

21, 22, 27 (ged.).

Phillips, W.J. & Phillips, N. (1980): An introduction to mineralogy for geologists. John Wiley & Sons, Chichester etc., 352 pp.: afb. 18, 19, 20, 24.

Ramdohr, P. & Strunz, H. (1978): Klockmanns Lehrbuch der Mineralogie, 16. Auflage. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, 876 pp.: afb. 6.

Rösler, H.J. (1979): Lehrbuch der Mineralogie. Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig, 832 pp.: afb. 47, 48.

Rykart, R. (1977): Bergkristall, 2. Auflage. Ott Verlag, Thun, 248 pp.: afb. 25, 49.

Sinkankas, J. (1964): Mineralogy for amateurs. Van Nostrand Reinhold, New York, etc., 585 pp.: afb. 7, 29, 42, 43.

Sinkankas, J. (1981): Emerald and other beryls. Chilton

Book Company, Radnor, Pennsylvania, 665 pp.: afb. 26.

Webster, R. (1976): Gems: their sources, descriptions and identification. Butterworths, London, etc., 938 pp. 3rd edition: afb. 5.

Whittaker, E.J.W. (1981): Crystallography, an introduction for earth science (and other solid state) students. Pergamon Press, Oxford, etc., 254 pp.: afb. 15-B.

Zoltai, T. & Stout, J.H. (1984): Mineralogy, concepts and principles. Burgess Publishing Company, Minneapolis, 505 pp.: afb. 8, 15-A.

— Wij danken uitgevers en andere belanghebbenden hartelijk voor hun toestemming tot overneming van afbeeldingen uit hun publicaties.

Red.

Zelfbouw van goniometers

door W.F.K. Mann

Een goniometer is een apparaat om kristalhoeken te meten. Tot ongeveer 1940, toen de röntgendiffractie-methode algemeen in zwang kwam, was de goniometer een hulpmiddel voor de mineraloog om de assenverhouding van een kristal te berekenen aan de hand van de ligging van de vlakken. Men maakt hierbij gebruik van de wet van constantheid van tweevlakshoeken. Volgens deze wet blijft de hoek tussen twee overeenkomstige vlakken gelijk, ondanks verschillen in grootte of vorm van de vlakken (afb. 1).

Hoewel goniometers op instituten dus inmiddels door andere technieken achterhaald zijn, kunnen amateurs, door intensief bezig te zijn met metingen van hoeken en het tekenen van de kristallen, ervaring en inzicht opdoen. Hoe het hoekmeten in zijn werk gaat, kunt u uitgebreid lezen in een goed mineralogieboek, bijvoorbeeld Klockmanns Lehrbuch der Mineralogie, H. von Philipsborn: Tafeln zum Bestimmen der Minerale nach äusseren Kennzeichen, J. Sinkankas, Mineralogy of Dana's Manual of Mineralogy. De bedoeling van dit artikel is, enige aanwijzingen voor het zelf bouwen van goniometers te geven.

Er zijn twee types: de reflectie-goniometer en de contact-goniometer.

De reflectie-goniometer

Wij vonden de beschrijving voor het zelf bouwen in Elseviers Natuurwetenschappelijk pocket "Het Wondere Kristal" van Alan Holden en Phyllis Singer, dat uit het Engels vertaald werd door A.A. Mantel, geol.drs. De uitgave dateert uit 1961. Wij laten hier de beschrijving volgen. Holden en Singer aan het woord:

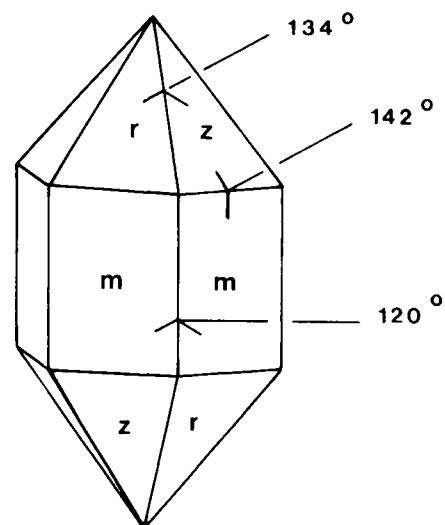
"Een reflectie-goniometer, die gemakkelijk kan worden gemaakt, meet de hoeken tussen de kristalvlakken met vrij grote nauwkeurigheid — tot op een halve graad als de vlakken duidelijk en helder zijn.

