer. Bovendien is het ook nog eens vrij onduidelijk aan de hand van welke criteria die mineralen dan wel zijn geselecteerd. Sommige kunnen worden gerechtvaardigd in hun hoedanigheid als regelrechte Franse klassiekers - zoals pyromorfiet uit Les Farges, roze fluoriet uit Les Droites, bariet uit Saint-Laurent-le-Minier. Maar die worden dan weer frequent af-

gewisseld met obscure mindere broertjes zoals greenockiet uit Argentolle en cookeiet uit La Mure - terwijl ik binnen de beperkte ruimte die dit werk biedt liever enkele andere Franse reuzen had gezien zoals bvb cupriet uit Chessy en talk uit Trimouns, Luzenac, die nu helaas onbesproken blijven.

Ook op de keuze van enkele specimens is een en ander op te merken. Zo is bvb het voorgestelde specimen argentiet uit Sainte-Marie-aux-Mines (wat natuurlijk acanthiet moet zijn, de vorm die bij lage temperatuur stabiel is: de zorg voor detail is ook al niet je dát) zo ondermaats dat zelfs de beste fotograaf er totaal moedeloos zou van worden. De beslissing de selectiehorizon tot eigen verzameling te beperken heeft zo duidelijk haar nadelen!
De beschrijvende teksten zijn evenmin onberispelijk. Ze bevatten teveel ballast - zoals chemische formule, kristalstelsel, geschiedenis, gebruik, andere Franse en wereldwijde vindplaatsen en nog meer inleidende informatie die niet in een echt mineralogieboek thuishoren. Op die manier is telkens al de helft van de beschikbare bladspiegel opgebruikt alvorens de echt relevante info over de combinatie mineraal/vindplaats in kwestie aan bod kan komen

Aan de positieve kant staan een uitstekende presentatie en goed fotowerk - maar die kunnen na al wat voorafging helaas de show niet meer redden.

Al met al is dit werk een gemiste kans die wordt aangeboden onder een totaal misleidende titel en tegen een overigens niet geringe prijs. Een boek om snel te vergeten - alhoewel wie niettegenstaande alle reeds beschikbare materiaal op MINDAT dit boek toch nog tot het zijne wil maken dat voor mij vooral niet hoeft te laten.

Tijdschriften

- **MINERALIEN WELT** 24(3), 06.13

14-23 Quarz aus Belgien : die aktuellen Funde von 2010 bis 2012 ***[Harjo Neutkens]***
24-32 Der Steinbruch Jakomini bei Nötsch in Kärnten
33-41 Die mineralogischen Neuigkeiten 2012 aus der Vulkaneifel
42-43 Pirquitasit aus Argentinien
44-88 Der Kalksteinbruch Rüdersdorf bei Berlin
90-92 Neue Mineralien (Manganoquadratit, Menchettiit, Terrywallaceit, Angelait)
93-96 Von Quartzsite nach Tucson *[agaat]*

- **AGAB MINIBUL** 46(5), 05.13

105-119 Chercheurs d'or en Turquie wallonne
120-121 Arsenopyrite de Nil-Saint-Vincent
122-125 Prehnite de Quenast

- **MINERAL UP** 2(6), 11.11

6-Goldschmidt versus Goldschmidt
10-16 The magnetite deposit of San Pablo de los Montes, Toledo, Spain
19-45 Beurzen 2011 : fotopagina's
50-71 Ikabaru - gold crystalls in the Venezuelan Jungle

- **HONA** 48(2), 06.13

13-17 Mineralogische termen toegelicht 4 : epitaxie
18-19 Nail-head calciet

- **MINERAL UP** 3(1), 02.12

6-11 Fluorite from the Sant Marçal Mine, Montseny, Catalonia
14-18 New minerals in the Eureka mine, Catalonia (metamunirite, schröckingerite, boltwoodite, gordaite)
19-20 Colour changes in Weisseck fluorites
21-50 Denver, Munich and Barcelona mineral shows
51-55 New minerals *[06.10-10.11]*
64-71 The Uchucchacua mine, Peru

- **SPIRIFER** 37(4), 08.13

- **CAHIER DES MICROMONTEURS** # 120, 06.13

3-4 Découvertes insolies dans la Sierra Almagrera, Almeria, Spain
5-23 Mines de Nador n'Bails et Djebel Hammimat
24-44 La photographie des minéraux *[deel 2]*

- **MINERALIENFREUND** 51(3), 08.13

2-7 Sonderschau im Mineralien-Museum Seedorf
8-14 Entdeckungen auf Schritt und Tritt
25-28 Rundwanderung ums Sidelhorn

AANBOD EXCLUSIEF VOOR MKA-LEZERS

Een medische consultatie, een reis met de hogeschelheidstrein, nieuwe apps op uw smartphone of tablet? Misschien merkt u er op het eerste gezicht weinig van, maar wetenschap en technologie zijn diep doorgedrongen in ons dagelijks leven. Het wetenschapsmagazine Eos brengt sinds 1983 markante verhalen uit de wetenschap.

JAARABONNEMENT OP EOS MAGAZINE

(11 nummers voor € 59,50)

MET GRATIS LOEP

Inslagloep van zeer hoge kwaliteit. Gemonteerd in fraai verchroomd messing huis met oogje voor ophanging aan een koord. Verpakt in lederen etui. Kortom een niet te missen item voor MKA-leden!

snelste manier

REAGEER NU!

- Surf naar **www.eoswetenschap.eu/MKA**
- Of bel naar **014-43 59 06**
- Of mail naar **lezersservice@imapress.be**
- Of stuur **GRATIS onderstaande bon op**

VOORDEELBON

☑ **JA, ik doe iemand anders of mezelf een jaarabonnement op Eos-magazine cadeau voor slechts € 59,50 (11 nummers). Ik krijg als welkomstgeschenk de inslagloep.** (E062)

eos WETENSCHAP

Stuur het cadeau op naar ☐ **mijzelf** ☐ **de ontvanger van het abonnement**

Het abonnement mag gestuurd worden naar:

Naam	Voornaam
Straat + nr.	
Postcode	Gemeente
E-mail	
Tel.	Handtekening

Stuur de overschrijving naar: (enkel invullen indien het gaat om een geschenkabonnement)

Naam	Voornaam
Straat + nr.	
Postcode	Gemeente
E-mail	
Tel.	Handtekening

U hoeft nu nog niets te betalen maar ontvangt van ons een overschrijvingsformulier. Deze aanbieding is geldig tot en met 31 december 2013 of tot uitputting voorraad en voor mensen die de laatste 6 maanden geen abonnee geweest zijn.

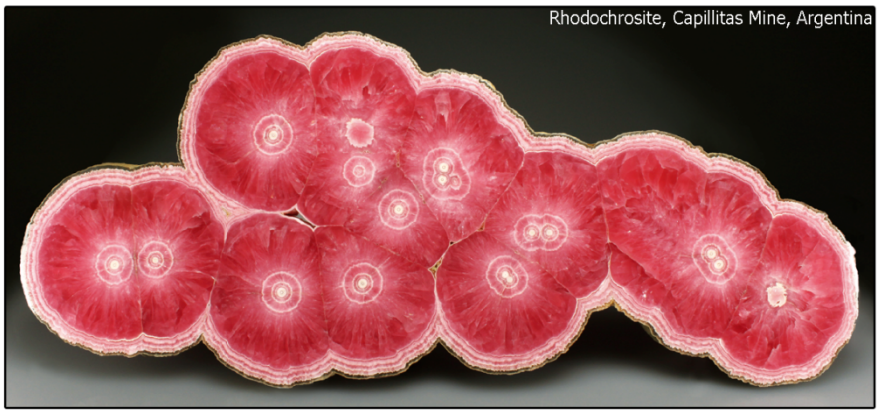
Belgische lezers kunnen deze bon (of een kopie) opsturen naar **Eos lezersservice, Antwoordnummer 1 in 2300 Turnhout.** Geen postzegel nodig.

KRISTALLE & Crystal CLASSICS
Est. 1971
FINE MINERALS LIMITED

Worldwide Leaders in Fine Minerals

Kristalle and **Crystal Classics** are the only truly international fine mineral company worldwide, working together in partnership for over ten years. We collectively have over 60 years combined experience in the business of fine minerals and have a client base of thousands worldwide. We are known to always have the finest and rarest specimens available, and cater to all levels of collecting.

If you wish to build a serious mineral collection or have fine single specimens or a collection for sale, please contact us first!


Rhodochrosite, Capillitas Mine, Argentina

Kristalle was founded in 1971 by Wayne and Dona Leicht and gained a worldwide reputation for the finest quality Californian gold specimens and worldwide minerals. Kristalle's office and Natural History Gallery are located in Laguna Beach, California, USA just south of Los Angeles, offering many beautiful mineral specimens and Natural History items for sale. The gallery has thousands of specimens on display to interest the beginner to the advanced collector. **Crystal Classics** is one of the best known sources for fine and rare mineral specimens worldwide, and was formed by Ian Bruce in the early 1990s. Crystal Classics' offices are based in Somerset in Southern England (approximately 3 hours drive southwest of London). We have a large showroom with a comprehensive selection of minerals on display, and a state of the art mineral preparation (trimming and cleaning) laboratory. Our selection of fine minerals is the largest in Europe.

