

Literatuur

Omwillen van de ruimte beperkt deze literatuuropgave zich voornamelijk tot de belangrijkste en meest recente artikelen m.b.t. de evolutie van de vogels.

- Chiappe, L.M. (1995): The first 85 million years of avian evolution - *Nature*, vol. 378, pp. 349-355.
- Darwin, C. (1859): *On the Origin of Species by Means of natural Selection* - John Murray, London, pp. 1-479.
- Feduccia, A. (1995): Explosive evolution in Tertiary Birds and Mammals - *Science*, vol. 267, pp. 637-638.
- Hou, L.H., Zhou, Z., Martin, L.D. & Feduccia, A. (1995): A beaked bird from the Jurassic of China - *Nature*, vol. 377, pp. 616-618.
- Kurochkin, E.N. (1995): Synopsis of Mesozoic Birds and Early Evolution of Class Aves - *Archaeopteryx*, vol. 13, pp. 47-66.
- Norell, M.A., L. Chiappe & J. Clark (1993): New Limb on the Avian Family Tree - *Natural History*, vol. 102, No. 9, Sept. 1993.
- Norell, M.A., J.M. Clark, L.M. Chiappe & D. Dashzeveg (1995): A nesting dinosaur - *Nature*, vol. 378, pp. 774-776.
- Novacek, M. (1996): *Dinosaurs of the Flaming Cliffs* - Anchor Books, New York.
- Ostrom, J.H. (1972): Description of the *Archaeopteryx* specimen in the Teyler Museum, Haarlem. - *Proc.K.Ned.Akad.Wet. (B)*, 75 (4), pp. 289-305; Amsterdam.
- Padian, K. (1996): Early bird in slow motion - *Nature*, vol. 382, pp. 400-401.
- Paul, G.S. (1988): *Predatory dinosaurs of the world* - Simon & Schuster Inc., New York.
- Perle, A., M.A. Norell, L.M. Chiappe & J.M. Clark (1993): A flightless bird from the Cretaceous of Mongolia - *Nature*, vol. 362, pp. 623-626.
- Sanz, J.L., L.M. Chiappe, B.P. Pérez-Moreno, A.D. Buscalioni, J.J. Moratalla, F. Ortega & F.J. Poyato-Ariza (1996): An Early Cretaceous bird from Spain and its implications for the evolution of avian flight - *Nature*, vol. 382, pp. 442-445.
- Sereno, P.C. & R. Chenggang (1992): Early evolution of avian flight and perching: new evidence from the lower Cretaceous of China. - *Science*, vol. 255, pp. 845-848.
- Wagner, J.A. (1861): Über ein neues, angeblich mit Vogelfedern versehenes Reptil aus dem Solnhofener lithographischen Schiefer. - *Sitzungsber. Bayer. Akad. Wiss. 2*: pp. 146-154; München.
- Watkins, R.S., F. Hoyle, N.C. Wickramasinghe, J. Watkins, R. Rabilizirov & L.M. Spetner (1985): *Archaeopteryx* - a photographic study. - *Brit. J. Photogr.*, 132 (8-3-1985): pp. 264-266; London.
- Wellnhofer, P. (1990): *Archaeopteryx* - *Scientific American*, May 1990.
- Wellnhofer, P. (1994): New data on the origin and early evolution of birds. - *C.R. Acad. Sci. Paris, Tome 319, série II*, pp. 299-308.

De Gischigletscher (Binntal, Wallis, Zwitserland): over strahlen, kluften en de geologie & mineralogie

door Frank C.A. de Wit en Ate van der Burgt

Inleiding

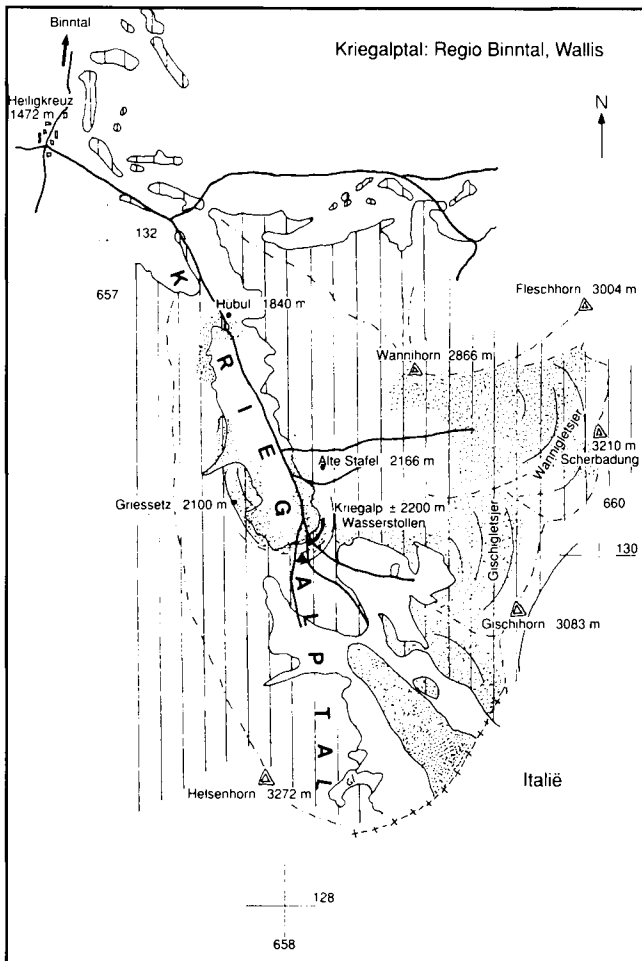
Het gebied rond de Gischigletscher heeft voor mineralen-verzamelaars nog een groot potentieel. In totaal zijn er door ons in de periode 1989-1996 al zo'n 50 mineralen gevonden. De vindplaatsen rond de Wannigletscher (ten noorden van de Gischigletscher) worden al veel bezocht (en afgezocht), maar rond de Gischigletscher is het nog tamelijk rustig. De reden daarvoor ligt voor de hand: de aanloop naar de Gischigletscher kost namelijk wat meer tijd dan bijvoorbeeld naar de groeve Lengenbach. Daartegenover staat, dat de mensen die er zoeken professioneler te werk gaan, waardoor er intensiever en selectiever gezocht wordt dan bij de gemakkelijker te bereiken vindplaatsen. Enkele vindplaatsen bij de Gischigletscher zijn raar genoeg het beste te bereiken als er nog veel sneeuw ligt (begin juli). De klutfrijke wanden (kluft = alpiene rekspleet) zijn dan namelijk over de sneeuw met stijgieters gemakkelijk te bereiken. Dit vereist echter wel weer enige bergervaring, uitrusting en conditie en goede weersomstandigheden.

Voor de oriëntatie in het veld kan men het beste gebruik maken van blad 1290, 'Helsehorn' van de 'Landeskarte der Schweiz 1:25.000'. Het hier te bespreken gebied beslaat daarop de rechtehoek die gevormd wordt door de coördinaten 658.900 - 659.800 en 129.000 - 131.700, waarbij de vindplaatsen op een hoogte

tussen circa 2500 en 2900 meter liggen. Een kaartje van deze regio geeft afb. 1. Zie ook afb. 2 - 4.

Zoeken zonder 'strahlerpatent' (een vergunning) is in het Binntal (nog) toegestaan, op Italiaans grondgebied is zoeken echter ten strengste verboden. Het Italiaanse gedeelte van deze regio valt sinds 1991 onder het 'Parco Naturale Alpe Devero'. Het is derhalve niet mogelijk voor het natuurpark een strahlerpatent aan te schaffen! Buiten het natuurpark is men in de gehele Italiaanse streek Piemonte en voor een aantal vindplaatsregio's in het Zwitserse kanton Wallis verplicht een strahlerpatent te hebben.

De Gischigletscher is eenvoudig te bereiken via Heiligkreuz (1472 m) door het Kriegalptal over Hubul en Bärjgi (vanaf Bärjgi is het pad niet meer gemarkeerd). Een dagtocht vereist wel vroeg opstaan! Sommige mensen gaan om drie uur 's nachts weg uit Binn, zoeken een hele dag bij de Gischigletscher en gaan dan laat in de middag weer naar het dal. Wij zoeken echter altijd in onze vakantie en beginnen daar dus niet aan! Het gebied leent zich zeer goed voor het houden van meerdaagse excursies. In het Kriegalptal, bij de Wannig- en Gischigletscher en verder westelijk is vrij kamperen (nog) toegestaan, omdat dit gebied net buiten het 'Naturaal beschermde gebied Binntal' valt. Binnen de grenzen van het natuurgebied is kamperen ten strengste verboden. Ook is er, net over de grens, op Italiaans grondgebied een (nood)bivak. In dit onbemande bivak, bivak Combi e Lanza, zijn gas en voldoende dekens aanwezig en zolang het bivak niet vol zit, is een overnachting tegen een prijs van zo'n 10.000 lire p.p. altijd mogelijk. Wie besluit om dit gebied te bezoeken, dient natuurlijk wel de natuur ten hoogste te respecteren, zowel op Zwitsers als op Italiaans grondgebied. Breng geen onherstelbare schade toe aan het



Legenda:

- orthogneis
- jonge morene
- oude morene / beekbedding
- beek
- gletsjer
- gebergtekam
- grens met Italië
- plaats van de tent

Afb. 1. Kaartje van het Kriegalptal (regio Binntal, Wallis) met o.a. de Gischihorn en de Gischigletscher.



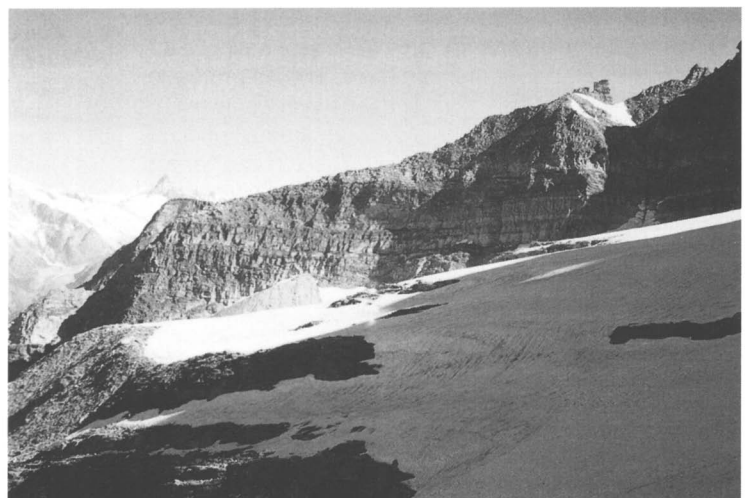
Afb. 2. Gischigletscher vanaf Heiligkreuz naar het zuiden

landschap, laat een eventuele kampeerplaats opgeruimd achter, stook geen vuurtjes en neem al het afval mee terug naar het dal, ook als er 'eigenlijk geen plaats meer is in de rugzak'.