Bovendien kan hij veel worden gebruikt, daar het instrument nog resultaten geeft bij kristallen die te klein zijn voor de contact-goniometer.

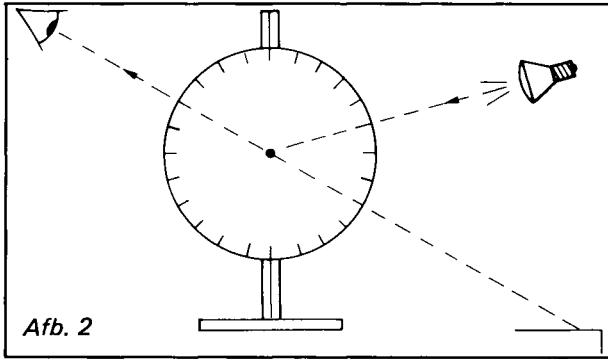
Voorzie een houten latje aan het ene eind van een voet, zodat het rechtop kan staan, zie afb. 2. Neem een cirkel-

vormig stuk dun karton en bevestig dit, met een tengel-spijkertje door zijn middelpunt, in verticale stand tegen het latje. Plak daarna een rond stuk papier, voorzien van een poolcoördinatennet of gradenverdeling, op een soortgelijk cirkelvormig stuk karton. Druk een punaise (met een druppel lijm aan de onderkant) van achteren af door het karton, zó, dat de punt door het centrum van het poolcoördinatennet steekt.

Plak de twee stukken karton nu concentrisch tegen elkaar; het geheel kan nu aan het latje draaien rond het spijkertje, waarbij de punaise met het papier (de schijf) meedraait. Plak een klein stukje papier of karton tegen de rechtopstaande lat en zet daar een verticale lijn op, waartegen de hoek op het coördinatenpapier kan worden afgelezen. Wilt u het instrument gaan gebruiken, bevestig dan een beetje plasticine (kneedplastic; u kunt ook "buddies" of soortgelijke kleefmiddelen gebruiken) rond de punt van de punaise in uw goniometer. Druk het kristal, **precies in het midden en loodrecht**, een eindje in de plasticine, zodat



Afb. 1. Constante tweevlakshoeken bij kwarts: tussen prismavlakken m 120° ; tussen rhomboëdervlakken r en z 134° ; tussen prismavlak en rhomboëdervlak r of z 142° .



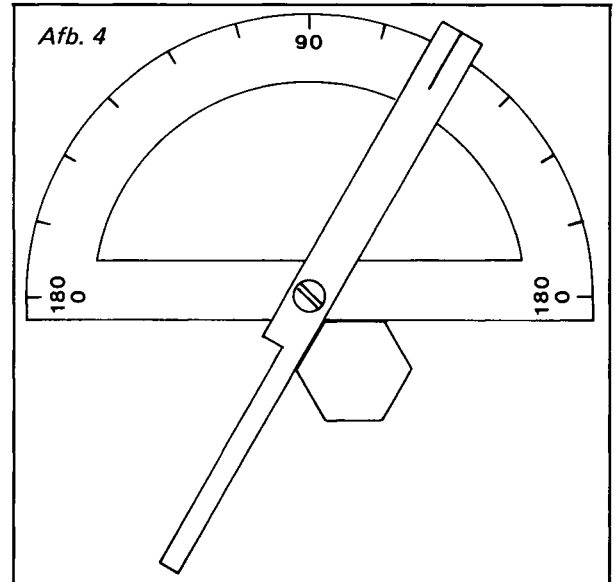
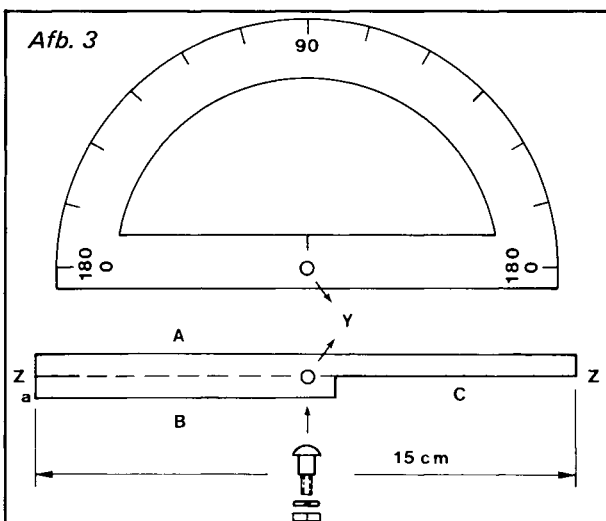
het vast blijft zitten. Zet het instrument op tafel en plaats een lichtbron (b.v. een schemerlamp, waarvan de kap is afgenomen) op een afstand van ongeveer een halve meter tot een meter horizontaal en ongeveer 25 à 30 cm verticaal daarvandaan.