In a partnership of over 10 years, Kristalle and Crystal Classics have combined a customer base of thousands across the world. We are pleased to supply the world's top private collectors and Natural History Museums with the best specimens that come to the market. Ian and Wayne travel the world to bring the best of new finds from working mines and also the finest classic minerals from old collections. With bases in both Europe and the USA we are able to 'cover the world' and are happy to travel anywhere to visit you, whether to bring specimens for you to see, or view your collection.

Wayne and Dona Leicht, Ian Bruce

Kristalle ~ Wayne and Dona Leicht
875 North Coast Highway, Laguna Beach, CA, 92651-1415, USA
Tel: +1.949.494.7695 ~ Email: info@kristalle.com

Crystal Classics Fine Minerals Limited ~ Ian Bruce
No. 1 The Old Coach Yard, East Coker, Somerset, England, BA22 9HY
Tel: + 44 1935 862 673 ~ Email: info@crystalclassics.co.uk

www.kristalle.com
www.crystalclassics.co.uk

De column van Cronstedt

De ballen van kristallen...

Jezus, Mohammed, Vishnoe (en andere zéér hooggeplaatsten …), men heeft 2014 uitgeroepen tot het internationale jaar van de kristallografie (IYCr2014)! OK, jij hebt ze misschien niet horen roepen, maar mij hebben ze alleszins wakker gekregen. Kristallografie, dat klinkt geleerd. Mijn intern woordenboekje laat me weten dat dit ongetwijfeld te maken heeft met de kennis die men heeft over kristallen.

Oeps, nu mag ik wel mineralen verzamelen, en dus best vertrouwd zijn met kristallen en hun mooie geometrische vormen, maar dat wil nog niet zeggen, dat ik veel over die kristallen weet. Nou ja, één ding weet ik zeker: kristallen zijn mooi! Ze trekken me aan door hun fascinerende vormen. Ze tonen me dat er ook orde is in de ogenschijnlijke chaos van de natuur, en dat fascineert me. En gek genoeg, als iets me fascineert, dan wil ik daar graag ook wat meer over weten. Gezien mijn zeer beperkte kennis van kristallen (vandaar de titel van deze column?), lijkt 2014 mij het ideale moment om mijn leergierigheid te bevredigen.

Nu ik erover zit te denken: behoren ballen tot de mogelijke kristalvormen? Of hebben kristallen per definitie altijd vlakke vlakken? En is een vlak altijd vlak? Gezien de benaming, zou je denken van wel, maar hoe noem je dan het oppervlak (let op de woordkeuze: opper-vlak!) van een bolvormig voorwerp? Ai, het ziet ernaar uit dat ik meer vragen dan antwoorden heb wat kristallen betreft. Nou ja, op de club zijn er best wel enkele "knappe bollen" die daar waarschijnlijk wel op kunnen antwoorden. Ik zal ze de volgende vergaderingen eens lekker lastig vallen! :-)

Naar ik al vernomen heb, doet ook onze MKA actief mee aan de IYCr2014-acties. Volgens Rik Dillen gaan er zeker enkele leerrijke artikels over kristallografie in Geonieuws verschijnen. Op Minerant zou er dit jaar ook een tentoonstelling aan gewijd worden. En Paul Tambuyser start in het najaar met zijn cursus morfologische kristallografie. Misschien is het wel mogelijk om de opbouw van kristallen te leren begrijpen en hun vormen ook te leren herkennen. Dat zou me alleszins van pas komen als ik probeer m'n eigen vondsten te determineren. Als je de kristalvorm kan herkennen, kan je immers het onderscheid maken tussen mineralen die samen kunnen voorkomen, zoals bijvoorbeeld pyriet en marcasiet. Pyriet vormt kubusjes, en marcasiet eerder latvormige kristallen, maar hoe noem je die dingen in 's hemelsnaam "op z'n kristallografisch"? Paul, help!!

Kristallen zijn volgens mij goed te vergelijken met vrouwen. Ze zijn mooi, fascinerend, maar soms ook moeilijk te begrijpen. Bij kristallen zijn er vaak "hoekjes af", waardoor ze nog complexer worden. Zou dat bij vrouwen ook zo zijn? Waarschijnlijk mogen we de analogie niet té ver doortrekken. Enfin, ik denk niet dat de MKA ooit een cursus over dames zal geven, maar die cursus kristallografie zegt me toch wel iets. Zo meen ik me te herinneren dat je bijvoorbeeld het onderscheid kan maken tussen de amfibolen en de pyroxenen, door simpelweg naar de topvlakken van hun kristalletjes te kijken. Straffe kost, vind ik dat. De kennis van kristallen heeft dus duidelijk potentieel. Potentieel? Aha, dus daar zitten de ballen van kristallen!

Kristallografen spreken en schrijven blijkbaar ook hun eigen taal: {111}-vlakken, langgerekt volgens de [001]-as, ribben (zonder BBQ-saus), tautozonaal, symmetrieas, triklien, ... Misschien is dit wel de lichaamstaal van de kristallen zelf? In dat geval ga ik zeker een inspanning doen om er meer over te leren in 2014. Uit eigen ervaring weet ik dat de kennis van een lichaamstaal erg aangenaam kan zijn. Kristallen zijn volgens mij immers goed te vergelijken met ...

Vlakkenrijke groetjes,

Axel

P.S. Ik ben (bijna) steeds te bereiken via axel.cronstedt@mineralogie.be !

Quasi-kristallen
een speling van de natuur

Rik Dillen

In de achttiende eeuw al ontdekte René Just Haüy al dat de prachtige vormen die kristallen aannemen het gevolg zijn van de interne structuur van kristallijne materialen. Anderzijds hebben stoffen met een glasachtige structuur helemaal geen zin om kristallen te vormen.

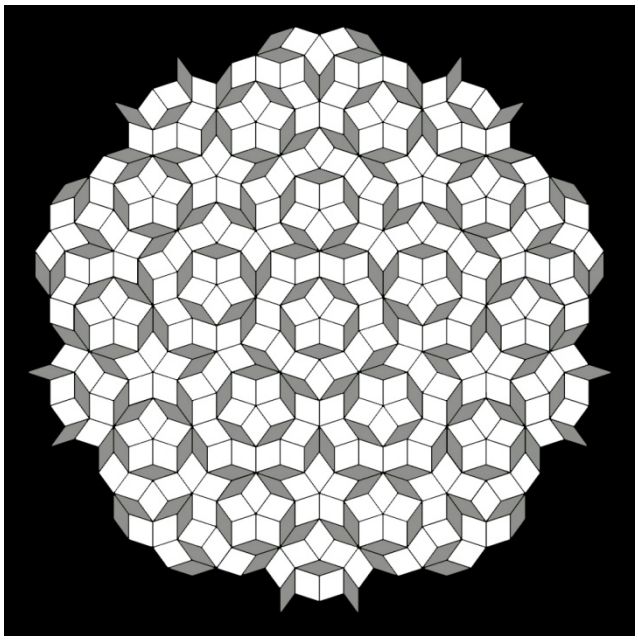
Er bestaan nu allerlei speciale gevallen, zoals bvb. metamicte mineralen. Dergelijke mineralen zijn soms nog enigszins kristallijn, maar de kristalstructuur werd grotendeels overhoop geschoten door straling. Maar er bestaat nog een andere vorm van kristalliniteit, namelijk zogenaamde quasi-kristallen.

Om twee redenen willen we daar even bij stilstaan : enerzijds omdat Dan Shechtman voor zijn ontdekkingen in dat vakgebied in 2011 de Nobelprijs chemie heeft gekregen, en anderzijds omdat onlangs voor het eerst in de natuur een mineraal ontdekt werd dat opgebouwd is uit quasikristallen.

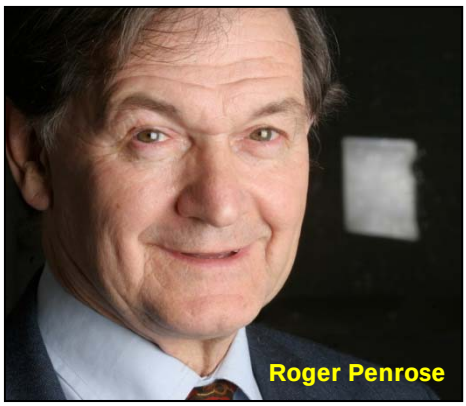
Je herinnert je wellicht nog dat enkel 2-, 3-, 4- en 6-tallige symmetrie-assen in de kristallografie toegelaten zijn. Op de wiskundige bewijsvoering van deze stelling gaan we hier niet dieper in, maar we kunnen het wel enigszins intuïtief aanvoelen, en dat illustreren we in 2 dimensies, omdat dat gemakkelijker te begrijpen is dan in 3 dimensies. Met driehoeken, rechthoeken, vierkanten, zeshoeken, ruiten is het mogelijk om een oppervlak met parallelverplaatste kopieën van één element perfect, zonder hiaten op te vullen. Met een regelmatige vijfhoek mag je dat eens proberen : het zal op geen enkele manier lukken.