Voordat u besluit in de vakantie een excursie naar dit gebied te ondernemen, willen we u wel waarschuwen voor de hieraan verbonden risico's. Het gevaar van steen- en/of sneeuwlawines en/of noodweer én schapen is natuurlijk nooit helemaal uit te sluiten, maar het beperken is wel zo gezond. Vooral de oostwand van de Helsehorn is berucht om zijn lawines in de vroege zomer. Mocht u besluiten toch onder deze wanden te gaan zoeken, kijk dan eerst de kat uit de boom, of toepasselijker: de lawines uit de wand! Sluit ook de tent goed af als u Bärjii als kampplaats hebt gekozen! Dieven hebben hier de gedaante van schapen aangenomen. Ze halen uit nieuwsgierigheid en honger je hele tent leeg, eten je proviand op (helaas inclusief verpakkingsmateriaal) en verspreiden vervolgens alles over honderd vierkante meter rondom je tent. Zelfs gedroogd voedsel is voor schapen blijkbaar een welkome afwisseling op het karige menu van alledag. Dit vertellen wij helaas uit eigen ervaring...

Ook noodweer kan plotseling opkomen, en dan meestal vanuit Italië. Het beste is om in zo'n geval je tent achter te laten en te verdwijnen naar het dal of het noodbivak. Onheilspellende wolken blijven vaak hangen rondom de Gischihorn en de Scherbadung, en kunnen het weer rondom deze grensbergen zeer snel doen veranderen, zodat u in een mum van tijd in dichte mist ronddoelt (dus kaart & kompas mee). Ook kregen wij eind juli op de Gischigletscher een aantal hagelbuien te verduren, terwijl we konden zien dat nog geen 4 kilometer van ons vandaan, in Heiligkreuz, de zon vrolijk scheen. Gelukkig behoren deze ervaringen tot de uitzonderingsgevallen,

Afb. 3. Gischigletscher richting noordoosten



want meestal is het op de gletsjer warm genoeg om zonder t-shirt rond te kunnen lopen (neem ook zonnebrandolie en zwembroek mee).

Mensen die zich door het voorgaande niet hebben laten afschrikken en kiezen voor vrij kamperen (bijvoorbeeld op Bärjii, dat hiervoor bijzonder geschikt is) kunnen hier de mooiste beleving van hun leven krijgen. Na een ijsskoude nacht met al je kleren aan, wakker worden in een vochtige tent. Dan de tent openritsen en liggend in je slaapzak met een dampende kop soep voor je genieten van een schitterend uitzicht over het Berner Oberland. De Fieschergletscher lijkt een wit sliertje ver onder je en de beroemde vierduizenders met hun verijsde toppen (Mönch, Jungfrau, Aletschhorn, Finsteraarhorn) schitteren je tegemoet. Je lijkt op dezelfde hoogte te zitten als de top, maar dat moet de vermoeidheid zijn... Even wakker worden, warmlopen, een goed ontbijt, veel drinken en weer op pad (zie ook afb. 5).



Afb. 4. Gischigletscher richting zuidoosten

wordt op zo'n 500°C en de maximale P op zo'n 2 kilobar (kb). De diepte waarbij kwartsen van de Gischigletscher gevormd moeten zijn, ligt tussen de 9.5 en 11 km. Deze waarden bleken over het gehele Mont-Blanc-, Aar- en Gotthardmassief en de Penninische Alpen bijna constant te zijn. De P/T-waarden lopen echter duidelijk op vanuit het noordwesten van Zwitserland richting de Ticino-regio zuidoostelijk van het Binntal. Rond de Gischigletscher werden intermediaire waarden gevonden.

De Gischigletscher wordt omringd door een aantal verschillende gneizen. Een gneis is een metamorf gesteente (ontstaan bij een verhoogde P en T) dat voornamelijk uit kwarts en veldspaten is opgebouwd. Deze gneizen zijn in het veld bijna niet van elkaar te onderscheiden en de in kluiten in deze gneizen te vinden mineralen verschillen nauwelijks. Bijna het gehele complex bestaat uit een lichtgekleurde glimmergneis: een gealkaliseerde orthogneis (dus van granitisch-magmatische oorsprong) met als hoofd-

bestanddelen: muscoviet; albiet en mikroklien als veldspaten en kwarts. Beginnend westelijk van de gletsjer loopt horizontaal op circa 2900 m in noordelijke richting een band menggneis (voornamelijk paragneis, dus van sedimentaire oorsprong) waarin zeer veel schörl-draviet voorkomt. De wand die ten zuidwesten van de gletsjer oprijst bestaat uit een middelgrofkorrelige alkaliveldspaatgneis, waar banden doorheen lopen van fijn- en grofkorrelige alkaliveldspaatgneizen. De grofkorrelige variëteit is een zogenaamde 'ogengneis' en bevat lichtgekleurde ronde 'ogen' uit mikroklien, albiet en kwarts. Men dient wel te beseffen dat het gesteentepakket bij de Gischigletscher eigenlijk 'verkeerd om' ligt; de oudste gesteentes liggen boven en de jongste onder! Tijdens de alpiene orogenese is het gesteentepakket namelijk zo sterk geplooid, dat het omgeklapt is.

De band Bündnerschiefer die op de geologische kaart van Bader (1934) vermeld staat, welke langs de basis van de gletsjer zou lopen, berust op een foutieve waarneming. Bündnerschiefer in het Monte Leone-dekblad is een onmogelijkheid.

Het onderscheid orthogneis-paragneis staat tegenwoordig sterk ter discussie. Er wordt verondersteld dat alle in het Binntal voorkomende orthogneis eigenlijk paragneis is. De Z.A.-patronen (Z.A. = zeldzame-aarden-elementen), die normaal als onderscheid worden gebruikt, verschillen in beide gesteentetypen namelijk nauwelijks. Waarschijnlijk is alle gneis in het Binntal daarom van sedimentaire oorsprong. Doordat de glimmers evenwijdige bandjes vormen in het gesteente (dus duidelijke gebandheid of *foliatie* hebben), laten de gneisblokken zich in een handstuk relatief eenvoudig splijten: ze vertonen een goede splijtbaarheid of *schistositeit*.

Geologie

Het gesteentemassief waarbinnen de Gischigletscher zich bevindt is voornamelijk opgebouwd uit de zogenaamde Ofenhornagneis uit de hoogste regionen van het Monte Leone-dekblad, dat deel uitmaakt van het Gotthardmassief en de Penninische Alpen (zie Gea 1/84, p.8). Dit dekblad, vernoemd naar de Monte Leone omdat de topregio van deze berg deel uitmaakt van dat dekblad, snijdt ook de topregio van de Helsehorn en de Bortelhorn in twee delen. De afscheiding tussen het bovenliggende Berisal-dekblad en het onderliggende Monte Leone-dekblad is zomers aan de horizontale rand sneeuw op de Helsehorn goed te zien. Een duidelijke foto hiervan vonden wij terug in Schmidt (1907) en een tekening staat in Gea 4/88 p.90.

Het is voor alpinotype regio's interessant de maximale druk (P) en temperatuur (T) te weten die tijdens de alpiene metamorfose geheerst hebben, gezien de synorogenetische oorsprong van de alpiene mineralen. Synorogenetisch houdt in, dat de kluitmineralen ontstaan zijn gelijktijdig met de plooiing en opheffing (orogenese) van de Alpen. P en T zijn namelijk enkele van de factoren, die bepalen welke kluitmineralen in een bepaald gebied voorkomen. Deze P en T waren van invloed op de metamorfosegraad, die op zijn beurt weer bepaald werd door de diepte van begraving van het betreffende gesteentepakket, de mate van de plooiing van dat gesteentepakket, een eventuele overschuiving door een ander gesteentepakket en mogelijke magmatische invloeden. Hierop wordt verder ingegaan in het hoofdstukje mineralogie.

Voor genoemde maxima kunnen op verschillende manieren bepaald worden. Enkele hiervan zijn:

- het analyseren van fluïde insluitels in kwarts en het vervolgens daaruit afleiden van de diepte van begraving (Poty et al., 1974),
- het bepalen van het anorthiet-gehalte in plagioklasten; hoe hoger namelijk het An-gehalte in plagioklaas is, des te basischer is de veldspaat en des te hoger moet de vormingstemperatuur zijn geweest (Wenk, 1962),
- het bepalen van het waterstof-gehalte in kwarts (Bambauer et al., 1962).

Ook het voorkomen van stauroliet in gneis en/of de paragenese tremoliet-calciet in gemetamorfoseerde dolomiet geeft een indicatie over temperatuurmaxima.

Uit deze beproefde methodes kon worden afgeleid, dat binnen het Monte Leone-dekblad het gesteentemassief rond de Gischigletscher net binnen een zone ligt waarbij de maximale T tijdens de alpiene metamorfose geschat



Afb. 5. Uitzicht op het Berner Oberland vanaf de Gischigletscher

De gebandheid van het gesteente verloopt hier ruwweg horizontaal; rekspleten, de veelbelovende kluffen, zullen daar meestal haaks op staan.

Mineralogie

De voor ons interessante mineralen worden rond de Gischi-gletscher vooral gevonden op de wanden van kluffen in de gneis. Een kluit zoeken en vinden is veelal niet het grootste probleem, de mineralen eruit halen zonder ze onherstelbaar te beschadigen is een grotere opgave. Mooie aanwijzingen voor een kluit, zoals uitlogingsverschijnselen (een lichter gekleurde zone rondom de kluit), enkel- of meervoudige boudinage (insnoering en plooiing van het gesteente), kwartsbanden en/of wateruittrekking, zijn natuurlijk niet altijd duidelijk aanwezig. Het gesteente naast een kluit is veelal sterk geplooid, waardoor het bijna onvermuisbaar wordt, ondanks onze mokers, voorhamer, strahlstokken en vele beitels. Misschien was het dan toch ons tekort aan armkracht (of aan zo'n verwerpelijke pneumatische boor met aggregaat die net niet in de rugzak paste...) Zie afb. 6.