Draai nu het geheel met het kristal eraan en let op lichtstralen, die door de kristalvlakken weerkaatst worden. Bevestig het kristal zodanig in de plasticine, dat de vlakken, waartussen u de hoek wilt meten, beide een weerkaatsing van het licht geven, die waarneembaar is zonder dat u uw hoofd horizontaal behoeft te houden. Houd nu uw hoofd verticaal, zodat uw oog, het kristal en een vastliggende horizontale lijn, zoals de rand van de tafel of een op de tafel liggend latje, zich op één lijn bevinden, zoals tekening 2 aangeeft. Draai nu de schijf van de goniometer totdat u een weerkaatsing krijgt en lees de stand van de gradenboog af.

Draai nu weer en lees de stand af die bij de tweede weerkaatsing past. Het verschil tussen de twee aflezingen is de hoek tussen de loodlijnen op de twee weerkaatsingsvlakken. Deze hoek is steeds gelijk aan 180° min de hoek tussen de twee vlakken."

De contact-goniometer

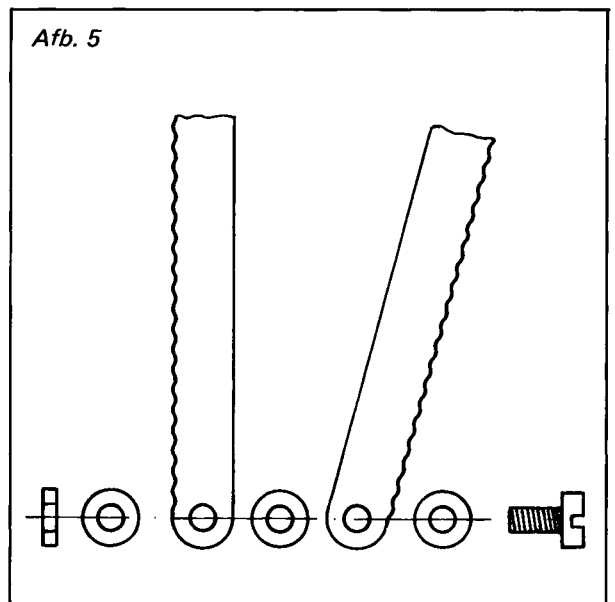
Naast deze reflectie-goniometer is er de contact-goniometer. Dit instrumentje is te koop in een goede gereedschapzaak in de prijs van omstreeks f 25,—, hoewel er ongetwijfeld duurdere uitvoeringen van bestaan, bijvoorbeeld bij Grimberg, Vijzelstraat, Amsterdam.



Met enige handigheid kunt u zo'n contact-goniometer ook zelf maken met behulp van een gradenboog, zeer goedkoop bij bijv. V&D of iedere goed gesorteerde kantoorboek/leermiddelenhandel te verkrijgen. Een exemplaar met een doorsnede van 15 cm is zeer geschikt.