Je mag dit niet verwarren met de vijfhoekige vlakken die je opmerkt aan sommige pyrietkristallen : pentagondodecaëders. Dergelijke kristallen vertonen 12 vijfzijdige vlakken, maar als je goed kijkt merk je dat het niet om regelmatige vijfhoeken gaat : niet alle hoeken van de vijfkantige vlakken zijn 360/5 = 72° (Tambuyser, 2003).

In dit verband heeft de wiskundige Roger Penrose in 1974 een belangrijke studie gepubliceerd, waarin hij een aantal combinaties vond waarmee het mogelijk is om een oppervlak netjes op te vullen met minimaal twee verschillende elementen, die elk op zich nooit een oppervlak perfect kunnen afdekken.



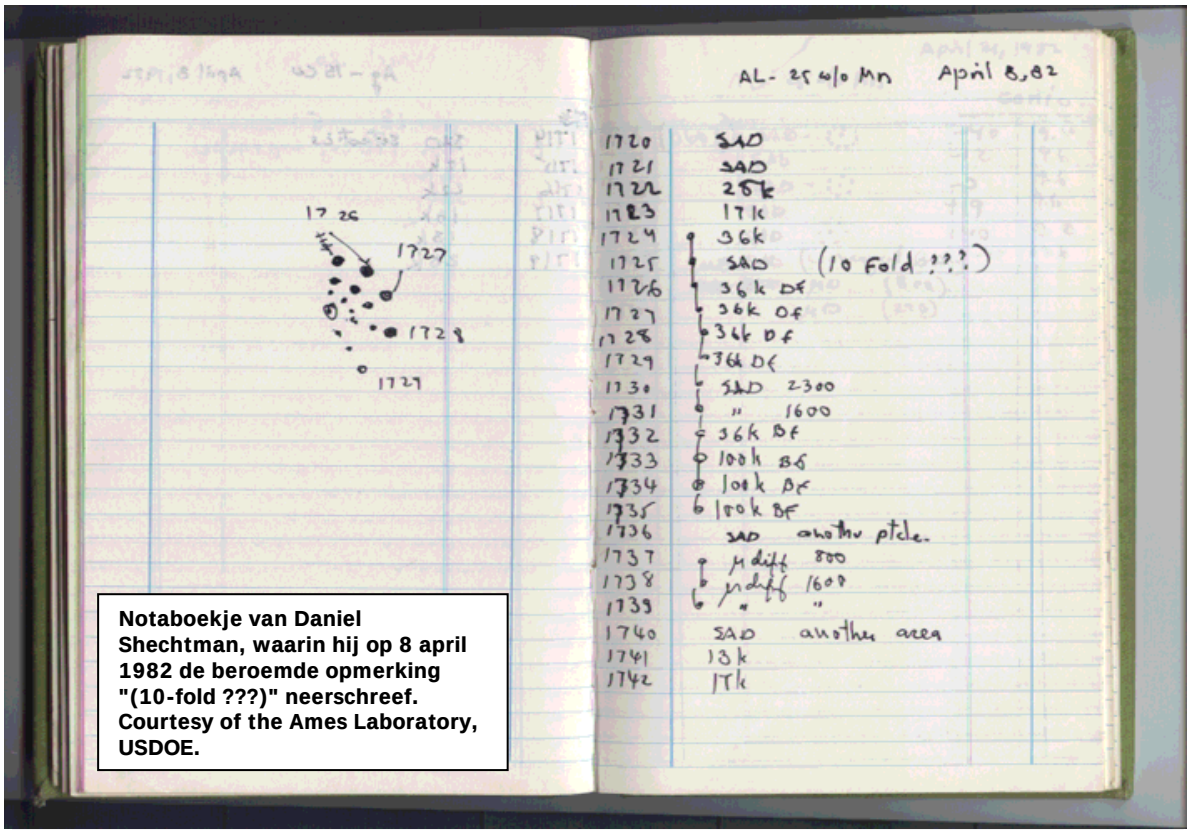
Voorbeeld van een Penrose-patroon, opgebouwd met twee soorten ruitvormige veelhoeken.



Zo'n Penrose patroon heeft een paar belangrijke eigenschappen, die ook meespelen in de studie van quasikristallen : het is onder andere niet-periodiek, wat betekent dat er geen translatiesymmetrie is, m.a.v. je kunt het patroon niet op geregelde afstand herhalen. En toch levert het patroon, driedimensioneel toegepast in quasikristallen, elektronendiffractogrammen op die duidelijk een vijf- en zelfs een tientallige symmetrie-as tonen. In figuur 1 kun je duidelijk combinaties van ruiten vinden met een vijftallige symmetrie.

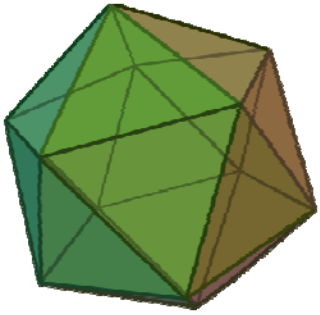
Dat sommige wetenschappers straffe mannen zijn wordt geïllustreerd door een uitspraak van Max von Laue, die in 1912 voorspelde (zonder het ooit waargenomen te hebben) dat door de ordening van atomen in een kristalrooster een X-stralenbundel volgens een wiskundig te berekenen patroon zou gediffracteerd worden, en dat dat kon geverifieerd worden voor de gediffracteerde X-stralen op een fotoplaat te laten invallen. Je kunt het een beetje vergelijken met, zonder dat je het ooit gezien hebt, de voorspelling dat licht in een kwartskristal gebroken wordt en een spectrum vormt dat kan waargenomen worden. Binnen het jaar na zijn voorspelling hadden von Laue en companen de hypothese al omgezet in werkelijkheid. X-stralendiffractometrie als studiemethode voor kristallografie was geboren !

Terug naar onze quasikristallen...
In de jaren 60-70 werd de theorie van Penrose vaak als wiskundige "spielerei" beschouwd, die hooguit als curiosum hier en daar, bvb. in de architectuur, opdook. Maar plots werd de theorie van Penrose ook in kringen van natuurwetenschappers hot. Chemicus Daniel Shechtman had als onderzoeker een soort duo-baan : in 1982 werkte hij part-time bij Technion ("Israel Institute of Technology") en Iowa State University. Voor het toenmalige NBS (National Bureau of Standards, tegenwoordig NIST, of National Institute for Standard Materials), onderzocht hij speciale legeringen met een soms nogal exotische samenstelling in het kader van een project voor het Ministerie van De-



Notaboekje van Daniel Shechtman, waarin hij op 8 april 1982 de beroemde opmerking "(10-fold ???)" neerschreef. Courtesy of the Ames Laboratory, USDOE.

fensie. Toen hij aan zijn transmissie-elektronenmicroscoop aan het werk was merkte hij in een bepaalde legering een (elektronen-)diffractiepatroon op met een tientallige symmetrie-as, wat volgens alle gangbare wetten van de kristallografie niet kon/mocht. Hij onderzocht het diffractiepatroon zorgvuldig, en moet herhaaldelijk uitgeroepen hebben "No, it cannot be !". Hij noteerde dan ook in zijn ondertussen beroemde notaboekje : "10-fold ??".



Uiteraard was hij eerst zelf sceptisch over wat hij waargenomen had, en ging zorgvuldig na of het niet om tweelingkristallen ging, want die durven nog al eens complexe diffractiepatronen opleveren. Bij draaien van het kristalletje vond hij daarenboven ook nog vijftallige, drietallige en tweetallige symmetrie-assen. Het bleek uiteindelijk om een icosaëder te gaan : een polyëder met twintig vlakken (zie figuur hiernaast).

In eerste instantie dacht hij aan een vergissing of een of ander artefact, en ook zijn superieuren dachten dat hij "ne ferme kemel geschoten had". Het was zo erg, dat hij zelfs uit de onderzoeksgroep gezet werd met de woorden : *"You are a disgrace to our group, and I cannot bear this disgrace".* Gedurende twee jaar probeerde Shechtman aan te tonen dat wat hij waargenomen had inderdaad een écht interessant fysisch verschijnsel was. Nadat eerst het Journal of Applied Physics het manuscript van Shechtman botweg geweigerd had, wilde Physical Review Letters pas na twee jaar zijn bevindingen publiceren. Tal van wetenschappers wereldwijd begonnen op dezelfde materialen te werken, en toen brak de hel los : iedereen vond in dat soort materiaal analoge resultaten. Hij werd vooral gesteund door zijn co-auteur, John Cahn van het National Bureau of Standards.