De te vinden mineralen zijn grofweg aan een drietal parageneses gebonden:

1. de primaire sulfiden tennantiet en chalcopryiet, de daaruit ontstane arsenieten en arsenaten zoals cafarsiet, asbecasiet, chernoviet-(Y), gaspariet-(Ce) en tevens ongebruikelijke Alpenmineralen als synchisiet-(Ce), allaniet-(Ce), crichtoniet-senaïet, fluoriet etc. en enkele secundaire mineralen uit de CuAs-vererfsingen,
2. de bismutmineralen bismuthiniet en bismutiet samen met goud, schörl-draviet, apatiet, wulfeniet, mimetesiet, rookkwarts en uraanglimmers als meta-torberniet en meta-autuniet,
3. de 'standaard' alpiene paragenese met adulaar, hematiet, kwarts, magnetiet, anataas, rutiel etc. en enkele alpiene rariteiten als aragoniet, brookiet, phenakiet en milariet. Deze paragenese is plaatselijk 'verrijkt' met mineralen uit de parageneses 1 en 2.

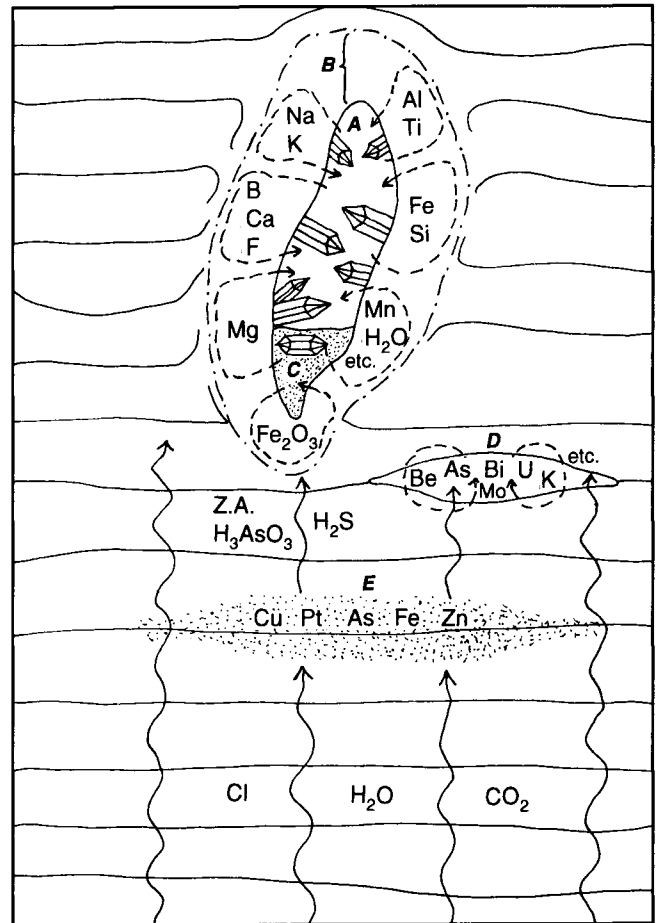
Deze parageneses verschillen in zoverre van die van de Wannigletscher-Scherbadung-Conca Cervandone-regio, dat As-mineralen bij de Gischi-gletscher veel minder gevonden worden, en Bi- en U-mineralen bij de Gischi-gletscher weer veel meer voorkomen. Deze 'regionale zonerings' is moeilijk te verklaren. De vraag waarom arseen in mineralen in het Binntal relatief zo veel voorkomt (positieve As-anomalie) is echter wel te beantwoorden. De ons veel gestelde vraag: 'welke alpiene kluitmineralen komen wanneer voor?' nemen we dan meteen even kort mee.

Het voorkomen van alpiene kluitmineralen is afhankelijk van drie factoren:

- de chemische samenstelling van de hydrothermale oplossing,
- de chemische samenstelling van de gesteentes die de hydrothermale oplossing passeert en
- het P/T-verloop tijdens het ontstaan van de alpiene kluitmineralen; dit is in het hoofdstukje Geologie reeds even aan de orde gekomen.

Een 'voorafje': bijna alle kluitmineralen in deze regio zijn in de eindfase van de alpiene metamorfose gevormd door zgn. lateraal-secretie. Dit is een ontstaansproces van mineralen waarbij de meeste elementen in de hydrothermale oplossing ('een hete waterige vloeistof') terecht kwamen door het uitloggen van het nevangesteente van de kluit en door het oplossen van primaire sulfidische vererfsingen in de nabijheid van de kluit ('nabijheid' kan zelfs enkele honderden meters zijn). Afb. 6. Dit impliceert tevens dat slechts een klein gedeelte van de elementen die nodig waren voor de vorming van de kluitmineralen afkomstig was van dieper in de aardkorst. Uit deze hydrothermale oplossing kristalliseerden in de kluit de mineralen uit. Het superkritische water, aangerijkt met ionen uit het nevangesteente, werd als het ware uitgezweven in de kluit.

De chemische samenstelling van de hydrothermale oplossing bestond in beginsel uit H_2O , CO_2 en Cl^- . Tijdens het opstijgen door de gesteentes (langs kleine spleetjes en breukzones)



Afb. 6. Schematische tekening van het ontstaan van alpiene kluitmineralen.

A: discordante alpinotype rekspleet ('kluit')

B: uitlogingszone rondom de kluit

C: chlorietzand onderin de kluit met kristallen die dan veelal als dubbeleinders zijn gevormd. Deze kristallen zijn tijdens en na hun groei dan beschermd geweest tegen tektonische invloeden en later tegen vorst en oppervlaktewater.

D: concordante spleet

E: sulfidische vererfsing met o.a. Cu, Pb, As, Fe en Zn.

reageerde deze oplossing met ionen, afkomstig uit dit omringende gesteente. De chemische samenstelling van de overheersende gneis in deze regio is (in gewichts%): 76.82% SiO_2 , 4.80% K_2O , 2.96% Na_2O en (afnemend) MgO , CaO , FeO , TiO_2 , Fe_2O_3 , H_2O en MnO .

Tijdens het opstijgen passeerde de hydrothermale oplossing mogelijk ook enkele (in deze regio veel voorkomende) primaire vererfsingen (lokale aanrijkingen van sulfiden). Deze vererfsingen, synsedimentair (gelijktijdig met het omringende gesteente tijdens submariene sedimentatie) gevormd vóór de alpiene metamorfose, bestonden onder andere uit tennantiet, chalcopryiet, sfaleriet, galeniet, pyriet en hematiet. Een gedeelte van de vererfsingen loste vervolgens op, waardoor de oplossing relatief rijk werd aan Cu, As, Fe, Pb, H_2S , H_3AsO_3 en Z.A. Onderzoek heeft namelijk uitgewezen dat H_2S - en H_3AsO_3 -rijke oplossingen zeer goede transporteurs zijn van Z.A. (Gieré, 1993). Dit schijnt het relatief veelvuldig optreden van Z.A. in mineralen in deze regio te kunnen verklaren. Een dergelijke vererfsing werd door ons afgelopen zomer ook gevonden en bevatte enkele van de eerder genoemde mineralen in kristallen tot 2 cm!

Tijdens de eindfase van de alpiene metamorfose nam de temperatuur van de oplossing af zodat voor bepaalde elementen en ionen de kritische temperatuur werd overschreden; de oplossing raakte oververzadigd en de kristallisatie van mineralen begon. De

temperatuurdaling ging gepaard met de afname van de druk. Niet alle aanwezige ionen kristalliseerden ogenblikkelijk uit; een gedeelte van de ionen bleef nog in oplossing en ging later een reactie aan met al eerder gevormde mineralisaties. Deze tweede ontstaanswijze van mineralen is verantwoordelijk voor bijvoorbeeld het voorkomen van gaspariet-(Ce). (Dit mineraal werd uitvoeriger beschreven in Gea 2/93).

Een voorbeeld van zo'n tweede ontstaanswijze is: synchisiet-(Ce) + As-oplossing → gaspariet-(Ce) + fluoriet + calciet. De primaire sulfiden zijn derhalve tijdens de alpiene metamorfose meestal volledig verdwenen. Bij het zoeken naar mineralen uit deze paragenese dien je vooral op zoek te gaan naar de overblijfselen van deze vererfsing (oxidatiemineralen) en concordante spleetjes die zich dan in de nabijheid kunnen bevinden. Concordante spleetjes zijn kleine spleetjes, ontstaan door uitloging en oplossing van het nevengeesteente **evenwijdig** aan de bandenstructuur. Kluften (discordante spleten) met arsenieten en arsenaten zijn zéér zeldzaam. Discordante spleten zijn ontstaan door rek en trek in het gesteente tijdens de alpiene orogenese, en staan **haaks op** de bandenstructuur.

Paragenese 1: Cu- en As-mineralen en mineralen met Z.A.

De paragenese met As-mineralen, waarmee het Binntal en meer specifiek de vindplaatsen rond de Wannigletscher/Scherbadung (en nu ook de Lärcheltini-zone en Mättital!) in de jaren '60 en '70 ruimere bekendheid kregen, wordt hier bij de Gischtigletscher gedeeltelijk ook gevonden. Het gaat hier om de mineralen chernoviet-(Y), cafarsiet, asbecasiet en gaspariet-(Ce). De laatste drie mineralen hebben in het Binntal hun typelocaliteit. Chernoviet-(Y) had bijna de Gischtigletscher als typelocaliteit gehad. Het is hier misschien ook eerder gevonden (door Fritz Stettler in 1966), maar onderzoekers in Rusland hadden meer onderzoeksmateriaal, waardoor ze het mineraal eerder/snelter konden beschrijven. Hierdoor ging de eer naar een vindplaats in de Oeral. Inmiddels is chernoviet-(Y) ook gevonden in de Jaguaracu-pegmatiet in de provincie Minas Gerais, Brazilië (Mineralogical Record 3/94 p.168) en bij de Hartkoppe bij Sailauf, Beieren, Dld. (Mineralien Welt 5/96), samen met **tilasiet**.