U heeft verder nog nodig een stukje materiaal, bijv. metalen of plexiglas strip, 1 à 2 mm dik, een boutje met kort gedeelte zonder schroefdraad en een uurtje precies werken. Uiteraard wat gereedschap! Zie afbeelding 3. U maakt de strip secuur volgens de tekening: essentieel is dat zijden B en C strikt evenwijdig lopen aan zijde A en dat C bovendien (als u deze doorgetrokken denkt als lijn Z-Z) het hart snijdt van gat Y en precies uitmondt in de afleesstreep Za. U kunt deze streep inkrassen en daarna met zwarte inkt of verf duidelijker maken. Met een lapje veegt u het overtollige naast de streep weg.

Eveneens essentieel is, dat u het gat Y op de lijn Z-Z nauwkeurig boort op de diameter van het boutje en dat dit gat exact gelijk is aan het gat op het kruispunt van de 0-180° lijn en de 90° lijn; dit punt is al aangebracht op uw gradenboog.



Afb. 6. René-Just Haüy (1743-1822), bezig met het meten van een calciëtrhomböeder met behulp van een contactgoniometer.



Door de strip zo nauwkeurig mogelijk aan te sluiten aan de te meten hoek van uw kristalvlakken (vandaar de naam **contact-goniometer**) kunt u de betreffende hoek aflezen op de merkstreep Za. Zie afb. 4.

Een nog eenvoudiger, indirecte, methode van hoekmeting vonden wij in het reeds genoemde boekje "Het Wondere Kristal"; wij nemen deze beschrijving over (zie afb. 5): Een contact-goniometer voor het meten van een hoek tussen een paar kristalvlakken kan worden gemaakt door het lemmet van een ijzerzaag doormidden te breken en de twee stukken met behulp van een schroef, een moer en twee rubber ringetjes aan elkaar te bevestigen. Nadat hij is ingesteld op een paar kristalvlakken kan de hoek tussen deze vlakken op een stuk papier worden getekend en worden vergeleken met de hoek tussen overeenkomstige vlakkenparen aan andere kristallen van hetzelfde materiaal ter bevestiging van de "Wet van de constantheid van de hoeken tussen kristalvlakken". U kunt natuurlijk ook de getekende hoek met een gradenboog opmeten en aflezen. Afb. 6 geeft weer, hoe de contact-goniometer werd gehanteerd. Zo kunt u zelf controleren, of de prismavlakken van uw kwarskristallen wel hoeken van 120° vormen!

Bij de kristalmodellen

Plaat I. **Pyriet** (kubisch). Combinatie van kubus $\{100\}$ en pentagondodekaëder $\{210\}$.

Plaat II **Sfaleriet** (kubisch). Combinatie van een tetraëder $\{111\}$ en een kubus $\{100\}$.

Zirkoon (tetragonaal), met als vormen een prisma $\{100\}$, een tetragonale dipiramide $\{403\}$ (boven het met $\{100\}$ aangeduide prismavlak) en een tetragonale dipiramide $\{233\}$.

Plaat III. **Calciëtr** (trigonaal). Spitse ditrigonale skalenoëder $\{43\bar{7}1\}$.

Beryl (hexagonaal), met als vormen een prisma $\{10\bar{1}0\}$, een pinakoïde $\{0001\}$, drie hexagonale dipiramides: $\{20\bar{2}1\}$, $\{10\bar{1}1\}$ en $\{11\bar{2}1\}$.

Plaat IV. **Hemimorfiet** (orthorhombisch), met als vormen een pedion $\{001\}$, de pinakoïden $\{100\}$ en $\{010\}$, het prisma $\{110\}$, de doma's $\{301\}$, $\{011\}$ en $\{031\}$ en de orthorhombische piramide $\{12\bar{1}\}$.

Orthoklaas (monoklien), met prisma $\{110\}$ en pinakoïden $\{001\}$, $\{010\}$, $\{10\bar{1}\}$ en $\{20\bar{1}\}$.

Triklien kristal uit klasse I: alleen pinakoïden, tegenover ieder vlak ligt een symmetrisch gelijkwaardig vlak.