Overal ter wereld werd het een hot topic. De zowat enige plaats in de wereld waar men niet warm liep voor de bevindingen van Shechtman was de Verenigde Staten, vooral omdat de grote - maar wat oude - chemicus Linus Pauling (1901-1994) het hele gedoe nonsens vond, en iedereen afraadde zijn tijd daaraan te verdoen. De nogal eigenzinnige Pauling moet ooit gezegd hebben : *"There is no such thing as quasicrystals, only quasi-scientists.".*

Hoewel Shechtman nog niet had uitgemaakt hoe hij het driedimensionale equivalent in kristalvorm kon produceren van een vloer met vijf-armige sterren (Penrose), ontdekte hij een andere methode om toch zo'n kristal te maken. Een dergelijk materiaal heeft niet zo'n regelmatig kristalrooster als klassieke kristallen, maar de structurele elementen waaruit het materiaal is opgebouwd worden op een meer subtiele manier toch herhaald, zij het niet door louter translatie op regelmatige afstanden.

Daniel Shechtman

Onafhankelijk van Shechtman's bevindingen had een andere onderzoeker, Steinhardt, Princeton University, allerlei wiskundige modellen opgesteld met ongewone kristalstructuren. Toen ze samen zijn berekeningen toetsten aan de publicaties van Shechtman, kwamen ze tot de conclusie dat de theorie wonderwel klopte met de praktijk. Steinhardt was degene die op de proppen kwam met de term "quasicrystals".

Gelijkaardige niet-repititieve patronen werden sindsdien als zodanig herkend in Islam-versieringen in het Alhambra in Granada, Spanje (Hecht, 2007), en in de vijftiende-eeuwse graftombe Darb-i Imam in Isfahan, Iran. Ook de kunstenaar M.C. Escher maakte er graag gebruik van (en.wikipedia.org/wiki/M._C._Escher)

Zodra Shechtman's resultaten algemeen aanvaard werden, begonnen andere onderzoekers nog meer structuren te vinden die voorheen als onmogelijk bestempeld werden, zoals bvb. structuren met 8- en 12-tallige symmetrie-assen. Het ging zelfs zover, dat in 1992 de International Union of Crystallography haar definitie van een kristal moest herschrijven. Dat was een zegemoment voor Shechtman, maar een serieuze afgang voor Linus Pauling, die zelf twee keer Nobelprijs-laureaat was.

De vroegere definitie was : een kristal is een geheel van atomen die gestapeld zijn in een geordend en periodiek driedimensionaal patroon. Tegenwoordig aanvaardt men dat elk vast materiaal dat een discreet diffractiepatroon vertoont kristallijn is.

De beschreven patronen zijn ook van belang voor de wiskundigen. Quasikristallen zijn verwant met de zgn. Fibonacci-reeks, waarin elk getal de som is van de twee voorgaande : 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13... (zie en.wikipedia.org/wiki/Fibonacci_number). De getallen in deze sequentie leveren de bekende verhouding "de gulden snede" op. Die blijkt de basis te zijn van de afstanden tussen de verschillende vijfhoeken in quasikristallen (Coghlan, 2011), en meer in detail zijn de verhoudingen van de afstanden tussen atomen in quasikristallen gerelateerd met het getal τ (Fernholm, 2011). Het basisgetal is het getal τ (tau), dat benaderd wordt door $(\sqrt{5}+1)/2$*, is, niet toevallig, ook de verhouding tussen het aantal brede en smalle ruiten in een Penrose-patroon.*

Sommige materialen die uit dergelijke quasikristallen opgebouwd zijn hebben soms heel speciale kenmerken, zoals een hoge hardheid en heel speciale tribologische eigenschappen (wrijvings- en glijdingseigenschappen). Een mogelijke toepassing is een scheermesje.

Gezien de tegenkantingen die hij in zijn carrière ondervonden had van eminente wetenschappers moet de voldoening voor Shechtman nog groter geweest zijn dan voor andere Nobelprijs kandidaten, toen hij op 10 december 2011 in Stockholm het podium opstapte om zijn prijs in ontvangst te nemen. Overigens hoed af voor de mensen die Wikipedia overeind houden : op de dag zelf dat de Nobelprijs werd toegekend waren de pagina's over Dan Shechtman en quasicrystals al geactualiseerd. Qua informatie worden we in deze tijd toch écht wel verwend !

En anderhalf jaar geleden werden ook de meest ongelovigen overtuigd, toen voor het eerst in de natuur een nieuw mineraal ontdekt werd dat opgebouwd is uit quasikristallen : icosahedriet (Bindi et al., 2011). Het gaat om een mineraal uit de groep van de elementen, met als formule $Al_{63}Cu_{24}Fe_{13}$. Het mineraal werd niet direct ergens in situ gevonden, maar in een monstertje dat al jaren aanwezig was in de collectie van het Museo di Storia Naturale van de universiteit van Firenze, waar het vergezeld was van een label "Khatyrkite, Khatyrka ultramafic zone, Koryak-Kamchatka area, Koryak Mountains, Russia".

Via de archieven kon men nagaan dat het een stukje was van het holotype-specimen van de in 1985 beschreven nieuwe mineralen khatyrkiet ($(Cu,Zn)Al_2$ en cupaliet (Cu,Zn)Al, afkomstig van een blauwgroene klei-afzetting langsheen de Listvenotvyi rivier in een afgelegen gebied in Chukhotka, een provincie in het uiterste noordoosten van Rusland (zie kaartje).

De naam van het mineraal is uiteraard afgeleid van de structuur met icosaëdrische symmetrie. Type-materiaal wordt bewaard in het Museo di Storia Naturale van de universiteit van Firenze, met referentie 46407/G. Het komt in het specimen voor samen met khatyrkiet en cupaliet, en een nog niet benoemd mineraal (in korreltjes van enkele µm) met formule AlCuFe. Verder komen in het materiaal de volgende begeleiders voor : forsteriet, diopsied, spinel, nephelien, sodaliet, korund en stishoviet. De icosahedriet-fase is erg zuiver, zonder insluitsels of vergroeiingen met andere mineralen. De grootste korrel icosahedriet die men gevonden heeft is ongeveer 100 µm klein. Icosahedriet is opaak met een metaalglans, en er werd geen splij-

ting vastgesteld. De dichtheid kon niet bepaald worden omwille van de kleine korreltjes, maar, en dat is nieuw, kon ook niet berekend worden, omdat men de gegevens niet zomaar kan herleiden tot een klassieke eenheidscel met bekende inhoud en afmetingen. Het mineraal vertoont geen dubbelbreking of pleochroïsme of interne reflecties. Het is optisch isotroop.

Omdat het om een voor de wetenschap uitzonderlijk belangrijk specimen ging, wilde men absoluut traceren hoe het in de collectie terecht was gekomen. De weg van de vindplaats naar het museum leidde via tussenverkopers en smokkelaars en platina-prospectie naar de oorspronkelijke ontdekker, V.V. Kryachko, die de specimens gevonden had in 1979 tijdens een zoektocht naar platina in de streek van het Koryak gebergte. Hij vond er in honderden kg materiaal geen platina, maar wel andere metallische fasen die hij niet kon identificeren.

Opvallend in het hele verhaal was dat de synthetische legeringen die leidden tot de ontdekking van quasikristallen onder bijzonder speciale omstandigheden geproduceerd moesten worden (samenstelling, afkoelingssnelheid enz.), en verschillende onderzoekers vroegen zich af hoe zo'n proces zomaar in de natuur kon plaatsvinden. Allerlei theorieën doken op : vorming diep in de aardkorst, vorming in de ruimte, resultaat van een blikseminslag of hydrothermale processen in subductiezones (bij het botsen van tectonische platen). Men opperde zelfs de mogelijkheid dat het gevormd zou zijn in slakken gevormd bij het gieten van aluminium (door menselijk toedoen dus).

Een significant feit in de poging tot interpretatie van de vorming van het materiaal was dat men in het materiaal korreltjes stishoviet vond, een hoge-druk polymorf van SiO_2, dat men normaliter alleen vindt in impactkraters en meteorieten. Op basis van de verhouding van de zuurstofisotopen in het materiaal kon men besluiten dat het om stukken ging van een CV3 koolstof-chondriet die meer dan 4.5 miljard jaar geleden gevormd werd in de interstellaire ruimte (Guan et al., 2011).

Hoe dan ook, men had onvoldoende gegevens om alles voldoende te verklaren, en er bleef dus maar één middel over : nieuw materiaal gaan verzamelen op de oorspronkelijke vindplaats. Maar dat bleek niet zo simpel : slechts één persoon kende de juiste locatie, de plaats is bijzonder afgelegen en moeilijk te bereiken, en ook om politieke en militaire redenen is de toegang tot het gebied beperkt. In de zomer van 2011 kon dan toch een expeditie met een stuk of tien geologen vertrekken naar het bewuste gebied. De tocht naar het 230 km van de dichtstbijzijnde bewoning duurde in totaal 4 dagen.