Het meest voorkomende mineraal binnen deze paragenese is **cafarsiet**. Alleen al over de vormenrijkdom van dit mineraal zijn pagina's vol te schrijven. De gelijkenis met pyriet is frappant. Een aantal kenmerken van cafarsiet kan in veel gevallen echter uitsluitend geven. Parkettering door stapelfouten in het kristalrooster schijnt op de kristalvlakken van cafarsiet niet voor te komen. Verweerde kristallen van cafarsiet zijn zeer bros; onverweerde kristallen hebben donkerbruine tot donkerrode inwendige reflexen. Van de Gischtigletscher zijn echter bijna alleen maar verweerde kristallen bekend. Even op een lelijk kristalletje een vers breukvlakje maken geeft meteen uitkomst; het breukvlak van pyriet zal dan bijna altijd glanzend geel zijn. Cafarsiet kan overgroeid zijn (maar dat hoeft zeker niet) met fijne naaldjes van agardiet-(Ca). Agardiet-(Ca) is als kopermineraal géén oxidatieproduct van cafarsiet, want cafarsiet bevat geen Cu! Hetzelfde geldt voor malachiet, azuriet, etc.

Chernoviet-(Y) en **xenotiem-(Y)** vormen een mengreeks; hun kristalroosters kunnen $(\text{PO}_4)^{3-}$ en $(\text{AsO}_4)^{3-}$ uitwisselen. Beide mineralen zijn daardoor veelal moeilijk van elkaar te onderscheiden. Chernoviet-(Y) kan zelfs uit xenotiem-(Y) ontstaan doordat As-rijke oplossingen een reactie aangingen met de xenotiem-(Y), net zoals gaspariet-(Ce) uit synchisiet-(Ce) kon ontstaan. Een goede beschrijving van beide mineralen is te vinden in Albertini (1991) en Schwanz et al. (1994).

Asbecasiet is in het gebied rond de Gischtigletscher nog niet veel gevonden; we hebben nog geen artikel gezien waarin asbecasiet vandaar wordt beschreven, maar vanwege het feit dat op de plaatsen in het Binntal waar cafarsiet is gevonden ook altijd asbecasiet aanwezig is, was het te verwachten dat ook bij de Gischtigletscher asbecasiet zou voorkomen. En inderdaad, in

1995 vonden wij twee stukken met daarop aggregaten (tot 15 mm) van sterk verweerde en slecht gevormde asbecasietkristallen.

Maar er zijn nog meer mineralen die tot de verbeelding van velen zullen spreken. Hiertoe behoort **gaspariet-(Ce)**. De pseudo-rhomboëdrische kristallen zijn lichtgeel tot oranjebruin gekleurd en vormen ronde aggregaten die altijd pseudomorfofen zijn naar synchisiet-(Ce). Ook kan gaspariet-(Ce) $(\text{AsO}_4)^{2-}$ uitwisselen tegen $(\text{PO}_4)^{2-}$ in monaziet-(Ce), waardoor het weer pseudomorfofen gaat vormen naar monaziet-(Ce). Er is in die pseudomorfofen dan echter altijd overwegend $(\text{AsO}_4)^{2-}$ aanwezig. De kleur van gaspariet-(Ce) verschuift dan van geelbruin naar rood!

Allaniet-(Ce) heeft hier een heel andere verschijningsvorm dan van andere vindplaatsen bekend is. Normaal vormt het min of meer gesteentevormende, metamictie kristallen die gemakkelijk met rutiel te verwisselen zijn. Hier vormt het echter zeer kleine, licht- tot donkerbruine, vierkante, plaatvormige kristallen. Deze plaatjes zijn gegroeid op muscoviet-phengietblaadjes en op wormvormige chloriet-aggregaten en worden vooral begeleid door titaniet.

Als oxidatieproduct van de bij de Gischtigletscher te vinden sulfiden en arseniden vonden wij **malachiet**, **azuriet** en röntgenamorf verweringsproducten van Cu-mineralen ('**chrysocolla**'), mogelijk vermengd met het ook röntgenamorf allöphan. Cafarsiet kan hier geheel overgroeid zijn met (licht)groene tot (licht-) blauwe **agardiet-(Ca)**. Agardiet-(Ca) vormt tot 1 mm lange, zeer fijne naaldjes die vergroeid kunnen zijn tot dichte of wollige bolletjes. Indien agardiet-(Ca) samen voorkomt met malachiet-bolletjes of naaldjes zijn beide mineralen met het blote oog eigenlijk bijna niet van elkaar te onderscheiden (bij veel secundaire Cu-mineralen is meestal zelfs röntgendiffractie niet genoeg en is daarbij nog een microchemische analyse noodzakelijk); malachiet is echter meestal wat donkerder groen van kleur.

Ook komt er rondom de Gischihorn (ook in Italië) glanzende **goethiet** voor. Normaal zou je goethiet niet eens willen oprapen, maar hier vormt het glanzende, kogelvormige aggregaten die tot een vierkante decimeter grote kluitvlakken bedekken, waardoor je direct een 'groeve Clara-gevoel' krijgt. Veelal overgroeit goethiet ook kwarskristallen of chloriet. In bovenstaande verweerde paragenese vonden wij ook nog het in de Alpen zeer zeldzame **jarosiet**, dat kleine lichtbruine kristallen vormde. De extreem zeldzame elementaire **zwavel** in kleine kristallen, die daar dan meestal, zoals bekend van de Wannigletscher, samen mee voorkomt, vonden wij op onze stukken niet terug. Ook **rhpidoliet** is van de Gischihorn bekend. Deze chloriet-variëteit, die glanzend-zwarte, kogelvormige aggregaten vormt, wordt vaak begeleid door schörl, sageniet-roosters en bruine anataas.

Theoretisch zouden bijna alle mineralen van de regio Wannigletscher-Scherbadung-Conca Cervandone ook bij de Gischtigletscher gevonden moeten kunnen worden. Dat is wellicht reeds gebeurd, maar nog niet herkend en/of openbaar gemaakt. Er valt hierbij onder andere te denken aan cervandoniet-(Ce), fetiasiet, tilasiet, monaziet-(Ce), monaziet-(Nd), aeschyniet-(Y), gadolinit-(Y), beryl, paraniiet-(Y) en zeldzame oxidatie-mineralen als chalcopylliet en carbonaat-cyanotrichiet. Van de twee laatstgenoemde mineralen vonden wij afgelopen zomer bij de Wannigletscher kwalitatief goed materiaal. Ook in de puinhellingen liggen blokken (herkenbaar aan dikke banden biotiet) met deze secundaire mineralen nog steeds voor het oprapen!

De mineralen uit de crichtoniet-senaiet-davidiet-reeks zijn voor ons amateurs optisch niet uit elkaar te houden. Het zijn de mineralen senaiet [Pb], davidiet-(Ce) [Z.A.], davidiet-(La) [Z.A.], landauiet [Na], mathiasiet [K], crichtoniet [Sr], loveringiet [Ca], lindsleyiet [Ba] en een onlangs door het IMA (94-057) gepubliceerde verbinding $(\text{Sr,Pb})(\text{Y,U})(\text{Ti,Fe}^{3+})_{20}\text{O}_{38}$. De karakteristieke elementen staan tussen vierkante haakjes. Deze mineralen hebben de algemene chemische formule **AM₂₁O₃₈**, waarbij op de A-plaats grote kationen als Pb, Z.A., Na, K, Sr, Ca en Ba plaatsnemen en op de M-plaats kleine kationen als Ti, Fe, Cr, Nb en Y. Het is dus

zeer wel van belang 'op welke stoel een element gaat zitten'. Om het makkelijker te maken zijn in deze regio gevonden: crichtoniet, een U- en Pb-houdende crichtoniet, senaiet, een davidiet zonder Z.A. en met de U 'op de verkeerde plaats' in het kristalrooster (op de A- i.p.v. de M-plaats) en een U-houdende senaiet, met Pb op de A-plaats en U op de M-plaats. Nu zult u denken: 'hé wat toevallig, IMA 94-057 heeft ook Pb op de A-plaats en U op de M-plaats'. Welnu, wij wachten op de definitieve publicatie van dit nieuwe mineraal.

In het algemeen vormen **crichtoniet** en **senaiet** zwart glanzende, gestrekte, steile rhomboëders. Hier echter vormen ze pseudo-rhombische kristallen, die meestal kleine spanningbarstjes hebben (onderscheid t.o.v. pseudorhombische hematiet!); ze worden meestal begeleid door o.a. anataas, hematiet en schörl-draviet. Het zal duidelijk zijn dat deze mineralen slechts met zekerheid (onderling) te onderscheiden zijn door middel van een combinatie van röntgendiffractie en microchemische analyse.

Een mineraal dat zowel in deze paragenese als ook in paragenese 3 voorkomt in prachtige kristallen, is **fluoriet**. Een foto van een rose fluoriet met de ongelooflijke afmeting van 8 cm heeft al in verschillende publicaties gestaan. De kristallen kunnen de voor de Alpen 'normale' rose kleur hebben maar zijn hier veelal ook doorschijnend wit, geel, grijsgroen en bruin. Vondsten die wij deden waren tweekleurig (groen/paars) en 3 cm groot. De verschillende kleuren worden veroorzaakt door de inbouw van Z.A. in het kristalrooster. Bij in daglicht grijsgroen gekleurde kristallen treedt soms het zogenaamde 'alexandriet-effect' op. In het licht van een gloeilamp veranderen de kristallen van kleur en worden tijdelijk roodpaars! Dit fenomeen is echter tot nu toe alleen bekend bij fluoriet rond de Wannigletscher; bij de Gischigletscher zijn dergelijke vondsten nog niet gedaan. Fluoriet én rookkwarts kunnen trouwens bij langdurige blootstelling aan daglicht hun mooie kleur verliezen. Sinds kort is ook bij monaziet-(Ce) het alexandriet-effect bekend.