Ter plaatse vonden de onderzoekers geen aanwijzingen voor een geologische omgeving met voldoende reducerende omstandigheden om metallische aluminiumlegeringen te vormen, wat alweer enkel ruimte laat voor een meteorietische oorsprong van het materiaal. Men kon aan de hand van het transport van sedimenten uitmaken dat het om een meteoriet moest gaan die ongeveer 15 000 jaar geleden neergekomen is, namelijk in de laatste ijstijd. Men heeft tijdens deze expeditie wel degelijk nog bijkomend materiaal gevonden, maar het onderzoek daarvan is nog volop aan de gang. Als dat geen never-ending story is !?
Wie geïnteresseerd is in het gedetailleerde verhaal kan het downloaden via
http://wwwphy.princeton.edu/~steinh/steinhardt&bindi_2012_rop.pdf

Dankwoord - acknowledgements

We zijn dank verschuldigd aan Kerry Gibson voor toelating om het notaboekje van Shechtman te publiceren, en aan Paul Tambuyser, Herwig Pelckmans en John Jaszczak voor relevante informatie. Nuttige informatie hebben we ook bekomen tijdens de discussies over dit onderwerp via MINDAT en de Rockhounds discussielijst.

We owe our sincere thanks to Kerry Gibson for permission to publish the notebook page of Shechtman, and to Paul Tambuyser, Herwig Pelckmans and John Jaszczak for relevant information. We also obtained useful information and hints via MINDAT and the Rockhounds discussion list.

Literatuur

Ball P. (2012), "Impossible chemistry: Crystal paradox", New Scientist, Physics & Math http://www.newscientist.com/article/mg21328481.400-impossible-chemistry-crystal-paradox.html

Bindi, L. et al. (2011), "Icosahedrite, $Al_{63}Cu_{24}Fe_{13}$, the first natural quasicrystal", Am. Mineral. 96(5-6), 928-931.

Bindi L. et al. (2011), "Evidence for the extraterrestrial origin of a natural quasicrystal", Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA PNAS http://www.pnas.org/content/early/2012/01/03/1111115109

Coghlan, A. (2011), "Heretical crystal takes Nobel glory", www.newscientist.com/article/dn21011-heretical-crystal-takes-nobel-glory.html

Designolle J.-L. (2012), "Prix Nobel de Chimie 2011 : les quasi-cristaux", Cahier des Micromonteurs # 115, 18-19.

Fernholm, Ann (2011), "Crystals of golden proportions", Kungliga Vetenschaps Akademien, http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/2011/popular-chemistryprize2011.pdf

Guan Y. et al. (2011), "Oxygen isotope evidence for the extra-terrestrial origin of the first natural quasicrystal", 42nd Lunar and Planetary Science Conference, The Woodlands, Texas.

Harris, R. (2011), "Nobel-winning chemist fought hard for acceptance", News → Science →Science news http://www.npr.org/2011/10/05/141087726/nobel-winning-chemist-fought-hard-for-acceptance

Hecht, Jeff (2007), "Medieval Islamic tiling reveals mathematical savvy", www.newscientist.com/article/dn11235-medieval-islamic-tiling-reveals-mathematical-savvy.html

Jaszczak J. A. (1994), "Quasicrystals : novel forms of solid matter", Mineral. Record 25(2), 85-93

Shechtman D., Blech I., Gratias D., Cahn J.W. (1984), "Metallic phase with long-range orientational order and no translation symmetry", Phys. Rev. Letters 53, 1951-1953.

Levine D., Steinhardt P.J. (1984), "Quasicrystals : a new class of ordered structures", Phys. Rev. Letters 53, 2477-2480.

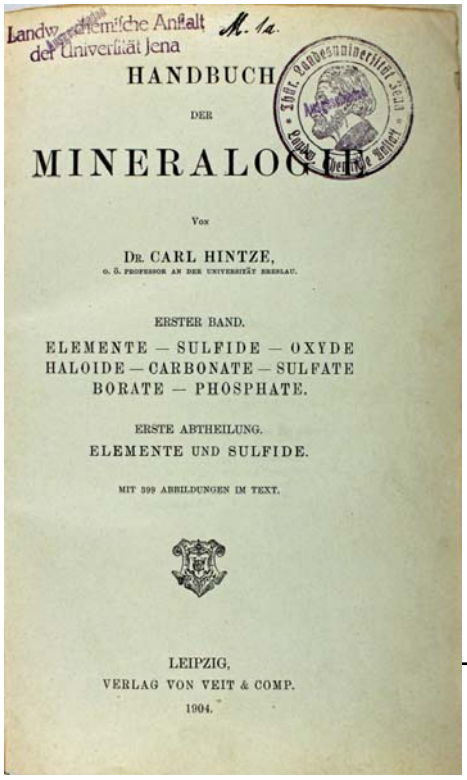
Rakovan J. (2012), "Quasicrystals in the news", Mineral. Record 43(1), 4-5.

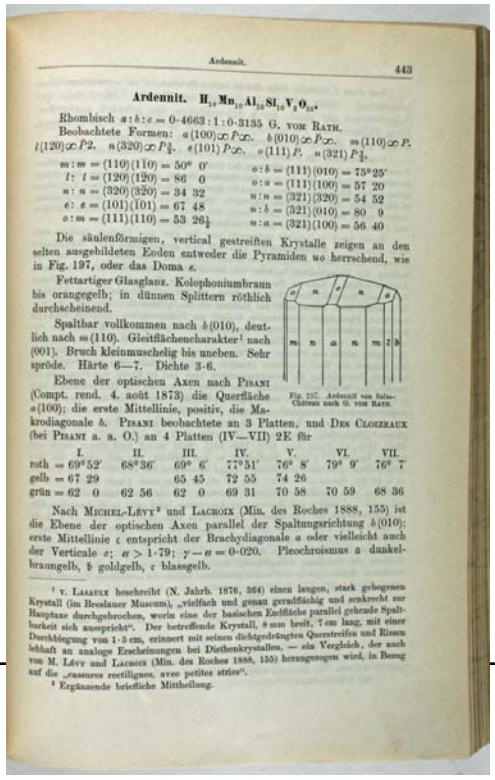
Steinhardt P.J., Bindi L. (2012), "In search of natural quasicrystals", Rep. Prog. Phys. 75 (2012)

Tambuyser, P. (2003), "Mineralen herkennen", privé-uitgave, p. 96.

Van Meervelt, Luc (2011), "Kristallen, mozaïeken en de gulden snede", Eos 12(12), 98-99.

Indien je nog veel meer wil te weten komen over dit onderwerp raden we je aan eens een stevig potje te Googlen : gebruik als zoektermen o.a. quasicrystals, Shechtman, Steinhardt, Penrose tiling, icosahedrite, Nobel prize chemistry 2011, pentad axis.





Ardennit. 443

Ardennit. $H_{10}Mn_{16}Al_{16}Si_{16}V_2O_{84}$.

Rhombisch $a:b:c = 0{\cdot}4663:1:0{\cdot}3135$ G. vom Rath.

Beobachtete Formen: $a(100)\infty P\infty$. $b(010)\infty P\infty$. $m(110)\infty P$. $l(120)\infty P2$. $n(320)\infty P\frac{3}{2}$. $e(101)P\infty$. $o(111)P$. $u(321)P\frac{3}{2}$.

$m:m = (110)(1\bar{1}0) = 50°\ 0'$	$o:b = (111)(010) = 75°25'$
$l:l = (120)(1\bar{2}0) = 86\ \ 0$	$o:a = (111)(100) = 57\ 20$
$n:n = (320)(3\bar{2}0) = 34\ 32$	$u:n = (321)(320) = 54\ 52$
$e:e = (101)(10\bar{1}) = 67\ 48$	$u:b = (321)(010) = 80\ \ 9$
$o:m = (111)(1\bar{1}0) = 53\ 26\frac{1}{2}$	$u:a = (321)(100) = 56\ 40$

Die säulenförmigen, vertical gestreiften Krystalle zeigen an den selten ausgebildeten Enden entweder die Pyramiden uo herrschend, wie in Fig. 197, oder das Doma e.

Fettartiger Glasglanz. Kolophoniumbraun bis orangegelb; in dünnen Splittern röthlich durchscheinend.

Spaltbar vollkommen nach $b(010)$, deutlich nach $m(110)$. Gleitflächencharakter[1] nach (001). Bruch kleinmuschelig bis uneben. Sehr spröde. Härte 6—7. Dichte 3·6.

Fig. 197. Ardennit von Salm-Château nach G. vom Rath.