Een mineraal dat vooral in het noordelijke gedeelte in relatief grote hoeveelheid voorkomt is **magnetiet**. Hele kluftvlakken zijn begroeid met mm-grote, glanzende aggregaten. De aggregaten bestaan uit polysynthetisch (subparallel) vergroeide kristallen, wat de aggregaten bijzonder aantrekkelijk maakt. Vooral de combinatie van heldere tessiner kwarts met deze aggregaten is prachtig. Vlakkenarme magnetiet (met slechts de octaëder), die niet tot aggregaten vergroeid zijn, konden we alleen vinden in kluffjes in de meer oostelijk gelegen wanden. Ook vonden we handstukken waar magnetiet en hematiet willekeurig met elkaar vergroeid waren. Begeleidende mineralen van magnetiet zijn voornamelijk kwarts, rutiel en **synchisiet-(Ce)**. Laatstgenoemde is in zijn karakteristieke vorm ook van de Gischigletscher niet met andere mineralen te verwisselen. Het grootste kristal dat wij hier vonden was 5 mm lang; dit kristal heeft helaas de martelgang in de rugzak niet overleefd. Pak kwetsbare stukken dan ook goed in. Prachtige foto's van dit mineraal zijn terug te vinden in Albertini (1991).

Op onze stukken met magnetiet ontdekten wij ook enkele rare kristalletjes (maximaal 3 mm), die platte, vierkante aggregaten vormen. Deze aggregaten bleken te bestaan uit lagen van naar {100} vertweelingde rutielkristallen. Voornoemde lagen zijn weer op elkaar gestapeld, waarbij de oriëntatie van de rutielkristallen per laag met 114° verschuift (de hoek waarbij rutielkristallen als knietweelingen naar {011} wetmatig vergroeien). Deze 'aggregaten' bleken volledige **pseudomorfosen van rutiel naar plaatvormige anataas** te zijn. Kleurenfoto 1.

Hematiet vonden wij hier wel, maar helaas niet zoveel als in het lager gelegen Kriegalptal zelf. Hematiet komt rond de Gischigletscher, in tegenstelling tot bij de Wannigletscher, alleen voor als de bekende 'Eisenrosen', en niet in diktabulaire enkelkristallen (die overigens ook op de Lärcheltini-zone voorkomen). De maximale grootte van de kristallen die wij aantreffen bedroeg 10 mm. Zie de voorplaat.

Paragenese 2

Voor deze paragenese dien je op zoek te gaan naar bandjes in de gneis die bestaan uit meer of minder massieve schörl-draviet met rookkwarts. In de directe nabijheid van deze banden bevinden zich kleine concordante spleetjes (tot zo'n 5 cm breed), waarin de volgende mineralen kunnen voorkomen: schörl-draviet, rookkwarts tot 2 cm, goethiet, meta-torberniet, apatiet, meta-autuniet, bismutiet, wulfeniet, bismuthiniet en goud, ook in die volgorde van zeldzaamheid. Deze paragenese is nog niet lang bekend; de eerste vondsten werden gedaan begin jaren '70, terwijl de eerste publicatie van goud en bismutiet pas in 1986 was (Mumenthaler et al., 1986).

Toermalijn wordt hier gevonden als een mineraal uit de mengreeks **schörl-draviet**. Wij vonden enerzijds dikke, donkerbruine tot zwarte, ondoorzichtige kristallen tot 10 cm lang (ook kristal-aggregaten die tot 800 gram zwaar waren) en anderzijds haar-dunne en wollige kristalaggregaten met een lichtblauwe tot lichtbruine kleur (de zogenaamde toermalijn-asbest). Slechts zeer zelden hebben de kristallen de trigonale eindbegrenzing. Meestal hebben de laatste tektonische bewegingen in de gneis de toppen van de kristallen afgebroken. De grotere kristallen komen voor in massieve schörl-dravietbanden in de gneis. Het massale optreden van schörl-draviet in paragneis is niet verbazend. Het element borium, dat in deze toermalijn voorkomt, is namelijk van sedimentaire oorsprong. De schörl-draviet is het product van een pre-alpiene rekristallisatie van afgeschuurde korrels in het oorspronkelijke sediment (Deer et al., 1992). Tijdens de alpiene metamorfose is deze schörl-draviet weer omgekristalliseerd (metasomatose). Mogelijk is het massale optreden van schörl-draviet er een indicatie voor, dat in de nabijheid submariene fumarolen aanwezig zijn

Bijschriften bij de kleurenfoto's

1. Rutiel, pseudomorf naar anataas, met kleurenzoning. Aan de onderzijde is de afgeplatte piramidale vorm van de anataas nog herkenbaar. Onder de rutiel ligt horizontaal een kwartskristal. De hoogte van het rutiel-aggregaat is ± 2 mm.

2. Bismutiet, pseudomorf naar bismuthiniet, met **wulfeniet**. De strogele, parallelle vezels van bismutiet hebben zwarte bismuthiniet vervangen. Iets helderder gele wulfeniet-kristallen bevinden zich aan de randen en in holten van het bismutiet-aggregaat. Verder zijn te zien: kwarts, witte, stompe adulaar en enige grijze, verweerde plaatjes van muscoviet. Hoogte beeldveld ± 9 mm.

3. Metatorberniet op kwarts; het kristal is ± 1 mm hoog.

4. Anataas op chloriet en kwarts. De bruine, bipiramidale anataaskristallen zijn ongeveer 1 mm groot.

5. Titaniet, bleek-oranje, met spanningsbarstjes, samen met heldere kwarts-kristallen en groene epidoot-naalden, die onscherp bleven. Beeldbreedte 5,5 mm.

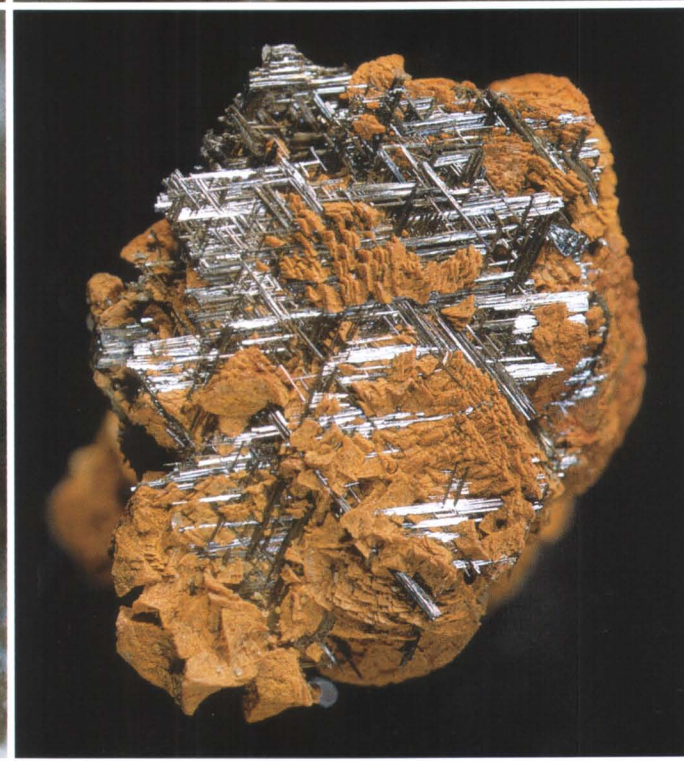
6. Apatiet. Deze naaldvorm is typisch voor apatiet uit het Binn-tal. Hoogte van het kristal: 3 mm.

7. Sageniet (platte tweelingsaggregaten van fijne rutielnaalden) op zadelvormige **sideriet**. Rechts boven het midden is nog een anataas-kristal te zien. De sagenietnaalden maken hoeken van 65°35' en 54°44'. Beeldhoogte 14 mm.

8. Sferieriet, vertweelingd volgens de spinel-wet (zie afb. 8 in de tekst). Schuin boven de sferieriet door ijzeroxide lichtbruin gekleurde muscoviet-pakketjes, verder witte albiet en doorschijnende kwarts. Beeldhoogte 5 mm.

Mineralen uit de collecties van Ate van der Burgt (nr. 5) en Frank C.A. de Wit (de overige). Kleurenfoto's: P. Stemvers.

1	2	3
4	5	
6	7	8



geweest (black smokers op de zeebodem die in/op de sedimenten de elementen afzetten die de basis vormden voor bijvoorbeeld de primaire sulfide-vererfing in de dolomiet in de Lengenbach).

Het meest opvallende mineraal uit deze paragenese, **meta-torberniet**, vormt smaragdgroene tot geelgroene vierkante plaatjes tot 2 mm, die veelal tot aggregaatjes vergroeid zijn. Kristallen van dit uraan-mineraal hebben wij direct op of in de gneis gevonden maar ook op bismutiet en kwarts. Meta-torberniet fluoresceert niet maar is wel radioactief! Onze vondsten straalden echter slechts zeer weinig méér uit dan de achtergrondstraling. Het koper in de meta-torberniet is er waarschijnlijk de oorzaak van dat de gebruikelijke fluorescentie bij uraanglimmers hier niet optreedt. Kleurenfoto 3. Ook in de zomer van 1996 konden wij zonder veel moeite mooie handstukken met dit mineraal verzamelen.

Meta-autuniet is in 1984 voor het eerst gevonden in de gneis van de Gischihorn op korte afstand van het eerder besproken noodbivak Combi e Lanza. Het vormt vierkante citroengele plaatjes tot ca. 1 mm op albiet en adulaar, meestal weer samen met rookkwarts en schörl-draviet. Ook meta-autuniet is radioactief! Sinds kort zijn er ook vondsten bekend van de Gischi-gletscher. Die kristallen waren echter smaragdgroen van kleur, net als de meta-torberniet. Met eenvoudige middelen valt een onderscheid dan alleen te maken doordat meta-autuniet sterk geelgroen fluoresceert bij bestraling met UV-licht; zekerheid heb je natuurlijk pas echt als je de Ca/Cu-verhouding kent. Meta-torberniet komt veel meer voor dan meta-autuniet.