Ebene der optischen Axen nach Pisani (Compt. rend. 4. août 1873) die Querfläche $a(100)$; die erste Mittellinie, positiv, die Makrodiagonale b. Pisani beobachtete an 3 Platten, und Des Cloizeaux (bei Pisani a. a. O.) an 4 Platten (IV—VII) 2E für

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.
roth =	69°52'	68°36'	69° 6'	77°51'	76° 8'	79° 9'	76° 7'
gelb =	67 29		65 45	72 55	74 26		
grün =	62 0	62 56	62 0	69 31	70 58	70 59	68 36

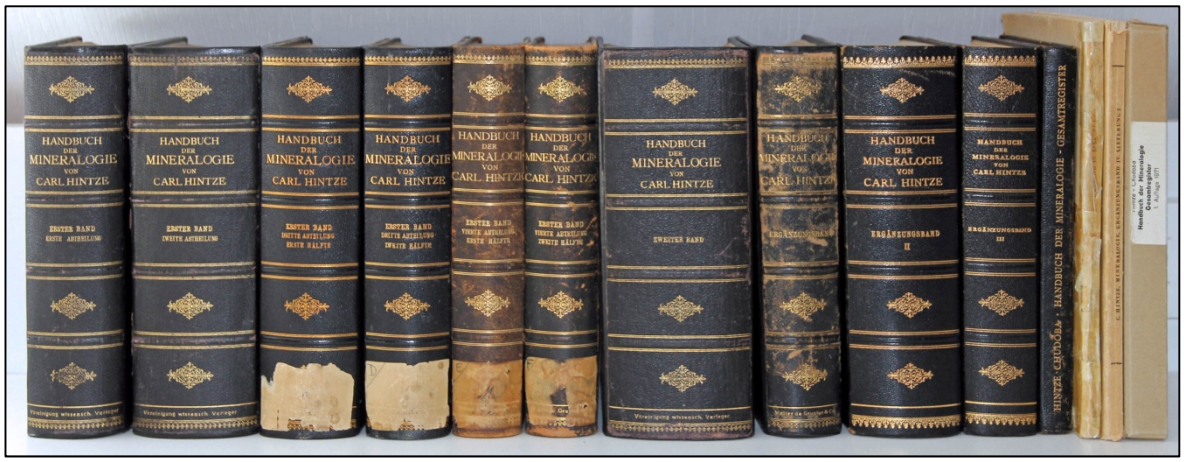
Nach Michel-Lévy[2] und Lacroix (Min. des Roches 1888, 155) ist die Ebene der optischen Axen parallel der Spaltungsrichtung $b(010)$; erste Mittellinie c entspricht der Brachydiagonale a oder vielleicht auch der Verticale c; $\alpha > 1{\cdot}79$; $\gamma - \alpha = 0{\cdot}020$. Pleochroismus a dunkelbraungelb, b goldgelb, c blassgelb.

[1] v. Lasaulx beschreibt (N. Jahrb. 1876, 364) einen langen, stark gebogenen Krystall (im Breslauer Museum), „vielfach und genau geradflächig und senkrecht zur Hauptaxe durchgebrochen, worin eine der basischen Endflächen parallel gehende Spaltbarkeit sich ausspricht". Der betreffende Krystall, 8 mm breit, 7 cm lang, mit einer Durchbiegung von 1·5 cm, erinnert mit seinen dichtgedrängten Querstreifen und Rissen lebhaft an analoge Erscheinungen bei Disthenkrystallen, — ein Vergleich, der auch von M. Lévy und Lacroix (Min. des Roches 1888, 155) herangezogen wird, in Bezug auf die „cassures rectilignes, avec petites stries".

[2] Ergänzende briefliche Mittheilung.

←
Bij het artikel vanaf p. 23

Links : titelpagina van "Handbuch der Mineralogie", volume 1.
Rechts : de eerste pagina over ardenniet in volume 2 van de Hintze



Het complete "Handbuch der Mineralogie" van C. Hintze.
Foto © Paul Tambuyser.

Hintze, de GROTE onbekende

Paul Tambuyser

Iedereen kent "de Dana", "de Strunz", "de Glossary" en "de DHZ", maar het meest uitgebreide boek ooit over mineralen geschreven, "de Hintze" is bij de meesten onbekend. Over Dana en zijn "System of Mineralogy" schreven we al eerder in Geonieuws (Tambuyser, 1998 a en b) en ook aan de "Mineralogische Tabellen" van Hugo Strunz hebben we al uitvoerig aandacht besteed (Tambuyser, 2002 a en b). Erik Vercammen schreef in 2012 over de "Rock Forming Minerals" van Deer, Howie en Zussman (bekend onder de afkorting "DHZ") en telkens er een nieuwe "Glossary of Mineral Species" verscheen, werd dit door Rik Dillen in Geonieuws vermeld (bv. de 10de editie in 2008). Kortom, de hoogste tijd om aandacht te besteden aan het "Handbuch der Mineralogie" van Hintze.

Carl Hintze werd in 1851 in Breslau (het huidige Wrocław) geboren. Na zijn studies aan de universiteiten van Breslau, Bonn en Berlijn werd hij in 1872 assistent van Paul Groth die toen aan de nieuw opgerichte universiteit van Straatsburg verbonden was. Tussen 1875 en 1886 was hij mineralenhandelaar; eerst in Straatsburg en in 1880 werd hij wetenschappelijk adviseur bij Krantz's "Rheinischen Mineralien-Comptoir" in Bonn. Bij deze firma in mineralogische leermiddelen bouwde hij het assortiment aan houten kristalmodellen nog verder uit. In 1884 was hij privaatdocent mineralogie en kristallografie aan de universiteit van Bonn en in 1886 werd hij aangesteld tot buitengewoon hoogleraar mineralogie aan de universiteit van Breslau waar hij in 1892 gewoon hoogleraar en directeur van het mineralogisch instituut werd. Een functie die hij tot aan zijn dood in 1916 bekleedde.

Hintze spitste zich in zijn werk toe op kristallografische en chemische analyse van zowel mineralen als organische verbindingen. Hij leverde daarbij belangrijke bijdragen met betrekking tot de samenhang tussen kristalvorm en chemische samenstelling. Later wijdde hij zich voornamelijk aan de compilatie van zijn monumentaal referentiewerk: het "Handbuch der Mineralogie" ook bekend als "de Hintze".

Carl Hintze (zoals afgebeeld in "Handbuch der Mineralogie" Ergänzungsband 2, 1960)

Het "Handbuch der Mineralogie", octavo formaat (230 x 155 mm), werd gepubliceerd in een aantal delen (volumes) die, gezien de omvang, in afleveringen van telkens ongeveer een 10-tal katernen werden uitgegeven. Hintze begon met de beschrijving van de silicaten en titanaten, naar zijn zeggen de belangrijkste mineralengroep. Omdat deze klasse achteraan in de systematiek kwam, werd dit deel als "volume 2" uitgegeven. Dit volume (in totaal 1842 bladzijden) verscheen in 11 afleveringen tussen 1889 en 1897.

Daarna kwamen de afleveringen van volume 1 (dat de rest van de mineralensystematiek omvat) tussen 1904 en 1933 van de pers. Volume 1 bestaat uit 4 delen waarvan de delen 3 en 4 telkens in twee helften zijn opgesplitst. Al bij al 6 boekbanden, goed voor in totaal 6019 bladzijden. Na de dood van Hintze in 1916 verzorgde Gottlob Linck (1858-1947), professor aan de universiteit van Jena, de uitgave van deel 3 en 4.

Omdat de uitgave van volumes 1 en 2 van de Hintze over een periode van een 44 jaar waren gespreid, was het om de publicatie up-to-date te houden noodzakelijk om een supplement (een "Ergänzungsband") uit te geven. Dat gebeurde in 1937-1938 en in dat supplement van 760 bladzijden werden door Linck en diverse medewerkers een 800-tal nieuwe mineralen beschreven. Het jaar daarop werd een index over volumes 1, 2 en over het supplement gepubliceerd.
Na de dood van Linck in 1947, verschenen er onder de redactie van Prof. Karl Chudoba (1898-1976) in de periode 1954-1960 weer diverse afleveringen die samen een 2de supplement (Ergänzungsband 2) vormden (goed voor 958 bladzijden). Dit supplement behandelt niet alleen nieuw beschreven mineralen, maar ook mineralen die men in vorige volumes had vergeten te beschrijven en geeft ook informatie over gediscrediteerde soorten.

Omdat de hoeveelheid nieuwe mineraalsoorten jaarlijks steeds sneller toenam, verscheen er tussen 1965 en 1968 een 3de Ergänzungsband. Dit supplement van 684 bladzijden onder redactie van Chudoba omvat voornamelijk de wijzigingen op gebied van mineraalsoorten over de periode 1960-1966 en er worden in totaal 1290 mineraalsoorten (nieuwe en gediscrediteerde) behandeld.
In 1971 verschijnt een overzichtsregister voor volume 1 (deel 1-4), volume 2 en de drie supplementen. Dank zij dit register (145 blz.) is het mogelijk om vlot op te zoeken waar een mineraal in de verschillende boekdelen besproken wordt.

Chudoba (sinds 1966 met emeritaat) geeft in 1974 en 1975 nog een deel 1 en 2 van een 4de supplement uit (samen nog eens 373 bladzijden). Het jaar daarop overlijdt hij op 77-jarige leeftijd en dat is meteen ook het einde van de uitgave van de Hintze.

Met 10636 bladzijden kunnen we de Hintze gerust de meest monumentale klassieker van de mineralogische literatuur noemen. Het deel 2 dat als eerste verscheen, werd al in 1889 door Edward S. Dana opgemerkt en hij becommentarieerde het als volgt: "The publication of the first part of a new Descriptive Mineralogy which promises to be, when completed, the most exhaustive work ever written, is an event of no small importance to those interested in the science".