Bismutiet wordt gevonden als pseudomorfofen naar **bismuthiniet** ('pseudomorfofen altijd van chemische samenstelling naar vorm'). Het bewijs hiervoor is dat de kern van de bismutiet zeer zelden nog bestaat uit bismuthiniet. Bismutiet is dan ook het vereringsmineraal van bismuthiniet. Bismuthiniet wordt zelden en bijna ook alleen gevonden als insluitsels in kwarts; hierdoor hebben de kristallen niet bloot gestaan aan zuurstof uit de lucht, waardoor ze niet zijn omgezet in bismutiet. Bismuthiniet vormt dan platte, zilvergrijze, naaldvormige kristallen. De pseudomorfofen die wij vonden zien er uit als lichtgele, naaldvormige kristallen die veelal tot dikkere kristalbundels geaggregeerd zijn. De grootte van deze aggregaten bereikte 12 mm. Kleurenfoto 2. Beide mineralen leveren altijd leuke spraakverwarringen op...

Reeds ter plekke zagen wij op onze pseudomorfofen geelbruine kristallen zitten met een vierkante doorsnede, die maximaal 1 mm lang waren. Deze kristallen waren meestal tot stervormige aggregaten vergroeid. Enkele van deze aggregaten vonden wij later ook op andere stukken, zonder dat ze op bismutiet waren gegroeid. In de loop van het jaar hebben wij enkele stukken naar prof. dr. Stefan Graeser gestuurd (Mineralogisch-Petrografisch Instituut Basel), die ze determineerde als naar de c-as gestrekte **wulfeniet**-kristallen! Kleurenfoto 2. Volgens hem een zeer ongewone combinatie van mineralen. Molybdeen is als element in deze regio echter niet zeldzaam in de gneis; op verschillende plaatsen wordt molybdeniet-2H gevonden als massieve ertsbandjes in kwartsbanden of gesteentevormend in de gneis.

In gneisblokken in losliggend puin (de vindplaats in de wand konden wij nog niet localiseren) vonden wij, samen met overwegend massieve bismutiet en schörl, slecht gekristalliseerde wulfeniet, waarop én waarbij wederom een ons onbekend mineraal voorkwam. Het vormde stengelige, lichtgele kristalletjes tot 2 mm die zeer spits toeliepen en vermoedelijk een hexagonale symmetrie hadden. Wij hoopten op **mimetesiet**. Stefan Graeser heeft ook deze stukken onderzocht en kwam tot dezelfde (nu wetenschappelijk onderbouwde) conclusie. Samen met vondsten die wij deden in de Mäßerbach wordt dit met Lengenbach, Lärcheltini en Mättital dan al weer de vijfde vindplaats in de regio Binntal van dit in de Alpen tamelijk zeldzame mineraal.

Pyriet ('gekkengoud') komt in deze paragenese weinig voor; écht **goud** is nog zeldzamer. Mumenthaler en Frey vonden in 1986 één opgegroeide korrel goud van ca. 1 mm groot (of klein?!). Deze

korrel had een warme gele kleur en was op kwarts gegroeid. De korrel goud bleek 5-10% zilver te bevatten. Het eerder in de literatuur (Graeser, 1995) vermelde elektrum is niet juist, daar goud pas elektrum mag heten als het 30-40% Ag bevat. Het onderscheid t.o.v. goud is dat elektrum altijd een zilverwitte kleur heeft. De korrel goud bleek tevens licht radioactief te zijn, wat zou kunnen komen door de in deze paragenese voorkomende mineralen, waaronder volgens Mumenthaler et al. (1986) misschien ook uraniniet. Het onderscheid tussen goud en pyriet is eenvoudig te maken, omdat pyriet in deze paragenese met veel secundaire mineralen altijd een goethiet-overkorsting heeft. Ook wij vonden op onze stukken één korreltje goud terug van ca. een halve millimeter, deze keer gegroeid op bismutiet.

In de nabijheid van de meta-torberniet vonden wij ook nog waterheldere, langstengelige tot naaldvormige **fluor-apatiet**-kristallen. Kleurenfoto 6. Deze kristallen zijn in de topzone zeer vlakkenrijk; ze kunnen een lengte bereiken van 4 mm. Met het blote oog zijn deze kristallen bijna niet te onderscheiden van de eveneens hier voorkomende **milariet**. Beide mineralen behoren tot het hexagonale kristalsysteem en hebben ook dezelfde habitus (langprismatisch met soms zelfs een spitse top). Een onderscheid is dat milariet in een andere kristallografische puntgroep thuishoort dan apatiet: milariet heeft een hogere symmetrie, maar dit is op de vlakkenrijke toppen zeer lastig te zien. Overigens komen apatiet en milariet ook buiten deze paragenese voor.

Verder vonden wij nog **goethiet**, dat kleine, zwarte bolletjes vormde op de kwarts en idiomorfe, gesteentevormende, bloedrood doorschijnende **almandien**.

Paragenese 3

Deze paragenese was vanzelfsprekend het eerst bekend bij de mineralogen. In de vorige eeuwen en begin deze eeuw werd vooral naar kwarts gezocht (dat bracht geld in het laatje), waarbij de overige (bijzondere) mineralen over het hoofd werden gezien of simpelweg achter werden gelaten. Mooie voorbeelden daarvan zijn o.a. anataas, cafarsiet en fetiasiet van de Lärcheltini-zone en cervandoniet-(Ce) van de Wannigletscher-regio.

De oudste vondsten van de 'Güschihorn' staan vermeld in het beroemde Binntal-boek van Léon Desbuissons uit 1909. Hij beschreef toen slechts hematiet, rookkwarts, toermalijn, epidoot, titaniet en 'jolis cristaux d'anatase'. Deze **anataas** komt voor in bijna alle kleuren van de regenboog. De meeste kristallen die wij vonden waren spits bipiramidaal tot ca. 4 mm lang. Kleurenfoto 4. Op het grote rotsplateau in het midden van de gletsjer (130.000/659.300) vonden wij een kluit van ca. 1 m diep die gekenmerkt was door een meervoudige boudinage (dus ook meerdere holtes). Als 'deurtjes tussen de schatkamers' zaten 'knollen' die een kern hadden van sideriet en een dikke rand van idiomorfe skalenoëdrische calciëtkristallen met sideriet. Deze knollen droegen soms lichtblauwe anataas-kristallen. Een kwartskristal dat evenwijdig met de wand van de spleet vergroeid was droeg 27 donkerbruine anataaskristallen! De wanden van de kluit waren bedekt met adulaar, muscoviet-phengiet en weer veel sideriet. Hoe dieper we in het kluitstelsel doordrongen, des te minder anataas vonden we.

Ook zuidelijk van de gletsjer, richting de graat (659.300/130.500, ca. 2800 m), die via de eronder liggende puinhellingen gemakkelijk te bereiken is, vonden we op een bruine, sterk verweerde gneis veel lichtblauwe, lichtgroene, bruine en diepblauwe (bijna zwarte) anataas. Sommige kristallen waren tweekleurig. De wanden van de grote kluit (tot 3 meter diep!) waren verder bedekt met albiet, kwarts (tot 5 cm), muscoviet-phengiet en sideriet.

Rutiel komt hier voor in vorm van sageniet (tot 25 mm grote roosters), vaak doorgroeit het **sideriet**-kristallen. Kleurenfoto 7. Ook **brookiet** hebben wij hier kunnen vinden. Op enkele stukken zaten de drie TiO₂-modificaties anataas, rutiel en brookiet gezellig naast elkaar, wat een niet veel voorkomende vondst is. Rutiel vormt noordelijk van de Gischi-gletscher vooral ingewikkeld

vergroeiende, isometrische, pseudo-rhombendodekaëdrische, bloedrode kristalletjes (< 2 mm), net zoals deze bij de Wannigletscher voorkomen. Stengelvormige kristallen vonden wij praktisch niet. Om het geheel nog completer te maken, was ook **xenotiem-(Y)** op diezelfde stukken aanwezig.

Ook **calciet** komt rond de Gischigletscher in goede kristallen voor. De overwegende vorm is de skalenoëder. Meestal zijn deze kristallen sterk afgerond en met elkaar vergroeid tot aggregaten tot 7 cm groot. Ook vonden wij niet-afgeronde, spitse skalenoëders. De grootste individuen meten 2 cm.

Tijdens de aanloop naar het zuidelijke deel van de Gischi-gletscher vonden we op zo'n 2600 meter blokken gneis waar kleine **titanië-** en **epidoot-**kristallen op zaten. De titanië vormde lichtroze, lancetvormige kristallen (meestal doordringingstweelingen naar (100)) die begeleid worden door veel lichtgroene epidoot. Tezamen vormen ze prachtige kristalgroepjes. Kleurenfoto 5. Ook rookwarts en stilbiet komen in deze mini-paragenese voor.

De **kwarts** van het gebied rond de Gischigletscher werd al vroeg beroemd om zijn insluitels van **anhydriet** (Bader, 1934 p.428). Deze insluitels zijn te herkennen doordat de anhydriet langstengelige holtes heeft achtergelaten met een vierkante doorsnede. Tijdens het ontstaansproces van de kwarts zijn (door tektonische deformatie) van de klufwand anhydrietkristallen afgebroken, die vervolgens door de kwarts opgenomen werden. De op deze wijze ontstane insluitels worden *protogenetische* insluitels genoemd. Doordat door het dalen van de temperatuur van de hydrothermale oplossing de oplosbaarheid van de anhydriet toeneemt (normaliter neemt de oplosbaarheid bij afkoeling juist af), losten deze insluitels in de kwarts weer op en bleven holtes over. Dit werd veroorzaakt doordat de anhydrietkristallen bijna nooit volledig ingesloten werden, maar uit de kwarts staken. In de overgebleven holtes kunnen weer zeolieten zijn uitgekristalliseerd zoals **stilbiet**. Slechts zeer zelden is de anhydriet bewaard gebleven.

Er schijnen ook vondsten van grote **rookkwartsen** gedaan te zijn rond het Gischi-joch, de 'pas' op 2923 m tussen de Gischi-gletscher en Italië. (Voor wandelingen naar Alpe Devero is het vanzelfsprekend gemakkelijker de 415 m lager gelegen Kriegalpas te gebruiken.) Ook ten zuiden van het Gischi-joch komen deze rookkwartsen nog voor; in 1995 vonden wij een kluf met **morion-kwartsen** (zeer donkere rookkwartsen), één van 6 en één van 8 cm groot. Het veelvuldig voorkomen van rook- en morionkwartsen hier schijnt samen te hangen met een late toevoer van radioactieve elementen. Het bewijs voor deze late toevoer zou het relatief veelvuldig optreden van radioactieve mineralen en gelimniseerde Fe-carbonaten (sideriet) zijn. Ook de hoge ligging van de kluf schijnt van invloed te zijn. Hierdoor konden de relatief vroeger (dan in lager gelegen regionen) afgekoelde kluf (en de dus eerder gevormde mineralen) langer bestraald worden door radioactieve elementen in het nevengeesteente van de kluf. De donkere kleur ontstaat pas in een lange periode nadat de hydrothermale oplossing een temperatuur lager dan 180°C heeft bereikt.

In deze kluf was ook stengelige apatiet rijk vertegenwoordigd, veelal gegroeid op de kwarts.

Behalve fluoriet kunnen hier nog een aantal andere kleurloze en witte mineralen gevonden worden, waaronder phenakiet, milariet, hyaliet, aragoniet, een klei-mineraal en kaliveldspaat. Over **phenakiet** van deze regio is reeds veel gepubliceerd. In 1979 deed Vittorio Mattioli al vondsten van kristallen tot 7 mm, vervolgens vond Carl Bodenmann kristallen tot enkele cm grootte, en ook Wim Lustenhauer deed zeer goede vondsten in 1985. Alles daarover kunt u nalezen in *Gea* 4/88. Mooie kristallen kunnen worden gevonden op het Gischi-joch. De grotere kristallen kunnen veel insluitels van chloriet hebben.

Aragoniet is door Thomas Reiner in 1988 gevonden in waterheldere tot witte naaldvormige kristallen die aggregaten vormden tot enkele mm grootte. Wij deden in 1995 vondsten bij de Wannig-

gletscher (uit de literatuur nog onbekend), maar helaas (nog) niet bij de Gischi-gletscher...

Tenslotte vonden wij waterheldere **kaliveldspaat-**kristallen tot 3 mm groot met prachtige topvlakken. Bij Bärjgi worden deze kaliveldspaatkristallen gevonden samen met isometrische apatiet en worden dan tot 1 cm groot.

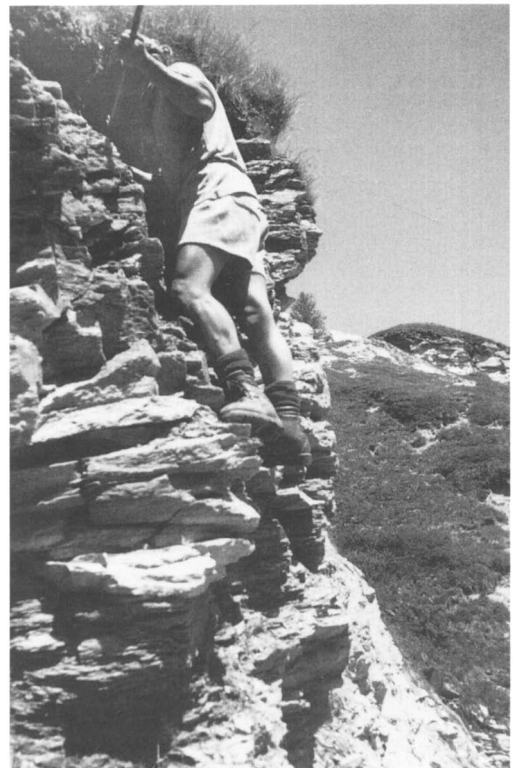
Hyaliet vormt waterheldere korsten en kogelvormige aggregaten op kwarts. Bij het laatstgenoemde mineraal en samen met veel muscoviet-phengiet en goethiet kwamen ook witte korsten voor met een radiaalstralige opbouw, die bestaan uit klei-mineralen als **kaoliniet** of **dickiet**. Aluminium-silicaten als deze klei-mineralen zijn als zeer late mineraalvorming ontstaan door de verwerking van veldspaten en/of glimmers in het nevengeesteente. Het voorkomen van optisch bijna identieke röntgenamorphe Al-silicaten in gel-vorm als montmorilloniet, saponiet e.d. in alpinotype kluf is onwaarschijnlijk.

Verder vonden wij groene plakken gesteente die bijna geheel bestaan uit stengels van idiomorphe **actinoliet-**kristallen. Er bevinden zich namelijk in de hogere regionen van het Monte Leone-dekblad basische lenzen in de gneis rondom de Gischihorn, Helsehorn en Hillehorn. Wij hebben deze lenzen echter nog niet kunnen lokaliseren.

Kluf en stralen rond de Gischi-gletscher

Op 19 juli 1995 vonden wij ten zuiden van de Gischi-gletscher enkele mooie kluf. Afb. 7. Over zulke kluf hadden wij al regelmatig 'voorspellende dromen' gehad. De boudinage om de kluf was zeer duidelijk zichtbaar en om de kluf was het gesteente ca. 20 cm breed uitgelopen. Na een plateautje te hebben gemaakt in de sneeuw konden de stijgers uit en ging één van ons (FdW) vol goede moed aan het werk. Dat werk duurde van 8 uur 's morgens tot 1 uur 's middags... De kluf liet zich slechts zeer moeilijk overwinnen. Direct na het openen was de kluf ca. 1 m hoog, 30 cm breed en 60 cm diep. De klufwand waren slechts gedeeltelijk zichtbaar, omdat de helft van de kluf naar beneden doorliep en gevuld was met zand.

De eerste blik in de kluf bood een fantastisch schouwspel. Op de klufwand waren aggregaten gegroeid (tot 9 cm groot) van



Afb. 7.
Een kluf
wordt
geopend.

zadelvormig gekromde, lichtbruine, onverweerde **sideriet**. Op de sideriet waren weer calciet, anataas en sageniet gegroeid.

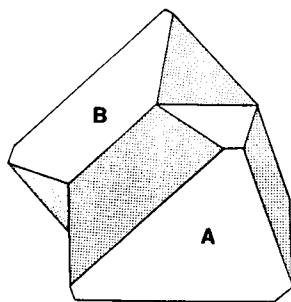
Calciet vormde op de klufwand tot 5 cm grote aggregaten van afgeronde, witte skalenoeëders. Alle sideriet-aggregaten waren tevens licht besproeid met tot zo'n ~ mm kleine calcietkristalletjes.

Anataas had alle kleuren van de regenboog (ook wit en waterhelder) en was tot enkele mm groot. In deze kluff zat in het geheel geen chloriet, ook niet als kluffvullend chlorietzand. Volgens Koenigsberger (1917) is dat een indicatie voor het relatief verminderd optreden van anataas, wat ook het geval bleek te zijn. Tussen de sideriet was de kluffwand begroeid met **kwarts** tot 30 mm, **muscoviet-phengiet** en **albiet**. **Rutiel** was in de kluff alom aanwezig als vrijstaande, zilverbruin glanzende sageniet-roosters tot 20 mm.

Wat ook opvallend was, was dat op de sageniet soms weer sideriet en anataas waren gegroeid, wat iets kan zeggen over de uitscheidingsvolgorde van de mineralen in de kluff en de omstandigheden die toen heersten. In het algemeen zal anhydriet als eerste zijn gekristalliseerd, vervolgens adulaar, albiet en kwarts, waarna bij ten hoogste 500°C en 2 kb de eerste van de drie TiO₂-modificaties is gaan kristalliseren (de vierde modificatie (TiO₂-B) laten wij hier verder buiten beschouwing). De werkelijke P/T van kristallisatie ligt echter meestal veel lager. De hierna te bespreken sfaleriet moet gezien worden als één van de laatste kristallisatiefasen. Er is geen 'standaard-volgorde' waarbij TiO₂-modificaties uitkristalliseren; deze mineralen zijn onder de omstandigheden waarbij ze ontstonden namelijk metastabiel. Rutiel kristalliseert echter altijd als laatste modificatie! In het algemeen kristalliseert de laatste kwarts bij zo'n 150°C. Rutiel in de sageniet-vorm kan ook ontstaan zijn uit ilmeniet (vandaar de vaak trigonale omtrek van sageniet-roosters) en gewone naaldvormige rutiel ontstaat soms door de rekristallisatie van uit biotiet opgeloste TiO₂. De sageniet-vorm houdt in, dat de rutielkristallen wetmatig onder hoeken van 54°44' of 65°35' met elkaar vergroeid zijn en dan dunne, plaatvormige aggregaten/roosters vormen.

Op enkele handstukken bevonden zich ook zwarte (aan de randen donkerbruin doorschijnende) **sfaleriet**-kristallen. Een bijzondere vondst in alpiene klufften! Eén kristal was volgens de spinel-wet vertweelind (zie afb. 8 en kleurenfoto 8) en de andere kristallen hadden een pseudo-octaëdrische habitus. Alle kristallen hadden een karakteristieke tekening op de kristalvlakken. De sfaleriet was onverweerd, maar de albiet vertoonde sterke oplossingsverschijnselen.

Na het openen en beoordelen van de kluff begon de grote kluff van het schoonspoelen (eerst schoonspoelen en dan pas de mooie stukken van de kluffwanden halen!) In een 1½ literfles ijskoud water tappen dat langs en nu ook door de kluff liep; dat water langzaam in de kluff gieten en vervolgens weer rustig kijken wat er vrijkwam. Met het legen van een kluff moet je zeker geen haast maken! Na 10 minuten voelde ik de toppen van mijn vingers al niet meer, en de zon zou mijn kluff nog lang niet bereiken... Na een uur begon het feest. De zon begon te schijnen en in het kluffzand voelde ik het eerste kristal in mijn hand prikken. Zeer voorzichtig haalde ik het uit het zand, spoelde het af en hield het omhoog. Het kristal 'strahlde' in de zon; een **rookkwarts** van edelsteenkwaliteit van 7 cm lengte waar zijdelings een sideriet-knol op was gegroeid! Er volgden er nog vijf, en nog één met een prachtige tessiner habitus; de kluff leek zijn bodem te hebben bereikt. Toen voelde ik in de uiterste hoek van de kluff nog een kristal. Mijn arm geheel in de kluff, mijn hand paste niet om het kristal heen, maar het kristal lag los. Langzaam bevrijdde ik het uit het zand. Ik kon mijn ogen niet geloven, wederom rookkwarts, waterhelder, maar nu 15 cm lang en aan de basis 7 x 5 cm dik! Dit kristal bestond uit een combinatie van een tessiner en een



Afb. 8. Kristaltekening sfaleriet. De individuen 'A' en 'B' zijn volgens de spinel-wet met elkaar vergroeid. De tweeling wordt gevormd doordat de individuen niet spiegelbeeldig, maar om 180° gedraaid met elkaar vergroeid zijn (naar P. Niggli, 1927).