De Hintze is een encyclopedisch werk waarin mineraalsoorten uitvoerig worden beschreven. Iedere beschrijving begint met kristallografische informatie zoals stelsel, klasse, assenverhoudingen (in de latere delen ook celparameters), lijsten van waargenomen kristalvormen met hun Miller-indices

De complete Hintze is als volgt samengesteld:

- *Volume 1, deel 1 (1904), p. 1-1208*
- *Volume 1, deel 2 (1915), p. 1209 - 2674*
- *Volume 1, deel 3, 1ste helft (1930), p. 2675-3656*
- *Volume 1, deel 3, 2de helft (1930), p. 3657-4565*
- *Volume 1, deel 4, 1ste helft (1933), p. 1-720*
- *Volume 1, deel 4, 2de helft (1933), p. 721-1454*
- *Volume 2 (1897), p. 1-1842*
- *Ergänzungsband (1938), p. 1-760*
- *Gesamtregister (1939), p. 1-71*
- *Ergänzungsband 2, deel 1, (1954), p. 1-480*
- *Ergänzungsband 2, deel 2 (1960), p. 481-958*
- *Ergänzungsband 3 (1968), p. 1-162*
- *Gesamtregister (1971), p. 1-145*
- *Ergänzungsband 4, deel 1 (1974), p. 1-162*
- *Ergänzungsband 4, deel 2 (1975), p. 163-373*

Omdat alles in losse afleveringen verscheen, kan de samenstelling per exemplaar variëren; soms bond men bv. "Ergänzungsband 2" als één boek in, maar soms werd het in 2 boeken opgesplitst. Het is daarom van belang om bij eventuele aankoop de paginering goed op volledigheid te controleren. Voor een meer gedetailleerde bibliografische beschrijving zie Schuh (2007).

(soms ook vergezeld van Naumann indices), berekende hoeken tussen veel voorkomende vormen, habitus, tweelingvorming, enz.

Vanzelfsprekend is dit geregeld geïllustreerd met de nodige kristaltekeningen. Voor wie geïnteresseerd is in kristalmorfologie is dit een bron van veel nuttige informatie.

Verder vinden we de optische- en overige fysische eigenschappen, evenals chemische kenmerken waaronder uitgebreide chemische analyses en gegevens m.b.t. artificiële mineralen. Dat alles inclusief verweringsproducten, insluitsels en informatie over eenvoudige chemische testen zoals het gedrag van het mineraal in een blaaspijptest.

Van iedere mineraalsoort wordt historische informatie gegeven; wie was de eerstbeschrijver, wat is de herkomst van de naam, enz. Dan volgt uitgebreide vindplaatsinformatie, vergezeld van gegevens over de in de betreffende vindplaats waargenomen kristalvormen en habitus. De eerste delen die door Hintze zelf werden samengesteld, zijn in dat opzicht erg interessant omdat we er een heleboel gegevens vinden met betrekking tot klassieke vindplaatsen (in het bijzonder oude Europese vindplaatsen). Al deze informatie gaat vergezeld van flink wat referenties naar oorspronkelijke beschrijvingen. De beschrijving van één mineraalsoort neemt soms vele bladzijden in beslag.

Dat alles maakt de Hintze tot een ongeëvenaard mineralogisch meesterwerk. Voor wie geïnteresseerd is in de geschiedenis van de mineralogie is dit werkelijk een goudmijntje. Er zijn maar twee nadelen aan; het is haast niet meer (compleet) te krijgen en eenmaal in de bibliotheek neemt het in totaal wel 65 cm boekenplank in beslag.

Literatuur

Dana E.S. (1889) American Journal of Science 38, 251

Schuh (2007) Mineralogy and Crystallography: An Annotated Biobibliography of Books Published 1469 to 1919. Tucson, Arizona, p. 1562

Tambuyser P. (1998, a), "Dana's system of Mineralogy of 160 jaar beschrijvende mineralogie", Geonieuws 23(3) 56-68

Tambuyser P. (1998, b), "Dana's New Mineralogy" Geonieuws 23(3) 69-71

Tambuyser P. (2002, a), "Strunz' Mineralogische Tabellen … 9de editie", Geonieuws 27(3) 54-57

Tambuyser P. (2002, b), "Hugo Strunz en zijn voorgangers, een beknopt overzicht van de evolutie van de mineralensystematiek", Geonieuws 27(3) 58-72

Vercammen E. (2012), "Deer, Howie en Zussman, of... Deeriet, howieiet en zussmaniet" Geonieuws 37(9) 226-232

Heet van de naald :
Volgens welingelichte bron (namelijk de uitgever, "The Mineralogical Record") verschijnt nog voor Nieuwjaar een nieuwe editie van de "Glossary of Mineral Species". We houden je op de hoogte !

Mineraal van de maand papagoiet

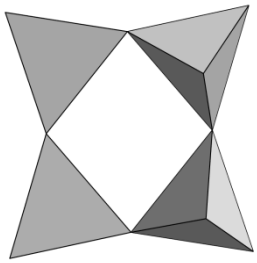
Rik Dillen

Nadat we in 2010 ajoiet (vrij vertaald : "knoflookiet") als mineraal van de maand beschreven en aangeboden hebben, kon broertje papagoiet niet achterblijven. Ik zal je voorblijven met je eerste vraag : mamagoiet zullen we aanbieden op 1 april.

Beide zijn kopersilicaten, maar ajoiet is een pyroxeen-achtige structuur, en behoort dus tot de inosilicaten (met een ketenstructuur), terwijl papagoiet een cyclosilicaat is waarvan de structuur opgebouwd is uit vierringen.

Zoals gewoonlijk situeren we papagoiet in zijn naaste familie van cyclosilicaten :

papagoiet	**$CaCu^{2+}AlSi_2O_6(OH)_3$**
baotiet	$Ba_4Ti_4(Ti,Nb,Fe)_4(Si_4O_{12})O_{16}Cl$
muiriet	$Ba_{10}Ca_2Mn^{2+}TiSi_{10}O_{30}(OH,Cl,F)_{10}$
taramelliet	$Ba_4Fe_4O_2B_2Si_8O_{27}Cl_x$ (met $0<x<1$)
axiniet-(Fe)	$Ca_2Fe^{2+}Al_2BO(OH)Si_2O_7)_2$

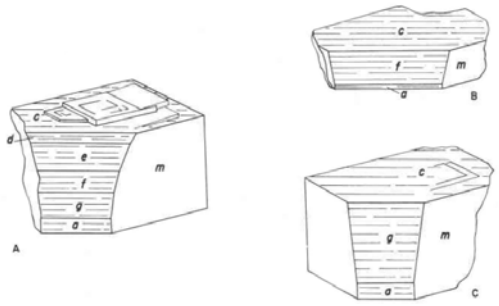


Ajoiet, $(K,Na)_3Cu_{20}Al_3Si_{29}O_{76}(OH)_{16}.\sim 8H_2O$, is dus maar verre, aangetrouwde familie.

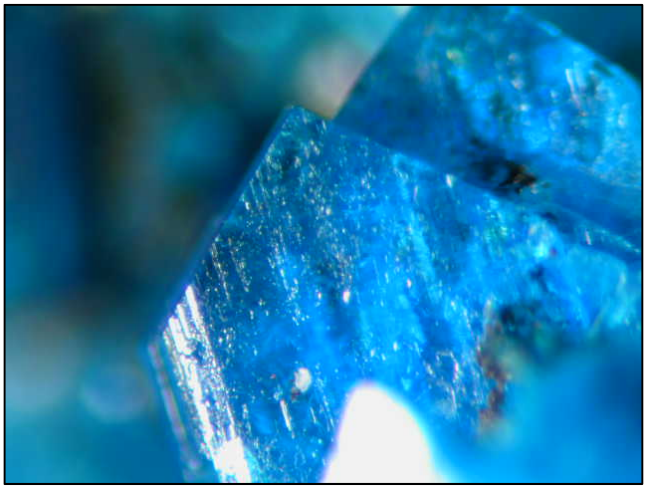
Papagoiet is monoklien (puntgroep 2/m) met roosterparameters a = 12.91 Å, b = 11.48 Å, c = 4.69, β = 100°38', Z = 4. De structuur is opgebouwd uit Si_4O_{12}-ringen, die elk bestaan uit aan elkaar geschakelde SiO_4-tetraëders (zie figuur). Voor details mbt de structuur van papagoiet verwijzen we naar Guillebert en Lebihan (1965), en Groat en Hawthorne (1987), die de ganse structuur haarfijn hebben blootgelegd.

Meestal vormt het adertjes of overkorstingen, maar heel zelden ook kristalletjes tot een paar mm groot, min of meer tabulair volgens {001}. Vooral de vlakjes van de [010]-zone zijn goed ontwikkeld en meestal gestrieerd. Het komt ook voor als insluitsels in kwarts.

De hardheid is 5.5 in de schaal van Mohs en de densiteit is 3.25. Waar ajoiet eerder turkooisblauw is, is papagoiet duidelijk intenser zuiver blauw, maar iets lichter dan bvb. azuriet. Het vertoont een glasglans. Optisch is het tweeassig negatief en vertoont het pleochroïsme.