Als je net als wij het geluk hebt om een kluff te vinden die zo groot is dat je hem niet in één keer leeg kan halen, *no problem!* Sinds 1759 is in Zwitserland een wet van kracht die het toestaat een kluff te reserveren (Duits: *belegen*). Als je een stuk gereedschap in de kluff legt samen met je naam en vondstdatum, is de kluff voor één jaar en één dag voor jou gereserveerd (een *belegte kluff*). Indien iemand vervolgens zo asociaal is uit jouw kluff mineralen te halen is hij ook daadwerkelijk strafbaar! Zwitserland was het eerste land dat een dergelijke verordening invoerde. De oorspronkelijke tekst is (vrij vertaald): *'Iedere burger is gemachtigd mineralen uit te graven op openbaar land; als iemand op een bepaalde plaats begint te graven en zijn gereedschap daar achterlaat (tijdens zijn afwezigheid), dan mag voor één jaar en één dag niemand anders op die plaats werken.'*

Bij onze terugkeer naar de eerdergenoemde klufften in 1996 bleken deze echter met grof geweld (springstof) te zijn geplunderd.

gewone rhomboëdrische habitus. Het kristal had een duidelijke macromozaiëkbouw en vertoonde het Friedlaender-effect op de prisma en de rhomboëder-vlakken. Ik denk dat de boeren in Binn mij móeten hebben horen jodelen...

De Zwitserse monnik Placidius a Specha (1752-1833), een in zijn tijd beroemde mineralen-verzamelaar, verwoordde het gevoel als volgt (vert.): *'Niets in de wereld is mooier, ik herhaal het telkens weer, dan het aanzicht van een vers geopende holte met perfecte kwartsen, waarin de kleuren van de natuur spelen in het licht. Ik heb er vele geopend, die niet groot waren maar voortreffelijk mooi, en ik kan bijna niet beschrijven wat een vreugde zo'n aanzicht mij geeft, noch het verdriet dat mijn hart overvalt als ik zulk moois uit elkaar moet breken om het uit te graven.'*

Conclusie

De besproken regio heeft ons reeds enkele keren verrast en heeft mogelijk nog veel meer verrassingen in petto, voor de wetenschap én voor verzamelaars. Wij spreken de hoop uit dat er na ons velen de Gischglötscher zullen bezoeken (en weer netjes zullen achterlaten...), vervolgens met mooie stukken (niet in stukken) thuis komen en de vondsten dan aandachtig zullen (laten) bestuderen.

Dankbetuigingen

Onze grote dank gaat uit naar prof.dr. Stefan Graeser (Naturhistorisches Museum Basel) voor de kostbare röntgenanalyses en EDS-analyses op de SEM van het mineralogisch instituut en waardevolle tips en opmerkingen over het artikel.

Niet minder willen wij Wim Lustenhouwer (Vrije Universiteit, Amsterdam) meer dan hartelijk danken voor de optische determinaties van de mineralen, de discussies (monologen van zijn kant meestal...)

en de inhoudelijke correcties op het artikel. Ook Wim de Vries willen wij hartelijk bedanken voor het kritisch nalezen van het artikel.

Geraadpleegde literatuur

- ALBERTINI, C. (1991) L'Alpe Devero ed i suoi minerali. Crodo, 299 pp.
ARMBRUSTER T. et al. (1990) Cation arrangement in an unusual uranium-rich senaite: crystal structure study at 130 K. European Journal of Mineralogy, p.163-170.
BADER, H. (1934) Beitrag zur Kenntnis der Gesteine und Mineralagerstätten des Binnentals, SMPM, p.428.
BAMBAUER H.U. et al. (1962) Wasserstoff-Gehalte in Quarzen

aus Zerrklüften der Schweizer Alpen und die Deutung ihrer regionalen Abhängigkeit. SMPM, p.221-236.

DEER W.A. et al. (1992) An introduction to the rock forming minerals, 2nd edition, 696 pp.

DESBUISSONS, L. (1909) La vallée de Binn (Valais). Lausanne, p.80.

GIERE R. (1993) Transport and deposition of R.E.E. in H₂S-rich fluids; evidence from accessory mineral assemblages. Chemical Geology, p.251-268.

GRAESER, S. et al. (1973) A solid solution series between xenotime and chernovite. Mineralogical Magazine, p.145-151.

GRAESER, S. (1972) Meta-Torbernit im Binntal. Schweizer Strahler, p.409-413.

GRAESER, S. (1995) Gischihorn (Pizzo Cornera) und Ritterpass. Lapis, juli-augustus, p.65-67.

HEINRICH C.A. et al. (1986) Thermodynamic predictions of the hydrothermal chemistry of arsenic, and their significance for the paragenetic sequence of some cassiterite-arsenopyrite-base metal sulfide deposits. Economic Geology, p.511-529.

KOENIGSBERGER, J. (1917-1919) Über alpine Minerallagerstätten. Abhandlungen der Bayerischen Akademie der Wissenschaften. 155 pp.

LUSTENHOUWER, W.J. (1988) De eerste phenakiet van Binn (Zw.). Gea, vol. 21, nr. 4, p.89-94.

MUMENTHALER, T. et al. (1986) Neue Mineralparagenese vom Gischi-gletscher (Binntal). Schweizer Strahler, p.330-334.

OPPLIGER, T. (1975) Suche nach Mineralklüften in den Alpen. Aufschluss april-mei, p.208-210.

POTY, P. et al. (1974) Fluid inclusions studies in Quarz from fissures of western and central Alps. SMPM, p.718-752.

SCHMIDT, C. (1907) Bild und Bau der Schweizeralpen. Basel.

SCHWANZ, J. et al. (1994) Das Binntal und seine Mineralien. Binn, 272 pp.

SCHWEIZER ALPEN-CLUB. Jahrbuch 1978, Walliser Alpen Band 5, vom Simplon zur Furka. p.110-111.

STALDER H.A. et al. (1987) Geochemische Untersuchungen an Mineralien der Crichtonit-Gruppe aus alpinen Zerrklüften. SMPM, p.93-102.

WENK E. (1962) Plagioklas als Indexmineral in den Zentralalpen. SMPM, p.139-152.

WIT, de F.C.A. (1996) Literatuurlijst van de regio Binntal en de groeve Lengenbach. 125 pp. (ongepubl.)

WIT, de F.C.A. (1995) Mineralogie van de regio Binntal, Wallis, Zwitserland. ca.1250 pp. in 9 delen (ongepubl.)

Alfabetische mineraallijst van de Gischi-gletscher

adulaar, agardiet-(Ca), aktinoliet, albiet, allaniet-(Ce), almandien, anataas, anhydriet, aragoniet, asbecasiet, azuriet, biotiet, bismuthiniet, bismutiet, brookiet, cafarsiet, calciet, chalkopyriet, chernoviet-(Y), crichtoniet, epidoot, phenakiet, fluor-apatiet, fluoriet, gaspariet-(Ce), goethiet, goud, hematiet, hyaliet, jarosiet, kaliveldspaat, klei-mineraal (kaoliniet-dickiet), kwarts, magnetiet, malachiet, meta-autuniet, meta-torbernit, milariet, mimetesiet, pyriet, rhipidoliet, rutiel, senaet, sfaleriet, sideriet, stilbiet, synchisiet-(Ce), tennantiet, titaniet, toermalijn (schörl/draviet), wulfeniet, xenotiem-(Y) (52).

Weddelliet, een organisch mineraal, in South Georgia, Antarctica

door Drs. Bart Van de Vijver
Universitair Centrum Antwerpen,
Departement Biologie

Inleiding

Veruit de meeste mineralen zijn van zuiver anorganische oorsprong. Dat ook organische bestanddelen soms de gedaante kunnen aannemen van mineralen, van homogene bestanddelen van de aardkorst, wordt in dit korte artikel aangetoond door de ontdekking van microscopische kristalletjes van weddelliet, op het subantarktische eiland South Georgia.

South Georgia ligt in het zuidelijk gedeelte van de Atlantische Oceaan (afb. 1 A en B). Het eiland is zo'n 2300 km verwijderd van het Zuid-Amerikaanse vasteland en ongeveer 1500 km van het Antarctische schiereiland. South Georgia is voor meer dan 50 % bedekt met sneeuw en ijs en wordt doorkruist door gletsjers die tot aan de zee reiken. Het overige deel van het eiland bestaat uit diepe valleien en kustvlaktes (afb. 2), bezaaid met resten uit het glaciaal verleden van het eiland.

Op het eiland heerst een koud maritiem klimaat, dat alleen de ontwikkeling van een uitgebreide mosflora toelaat, die hier en daar doorbroken wordt door uitgestrekte grasvlakten. Struiken en bomen komen niet voor. Deze

vegetatie zorgde in de loop van de voorbije tienduizend jaar voor de ontwikkeling van enorme veenpakketten. Bij het onderzoeken van een boorkern, genomen in zo'n veenpakket, werden kleine kristallen van het zeldzame mineraal weddelliet, CaC₂O₄·2H₂O, ontdekt.

Hieronder volgt, na een overzicht van alle tot nu bekende vindplaatsen, een korte beschrijving van het mineraal en zijn eigenschappen, geïllustreerd met enkele licht- en elektronenmicroscopische foto's.

Ontdekking van weddelliet

In 1902-1904 werden de bodemsedimenten van de Weddell Zee, een arm van de Antarctische Oceaan, aan een grondig onderzoek onderworpen. Bepaalde monsters van de genomen boorkernen bleken microscopisch kleine kristallen te bevatten, die veel weg hadden van kleine enveloppen (zie afb. 3). Veel aandacht werd aanvankelijk aan deze microkristallen niet geschonken. Daarom duurde het tot 1936 alvorens F. Bannister en M. Hey de kristallen konden identificeren als een nieuw calcium-oxalaatmineraal. Ze gaven het de naam **weddelliet** mee, naar zijn eerste vindplaats in de Weddell Zee. De kristallen werden chemisch en fysisch uitgebreid onderzocht. Het mineraal vertoonde grote overeenkomsten