Papagoietkristallen van Ajo, Arizona. Naar Hutton en Vlisidis (1960).



Links : Papagoietkristalletjes van de New Cornelia mine, Ajo, Pima Co., Arizona, USA. Beeldbreedte 3 mm. Verzameling en foto © Brent Thorne.
Rechts : Insluitsels van papagoiet in kwarts. Messina mine, Limpopo, Zuid-Afrika Kwartskristal 6.1 x 3.4 x 2.3 cm. Foto © Rob Lavinsky (iRocks).

Papagoiet werd als nieuwe mineraalnaam erkend in 1962 (IMA). Het werd ontdekt in de New Cornelia mine (Ajo, Pima County, Arizona, USA, ten zuiden van Tucson, helemaal tegen de Mexicaanse grens aan), een kopergroeve die ondertussen wel een paar honderd meter dieper en vooral groter is geworden. Het materiaal kwam voor op een diepte van ongeveer 50 m, een niveau dat nu dus al lang helemaal verdwenen is. Sinds de jaren 60 wordt er weinig of geen papagoiet (en ajoiet) meer gevonden.

Het komt voor in een roodbruin verweerd, metasomatisch gesteente dat vooral uit kwarts en albiet bestaat, in het gezelschap van calciet, sericiet, epidoot en wat apatiet, allemaal niet spectaculair. In dezelfde buurt komt (kwam) het beroemde ajoiet voor, dat overigens veel minder zeldzaam is dan papagoiet. Zoals vermeld in mijn vorige bijdrage over ajoiet (Dillen, 2010), kun je momenteel in het dorpje Ajo geen korreltje ajoiet of papagoiet meer te pakken krijgen, zelfs niet als je een hele dag de plaatselijke cafeetjes en het museumpje afschuimt. Voor verdere details over Ajo verwijzen we naar hogervermeld artikel in Geonieuws.

De naam werd afgeleid van het Papago-indianenreservaat waarvan Ajo de hoofdplaats is. De huidige officiële naam van deze indianenstammen, Tohono O'odham, betekent letterlijk "woestijnmensen". De naam Papago werd afgeleid van "babawikoa", dat door de Spaanse inwijkelingen uitgesproken (zeg maar : verbasterd) werd tot Papago, wat betekent "mensen die Tepary-bonen eten". Voor wie het écht allemaal wil doorgronden : de Tepary boon is de Phaseolus acutifolus, een bonensoort die al sinds de oudheid in zuidwest Amerika geteeld en gegeten wordt. De nomenclatuur van nieuwe mineralen in die streek dus bijna terugbrengen tot de culinaire geneugten (sic) van bonen met knoflook.

Hoewel het nog niet zo lang geleden ontdekt werd, is nergens type-materiaal officieel geregistreerd. Papagoiet is en blijft tot nader order een heel zeldzaam mineraal, met wereldwijd maar een viertal vindplaatsen.

In de Sinclair mine, Bethanie district, Karas, zuidwest **Namibië**, werd ook papagoiet gevonden, maar niet in zulke hoeveelheden dat we er specimens van op onze beurzen zullen aantreffen. Hete moet wel gezegd dat van deze vindplaats zowat de beste kristalletjes van papagoiet gevonden werden (Bezing et al, 2008). Ook in Bankov, Košice, **Slovakije**, komt het voor, maar niet in significante hoeveelheden die iets beteken voor de mineralenverzamelaar.

De enige alternatieve vindplaats, zij het dan ook met bijzonder spectaculaire specimens, is de **Messina mine**, Limpopo, Zuid-Afrika. Daar komt papagoiet voor als insluitsel in grote

kwartskristallen tot meer dan 20 cm lang. Soms gaat het om insluitsels van radiaalstralige aggregaatjes van papagoiet, en vaak zijn bepaalde zones van de kwartskristallen voor een groot deel opgevuld met deze insluitsels met een prachtige diepblauwe kleur. maar ze zijn nog altijd goedkoper dan de hoorns van neushoorns ☹. In deze kwartskristallen komen ook insluitsels voor van ajoiet.

Sinds een paar "specialisten" ontdekt hebben dat ze munt kunnen slaan uit vermeende genezende krachten die ze aan dergelijke kwartskristallen toeschrijven zijn de prijzen astronomisch de hoogte in gegaan... En de gevolgen konden dan ook niet uitblijven : de laatste jaren wordt geregeld een slechte kwaliteit van chrysocolla tegen torenhoge prijzen aangeboden als ajoiet of papagoiet. Als vindplaats wordt meestal Arizona opgegeven, of zelfs Michigan (waar nog nooit ajoiet of papagoiet gevonden werd). Zoek maar eens via Google met als zoekterm "papagoite, ebay", dan vind je een massa stukken chrysocolla op/in/met kwarts die als ajoiet en/of papagoiet aangeboden worden met prijzen tussen 50 en 1000 USD, en dat voor zo goed als waardeloze rommel. Je moet als handelaar maar durven ! Je vindt een artikel van Catalina Minerals hierover als je "Fake Ajoite and Papagoite - How to Spot and Avoid" als zoekterm ingeeft in Google.

Dankwoord - acknowledgement

We zijn dank verschuldigd aan Brent Thorne en Rob Lavinsky (iRocks) voor foto's van papagoiet.
We owe sincere thanks to Brent Thorne and Rob Lavinsky (iRocks) for photos of papagoite.

Literatuur

Anthony J.W., Bideaux R.A., Bladh K.W., Nichols M.C. (1990), "Handbook of Mineralogy, vol. II silica, silicates, part 2", Mineral Data Publishing, Tucson Arizona, USA", p. 617

Cairncross, B. (1991), "The Messina Mining District, South Africa". Mineralogical Record 22(3) 187-199.

Cairncross, B., Dixon, R. (1995), "Minerals of South Africa". The Geological Society of South Africa, pp. 46-53.

Fleischer M. (1961), "New mineral names, American Mineralogist, 46, 464-468

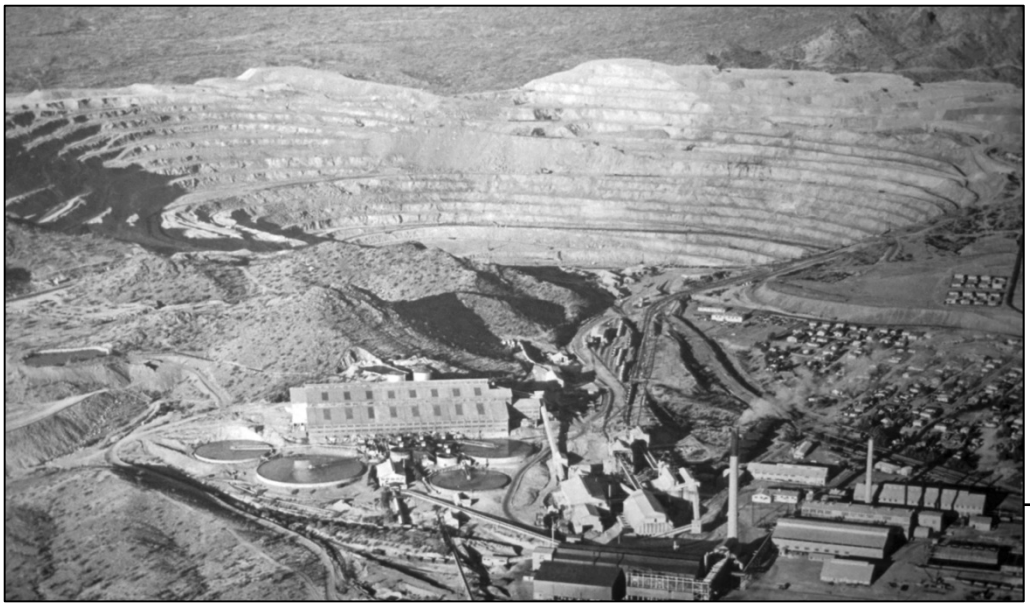
Guillebert C., Le Bihan M.T. (1965), "Contribution à l'étude structurale des silicates de cuivre: structure atomique de la papagoïte", Bulletin de la Société Française de Minéralogie et de Cristallographie, 88, 119-121

Groat L.A., Hawthorne F.C. (1987), "Refinement of the structure of papagoite, $CaCuAlSi_2O_6(OH)_3$", Mineralogy and Petrology, 37, 89-96

Hutton C.O., Vlisidis A.C. (1960), "Papagoite, a new copper-bearing mineral from Ajo, Arizona", American Mineralogist, 45, 599-611.

International Mineralogical Association (1962) International Mineralogical Association: Commission on new minerals and mineral names, Mineralogical Magazine, 33, 260-263

von Bezing L., Bode R., Jahn S. (2008), "Namibia. Minerals and Localities". Edition Schloss Freudenstein, Bode Verlag, Haltern, 398 pp.



Oude luchtfoto van de Cornelia mine in Ajo, Pima Co., Arizona, USA.
Originele foto Museum Ajo.
Foto © Rik Dillen.